
学術情報センター紀要

Research Bulletin of
the National Center for Science Information Systems

第 11 号

1999 年 3 月

文部省 学術情報センター

学術情報センター紀要第11号

目次

巻頭言 研究開発と学術情報基盤の一層の発展を目指して 猪瀬 博 (学術情報センター所長)

研究論文

学術情報分野

NTCIR 日本語情報検索システム評価用テストコレクション構築プロジェクト:テストコレクションと研究室型検索実験に関する分析を踏まえて

神門 典子 (学術情報センター) 1

専門用語の語彙成長に関する研究の理論的枠組みについて

影浦 峯 (学術情報センター) 19

タイトルと要旨の情報に基づくキーワードの役割分類の研究

吉岡 真治 (学術情報センター) 27

日本における情報政策の一側面と標準化課題

内藤 衛亮 (学術情報センター) 33

専門分野における複合名詞の語構成要素の品詞相当カテゴリーに関する一考察

内山 清子 (学術情報センター)、竹内 孔一 (学術情報センター)、吉岡 真治 (学術情報センター)、
影浦 峯 (学術情報センター)、小山 照夫 (学術情報センター) 49

電子的環境における学術情報と著作権制度

名和 小太郎 (関西大学) 59

Extraction of Medical Knowledge from Japanese Text

Teruyoshi HISHIKI (University of Tokyo), Jun-ichi TSUII (Graduate School of Science, University of Tokyo),
Kazuhiko OHE (Graduate School of Medicine, University of Tokyo) 75

システム分野

Interactive Large-Scale Pictorial Information Retrieval System for the Internet

Vuthichai AMPORNARAMVETH (Tokyo Institute of Technology), Eiji IKOMA (University of Tokyo),
Akiko AIZAWA (National Center for Science Information Systems),
Kinji ONO (National Center for Science Information Systems) 87

Java 仮想マシン上で走る簡潔な能動オブジェクト型分散処理方式

丸山 勝巳 (学術情報センター) 93

自律型人型サービスロボットにおける情報モデリング — 認知科学に基づく知識モデリング —

上野 晴樹 (学術情報センター) 105

ハードウェア加速に適した多視点画像からの三次元シーンの復元法

後藤田 洋伸 (学術情報センター) 119

Cost Estimation of User-Defined Methods in Advanced Database Systems Jihad BOULOS (National Center for Science Information Systems), Kinji ONO (National Center for Science Information Systems)	131
シェーピングされたトラヒックに適したスケジューリング方式 計 宇生 (学術情報センター)	139
AutoCAD におけるオブジェクト指向型ホットスポットの実現及び性能評価 趙 偉平 (学術情報センター)	147
トラヒック観測による ATM 通信品質の推定方法 - 基本的な考え方 - 阿部 俊二 (学術情報センター)	155
安定したルーティング環境を維持するためのルーティング情報管理システムの構築 藤野 貴之 (学術情報センター)	163
New Trends in Distributed Information Engine Frederic ANDRES (National Center for Science Information Systems), Marielle JELADE (University of Blaise Pascal, Clermont Ferrand II, LIMOS, France), Kinji ONO (National Center for Science Information Systems)	169
調査研究分野	
情報科学研究の日米比較 西澤 正己 (学術情報センター)、柿沼 澄男 (学術情報センター)、孫 媛 (学術情報センター)、 矢野 正晴 (学術情報センター)	179
日本企業と大学の共同研究 - 大学研究への依存 - 柿沼 澄男 (学術情報センター)、ケネス ペクター (東京大学先端科学技術研究センター)	197
公共図書館における新しい情報サービスの導入に伴う課金と利用者教育をめぐる問題 - アメリカ・カナダ公共図書館における事例調査 - 野末 俊比古 (学術情報センター)、越塚 美加 (学習院女子大学)	207
美術館の情報システムの整備についての一考察 枝川 明敬 (学術情報センター)	217
チームの独創性とマネジメント 児玉 文雄 (東京大学先端科学技術研究センター・学術情報センター(併任))、 矢野 正晴 (学術情報センター)	225
学術情報センター紀要索引 (著者名別)	242

Research Bulletin
of
The National Center for Science Information Systems
Volume 11, March 1999
Table of Contents

H. Inose Preface

Contributions

Scholarly and Science Information Research Area

- | | | |
|----------------------------------------------------------------------|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| N. Kando | 1 | NTCIR (NACSIS Test Collection for Information Retrieval systems) Project :
Based on chronological analysis on Test Collections used for Information Retrieval
Laboratory Testing |
| K. Kageura | 19 | On the Study of Dynamics of Terminology: A Proposal of a Theoretical
Framework |
| M. Yoshioka | 27 | Research on Keyword Role Analysis based on the information of title and abstract |
| E. Naito | 33 | One Aspect of Information Policy of Japan and Standardisation Tasks |
| K. Uchiyama
K. Takeuchi
M. Yoshioka
K. Kageura
T. Koyama | 49 | Grammatical Categories for Constituent Elements of Japanese Nominal
Compounds with Special Reference to Technical Terms |
| K. Nawa | 59 | Scholarly Communication and Copyright Law in the Electronic Environment |
| T. Hishiki
J. Tsujii
K. Ohe | 75 | Extraction of Medical Knowledge from Japanese Text |

System Reserch Area

- | | | |
|------------------------------------------------------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------|
| V. Ampornaramveth
E. Ikoma
A. Aizawa
K. Ono | 87 | Interactive Large-Scale Pictorial Information Retrieval System for the Internet |
| K. Maruyama | 93 | A simple distributed active-object system for Java Virtual Machine |
| H. Ueno | 105 | Knowledge Modeling Based on Cognitive Science for Autonomous Human-Type
Service Robot |
| H. Gotoda | 119 | 3D Scene Reconstruction from Multiple Views Assisted by Rendering Hardware |
| J. Boulos
K. Ono | 131 | Cost Estimation of User-Defined Methods in Advanced Database Systems |

Y. Ji	139	A New Scheduling Scheme with Better Performance for Shaped Traffic
W. Zhao	147	Implementation and Performance Evaluation of Object-Oriented Hotspot in AutoCAD Environments
S. Abe	155	An Estimate Method of ATM Cell Quality based on Traffic measurements - Basic idea -
T. Fujino	163	Implementation of Administrative Routing Information Managing System for Keeping Routing Stability
F. Andres M. Jelade K. Ono	169	New Trends in Distributed Information Engine

Research Trend Reserch Area

M. Nishizawa S. Kakinuma Y. Sun M. Yano	179	A Comparative Study on Information Science Research Activities in Japan and the United States
S. Kakinuma K. Pechter	197	University-Industry Research Collaboration in Japan: Industry Dependence on Academic Research
T. Nozue M. Koshizuka	207	'Fee or Free' Problem and User Education for New Information Services in the Public Libraries: A Case Study on Some Public Libraries in U.S. and Canada
A. Edagawa	217	A Study on Enhancement of the Service of the Information System among Art-Museums
F. Kodama M. Yano	225	The Creativity of Teams and the Management

Authors Index	242
----------------------	------------

巻 頭 言

研究開発と学術情報基盤の一層の発展を目指して

学術情報センター所長 猪瀬 博

学術情報センターは創立以来13年目に入り、関係者の皆様のご支援とご協力のお蔭で順調に発展してきました。この間、学術情報センターの研究開発部はセンターの事業活動の展開にも大きく貢献してきました。

ネットワーク事業につきましては、全国32ノード(通信拠点)に高性能通信機器を設置し、インターネットバックボーンを形成してきました。

目録所在情報事業につきましては、加入機関の累計650機関を超えるまでになりました。所蔵登録件数は4,000万件で、年率約11%の増加を続けています。相互貸借(ILL)システムの利用も順調に推移し、1日平均4,000件の依頼データが処理されております。

電子図書館サービスにつきましては、平成9年4月から学術雑誌を電子化した情報を全国の研究者等に提供しています。参加学協会数は、すでに75を超えていますが、さらに多くの学協会の参加が期待されており、著作権の処理などにつき協議を進めています。

これらの多くは学術情報センターの研究開発部と事業部が一体となって推進し、実現したもので、世界に類を見ない統合化された学術情報インフラストラクチャを形成しています。このような事業と密接な係わりを持つ研究開発の他に、COE(中核的研究機関支援プログラム)研究の一環として、情報学に係る新しい研究領域の開拓を目指す研究も進めています。本紀要も最近では情報学の広い分野をカバーするようになり、また新しい取組みの研究トピックスも発表され、これも研究開発活動の成果の現われと考えられます。

我が国の情報学研究を飛躍的に強化すべく、日本学術会議の勧告、学術審議会の建議などを受けて、文部省では学術情報センターを母体とする国立情報学研究所(仮称)の準備調査を進めています。学術情報センターではこれに応えて、その研究開発機能を格段に増強すべく日夜努力を傾注しております。

またそのサービス事業が我が国の学術研究にとって不可欠のインフラストラクチャとなっていることに鑑み、研究開発の成果を最大限に活用して、最も先端的なユーザである研究者の方々の要望に応えるべくサービス事業の高度化につとめております。本紀要が学術情報センターの研究活動発信の役割を果たすことを期待し、また、皆様の忌憚のない御批判をいただきたいと存じます。何卒今後ともご指導、ご協力の程をお願い申し上げます。

研究論文

NTCIR 日本語情報検索システム評価用テストコレクション構築プロジェクト: テストコレクションと研究室型検索実験に関する分析を踏まえて

NTCIR (NACSIS Test Collection for Information Retrieval systems) Project : Based on chronological analysis on Test Collections used for Information Retrieval Laboratory Testing

学術情報センター 神門 典子

Noriko KANDO

National Center for Science Information Systems

要旨

日本語情報検索システム評価用テストコレクション (NTCIR) プロジェクトの概要、特徴、基本方針などを報告する。現在に至るまでの情報検索の発展過程、主要なテストコレクションと研究室型検索実験に関する議論を踏まえて、NTCIR の基本方針を示した。現在構築中のテストコレクション 1 (NTCIR-1) は、約 33 万件の文書を対象とし、半数以上は日英の対訳である。検索課題は、判定基準、検索の目的、背景知識などの詳細な検索要求説明を含む。NTCIR-1 を用いたコンペティション型ワークショップの概要についても言及している。テストコレクションの構築および検索実験の今後の課題を展望した。

ABSTRACT

This paper reports the outline of the NTCIR (NACSIS Test Collection for Information Retrieval systems) project. Based on the chronological analysis and discussion about the data used for information retrieval laboratory testing, we discuss the fundamental policies, characteristics and implication of the project. NTCIR-1, its first test collection, contains ca.330,000 documents, more than half are Japanese-English paired. A search topic contains detailed narrative including term definition, relevance judgment criteria, the purpose of the search, and background knowledge, which are thought to be helpful for relevance assessment. The Workshop, which started from November, 1998, obtained thirty-one participating groups. The relevance assessment of the NTCIR-1 will be done through the workshop. Future studies on test collection and evaluation of information retrieval are discussed.

[キーワード] 情報検索システム、評価、テストコレクション、日本語情報検索、NTCIR

[Keywords] Information Retrieval Systems, Evaluation, Test, Test Collection, Japanese Information Retrieval, NTCIR

1 はじめに

電子的文書の増大とインターネット上のサーチエンジンの普及により、情報検索が多くの人にとってより身近なものとなるとともに、検索の「質」の評価に対する関心も高まっている。テストコレクションとは、情報検索システムの検索性能を評価する検索実験に用いる実験用セットのことで、(1) データベース、(2) 利用者の検索要求を記述した検索課題群、(3) 各検索課題に適合する正解文書の網羅的リストからなる。これは、

情報検索システムの研究開発には必要不可欠なものである。

英米では 1960 年代から各種の検索実験を通じてテストコレクションが構築され、その主なものは、多くの研究者が共通に利用できる「標準テストコレクション (standard test collection)」として利用されてきた [1-2] (表1参照)。欧州各国語、中国語、韓国語などの標準テストコレクション構築も進んでいる。近年、我が国でも、標準テストコレクションの必要性が強く認識され、情報

NTCIR 日本語情報検索システム評価用テストコレクション構築プロジェクト

表1 各種テストコレクションの比較

コレクション	文書の種類、対象分野など	言語	文書数	検索要求数	判定	入手先
ADI	情報学、抄録	英語	82	35	2	*1
CACM	コンピュータ科学、抄録	英語	3,200	64	2	*1
CISI	図書館学、抄録	英語	1,460	76	2	*1
CRAN	航空学、抄録 (Cranfield II で使用)	英語	1,400	225	2	*1
MED	医学 (Medline)、抄録	英語	1,033	30	2	*1
NLM	医学、抄録	英語	3,078	155	2	*1
NPL	電子工学、抄録	英語	11,429	100	2	*1
TIME	新聞記事全般、全文	英語	423	83	2	*1
OSHUMED	医学 (Medline1987-91 から抽出)、抄録	英語	348,566	106	3	*2
Cystic Fibrosis	医学 (CysticFibrosis に関する文献)、抄録	英語	1,239	100	7	*3
TREC-1,2,3	新聞記事、行政文書など各種、全文	英語	各 741,856	各 50	2	*4
TREC-4	新聞記事、行政文書など各種、全文	英語	567,529	50	2	*4
KRIST	科学技術論文の抄録	韓国語	13,515	30	2	
BMIR-J1	新聞記事 (日経)、全文	日本語	600	60	3	配布終了
BMIR-J2	新聞記事 (毎日 94 から抽出)、全文	日本語	5,080	50	3	*5
IREX	新聞記事 (毎日 94,95 年)、全文	日本語	211,853		3	*6
NTCIR-1	学会発表論文全分野、著者抄録	日英	339,483	(100)	3	*7

*1は [1]、*2-4は [18]による。*1: SMART コレクション <ftp://ftp.cs.cornell.edu/pub/smart/> *2: <ftp://medir.ohsu.edu/pub/ohsumed> *3: <ftp://ils.unc.edu/pub/research/cfdbase/> *4: 検索課題、正解判定 <http://trec.nist.gov/>、文書は LDC で購入。*5:<http://www.ulis.ac.jp/~ishikawa/bmir> 参照。内容についての問合せは bmir-users@rd.nacsis.ac.jp。*5,6ともに文書は各自が毎日新聞社から購入。*6: <http://cs.nyu.edu/cs/projects/protelus/irex/>、*7: <http://www.rd.nacsis.ac.jp/~ntcadm/> *8: 現在配布済の検索課題は 83 件。最終目標は 300 件の予定。

処理学会の BMIR ワーキンググループにより、日本語テストコレクションBMIRが構築され [3-6]、IREX[7]と NTCIR (エンティサイクル ; NACSIS Test Collection for Information Retrieval systems) [8-10] という 2 つのプロジェクトが進行中である。

本稿では、いままでの主要な検索システムの評価実験とそこで用いられたテストコレクションについて、背景議論を含めて概観し、それを踏まえて NTCIR の特徴と意義を明らかにし、今後の情報検索システムの評価について検討する。以下、2 節では、情報検索研究の発展過程を振り返り、主要な評価実験プロジェクトをテストコレクションの観点から概観する。3 節では現在進行中の日本語テストコレクション構築計画 NTCIR プロジェクトの概要を紹介し、4 節は今後の展望とまとめである。

2 情報検索システムの評価実験

2.1 情報検索の発展過程

ここでは、テストコレクションの要件を検討するために、情報検索の発展過程と主な既存のテストコレクションに関する議論を概観する。

情報検索は、図 1 に示すように、1950 年代から研究が盛んになった。転置ファイル索引、プール型検索などの基本的な技術は比較的初期に使われるようになり、評価尺度としての「精度 (precision)」¹⁾と「再現率 (recall)」、テストコレクションを用いる検索実験の基本的な手順などは、1950 年代後半から 1960 年代にかけておこなわれた Cranfield 実験によって確立した。その後、1960 年代半ば以降は、実用化した「データベース検索サービス」と、実験的理論的研究としての「情報検索」という 2

¹⁾ 初期には適合率 (relevance ratio) ともいわれたが、あいまいなので現在では使われていない。本稿では「精度」で統一した。

つの流れに別れ、両者が全く異なる発展過程をたどってきた。

実用化したデータベース検索サービスでは、ブール演算と転置索引という初期に開発された比較的単純な検索技術を用い、オンラインの対話型検索、データベースの大規模化、検索の高速化など、高速化と大規模化の問題に対応してきた。他方、理論的実験的研究では、数百～数千件程度の抄録を対象とした比較的小規模なテストコレクションを用い、ベクトル空間型、確率型などの検索モデル、語の重み付けと適合度順出力、レバンスフィードバック、inference network などの多様な検索技法を開発してきた。いいかえれば、実用化したデータベース検索サービスではいかに大量のデータを高速に処理するかという「効率 (efficiency)」が重視されたのに対し、理論的実験的研究としての情報検索では、いかにノイズが少なく、精度の高い効果的な検索をするかという「効果 (effectiveness)」が重視された。

しかしながら、実用化した検索サービスでは、1980年代に入り、次第にデータベースの規模が拡大し、1レコードの長さも書誌事項、抄録などから、全文へと拡大するにつれて、「出力過多 (output overload)」、「ゼロヒット (zero hit)」などの大規模データに対するブール型検索の限界が明らかになり、実用システムでも、新しい検索手法を導入することが模索された。それに対し、理論的実験的研究の成果は実用システムが対象とする大規模なデータベースにも有用であるかは明らか

かでなく、より現実的な大規模なデータベースに対する検索手法の有用性の検討が大きな関心事となった。

そのような中、1992年からコンペティション型の情報検索会議 TREC(Text REtrieval Conference)[11]が毎年開催され、多くの研究者が同一の検索課題を遂行するというコンペティション形式を取ることで、実用システムに匹敵する大規模なデータを用いた検索実験が可能になった。これにより、理論的実験的研究で開発された各種の検索技術の実用規模のデータベースでの評価が可能になり、これらの研究成果の実用システムへの「技術移転」が可能になった[12]。

たとえば、「語の重み付け」と「適合度順出力」は、実験的な情報検索研究では、すでに1960年代に小規模データの実験で有用性が示されていたが、1992年以降、ようやく、Westlaw[13]、LexisNexis[14]、Dialog[15]、NACIS-IR[16]などの実用のデータベース検索サービスや Web のサーチエンジンに取り入れられるようになった。近年、情報検索の理論的実験的研究の国際会議でも実用システムに関連した公開パネル[17]や基調講演 [18] が行われ、TiP(理論から実用へ Theory into Practice)[18]が関心を集めている。このように、実用サービスと実験的研究の双方が関心を持ち合い、協力をしていくなかで、今後は技術移転が一層促進されると期待される。

以下、主な検索システムの評価プロジェクトとそこで使用されたテストコレクションに関する主要な論点を示す。

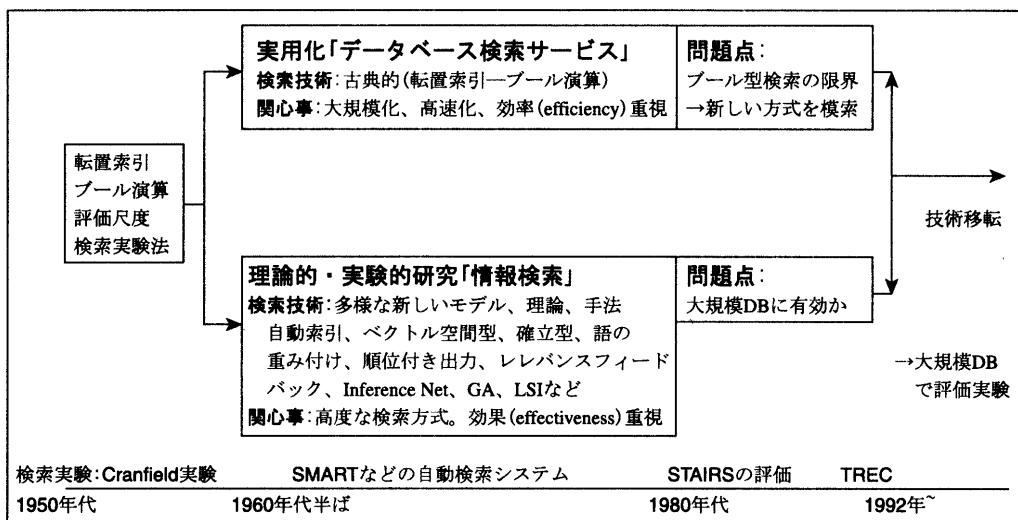


図1 情報検索の発展過程

NTCIR 日本語情報検索システム評価用テストコレクション構築プロジェクト

2.2 クランフィールド実験:評価手法の確立

2.2.1 概要

現在、一般に用いられている検索実験による検索性能評価の基本手法は、Cleverdon らが行なった索引法の評価研究 Aslib-Cranfield Project で確立された。これは、情報検索システムの検索性能の大規模な評価実験の最初のものである。Cranfield-I(1957~62年)では、UDC、件名標目、ユニタム、ファセット分類の評価が行なわれ、再現率と精度という評価尺度が考案された。Cranfield-II(1963年~)は、一定の実験用テストコレクションを用意し、異なる索引法で検索を行ない、その検索性能を比較するという評価の基本的手法を確立した。このようなテストコレクションを用いた検索実験は、研究室の中だけで実験が完結するため、とくに「研究室型実験(laboratory-type test)」ともいう。

2.2.2 コレクションと実験法

Cranfield-II[20]では、テストコレクションとして、約1400件の航空学分野の文献と約300件の検索課題を用意し、単語、複合語、シソーラス中の語を用いた3種類の索引法を比較した。各々、同義語拡張、語尾削除などの検索を広げる方策や、語の重み付け、語間の関連など検索を狭める方策などを組合せ、計33種類の索引手法の検索性能を比較した。

検索課題は、航空学分野の研究者から論文執筆の動機を手がかりに収集した(図2参照)。正解判定は、全数判定で、まず、分野の大学院生が各検索課題について、データベース中の全文献を見て、レバント文献の候補を選び、それに基づき検索課題を作成した研究者が最終判定をした。

What similarity laws must be obeyed when constructing aeroelastic models of heated high speed aircraft? What are the structural and aeroelastic problems associated with flight of high speed aircraft? What problems of heat conduction in composite slabs have been solved so far?

図2 Cranfield 実験の検索課題の例

2.2.3 結果と影響

実験の結果、単語単位の索引法が、シソーラスの語や複合語を用いたものより検索性能が高かった。これは、それまでの索引法の常識に反するため、反発が生じ、実験の妥当性について多くの疑義が呈された。その主なものは、「正解文書リストが網羅的でない」、「大

学院生による正解文書候補の選択法が、特定の索引手法に有利なバイアスがあった」などである[21-22]。これらの多くの疑義のため、クランフィールド実験は、評価結果についての評価が定まらないまま経緯してしまった。

実際には単語索引に有利な正解文書候補のスクリーニングが行なわれたという事実はなかった。また、Salton は、(1)(正解文書リストの網羅性について)、重要なのは再現率・精度の絶対値ではなく、複数の手法を同じ実験セットを用いて評価した場合の相対的な差異であり、(2) 単語単位の単純な索引付けに語の重み付けなどを加えた手法がもっとも性能がよいことはその後の SMART 実験で繰り返し検証されていると述べている[23]。このようなそれ以前の常識に反する評価結果でも、認められ、受け入れられるようにするためには、テストコレクションと検索実験の妥当性が非常に重要であること示す、非常に示唆に富む例である。

2.3 SMARTコレクション:評価の定着

テストコレクション構築は、検索質問収集、網羅的な正解文書の判定など、膨大な労力を要し、しかも、異なるテストコレクションを用いた実験結果の相互比較は難しい。しかしながら、テストコレクションは一旦構築されると、他の検索実験にも独立して使用できる。前述のCranfield実験、AitchisonらのINSPECの評価実験[24]を始め、英国または米国で行なわれた大規模な検索実験で構築されたテストコレクションは、Cornell大学のGerard Saltonらによって収集され、多くの研究者が共通に利用できる標準テストコレクションとして利用されてきた[1](表1*1参照)。

このような標準テストコレクションは、(1)検索実験の遂行を容易にし、(2)他のシステムとの比較が可能、(3)評価手法の標準化を促進するなど利点がある。Salton自身もこれらを用いて、1960年代中頃から、自ら開発した自動索引・情報検索システム SMART の検索実験を精力的に行なった。また、Cambridge大学のKaren Sparck Jonesを中心とする研究グループを中心に、情報検索研究コミュニティで広く用いられた。

これらのテストコレクションはそれぞれ特定の実験のために作られ、文書や検索要求もそれぞれ特徴がある。妥当な検索実験を行なうためには、(1)複数のテストコレクションを用いる、(2)検索課題は多数用いる必要がある[23]。

2.4 テストコレクションについての議論

SMART プロジェクトと同時期、英国では Karen Sparck Jones らによって、より質の高いテストコレクションの構築についての調査研究が進められた [25-26]。過去の検索実験で用いられたテストコレクションを調査し、従来の研究では、テストコレクション中の文書(データベース)の特性、構築の方針などが明確にされない点が問題であるとした。また、妥当なテストコレクションの要件として、以下のものを提案した。

- (1) 大規模(文書は 1 万件以上は必要。検索課題は 250以上ならば許容できるが、できれば1000件必要)
- (2) 内容の多様性と均質性
- (3) 文書の種類の多様性と均質性
- (4) 文書の情報源の多様性と均質性
- (5) 背景の多様性と均質性
- (6) 年代の広がりと同時代性
- (7) 自然言語の多様性と均質性
- (8) 複数段階の適合性判定、異なる種類の適合性判定

「多様性と均質性」とは、これらの項目について、全体としては、多様なものを含んでいるが、サブセットとして、コレクションの一部を、特定の観点について均質な集合として取り出すことが可能で、それらのサブセット間で統計的に妥当な評価結果の比較、解釈が可能ないように設計されたものという意味である。

また、Sparck Jones らは、大規模な文書データベースで正解文書を効率よく見つけるための手法として、プーリング法を提案している。これは、「複数の異なる検索システムは異なる正解文書を見つかることができる」という前提に立ち、複数の検索システムから順位付きの検索結果を受け取り、上位の一定数を各リストから集めて(Pool して)、人間の分析者が判定をするための正解文書候補とするものである。

一般に、検索対象文書のデータベースから各検索課題に適合する正解文書の候補を探す方法には、(1)全数調査、(2)サンプル調査、(3)プーリングがある。1人の人間の判定者が一貫性を持って適合性判定ができる文書数は大きくはない。経験的には、数千件である。また、(2)のサンプル調査については、大規模なデータベースから、一定比率でサンプル抽出をしても、データベース全体でごく少数しかない正解文書がそのサンプルの中に含まれる可能性は極めて低く現実的ではない。

2.5 STAIRSの評価とBlair-Salton論争

2.5.1 概要

1980年代まで検索実験に用いられてきた SMART コレクションは、主に、数百~数千件の比較的小規模な抄録データであった。それに対し、1980年代にBlairらは、大規模全文データを用いた STAIRS 評価実験を行なった [27-28]。約4万件、35万ページの全文データと検索課題40件を用い、重み付けなしのブール型検索を行なった。ブール型検索では、検索結果に適合度順の順位がないため、正解文書候補の選定に、上述のプーリング法は適用できなかった。正解文書は、検索条件をゆるめた網羅性の高い検索²によって候補を集め、人手で判定した。

2.5.2 結果

ブール型検索について、以前は、(1) 検索式の組立て方によって再現率・精度のレベルを操作でき、(2) テキスト中の語句を用いた検索はノイズは増えるが、再現率は向上すると考えられてきた。しかしながら、この実験では、平均精度 79%、再現率 20% で、再現率がかなり低かった。

この原因として、Blair らは、(1) 大規模全文データの検索では、出力過多(output overload: 検索結果集合が人間が見られないほど大きくなる)が生じ、検索を絞り込むためにANDを多用すると、結果として精度だけでなく再現率も低下するとし、(2)SMART などの自動索引は数千件程度の小規模な実験室環境では有効でも、output overloadなどが生じるため、実用システムが扱う数百万件の全文データには適用できず、索引作業には何らかの人間の知的作業が必要である、と主張した。

2.5.3 影響

「自動索引・情報検索技術の研究室型実験の成果は大規模データには適用できない」というこの指摘は、情報検索の実験的理論的研究に対する最も深刻な批判であった。これに対し、Salton は、(1) 情報検索では重み付けなどを用いた高度な自動索引手法を抄録に適用したが、(重み付けなしの)全文データ探索については論じていない [29]、(2) コレクション規模が検索性能に深刻な影響があるという明らかな理由はない [23]な

² たとえば検索条件が A、B、C という 3つの概念の論理積 A and B and C で表現されるとき、掛け合わせるべき要素を検索式から一つずつ取り除き、それらによって得られた集合の論理和 (A and B) or (B and C) or (C and A) or A or B or C を求める。それを人手で判定した。

NTCIR 日本語情報検索システム評価用テストコレクション構築プロジェクト

どと反論しているが、大規模データを用いた検索実験は、次節の TREC 開始まで待たなければならず、歯切れのわるい論争が1990年代初頭までつづいた。

2.6 TREC

2.6.1 概要

大規模なデータを用いた検索実験を可能にしたのは、1992 年から毎年、米国標準化機構 (NIST: National Institute for Standardization of Technology) が開催している TREC(Text REtrieval Conference)[11] である。1999 年は TREC-8 を開催する。毎回、ほぼ70万件1GB以上の新たな文書データと 50 件の検索課題が追加され、それらに対する各参加チームの検索結果の検索性能を比較評価する。

2.6.2 コレクション

文書は、新聞記事、通信社電、行政文書など多様な全文データで、長さもさまざまである。検索課題は、図 3 のような詳細な記述形式で、検索にはどの要素を用いてもよい。<desc>(description) は、検索要求を一文で明文化したものであり、<narr>(narrative) は、その背景説明、用語の定義などを含む。<desc>は「短い問合せ(short query)」ともいい、SMART コレクションなどの問合せに匹敵するもので、利用者の検索要求を明文化したものである。<narr> を含む場合は「長い問合せ (long query)」, <titl> のみを用いる場合は、「最短の問合せ (very short query)」ともいう。

正解文書の候補は、各参加チームの検索結果の上位一定数の文献を集めるプーリングによって収集した。異なるモデルの検索システムは異なる正解文書を見つけるといわれており、多様なシステムが検索結果を提出するコンペティションは大規模データに対するプーリングに適している。

検索課題作成と正解判定は、同一の分析者が担当している。クロスチェックは正解判定作業の評価 [30] のためには行っているが、恒常的にはない。TREC を通じて構築されたテストコレクションは、検索課題と正解文書リストは TREC の Web site[11] から、文書データは LDC(Language Data Consortium)から入手できる。

2.6.3 タスク

TREC では、基本タスクとして、Ad Hoc(随時検索)、Routing(定型検索) があり、その他、その時々重要なトピックが選ばれてサブトラックが複数構成される。

```
<top>
<head> Tipster Topic Description
<num> Number: 056
<dom> Domain: International Finance
<title> Topic: Prime (Lending) Rate Moves, Predictions
<desc> Description:
Document will include a prediction about the prime lending
rate, or will report an actual prime rate move.
<smry> Summary:
Document will include a prediction about the prime lending
rate, or will report an actual prime rate move.
<narr> Narrative:
A relevant document will include a prediction about the prime
lending rate (national-level or major banks'), or will report a
prime rate move by major
banks, in response to or in anticipation of a federal/national-
level action,such as a cut in the discount rate.
<con> Concept(s):
1. prime lending rate, prime rate, base rate, reference rate,
minimum lending rate,bank rate, weekly bank rate
2. Federal Reserve Board, Bank of Canada, major commercial
banks
3. foresee, expect, predict, speculate
4. move, increase, decrease, rise, decline, boost, cut
<fac> Factor(s):
<def> Definition(s):
</top>
```

図 3-a TREC の初期の検索課題の例

```
<top>
<num> Number: 302
<title> Poliomyelitis and Post-Polio
<desc> Description:
Is the disease of Poliomyelitis (polio) under control in the
world?
<narr> Narrative:
Relevant documents should contain data or outbreaks of the
polio disease (large or small scale), medical protection against
the disease, reports on what has been labeled as "post-polio"
problems. Of interest would be location of the cases, how
severe, as well as what is being done in the "post-polio" area.
</top>
```

図 3-b TREC-3 以降の検索課題の例

図 3 TREC の検索課題の例

Ad Hoc タスクは、あらかじめ蓄積されているデータベースに対し、新しい検索課題の検索を行なう遡及検索(retrospective search)に相当し、Routingタスクは、データベースに新しくデータが追加される度に、新しく追加されたデータを対象として、あらかじめ登録された検索式で検索を行なう SDI(Selective Dissemination of Information)のための検索に相当する。

サブトラックとして今まで取り上げられてきた主なものは以下の通りである。

- 複数 DB 統合 (multiple database merging)

- ・ OCR 文書 (confusion)
- ・ 英語以外の言語の随時検索 (Chinese, Spanish)
- ・ 対話型 (interactive)
- ・ 自然言語処理 (NLP)
- ・ フィルタリング (filtering)
- ・ 超大規模 (very-large; 100GB 以上)
- ・ 言語横断検索 (cross language)
- ・ 高精度検索 (high precision)

2.6.4 影響

TRECの成果は以下のようにまとめられる。

- ・ **大規模テストコレクションの提供**：種類も長さも多様な文書からなる。実用システムに匹敵する。
- ・ **技術移転の促進**：実用規模データでの評価実験を可能にし、検索技術の実用化を促進した。
- ・ **"Who is Who"**：研究者が互いに知り合い、同じ基盤で議論、意見交換を進める場を提供し、単純な優劣の評価でなく、各システムの特徴を明らかにするベンチマークとなった。
- ・ **検索技術の動向の把握**：検索技術の動向、現在利用可能な各種手法があきらかになった。
- ・ **研究データの蓄積**：検索結果データは、データフュージョンや複数システムの検索結果統合などの研究を促進
- ・ **研究の動機づけ**：サブトラックは、特定テーマの研究を集中的に促進した。
- ・ **大規模テストコレクション構築の動きを促進**
- ・ **研究のモデルの提示、評価手法の標準化**

たとえば、実験的情報検索の主要な国際会議であるACM-SIGIRでは、1995年まではSMARTコレクションを用いた研究発表が複数あったのに対し、1996年には、SMART コレクションを用いた研究は皆無になり、標準テストコレクションの主流は TREC コレクションへ完全に移行した。その切替りは非常に鮮やかであった。

他方、TRECへの主な批判や要望は、(1)評価結果からシステム改善の方向などの示唆が得られない [34]、(2)利用者の個別の状況が含まれない、(3)正解判定の過程が不明、(4)正解判定が2値、(5)英語以外のデータ、言語横断用データの拡充が必要など[31]である。

2.7 各国語の標準テストコレクション

TREC の成功を受けて、各国語のテストコレクション構築の動きが広まっている。

2.7.1 ヨーロッパ

フランスのAmaryllisプロジェクトは、Le Mondeの新聞記事とフランス語データベースPASCALの抄録からなる150MBのテストコレクションを構築した[12]。スイスのチューリッヒ工科大学ではドイツ語、イタリア語の新聞記事の多言語テストコレクション(文書数約1万件)[32]を構築し、また、ドイツでも社会科学の抄録のテストコレクションGIRTの構築が進んでいる(文書数約13,000件、正解判定4段階)[33]。

2.7.2 アジア

韓国には、KT-SET2.0(検索課題30、コンピュータ科学分野の抄録2,600件)、KRISTコレクション(検索課題30、自然科学全般の抄録13,515)があり、さらに現在、抄録、Web文書、新聞記事などより多様な文書を含むテストコレクション構築プロジェクトが Sung H Myaeng を中心に進行中である。そのほか、TRECでも、参加者のみの公開ではあるが、中国語、スペイン語のものがある。

2.7.3 日本

1994年から4年計画で日本語テストコレクションBMIR構築プロジェクトが始まり、新聞記事を対象としたBMIR-J1(テスト版)を1996年に、BMIR-J2(本格版)を1998年3月にリリースした。これらは初めての日本語標準テストコレクションとして、約50もの研究グループに利用され、多くの研究に利用され成果を収めている[6]。

BMIRは、15名ほどの異なる研究機関に所属する情報検索研究者からなるWGで構築された。詳細は、すでに多くの文献で報告されている[3-6]が、その特徴は次のようである。(1)検索要求は句(図4参照)、(2)検索要求説明がある、(3)正解判定の根拠を示すコメント付き、(4)正解判定は3段階、(5)検索要求は処理に必要な技術レベルに応じてカテゴリ化されている。正解判定は、全数判定を基本とし、WGメンバによる度重なるクロスチェックなど品質に細心の注意を払っている。

このBMIRは、日本語の情報検索システムの検索実験と、新規参入を容易にし、検索実験のスタイルを明確に示すことによって研究の促進、向上に貢献してきている。また、このWG自体が、検索実験に関する議論の場となり、協力的環境を作り出した。このWGのメンバの複数が、後述するこれに続く日本語テストコレクション構築プロジェクトIREXやNTCIRのアドバイザーになっており、このような協力体制と経験の共有化が、

NTCIR 日本語情報検索システム評価用テストコレクション構築プロジェクト

46-0:Q:F=oxooo:「日本企業による逆輸入」
 146-0:Q:N-1: 日本企業の海外生産拠点からの日本への輸入。また、
 146-0:Q:N-2: いったん海外に輸出した製品を再度輸入して国内で販売する
 146-0:Q:N-3: 場合を含む。「逆輸入」と書かれていなくても、海外生産を
 146-0:Q:N-4: 行い日本へ輸入したことが分かれば正解とする。素材は除く。

図4 BMIR-J2の検索要求と検索要求説明文の例

日本におけるテストコレクションをめぐる動きの大きな特徴の一つである。

3章で述べる NTCIR とほぼ同時期に、日本語の新聞記事を対象とした情報抽出(固有表現抽出)と情報検索のコンテストである IREX が企画されている。これは、通信総合研究所の資金協力を得て、ニューヨーク大学の関根氏が提案、推進している。共通のプラットフォームでシステムの評価を行なう場を提供することによって、以下のような情報抽出および情報検索技術の発展を目指している[7]。

- ・ 問題点共有とそれに基づく分野の飛躍的発展
- ・ 情報検索、情報抽出研究の認知、宣伝、推進
- ・ 研究者のすそ野の拡大
- ・ データの蓄積、テキストデータベースの拡大
- ・ 長期的なプロジェクトへの緒

IREX には情報抽出(固有表現抽出)と情報検索のタスクがあるが、情報検索タスクでは、毎日新聞の 1994 年と 95 年の 2 年分の記事を用いる。参加者は各自で毎日新聞社から CD-ROM を購入し(1 年分 12 万円)、研究目的使用の許諾を得る必要がある。検索課題は、内容は同じ新聞記事を対象としている BMIR に準じ、形式は、TREC および NTCIR と同等のタグを用いている(図 5 参照)。正解判定は、3 段階とし、2 名の判定者のクロスチェックに基づいて最終判定をする。

<TOPIC>
 <TOPIC-ID>1006</TOPIC-ID>
 <DESCRIPTION>子供の病気とその対策</DESCRIPTION>
 <NARRATIVE>12 歳以下の子供がかかる可能性のある肉体的な病気とそれに対する予防、対策について述べている記事</NARRATIVE>
 </TOPIC>

図5 IREX の検索課題の例

2.8 その他の特徴的なテストコレクション

その他の特徴的テストコレクションとして、Bill Hersh の OSUMED[34]、W.M.Shaw らの Cystic Fibrosis[35] がある。前者は、MEDLINE1987~91 年の 5 年分から抽出した約 34 万件の抄録データからなり、利用者を含む対話型検索システムの評価実験において利用者が用いた検索課題と、それに対する 5 人の正解判定結果がもとになっている。統制語彙である MeSH タームも付与されていることから、自動テキスト分類研究にも用いられる。後者は、医学、とくに Cystic Fibrosis に関する文献の抄録を集めたもので、図書館情報学の研究者が高再現率型の検索を対話型で行なって、正解文書候補を収集した。正解判定は、3 人の分析者が各々 2 点評点を持ち、レバントな文献には 2 点、部分的レバントには 1 点を付与し、それを文献ごとに加算して集計している。

2.9 既存のテストコレクションのまとめ

ここまで、既存のテストコレクションの発展経緯を概観してきた。1975年に Sparck Jones らが提案したテストコレクションの要件[25]と対比する。

- (1) 大規模(文書は 1 万件以上。検索課題は 250 以上、できれば 1000 件)
- (2) 内容の多様性と均質性
- (3) 文書の種類の多様性と均質性
- (4) 文書の情報源の多様性と均質性
- (5) 背景の多様性と均質性
- (5) 年代の広がりと同時代性
- (6) 自然言語の多様性と均質性
- (8) 複数段階の適合性判定、異なる種類の適合性判定

(1)については、TREC 開始以降、数十万件以上の大規模なコレクションを使って評価を行なうことが、一つの基準となりつつあり、TREC コレクション以外にも、各国語で数万件規模のテストコレクションが構築されている。しかしながら、検索課題の数は、TREC 全体としては、7 年間に 350 個が蓄積されたが、全般的に少ない傾向がある。文書の多様性に関しては、たとえば TREC コレクションは、新聞記事、通信社電、政府発行文書などいくつかの種類、文体、長さの文書を含んでいるが、中心は新聞記事であり、たとえば、SMART コレクションでは中心的であった学術文書はない。その他、特許、医療文書、レポート類、WEB 上の文書など、現在、大量に電子的文書が存在し、検索されることが必要な文書の種類はまだ多く、一層の努力が必要である。言語の多様性は、国際的なネットワーク環境下

では特に重要な問題である。複数段階の適合性判定については、OSUMED、CF、BMIR、GIRT、NTCIR、IREX など、取り入れている例が増えている。

テストコレクションを用いた評価実験については、(1)正解判定にバイアスがある、(2)検索課題が現実的でない、(3)文書種類が限定的、(4)文書規模が小さく、現実とは異なる、(5)正解判定は多値が自然、(6)多言語対応が必要、(7)対話型システム対応が必要、(8)TREC以外のコレクションの必要性、などの批判、要望がだされてきた。

情報検索のコミュニティは、順次これらの問題と向き合い、公平な正解判定、なるべく自然な検索課題、文書の規模と種類の拡大に努めた。最近では、正解判定が多値のものや英語以外のコレクションが増え、TRECの対話型トラックなど対話型システム評価の方策も模索されている。また、コンペティションは、TRECのサブトラックのように、特定技術の集中的研究開発を促すという役割も果たしてきた。

3 NTCIR(NACSIS Test Collection for Information Retrieval Systems)

ここまで、テストコレクションと検索実験手法の発展について概観してきた。日本語の情報検索研究については、BMIRのリリース以降、BMIRを用いた研究が増加し、大きな成果を収めている。しかしながら、対象文書の種類、分野、テキストの多様性、規模、多言語または言語横断検索への対応などの観点から、日本語のテストコレクションの一層の拡充が必要である。

そこで、我々は、1997年から大規模な情報検索システム評価用テストコレクションを構築するNTCIRプロジェクト[8-10]を開始し、テストコレクションの構築と、研究目的使用の公開を計画している。これは、専門用語の抽出と語の単位切りの問題を検討するNACSIS Corpusプロジェクト[36]を包含する形で進行しており、その過程で「テストコレクション1(NTCIR-1)(予備版)」を用いたコンペティション型ワークショップ(1998年11月~1999年9月)を開催中である[36]。以下、プロジェクトの概要を述べる。

3.1 背景と目的

NTCIRプロジェクトの目的は以下のとおりである。

- ・ 大規模な日本語テストコレクションを構築することによって、日本語情報検索、言語横断検索研究を促進し、基礎的な研究成果を蓄積する

- ・ 大規模テストコレクションの効率的構築法を検討する
- ・ 情報検索における日本語固有の問題を検討する
- ・ 対話型システムの評価にも利用可能な検索課題の記述方式を検討する

情報検索システムの評価では、現実の検索システムでの有効性も推定できる環境で評価することが重要であり、その観点から大規模なテストコレクションを用いた評価が必要であることは前述した。日本語テストコレクションとしては、すでに新聞記事を用いたBMIR-J2があるが、対象文書の種類、数量ともに一層の拡充が必要である。

また、ネットワーク環境下では、検索システムへの問合せとは異なる言語で書かれた文書も一括して検索できる「言語横断検索(Cross-lingual IR)」への要請が強い。Webや日本の学術文書では日本語と英語などの外国語の文書が混在し、しかも日本語文書中だけでも、同一概念が、日本語、外国語の原綴、外来語のカタカナ表記、略称など多様に表記される。このような表記の差違を超えて有効な検索を行なうためにも、言語横断検索技術が必要である[38]ことから、特に、言語横断検索研究へ利用可能性を考慮した。

空白など明示的な語の区切りがないなど、日本語固有の問題、対話型検索システムへ適応可能な評価方法の検討も目的の一つとした。

3.2 NTCIRの基本方針

テストコレクションを用いた研究室型検索実験の適切性、妥当性については、その成果を現実の検索システムへ外延できるかが重要である。これは、主として、(1)テストコレクション(文書数と検索課題数)の規模と(2)正解判定の妥当性の問題として捉えられる[23,25-26,31,39]。

(1)の規模については、TRECのようなコンペティション型会議を通じて大規模なプーリングを行なうことにより、現実の検索システムに匹敵する規模の、あるいは現実の検索システムへの外延が統計的に可能な規模の文書数を持ったテストコレクションの構築が可能となった。また、現実の検索システムは多様な文書を扱うため、多様な文書あるいは複数のテストコレクションを用いた評価が必要である[23,25]。

検索課題については、統計的には、複数のシステム間の比較には、少なくとも30以上の事象(検索課題)が必要である。現実の検索システムは多様な検索要求を

NTCIR 日本語情報検索システム評価用テストコレクション構築プロジェクト

```

<REC>
<ACCN>gakkai-0000011144</ACCN>
<TITL TYPE="kanji"> 電子原稿・電子出版・電子図書館 - 「SGML 実験誌」の作成実験を通して </TITL>
<TITE TYPE="alpha">Electronic manuscripts, electronic publishing and electronic library </TITE>
<AUPK TYPE="kanji"> 根岸 正光 </AUPK>
<AUPE TYPE="alpha">Negishi,Masamitsu</AUPE>
<CONF TYPE="kanji"> 研究発表会 (情報学基礎) </CONF>
<CNFE TYPE="alpha">The Special Interest Group Notes of IPSJ </CNFE>
<CNFD>1991. 11. 19</CNFD>
<ABST TYPE="kanji"><ABST.P> 電子出版というキーワードを中心に、文献の執筆、編集、印刷、流通の過程の電子化について、その現状を整理して今後の動向を検討する。とくに、電子出版に関する国際規格である SGML(Standard Generalized Markup Language) に対するわが国での動きに注目し、学術情報センターにおける「SGML 実験誌」およびその全文 CD-ROM 版の作成実験を通じて得られた知見を報告する。また電子図書館について、その諸形態を展望する。出版文化に依拠するこの種の社会システムの場合、技術的な問題というのは、その技術の社会的な受容・浸透の問題であり、この観点から標準化の重要性を論じる。 </ABST.P></ABST>
<ABSE TYPE="alpha"><ABSE.P>Current situation on electronic processing in preparation, editing, printing and distribution of documents is summarized and its future trend is discussed, with focus on the concept: "Electronic publishing. "Movements in the country concerning an international standard on electronic publishing, SGML (Standard Generalized Markup Language), are assumed to be important, and the results from an experiment at NACSIS to publish "SGML Experimental Journal" and to make its full-text CD-ROM version are reported. Various forms of "Electronic library" are also investigated. The author puts emphasis on standardization, as technological problems for those social systems based on cultural settings of publication of the country, are the problems of acceptance and penetration of the technology in the society.</ABSE.P></ABSE>
<KYWD TYPE="kanji"> 電子出版 // 電子図書館 // 電子原稿 // SGML // 学術情報センター // 全文データベース </KYWD>
<KYWE TYPE="alpha">Electronic publishing // Electronic library // Electronic manuscripts // SGML // NACSIS // Full text databases</KYWE>
<SOCN TYPE="kanji"> 情報処理学会 </SOCN>
<SOCE TYPE="alpha">Information Processing Society of Japan</SOCE>
</REC>
    
```

図 6 NTCIR-1 の文書レコードの例

多数処理しており、多数の多様な検索課題が望ましい [25]。NTCIR-1 では 30 万件以上の多分野の文書を含み、検索課題は 300 件を最終目標とした。

(2) の正解判定の妥当性については、いままで、以下のような問題が提起されてきた。すなわち、

- ・ 検索課題が自然か、妥当か
- ・ 正解文書候補の収集が網羅的か、公平か
- ・ 正解判定の基準、過程が不明
- ・ 正解判定は 2 値より多いのが自然、など。

検索課題と正解判定は、対になったものである。情報要求はその人の置かれている状況や携わっているタスクに関わり [40]、特定の文書が検索要求に適合するか判断する「レlevance判定」は、人によって、また同一人でも状況によって異なり [41]、さらにシステムとの対話の中でしだいに推移していく [42]。また、判定者の、対象文献に対する認識、検索目的、知識に依存する [43]。テストコレクション構築のための正解判定でもこのような背景状況も想定する必要がある。

そこで、NTCIR-1 では、検索課題には、詳細な検索要求説明を付し、判定基準、用語の説明だけでなく、検索の目的、背景知識、状況なども可能な限り記述するこ

ととした。

このような詳細な検索課題の記述は、正解判定の一貫性の向上に貢献し、また、利用者の問題状況の擬似的プロファイルとして、対話型検索システムの評価にも利用可能 [44] である。また、SGML 型タグによって構造化し、短い問合せ、長い問合せなど多様な場を想定した利用が可能である。

「自然な」、「現実の」については、その種類の文書を日常、検索したり、利用している人が作成することを原則とした。

3.3 テストコレクション 1 (NTCIR-1) の概要

上記の議論を踏まえ、テストコレクション 1 (NTCIR-1) を構築した。これは、文書、検索課題、正解文書リスト、タグ付きコーパスからなる。

3.3.1 検索対象文書 (図 6 参照)

NTCIR-1 は、「学会発表データベース」データの一部を使用する。これは、日本国内 65 学会の協力を得て、その全国大会、研究会などの発表論文要旨を集めたものである。約 33 万件を選定し、一般に検索に用いる「標

題]、「著者」、「学会」、「発表年月日」、「発表要旨」、「著者キーワード」を抽出した。「発表要旨」と「キーワード」は各著者がこのデータベース用に作成したデータで、キーワードは自由語である。対応するシソーラスなどの統制語彙はない。文書の半数以上は日英対訳である。JEコレクション(日英文書全体)、Eコレクション(英語の標題と抄録を持つレコードの英語部分)、Jコレクション(日本語の標題と抄録があるレコードの日本語部分)がある。

「ヨミ」、「単語の区切り」など学会から提出された元データにはなく、学術情報センターで独自に付加した情報はNTCIR-1からは除外した。

3.3.2 検索課題 (図7参照)

検索課題(Search topics)は、利用者の検索要求を一定の書式で記述したものである。検索課題は、分野の研究者(大学院生以上)から、インタビューあるいは図8のフォームによって収集した。訓練用検索課題には大学図書館のレファレンス事例もある。形式は、初期TRECに準じ、<タイトル>、<検索要求>、<検索要求説明>、<概念>、<分野>の項目からなる。これは図書館員やサーチャへの文献調査依頼用の書式にプレサーチインタビューの内容などを組み込んだものであるとも考えられる。

<タイトル>は、検索要求を非常に簡潔に表わすニックネームのようなものであり、検索要求を構成する概念が必ずしもすべて含まれるわけではない。しかし、インターネットサーチエンジンなどにしばしば投入される「非常に短い問合せ」を想定した検索実験にも利用できる。

<検索要求>は、利用者の検索要求を記述した自然言語の文または句で、自動システムに投入する「問合せ(検索式)」となる。特定の長いものから内容語が1~2語の短いものまで多様である。現実の問合せは多様だからである。記述の原則は、分野の専門知識がある人にとって、検索要求を表現するのに必要な概念をすべて含むこととした。

<検索要求説明>は、検索要求の背景説明、検索の目的、正解判定基準、用語の定義など、背景情報を提供する。対話型システムの評価において、擬似的な利用者プロファイルとしても用いることができる [44]。分野の専門家でなくてもある程度理解できる記述とした。

<分野>は、検索課題を分類する大まかな目安であって、正解判定には利用しない。

個数は、最終的には、各分野取り揃え合計300個を目標とした。第1回のワークショップでは、システムをチューニングするために用いる、あらかじめ正解が分かっている訓練用課題(30個)と、本テストに用いる評価用(53個)を用意した。

検索課題は、予備検索を行ない、正解文書が5件以上あるものを選択した。分析者グループで内容、書式を検討し、必要な場合は意図を明確にするため分析者が書き直した。用語用字は分野の慣習を配慮した。分析者は専門分野をもつ大学院生以上であり、自らも検索課題を提供している。

検索実験では、検索課題のどの部分を使用することもできる。ワークショップでは、1チームが複数の検索結果を提出できるが、結果提出時には検索課題中で使用した項目を報告する。システム間比較を容易にするため、検索式を自動構築するシステムの場合は、<検索要求>のみを使用した検索を必須とした。

```

< 検索課題 q=0005 >
< タイトル >
特徴次元リダクション
</ タイトル >
< 検索要求 >
クラスタリングにおける特徴次元リダクション
</ 検索要求 >
< 検索要求説明 >
オブジェクトのクラスタリングを行なうとき、オブジェクトを特徴ベクトルで表現することが望まれる。アプリケーションによっては、オブジェクトの次元は数千、数万となることがある。このような場合、事前に次元を落とすことが必要になる。正解文書は、特徴次元リダクションの方法について、理論面から、または実験によって、提案、比較などを行なっているもの。画像処理などの実験の操作の一部として特徴次元リダクションを用いているだけでは要求を満たさない。
</ 検索要求説明 >
< 概念 >
特徴選択, 主成分分析, 情報の粒度, 幾何クラスタリング
</ 概念 >
< 分野 >
1. 電子・情報・制御
</ 分野 >
</ 検索課題 >
    
```

図7 NTCIR-1の検索課題の例

NTCIR 日本語情報検索システム評価用テストコレクション構築プロジェクト

テストコレクション用検索要求についてのお願い

情報検索システムの評価用テストコレクションを構築するために、「検索要求」を収集しています。「情報要求」とは、「〇〇について論じている論文がほしい」「XXについて知りたい」というように、検索したい文献の内容を具体的に述べたものです。ご協力いただける方は、以下のフォームを埋めて送信してください。記入にあたっては 記入例 を参考になさってください。よろしくお願いいたします。

なお、ご記入いただいた検索要求については、日本国内の学会発表要旨を集めた「学会発表データベース」のデータの一部を使用して実際に検索し、その結果(タイトル・抄録など)は、後日お知らせいたします(結果をお知らせするまで時間がかかることがあります)。不要の方は、その旨ご記入ください。

テストコレクション用検索要求記入フォーム

※(1),(8)は必須です。他の項目は必須ではありませんが、できるだけご記入ください。

1. 検索要求を自然言語の文でご記入ください。
2. 検索要求に関する補足説明(背景や用語の解説など)をご記入ください。(分野に詳しくない者が検索する際の理解を助けるためのものです。)
3. どのような文献が必要ですか。文献の内容、アプローチ、手法など、検索要求を満たしていると判断するための条件・要素をご記入ください。
4. また、最低限どのような条件・要素を満たせば、完全とはいえなくても(部分的には)検索要求を満たしているといえますか。
5. どんな目的で文献を探していますか。(例:これから新しい研究を始めるのでそのトピックの現状を知りたい、D論の準備、研究テーマを決めるため、同じ研究手法を使っている論文をみたい、最新の研究動向を知りたい、新しい手法・モデルを知りたい、など)
6. 検索要求中の主要な概念を表す用語を、同義語や類義語を含めてご記入ください。
7. 検索要求の分野を選んで下さい。(複数回答可)

1. 電子・情報・制御	2. 化学
3. 建築・土木・造園	4. 生物学・農学
5. 理学	6. 工学
7. 医学・歯学	8. 人文・社会
8. お名前・ご所属等をお知らせください(こちらからの連絡にのみ使います。外部に公表することはありません)。

* 氏名:	* 所属:	* E-mail-address:
-------	-------	-------------------
9. その他、ご質問等がありましたら、ご自由にお書きください。

以上です。ご協力ありがとうございました。

※ご記入いただいた内容や検索結果等について、後日、問い合わせをさせていただくことがありますので、ご協力いただくと幸いです。

※当プロジェクトで開発しているテストコレクション(データベース、検索要求群、各検索要求のレバント文献リストのセット)は、広く、情報検索の研究者が使えるようにしたいと考えています。そのため、ご記入いただいた内容は、情報検索システム評価用テストコレクションの一部として情報検索研究者に研究目的での使用に限って公開する場合があります(情報要求作成者のお名前・所属・連絡先などは公開しません)ので、ご了承ください。外部への公開を不可とする場合は、その旨ご記入ください。

図 8 検索要求収集フォーム

3.3.3 正解判定 (正解文書の網羅的リスト)

正解文書候補の収集は、プーリング法とした。訓練用検索課題については、プロジェクト内部で 3 種類の異なる検索システムを用いてパラメタや索引手法を変えた合計約 30 種類の検索結果から上位文献を収集して候補とした。これを補うために、対話型のシステムで網羅性の高い検索を行なって候補に追加した。これらの正解文書の候補に対して分析者が正解判定を行ない、正解リスト ver.1 を作成した。さらにワークショップで予備テストとして、参加者から訓練用検索課題に対する検索結果を任意で提出を求め、そこで新たに見つかった正解文書を追加して、正解リストを補完し ver.2 とした。

評価用検索課題については、ワークショップ参加者が

ら提出される検索結果の上位を集めて正解候補とする。

正解判定は分析者が行なった。正解判定は、検索要求に「適合 (A)」、「部分的適合 (B)」、「不適合 (C)」の 3 段階である。A,B,C 以外は、正解文書候補以外の文献で、分析者が直接判定していないが、さまざまな方法で検索しても検索されなかったことから、「不適合」であると想定している。

専門分野を考慮して主分析者を決め、2名のクロスチェックに基づき主分析者が最終判定を行なった。自作の検索課題については作成者が主分析者となる。分析者以外から収集した検索課題では、判断に迷う場合は検索課題提供者などから参考意見や背景情報を得た。

BMIR の書式に基づき、適合文書と判定に迷った不適合文書には判定の根拠を短くコメントとして付した。

3.3.4 タグ付きコーパス

NTCIR-1 中の文書データの一部に、語構成要素まで考慮した詳細な形態素タグを付与した [36]。日本語では語と語の間に空白などの自明の区切り記号がないという自動索引・検索式解析における日本語固有の問題を検討する基礎的データを意図している。

3.4 ワークショップ(コンペティション)の概要[37]

3.4.1 目的と意義

ワークショップの目的は、(1)参加者からのフィードバックと正解文書候補の収集、(2)各種技法の効果を共通の基盤で比較し、(3)意見交換をする場を提供することである。

大規模テストコレクション構築では、複数の検索システムによる正解文書候補の収集(プーリング)が必要であるが、コンペティション型ワークショップはその最も有効な手段の一つであり、参加者にとっても、同じ基盤でシステム間の比較、検討、議論に参加できるという利点がある。

このワークショップの主な関心事は、数値によるシステムの順位付けではなく、どのような技術を用いるとどのような効果があるかというシステム間の比較と特徴づけである。新しいアイデアを試し、議論し、様々な試みの中から、今後の有望な方向性を参加者全員の共同作業の中で見出していこうとするものである。そのため、システムの特徴を記述する詳細な「システム説明フォーム」[45] 提出、成果報告会での論文形式の報告などを行なう。

3.4.2 タスクと日程

ワークショップのタスクは以下の3種である。参加者は1つ以上のタスクを遂行する。

随時検索タスク (ad hoc IR task): 特定のデータベースに対して、新しい検索課題の検索を行ない、その検索性能を調べる。

言語横断検索タスク (cross-lingual IR task): 日本語の検索課題を用いて、英語の文献を検索する。

用語抽出・役割分析タスク: 標題及び抄録から用語を抽出し、抄録の主要論述における「対象」「手法」「主操作」を表わす用語を識別する。

日程は、以下のとおりである。

- 1998年11月2日：文書データと訓練用課題とその正解文書リストを配布開始
- 12月2日：予備テスト実施

1999年2月8日：評価用検索課題の配布

3月1日：検索結果提出

8月30-31日：成果報告会、会議録発行

9月末：NTCIR-1 本格版配布開始予定

各参加チームは、あらかじめ正解判定が終わっている訓練用検索課題を用いて各自の検索システムを訓練し、2月8日に新しく配布される評価用の検索課題に対する検索結果を事務局に提出する。それを集めて正解文書の候補とし、人間の判定者が正解・不正解の判定を行なうことによって正解文書リストを作成する。正解文書リストに基づいて、提出された各チームの検索結果を評価する。また、各参加チームは複数の検索結果を提出することができ、対話型のシステムも参加できる。

参加チーム数は、合計31チームであり、内訳は、随時検索22、言語横断検索16、用語抽出10チーム、国別では国内20、海外8、混成3である。

予備テストの結果と訓練用検索課題に対する正解判定の網羅性の評価については、別稿にまとめた [9]。訓練用検索課題の正解判定を行なうためにプロジェクト内で行なったプーリングは、全体の97%の正解文書を見つけ、概ね良好であった。

3.4.3 その他

検索結果の提出形式、評価プログラム、システム説明フォーム [27] は、TRECのものに基づいて、日本語特有の項目を追加した。これらは、両方に参加する参加者の負担軽減、有効なデータ蓄積、評価手法の標準化という観点から、IREXでも共通のものを使用する予定である。検索課題の一部は、2.7.2 節で言及した現在開発中の韓国語テストコレクションと交換し、最終的に、韓英日3カ国語の言語横断検索が可能になる予定である。

IREXとNTCIRの異なる点は、コンテストとしての性格付けである。IREX 検索の評価においては、各参加チームは1つの検索結果のみを提出する。対話型システムは対象外とし、検索課題や対象文書をシステム開発の目的で人間の目でみることを禁止し、使用できる文書項目を限定する [8] など厳しい制約を課し、なるべく同じ条件下で厳密に定義された技術に関する評価を行なうことを目指している。

NTCIR ワークショップでは、検索課題をどのように使うか(どのような種類の入力を利用者からあると想定するか、どのような入力を利用者に求めるか)とい

NTCIR 日本語情報検索システム評価用テストコレクション構築プロジェクト

うことも含め、どのようなアプローチ、手法でも可能なものはなんでも試して、「何をどうすればどういう効果が得られるのか」を見、効果とコストや速度などのシステム負荷の兼ね合いから有望な方向を、(コストが高くて非常に有効であればそのコストを減らす方策の模索も含め)模索していこうという姿勢である。

このようにやや異なるアプローチのコンペティション型ワークショップが、先行例である BMIR 関係者を含め相互の協調関係を保ちながら同時期に開催されることになったのは興味深い。今後のテストコレクション構築や研究室型実験のあり方を考えるよい契機になると期待される[46]。

以上、NTCIR 日本語テストコレクション構築プロジェクトについて述べた。NTCIR プロジェクトでは、特に、(1)日本語での大規模コレクション、(2)学術的な文書(他の日本語テストコレクションは新聞記事を使用しているので、それらを補う形で文書種類の多様性を実現)、(3)構造化された検索課題と文書(特定の部分だけを取り出して使用可能)、(4)文書の分野の多様性、(5)言語の多様性、(6)多段階の正解判定などの特徴がある。

4 情報検索システムの評価を巡る基本的課題

4.1 テストコレクションの構築と評価

ここまで見てきたように、情報検索コミュニティは、その時々々の要請に応じた研究開発に必要な実験用資源の整備と評価手法の検討を進めてきた。現実のシステムへ外延できる実験環境を作る方向へと発展してきた。

現在、我々が直面している問題は、何であろうか。社内文書、メモ、行政文書、医療文書、特許、Web 文書など検索が必要な文書は多様であり、利用者像も多様である。これらに対応するには、Web 文書を含め、多様な種類の電子文書と、それらに適した検索課題の収集、対話型と多言語への対応の強化が必要である。「自然な」、「現実の」は、情報検索をめぐる環境や社会の発展と共に推移する。現実に即した文書や検索課題の収集については、著作権など微妙な問題もある。実用検索サービスやその他多くの電子文書を生産、管理している部門からの幅広い理解と協力を期待したい。多言語対応では、国際的協力も求められる。Web 文書を対象としたコンペティション型評価実験については、Web 文書の収集に関する協力も必要である[47]。

その一方、大規模なテストコレクションを構築する

ための、より効率がよく、妥当な手法に関する研究も必要である。大規模テストコレクションでの効率的な正解判定[48]に関する提案があるが、そのほか、より自然な検索課題の収集法と評価、正解判定の方法についてもより進んだ検討が求められる。また、大規模テストコレクションを用いた評価の妥当性 [49]、テストコレクション自身の特徴付けや評価を進める必要もある。

4.2 検索技術動向に関するレビュー

多くの研究者が共通に利用できるテストコレクション、あるいは、コンペティション型ワークショップの一つの利点は、精度と再現率などの限られた側面からではあるかもしれないが、複数の検索システムを共通の基盤で比較評価できることである。これによって、現在利用可能な検索技術、検索性能のレベル、技術動向の推移などを見ることが出来る。今後は、テストコレクションを用いた研究成果やワークショップの成果などを包括的な視点から分析し、検索技術の動向を検討することも必要である。

4.3 評価を巡る基本的問題

情報検索の評価に関しては、研究室型実験と利用者志向評価など評価の立場・観点の問題 [48]、評価尺度、再現率・精度の基本となるレlevanceなど、評価に関わる基本的な問題に関する検討も必要である。

テストコレクションを用いた研究室型の検索実験では、従来から評価尺度は、一貫して再現率・精度が用いられているが、これらは二値の評価尺度である。その他、期待検索長 (expected search length)[49]、Swets の E 尺度 (E measure)[50]、Rijsbergen の E 尺度 (E measure)[51] なども提案されている。また、両者のバランスとシステムの特徴を示すために、(1)再現率・精度グラフ:再現率が 0, 0.1, 0.2, ..., 0.9, 1.0 の 11 点での精度をグラフ化、(2)11 点の平均精度 (11 points average precision)、(3)正規化再現率・精度 (normalized recall, normalized precision) などが用いられてきた [52](p.156-186 参照)。(2)は補間後に算出するが、最近(4)補間なしの全適合文献の平均精度(non-interpolated average precision over all relevant documents)、(5)R 精度 (R-precision; 適合文献と同数出力した時点の精度)、(6)上位ランク精度(上位5,10,20,30件など特定件数を出力した時点の精度)などが用いられる [53]というようにしだいに改善されている。その他、テストコレクションを使った実験デザインと結果の

解釈が統計的に妥当であるかなどの検討といった基本的なことから検討も必要である。

研究室型実験で評価できる再現率と精度などは、検索システムの性能の一側面である。検索対象となるデータベース(あるいはサーチエンジンのインデックス)の収録範囲、システムの使いやすさ、既知のものかどうか、著者、状況、読める時間、読みやすさ、など、さまざまな状況によって、利用者にとって検索されたものが必要であるかどうかというレlevance判定は異なり、検索システムに対する満足度も異なる。レlevance³は情報検索の基本的な概念の一つであり、多くの議論がある[40-43]が、これについては別稿で論じた。

テストコレクションに対する関心が高まるとともに、現在のテストコレクションを用いて評価できるものの限界を認識し、さらに現実にちかい観点での評価、利用者を組み込んだ評価を行なうにはどのようにすべきであるかという議論が進むことを期待する。技術環境の発展に対応して「評価」に関する検討を続けることが情報検索の一層の発展に必要不可欠である。

³ relevance は言語処理では「関連性」と訳されるが、情報検索では「適合性」または「レlevance」という。

参考文献

- [1] Frakes, WB et al.(ed.) (1992) "Information Retrieval : Data Structures & Algorithms". Prentice Hall
- [2] 神門典子 ,「情報検索システムの評価を巡って: テストコレクションとコンペティションを中心に」1999 年情報学シンポジウム講演論文集 , pp.129-136, 1999.
- [3] 木本晴夫ほか,「日本語情報検索システム評価用テストコレクションの構築」1998 情報学シンポジウム講演論文集, pp.103-120, 1998.
- [4] 木谷強ほか,「日本語情報検索システム評価用テストコレクション BMIR-J2」情処研報 , 98(2), pp.15-22, 1998.
- [5] Sakai, T. et al. (1998) "BMIR-J2: A test collection for evaluation of Japanese information retrieval systems". *SIGIR-Forum*, (to appear)
- [6] 酒井哲也ほか,「情報検索システム評価のためのテストコレクション」 *Computer Today*, 15(5), pp.31-35, 1998.
- [7] 関根聡ほか ,「IREX: 情報検索、情報抽出コンテンツ」情処研報 , 98(82), pp.109-116 , 1998(IREXについては、<http://cs.nyu.edu/cs/projects/proteus/irex/>も参照)
- [8] Kando, N. et al., "NTCIR : NACSIS Test Collection Project" [Poster] *IRSG98*, AuTrans, France March 25-27, 1998.
- [9] 神門典子ほか「NTCIR-1:情報検索システム評価用テストコレクション構築の方針と実際」情処研報(99-F1-53), 99(20), pp.33-40, 1999.
- [10] <http://www.rd.nacsis.ac.jp/~ntadm/>
- [11] <http://trec.nist.gov/>
- [12] Smeaton, A. et al., "The TREC experiments and their impact on Europe", *J of Inf Sci*, 23(2), pp.169-174, 1997.
- [13] Griffith, C., "Westlaw's WIN: not only natural, but new". *Inf Today*. 9(9), pp.9-11, 1992.
- [14] Griffith, C., "Freestyle: LEXIS/NEXIS goes natural". *Inf Today*. 11(1), pp.31-35, 1994.
- [15] Tenopir, C., "Target, Freestyle, WIN... Searching takes on a new look". *Lib J*. 119(4), pp.34-36, 1994.
- [16] Kando, N. et al., "Phrase processing methods for Japanese text retrieval". *ACM-SIGIR '98 Workshop on Information Retrieval : Theory into Practice*, pp.13-19, 1998.

NTCIR 日本語情報検索システム評価用テストコレクション構築プロジェクト

- [17] Lesk, M., "SIGIR'97 Panel report 'real world' searching panel at SIGIR'97" *SIGIR Forum*, 32(1), pp.1-4, 1997.
- [18] Callan, J., "Keynote Speech" *the 19th BCS-IRSG Annual Colloquium*, Aberdeen, 1997.
- [19] Zobel, J. (ed.), "Proceedings of ACM-SIGIR Workshop on Information Retrieval: Theory into Practice", 1998.
- [20] Cleverdon, CW, "The Cranfield tests on index language devices", *Aslib Proceedings*, 19, pp,173-192, 1967
- [21] Swanson, DR, "Some unexplained aspects of the Cranfield tests of indexing performance factors". *Library Quarterly*, 41(3), pp.223-228, 1971.
- [22] Harter, SP., "The Cranfield II relevance assessments: a critical evaluation." *Library Quarterly* 41(3), pp.229-243, 1971.
- [23] Salton, G., "The state of retrieval system evaluation" *Inf Proc & Manag*, 28(4), pp.441-450, 1992.
- [24] Aitchison, T.M. et al, "Comparative evaluation of index language", Institute of Electrical Engineeris, London, 1975.
- [25] Sparck Jones, K; Rijsbergen, CJ., "Information retrieval test collections" *J of Doc*, 32(1), pp.59-72, 1975.
- [26] Sparck Jones, K. et al., "Report on the need for and provision of an 'ideal' information retrieval test collection", Computer laboratory, Univ. Cambridge., 1975.
- [27] Blair, DC,et al., "An evaluation of retireval effectiveness for a full-text document retrieval system". *Comm of the ACM*, 28(3), pp.289-299, 1985.
- [28] Blair, DC., "Language and Representation in Information Retrieval", Elsevier, 1990.
- [29] Salton, G., "Another look at automatic text-retireval systems" *Comm of the ACM*, 29(7), pp.648-656, 1986.
- [30] Voorhees, EM., "Variations in relevance judgments and the measurement of retrieval effectiveness" *Proc.of ACM-SIGIR98*, pp.315-23, 1998.
- [31] Harman,D. "Panel: Building and using test collections", *Proc of ACM-SIGIR'96*, p.3335-337.
- [32] Sheridan, Pet al., "Building a large multilingual test collection from comparable news documents" *Workshop on Cross-Linguistic Information Retrieval SIGIR96*, pp.56-64, 1996.
- [33] Kluck, M., "German Indexing and Retrieval Test database (GIRT); some results of the pretest" *IRSG'98*, pp.117-127,1998.
- [34] Hersh, W. et al., "OHSUMED: an interactive retrieval evaluation and new large test collection for research". *Proc of ACM-SIGIR'94*. pp.192-201, 1994.
- [35] Shaw, W.M., Jr., et al., "The cystic fibrosis database: content and research opportunities". *Lib and Inf Sci Res*, 13, pp.347-366, 1991.
- [36] Kageura, K. et al., "NACSIS Corpus Project for IR and Terminological research", *Proc.of NLPRS'97*, pp.493-6, 1997.
- [37] <http://www.rd.nacsis.ac.jp/~ntcadm/workshop/>
- [38] Kando, N., "Cross linguistic scholarly information transfer and database services in Japan." *ASIS '97*, 1997.
- [39] Sparck Jones, K; van Rijsbergen, CJ., "Information retrieval test collections" *J of Doc*, 32(1), pp.59-72, 1976
- [40] Schamber, L. et al., "A re-examination of relevance: toward a dynamic situational definition" *Inf Proc & Manag*, 26 (3), pp.321-43, 1990.
- [41] Barry, CL., "The Identification of User Relevance Criteria and Document Characteristics: Beyond the Topical Approach to Information Retrieval". Syracuse Univ. Ph.D. Dissertation, 1993.
- [42] Saracevic, T., "Relevance reconsidered '96", *Proc of the 2nd CoLIS*, pp.201-218, 1996.
- [43] Oddy, RN., "9. Laboratory tests: automatic systems" In. *Information Retrieval Experiment*. Ed by K. Sparck Jones, Btterworths, pp.156-178, 1980.
- [44] Borlund, P et al., "The development of a method for the evaluation of interactive information retireval systems" *J of Doc*, 53(3), pp.225-250, 1997.
- [45] <http://www.rd.nacsis.ac.jp/~ntcadm/workshop/sys-desc-ad.html>
- [46] 情報処理学会 1999 年春期全国大会 公開パネル「情報検索の新たな展開:テストコレクションからサーチエンジンまで」1999年3月予定
- [47] Yamana, H.etal, "Experiments of collecting WWW information using distributed WWW robots"

- [panel] *Proc. of ACM-SIGIR '98*, pp.379-380, 1998.
- [48] Ellis,D., "The dilemma of measurement in information retrieval research", *J of Am Soc Inf Sci*, 47(1), pp.23-36, 1996.
- [49] Cooper, WS., "Expected search length: a single measure of retrieval effectiveness based on the weak ordering action of retrieval systems". *Am Doc*, 119(1), pp.30-41, 1968.
- [50] Swets, JA, "Effectiveness of information retrieval methods". *Am Doc*, 120(1), pp.72-89, 1969.
- [51] Rijsbergen, CJ., "Information Retrieval", 2nd ed. Butterworths, 1979.
- [52] (1)~(6)の尺度はTRECの評価プログラム ([ftp.cs.cornell.edu/pub/smart/](ftp://cs.cornell.edu/pub/smart/)入手可)で算出できる
- [53] Salton,G. et al. (ed.), "Introduction to Modern Information Retrieval". McGraw-Hill,1983.
- [54] 野末俊比古ほか.,「レレバンス概念再考 : NAC-SIS テストコレクションのための試論」日本図書館情報学会研究大会発表要綱集 , pp.67-70, 1998.
- [55] 野末俊比古ほか.,「レレバンスをめぐる一考察 : NTCIR の背景として」情処研報 , 99(20)(99-F1-53), pp.49-56, 1999.

研究論文

On the Study of Dynamics of Terminology: A Proposal of a Theoretical Framework

専門用語の語彙成長に関する研究の理論的枠組みについて

Kyo KAGEURA

National Center for Science Information Systems

学術情報センター 影浦 峽

ABSTRACT

The purpose of this paper is to clarify concepts referred to by 'dynamics of terminology' and to outline a possible theoretical framework within which the dynamics of terminology can be described in such a way that the description can be interpreted as a study of terminology in itself *de jure*. Many efforts have been made so far, in vain, to make the study of terminology appear an independent discipline, by examining the 'theoretical' or 'essential' nature of terms as an empirical object. This kind of enterprise is, of course, logically doomed to fail, as the status of the theory of terminology is related to the 'theory' of terminology and not to terms as an empirical object. As a preparation for the purpose of the paper, therefore, I first clarify the distinction between *quid iuris* and *quid facti* concerning the study of terminology. On the basis of this distinction, I then affirm the status of the study of dynamics of terminology in its own right, and then sketch a possible means of describing the dynamics of terminology.

要旨

本稿では、「専門用語の成長」という概念を明確化し、その概念の一解釈における「専門用語の成長」の研究の可能な理論的枠組みを提案する。それにあたっては、特に、その研究が、たまたま専門用語を対象データとした何かより一般的な該当言語現象(すなわち語彙の成長)の研究ではなく、「専門用語の研究」でありうるための可能性の条件に注意を払う。これまで、専門用語研究の独立性(「専門用語学」の可能性)を保証すべく、多くの非生産的な議論が、専門用語の性質を巡ってなされてきた。専門用語研究の独立性は、「研究」としての存立構造論に関わり、実証的な存在としての研究対象には理論的に依存しないのだから、いくら専門用語の性質を議論したところで、専門用語の理論構成に関する生産的な知見が得られないのは論理的に当然である。そこで本論文では、専門用語研究を巡る権利問題(「研究」の可能性の論理的条件)と事実問題(ここでは実証的研究としての記述や予測の粒度)をまず最初に区別し、専門用語成長の研究の理論構成において、専門用語研究としての最低限の権利的位置づけを確保した上で、記述の粒度を考慮する事実問題上の枠組みを検討することにする。

[Keywords] Dynamics of Terminology, Term Formation, Quid Iuris, Quid Facti, Structural Approach

[キーワード] 専門用語の成長、専門用語形成、権利問題、事実問題、構造的アプローチ

1 Introduction

The purpose of this paper is to clarify some concepts related to dynamics of terminology and to outline a possible theoretical framework within which the dynamics of terminology can be described. I deliberately impose the restriction that the theoretical frame-

work here should be such that it can claim, *de jure*, an independent status as 'a study of terminology' in itself. In other words, the description of terminological phenomena within the framework should be able to claim that they are about terms, without comparing and contrasting them with the descriptions of more general lex-

On the Study of Dynamics of Terminology: A Proposal of a Theoretical Framework

ical phenomena. This restricts the range of the study of terminology too narrowly, but nevertheless is necessary at a certain stage because an empirical object called 'terminology' is more and more recognised to be an independent existence within the sphere of vocabulary.

Many efforts have been made so far, in vain, to make the study of terminology an independent discipline, by examining the 'theoretical' or 'essential' nature of terms as an empirical object. This was doomed to fail, of course, because the status of a 'theory of terminology' is by definition related to the 'theory' than to terms as an empirical object. The very fact that one can identify terms as an empirical object presupposes that one has already taken a particular epistemological standpoint, and it is this epistemological standpoint that shapes the theory.

For a theoretical examination of the study of terminology, therefore, it is necessary to distinguish between *quid iuris* and *quid facti*. Paying attention to this distinction, I will first affirm the status of the study of the dynamics of terminology in its own right, while at the same time linking it to the *quid facti* of terminology. As the theoretical status of a subject of a study is closely related to the methodology, I will outline then a basic configuration of a methodology for a possible study of the dynamics of terminology, together with some basic assumptions.

2 Definitions and Notations

Throughout this paper, I refer to term and terminology as empirical objects using plain characters. The provisional definitions of these terms are [1]:

term : A lexical unit consisting of one or more than one word which represents a concept inside a domain.

terminology : The vocabulary of a domain or a subject field, i.e. a set of terms in a domain or a subject field.

I use "a set of terms (of a domain)" and "terminology (of a domain)" with different connotations. In the former, it may be that terms are chosen arbitrary, while in the latter terms included in a terminology should be at least representative (in the technical sense of the word and with no implication of being authoritative or

prescriptive).

I distinguish the **concepts** 'terminology' and 'terms' from terms and terminology as empirical objects, and denote them with single quotes, i.e. as 'terminology' and 'term', 'terms'. These conventions are also applied to other related terms such as vocabulary etc.

I denote by 'Terminology' with a capital 'T' (in section titles, etc. it is fully capitalised) the study that takes such theoretical form that can claim, *de jure*, to be a study of terminology in itself, as distinct from a study of some phenomena relevant to terms or terminology which is based on terminological data. On the other hand, any sort of the study concerning terms or terminology is denoted by 'studies of terminology', which include Terminology.

3 TERMINOLOGY as *Quid iuris*

In this section, I will first examine 'terminology' and then clarify the 'dynamics of terminology' that can be an object of Terminology, paying particular attention to the *quid iuris* concerning the status of 'terminology'.

3.1 The Concept 'Terminology'

When we read articles or papers of a domain, we can recognise some lexical items in the texts as technical terms, though we do not consciously do so. In a domain where new knowledge is generated, new terms are constantly created to fulfill the needs of the domain, while others become obsolete. In addition, existing terms may undergo changes of meaning. All these empirical phenomena related to terms are observed within texts, actual discourse or communication context. Generally speaking, one cannot make a terminological dictionary of a domain where no papers or articles exist (just ignoring the fact that in this case it is not possible to identify the domain in the first place).

Upon closer inspection of the situation, however, it can be noticed that the very fact that we can talk of terms in texts presupposes the existence of something that can be generalised under the concept 'terminology', i.e. the concept of the vocabulary of a subject field. This is derived by the fact that, as the concept 'concept' used in defining 'term' above cannot logically precede the concept 'term' [2], the definiants in

the definition of 'term' given above must be "a concept inside a **domain**". So 'terminology' should logically precede 'terms' and terms, because a better linguistic representation of a domain is not individual items (e.g. texts or terms) but the totality of relevant linguistic phenomena (e.g. a set of all the texts or terminology).

So it can be said: terminology as an empirical object first and foremost manifests itself as a set of individual terms, while the empirical manifestation of terms is always and already epistemologically preceded by the existence of 'terminology'.

Here we have to ask again what 'terminology' is. The first answer is that 'terminology' is a logical fictitious construct that is required when terminology as an empirical object is to be observed — a straightforward circularity. Going one step back, the concept 'terminology' can be identified as the concept 'the vocabulary of a domain' — this time a definition. The same problem arises with respect to the concept 'vocabulary' and 'domain' here — an infinite retreat, if this line of discussion is pursued. So let me stop here, essentially arbitrarily, but rationally from the point of view of Terminology [3].

It is logically permissible to stop here from the point of view of Terminology because the determining concepts 'vocabulary' and 'domain' are both external to 'terminology' itself, i.e. in order to define them it is not necessary to presuppose the existence of 'terminology'. So let me assume that 'vocabulary' and 'domain' can be securely and externally characterised. In fact, recent psycholinguistic studies have provided evidence that strongly supports the existence of vocabulary space as a psychological reality, as distinct from textual or discourse space [4,5]. The naive reality of specialised domains on the other hand is well supported by the existence of academic societies, textbooks, etc. So at least it is possible to identify, externally to 'terminology', vocabularies and domains as empirical objects.

Summing up the main points so far: (i) 'terminology' precedes, logically and *de jure*, 'terms' as well as terms as empirical objects, (ii) 'terminology' is externally supported by the concepts 'vocabulary' and 'domain', and (iii) from the point of view of *quid iuris* concerning Terminology, vocabulary and domain as empirical

existences can be externally identified and their empirical characteristics can be assumed to be clarified.

These are related to the *quid iuris* or the essential theoretical status of Terminology. So if one pursues Terminology, then one should treat a terminology as a vocabulary of a domain in its totality as an empirical object of Terminology, with some anchor points to the two external determining concepts, i.e. 'vocabulary' and 'domain'.

So studies of terminology on the basis of an arbitrarily chosen set of terms cannot logically constitute a part of Terminology. In addition, studies of terms with respect to their use in actual context cannot be a study of Terminology either. This does not mean that these kind of studies of terms carried out as a part of a more general study of linguistics are uninteresting or not worthwhile; quite the contrary, most interesting observations related to terminological phenomena so far have been made in these sort of studies, by researchers who do not regard the study of terminology as an independent discipline [6,7,8].

I nevertheless stick here to the idea of Terminology deliberately and strategically, because if one naively accepts the existence of an independent and internal structure of a terminology of a domain, then the conditions for the possibility of founding a study corresponding to that observation should be pursued at a certain stage. In addition, many misleading discussions have been made so far concerning Terminology anyway [8,9,10], which should be carefully examined.

3.2 'Dynamics' in TERMINOLOGY

Let me examine here the concept 'dynamics of terminology', or more specifically, 'term formation / terminological growth' in Terminology. The discussion above about the *quid iuris* concerning Terminology has already restricted the object of the study to terminology as a vocabulary of a domain in its totality. In addition, it is already well discussed that, if the distinction of *langue* and *parole* is adopted, then 'terms' and 'terminology' belong to the sphere of *parole*, which means that theoretical description should not be abstracted too much from actually existing terms and terminology [2,8].

On the Study of Dynamics of Terminology: A Proposal of a Theoretical Framework

At this stage, some concepts of ‘dynamics’ are excluded from Terminology. Firstly, as is already obvious by the shift from terms to terminology, ‘dynamics’ addressed in studies that are concerned with the manner of formation of individual terms, within or out of their actual communication context, is not relevant to Terminology. The concept of ‘dynamics’ treated in the study of the social history and profile of individual terms is not relevant, either. The concept of ‘dynamics’ equivalent to those defined in *langue*, most typically observed in the school of generative linguistics, cannot be relevant to Terminology either.

Now two choices are left. Either to define ‘dynamics’ as an actual historical growth of a terminology of a domain in its totality, or to define it as an internal potentiality that can be observed in the synchronic abstraction of a terminology of a domain, again in its totality. Logically, and to some extent unfortunately, the latter precedes the former [11]. Following the conventional terminology ‘structural’, which is loosely used to refer to this type of study, let me call this structural dynamics.

As a first step, therefore, ‘dynamics of terminology’ in Terminology should be defined as an internal potentiality of an actual terminology of a domain that can be observed in its totality. The concept of ‘potentiality’ here should be defined, according to the restriction imposed by the fact that terminology is an existence that belongs to *parole*, as something that is in charge of creating new terms which, from the point of view of the study, has the **realistic possibility of existence**. Note that this should be clearly distinguished from possibly acceptable conceptual or grammatical constructions expected from existing terms. The former is concerned with terminology, while the latter is with individual constructions of terms (or more specifically, linguistic variations of terms).

Figure 1 shows the basic configurations of the different concepts of ‘dynamics’ discussed here. Within the overall configuration of the study of the dynamics and growth of terminology illustrated in Figure 1, therefore, Terminological study of the structural dynamics of terminology constitutes only a small part of the study of terminology. However, for observing the overall nature

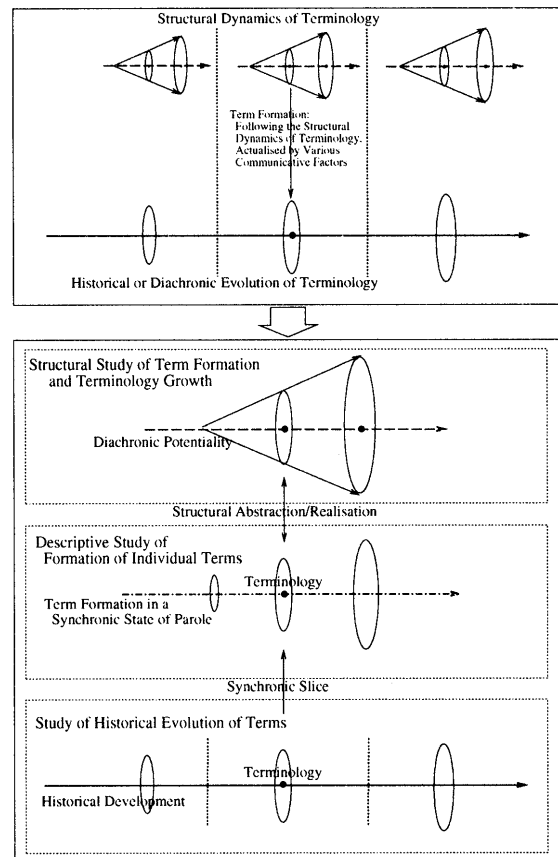


Figure 1. Concepts of ‘dynamics’

of terminology, this is an essential element for the proper study of terminology.

4 A Brief Sketch of a Theoretical Framework

Let me turn here to the *quid facti* of describing dynamics of terminology within Terminology. I will first clarify, starting from a naive observation of terminology, a few assumptions that might be useful, as a first step towards the structural study of terminological dynamics, i.e. of term formation and terminological growth, as Terminology. I will then briefly sketch a theoretical/descriptive framework.

4.1 Some Assumptions

Naively speaking, we can recognise within terminological phenomena the tension between the inclination towards rigidity and the need for flexibility. On the one hand, the practical *raison-d’etre* of terminology requires that terms are rigid and systematic, while on the other hand the fact that terms are functional varia-

tions of lexical items naturally makes terms flexible.

The former can be observed most clearly in the form of autonomous and systematic terminology which gains its own status as a linguistic phenomena of the domain, independent of the individual situation of communication or discourse, while the latter factor can be more clearly observed in the use of terms in the actual performance of the specialised communication. Or rather, it can be said, from the point of view of individual terms, the restrictive and regulative aspects are more clearly observed with reference to the system of terminology, while the flexible aspects are more clearly recognised with reference to their actual use in communication contexts.

With respect to the theoretical range of the possible study discussed here, therefore, the following hypothesis can be adopted as a first and rough approximation. Of course, being a hypothesis, this should be the target of examination as well in an actual study.

Hypothesis : Some systemic or systematic factors in the existing terminology of a domain determine the formation of new terms and the growth of terminology.

Let me now adopt some basic assumptions in preparation for outlining a theoretico-descriptive framework. First, the existence of regularity at the level of 'concept' and its correspondence with linguistic representation patterns is assumed:

Assumption : The structural dynamics of terminology can be observed in the formation patterns of terms as manifested in their linguistic construction, whose regularity can in turn be attributed to some extent to the systematicity of the dynamics of the concepts of the domain.

This, in a way, is a much reduced and weaker version of the claim made by the traditional theory of terminology [9], and represents an affirmative rephrasing of the following proposition formulated by Alain Rey [12]:

To the extent that a terminological system, even if it matches a coherent conceptual system, is incapable of reflecting its internal relationships, terminology is autonomous with respect to epistemology. To the extent that a terminological system, even if it is formed from unmotivated and common language words, denotes a conceptual system and

exists only for denoting it, terminology is autonomous with respect to linguistics.

The next assumption is concerned with the patterns of linguistic construction and the underlying linguistic operations.

Assumption : The dynamic structure of terminology can be described by means of the relationships between terms and their constituent elements as well as among the constituent elements on the one hand, and among terms that can be observed through their constituent elements on the other.

Although the actual simple and complex terms are historically created not only by compounding alone but also by abbreviation, metaphorical transformation, etc., they are not taken into direct consideration here. Instead, I assume that they are created according to simple building blocks of compounding on the basis of the constituent elements. This does not however mean that the concept represented by a complex term is completely and transparently determined by the building blocks of the concepts represented by its constituent elements, an idea which was criticised by Langacker [13].

This is an obvious simplification and brute abstraction, but this assumption can nevertheless be adopted on the basis of the rationale that, whatever profile individual terms have, the collective dynamics of terminology functions in such a way that the resultant terminological structures have the overall systematicity which is manifested, in retrospect, as the building blocks of their constituent lexical items.

As a matter of course, they are not completely correct, as one can point out many actual terms that were formed in different ways. In that sense, these assumptions also constitute the hypotheses of the present framework which should be critically examined after a concrete descriptive study is carried out.

A further assumption is adopted concerning the concept 'domain', and the uniformity of terminology.

Assumption : The domain we start and end with remains within the range of what Kuhn called normal science [14]. Correspondingly, I will assume that the terminological data available at the starting point of the study is basically uniform and there is no difference of

On the Study of Dynamics of Terminology: A Proposal of a Theoretical Framework

status among terms.

Once again, this assumption may look rather simplistic, because domains like information science consist of many subdomains, and even a small domain such as artificial intelligence may well consist of a mixture of different viewpoints and may have a complex history with many theoretical leaps. A terminology of a domain in fact is constituted from various factors which are a complex mixture of macro- and micro-dynamics. However, it can also be said that a terminology of a domain, even if it consists of heterogeneous subdomains and takes shape as a result of non-monotonic dynamism of the domain, comes to obtain a fair degree of regularity **as a mass** by itself.

4.2 Conceptual Patterns of Term Formation

Under the above assumptions, the characterisation of the dynamics of terminology starts with the description of conceptual patterns of formation of terms within the terminology of a domain. Basic points that should be observed at the conceptual level are relationships between terms and their constituent elements as well as among constituent elements, and types of conceptual combinations used in the construction of terminology.

The general form of descriptions of conceptual patterns of term formation can be understood in analogy with algebraic structure, consisting of constituent elements of terms, terms and the function that constructs new terms from the existing terms and constituent elements, although rigid mathematical formalisation may not be possible or necessary.

More informally, the structural description of conceptual patterns of term formation will take the form of the descriptions of combination patterns of conceptual categories within an overall classificatory structure of conceptual categories [15], with corresponding linguistic forms as manifested by the terms of a domain. This anchors the descriptive framework to the concept 'domain'.

Other than practical limitations imposed by the simplifying assumptions adopted in the study, the description of the conceptual patterns of term formation has an essential logical limitation for characterising the systematicity of the dynamics of terminology; if we try to

give necessary and sufficient conditions to the formation of terminology by means of describing conceptual patterns (or in fact at any level), we end up listing the combinations of linguistic items in terminological samples used in the study, which also means that we lose observation of dynamics in the description.

So the description of conceptual patterns must necessarily remain general to a certain extent, i.e. remain at a level where regularities of formation patterns of terms as a mass in a given domain can most properly be described. This, however, immediately means that we lose the due granularity of the description. As a result, the range of possible terms expected within the description of conceptual patterns of term formation necessarily remains rather broad. The natural question at this point is: Beyond the level of generality which is logically and theoretically allowed in the description of conceptual patterns of terms in the framework outlined here, is there any way of describing more fine-grained regularities of dynamics of terminology? The answer is yes, though the type of regularity that can be clarified becomes inevitably different from those described by conceptual patterns of term formations.

4.3 Lexico-Conceptual Dynamics

For analysing fine-grained regularities of term formation beyond the level that is addressed by descriptions of conceptual patterns, there are two possible choices. The first is to consider the actual social or communication process of individual term formation, and to give a detailed description of relevant factors that shape the form of individual terms, one by one. This approach is comparable to the descriptive study of the formation of individual terms as illustrated in Figure 1. I have discussed already the idea that this does not, *de jure*, belong to Terminology.

The second choice, relevant to and in conformity with the requirements of Terminology, is to explore the regular patterns of occurrences of lexical items as a mass quantitatively, within the conceptual patterns outlined above. The current development of quantitative linguistics has shown that it is theoretically possible, given a certain amount of data, to describe growth patterns of lexical items in their entirety including the

potential lexical items [16,17,18,19,20].

By applying this framework by treating individual lexical items as the representation of the most specific concepts under general conceptual categories, it is possible to give detailed descriptions of the dynamics of potential directions of growth of constituent elements of terms in terminology, within the overall conceptual patterns of term formation.

In other words, while the conceptual description of the regularities of term formation patterns is expected to reveal the regular productivity of the conceptual **organisation** or **general patterns** of the terminology of a domain, the quantitative analysis of the lexical dynamics within this conceptual organisation can clarify the basic dynamics of the actual and potential operations of more specific concepts which are represented by individual lexical items.

5 Conclusions

In this paper, I have discussed some basic requirements of Terminology, starting from the examination of the *quid iuris* of 'terminology'. The concept of 'dynamics' that can possibly be a target of Terminology was argued to be limited to, as a first step, the dynamic potentiality as observed in the synchronic slice of the internal structure of a terminology of a domain. Accordingly, the resultant description should be such that it can predict the realistic possibility of existence of terms as precisely as possible. Lastly, I outlined a possible framework for pursuing the Terminological study of term formation and terminological growth, with a few simplifying assumptions.

As I have already mentioned, studies of terminology are not limited to Terminology. In fact, as terms manifest themselves as linguistic items, it is natural and in fact desirable to take into consideration various intersections between terminological and non-terminological linguistic phenomena. In this paper, I nevertheless limited the discussion to the possibility of Terminology because comparisons between terminological and non-terminological phenomena can never touch upon essential characteristics of terminology, if the basic nature of terminology in itself is not known at all. In that sense, the internal characterisation of terms within Terminol-

ogy and more general studies of terminology are complementary. In the current state-of-the-art, most interesting studies are carried out as general studies of terminology, not Terminology, while the proper development of Terminology lags far behind. This paper is a small step towards filling the gap recognised here, sticking to the conditions for the possibility of Terminology.

I have already published some preliminary results of work that has been carried out within the framework outlined in section 4 [15,19,20,21]. I am planning to carry on further work on term formation and terminological growth within this framework, the results of which will hopefully be published in the future.

References

- [1] Bessé, B. de, Nkwenti-Azeh, B., & Sager, J. C. (1997) "Glossary of Terms used in Terminology," *Terminology*. Vol.4, No.1, pp.117-156.
- [2] Kageura, K. (1995) "Towards the Theoretical Study of Terms," *Terminology*. Vol.2, No.2, pp.239-258.
- [3] This aporia (trilemma) in grounding the foundation of a study is pointed out in a clear form in: Albert, H. (1968) *Traktat über kritische Vernunft*. Tübingen: Mohr [Hagiwara, Y (trans.) (1985) *Hihanteki Risei Ronko*. Tokyo: Ochanomizu-Syobo].
- [4] Baayen, R. H.; Lieber, R.; Schreuder, R. (1997) "The Morphological Complexity of Simplex Nouns," *Linguistics*. Vol.35, pp.861-877.
- [5] Schreuder, R.; Baayen, R. H. (1997) "How Complex Simplex Words Can Be," *Journal of Memory and Language*. Vol.37, pp.118-139.
- [6] Miyajima, T. (1981) *Senmon Go no Syomondai*. Tokyo: Syusei Syuppan.
- [7] Sager, J. C.; Dungworth, D.; McDonald, P. F. (1980) *English Special Languages*. Wiesbaden: Oscar Brandstetter.
- [8] Temmerman, R. (1997) *Terminology Beyond Standardisation. Language and Categorisation in the Life Sciences*.
- [9] Felber, H. (1984) *Terminology Manual*. Paris: UNESCO and Infoterm.

On the Study of Dynamics of Terminology: A Proposal of a Theoretical Framework

- [10] Picht, H.; Draskau, J. (1985) *Terminology: An Introduction*. Surrey: University of Surrey Press.
- [11] Saussure, F. de (1916) (Bally, C. and Sechehaye, A. eds.) *Cours de Linguistique Generale*. Paris: Bally and Sechehaye. [Baskin, W. (trans.) *Course in General Linguistics*. New York: Philosophical Library.]
- [12] Rey, A. (1995) *Essays on Terminology*. Amsterdam: John Benjamins.
- [13] Langacker, R. W. (1987) *Foundations of Cognitive Grammar, Vol. I: Theoretical Prerequisites*. Chicago: Chicago University Press.
- [14] Kuhn, T. (1964) *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: Chicago University Press.
- [15] Sager, J. C.; Kageura, K. (1995) "Concept Classes and Conceptual Structures — Their Role and Necessity in Terminology," *Actes de Langue Française et de Linguistique* Vol.7/8, pp.191-216.
- [16] Chitashvili, R. J.; Baayen, R. H. (1993) "Word Frequency Distributions." In L. Hrebicek and G. Altmann, (eds.) *Quantitative Text Analysis*. Wissenschaftlicher Verlag: Trier. pp. 54-135.
- [17] Good, I. J. (1953) "The Population Frequencies of Species and the Estimation of Population Parameters," *Biometrika*. Vol. 40, No.3-4, pp.237-264.
- [18] Good, I. J.; Toulmin, G. H. (1956) "The Number of New Species, and the Increase in Population Coverage, When a Sample is Increased," *Biometrika*. Vol.43, No.1, pp.45-63.
- [19] Kageura, K. (1998a) "A Statistical Analysis of Morphemes in Japanese Terminology," *COLING-ACL'98*. Montreal. pp. 638-645.
- [20] Kageura, K.; Santana-R, M.; Yamilet-S, S. (1999) "A Quantitative Morphological Structure of English and Spanish Technical Terminology," *6th International Conference on Social Communication*. Santiago de Cuba. pp. 1277-1285.
- [21] Kageura, K. (1997) "On Intra-Term Relations of Complex Terms in the Description of Term Formation Patterns." In *Mélanges de Linguistique offerts à Rostislav Kocourek*. Halifax: Les Presses d'ALFA (α). pp. 105-111.

研究論文

タイトルと要旨の情報に基づくキーワードの役割分類の研究

Research on Keyword Role Analysis based on the information of title and abstract

学術情報センター 吉岡 真治

Masaharu YOSHIOKA

National Center for Science Information Systems

要旨

論文には、解説論文、新しい技術を提案している論文、既存の技術を適切に応用した結果を報告した論文など様々なタイプの論文があり、検索要求によって、適切なタイプの論文が異なると考えられる。よって、本研究では、様々なタイプの論文を区別するために、著者が付けたキーワードをその役割毎に分類するための方法論の提案を目標とする。そのために、本研究では、キーワードの役割はキーワードと共に用いられる動詞に強く関係すると考え、文章中における動詞とキーワードの関係の情報を用いた分類方法の提案を目標とする。本稿では、この分類方法を提案するにあたり、実際の論文のデータに基づいて、キーワードの役割を特徴づけるための動詞についての考察を行い、その結果に基づいて実際にキーワードの役割分類の実験を行ったので、それについて報告する。

ABSTRACT

There are several types of research articles; e.g., survey articles, those that propose new technologies, those that apply existing technologies to unsolved problems. In this paper, I propose a methodology to categorize these types of research articles by analyzing roles of the author added keywords. First, I categorize verbs that are frequently used in research articles into five role categories. Second, I propose methodology to analyze roles of the keywords by using the categories of verbs. To validate this methodology, I apply it to the real research articles and explain its result.

[キーワード] 情報検索、役割分析、キーワード

[Keywords] Information Retrieval, Role Analysis, Keyword

1 緒言

近年の情報インフラストラクチャの発展により、公開される論文などの有益な情報の量が增大している。このため、このような膨大な情報の中から必要な情報を的確に提供する情報検索に対する要求は非常に大きなものになってきている。このような的確な情報検索を行うためには、検索要求との単なるパターンマッチングをするのではなく、検索語の文章中の役割を考えた検索の有効性が指摘されている[1]。

例えば、工学の様な実学の分野の論文では、基礎的な手法を提案するような論文だけではなく、そのような基礎的な手法を実際の問題に適用し、その結果として手法の応用方法や適用可能性について議論をするような論文が存在する。また、前者のような基礎論的タイプの論文と後者のような応用的タイプの論文で

は、読み手の意図も異なり、これらの2つのタイプの論文を区別することは有意義であると考えられる。しかし、現在のキーワードにはこのような区別がなく、検索要求者に両方の種類の文献を結果として返すことになる。

そこで、本研究では、このようなタイプの違う論文を区別するために、キーワードをその役割毎に分類するための方法論の提案を目標とする。本研究では、キーワードの役割はキーワードと共に用いられる動詞に強く関係すると考え、文章中における動詞とキーワードの関係の情報を用いた分類方法の提案を目標とする。そのために、本稿では、この分類方法を提案するにあたり、実際の論文のデータ[2]に基づいて、キーワードの役割を特徴づけるための動詞についての考察を行い、その結果に基づいて実際にキーワードの役割分類の実験を行ったので、それについて報告する。

タイトルと要旨の情報に基づくキーワードの役割分類の研究

2 論文におけるキーワードの役割と動詞の関係の分析

多くの論文にはその論文を特徴づけるキーワードが著者により付けられている。ここで、「自己参照表現を用いた遺伝アルゴリズムの拡張について」「遺伝的アルゴリズムを用いたハードウェア進化の模擬実験」という2つのタイトルの論文について考える。どちらの論文についても「遺伝(的)アルゴリズム」というキーワードがついているが、このキーワードの前者の論文における役割は問題の対象を表現するものであり、後者の論文における役割は問題解決のために利用した手法を示している。

これらのキーワードの役割の違いは、情報検索をする人においても、区別したいものだと考える。例えば、ある技術や手法の詳細を知りたい、もしくはその技術自体の最新状況を知りたいと言うような要求がある場合には、前者のような論文が好ましく、実際に技術を適用するときにはしなければならない工夫などを知りたいときには後者のような論文が好ましいと考える。そこで、この様な論文のタイプを区別する方法について検討する。

2.1 動詞の分析

多くの自然言語処理による情報検索システムなどにおいては、名詞を中心として文献を特徴づけ、その結果に基づいた検索を行っている。しかし、文献のタイプや内容をより詳細に分析するためには、動詞に着目することが有効である事が指摘されている[3]。

そこで、本研究では、実際の論文から、特徴的に出てくる論述を抽出し、その抽出した情報に基づいて動詞と役割の関係に関する考察を行う。また、実際の論文データとしては、学術情報センターが作成している学会発表データベース[4]の人工知能分野の論文抄録1870件のタイトルと要旨について、日本語形態素解析システム JUMAN [5]に準拠した文法タグの付与されたNACSISコーパス[2]を用いる。

このコーパスを用いて、論文における役割を示す動詞を考察する方法として、本研究では、論文に特徴的であり、論文の内容に関わる記述をしている部分を抜き出し、分析を行う。そのために、論文に特徴的に見られる「本論文では～」、「本稿では」、「本研究では～」、「本報告では～」、「本講演では～」という5つの論文の内容に関わる記述の文章について文章の最後(複文になっている場合は各々の複文の最後)の動詞が役割を

示す動詞の候補と考えた。また、この分析を行うために、日本語構文解析システムKNP [6]を利用した。

その結果、738件の論文から870の論述を抜き出し、延べ1089個、異なり224個の動詞を得た。ただし、頻度2以下のものについては、問題領域に密接に関係が有って、論述一般における役割の判断が困難なものなどが含まれた事などを考慮して、解析の対象から除外した。その結果、頻度3以上の動詞として63個抽出した。表1にその頻度の上位のものを列挙する。

表1 抽出した動詞のリストと頻度

動詞	頻度	動詞	頻度
提案する	190	行う	29
述べる	102	する	29
示す	54	報告する	26
考察する	31	検討する	25

次に、これらの動詞について実際の論文文中での用いられ方を分析することにより、表2に示す5つのカテゴリとその他に分類した。その他に分類した動詞は、論文に特徴的な表現で用いられる動詞であるが、その役割判断をする際に、動詞自体の意味よりもその動詞が受ける名詞の方に意味がある場合が多いため、今回の手法による役割分析には不適切であると考え、特に新たなカテゴリをもうけないこととした。

表2 動詞と役割の関係

役割のカテゴリ	動詞(例)
新たなる提案	提案する 構築する 開発する 実現する 試作する
既存あるいは提案手法に関する議論	考察する 検討する 考える 論じる 確認する
利用する方法ないし情報	適用する 導入する 用いる 拡張する 応用する
問題や方法の性質	構成する 着目する 定義する 捉える 取り上げる
目標	目指す
その他	述べる 示す 行う する 提示する

表3 キーワード役割分析の結果と正解判定結果

役割のカテゴリ	抽出された文型数	分類された キーワード数	正解数
新たなる提案	1571	182	142
既存あるいは提案手法に 関しての議論	1231	113	93
利用する方法ないし情報	1634	334	295
問題や方法の性質	939	114	105
目標	66	5	4
総計	5441	748	639

2.2 動詞とキーワードの関係に基づく役割分析

次に、これらの各々の動詞の情報を用いて実際の論文中のキーワードの役割分析実験を行った。実験対象としては、動詞の抽出実験にも利用した文法タグ付きNACSISコーパス(人工知能分野の論文抄録1870件)を利用した。これらの論文抄録には3~5個のキーワードづつ、全体で8199個(この内3300個はタイトルと要旨の中には存在しないので分類不可)のキーワードが付けられている。この役割分析実験は以下の手順で行った。

1. 構文解析

タイトルおよび要旨について先の動詞の分析でも用いた日本語構文解析システム KNP を用いて解析を行う。

2. 文型の検索

先述の動詞群に付いて、各々の動詞に対して対象「を格」に係っている文要素とキーワードを比較する。この時、キーワードが文要素に含まれている場合に、このキーワードを動詞の役割分類に基づいた役割を持ったキーワードとして分類する。

この解析を各々の動詞群について行い、抽出した文型の数、キーワードの分類を行った結果得られたキーワードの数、そのキーワードについて筆者が正解判定をした結果の正解数を表3に示す。

2.3 考察

先の分類結果では、全体で約85%の正解率であったが、ここでは、その間違いについて、その原因を分析する。そこで、実際のキーワードを間違えて分類した例につき、その間違いのパターンの分析を行った。ここ

では、「利用する方法ないし情報」のキーワードとして抽出されたものの中で不適切と判断した37個のキーワードを例に取り、分析結果を考える。この分析結果として考えられる間違いの原因は、大きく次の2つに分けられると考える。

1. 問題の対象を説明する際に、対象の利用法を述べている場合…22個
2. 構文解析・キーワードとのマッチングの仕方の問題…15個

1.の問題は、文構造としての形式的判断の間違いではなく、論文における役割についての分類間違いである。この問題に対処するためには、今回用いた構文情報に加え、文脈情報を利用する方法や、分野に応じた技術・手法の専門用語集を利用したフィルタリングなどを行う方法を使う必要があると考える。ただ、一方で、検索者がある分野の専門家であると考え、検索者が、ここで誤って抽出し分類した様なキーワードを手法のカテゴリとして検索要求に使われない可能性も高く、検索者のレベルでフィルタリングが可能であるとも考えられる。

また、正解と判断したキーワードのうちでも、複数の分類に当てはまり、順序を付けることが必要なものが有る。例えば、「新たなる提案」として論文中で提案し、さらにその方法を用いた検証を行うような論文では、その方法が、「新たなる提案」と「利用する方法ないし情報」の2つの分類に属することになる。このような場合に主題に応じて分類に順序関係を付ける必要が有る。この方法についても検討する必要が有る。

また、文献中に存在するキーワードの数(4899個)に比べ、得られたキーワードが少ない(639個:13.0%)こと

タイトルと要旨の情報に基づくキーワードの役割分類の研究

に関しては、次の2点が原因であると考えている。

1. キーワードを判断するために利用した文型が少ない。
2. 「これ」、「それ」などの指示代名詞の解消をしていない。

最後に、本研究で用いた情報の量について検討する。本研究では、タイトルと要旨の情報を全て利用したが、実際には、タイトルだけであったり全文情報の利用と言った事が考えられる。そこで、ここでは、以下の論文から得られる情報について考察する。

1. タイトル
もっとも簡潔な情報である。先ほどの例に上げたように、タイトルだけから目的とするキーワードの役割が明らかになる場合もあるが、タイトルが長くなるのを嫌う傾向があるために、キーワード自体がタイトルにでてこない場合がある。
2. 要旨
数行の文章である。多くの場合、ほとんどのキーワードが文中に出てくる。簡潔な説明であり、詳細な利用方法については不明である。
3. 全文
論文全体であり、まず、ほとんどのキーワードが文中に出てくる。詳細な説明があるが、扱う情報量が非常に多い。

扱う情報としては、1,2,3. の順番で大きくなり、全体として扱うことが困難になるが、その反面、詳細な解析が可能になる。まず、簡潔な情報から考察すると、やはり出てくるキーワードの多くについて分析をするためには、1. タイトルの情報だけでは不十分である。実際、今回の論文のデータを見てもキーワードがタイトルに含まれる率は、8199個中2685個(32.7%)と、要旨を含める場合(59.7%)の約半分である。一方、例えば、「利用する方法なし情報」では正解率 95.9%:94/98(アブストラクトを含めると 88.3%:295/334)と非常に高く、判定の精度は非常に高い。

次に、3.全文の情報の利用について考える。この情報を用いると、キーワードのほとんど全てが文中に現れ、より多くのキーワードの分類が可能になると考えられる。しかし、実際に全文情報を取扱おうとすると、章や節をまたいだ参照関係などが多く見られ、要旨の場合よりも指示代名詞の解消、文脈の理解と言った部分の操作の必要性が増加すると考えられる。また、構文解析の精度や解析にかかる時間などの他の要因を考えると、現時点で、この情報を用いるまでのメリッ

トは少ないと考えられる。

このような状況を考えると、本研究で用いた 1. タイトルと 2. 要旨の情報を利用することが妥当であると考ええる。

3 関連研究

このような論文における概念の役割を意識して情報検索に役立てようとする研究としては、論文全体の構造情報を利用して情報検索に役立てようとする研究[1]や、タイトルに現れる言葉のパターンをうまく利用して情報検索を行う研究[7,8]、動詞の役割に注目する研究などがある[3]。[1]の方法は、全文情報の様な非常に大量な情報を扱うという点で優れているが、その文中での具体的なキーワードの役割までは言及していない。ただし、要旨のような短い文の中でも、論旨の展開の流れがあり、その構造情報をうまく利用することにより、本手法でのキーワードの役割分類の誤り訂正に役立てられる可能性がある。また、タイトルに現れる言葉のパターンをうまく利用するような研究については、2,3 節で述べたように、有効な情報が多いという反面、情報量が少ないという問題が有る。[3]は動詞の役割に注目しているという点で非常に共通しているが、扱っている対象が新聞記事であり、注目している部分が異なっている。また、対象としている文献が英語であるため、文例のそのままの適用が困難である。

4 結言

本研究では、様々なタイプの論文を区別するために、キーワードをその役割毎に分類するための方法論の提案を行った。この方法論を提案するにあたり、まず、文章中における役割に応じた動詞の分類を行った。さらに、実際の論文のデータ[2]に基づいて、キーワードの役割分類の実験を行い、その有効性を検討した。本研究の展望としては、キーワードの役割分類に用いた文型例を増やす事などにより、役割分類の精度の向上をはかるとともに、論文のタイプの分類を行うような拡張が考えられる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、小山先生、影浦先生、神門先生をはじめとする学術情報センターの自然言語処理研究グループの先生方に有益なコメントを頂きました。ここに感謝の意を表します。

タイトルと要旨の情報に基づくキーワードの役割分類の研究

参考文献

- [1] 神門典子, 「テキストの機能構造を用いた検索方式の比較: 検索要求分の役割分析と同義語自動獲得による検索式拡張」, 学術情報センター紀要, Vol. 10, pp. 37-51, 1998.
- [2] Koyama, Teruo.; Yoshioka, Masaharu.; Kageura, Kyo.; “The construction of a lexically motivated corpus: The problem with defining lexical units”. In *First International Conference on Language Resources and Evaluation*, pp. 1015-1019, 1998.
- [3] Klavans, Judith.; Kan, Min-Yen., “Role of verbs in document analysis”. In *Proceedings of COLING/ACL 98*, pp. 680-686, 1998.
- [4] 学術情報センター要覧, 学術情報センター, 1998.
- [5] 松本裕治, 黒橋禎夫, 山地治, 妙木裕, 長尾真. 「日本語形態素解析システム JUMAN version3.3.」, 京都大学工学部, 1997.
- [6] 黒橋禎夫, 「日本語構文解析システム KNP version 2.0 b4 使用説明書」, 京都大学工学部, 1997.
- [7] Swanson, R. Don.; Smalheiser, R. Neil., “An interactive system for finding complementary literatures: a stimulus to scientific discovery”. *Artificial Intelligence*, Vol. 91, pp. 183-203, 1997.
- [8] 松村敦, 池田和幸, 高須淳宏, 安達淳, 「構造化インデクスを用いた情報検索システム」, アドバンスト・データベース・シンポジウム '97, pp. 151-158, 1997.

研究論文

日本における情報政策の一側面と標準化課題

One Aspect of Information Policy of Japan and Standardisation Tasks

学術情報センター 内藤 衛亮

Eisuke NAITO

National Center for Science Information Systems

要旨

N. ムーア (Nick MOORE) の提案した枠組みに基づいて、日本における情報政策のいくつかの側面についてレビューした。日本における情報政策の発展について G7 以前 (Group 7)、G7 以後、高度情報通信社会推進計画 (1994-) に分けて論じた。一定のパターンが統制主義モデルとして政府の推進施策と民間部門の反応のあいだに見られる。日本文部省によるメディアシー推進を初等・中等教育に対する政府の施策の一例として紹介する。欧州の要求とは大きく異なり、日本およびアジア諸国において緊急に必要とされている、多言語による平等性の獲得に向けての民間部門における活動 (AFSIT、MLIT) を紹介する。

ABSTRACT

Based on a framework proposed by N. Moore, aspects of Japanese information policies are reviewed. Development of Japanese information policies is introduced as before G7 (Group 7), after G7, and the Program for Advanced Information Infrastructure (1994-). Pattern, a dirigiste model, is seen between government promotion and reaction of the private sector. Mediacy promotion by the Japanese Ministry of Education is shown as an example of government action towards primary and secondary education. A private sector activity (AFSIT, MLIT) is introduced on achieving multi-lingual equality, quite different from that of European needs and much in demand in Japan as well as in other Asian countries.

[キーワード] 情報政策、学術情報、情報リテラシー、日本、情報技術、標準化、GII、GIS、アジア地域

[Keywords] Information Policy, Scholarly Information, Information Literacy, Japan, Information Technology, Standardisation, GII, GIS, Asian Region

序	2.2.7	アジア太平洋情報通信基盤 (APII)
1 情報政策の枠組み	2.2.8	科学技術基本法 (1995)
2 日本における情報政策の発展	2.3	政府の推進と民間部門による反応
2.1 G7 以前	3	初等・中等教育におけるメディアシーの普及推進
2.1.1 情報産業、通信産業	3.1	学校へのパソコンの配備
2.1.2 大学図書館および情報ユーティリティ	3.2	こねっとプラン
2.1.3 全国情報システム計画 (1969-)	3.3	百校[ネットワーク]プロジェクト
2.2 G7 以後	4	多言語標準化
2.2.1 高度情報通信社会推進本部	4.1	背景
2.2.2 情報通信基盤整備プログラム (MPT)	4.2	AFSIT: アジア地域における情報技術標準化
2.2.3 高度情報化プログラム (MITI)	4.3	AFSIT-SIG 情報技術国際化 (i18n)
2.2.4 Mnet 開発 (STA)	4.4	MLIT: GII/GIS を志向した多言語情報環境のための標準化
2.2.5 G7 パイロット・プロジェクト (MPT; STA; MITI)		おわりに
2.2.6 SINET (文部省): 学界を対象とする国家的バックボーン・ネットワーク		

日本における情報政策の一側面と標準化課題

はじめに

本稿は1998年6月28日より7月3日にかけてドイツ、ブュルツブルグにおいてドイツ図書館研究所国際交流部 (DBI/BA) が「情報の提供—政治と戦略」(Information Provision - Politics and Strategy) をテーマに開催した国際セミナーで発表したものに加筆したものである。情報政策論の枠組みを求めて、日本の状況を題材として検討したものである。

序

本稿では日本における情報政策の一側面について検討する。GII/GIS の文脈において、ムーアは多くの国々の情報政策を二つのメカニズムに分類した。すなわち新自由主義 (ネオ・リベラリズム) モデルと統制主義 (interventionist) モデルである。それらのモデルについて、ムーアは政策目標については共通する属性があるものの、これらのメカニズムの背後にある動機は対極的であることを指摘している。ムーアのモデルでは、日本は情報政策メカニズムという観点からは統制主義モデルの国に属するものと位置付けられている (第一章)。

日本における情報政策の概要を紹介する。時間軸をG7以前およびG7以後に分けたものの、二つの期間のあいだには、統制主義モデルとして見た場合には、首相が率いる高度情報基盤推進本部以外には顕著な違いは無いと言える。また、日本における情報政策がいつも成功してきた訳ではないという示唆もある (第二章)。

ムーアが指摘しているように、情報、知識および情報技術に関する教育訓練 (メディアシーあるいは情報リテラシー) は情報政策の基本的要因の一つである。日本の文部省 [2] による開発事例について、学校へのパソコンの配備; 学校教育におけるマルチメディア環境開発 (こねっとプラン); 学校のネットワーキング (百校プロジェクト) などを紹介する (第三章)。

文化環境についてもムーアは問題領域として示唆している。デジタル文明の盟主たらしめるアメリカの文化によって文化汚染が進行中かもしれないことが示唆されている。ラテン文字 (英数字) を母国語・母国文字としない人々はラテン文字 (英数字) のキーボードを使用せざるを得ないために、文字の取り扱いにおいて身体的な動作および認識過程において妥協を強いられている。多言語標準化活動が多言語情報技術環境の枠組みを探索して進行中である (第四章)。

1 情報政策の枠組み

1996年にムーアはさまざまな国の情報政策に見られる類似性と差異について検討して、情報政策の共通の目標または要因として次の三つを挙げている: [3]

- 1) 個人および組織が通信できるようにする安価かつ効率的な情報通信基盤、
- 2) 資源としての情報の利用を奨励することにより、産業・商業の競争力および生産性を高める、
- 3) 情報集約的な組織にとって必要な技術力のある労働力 (教育のある柔軟性の高い労働力) を創出するための教育訓練の改善。

これらの政策目標は経済的繁栄を維持し獲得するためのものであり、社会的な安定性と結合力を実現するものであり、そうすることによって、情報集約的な社会 (information-intensive society) において増加向上した社会的透明性のもとで政治システムが生き残るために必要なものである。

彼は先進国 (developed countries) と発展途上国 (less developed countries / newly developed countries) における政策の背後にある動機について二つの群に分けて検討している。(表1:「情報政策の動機」参照)。先進国は経済的な首位を維持しようとし、高い失業率その他の社会的変化を起因とする社会的な分裂崩壊を押さえ込もうとする。発展途上国は経済成長から利益を求めようとし、国内の社会的・経済的な不均衡を縮小しようとする。

ムーアは情報政策メカニズムという観点から二つの群を「ネオ・リベラリズム・モデル」と「統制主義 (dirigiste / interventionist) モデル」とに類型化している (表2:「情報政策メカニズム」参照)。ムーアは二つのモデルを情報政策、国家の役割、民間部門の役割、市場、人々、法制度、教育、その他の要因によって比較対照している。

ムーアは、その論文において、統制主義モデルの方が、全体論的 (holistic) なアプローチを具備しているゆえに、情報社会の開発のためには有効な手段であると結論している。次節では、日本における情報政策の発展について統制主義モデルの事例として概観する。

2 日本における情報政策の発展

日本における情報政策の歴史は、西洋に開国した1864年の明治維新までさかのぼる、あるいは鎖国した1633年にさかのぼることもできる。しかしながら、現

今の「情報」は「コンピュータ」と密接に結びつけられており、それゆえに、現在の情報政策はコンピュータおよび情報システムとともに1970年代にさかのぼるものとする。

1960年代のおわりに、日本のオピニオン・リーダーたちは、脱工業化社会における社会のかたち、労働のすがた、生活様式、社会的・文化的価値などについて議論し始めた。これらの議論で使用されたキーワードは「情報を志向した社会」(information oriented society)、「情報化」(informatisation)、「情報化社会」(Informatised society)などであり、当時、英語では相当する用語がなかった。これら三つの日本語の用語は、思想、概念およびイメージを象徴するために創作されたのである。引き続き、英語で議論する場面では、三つの用語は英語に直訳されたのである。1970年代を通じてコンピュータは産業・商業用の利用において普及し、大学における応用も進展したので、知識、情報、情報技術、通信(産業)および放送分野の研究開発は強烈な関心事であった。

日本政府は指導性を発揮し、公共部門および民間部門のあいだのパートナーシップは良好に保たれたと言える。この状況はムーアの統制主義モデルに良く適合する。本節では、時間軸を「G7以前」および「G7以後」の二つに区分したが、統制主義モデルという点からは何らの違いはないと言えよう。ただし、日本における情報政策が、政府と産業のパートナーシップという面において、常に成功してきたわけではないという示唆もある。

G7(the Group Seven) およびアジア太平洋経済協力(APEC)は日本における国家的な情報政策開発における焦点もしくは源泉となってきた。APECの枠組みのもとに、日本政府は自然言語処理の分野における国際共同研究を提案している。この分野は、家庭、学校、オフィス、工場などにおける情報技術アプリケーションの進展にとりわけ強い需要があるのである。

2.1 G7 以前

2.1.1 情報産業、通信産業

政府の省庁すなわち通産省(MITI)、郵政省(MPT)および科学技術庁(STA)は、情報技術および通信(産業)分野の産業振興における主要な組織である。1960年代から1990年代初期にかけての日本における情報政策に関する概要については、根岸正光が要因をあげている。それらの内、次に列挙する通産省の諸施策はムーアの統制主義モデルに適合するものである:[4]

- 情報処理振興法(MITI:1970)

- 産業構造審議会・情報産業部会(MITI)
- 情報処理審議会(MITI)
- 日本電子計算機(JECC)、コンピュータ・リース資金のための政府助成
- 免税措置
- 情報処理技術者試験(1969-)
- 情報月間(October.1970-)
- 日本情報処理開発センター(JIPDEC.1967-)
- 情報処理振興事業協会(IPA.1970-)
- 情報国際化協力センター(CICC.1983-)
- データベース振興センター(DPC.1984-)

これらの施策は a) 政府の指導性、b) 民間部門の受容、および c) 政府と産業界のあいだのパートナーシップなどの点でよく適合している。根岸は日本における情報政策の特色となる基本的な要因として次のような点をあげている:

- 大蔵省の役割
 - 省庁間の競争
 - 冗長性を持った活発さと鈍感さを持った一貫性
- 日本における通信(産業)は1985年に自由化され、日本電信電話公社は民営化された。インターネットが実際に普及して(また日本で携帯電話サービスが一般化した)1993年以降、電話会社のあいだでは電話料金引き下げのおいかけっこが続いている。

2.1.2 大学図書館および情報ユーティリティ

日本の大学図書館におけるコンピュータ応用に関しては、大学図書館における最初のコンピュータは1967年に東京大学医学部に導入されたものである。1971年以来、文部省はコンピュータ予算を国立大学図書館に配当している。1976年には、東京大学に情報図書館学研究センター(RCLIS)が設立されている。

1978年に、文部省は「学術情報システム」に関する実現可能性調査に着手し、これに関して1980年には文部省学術審議会は文部大臣に勧告をしている。[この勧告では]次の三側面について優先順位が置かれている:一次情報を取り扱う統合的システムの開発;大学および関連機関のあいだにおける資源共有の実現;および、研究者にとって[情報の入手・利用において]最適のシステムを提供することなどである。学術情報システムの機能についても提案されている。すなわち、1) 一次情報の収集および提供の能力を高めること;2) 全国的なネットワーク構造による情報検索システムを確立すること;および3) データベース構築を推進する

日本における情報政策の一側面と標準化課題

こと、などである。

同じ年に、文部省の「学術情報システム計画」に関する実現可能性調査の開始によって、三つの独立のプロジェクトが開始された：

- － 海外の学術雑誌についての分散した網羅的なコレクションを開発するために「外国雑誌センター」図書館の指定 (1978-);
- － ネットワーク、データベース、データベース管理システムおよびネットワーク管理についての基本要件を検討する実現可能性調査チームの編成 (1981-84); および
- － 東京大学情報図書館学研究センター(RCLIS) を改組転換して文献情報センター(CBI) の設立 (1984)。

学術情報センター(NACSIS)は、1986年4月に東京大学文献情報センターを改組拡充して大学共同利用期間として設立された。同時に NACSIS は東京大学から独立した。

[NACSIS]オンライン共同分担目録作成システムの開発が進められた1980年代初期に、日本語の文字セット以外の文字に対する図書館[に固有の]要件に対して配慮がなされた。それは ALA(米国図書館協会選定の)文字セットである。ALA 文字セットを分析した結果として、NACSIS EXC(EXtended Character)Setとして、685の特殊文字が2バイト文字である JIS C6226 の外字として割り付けられたのである。[5]

1981年に、日本の国立中央図書館である国立国会図書館 (NDL) は、日本全国書誌データベース (Japan MARC)の提供サービスを開始した。これが日本における図書館自動化の基礎を築いたのであるが、そのことは、公共図書館が Japan MARC を館内業務に応用できるようになった1990年代まで10年間待たなければならなかったのである。

2.1.3 全国情報システム計画 (1969-)

科学技術庁 (AST) は1969年に「科学技術全国情報システム」構想を発表した。この発表は図書館サービスや他の省庁に将来を考えるとという点で国家的な衝撃をもたらした。日本科学技術情報センター(JICST:現在は JST)[6]が行った専門分野の標準規格 (SIST)[7] 開発以外には、NIST構想には顕著な実績はないと言えよう。NIST 構想の企画における背景、直後・直接的な衝撃、企画の欠陥、遅い開発・発展の理由などは事例研究としては興味深いものに違いない。

2.2 G7 以後

1995年2月にブラッセルで開催されたグローバル情報通信基盤に関するG7会合において、共同実験推進上の国際的役割を引き受けるについて日本政府は積極的に行動した。1990年代の半ばを通じて、政府省庁は情報産業、IT アプリケーションの振興について活発であった(表3:「政府情報技術 (IT) 計画」参照)。政府情報政策の開発における主要な役者は次の通り：

- － 郵政省 (MPT)
- － 通産省 (MITI)
- － 科学技術庁 (STA)

文部省 (MESSC) も日本における教育分野の情報政策開発では重要な役割を果たしている。

2.2.1 高度情報通信社会推進本部

1994年9月に高度情報通信社会推進本部 [HQPAICS] が、当時の村山首相を本部長とし、郵政大臣および通産大臣を副本部長とし、閣僚全員を委員として設置された。推進本部には民間の委員による諮問パネルがあり網羅的な検討が進められた。科学技術会議も首相が議長を務める組織であり、そのもとに情報通信基盤の整備および省庁間ネットワークの強化に関する政策委員会が設置されている。[8]1994年9月に公表された推進本部の当初の使命によれば、高度情報化社会における政府方針を決定するというものであり、次の四つの分野を対象としている：

当初の使命 (推進本部:1994)

- (1) 公共部門における情報技術開発の当初目標および長期計画。各分野における国家情報技術開発推進計画の立案、省庁および地方自治体のあいだ、大学と研究機関のあいだの目標および行動枠組みの決定
- (2) 政府諸規則の自由化。例:公文書保管の目的にとって、現行の法制は電子記録を受け付けない。政府機関における電子アプリケーションは[十分には]推進されていない。医療・薬品産業におけるオンライン・アプリケーションの未発達。
- (3) 知的所有権、セキュリティ、プライバシーなどの社会的システム・制度の確立。
- (4) 国際的な貢献および GII ならびに世界規模の情報通信基盤との調整。

1995年2月には「高度情報通信社会推進に向けた基本方針」が推進本部の決定として公表された。「行動原則」(Action Principles) と公共部門に対する「政府の取り

組みの在り方」(Government Measures)を規定している。基本方針公表以前に開始されていた政府の諸施策は、基本方針公表の1995年以降は調整され調和されたものとみなされている。国家的な情報通信基盤開発における政府の枠組みとして7項目の行動原則が規定されている。[9]

日本政府の7項目の行動原則 (HQPAICS:1995)

- 誰もが情報通信の高度化の便益を安心して享受できる社会
- 社会的弱者への配慮
- 活力ある地域社会の形成への寄与
- 情報の自由な流通の確保
- 情報通信インフラの総合的な整備
- 諸制度の柔軟な見直し
- グローバルな高度情報通信社会の実現

すべての省庁が推進本部に関与しているので、政府の情報技術施策の方向は政府の事業全体に係わるものとなっている。それらには次のようなものがある:

政府施策の方向

- (1) 基本的な考え方、行政の情報化
 - 教育・研究・学術・文化・スポーツ分野の情報化
 - 保健・医療・福祉の情報化
 - 道路・交通・車両の情報化
 - 気象・航空管制部門等公共輸送部門の情報化
 - 防災の情報化
- (2) 情報通信の高度化のための諸制度の見直し
- (3) ネットワークインフラの整備
- (4) 情報化の進展に対応した著作権等の施策の展開
- (5) セキュリティ対策、プライバシー対策
- (6) 相互運用性・相互接続性の確保
- (7) ソフトの供給
- (8) 基礎的な技術開発
- (9) 人材の育成

2.2.2 情報通信基盤整備プログラム (MPT)

1994年5月31日付けで、電気通信審議会は「21世紀の知的社会への改革に向けて—情報通信基盤整備プログラム」と題する答申を郵政大臣に提出した。[10] このプログラムの主目標は光ファイバー通信ネットワークを適用した「物理ネットワークの国家的構築」とみなすこともできよう。利用者、アプリケーション、技術要因などから起因する必要性の量的規模や多様性が分析されてネットワークの規模を企画する基礎となっている。

その報告書において、人口の高齢化、東京および首都圏への人口および資源の集中過密化、経済構造の変化、望ましく居心地のよい生活スタイルなど、近い将来に日本が直面する問題に対して、情報および知識を十分に活用して解決策を求めるべく手法が提言されている。その手法の目標は「情報通信に基盤をおいた知的に創造性のある社会」である。

2.2.3 高度情報化プログラム (MITI)

1994年5月に「高度情報化プログラム」報告書が通産省産業構造審議会の情報産業部会によって公表された。[11]「このプログラムの目的は目指すべき高度情報化社会において取るべき方向に係わる通産省の概念を定義し、新しい傾向の開発が進行する中で情報技術の推進が、単純なビジョンの段階から現実に導入する段階に至っているという認識に基づいて、関連省庁との協力のもとに情報技術が振興されている各分野に対して個別の政策プログラムを提案する」というものである。

産業、家庭および教育、研究、医療・福祉、行政サービス、図書館という五つの公共部門に対して基本的な政策方向を設定している。科学技術庁、文部省、総務庁、厚生省、国立国会図書館など他の政府機関も巻き込まれている。

1994会計年度の当初段階には、いくつかのプロジェクトが通産省その他の省庁との共同で開始された、プロジェクトの調整と財務は1970年に創設された特殊法人である情報処理振興事業協会 (IPA) を通じて行われる。[12]

プロジェクトの大部分は通産省の「高度情報化プログラム」に基づいて1993および1994会計年度に開始されたのである(表4:「政府プロジェクト」参照)これらの開発の特色は1) コンテンツ志向;2) 上層のレイヤー志向;3) 産業界の参画などである。

2.2.4 IMnet 開発 (STA)

科学技術庁 (STA) は、科学技術庁、通産省、文部省を含むその他の省庁に属する政府研究機関のネットワークのネットワークングを実施している。省庁間ネットワーク (IMnet: Inter-Ministerial Network) は1995年に稼働開始した。高速、高性能のネットワーク資源はIMnetの基本構成要素である。相互接続性および相互運用性については試験がなされ、関連開発プロジェクトが参加する研究機関に割り当てられている。国際接続もIMnet

日本における情報政策の一側面と標準化課題

の使命の一部であり、そのために東アジアおよび東南アジア各国、米国、欧州への調査も行われている。IMnetは潜在的にはきわめて頻繁かつ高度な利用の見込まれる政府の試験研究機関のあいだのネットワークとして、論理レベルにおいて基幹全国バックボーン・ネットワークとなるものである。

2.2.5 G7パイロット・プロジェクト (MPT ; STA ; MITI)

1995年2月にブラッセルにおいて情報社会に関する閣僚会議がG7加盟国および欧州連合メンバー国の閣僚によって開催された。この会議以降、参加国では「グローバルな情報社会」(GIS)と「グローバルな情報通信基盤」(GII)が共通の目標となっている。ブラッセル合合では、情報社会を開発するために八件の中核原則と十一のアプリケーション分野が合意されている。[13][14] これらの目的のもとに国際共同プロジェクトが開始されており、このG7/GIS開発に対しては、日本からは郵政省[15]、通産省[16]、科学技術庁[17]などが共同で参加している。(表5:「G7中核原則とパイロット・プロジェクト」参照)

G7パイロット・プロジェクトは対象が広範囲にわたるために、多数の機関や組織が関与している。外務省、文部省、総務庁その他の省庁が積極的に参加している。

G7パイロット・プロジェクトにおいて扱われる情報あるいはデータは、ラテン文字(英数字)に基づいているために、日本語のような言語・文字から発生する問題は未だ取り上げられていない。このことはいずれ相当の問題となりうる。将来においては、アジア、とりわけ東アジアおよび中東の言語文字が主要な問題となるだろう。

2.2.6 SINET(文部省): 学界を対象とする国家的バックボーン・ネットワーク

1986年以来、SINETすなわち学術情報ネットワークは文部省のもとで学術情報センターによって運営されている。日本の高等教育機関(大学、研究機関)の大部分はSINETによって接続されて米国、英国・欧州およびタイなどに国際接続している。利用者は日本の高等教育機関の研究者、大学院学生である。これらの利用者にはTCP/IPおよびOSIサービスが提供され、データベース探索その他のサービスには名目的な料金が課されている。E-Mail、FTP、ニュースグループその他の標準的なインターネットのサービスは無料で提供さ

れている。

SINETは、現実には、日本の学術界に対して国内・国際の通信サービスを提供しているのである。現在(1998年春)のところ、国内の主要ノードは150Mbps/ATMおよび50Mbps/ATM、支点ノードは6Mbps、米国とは50Mbps、英国・欧州およびタイとは2Mbpsで接続している。

国内サービスは1986年からオンライン共同分担目録作成(NACSIS-CAT)に使用されており、その総合目録データベースは、日本にある1,200の高等教育機関のうち600の大学が参加するもので、1997年末には3千5百万件の所蔵データが保持されている。国内および海外で製作された60種のデータベースを利用者は探索できる(NACSIS-IR)。これらの単行書、雑誌および雑誌目次のデータベースを利用することによって、単行書、雑誌論文について図書館間貸借や複写請求のできるサービスが1994年に開始された(NACSIS-ILL)。複写を注文してから入手するまでの平均所要時間は4.5日である。利用の大多数は国内であるが、英国の五つの大学図書館は日本語によるサービスを(日本語端末によって)利用している。このサービスは依然として言語障壁という致命的な限界を担っている。

電子図書館サービス(NACSIS-ELS)といったマルチメディア・アプリケーションも探求されており、電子雑誌の公開提供は1997年4月に80誌、4万論文、16万ページのスキャン画像を出発点として開始された。

NACSISのデータベースは日本語の文字あるいはラテン文字のいずれか[または両方]で記録されているが、主要部分は日本語環境においてのみアクセス可能である。同様に、東アジアにおける莫大な量のデータベースは、各国の文字で記録されているために、それぞれ固有の言語環境が必要である。文字コード・セットを標準化するために相当の国際的努力が注がれてきているが、既存のデータベースおよびハードウェアはまだ国際的な標準化が達成されていない。

2.2.7 アジア太平洋情報通信基盤 (APII)

アジア太平洋経済協力(APEC)の枠組みのもとに、情報通信基盤の開発をめぐる議論が進められている。1995年11月に、APEC経済指導者会合(第11回)が日本の東京で開催され、標準化、適合性、知的所有権および自由化などの関連事項とともに、アジア太平洋情報通信基盤(APII)が協力課題として合意されたのである。[18]APEC郵便・通信・情報および産業閣僚会議が、

1996年11月にオーストラリアのゴールドコーストで開催され、日本の郵政大臣はAPII開発のための五つのプログラム目標を提案した:[19]

- 通信 (telematic) 技術者向けの教育訓練を支援する
- アジア太平洋仮想研究所
- APIIを開発するための、APII技術センターを中心としたパイロット・プロジェクト (遠隔教育;遠隔医療)
- 電子商業の推進
- APEC地域共同環境研究 (リモート・センシング)

APECの枠組みのもとにおけるAPIIのための情報技術を開発する活動は、1996年夏の段階では企画段階であった。一連のAPEC助成によるワークショップは進行中である。1997年中には相当数にのぼる共同研究プロジェクトが開始される見込みであった。

G7情報通信基盤開発とは別に、1980年代を通じて通産省はいくつかの方式で情報技術開発のための国際協力を推進していた。例として:アジア言語の機械翻訳(中国語、インドネシア語、マレー語、タイ語および日本語);アジアにおける情報技術標準化(AFSIT);アジアにおける情報技術の国際化 (AFSIT-SIG IT i18n)。後二者はとりわけアジア情報通信基盤に深く関わっている。[20]

APII活動は1997年[以降]発生している経済的困難に大きく影響を受けているように見受けられる。

2.2.8 科学技術基本法 (1995)

1995年に科学技術基本法(1995年11月15日法律第130号。1995年11月15日発効)が公布された。この法律は19条からなるものである:[21]

- 第1章 総則(第1条—第8条)
- 第2章 科学技術基本計画(第9条)
- 第3章 研究開発の推進等(第10条—第17条)
- 第4章 国際的な交流等の推進(第18条)
- 第5章 科学技術に関する学習の振興等(第19条)
- 附則

2.3 政府の推進と民間部門による反応

これまでの節において、情報政策開発におけるムーアの統制主義モデルによく適合する状況を見るために、日本政府の活動について概観した。政府と産業界のパートナーシップは良好に進展してきたように見える。

ワッテンベルグ(Wattenberg)は日本の情報産業、とりわけ1947年以降の放送および通信(産業)の発展の歴

史を述べ、それを「国家統制」(state intervention)と見ている。ここにムーアの統制主義モデルが日本の状況に良く適合するもうひとつの証拠がある。彼は次のように述べている:

「日本は、1868年以降の近代化の当初から、常に米国の強い影響力のもとにあった。そうではあったが、政府の影響を最小に留める米国流と政府の規制による欧州流の両方に対して負けないでついでいくという、「第三の位置」を維持すべく試みてきたのである。後者は伝統的な日本の立場に近いものである。このような文化的側面は常に日本を特殊な位置に留めてきたのである。いずれにせよ、日本では自由化が着実に進行している。」[22]

ワッテンベルグは放送および通信に対する政府の振興策が、産業界とのあいだで調和され協調されたものであったが、政府省庁間に競争があったことを追跡しており、次のように指摘している。「データ処理が次第にデータ通信に近づいてきた時に、通産省は通信産業の自由化を模索したのだが、この点において郵政省の政策と調和していたわけではない。」

統制主義モデルによれば、政府は国内における情報技術開発を導くために投資する。ワッテンベルグはそのような政府の支援策について記述している。例えば、1980年代を通じて、通産省は「第五世代コンピュータ」プロジェクトを推進した。完了の段階では「そのようなマシンのプロトタイプは作成されたが、商用コンピューティングに対する影響はたいへん小さかった。」このことは、政府主導のプロジェクトが産業界に相当程度の衝撃をもたらして完了したものの、生み出した成果がただちに影響を及ぼすことはないという典型的な事例となっているようである。ワッテンベルグは放送と通信の分野において同様のパターンをたどったいくつかの政府助成プロジェクトの事例を挙げている。

ムーアの提起する、ネオ・リベラリズム・モデルと統制主義モデルという二分法によれば、日本を統制主義モデルに割り当てることは不可避のことであり、多くの事例から良く承認できるものである。同時に、ワッテンベルグが指摘しているように、日本の政府にも産業界にも、情報技術開発におけるそれぞれの事業については、ムーアのモデルに対して「第三の位置」を志向する強い傾向が存在しているのである。

日本における情報政策の一側面と標準化課題

3 初等・中等教育におけるメディアシーの普及推進

情報、知識そして情報技術に関する教育・訓練（メディアシーあるいは情報リテラシー）は、ムーアが指摘しているように、情報政策の基本要因の一つである。日本の[教育分野における]リテラシー向上のための活動の例として次のようなものがある。

3.1 学校へのパソコンの配備

学校へのコンピュータ(PC)配置を文部省は1987年から開始している。[23]現在の配備目標は次の通り：

学校の種類	学校総数	目標台数
小学校	23,977	22 PC(コンピュータ学級において児童2人当たり1台のPC)
中学校	10,498	42 PC(生徒1人当たり1台のPC)
高等学校	3,054	42 PC(生徒1人当たり1台のPC)
専門学校	902	8 PC(生徒1人当たり1台のPC)

この事業が10年を経過して、小学校のおよそ85%にはパーソナル・コンピュータの配置が完了している。この事業は文部省が遂行する政府施策のひとつである。この他にも公共部門、産業界が進めている多くの事業がある。以下では、そのうちの二つの事例を紹介する。それらは、こねっとプラン(産業界主導の事業)と100校プロジェクト(政府主導の事業)である。

3.2 こねっとプラン

こねっとプランは、学校においてマルチメディア環境の開発を推進しようとする事業である(専門的職員を支援要員として、第一にネットワーク・リンクを確立し、次にコンテンツ開発を普及させる)。^[24]このプランは、大部分の小学校、中学校にはすでにPCがあるという事実に基づいている。このプランは1996年4月に日本電信電話株式会社(NTT)と文部省が共同で開始したものである。このプランの目標は、ISDNネットワークの設置とインターネット・アクセスの振興を次のような手段によって進めようとするものである(1997年2月時点)。

- 1) NTTの職員100名が支援要員として全国的に配置される
- 2) 参加校(小学校、中学校、高等学校)への30万円の寄付

- 3) ホームページおよびメーリング・リストサービス

- 4) ホームページ作成に対する支援と振興

1997年2月の時点で、推進委員会には企業・個人合わせて30社/人が参加している。参加者(社)はインターネット・プロバイダ、電気通信業、主要なソフトウェア・ハウス、コンピュータ製造者などである。文部省は全国の学校に情報を提供する役割を果たす。このプロジェクトは、先導的な通信業者による人材支援や資金的援助など産業界主導である点に特徴がある。

3.3 100校プロジェクト

1993年に通商産業省と文部省は、国内100校にネットワーク・リンクを提供する事業を開始した。^[25]参加希望学校を募集して、教職員の能力、PCの設置状況、そして企画の質という基準で選択した。1997年2月の時点で、111校(108校と3視聴覚センター)の参加がある。当初の応募は、1994年の時点では1,543校であった。情報処理振興事業協会(IPA)を事務局として、財団法人コンピュータ教育開発センター(CEC)が推進している。^[26]

1995年2月以来、ネットワーク・リンク、通信装置、サーバーおよびクライアント・マシンなどを含む施設・設備の配備が開始された。政府主導のこの事業には次のような重点が強調されている。

- 1) 自主企画
- 2) 教育ソフトウェアの共同開発
- 3) 運用支援
- 4) メーリング・リスト、ニュースグループ
- 5) 技術サポート窓口
- 6) 専門研修会
- 7) 発表会、研究会
- 8) 広報資料等

100校プロジェクトが達成したのものとして、次のような事項がある。

- 全国発芽マップ:小学校生徒のグループ学習プロジェクト
- 酸性雨調査:酸性雨のデータ収集
- プロジェクト参加教師のためのメーリング・リスト
- 生徒・学生のためのニュースグループ

これら二つの事業は、他にも事業がある中で、日本におけるメディアシー振興のための活動を代表するものである。政府と産業界はコンピュータ、電気通信、

マルチメディアの次の段階を目指して協力し、かつ競争しているのである。

発展途上国の多くにおいては、しかしながら情報教育および情報産業という点においては、ムーアが比較対照したように、社会的および文化的価値、国家目標などが異なる状況にあるために、当面の課題は米国や欧州の国々のものとは異なるだろう。これらの国々では莫大な投資が情報通信基盤の国家的な開発に必要なだけでなく、個々の家庭における設備整備にも必要であり、また、人材開発が、特にマルチメディア処理分野(利用と生産処理の両面)において必要である。この面における地域的および国際的な協力を追求すべきである。

4 多言語標準化

4.1 背景

アジア太平洋および中東における情報スーパーハイウェイの背景には多様性がある。[27] この地域の国々については次のような要因について[多様性が]観察されている:

- 人口
- 経済開発
- 社会開発
- 文化
- 言語
- 宗教
- 教育制度および識字
- 情報媒体の普及

トリホス(Torrijos)は国家的な情報通信基盤(NII)を開発するためには、長期計画において劇的な移行を必要とする傾向が成長しつつあると指摘している。[28]

- 文化的複数主義(人種多様性)
- 科学的価値の開発を振興すべき必要性の増大(分析技能、解釈技能)
- 文化の積極的側面の支援
- 教育改革
- 女性蔑視を推進する文化的慣習の抑制
- サイバー・カルチャーとして、社会を情報ブアと情報リッチに階層化
- 法制的、倫理的問題

ムーアは文化に係わる問題について示唆している。すなわち「情報社会の開発発展が国内の文化を向上し強化し、可能であれば、さらに発展普及することを確実にしたいという望み」である。彼は「グローバルな情

報社会に向けての移行というものが、国内の文化がハリウッドで形作られ、ルパート・マードック(Rupert Murdoch)が支配するような世界的な文化に吸収されることを意味するか」という疑問を提示している。このことはコンテンツのレベルにおける文化環境問題であり、しかし、その基礎にキーボードというさらに基礎的な文化環境問題が存在するのである。

アジア地域ではきわめて多数の言語が使用されているが、これらの言語と文字を使用するコンピュータは、国際的な相互運用性(inter-operability)、可搬性(portability)を獲得するところまでは開発されていない。音声入力その他の方法に係わる最新の開発はさておき、入力作業その他の操作の大部分は英数字のキーボードを介して行われている。コンピュータ・キーボードを打鍵する非ラテン文字の人々の指先は、身体動作というきわめて基礎的なレベルにおいて、すでに文化的には汚染されているのである。日本や韓国のようなラテン文字以外の国語・文字がある国では、個々の言語に適した入力方式と伝統的な英数字のキートップにローカライズしたキートップを追加したものを開発している。

4.2 AFSIT: アジア地域における情報技術標準化

1987年にアジア情報技術標準化フォーラム(AFSIT)はアジア各国の情報分野の専門家のあいだにおいて、標準化技術の交換をこれまで以上に積極的に推進する目的のもとに、アジア各国の国内標準化を担当する政府機関を中心として結成された。事務局は通産省工業技術院の監督のもとに、日本規格協会/情報技術標準化研究センター(JSA/INSTAC)との協力により、東京にある財団法人情報国際化協力センター[29]におかれており、設置の目的は次のとおり。

- 1) 情報技術標準化および国際規格制定に関する情報の交換
- 2) 情報技術標準化に関する相談・協力

AFSITのメンバーは中国、香港(SAR)、インド、インドネシア、日本、韓国、マレーシア、フィリピン、シンガポールおよびタイである。AFSITの活動は次の通り。

- 1) AFSIT-Forum: アジア各国のあいだで標準化に関する情報を交換するための年次会合
- 2) "News-SITE": 情報技術標準化に関する英文ニューズレター
- 3) AFSIT-SIG on I18N: 情報技術の国際化のための専門家会合

日本における情報政策の一側面と標準化課題

4.3 AFSIT-SIG 情報技術国際化 (i18n)

1992年7月にAFSITの事務局であるCICCは、AFSITの枠組みのもとに情報技術の国際化に関する専門家委員会 (SIG: Special Working Group on IT Internationalization) の設置をAFSITに対して提案した。SIGの任務は次のように提案されている。

- 1) 国際化に焦点を合わせて、アジア地域における情報技術標準化を推進する。
- 2) ISO/IEC JTC 1 における国際化活動の動向に配慮した情報をアジア各国に提供する。
- 3) アジア地域において情報技術国際化のために必要な情報を同定し、分析し、統合する。その結果は個々の参加国のチャンネルを通してISO/IEC JTC1に提出される。
- 4) アジア各国の標準化の専門家による人的ネットワークを形成し、このネットワークを維持拡大する。

この提案は1992年8月9日にクアラルンプールで開催されたAFSIT運営委員会において正式に承認され、専門家推薦がAFSITメンバー国に要請された。SIGの当初の課題は次のように規定されている：a) SIGメンバーの国内状況(各国報告)、b) 国際化ならびに文化に依存する要素を理解する、c) (意見聴取ではない) 実情調査を実施することなどである。SIGの成果である "Data Book of Cultural Convention in Asian Countries" はCICCから入手できる。[30]

AFSIT および AFSIT-SIG on i18n という地域的貢献の二つの事例は、情報技術分野における標準化を目指す意義と、文化的な主体性と直結した個々・個別の技術要件に関する地域における認識を高める努力を示すものとして紹介した。

言語、文字および文化慣行はアジア太平洋中東地域における特色である。グローバルに接続する国家的な情報通信基盤の開発との関連において、これらの特殊な要件に対して技術的な注目を注ぐべきである。

4.4 MLIT : GII / GIS を志向した多言語情報環境のための標準化

GIS/GII における世界的ネットワークは、国際的なデータに対する透明性を持った国際的なネットワークを介した、多様な(国家的・国内的な)ネットワークの統合体であろう。この目的を達成するためには二つの要因を実現する必要がある：[31]

- 世界ネットワーク環境における基本プラッ

トフォームの国際化

- アプリケーション・レベルにおける、より広範囲の「文化慣行サポート」

GIS/GII の世界ネットワーク実現において障害となる源泉について佐藤が示唆している：

- a) 文字コードセット；
- b) 文化慣行；
- c) データ・フォーマット；および
- d) 試験方法

これらの障害は、それぞれの言語において情報技術開発を進めるにあたり、個別のローカルな要件を吸収するために、その時点の技術によって場当たりの解決をはかり、それらの非互換性が累積されてきたものである。データや情報をユニバーサルに流通させるためには、これらの場当たり解決(現在の非互換性)を吸収しなければならないし、多言語要件を受け入れるための「文化慣行サポート」を具備した現在・将来における情報技術開発のためのユニバーサルな枠組みが必要である。

1997年以来INSTAC / CICCが組織して国際シンポジウムが開催されている。MLIT(International Symposium on the Standardization of Multilingual Information Technology) は最初1997年5月にシンガポールで開催された。INSTAC / JSA が UNIDO の支援を得て組織し、シンガポールの国家コンピュータ庁(NCB)、生産性・標準化庁(PSB)が共催した。第二回は1997年11月にCICCが主催者となって東京で開催された。

MLITの目的は、GIIをすべての国のために構築するための、各国の言語文字に関する情報処理技術および標準規格のハーモナイゼーションである。[32]

専門家をブルネイ、中国、香港(SARC)、インド、インドネシア、日本、韓国、ラオス、マレーシア、モンゴル、ミャンマー、フィリピン、台湾、タイおよびベトナムから招へいしている。

主要テーマである "多言語情報技術" に関する検討自体がすでに問題を含むトピックである。[33]ISO/IEC 10646(Universal Character Code / Set) の開発がなされているために、これにはアジア地域の多数の国が関係しているため、関与していることへの自覚が多くのアジアの国で成長している。もちろん、多言語エンコーディングは MLIT の基本課題の一つである。しかしながら、個々の国で使用される国語の文字セットに関する国内的な検討は、さまざまな理由で拡散的な状態である。

MLIT-1 においては、参加した専門家がワープロ、表計算などといった一般的なソフトウェアを、多様な言語によってデモンストレーションした。国内標準化の状況について、パソコンの普及状況、それぞれの文字セットを含む情報技術国家規格などにふれながら報告された。

MLIT-2 は 1997 年 11 月に東京で開催されたが、そこ

において、これらのソフトウェアについては再び検討した。これは共通文字セットの問題を含む、標準化課題を詳細に検討するためであった。MLIT-3 は 1998 年 10 月に開催の予定である。このように、MLIT は 14 か国の専門家によって多言語情報技術標準化のため一般枠組みを創生するために進行中である。[34]

表 1 情報政策に対する動機 (出典・Moore. "Neo-Liberal or Dirigiste?" 1996)

	先進国	発展途上国
政策のもととなる動機	<p>経済的に優位な位置を確保する；高い失業率と社会的変化に起因する社会的崩壊、社会的混乱、社会的分解を阻止する。</p> <p>情報公開を具現した民主主義とより高度の参加の実現。</p> <p>国家の中心的組織は透明性を高めることにより、発展を達成した構造における常識と十分の情報に基づく意思決定ができる。</p>	<p>長期的な問題を解決する手段としての長期的な経済成長に対する願望；都市部と農村部のあいだの不均衡の削減；貧富の差の解消；民族的宗教的調和の確保、農村部の過疎化阻止、収入の格差是正、教育制度の向上、公共サービスの改善。</p>
情報ハイウェイ	社会調和と社会的結合の手段	増速された経済成長による将来の繁栄と、新しい社会・政治秩序へのへの通路

表 2 情報政策のメカニズム (出典・Moore. "Neo-Liberal or Dirigiste?" 1996)

メカニズム	ネオリベラル・モデル	統制主義モデル
情報政策	市場主導の解決、民間資本の活用	国家主導、世界水準の競争力を獲得するまでの国内産業の保護、全体主義的アプローチ
国家の役割	市場の諸条件を整備するファシリテーター	参加者 / 主要な役者、競争を市場の均衡に委ねるのではなく、牽引するための諸条件の整備；投資資金の供与者；情報製品と情報サービスの生産者；通信ネットワークの所有者；政策目標達成を指向した貢献者、消費者、政策立案者、調停者
民間部門の役割	実行者、牽引力	政府と民間部門のパートナーシップ。公共部門はインフラストラクチャに対する投資を主導する。
市場	公開された市場であるべきである。競争原理による。政府所有の企業の民間開放、民間移行。外国企業の参入の制限または統制。	資本や熟練労働者などの国家資源の配置においてつねに最適の役者というわけではない。教育制度の成果 [生徒・学生] を評価する際につねに適正とは言い難い。特定市場への参入が制限される。
人々・市民	消費者。重点は使用・利用のしやすさに置かれる。	単なる消費者あるいは情報社会における潜在的な労働者としてよりは、将来における情報社会に参加するものと位置づけられる。
法律	排除すべきもの	政策手段
教育	スキルを体得した労働力の適正な供給に対する要求がある。	国民全体に必要なスキルと能力をもたらす手段。教育に大きな重点が置かれる。
経済成長の相対的な比率	低い / 安定的。 1.5 %	高い / 不安定。 10%

日本における情報政策の一側面と標準化課題

表3 日本政府の情報技術政策

プロジェクト	担当省庁	目標
高度情報通信社会推進本部	首相官邸	全体的な国家政策
情報通信基盤整備プログラム	郵政省	光ファイバー網による通信インフラ整備
高度情報化プログラム	通産省	情報インフラにおけるアプリケーションとコンテンツ整備
IMnet 開発	科学技術庁	政府行政機関、政府試験研究機関のネットワークのネットワーク化
G7 実験	郵政省、科学技術庁、通産省など	アプリケーション、コンテンツとそれらの調和を開発する情報社会パイロット・プロジェクト
学術情報ネットワーク (SINET)	文部省	高等教育機関における研究ネットワーク
アジア太平洋情報通信基盤 (APEC / APII)	通産省、郵政省	アジア・太平洋地域の情報インフラ整備パイロットプロジェクト

表4 政府のプロジェクト(通産省「高度情報化プログラム」平成6年5月から要約)

- 教育	知的活動を支援するソフトウェアの開発と提供	会話型の学習 ユーザー・インターフェース グループウェア マルチメディア操作
	発表用ソフトウェアの開発	ビデオ・イメージ、写真、文章(ワープロ・データ)、グラフィックスを対象とするオーサリング・ツール
	教育用コンピュータの普及	1999年までに小学校には22台、中学校には42台、特殊教育校には8台、高等学校には42台の配布を目標とする。
	県教育委員会に情報技術者を配置	教師向け情報技術教育
	教育用の技術環境モデル	全国100の学校にPCとワークステーションの配置
	教育用ソフトウェア開発	
- 研究	高性能コンピュータの研究および配置	国立研究機関へのスーパーコンピュータ、並列コンピュータの配置。 超高性能コンピュータの研究開発 超高速通信ネットワーク・コンピュータ技術研究所の設立
	研究情報ネットワーク	IMnet (Inter Ministerial Research Information Network) 6 Mbps; 学術情報ネットワーク (SINET)
	ギガビット LAN	つくば学園都市
- 医療・社会福祉サービス	ネットワークによる医療情報交換	通信衛星を介した医療画像通信モデル 病院ネットワーク
	診療支援システム	医薬品データベース
- 医療・社会福祉サービス	高齢者向け支援、社会参加	メロウサエティ・プラン
	遠隔看護	看護機器の双方向インターフェース (Welfare Techno-house)
- 行政サービス	行政データベースの改善	政府統計データベース、政府文献情報データベース
	行政機関における LAN およびコンピュータの改善	
	ペーパーレス特許出願システムの改善	
- 図書館	パイロット電子図書館	共通フォーマット 20の図書館を対象とするパイロット・ネットワーク 意味論的検索、ファジー検索、自動索引付与、高速ブラウジング

表5 G7原則とパイロット・プロジェクト

(出典：産業技術会議「1996年版高度情報化政策と新技術—マルチメディア時代の到来—」1995年8月、pp.12-13)

G7の8原則
<ul style="list-style-type: none"> - ダイナミックな競争の促進 - 民間投資の奨励 - 適応可能な規制枠組みの定義 - ネットワークへのオープンアクセス提供 - サービスのユニバーサルな提供とアクセス提供 - 市民に対する機会均等の促進 - 文化的及び言語的多様性を含むコンテンツの多様性の促進 - 開発途上国に特に配慮した形での国際協力の必要性の認識
G7パイロット・プロジェクト
<ul style="list-style-type: none"> テーマ1 グローバル・インベントリー テーマ2 広帯域ネットワークのグローバルな相互運用性 テーマ3 異文化間の教育と訓練 テーマ4 電子図書館 テーマ5 電子博物館、電子美術館 テーマ6 環境・天然資源の管理 テーマ7 グローバルな緊急危機管理 テーマ8 グローバルなヘルスケアのアプリケーション テーマ9 オンライン政府 テーマ10 中小企業のためのグローバル・マーケット テーマ11 海事情報システム

おわりに

ムーアのモデルに基づいて日本の情報政策の状況を概観した。統制主義モデルは日本の状況に適合するが、現実には若干の逸脱事例もある。日本の文部省の施策はムーアの統制主義モデルに適合するものの、日本の学校児童生徒のあいだに見られる心理的なストレスの累積はネオ・リベラルモデルの国々のそれと同様のものと思われる。

非ラテン文字を使用する国々における文化汚染(文化植民地主義)に対抗する手段として、標準化活動について紹介した。言語および文字は個人的および国家的主体性の基本条件となるものであろう。GII/GISにおける平等を実現するために、情報利用における平等の機会を獲得しなければならない。

日本では財政改革および政治・行政改革が進行中である。これらの改革においては透明性と可視性の獲得が基本事項である。情報技術アプリケーションは財政、行政活動における透明性の向上に裨益するであろう。この点において、情報政策開発はすべての国民にとっての関心事である。

情報技術開発はその速度を増しつつある。しかし、日本その他のアジア諸国において発生している財政

的な障害は、情報技術の進行に追いつこうとする速度を遅くするだろうし、さらなる遅れの原因となるだろうし、国際競争力の減少をもたらすだろう。このような特定の条件下で、アジア諸国の情報政策は、過去5ないし10年のあいだに確立され、2000年、2005年、2010年といった目標期日に近づきつつある。各国における現在の財政的困難のもとで、われわれはサイバースペースへの生き残りを賭けて興味あふれる時期を経験しているのである。

注および参照

- [1] 本稿で述べられた意見は著者のもので、引用された組織・機関のものではない。
- [2] 文部省の英語正式名称は Ministry of Education, Science, Sports and Culture(MESSC) である。"Sports" は 1995年7月に追加された。
- [3] Moore, Nick, "Neo-Liberal or Dirigiste? Policies for an Information Society". In: *Understanding Information Policy: proceedings of a workshop held at Cumberland Lodge, Windsor Great Park, 22-24 July 1996* / edited by Ian Rowland. Bowker, London, 1997. pp. 89-100.

日本における情報政策の一側面と標準化課題

- [4] NEGISHI, Masamitsu, "A View of Information Policy in Japan." In: *The Role of Information in the Economy and in society: proceedings of a workshop held in Luxembourg, 3-4 November 1992*. CEC DG XIII/E, 1993. pp. 119-130.
- [5] NAITO, Eisuke; MIYAZAWA, Akira; INOUE, Hitoshi., "Online Cataloging in Japan." *Pacific Conference on New Information Technology* held in Bangkok 16-18 June 1987
- [6] 科学技術振興事業団 JST(旧 JICST, 現在の英語名称は Japan Science and Technology Corporation である。) <http://www.jst.go.jp/>
- [7] 科学技術情報流通技術基準 SIST (Standards for Information of Science and Technology): <http://www.jst.go.jp/SIST/>
- [8] INOSE, Hiroshi, *Enhancing Information Infrastructure Japan. NACSIS Newsletter* (ISSN 0915-7018). No. 11. Feb. 1995. pp. 2. <http://www.nacsis.ac.jp/ENEWS/NL11/a01.html>
- [9] The Headquarters for the Promotion of Advance Information and Communications Society (Office of the Prime Minister), "Basic Guidelines on the Promotion of an Advance Information and Telecommunications Society" (Provisional translation). 25 p. mimeo.
- [10] 郵政省: <http://www.mpt.go.jp/policyreports>
- [11] Ministry of International Trade and Industry. "Program for Advanced Information Infrastructure," May 1994. 81 p. mimeo. pp. 3.
- [12] 情報処理振興事業協会 Information-technology Promotion Agency, Japan (IPA), (Shuwa ShibaKoen Sancho Building) Shibakoen 3-1-38, Minato-ku, Tokyo 105. Tel: +81-3-3437-2301; Fax: +81-3-3437-5386; URL: www.ipa.go.jp
- [13] Chair's Conclusion of G7 Ministerial Conferences on the Information Society. February 1995, mimeo.
- [14] 各種の情報源がある:
 米国: Global Information Society Initiative (<http://www.ncsa.uiuc.edu/General/GIBN/>);
 欧州連合: The Information Society (<http://www.ispo.cec.be/infosoc/infosoc.html>);
 日本の G7 活動に関する包括的な展望: <http://www.gmd.de/Japan/G7/contents.html>
- [15] 郵政省における G7 プロジェクト: <http://www.mpt.go.jp/policyreports/japanese/project/pro.html> または <http://www.mpt.go.jp/Global-Inventory/Nippon.html>
- [16] 通産省における G7 プロジェクト: <http://www.gip.jipdec.or.jp/japanese/home-j/japan-home-j.html>; <http://www.gip.jipdec.or.jp/> の Directory 参照
- [17] 科学技術庁における G7 プロジェクト: <http://www.sta.go.jp/shisaku/g7web/welcome.html>
- [18] APEC Office of the Ministry of International Trade and Industry. "Recent Trends in APEC." 16 p. mimeo
- [19] Second APEC Ministerial Meeting on the Telecommunications and Information Industry. 2 - 6 September 1996, Gold Coast, Queensland, Australia. (<http://www.mpt.go.jp/policyreports/english/misc/Hino-speech1.html>) 1999 年 2 月には not found。
- [20] NAITO, Eisuke; SATO, Takayuki K., "Data Book of Cultural Convention in Asian Countries: In pursuit of common data container." SEARCC '96, July 4-7, 1996, Bangkok.
- [21] 科学技術基本法 The Science and Technology Basic Law <http://www.sta.go.jp/policy/kihonhou/mokuji.htm> (Unofficial English translation is available at <http://www.jstmy.com.my/jstmy/kihone.html>).
- [22] Wattenberg, Ulrich, "State Intervention: the Japanese Experience". In: *Exploring the limits - Europe's changing communication environment*. European Communication Council (ECC) Report 1997. Springer-Verlag. ISBN: 3-540-62637-9. pp. 219-228.
- [23] INOUE, Hitoshi; NAITO Eisuke; and Mika KOSHIZUKA. "MEDIACY: what it is and where to go." paper presented at the INFO-ETHICS - International congress on Ethical, Legal and Societal Aspects of Digital Information, Monte Carlo, Monaco, 10-12 March 1997.
- [24] こねっとプラン: <http://www.wnn.or.jp/wnn-s/index.html>; http://www.hamajima.co.jp/tim/ko_net.html
- [25] 100 校プロジェクト: <http://www.edu.ipa.go.jp/kyouiku/100/100.html>; http://www.edu.ipa.go.jp/kyouiku/100/100_e.html
- [26] コンピュータ教育開発センター Center for

- Educational Computing (CEC): <http://www.cec.or.jp>
- [27] NAITO, Eisuke, "Organizational Measures required, at the national level, to ensure the convergence of telecommunications, broadcasting and computer networks, and the conditions for regional and international cooperation." UNESCO Committee of Experts of Asia, the Pacific and the Middle East on Communication and Copyright in the Information Society, New Delhi, India, 25 -29 November 1996.
- [28] TORRIJOS, Delia E., "Address" In: *Report on the experts' donors' meeting on the development and training of information professionals in Asia and the Pacific. 14-16 August 1996, Cuezon City, Philippines.* pp. 25-27.
- [29] 国際情報化協力センターCICC: (<http://www.cicc.or.jp>); 43 Mita Mori Build., 3-13-16, Mita, Minato-ku, Tokyo 108-0073, Japan. Fax: +81-3-3457-0944
- [30] SATO, Takayuki K. ed. "Data Book of Cultural Convention in Asian Countries: Records of activities of the AFSIT-SIG for IT Internationalization." Tokyo. CICC. First version April 1996; revised version October 1996. 95 p. also at <http://www.cicc.or.jp/homepage/english/library/databook/contents.htm>
- [31] SATO, Takayuki K., "Internationalization (i18n) of IT in GII age." Global Standards Conference, Brussels, 1-3 October 1997 hosted by EU DG III sponsored by ISO, ITU and IEC. <http://www.ispo.cec.be/standards/conf97>
- [32] UEMURA, Shunsuke, "Equal Language Opportunity in Information Technology." Keynote Lecture at the 1st International Symposium on the Standardization of Multilingual Information Technology (MLIT '97 [MLIT-1]), 26-28 May 1997, Singapore.
- [33] SATO, Takayuki K., "GII for Equal Opportunity." Keynote Lecture presented at the Round Table Discussion of the 10th Asian Forum of Standardization for Information Technology (AFSIT-10), 29 October 1996, Cheju Island, Korea.
- [34] NAITO, Eisuke; SATO, Takayuki K., "Multi-Lingual IT Standardization: a regional cooperative activity." In: *Proceedings of 10th International conference on New Information Technology, Hanoi, 24-26 March 1998* / edited by Ching-chih Chen. MicroUse Information, West Newton, MA, 1998. pp. 163-171.

研究論文

専門分野における複合名詞の語構成要素の品詞相当カテゴリーに関する一考察

Grammatical Categories for Constituent Elements of Japanese Nominal Compounds with Special Reference to Technical Terms

学術情報センター 内山 清子

Kiyoko UCHIYAMA

National Center for Science Information Systems

学術情報センター 竹内 孔一

Koichi TAKEUCHI

National Center for Science Information Systems

学術情報センター 吉岡 真治

Masaharu YOSHIOKA

National Center for Science Information Systems

学術情報センター 影浦 峡

Kyo KAGEURA

National Center for Science Information Systems

学術情報センター 小山 照夫

Teruo KOYAMA

National Center for Science Information Systems

要旨

専門分野における複合名詞を分析する時に、複合名詞を構成している語構成要素の情報が必要となってくる。本研究では、語構成要素の文法情報だけでどこまで複合名詞の性質を分析することができるかを見きわめるために、語構成要素を文法情報である品詞相当カテゴリーに分類するための検討を行った。語構成要素においては、従来の文／単語関係で定義された品詞カテゴリーをそのまま適用することは難しい。そこで本研究では、従来の品詞カテゴリーを参照しつつ、新たに語構成用の品詞相当カテゴリーとその定義を設定することを試みた。

ABSTRACT

Grammatical information for constituent elements of nominal compounds are needed for analyzing nominal compounds, especially those of technical fields. In this research we analyzed the grammatical categories suitable for nominal compound analysis, as it is difficult to apply conventional grammatical categories defined with respect to words in sentences to the analysis of nominal compounds.

[キーワード] 品詞カテゴリー、複合名詞、専門用語

[Keywords] Grammatical categories, Nominal compounds, Technical terms

1 研究の背景、研究目的

専門分野で使用される専門用語には多くの複合語が含まれている。その複合語のほとんどは複合名詞である。従来の文・単語関係における品詞では、複合名詞

全体や多くの語構成要素も名詞という大まかな品詞に分類されることが多く、複合名詞を構成している要素の品詞に適した詳細なカテゴリーがほとんどない。機械翻訳や情報検索では、専門用語の複合名詞は一括

専門分野における複合名詞の語構成要素の品詞相当カテゴリーに関する一考察

して辞書登録を行う形で扱っているが、常に新しい用語が作られている中で辞書登録だけでは対応しきれないため、複合名詞の解析は重要となってくる。

また、文の中で適用される品詞を複合語の語構成要素の品詞として流用することは非常に困難であると予想される。なぜなら、文の構造における品詞と語構成要素としての品詞の性質が異なるために、同様のカテゴリーでは分類がうまく行われない。たとえば「学際的研究」の「学際」は通常の辞書では名詞と定義されるが、同じ名詞の「人間」「機械」のように「が」「を」という格助詞を取って主語や目的語になり得る語とは異なり、独立して「が」や「を」を取りにくい一方、主として「的」などの接尾辞を取って、語を修飾する役割を果たすことが多い。このように、形式的に名詞と分類できる語にもさまざまな用法があり、文・単語関係の品詞では説明できない部分も多く含まれている。

先行研究として名詞から副詞までの詳細な分類研究[1]があるが、専門分野で使用される語が含まれていないため、新たに専門分野の用語を分類しなければならない。また、専門用語を構成している語基はほとんどが名詞と動詞連体形、形容動詞であるため、[1]の研究の名詞から副詞までの枠づけにそのまま当てはめることは難しい。つまり、専門分野で使用される語の特性に合った品詞カテゴリー（以下品詞相当カテゴリーと呼ぶ）を設定し、定義づけを明確に行う必要がある。

そこで本研究では、専門分野における複合語語構成要素の品詞相当カテゴリーを新たに作成し、明確な定義づけを行うことを目的とする。そして、どのような定義を与えることが品詞相当カテゴリーの分類に有効な手段であるのか、また語構成要素の品詞相当カテゴリーのどのような特性が複合語の語構成に影響を与えているのかなどを実験を通して検証を進めていく。

2 研究概要

研究は以下の手順で行った。

1. 複合語から語基を抽出
2. 品詞カテゴリーの定義の決定
3. 語基を品詞カテゴリーの定義に分類
(第1回実験)
4. 第1回目の定義の評価、修正
5. 第2回目の定義の決定
6. 第2回目の定義に分類(第2回実験)
7. 第2回目の実験の考察

8. 新聞記事による事例の収集
9. 事例と実験結果の比較
10. 第2回目の定義の評価

複合語の品詞カテゴリーを設定するために、品詞カテゴリーの定義を作成し、定義に沿って分類する実験を行った。分類は複合語を構成している語基を対象とした。実験は4、5人の被験者に対して行った。そして実験でどのくらいの一致が得られるかを測定し、定義を評価した。本研究では上記の手順で2回実験を行った。第1回目の実験では実験結果から定義を見直し、修正を加え、新たな定義で第2回目の実験を行った。第2回目の実験では被験者の意見が一致しなかったり、入力ミスをした部分について、新聞記事からの事例に基づいてまとめあげていく作業を行った。そして事例と被験者が一致しなかった部分を比較することにより再度定義を評価した。

3 研究の特徴と方針

専門用語の複合語を構成している語基は、従来の品詞にあてはめるとほとんどが名詞である。その名詞の中には形容動詞語幹も含まれている。たとえば、「安全保障」という複合語の語基は「安全」と「保障」であるが、「安全」は「安全を保障する」のように目的語となることができるため、表面的には名詞と分類できる。また、「安全運転」では「安全な運転」という形容動詞語幹にもなっていて、名詞と形容動詞語幹が同形である。他に「仮想空間」の「仮想」は、「仮想の空間」あるいは「仮想的な空間」など形容動詞性接尾辞「的」を後続して、連体修飾語の役割を果たしている。従来の品詞で名詞に含まれていた語の中に形容動詞的なふるまいをする語が潜在的に存在するのである。

こうした特性は、複合語内での語基が同形であるため、複合語内に現れる形態からは判断できないし、また、実際、これらの用いられ方の相違やバリエーションは語基が持つ意味と深く関わっていることは明らかである。実際、従来の研究では（おそらくこうした考慮から）、語基の品詞相当カテゴリーには文中における単語の品詞を適用するに留め、次に直接意味の分類に入ることが多かった[2][3]。けれども、形態レベルにおける程度の足がかりなしに意味の問題に入ってしまうと、收拾がつかなくなることが多い。また、専門用語については、分野毎に意味概念体系が異なると考えられるので、これら全てについて独立に意味を直接分析していくことは方法論上も望ましくない。

そこで、本研究では、形態的特徴と意味的特徴との間をもう少し形態的特徴側から狭めることにより、語構成要素に適切な品詞相当カテゴリーを設けると同時に、意味分析のための手がかりにすることも考え、次のような仮定のもとで、形態的・形式的特徴に基づいて、語基の品詞相当カテゴリーを詳細化することを試みた。

- (1) 同一の語基は、複合語中に現れても、文中で独立して単語として現れても、意味は変わらない(実際の所、語基の同一性の認定には意味の同一性が前提されるから、この主張は論理的にはトートロジーではあるが)
- (2) 文中での用法において現れる形態的・形式的な変異(例えば「が」や「を」を後続するかしないか、「的」を取るか等)の詳細は、文法的機能として形式的に認定できるものではあるが、同時に意味を(少なくとも近似的に)反映している。
- (3) それゆえ、語基の、文中での用法の形態的・形式的変異をより詳細に考慮することにより、形態に反映される一般的な意味的性質を反映したカテゴリーを、意味の主観的判断に直接頼ることなく、品詞カテゴリーと同様に設定することができる。

本研究では、特に、名詞と形容詞・副詞の双方が担う意味機能を持つような語基を中心に、カテゴリーの枠組みの再設定と、それに基づく語基の分類を試みる。(他に名詞と動詞の間、接辞性字音語基のカテゴリーなどが重要であるが、これらは別途の研究グループが分析を進めつつある[4]) 具体的には、以下のような語を中心として新しい品詞カテゴリーを設定していく。

- 名詞と形容動詞語幹が同じ語基
- 「的」を後続することが可能な語基
- 「的」など接尾辞を後続した形式でよく使われる語基

表1 名詞、形容動詞の分類タグ

	名詞+	名詞-
形容動詞+	名詞かつ形容動詞: NA	形容動詞: A
形容動詞-	名詞: N	名詞でも形容動詞でもない: E

4 品詞カテゴリーの定義の作成(1回目)

4.1 対象データ

分析対象データとして、さまざまな専門分野がある中で、比較的身近な分野として情報処理分野を選び、情報処理用語大辞典[5]に収録されている漢語から成る複合名詞の語基を対象とした。複合語を語基に分割するにあたって明確に語基の定義と分割基準を設定しなければならないが、本研究において語基は学術用語語基表[6]の定義に準拠して分割を行った。

4.2 語基の抽出

分割した語基から形容動詞を抽出するために、EDR電子化辞書[7]、Juman[8]、茶筌[9]の辞書を利用して、これらの辞書の中で形容動詞と定義されている語基を抜き出した。また、「的」を接続可能と考えられる名詞を抽出して、合計522語のデータを分析対象データとして収集した。

4.3 品詞カテゴリーの設定と定義の作成

(1回目)

品詞カテゴリーを名詞、形容動詞を中心として以下のように設定し、定義を決めた。

4.3.1 品詞の設定

- (1) 名詞: N は、「が」「を」を後続でき「的」を接続できる語
 - ex. 数値: 「数値が変わる」「数値を計算する」「数値的根拠」
 - 世代: 「世代が代わる」「世代を感じる」「世代的進化」
 - 「名詞+」は上記の名詞の定義を満たしている語
 - 「名詞-」は名詞の定義を満たしていない語
- (2) 形容動詞: A は、終止形「だ」で終わり、「な、の、に」で活用する語
 - ex. 健全: 「彼は健全だ」「健全なスポーツ」
 - 一様: 「服装が一様だ」「一様な表情」
 - 「形容動詞+」は上記の形容動詞の定義を満たしている語
 - 「形容動詞-」は形容動詞の定義を満たしていない語
- (3) 名詞かつ形容動詞: NA は、「が」「を」を後続でき、終止形「だ」で終わり、「な、の、に」で活用する語
 - ex. 異常、垂直

専門分野における複合名詞の語構成要素の品詞相当カテゴリーに関する一考察

- (4) 名詞でも形容動詞でもない、上記の定義にあてはまらないが「的」を接続できる語
ex. 学際、樂觀
- (5) 上記の分類にあてはまらない語 :X

4.3.2 接尾辞の接続関係

形容詞性接尾辞「的」を後続して、形容動詞的な用法になるかどうかを分類する。

- (1) 的+ :1
的をつけて形容動詞的な用法になる語
ex. 遺伝、強制、国際、原始
- (2) 的- :2
的がつかない語 ex. 完全、異常

4.4 第1回実験方法

被験者は4,5人。4.2で抽出した語基のみ(事例なし)を与えて品詞カテゴリーの分類を行った。上記の定義に沿って、まず品詞カテゴリーや「的」の接続関係を付与するという作業を行った。

4.5 第1回実験結果と考察

5人の分類結果について、一致した数やパターンを表1に集計した。まず5人全員が一致したもの(5:0)、4人が一致したもの(4:1)など一致した比率によって統計を取った。

第1回実験では、5人全員が一致した品詞カテゴリーの数が、他のばらついている比率よりも多かった。第1回実験は定義が大枠であったために分類自体は個人ごとのばらつきが少なかった。

表2 分析結果が一致した比率

一致した比率	一致した数
5 : 0	1 9 9
4 : 1	1 1 6
3 : 2	1 1 4
3 : 1 : 1	4 1
2 : 2 : 1	3 9
2 : 1 : 1 : 1	1 2
1 : 1 : 1 : 1 : 1	1
合計	5 2 2

実際に5人全員が一致している語基について、品詞カテゴリー別にどれだけ一致しているかを表3に示した。

N1は、一致した全体の数のうち、約7割を占めている。N1:「が」「を」を後続して主語となる定義は直感的に分類しやすいという点で一致する比率が高かったと考えられる。しかし単に「が」「を」を後続する例を考えるだけでも、いくつかの疑問点や改良点が被験者から提起された。第1回目の実験ではこれらの点についてはすべてN1と分類した結果となっている。以下の考察でその説明を行う。

4.6 定義の考察

第1回目の実験において以下の3つの問題点があげられた。

- (1) 「が」「を」を後続するパターンが統一していない
単独で「が」「を」を後続する場合と、「○○の」という語が前接して結合した複合形式で主語となる場合があり、同じカテゴリーに分類するのではなく、区別した方がいいのではないか。

意識:「意識がなくなる」「意識をとりもどす」
= 単独で「が」「を」を後続して主語となり得る。
上昇:「温度の上昇が起こる」「相場の上昇を支えた」
= 「温度の」「相場の」といった複合の形式で「が」「を」を後続して主語となり得る。

- (2) 形容動詞の活用を分けたほうが良い
連体形が「な」形と「の」形の2パターンがあるため、区別する必要があるのではないか。

形容動詞ナ活用 単純:「単純な機能」
形容動詞ナノ活用 透明:「透明なフィルム」
「透明の袋」

表3 5人全員が一致した品詞別数

5人全員一致	一致した数
N 1	1 2 1
A 2	4 4
X	1 8
E 1	1 2
NA 2	3
A 1	1
合計	1 9 9

表4 「的」の接続について的一致数

一致した比率	一致数
5 : 0	266
4 : 1	120
3 : 2	118
3 : 1 : 1	9
2 : 2 : 1	9
合計	522

(3) 「的」接続についての判断は個人の判断基準にずれがあった。(表4)「的」接続だけ的一致数にしても、5人全員一致したのは、全体の半分しかなかった。これは、感覚的に「的」を接続できる語も含めて「的」接続可能という判断をしている。感覚的な判断は個人差が大きいので、実際に接続して語を形成するものを「的」接続として分類すれば、一致数が増えるのではないかと考えられる。たとえば、「混合」は「混合的」と言えなくもないが、実際に使用することはないので、的の接続はしないと分類する。以上の問題点を整理し、定義を再構築した。

5 品詞カテゴリーの作成 (2回目)

5.1 品詞カテゴリーの再構築

(1) 名詞性のタグ

・単独

N1:「が」「を」が後続して主語となり得るもの

N2:「が」「を」を取れず主語にはなり得ないが、「の」「に」「で」「へ」「から」「と」「で」

「より」の格助詞が後続するもの

N3:「の」だけが後続するもの

第1回目の定義の実験考察で提起された、語基に直接「が」「を」が接続する単独形と、前に「○○の」が接続する複合形を区別して分類枠を設定した。単独の時に「が」「を」を接続して主語になり得るもの以外に、他の格助詞を接続可能な場合があるので、その枠を作った。また、格助詞「の」だけが接続可能な場合があるのでそれを別枠とした。つまり格助詞「の」だけが接続して、他の格助詞が接続しない場合には、N3のタグを付与する。

また、格助詞「の」と判定詞「だ」の連体形と区別が難しいが、判定詞の連体形の場合は「である」「であった」

「だった」と言い換えができるのが判断の基準となる。

・複合

N4: 指示語が前に接続して「が」「を」が後続して主語となり得るもの

N5:「AのB」のように「Aの」が前に接続して「が」「を」が後続して主語となり得るもの

複合形で「が」「を」を接続して主語となり得る語のうち、前に接続する語が「その」や「この」という指示語だけ接続する語があると考えられるため、指示語だけが前に接続して主語となり得るものという定義枠を設定した。

(2) 形容動詞性のタグ

形容動詞の定義は「だろ、だっ、で、に、だ、な、なら」という形容動詞の基本活用をする語で連体形に「の」活用をする語については形容動詞ナノ活用に分類することとした。また、専門用語の語基にはほとんど存在しないが、タルト活用形の枠も作成した。

A1: グ活用形容動詞語幹「ナ活用」

清らか(だ)、きれい(だ)

A2: グ活用形容動詞語幹+連体「の」あり

「ナノ活用」無心(の)

A3: タルト活用形容動詞語幹

堂々(たる)、洋々(たる)

(3) 名詞性&形容動詞性のタグ

名詞であり、形容動詞の語幹にもなっている語については上記の名詞性、形容動詞性のタグを組み合わせで記述する。

例: 安全 N1+A1

(4) その他のタグ

E: 名詞でも形容動詞でもないもの

(5) 形容動詞性接尾辞「的」の接続関係タグ

例: 安全 N1+A1+T2

・形容動詞/形容動詞&名詞

T1:「的」を付与した形容動詞形が存在する

T2:「的」を付与した形容動詞形が存在しない

・名詞

T1:「的」を付与して形容動詞化できる

T2:「的」を付与しても形容動詞とならない

5.2 第2回実験方法

上記の定義枠について4,5人の被験者で実験を行った。名詞性のタグについては、まず単独で主語となり得るかどうかを判定し、単独で主語とならない場合にはどのような接続パターンがあるかを明確にするため

専門分野における複合名詞の語構成要素の品詞相当カテゴリーに関する一考察

に、N2 から N5 までの分類を行う。

また、名詞と形容動詞語幹の両方の役割を果たす語については、名詞性のタグと形容動詞性のタグを組み合わせて記述する。「的」の接続関係についても+印をつけてタグを付与していく。

例：安全 N1+A1+T2

5.3 第2回実験結果

第2回目の実験では、定義が詳細になっている分、分類が比較的簡単になったのではないかという予測のもとに行われたが、結果としては、第1回目の実験よりもさらに個人別の判断の揺れが大きくなり、全員一致するパターンが減少した。(表5)

品詞カテゴリーについての一致数(表6)は、「的」を含めた完全一致ではなく、品詞カテゴリーだけが一致している数を示している。これによれば、「的」接続も含めた一致数よりも、多少全員一致する数が増えている。

また、品詞カテゴリーを除いて「的」接続だけの一致数を見てみると(表7)、第1回目の実験における「的」接続よりも一致数が増えているが、全体の半分強しか一致していない。

表5 第2回目の定義の一致数

一致した比率	一致数
4 : 0	1 2 2
3 : 1	1 3 5
2 : 2	3 0
2 : 1 : 1	1 3 5
1 : 1 : 1 : 1	1 0 0
合計	5 2 2

表6 品詞カテゴリーの一致数

一致した比率	一致数
4 : 0	1 9 4
3 : 1	1 2 6
2 : 2	1 5
2 : 1 : 1	1 1 8
1 : 1 : 1 : 1	6 9
合計	5 2 2

表8で全員が一致した品詞カテゴリーの種類とその数を示しているが、全員が一致した数で最も多い品詞は N1+T1(「が」「を」を後続して主語や目的語になり得るもので「的」を接続して形容動詞的用法をする語基)であった。一致した数は第1回目の実験のN1よりも減少しているが、一致した品詞の中で一番数が多くなっている。

5.4 第2回実験の考察

第2回目の実験では、名詞の分類を詳細に設定し、助詞の接続や主語となり得るかどうかという判定を行ってもらったが、N1の判定は第1回目と同様に一致する率が高いが、N2からN5まで新たに加えた分類枠はまったく一致しなかった。これは以下の4点に原因があると考えられる。

- (1) 実験時の入力ミスなどの単純なミス
- (2) 単に用例が思い付かなかった
- (3) 品詞カテゴリーおよび定義設定の問題
- (4) 分類時における個々の揺れ
(手続き、作業上の問題)

(1)については他の被験者と明らかに分類傾向がかけ離れている場合に単純ミスであると判断することができる。

表7 「的」接続についての一致数

一致した比率	一致数
4 : 0	2 9 6
3 : 1	1 5 9
2 : 2	6 7
合計	5 2 2

表8 全員一致した品詞と一致数

全員一致した品詞	一致した数
N 1 + T 1	8 0
A 1 + T 2	2 3
N 1 + T 2	1 4
N 1 + A 1 + T 2	2
E + T 1	2
A 2 + T 2	1
合計	1 2 2

(2)は、実験という限られた時間内で自分の知っている用例をすべて思い出すことは難しく、どうしても抜け落ちてしまう部分があると思われる。これについては、実際の辞書や、コーパスなどから用例を抽出して補足することが可能である。

(3)は、第1回目の品詞カテゴリーと定義を修正し、再構築したにもかかわらず、第2回目の実験結果が第1回目の実験結果よりもばらついているのではないかと考えられる。さらに(4)は、個々の語基について分類する段階で人によって揺れが生じるのは実験の手続きや、作業上の問題ではないかと予測される。しかし、今回の実験で新たに作成した品詞カテゴリーと定義が専門用語分野における複合名詞を解析するために適切なものであるならば、(4)の手続き、作業上の問題ということが明確になる。しかし、(3)の品詞カテゴリーおよび定義が適切なものであると確定できない段階では(4)の詳細な原因も解明できない。そのためには(3)について、もし問題があるならば、品詞あるいは定義の設定方法のどういう部分に問題があるのかを明確にしなければならない。

5.5 事例の収集

この問題を解明するには各語基に関するより多くの情報が必要となる。実験による個人の言語知識という情報だけでは不十分であるため、その他の辞書やコーパスなどの言語データから実験対象の各語基に関する格助詞接続の情報を収集することが有効であると考えた。なぜなら、(2)の用例が思い付かなかった場合を補足することができ、ある程度網羅された情報として活用できるからである。

複数の既存の辞書に載っている例文と品詞枠(岩波国語と茶笈が詳しいのでそれを利用)さらに、日本語彙体系[10]も参考にしながら、新聞記事から格助詞が接続する例文を抽出する作業を行った。

そして、日本経済新聞94年度分の新聞記事から実際の文章において、「が」「を」と、その他の格助詞と接続して使われている例文を抽出した。

用例から抽出した情報と第2回実験結果とを比較することにより、どの点が一致していないのか、またその理由を明らかにして、第2回目の品詞カテゴリーと定義の設定について考察を行っていく。

5.6 事例と第2回実験結果の比較とその考察

収集した事例と個人別判定品詞との揺れのパターンについて考察を行った。個人別判定と事例との違いにいくつかのパターンがあり、名詞についてはN1とN5, N1とN2, N3とE, 形容動詞ではA1, A2とN2 + A1, A2との間に何らかの類似点が見られた。

(1) N1とN5の類似パターン

第2回目の実験における全体的な傾向として、N1(「が」「を」を接続して主語となり得る語)パターンが増加したことである。これは実際の日本経済新聞の記事において、主語として使われる例文が数多く検索されたことからこのような結果になったと考えられる。「が」「を」あるいはその他の格助詞の接続関係について人間が思い付く範囲は限られている。たとえば「学術」は「学術的」という形で使われるものであると考えていたが、実際は「多彩な学術が培われてきた」「学術の研究機関」など、主語となり得るし、格助詞を伴って使用している例文が抽出できた。

揺れのパターンで最も多かったものは、被験者の分類ではN5と判定されたものに、N1の用例が追加されたパターンである。N5は「～の」という複合の形式で主語になるものであるが、N1と判断されたものでも、文脈の中で単独に使用されているパターンが多い。つまり純粋に単独で「が」「を」を接続しているのではなく、暗に何かを省略して単独で使用されることもあるため、実際の例文による判定と被験者が判定するN5とN1の差がこのあたりにあるように考えられる。N5の例に「が」「を」を接続して独立で主語となる例文が見つかればN1という分類に当てはまる。

今回の判断では、N1は例文の中で、単独で「が」「を」を接続して主語になり得るという基準で判定をしたが、文脈ありとなしの違いは意味も含めて考えなければ判別が難しい部分である。

(2) N1とN2の類似パターン

N2→N1であったというパターンが2番目に揺れの多かったパターンである。N1に分類される語は格助詞「の」「に」「へ」「で」に必ず接続できるものであったので、N1とN2の区別は非常に難しい。

N2に判定された語は、N1の「が」「を」を接続する語である可能性は高く、特に実際の例文のデータ数を増やすことによってN1の用例が検索され、N2からN1に変わることが考えられる。特徴的だったものでは、「国際」「原始」は「性」や「的」という接辞あるいは他の語基と結合して使われる頻度が高い語類とされてきたが

専門分野における複合名詞の語構成要素の品詞相当カテゴリーに関する一考察

[3]、実際の文章では「国際の平和」のように「の」という格助詞と伴って単独で出現していることがわかった。

(3) N3 と E の類似パターン

N3 と E は両方とも単独では全く出現しないもので、複合形式で扱われるため、判別が難しい。N3 は複合語の語構成要素間に「の」を入れて言い換えることもできる語であると考えられる。たとえば、「最短距離」を「最短の距離」「救急医療」を「救急の医療」と言い換えることが可能である。つまり「の」の接続が可能かどうかで判別の基準となる。

(4) A2 と N2 + A2 の類似パターン

A1, A2 は形容動詞の活用をするという定義にあてはまったものであるが、N2, N3 の格助詞「の」の接続と形容動詞ナノ活用との区別を誤ってしまうようだった。基本的に「な」という活用語尾が接続するならば形容動詞で、なおかつ「の」が接続するならば形容動詞ナノ活用と定義できる。

(5) その他

第2回目の実験で設定した N4「指示語が前について「が」「を」を後続して主語となり得るもの」に分類される語がなかった。定義を作成する時点で、「その」「この」といった指示語だけに接続する語があるのではないかとの予測に基づいて分類を行ったが、実際「その」「この」という指示語が前につく語はすべて N5 の定義に含まれてしまい、N4 の枠組みが不必要であることがわかった。

(3)(4)は、分類実験のインストラクションに判定基準を付け加えることにより対処できるので、N3, E, A1, A2 の品詞設定は特に問題がないであろう。(2) の N1 と N2 の類似、特に N2 の品詞設定についてはその他の格助詞との接続関係という実験ベースでは収集しにくい部分が多く含まれているため、これに関してはより多くの言語データから事例を抽出する方法が最も適切なのではないかと思われる。また、その他の格助詞を一緒にするのではなく、それぞれの格助詞に分けてデータを収集する方法についても検討していきたい。

(1) は、単独で主語となり得る N1 と複合形式で主語となる N5 の違いは形態的な側面だけによる判断が難しい。使われる文脈や状況により単独であっても複合形式の意味を持っている場合もあり、同様に N5 の複合形式も一種の文脈が前接していると判断できることから、用例から格助詞の接続関係を自動的に抽出しただけでは情報として不十分である可能性がある。これ

は作成した品詞カテゴリーでは、単独で主語となり得るか、複合形式で主語となり得るかに着目したが、単独と複合形式にもさまざまなパターンがあることが実際の例文を抽出して明らかになった。今回分析の対象とした専門用語も情報処理分野というある種の文脈に依存している部分もあるため、文脈を無視することは難しい。今後は文脈から全く独立して主語として使われる語、文脈つきで主語となり得る語、文脈つきの場合は特定の語を省略しているのかどうか、どういう語を受けて主語となっているのかを調べ、品詞カテゴリーおよび定義の設定について再び検討していきたい。

6 まとめ

専門分野の複合名詞を構成している語基について品詞カテゴリーを設定し、定義を作成した。そして語基が単独で主語になり得るかどうか、また格助詞が接続するかどうか、接続する格助詞の種類などに基づいて分類を行った。その結果から品詞カテゴリーおよび定義の設定に関する問題点、今後の改良点を明らかにした。今回の実験における格助詞の接続情報を用いて、以下のような複合語の文法(構文)構造を表現することができる。

(1) 助詞の補足

「機械翻訳システム」→「機械で翻訳するシステム」

(2) 助詞及び接尾辞「的」の補足

「人工知能」→「人工の知能」、「人工的な知能」

(3) 形容動詞活用語尾の補足

「自由領域」→「自由な領域」

しかし、今回の実験では語基が取り得る格助詞の情報だけでは、語基を組み合わせる複合語を作り上げた時に、接続可能な格助詞の中から、どの格助詞を用いて表現したらよいか明確にならない。例えば「人間翻訳」「機械翻訳」「言語翻訳」は、「人間」「機械」「言語」「翻訳」ともに N1 に分類され、「が」「を」を後続することが可能であり、他の格助詞「で」「の」「に」も接続可能である。その中から「が」「を」「で」を補足して以下のように構文構造を表現してみた。

「人間翻訳」→ ○「人間が翻訳する」
 → △「人間で翻訳する」
 → ×「人間を翻訳する」
 「機械翻訳」→ △「機械が翻訳する」
 → ○「機械で翻訳する」
 → ×「機械を翻訳する」

「言語翻訳」→×「言語が翻訳する」
 →×「言語で翻訳する」
 →○「言語を翻訳する」

このように同じ翻訳するというサ変名詞 & N1 を後続した時に使われる格助詞は異なっていることがわかる。これは、人間は意志をもった主体、機械は具体物、言語は抽象概念という属性を持っていることから格助詞の使用法に違いが出てくると考えられる。本研究では、語基の属性に関しては全く考慮にいれず、文法情報だけでどこまで分析が可能であるのかという点を明らかにすることが目的だった。しかし、語基の属性などの意味情報がなければ、どういう格になるのかという問題を解決することができない。複合名詞の構成要素の語基が取り得る格助詞の種類は、文法情報として抽出可能な部分であるが、今後複合語の語基の成り立ちを解析するうえで、意味情報を取り入れていく必要があると考えられる。

7 今後の課題

今後の作業は、日本経済新聞のデータや、その他 EDR コーパスなど多くの事例から格助詞の接続関係をひき続き抽出する。語基が独立して主語となるのか、文脈依存しているかなどに関する分析を行い、品詞カテゴリーおよび定義について再検討していく。また N1 ~ N5、A1、A2、E に分類した語基が、実際に結合して複合語を作り上げる時、格助詞の接続パターンがどのようになっているかを調べていく。これらをまとめた後、意味処理に入る予定である。

参考文献

- [1] 水谷, 星野, 「名詞から副詞まで - 語類の新しい枠づけ」, 計量国語学, 第 19 卷第 7 号, pp331-340, 1994.
- [2] 野村雅昭, 「四字漢語の構造」, 国立国語研究所報告 54, 秀英出版, 1974.
- [3] 野村雅昭, 石井正彦, 「学術用語の造語法」, 特定研究『情報化社会における言語の標準化』成果報告, 1986.
- [4] 丸元聡子, 乾裕子, 荻野孝野, 「コーパスを用いた名詞と接辞の形態的分類」, 言語処理学会第 4 回年次大会発表論文集, 1998.
- [5] 相磯秀夫, 「情報処理用語大辞典」, コンパクト版, オーム社, 1993.
- [6] 野村雅昭, 石井正彦, 「学術用語語基表」, 1989 年
- [7] EDR 電子化辞書研究所, 「EDR 電子化辞書使用説明書 version1.5」, 1995.
- [8] 京都大学工学部長尾研究室, 奈良先端科学技術大学院大学松本研究室, 「日本語形態素解析システム JUMAN 使用説明書 version2.0」, 199
- [9] 松本裕治他, 「日本語形態素解析システム『茶筌』使用説明書 version 1.0」, 1997.
- [10] 池原悟他, 「日本語語彙体系」, 岩波書店, 1997.

研究論文

電子的環境における学術情報と著作権制度

Scholarly Communication and Copyright Law in the Electronic Environment

関西大学 名和 小太郎
 Kotaro NAWA
 Kansai University

要旨

学術情報は制度的には著作権をもつ。ただし、研究者は学術情報を公有にすべしという理念を伝統的に共有している。したがって、学術情報の使用については、著作権の制限つまり公正使用を求める。

学術情報の電子化は、このような在来の秩序を崩し、学術情報をプロプライエタリなものとし、その流通を市場原理にまかせようとしている。

ABSTRACT

Researchers have a traditional idea that they should hold scholarly documents in common and they should use the documents freely, in spite of restrictions by copyright law.

Electronic publishing will change the public documents into proprietary works and will cast off the traditional idea into the market.

[キーワード] インターネット、オーサシップ、公正使用、学会、商用化、著作権、データベース条約、電子出版、図書館、引用。

[Keywords] authorship, citation, copyright, commercialization, Database Treaty, electronic publishing, fair use, institute, internet, library.

〔目次〕

1 はじめに	4.4 公正使用
2 ベルヌ条約における理解	5 学術情報の市場化
2.1 著作物の定義	5.1 公共部門の商用化
2.2 著作物の利用制限	5.2 企業の参入
2.3 国内法の理解	5.3 学会の変質
3 学術情報の特性	5.4 図書館の変質
3.1 クラブ財的な特性	6 学術情報の電子化
3.2 集積性	6.1 著作権表示
3.3 相互参照性	6.2 著作権制度へのオーバーライド
3.4 学会による管理	6.3 オンライン・ジャーナル
3.5 過剰生産・過少消費	6.4 学会誌の電子化
3.6 データベースの場合	7 研究者の意識
4 学術情報の著作物性	7.1 人文・社会系 対 理工・医学系
4.1 オーサシップ	7.2 理工・医学系の意識
4.2 人格権的要素	7.3 インターネット・コミュニティの意識
4.3 経済権的要素	8 まとめ

電子的環境における学術情報と著作権制度

1 はじめに

学術研究システムにおいては、その入力に情報があり、その出力にも情報がある。つまり、情報はこのシステムにおいては主要な要素である[1]。この視点で見ると、学術情報について、その品質の評価法、その流通の制御法が問題となる[2]。

私たちの社会においては、情報の品質の評価や流通の制御について役立っている制度は知的所有権制度とくに著作権制度である。この意味で学術情報をみると、その著作権との関係は、芸術的な情報や営利的な情報に対する場合とは、慣行上、意味をやや異にしている。

ここに示した主題については、研究評価、著作権法、図書館、電子出版、情報産業など個別専門領域においては、部分最適を目指してすでに検討されている。ただし、全体的な視野でこの整理を試みたものは現時点ではなお見当たらない。この報告の狙いはこれに答えることにある[3]。

考察の順序はつぎのとおりである。第1に、学術情報の特性を著作権制度の枠のなかで吟味すること、第

2に、著作権制度の機能を学術情報の特性に合わせて確認すること、第3に、その市場化および電子化における意味の変化を点検すること—これである。

2 ベルヌ条約における理解

第1の課題は、学術情報は著作権制度のなかでどう扱われているのか、ということである。学術情報と著作権制度との関係は、第1に、情報生産者として学術情報が著作物になるかということであり、第2に、情報利用者として学術情報を自由に利用できるかということである。前者は著作権の定義にかかわり、後者は著作権の利用制限にかかわる。

現行の著作権制度はベルヌ条約を正統的な国際標準として位置づけている。したがって、まずベルヌ条約における学術情報の扱いを見よう[4][5]。ただし、著作権については、正統型の理解のほかに、WTO (World Trade Organization) による市場主導型の理解 (5参照)、研究者によるインターネット型の理解 (7.3参照)がある。まず、これを比較し、表1「著作権制度—3つの理解」として示す。

表1 著作権制度—3つの理解

		正統的理解	市場主導的理解	研究者的理解
国際的枠組み		ベルヌ条約	WTO / TRIPS	世界データセンターのルール等
理念	主張	オーサース・ライト	コピーライト	コピーレフト
	目的	著作者の保護	収益の分配	情報の共有
著作権	人格権	必須	無視	重要
	財産権	必須	必須	関心外
関係者	権利者	権利者	事業者	研究者
	ユーザー	事業者	顧客 (受動的)	研究者 (能動的)
位置づけ	規範レベル	法律 (主として)	法律+契約	慣行 (主として)
	影響範囲	伝統的メディアで優位	新規市場で優位	インターネット社会で優位
経済性	流通形式	文化財的 (再販品)	商品	クラブ財
	資金負担	著作者	事業者	公的資金
信奉者	地域	主に日本・EU	主に米国	全地球的
	階層	芸術家・法律家	企業	学会
キーワード		正統性	市場原理	ユーザー主導

2.1 著作物の定義

現ベルヌ条約(1971年改定版)は、その対象となる「文学的及び美術的著作物」を「表現の方法又は形式の如何を問わず、…のような文芸、学術及び美術に属するすべての製作物を含む」(2条(1))と定義している[6]。「…」にはいくつかの著作物が例示として列挙されている。なお「学術」(science)という用語は原ベルヌ条約(1887年版)の定義にはなかった。

WIPO (World Intellectual Property Organization) の『ベルヌ条約逐条解説』は「学術の著作物が著作権で保護されるのは、その内容の学術性のためではない。医学教科書、物理学論文、太陽系宇宙に関する記録映画が保護されるのは、医学、物理学、月の表面を取り扱っているためではなく、書籍であり、映画であるからである。著作物の内容は保護の要件ではない」と示している。

この『解説』の記述については注意すべき点がある。第1は「著作物の内容は保護の要件ではない」と記述されていることである。この記述は情報の内容に注目する学術研究の評価基準とは違う。第2は、引用中の説明例がすべて自然科学系の著作物になっていることである。これは自然科学系の著作物にかぎり「学術の著作物」として理解していたことを示唆するものである(2.2.1 参照)。もし、そうであれば、当時、人文・社会科学系の著作物は「文学的著作物」に含まれ、学術の著作物とはべつに定義されていたことになる(2.2.1 参照)。

2.2 著作物の利用制限

現ベルヌ条約は、著作物の利用を、「引用」と「授業用」に関して、それが「適法に」「公正な慣行に合致し」「目的上正当な範囲内において」であれば「自由である」として認め、著作権を制限している(10条の(1)および(2))。

2.2.1 引用の自由

自由な引用の適法性については、現条約は「新聞紙及び定期刊行物からの引用を含む」と示している。これは原条約(1887年版)にあった「新聞紙若ハ定期刊行物ハ、著作者若ハ発行者ニ於テ明ラカニ之レヲ禁止スルニ非サレハ、他ノ諸国ニ於イテ、原文ノ儘若ハ翻訳シテ之ヲ転載スルコトを得ヘシ」(8条)という条項に由来するものである。

ここにはとくに学術論文に関する言及はないが、原条約制定時の議事録を参照すると、ここで学術情報の

扱いが問題になったことが分かる[7]。すなわち、原案にはこの権利制限は学術に関する記事には及ばないとあり、これをめぐり論議が行われた。最終的には、引用は学術を含むすべての著作物に許されると規定された。

なお、議事録には学術的著作物の自由な複製と翻訳とを必要とする意見が記録されており、ここに Pasteur、Helmholtz、Du Bois-Reymond などの業績が引用されている。引用された研究者はすべて自然科学系である。これは学術の著作権をめぐる当時の解釈と見合うものである(2.1 参照)。

2.2.2 著作物の自由利用

著作物の自由な利用については、現条約は「同盟国の法令又は同盟国間の…特別の取極の定めるところによる」と規定し、これを「授業用」にのみ認めている。この「授業用」という用語は「teaching」を指し、ここには「学術研究は含まれない」と解されている[6]。

ただし、ベルヌ条約の経緯を見ると、当初はここに学術的性格をもつ著作物を含んでいた[6]。原条約の制定時の議事録を見ると、学術研究における著作物の「借用」と著作者保護とのいずれを優先させるべきかについて、くり返し論議がなされている[6]。その結果、原条約には「教科用ニ供シ又ハ理学的ノ性質ヲ有スル著作物発行ノ為メ、…、著作物ヲ適法ニ抜粋スル権能」(7条)という規定が設けられていた。ここで「教科用」は「educational」、「理学的」は「scientific」の翻訳である。この表現は1948年改定版まで引き継がれていたが、71年版において現行の「授業用」のみ権利制限という形になった[6]。理由は明らかではないが、学術研究からみれば、このとき複製の自由という既得権益が失われたことになる。

2.2.3 公益としての研究

学術著作物に対する特別の扱いは、ベルヌ条約の改訂とともにしだいに失われ、それは著作物一般のなかに埋没してきた。これは、条約の制定者が著作権の専門家であり、学術の研究者ではなかったためであろう。いうまでもないが、著作権の研究者が全領域—理工学、医学を含む—の研究者を代表できるわけではない。

ただし、1996年に採択されたWIPO著作権条約は、その前文に「著作者の権利と、特に教育、研究(research)、情報へのアクセスといったより大きな公

電子的環境における学術情報と著作権制度

共の利益との間のバランスを、維持する必要性を認めて」と学術研究に対する関心を再び示している。このように著作権を制限する文章が条約に明記されたことは、しかもそこに「研究」という公益が記載されたことは、ベルヌ条約を含めて知的所有権関連の国際条約にはかつてなかったことである[8]。このために、この文言は著作権専門家からは冷やかに見られている。

2.3 国内法の理解

日本法は著作物の定義に「学術」の範囲に属するものを含めている。また、著作物に対する著作権の制限については、「研究」のために行う「図書館等における複製」(31条)および「引用」(32条)を認めている[9]。

米国法は著作物の定義には「学術」についてなんら言及していないが、著作物に対する制限については、「研究」のために行う「公正使用」(107条)および「図書館及び記録保存所による複製」(108条)を認めている[10]。

3 学術情報の特性

ここで学術情報の特性を整理しておこう。これは研究者の視点から学術情報の著作物性を確かめるための準備となる。

学術情報には論文形式のものとデータベース形式のものがある。以下、主として論文形式のものを対象として考察を行い、データベース形式のものについては必要のつど言及するという方法をとる。

3.1 クラブ財的な特性

学術情報の第1の特性はクラブ財と見なせることにある。宮沢健一によれば、情報には、公共財としての情報、クラブ財としての情報、私的財としての情報の3種類がある[11]。公共財としての情報は「共有」「自由な複製」という特性をもつ。このような情報については、消費効率を高めることができるが、生産者にインセンティブを与えることはできないので、過少生産のリスクが生じる。このために公共的な支援がおこなわれることも多い。

いっぽう、私的財としての情報は、知的所有権制度に支えられた「占有」が特性となる。このような情報は市場のなかで、あるいは商品として「交換」され、あるいは営業秘密として企業のなかに「秘匿」される。

これに対して、クラブ財としての情報は双方の中間的な特性をもつ。情報はクラブ内においては公共財的

に扱われ、クラブ外に対しては私有財的に扱われる。ここでは情報は特定の集団のなかで非市場的な方法で流通し、これによって生産と消費の調整が図られることになる。

学術的著作権について見ると、これは閉鎖的な専門集団のメンバーを読者とするものであり、この点、芸術的な著作物や商業的な著作物のように不特定の多数者を読者とするものではない。

つまり、学術情報はクラブ財的な特性をもつ。それは第1に、学会というクラブ的な組織のなかにあり、第2に、公開性と先取性を同時に尊重し、第3に、非市場的な方法で流通するものである。なお、先取性は占有性の1つの要素である。

クラブ財的な情報と著作権制度とのかかわりをみると、第1に、公開性と非市場的流通という視点では「公正利用」的な権利制限規定と関係し(4.3参照)、第2に、優先性については著作者人格権的な権利と関係する(4.2参照)。学術情報のクラブ財的な特性を支えているものは学会という組織である(3.4参照)。

3.2 集積性

学術情報の第2の特性はその集積性にある。この点、フロー情報を主体とするマス・コミュニケーション情報とは対照的な特性をもっている。

「私がデカルトよりも遠くのほうを見ることができたのは、巨人たちの肩に乗せてもらったからである」というNewtonの言葉は、学術研究における情報の集積性の意味を端的に示している。これを図式化していえば、

$$「Aの業績」 = \Sigma「Aの先行者の業績」 + 「Aの付加した業績」$$

ということになる。これが学術情報の基本的な構造となる。

このような構造をもつ学術情報の評価には2つの視点がある。「Aの業績」つまり「積分型情報」に注目する場合と「Aの付加した業績」つまり「微分型情報」に注目する場合とである。前者は人文系および社会系研究者が好むものであり、後者は理工系および医学系研究者の慣れたものである。

中山茂は、科学革命期に学術情報は教典型(「原典」+「注釈」)から逐次刊行物型へと移行したと説明しているが、教典型と逐次刊行物型とはそれぞれ積分型、微分型に対応するものとしても理解できる[12]。今日では、人文・社会科学の領域を含み、すべての研究業績は微分型として発表されるようになった。なお、微分

型情報はそれ自体はフロー情報ではあるが、引用によって先行者の情報とリンクを付けられる点において集積性を持ち、この点、マス・コミュニケーション情報とは異なる。

付言すれば、人文・社会系と理工・医学系に関する上記の特性は今日でもなお残っている。たとえば、現代においても法学系の雑誌に100ページを超える論文の掲載されることは珍しくないが、理工系の雑誌では、ほとんどの論文が10ページ未満である。

著作権制度とのかかわりを示せば、集積という行為は複製、転載、引用、翻案、編集などの行為と関係する。

3.3 相互参照性

学術情報の第3の特性はそれらが相互に参照されることである。つまり、個々の論文は相互に「引用の連鎖」をなしている。

学術研究においては、論文の価値は先行論文として引用されることによって示される。つまり、引用は学会のメリトクラシーにつながっている[13]。引用に関する指数—例、引用数、インパクト・ファクター—は、SCI(Science Citation Index)のような引用検索用データベースの出現とともに、研究者、学会誌、大学などに対する格付け資料として、研究評価制度のなかに組み込まれている[14]。

引用されるにあたっては、自己の論文が他者によってアクセス・ブラウジング、リンクづけなど—されなければならぬ。このアクセスを求めるためには、まず自己の論文のコピーを広く流通させることが前提となる。これがコピー—無断コピーを含む—を是認する意識を持つように研究者を導いている。

D.Schauder は英語圏の全領域の研究者に対して、文献に関する意識調査を行っている[15]。その結果によれば、エンド・ユーザーによる無料コピーを「よし」とするもの78%、「ある程度までよし」とするもの12%、である。

このような研究者の行為について「研究者はコピーを他者に販売しているのではなく、自己のために利用しているのだ」という外部からの理解(米国地球物理学連合対Texaco事件、米国最高裁判例、少数意見)もある[16]。

以上に示したクラブ財性、集積性、相互参照性は、すべての情報の共有を前提とするものであり、同時に、情報の共有という結果を導くものである。

3.4 学会の役割

学術情報はクラブ財である(3.2参照)。研究者は閉じた集団のなかで「著者すなわち読者」(authors as well as audience)という環境を作っている[17]。つまり、ここでは情報の生産者と消費者はたがいにレシプロカルな関係をもっている。この関係は電子的環境化でさらに強化されるだろう(7.3参照)。

学会はこのような集団を組織し、ここで生産され消費される学術情報の流通を管理している。学会は、その任務を実行するために、営利的な出版社よりも流通に対して強い支配力をもっている。

まず、ここに投稿される論文について発表の可否を決定する権限をもっている。著作権法の用語を用いれば、公表権を保有している。つぎに、その論文について、その表現や内容を、査読によって変更させる権限をもっている。これを著作権の視点から見れば、著者の同一性保持権を奪っている。公表権も同一性保持権も著作者人格権の主要な要素であるので、学会は著作者人格権を大きく抑制していることになる。学会がこのように著作権を実質的に制限できるのは、研究者相互が上記のレシプロカルな関係をもつためである。

なお、伝統的な著作物—例、出版物—は、生産者から消費者へと一方向的に送りこまれるものであった。ここには「著者すなわち読者」というレシプロカルな関係は認められない。当然ながら、在来の著作権制度は、著作物流通の一方向的な関係を反映して、生産者を消費者よりも上位に置いていた。この意味では、学会は黙示的ではあるが行動によって伝統的な制度に異議を申し立てていることになる。

3.5 過剰生産・過少消費

学術研究においては、引用によって業績を評価するというメリトクラシーが支配している(3.3参照)。このために、業績つまり論文数は過剰生産と過少消費のリスクに陥りがちである。

過剰生産については「出版せよ、しからずんば(or)、消滅せよ」という研究者仲間の警句が実態を示している。すでに20世紀なかばに、de Sola Priceは「この3世紀にわたり、科学文献の数は15年で倍増している」と指摘したうえで、「男、女、子供1人とイヌ1匹について科学者2人の割合になる日も近い」と、論文数のさらなる増大を予言していた[18]。

過少消費については、学術情報の過剰生産によって、

電子的環境における学術情報と著作権制度

また、その短寿命化によって必然的に導かれている。

前者については全引用論文中2回以上引用された論文は20%のみであり、うち5-20%は自己引用であるというISI—SCIの発行者—による調査がある[14]。後者については「学術雑誌の50%寿命は、IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)で5.3年、電子情報通信学会で3.9年」という宮代彰一の指摘がある[19]。ついでながら、著作権の保護期間は著作者の死後50年—欧州諸国、米国では死後70年—であるが、これは短寿命論文の多い研究分野においては現実と乖離している。

過剰生産と過少消費のために、現在では「出版せよ、しこうして (and)、消滅せよ」という状態になったという[13]。このような環境下では、研究者は自己の論文が他者によって引用されることを強く期待し、著作権の主張よりも自由コピーによる論文の流通のほうを上位におくようになるだろう(3.3参照)。

3.6 データベースの場合

学術情報にはデータベースという形式もある。データベースをテキスト・データベースとファクト・データベースとに分類すれば、前者は論文の集合体であり、その著作権上の評価については論文と同様に説明できる(テキスト・データベースは広義にはファクト・データベースとして定義できるが、ここではべつものとして理解する)。問題はファクト・データとそれを編集したファクト・データベースの著作権上の評価にある[20]。ファクト・データは著作物ではなく、そのデータベースについても、編集に知的寄与がなければ著作物とはならない。ただし、この種のデータおよびデータベースも学術研究にとっては重要な資源である(以下、ファクト・データベースをデータベースと略称する)。

データベース形式の学術情報は論文形式の場合よりも公開性が大きく、したがって公共財的な特性が強い。ここでの代表的なルールはWDC(World Data Center)のもつオープン・データ・ポリシーである[21]。この機関は1957-58年の国際地球観測年に観測されたデータを共有するために国際学術連合が組織した機関である。そのデータはどの国の組織でも個人—非研究者を含む—でも実費で入手できる。このようなポリシーはこれまでファクト・データベースの全領域—社会科学の領域を含む—において運用されてきた。

4 学術情報の著作物性

学術情報の特性は現行の著作権制度とどうかかわっているのか。ここで、それを検討しよう。

学術情報を著作物として見た場合、それに対する著作権は、他の著作物に対する場合とおなじく、人格的要素と財産的要素とに分けることができる。

4.1 オーサシップ

学術情報における人格的な要素としては「オーサシップ (authorship)」という概念がある。いっぽう、著作権制度においては、「著作者の権利」を 'rights of authors' と呼んでいる。この言葉はベルヌ条約1条のキーワードであり、「著作物使用の各種の形態又は態様に関する著作物の著作権の構成要素の全体」と定義されている[6]。この意味では「著作者の権利」は著作者人格権 (moral rights) と経済権としての著作権 (economic rights) とを含む広義のものである。

International Committee of Medical Journal Editors の「生物医学雑誌投稿に関する統一規定」はオーサシップをつぎの3条件を充たすものと定義している[22]。

- (1) 研究の着想やデザイン、またはデータの分析と解釈。
- (2) 論文の執筆、あるいは原稿内容への重要な知的改訂と修正。
- (3) 出版原稿への最終的な同意。

この条件は 'Lancet' など医学分野のキー・ジャーナルが準拠しているものである。なお、長期にわたり 'New England Journal of Medicine' の編集長であった A.Relman は、これに、

- (4) 実験の実施者。

を付け加えている[23]。

この条件を著作権法の示す定義と比較してみると、(1)、(3) および (4) は著作者の定義には入らない。なぜならば、著作者は著作物の創作者であり、その著作物は「思想および感情の表現」として規定されているからである。この定義にのっとれば、「着想」や「デザイン」は「アイデア」であって「表現」ではなく、また「データ」は「事実」であって「表現」ではない。

なお、(2) の条件にしても、「論文の執筆者」については著作者の定義と重なるものの、「原稿内容への重要な知的改訂と修正」がすべて著作物として認識されるかということについては疑義がある。なぜならば、公有領域にある古典の訓詁や注釈については、テキスト上の表現としては1文字、1フレーズの改訂という場

合もありうるが、そのようなものを現行法は著作物として認識しないからである[24]。テキストの電子化はここにさらなるノイズをもちこむ。

このように見ると、学術情報における「オーサシップ」には、人格的要素は含まれるが、経済的要素は見当たらない。ここに学術的な著作物の特性があるといえる。

4.2 人格権的要素

著作者人格権については、ベルヌ条約は氏名表示権と同一性保持権を定義している。日本法はこのほかに公表権を示している。

まず、同一性保持権について見よう。米国控訴審はTexaco事件(企業内研究における複製事件)の判例において「研究者は雑誌のコピーにアンダラインを引き、書き込みをし、関係論文を切り貼りし、同僚と原稿のドラフトをやり取りし、その結果、原論文や原雑誌の様式をバラバラにしてしまう。これが研究者の創造的な行為の実態である」という文化人類学研究者B.Latourの報告を引用している[16]。とすれば、学会および研究者は同一性保持権についてかなり柔軟な意識をもっていることになる(3.4参照)。

つぎに、氏名表示権について見よう。学術論文においては、引用の連鎖とその信頼性を確保することが重要であるが、このためには氏名表示権の定着が前提となる。ただし、現実には引用をめぐるさまざまな病理的な現象が生じている[25]。さらに、ある学会誌が詐欺的な引用と改変を試みた論文を受理したというスキャンダル—Sokal事件—まで発生している[26]。

このような現象は、これまでの著作人格権の研究者が見逃してきたものである[27]。

4.3 経済的要素

研究者は他者によって引用されることを出版の主要な目的と理解しており、これに比較すれば、自己の論文に関する経済的な見返り—財産権としての著作権—に対する主張は二次的な関心の対象にすぎない(3.3参照)。この点、他の分野の著作者の場合とは大いに異なる。

研究者は自己の論文の発行に当たっては、多くの場合に著作権を学会に譲渡してしまう。これは学会に著作権を譲渡したほうが自己の論文の流通が拡大するためである。

甲斐靖幸は、日本における132学会(理工系)、170学術雑誌の論文投稿規定を調査し、つぎのような結果を

得ている[28]。第1に、著作権についての規定をもつものは128誌、うち著作権の学会への譲渡を規定しているものが108誌、第2に、著者に掲載料を課しているものが33誌、投稿料を求めているものが11誌であった。つまり、ここでは著者は原稿料を取得するのではなく、出版コストを負担していることになる。

なお、Schauderの調査においても同様の傾向が見られ、「著作権の譲渡あり」は50%、「報酬なし」は76%にのぼっている(3.3参照)。

4.4 公正使用

学術情報の特性がクラブ財的であるとすれば、それは複製の自由が認められる公共的な情報と知的所有権の保護を受ける私有財産としての情報との中間に位置することになる。このような情報の流通について、著作権制度は「公正使用」という中間領域を設け、著作者の権利を制限している。

公正使用とは米国法にある概念であり、「批評、解説、ニュース報道、授業、研究、調査等を目的とする著作権のある著作物の公正使用は、著作権侵害とならない」(107条)と規定されている。いっぽう、日本法には公正使用という概念はないが、私的使用のための複製、図書館における複製など、類似の権利制限規定はある(2.3参照)。

W.J.Gordonは、公正使用を市場の失敗と関係づけた論文を発表している[29]。彼女は非市場的な流通プロセスとして公正使用の許される場合をつぎのように示している。

- (1) 情報の取引コストが大きい場合、公正使用を正当化できる。
- (2) 情報の価値に外部性がある場合、情報の受け手はコストの全部を負担する必要はない。つまり、公正使用を正当化できる。
- (3) 著作者に情報の流通について抑止的な動機がある場合、たとえば著作者が批評を恐れてパロディ化を阻止する場合、その公正使用は正当化できる。
- (4) 情報の公開に大きい公共的な利益がある場合、その公正使用は正当化される。
- (5) 情報の公開が著作者に損害を与えない場合、その公正使用は正当化される。

学術情報は非市場的に流通する。ここにGordonの条件を適用すると、つぎのような理解を得ることができらるだろう。

電子的環境における学術情報と著作権制度

- (1) 取引コストの基準に対しては、公正使用を認めることはできない。なぜならば、学術情報はクラブ財として閉鎖的な集団のなかで継続的に交換されるものであり、大きい取引コストを生じるものではないからである。
- (2) 外部性の基準に対しては、公正使用を認めることができる。なぜならば、学術情報は外部性をもつからである。
- (3) 抑止的動機の基準に対しては、公正使用と不要である。なぜならば、学術情報にそもそもこのような動機はありえないためである。ただし、これは公正使用を否認するものではない。
- (4) 公益の基準に対しては、公正使用を認めることができる。なぜならば、学術情報は公共的な利益を主張できるからである。
- (5) 著作者損害の基準に対しては、公正使用を認めることができる。なぜならば、学術情報の公開は著作者に利益を与えるからである。

このように見ると、学術情報において公正使用をよしとする理由は十分にある。

5 学術情報の市場化

20 世紀末にいたり、学術研究は社会のなかへと拡散し、ディシプリナリな方法からトランスディシプリナリな方法へと、研究のスタイルを変化させた[30]。第 1 に、研究の主体は永続的かつ排他的な単一専門集団から流動的かつ開放的な複合専門集団へと移った。第 2 に、研究のテーマは専門領域内で自律的に選ばれるものから社会において現実的な応用を求められるものへと移った。第 3 に、研究評価の方法は同一分野における同僚評価から社会的な評価—費用対効果、市場競争力—へと移った。このような傾向は学術情報の特性に影響を及ぼしている。それは学術情報の市場化という現象として現れている[31]。

学術情報の市場化は、第 1 に公共部門の市場化によって、第 2 に企業の学術領域への参入によって、進行している。

5.1 公共部門の商用化

学術研究はそもそも非市場的な活動であり、したがってその多くは公共領域で流通している[32]。これを正当化する論理は少なくない[33]。たとえば、ゲノム情報はデータ量が巨大なために、2 つ目のデータ

ベースを作ることは資金的に困難であり、また、星の位置データは経時的であるために、2 つ目のデータベースを作ることは物理的に不可能である。このようなデータベースは市場化すべきではないという強い意見がある[34]。

多くの国では、公共部門における学術情報流通については、法律または慣行にしたがっている。前者の場合には、特別法によるものがほとんどであり、著作権法を参照する場合はない[35]。

ただし、20 世紀末にいたり、多くの政府は財政悪化におちいり、公共的な支援をせよに削減するようになった。この影響は、現実には情報生産をする公共的機関の民営化、これにともなう公共的データベースの有償化という形で進行している。

WMO(World Meteorological Organization)—WDC の母体—は、90 年代になってオープン・データ・ポリシーを取りやめ、気象データの有償化を提案した。その後、欧州諸国、カナダ、日本では気象データの有償化が実施されている。公共的データベースの有償化は、このほかに相次いで増大しつつある[21][36]。

データベースの有償化を図るためには、その知的所有権を確保することが望ましい。しかし、現実には、気象データベースのように単純な構成をもつデータベースに対して、それを保護する制度のないことが問題となった。既存の制度においては、単純な編成のデータベースには著作権は認められないとされていた。なぜならば、そこに製作者の知的寄与は認められないためである(3.6 参照)。

ここに、なんらかの保護制度を求めたい。このような要求に応じて、欧州連合は 1996 年に「データベースに関する特別な権利」を制定した[37][38]。これはデータベースに投資をしたものに著作権類似の権利を与えるという制度であり、ドイツと英国は著作隣接権と再定義して制度化した。WIPO はおなじルールの国際化を目指して 1996 年にデータベース条約案を提案している。

5.2 企業の参入

学術分野においては、過剰生産・過少消費という現象が生じている(3.5 参照)。この生産と消費とのあいだの不均衡を調整することは、これまでは学会が慣行として実行してきた。しかし、私的分野の事業者がここに事業機会を見つけて参入する例がしだいに増えつつある。これらの事業者は、情報の管理システムを

整備し、これによって過剰生産と過少消費のバランスをとるサービスを新しいビジネスとして事業化している[39]。

すでに1930年代、UMIがマイクロ写真ベースのライセンスト・デマンド・パブリシャ事業を開始している。70年代には、SDCがオンライン・データベース・サービスに参入し、80年代にはSTN Internationalのような世界規模をもつサービスも出現した。さらに80年代以降、多数の企業がCD-ROMベースによる検索サービスを試行し、あるいは事業化している。とくに、データベースの特徴を生かしたサービスとしてSCIの引用索引データベースがある。これらは、あるいは単独で、あるいは図書館の協力して、新しい市場を開発している。ここに企業による学術情報の市場化がある[40]。

学術情報の市場化は、市場の狭さのためもあり、その寡占化を導いている。たとえば、90年代になり、大手出版社のReed社とElsevier社は合併し、さらに、そのReed-Elsevier社はWolter Kluwer社と合併を試みたりしている。

なお、市場が狭くかつ寡占であるために、学会誌の価格は年々上昇し、このために購入者は減少し、これがさらに価格の値上げを招くという悪循環をもたらしている。これは図書館では所蔵数の削減すなわち「シリアル・クライシス」として現れている[41]。

このような環境のなかで、出版社は学術情報に関する知的所有権を強く主張するようになった。したがって、研究者の公正使用という特権についても、その抑制を求めようになった。Texaco事件に対する米国判例は「研究目的であっても企業内研究者による photocopyには公正使用を適用しない」という判断を示している[16]。

5.3 学会の変質

企業の学術領域への参入と並行して、学会による学術情報の事業化も出現している。たとえば、ACS(American Chemical Society)はすでに70年代より商用的なデータベース・サービスをしている。90年代に入り、多くの学会は学術情報の電子化を開始し、その事業化を試みるようになった。大規模な学会はすでに市場として十分な大きさをもっている。たとえばACM(Association for Computing Machinery)の会員数は8万、IEEEの会員数は8.5万であり、しかも国際的にメンバーを組織している。

多くの学会は学術情報の著作権の経済的要素につ

いて関心をもち、会員の著作権を集中管理するようになった。これによって出版の電子化を実現しようという意図である(6.4参照)。

このような環境のもとで、学会誌の集中管理システムが稼働している。米国ではすでに1977年からCCC(Copyright Clearing Center)が学会誌の photocopyの管理についても活動をはじめている[42]。日本でも、おなじ目的をもつ学協会著作権協議会が1990年に設立されている[43]。

学会誌の出版は学会自体が行う場合と営利出版社が行う場合とがあり、双方は競合かつ協力の関係にある。ただし、どちらも学会誌の電子化に対しては慎重である。それは学会誌の発行数が電子化によって減少するであろうと予想されるためである[44]。この意味では、コピーを管理するという学会の政策がコピーの自由化を望む研究者の意識と対立する場合も出現してきた[45]。この傾向は人格権的な要素を尊重するという学会本来の目的に変更をもたらすものである。

なお、林紘一郎は著作者人格権から経済権を分離し、後者を契約によって放棄できるような制度を提案している[46]。これは研究者の発想と見合う提案である。

5.4 図書館の変質

図書館は学術情報と大きな関わりをもっている。これは学術研究が必要とする情報の集積性(3.2参照)と、相互引用性(3.3参照)とについて、図書館はそれを支援する機能をもっているためである。

図書館には、学術研究を支援する大学や研究所等の図書館と、市民の知る権利を保障する公共図書館等がある。国会図書館は双方の中間にあると考えてよい(ただし著作権法施行令第1条の3を参照)。いっぽう、公共的な図書館については、サービス無料の原則が法律または慣行によって認められてきた。学術研究についても、ほぼこの原則が通されてきた。

図書館は学術支援および市民サービスというような公共的な機能をもつために、著作権上、大きい特権—公正使用—を認められてきた。著作権法は、これらの特権の付与にあたり、その図書館を学術用であるか市民用であるかによって区別してない。

もともと、図書館のサービスは出版界の営利的活動と競合する要因をもっていた。図書館サービスの電子化はこの競合の程度を強めるものと予想されている[47]。なぜならば、ユーザーから見た場合、電子図書館へのオンライン・アクセスは商用データベース・サー

電子的環境における学術情報と著作権制度

ビスにおけるそれとまったく区別できないからである。このために、図書館サービスは民間事業者を圧迫する潜在的な可能性をもっている。

このような問題を受けて、米国では公正使用条項の見直しが議論されている[48]。CONFU(Conference ON Fair Use)は、電子図書館における公正使用について「参加者は、参加者のあいだに一致した結論がない、という結論で一致した」と報告している[49]。日本では公共図書館の無料原則の廃止が検討されている[50]。British Libraryはすでに有償のコピー配付サービスを営利的出版社と共同して実施している[51]。

6 学術情報の電子化

学術情報の電子化は2つの流れを作りつつある。第1は市場化への移行であり(5参照)、第2はクラブ化の維持である(3参照)。後者はDTPやWWWなど低コストの出版技術の実用化により可能になった。

6.1 著作権表示

市場化の環境のもと、学会は電子的環境化における著作権管理ルールを制定するようになってきている。たとえば、ACMは著作権表示について、つぎのようなルールを示している[52]。

- (1) 個人的、授業目的のためのコピーは、部分的であれ全体的であれ、またハード・コピーであれデジタル・コピーであれ、無償で認められる。
- (2) そのコピーが、営利のため、または商業的な優位性保持のために、作成や配付される場合には、(1)を認めない。
- (3) そのコピーについて、その1ページ目にこの著作権表示を付し、それが全文引用であることが、(1)を認める条件となる。

人文系においても学会や出版社の示す規定はほぼ同様である[53]。なお、日本文学の資料については、慣行的に、著作権とはべつに所有者の権利というものが、これが複製に対して強い支配力をもっている[54]。

6.2 著作権制度へのオーバーライド

ネットワーク環境の出現によって、権利者はコピーを売ることもアクセスを売ることに関心をもつようになった。そこで権利者(出版社、学会も)は契約法とコピー保護技術によってアクセスを管理するよ

うになった[55]。

たとえば、International Publishers Copyright Councilは、契約について「コピーをコントロールするのではなく、アクセスをコントロールせよ」と示し、さらに技術について「機械に対する回答は機械にさせよ」と主張している[56]。いずれも学術情報の流通にとっては、望ましくない傾向である。

これに対して著作権制度への「私的立法」によるオーバーライドであるという批判がある[33][57]。このような動向によって、著作権制度が長い時間をかけて組み立ててきた権利行使と権利制限とのあいだのトレードオフは無視されるようになった。

6.3 オンライン・ジャーナル

低コストの出版技術の実用化は研究者に自律的な出版活動を実現することを可能にした。これがオンライン・ジャーナルである。Los Alamos National LaboratoryのP.Ginspargは、1991年に自分のサーバーを使って、物理学領域で'e-print archives'というプレプリントの配付をはじめた[58]。このメディアは成功し、さらに数学、経済学、言語学の分野へと拡大している。

学会が組織化したオンライン・ジャーナルのうち、代表的なものに米国天文学会の'e-API'がある[59]。これは'Astrophysical Journal'のオンライン版であり、ここにはURN(Universe Resource Name)―URLの類似技術―というリンク装置を組みこみ、この仕組みによって電子的自動サイテーション・サービスができる。つまり、あらかじめコピーを作りやすいように編集してある。さらに、英国、欧州、オーストラリア、日本にミラー・サイトを設けている。つまり、あらかじめコピーを作り分散配置している。

このようなメディアは研究者のエートスに、つまり研究者の著作権に対する理解(4参照)に合致するものである。したがって、近未来の著作権制度においても、研究領域においては、今日とおなじく、引用を無条件に認めるような、つまり自由なリンクを許すような条項が求められるだろう。ACMはリンクは「組みこみ」(著作権法にいう「二次的利用」)ではなく「引用」としてと解釈している[52]。

6.4 学会誌の電子化

先進的な学会は学会誌の電子化について具体的な行動をはじめた。その一つにACMがある[52]。この学会はつぎのような暫定的なイメージを設定している。

第1期に、ドキュメントのデジタル化を図り、これによりインターネット環境に適応する。第2期に、デジタル図書館サービス、著作物の品質保証および著作権管理を実現する。

このためにつぎのような原則を掲げている。第1に刊行物の品質を維持する、第2に著作物のバージョンを確定する、第3に著作物の利用ルールを制定する、第4に著作物の権利を保護する、第5にデジタル図書館サービスを高度化する。

ACMを含む情報処理関係の学会—情報処理学会、IEEEなど—は、共同してインター・ソサエティ・パブリケーション・データベースを作成する構想をもっている[60]。

このような共同システムとしては学術情報センターがすでに稼働しているNACSIS-ELSがある。ここでは日本の学会誌を対象にして、97年より電子図書館サービスを運用している。99年の課金開始時点において、参加学会71、文献数16.7万、ページ数85.7万である[61]。

7 研究者の意識

7.1 社会・人文系 対 理工・医学系

著作権に対する研究者の意識は、領域別に大きく異なる。これは各学会の学協会著作権協議会への加入状況から推測することができる。学協会著作権協議会は学会より photocopy に関する著作権の委託を受けて複写料金の配分をしている機関である。

学会がここに著作権を委託するためには、すでにその学会が著作権を集中管理していることが前提となる。この視点でみると、著作権を集中管理している学会は、1997年において、人文、社会科学系においては、学会数で1.0%、会員数で2.7%、出版物のページ数で2.2%にすぎない。いっぽう、これを理工学、医学系で見ると、おなじ時点で、それぞれ、34.2%、44.2%、53.4%に達する[62]。ここに研究者の著作権に関する意識を領域別にみることができる。

注意すべきは、この数値が低い場合に2つの解釈がありうることである。第1は研究者が著作権に対する関心を持たない場合であり、第2は研究者が著作権をみずから管理しようという意識をもつ場合である。後者はとくに法学研究者のあいだに強い。

7.2 理工、医学系の意識

理工系研究者の意識は情報共有をよしとするもの

である。したがってかれらの著作権や類似の権利に対する関心はネガティブなものである。この反著作権的な発想は、まず世界データ・センターの有償化政策に対する抗議として表明され[63]、ついでデータベース条約案の提案を機に研究者のあいだに広がっている(5.1参照)。

まず、米国のNAS(National Academy of Science)、NAE(National Academy of Engineering)、IOM(Institute of Medicine)はデータベース条約案に反対して「データの使用について公正使用を認めよ」と主張している[64]。国際組織のICSU(International Council of Scientific Unions)も反対している[65]。

さらに、理学系のCODATA 米国支部は、第1にパブリック・ドメインを設定せよ、第2に科学目的のアクセスを公正使用にせよ、第3に保護範囲を限定せよ、第4に公共的データベースの独占を禁止せよ、と主張している[21]。日本学術会議情報学連絡委員会も同様の声明を発表している[66]。

いっぽう、工学系の研究者は微妙に違う意識を持っている。たとえば、ACMはただ乗りの行為は禁止すべきではあるが、それは法的な方法ではなく、技術的な方法によって抑止せよと主張している。つまり、データベースの保護は必要であるが、その方法が問題である、という意見である[67]。

7.3 インターネット・コミュニティの意識

現在、全領域の研究者にとってインターネットは不可欠なユーティリティになっている。このインターネットは研究者が開発したものであり、そのシステムには研究者の意識が強く組みこまれている。それは情報共有の理念である(3.3参照)。インターネットのうえには、電子メール、匿名FTP、Telnet、WWWなどのアプリケーションが開発されているが、いずれも情報共有のユーティリティである[68]。

このような環境は、さらにそのユーザーに情報共有の理念を刷りこむことになるだろう。伝統的な環境にあっては、出版と個人的なコミュニケーションをはっきり区別できたが、電子的環境のなかではこの区別はあいまいになる。たとえば、メーリング・リストの環境においては「著者すなわち読者」関係は強化される[20]。こうして、インターネット上では情報共有の理念が強調されているが、この傾向はさらに拡大されるだろう。

ソフトウェア技術者のR.Stallmanは「コンピュータ

電子的環境における学術情報と著作権制度

へのアクセスは無制限かつ全面的でなければならない」と主張し、この理念を著作権に応用し、それを「コピーレフト」という概念にまとめている。それは「すべての他者に著作物の再使用と複製とを許諾する著作権表示」として定義されるものである[69]。

コピーレフトの理念はインターネット・コミュニティにおいて一定の影響をもつようになった。たとえば、インターネット協会は「インターネット標準プロセス」という文書において、「(技術標準に関する)寄与が著作権である場合には、寄与者は、…、制限のない、永続する、非排他的な、世界規模の権利とライセンスを、その寄与が含むすべての著作権について、ISOC(Internet SOCIety)とIETF(Internet Engineering Task Force)に認めること」という規範を示している[70]。

これは知的所有権を技術標準よりも優位におく市場主導型の制度—TRIPS(Trade Related aspects of Intellectual Property rights)—とは対立するものである。ここで「インターネット標準プロセス」を「学術情報流通プロセス」と読み替えれば、学術情報の特性を端的に示すことができる[71]。つまり、学術研究の慣行とインターネット・コミュニティとのあいだには強い関係があるということになる。

8 まとめ

研究者の分野には、情報共有という理念が存在している。これは市場のなかで情報の私有化を保障する著作権制度とは食い違う機能をもっている。情報共有の理念は、20世紀末の学術研究においては、市場原理の侵入とこれを支援する電子化技術の普及によって抑制されようとしている。これは研究者に市場主導型の著作権意識を刷りこむことになる。

いっぽう、インターネットに組みこまれた情報共有のためのユーティリティ群は、ここで仕事をする研究者に対して、著作権よりも情報共有の理念を上位に置くように仕向けるだろう。

倉田敬子他は、学会がとりうる著作権政策として、つぎの3つの選択肢があると指摘している[72]。

- (1) 学術情報をすべて公的領域に置く。
- (2) 学術情報の流通を市場原理に委せる。
- (3) 学術情報に対して独自の制度を設ける。

倉田はこの選択を学会に委せており、明確な結論を示していない。だが、本報告の著者は、つぎのように考える。

まず、学会は選択(2)の政策をとらざるをえないだろ

う。なぜならば、現在、市場原理が全世界的に強化されており、学会はそのなかに巻きこまれざるをえないからである。この傾向は、「インターネット標準プロセス」の旧バージョン(RFC1602)と新バージョン(RFC2026)とを比較すれば理解できる。

にもかかわらず、現実には選択(1)の政策もデファクト標準として一定の位置を占めるだろう。なぜならば、学会の意図とは無関係に、研究者は現実の研究環境のなかで選択(1)をとらざるをえないからである。著作権の共有に関する政策は、選択(1)より選択(2)において弱くなっている。なお、選択(3)についてだが、市場原理に巻きこまれる学会はそれを選ぶことはできないはずである。

選択(2)と選択(1)という相反する2つの流れのなかで、21世紀初頭における学会の著作権政策は、そして研究者の著作権意識は、ともに不安定なものとなるだろう。

参考文献

- [1] 吉岡斉,「科学研究システムの構造」,『科学革命の政治学 科学からみた現代史』,中央公論社,1987, pp.109-130.
- [2] たとえば、梅棹忠夫「研究業績の評価について」,『情報管理論』,岩波書店,1990, pp.81-99を参照。
- [3] 本報告は著者がすでに発表した試論、名和小太郎「学術的情報と著作権制度の調和と不調和」,CICSJ Bulletin, Vol.12, No.3, pp.2-6, 1994 / 名和小太郎「学術情報の電子化と著作権」,コピーライト, No.440, pp.2-12, 1997 / 名和小太郎「公共的アプリケーションの著作権」,情報管理, Vol.40, No.12, pp.1120-1130, 1998 を大幅に拡張したものである。
- [4] 黄地吉隆,『国際的著作権保護システム概論』,文化庁,1998.
- [5] 名和小太郎,「多元化する著作権制度」,映像情報メディア学会誌, Vol.53, No.1, pp.77-80, 1999.
- [6] ベルヌ条約の歴史的变化については Wilhelm Nordemann, Kai Vinck and Paul W.Hertin “International Copyright and Neighboring Rights Law - Commentary with Special Emphasis on the European Community”, VCH, 1990 を、その内容の解説についてはクロード・マズイエ(黒川徳太郎訳)『ベルヌ条約逐条解説』,著作権資料協会,1979および著作権資料協会訳・発行『WIPO

- 著作権・隣接権用語辞典－英・仏・和対訳』, 1986
を参照。
- [7] 塚越建太郎訳『ベルヌ条約創設会議の記録』, 著作権情報センター, 1995.
- [8] 文化庁国際著作権室「WIPO 新条約について」, コピライト, No.430, pp.2-24, 1997.
- [9] 日本法については、たとえば 加戸守行『著作権逐条解説』, 著作権資料協会, 1988 を参照。
- [10] 米国法については、たとえば アラン・ラットマン, ロバート・ゴーマン, ジェーン・ギンスバーグ(中山信弘監修)『1990年代・米国著作権法詳解』, 信山社出版, 1991 を参照。
- [11] 宮沢健一, 「情報・不確実性と知的所有権制度」, 『制度と情報の経済学』, 有斐閣, 1988, pp.119-141.
- [12] 中山茂, 「近代社会の成立と雑誌・学会」, 『歴史としての学問』, 中央公論社, 1974, pp.109-160.
- [13] 山崎茂明, 『生命科学論文投稿ガイド』, 中外医学社, 1996.
- [14] SCI については窪田輝蔵『科学を計る－ガーフィールドとインパクト・ファクター』, インターメディカル, 1996 を参照。
- [15] ドン・ショウダー(福島勲他訳)「専門論文の電子出版: 大学研究者の態度と学術情報流通産業に対する意味」, 情報管理, Vol.38, No.1, pp.33-44 : Vol.38, No.2, pp.137-148 : Vol.38, No.3, pp.233-245, 1995.
- [16] American Geophysical Union v. Texaco, 37 F.3d 881 (2nd Cir., 1994). 名和小太郎「学術出版社の集団訴訟」, 『雲を盗む 法廷に立たされた現代技術』, 朝日新聞社, 1995, pp.233-242 に要旨を引用。
- [17] Brian Kahin “Scholarly Communication in the Networked Environment : Issues of Principle, Policy, and Practice”, Robin P.PEEK and Gregory B.Newby (ed) “*Scholarly Publishing - The Electronic Frontier*”, MIT Press, 1996, pp.277-298 に収録。
- [18] D・ド・ソラ・ブライス(島尾永康訳)『リトルサイエンス・ビッグサイエンス－科学の科学・科学情報』, 創元社, 1970.
- [19] 宮代彰一, 「科学技術文献の実効寿命」, 情報管理, Vol.39, No.11, pp.866-879, 1997.
- [20] 小野寺夏生, 「ファクトデータベースの著作権」, 科学技術振興事業団編・発行『情報社会の知的所有権』, pp.18-28, 1998.
- [21] U.S.National Committee for CODATA and National Resaerch Council “Bits of Power - Issues in Global Access to Scientific Data”, National Academy Press, 1997.
- [22] 国際医学雑誌編集委員会(茂木富美子他訳), 「生物医学雑誌投稿に関する一般規定」, あいみっく, Vol.12, No.3, pp.16-25, 1991.
- [23] Barbara J.Culliton “Authorship, Data Ownership Examined”, *Science*, Vol.242, pp.658, 1988 に引用。
- [24] 安永尚志, 「国文学研究資料、情報、データベースの知的財産権に関わる諸問題」, 重点領域研究「人文科学とコンピュータ」テキスト処理班 1997 年度研究成果報告書, 1998, pp.5-12.
- [25] Terrence A.Brooks “Private Acts and Public Objects : An Investigation of Citer Motivations”, *Journal of the American Society for Information Science*, Vol.36, No.4, pp.223-229, 1985.
- [26] The Science Wars Monitor International “The Science Wars Homepage”, <http://members.tripod.com/~ScienceWars/>
- [27] 著作者人格権については、森村進が「著作者の権利－過保護の権利」, 『財産権の理論』, 弘文堂, pp.166-183, 1995 において鋭い批評を試みているが、ここにも学術情報の引用についての言及はない。
- [28] 甲斐靖幸, 「国内学協会誌の投稿規定調査報告」, 情報管理, Vol.38, No.3, pp.207-221 : Vol.38, No.4, pp.338-352, 1995.
- [29] Wendy J.Gordon “Fair Use as Market Failure : A Structural and Economic Analysis of the Betamax Case and its Predecessors”, *Columbia Law Review*, Vol.82, pp.1600-1658, 1982.
- [30] マイケル・ギボンズ編・著(小林信一訳)『現代社会と知の創造－モード論とは何か』, 丸善, 1997.
- [31] 経済団体連合会『戦略的な産業技術政策の確立に向けて』, 1998.
- [32] たとえば Andrea Orsi Battablina and Cosimo M.Mazoni (ed) “Scientific Research in the U.S.A. - Scientific Freedom, State Intervention and the Free Market”, Nomos, 1993 を参照。

電子的環境における学術情報と著作権制度

- [33] パメラ・サミュエルソン(知的財産研究所訳)『情報化社会と著作権の役割』, 信山社, 1998.
- [34] AAAS, AAAI, AMS, ASA, ACM, CRA, SIAM, IEEE “Letters to Senate Judiciary Committee”, Sep.14, 1998. <http://www.acm.org/usacm/presidents-letter-998.html>.
- [35] 科学技術庁研究開発局(三菱総合研究所委託)による調査(1998)。
- [36] 名和小太郎, 「軍民転換にゆれるリモート・センシング」『気象台のストラクチャリング』『雲を盗むー法廷に立たされた現代技術』, 朝日新聞社, 1995, pp.192-202 : pp.203-209. 前者はNASAに関する解説、後者は WDC に関する解説。
- [37] 吉田正夫, 「データベースの法的保護の最新動向」, 科学技術振興事業団編・発行『情報社会の知的所有権』, pp.78-83, 1998.
- [38] 苗村憲司, 「データベースの新たな保護制度」, 情報の科学と技術, Vol.48, No.8, pp.460-466, 1998.
- [39] 横井信, 「医学出版の電子化の現況、課題、将来像」, 第16回医療情報学連合大会資料, 1996.
- [40] たとえば 小山内正明, 「電子ジャーナルと学術出版の未来」, 情報の科学と技術, Vol.46, No.7, pp.390-396, 1996 を参照。
- [41] 木沢淳子, 「SPARC の挑戦」, 科学技術文献サービス, No.117, pp.30-31, 1998.
- [42] CCC “Frequency Asked Questions about CCC’s Academic Permissions Service”, <http://www.copyright.com/vtbin/shtml.dll/Help/APSFAQ.html/>.
- [43] 学協会著作権協議会『著作権の集中と学協会』, 1996.
- [44] 神森大彦, 「電子利用の著作権問題検討委員会報告書ー電子図書館システムの現状と問題点」, 学協会著作権協議会, 1998.
- [45] Ronald E.LaPorte and Bernard Hibbitts “Rights, Wrongs and Journals in the Age of Cyberspace”, <http://www.pitt.edu/~debaaron/papers/beatles.html>. 1997.
- [46] 林紘一郎, 「『デジタル創作権』の構想・序説」, 未発表。著作者人格権と経済権をアンバンドリングせよという意見は多いが、林の意見は後者を放棄可能にせよという点で特徴的である。在来のアンバンドリング論はすべて前者を凍結せよというものである。
- [47] 名和小太郎, 「電子図書館:著作権をめぐる2つの選択 公共性の維持か、市場への参入か」, 大学図書館研究, No.52, pp.20-24, 1997.
- [48] Lisa Freeman “The University Press in the Electronic Future”, Robin P.Peek and Gregory B.Newby (ed) “*Scholarly Publishing - The Electronic Frontier*”, MIT Press, pp.147-163, 1996 に収録。
- [49] Bruce A.Lehman “Report to the Commissioner on the Conclusion of the First Phase of the Conference on Fair Use”, <http://www.uspto.gov/web/offices/dcom/olia/confu/conclu1.html>.
- [50] 生涯学習審議会図書館専門委員会『図書館の情報化の必要性とその推進方策についてー地域の情報化推進拠点として』, 1998.
- [51] BLDSC “DSC home”, <http://portico.bl.uk/services/bsds/dsc/overview.html>.
- [52] ACM “ACM Interim Copyright Policy (Ver.2)”, 1995.
- [53] 長瀬真理, 「研究用データベースの著作権と流通慣行」, 人文学と情報処理, No.5, pp.20-26, 1994.
- [54] 安永尚志氏(国文学資料館)より聴取。
- [55] Wulf D.von Lucius “Coherence and Continuity - Necessities for an Efficient Protection of Intellectual Creation in the Electronic Environment”, IPA “*The Publisher in the Changing Markets*”, 1998, pp25-31.
- [56] International Publishers Copyright Council “The Publisher in the Electronic World”, 1994.
- [57] Paul Goldstein “Balance between Protection and Exploitation of Information”, ソフトウェア情報センター『第6回国際シンポジウム議事録』, 1998, pp.227-229 に収録。
- [58] Paul Ginsparg “First Steps towards Electronic Research Communication”, *Computer in Physics*, Vol.8, No.4, pp.390-396, 1994.
- [59] たとえば, <http://xxx.yukawa.kyoto-u.ac.jp> を参照。
- [60] ACM “A White Papers on an Inter-Society Publications Database”, 1997
- [61] 学術情報センター資料。
- [62] 学協会著作権協議会資料。
- [63] Panel on World Data Centres “On the Commercialization of Geophysical Data”, 1994.

- [64] NAS, NAE and IOM “Letters to Secretary of Commerce”, Oct.9, 1996.
- [65] ICSU/CODATA “Responses to Analytical Table of Questions at W.I.P.O.Information Meeting on Intellectual Property in Database”, 1997.
- [66] 日本学術会議情報学連絡委員会, 「データベースに関して新たに提案されている知的所有権について」, 1998.
- [67] ACM “Letters to House Judiciary Subcommittee on Courts and Intellectual Property”, Mar.5 1998.
<http://www.acm.or/usacm/copyright/usacm-letter-hr2652.html>.
- [68] 名和小太郎, 「脱著作権論」『サイバースペースの著作権』, 中央公論社, 1996, pp.157-170.
- [69] Free Software Foundation “GNU General License”, 1991. 土屋俊「情報はだれのものか」, 市川浩他編『交換と所有』, 岩波書店, 1990, pp.197-258に翻訳を収録。
- [70] S.Bradner “The Internet Standards Process”, RFC 2026. 1996. 旧バージョンのRFC1602, 1994のほうが、公有の理念をよりはっきりと示していた。
- [71] 八幡勝也氏(産業医科大学)の示唆による。
- [72] 慶応義塾大学図書館・情報学科『電子情報環境下における学術情報流通と著作権』, 慶応義塾大学学事振興資金研究報告書, 1998.

研究論文

Extraction of Medical Knowledge from Japanese Text

Teruyoshi HISHIKI

University of Tokyo

Jun-ichi TSUJII

Graduate School of Science, University of Tokyo

Kazuhiko OHE

Graduate School of Medicine, University of Tokyo

ABSTRACT

With the increase in knowledge-based medical computer programs, automatic extraction of medical knowledge from natural language sources would be necessary. We studied the Japanese medical resources to find out the literal and syntactic patterns where the relationship between symptoms and their relevant body parts is represented. We initially assumed that the patterns can be classified in three ways. We evaluated our hypothesis by examining the sentences in the sections for *clinical manifestations* of infectious diseases from Japanese electronic medical textbook. Our experiments have shown 66% recall and 92% precision by using these three patterns only. Though our method is based on a simple technique, we think that our method would be useful to acquire various knowledge from Japanese medical textbooks in the future.

[Keywords] Natural Language Processing, Information Extraction

1 Introduction

Several researchers point out that computer programs can help to increase the integrity of care [1]. For this reason, computer programs that support human decision-making are increasingly used in various clinical information systems. For example, there are systems that alert human users when the values of laboratory tests are abnormal or when therapeutic agents are used improperly.

Various medical knowledge is needed to build such programs; *alert systems*, for example, must have the knowledge about the normal ranges of the laboratory test values. Checking medical records would require various other information; for example, the description of a symptom should be composed of the onset time, duration, intermittence, the changes in the severity, the symptom name, and the attributes of the symptoms such as relevant body parts, the disease in background, et. etc. However, acquisition of huge amount of knowledge would cause the delay of development and also the rise of the cost. Medical AI researchers have been aware of the problem. For example, Miller [2] points out that "[t]he problem of

keeping a computerized knowledge base 'up to date' is probably as difficult for the developers of a computer program as it is for individual medical practitioners trying to keep abreast of the rapidly evolving field of medicine". To help the situation, we believe that automatic or semi-automatic acquisition of medical knowledge is necessary.

Techniques based on Natural Language Processing (NLP) would be among the important methods of automatic knowledge acquisition, because many information sources are in the form of text. From a practical point of view, we are more interested in simpler and shallower NLP.

In this paper, we first define the terms, "*word class*" and "*word class patterns*", as a representation of word patterns that convey specific relationships among concepts. Then, we study some *word class patterns* for the relationship between symptoms and body parts. Lastly, we evaluate the *word class patterns* using real examples of sentences from a Japanese textbook of internal medicine.

2 Related Studies

One of the fields in NLP where the task is to extract only the interesting part of a sentence or a document is called *information extraction* [3,4]. In the medical domain, Sager et al. [5], in a project called Linguistic String Project, processed discharge summaries written by physicians when their patients are discharged, and tried to extract useful information from them. They cite an application of the system that processed discharge summaries for patients with asthma and then extracted symptoms, procedures, administered therapeutics, etc.; the extraction of these types of terms is the first step of the audit of patient records, but it could have been a labor-extensive work if it had been done manually. They evaluated the performances of the extraction and concluded that it can be used for the audit of discharge summaries. Their studies are based on the "sublanguage" theory [6] that there are additional constraints, other than grammatical rules of a language, on the sentences that are acceptable to a discipline such as medicine. Studies on sublanguage have clarified that there are some statement types that correspond to specific types of information in the discipline, and a statement type has some "information formats" which are patterns of word-class co-occurrence in syntactic relationship. Therefore, to extract information would be to find out its specific format in a sentence. They defined more than 39 medical lexical classes (medical classes) grouped into seven areas (patient, test / exam, time, result, evidential, and connective); each class roughly corresponds to an information format [5].

Maks et al. developed a system to extract information about surgical interventions from Dutch medical records in neurosurgery [7]. The system first detects tokens registered in medical dictionaries and identify noun phrases. Then, it identifies the syntactic relationship among them. Lastly, it organizes the medical concepts based on the idea that the relationship between medical concepts can be mapped to specific syntactic relationships among phrases.

Some issues still need to be further addressed. Firstly, though there have been researches to extract clinical information from sentences in medical records in the application of NLP to medical information pro-

cessing, few have been aimed for automatic knowledge acquisition from medical textbooks. Secondly, in the field of Japanese NLP, there are few researches to extract information from medical documents. Nishimura et al. [8] reported a description of a system to extract information about the therapeutics administered to patients from discharge summaries in cardiology, but they did not report any quantitative result of their system. Finally, the characteristics of Japanese medical documents has not been clarified yet compared to those of English.

3 Definitions of *Word Class* and *Word Class Pattern*

Though 'word class' can be defined in several different ways, we define it as any kind of attribute of a word such as the part of speech and conceptual categories (diseases, symptoms, body parts, etc.) throughout this paper. We call the patterns of word classes as "*word class patterns*".

For example, a *word class pattern* consisting of three consecutive words can be represented as;

$$C_1 C_2 C_3,$$

where C_1 , C_2 , and C_3 are *word classes*.

For example, if C_1 , C_2 , and C_3 are "the body part (**Bp**)", "the postposition (**Postp**)", and "the symptom (**Symp**)", respectively, the *word class pattern* is represented as:

$$\mathbf{Bp Postp Symp.}$$

We make some explanations about the postposition as it does not appear in English. The postposition is one of the Japanese part-of-speech that follows a noun, and marks the function of the noun phrase. For example, a noun followed by the postposition "が (*ga*)" means that it is the subject in a sentence. A noun followed by "を (*wo*)" means an object of a verb. A noun followed by "に (*ni*)" is a complement or an indirect object of a verb. It can have the functions of the time, goal, place, direction, etc, depending on the noun and the verb it is related to. For example, "A が (*ga*) B に (*ni*) 見られる (*mi-rareru*, is observed)" means "A is observed in B". Similarly, "A を (*wo*) B に (*ni*) 見る (*mi-ru*, observe)" means "[One] observes A in B". Because the order of the object, subject and adverbs can be arbitrary in Japa-

nese, the latter example also can be stated as "B に A を見る". The postposition "の (*no*)" is used differently, and connects two nouns. The preceding noun modifies the following one. Therefore, the word pattern of "B の A" can roughly mean "A of B", "A belonging to B", "A in B", "A on B", "A by B", etc.

In our definition of *word class pattern*, the noun words with the same *word class* listed using commas or connective postpositions such as "と (*to*)", "や (*ya*)", and "・" (all meaning "and") are grouped together and represented as one *word class*, for simplicity. For example, when the expression is " W_1 と W_2 " and both words belong to the same *word class* C_1 , e.g. **Symp**, the whole expression is represented by C_1 , not $C_1 C_1$. Therefore, the phrase "痛み (*ita-mi*, pain) と (*to*, and) めまい (*memai*, vertigo)" is represented as "**Symp**", not "**Symp Symp**".

4 Methods

4.1 A Hypothesis about the Representation of the Relationship between Symptoms and the Body Parts using *Word Class Pattern*

There are two types of representation of the relationship between symptoms and the body parts in Japanese. One is a literal containing both concepts (for example, "腹痛", meaning stomachache), but we do not focus on this type of representation here; this type of representation could be analyzed by simple match with dictionary entries. The other is a phrase where both concepts are independently represented as a literal. For example, symptoms might be represented as "痛み (*ita-mi*, the pain)", and "灼熱感 (*shaku-netsu-kan*, the burning sensation)", etc.; in the same manner, body parts might be represented as "腹部 (*fuku-bu*, the abdomen)" and "上腕 (*joo-wan*, the forearm)", et. etc. In the latter case, some expressions should be put between them. We assume that the relationship has the latter representation. Then, the hypothesis is that the relationship between symptoms and their relevant body part is represented in simple *word class patterns* in Japanese. We selected three types of *word class pattern* as the candidates for the representation of the relationship between symptoms and body parts.

The first *word class pattern* is a noun representing a

body part followed by a postposition "の (*no*)" (represented as "**NO**"), followed by a noun representing a symptom. That is, a body part word is a modifier of a symptom word. The representation is

Bp NO Symp ... (1).

An instance of this pattern is "上腹部 (*joo-fuku-bu*, upper abdomen) の (*no*, of) 痛み (*ita-mi*, the pain)", meaning "the pain in the upper abdomen".

The second and the third pattern are two nouns followed by a postposition except "の", both of which are subjects or complements of a verb. The representation is

Bp Postp Symp Postp ... (2), or

Symp Postp Bp Postp ... (3),

where "**Postp**" is a postposition other than "の".

An example is the pattern "胸部 (*kyoo-bu*, the chest) に (*ni*, on) 腫瘤 (*shu-ryuu*, tumor) を (*wo*, a postposition, indicating the object of a verb)", followed by some verbs like "認める (*observe*)", meaning "(you) observe a tumor on the chest".

4.2 Materials

A Japanese electronic textbook of internal medicine developed by Ohe, Miyo, et al. [9] is used for the analysis. The textbook is a collection of the description of diseases consisting of some sections such as *definition*, *etiology*, *clinical manifestations*, *laboratory data*, and *treatment*, etc. Because we intended to manually evaluate the performance of automatic extraction, not all of the sentences in the sections of *clinical manifestations* could be processed. Instead, only the sentences in the section of *clinical manifestations* in the chapter of *infectious diseases* were processed. There are 958 sentences for 91 infectious diseases, and they were written by different authors; therefore, the bias in the style of sentences which would have been caused by the preferences by authors was regarded to be ameliorated.

4.3 The Outline of the Processing and the Analysis of the Materials

Processing

Before the analysis, the sentences in the corpus were converted into sequence of words, because Japanese sentences are not segmented into words. First, the sen-

Extraction of Medical Knowledge from Japanese Text

tences in the materials were segmented into morphological units by a morphological analyzer [10]. Next, some of the morphological units that had been erroneously segmented due to incomplete dictionaries were concatenated. Then, attribute values were allocated to the words consisting of one or more morphological units. The values of the attributes can be one of the part-of-speeches and the medical categories. For example, the attribute values of the word "頭痛 (*zu-tsuu*, headache)" include "noun" and "body part".

Analysis

After the sentences were segmented into a sequence of words, all the sentences which contain at least one symptom and body part were selected automatically. The instances of *word class patterns* defined in 4.1 were automatically extracted from the selected sentences. Then, all the extracted sentences and instances of patterns were examined manually to be judged for their relevance to the relationship between symptoms and the related body parts. All the relevant but undetected pairs of symptoms and body parts were also searched for manually.

An extracted instance of a pattern is regarded to be "relevant" if all the pairs of symptoms and body parts contained in the instance are relevant. Even though one or more relevant symptoms or body parts failed to be extracted, the instance is still *relevant*, as long as the extracted ones are relevant. For example, suppose that an extracted instance of the type (I) pattern contains symptom S_1 and S_2 for the **Symp** word class and **B** for **Bp**. The instance is still regarded to be relevant as long as $\{S_1, S_2\}$ and $\{B\}$ are relevant, even though another symptom, S_3 , should have been extracted as part of **Symp**.

The undetected pairs of symptoms and body parts were searched manually and were classified as follows:

- (1) **Type I:** the pair is extracted, but one or more symptoms or body parts are missed. For example, in the above example, the pair of S_3 and **B** is a "Type I" undetected pair.
- (2) **Type II:** the pair is not detected at all.

The precision of the patterns was calculated using

the following formula:

$$\text{Precision} = \frac{\text{the number of extracted relevant instances}}{\text{the number of extracted instances}} \dots \text{(a)}$$

The recall was calculated using the following formula:

$$\text{Recall} = \frac{\text{the number of extracted relevant instances} - \text{the number of "Type I" pairs}}{\text{the number of extracted relevant instances} + \text{the number of "Type II" pairs}} \dots \text{(b)}$$

To compare our method with other methods, the precision of simple co-occurrences of symptom and body part words in a sentence was calculated. First, the sentences in which symptom and body part words co-occur were selected. Then, the relevance of each word was examined manually. If all the body parts are relevant with all the symptom words, the co-occurrence of them is decided to be valid.

In this section, we have not yet explained how "symptom" or "body part" words are automatically recognized. We have not described how some words segmented into morphological units are recovered, either. Therefore, before presenting the results, we explain the details of Japanese NLP methods that we have used in the next section.

4.4 Development of NLP Tools to Process Japanese Medical Text

In this section, we explain the details of the procedures of the natural language processing with which the materials were processed before the analysis of the patterns. The reason for the development of such procedures was to adapt the procedures that are usually used among NLP researchers that they can be more appropriate to medical domain.

Modification of morphological analyzer

The first procedure is the morphological analysis of Japanese sentences. The characteristic of our morphological analysis lies in the fact that it contains early semantic tagging of the morphological units. For example, the sentence "胸部に激痛を訴える ((the patient) complains severe pain in the chest)" is segmented into

the morphological units, "胸部 (*kyoo-bu*, the chest) に (*ni*, in) 激痛 (*geki-tsuu*, severe pain) を (*wo*, OBJECT) 訴える (*uttae-ru*, complain)". Usually, the morphological analysis provides only part-of speech information, but does not give semantic information. We tried to semantically tag the word "胸部" as "body part" and "激痛" as "symptom".

We implemented this early semantic tagging module by modifying the rules and the dictionaries of the generally used Japanese morphological analyzer, JUMAN [10]. The program works based on the dictionaries of morphological units, the definition of the part-of-speeches and their subtypes, the connectivity between two consecutive morphological units with certain part-of-speech, and the cost (preference) of the types or the subtypes of morphological units. Because the program is dictionary-based, the morphological units to be segmented must be defined in the dictionaries of morphological units. The program segments a sentence so that every two consecutive morphological units are subject to the connectivity rules and the total cost of the morphological units is lowest. The part-of-speeches, their subtypes, and their cost (preference) can be defined to meet the users' needs without the modification of main programs. For example, new semantic subtypes such as "symptom" and "body part" can be defined, and they can be given lower cost (higher preference).

Using these characteristics of the program, we added semantic types such as "symptom" and "body part" to the subtypes of nouns. The words appearing in the dictionaries of morphological units of diagnoses or body parts that are explained in the next section were given the semantic subtypes. We also gave lower cost (i.e. higher preference) to these subtypes. In this way, extraction of symptom words defined in the morphological unit dictionaries became possible.

Dictionaries of medical noun morphological units

We have developed dictionaries of medical noun morphological units on the basis of "Standardized Disease Names for Electronic Health Claiming" [11] released from Social Insurance Medical Fee Payment Fund. It is intended for the computerization of the health claiming business which, at present, needs huge

manpower and time. The glossary consists of a unique identifier, a Japanese name, pronunciation (or *yomi-gana*), and it links to other classifications such as ICD-10. After processing the glossary, we had 14355 diagnoses and 1523 words which can modify the diagnoses. The modifiers are terms that are supposed to explain the details of the diagnoses; for example, relevant body part, causes (allergic, infective, toxic, etc.), and how they emerged (acute, chronic, etc). 697 body part words were obtained from the modifiers. Because the difference between a symptom and a diagnosis can be controversial, all the diagnoses were classified as "symptoms".

A program for the synthesis of words from morphological units

This program processes the output from the previous morphological analyzer and concatenates the morphological units into a word when it is necessary. The purposes of this program are as follows: (1) to recover the systematic failures by the morphological analyzer, and (2) to capture the undefined medical terms and to assign semantic tags to them.

One of the following types can be given to a word.

1. **Noun**
2. **Numeral expression:** The examples are "50%", "3 ~ 4 日間 (3-4 days' duration)", and "6 割 (six out of ten)".
3. **Adverb**
4. **Verb:** In addition to the regular verbs, we consider those made up of a noun and the verb "する (*suru*, do or have)" and those that are used as collocations and made up of a noun, postposition, and a verb. An example of the latter is "特徴 (*tokuchou*) と (*to*) する (*suru*) (have the characteristics of)".
5. **Copula:** This type of word follows a noun and is similar to "be" in English, but means only the characteristics of the noun. Examples are "だ (*da*)" and "である (*de-aru*)". An example of the usage is "症状 (*syoo-joo*, symptom) は (*wa*, a postposition to mean the theme of a sentence) 頭痛 (*zu-tsuu*, headache) だ (is) (meaning that the symptom is a headache)".
6. **Adjective**

Extraction of Medical Knowledge from Japanese Text

7. **Auxiliary verb**
8. **Negation word:** " ない (*na-i*)" following a verb or an adjective means negation.
9. **Connective postposition between nouns:** This type of words includes a comma, " と (*to*, and)", " や (*ya*, or)", "・(a sign meaning 'and')", etc., and is located between nouns to make a list of nouns.
10. **Connective postposition between clauses:** This type of words includes a comma, " が (ga, meaning 'and', 'but', 'by the way', etc.)", " と (*to*, and then)", " ので (*no-de*, because)", etc., and is located after a verb or an adjective to connect the clauses.
11. **Postposition**

Now, the procedure of the program is as follows:

1. Read a sentence as a sequence of morphological units. Let N the number of morphological units of the sentence, and let the i th ($1 \leq i \leq N$) morphological unit have a set of attributes and their value ($A_{i1}:V_{i1}, A_{i2}:V_{i2}, \dots, A_{in}:V_{in}$) assigned by the morphological analyzer.
2. For all the combinations of i and k with $i \leq k \leq N$, make a list of $(k - i + 1)$ morphological units by choosing a sequence of morphological units from the i th to the k th.
3. Match the list of morphological units with rules to compose words and give them a type. The rules are a part of the program and define the procedures e.g., "let a sequence of consecutive morphological units ' $M_x, M_{x+1}, M_{x+2}, \dots, M_{x+y}$ ' be grouped into three parts: the head morphological unit, M_x , the tail morphological unit, M_{x+y} , and the morphological units in between, ' $M_{x+1}, \dots, M_{x+y-1}$ '; if each group has a set of attributes and values ' $A_{xp}:V_a$ ', ' $A_{(x+y)t}:V_g$ ', and ' $A_{(x+1)q}:V_b, A_{(x+2)r}:V_c, \dots, A_{(x+y-1)s}:V_f$ ', respectively, then concatenate the sequence of morphological units to a word with a type T (e.g., 'noun')". In this rule, x and $x + y$ are arbitrary numbers no larger than N that mark the beginning and the end point of a sequence of morphological units, and p, q, r, s, t , etc. are numbers in the range of 1 and n that specify certain attributes of a morphological unit, and V_a, V_b, V_c, V_f, V_g , etc. are their values. For exam-

ple, a sequence of morphological units that begins with a noun, ends with a noun, and has nouns in between can be usually regarded as a noun except some cases. Some rules are more complicated because they are involved in context-sensitive disambiguation of some Japanese words such as the comma, " と ", " が ", etc.

Try the rules to concatenate morphological units into a noun first, and then verbs, etc. If one of the rules is successfully matched, stop further processing, and store the list temporarily, and check the next list. By avoiding matching with more than one rule in this way, precision could have been improved.

4. If a word is a noun, classify the medical meaning of the word (disease, symptom, and the body part, etc.) using the attributes of the morphological units in the word. One of the rules is that the newly identified word is regarded as a diagnosis if its last morphological unit is a diagnosis. For example, if the noun "急性腹膜炎 (*kyuu-sei-fuku-maku-en*, acute peritonitis)" has been synthesized by concatenating two morphological units, "急性 (*kyuu-sei*, acute)" and "腹膜炎 (*fuku-maku-en*, peritonitis)", it is recognized as a disease name because the latter morphological unit is a disease name.
5. After all the lists of morphological units for a sentence are checked, the lists of words with their type and medical meaning are produced. In order to avoid ambiguity, only the longest matching is considered. All the processing rules were written in Perl. The programs run on a UNIX computer (Sparc 1000) with the Solaris 2.3 Operating System.

Our program uses similar methods proposed by Nakagawa et al. [12] in that it recognizes consecutive noun morphological units as a noun word. Our method is, however, different from theirs in that not only nouns but also the stem of the verbs and the adjectives, some of the prefixes and suffixes, and undefined letters such as *katakana* letters are taken into account when new nouns are recognized. For example, the prefix "急性 (*kyuu-sei*, acute)" is not a noun, but is frequently used

as part of diagnoses. Another difference is that ours can decide the domain-specific (i.e., medical) semantic types of the noun words. In a test, our program extracted noun words, with the recall of 97.6% and the precision of 93.8%.

5 Results

5.1 Extraction of Symptom and Relevant Body Part Using Word Class Patterns

Before applying our *word class patterns*, 120 sentences including both the symptom words and the body part words were automatically obtained. Then, the instances of patterns defined in 4.1 were automatically extracted from these sentences. For each pattern, the results of the analyses (shown in Table 1) were as follows:

Noun phrases as "<Symptom> <preposition> <Body part> ('<Body part> NO <Symptom>') in Japanese"

The instances of pattern (1), "Bp NO Symp", have been detected 41 times and among them 35 instances were relevant, because six instances include unnecessary symptoms. Therefore, by the formula (a), the pre-

cision of this pattern is $35 / 41 = 0.854$.

There were three "Type I" undetected pairs of symptoms and body parts. In all of them, the body part is represented as "**Bp₁ Postp Bp₂**", instead of "**Bp**"; therefore, only the body part represented as "**Bp₂**" has been detected, but "**Bp₁**" is missed. We found that this pattern is used to explain the details of the body part, such as the range. An example is "体幹 (*tai-kan*, the body stem) から (kara, from) 顔面 (*gan-men*, the face), 四肢 (*shi-shi*, the extremities) の (*no*, of) 発疹 (*has-shin*, eczema) (meaning eczema from the body stem to the face and the extremities)", where "から" is a postposition. There were three "Type II" undetected pairs of symptoms and body parts. All of them have the representation of "**Bp NO Adj Symp**", where "**Adj**" stands for an adjective. Because of this adjective, the pattern has not been extracted at all.

Verb phrases as "<Verb> <Symptom> <preposition> <Body part> ('<Body part> <postposition> <Symptom> <postposition> <Verb>' or '<Symptom> <postposition> <Body part> <postposition> <Verb>') in Japanese"

Table1 The evaluation of three types of "word class patterns"

Word class pattern type	(a) Number of instances of patterns retrieved	(b) Number of "relevant" Instances	Precision = (b) / (a)	(c) Number of "Type I" undetected pairs	(d) Number of "Type II" undetected pairs
"Bp NO Symp"	41	35	0.854	3	3
"Bp Postp Symp Postp" or "Symp Postp Bp Postp"	37	37	1	5	22
(Total number)	(A) 78	(B) 72		(C) 8	(D) 25

"NO": A postposition ending with " の ", which makes the preceding noun the complement of the following noun.

"Bp": A part of a sentence consisting of a body part word or a list of body part words.

"Symp": A part of a sentence consisting of a symptom word or a list of symptom words.

"Postp": A postposition except one represented as "NO".

Therefore, the overall recall of the three representations is

$$((B) - (C)) / ((B) + (D)) = (72 - 8) / (72 + 25) = 64 / 97 = 0.660,$$

and the overall precision of the three representations is

$$(B) / (A) = 72 / 78 = 0.923.$$

The instances of patterns represented as (2), "**Bp Postp Symp Postp**", or (3), "**Symp Postp Bp Postp**", were detected 37 times, and all of them were relevant. Therefore, by the formula (a), the precision of these types of patterns is simply 1.

However, there were five "Type I" undetected pairs of symptoms or body parts; some of the body part words to be extracted were missing in three instances, and symptoms in two instances. These instances have the pattern of "**Bp Postp Symp₁ Postp Symp₂ Postp**", "**Bp₁ Postp Bp₂ Postp Symp Postp**", "**Bp₁ NO Bp₂ Postp Symp Postp**", or "**Sex₁ Postp Bp₁ Sex₂ Postp Bp₂ Postp Symp Postp**". In the first pattern, the change in the symptom is represented as the *word class pattern* "**Symp₁ Postp Symp₂ Postp**". In the second pattern, the range of the body part is represented as "**Bp₁ Postp Bp₂ Postp**". In the fourth pattern, the difference in the relevant body part according to the sex is represented as "**Sex₁ Postp Bp₁ Sex₂ Postp Bp₂**". Moreover, there were twenty-two "Type II" undetected pairs of symptoms and body parts. Eight of them had the representation of "**Bp Postp X NO Symp Postp**" or "**Symp Postp X NO Bp Postp**", where "**X**" stands for a noun or a numeral expression. In this way, the body part or the symptom is more specified. Four had the representation of "**Bp Postp Adj Symp Postp**", and one had the representation of "**Bp Parenthesized Postp Symp Postp**", where "**Parenthesized**" stands for a list of parenthesized words.

Other "Type II" undetected pairs had much more different representation. Four had the representation of "**Bp Postp V₁ X Symp Postp X V₂**", where "**V₁**" and "**V₂**" are verbs that are not the complements of a noun, and "**X**" stands for a null word, an adverb, the "**Noun NO** (meaning 'of Noun')" pattern, or the mixture of these. Three had the representation of "**Bp Postp**", a form in which the symptom part, i.e. "**Symp Postp**", is omitted from "**Symp Postp Bp Postp**" pattern. In the last cases, the symptom appears at the beginning of a sentence.

5.2 Comparison with a Method Using the Co-occurrence of Symptom and Body Part Words in a Sentence

From the results above, the overall precision of the symptom-body part relationship by patterns of type (1), (2), and (3) is $(35 + 37) / (41 + 37) = 0.923$. And the overall recall is $((35 - 3) + (37 - 5)) / ((35 + 3) + (37 + 22)) = 0.660$.

Regarding 45 sentences, co-occurrence of both symptoms and body part words was an indicator of their relationship. However, it was not so for the rest 75 sentences. Therefore, the precision of simple co-occurrence method is $45 / 120 = 0.375$.

6 Discussion

6.1 Usefulness of Word Class Patterns to Extract the Relationship between Symptoms and their Locations from Medical Textbook

The results show that 66% of the relationship between the symptoms and the body parts is represented in Japanese in three types of *word class patterns* as follows: (1) "**Bp NO Symp**", (2) "**Bp Postp Symp Postp**", and (3) "**Symp Postp Bp Postp**"¹. The results also show that the accuracy (precision) of the relationship extracted by using these patterns is 92%, while that obtained by using the simple co-occurrence of symptoms and body parts is 38%. Therefore, these simple patterns are more useful than mere co-occurrence in extracting the relationship from Japanese medical textbook. Judging from the recall rate, however, our "*word class patterns*" seem to be insufficient, and some patterns should be added to.

More patterns are necessary

Among the thirty-three pairs of symptoms and body parts hidden in the form of more complex patterns, eight were "Type I", i.e. at least one symptom and a body part word have been detected. Twenty-five were

1. "**Bp**" stands for body part, "**Symp**" for symptoms, "**NO**" for the Japanese postposition "の" (pronounced as *no*, and 'A no B' means 'B of A'), and "**Postp**" for a Japanese postposition (the word following a noun and functions similarly to a preposition or a particle in English)

"Type II", i.e. no symptom or body part word has been detected. Especially, there were twenty-two "Type II" undetected pairs for the pattern (2) and (3). If these pairs had been found, the recall could have been much better.

It would be useful to classify newly found patterns described in 5.1 by the patterns to be inserted into our original patterns. Among the thirty-three pairs, seven (three from "Type II" for (1), and four from "Type II" for (2) and (3)) had the pattern with **Adj** inserted before **Symp**, and eight from "Type II" for (2) and (3) had the pattern with **X NO** inserted before **Symp** or **Bp**. Therefore, new *word class patterns* that are as simple as the original ones and would be useful to improve the recall in the extraction of the relation seem to be as follows:

Bp NO Adj Symp

Bp Postp Adj Symp Postp

Adj Symp Postp Bp Postp

Bp Postp X NO Symp Postp

X NO Symp Postp Bp Postp

Symp Postp X NO Bp Postp

X NO Bp Postp Symp Postp

What all of these patterns have in common is that the symptoms or body parts are in the form of more complicated noun phrases than they are in originally assumed patterns.

6.2 Application to the Extraction of Other Relations from Medical Textbooks

The relationship between symptoms and their relevant body part is only a part of the medical knowledge to be extracted. According to the analysis of information for medical expert systems by Glasziou and Vermeir [13], degree, rate, constancy, frequency, precipitating factor, duration are also important concepts related to symptoms. Therefore, it is important whether or not our method using "*word class patterns*" can be applied to the extraction of the relationship between these concepts and symptoms. There could be some Japanese *word class patterns* useful for the extraction of relations as follows:

Symptoms and the Degree: In Japanese, there can be roughly three ways of expressing this relation; i.e. "**Adj-D Symp**", "**Symp Postp Adj-D**", and "**Symp NO Deg Postp Adj**", where "**Adj-D**" stands

for an adjective used for the degree or the extent (e.g. "高い (*taka-i*, high)", "低い (*hiku-i*, low)", "激しい (*hageshi-i*, severe)", etc.), and "**Deg**" stands for the Japanese word "程度 (*tei-do*, degree)".

Symptoms and the Rate: Rate could be represented as a numeral expression (e.g. "70/min.") or as an adjective (e.g. "速い (*haya-i*, fast)" and "遅い (*oso-i*, slow)"). This relationship could be represented as "**Symp Postp Rate**", "**Rate NO Symp**", "**Adj-R Symp**", "**Symp Postp Adj-R**", etc., where "**Adj-R**" stands for an adjective representing the rate.

Symptoms and the Constancy: Adverbs such as "常に (*tsune-ni*, persistently)", and "断続的に (*danzoku-teki-ni*, intermittently)" are often used to express constancy in Japanese. The patterns can be "**Adv-C Symp Postp**", "**Symp Postp Adv-C**", etc., where "**Adv-C**" stands for an adverb representing the constancy.

Symptoms and the Frequency: When a symptom is intermittent, frequency needs to be provided. The frequency can be represented in adverbs (e.g. "しばしば (*shibashiba*, often)", "時々 (*toki-doki*, sometimes)", and "まれに (*mareni*, rarely)"), or numeral expressions, e.g. "3/day" and "1日3回 (*1-nitchi-3-kai*, three times a day)". The patterns can be "**Symp Postp Adv-F**", "**Adv-F Symp Postp**", "**Symp Postp Num-F**", "**Num-F Symp Postp**", etc., where "**Adv-F**" stands for an adverb for frequency, and "**Num-F**" stands for a numeral expression for frequency.

Symptoms and the Precipitating Factor: Precipitating factor is the factor that could worsen a symptom. It can be diseases, patients' activity (e.g., walking), etc. One of the simplest patterns can be "**Disease NO Case Symp**", where "**Case**" is the Japanese phrase "場合 (*ba-ai*, case) には (*ni-wa*, postposition)".

Symptoms and the Duration: The patterns could be "**Symp Postp Num-T**", "**Symp Postp Num-T Postfix-D**", "**Num-T Symp Postp**", "**Num-T Postfix-D Symp Postp**", etc, where "**Num-T**" means numeral expression for time, e.g. "3日 (*3-nitchi*, 3

Extraction of Medical Knowledge from Japanese Text

days)", and "Postfix-D" means the postfix for duration, e.g. "間 (*kan*)".

6.3 Application of our Approach to Information Extraction from the Text in Other Languages

Because the definition of "word class pattern" is independent of any language, it is natural to ask about its applicability to information extraction from the text written in other languages, especially European languages. However, we think that its application to other languages should be addressed in another study. The reason is that we think that our approach takes advantage of the convenient characteristics of Japanese. Firstly, the postposition "の" usually follows the noun that is the complement of the following noun. An example is the noun phrase "上腹部の痛み", where "上腹部 (upper abdomen) の" is the complement of "痛み (pain)". Secondly, because verbs appear at the end of a sentence in Japanese sentences, noun phrases and the complement of the verb easily get close together.

6.4 The Limitation of our Method and Future Work

Because the patterns are applied to relatively small number of sentences, our methods need to be tested and adopted for a larger domain; we will investigate description about different disease categories. It is also necessary to test the patterns as proposed in the previous section so that the effectiveness of our approach in extracting other relationship between medical concepts may be proved.

7 Conclusions

We studied the Japanese representations of the relationship between symptoms and their relevant body parts. We defined "word class" and "word class patterns", and made a hypothesis that the relationship is represented in Japanese in the form of three patterns of word classes.

We have proven the validity of our approach by automatically extracting the relationship using the patterns from the sentences in a Japanese electronic medical textbook. The sentences are from the sections of *clinical manifestations* for infectious diseases. The results

show that 66% of the relationship is represented in one of the three representations. The precision of the patterns was 92%, much higher than 38%, which is the precision obtained by simply using the simple co-occurrence of symptom words and body part words in a same sentence. We think that our method can be applied to the acquisition of a variety of medical knowledge from text.

Acknowledgments

The authors thank Dr. Hyun Seok Park and Professor Shigekoto Kaihara for helpful comments and suggestions. This study was partly supported by Research Fellowships of the Japan Society for the Promotion of Science for Young Scientists.

References

- [1] Haug, P.J.; Gardner, R.M.; Tate, K.E.; Evans, R.S.; East, T.D.; Kuperman, G.; Pryor, A.; Huff, S.M.; Warner, H.R., "Decision support in medicine: examples from the HELP system". *Computers and Biomedical Research* 1994, Vol.27, pp. 396-418.
- [2] Miller, R.A., "INTERNIST-1 / CADUCEUS: Problems facing expert consultant programs". *Methods of Information in Medicine* 1984, Vol.23, pp.9-14.
- [3] Riloff, E.; Lehnert, W., "Information extraction as a basis for high-precision text classification". *ACM Transactions on Information Systems* 1994, Vol.12, pp. 296-333.
- [4] Cowie, J.; Lehnert, W., "Information extraction". *Communications of the ACM* 1996, Vol.39, pp.80-91.
- [5] Sager, N.; Lyman, M.; Bucknall, C.; Nhan, N.; Tick, L.J., "Natural Language Processing and the Representation of Clinical Data". *Journal of American Medical Informatics Association* 1994, Vol.1, pp.142-160.
- [6] Harris, Z.S.; Gottfried, M.; Ryckman, T, et al. *The form of information in science: analysis of an immunology sublanguage* (Boston studies in the philosophy of science, v. 104). Boston: Kluwer Academic Publishers, 1989.

- [7] Maks, I.; Martin, W., MULTITALE: “linking medical concepts by means of frames”. In: Tsujii J, ed. *Proceedings of the 16th International Conference on Computational Linguistics. Copenhagen: COLING-96 Organizing Committee, 1996*, pp.746-751.
- [8] Nishimura, Y.; Shiraishi, M.; Oda, S.; Yokota, M., “An experimental natural language medical information system with conceptual retrieval function” (in Japanese). *IPSJ- SIG-NL 1995*, Vol.106, pp.19-24.
- [9] Miyo, K.; Ohe, K.; Kajino, M., “Development of an electronic textbook for internal medicine integrated with medical knowledge on the Internet” (in Japanese). *Proceedings of the 5th Annual Conference, Japan Society of Information and Knowledge 1997*, pp.11-14.
- [10] Matsumoto, Y.; Kurohashi, S.; Utsuro, T.; Taeki, H.; Nagao, M., “*Japanese Morphological Analysis System JUMAN Manual. Version 2.0*”, *NAIST Technical Report, NAIST-IS-TR94025* (in Japanese). Nara: Nara Institute of Science and Technology, July 1994.
- [11] Ohe, K.; Kaihara, S.; Kitagawa, M.; Shimomura, M., “An application of the Standardized Disease Names for electronic health insurance claiming to diagnosis entry system” (in Japanese). In: Satomura Y, ed. *Proceedings of the 16th Joint Conference on Medical Informatics. Chiba, JCMi-96 Organizing Committee, 1996*, pp.788-789.
- [12] Nakagawa, H.; Mori, T.; Matsuzaki, T.; Kawakami, D., “Index words extraction for Hypertextization by noun-to-noun connections of Japanese manual sentences” (in Japanese). *Transactions of Information Processing Society of Japan 1997*, Vol.38, 1986-1994.
- [13] Glasziou, P.; Vermeir, D., “Information analysis for medical expert systems”. *Methods of Information in Medicine 1984*, Vol.23, pp.126-134.

研究論文

Interactive Large-Scale Pictorial Information Retrieval System for the Internet

Vuthichai AMPORNARAMVETH

Tokyo Institute of Technology

Eiji IKOMA

University of Tokyo

Akiko AIZAWA

National Center for Science Information Systems

Kinji ONO

National Center for Science Information Systems

ABSTRACT

This paper describes development of a network-based client/server system designed to support information retrieval of high-resolution image interactively. Through an interface implemented using a JAVA applet, the system allows any Internet users with a JAVA-support browser to navigate high-resolution images in real time. User satisfaction is improved by transferring image progressively and use of image cache on both server and client sides. The system can also be customized to provide supplemental image-specific data, image configuration window, balloon help, and image map features. These features make it possible to create wide-range of large-scale image applications on top of the system.

[Keywords] Image Browser, JAVA, Client-Server, Image Retrieval, Internet

1 Introduction

"An image represents more than a thousand words", read an old Chinese saying. Using an image in information dissemination allows human to communicate more effectively with each other. Thanks to recent development in digital technology and computer network, pictorial information can now be transferred easily at relatively low cost and high speed. For instance, one can now use a facsimile to transmit document to recipients at different parts of the world over the telephone network within minutes. The Internet has brought us an era in which friends can exchange photographs easily using email or WWW.

However, many research fields require the ability to handle images at relatively large size. These large-scale images tentatively require huge storage space. For example, an image obtained from an orbiting satellite can be hundreds of megabytes in size. In many systems, these gigantic image files are stored on a centralized server, and forwarded to the users only when they

really need them. Because accessing to larger amount of data requires network connection at relative higher bandwidth in order to obtain an acceptable downloading time, large-scale images are rarely accessible from the mass Internet audience. An efficient dissemination of large-scale images over a connection with limited bandwidth such as the Internet can be considered an interesting research topic.

The system introduced in this paper utilizes a client/server architecture that allows Internet users to access large-scale images interactively: - let the user see only a portion of the entire image at a time. By interacting with the server, users can navigate to other portions, or change the magnifying ratio of the image as desire. This on-demand approach makes large-scale images more accessible for Internet users because he/she can start from receiving a scaled-down version of the image, and zoom in to the part they really want to see later. The amount of time a user needs to wait is limited because the maximal amount of data transfer at a time

Interactive Large-Scale Pictorial Information Retrieval System for the Internet

is physically limited by the size or resolution of the user terminal. However, the entire image can also be transferred upon user's request. In any cases, user satisfaction can be improved further by displaying the image progressively as it arrives.

This paper describes the system we developed for interactive large-scale image retrieval on the Internet. The system design goal and features are discussed first in section 2. Section 3 describes the system client/server architecture and implementation in details. Part of the work in progress and future improvements are given in section 4, followed by the conclusion in section 5.

2 Interactive Pictorial Information Retrieval

There are many applications in which browsing relatively large images is necessary, for example, in the fields of remote sensing and medical image database system. For such applications, it is not uncommon to find that the images are stored on a centralized server machine due to limitation of storage on remote/client machines. Dissemination of the images cannot be done comfortably without the availability of high-speed network. Thus, distribution of these large-scale images on the Internet needs to be done interactively or in an on-demand fashion. The following itemized list briefly discusses some features/issues that should be taken into consideration and some design decisions made on our system.

- Obviously, limited Internet bandwidth is the first important issue. Though there is nothing we can do in order to increase the connection bandwidth, we can increase user satisfaction by reducing the image downloading time. This can be done easily by reducing the display size of the image, which means smaller amount of data needs to be sent at a time. Beside, users can experience faster system response by displaying the downloading image progressively: - blurry version of image appears first with more details show up as more data arrives. Finally, when the user navigates back to a formerly viewed image, redundant downloads can be avoided by client-side image cache.

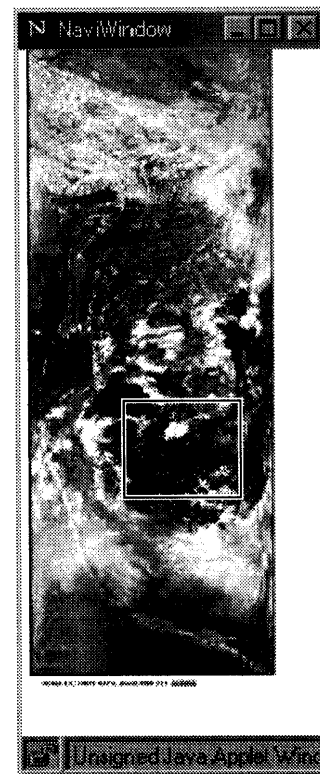


Figure 1 Image Locator Map

- The interface should provide simple image navigation using standard navigational tools such as scroll bars, image locator map, and zoom buttons. Scrolling should be continuous to allow precise image locating.
- The interface should be accessible by majority of Internet users and work well on variety of platforms. In order to fulfill this requirement, we decided to use JAVA to implement the client part of our image retrieval system because JAVA is already supported by major WWW browsers and available on a large number of platforms. It is important to mention here that it is also possible to achieve similar multi-platform interface by using standard HTML form and JavaScript like the interface of Microsoft TerraServer World Imagery website [1]. However, features like continuous scrolling and image locator map are difficult to implement in such a case. On the other hand, using custom JAVA applet allows us to implement any necessary features to make the system easier to use. Though JAVA is known to have poor executing perfor-

mance, we found it performs well enough on recent PCs and workstations. In the case that higher performance is required, custom plugins implemented by native programming language on the target platform can be developed later. This seems to be the design decision in Hewlett-Packard's Internet Imaging OpenPix product [2] in which the client for Netscape Communicator is implemented using JAVA while the one for Internet Explorer uses ActiveX technology.

- Since interactive image browsing requires more enduring attention from the server side, data processing on server should be kept at a minimal level. Processed images should be cached on the server and shared by multiple clients. In our system, the server maintains a set image files at different magnifying ratio for each image in service. This is to avoid calculation due to image scaling when a client asks for an image, at the cost of disk storage.
- The system should be extensible and can be customized for a wide-range of applications. For example, by editing a server configuration file, our system allows the server to apply arbitrary image processing algorithm on the image files before sending it to the client. In the case of satellite image database, this feature is very useful in the scenario where, after pinpointing the location of image to view, the user may want to enhance some color channels and/or overlay it with image from another image source.
- Instead of providing only pictorial information, the system should be able to link image position to

information in other formats. This makes it possible to provide supplementary information relating to the image being shown to the users. For example, by clicking inside Tokyo area on the image displaying the map of Japan, the system might pop up another window displaying Tokyo-related statistical information in HTML format.

In summary, we intend to create a system with the following features: - basic image navigation such as scrolling and zooming, image downloading, image navigation using global image locator map, and retrieval of image-related information via balloon help and image map. Also the server should be customizable so that the site manager can incorporate some arbitrary image processing features and supplemental information in text or HTML format.

3 Client/Server Architecture for Image Browsing

The client/server architecture of our system can be illustrated as shown in figure 2. Users can connect to the server using any web browsers¹ that support JAVA applet. The server consists of a traditional HTTP server, and a custom-built image server running separately in parallel. These servers can run on the same or different machines but it is necessary that both servers have access to a shared image storage.

The HTTP server is responsible for transferring HTML files and image files created by the image server to clients. The image server accepts command from JAVA applet running on client machine, interprets it, and generates image file as instructed by the client. As

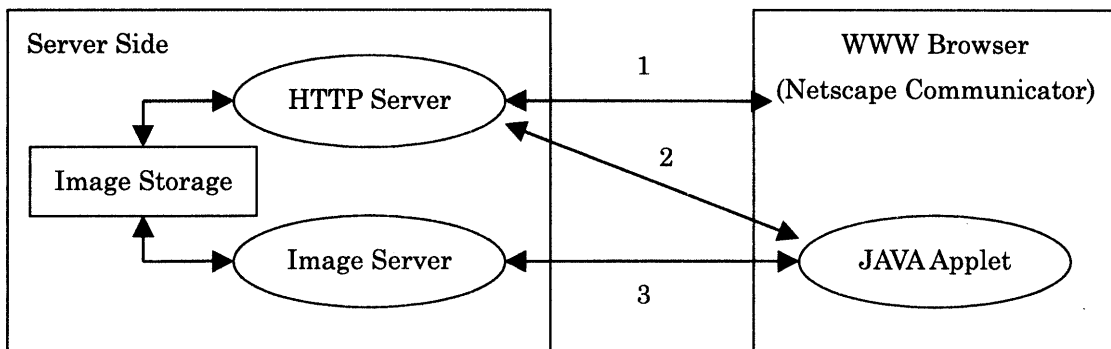


Figure 2 The system client/server architecture

Interactive Large-Scale Pictorial Information Retrieval System for the Internet

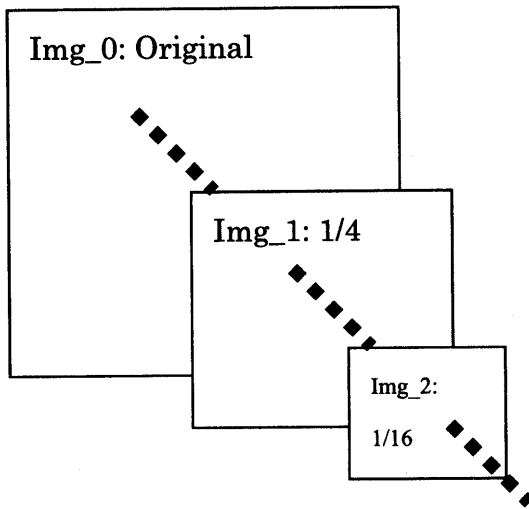


Figure 3 Image Preparation

shown in figure 2, the client first contacts the HTTP server to retrieve HTML page containing information of the image to be browsed (1). This HTML file includes a tag to load the client JAVA applet whose parameters are initialized to values specified in the HTML file (2). When the applet starts, it contacts the image server to download initial image file, and image locator map (3). After that, it opens a separate navigation window displaying the locator map (figure 1) and waits for user command.

Server

As mentioned before, the server consists of a HTTP server and an image server. In our system, any HTTP servers that can serve standard JPEG image files and HTML files can be used. In the prototype system, we use Apache 1.3. The image server was developed using C++ language and runs on a Unix workstation. It can read image file in raw PPM format and generate output in progressive JPEG format which can be displayed progressively on Communicator browser.

In order to speed up response and save CPU time, another supporting program is used to prepare a set of images at different magnifying ratios beforehand. Starting from the original size, the width and height are repetitively reduced in half until the image is smaller than 100x100 pixels which is the minimal support canvas size of the JAVA applet in our system.

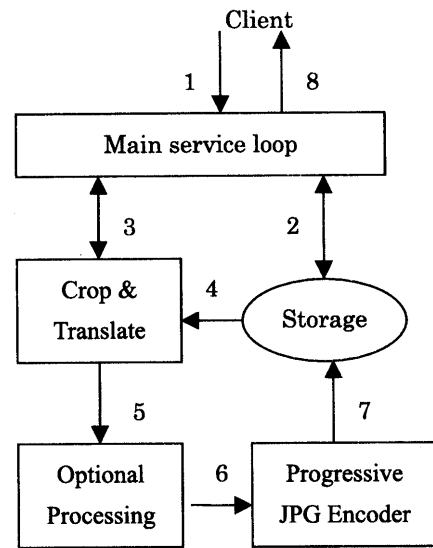


Figure 4 Image Server

These image files are assigned the same name but have different name suffixes, indicating the shrinking ratio (figure 3). If the client asks for an image larger than the original size, the server can perform necessary magnifications from the original image on the fly.

When the server starts, it waits for connection on TCP channel port 7000 ("Main service loop" in figure 4). When a connection arrives (1), the server forks a new process to handle the connection. The new process first reads request string from client. According to the image co-ordinate, magnifying ratio and some other parameters in the request, the process checks with the storage (2) to see if the same request was received before in the past. If the requested image file is already available, the URL to that file is immediately returned to the client (8) and no processing takes place.

However, if the server finds that the file is not available yet, it will pass the image co-ordinate and other parameters to the processing block (3), which reads raw image file whose suffix indicates desired magnifying ratio from the storage (4). The image is then translated and cropped before being passed to the optional processing block (5). The operation to be carried out here can be configured in the server configuration file and processed by an external program supplied by site manager. Finally the image is compressed by a JPEG image compressor with progressive download option enabled

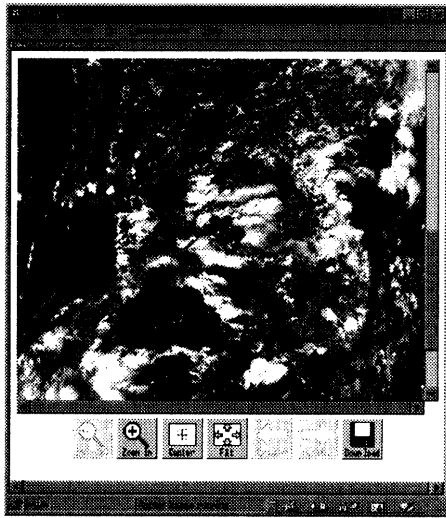


Figure 5 Main navigational window (applet)

(6) and the output is saved in the storage (7). When the image is ready, the server then returns the image URL to the client (8).

Client

The whole client-side user interface is implemented on the www browser. Image browsing is done entirely in a JAVA applet running on the browser. Data entry from user, if required, is implemented by standard HTML form components. The JAVA applet consists of two parts: - the main navigating window embedded inside the HTML document (figure 5), and the image locator map opened as a separate window (figure 1). The applet obtains initial parameters like name of the file to download from applet parameters given in the HTML file.

Image navigation can be done either in the main window or in the locator map window. In the latter case, the small rectangle in figure 1 indicates the area of image currently covered by the main window. Navigation in this window is as easy as dragging the rectangle to the desired place. The size of this rectangle changes when the user changes magnifying ratio by clicking on zoom buttons in the main window.

In the main window, navigation can be done in several ways. To translate the image, the user may use the horizontal and vertical scrollbars, or dragging the image content directly.

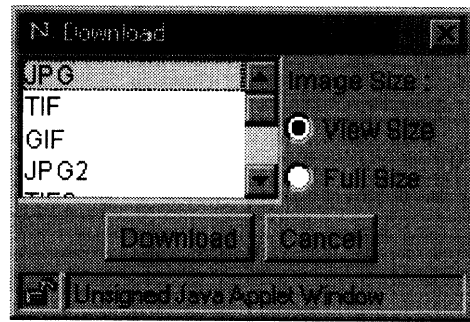


Figure 6 Download

The "center" button brings the center of the image to the middle of the main window within a single click. Image can be magnified or scaled down by "Zoom In" and "Zoom Out" buttons respectively. The "Fit" button shrinks the image to the smallest size while making sure the whole main window content is filled with image. "Backward" and "Forward" buttons allow user to undo/redo the navigation operations respectively. User can store image on his/her local machine by clicking on "Download" button. A dialog box like the one in figure 6 will pop up allowing user to specify whether to download the entire image or just the displayed area, and the desired file format.

JAVA applet sends a request to the server when the user performs a navigational operation that requires image scrolling or scaling. After submitting the request, the client waits until the server responses back with a URL of the image. This URL is then forwarded to the browser's image loading engine and the image is loaded. Because all the images are loaded by the browser, not by the JAVA applet, they are also maintained by the browser cache. Thus, the "Forward" and "Backward" buttons are very responsive because it is likely that the images previously shown are still in browser cache on client machine.

4 Work in Progress

The previous section describes the client/server architecture supporting only the basic image browsing features. It still lacks the customization feature, which is necessary for constructing an image server that can provide supplemental information and allow user to specify configuration parameters or criteria in image

Interactive Large-Scale Pictorial Information Retrieval System for the Internet

generation process. In order to fulfill this requirement and make the system more flexible and easier to use, we are on the process of extending the server by adding the following features

- **Balloon Help:** Allowing short informative text to be displayed when the mouse cursor is over some specific areas on the image.
- **Image Map:** By attaching document URLs to specific areas on the image, the URL is visited and document is opened in another window when the user click on that area of the image.
- **State Variables:** Let the JAVA applet maintains a set of ten state variables: \$0 to \$9 whose values can be initialized at startup time, or changed later by command from image server or JavaScript function call. JAVA applets should substitute the name of these variables with their content whenever it appears in the image filename or URL of any documents to open. This allows the site manager to parameterize the image generator program. The program can detect value of these state variables as it appears on the request filename, and produce different images accordingly. Similarly, some customized CGI scripts can be used to extract similar information from the URL and the server can response with different HTML documents.

Because the internal variables can be modified via JavaScript, site manager can create an image configuration window that allows user to define some configurable parameters of the images to be obtained. For example, in the case of satellite image system, the user may specify the date and time of the image he/she would like to view in the configuration window. The JavaScript code can then be attached to the configuration window to change the value of some state variables inside the JAVA applet to the desired date, and trigger an image reload operation.

- **Extended response:** The image server may return to the JAVA applet a set of commands to execute, not just a single URL of image file to download. These commands may instruct JAVA applet to reset image map information, set the values of state variables, or open new window at the given URL, etc.

- **Selection support:** Users are allowed to use mouse to select some portion of the displayed image. Rectangle, line and point selection modes are provided. The selected information can be transmitted to the image server, which responses with a set of commands instructing JAVA applet to load a new image file or open some information window relating to the selected area.

These features make it possible to use the system as a basic building block for creating a highly interactive image server which provides not only basic image navigational functions, but also ability to interact with users and provide additional information in arbitrary formats supported by standard URL conventions.

5 Conclusion

A network-based interactive large-scale image retrieval/browsing system was discussed. The interactive feature allows Internet users with low connection bandwidth to access a relative large image by displaying only a portion of the image at a time, and allowing the user to navigate through the image via scrolling and zooming functions. User satisfaction is improved by displaying the image progressively, and some image-related information can also be provided. The system works on a wide-range of platforms since it was developed using JAVA programming language. Though the current prototype supports only basic navigational features, it is hoped that when all the features in section 4 are implemented, this system will be ready to serve as a platform for a wide-range of applications that require access to large-scale images and interactive user interface such as applications in medical, remote sensing and GIS fields.

References

1. World Imagery Database/Microsoft TerraServer at <http://www.terraserver.microsoft.com/>
2. OpenPix - Internet Imaging Software <http://www.image.hp.com/>

¹ Note that progressive image display is supported in Netscape Communicator only.

研究論文

Java 仮想マシン上で走る簡潔な能動オブジェクト型分散処理方式

A simple distributed active-object system for Java Virtual Machine

学術情報センター 丸山 勝巳

Katsumi MARUYAMA

National Center for Science Information Systems

要旨

従来の分散処理は、分散データベースやファイルサーバーに見られるように、非平衡な関係の Client-Server 型分散処理が主体であったが、今後は個々の実体に対等な立場で情報を交換し協力して処理を進める peer-to-peer (平衡)型分散処理や、広域に分散配置したシステムの監視や制御を行う広域分散制御が増える。オブジェクト指向は分散処理分野にも効果的な概念である。特に、後者のタイプの分散処理には、自前のスレッドを持ちそれでメソッドを実行する“能動オブジェクト”を導入することにより、より簡単にフレキシブルな分散システムを実現できる。本稿では、Java を活用した能動オブジェクト型の分散処理方式について具体的に述べる。

ABSTRACT

Existing distributed processing systems, such as distributed database systems and file systems, are mostly based on the Client-Server model. However, in future systems, the peer-to-peer distributed processing model will become more important, where each object works autonomously and concurrently, communicating each other in distributed environment. An active object, which has its own thread to execute its methods and can communicate each other asynchronously over network, is very suitable to implement the latter. This paper explains an active object distributed processing system using Java.

[キーワード] オブジェクト指向、能動オブジェクト、分散処理、Java

[Keywords] Object-oriented, Active object, Distributed processing, Java

1 はじめに

コンピュータと通信の連携により、益々複雑で高度な分散システムが開発されるようになってきた。従来は、分散データベースやファイルサーバーに見られるように、非平衡な関係の Client-Server 型分散処理が主体であったが、今後は個々の実体に対等な立場で情報を交換し協力して処理を進める peer-to-peer (平衡)型分散処理や、広域に分散配置したシステムの監視や制御を行う広域分散制御が増えると思われる。

オブジェクト指向は、データとメソッドのカプセル化によるインタフェースの簡明化、メッセージパッシングと遠隔転送の親和性、などの性質を持つため、分散処理とオブジェクト指向は相性が良い。その一例としては、Java の“Remote Method Invocation (RMI)” [1]が

ある。これは、Java で分散処理を実現するための機構であり、通信を意識せずに分散処理プログラムを書ける、ローカルなオブジェクト呼び出しと同様な記述でリモートオブジェクトを呼び出せる、スタブおよびスケルトンルーチンが自動生成される、異機種が混合した環境でも使える、といった長所がある。

反面、Java の RMI は、リモートプロシージャコールの延長であり、非同期メッセージ通信による並行処理やメッセージ転送などの融通性は提供していない。特に、前述の peer-to-peer 型分散処理や、広域分散制御システムを開発する場合は、オブジェクトが(例えば人間のよう)自立して動作し、必要な相手には居場所に関わらず簡単に情報を送ったり、問い合わせが出来るような分散実行環境が望まれる。このような要求

Java 仮想マシン上で走る簡潔な能動オブジェクト型分散処理方式

は、自前のスレッドを持ちそれでメソッドを実行する“能動オブジェクト”を導入することにより、簡単かつフレキシブルに実現出来る [2,3,4]。

そこで、Java を活用した能動オブジェクト型の分散処理プログラム開発システムを試作した。本方式は、下記の特徴を有する。

- 能動オブジェクト機能を簡単に使える。
- 分散処理プログラムが簡明に書ける。
- JVM (Java virtual machine)の上で走る。
- 豊富な Java Class Library を活用できる。
- 簡明な分散処理言語を提供する。

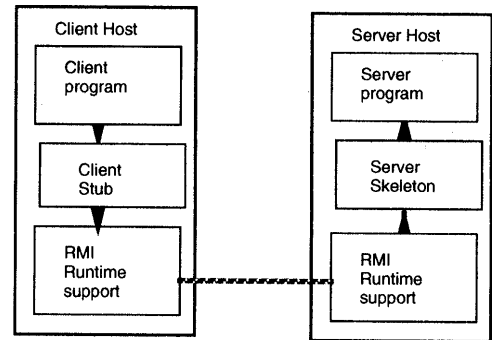


図1 Java RMI の分散処理

2 目的システムの要求条件

ここで想定している目的システムは、ネットワーク結合された多数のコンピュータ上のプログラムが、並行的に動作しながら、自由自在に他者に処理依頼メッセージを送ったり問い合わせメッセージを送ったりして、全体として高度な処理を行うシステムである。例えば、多数者が協調してデータベースを構築するためのシステム、発側と着側で対等に協調処理を行う情報端末、移動通信網の分散制御システムなどが考えられる。

このようなシステムでは、以下の機能が要求される。

分散処理 相手オブジェクトの居場所に関わらず、同等に簡単にメッセージを送れる。

並列処理 オブジェクトが並行動作できる。

自立性 オブジェクトが自立的に動作できる。

非同期通信 メッセージを送ったら、相手の処理を待たずに自分の処理を継続することも出来る。

保守性 プログラムが読みやすく保守しやすい。

3 Java RMI における分散処理

Java RMI は、図1 に示すように遠隔にあるオブジェクトのメソッドを実行時ルーチンのスタブとスケルトンを介して実行するもので、以下の機能が用意されている。

- スタブとスケルトンの両オブジェクトを介して遠隔メソッドを呼び出す“Remote Method Invocation”の機能
- スタブとスケルトンの両オブジェクトを自動生成する rmic コンパイラ
- 名前で目的の遠隔オブジェクトを探すためのネームサーバー

Java RMI は、文字どおり Remote Procedure Call の延長であり、メッセージの送信オブジェクトと受信オブジェクトとは逐次的に動作する。返答値を要求するメッセージの場合はこれでよいが、分散制御システムや並行処理システムでは、各オブジェクトを並行動作させたい場合が多く、また、メッセージを送ったオブジェクトは受信オブジェクトの応答を待たずに自己の処理を継続したい場合が多い。特に制御プログラムの場合には、各オブジェクトが並行動作する状態遷移マシンとして扱いたい。また、Java RMI で分散処理プログラムを書くためには、複雑な規則をマスターする必要があり、使いこなすには訓練がいる。

これらの要求は、§5 に述べるように“能動オブジェクト”を用いることで、容易に実現できる。

4 本研究のアプローチ

本研究の目標は以下の通りである。

- 高度な制御システムや分散システムが要求する並行処理と状態遷移マシンモデルを簡潔に実現するために“能動オブジェクト”機能を提供する。
- 難しい規則を覚えずに分散処理プログラムを書けるようにする。
- 各種の分散処理実験(多数の分散オブジェクトによるマルチキャストやネゴシエーション等)に適した融通性や拡張性を持つ。
- 異機種上で実行可能な分散システムとするために、Java 仮想マシン (JVM) の上で走るようにする。
- 豊富な機能を持つ既存の Java Class Library が利用できるようにする。
- Java よりも分かり易いプログラム言語と、その言語を Java に翻訳するコンパイラを提供する。

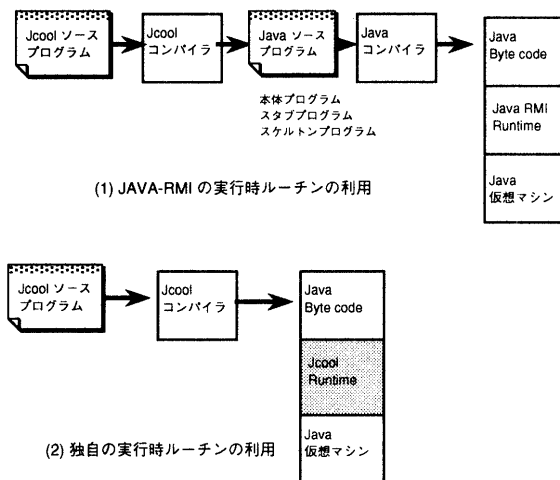


図2 段階的研究

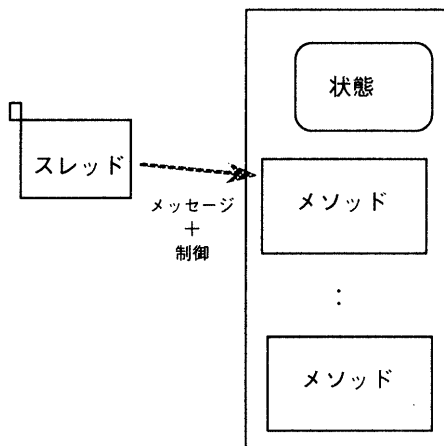


図3 受動オブジェクト

検討・開発は、以下の二ステップを踏んで行っており、本報告はこの Step 1 についてである。

Step 1: RMI 実行時ルーチンの利用 能動オブジェクト機能を新規に追加する。分散支援機能は、Java-RMI 実行時ルーチンを用いる。

Step 2: 独自の実行時ルーチンの開発 能動オブジェクト機能を新規に追加するのみならず、実行時ルーチンも Java-RMI に替るものを独自開発し、能動オブジェクトの利点をフルに生かす。

5 受動オブジェクトと能動オブジェクト

オブジェクトのメソッドは、スレッドによって実行される。ここにスレッドとは、OS や実行時ルーチンが提供している並行実行機構の事で、マルチスレッド環境下ではそのスレッド、さもなければ OS のプロセスを指す。

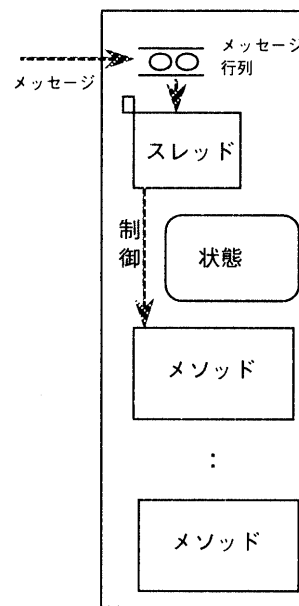


図4 能動オブジェクト

C++ や Java のオブジェクトのメソッドは、(普通にプログラムを書けば)メッセージを送った側のスレッドで実行される。C++ の典型的な環境では、OS のプロセスが最初に main() を実行し、以降のメソッドは順次このプロセスによって実行される。このようなオブジェクトのメソッドは、メッセージ送信側に従属して実行されるので“受動オブジェクト”と呼ぶことにする (Cf. 図3)。

これに対し、オブジェクトに自前のスレッドを括り付けておき、メッセージを受信したら、メッセージ送信側のスレッドではなく、自前のスレッドで該当メソッドを実行させる手法が考えられる。この手法では受信側オブジェクトが自前のスレッドを持つため、メッセージの送信側と受信側が並行処理が出来る、メッセージを待ち行列に入れておくことにより、受信側のスケジューリングで処理を実行できる、非同期メッセージ通信を実現出来る、といった特徴を持つ。このタイプのオブジェクトを“能動オブジェクト”と呼ぶ (Cf. 図4)。

このように能動オブジェクトは、関連オブジェクトに非同期メッセージを送ったり、問い合わせ(要求+返答メッセージ)したりしながら、自立的に動作するので、複数の分野別専門家が会話しながら協力して仕事を進める人間社会システムや、生体内で各組織の自立的かつ協調的な動作になぞらえる事が出来る。これに対し、受動オブジェクトは人間の制御下で動く

Java 仮想マシン上で走る簡潔な能動オブジェクト型分散処理方式

道具になぞらえられる。従って図 5 に示すように、能動オブジェクトと受動オブジェクトを使うことにより、高度の分散処理を効率を犠牲にせず、見通しよく簡単に実現できるようになる。

また、制御システムは一般に有限状態マシンとしてモデル化することが多いが、能動オブジェクトはこれにも適し、分散制御システムや peer-to-peer 型分散システムなどの実現には、特に便利である。

Java は Thread 機能を提供しているので、難解なプログラムを書くことを厭わなければ、能動オブジェクトを Java で書き下すことが出来るが、重要な機能なので簡潔に書けることが望ましいので、本システムでは明示的に能動オブジェクトクラスを導入することとした。

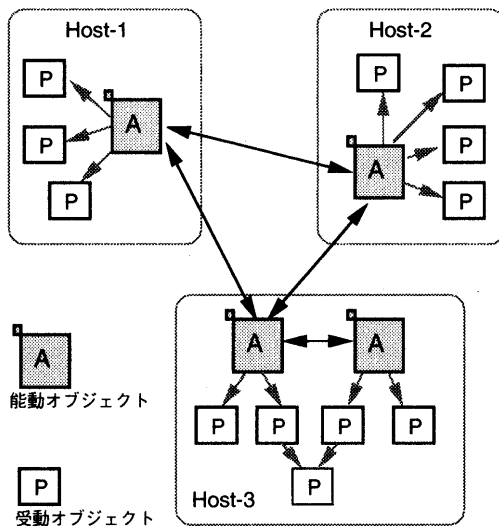


図 5 能動・受動オブジェクトによる分散処理

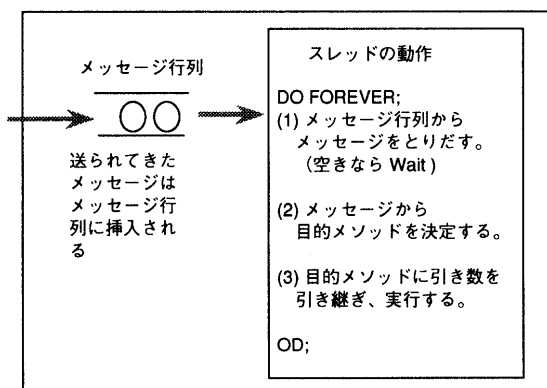


図 6 能動オブジェクト化の仕組み

6 Java 上での能動オブジェクトの実現法

図 4 で示したように能動オブジェクトの基本要素は、相手(リモート・ローカルを問わず)から送られてきたメッセージを入れておく“メッセージ行列”とそこから取出したメッセージを目的メソッドで実行するための“スレッド”である。

この機構を実現するには、図 6 に示すように、以下を実現すればよい。

1. 並行メッセージは Message オブジェクトに入れて宛先オブジェクトに届ける。ここでは、宛先オブジェクト、目的メソッドと引数(の配列)が記録されている。
2. 各能動オブジェクトはメッセージ行列Queue を持ち、送られてきた Message オブジェクトをここに挿入する。
3. 各能動オブジェクトは Engine オブジェクトを持つ。このオブジェクトはスレッドを持っており、自動的にメッセージ行列から Message オブジェクトを取出し、指定されたメソッドを実行する。
4. 実行すべきメソッドの決定は、Java の reflection 機能の getDeclaredMethod () を用いてメソッド名と引数のタイプから決定する(多少重々しいが)。

以下、この内容を具体的なプログラムを用いて説明する。

6.1 メッセージを運ぶオブジェクトの定義

能動オブジェクト宛のメッセージは次の Message オブジェクトに乗せて宛先オブジェクトのメッセージ行列に挿入される。ここにobjは宛先オブジェクト、methodは実行すべきメソッド、argsは引数の配列である。nextは待ち行列を組むためのリンクである。

[program]

```
// メッセージを運ぶオブジェクト
class Message {
    private Object obj;
    private Method method;
    private Object[] args;
    Message next;
    // コンストラクタ
    public Message (Object obj,
                    Method method,
                    Object[] args)
    { this.obj = obj;
      this.method = method;
      this.args = args;
      next = null;
    } //Message
}
```

```
// 実行メソッド
public void execute( )
    throws .....
{ method.invoke(obj, args);
} //execute
} //Message
```

実行すべきメソッドの決定は、後述(Cf. 8.6)するように、Jcool コンパイラが自動生成するスケルトンオブジェクトが Java の Reflection 機能を用いて行っている。

6.2 メッセージ行列の定義

能動オブジェクトはメッセージ行列を持つ。これは insert() と remove() のメソッドを持つ FIFO 行列である。並行処理下なので、両メソッドは synchronizedメソッドである。

remove()メソッドは、メッセージ行列が空ならば wait() を実行して待ち合わせに入る。insert()メソッドは、メッセージをメッセージ行列に挿入し、notify()を実行する。これにより、もし待ち合わせているものがあれば、それにメッセージが渡される。

[program]

```
//メッセージ行列
class Queue {
    private Message head = null;
    private Message tail = null;
    // 挿入メソッド
    public synchronized
    void insert(Message message) {
        if (tail == null) head = message;
        else tail.next = message;
        tail = message;
        notify( );
    } // insert
    // 取出しメソッド
    public synchronized Message
    remove( ) {
        try {
            while (head == null) wait( );
        }
        catch( ... ) { .... }
        Message message = head;
        head = head.next;
        if (head == null) tail = null;
        return message;
    } //remove
} //Queue
```

6.3 能動オブジェクトのスレッドの定義

オブジェクトは、Threadを拡張した以下の Engine オブジェクトによってメソッドを実行させることにより能動オブジェクトになる。Java ではスレッドは run()メソッドを実行するので、ここの中心的な動作は run()メソッドに現れている。本メソッドは、メッセージ行列から先頭のメッセージを取出し

message = msgQue.remove(),それを実行する message.execute()ことを繰り返す。

[program]

```
// 能動化のための機構
class Engine extends Thread {
    // メッセージ行列
    private Queue msgQue = new Queue( );
    // Constructor
    public Engine( ) {
        start( ); // run( )の実行を開始させる
    } //Engine
    // メッセージ行列に挿入
    public void enqueue(Object obj,
        Method method,
        Object[] args) {
        msgQue.insert(
            new Message(obj, method, args));
    } //enqueue
    // メッセージ行列から取出し実行
    public void run( ) {
        Message message;
        try{
            while(true) {
                // メッセージ行列から取出す
                message = msgQue.remove( );
                // それを実行する
                message.execute( );
            }
        }catch(....) { .... }
    } //run
} //Engine
```

6.4 能動オブジェクト化

オブジェクトは、上で定義した Engine オブジェクトを持つことにより能動オブジェクトとなる。

[program]

```
class Foo {
    // 能動化のための Engine を生成
    Engine engine = new Engine( );
    .....
    .....
    .....
}
```

メッセージの送り手は、宛先能動オブジェクトの Engine オブジェクトに enqueue() を行うと(この際に、enqueue 引数として宛先オブジェクト、メソッド、メッセージの引数配列が必要であり、メソッドを決定するために reflection 機能を使う必要があるが、これについては § 8.6 にて説明する)、Message オブジェクトが組み立てられメッセージ行列に挿入される。メッセージ行列に挿入されたメッセージは、Engine オブジェクトのスレッドによって順次とりだされ、該当するメソッドが実行される。

能動オブジェクトだけがなくて、分散処理が必要でなければ、これを使うだけでよく、次節以降に説明する分散のための機能を不要である。

Java 仮想マシン上で走る簡潔な能動オブジェクト型分散処理方式

7 言語仕様とプリコンパイラ

本稿の能動オブジェクト型の分散処理プログラムは Java で書き下すことも出来るが、そのためには相應の知識を必要とする。また Java のシンタックスは C 言語流のため (Pascal 系言語になれた人には) 読みやすくはない。そこで、簡明な分散処理言語 (仮称 Jcool) とそのコンパイラを開発した。このコンパイラは後で述べるように、Jcool ソースを Java ソースに変換するとともに、分散処理のためのスタブオブジェクトやスケルトンオブジェクトも生成する。Jcool 言語の主要構文を以下に示す。

- CLASS END; は、受動オブジェクト(つまり Java のオブジェクト)のクラス定義を意味する。
- ACTIVE CLASS END; は、能動オブジェクトのクラス定義を意味する。
- METHOD END; は、呼び出し側のスレッドで実行されるメソッド(つまり Java の普通のメソッド)を意味する。
- AMETHOD END; は、能動オブジェクトの場合に許され、能動オブジェクトのスレッドで実行されるメソッドを意味する。
- obj <- message(params) は、能動オブジェクトの AMETHOD 呼び出しを意味する。普通のオブジェクトのメソッド呼び出し Obj.message(params) と区別したのは、プログラムが人間に読みやすいためである。
- REF 能動クラス名は、能動オブジェクトを指す (refer) データを意味する。リモートオブジェクトは、Java-RMI-RTR のネームサービスを用いて lookup メソッドに URL 形式の名前を与えることで検索する。

```
VAR mate: REF Foo;
VAR obj: Object;
obj=Naming.lookup("rmi://.../Jack");
mate=AS(obj, REF Foo);
```

ネームサーバーは、見つかったオブジェクトと Object タイプとして返すので、AS(exp, type) を用いてタイプキャストを行う必要がある。

- INSTANCE:, CLASS: は、それぞれインスタンスメソッド・変数部、クラスメソッド・変数部を示す。

以下にプログラム記述例を示す。このプログラムは、例題として以降の説明に利用する。コメント (//) の数字は、後続の説明の番号を示す。

```
[program]
/*=====
 *   サーバプログラム例
 *=====*/
ACTIVE CLASS Foo; // 1
  VAR name: String;
  .....

  AMETHOD putData(v:Vector; s:String); // 2
    パラメータ v と s を持つメソッド
  END putData;

  AMETHOD getData(s:String):Vector; // 2
    パラメータ s を受けて Vector を返すメソッド
    REPLY v; // 3
  END;

  CLASS: // これよりクラスメソッド
  METHOD new(name:String); // 4
    コンストラクター
  END new;

  METHOD main(args:String[]); // 5
    VAR f1: Foo;
      f1 = new Foo(...); // 6
      Naming.bind("Jack"); // 6
    END main;
END Foo;

/*=====
 *   クライアント側のプログラム例
 *=====*/

VAR mate: REF Foo; // 7
VAR v1, ans: Vector;
.....
mate = AS(Naming.lookup("rmi://.../Jack"),
          REF Foo); // 8
mate <- putData(v1, s); // 9
ans = mate <- getData(s); // 10
.....
```

コメント番号は、以下の内容を持っている。

【解説】

1. クラス ACTIVE CLASS Foo は能動オブジェクトを定義する。
2. AMETHOD が付いた putData() と getData() は、能動オブジェクトとして実行されるメソッドであり、遠隔メッセージを受けつけることが出来る。
3. REPLY 文は返答値を返す。能動オブジェクトは並行動作しているので、内部ではスレッド間の同期とデータ転送に展開される (Cf. 9)。REPLY の後、このメソッドの実行を継続することも可能である。
4. METHOD new は、コンストラクタである。
5. METHOD main は、main メソッド (Java の) である。
6. Foo オブジェクトを生成し、それを Java-RMI のネームサーバーに "Jack" という名前で登録している。

7. “REF 能動クラス名”は、能動オブジェクトを指す (Refer) データタイプである。
8. Java-RMIのネームサーバーから目的オブジェクトを検索する。目的オブジェクトは URL 形式で指定する (rmi://slash/slash 相手ホストのドメイン名 slash オブジェクト名)。
9. 相手オブジェクトにメッセージを送る。
10. 相手オブジェクトにメッセージを送り、返答を受ける。

8 Java-RMI ルーチンを利用した分散処理

8.1 コンパイラ

先に述べたように、本システムでは Java-RMI の実行時ルーチン (以降 Java-RMI-RTR と呼ぶ) を用いて分散処理を実現する。Java-RMI は、普通の Remote Procedure Call 同様に、Client は目的遠隔オブジェクトの代わりにローカルにある “スタブ” を呼ぶ。スタブでは、パラメータのマーシャリングなどを行い、Java-RMI-RTR に依頼してメッセージパケットを目的遠隔オブジェクトが居るホストの “スケルトン” に引き継ぐ。

スケルトンは、受信したメッセージパケットからパラメータのデマーシャリングなどを行い、目的オブジェクトのメッセージ行列に挿入する。

Java-RMI では rmic コンパイラが、バイナリーコードから “スタブ” と “スケルトン” を生成するが、本システムでは 図7 に示すように、Jcool コンパイラがソースコードからスタブやスケルトンのソースコードも生成する。

Jcool コンパイラはサーバーのソースプログラムから、以下を作成する。

- (a)サーバーの Java プログラム
- (b)サーバーのインタフェース

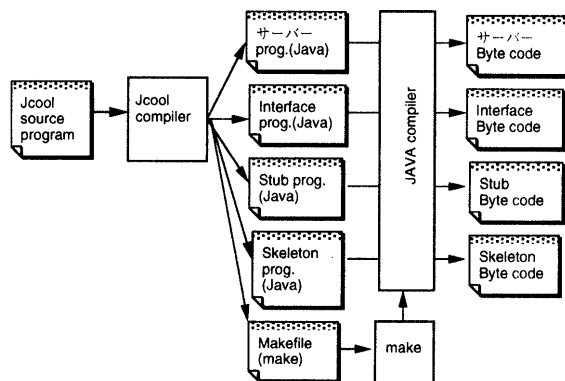


図7 Jcool コンパイラ

- (c)スタブの Java プログラム
- (d)スケルトンのJava プログラム,ならびに
- (e)makeコマンド用の Makefile

make コマンド用の Makefile も作られるので、ユーザは UNIX等の make コマンドを起動するだけで、全ての必要な Binary code が作成される。

以下の各サブセクションでは、Jcoolコンパイラが JcoolコードをどのようなJavaコードに展開するかについて § 7 の能動クラス定義 Foo を例題として、詳細に説明する。(具体的な処理内容が分かるように詳細なプログラムを付けたが、コンパイラの出力コードに関心がなければ、読み飛ばされたい。)

8.2 インタフェースの展開

JAVA-RMI-RTR では、遠隔メッセージの仕様を「java.rmi.Remote を継承したインタフェース」として定義しておく必要がある。これは CORBA の IDL (Interface Definition Language) に相当する。例題の場合は、能動オブジェクトの AMETHOD のインタフェース情報が抽出され、以下の内容のファイル Foo_I.java に展開される。

[program]

```
import java.rmi.*;
import java.util.Vector;
interface Foo_I extends Remote {
    void putData(Vector v, String s);
    Vector getData(String s);
} //Foo_I
```

8.3 能動オブジェクトサーバーの展開

§ 7 の例題で示した能動クラス定義 Foo の実際の処理部分は、以下のように展開される。

[program]

```
import java.rmi.*;
.....
class Foo extends UnicastRemoteObject
    implements Foo_I //1
{ Engine _engine = new Engine( ); //2
  String name;
  .....
  void putData(Vector v, String s) //3
  { } // 空きメソッド
  void _putData(Vector v, String s) //4
  { メソッドの内容を展開
  } // putData

  Vector getData(String s) //5
  { return NULL; }
  void _getData (String s, FO fo) //6
  { メソッドの内容を展開
    synchronized (fo) { //7
      fo.val = 返答値;
    }
  }
}
```

Java 仮想マシン上で走る簡潔な能動オブジェクト型分散処理方式

```

        fo.notify;
    }
} // _getData

public Foo (String name) //8
{   コンストラクターの内容を展開
} // Foo

public static void main (String[] args)
{   Foo f1;
    f1 = new Foo(...); //9
    Naming.bind("Jack"); //10
} // Main
} // Foo

```

【解説】

1. Java-RMI 実行時ルーチンを利用するために UnicastRemoteObject を継承し、Foo_I を implement する。
2. 能動オブジェクトにするために Engine オブジェクトを生成して、走らせておく。
3. 後で分かるように Engine のスレッドが実行するのは次の _putData メソッドであるが、Java-RMI-RTR を利用するために Foo_I のインタフェースの空実装が必要である。
4. putData(Vector, String) メッセージが到着した場合、本メソッドが Engine のスレッドによって実行される。一つのメッセージに対して空と実の両メソッドを用意したのは、返答値を返すためであり、これに付いては §9 で説明する。
5. Foo_I のインタフェースの空実装である (Cf. §9)。
6. getData(String) メッセージを処理するメソッド本体の実装である (Cf. §9)。
7. 能動オブジェクトが返答値の返すための同期用トリック (Cf. §9)。
8. コンストラクター。
9. main メソッドでは、Foo オブジェクトを生成。
10. 生成した能動オブジェクトを “Jack” という名前で Java-RMI-RTR のネームサーバーに登録。

8.4 遠隔オブジェクトへのメッセージ転送

以下は、Java-RMI-RTR のネームサーバーを用いて、クライアント側が “Jack” という名前のサーバーオブジェクト (能動オブジェクト) を検索し、得られたオブジェクトに getData() メッセージを送るプログラムである。

[program]

```

VAR mate: REF Foo;
VAR s1: String;
mate = AS(Naming.lookup("rmi://.../Jack"), REF Foo);
ans = mate <- getData(s1);

```

コンパイラは、これを以下のように展開する。

[program]

```

Foo_I mate; //1
String s1;
mate = (Foo_I) Naming.lookup("rmi://.../Jack"); //2
mate = mate.getData(s1); //3

```

【解説】

1. クライアント側では遠隔オブジェクトを識別するのに Foo ではなく Foo_I (つまりインタフェース) を用いる。この変数にネームサーバ (Naming) が設定するのはスタブオブジェクトである。
2. Java-RMI-RTR のネームサーバーは URL (Universal Resource Locator) 形式で問い合わせると、目的オブジェクトに対応するスタブを返す。“(Foo_I)” はタイプキャストである。
3. この mate は目的の遠隔オブジェクトではなく、スタブオブジェクトであり、ローカルなメソッド呼び出しである。

8.5 スタブプログラム

Jcool コンパイラは、以下の内容のスタブプログラムを生成する。

[program]

```

/*****
 *      Foo_Stub.java
 *****/
import java.rmi.*;
import java.rmi.server.*;
import java.io.*;

public final synchronized class Foo_Stub //1
    extends RemoteStub // 2
    implements Remote, Foo_I // 3
{
    .....
    .....
public Foo_Stub (RemoteRef ref)
{   super(ref);   }

public void putData(Vector v, String s) //4
{
    ... putData 用スタブ .....
} // putData;

public Vector  getData(String s) // 5
{   RemoteCall rcall; // 6
    try {
        rcall = ref.newCall(...); //6
        ObjectOutput out
            = rcall.getOutputStream(); //7
        out.writeObject(s); // 8
        ref.invoke(rcall); // 9
        ObjectInput in
            = rcall.getInputStream(); //10
        Vector _ans
            = (Vector) in.readobject(); //11
        rcall.done();
    }
}

```



```

        return _ans; // 12
    } catch (....) { .....
        .....
} // getData;
.....
.....
} // Foo_Stub

```

例えば Client プログラム が遠隔オブジェクトに `getData()` メッセージを送ると、スタブプログラムの `getData` メソッドが実行される。ここでは、以下のように処理が進む。

【解説】

1. `Foo_Stub` はクライアント側の仲介をするスタブオブジェクトである。
2. スタブオブジェクトは Java RMI の規定により、`RemoteStub` を継承する。
3. 同理由により、`Remote` と `Foo_I` を implement する。
4. `putData()` のスタブルーチンである。
5. `getData()` のスタブルーチンである。以下では、この動作を述べる。
6. `RemoteCall` オブジェクトは、Java-RMI-RTR がメッセージを宛先ホストに伝えるためのオブジェクトである。「`rcall = ref.newCall(...);`」により、`RemoteCall` オブジェクト `rcall` が用意される。
7. 引数を転送するための `ObjectOutput` オブジェクトを用意する。`ObjectOutput` は、`writeObject()` を呼び出すだけで、繋がった一群のオブジェクトグラフをシリアライズして送り出す機能をもつ。
`ObjectOutput out = rcall.getOutputStream();`
8. そこに引数を書き込む。本例では引数は `String` 型であるが、Java の `serialization` 機能により複雑な一群のオブジェクトグラフも同様にして送ることができる(`out.writeObject(s);`)。
9. 相手ホストに配送する(`ref.invoke(rcall);`)。
10. ついで、相手からの返答値を受ける `ObjectInput` を用意する。
11. 応答値を `deserealize` して、読みだす。
12. 応答値をクライアントに戻す。

8.6 スケルトンプログラム

上記で配送されたデータは、Java-RMI-RTR により、サーバー側のスケルトンオブジェクトに渡される。Jcool コンパイラは、次の内容のスケルトンオブジェクトを生成する。

[program]

```

/*****
 *   Foo_Skeleton.java
 *****/
import java.rmi.*;
import java.rmi.server.*;
import java.lang.reflect.*;
import java.io.*;

public final synchronized class Foo_Skeleton //1
    implements Skeleton // 2
{
    .....
    .....
    public Foo_Skeleton ( )
    {
        super( );
    }

    public void dispatch (Remote rmote,
        RemoteCall rcall, int opcode, long hash) //3
    {
        Foo targetObj = (Foo) remote; // 4
        switch (opcode) { // 5
            case 0: // putData
                .....

            case 1: // getData
                try {
                    ObjectInput in
                        = rcall.getInputStream( ); // 6
                    String s
                        = (String)in.readObject( ); // 7
                    rcall.releaseInputStream( );

                    FO fo = new FO( ); // 8
                    Class targetClass
                        = targetObj.getClass( ); // 9
                    Object args[ ]
                        = new Object [ ] {s, fo}; // 10
                    Class argclass[ ]
                        = new Class[ ] {String.class, FO.class};
                        // 11
                    try {
                        Method method
                            = targetClass.getDeclaredMethod
                                ("_getData", argclass); // 12
                        targetObj.engine.
                            enqueue (targetObj, method, args);
                            // 13
                    } catch (....) {.....}

                    synchronized (fo) {
                        try { fo.wait( ); // 14
                            } catch (...){.....}
                        Vector _ans
                            = (String)fo.value( ); // 15
                        ObjectOutput out
                            = rcall.getResultStream(true);
                            out.writeObject (_ans); // 16
                    }
                } catch (....){.....}
                return;
                .....
            } // switch
        } // dispatch
        .....
        .....
    } // Foo_Skeleton

```

まず、引数を受信するために `ObjectInput` オブジェクトを取出し、そこから `readObject()` メソッドにより引数を `deserealize` して読みだし、目的オブジェクトを呼び出す。

Java-RMI-RTR により、Client Stub から情報が引き継が

Java 仮想マシン上で走る簡潔な能動オブジェクト型分散処理方式

れ、Server Skeleton の dispatch メソッドが起動される。

【解説】

1. Foo_Skeleton はサーバー側の仲介を行うスケルトンオブジェクトである。
2. Foo_Skeleton は Java-RMI-RTR を使うために `java.rmi.server.Skeleton` を継承する。
3. Java-RMI-RTR はクライアント側からメッセージを受信すると、その内容を `dispatch()` に引き継いでくれる。
4. Java-RMI-RTR は目的オブジェクトを `remote` に設定する。
`Foo targetObj = (Foo)remote;`
5. `getData` 用の処理に飛ぶ。
`Switch (opcode) { ... case 1: ... }`
6. 引数受信用オブジェクトを用意する。
`ObjectInput in = rcall.getInputStream();`
7. 引数を `deserialize` して読み出す。
`String s = (String)in.readObject();`
8. これは能動オブジェクトが返答値を返す時の同期をとるためのトリックであり、§9で説明する。
9. 以下の数ステップはReflectionを用いて目的メソッドを検索する。先ず `Object.getClass()` により目的オブジェクトのクラスを求める。
`Class targetClass = targetObj.getClass();`
10. 目的オブジェクトに引き継ぐ引数の配列を作る。
`Object args[] = new Object[] {s, fo};`
11. 引数のクラス情報の配列を作る。
`Class argclass[] = new Class[] {String.class, FO.class};`
12. 目的メソッドのクラスに、メソッド名と引数のクラス情報の配列を引数とする `getDeclaredMethod()` を送ると、目的のメソッドが求まる。
`Method method = targetClass.getDeclaredMethod("_getData", argclass);`
13. 相手オブジェクトのEngineオブジェクトに対して `enqueue` (オブジェクト、メソッド、引数の配列) を実行すると、Message オブジェクトが生成されメッセージ行列に挿入される。あとは、サーバーオブジェクトのスレッドにより自動的に実行される。
`targetObj.engine.enqueue(targetObj, method, args);`
14. これらは能動オブジェクトが返答値を返す時の同期をとるためのトリックであり、§9で説明する。

9 返答を要求する非同期メッセージの実現

能動オブジェクトは互いに並行動作できる。能動オブジェクト宛のメッセージは非同期メッセージであって、送信側は受信側の処理を待たずに自己の処理を続行できる。しかし、しばしば能動オブジェクトに返答を要求するメッセージを送りたいことがある(例えば分散ネームサーバーへの問い合わせ)。この場合には、返答値を引き継ぐために両方で同期をとる必要がある。

このために、並行プロセス間で返答値を引き継ぐためのいわゆる“Future Variable”の手法を組み込んだ。

サーバー側マシンにおいて、スケルトンプログラムがクライアント側の代役であり、Java-RMI-RTR が提供するスレッドで実行される。

スケルトンプログラムは、目的の能動オブジェクトにメッセージを引き継ぐ際に、以下の内容の Future Object “fo” を一緒に渡す。

[program]

```
class FO // Future object
{
    Object val;
    public Object value(){ return val; }
}
```

そして、スケルトンプログラムは次のように `fo.wait()` を実行して、返答が返るのを待つ(もし、既に返答が届いていれば、待たずにそれを受け取る)。

[program]

```
/*===== スケルトン側 =====*/
FO fo = new FO( );
.....
宛先能動オブジェクトのメッセージ行列に
メッセージを挿入する。
.....
synchronized (fo) {
    try {
        fo.wait( );
    } catch ( ... ) { ... }
}
String ans = (String)fo.value( );
```

サーバーオブジェクトでは、返答値が用意できるとその値を Future Object に設定して、`fo.notify()` を実行し、相手に処理完了を通知する。サーバーオブジェクトは、その後で更に自己の処理を続けることも可能である (return文との違いに注意)。

[program]

```
/*===== サーバー側 =====*/
void _getData(String s, FO fo)
{
```

```

.....
synchronized (fo) {
    fo.val = 返答値;
    fo.notify( );
}
}

```

詳細なコードは、§ 8.3と § 8.6を参照されたい。

10 次ステップ：独自の分散処理用実行時ルーチンの開発

本報告で試作したシステムでは、分散処理用実行時ルーチンとして Java-RMI-RTR を使用しているので、分散処理の機能は Java-RMI の制限を受ける。

今後の分散処理としては、例えば下記のように多数の分散オブジェクトが参加した更にフレキシブルな機能が要求される。

- 多数のオブジェクトが対等に通信しあう peer-to-peer型処理。
- 多数のオブジェクトが自在に会話しあうグループ型処理。
- オブジェクトの他ホストへのマイグレーション。
- 多数オブジェクト間でのフレキシブルなネゴシエーション処理。
- 応用分野毎にチューニング可能な使いやすいネームサービス。
- 目的オブジェクトを名前ではなく、その属性などから検索してくれる高度のトレーディングサービスの実現。
- 障害時に自動的に代替えホストに切り替えるなどの障害処理。

これらを実現するには、既成の Java-RMI-RTR では無理であり、新たな分散処理用実行時ルーチンを開発する必要がある。

Java-RMI-RTR の大きな役目の一つは、クライアント側オブジェクトを実行するためのスレッドの提供である。ところが、能動オブジェクトは自前のスレッドを有しているので、分散処理用実行時ルーチンはスレッドを提供してやる必要は無く、分散ホスト間でメッセージを転送する機能だけを提供すればよいので、もっと簡略化とフレキシブル化ができる。

現在、独自の分散処理用実行時ルーチンの開発を進め、基本機能の確認を行っているが、実行時ルーチンが非常に簡便化されるのみならず、システム全体の融通性も飛躍的に改良できることが確認されつつある。これについては別途報告することとした。

11 おわりに

既存の分散処理プログラム開発支援ツールとしては、CORBA [5], HORB[6], Java-RMI 等がある。これらは受動オブジェクトによる Client-Server 型分散処理が中心である。CORBA は既存資産を活用して分散システムを開発するには便利であるが、オブジェクト指向の優位性はあまり活かされていない。HORBは、Java-RMI に先んじて Java 上での分散処理を実現したもので、受動オブジェクトによる分散処理としては、その先行性ととも評価される。Java-RMI は、SUN Micro お墨付きの Java 分散処理方式であり、Client-Server 型分散処理には安心して使える。勿論、これらを使いこなすには相応の訓練が必要である。

今後は、Client-Server 型に留まらず各種の分散処理形態が必要となろう。たとえば peer-to-peer 型分散処理や広域分散制御システムには、個々のオブジェクトが自立的に動作し、お互いに自在に会話できる事が望まれる。このような分散システムの構築には、本稿で述べたような能動オブジェクトをベースとした分散システムが有効と思われる。

本報告のシステムは、以下の特色を有する。

- 能動オブジェクトによる効果的な並列処理
- 簡潔な分散処理プログラムが書ける
- 豊富な Java Class Library の活用が可能
- JVM上で走るのターゲットマシンを選ばない
- 分散オブジェクト間で複雑に繋がったオブジェクトグラフを引き継ぐことが出来るので、高度な処理が可能

本報告では、分散処理実行時ルーチンとして Java-RMI のものを利用しているが、専用の実行時ルーチンを開発することにより、更にフレキシブルで高機能な分散システムとすることも可能であり、これについては現在進行中なので別途報告する。

参考文献

- [1] JavaSoft, "Remote Method Invocation specifications", <http://www.javasoft.com/>
- [2] Yonezawa, A. et al., "ABCL: An Object-Oriented Concurrent System", *The MIT Press, 1990.*
- [3] Maruyama, K. et al., "A Concurrent Object-Oriented Switching Program", *IEEE Comm. Magazine*, Vol.29, No.1 (1991).
- [4] Maruyama, K. et al., "Concurrent Object-Oriented Language COOL", *ACM Sigplan notices*, Vol.29,

Java 仮想マシン上で走る簡潔な能動オブジェクト型分散処理方式

No.9, 1994

[5] CORBA 関連情報, <http://www.omg.org/>

[6] HORB home page, <http://ring.etl.go.jp/openlab/horb>

研究論文

自律型人型サービスロボットにおける情報モデリング — 認知科学に基づく知識モデリング —

Knowledge Modeling Based on Cognitive Science for Autonomous Human-Type Service Robot

学術情報センター 上野 晴樹

Haruki UENO

National Center for Science Information Systems

要旨

本論文は、人との共生を目指す自律型人型サービスロボットHARISの実現における新しい情報モデリング、すなわち認知科学に基づく知識モデリング、を提案している。我々は、ここで提案するアプローチで実際に実験システムとして自律型人型サービスロボットHARISを研究開発し、その有効性を実験室レベルで実証した。HARISロボットは、ロボットアーム本体であるHARISアームとソフトウェアシステムであるHARISシステムから構成されている。HARISアームは、それ自身がコンピュータ制御機構を内蔵したローカルインテリジェントシステムである。これによって、自律性を実現するソフトウェアの負担は大きく軽減されている。一方、HARISシステムは、3Dビジョン、作業計画、行動計画、ロボットインタフェース、ヒューマンインタフェースおよび2つの知識ベースから構成されている。知識ベースは、環境理解および記述のためのワールドモデルと、作業計画、行動計画のためのタスクモデルである。HARISシステムの大きな特徴は、人が行っているように言葉によって環境を表現し、作業計画を立て、行動制御することである。距離の測量結果や数学的なアルゴリズムは表現レベルから隠蔽することによって、言葉の世界でロボットと人が対話できる枠組みを提案している。また、このようなシステムの開発に適したプラットフォームであるフレーム型知識工学環境ZERO++も同時に開発し、分散協調エージェントモデルとして効率良く実現するソフトウェアの枠組みを実現した。

ABSTRACT

This paper describes the background concepts and key methodologies of the on-going robotic project, i.e., the autonomous human-type service robot HARIS, especially knowledge-based information modeling based on Cognitive Science. The HARIS robot consists of two parts, which are the HARIS arm and the HARIS system. The HARIS arm is a robot arm itself which consists of 5-finger hand with 17 d.o.f. and 3-joint arm with 8 d.o.f., and has local intelligence for manipulations with 178 tactile sensors. The HARIS system, a software system which realizes high-level intelligence, consists of a 3D vision, an intelligent task scheduler, an intelligent motion scheduler/controller and two knowledge bases, i.e., the world model and the task model. The world model maintains the knowledge to understand an environment by model-based vision and create the mental image of it. The task model maintains the knowledge on the primitive tasks to generate a sequence of tasks to achieve a request at verbal level. The important characteristic of the HARIS system is that the vision and task scheduling method is based on Cognitive Psychology, i.e., a human's way of vision and scheduling is applied. The current system receives a request such as "Put a red cup onto a white tray", understands an environment, generates a task sequence at verbal level such as "reach", "grasp", "lift", etc., and generates a sequence of commands to control the robot with simple monitoring. The long range goal is to provide a paradigm for human-robot symbiosis. The frame-based software platform ZER++ plays an important role in developing the HARIS system.

自律型人型サービスロボットにおける情報モデリング — 認知科学に基づく知識モデリング —

[キーワード] 自律ロボット、サービスロボット、人型ロボット、知識工学、認知科学、プラットフォーム、知識モデリング、ロボットビジョン、作業計画

[Keywords] autonomous robot, service robot, human-like robot, knowledge engineering, cognitive science, software platform, knowledge modeling, robotic vision, task planning

1 はじめに

情報技術の進歩に支えられて今日のロボットは大幅な進歩を遂げ、産業界を中心として広く普及しつつある。特に産業用ロボット(industrial robots)は生産の信頼性とコストダウンをもたらし、製造システムに変革を与えた。しかし、この種のロボットは特定の単純動作を繰り返すのみであり、正確かつ機能的ではあるが知的ではない。対象物の認識や障害物の回避などの、ある程度の知的機能の付加は当面の実現目標であるようであるが、コスト、速度、信頼性等の面から技術上の障壁は極めて高いことが指摘されている。

一方、この対極として、人のようなロボットを実現することは、ロボット研究者の永年の夢である。最近ヒューマノイド(humanoid)と呼ばれる人の動作や機能をデモする人間型ロボットの研究が盛んになり [7]、一般社会から興味を持って見られている。この種のロボット研究は、その成果が直ちに有用であるというよりも、研究を通してロボット技術分野にテクノロジーブレイクスルーをもたらす可能性を期待すべきものと言えよう。ヒューマノイドロボットは、機械工学、電気・電子工学、情報通信工学、人工知能、マルチメディア技術、心理学、哲学等の統合システムといえるものであり、夢を追いかけるといふ楽しさの反面、人と資金と環境が満たされなければこの研究に参加できないという制約がある。

我々の研究対象であるサービスロボットは、人のサービスを目的とするロボットである。特に高齢者や障害者を対象とするサービスロボットは、高齢化社会の到来を目前に控えていることもあって、社会的要請が高まりつつあり、90年代に入って研究が盛んに行われるようになった [6,7]。サービスロボットは人に代わって人のサービスを行うことが求められるので、人との対話や協調が必要であり、人との共生が将来の目標である。したがって、知的な機能は不可欠となる。ヒューマノイドロボットとの共通部分も少なくないが、サービスを目的とするという点において具体的な研究目的はかなり異なったものとなる。

さて、我々は、7年余前から自律型人型サービスロボット HARIS(Human-type Arm Robot with Intelligence for

Service)の研究開発を行って来た [16,17,18,19]。このロボットは、机上における簡単な作業を人に代わってサービスする。未だ全体が完成するところまでには至っていないが、実験システムを通して我々の概念とアプローチが適切なものであることをある程度実証できたものと考えている。HARIS ロボットの特徴は、“人型”であることと“自律型”であることに特徴があるが、更に、“認知科学 (Cognitive Science)”の概念に基づく知識処理技術によって自律性を実現していることが重要なポイントであると考えている。ここでいう認知科学的とは、人の心の中で行われる心理的思考の“ふるまい”を参考としてモデル化しているという意味である。特に、Minsky のフレーム理論 [9] を参考としてモデリングしている。

HARIS ロボットは、ロボット本体(HARIS アーム)とソフトウェアシステム(HARIS システム)から構成されている。HARIS システムは、簡単な状況下で、人の依頼、たとえば「赤いコップと青いコップをを白いトレイに置いてくれ」に基づいて、依頼を理解し、作業目標を立て、環境を理解し、作業計画を立て、行動計画を立て、ロボットコマンドを生成して、それを遂行する、ことを自律的に行う迄に至っている。一方、HARIS アームは、メカニカルな機構部分が完成し、基本的なアームの運動がコンピュータ制御によって可能であるが、ハンド部の制御機構が未完成であり、物体の把持を旨く行うまでには至っていない。従って、HARIS アームの代わりに、市販のロボットアーム(MOVEMASTER)を使って実験した。HARISアームとの結合は、今後の課題である。

本研究の一部に非常に良く似てかつ有名な Winograd の SHRDLU [21] がある。これはロボットの研究ではないが、自然言語理解の研究を、例えば“Pick up a red block”というように、積み木の世界を対象とした積み木操作に関する対話を使ってデモしている。その結果をCGを使って表示している。従って、あたかもロボットと対話しているかのようである。我々の研究は、自律型人型サービスロボット全体をシステムとして実現しているところにあり、対話はその一部に過ぎない。

本論文では、詳細な実現技術ではなく、HARIS ロボットにおける情報モデリング、特に、認知科学の考え方に基づく知識モデリングの概念とアプローチについて、我々の問題意識と実現法を中心に議論する。また、ワールドモデルと呼ばれる知識ベース手法に依って関連技術が旨く統合化されていることを述べる。最後に、今後の課題について論ずる。

2 サービスロボットにおける認知科学的アプローチの重要さ

人は、たとえば「赤いコップを白いトレイに置いてくれ」と依頼されると、先ず目で環境を理解し、次に「掴む」とか「持ち上げる」のような言葉(動詞)を心の中に想起してそれらの組み合わせで作業計画を立て、それを1つずつ行動に移して作業を実行する。このような状況において、人が人に依頼したときは、依頼者は行為者(被依頼者)の手の動作を眺めることによって、行為者の考えていることや行動の意図をごく自然に推量することができる。もし異なったコップに手が伸びつつあると、「それではない」と言うことによって、行為者の勘違いを指摘し、行動を訂正させることができる。そのコップに手を伸ばしつつあるということは、明らかにそのコップを掴もうとしていることであり、その行動の途中で「それではない」と言われたら、間違ったコップを掴もうとしていることを指摘されたら容易に意図を理解できるはずである。そこで行為者は、正しい目標に切り替えたり、確認のために聞き返すこととなる。

人が人をサービスする場合のように、ロボットが人をサービスする場合も、このような対話が極く自然に出来なければ、依頼者のフラストレーションは高まり、ロボットを拒絶するであろう。人とロボットが同じ様なやり方で依頼を理解し、環境を理解し、作業を計画し、行動すれば、人から見てロボットの行為を自然に理解でき、ロボットも人の依頼や指摘を適切に理解できるはずである。つまり、ロボット(コンピュータ)側から見ても人の依頼や指摘が理解し易く、人側から見てもロボットの行為やその目的や意図が理解し易くなるわけである。

サービスロボットは人との共生を前提としているので、人との自然なコミュニケーションが不可欠となる。我々が「認知科学」的なアプローチを選んだ理由は、正にここにある。現在の HARIS システムの能力は未だ未熟であり、自然な意思の交流には程遠いが、

我々は適切なアプローチを選択していると信じている。しかし意外なことに、このような視点からロボット研究を行っている研究者は非常に稀であり、少なくとも我が国には見当たらない。調査が不十分なために断言は出来ないが、外国にも殆ど存在しないようである。

環境の理解(3次元ロボットビジョン)についても、認知科学的アプローチが有効であり、我々はモデルベース・ビジョンと組み合わせて採用している。我々は理解結果の記述モデルをワールドモデル(world model)と呼んでいるが、これは視覚によって生成された環境に関する心理学的イメージという考え方である。これについてはビジョンとワールドモデルの項で述べる。

認知科学的モデリングによって、基本的な状況記述は言葉による記号的表現となり、タスク計画も言葉のレベルで行うことができ、技術的な実行アルゴリズムや距離測定および制御パラメータは、少なくともモデリングのレベルからは隠すことができ、人や知識処理から見て極めて分かりやすくすっきりしたものになったと考えている。このアプローチは最近流行している条件反射の概念に基づくセンサーベースのロボット制御 [4] とは対照的である。ただし、対象物の5指ハンドによる把持や、障害物を避けて多関節アームを制御し手を目標位置に持って行く行為などはセンサーベースに基づくローカルな知的制御で実現する枠組みとしている [10]。つまり、HARIS ロボットは、抽象レベルでは認知科学に基づく知識モデリングによって実現され、行動レベルではセンサーベースに基づくエージェント型アルゴリズムによって実現されている。我々の主張は、人との共生を目標とする自律型人型サービスロボットに於いては、認知科学に基づく知識モデリングが極めて重要であるということであり、このことを実証することが本研究開発プロジェクトの重要な目的であり、基本的には達成できたと考えている。将来の産業用ロボットでもこの様な枠組みは重要になるはずである。産業の色々な局面で人とロボットが協調する場面が見られることが、このアプローチの必要性を物語っている。

自律型ロボットは色々なモジュールが適切に組み合わせられて機能することが必要であり、これをソフトウェア技術として実現するプラットフォームが不可欠である。我々は、以前開発した対象モデルに基づくエキスパートシステムの研究で利用した知識工学環境

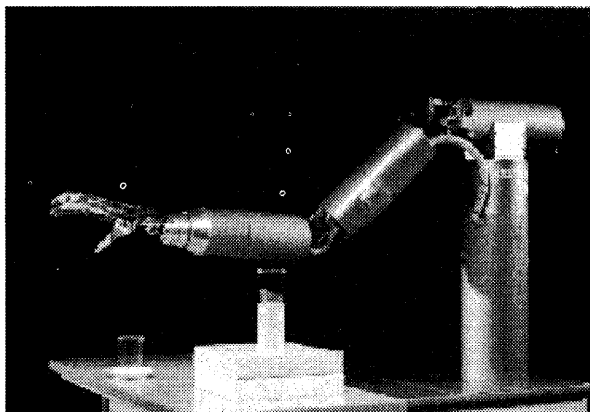


図1 人型ロボットアーム (HARIS アーム) の外観

ZERO [5] をベースに、リアルタイム処理に適応できるように C++ で実現し拡張したプラットフォーム ZERO++ [15] によって達成した。

3 HARIS アームの概要

ここで簡単に HARIS アームの概要を述べる。

本ロボットアームの最大の特徴は、人型のアーム／ハンドロボットであることである。人の腕と手は、構造、形態、機能のいずれの面から見ても、ロボットの一つの理想的目標である。柔軟かつ独立にしかも協調的に動く 5 本の指、色々な物を巧妙かつ適切な力で把持する機構、視覚を補い形状や材質を認識しかつ把持を柔軟に実行する触覚センサ、手の働きを補いかつ作業域を広げる手首と腕。これらは見事な機構と調和である。人型ロボットアームによって、ロボットの作業能力は飛躍的に向上するはずであるが、これまでのところ内外を問わず研究例は殆ど見られない。メカトロニクス・システムとしての設計・製造および制御が極めて困難であることが最大の理由であると考えられる。これに加えて、必ずしも人と同じ機構が必要ではないという理由も挙げられよう。我々の目標は、各種の手作業を行わせる作業ロボットも視野に入れているが、それよりも障害者や高齢者の補助を含み、人との協調作業を行う為のサービスロボットにある。人が人をサービスする代わりとしてロボットアームがサービスをするという想定である。可能な限り人の腕と手に近づけたいというのは素朴な研究者としての興味でもある。認知科学的アプローチと組み合わせて、人型ロボットアームを本研究で選択した由縁である。

ただし、本物の人間の手は極めて巧妙に出来ており、その機構と機能をメカトロニクス的に実現するこ



図2 HARIS ハンドによる円筒物把持の例「つかむ」

とは不可能である。更に、対象物の識別能力や絶妙な手指の動作は、脳の働きを抜きにしては理解できない。本研究における我々の目的は、人の手を忠実に再現することではなく、人の手(と腕)を参考にして可能な範囲で実現することである。したがって我々の手は、機構的にかなり簡略化されたものであり、機能的にも当然制限が強いものであるといえる。しかし、それでも広く普及しているマニピュレータに比べると、人の手との類似性が非常に高い。人工知能の研究でもそうであるが、人型ロボットの研究を通して人間の機構と機能を究明する手がかりを得ることが可能となる。これも重要な意味を持っていると考えている。

さて、我々のロボットアームは、8 自由度を持つ 3 つのアームと、17 自由度を持つ 5 指ハンドから構成されており、合計 25 の間接を持つ(図1)。肩部は旋回動作機構を持ち、第 1 および第 2 アームは高トルクを持たせるために 3 つのバー／リンク機構で構成され位置制御を容易にするためにユニバーサルジョイントで結合されており、上下・左右の動作を行う。第 3 アームは、手首の働きをさせるために、回転動作と屈折動作が出来るようになっている [11]。ハンドの各指は、3 つの関節を持ち、各 1 個のマイクロモーターで包むような曲げ動作を行うように出来ている。特に親指は、先ず横方向に回転してから包むように湾曲する機構を持っている。また、人さし指と中指は第 1 関節が横方向にも最大 20 度まで動き、タバコを挟むように把持することも出来る。

更に、これらの指の対象物との接触面には合計 178 個の触覚センサがダイヤモンド型に配置されている。これらのセンサは、ON/OFF に加えて、経時的な変化パターンから、認識アルゴリズムによって滑りとその向

きを識別し、把持制御にフィードバックされる。したがって、簡単な制御で、卵を割らずにつかむ、空や水の入った紙コップを旨く持ち上げる、卓上の鉛筆を挟むようにして捨てる、などの把持動作を埋め込み型のマイクロプロセッサによって、ローカルにかつ自律的に行うことが出来る。アーム部は別のマイクロプロセッサによって制御される。

つまり、我々のロボットアームは、基本的な手作業に関するローカル・インテリジェンスを持つので、ビジョン、計画、制御が高レベルかつ単純化される。我々は、人が行うように、言葉レベル(動詞)での作業計画を行えるように、掴む、挟む等の基本把持形 (holding types) や、手を延ばす、把持する、置く等の基本作業 (primitive tasks) を定義した。図2に5指ハンドによる“つかむ”動作の例を示す。

4 言葉による依頼と作業計画・実行のイメージ

自律型サービスロボット HARIS は、高齢者や障害者の簡単な机上作業を人に代わって支援するためのサービスロボットとして位置づけている。例えば、食事をする時、テーブルの離れた位置にあるコップやナイフを手前に持ってくる作業のようなことである。ここで、HARIS がどんな形式で人から作業依頼を受け取り、それをどのように実行するかを、前に示した簡単な例題を使って説明する。テーブル上に複数のコップやトレーが置かれているとし、依頼者の手が届かない位置のコップを届く位置にあるトレー上に移してほしいと思っているとしよう。

そこで、依頼者が、「赤いコップを白いトレーの上に置いてくれ」と依頼すると、非依頼者(つまり HARIS ロボット)は、まず依頼を理解する。具体的には、操作対象“赤いコップ”を、目標対象“白いトレー”の位置関係

“上”に、目標作業“置く”を実行することであると理解する。これは簡単な自然言語理解の手法である格文法を使って容易に実現できる。次に、目(3Dビジョン)で環境を理解する。つまり、テーブル上に置かれている複数のコップやトレーを認識し、それらの位置とお互いの位置関係を理解し、(ロボットの)頭の中にイメージとして描く。正確なイメージを描くには、各対象物を間違いなく認識することと、その配置を正確に計測することが必要である。対象物理解には、知識を使った画像理解つまりモデルベースビジョン (model-based vision) の手法 [12] が、また距離測定には三角測量の手法が用いられている。理解結果を頭の中のイメージとして描く方法としては、ワールドモデル (world model) という概念と手法が用いられている。ワールドモデルは、シーンや対象世界を表現するための知識ベース (knowledge base) の一種である。ここまでで依頼の理解と環境の理解が完了したことになる。ワールドモデルには“赤いコップ”、“白いトレー”、“左に”、などの言葉で記述されており、ロボットハンドの動作制御のために計測された数値情報が付加される。

次に、依頼の実行に移る。それには、まず作業計画 (task scheduling) を行う必要がある。HARIS は、我々人間が日常使っている言葉(他動詞)のつながりとして、作業計画を行う。つまり、“手を延ばす”とか“掴む”等の基本動詞(つまり基本作業)の組み合わせとして、作業の適切な手順を決める。これらの基本作業に関する知識は、タスクモデル (task model) と呼ばれる別の知識ベースによって管理されており、その中から条件によって選択して組み合わせられる。手法としては、制約に基づく目標指向型スケジューリング (goal-oriented scheduling) と呼ばれる方法の一種である。本システムでは、各基本作業 (primitive tasks) に、前作業、後作業、

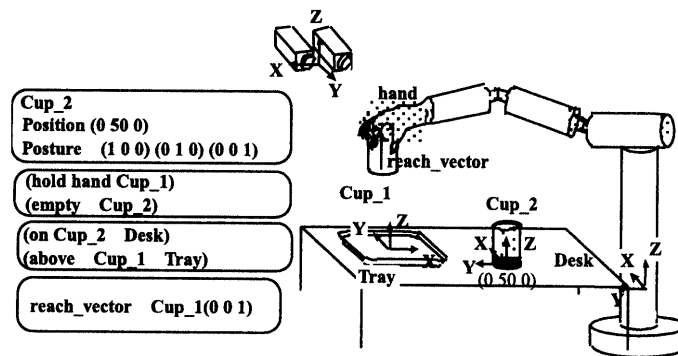


図3 作業状態におけるシーンの記述例

自律型人型サービスロボットにおける情報モデリング— 認知科学に基づく知識モデリング—

開始条件、終了条件等がその作業の制約として指定されており、たとえば目標作業である“置く (put)”を成立させるために、その前作業である“移動する (carry)”が必要となり、それが更に“持ち上げる (lift)”を必要とし、それが“把持する (hold)”を、それが“手を近づける (reach)”を必要とする。ここで、“手を近づける”には、前作業の条件がない、つまり開始作業を意味する。同様に、“置く”の後作業が、“放す (release)”、“手を戻す (leave)”となり、これには後作業の条件が無いので、作業の終了と判断される。このようにして、依頼を実行するための一連の基本作業が生成される。ただし、途中で作業を中止したり、別の作業に移ったりすることが起こるので、これに対応する機構が必要となる。また、トレー上に別のものが既に置かれている場合には、それを移動してからコップを置く必要があるなど、状況によって作業計画は異なってくる。

次に、作業の実行は、計画された作業リストから一つずつ基本作業を取り出して、別に決められている基本動作 (primitive actions) の組み合わせとして、ワールドモデルに記述されている環境情報を参照しながら、ロボットハンドの移動経路 (path) を決め、その経路にしたがってハンドが移動するようにロボットに制御

命令を送り、制約条件との照合を取りながら作業を実行して行くこととなる。たとえば、“把持する”の開始条件が満たされる位置にハンドが来れば、把持作業に切り替わることとなる。ここで、どんな把持法を選択するかは、対象物に合わせてロボット自身が自律的に決定する。たとえば、“取っ手”のあるコップと無いコップの把持法は異なる。これに必要な情報は、ワールドモデルの中の機能対象モデル (functional object model) 中に把持知識として記述されているので、明示的に与える必要はない。依頼された人が適当に判断してコップを掴むように、HARIS も対象物の形状や性質によって掴み方を変える。このようにして、各作業を一つずつ実行することによって、与えられた依頼を遂行することができる。

以上に述べたように、依頼文には具体的な手順や把持法は何も含まれていないが、HARIS は自分で判断して実行することができる。つまり、HARIS は、依頼を理解し、環境を理解し、目標を決め、それを実行する手順を考え、適切な行動によって、依頼を遂行するわけである。図 3 に、作業中の環境記述の概念図を示す。続く章で、このような機能を如何にして実現しているかを概説し、知識モデリングの概要と役割を説明する。

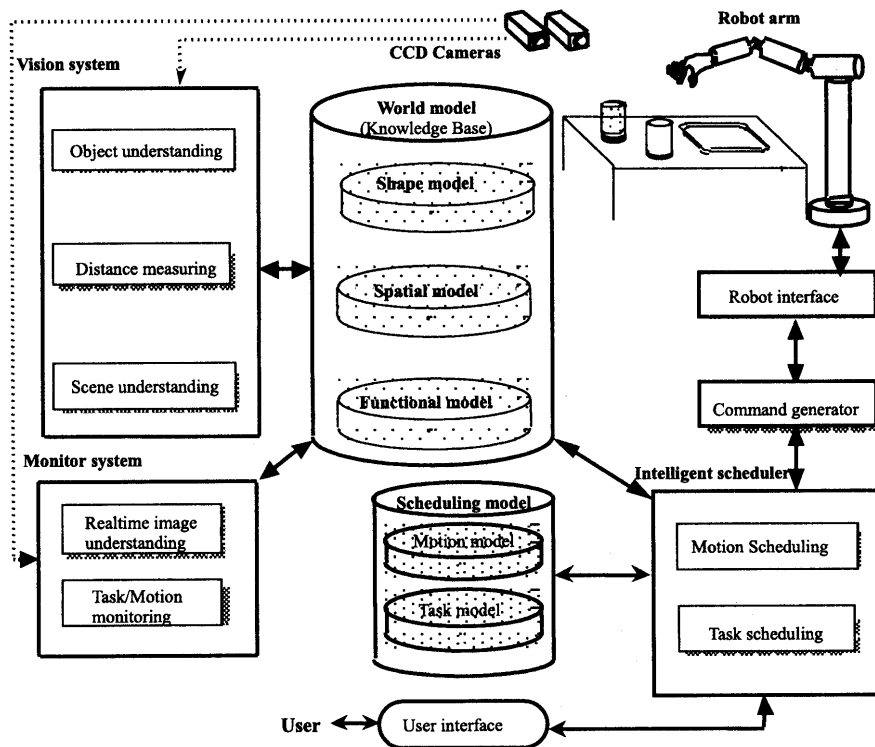


図 4 HARIS システム構成図

5 HARIS システムの概要と情報モデリング

まず、HARIS システムの全体構造を説明し、その後で具体的な情報モデリングについて議論する。

図4に、HARIS システムの全体的な構成を示す。この図に示されるように、HARIS システムは、2つの知識ベース(すなわちワールドモデルとスケジューリングモデル)、画像理解部(3Dビジョンシステム)、知的計画部(インテリジェントスケジューラ)、作業状態監視部(モニターシステム)、ロボットコマンド生成部(コマンドジェネレータ)およびロボットインタフェースから構成されている。前章で認知科学の概念に基づく環境理解と作業・行動計画および実行のイメージを述べ、このような機構を実現するために必要な各モジュールのおおよその機能や役割を議論しているため、ここではこれを実現するための情報モデリングについて述べる。

5.1 環境理解とワールドモデル

本ロボットは、特定の環境内での作業、つまり室内における机上作業を対象としている。したがって、環境とその中に存在する対象物の候補は既知であるという前提を成立させることが可能であるため、モデルベースビジョンの手法が有効に利用できるわけである。

我々は、環境を記述するためにワールドモデルを知識ベースとして用いているが、これを機能的に実現する情報モデリングが重要である。具体的には、対象物を効率よく認識するための知識を表現するモデル、シーンの理解結果を表現するモデル、および対象物の把持法や対象物に対する作業を規定する知識を表現するモデル三種が必要となる。これらは性格や用途が異なるので別々にモデル化し、かつ関連づける必要がある。我々は、この知識をフレーム型知識表現モデルで表すこととし、夫々形状モデル(shape model)、空間配置モデル(spatial model)、および機能モデル(functional model)と呼ぶこととする。

形状モデルには、シーンの中の対象物を画像情報から特定するために必要な形状関連の知識、すなわち直線や楕円のような2次元プリミティブ、円筒や直方体のような3次元プリミティブに加えて、各対象物の形状に関する属性情報、すなわち色、構成要素(その対象物が持つ3次元プリミティブ)、大きさ、重さ等が記述される。ビジョンによる対象物理解は、画像情報から検出された2次元プリミティブとその組み合わせから推定された3次元プリミティブから推定されるわけで

あるが、これは形状モデルに記述されている知識を使って行われる。例えば、垂直な平行線の上部に直径の同じ楕円が接していればコップが置かれていると判断できる。対象物が特定できれば、残りの属性情報は知識を使って補うことができる。対象物に関する部分的な情報から完全な記述を生成することが可能なことが、モデルベースビジョンの特徴である。我々は、カラーCCDカメラを使っているため、処理時間を短縮するために、先ず色によって対象物の候補を絞ることができるようにし、直線や楕円成分で特定し、見えない部分を知識で補うという方法を採用した。人が対象物を認識する場合でもこの様なやり方をとると考えられる。

対象物が特定されると、機能モデルのインスタンスとして、その対象物が環境構成要素として生成される。例えば、コップクラスのインスタンスとして“赤いコップ”フレームが生成される。また、三角測量手法によって各対象物の空間的位置(3次元座標位置)が認識され、各対象物の位置とともに対象物間の相互関係が空間配置モデルに記述される。図5に、空間配置モデルを表現するフレームのペアの例を示す。上が各対象物の位置と姿勢を表し、下が対象物間の配置関係を表す。対象物間の相互関係は、“左側のコップ”という表現を理解したり生成するためである。我々は、関係表現プリミティブとして、

“前 (front)”、“後 (rear)”、
 “左 (left)”、“右 (right)”、
 “上 (on)”、“下 (under)”、
 “上方 (above)”、“下方 (below)”

の8つを定義している。

機能モデルには、各対象物の機能(functions)に関する属性知識を格納する。それらは、

対象物の用途、
 適用可能な基本作業 (acceptable tasks)、
 適用可能な把持形 (acceptable holding types)、
 代表的な把持形 (default holding type)

などである。このような情報(つまり知識)が各対象物の機能モデルに付加されていることによって、ロボットに具体的な作業や把持形の指定をしないでも、ロボット自身が判断して方法を選択することが出来るわけである。図6に、赤いコップの機能モデルを表すフレームの内容例を示す。この例では、特に把持法を指定しない場合にはフック(hook)つまり指を取っ手に掛けて持ち上げる方法(後述)が自動的に選択される。

自律型人型サービスロボットにおける情報モデリング — 認知科学に基づく知識モデリング —

```

Frame: Spatial-description
a-kind-of      Spatial-model
hasparts       (Red_cup_1 Black_cup_1 Tray_1)
Red_cup_1      ([150 110 0] ([100] [010] [001]))
Black_cup_1    ([250 310 0] ([100] [010] [001]))
Tray_1         ([-200 250 0] ([100] [010] [001]))

Frame: Objects-relations
a-kind-of      Spatial-model
Red_cup_1      ((left-of Tray_1) (left-of Black_cup_1))
Black_cup_1    ((Right-of Tray_1) (Right-of Red_cup_1))
Tray_1         ((right-of Red_cup_1) (left-of Tray_1))
    
```

図5 シーンの理解結果として生成された
ワールドモデルの空間記述の例

したがって、手を対象物に近づける場合にも当然取っ手を掴めるように近づけることになるが、これもロボット自身が判断(推論)して決める。把持形としては、

- つかむ (grasp)、はさむ (nip)、
- つまむ (pinch)、にぎる (grip)、
- つるす (hook)

の5つを定義した。これらの動作は指の動作と連携し、標準的な行動としてモジュール化することによって、制御を言葉のレベルで行えるようにし、具体的な把持制御は組み込みプロセッサによってローカライズすることが可能となる。つまり、センサーベースの微妙な把持制御は知的計画レベルから隠すことにより、計画・制御を単純化している。なお、この例のように、知識はフレーム (frame) と呼ばれる知識表現モデルで表現し、管理されている [9]。

ワールドモデルは、知識表現言語 ZERO++ によるフレーム型知識表現形式で表現されており、前もって各対象物に関する属性情報がテンプレートとしてクラスフレームに格納されており、理解 (認識) の結果としてインスタンス化される。いずれにしる、ビジョンの結果として、ロボットの作業計画と制御に必要な十分な環境記述が、ワールドモデル内に生成される。以上のように、ワールドモデルは環境と対象物に関する十分な情報を管理する。この情報は、依頼文の理解、作業計画の生成、行動計画の生成、行動の実行、およびモニタリングにおいて利用されるが、行動の結果として環境が変化するのでその都度アップデートされる必要がある。また、途中でコップが持ちさらわれたり、位置

```

Frame: Cup-1
a-kind-of      Cup
has-parts      (container_1 handle_1)
state          empty
roles          (contain_drink)
color          red
accept_tasks   (reach hold lift carry put release leave)
accept_htypes  (hook grasp nip)
default_htype  hook
    
```

図6 機能モデルにおけるカップフレームの記述例

が変えられたり、追加されることも有りうるので、モニターシステムによって常時監視しアップデートされる必要がある。また、行動の途中で状況が変わったら、当然それ以降の計画の遣り直しが必要となる。しかし、このような処理はワールドモデルの採用によってモジュール化できるので、システムの機能拡張が容易となる。つまり、環境理解、作業計画、動作計画、実行制御、ヒューマンインタフェース、およびモニタリングを分散エージェントとしてネットワークを介した複数のコンピュータで実現することが容易となる。このように、ワールドモデルは色々なソフトウェアモジュールのコミュニケーションチャンネルとして働く。

5.2 作業計画と行動計画

作業計画と行動計画の方法は、本ロボットの重要な特徴である。我々は人の手による作業の代行を目標としているので、“人のやり方”を考察し、それを参考にして作業計画と行動計画および制御(実行)を実現することを試みている。例えば、「赤いコップを白いトレイに置いてくれ」と依頼されると、人は、先ず環境を視覚で理解し、頭の中にそのイメージを作り、目標作業を設定し、言葉(動詞)のシーケンスとして作業計画を立て、それを一つづつ行動として実行する。この過程において、人は作業目標が簡単な場合には殆ど無意識に行い、少し複雑な場合には意識的に行っている。例えば「赤いコップを白いトレイに置いてくれ」のような簡単な依頼に対しては殆ど無意識に計画し行動するが、もしトレイに既に別のコップが置かれていた場合には、それを先ず横にどけてから、できた空間にコップを移すという手順を意識的に考える。コップに手を伸ばす動作はもっと無意識な作業であるが、途中で障害物が存在する場合には、先ず手のパス(動作線)を計画してから行動し、かつ途中も注意深くモニター

する。我々は、このやり方がなるべく素直に反映されるような方法を目指した。

まず、作業計画を言葉[他動詞]のレベルで行えるようにモデリングすることを試みた。そのために、机上作業に必要な基本作業(primitive tasks)を次の 8 つに定めた。

- 手を伸ばす (reach)、つかむ (hold)、
- 持ち上げる (lift)、運ぶ (carry)、
- 置く (put)、手を離す (release)、
- 手をもどす (leave)、初期化する (originate)

ここでは省略するが、依頼文から目標作業(goal task)を決めると、それを実行して依頼を遂行するためには、前作業と後作業が適切な順序で行われる必要がある。例えば、「赤いコップを白いトレイに置いてくれ」という依頼文の場合には、“置く[put]”が目標作業となるが、それに必要な前作業は、“運ぶ”であり、それは“持ち上げる”を必要とし、それは“つかむ”を、さらにそれは“手を伸ばす”を必要とする、同じように、後作業として、“手を離す”、“手を戻す”を行って全体が完結する。ただし、つかんですぐ離したり、置いてから持ち上げることも状況によっては必要となる。しかし、持ち上げて離すということは禁止すべきである。

各基本作業は、基本作業フレームに定義し、前作業、後作業、開始条件、終了条件、および制約(constraints)を記述することによって、基本作業を言葉のレベルで表現し、作業計画もまた言葉のレベルで行うことが可能となる。しかも非常に単純化されるという長所がある。ここで、把持法は対象物の種類や形状によって決定されるが、その情報は前述のように機能モデルに記述されているので、例えば、取っ手のあるなしによって、コップの握み方が自律的に変えられる。このよう

な方法によって、作業計画が非常に単純化され、知的計画部の推論アルゴリズムも、したがって、簡単なものとなっている。しかし状況によって副目標を設定するなど、記号推論も必要となり、開始条件や終了条件はワールドモデルの情報を参照し利用することが必要となる。副目標については、例えば「赤いコップを白いトレイに置いてくれ」という依頼文の場合には、“置く[put]”が目標作業となるが、トレイ上の別のコップ等を脇へ移動する必要がある場合には、この作業を副目標として設定し実行するように全体の計画を立てることとなる。図 7 に基本作業間の標準的な前後関係を示す。実線で表される順序関係のほかに、点線[可能]や一点鎖線(禁止)がある。図 8 に、生成された作業フレーム“Put”の例を示す。

行動計画は、きわめて簡単であり、各基本作業を予め定義されている基本行動(primitive actions)の組で置きかえることによって達成される。マクロコマンドの生成に類似している。ただし、パラメータの部分はワールドモデルに保存されている情報を使って算出し付加される [19]。最終的には、各基本作業はロボットの制御コマンドにブレークダウンされて、それらがロボットインタフェースへ送られ、そこで 1 コマンドづつ解釈・実行されることとなる。一つのコマンドの終了シグナルを確認して次のコマンドを送出するというやり方をとっている。しかし、基本作業と制御コマンドの間には抽象度の差があるために、前述のように基本作業は 1 個以上の基本動作に分解され、それらが更に 1 個以上の制御コマンドに変換されて、ロボットインタフェースに送り出されるようになっている。HARIS アームは、それ自身が動作や把持に関してローカルインテリジェンスを持っているから、コマ

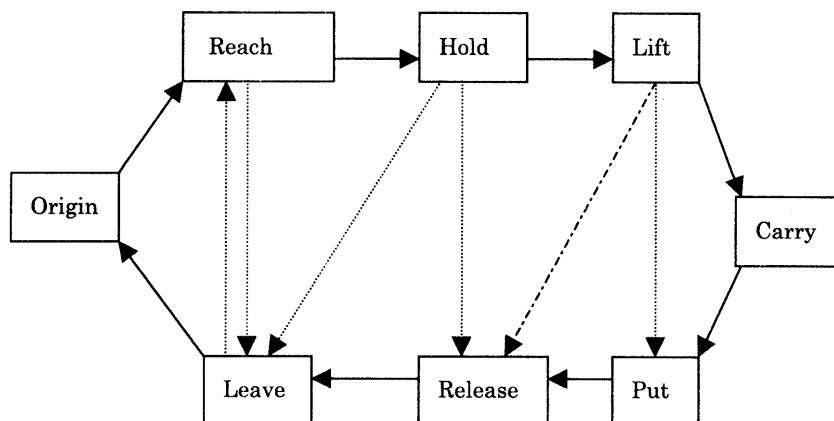


図 7 基本作業間の前後グラフ

自律型人型サービスロボットにおける情報モデリングー 認知科学に基づく知識モデリングー

ンドを送り、正常な終了シグナルが返ってきたときは、正しく実行されたものと判断することが出来る。

なお、パスの算出には幾つかの方法を試みている。最も簡単な方法は、各基本行動に標準的なパスを指定しておき、障害物がある場合にのみそれを避けるパスを算出するというやり方である。実験に用いたアーム MoveMaster ではこの方法を採用した。HARIS アームは自由度が多く作業範囲が広いために、より高度な軌道制御が可能となる。これには逆運動学を基としたパス算出法を考案し、ハンド部が軌道上を動くとともに各関節を適切に制御して、アームのどの部分も障害物を避けるという方法を開発し実験で動作を確認した [10]。これより更に柔軟性が高くかつ環境の変化にも動的に対応できる方法を開発し、実装中である。これは対象物、障害物、ハンド部、間接部に正負の電荷を与え、電位差による吸引と反発のメカニズムを利用したものである。興味深い結果が得られている。

6 考察

先ず強調しておきたいことがある。この種のロボット研究を推進しかつ実現するには幾つかのキープポイントがあるが、ソフトウェアプラットフォームと情報モデリングはその中でも非常に重要なものである。何となれば、色々な構成要素を有機的に結合し管理し制御するのはプログラムであり、かつそれを一つの概念の下に統合化するためには中核となる情

報モデルが不可欠であるからである。この対極にあるのが、パッチワーク的プログラムの集合体である。熟練プログラマが不可欠となり、しかもソフトウェアとしての成果はプログラム中に埋め込まれて、継承や伝播が不可能に近い。ロボットに限らず、貴重な学術的成果がパッチワーク的応用プログラムに埋没してしまっていて、他の成果と結合しようにもどうにもならないという状況が非常に多いのを目にしている。しかもロボット研究の分野では当事者にその認識が無いことが多い。この論文では、プラットフォームと情報モデリングの重要性を、我々のアプローチを通して示すことを試みている。特に自律型人型サービスロボットにおいては認知科学に基づく知識モデリングが有効であることを示す。このアプローチは「伝統的な AI 型」アプローチであるという批判も受けている。今日の先端的ロボット研究の分野では、Brooks の提案以降 [4] センサーフュージョンに基づく条件反射的な制御モデルにこそブレークスルーが潜んでいると信じられている傾向が強いが、少し冷静に考えてみると知能(頭脳)の欠落した高等動物は存在しないことが簡単に分かる。両者の適切な結合が不可欠であり、そのためにもプラットフォームと知識モデリングがキーであることを指摘したい。我々のプラットフォーム ZERO++ は、知識処理と実時間制御の両方をカバーするように配慮されており、ほぼ期待通りの結果を得ることができた [5,15]。

```
Task "put":
pre_condition: ((freep white_tray[on [qprism [0 0 0] +210 +150 +5]])
                (abovep red_cup white_tray)
                (hand_inp red_cup[nip [globe [0 0 50] +10 +10 +10]] MMEX_hand[nip [globe [0 0 0] +100 +100 +100]])
                (posturep MMEX_hand[nip[0 1 0]] red_cup[nip[0 0 1]] 5)
                (liftp MMEX_hand red_cup)
                (inp red_cup[globe [0 0 0] +35 +35 0] white_tray[on [qprism [0 0 50] +210 +150 +5]])
                (posturep white_tray[#[0 0 1]] red_cup[#0 0 1] 5)
                (posturep white_tray[#[0 0 1]] world[#[0 0 1]] 5))
post_condition: ((onp red_cup white_tray)
                (hand_inp red_cup[nip [globe [0 0 50] +10 +10 +10]] MMEX_hand[nip [globe [0 0 0] +100 +100 +100]])
                (posturep MMEX_hand[nip[0 1 0]] red_cup[nip[0 0 1]] 5)
                (holdp MMEX_hand red_cup)
                (inp red_cup[globe [0 0 0] +35 +35 0] white_tray[on [qprism [0 0 50] +210 +150 +5]])
                (posturep white_tray[#[0 0 1]] red_cup[#0 0 1] 5)
                (posturep white_tray[#[0 0 1]] world[#[0 0 1]] 5))
constraints: ((no-slip MMEX_hand red_cup))
```

図 8 知的作業計画によって生成された Put 作業のフレーム例

HARIS に関しては、現在までに、HARIS システム(ロボットのソフトウェアシステム)は一応完成して実験が可能なレベルに達しているが、HARIS アーム(ロボット本体)は未だハンド部の組み込み型制御システムが完成していない。多関節アームについては動作制御が実現している[10]。したがって、全体システムとしての実験は未だ出来ない状態である。現在は、HARIS アームの代わりに、三菱電機製の MoveMaster を使って評価実験をしている。挟む(nip)だけに限定した実験であるが、一応期待したような能力を示している。

なお、現実的な問題として、画像理解がボトルネックとなっており、一応室内自然光下で働くが、処理速度と理解能力の両方について強化が必要である。画像によるモニタリングは、まだ完成していない。現在、画像処理には画像処理マシン NEXUS9000 を使用しているが、2 値化やノイズ除去等のいわゆる基本的な画像処理を行うだけであり、2 次元プリミティブを含めて、解釈・理解は自作のソフトウェアによらねばならず、これが処理上の負担になっている。例えば、影の除去や重なり処理は実環境下では非常に厄介かつ重要な問題である。幾つかの方法を試みているが未だ不十分であり、今後の課題である。

人が物を識別し、掴むときは、視覚と触覚が非常に巧みに連動していることが分かる。見えない部分を指の触覚で補い、かつ材質や重さ、硬さも微妙に感じ取って適切な把持を行っている。今後、HARIS アームが完成すれば、視覚と触覚を組み合わせた、より柔軟な対象物理解と把持制御が可能となるが、HARIS プロジェクトの重要な課題の一つである。

本プロジェクトの長期的目標は、人との共生を可能とする自律型サービスロボットの実現である。認知科学的アプローチを採用している最大の理由はここにある。少なくともこれまでの成果からは、我々のアプローチは正しいのものであると考えている。しかし未だ本格的にこのテーマに取り組むまでには至っていない。共生の概念と枠組みはサービスロボットに限らず、情報社会の進展とともに広く応用され、重要度が増すものと考えている。他の分野との研究交流が特に必要なテーマであると考えている。

7 おわりに

本論文では、自律型人型サービスロボットの実現における認知科学の概念とそれに基づく知識モデリングの概念、方法、および有用性についてのべた。実験シ

ステムの開発を通して、初期の目的はほぼ達成され、我々の試みの有効性は実証できたと考えている。認知科学の概念とアプローチを応用することによって、ロボットの高度な知能化、人との共生に不可欠な「人にやさしい」インタフェースの実現が可能となると考えている。

しかしながら、ヒューマンインタフェースについては自然言語文で人からの依頼を受け付けるだけであり、人との対話・交流までには至っていない。これを実現するには、対話や交流を司る機構が必要である。それには、HARIS ロボットを擬人化したエージェントモデルをヒューマンインタフェースに付加することが適当と思われる(注:現在ソフトウェア工学分野で研究されているエージェントモデルとは質的にも機能的にも異なるものであり、対話、判断、推論、理解、決定、行動をモデル化した知能モデルである)。更に、知的 C A I の分野の成果であるユーザモデルを組み込むことによって、特定の人との対話を「経験を通して学び」、時間とともによりスムーズに行うことが可能となる。

ロボットは複数の先端情報技術とメカトロニクスの有機的な統合体であり、それらが有機的に機能して始めて達成される。ソフトウェアプラットフォームとしての知識工学環境 ZERO++ が、この点で HARIS ロボットの開発においてこれまでの成功の鍵であったと考えている。特に、ワールドモデルは色々なモジュールのコミュニケーションチャンネルとして機能し、モジュールの独立性の維持に不可欠であった。大学のように分担研究者が年度ごとに変わるという過酷な状況下で、研究成果を継承し発展させて、長期的な目標を達成するためには、このようなアプローチは不可欠であることを強調しておきたい。研究プロジェクトの途中から INTERNET が普及し、情報インフラとして重要な役割を担うこととなってきた。この様な状況に対応するために、ZERO++ を改訂し、INTERNET による分散環境下で HARIS システムを実現するためのプラットフォームに作り替えつつある。これによって、システムの各機能を遠隔地に分散して共同研究するという形態が可能となる。

最後に指摘しておきたいことがある。現在の知能ロボットの研究は、多くが、コンピュータシミュレーションであったり、極めて単純な作業が対象であったり、センサーベースの行動レベルのみを対象としていたり、手ごろな構成要素のみを切り出して研究してい

自律型人型サービスロボットにおける情報モデリング — 認知科学に基づく知識モデリング —

たり、どう見てもバランスに欠けていると思われる。研究の流行と論文になり易い部分だけをつまみ食いしている結果である。したがって、アーム／ハンドに関しても、人のそれとは程遠いものである。本研究プロジェクトの目的は、自律型の人型ロボットアーム HARIS の開発を通して、この分野にブレークスルーをもたらすことであったが、多少はこの目的も達成されたと考えている。

謝辞

本研究の大部分は、著者が東京電機大学に在職していた時に行った研究の成果であり、東京電機大学学術研究振興基金(G93J-81,92-95年度、代表者:上野)の研究として開始し、その後文部省科学研究費補助金国際学術研究(共同研究)課題として、米国バンダービルト大学知能ロボット研究所(所長: Prof. K. Kawamura)との共同研究として「高次サービスロボットの実現技術に関する共同研究(96-98年度)」の課題で行っているものである [20]。HARIS アームを東京電機大学理工学部産業機械工学科斎藤之男教授が、HARIS システムを著者が担当した。本研究に協力していただいた方々、花崎泉、狩野弘之(以上東京電機大学)、北橋忠弘(阪大)、河村和彦、M. Wilkes、G. Biswas、A. Peters(以上バンダービルト大)の諸氏、および上野・斎藤研のメンバー諸君に感謝する。

参考文献

[1] Asaad, S.; Bishay, M.; Wilkes, D.M.; Kawamura, K., "A Low-Cost, DSP-Based Intelligent Vision system for Robotic Applications", *Proc. Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp.105-111, 1996.

[2] Bagchi, S.; Biswas, G.; Kawamura, K., "Interactive Task Planning Under Certainty and Goal Changes", *Journal of Robotics and Automation Systems*, Vol.18, pp.157-167, 1996.

[3] Barr, A.; Feigenbaum, E., "The Handbook of Artificial Intelligence", Addison-Wesley, 1977.

[4] R.A. Brooks., "New Approaches to Robotics", *SCIENCE*, Vol. 253, pp. 1227-1232, 13 Sept. 1991.

[5] Ito, H.; Ueno, H., "ZERO: Frame + Prolog", *Logic Programming '85, LNCS221*, pp.10-17, 1986.

[6] Kawamura, K.; Baguchi, S.; Iskarous, M.; Bishay, M., "Intelligent Robotic Systems in Service of the Disabled", *IEEE Transactions on Rehabilitation*

Engineering, Vol. 3, pp. 14-21, 1995.

[7] Kawamura, K.; Thomas, E.D.(eds.), *Proceedings of International Workshop on Biorobotics: Human-Robot Symbiosis*, Tsukuba, Japan, 1995.

[8] Kawamura, K.; Wilkes, D.M.; Pack, T.; Bishay, M.; Barile, J., *Humanoids: "Future Robots for Home and Factory"*, *Proceedings of the First International Symposium on Humanoid Robots*, pp. 53-62, October, 1996.

[9] Minsky, M., "A Framwork for Representing Knowledge", in *The Psychology of Computer Vision* (ed. P.W. Winston), McGraw Hill, 1975.

[10] 音琴浩, 宮本大輔, 上野晴樹, 「自律型人型サービスロボットアームHARISのための作業環境の認識とアームの制御」, 東京電機大学理工学部紀要, Vol. 20, pp. 21-38, 1998.

[11] Ohnishi, K.; Saito, Y.; Ihashi, T.; Ueno, H., "Human-type Autonomous Service Robot Arm: HARIS", *Proc. 3rd France-Japan Congress on Mechatronics*, pp.849-854, 1996.

[12] 白井良明, 「モデルベースビジョン」, 日本ロボット学会誌, Vol.2, No.6, pp. 593-598, 1984.

[13] Ueno, H., "Object Model for a Deep Knowledge System, Springer-Verlag", *Lecture Note in Economics and Mathematical Systems* 286, pp.11-19, 1986.

[14] Ueno, H.; Saito, Y., "An Autonomous Robot Arm with Visual and Tactile Sensors", *Proc. Mechatronics '94*, pp.448-451, 1994.

[15] 上野晴樹, 小暮慎一, 大熊義嗣, 「C++ による汎用フレーム型知識工学環境ZEROの実現」, レクチャーノート/ソフトウェア学 15(日本ソフトウェア科学会編/近代科学社), 101-110, 1995.

[16] Ueno, H; Saito, Y., "Model-based Vision and Intelligent Task Scheduling for Autonomous Human-Type Robot Arm", *Special issue on Robotics and Autonomous Systems 18*, pp.195-205, Elsevier Science Journal, 1996.

[17] Ueno, H., "Intelligent Task and Motion Scheduling for Autonomous Human-Type Service Robot Arm", *Artificial Intelligence: Methodology, Systems, Applications* (Ed., A.M. Ramsay), *Frontieers in Artificial Intelligence and Applications*, Vol. 35, pp.239-248, IOS Press, 1996.

[18] Ueno, H.; Saito, Y., "Autonomous Human-Type

- Service Robot Arm: HARIS”, *Proc. 28th International Symposium on Robotics*, pp.16:73-85, 1997.
- [19] Ueno, H., “Knowledge-Based Vision and Scheduling in Autonomous Human Type Service Robot”, *Proc. 8th European-Japanese Conference on Information Modelling and Knowledge Bases*, pp. 325-340, 1998.
- [20] 上野晴樹,「高次サービスロボットの実現技術に関する共同研究」,平成 8-9 年度科学研究費補助金(国際学術研究)研究成果報告書,1998.4.
- [21] Winograd, T., *Understanding Natural Language*, PhD Thesis, Academic Press, 1972.

研究論文

ハードウェア加速に適した多視点画像からの三次元シーンの復元法

3D Scene Reconstruction from Multiple Views Assisted by Rendering Hardware

学術情報センター 後藤田 洋伸

Hironobu GOTODA

National Center for Science Information Systems

要旨

Image-based rendering(イメージに基づくレンダリング)は、複数の視点に対応する画像を組み合わせることで、任意の視点におけるビューを生成する手法である。この手法は、三次元空間内の探索シミュレーションなどにも適用可能なため、仮想現実システム等を簡便に実現する方法として、近年注目を集めている。しかし、画像という奥行き情報の欠落したソースを基本としたものであるため、対象との距離が変動する際に、ビューに歪みが生じやすいという欠点がある。

本稿では、多視点画像から三次元情報を復元することによって、このような歪みを解消する方法を提案する。この方法は、Voxel(ボクセル)による三次元空間情報の表現を基礎としており、ボクセル上で多視点画像のマッチングを行なうという特徴を持つ。複数の画像から三次元情報を復元する手法としては、他にもステレオマッチング法などが知られているが、膨大な計算量を要するため、実時間での処理は極めて困難である。それに対し、本稿で提案する手法では、マッチング処理などを三次元レンダリング処理専用のハードウェアを用いて高速化することができるため、より広範な応用に適用可能である。

ABSTRACT

Image-based rendering is a method to integrate multiple views of a 3D scene for computing and generating the view at an arbitrary eye position and view direction. Recently, the method has received much attention, as it provides one of the easiest way of realizing 3D navigation systems, such as virtual reality systems. However, since the method cannot utilize the depth information of the scene, the generated views are often skewed, especially when the distances between the objects and eye positions change.

To address this problem, we propose a new method of 3D scene reconstruction, which is featured to recover the depth information from multiple views. The method takes advantage of the voxel-based 3D space representation to perform view matching in parallel. Although there exist many other methods, such as stereo matching, for reconstructing 3D information from 2D images, they often suffer from the computational complexity, i.e., real-time reconstruction is almost impossible with such methods. On the contrary, the proposed method can be accelerated by the assistance of 3D rendering hardware, and will be more suitable for wider range of applications.

[キーワード] ボクセル表現、ステレオマッチング、イメージに基づいたレンダリング、ハードウェア加速

[Keywords] voxel representation, stereo matching, image-based rendering, hardware assisted acceleration

1 はじめに

マルチメディア処理技術の発展と普及に伴い、汎用のコンピュータにおいても、三次元グラフィックス処理が取り入れられるようになってきた。例えば、いわゆる仮想現実システムにおいては、コンピュータ内に

三次元空間が構築されており、ユーザの要求に応じてその空間内を自由に探索することができる。このような三次元空間を構築するための基本技術としては、大きく分けて次の二つのものがある。一つは、形状や光学特性を記述した幾何モデルにテクスチャと呼ばれ

ハードウェア加速に適した多視点画像からの三次元シーンの復元法

る画像情報を組み合わせる方法であり、もう一つは、複数の視点に対応した画像(ビュー)の集合を利用する方法である。前者は、その処理のために、三次元グラフィックス処理専用のハードウェアを必要とすることが多いが、後者はそうしたハードウェアの支援がなくてもある程度の処理が可能である。

後者の方法、すなわち複数の視点に対応する画像の集合を予め用意しておき、これらの画像を互いに補間することによって任意の視点におけるビューを生成する、という方法が近年注目を集めている。この手法は、image-based rendering (イメージに基づいたレンダリング)と呼ばれている [13]。例えば、Appleコンピュータ社によって提供されている QuickTime VR [1,12] なども、この手法に基づくシステムである。このような Image-based rendering が、幾何モデルを用いる方法よりも好まれる背景には、三次元グラフィックス処理専用のハードウェアを必要としないということの外に、三次元の形状モデルをも特に必要としない、ということも挙げられる。このため、カメラ等で撮影した実画像を手軽にコンピュータ内に取り込める、などといった利点が得られる。

しかし、image-based rendering は必ずしも万能ではない。本質的に三次元的な情報、即ち奥行き情報が欠落しているため、視点の位置や方角によっては歪みが生じることがしばしばである。一方、幾何モデルに基づく手法においては、このような歪みが生じることは原理的にはない。もし幾何モデルに相当するような情報を、画像情報から何らかの形で復元することができれば、image-based rendering に内在する欠点を克服できる可能性がここに存在する。特に、幾何情報を処理するための三次元グラフィックス処理専用ハードウェアが急速な普及をみているという現状を鑑みれば、幾何モデルの一つの欠点であると思われる「処理に専用ハードウェアを必要とする」ということ自体は、もはや大きな問題ではないと思われる。むしろ問題となるのは、このような三次元情報を、多視点画像から如何に復元するかということである。

本稿では、image-based rendering と幾何モデルに基づく手法とを融合した一つのアプローチとして、三次元情報を多視点画像から復元するための新しい方法を提案する。この方法は、Voxel(ボクセル)による三次元空間情報の表現を基礎としており、ボクセル上で多視点画像のマッチングを行なうという特徴を有している。また、三次元情報の復元過程とレンダリング(復元

された情報から任意の視点に対応したビューを生成する)過程の双方において、三次元グラフィックス処理ハードウェアを援用した高速な処理が可能である。従って、本手法は多視点実映像のリアルタイム処理にも適しており、仮想現実システムなどの広範な応用へ適用が期待できる。

2 関連研究

複数の画像から三次元構造を復元しようとする試みは、コンピュータ・ビジョンの分野では古くから行なわれてきた [3,5,7]。例えば、同一のシーンを撮影した二つ以上の画像がある場合、視差とよばれる原理を利用して奥行き情報を復元する方法として、ステレオ・マッチング法が存在する。簡単なシーンを対象とした場合には、こうした方法はかなり有効である。しかし、入り組んだ複雑な形状を持つ物体や、角のない滑らかな形状を持つ物体がシーンの中に存在する場合には、三次元情報の復元はかなり困難となる。また多くの場合、画像の解像度が有限であることから生じる誤差や、マッチング処理に内在する誤差などが、復元された三次元情報に増幅して反映されるという欠点もある。

一般に、多視点画像から三次元情報を復元するのは困難であると考えられている。Image-based rendering が広く注目を集めている背景には、こうした認識が広く行き渡っているという事情がある。Image-based rendering では、三次元情報の復元そのものは切り捨て、三次元情報から導出されるであろう画像の生成に焦点を当てている。すなわち、三次元情報の復元というステップを経ないで、多視点画像から任意の視点におけるビューを生成する。ビューの生成は、多くの場合、パノラマ画像などの、多視点画像をつなぎ合わせた画像を作成することによって実現される [1,9,11,12]。通常、こうしたつなぎ合わせ画像には、奥行き情報は組み込まれないため、画像中の物体と視点との距離が変動すると、生成されるビューに顕著な歪みが生じる。

伝統的な三次元グラフィックスにおいては、幾何モデルと呼ばれる形状情報から、任意の視点におけるビューを生成する。一般に幾何モデルにおいて扱われる「形状」は、精度や複雑さが限られているため、極めて細かい構造を記述するには、テクスチャ(texture) とよばれる画像情報を利用する。こうした方法の利点は、視点の移動に伴う歪みが生じないことであるが、ベースとなる幾何モデルを得るのは難しい。そこで、

Image-based rendering と、幾何モデルに基づくビュー生成法とを融合した方法として、多視点画像から極めて簡単な幾何モデルのみを抽出し、残りの情報をすべてテクスチャと見做す手法が提案されている [2]。この方法では、幾何モデルの抽出に、ステレオ・マッチング等の三次元情報の復元法を用いている。

Image-based rendering を、空間情報のサンプリングとして捉えるアプローチもある。三次元空間を二次元平面でスライスして得られるサンプルがビューである、という考え方は古くからあるが、視点の向きによって生じる照明効果等を考慮して、さらに次元の大きな四次元空間や五次元空間のサンプルだと捉える研究も近年盛んに行なわれている [4,6,8,10]。例えば、画像のある一つのピクセルを取ると、視点とこのピクセルを通る直線が定義できる。こうした直線は、4 個のパラメータを用いて記述することができ、画像を四次元空間上のスカラー場と見做すことができる。次元を高くすれば、より正確な空間情報の記述が行なえることは確かだが、その情報から任意の視点におけるビューを生成するのはかえって困難となる。

本稿では、多視点画像を三次元空間のサンプリングと捉える。従って、複雑な照光モデルに基づいた効果等は無視し、最も単純な透視射影のみを考慮した三次元空間の復元を行なう。目標とする復元は、完全に正確なものではなく、少なくとも与えられた視点においては、その視点に対応した画像と透視射影を施して得られるビューとが一致するような、三次元情報の復元である。復元のためのアルゴリズムとしては、汎用のレンダリング・ハードウェアを用いることによって加速が可能なものを提案する。また、復元されるのは三次元情報なので、そこからビューを生成する過程においても、ハードウェア加速が容易に適用できる。このようなハードウェアによる加速を予め考慮しておくことによって、より実用性の高いアルゴリズムを導出することができる。

3 三次元空間の表現

三次元情報の復元手法を考える前に、まず復元されるべき情報の記述形式を定める必要がある。この節では、三次元の空間情報の表現形式について考察する。

三次元空間を表現する方法には多種多様なものがある。中でも、点や線分、多角形などの幾何モデルを利用する方法と、微小な体積を持つ Voxel (ボクセル)

を利用する方法などがよく用いられる。幾何モデルを利用する方法は、効率的な表現や処理が可能になるという性質を有している。しかし、そのようなモデルを画像という構造のない情報源から導出することは、容易な作業ではない。例えば、ステレオマッチング (stereo matching) などの方法を用いて三次元情報を復元した場合、一次的な結果として得られるのは点情報までであり、それを更に多角形などの高度な幾何モデルに集約していくには、点の間の連結性を調べるなどの高次の作業が必要となる。こうした問題点を回避するために、本稿では、三次元空間を単純なボクセルの集合として表現するというアプローチを採用。

ボクセル表現を用いることの利点は、以下に要約される。

- データ構造が均質になるため、並列処理アルゴリズムの開発が容易である。また、ハードウェアによる処理にも適している。

一方、欠点としては、

- データ量が膨大になる傾向がある。
- 有限精度の解像度しかサポートできない。

などが挙げられる。これらは、実装可能なアルゴリズムを導出する上で問題となる。しかしながら、汎用コンピュータのメモリ容量が指数関数的に増大する傾向はまだ続いており、容量に関連した問題は次第に解決されていくものと期待される。むしろ処理の高速化、リアルタイム化をいかに実現するかの方が重要な課題であると言える。

3.1 データ構造

ボクセルとは微小な体積を持った領域のことである。三次元の空間情報をボクセル表現するということは、三次元の空間を微小な領域に分割することに外ならない。領域の分割には様々な方法が考えられるが、処理の均質性や簡便性を考えると、規則正しいグリッドを用いて分割するのが適当である。

三次元空間内の任意の点は、同次座標系 (homogeneous coordinate) を用いて (x, y, z, w) 、但し $0 \leq w \leq 1$ 、と記述することができる。これは、デカルト座標系における点 $(x/w, y/w, z/w)$ と同一のものを指す。この同次座標系を用いて、空間分割のためのグリッドを、例えば以下のように配置してみる。

- 原点 $(0, 0, 0, 1)$ 。
- 円筒上の点 $(r \cos(2m\pi/n), r \sin(2m\pi/n), rk, 1)$ 。
ここで n, m, k は自然数で、 $r=2\pi/n$ 。

ハードウェア加速に適した多視点画像からの三次元シーンの復元法

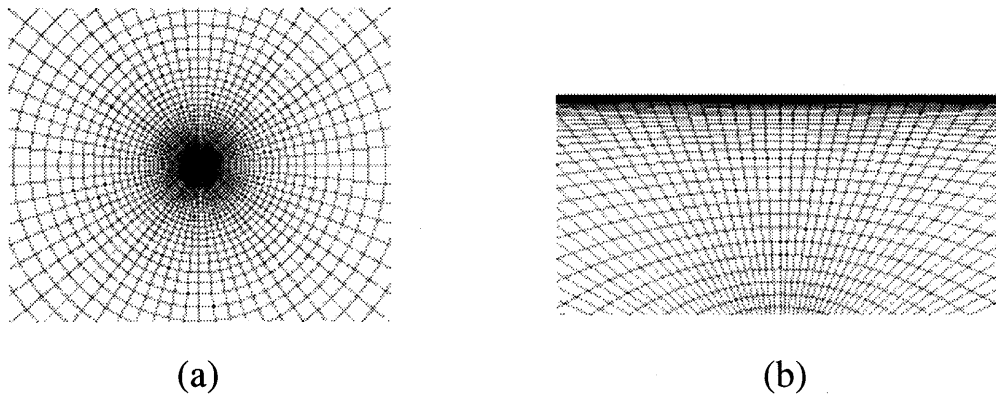


図1 空間分割の様様 (a) 平面 $z=0$ 上のグリッドの連結関係を、真上から眺めたもの。(b) 平面 $z=0$ 上のグリッドを、斜め方向から眺めた鳥瞰図。原点（手前）と無限遠方（奥）とにグリッドの集積が見られるが、中間部には一様に配置されている。

- 原点と円筒状の点を結ぶ直線上に配置された点 $(r \cos(2m\pi/n), r \sin(2m\pi/n), rk, 1/f_n(l))$ 。但し、 l は自然数で、 $f_n(l)=(1+2\pi/n)^l$ 。

この配置の特徴は、全てのグリッドが、原点を通る n 個の平面のうちのいずれかの上に配置されているということである。隣り合うグリッドを線分で繋ぎ合わせれば、自然に三次元空間の分割面が決まりボクセルを定義することができる。図1は、三次元の空間分割の様様を平面 $z=0$ 上において図示したものである。

各ボクセルは、8 個の頂点と 6 個の面を持つ。議論を簡約化するため、これらの頂点は RGB 値と A 値(透明度を表すもので α 値とも呼ばれる)のみを有するものとし、ボクセルはこうした頂点情報以外の情報を持たないものとする。

3.2 レンダリング

上述のように、各ボクセルは、RGB 値と A 値とを有しているのみである。従って、これらを可視化するに当たっては、特殊な照明効果を考慮する必要はなく、射影透視変換と A 値を利用した α ブレンディングとを実施すれば十分である。

すなわち、

1. フレームバッファにおいて、 α ブレンディングの実行モードを ON にする。
2. 各ボクセルに対して、6つの面をフレームバッファ上に射影投射する。

という処理を行なう。

これらの処理は、市販されている三次元グラフィッ

クス処理専用のハードウェアを用いて加速できる。

4 三次元情報の復元

本節では多視点画像から三次元の空間情報を復元する方法を述べる。前節で述べた三次元の空間表現を前提にすれば、この方法によって復元されるのは、各グリッドの RGB 値と A 値ということになる。

三次元情報の復元のための手法としてよく用いられるのは、ステレオマッチング法である。この方法では、まず二つの画像を比較しながら類似したピクセルのペアを割り出し、次にそのペアの画像上の相対的な位置から三次元空間内の位置を計算するという手続きを経る。それに対して、ここで述べる方法では、画像の比較に相当する操作を三次元空間上で直接実施するため、位置計算のステップを省くことができる。また、画像の比較に相当する部分も、ハードウェアによる加速が可能ないように工夫できる。

本稿で提案する復元手法は、(1) 逆投影、(2) ボクセルマッチング、(3) 形状の精細化、の三つのステップから構成される。ステップ(1)では、ある視点における画像を、三次元空間に投影する。投影の方向は、透視変換の方向とは逆向きのため、ここではこれを逆投影と呼ぶことにする。逆投影は、視点毎に独立して行なわれる。ステップ(2)では、各視点から逆投影によって得られた三次元情報を、互いに関連づける。これは、ステレオマッチングにおいてピクセル間で行なわれていた処理の三次元版と見做すことができる。マッチングは、ボクセルごとに行なわれ、類似度が透

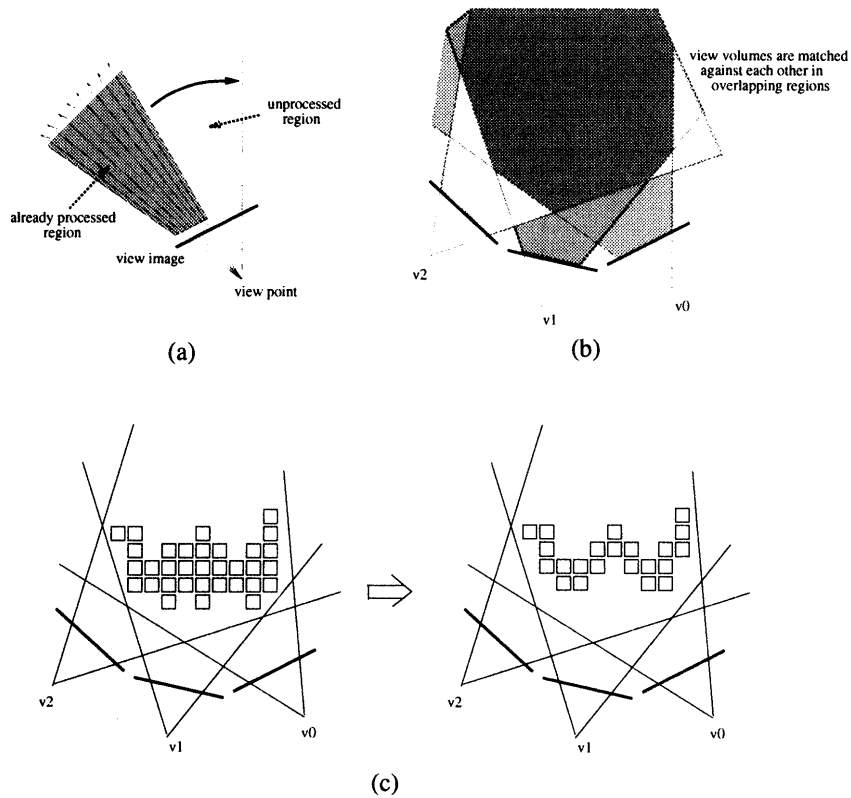


図2 手法の概要 (a) 逆投影：ビュー画像上の各ピクセルの RGB 値を、三次元空間上に細い矢印の方向に投影する。(b) ボクセルマッチング：複数のビューに対応した逆投影の結果を、互いに重なり合う領域上で比較し、ほぼ一致してしているものを残す。(c) 形状の精細化：与えられたビュー画像と、マッチングの結果から導出されるビュー画像とを比較し、それらが一致するようにボクセルの追加や除去を行なう。

明度(A値)として記録される。類似したボクセルは透明度が高く、類似していないボクセルは透明度が低く設定される。最後に、ステップ(3)では、視点からの可視性(visibility)を考慮した処理を施し、ボクセルの追加や除去を行なう。図2は、これらのステップの概要を示したものである。

4.1 逆投影

透視射影変換とは、ある視点から眺めたときに、三次元空間内の各点が、投影面上のどの点に射影されるかを定める変換である。視点 v に対応する透視射影変換を ϕ_v と表記することになると、 ϕ_v は、三次元空間 E^3 から、投影面 P への関数である。一般に、透視射影変換 ϕ_v は全射であるため、投影面 P から三次元空間 E^3 への逆写像 ϕ_v^{-1} が定義できる。この逆写像のことを、逆投影と呼ぶことにする。

三次元空間上の物体 X に対して透視射影変換を施す

と、その物体が投影面上にどのように投影されるかを計算することができる。一方、投影面上に現れた画像 Y に対して逆投影を施せば、透視射影変換の結果、投影画像が Y と同一になるような三次元物体 X' を構成することができる。物体 X, X' が透視射影変換の結果ともに同一の画像 Y に帰着されるにしても、そのこと自体は X と X' が同一であることを必ずしも意味しない。一般には、物体 X は、物体 X' の一部を削り出したものとなっている。

逆投影の基本アルゴリズムは、下記の通りである。

全てのボクセルの頂点(グリッド)に対して以下の処理を行なう。

1. 視点 v に対応する透視射影変換 ϕ_v を施す。この射影先の座標を (x,y) とする。
2. 視点 v に対応する画像 P の、点 (x,y) における RGB 値を取り出す。
3. 取り出された RGB 値を、頂点の RGB 値にコピーする。

ハードウェア加速に適した多視点画像からの三次元シーンの復元法

この基本アルゴリズムを、グラフィクス処理ハードウェアを用いて高速化する方法を以下に述べる。この高速化において、ハードウェアに要求される機能は、

- 透視射影変換
- テクスチャ・マッピング (texture mapping)

の並列処理機能である。

4.1.1 グリッドのグループ化

グラフィクス処理ハードウェアの特徴は、幾何情報と呼ばれる座標値・RGB 値などの集合体を投入すると、高速な並列処理が行なわれ、その結果がフレームバッファと呼ばれるメモリ領域に書き込まれるという点にある。フレームバッファの容量は有限であり、多くの場合、三次元空間情報の総量よりも小さなものである。従って、ハードウェアに引き渡される個々の値(例えば座標値)のうち、最終的な結果に反映されるものと、反映されないものとが生じる。言い換えると、ハードウェアによる処理結果は、フレームバッファからは、その一部しか回収できないということである。

一回の処理から、できるだけ多くの情報を回収するためには、異なるグリッドに対する処理結果がフレームバッファの同一箇所に書き込まれるのを、極力避けなければならない。このためには、グリッドをグループ化しておくといふ。

前節で述べた空間表現では、全てのグリッドが、原点を通り平面 $z=0$ に垂直な平面上に配置されていた。より正確に言うと、原点を中心とする半径 r の円周上の各点 $(r \cos(2m\pi/n), r \sin(2m\pi/n), 0, 1)$ に対して、原点とこの点を通り平面 $z=0$ に垂直な平面 P_m を定義することができる。このような平面は、全部で P_0, \dots, P_{n-1} の n 個ある。全てのグリッドは、これらの平面のいずれかの上に存在している。

そこで本稿では、グリッドのグループ化を、所属する平面 (P_0, \dots, P_{n-1} のうちのいずれか) によって行なうというアプローチを採る。このグループ化は、

- 各グループに所属するグリッドの数が同一である。
- 自然な形で二次元の配列を構成しているため、フレームバッファに投影しやすい。
- 原点から遠くなるほど、グリッドの間隔がまばらになる。この性質は、視点が原点付近に配置されていて、視点から離れた場所にある情報については精度が要求されない、という場

合に好都合である。

という特徴を有している。特に、二番目のポイントはハードウェア加速を考える上で重要である。

4.1.2 グリッド・グループへの逆投影

グリッド・グループへの逆投影は、投影面上の画像をグリッド・グループに張り付けることだと捉えることもできる。画像をテクスチャだと見做せば、この過程は、テクスチャ・マッピングそのものである。テクスチャ・マッピングを支援するハードウェアが存在する場合には、この処理を加速することができる。

テクスチャ・マッピングは、フレームバッファ上で行なわれる。言い換えると、グリッドのデータ構造そのものに対しては行なわれない。そこで、フレームバッファ上で行なわれた結果を、グリッドのデータ構造に反映させる仕組みが必要となる。グリッド・グループとフレームバッファとの対応付けを行なうために、グリッド $(r \cos(2m\pi/n), r \sin(2m\pi/n), rk, 1/f_n(l))$ に対して、座標値 $(k, l, 0, 1)$ を持つ点を生成し、これを投影面 $z=0$ 上に正射影する。この正射影によって、フレームバッファ上の点とグリッドとの一対一の対応関係が定義できる。

正射影の際に、テクスチャをフレームバッファ上に張り付けることができる。ここで、テクスチャとして用意するのは、視点 v に対応するビュー画像である。このような張り付けを実施するためには、フレームバッファ上の点 $(k, l, 0, 1)$ に対応するテクスチャ座標を、 $(r \cos(2m\pi/n), r \sin(2m\pi/n), rk, 1/f_n(l)) M_v$ とすればよい。ここで、 M_v は、射影透視変換 ϕ_v に対応する行列である。多くのレンダリング専用処理ハードウェアでは、テクスチャ座標の自動生成をサポートし、環境マッピングなどの高度な処理を行なっている。この自動生成機能を用いれば、ベクトル $(r \cos(2m\pi/n), r \sin(2m\pi/n), rk, 1/f_n(l))$ だけを与えておけば、ハードウェア側でこのベクトルと行列 M_v との掛け算を実施し、テクスチャ座標を自動生成してくれる。

このようにしてフレームバッファ上張り付けられた画像情報は、正射影によって定義された対応関係に基づいて、グリッド上に戻すことができる。これは、二次元配列から二次元配列への単純なコピーであり、高速に処理できる。

以上をまとめると、

1. 視点 v における透視射影行列 M_v を作成する。
2. 視点 v に対応するビュー画像を、テクスチャ・データとしてロードする。

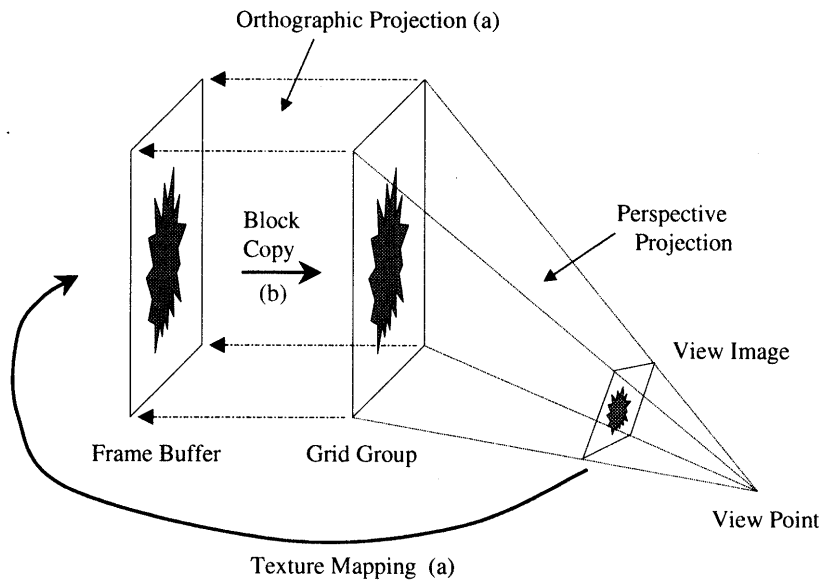


図3 グリッド・グループへの逆投影：(a) 同一のグループに属するグリッドの集合に対して、適当な空間座標値とテクスチャ座標値とを与えて、フレームバッファ上にレンダリングし、ビュー画像をフレームバッファ上に張り付ける。(b) フレームバッファ上の情報をグリッド・グループのデータ領域にコピーする。

3. $z=0$ 上への正射影に対応する変換行列 M_p を作成する。
4. 空間座標値 $(k,l,0,1)$ を持ち、テクスチャ座標値 $(r \cos(2m\pi/n), r \sin(2m\pi/n), rk, 1/f_n(l)) M_p$ を持つ点の集合を用意する。
5. 点集合を M_p を用いて射影し、同時にテクスチャを張り付ける。
6. フレームバッファの内容を、グリッド・グループの RGB 値配列にコピーする。

となる。図3は、この模様を図示したものである。

4.2 ボクセル・マッチング

投影面上の画像に対して逆投影 ϕ_v^{-1} を施すと、透視射影変換 ϕ_v を適用した場合に、その画像に帰着されるような三次元物体を構成することができる。この物体は、視点 v から眺めたときに、正しい投影結果を与えるものであるが、他の視点 v' から眺めた場合には、必ずしも正しい投影結果を与えない。視点 v, v' のいずれから眺めた場合でも、正しい投影結果を与えるような三次元物体を構成するためには、それぞれに対して得られた逆投影の結果を融合する必要がある。この融合のために必要となる処理を、ここではボクセル・マッチング(voxel matching)と呼ぶことにする。

ボクセル・マッチングは、多視点画像のステレオ・マッチングを三次元空間上で実行するものだと考えることができる。各グリッドにおいて、逆投影 ϕ_v^{-1} の結果として得られたRGB値と、逆投影 $\phi_{v'}^{-1}$ の結果として得られたRGB値とを比較し、類似度をグリッドのA値(透明度を表す)として記録する(図4)。類似度が高いほど透明度を低く設定することにすれば、そのグリッドの可視性が高まる。

三つ以上の視点が存在する場合には、それらを一度にハードウェアで処理することは一般には困難であるため、逆投影の結果をメモリに蓄えておく必要が生じる。メモリ容量を節約するため、最後に実施した逆投影の結果のみ残し、マッチングを逐次的に実行していくのがよい。このことは、近接した視点に対する逆投影を連続して行なうのが望ましいという、大局的な基本戦略につながる。

以上を踏まえたボクセル・マッチングの基本アルゴリズムを下記に示す。

- すべてのグリッドにおいて、逆投影を実施する毎に以下の操作を行なう。
1. 最後に実施した逆投影の結果を $(r1,g1,b1)$ 、最後から二番目の実施した逆投影の結果を $(r2,g2,b2)$ とする。

ハードウェア加速に適した多視点画像からの三次元シーンの復元法

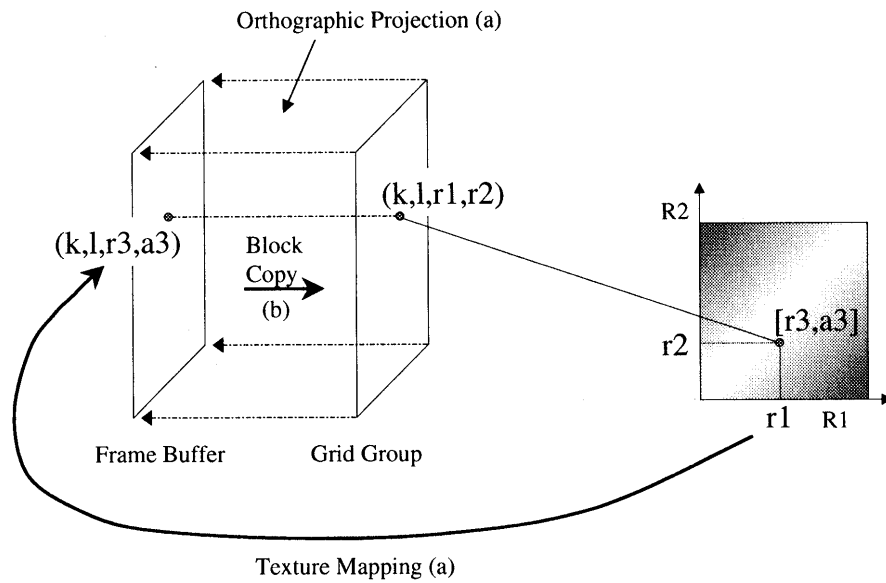


図4 逆投影結果のマッチング：(a) 同一グループに属するグリッドの集合に対して、適当な空間座標値とテクスチャ座標値とを与え、フレームバッファ上にレンダリングする。このとき、色値のペア $(r1,r2)$ に対して、予め計算しておいた平均値 $r3$ およびマッチング度 $a3$ をテクスチャとして張り付ける。(b) フレームバッファ上の情報をグリッド・グループのデータ領域にコピーする。

2. $(r1,g1,b1)$ と $(r2,g2,b2)$ を比較し、 $(r3,g3,b3,a3)$ を導出する。ここで、 $(r3,g3,b3)$ は $(r1,g1,b1)$ と $(r2,g2,b2)$ の中間値で、 $a3$ は、両者の類似度を $[0,1]$ 間の数値で表したものである。
3. 現在のグリッドの値を $(r0,g0,b0,a0)$ とする。 $a0$ が $a3$ よりも小さい場合には、 $(r0,g0,b0,a0)$ を $(r3,g3,b3,a3)$ と置き換える。
4. $(r1,g1,b1)$ を $(r2,g2,b2)$ と置き換える。

この基本アルゴリズムをグラフィックス処理ハードウェアを用いて高速化する方法を以下に述べる。この高速化において、ハードウェアに要求される機能は、

- テクスチャマッピング
- デプステスト (Zバッファ演算)

の並列処理機能である。

4.2.1 マッチング処理の高速化

逆投影のときに用いたものと同じグループ分けを行なう。このグループ化によって、グループとフレームバッファとの一対一の対応関係が定義できる。

RGB値のマッチングは、R値、G値、B値の順番に行なうことにする。各々の結果を統合すれば、マッチングが完了する。以下では、R値を例にとって説明する。逆投影の場合と同じように、テクスチャ・マッピングの

ハードウェア処理機能を、マッチングに利用することができる。

基本的なアイデアは、各グリッドに対して、マッチングすべき値のペア $(r1,r2)$ が存在するとき、この値のペアをテクスチャ座標と見做すというものである。テクスチャとしては、このようなペア $(r1,r2)$ に対して、マッチングの度合 $a3$ や平均値 $r3$ を予め計算した2次元配列を割り当てる。例えば、R値が256通りの異なる値を取る場合、 256×256 の配列 $(r3,a3)[256][256]$ を用意し、各々の組み合わせに対するマッチング度や平均値を予め計算して入れておく。

このようなテクスチャを用意しておけば、マッチング処理は、

1. $z=0$ 上への正射影に対応する変換行列 M_p を作成する。
2. 空間座標値が $(k,l,0,1)$ で、テクスチャ座標値が $(r1,r2,0,1)$ である点の集合を用意する。
3. 点集合を M_p を用いて射影し、同時にテクスチャを張り付ける。
4. フレームバッファの内容を、グリッド・グループの R 値配列および A 値配列にコピーする。

という手続きで実施できる。R値、G値、B値に対する独

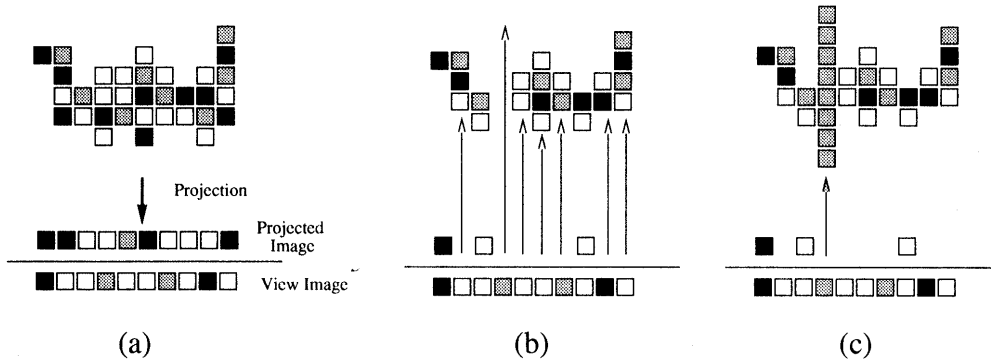


図5 形状の精細化：(a) 不一致部分の割り出し (b) 遮蔽ボクセルの除去 (c) 領域限定された逆投影

立したマッチング処理の結果を統合する手続きも、この手続きを少し修正すれば実現可能である。

A 値の大小比較に基づく RGB 値の差し替え(基本アルゴリズムのステップ 3)は、レンダリング・ハードウェアに通常備わっているデプステスト処理機能を用いれば、容易に実現できる。すなわち、A 値をデプス値(Z値)と見做して、レンダリングを行なえばよい。

4.3 形状の精細化

ボクセル・マッチングにより、異なる視点に対する逆投影の結果を融合することができた。こうして復元された三次元物体に対して透視射影変換を施すと、全ての視点において、与えられたビュー画像とほぼ一致する投影結果を得ることができる。ここで、「ほぼ」と書いたのは、完全な一致を見ることが実際には困難だからである。これには、主に三つの要因がある。

- マッチングの結果は、グリッドの透明度として反映される。従って、正確にマッチしていないものでも、ある程度の不透明度を持ち、透視変換の結果に寄与する可能性がある。
- 三つ以上の視点が存在する場合には、最終的に得られる三次元情報が、視点をどの順番で処理していくかに依存する。後から行なうマッチング処理によって、以前に得られていたマッチング結果の一部が上書き消去される可能性がある。
- マッチングは、可視性 (visibility) までは考慮していない。従って、本来は不必要な不透明ボクセルによって遮られ、視点からは見えないボクセルが生じる可能性がある。

第一の問題点は、 α ブレンディングを行なう際に使

用するパラメータを調整することによって、ある程度解消することができる。また、この調整は、インタラクティブに行なうこともできる。

ここでは、第二、第三の問題点に対処する方法を述べる。第三の問題点に対処するための基本方針は、遮っているボクセルを除去するというものである。一方、第二の問題点に対処する基本方針は、消去されたボクセルを復活させるために、再度、逆投影とマッチングを施すというものである(図5)。これらを一括して実施するには、

1. 透視射影変換と与えられた画像との不一致部分を割り出す。
2. 不一致部分に存在する各ピクセルに対して、遮蔽ボクセルがあれば除去する。
3. 遮蔽ボクセルがなければ、そのピクセルに対してのみ逆投影を実施する。

という処理を視点毎に繰り返し実行すればよい。こうした処理は、レンダリング・ハードウェアに備わっている

- 透視射影変換
- テクスチャ・マッピング
- α テスト
- デプステスト (Zバッファ演算)
- 論理演算 (AND 演算)

などの並列処理機能を組み合わせることによって、加速することが可能である。

4.3.1 不一致部分の割り出し

視点 v に対応して与えられていたビュー画像を P_v 、再構成された三次元物体を視点 v から眺めたときにえられる画像を Q_v とすると、不一致部分とは、 $\|P_v[x][y]-$

ハードウェア加速に適した多視点画像からの三次元シーンの復元法

$Q_v[x][y] > \delta$ となっているような点 $[x][y]$ の集合を指す。ここで、 δ は適当な閾値である。

不一致部分は、 P_v と Q_v がマッチしていない部分と見做すことができる。従って、不一致部分の割り出しには、マッチング処理と構造的に類似した手続きを施せばよく、そのハードウェア加速の手法も自明である。

4.3.2 遮蔽ボクセルの除去

遮蔽ボクセルとは、視点 v と $P_v[x][y]$ に類似した色を持つボクセルとの間に存在し、 $P_v[x][y]$ とはかけ離れた色を持つ不透明なボクセルのことである。このボクセルを取り除くことにより、視点から $P_v[x][y]$ に類似した色が観測されるようになり、不一致部分の解消につながる。遮蔽ボクセルを除去するためには、まず第一に遮られているボクセル、すなわち、 $P_v[x][y]$ に類似した色を持つボクセルが存在するかどうかを調べなければならない。

類似ボクセルの有無は、ボクセル・マッチングの結果を調べれば分かる。ボクセル・マッチングの結果は、グリッドの持つデータ構造の所定の位置に書き込まれているが、これを、再度、フレームバッファ上に透視射影する。射影の際に、 α テストとデプステストを同時に実施すれば、 A 値がある閾値以上のグリッドの中で、視点 v に最も近いボクセルを取り出すことができる。この時に得られた視点からの距離、すなわち Z 値を Z バッファに記録しておく。 Z 値が無限大であれば遮蔽ボクセルは存在しないことになる。一方、 Z 値が有限の値を取れば、視点からの距離が Z 値よりも小さい場所にある不透明ボクセルが、遮蔽ボクセルということになる。

遮蔽ボクセルの除去は、遮蔽ボクセルの A 値をクリアすることによって実現される。このためには、まず全グリッドに対して透視射影変換を施し、遮蔽されているボクセルの Z 値よりも小さな Z 値をもつグリッドのみをフレームバッファ上に投影させる。これは、典型的なデプステスト処理である。投影の際に、グリッドの RGB 値として、グリッドのインデックスを用いることにすれば、フレームバッファ上には遮蔽ボクセルのインデックス集合が記録されることになる。次に、こうして出現したインデックスに対応するグリッドを特定し、 A 値をクリアすれば、遮蔽ボクセルが除去できる。

4.3.3 部分限定された逆投影

不一致部分のうち、遮蔽ボクセルが存在しなかった領域を確定するには、不一致部分を表すビットプレーンと、遮蔽ボクセルの有無を表すビットプレーンとの間で、AND演算を施せば十分である。

逆投影は、視点に対応した画像をテクスチャと見做すことによって実施できた。ビットプレーンによって表現された領域も一種の画像と考えることができるので、これをテクスチャと見做してグリッド集合に投影することが可能である。このようにすれば、限定された領域から逆投影されたグリッドにマークをつけることができ、領域限定された逆投影を実現できる。

逆投影は、視点に対応した画像をテクスチャと見做すことによって実施できた。ビットプレーンによって表現された領域も一種の画像と考えることができるので、これをテクスチャと見做してグリッド集合に投影することが可能である。このようにすれば、限定された領域から逆投影されたグリッドにマークをつけることができ、領域限定された逆投影を実現できる。

4.3.4 備考

こうした割り出し処理のみで、与えられた画像と視点における投影結果との不一致を完全に解消できるわけでは必ずしもない。完全な解消のためには、照明条件等を考慮した異なる視点に対する RGB 値の補正などの、より高度な三次元形状認識技術が必要となるが、その実現は本稿の範囲を越えた将来課題である。

5 結論と今後の課題

本稿では、多視点画像から三次元空間情報を復元する方法として、ボクセル表現に基づいた手法を提案した。この方法には、三次元グラフィックス処理専用ハードウェアを用いた並列処理を組み込むことができ、処理の高速化を図ることができる。復元はボクセル表現を得るところまで行なわれる。任意の方向から見た透視画像を、この空間表現から計算するのは容易であり、ここにおいても専用ハードウェアによる高速化が可能である。

本稿で提案した手法は、様々な用途に用いることができる。例えば、

- 景観シミュレーション
- 遠隔監視システム
- 仮想研究所の実現

などへの応用が考えられる。これらの用途への適用を図り、手法の有効性を確認することは今後の課題の一つである。その他の将来課題としては、以下のものが考えられる。

- より高度な照光モデルに基づいた三次元情報の再構成の実現
- ボクセル表現から幾何プリミティブへの変換の実現とハードウェア加速
- 三次元情報の再構成に基づいた多視点画像の圧縮

参考文献

- [1] Chen, E., "QuickTime VR -- An Image-Based Approach to Virtual Environment Navigation", *Proc. SIGGRAPH '95*, ACM, pp. 29-38, 1995.
- [2] Debevec, P; Taylor, C; Malik, J., "Modeling and Rendering Architecture from Photographs: A hybrid geometry and image-based approach", *Proc. SIGGRAPH '96*, ACM, pp.11-20, 1996.
- [3] Faugears, O., "Three-Dimensional Computer Vision, A Geometric Viewpoint", MIT Press, 1993.
- [4] Gortler, S.; Grzeszczuk, R.; Szeliski, R.; Cohen, M., "The Lumigraph", *Proc. SIGGRAPH '96*, pp.43-54, ACM, 1996.
- [5] Grimson, W., "From Images to Surface", MIT Press, 1981.
- [6] Levoy, M.; Hanrahan, P. "Light Field Rendering", *Proc. SIGGRAPH '96*, pp.31-42, ACM, 1996.
- [7] Marr, D; Poggio, T., "A Computational Theory of Human Stereo Vision", *Proc. Royal Society of London*, Vol.204, pp.301-328, 1979.
- [8] McMillan, L; Bishop, G., "Plenoptic modeling: An image-based rendering system", *Proc. SIGGRAPH '95*, pp.39-46, ACM, 1995.
- [9] Seitz, S; Dyer, C., "View Morphing", *Proc. SIGGRAPH '96*, pp.21-30, ACM, 1996.
- [10] Szeliski, R., "Rapid Octree Construction from Image Sequences", *CVGIP: Image Understanding*, Vol.58, No.1, pp.23-32, 1993.
- [11] Szeliski, R., "Video Mosaics for Virtual Environments", *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol.16, No.2, pp.22-30, 1996.
- [12] Willams, L; Chen, E., "View Interpolation for image synthesis", *Proc. SIGGRAPH '93*, pp.279-288, ACM, 1993.
- [13] Cohen, M; Levoy, M; Malik, J; McMillan, L; Chen, E., "Image-Based Rendering: Really New or Déjà Vu?", *Proc. SIGGRAPH '97*, pp.468-470, ACM, 1997.

研究論文

Cost Estimation of User-Defined Methods in Advanced Database Systems

Jihad BOULOS[†]

National Center for Science Information Systems

Kinji ONO

National Center for Science Information Systems

ABSTRACT

In this paper we present a novel technique for cost estimation of user-defined methods in advanced database systems. This technique is based on multi-dimensional histograms. We explain how the system collects statistics on the method that a database user defines and adds to the system. From these statistics a multi-dimensional histogram is built. Afterwards, this histogram can be used for estimating the cost of the target method whenever this last is referenced in a query. This cost estimation is needed by the optimizer of the database system since this last needs to know the cost of a method in order to place it at its optimal position in the Query Execution Plan (QEP). We explain here how our technique works and we provide an example to better verify its functionality.

[Keywords] Advanced Database Systems, User-defined Methods, Cost Estimation, Optimization.

1 Introduction

The extensions introduced in advanced Database Management Systems (DBMSs) in the last few years has made it possible for a user to add new types and predicates -that may also be called user-defined methods or functions- to the system and to reference one or more of these predicates in a query. This is the case for both Object-Relational (OR) and Object-Oriented (OO) database systems. The dynamic process of System R [Sel79] in optimizing relational queries is being increasingly adopted in optimizing new types of queries in OR and OO systems. This optimization process is mainly concerned with ordering joins in a query while using the heuristic of pushing selections down in the query tree, i.e., applying selections as soon as possible. As pointed out earlier in [HS93] this heuristic is not valid any more when referencing user-defined methods as predicates. In addition, ordering expensive predicates on a relation or collection becomes non-trivial.

Both [HS94, Hell94] and [CS97] address the problem of optimizing queries with expensive predicates.

However, both studies assume the cost of any user-defined method is known a-priori; they assume that the user who adds a method provides also its cost according to its input data. This assumption is a limiting factor for the applicability of the proposed optimization schemes since estimating the cost of a user-defined method requires a highly skilled user that can analyze his method and estimate its cost according to the metrics used by the database system. Such expertise is not always available to normal users. Moreover, the method that a user wants to add may be a third party executable (*i.e.*, a black box) that the user does not have access to its internal mechanisms and cannot easily analyze and estimate its execution cost. An automatic process for user-defined method cost estimation is hence crucially needed in order to alleviate this limitation of the applicability of optimization processes for queries with user-defined methods. This paper is a first step to address this issue.

We had already studied an approach for automatic cost estimation of user-defined methods [BVO97]. This approach is based on a curve-fitting like mechanism and uses neural networks. Under that approach a neural

[†] The author is currently with The Boeing Company, Seattle, U.S.A.

network is trained according to some measurements made on the target user-defined method. The neural network is feed with different values/sizes of the data entries of the method and the execution time for each measured value and size. In a later phase the network is used to estimate the execution cost of the method with other entries (*i.e.*, other values/sizes). The main limitation of this approach is its applicability: it is not trivial to integrate neural networks in an already very complex system like a DBMS. Since histograms have proven their effectiveness in selectivity estimation [PIHS96] and are widely used in commercial systems, we study here their effectiveness in capturing the execution costs of user-defined methods and estimating in a second phase these costs.

The paper is organized as follows: Section 2 presents the motivation for our work. In Section 3 we give a formal definition to the problem we are addressing with some approaches we think may be applicable to resolve it. In Section 4 we present our solution that is based on multi-dimensional histograms with an algorithm to build them. Section 5 presents an example where we applied our proposed technique. In Section 6 we discuss some related works and in Section 7 we present a conclusion and some directions for future works.

2 Motivation

Our work is motivated by a new generation of applications that we think are going to extensively use the new functionality in ORDBMSs. Multimedia and web-based applications may be the most direct targets that needs to use the capability in OR systems of user-defined and expensive predicates. Algorithms such as compression, text search, time-series manipulation and analysis, similarity search (DNA sequences, fingerprints, images, etc.), audio and video manipulations are being aggressively investigated and added as new functionality in database systems. These algorithms (*i.e.*, methods) are sometimes added by the commercial database vendors (*e.g.*, DataBlades modules in Informix and Cartridges in Oracle) but they can also be added by application developers. An intelligent database system must be able to automatically collect statistics on these algorithms, estimate their costs and selectivity, and

place them at their optimal positions in QEPs whenever they are referenced by SQL queries. We are addressing here cost estimation only and not selectivity estimation. Future complex queries may contain several of these expensive methods, interleaved with joins and simple predicates.

Examples of simple queries that contain expensive and user-defined methods are given here. Such type of queries may benefit from our proposed technique.

```
select *
  from Map
 where Contained(shape,
                 Circle(POINT, RADIUS)
 and shape.Area() > AREA;
// can also be expressed as
   Greater(Area(shape), AREA);
```

```
select Extract(Roads, SatImage)
  from Map
 where contained(SatImage,
                 Circle(POINT, RADIUS))
 and SnowCoverage(SatelliteImage)
    < PERCENTAGE;
```

```
select name, location
  from document
 where contains(text, STRING)
 and SimilarityDistance(image,
                        SHAPE) < DISTANCE;
```

```
select distinct point.name,
               point.location
  from point, polygon
 where polygon.landuse = LANDUSE
 and overlaps(polygon.shape,
             point.location);
```

```
select *
  from suspects
 where addeddate > DATE
 and zip like '75%'
 and (hasbarbe(face) or
      similar(face, IMAGE));
```

```
select Company.Name
  from Company,
 where addeddate > DATE
 and zip like '98%'
 and Similarity(MovingAvg(Period,
                          StockPrice), SHAPE)
    < THRESHOLD;
```

3 Problem Formulation

We give here a better definition for the problem we are addressing, so it would be easier for the reader to understand our goals. An n -ary method is of the form $MethName(Arg_1, \dots, Arg_n)$. The execution cost of this method depends upon its internal processing complexity and the type and size of each of its arguments Arg_1, \dots, Arg_n . Formally

$$\begin{aligned} Cost_{MethName} &= InitCost_{MethName} + \sum_{i=1}^n Cost_{Arg_i} \\ &+ \sum_{i=1}^n InfluencingSize_{Arg_i} \times perbytecpu \\ &+ \sum_{i=1}^n (InfluencingVal_{Arg_i} \times perincvalcpu) \end{aligned}$$

$InitCost_{MethName}$ is the cost to initiate the execution of the method independent of any argument. $\sum_{i=1}^n Cost_{Arg_i}$ is necessary because Arg_i may be by itself another user-defined method. An example of this situation is when a query references something like Similarity(MovingAvg(Period, StockPrice), SHAPE). The third factor in the equation is meant to compute the differential cost whenever the size of an argument influences the cost of the method. Similarly, the fourth factor is meant to compute the differential cost whenever the value of an argument influences the cost of the method. Other factors may also play a role in increasing or decreasing the cost of some methods; such factors may be the access cost to some stored data in order for the method to proceed. We do not discuss these factors here.

A user-defined method may be a stored procedure within the DBMS written in a general-purpose language (such as C) or in a fourth generation language such as SQL or OQL; it may be also an external executable called dynamically from the DBMS whenever it is being referenced in a query. We explain in the next subsection different types of methods that have different behavior in their costs in relevance to their input arguments.

3.1 Method Costs Classification

It should be noted that several types of variability in cost exist depending upon the values and sizes of the input arguments to a method. This is mainly related to the sensitivity of the method's cost to its input arguments. Some arguments may have a great influence on the method's cost while others may not have any effect.

The variability in method's cost is also related to the complexity of the method's internal processing. We divided the types of methods depending upon their cost variability in relevance to their input arguments into three classes.

Constant Costs: each method falling into this class has a constant execution cost that is independent of the values and sizes of its input arguments. The costs of such methods are hence dependent only upon their internal processing complexity. Some simple examples of such methods are Add(Arg_1, Arg_2), ComputeAge(DateOfBirth).

Monotone Variable Costs: methods falling into this class have variable costs dependent upon the values and sizes of at least one of their input arguments. Typically, the cost of a method here goes up with the values and sizes of its input -but this is not necessarily the case always. Examples from this class are: Search(Text, STRING), MovingAvg(Period, StockPrice).

Non-monotone Variable Costs: methods from this class have a higher level of complexity in their internal processing in relevance to their input arguments and hence have ups and downs in their costs depending upon complex relations between their input arguments. Examples of this class are: Overlaps(Land, Road) (for this method, an execution may immediately reveal that an input land and an input road do not overlap when comparing their bounding rectangles from an R-tree index. However, if the bounding rectangles overlap, the execution must proceed to compare pixels of the two spatial objects, which is a much expensive operation. In addition, the cost of this method is highly sensitive to the size of the input arguments). Another example from this class would be GreaterSnowCoverage(SatImage, PERCENTAGE).

Estimating the costs of methods from the first class is a simple task. It is sufficient to execute a method from this class once, record its execution cost, and use this execution cost whenever needed. The second class of methods has a higher complexity to estimate its cost. However, we think the estimation approach we are proposing in the next section is quite suitable for this class and will have an acceptable estimation error rate most of the time.

```

Procedure CollectStats(MethName n, Pointer to Arg1,..., Argn) {
  If (n == 1) do {
    Perform a measurement campaign varying the value of Arg1
    return
  }
  for Argi in Arg1,..., Argn do {
    Select different values for Argi to be measured
    Foreach value of Argi do
      CollectStats(MethName n - 1, Pointer to Arg2,..., Argn)
    }
  }
}
    
```

Figure 1 Algorithm for the measurement phase and statistics collection.

```

Procedure ConstHisto(n, Pointer to ArrayOfMeasurement) {
  Sum = Sum of all values in ArrayOfMeasurement
  ForFirst dimension in ArrayOfMeasurement do {
    Divide the dimension into B buckets such that each bucket has approximately Sum/B summing value
    If (n == 1) return
    Foreach bucket from the previous division do
      ConstHisto(n - 1, bucket)
    }
  }
}
    
```

Figure 2 Algorithm for constructing the multi-dimensional histogram.

The third class is even harder to estimate the costs of its methods; our proposed technique may apply to this class but for some methods, it may have a high estimation error rate. Further investigations must be carried on this class.

3.2 Possible Cost Estimation Approaches

We believe that there is a high similarity in estimating the costs of user-defined methods and the (eternal) selectivity estimation problem in database systems. Therefore we think that the same approaches that have been investigated and applied to selectivity estimation may apply to method cost estimation. These different approaches may be divided into four categories: 1) parametric functions, 2) histograms, 3) sampling and 4) curve fitting. As we mentioned earlier in this paper, we have already investigated the appropriateness of neural networks for method cost estimation. This was a curve fitting approach. We think that a histogram approach for method cost estimation may be easier to be inte-

grated in a database systems, since histograms are the only approach that is effectively used in commercial systems.

There is however a major difference between selectivity estimation and method cost estimation. The former has only one argument for its input and hence is only two-dimensional (one dimension for the values of the target attribute *-i.e.*, the argument- and the second dimension for the selectivity). The later has multiple dimensions; these are the input arguments to the method in addition to the cost dimension. Hence, each *n*-ary method must have *n*+1 dimensions in its histogram to capture its input arguments and provide a cost estimation. We explain in the next section how to build a multi-dimensional histogram from statistics collected while executing a user-defined method.

4 Histogram Approach

To build a multi-dimensional histogram for estimating the cost of a user-defined method, the system must

Cost Estimation of User-Defined Methods in Advanced Database Systems

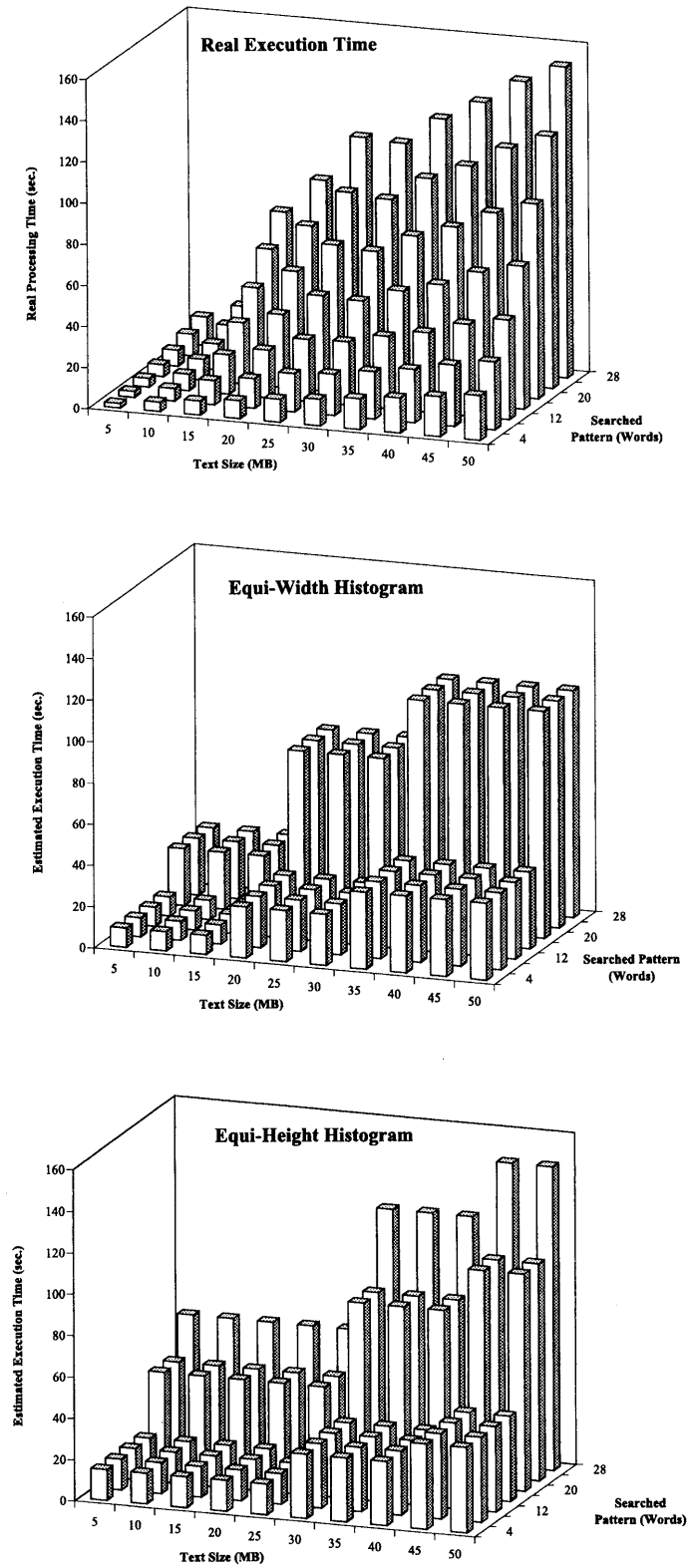


Figure 4 A comparison between graphs for the real, equi-width, and equi-height histograms for the text search method that has been experimented.

technique we built a program in C to construct both equi-width and equi-height multi-dimensional histograms. We run a manual measurement campaign on a text search engine in which we varied the sizes of both the text in which the search is performed and the pattern we are searching for. The search had the form `Search(Text, String)` where `Text` pointed to a file and `String` pointed to a string in memory. We varied the size of the `Text` file from 5 to 50 MegaBytes by a step of 5 MegaBytes and the size of the string from 4 words to 28 words by a step of 4 words.

The measurement campaign generated a two-dimensional array with 70 cells that contained each the measured execution cost for two specific values of `Text` and `String`. To store this array, the system needs to store 140 numbers (the different values need 70 numbers to be stored and there are 70 other numbers for the cost).

We applied the program we coded to construct the multi-dimensional histograms on the measured data. The program generated an equi-height and another equi-width histograms. The reduction in needed number of points from the measurement array to the histogram went from 140 numbers needed to be stored to 34 numbers - *i.e.*, a reduction of factor 4. Figure 4 visualizes the three graphs that were constructed from all the measurement numbers and the two generated histograms. The graphs give a much better idea of the purpose of our approach. Any method with a higher number of arguments cannot be visualized because it would need more than 3 dimensions.

The error rates for both the equi-height and the equi-width are reported in Table 1. These error rates may seem high but the reader can see from Figure 4 that these error rates are still acceptable for the benefit they yield in reducing the number of points that must be stored. In this text search example the equi-width histogram seems to have a slight advantage over the equi-height histograms; however, this may be due to the approximately perfect increases in the method's execution costs in relevance to the input sizes. These increases have a logarithmic shape for the `Text` sizes and an exponential shape with the `String` size. Further experiment are necessary to elect the most suitable

multi-dimensional histograms for most types of methods.

6 Related Works

To the best of our knowledge, there has been little works on estimating the cost of expensive predicates. Most research works in this area concentrated on sequencing several expensive predicates and/or interleaving them with joins. As we have said, [HS93] and [Hell94] address these two issues and provide some heuristics to sequencing and interleaving expensive predicates in QEPs. [CS97] also address the problem of ordering and interleaving expensive methods with joins. Both studies assume the cost of any expensive predicate known *a-priori*.

Table1 Comparison of average error rates for both multi-dimensional histograms.

	Avg. Absolute Error	Avg. Relative Error
Equi-Height Histogram	14.7	78.4%
Equi-Width Histogram	13.9	54.9%

Recently, [SCG98] considered selecting and applying approximate predicates to be applied on data before the real expensive predicates. In this manner less expensive approximate predicates filter out non-qualified input before applying the expensive predicates. Here also, the cost of any approximate or full expensive predicate is assumed to be known in advance.

7 Conclusion

We presented in this paper a novel technique for estimating the costs of user-defined methods. This technique is based on multi-dimensional histograms. The cost estimation of user-defined methods is needed by the optimizer of an OR or OO database system in order to correctly place the methods at their optimal positions in a QEPs. Several issues remain to be resolved before a beneficial integration of this technique into a DBMS. These are mainly the selectivity estimation of expensive predicates and the cost of methods with values of

arguments given outside the measurements and histogram boundaries. This paper presented a step toward a better understanding and optimization of user-defined methods in advanced database systems.

References

- [BVO97] Boulos, J., Viemont, Y., Ono, K.: A Neural Networks Approach for Query Cost Evaluation. *Transaction of Information Processing Society of Japan*. **38**, No. 12, (1997) 2566(2575)
- [CS97] Chaudhuri, S., Shim, K.: Optimization of Queries with User-defined Predicates. *Proceedings of the 22nd VLDB Conference*, Mumbai, India, September 1997.
- [HS93] Hellerstein, J., Stonebraker, M.: Predicate Migration: Optimizing Queries with Expensive Predicates. *Proceedings of the 1993 ACM-SIGMOD Int. Conference on Management of Data*, Washington, DC, May 1994.
- [Hel194] Hellerstein, J.: Practical Predicate Placement. *Proceedings of the 1994 ACM-SIGMOD Int. Conference on Management of Data*, Minneapolis, Minnesota, May 1994.
- [PIHS96] Poosala, V., Ioannidis, Y., Haas, P., Shekita, E.: Improved Histograms for Selectivity Estimation of Range Predicates. *Proceedings of the 1996 ACM-SIGMOD Int. Conference on Management of Data*, Montreal, Canada, June 1996.
- [SCG98] Shivakumar, N., Chekuri, C., Garcia-Molina, H.: Filtering Expensive Predicates. Stanford Report, February 1998.

研究論文

シェーピングされたトラフィックに適したスケジューリング方式

A New Scheduling Scheme with Better Performance for Shaped Traffic

学術情報センター 計 宇生

Yusheng Ji

National Center for Science Information Systems

要旨

統合サービス網の交換ノードにおけるスケジューリングは多重化効果を得ながら、トラフィックの分離を行うために必要である。他のトラフィックからの干渉は、遅延、損失率などの通信品質を低下させる要因の一つである。一方、スケジューリングのもう一つの重要な役割は、異なる通信に資源を公平に配分することである。本論文では、新しい公平性の基準を定義し、すべての瞬間時刻において資源を公平に配分しようとする従来の公平性の基準を拡張し、ある一定の時間間隔内において、資源が公平に配分されていれば公平と見なすことにする。このような公平性に従ったスケジューリング方式は一定の制約を満足するようなトラフィックにある程度の優先度を与えることにより、バーストラフィックの品質を上げることができると考えられる。このようなスケジューリング方式に対する性能解析およびシミュレーションの結果、最悪時の性能が従来の方式に比べて劣らない上、確率的にはより優れた性能を持っていることがわかった。

ABSTRACT

Scheduling mechanism in switching nodes is necessary to isolate traffic while obtaining multiplexing gain in integrated services networks. The interference from other traffic can degrade the quality of service, such as mean and maximum delay, loss probability, etc. On the other hand, allowing resource to be shared fairly between traffic is another requirement to scheduler. In this paper, we introduce a new fairness criterion, which define fairness as when resource is fairly shared among traffic during a certain time period, instead trying to divide resource fairly at any instant. Schedulers based on this kind of fairness criterion can be expected to give more chance to shaped traffic, i.e., shaped traffic will have better quality when serviced under scheduler conforming to the new fairness criterion. Analytical results show that the worst-case performance of new scheduling algorithm CBFQ is not bad than traditional WFQ, also numerical results show that shaped traffic can be expected to have better statistical performance.

[キーワード] スケジューリング、サービス品質、サービス規律、公平性、仕事保存性

[Keywords] scheduling, quality of services, service discipline, queueing discipline, fairness, work conserving

1 はじめに

ATM 網のような高速な統合サービスネットワークにおいて、様々な特性を持つトラフィックに対しそれぞれ異なる品質要求を満足させるためには、高度なトラフィック制御技術が要求される。ネットワークの多重化ノードにおいて、通信間の資源の競合を解決するためにそれぞれの通信に属するパケットの処理優先度を定めるスケジューリング方式は統合サービス網の多重化効果を得ながらトラフィックの分離を行ない、よっ

て、資源の利用率をある程度保ちながら品質を保証することができるために必要である。

ネットワークに入るトラフィックのバースト性が通信間の干渉を起こし、通信の品質を劣化させる要因の一つである。このような干渉を抑え、資源の公平な配分をすることが重要である。これまでのこの分野の研究では、Generalized Processor Sharing(GPS) や Weighted Fair Queueing(WFQ) で代表されるようなバッファ分離方式のスケジューリングがトラフィックの分離に有効

シェーピングされたトラフィックに適したスケジューリング方式

であり、一定の制約を満たすようなトラフィックであれば、ネットワークにおける最大遅延が他のトラフィックの挙動と関係なく求められることがわかっている。また、上記のような理想的なスケジューリング方式に加えて、パケット網において、より実現しやすいさまざまな方式も提案されている。これらのスケジューリング方式のサービス公平性は理想的に、あらゆる瞬間において、ネットワークの資源(帯域)がサービス待ちしているすべての通信間で、それらの通信に割り当てられた帯域と比例して共有されることを要求する。本論文では、新しい公平性の基準を定義し、すべての瞬間時刻において資源を公平に配分しようとする従来の公平性の基準を拡張し、ある一定の時間間隔内において、資源が公平に配分されていれば公平と見なすことにする。このような公平性に従ったスケジューリング方式は一定の制約を満足するようなトラフィックにある程度の優先度を与えることにより、バーストトラフィックの品質を上げることができると考えている。

2 スケジューリングの公平性

まず通信ネットワークの交換ノードにおけるスケジューリング機構を次のように抽象化する。すなわち、スケジューリングを受ける各々の通信をフローと呼ぶことにする。これは、通信におけるコネクションや、セッション、ストリームなどに対応する。また、交換の基本単位を任意の有限長を持つパケットとし、各々のパケットは決められた順序でサービスされる。この場合、共有される資源である通信回線の帯域がサーバーのサービス率に対応する。同じフローに属するパケットは到着順にサービスされ、異なるフローからのパケットのサービス優先度を定めることはスケジューリングであり、その規則はサービス規律(service discipline)である。例えば、先着順サービス、すなわちFIFO(またはFCFS)はもっとも単純なサービス規律である。

以下では、フロー*i*に割り当てられたサービスシェアを ϕ_i とする。また、一般性を失うことなく、 ϕ_i の値を次のように決める。

$$\sum_{\forall i} \phi_i = 1 \quad (1)$$

サーバーのサービス率を r とすると、フロー*i*に割り当てられたサービス率は次のようになる。

$$g_i = \phi_i r \quad (2)$$

資源を異なる通信間で共有する場合、公平性が要求される。理想的なスケジューリングをするとされるサービス規律は Generalized Processor Sharing(GPS)である。GPS サーバーは次のように定義される [1]。すなわち、時間間隔 (τ, t) においてサービス待ちパケットが存在するフロー*i*が同じサーバーを共有する他のすべてのフロー*j*に対して、

$$\frac{S_i(\tau, t)}{g_i} \geq \frac{S_j(\tau, t)}{g_j}, \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (3)$$

が成立する。

このように定義されたGPSはサービス単位が無限に小さいときのみ実現できる。有限の長さを持つパケットが通信処理の最小単位である場合、GPSにもっとも近い挙動をするサービス規律の一つとして、パケット毎のGPS(Packet-by-Packet Generalized Processor Sharing, PGPS) [1][2]、または Weighted Fair Queueing (WFQ) [3]と呼ばれているものがある。すなわち、PGPSまたはWFQの流体近似がGPSに相当する。

スケジューリングの公平性は公平性の指標によって与えられる。そのような指標として、サービス公平性指標(Service Fairness Index, SFI) [4]と呼ばれるものがある。時間 (t_1, t_2) の間にサービス待ちをしている任意のフロー*i*およびフロー*j*に対して、SFIの値は次のように与えられる。

$$SFI \leq \left| \frac{S_i(t_1, t_2)}{g_i} - \frac{S_j(t_1, t_2)}{g_j} \right| \quad (4)$$

ただし、 $S_i(t_1, t_2)$ と $S_j(t_1, t_2)$ はそれぞれフロー*i*およびフロー*j*が時間 (t_1, t_2) の間に受けられるサービスの量であり、 g_i および g_j はそれぞれのフローに割り当てられたサービス率である。このように定義されたSFIの値が小さいほど、サービスの公平性が優れている。理想的なGPSサーバーのSFIの値は0である。

式(4)において、時間間隔 (t_1, t_2) の長さは任意であり、したがって、このような公平性はあらゆる瞬間において資源がそのフローに割り当てられたサービス率に比例して配分されることを目標としている。

一方、バースト的にパケットが発生するような通信では、到着率が一時的に割当てられたサービス率よりも大きくなることもある。どの瞬間も割当てられたサービスシェアに比例したサービス優先度をもつサービス規律ではバーストの発生が大きな遅延につながる。

そこで、これまでの公平性の基準を拡張し、通信にある程度のサービス優先度の蓄積を許すことによってよりよい遅延特性を与えるようなスケジューリング方式のための公平性の指標を次のように定義する。

$$SFI_{new} \leq \left| \frac{S_i(t_1, t_2) - \{l_i(t_2) - l_i(t_1)\}}{g_i} - \frac{S_j(t_1, t_2) - \{l_j(t_2) - l_j(t_1)\}}{g_j} \right| \quad (5)$$

ここで新たに $l_i(t)$ という変数を導入し、時間 t におけるフロー i の持つクレジットとして考えることができる。

パケットがサービスされることによってクレジットが使われ、またそのクレジットは一定の値を上限に時間と共に増えていく。フローの受けられるサービスはクレジットの変動量を除いた後の値が割当てられたサービス率に比例すればよく、通信にある程度のクレジットの蓄積を許している。また、クレジットの上限値を0にした場合、式(5)と式(4)は同じになり、新しい定義にこれまでの場合も含まれていることがわかる。

3 クレジットに基づくフェアキューイング (CBFQ)

ここでは、新たに定義された公平性の基準に従い、新しいスケジューリング方式をクレジットに基づくフェアキューイング (Credit-Based Fair Queueing, CBFQ) と呼ぶことにし、次のように定義する。

まず、フロー i の n 番目のパケットに次のような **仮想完成時刻** を与える。

$$v_i^n = \max \{v_i^{n-1}, V(a_i^n)\} + \max \left\{ \frac{L_i^n}{P_i}, \frac{L_i^n - l_i(a_i^n)}{g_i} + \frac{l_i(a_i^n)}{P_i} \right\} \quad (6)$$

ただし、 $V(t)$ は時刻 t におけるシステム**仮想時刻**で、[1]と同様に次のように定義される：

$$V(0) = 0 \\ V(t_{j-1} + \tau) = V(t_{j-1}) + \frac{\tau r}{\sum_{i \in B_j} g_i}, \quad (7) \\ \tau \leq t_j - t_{j-1}, \quad j = 2, 3, \dots$$

t_j は j 番目のイベント(パケットの到着または送出)が起きる時刻である。また、 B_j はイベント j が起きるときにサービス待ちパケットが存在するフローの集合である。

時刻 0 において、フローは最大値のクレジットを持っている。すなわち、

$$l_i(0) = \sigma_i \quad (8)$$

である。さらに a_i^n をフロー i の n 番目のパケットの到着時刻とすると、時刻 $t \in (a_i^{n-1}, a_i^n]$ において、フロー i の持っているクレジットは

$$l_i(t) = \min \{ \sigma_i, l_i(a_i^{n-1}) + (t - a_i^{n-1})g_i \} \quad (9)$$

である。新しいパケットが到着し、スケジューリングされると、クレジットの値は次のように更新される：

$$l_i((a_i^n)^+) = \max \{ 0, l_i(a_i^n) - L_i^n \}$$

ただし、 L_i^n はフロー i の n 番目のパケットの長さである。

また、 P_i はフロー i に与えられた**ピークサービス率**であり、フロー間の公平性を保つために、 $\alpha > 1$ なる定数を決め、フロー i のピークサービス率 P_i を次のように定義する。

$$\forall_i, P_i = \alpha g_i \quad (10)$$

そして、各々のパケットはその**仮想完成時刻**順にサービスされる。すなわち、より小さい**仮想完成時刻**をもっているパケットがより大きいサービス優先度を有する。

式(6)の右側の第一項は、**仮想時刻**によるWFQの定義 [1] と同じである。第二項ではクレジットの有無によってサービス優先度を上げたり下げたりしている。到着パケットの長さ分よりも多くのクレジットを

シェーピングされたトラヒックに適したスケジューリング方式

もっている場合、ピークサービス率に対応する最大のサービス優先度が与えられる。またパケットの到着時にフローの持っているクレジットが0の時は、WFQと同じく、割当てられたサービス率に対応するサービス優先度になる。このようにして、しばらく休止した後バースト的にパケットが到着するようなフローに対して、バーストの到着時にある程度優先的に処理することによる遅延の低減を可能にしている。

4 最悪時性能の解析

スケジューリングの性能指標を与えるもう一つの基準は最悪時の性能 (Worst-Case Performance)、すなわち、パケットがサービスを完了するまでに待ち行列にいる最長時間 (= 最大遅延) である。サービス率が保証できるスケジューリング方式ではある種の制約を満足するトラヒックについて、最悪時の性能を求めることができる [5]-[6]。トラヒックに対する制約は、例えば、Leaky Bucket[7]-[9] や、Dynamic Time Window[10]-[11]、Exponential Bounded Burstiness[12] などのようなものである。

ここでスケジューラに到着するフロー i が Leaky Bucket (σ_i, ρ_i) によって制約されているとする。 σ_i は式 (8) における σ_i と同一であるとし、システムが安定するための条件としてさらに、 $\rho_i \leq g_i$ が成り立つと仮定する。このとき、時間 $(t_0, t]$ における到着は次の式を満足する。

$$A_i(t_0, t) \leq l_i^0(t_0) + \rho_i(t - t_0) - l_i^0(t) \quad (11)$$

ただし、 $l_i^0(t)$ は時刻 t における Leaky Bucket 内の残余クレジットであり、 $l_i^0(0) = \sigma_i$ 。

定理 1: Leaky Bucket (σ_i, ρ_i) によって制約されているフロー i では、すべての時刻 $t \geq 0$ において、 $l_i(t) \geq l_i^0(t)$ である。

証明: 証明はフロー i のパケット番号による帰納法で行う。

(1) $t \in [a_i^1, a_i^2)$ のとき。

最初のパケットが到着した時点で、Leaky Bucket 内のクレジットは次のように更新される。

$$\begin{aligned} l_i^0(a_i^1) &= \sigma_i - L_i^1 \\ &= l_i(a_i^1) - L_i^1 \\ &> l_i(a_i^1) \end{aligned}$$

このパケットがネットワークノードに到着すると、スケジューラにおけるフロー i のためのクレジットは次のように更新される。

$$\begin{aligned} l_i((a_i^1)^+) &= \sigma_i - L_i^1 \\ &= l_i^0(a_i^1) \\ &= l_i^0((a_i^1)^+) \end{aligned}$$

$g_i \geq \rho_i$ および式 (9) より、時間間隔 (a_i^1, a_i^2) 内では、 $l_i(t) \geq l_i^0(t)$ が成り立つ。これは $n=1$ の場合を証明する。

(2) $n \geq 1$ のときにおいても、 $l_i((a_i^n)^-) \geq l_i^0((a_i^n)^-)$ が成り立つと仮定する。

したがって、

$$\begin{aligned} l_i^0(a_i^n) &= l_i^0((a_i^n)^-) - L_i^n \\ &\leq l_i((a_i^n)^-) - L_i^n \\ &= l_i(a_i^n) - L_i^n \\ &< l_i(a_i^n) \end{aligned}$$

残余クレジットを更新すると、

$$\begin{aligned} l_i((a_i^n)^+) &= l_i(a_i^n) - L_i^n \\ &\geq l_i^0(a_i^n) \\ &= l_i^0((a_i^n)^+) \end{aligned}$$

となる。

したがって、 $t \in [a_i^n, a_i^{n+1})$, $n=1, 2, \dots$ のとき、 $l_i(t) \geq l_i^0(t)$ が成り立つ。証明終り。

定理 1 から、Leaky Bucket の制約を受けたフローでは、CBFQ スケジューラにパケットが到着した時には常にクレジットが残されていることがわかる。したがってこの場合、CBFQを表す式(6)が次のようになる。

$$v_i(n) = \max\{v_i(n-1), V(a_i^n)\} + \frac{L_i^n}{P_i} \quad (12)$$

CBFQ の最大遅延を求めるために、ここではまず流体近似によるシステムについて考える。明らかに、あるフローは、他のすべてのフローが最大値のクレジットをもっているときに、遅延が最大になる。そこで、他のフローが最大値のクレジットを持っていることを前提に、以下のような2つのケースについて考える。

(1) 注目のフローが最大値のクレジットをもっているとき。フロー i がクレジットを持っていれば、最大遅延

は最大バースト σ_i が到着したときに起こり、式(12)および(10)により、次のようになる。

$$D = \sigma_i / \frac{P_i r}{\sum_{j \neq i} P_j} = \sigma_i / g_i \quad (13)$$

(2) 注目のフローは全くクレジットをもっていないとき、 $l_i(t) = 0$ のとき、定理 1 より、 $l_i^p(t) = 0$ となる。これは、注目しているフロー i からはパケットの到着がないことを意味する。

以上のことから、流体近似システムにおける最大遅延は次のようになる。

$$D_i^{fluid} = D = \frac{\sigma_i}{g_i} \quad (14)$$

したがって、パケット化されたシステムの最大遅延は次のようになる [13]-[15]。

$$D_i^{max} = \frac{\sigma_i}{g_i} + \frac{L^{max}}{r} \quad (15)$$

ただし、 L^{max} は同じ CBFQ サーバを共有するすべてのフローにおける最大パケット長である。これは WFQ の最大遅延と同じである。

5 確率的性能の評価

CBFQ では、クレジットの蓄積によって、あるフローの持つサービス優先度が一時的に、他のフローと比べ相対的に大きくなるのが許されている。これによって、シェーピングされたトラフィックにある程度の性能の改善が期待できる。本節では、確率的にバーストが発生するようなシステムにおける遅延特性について、シミュレーションによって調べる。

まず、CBFQ の公平性について、他のスケジューリング方式と比較した。図1に各種のスケジューリング方式による帯域配分で得られた、異なる 2 種類のトラフィックの遅延特性を示す。一種類のトラフィックは平均バースト長 10(パケット)、パケット生起率 1/15(パケット/tick) の ON-OFF ソース、もう一種類のトラフィックは上記を $(\sigma, \rho) = (9, 0.1)$ の Leaky Bucket でシェーピングしたものである。ただし、サーバのサービス率は 1 パケット/tick としてある。このような二種類のソースをそれぞれ 5 個多重化し、種類別の遅延特性を示した。

FIFO 方式では、どちらの種類も同じような遅延特性を示しており、トラフィックの分離と区別ができないことを示す。

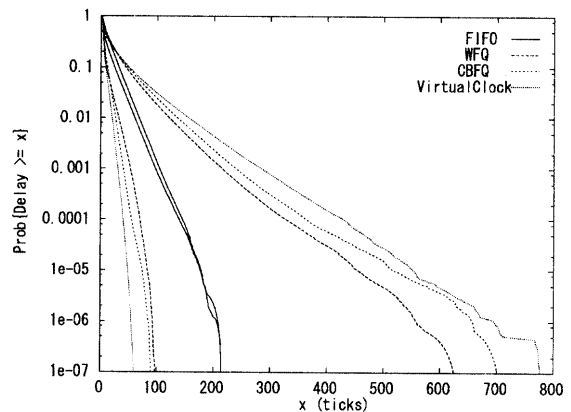


図 1 各種のスケジューリングによるトラフィックの遅延特性の比較

一方で、クレジットの無限な蓄積を許すゆえに不公平であるとされている VirtualClock 方式 [16]-[17] は、バースト性の強いトラフィックに必要以上の罰を課している。その中間にあるのは、これまでもっとも公平とされている WFQ 方式である [18]。CBFQ はある程度のクレジットの蓄積を許すため、WFQ よりも少し VirtualClock よりであることがこの遅延特性にも反映されている。

また、WFQ 方式と CBFQ 方式のそれぞれの性能について行ったシミュレーションの結果を図 2 と図 3 に示す。これは異なる帯域を割り当てられた 4 種類の通信が同じ資源を競合したときの遅延特性であり、50 個のソースを 3~6 段の交換(多重化)ノードでスケジューリングされたときの合計待ち時間の分布である。そのとき、各々のネットワークリンクの使用率は 0.67 である。4 種類のソースはすべて Leaky Bucket によってシェーピングされた ON-OFF ソースである。Leaky Bucket のパラメータ ρ はスケジューラにおける割当てられたサービス率と等しく、それぞれ 1/6、1/8、1/12 および 1/16 (単位: パケット/tick) である。

どちらのスケジューリング方式も仕事保存 [19] であるため、平均遅延は同じになる。一方、遅延の分布を 2 つの図で比べると、同じサービス率を持つソースでは、WFQ のほうが比較的長い裾野の部分を持っており、CBFQ のほうがより優れている特性をもっていることがわかる。

シェーピングされたトラヒックに適したスケジューリング方式

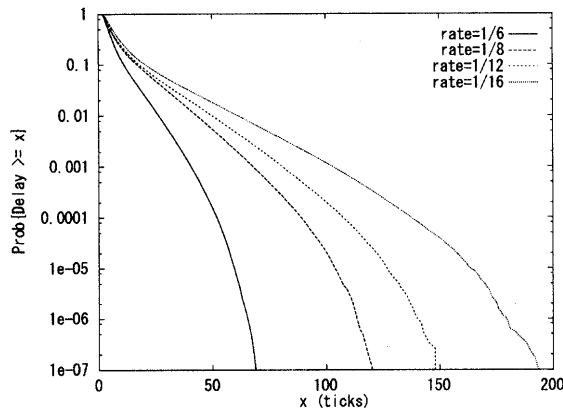


図2 WFQによるトラヒックの遅延特性

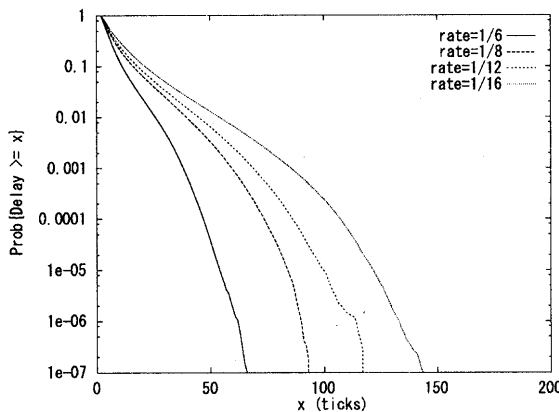


図3 CBFQによるトラヒックの遅延特性

6 おわりに

本論文では、バーストラヒックにも比較的良好な品質を確保することを目的に、新しいサービスの公平性を提唱し、それに基づくスケジューリング方式 CBFQ を提案した。これはトラヒックシェーピングやポリシングによく用いられている Leaky Bucket におけるクレジットの概念からヒントを得ており、スケジューラがシェーパと連動して動くことを前提とした場合、よりよい性能をもたらすと期待できるからである。シミュレーションの結果によってそのようなことが確かめられた。

また、性能解析により、CBFQ 方式は従来の WFQ 方式と同じような最悪時の性能を持つことがわかった。これは CBFQ 方式でも厳格なトラヒック間の分離を行いながら、帯域の保証をすることができることを示唆している。

ここでは、Leaky Bucket によるシェーピングを前提としたが、さらに Moving Window や、その他の制約を受

けるトラヒックでは、別なスケジューリング方式が最適な性能をもたらすと考えられる。今後、それらの制約にも適するようなスケジューリング方式と、これらをより一般的な概念で捉えることを目標に検討を重ねていきたいと考えている。また、実データを利用したトラヒックモデルの構築や、現在注目されている自己相似性をもつトラヒックモデルを用いた場合の効果についても考察していく予定である。

参考文献

- [1] Parekh, A.; Gallager, R., "A Generalized Processor Sharing Approach to Flow Control in Integrated Services Networks: The Single-Node Case," *IEEE/ATM Trans. Networking*, Vol.1, No.3, pp.344-357, 1993.
- [2] Parekh, A.; Gallager, R., "A Generalized Processor Sharing Approach to Flow Control in Integrated Services Networks: The Multiple Node Case," *IEEE/ATM Trans. Networking*, Vol.2, No.2, pp.137-150, 1994.
- [3] Demers, A.; Keshav, S.; Shenker, S., "Analysis and Simulation of a Fair Queueing Algorithm," *Proc. ACM SIGCOMM'89*, pp.1-12, 1989.
- [4] Golestani, S., "A Self-Clocked Fair Queueing Scheme for Broadband Applications," *Proc. IEEE INFOCOM'94*, pp.636-646, 1994.
- [5] Cruz, R., "A Calculus for Network Delay, Part I: Network Elements in Isolation," *IEEE Trans. Info. Theory*, Vol.37, No.1, pp.114-131, 1991.
- [6] Cruz, R., "A Calculus for Network Delay, Part II: Network Analysis," *IEEE Trans. Info. Theory*, Vol.37, No.1, pp. 132-141, 1991.
- [7] Turner, J., "New Directions in Communications (or Which Way to the Information Age?)," *IEEE Commun.*, Vol.24, No.10, pp.8-15, 1986.
- [8] Sidi, M.; Liu, W.-Z.; Cidon, I.; Gopal, I., "Congestion Control Through Input Rate Regulation," *Proc. IEEE GLOBECOM'89*, pp.49.2.1-5, 1989.
- [9] Bala, K.; Cidon, I.; Sohraby, K., "Congestion Control for High Speed Packet Switched Networks," *Proc. IEEE INFOCOM'90*, pp.520-526, 1990.

- [10] Faber, T.; Landweber, L.; Mukherjee, A., "Dynamic Time Windows: Packet Admission Control with Feedback," *Proc. ACM SIGCOMM'92*, pp.124-135, 1992.
- [11] Rathgeb, E., "Modeling and Performance Comparison of Policing Mechanisms for ATM Networks," *IEEE JSAC*, Vol.9, No.3, pp.325-334, 1991.
- [12] Yaron, O.; Sidi, M., "Generalized Processor Sharing Networks with Exponentially Bounded Burstiness Arrivals," *Proc. IEEE INFOCOM'94*, pp.628-634, 1994.
- [13] Stiliadis, D.; Varma, A., "Latency-Rate Servers: A General Model for Analysis of Traffic Scheduling Algorithms," *Technical Reports*, UCSC-CRL-95-38, U.C. Santa Cruz, 1995, also in *Proc. IEEE INFOCOM'96*, pp.111-119, 1996.
- [14] Stiliadis, D.; Varma, A., "A General Methodology for Designing Efficient Traffic Scheduling and Shaping Algorithms," *Proc. IEEE INFOCOM'97*, Kobe, Japan, 1997.
- [15] Stiliadis, D.; Varma, A., "Rate-Proportional Servers: A Design Methodology for Fair Queueing Algorithms," *IEEE Trans. Networking*, Vol.6, No.2 pp.164-174, 1998.
- [16] Zhang, L., "Virtual Clock: A New Traffic Control Algorithm for Packet Switching Networks," *Proc. ACM SIGCOMM'90*, pp.19-29, 1990.
- [17] Figueira, N. R.; Pasquale, J., "An Upper Bound on Delay for the VirtualClock Service Discipline," *IEEE Trans, Networking*, Vol.3, No.4, pp.399-408, 1995.
- [18] Ji, Y.; Asano, S., "Virtual Rate-Based Queueing: A Generalized Queueing Discipline for Switches in High-Speed Networks," *IEICE Trans. Commun.*, Vol.E77-B, No.12, pp.1537-1545, 1994.
- [19] Zhang, H., "Service Disciplines for Guaranteed Performance Service in Packet-Switching Networks," *Proc. of IEEE*, Vol.83, No.10, pp.1374-1396, 1995.

研究論文

Implementation and Performance Evaluation of Object-Oriented Hotspot in AutoCAD Environments

AutoCAD におけるオブジェクト指向型ホットスポットの実現及び性能評価

Weiping ZHAO

National Center for Science Information Systems

学術情報センター 趙 偉平

ABSTRACT

An AutoCAD database is an object-oriented database (OODB) that can be used to constitute an information retrieval system such as geographical information system (GIS) and mapping system. Although the AutoCAD database is designed reasonably and rationally, it has some insufficiencies. For example, it takes time to search entities from a large database because all entities are equally owned by a table which means that to search a specific entity must retrieve the whole table space. Meanwhile, AutoCAD Runtime Extension (ObjectARX) provided with AutoCAD makes it possible to improve the insufficiencies of AutoCAD database by developing new objects and new search methods.

In this paper, a custom object called hotspot entity whose graphical representation size can set independent from the zoom depth is introduced to provide a tools to place anchors or markers in a drawing, and a fast search method using a dictionary containing the hotspot's search information is proposed to retrieve a specific hotspot entity from an AutoCAD database. A hotspot toolkit consisting of the proposed hotspot entity and fast search method is developed to design a more efficient and more sophisticated information retrieval system based on the AutoCAD OODB.

要旨

近年、AutoCAD のオブジェクト指向型データベースを利用した情報検索システムに関する研究と開発が行われているが、そのデータベースの構造に改善する余地がある。例えば、大規模データベースの検索が遅いと指摘されている。一方、オブジェクト指向を使用したプログラミングインタフェース (ObjectARX) が提供され、ユーザの要求に合わせてカスタマイズオブジェクトや検索方法を研究開発することが可能である。本稿では、画面上に再現サイズがズームによらないホットスポットというカスタムオブジェクトを開発し、また、検索情報を持つディクショナリでホットスポットの高速検索を行う方法を提案する。AutoCAD 図面にアンカー或いはマーカーとしてホットスポットを配置し、提案された方法で検索することにより、AutoCAD オブジェクト指向型データベースを使用した高速情報検索システムを構築することができる。

[Key Words] object-oriented database, information retrieval, hotspot, AutoCAD, ObjectARX

[キーワード] オブジェクト指向型データベース、情報検索、ホットスポット、AutoCAD、ObjectARX

1 Introduction

Information retrieval system based on object-oriented database has been one of the most prominent areas of information retrieval research in the past decade [1][2]. Combining with progresses of computer technology and software technique [3][4], some information retrieval

systems based on personal computer have been developed and put into the market. For example, mapping systems using the AutoCAD object-oriented database (OODB) have been applied to various fields, such as geographical information system (GIS) [5] and global positioning system (GPS) [6]. This paper will focus on

the AutoCAD OODB. OODB has been introduced in AutoCAD since AutoCAD Release 13. Although AutoCAD OODB is designed quite reasonably and rationally, it has some insufficiencies:

1. Graphical objects (a.k.a. entities) of an AutoCAD database always change in their graphical representation size when they are zoomed in or zoomed out, which results in an inconvenience for us to constitute an information retrieval system because they may be too small to be seen on the screen when they zoomed out deeply.
2. All entities are equally owned by a table, which means that to search a specific entity must retrieve the whole space of table. It will take time to search entities from a large table.

Meanwhile, AutoCAD Runtime Extension (ObjectARX) programming environment provided with AutoCAD makes it possible to improve these insufficiencies by developing new objects and new search methods.

In this paper, we propose two approaches to solve the above two insufficiencies by using ObjectARX. For the first insufficiency, a custom entity called hotspot entity whose graphical representation size is independent from the zoom depth is developed and introduced in our research. Such an entity can be used as an anchor pointing to another object or an application in an AutoCAD drawing. To improve the second insufficiency, we propose a fast search method that to search a specific entity from potential entities whose entry information in the table are stored in a named dictionary. A hotspot toolkit based on these two approaches provides a set of commands used as AutoCAD commands and a set functions used by other applications to constitute a more efficient and more sophisticated information retrieve system based on AutoCAD OODB.

The remainder of the paper is organized as follows. In the next section, AutoCAD and its programming environment called ObjectARX are briefly introduced. The proposed approaches are presented in detail and their performance evaluation is discussed in Section 3. This section also gives a sample application that uses the hotspot toolkit. Finally, some concluding remarks including the future study tasks are made in Section 4.

2 AutoCAD and ObjectARX

2.1 What is AutoCAD

AutoCAD is a general purpose CAD tools that is widely used in various fields: manufacture, construction, civil engineering, education and so on. The AutoCAD database is an object-oriented one that stores the objects and entities that make up an AutoCAD drawing [7][8]. Each object in the database has a handle that is a unique identification for the object within the context of a particular drawing. Entities are a special kind of database object that have a graphical representation within an AutoCAD drawing, for example, lines, circles, arcs, texts, solids, regions, splines, and ellipses. A user can see an entity on the screen and can manipulate it. Other important database objects are symbol tables and dictionaries, objects that map a symbol name (a text string) to another AcDb-object. AutoCAD provides a fixed set of symbol tables in the database, each of which contains instances of a particular class of symbol table record.

Each object has a set of member functions that manipulate itself. Fig.1 shows an example of circle object. It has data information such as center, radius and color. It also has inherent functions that change and abstract its data in obedience to AutoCAD's commands.

2.2 What is ObjectARX

ObjectARX, the AutoCAD Runtime Extension programming environment, includes C++ libraries that enable you to develop AutoCAD applications, extend AutoCAD classes and protocol, and create new commands that operate in the same manner as intrinsic AutoCAD commands [9].

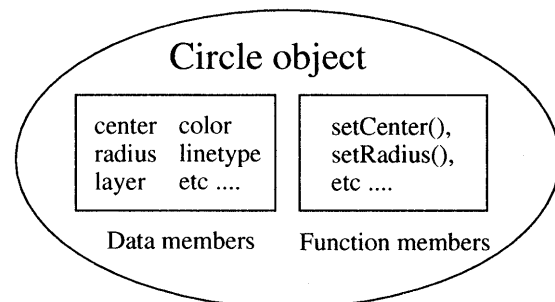


Figure 1 Circle object

The ObjectARX programming environment provides an object-oriented C++ application programming interface that enables developers to use, customize, and extend AutoCAD. The ObjectARX libraries comprise a versatile set of tools for application developers to take advantage of AutoCAD's open architecture, providing direct access to AutoCAD database structures, and the graphics system, and providing native command definition. In addition, these libraries are designed to work in conjunction with the AutoLISP and AutoCAD Development System (ADS) application programming interfaces so that developers can choose the programming tools best suited to their needs and experience. ObjectARX applications are dynamic linked libraries (DLLs) that shares AutoCAD's address space and makes direct function calls to AutoCAD, avoiding the costly overhead of interprocess communication (IPC).

ObjectARX applications can monitor actions of AutoCAD at several levels: command level, database level and object level. Reactor objects are used to accept "notification" from AutoCAD, and do corresponding processing such as executing an application or sending a message to other applications.

New classes can be added to the ObjectARX program environment and export them for use by other programs. ObjectARX entities created are virtually indistinguishable from built-in AutoCAD entities. The ObjectARX protocol can also be extended by adding functions at runtime to existing AutoCAD classes.

3 Hotspot Entity

3.1 Concept of Hotspot

The content of an AutoCAD figure could be a machinery drawing, an architecture or a map. A figure can be zoomed in and zoomed out on a window, which is an indispensable function making manipulation of figure possible. Of course any drawings that AutoCAD provides will change in graphical representation size when they are zoomed in and zoomed out, since they have vectorial sizes. This is true in almost cases. But in some cases, this brings us an inconvenience because a drawing will be too large to be displayed on a window in whole when the figure is zoomed in deeply or will be too small to be seen on a monitor when the figure is zoomed out very much.

A concept of **hotspot** whose sizing is different from ordinary AutoCAD entities is introduced in this paper. A hotspot is conceptually defined as a point although it has visual shape and graphical representation size. Its graphical representation size can be set independent from the AutoCAD zoom depth so that it always can be viewed with the same shape and the same representation size no matter what zoom depth the AutoCAD editor is. The hotspot also has the information pointing to other objects or applications. This kind of entity enables us to design a more sophisticated information retrieval system.

3.2 Hotspot Object Model

A hotspot entity is an instance of customized class **AcDbHotspot** derived from ObjectARX class **AcDbEntity**. The OMT (Object Modeling Technique) [12][13] diagram in Fig.2 shows an overview of the hotspot object model.

The hotspot entity is a drawable, selectable AutoCAD entity. It is linked to a reactor object that contains its handle information. Besides the hotspot location and orientation, it contains the information of name, blink, animating location and mode, and other typical AcDbEntity properties like layer and color.

The reactor objects each of which is attached to a hotspot object are stored in a special AutoCAD dictionary. They are not AutoCAD entities, so they can't be displayed or selected directly by the end user. They are used to accelerate searching hotspot entities.

3.3 Features of Hotspot

Besides a hotspot entity has the same features as an ordinary entity of AutoCAD, it has specific features

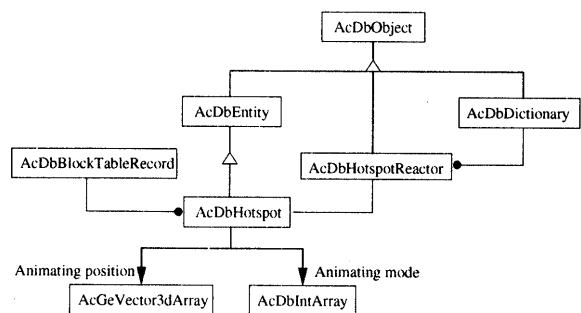


Figure 2 AutoCAD hotspot object model.

Implementation and Performance Evaluation of Object-Oriented Hotspot in AutoCAD Environments

that make it more powerful and more applicable. Those specific features are summarized as follows:

- Shaping ensures a hotspot can be customized in shape. The shape of a hotspot can be defined in two methods. One is to define the shape of hotspot with basic drawings such as points, lines, circles, arcs and polygons. It is also possible to define a hotspot with a raster image. A system definition file is used to define this kind of hotspot. Another method is to define a hotspot with a block drawing. A user can register a group of drawings as a block then assign it to a hotspot. Note that a block can contain vectorial drawings and raster images.
- Sizing makes a hotspot flexible in graphical representation size. A hotspot has three size modes: **real size mode**, **fixed pixel size mode** and **automatic size mode**. A hotspot with the real size mode is just like a normal AutoCAD entity whose graphical representation size changes when it is zoomed in or zoomed out, while the graphical representation size of a hotspot with the fixed pixel size mode is fixed in pixel coordinates and independent from zoom depth of AutoCAD editor (also see Section 3.4.1). The graphical representation size of a hotspot with the automatic size mode is independent from the zoom depth but changes in proportion to the size of window.
- Blinking allows a hotspot to change in shape or in location. A hotspot can be set to blink in several modes: **normal blinking** that a hotspot turns on (visible) and turns off (invisible) alternately; **changing in size** that a hotspot changes its graphical representation size; **changing in location** that a hotspot changes its location on the screen; and **animating** that a hotspot changes its shape, size and location timely in a predetermined order. In addition, the blinking has life time that makes it possible to blink a specific hotspot entity for a while.
- Triggering enables a hotspot to react to a double click. It can trigger a predefined executive application or an AutoCAD command. It can also send a notification to other applications through Microsoft's dynamic data exchange (DDE) mechanism.
- Hinting allows a hotspot to do a predefined response when the mouse points to it. It can display a

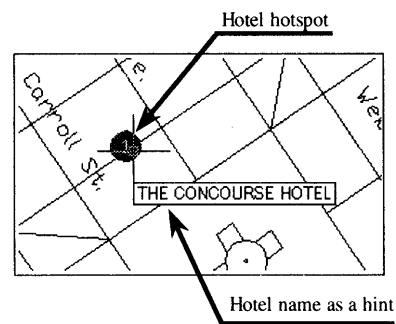


Figure 3 Display a hint string.

hint string shown as in Fig.3 or send a message to DDE applications.

- Styling makes a hotspot to change its appearance. It has several styles such as visible/invisible style, erase-able/erase-unable style, with-name/without-name style, with-frame/without-frame style, etc.
- Retrieving makes it possible to search a specified hotspot. When a hotspot is instanced it returns its handle which is unique integral value. A user can use this handle as a key for data record of database when designing a information retrieve system. A hotspot can be searched, moved and blinked by using its handle.

3.4 Implementation of Hotspot in ObjectARX

Since AcDbHotspot class is derived from Object class AcDbEntity, not only a number of virtual functions of AcDbEntity including the functions to read/write parameters from/into a database file need to be overridden but also functions implementing special hotspot features need to be written. As an object-oriented class, AcDbHotspot has to provide functions to take actions in obedience to AutoCAD commands such as move, erase, list and etc.

3.4.1 Coping with Zoom Command

As an object class of ObjectARX, the AcDbHotspot class has a function that is responsible to make up the graphical representation. In this function, the size of hotspot mapping to AutoCAD coordinates is computed in different ways for the three size modes. For the real size mode, the function makes up the graphical representation using the size information the hotspot entity has. For the

fixed pixel size mode, the function, at first, calculates the current **mapping ratio** that is the value of AutoCAD vectorial size per pixel of the screen, then makes up the graphical representation using the mapping size information so that the pixel size of graphical representation is kept the same no matter what the current zoom depth is. Fig.4 shows the principle of hotspot graphical representation mapping. For the automatic size mode, the graphical representation is made up using the information of mapping ratio and current window size as well. As a result, the size of hotspot entity is proportional to the window size.

Like other AutoCAD entities, hotspot entities are enlarged or shrunk after AutoCAD command “zoom” is executed because the window’s image cached by AutoCAD’s display engine has been manipulated but the function of `AcDbHotspot` class that make up the graphical representation has not been called. In order to keep the graphical presentation size fixed, the function must be called once immediately after the zoom command is done. Here, a reactor class `AcHotspotEditorReactor` derived from ObjectARX class `AcEditorReactor` is introduced to monitor the AutoCAD editor. This reactor responds to AutoCAD-specific events such as loading and unloading a drawing, starting or ending a command, and other kinds of user interaction. When the moment that the zoom command is just done is captured the reactor sends a notification to all hotspot entities to rebuild their graphical representations.

3.4.2 Coping with Copy Command

The AutoCAD command “copy” copies all the parameters of selected entities except location informa-

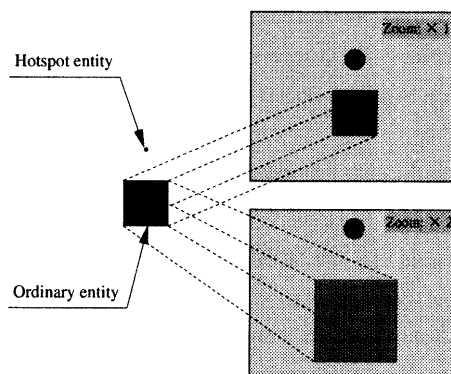


Figure 4 Hotspot representation mapping.

tion to duplicated entities. Because each hotspot entity has to have a unique handle, hotspot entities are designed not to respond to it. To implement this, a relative virtual function is overridden.

A special copy command is provided to duplicate hotspots. It creates new hotspots, copies all parameters of the original hotspots except their handle parameters to the new ones and assigns a new handle to each of them.

3.4.3 Coping with Erase Command

Hotspots can be erased by a specific erase command provided by the hotspot system and AutoCAD command “erase” as well. The former removes the selected hotspot and its reactor completely and clearly while the later removes the hotspot itself and the reactor of this hotspot will remains in the database as a garbage. This garbage can be removed by a specific command although it does not influence other objects including hotspot entities.

3.4.4 Coping with Print and Plot Commands

The function of an entity that makes up the graphical representation displayed on a window is also available when it is printed out. For a hotspot, a size in pixels suitable for monitoring may not be suitable for printing in most cases because the resolution of printer is much higher than that of monitor. The same size in pixels used for monitoring will make the hotspot visually very small on a printed paper. To cope with this problem, the hotspot system provides a print/plot interface shown as in Fig.5. By setting the plot options, hotspots can be printed out in indicated sizes in pixels or in AutoCAD vectorial coordinates. It is also possible to view hotspots on the screen while not to print out them.

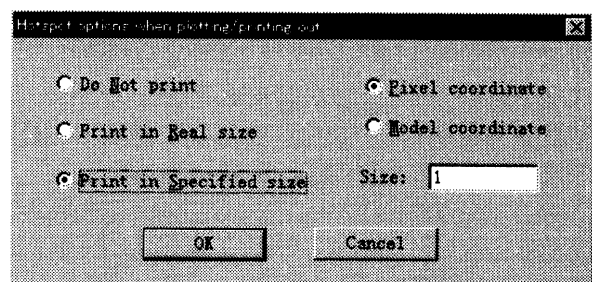


Figure 5 Print/plot option interface.

Implementation and Performance Evaluation of Object-Oriented Hotspot in AutoCAD Environments

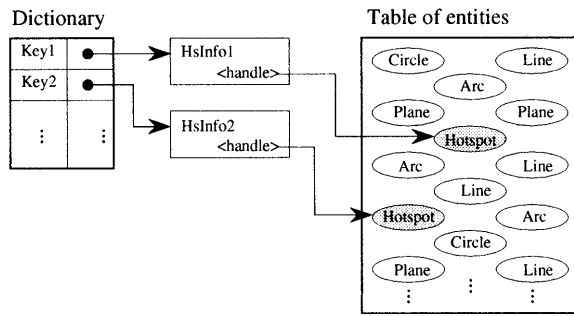


Figure 6 Searching hotspots through a dictionary.

3.5 Searching Hotspots

3.5.1 Searching Model

AutoCAD provides the function to search a specific entity by retrieving the whole database space. When hotspot entities are used in a large drawing database, it will take time to search a specific hotspot entity by using the AutoCAD's search function. In order for hotspot entities to respond mouse moves and double clicks promptly, and to be searched fast, a custom class **AcDbHotspotInfo** derived from ObjectARX class **AcDbObject** is used to manipulate hotspot entities quickly and efficiently. This class contains object hotspot handle information. When a hotspot entity is placed, an object of **AcDbHotspotInfo** is generated and registered in the named dictionary with a search key. Any hotspot entity can be reached by searching this dictionary space.

Instead of search the whole database space, to search a hotspot entity needs only to search the named dictionary space since an entity can be accessed by using its handle as shown in Fig.6.

3.5.2 Performance Evaluation of Search

In order to evaluate the performance of proposed search method, we measured necessary times to search a specific hotspot entity from drawing databases by using the proposed method and AutoCAD search method respectively. Each drawing database has 100 hotspot entities and a number of other entities.

Fig.7 shows the necessary search times of both the proposed method and the AutoCAD method. From the results, we can find that the necessary time of hotspot search is proportional to the scale of database for the

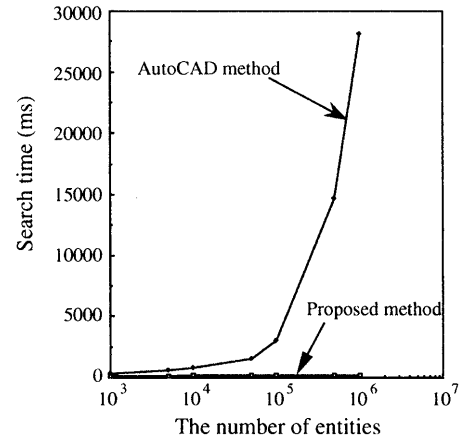


Figure 7 Retrieval time.

AutoCAD method and that the scale of database has very few effect on the search time of hotspot for the proposed method. Note that it is very important and helpful for the hotspot system to have no relation between the search time of hotspot and the number of background entities when it is applied to an information retrieval system, since a database for an information retrieval system link a mapping system is usually large in the scale.

3.6 Hotspot Toolkit

The hotspot toolkit developed based on the custom hotspot entity and the proposed method of hotspot search helps AutoCAD developers to develop applications by providing a custom hotspot class, a set of commands to place and edit hotspot entities, and a set of functions. The set of commands can be used directly in the AutoCAD command prompt or called by ObjectARX and AutoLISP applications while the set of functions is special for AutoLISP or VisualLISP [11] applications. The toolkit also provides friendly interfaces that make its utilization simple.

3.7 Application of Hotspot

Because a hotspot entity has the pixel fixed size mode making its graphical representation size unchangeable and independent from the AutoCAD zoom depth, and because it can be searched very fast by using the proposed method, it can be placed into a drawing database as an anchor or marker pointing to

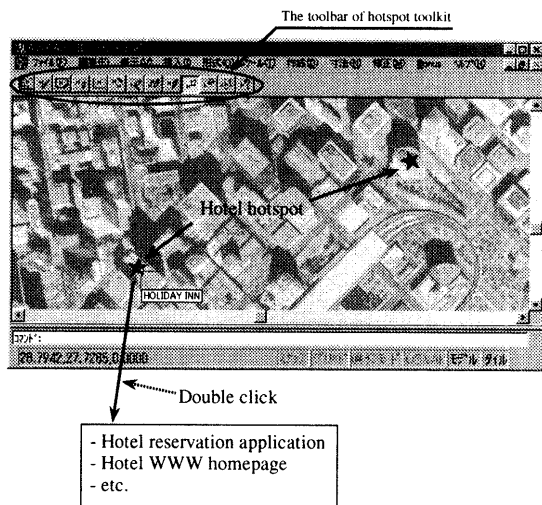


Figure 8 A hotel retrieval system.

other objects or applications to constitute an information retrieval system.

As an example, Fig.8 shows a hotel retrieval system where the hotspot toolkit is used. Double clicks on a hotel hotspot will access the WWW homepage of hotel or execute a hotel reservation application.

4 Conclusions

When an information retrieval system uses an AutoCAD object-oriented database, all entity objects of the database always change their graphical representation size on the screen. We conclude that a non vectorial entity object will bring about a convenience to design an information retrieval system based on the AutoCAD database. We implemented a custom object called hotspot entity whose graphical representation size can be set fixed on the screen and proposed a fast search method to accelerate the retrieval of hotspot entities. The hotspot toolkit based on the custom hotspot entity and the proposed method of hotspot search was developed to help to design and constitute more efficient and more sophisticated information retrieval systems based on the AutoCAD database.

As the future research and development, the hotspot object will be enhanced by adding functions of ActiveX Automation to it, which will make it possible for applications to access and manipulate it through Microsoft's Component Object Model (COM) architecture outside

the AutoCAD. Furthermore, audio function will be added to the hotspot object.

References

- [1] Bertino, E.; Kim, W., "Indexing Techniques for Queries on Nested Objects", *IEEE Trans. Knowledge and Data Exchange*, Vol.1, No.2, pp.196-214, 1989.
- [2] Lee, W. C.; Lee, D. L., "Combing Indexing Technique with Path Dictionary for Nested Object Queries", *Proc. DASFAA'95, Fourth Int'l Conf. Database Systems for Advanced Applications*, pp.107-114, Singapore, April 1995.
- [3] Booch, G., "Object-Oriented Design with Applications," Benjamin/Cummings, 1991.
- [4] Jacobson, I. et al.: "Object-Oriented Software Engineering: A Use Case Driven Approach", Addison-Wesley, 1992.
- [5] Plewe, B., "GIS Online: Information Retrieval, Mapping and the Internet", Onword Press, 1988
- [6] Roe, A. G., "New GIS Workhorses for Map Makers", *Cadence*, pp.28-43, April 1998.
- [7] Omura, G., *Mastering AutoCAD 14*, Sybex, 1997.
- [8] AutoCAD <http://www.autodesk.com/autocad/>
- [9] ObjectARX <http://www.autodesk.com/arx/>
- [10] Harkow, R., "Essential AutoLISP", Springer-Verlag, 1990.
- [11] VisualLIST <http://www.autodesk.com/vlist/>
- [12] Rumbaugh, J. et al., "Object-Oriented Modeling and Design", Prentice Hall, 1991.
- [13] David, H., "On Visual Formalisms", *Communications of the ACM*, Vol.31 No.5, pp.514-530, 1988.

研究論文

トラヒック観測による ATM 通信品質の推定方法 - 基本的な考え方 -

An Estimate Method of ATM Cell Quality based on Traffic measurements - Basic idea -

学術情報センター 阿部 俊二

Shunji ABE

National Center for Science Information Systems

要旨

ATM ネットワークの実用化が急速に進んでおり、ネットワークの容量やトポロジ等の設計ならびに運用を経済的かつ効率的に進めていくことが今後重要になると考えられる。これらの実現には、まず実運用されているネットワークが、実際にどのような品質で運用されているのかを正確に把握することが重要である。そこで、本論文では、ネットワーク上に実際に流れているトラヒックの観測から、セル多重化トラヒックを相異なる二つのセルレートで交番発生するモデルで近似して、セル廃棄率品質を推定する方法の基本的考え方を述べると共に、本方法の実現の第一ステップとして、発生レート分布と交番する時間分布としてどのような分布がふさわしいかの検討を行った。各発生レートの交番時間間隔がそれぞれ2次の超指数分布、異なる二つのセル発生としてそれぞれが2次の超指数分布と指数分布の場合に、実用的な精度でセル廃棄率を推定できることを示した。

ABSTRACT

Putting ATM network to practical use is very rapidly progressing. In this situation, it is very important to design ATM network parameters such as bandwidth and topology efficiently and economically, and also an efficient and an economical operation of an ATM network is important. On this account, it becomes it momentarily to know quality of an ATM network in use precisely. This paper describes a cell quality estimate method of an ATM network in operation. This method is as follows. The first, a multiplexed cell traffic stream is approximated by a model that generates cells of two kinds speed alternately from traffic measurements of an ATM network in operation. The next, cell loss rate is estimated by the approximated model. In order to realize this method, it is necessary to determine four probability distributions (each of cell interarrival distributions for two kinds speed and their duration distributions) for the approximated model. As the first step toward realization of this method, this paper considers what kind of distribution is propriety. we show that when each of duration distributions is 2-stage hyperexponential, if 2-stage hyperexponential and exponential are selected as cell interarrival distributions respectively, cell loss rate can be estimated by practical accuracy.

[キーワード] バーストラヒック、多重化バースト、MMPP、ATMトラヒック

[Keywords] Burst Traffic, Multiplexed Burst Traffic, MMPP, ATM Traffic

1 まえがき

高速計算機ネットワークやB-ISDNの実現に向けて、ATM ネットワークの実用化が急速に進んでおり、ネットワークの容量やトポロジ等の設計ならびに運用を経済的かつ効率的に進めていくことが重要になっている。これらを実現するためには、まず実運用されている

ネットワークが、実際にどのような品質で運用されているのかを正確に把握することが重要である。このため、ネットワーク上に実際に流れているトラヒックの観測から通信品質を推定することが不可欠である。

本論文では、ネットワーク上に流れるトラヒックの観測から、セル多重化トラヒックを相異なる二つのレ

トラヒック観測による ATM 通信品質の推定方法 - 基本的な考え方 -

イトで交番発生するトラヒックモデルで近似して、セル廃棄率品質を推定する方法を述べると共に、本方法を実現すべく第一ステップとして、発生レイト分布と交番時間間隔分布としてどのような分布が妥当かの検討を行う。

発生レイト分布としてポアソン分布(発生時間間隔分布が指数分布と等価)、交番時間間隔分布として指数分布の場合は、2 状態 MMPP(Markov Modulated Poisson Process)として良く知られている [5]。この2状態MMPPで近似する場合、4つの指数分布のパラメタ(平均値)を決める必要があり、Heffesの方法やBaiocchiの方法などが知られている [5,2]。Heffesの方法では、平均セル転送遅延を良好に近似出来るものの、セル廃棄率に関しては、重負荷にのみ近似が有効ではなく、重負荷以外では危険側の近似になることが知られている [1]。一方、Baiocchi 法では、多重化されるバーストソースのバースト性がかなり強い場合の検証で、高精度にセル廃棄率を近似できることが示されている [2,3]。しかし、検証モデル以外での有効性については、明らかになっていない。

そこで、Baiocchi 法に関して、検証モデルよりもバースト性の小さいソースを多重した場合のセル廃棄率の近似精度の検証を行い、ソースのバースト性がかなり強い場合にのみ有効であることを示す。

この検証結果を踏まえ、相異なる2つの発生レイト分布と交番時間間隔分布として、指数分布からフェーズタイプ(位相型)の分布に拡張し、セル廃棄率の近似精度の観点から、各分布の適合性の検討を進め、交番時間間隔分布として2次の超指数分布、発生レイト分布としてそれぞれ2次の超指数分布と指数分布で(ただし、発生レイト分布として、発生時間間隔分布を考えている)、実用的なセル廃棄率の推定ができることを示す。

2 品質推定法の基本的考え方

実際のネットワークに流れるトラヒックの観測から品質を推定する方法として、観測するトラヒックの対象の違いから2つが考えられる。個々のソースが発生するトラヒックの観測による方法と、既に伝送路上に多重化されたトラヒックの観測による方法である。実ネットワークでは多種多様なソースを多数運ぶことから、前者のアプローチでは、観測自体が非現実的であり、困難さが予想されるため、後者のアプローチを採ることとした。

多重化されたトラヒック流は、マクロに見ると、図1に示すようなトラヒックが混み合っている部分(高レイト発生)と比較的空いている部分(低レイト発生)の交番発生の様子に捉えることができる。このトラヒック流は、高レイト発生部分と低レイト発生部分の各長さ(交番時間間隔)の分布、並びに高レイトと低レイトにおける各トラヒック発生分布を与えることにより規定できる。

高レイト発生部分と低レイト発生部分を切り分ける場合、基準値としてバッファの出力伝送路速度に選ぶのが、セル廃棄率を推定する場合に都合がよい。セル廃棄は、バッファにセルが溜り、バッファ容量を越えた時に生ずる現象で、出力伝送路速度を越える高いレイトでセルが到着する場合にのみ発生する。したがって、出力伝送路速度を基準値とすることで、セル廃棄の現象を高レイト発生区間のみに限定でき、廃棄現象のモデル化が考えやすくなるからである。ここでは、各発生区間の切り分けの基準値として、伝送路速度を考える。

トラヒック観測において、これら4つの分布を決定できる観測を行い、多重化トラヒックを図1のようにモデル化し、このトラヒックがスイッチバッファ等に加わった場合の品質を解析することにより、品質推定することが基本的な考え方である。

このような品質の推定を行う際の基本的な課題として、

- (1) 各4つの分布の決定
 - (2) 各4つの分布に規定するためのトラヒック観測法
- がある。トラヒック観測は、各4つの分布の形態により観測方法や観測統計量が異なってくるため、まずは発生レイト分布と交番時間間隔分布としてどのような分布が妥当かを定めることが先決である。そこで、本論文では、どのような分布がセル廃棄率を推定する上でふさわしいかの検討を行う。

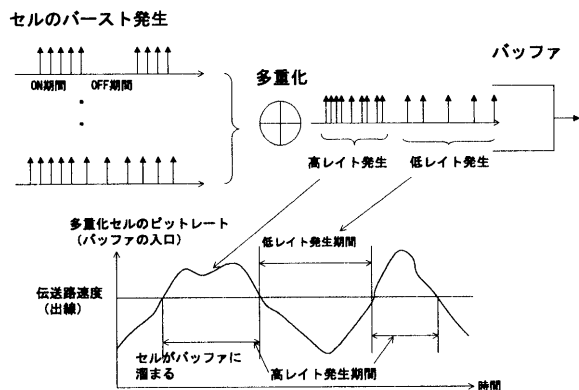


図1 多重化トラヒックのモデル化の考え方

3 MMPPによるセル廃棄率の推定法とその有効性

4つの分布に関して、高レイト発生部分と低レイト発生部分の各交番時間長が指数分布、各部分でのトラヒック発生分布(発生数分布)がポアソンの場合(発生時間間隔が指数分布と等価)は、2状態MMPPとなることが知られている。ON-OFFバーストソースの多重化セルトラヒック流の2状態MMPP近似による、セル廃棄率の解析がBaiocchiらによりなされている。セル廃棄率の近似精度評価については、図2に示すようなバーストソースを多重した場合について行われており、高精度な近似が得られることが示されている。[2,3] この評価で用いられたバーストソースの各パラメータ値は、ONとOFF区間のそれぞれの平均長が $\alpha^{-1}=13.056\text{ms}$ と $\beta^{-1}=117.504\text{ms}$ の指数分布、ON区間でのセル発生速度は一定の10Mb/sで、ソースの平均セル発生速度は1Mb/sである。この時の、バーストソースの平方変動係数は550である。ここで、平方変動係数は、セル発生間隔時間分布に関して、(分散/平均の二乗)で定義されるもので、バースト性の強さを表す一つの指数である。平方変動係数が大きいほど、バースト性が強いことを意味している。たとえば、無音圧縮技術を用いた音声バースト [5] の平方変動係数は約20であるから、Baiocchiらの検証は、かなりバースト性の強いソースの多重化について行っていることが分かる。

本節では、ソースのバースト性を少し弱めた場合を想定し、Baiocchiによる2状態MMPP近似の有効性の評価を通して、多重化トラヒックの2状態MMPP近似の妥当性の検証を行う。

3.1 Baiocchiの近似手法

ON-OFFバーストソースの多重化セルトラヒックを2状態MMPPで近似するためには、高レイトと低レイトの各発生部分の平均セル発生レイトと、各部分が交番する平均時間間隔(各部分の平均継続時間)を決める必要がある。Baiocchi近似法では、高レイト発生部分の平均継続時間の決定方法に特徴がある。

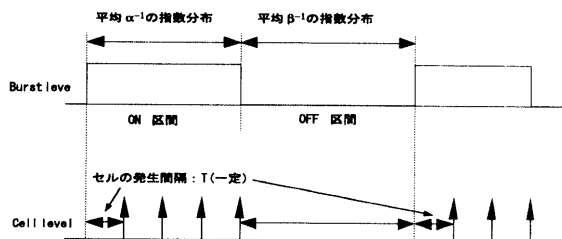


図2 ON-OFFバーストソースモデル

まず、高レイト発生部分をON状態のソースを多重した時のATMスイッチバッファ等の出力伝送路速度を越えない最大の多重数を m とする。ソースの多重数が $m+1$ 以上にある状態を Overload 状態、 m 以下の状態を Underload 状態に分け、高レイト発生が継続する部分を Overload状態、低レイト発生の継続部分を Underload状態と考え、Overload 状態の分布の漸近的性質から、2 状態MMPPの高レイト発生の平均継続時間を決めている。

図2に示すバーストソースが最大で N 存在し、これらを多重した時に ON 区間が重なるソース数の状態遷移図が図3になる。図3からOverloadの時間長分布は、ON区間が重なるソース数の初期値を $m+1$ として、状態数が初めて m になるまでの初期通過時間(First Passage Time)分布になる。このため、 $m+1$ を初期状態、 m を吸収状態とする次の位相分布(Phase type distribution)となる。

$$F(x) = 1 - p_0 \exp(Tx)e \tag{1}$$

ただし、 $p_0=(1,0,0,\dots,0)$ の $N-m$ 次元横ベクトル、 $e=(1,1,1,\dots,1)^T$ の $N-m$ 次元縦ベクトル、

$$T = \begin{bmatrix} -\lambda_{m+1} - \mu_{m+1} & \lambda_{m+1} & 0 & \dots & 0 \\ \mu_{m+2} & -\lambda_{m+2} - \mu_{m+2} & \lambda_{m+2} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \mu_N & -\mu_N \end{bmatrix}$$

の $(N-m) \cdot (N-m)$ のマトリックスである。

式(1)の $x \rightarrow \infty$ とした漸近的性質が、文献[7]で示されており、

$$1 - F(x) = Ke^{-\eta x} + o(e^{-\eta x}), x \rightarrow \infty \tag{2}$$

ここで、 $-\eta$ は T の固有値で最大の実数値、 $K = p_0 v$ 、 v は T の右固有ベクトルである。

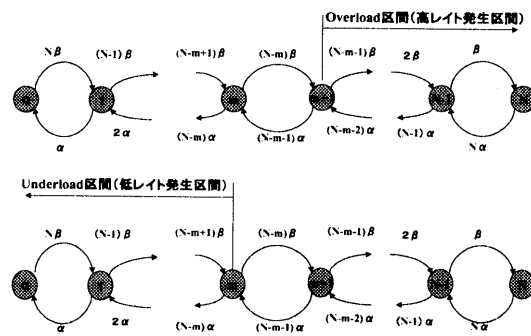


図3 ON状態ソース数の状態遷移図

トラヒック観測による ATM 通信品質の推定方法 - 基本的な考え方 -

Baiocchi は、この漸近的性質を利用して、Overload 期間の分布として、 $1-e^{-\eta x}$ の指数分布で近似している。その平均は η^{-1} である。

マトリックス T の固有値の実数部は全て負の値を持っており、選ばれる η は正の値で最小のものであるので、実際の Overload 期間の平均よりも大きめの値で近似していることになる。

Overload 期間の平均長を v_{OL}^{-1} 、Overload 期間における平均セル発生レイトを λ_{OL} 、Underload 期間についても、期間長平均を v_{UL}^{-1} 、平均セル発生レイトを λ_{UL} とすると、Baiocchi 近似では以下となる。

$$\left. \begin{aligned} v_{OL}^{-1} &= \eta^{-1} \\ \lambda_{OL} &= A \sum_{i=m+1}^N i \frac{\pi_i}{\pi_{OL}} \\ \lambda_{UL} &= A \sum_{i=0}^m i \frac{\pi_i}{\pi_{UL}} \\ v_{UL}^{-1} &= v_{OL}^{-1} \frac{\lambda_{OL} - \lambda}{\lambda - \lambda_{UL}} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

ただし、 π_i は図3に示す状態遷移を満たす定常確率であり、 N 個のソースを多重した場合の ON 区間が重なるソース数 i の確率となる。これは二項分布となる。 $\pi_{OL} = \sum_{i=m+1}^N \pi_i$ 、 $\pi_{UL} = \sum_{i=0}^m \pi_i$ で、 A は1ソースの ON 区間におけるセル発生レイト、 $\lambda = NA\{\alpha^{-1}/(\alpha^{-1} + \beta^{-1})\}$ は N 多重した時の平均セル発生レイトである。

以上の4つのパラメタにより2状態 MMPP が完全に規定されるため、MMPP/D/1(k) の待ち行列モデルによりセル廃棄率を求めることができる(例えば、文献 [3] の式(1))。

3.2 Baiocchi 近似の評価結果

バースト性の非常に強いソースを多重した場合の評価については、既に baiocchi らの論文 [2, 3] で示されているため、ここでは、それよりは小さいバースト性のソースを多重した場合について検証する。検証に用いるバーストソースは図 2 のモデルとして、各パラメタ値を次の様に設定した。ON 区間長平均 $\alpha^{-1}=3.48\text{ms}$ 、OFF 区間長平均 $\beta^{-1}=6.48\text{ms}$ 、ON 期間中の発生速度 $=3.24\text{Mb/s}$ 、平均速度 $=1.14\text{Mb/s}$ 、平方変動係数 $=21.9$ とし、さらにセル長を 53bytes (ON 区間中のセル発生間隔時間は $T=53 \cdot 8 / 3.24\text{Mb/s}$ となる)、バッファの出力伝送路速度を 156Mb/s とした。

図4に評価結果を計算機シミュレーション結果との

比較より示す。バッファ容量が小さい領域では、Baiocchi 近似は比較的良好な近似精度が得られているが、大きな領域では、実際のセル廃棄率よりも過小に評価することが分かる。したがって、Baiocchi の近似は、バースト性の強いソースを多重した場合のセル廃棄率推定法としては、有効であるが、バースト性が比較的弱いバーストについては、推定手法としては適用出来ないことが分かる。さらに、このことから、2 状態 MMPP で多重化セルトラヒック流を近似することが困難であることが分かる。

4 位相型レイト交番発生モデルによる推定

前節で、2 状態 MMPP でバーストセルトラヒックの多重化流を近似することが、難しいことを示した。ここでは、各高レイト発生 (Overload) 区間長と低レイト発生 (Underload) 区間長の指数分布、各区間でのポアソン発生 (発生時間間隔として指数分布) の制限を外し、各区間長並びに各区間でのセル発生間隔時間として、位相型の分布に拡張する。この拡張により、2 状態 MMPP モデルよりはバーストトラヒックの多重化状態をより正確にモデル化できることが期待できる。

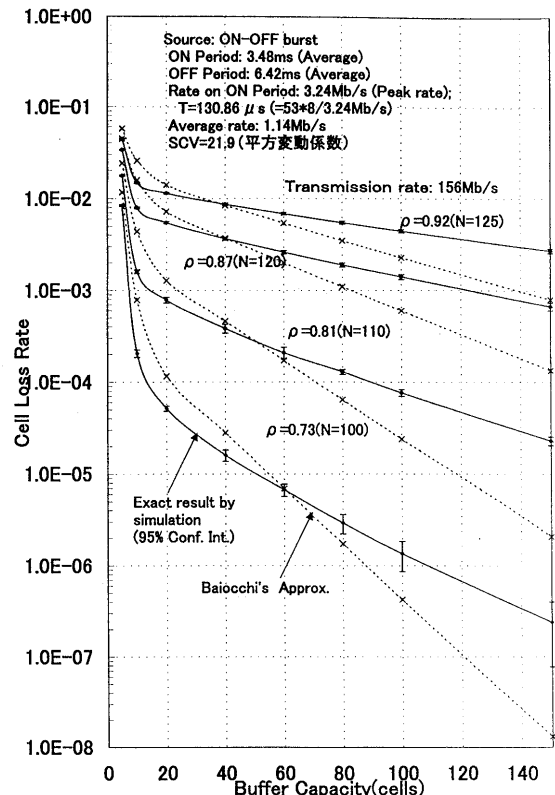


図4 Baiocchi 近似の評価

そこで、本節では、どのような分布が妥当であるかの検討を行う。

4.1 超指数分布による交番時間長分布の近似

図2で示すON-OFFバーストソースを N 多重した場合の高レイト発生区間長および低レイト発生区間長の分布は、それぞれ位相型分布で表すことができる。また、これらの区間長の平方変動係数が1よりも大きいことが確認できる(指数分布の平方変動係数が1であることから、指数分布の揺らぎよりも大きな揺らぎを持つ分布である)。このことは、各区間長分布として指数分布にならないことを意味している。ここでは、先ず区間長に関して位相型分布として扱うことから始める。ただし、各区間でのセル発生間隔は指数分布とする。

実際のトラフィック流の観測から各区間長を一般的な位相分布として推定する場合、例えば、高レイト発生区間長については、式(1)の $(N-m) \cdot (N-m)$ 次元のマトリックス T で示される $2(N-m)-1$ 個のパラメタを決める必要がある。実トラフィック観測からこの様な多数のパラメタを決定することは困難である。そこで、決定パラメタ数と平方変動係数が1より大きいことを考慮して、2次の超指数分布を用いて各区間長分布を近似する。2次の超指数分布は、位相型分布であり、4つのパラメタの決定により完全に規定できる。例えば、高レイト発生区間長分布の場合は、式(1)において、

$$p_0 = (C_{h1}, C_{h2}),$$

$$T = \begin{bmatrix} -\mu_{h1} & 0 \\ 0 & -\mu_{h2} \end{bmatrix}$$

と置いて、

$$\begin{aligned} H_{2h}(t) &= 1 - p_0 \exp(Tt) e \\ &= 1 - C_{h1} e^{-\mu_{h1}t} - C_{h2} e^{-\mu_{h2}t} \end{aligned} \quad (4)$$

である。一方、低レイト発生区間長についても同様に、以下の2次の超指数分布で近似する。

$$H_{2l}(t) = 1 - C_{l1} e^{-\mu_{l1}t} - C_{l2} e^{-\mu_{l2}t} \quad (5)$$

各発生区間長を2次の超指数分布で近似することの妥当性を前節3.2と同様なモデルで検証を行う。このため、式(4)、(5)の各4つのパラメタを決める必要がある。前節3.2と同じ図2で示すバーストソースの多重となる

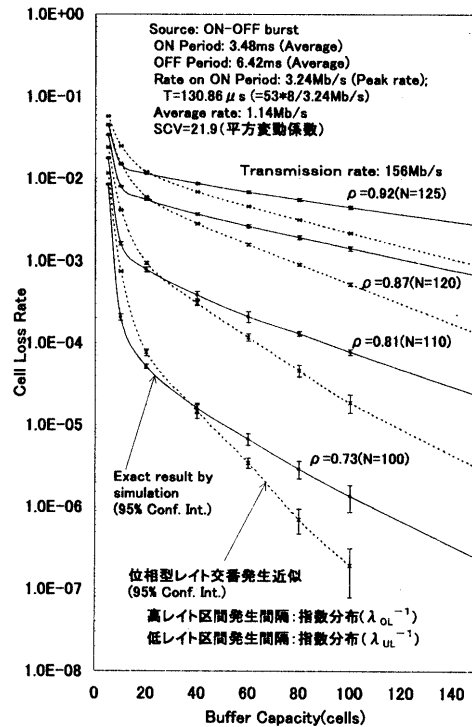


図5 位相型交番発生近似の評価

ので、式(1)で示される位相分布と超指数分布のモーメントが等しくなるように各パラメタを決定するモーメントマッチング法によりパラメタを決定することができる。ここでは、文献[6]の3次までのモーメントを等価にする方法により、超指数分布の各パラメタを決定した。ただし、低レイト発生区間長を式(1)で表記するには、図3のUnderload区間の表現となるため、初期状態 m 、吸収状態 $m+1$ である位相分布とする必要がある。

厳密モデルと近似モデルについて、それぞれの計算機シミュレーション結果の比較より検証を行う。検証結果を図5に示す。BaiocchiのMMPP近似と同様にバッファ容量が大きくなるに連れ、実際よりも過小なセル廃棄率を与えることが分かる。したがって、高レイトおよび低レイトの各発生区間長の2次の超指数分布への拡張のみでは、不十分であることが分かる。さらに、図4と図5の比較から、baiocchi近似と本近似によるセル廃棄率は、ほぼ同程度であることが確認できる。このことから、baiocchiによる2状態MMPP近似は、各区間でのセル発生分布がポアソン分布で、各区間長分布を2次の超指数分布で近似することとほぼ同等であることが分かる。

トラフィック観測による ATM 通信品質の推定方法 - 基本的な考え方 -

4.2 セル発生間隔分布の位相型への拡張

本節では、高レイトおよび低レイトの各発生区間長の位相型分布への拡張に加え、各区間内におけるセル発生間隔分布も指数分布(セル到着数はポアソン分布)から位相型分布に拡張する。ただし、各発生間隔は同一の位相分布に従い、互いに独立である再生発生とする。

位相分布に拡張する際、前節と同様に少ないパラメータにより近似することが望ましい。そこで、セル発生間隔の平均と平方変動係数の2つのパラメータより位相分布に近似することを考える。

各区間で発生するセルの間隔の平均については、Baiocchi近似で用いられたOverload期間とUnderload期間で発生する平均セルレイトを適用することができる。すなわち、高レイト区間と低レイト区間でそれぞれのセル発生間隔の平均を λ_{hr}^{-1} 、 λ_{lr}^{-1} とし、 $\lambda_{hr}^{-1} = \lambda_{OL}^{-1}$ 、 $\lambda_{lr}^{-1} = \lambda_{UL}^{-1}$ とする。

平方変動係数については、各区間での発生するセル流量の平均と分散より推定する。これは、セルの発生を流体の様に連続量として扱って統計量を推定する方法で、文献[4]で述べられている。ここでは、文献[4]の結果を応用する。高レイトおよび低レイト区間でのセル到着間隔の平方変動係数をそれぞれ、 C_{hr}^2 、 C_{lr}^2 とすると、次式で求まる。

$$\left. \begin{aligned} C_{hr}^2 &= \frac{\text{Var}(b_i)}{\bar{b}_i^2} \\ C_{lr}^2 &= \frac{\text{Var}(c_i)}{\bar{c}_i^2} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

b_i は状態*i*+1から状態*i*の初期通過時間中(高レイト区間)に発生するセル流量の確率変数、 c_i は状態*i*から状態*i*+1の低レイト区間中に発生するセル流量の確率変数を表し、これらの平均 \bar{b}_i 、 \bar{c}_i 、分散 $\text{Var}(b_i)$ 、 $\text{Var}(c_i)$ は以下の漸化式で求まる。

$$\left. \begin{aligned} \bar{b}_i &= \bar{f}_{i+1} + \bar{k}_{i+1}(\bar{f}_{i+1} + \bar{b}_{i+1}) \\ \text{Var}(b_i) &= \text{Var}(f_{i+1}) + (\bar{f}_{i+1} + \bar{b}_{i+1})^2 \text{Var}(k_{i+1}) \\ &\quad + \bar{k}_{i+1} \text{Var}(f_{i+1} + b_{i+1}) \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

$$\left. \begin{aligned} \bar{c}_{i+1} &= \bar{d}_i + \bar{l}_i(\bar{d}_i + \bar{c}_i) \\ \text{Var}(c_{i+1}) &= \text{Var}(d_i) + (\bar{d}_i + \bar{c}_i)^2 \text{Var}(l_i) \\ &\quad + \bar{l}_i \text{Var}(d_i + c_i) \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

ただし、

$$\left. \begin{aligned} \text{Var}(f_i) &= \bar{f}_i^2 \\ \text{Var}(k_i) &= q_i/p_i^2 \\ \text{Var}(d_i) &= \bar{d}_i^2 \\ \text{Var}(l_i) &= p_i/q_i^2 \\ \bar{f}_i &= iV/\{i\alpha + (N-i)\beta\} \\ \bar{d}_i &= \bar{f}_i \\ p_i &= i\alpha/\{i\alpha + (N-i)\beta\} \\ q_i &= 1-p_i \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

で、 V は図2で示すソースのON区間に発生するセルを連続量として扱ったセル速度を表す。各平方変動係数は、それぞれ $\bar{b}_N = \text{Var}(b_N) = 0$ 、 $\bar{c}_1 = \text{Var}(c_1) = 0$ を初期値として、 b_m と c_m の平均と分散を上式を用いて漸化的に求めることで計算できる。

ここで求めた平方変動係数が1より大きくなることから、文献[4]と同様な方法で示すことができる。このことから、セル発生間隔を近似する位相分布として、2次の超指数分布を適用できることが分かる。平均と平方変動係数から2次の超指数分布を規定する4つのパラメータは、文献[6]の2次までのモーメントを等価にする方法により決定できる。

高レイトおよび低レイトの各区間長の2次の超指数分布の拡張に加え、各区間でのセル発生間隔を指数分布から2次の超指数分布に拡張した場合の有効性の検証を前節と同じモデルに適用して行う。検証は、厳密モデルと本近似モデルのそれぞれの計算機シミュレーションより行った。図6と図7に検証結果を示す。図6は高レイト区間でのセル発生間隔を2次の超指数分布とし、低レイト区間については指数分布に従うセル発生とした場合のセル廃棄率特性である。図7は両区間とも2次に超指数分布の時間間隔によるセル発生の場合である。

図5と比較すると、図6と図7の双方共に実際のセル廃棄率よりも過小に評価する部分がないことが分かる。図6と図7の比較では、バッファ容量の小さい領域において、両区間共に2次の超指数分布の間隔でセルを発生させた場合の方が、実際よりも過大にセル廃棄率を評価する量が大きく、高レイト区間を2次の超指数分布、低レイト区間を指数分布でセル発生させるモデルの方が、実際のセル廃棄率により近い安全側の評価を与えることが分かる。さらに、バッファ容量の大きい領域では、双方においてそれほど大きな差が無く、また低レイト区間を指数分布でセル発生させたモデルのセル廃棄率に漸近する傾向が見られる。このことから、低レイト

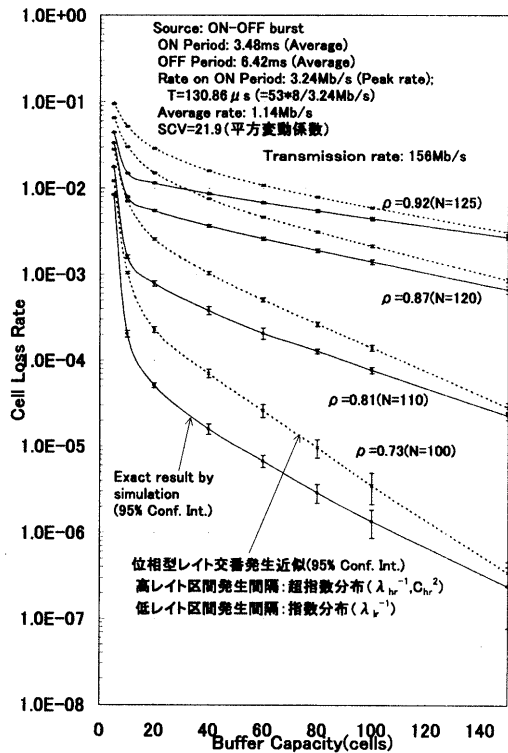


図6 位相型レイト交番発生近似の評価(1)

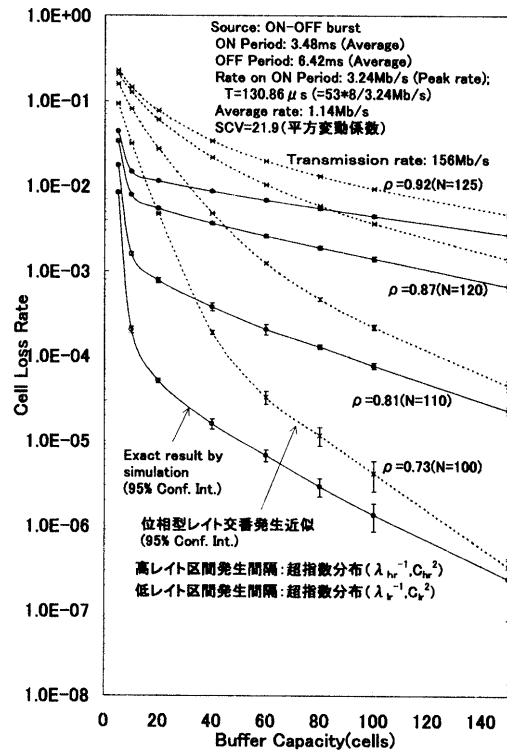


図7 位相型レイト交番発生近似の評価(2)

ト区間のセル発生を2次の超指数分布で近似することの利点は、それほどないことが分かる。

さらに、Baioocchi 近似で高精度にセル廃棄率を評価できるバースト性の強いソースを多重した場合の検証結果を図8に示す。検証は、高レイト区間を2次の超指数分布、低レイト区間を指数分布でセル発生させるモデルの場合と Baioocchi 近似の比較より行った。Baioocchi 近似に対して、バッファ容量の小さいところで過大、大きいところで過小の評価となるが、いずれもそれらの量はわずかであり、Baioocchi 近似に非常に近いことが分かる。このことから、実際のセル廃棄率に対しても良好な近似を与えることが予想できる。

以上の検証により、バーストの多重化トラフィックを高レイト発生と低レイト発生の交番モデルで近似する場合の各部分の分布として、高レイト発生区間長と低レイト発生区間長をそれぞれ2次の超指数分布、高レイト発生区間でのセル発生間隔を2次の超指数分布、低レイト発生区間でのセル発生間隔を指数分布とするのが妥当であることが分かる。

さらに、学術情報センターが運用している SINET に適用されている ATM 交換機の出線対応のバッファ容量が128セルであることを考慮すると、本手法は SINET

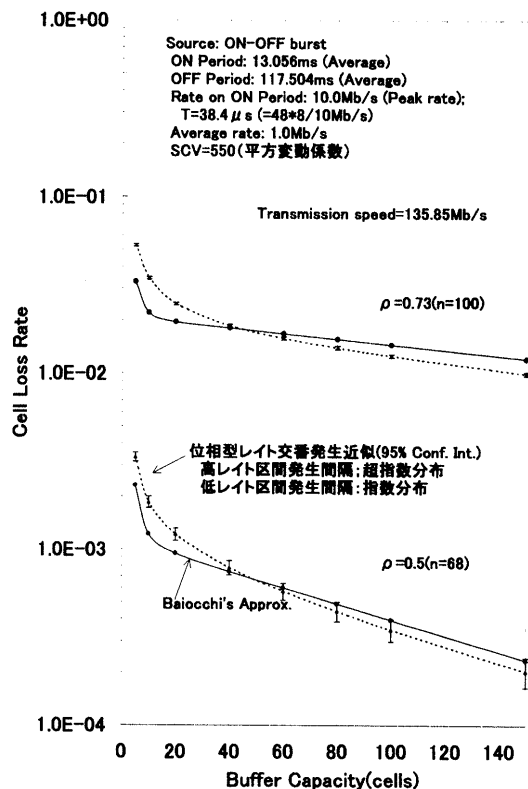


図8 位相型レイト交番発生近似の評価(3)

トラヒック観測による ATM 通信品質の推定方法 - 基本的な考え方 -

の運用等に適用可能な実用レベルのセル廃棄率推定精度にあるものと考えられる。

5 むすび

セルバーストトラヒックの多重化流を2つの異なるセル発生レイトを交番発生させるモデルで近似し、本モデルを完全に規定するための4つの分布(2つのセル発生間隔分布と各発生が継続する区間長分布)に整合させる統計パラメタ値を実トラヒック観測より決定し、本モデルの近似よりセル廃棄率を推定する方法を述べた。本推定法を実現するための第一ステップとして、4つの分布としてどのような分布が妥当かの検討を行った。

バッファに加わる多重化流をバッファ出力伝送路速度を基準に、高レイトと低レイトの各発生区間に分け、各区間で発生するセルを区間毎に交番発生させる場合の4つの分布として、高レイト発生および低レイト発生区間を2次の超指数分布、高レイト発生区間におけるセル発生間隔を2次の超指数分布、低レイト区間の発生間隔を指数分布とすることが妥当であることを示した。

今後の課題として、上述の各4つの分布に整合させるための統計パラメタ値を実トラヒック観測から精度良く求めるトラヒック観測手法の検討がある。

参考文献

- [1] Nagarajan, R.; Kurose, J. F.; Towsley, D., "Approximation Techniques for Computing Packet Loss in Finite-Buffered Voice Multiplexers", *IEEE J. Select. Areas Commun.*, Vol.9, No.3, pp.368-377, 1991.
- [2] Baiocchi, A.; Melazzi, N. B.; Listanti, M.; Roveri, A.; Winkler, R., "Loss Performance Analysis of an ATM Multiplexer Loaded with High-Speed ON-OFF Sources", *IEEE J. Select. Areas Commun.*, Vol.9, No.3, pp.388-393, 1991.
- [3] Baiocchi, A.; Melazzi, N. B.; Roveri, A., "Buffer Dimensioning Criteria for an ATM Multiplexer Loaded with Homogeneous ON-OFF Sources", *Queueing, Performance and Control in ATM, 13th International Teletraffic Congress*, North-Holland, pp.13-18, 1991.
- [4] 佐藤昌平, 「仮想待ち行列による ATM セル廃棄率の解析」, 信学論 (B-I), Vol.J76-B-I, No.1, pp.10-20, 1993.
- [5] Heffes, H.; Lucantoni, D. M., "A Markov Modulated Characterization of Packetized Voice and Data Traffic and Related Multiplexer Performance," *IEEE JSAC, SAC-4*, 6, pp.856-868, 1986.
- [6] 秋丸春夫, 川島幸之助, 「情報通信トラヒック」, 電気通信協会, 1990.
- [7] Neuts, M. F.; *Matrix Geometric Solutions in Stochastic Models: An Algorithmic Approach*, Baltimore, MD: Johns Hopkins Univ. Press, 1981.

研究論文

安定したルーティング環境を維持するためのルーティング情報管理システムの構築

Implementation of Administrative Routing Information Managing System for Keeping Routing Stability

学術情報センター 藤野 貴之

Takayuki FUJINO

National Center for Science Information Systems

要旨

近年、インターネット利用者数の増加を背景に、広域ネットワークにおいてネットワーク規模の巨大化、回線資源強化、冗長な接続構成の採用といったネットワーク資源の強化が進められている。その結果、ネットワークの接続トポロジはより複雑になり、管理するルータ数も増大した。これは、ルーティングに関する諸設定を行なう際にオペレータが考慮すべき情報の量が増えていることを意味する。加えて、大規模なネットワークは複数の管理チームによって運用されるため、管理情報の共有に失敗すると情報の行き違いによる設定情報の消失、改変といった問題が発生する可能性が高くなってきている。

安定したネットワークの接続性を維持するためには、何らかの形でオペレータが必要とする情報を集中管理し、それを複数のオペレータ間で共有する仕組みが必要である。本稿では、安定したルーティング環境を維持するために必要な情報について論じ、それを一台のワークステーションで集中管理し、管理情報の共有を可能にするシステムの構築事例を紹介する。

ABSTRACT

Recently, network resources, such as bandwidth, scale, have been improving since the number of Internet users increase. As a result, network scale becomes larger with more routers, and network topology become more complex. This means factors should be considered by routing operators are also complicated. Furthermore, wide-area networks are often managed by several operators, so the accident such as elimination, modification of routing configurations might be happend.

It is required that administrative routing informations are managed and shared by operators in order to keeping routing stability. This paper discusses which informations should be managed and introduce the implementation of administrative routing information managing system.

[キーワード] インターネット、ルーティング、BGP、ネットワーク管理、情報の共有

[Keywords] Internet, routing, BGP, network management, information sharing

1 はじめに

IPルーティング(経路制御)はIPネットワーク上でIPパケットを送信元から受信先へ正しく配送するために利用される機能で、Internet Protocol[1]が提供する基本的な機能の一つである。ルーティング機能を実装したネットワーク機器をルータとよび、全てのIPネットワークにおける目的地までの到達性は、ルータが正し

く設定されかつ正常に動作している限りにおいて保証される。

近年、インターネット利用者数の増加を背景に、様々な形で広域ネットワーク資源の強化が実施された。例えば

- ネットワーク規模の巨大化
- 膨大なトラフィックを処理するための回線資源

安定したルーティング環境を維持するためのルーティング情報管理システムの構築

強化

- ・ 障害時に被害を最小限にとどめるための冗長な接続構成の採用

等が挙げられる。これらの作業の結果、ネットワークの接続トポロジはより複雑になり、また管理するルータ数も増大している。これはルーティングに関する諸設定を行なう際にオペレータが考慮すべき情報の量が増えていることを意味する。

このため、ルータ設定時における人為的ミスや、複数人のオペレータ間での情報の行き違いによる設定情報の消失、改変といった問題が発生する可能性が高くなっている。

安定したネットワークの接続性を維持するためには、何らかの形でオペレータが必要とする情報を集中管理し、それを複数のオペレータ間で共有する仕組みが必要である。現在までに、ルータの設定情報を含めた様々なネットワーク機器、ネットワークサーバの設定情報を一台のマシンで集中管理する仕組みは既に提案されている[2]。この土本らの提案では、幾つかの設定ファイルをテキストファイルとして一台のサーバに保存し、変更の履歴をCVSによって管理している。

多くのルータの設定情報は土本らの手法によって管理可能だが、安定したルーティング環境を維持するために必要な情報は設定情報が全てではなく、他にも様々な情報が必要である。本稿では、土本らの手法をルーティングを対象に特化し、安定したルーティング環境を維持するために必要と思われる様々なルーティング情報を一台のワークステーション上に集積し、複数のオペレータで情報が共有できるような管理システムの構築事例を紹介する。

2 ルーティングに関する管理情報

大規模な広域ネットワークにおいて、安定したルーティングを維持するためには、ルータの設定情報を含めた様々な情報を集中管理する必要がある。本節では、集中管理されるべきルーティングに関する管理情報について概説する。

2.1 一般的な情報

ルータの設置場所、ルータの製造ベンダ、基本ソフトウェアのバージョン等が該当する。これらの情報は直接的にルーティングに直接の影響を与えないが、ある特定のバージョンの基本ソフトウェアにバグやセキュリティホール(例として[3]が挙げられる)が存在

する場合には、それらの基本ソフトウェアは更新する必要がある。

ここに示す管理情報は、そういった間接的な面からルーティングの安定性を確保するためにも必要な情報である。

2.2 ルータの設定情報

各ルータにおいて、それぞれどのようなルーティングプロトコルが動作し、どのような設定がなされているか、という情報である。

複数人のオペレータ、あるいは複数のネットワーク管理チームによって運用されるネットワークにおいては、ルータ設定情報の共有に失敗すると、無用な混乱を生じる可能性がある。例えば、管理チームAがあるルータの設定情報を更新する際に、管理チームBが設定した情報を誤って書き換えてしまうことがある。あるいは、管理チームAが行なった設定作業のために管理チームBが意図した振る舞いとは異なる動作をしてしまう可能性もある。

また、Smurf 攻撃[4]のような攻撃に対しては、ルータ上で何らかの対策を施さなければならない。その際に管理チームの技術スキルが不均衡だとルータによって対策がされていたり、いなかったりといった不具合が発生する危険性がある。

これらの問題を解決するためには、ルータの設定情報を集中管理し、全管理チームで設定の更新に関する情報を均一に保ち、必要であれば全設定情報をスキャンし、全体的な不具合が発生していないか、あるいは設定されるべき情報が全て設定されているかをチェックする仕組みが必要である。先に述べた土本らの手法は、一台のワークステーション上にルータを含めた様々なネットワーク機器の設定情報を管理する仕組みを構築するものである。

2.3 ルーティングテーブルに関する概略的な情報

広域ネットワークでは、全てのルータで同じルーティングプロトコルが動作することはまれである。例えば、幾つかのルータではAS(Autonomous System)間で経路情報を交換するためにBGP(Border Gateway Protocol)[5]を動作させることがある。また、AS内では経路情報交換のためにIGP(Interior Gateway Protocol)が使用されるが、IGPはRIP[6]、RIP2[7]、OSPF[8]等、数種類のものが並行して使用される。ときには、特定の経路情報はルーティングプロトコルに頼らず、静的

な設定によって維持されることも考えられる。

以上のような条件の下では、管理すべきルータの数が増えると、比例して各ルーティングプロトコルの動作関係が複雑になる。大規模なネットワークでは、ネットワークトラフィックを均一に分散させるために幾つかの経路に例外的な重み付を行ったり、意図的に幾つかのルータに経路情報を流さないことがあるが、ルーティングプロトコルが複雑に入り組んでくると、本来広報すべきでないインタフェースから経路情報が洩れ出てしまい、結果として管理者が期待するものとは異なる振る舞いをする可能性がある。また、使用プロトコル数と扱う経路によってある程度ルータの負荷が決まるため、全てのルータを俯瞰して過負荷になりつつあるルータを判定することが困難になる。

こういった問題を解決するために、全ルータにおける使用ルーティングプロトコル、扱っている経路数などを俯瞰できる仕組みが必要である。

2.4 特定のルーティングプロトコルに特化した情報

ある特定のルーティングプロトコルに内容を絞り、より詳細な情報を提供するものである。例として、AS間の経路情報交換のために用いられる BGP について考える。BGP はポリシーに基づいたルーティングを行なうため、自 AS および相手の AS (Neighbor AS と呼ぶ) 双方のポリシーにしたがって細かな経路情報のフィルタリングが行なわれる。大規模な AS では複数の AS と経路情報を交換することが多いため、BGP を動作させているルータ (BGP Speaker と呼ぶ) と Neighbor AS に関する情報は基本的な情報として管理されなければならない。この情報を基に、Neighbor AS へ広報する経路情報、Neighbor AS から受理する経路情報といったポリシーに関する情報が組み立てられる。

また、同一 AS 内に複数の BGP Speaker が存在する場合、それらは互いに IBGP を使用して BGP セッションの情報を交換する。その際に、各 BGP Speaker はメッシュ状に BGP 接続をしなければならないという制約がある。例えば、図 1 に示すような構成を考える。AS #f は AS #a, #b, #c, #d, #e という 5 つの AS と互いに BGP で情報を交換している。AS #f は各 AS との経路情報交換用に BGP Speaker を 5 つ配置している。この場合、AS #f 内の 5 つの BGP Speaker は自分を除く他の全ての BGP Speaker と IBGP セッションを確立しなければならない。AS 内の BGP Speaker 数が増えてくると、メッシュ状に設定する IBGP セッションの作業負荷が増大

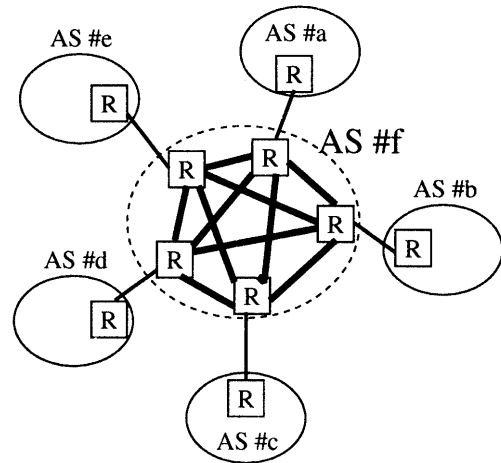


図 1 メッシュ状に構成された IBGP セッション

する。新規に BGP Speaker を導入したり、あるいは移設を行なう場合に設定ミスが入り込む可能性も高くなる。解決方法としてルートリフレクタ [9] のような技術も考案されているが、IBGP 接続を容易にするために AS 内の BGP Speaker については慎重に管理されるべきである。

3 ルーティング管理/設定支援システムの構築

3.1 システムの概観

ルーティングに必要な管理情報を自動収集し、公開する仕組みを構築した。SNMP [10] や対話的なスクリプトによって取得可能な情報は定期的に照会を行ない、自動的に更新を行っている。自動的な取得が不可能な情報については、現在はデータベースファイルを手動による作成、更新に頼っている。対話的なスクリプト部分は Perl5 モジュールの Comm.pl [11] を使用し、収集した情報は RCS [12] によって管理している。

本システムは、先の節で述べたような情報を収集し、Web 経由で閲覧できるようになっている。それらについて、以下に順次述べる。

3.2 ルータの設定情報の共有

図 2 はシステムの振る舞いを図示したものである。本システムは、定期的に広域ネットワークを構成する全ルータに対して設定情報を照会し、自身が保守している設定情報と比較する。何らかの設定変更が行なわれていた場合には、全管理者チームに変更された事および変更点を通知する。ルータの設定情報はそれぞれ RCS によって管理され、いつでも設定変更前の状態を

安定したルーティング環境を維持するためのルーティング情報管理システムの構築

復元できるようになっている。図3はルータの設定情報をWebで共有する形にした一例である。

本システムでは、ルータの設定情報以外にルータのハードウェア情報も定期的に自動取得している。これにより、ハードウェア障害時における保守やファームウェアの更新作業等もスムーズに行なえるようになっている。ただし、この機能は一部の限定されたルータの機能仕様に依存している部分があり、一般性には欠けるため、ここでは機能紹介のみに留める。

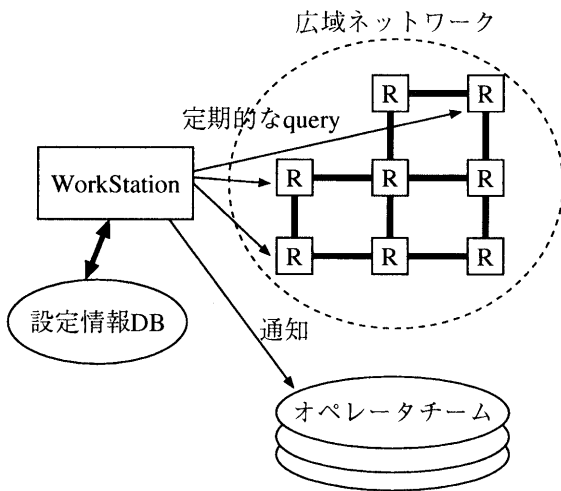


図2 ルータ設定情報の収集と共有

3.3 ルーティングテーブルの概観

全ルータにおける使用ルーティングプロトコルおよび扱っている経路数等を概観できるものである。簡易モード(図4)と詳細モード(図5)が用意されており、簡易モードでは全ルータの経路数と使用メモリが俯瞰でき、詳細モードでは各ルーティングプロトコルで扱っている経路数の情報を一覧できるようになっている。

ルータ名	Total Networks	Total Subnets	Used Memory
nacsis-chiba.bb.sinet.ad.jp	2237	355	465390
nacsis-gate.sinet.ad.jp	2256	343	445300
nacsis-gate3.sinet.ad.jp	4568	2580	582408
nacsis-gate4.sinet.ad.jp	5118	544	898216
nacsis-1.sinet.ad.jp	5285	263	10679104
nacsis-2.sinet.ad.jp	5286	263	1065444
otsuka-gate3.sinet.ad.jp	4	2	976
otsuka-gate2.sinet.ad.jp	2256	343	445344
otsuka.sinet.ad.jp	4	27	5352
otomachi-gate.sinet.ad.jp	2255	342	504560
hokkaido-1.sinet.ad.jp	2361	342	506876

図4 簡易モード表示画面

設置場所	ルータ名	Ver	更新年月日
西千葉	nacsis-chiba.bb.sinet.ad.jp	1.5	1999/12/22 13:00:31
西千葉	nacsis-gate.sinet.ad.jp	1.2	1999/12/22 13:00:32
西千葉	nacsis-gate3.sinet.ad.jp	1.2	1999/12/22 13:00:32
西千葉	nacsis-gate4.sinet.ad.jp	1.2	1999/12/22 13:00:33
西千葉	nacsis-1.sinet.ad.jp	1.1	1999/12/13 07:33:05
西千葉	nacsis-2.sinet.ad.jp	1.1	1999/12/13 07:33:05
大塚HX	otsuka-gate3.sinet.ad.jp	1.1	1999/12/13 07:33:06
大塚HX	otsuka-gate2.sinet.ad.jp	1.6	1999/12/22 13:00:34
大塚HX	otsuka.sinet.ad.jp	1.4	1999/12/15 10:09:01
大手町	otomachi-gate.sinet.ad.jp	1.2	1999/12/22 13:00:34
北海道大学	hokkaido-1.sinet.ad.jp	1.2	1999/12/22 13:00:35
札幌工業大			

図3 ルータ設定情報表示画面

● nacsis-chiba.bb.sinet.ad.jp [Total Networks: 2237 Subnets: 355 Memory: 466304]

Static Routes:

Networks	Subnets
0	0

OSPF Routes:

Networks	Subnets	Intra-area	Inter-area	External-1	External
2201	359	194	9	0	0

● nacsis-gate.sinet.ad.jp [Total Networks: 2260 Subnets: 343 Memory: 445688]

図5 詳細モード表示画面

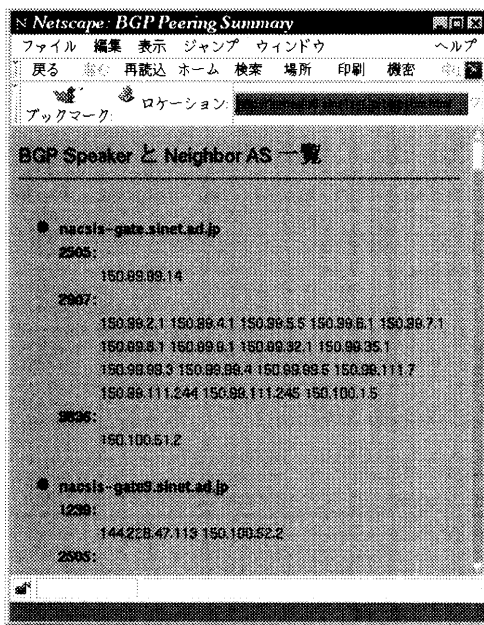


図6 BGP Speaker と Neighbor AS 一覧表示画面

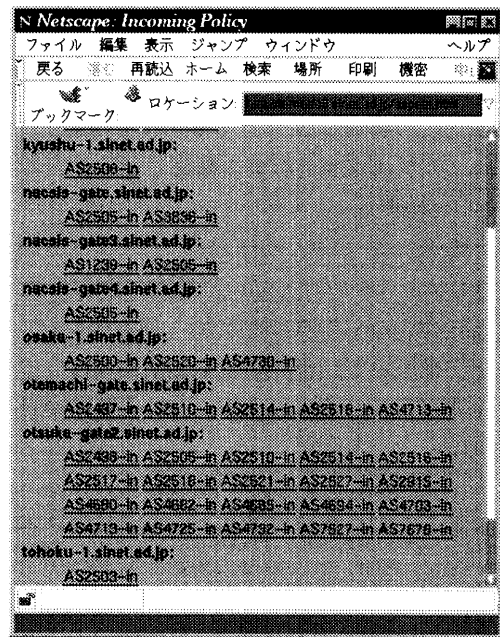


図8 BGP Speaker とポリシー情報一覧

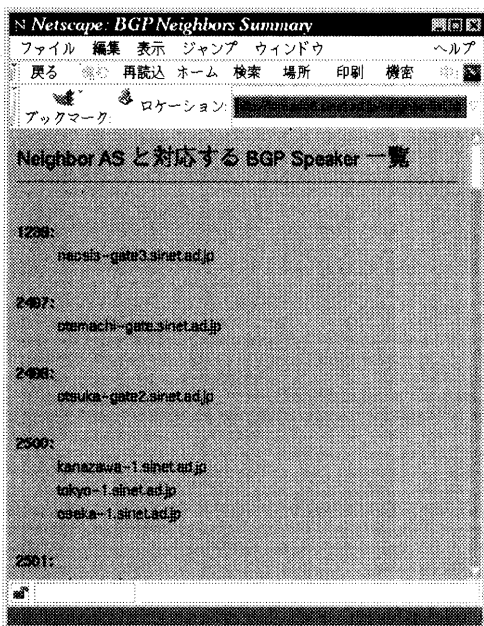


図7 Neighbor AS と BGP Speaker 一覧表示画面

これらの情報を組み合わせて使用することにより、管理すべきルータ全てについておおよその負荷の見積もりと、静的な設定がなされているかどうか、といった情報が明確になる。また、稀な例ではあるが、ルータに組み込まれているルーティングプログラムそのものにソフトウェアバグがあり、結果として管理すべきルーティングテーブルを管理しないような状態に陥ること

がある。そういった場合であっても、管理経路数をチェックしておけば明らかな違いが発生するためにルータのソフトウェア異常も検知することが可能であると思われる。

3.4 BGP に関する情報

3.4.1 BGP Speaker と Neighbor AS 一覧

BGP Speaker と Neighbor AS 番号、セッションを確立している相手 BGP Speaker の IP アドレスを一覧できるものである。図6、図7はそれぞれ表示画面を示している。図6で IP アドレスが横線で消されているものは、BGP セッションがダウンしていることを示す。これらを利用することにより、全BGPセッションが俯瞰でき、設定を変更すべき部分もわかるようになっている。

3.4.2 ポリシ情報の管理

各BGP Speakerが管理するNeighbor ASに対するポリシー情報を一覧できるものである(図8)。現状は、ルータの設定情報からポリシー情報を抽出してまとめたものをデータベース化したものとなっており、Routing Registry[13]から定期的に情報を収集し、自動作成しているものではない。また、ポリシーを記述する方式として RPSL[14]が提案されているが、現状は特定ベンダに依存した書式となっている。

安定したルーティング環境を維持するためのルーティング情報管理システムの構築

4 今後の課題

本稿では、大規模な広域ネットワークにおいて安定したルーティングを維持するために必要な情報について概説し、実際にそれらの情報を収集、集中管理し、複数のオペレータ間で必要な情報を共有するシステムについて説明した。

現状では、BGP のポリシー情報はルータの設定情報から抽出したものを管理しているだけの段階だが、今後は Routing Registry に照会を行ない、現在管理しているポリシー情報が正しいかどうかを定期的に検査できる仕組みを導入する予定である。また、同時にポリシー情報を RPSL 化して管理することにより、最終的にはマルチベンダ環境においてもポリシーを含めたルータの設定をある程度自動化できるような仕組みを検討中である。また、BGP を用いた大規模な経路情報交換においては、経路の flap が大きな問題となるため、Route Server を利用して受け取っている経路の安定性を検査、評価し、経路の状況を俯瞰できるような仕組みも今後の予定として挙げられる。

参考文献

- [1] Postel, J.; Reynolds, J.; INTERNET OFFICIAL PROTOCOL STANDARDS., STD1, RFC2400 (1998).
- [2] 土本 康生, 渡辺 秀文, 楠本 博之, 村井 純, 「構成情報の管理と共有によるネットワーク管理手法」, DSM-8-1, pp.1-6, 1997.
- [3] ftp://ftp.cert.org/pub/cert_advisories/CA-97.28.Teardrop_Land
- [4] ftp://ftp.cert.org/pub/cert_advisories/CA-98.01.smurf
- [5] Rekhter, Y.; Li, T., A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4), RFC1771 (1995).
- [6] Hedrick, C.L., Routing Information Protocol, STD34, RFC1058 (1988).
- [7] Malkin, G., RIP Version 2 Carrying Additional Information, RFC1723 (1994).
- [8] Moy, J., OSPF Version 2, RFC2178 (1997).
- [9] Bates, T.; Chandrasekeran, R.; BGP Route Reflection An alternative to full mesh IBGP, RFC1966 (1996).
- [10] Case, J.D.; Fedor, M.; Schoffstall, M.L.; Davin, C., Simple Network Management Protocol (SNMP), RFC1157 (1990).
- [11] ftp://ftp.sterling.com/programming/languages/perl/authors/Eric_Arnold/
- [12] <http://www.gnu.org/software/rcs/rcs.html>
- [13] <http://www.merit.edu/radb/docs/irr.html>
- [14] Alaettinoglu, C.; Bates, T.; Gerich, E.; Karrenberg, D.; Meyer, D.; Terpstra, M.; Villamizar, C., Routing Policy Specification Language (RPSL), RFC2280 (1998).

研究論文

New Trends in Distributed Information Engine

Frederic ANDRES

National Center for Science Information Systems

Marielle JELADE

University of Blaise Pascal, Clermont Ferrand II, LIMOS

Kinji ONO

National Center for Science Information Systems

ABSTRACT

Hypermedia systems are one key class of applications of modern information system. They represent a new infrastructure and environment that has been created by the integration and the use of computing, communications, and hypermedia document and media data management on a global scale. Both, the explosion in the volume and the complexity of digital information impose new features from these systems. Hypermedia systems have to tackle several important issues such as uniform data storage, interoperability, customizability and active behavior. These systems manage hypermedia documents for different application domains such electronic library, environment control or workflow system. Hypermedia documents refer to inter linked multimedia objects which can be structured or unstructured text, images, video and audio information.

In this paper, we survey the new trends in distributed multimedia information systems in keeping with our system AHYDS, which enables to store and to retrieve an extensible set of hypermedia documents according to the requirements of the applications. Mainly, research works have addressed three evolving domains: data processing technology, the operating system capabilities (e.g. supervision, load balancing and fault tolerance), and the agent technology.

[Keywords] Distributed Heterogeneous Information Management, High-Performance Data Processing, Operating System, Multi-Agent Support, multimedia, hypermedia, interoperability.

1 Introduction

A quick growth of the number of Internet users has been observed during the past few years. Information and service accesses are become available from work, home and public places, and it includes applications, like digital Library hypermuseum or catalogues, it manipulates large sets of complex data often involving time and evolving heterogeneous environments. These facts are the reasons of many challenges and issues in multimedia information systems as it has been mentioned in [ANG97], which have to be resolved in order to provide a high quality of service to application users.

In the hypermedia document world, there are factors that prevent wide accessibility to very large multimedia

and document collections. The main impediments are posed by the following two issues. First, it is due to the multimedia nature of these collections due to a lack of QoS for multi-resolution management. Second, the current technology for information engine and document retrieval engine does not allow an effective and efficient accessibility if the size of the data collection increases considerably. Many models, techniques and approaches that work reasonably well with small and medium size hypermedia and multimedia collections become inadequate as the collection grows. Models and techniques from information engine, information retrieval, information filtering, document categorisation and knowledge representation employed in modelling, accessing and

TRENDS IN DISTRIBUTED INFORMATION ENGINE

managing huge multimedia information digital collections have shown severe limits in terms of effectiveness when applied to such kinds of data collections. A number of important issues, such as content scalability, scalable semantic retrieval, Natural Language Processing etc. still remain open research problems. Various application domain sides, for instance the emerging electronic commerce market or digital libraries, are pushing to solve quickly these problems for a good service for the users.

At first, improved connectivity and the increasing importance of the Internet have resulted in an explosion of the number and the distribution of data sources over which queries must be executed. One salient aspect of wide-area information systems is the large variance in the response time of accessing data from individual information sources, and in the availability of those sources. Unlike the variance due to heterogeneity, which arises among different sources, the variance observed in a wide-area information system occurs with respect to individual information sources. The performance characteristics of a given source can dynamically vary and also in unpredictable ways, as the observed performance is dependent on many components of the wide-area system.

The need to access data across different types of systems has arisen due to the increased connectivity of distributed systems and due to the increased complexity of the data types that database applications must deal with. Heterogeneous systems provide many challenges to distributed query processing due to the variance in the services offered by information sources. Then, the traffic volume over the Internet network has become very important. As a consequence, the response time of accessing remote sources can vary widely due to the network congestion, link failure and others problems. The unpredictable nature of the communications medium and the lack of knowledge about the load and potential delays between remote sites cause problems for remote data access from disparate sources across a wide area network.

The size of the database accessible over the Internet has increased too, especially due to multimedia information like images, videos (2D and 3D) or sounds.

Multimedia information systems demand large resources for transmission, storage and processing as it has been shown in [BEI97].

The heterogeneity of hardware architectures and the diversity of operating system and network platforms have also evolved a lot. Programming distributed multi-threaded applications has become harder, and developing communication software more complex. The design and implementation of high-performance web-server software are expensive and error-prone. Therefore, it is difficult to built reliable, portable, flexible and efficient web-servers from scratch.

Moreover, to get all software layers to work together is a difficult task. Integration of different software, or achieving interoperability demand both time and money. An example of de facto standards of which the use reaches interoperability of hypermedia information systems is DCOM, the Microsoft® solution [DCO98]. Its most important competitor is the Common Object Request Broker Architecture (CORBA) [OMG97]. Unfortunately, in early version, CORBA included shortcomings, such as high latency and low scalability. So these shortcomings discouraged developers from using early version of CORBA. At that time, this architecture did not fully integrate the mobility notion, which the load balancing requires.

In order to solve these problems, several research teams have been working about information engine as a combination of three technologies: data processing, operating system services and agent services. These new systems are focussing on hypermedia, multimedia and digital libraries.

In the following, we will overview these three technologies and their evolution in this context.

The major trend in distributed information engine in this end of the 90s is the emerging of a new generation of systems combining three evolving domains (the data processing technology, the operating system capabilities, and the agent technology) as it is shown Figure 1. The goals are to provide efficient document services for heterogeneous and large scale distributed environments including storage issues, delivery system and retrieval issues. The data processing technology [GR93, YM98] includes services such as concurrency

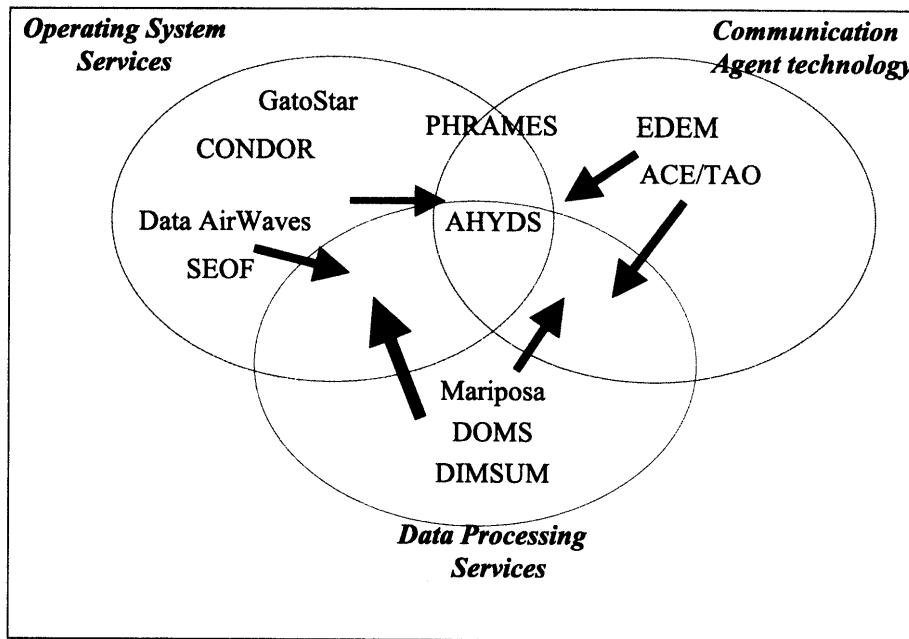


Figure 1 Trends in the end of the 90's

control, transaction validation, versioning, and recovery. The operating system supervision provides supervision, load balancing and fault tolerance mechanisms. At last, the communication and agent technology constitutes an alternative approach to build distributed heterogeneous and dynamic information engine systems using multi-agent components.

In the following of this paper, we will survey these three dimensions from a project point of view in terms of Research and Development.

The organization of the remainder of the paper is as follows. Section 2 reviews the trends in data processing services. In Section 3, the technical evolution of major system projects are revisited, while Section 4 describes the evolution of communication and agent projects in the same context of advanced information engine. Finally, Section 5 summaries the AHYDS project as an example of new information engine and Section 6 concludes the paper.

2 Major Trends in Data Processing services

This section will review the major projects in the domain of data processing that have tackled issues from the domains of distributed environments and operating

services. The major result is the addition of operating services and agent-based services inside advanced information engines. The key dimension is the distribution factor where the challenge issue is the mapping of workloads over distributed dynamic resources.

2.1 The Mariposa project

At first, in the domain of heterogeneous database systems, the University of California at Berkeley has been working on the Mariposa distributed database management system [AOK94, AOK96]. Mariposa has addressed fundamental problems in the standard approach to support distributed data management. The underlying assumptions traditionally made while designing distributed data managers do not apply to today's wide-area network (WAN) environments. To date, distributed database management systems have been designed for local-area networks (LANs) with several servers operating within one administrative domain, such as one company or one department within a company. Furthermore, these systems assume uniformity of all processors and network connections within the system. Data movement in these systems is a

TRENDS IN DISTRIBUTED INFORMATION ENGINE

very heavyweight operation and is performed manually by a database administrator. The explosive growth of distributed computing, illustrated by the WWW, and dictates an entirely different set of assumptions.

Mariposa allows database systems that are far apart and under different administrative domains to work together to process queries, by means of an economic paradigm in which processing sites buy and sell data and query processing services. This approach reflects the emerging reality of a commercialised Internet. Mariposa has been designed with the following principles in mind:

-> Scalability to a large number of cooperating sites. In a WAN environment, the number of sites is large and can include about 10000 servers.

-> Local autonomy. Each site must have control over its resources. This includes object storage and query execution. Query and data allocation cannot be done by a central, authoritarian query optimiser.

-> Data mobility. It should be easy and efficient to change the home of an object. Preferably, the object should remain available during movement.

-> No global synchronisation. Updates and schema changes should not force a site to synchronise with all other sites. Otherwise, many common operations will have exceptionally poor response time.

-> Easily configurable policies. It should be easy for a local database administrator to change the behavior of a Mariposa site. A Mariposa system should respond gracefully to changes in user activity and data access patterns to maintain low response time and high system throughput.

Mariposa provides solutions in terms of dynamic query optimisation but the project did not re-evaluate dynamically query execution plan according to the behavior or the modification of the distributed environment.

2.2 The DOMS project

In the same domain of the previous project, there is the DOMS project, which tries at the same time to solve heterogeneous distributed issues and includes some of the Mariposa's shortcomings.

The University of California [NEA95] has been

working on DOMS platform, the Distributed Object Management System, which includes many capabilities:

-> Transparent Distribution. The capability of handling distributed data is needed to make the system scalable. Consequently, even very large databases can be supported.

-> Efficient Concurrency Control and Recovery. This issue is of fundamental importance to all database systems. Through a flexible locking scheme of different granularities DOMS exceeds the capabilities of others systems.

-> Distributed Event Management. This feature makes DOMS an active system. The database system detects user-defined events of interests and reacts appropriately according to predefined rules.

-> Synergistic cooperation. From the point of view of advanced applications, cooperation is a highly desirable feature in a database system.

Mariposa and DOMS do not take advantages of the statistical supervision (workload, network behavior, ...) during the distributed query execution.

2.3 The DIMSUM project

In order to remedy to the previous unsolved problem, algorithms as part of the strategy of dynamic query optimisation processing have been studied, for example into the DIMSUM project.

An increased need for flexibility in query processing strategies for distributed database systems has appeared. In particular, the merging of relational and object-oriented database systems and the increased necessity of accessing and correlating heterogeneous data over widely-distributed information sources both raise significant technical problems for query processing that have not yet been addressed in the current generation of distributed database systems.

The DIMSUM project [AMS98a, AMS98b, CAR92, FRA96, FRA97, FRA98] developed by the University of Maryland provides a flexible distributed query processing architecture that can adapt to the requirements of a wide range of applications and system properties (both static and dynamic). This work entails the revisiting of many fundamental design

decisions that have been made in the current generation of relational and object-oriented database systems. The resulting architecture will be able to adaptively choose between query-oriented and navigation-oriented approaches, and make decisions about data placement and replication based on both compile-time and runtime considerations.

The work in this project has been influenced by three main trends such as Object Relational Merger, Heterogeneous Data Sources, and Wide-area Query Processing.

The high points of this project are:

-> Client-server processing: data-shipping versus query-shipping, interaction of query execution and caching and integrated support for both associative and navigation access.

-> Semantic caching: organisation and management of client caches on query specifications.

-> the query scrambling: adaptive, on-the-fly restructuring of complex query execution plans to cope with unexpected delays in wide-area distributed information systems.

This project performs modification of query execution on-the-fly when delays are encountered during runtime in wide area network. The DIMSUM team has proposed dynamic reordering processing and rescheduling algorithms for query scrambling. In term of service, this work is similar to the AHYDS project in progress inside NACSIS (National Center for Science Information Systems) described further in section 5.

3 System Projects and Trends

The following section overviews major state-of-the-art projects in the system field and extensions in new technical dimensions such as data processing and agent technologies. The key issue is the extension of system services to support global information system management.

3.1 The GatoStar Project

The Paris VI University [FOL94] has implemented a platform (GatoStar) allowing to develop reliable applications and nevertheless powerful into combining techniques of dynamic placement and fault tolerance.

Distributed systems based on LANs present new opportunities to develop powerful parallel applications. Load balancing facility makes it possible the applications to fully profit from the computing power available, and mainly from the inactive machines. The distribution of applications parallel allows to reduce the response times and to improve the total use of the resources.

In this distributed platform, parallel applications are automatically distributed among heterogeneous hosts according to multi-criteria allocation algorithms. These algorithms take in account the load of the machines and the behaviour of the applications, like time processor, memory size, communications and file accesses.

The fault manager restarts automatically processes affected by host failures. It uses incremental checkpoints and message logging Checkpoints are also used to react in the event of high load variations. GatoStar provides a complete and coherent support for the execution of long running parallel applications. The unification of the two managers increases the efficiency of the two systems taken independently.

As part of the TOSDHIM project [AND97c], these services have been integrated at the execution level of the NACSIS system.

This project is very interesting for the failures management integration into the distribution of load. One of the major problems is that the fault tolerance techniques are expensive and significantly increase the response times of the applications. The distribution of the processes of the parallel applications makes it possible to reduce this overcost and to improve the total use of the system.

3.2 The Condor Project

Because of the increasing tendency towards personal computers, more and more computing environments are becoming fragmented and distributed owned. This is resulting in more and more wasted computing power. The Wisconsin University has developed the Condor distributed batch processing system, which harnesses this power [BAS97]. The goal of Condor project is to develop, implement, deploy and evaluate mechanisms and policies that support High Throughput Computing

TRENDS IN DISTRIBUTED INFORMATION ENGINE

(HTC) on large collections of distributed owned computing resources. In technological and sociological targets, the Condor Team has been building software tools that enable scientists and engineers to increase their computing throughput.

3.3 The Data AirWaves Project

In this project, the Database Group of the Maryland University has integrated Direct Broadcast Satellite Systems (DBS) with Terrestrial networks to provide a hybrid and effective communication substrate lying between data resources and remote/mobile user applications. Smooth integration of these two media balances the need for rapid data dissemination to very large numbers of clients and on-demand interactive data services. They have developed algorithms that rapidly adapt the content of the broadcast based on the "misses" resulting in explicit (on-demand) data request [BAR96, BAR97]. The major points of this project are that the system can efficiently accommodate huge client population, save valuable bandwidth by broadcasting only popular information and adapt very well to dynamic workload despite the incomplete available information about data need.

3.4 Selective Eager Object Fetch (SEOF)

The Seoul National University has been working on a new object prefetch policy, Selective Eager Object Fetch (SEOF) which prefetches objects only from selected candidate pages without using any high level object semantics. This policy considers both the correlations and the frequencies of fetching objects, and utilises the memory and the swap space of clients efficiently without resource exhaustion [AHN97]. Furthermore, the proposed policy has good adaptability to both the effectiveness of clustering and database size.

3.5 The Thor project

Thor is a large-scale object-oriented database system designed for use in a heterogeneous distributed environment [ADY96, ADY97]. It provides highly reliable and highly available persistent storage for objects, and supports safe sharing of these objects by

applications written in different programming languages. Safe heterogeneous sharing of long-lived objects requires encapsulation: the system must guarantee that applications interact with objects only by invoking methods. Although safety concerns are important, most object-oriented databases forgot safety to avoid paying the associated performance costs.

4 Communication and Agent Technology

This section overviews the evolution of communication and agent technology in major projects in the domain of data processing and operating system services. Key issues are the communication management, QoS, negotiation, tuning and dynamic customisability.

4.1 The ACE / TAO project

Washington University is involved into communication software research including load balancing management. Many application domains such as avionics, telecommunications, and multimedia require real-time guarantees from the underlying network, operating systems, and middleware components to achieve their quality of service (QoS) requirements. In addition to providing end-to-end QoS guarantees, applications in these domains must be flexible and reusable. Requirements for flexibility and reusability motivate the use of object-oriented middleware like CORBA. However, the performance levels and QoS enforcement features of early CORBA implementations were not yet suited for hard real-time systems, like avionics, and constrained latency systems, like teleconferencing.

An increasing number of operating systems, networks and protocols support real-time scheduling. However, no integrated solution yet exists that provides end-to-end QoS guarantees in the case distributed object applications. In the past years, OMG has been pushing evolution of CORBA middleware[OMG98] to rectify this situation. In parallel to this trend, Washington University has been conducting researches over the past several years to identify the key architectural patterns and performance optimisations necessary to build high-performance, real-time ORBs

including data processing, load balancing and fault tolerance [OMG98] capabilities. They have developed a prototype real-time ORB endsystem called TAO that can deliver end-to-end QoS guarantees to advanced real-time multimedia applications [GIL98, GOK98a, GOK98b, HU98, SCH96].

The high point of the TAO ORB is that it does not only support real-time processing but it also enhances the maintenance of ORB middleware, and it also increases the portability, the flexibility, the transparency and reuse of code by the Adaptive Communication Environment (ACE) framework. ACE is an object-oriented framework, which provides a rich set of reusable C++ and Java wrappers. This environment is targeted for developers of high-performance and real-time communication services and hypermedia and multimedia applications. It simplifies the development of object-oriented network applications and services that utilise interprocess communication, event demultiplexing, explicit dynamic linking and concurrency as it provides a global resource management framework. In addition, ACE automates system configuration and reconfiguration by dynamically linking services into applications at run-time and executing these services in one or more processes or threads.

4.2 The PHRAMES project

In term of middleware management, the key factor to be maximised are the throughput, the low latency and the scalability. In order to improve the communication protocols, the Munchen University and the Daimler-Benz research centre have developed the PHRAMES (Portable Heterogeneous fRAMeworks for docuMentation and dESign) project [MIT98]. Its goal has been to develop new concepts for distributed frameworks. Portability and distribution is getting more and more important in several parts of an enterprise. Different branches, which may also work with different EDP systems, often have to work on the same data. To support these aspects, Munchen University needs efficient and secure tools for communication and data storing as well as components for achieving fault tolerance. E.g., it is necessary to compensate network

or system crashes. Furthermore, porting software developed at one location on all participating systems should be possible without significant changes. Using the CORBA and STEP standards (Standard for the Exchange of Product Data) concepts and components for such systems should be developed. Furthermore the usability of Java or similar utilities for the WWW will be tested.

4.3 The EDEM project

The EDEM project [HIL98] provides a framework called Expectation-Driven Event Monitoring to support application usage monitoring using agent. The main contribution of this project is to combine usage expectation and application monitoring inside large scale information system based on filtering and abstraction management. Filtering processing is based on pattern detection. Agents are implemented on the top of the JavaBeansTM industrial standard [SUN97]. The JavaBeansTM model specifies how arbitrary software components make events, properties, and methods available to other components. The EDEM project has also extended the agent-based technology for agent maintenance of information systems, data storage and analysis processing.

5 The AHYDS Project

As a key investigator in the trend evolution in advanced and modern information system, The National Center for Science Information Systems (NACSIS) has developed an advanced hypermedia platform, the Active HYpermedia Delivery System (AHYDS)[AND97a, AND97c, AND98a, AND98c].

The goal of this project has been to provide a uniform media and hypermedia storage and delivery platform for multimedia information in distributed and heterogeneous environments. Active capabilities are used through active objects at the client side and at the server side.

It is based on the application-oriented DBMS kernel, PHASME [AND97b], which has been developed inside a French-Japanese cooperation in 1994-96 in order to meet both new novel information system's requirements and durability requirements in terms of

TRENDS IN DISTRIBUTED INFORMATION ENGINE

storage, standards, and accessibility. The PHASME SYSTEM/AHYDS[AND98b] provides a better customisability and better performance compared to the ORDBMS generation and current commercial DBMSs in order to meet application's requirements and information system's durability against the evolution of technology. Furthermore, the PHASME architecture provides a uniform distributed customisable storage management defining an independent based information engine kernel for low cost and durable information delivery service as digital libraries, multimedia and hypermedia systems, and finally proxy and web server.

The ACE-based ORB, TAO, presented in section 4.1 has been included as resource manager in the evolution of the AHYDS/PHASME platform, in order to follow the technology evolution in terms of remote operations and multimedia information retrieval processing.

6. Conclusions in

In this paper, we described trends in distributed information system in this end of 90's. Advanced systems combine more and more three domains: the data processing technology, the operating system capabilities (e.g. supervision, load balancing and fault tolerance), and the agent technology. These trends follow the requirements of modern systems in terms of portability, durability of the data servers, low cost, functionality and high performance.

The effects of these trends on the information engine technology are increasing as the network bandwidth is increasing to satisfy user expectations and requirements.

7. References

[ADY96] A. Adya, M. Castro, M. Day, S. Ghemawat, R. Gruber, B. Liskov, U. Maheshwari, A. C. Myers and L. Shriram, "Safe and Efficient Sharing of persistent Objects in Thor, in the Proceedings of the 96 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, Montreal, Quebec, Canada, June 4-6, 1996

[ADY97] A. Adya, M. Castro, B. Liskov and A. C. Myers, "HAC : Hybrid Adaptive Caching for

Distributed Storage Systems", in the Proceedings of the ACM Symposium on Operating System Principles, Saint-Malo, France, October 1997

[AHN97] J. Ahn and H. Kim, "SEOF : An Adaptable Object Prefetch Policy for Object-Oriented Database Systems", IEEE, 1063-6382, 1997.

[AMS98a] L. Amsaleg, M. J. Franklin and T. Urhan, "Cost based Query Scrambling for Initial Delays" in Proceedings of the ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, Seattle, Washington, June 14, 1998.

[AMS98b] L. Amsaleg, M. J. Franklin and A. Tomasic, "Dynamic Query Operator Scheduling for Wide-Area Remote Access" in journal of Distributed and Parallel Databases, Vol 6, No 3, July 1998.

[AND97a] F. Andres and K. Ono, "The Active Hypermedia Delivery System (AHYDS) Using an Application-Oriented DBMS" at the 4th International HyTime Conference, Montreal, Canada, August 20, 1997.

[AND97b] F. Andres and K. Ono, "Phasme : Un Systeme Parallele de Gestion de Bases de Donnees Oriente-Application" in *Calculateurs paralleles*, September, 1997.

[AND97c] F. Andres, B. Cadinot, F. Folliot, K. Kaneko, A. Makinouchi, K. Ono and P. Sens, "The TOSDHIM system management of distributed heterogeneous multimedia information" in Proceedings of the first International Workshop on Query Processing and Multimedia Issues in Distributed Systems (QPMIDS'97), Toulouse, France, September 1-2, 1997.

[AND98a] F. Andres and K. Ono, "The Active Hypermedia Delivery System", in Proceedings of the 14th IEEE International Conference on Data Engineering, Orlando, Florida, February 1998.

[AND98b] F. Andres, K. Ono and T. Toranawigrai, "Intelligent Distributed Information Support for Hypermedia Delivery System" in Proceedings 4th Workshop of Academic Information Networks on Systems, Japan, March, 1998.

- [AND98c] F. Andres, K. Ono and T. Toranawigrai, "Data Exchange Bus for Advanced Media Delivery Systems Design and Architecture" in NACSIS Bulletin, 1998.
- [ANG97] M.C. Angelides, S. Dustdar "Multimedia Information Systems", Kluwer Academic Publishers, 1997.
- [AOK94] P. M. Aoki, R. Devine, W. Litwin and M. Olson and M. Stonebraker, "Mariposa : A new architecture for distributed data" in *Proceedings of 1994 IEEE 10th International Conference on Data Engineering*, Houston, Texas, USA, February 14-18, 1994. Los Alamitos, California, USA, IEEE Comput. Soc. Press, p. 54-65, 1994.
- [AOK96] P. M. Aoki, A. Pfeffer, A. Sah, J. Sidell, C. Staelin, M. Stonebraker and A. Yu, "Mariposa : a wide-area distributed database system" in *Very Large DataBases (VLDB) journal*, volume 5, number 1, p. 48-63, January, 1996.
- [BAR96] J. S. Baras, N. Roussopoulos and K. Stathatos, "Adaptive Data Broadcastin Using Air-Cache", in *First International Workshop on Satellite-based Information Services*, Rye, New-York, November 1996.
- [BAR97] J. S. Baras, N. Roussopoulos and K. Stathatos, "Adaptive Data Broadcast in Hybrid Networks", in *Proceedings of the 23rd International Conference on Very Large Data Bases (VLDB'97)*, p. 326-335, Athens, Greece, August 1997.
- [BAS97] J. Basney, M. Litskov, M. Livny and T. Tannenbaum, "Checkpoint and Migration of Unix Processes in the Condor Distributed Processing System". Technical Report 1346, University of Wisconsin-Madison, Wisconsin, USA, April 1997.
- [BEI97] M. Beigi, A. Benitez, S. Chang and J. R. Schmidt, "Visual Information Retrieval from Large Distributed Online Repositories", *Communication in the ACM*, Vol. 40, no. 12, December 1997.
- [CAR92] M. Carey, M. Franklin and M. Livny, "Global Memory Management for Client-Server DBMS Architectures", in *Proceedings of the 18th International Conference on Very Large Databases (VLDB)*, p. 596-609, Vancouver, British Columbia, Canada, August 23-27, 1992.
- [DCO98] "DCOM Architecture", Microsoft Corporation, 1998
http://premium.microsoft.com/library/backgrnd/html/msdn_dcomarch.htm.
- [FOL94] B. Folliot and P. Sens, "Gatostar: A fault Tolerance Load Sharing Facility for Parallel Applications", *Lecture Notes in computer Science 852, First European Dependable Computing Conference (EDCC-1)*, Klaus Echtele, Dieter Hammer, David Powell Eds., Springer-Verlag, p. 581-598, 1994.
- [FRA96] M. J. Franklin, B. T. Jonsson and D. Kossmann, "Performance Tradeoffs for Client-Server Query Processing" in *Proceedings of the ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, p. 149-160, Montreal, Canada, June 4-6, 1996.
- [FRA97] M. J. Franklin and D. Kossmann, "Cache Investment Strategies", CS-TR-3803 and UMI-ACS (University of Maryland Institute for Advanced Computer Studies) TR-97-50, May 1997.
- [FRA98] M. J. Franklin, B. T. Jonsson and D. Srivata-ava, "Interaction of Query Evaluation and Buffer Management for Information Retrieval", in *Proceedings of the ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, Seattle, Washington, June 1-4 1998.
- [GIL98] C. D. Gill, D. L. Levine and D. C. Schmidt, "Evaluating Strategies for Real-Time Corba Dynamic Scheduling", *submitted to the 19th IEEE Real-Time Systems Symposium*, Madrid, Spain, December 2-4, 1998.
- [GOK98a] A. S. Gokhale and D. C. Schmidt, "Optimizing a Corba IIOP Protocol Engine for Minimal Footprint Multimedia Systems", *submitted to the IEEE Journal on Selected Areas in Communications special issue on Service Enabling Platforms for Networked Multimedia Systems*, 1998.
- [GOK98b] A. S. Gokhale and D. C. Schmidt, "Mea-

TRENDS IN DISTRIBUTED INFORMATION ENGINE

- asuring and Optimizing CORBA Latency and Scalability Over High-Speed Networks", IEEE Transactions on Computers 47(4): 391-413, 1998
- [GR93] J. Gray, A. Reuter "Transaction Processing: Concepts and Techniques", Morgan Kaufman Publishers, Inc, ISBN 1-55860-190-2, 1993.
- [HIL98] D.M. Hilbert, D.F. Redmiles, "An Approach to Large Scale Collection of Application Usage Data over the Internet", *In proceedings of International Conference on Software Engineering, 1998.*
- [HU98] J. C. Hu and D. C. Schmidt, "JAWS : A Framework for High-performance Web Servers", Object-Oriented Application Framework book, John Wiley & Sons, to appear.
- [MIT98] B. Mitschang and J. Sellentin, "Data-Intensive Intra & Internet Applications - Experiences Using Java and CORBA in the World-Wide Web" *in Proceedings of the 14th IEEE International Conference on Data Engineering, Orlando, Florida, February 1998.*
- [NEA95] M. O. Neary and D. Schumacher, "DOMS : A prototype of a Distributed, Object Oriented, Active Database Kernel as a Framework for Cooperative Transactions", Master's Thesis, University of Paderborn, Germany, March 10, 1995.
- [OMG97] Object Management Group, "The Common Object Request Broker : Architecture and Specification", Revision 2.1, August 1997
- [OMG98] OMG Fault Tolerance Specification, report 1998.
http://www.omg.org/techprocess/meetings/schedule/Fault_Tolerance_RFP.html
- [SCH96] D. C. Schmidt and S. Vinoski, "Object Interconnections" in C++ Gems, Stanley Lippman, ed, SIGS, New-York, p. 337-362, 1996.
- [SUN97] Sun Microsystems, JavaBeans™ API Specification, version 1.01.Jul.1997.
<http://www.java.sun.com/beans/>
- [TELNT98] U. Thiel, A. Everts, B. Lutes, M. Nicolaidis, and K. & Tzeras "Convergent Software Technologies: The Challenge of Digital Libraries" *In Proceedings of the 1st Conference on Digital Libraries: The Present and Future in Digital Libraries, November 1998, Seoul, Korea. (pp. 13-30).*
- [YM98] C. Yu, and W. Meng "Principles of Database Query Processing for Advanced Applications", Morgan Kaufman Publishers, Inc, ISBN-1-55860-434-0, 1998.

研究論文

情報科学研究の日米比較

A Comparative Study on Information Science Research Activities in Japan and the United States

学術情報センター 西澤 正己

Masaki NISHIZAWA

National Center for Science Information Systems

学術情報センター 柿沼 澄男

Sumio KAKINUMA

National Center for Science Information Systems

学術情報センター 孫 媛

Yuan SUN

National Center for Science Information Systems

学術情報センター 矢野 正晴

Masaharu YANO

National Center for Science Information Systems

要旨

なぜ米国は情報技術／情報科学の多くの面で世界をリードすることができたのか。そのなぞを解き明かすことは、我が国が情報技術／情報科学において優位性を確保するための必須条件となる。そのためには、米国と日本との比較研究をすることにより、その違いを明らかにすることが重要であると考え、本稿では、人的資源、研究費、論文数等の情報科学研究を取り巻く実態を比較研究した。その結果、日米両国の情報科学研究について以下の点が明らかになった。

(1) 大学院生数及び研究者数では、日米の人口比を考慮すると、大学院生の数については日米ほぼ同じ水準にあるが、研究者の数については日本の研究者数は米国の半分以下の水準である。

(2) 研究費では、中央政府による大学への研究助成金の比較を行った。日本政府が大学へ助成している金額は、GDP比を考慮すると米国の約5分の1である。

(3) 論文数の比較では、米国 Institute for Scientific Information (ISI) 社が作成した文献抄録データベース Science Citation Index (SCI) を用いて分析を行った。その結果、「情報システム」、「ハードウェア／アーキテクチャー」、「理論／方法論」の分野では、日本の研究は相対的に盛んであるが、「ソフトウェア／グラフィクス／プログラミング」の分野は相対的に盛んでない。

ABSTRACT

In order to maintain the superiority of Japan in information technology and information science areas, it is important to explore the reason why the United States leads all the countries in the world in many of these fields. In this paper, we give some statistical comparisons between Japan and the United States based on the number of researchers, the amount of research funds, and the number of scientific publications. The results obtained are as follows: (1) In information science fields, Japan has relatively the same number of graduate students as the United States, but less than half the number of researchers of the United States in normalizing for the population size of the two countries. (2) The University research funds by Japanese government is about one-fifth of those by the U.S. federal government as a share of GDP. (3) By the analyses of numbers of scientific publications derived from Science Citation Index (SCI), it is revealed that Japan has a high priority in "Information

情報科学研究の日米比較

Systems", "Hardware and Architecture", and "Theory and Method", with relative little effort in "Software, Graphics and Programming" area, on the other hand.

[キーワード] 情報科学、大学院生、研究者、研究費、論文数、日米比較

[Keywords] Information Science, Graduate Student, Academic Researcher, Research Funds, Scientific Publication, Japan-U.S. Comparison

1 はじめに

今日においては、インターネットをはじめとする情報技術が、産業はもとより社会のあらゆる面において大きな役割を果たしている。目前に迫った21世紀の社会においても、情報技術の果たす役割は益々増大することが予想され、日本をはじめ各国は新たな情報技術の研究開発に競って力を注いでいる。

コンピュータやインターネットなどの情報技術において世界をリードしてきた米国は、Next Generation Internet (NGI) や High End Computing and Computation (HECC) などのプロジェクトにより情報インフラの整備を図り、21世紀においても情報技術の覇権を死守しようとしている。「情報技術に関する大統領諮問委員会」の中間報告書(1998年8月)[1]では、こうした情報技術面における米国の優位性を確保するため、研究助成方法の変更や新たなセンター("Expeditions into 21st Century" 及び "Enabling Technology Center")[2]の設立により、情報科学の研究体制を強化することが提言されている。これに対し日本の情報技術／情報科学は、一部の分野では米国に対し優位に立っているものの、全般的には米国優位と認識されている[3]。今後、産業・文化・国民生活等のあらゆる面において情報技術の重要性は増大するところから、我が国の情報科学研究の飛躍的推進が求められ、そのための新たな研究所の設立が提言された[4]。

なぜ米国は情報技術／情報科学の多くの面で世界をリードすることができたのか。そのなぞを解き明かすことは、我が国が情報技術／情報科学において優位性を確保するための必須条件となる。そのためには、米国と日本の国との比較研究により、その違いを明らかにすることが重要であると考え、本稿では、人的資源、研究費、論文数等の情報科学研究を取り巻く実態を比較研究した。

2 人的資源

2.1 大学院生数

日本の統計データは「情報科学」に対応する分類を

持っていないため、米国のデータに近いと思われる分野を取り上げて比較することにした。データの範囲については表2-1の注を参照。

1985年から1995年までの10年間で、日本の情報科学関係の大学院生は約3倍に増加しているのに対して、米国の情報科学関係の大学院生数は減少傾向にある(表2-1)。日本においては、大学院拡充政策により1990年代に入ってから急速に大学院生の数が増大しており、それに伴い情報科学関係の大学院生数も増大している。しかも、情報科学関係の大学院生の増加率(1985年から1995年までに、2.9倍に増加)は理学工学全体の増加率(同期間に2.3倍に増加)よりも高くなっている。米国の情報科学関係の大学院生数は、1975年から1992年まで年率4%の増加であったが、1992年から1995年にかけては3%の減少となっている。大学院生減少の原因の一つは外国人学生の減少であり、アジア諸国において高等教育体制が整備されつつあることが影響している[5]。

情報科学関係の大学院生が理学工学全体の中で占める割合を見ると、日本より米国の方が大きく、1995年時点で16%と21%である。また、日米の人口比(1:2)を考慮すると、1995年には日米の情報科学関係の大学院生数はほぼ同水準となるが、日本の数値は米国よりも広い分野を含んでいるため(表2-1の注を参照)、実際には人口比よりも少ないものと思われる。しかしながら、日本の大学院生の増加率からすると、人口を考慮した場合の大学院生数が米国並みになるのは時間の問題である。

外国人学生の割合は日本と米国で大きく異なっている。米国が30%を超えているのに対して、日本は10%以下である(ただし、日本に関しては情報科学分野の統計がないため、理学工学全体の数値を使用した)。

大学院の専攻数については日本のデータは整備されていない。そのため、ここでは学術審議会建議「情報科学研究の推進方策について」の中で試算されているデータを使用した。建議では、専攻名に「情報」を冠した専攻の数を示している。データは1996年のみである。

表 2-1 日米大学院生数 (修士・博士)

	1985	1990	1995	1985	1990	1995
日本	在職者数			割合		
理学工学全体 ¹⁾	42,940	57,073	100,334			
情報科学関係 ²⁾	5,469	8,420	16,028	12.7%	14.8%	16.0%
外国人 (理学工学) ³⁾	1,979	4,309	6,577	4.6%	7.5%	6.5%
米国						
理学工学全体 ⁴⁾	139,845	152,079	159,869			
情報科学関係 ⁵⁾	29,769	34,257	33,432	21.3%	22.5%	20.9%
外国人 (情報科学)	-	10,906	10,794	-	31.8%	32.3%

出典：学校基本調査報告書 [6]、Graduate Students and Postdoctorates in Science and Engineering - Fall 1996 [7]

- 1) 大分類「理学」及び「工学」の分野に分類されている専攻に在籍する学生数の合計。
- 2) 中分類「電気通信工学関係」の分野に分類されている専攻に在籍する学生数。
「電気通信工学関係」に含まれる専攻は次の通りである。
電気工学、電子工学、電気及び通信工学、通信工学、通信機械工学、電波通信学、電波工学、通信材料工学、電気・電子工学、電子物理学、電気工学第二、情報工学、情報処理(工)学、応用電子工学、電子計算機工学、計算機工(科)学、物理情報工学、電子システム、電子材料科学、電子応用工学、システム工学、電気・電子システム工学、電子機器工学、数理情報工学、電子・情報工学、電気・情報工学、電子情報工学、電気情報工学、システム情報工学、電子機械工学、情報・制御工学、電子情報学、電子物性工学、光電機械工学、計算機科学、電子情報(系)システム工学、システム科学、総合電子工学、情報通信工学、情報(科)学、情報システム、知識情報工学、情報知能工学、知能情報工学、情報知識工学、知能情報システム工学、情報システム設計学、システム電子工学、電子材料工学、情報ネットワーク学、計算工学、情報数理科学、情報システム運用学、流通情報工学、輸送情報システム工学、情報・計算機工学、情報理工学、電子通信工学、電子・情報系、電子通信学
- 3) 外国人学生に関しては中分類で集計されていないため、大分類の「理学」及び「工学」の合計数を使用した。従って、割合は理学工学全体の学生数に対する割合である。
- 4) 大分類「工学」、「自然科学」、「数理科学」、「計算機科学」及び「生物科学」の分野に分類されている学科に在籍する学生数の合計。フルタイム及びパートタイムの学生を含む。
- 5) 大分類「計算機科学」の分野に分類されている学科に在籍する学生数。フルタイム及びパートタイムの学生を含む。

表 2-2 日米大学院専攻数¹⁾ (修士・博士)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
日本 ²⁾	-	-	-	-	-	-	164
米国 ³⁾	310	319	334	342	353	365	373

出典：情報学研究の推進方策について (建議)[9]、Characteristics of Doctoral Scientists and Engineers in United States: 1995 [10]

- 1) 日本については専攻数を、米国については学科数を計上した。
- 2) 「情報」を冠した専攻の数。
- 3) 大分類「計算機科学」の分野に分類されている学科の数。

1996年で比較すると、日本の164に対して米国373(米国は学科数)となっている(表2-2)。米国には日本の2.3倍の専攻(学科)があるが、大学院の数も2.1倍であるので[8]、それを考慮すればほぼ同程度の専攻(学科)数と言える。

2.2 研究者数

2.2.1 対象の範囲

以下の考察における情報科学分野の研究者の範囲については次のように規定した。

(1) 研究者

日本：大学、短期大学、高等専門学校、大学共同利用機関、文部省・文化庁、文部省・文化庁の施

情報科学研究の日米比較

設等機関及び文部省所轄の民間学術研究機関に勤務して教育研究を行なっている者。

米国：総合大学及び4年制の単科大学に勤務する博士学位取得者。

(2) 情報科学分野の研究者

本論文中では、情報科学分野の研究者を2種類の基準で日米比較している。第1は、研究者の「現在の専門分野」を基準に分類したものであり、第2は、研究者の「取得学位の分野」を基準に分類したものである。以下は日本と米国の違いを示す。

日本：(1)の定義に適合する者の内、「現在の専門分野」による分類では、学術情報センターの「研究者ディレクトリ」において、現在の専門分野が「情報科学」となっている者。「取得学位の分野」による分類では、課程博士・修士の場合、専攻科名から情報科学に属すると判断(2.2.3章参照)された専攻科の者、論文博士については現在の専門分野から分類してある。

米国：(1)の定義に適合する者の内、National Science Foundation(NSF)の統計により、「計算機科学(Computer Sciences)」に分類されている者[10]。「現在の専門分野」による分類では、NSFの現在の職務の分野コード(Job Categories List)によるが、「数理科学(Mathematical Sciences)」に分類されている研究者と「計算機科学」に分類されている研究者が一緒に集計されており分離出来ないため、数理・情報科学研究者を示してある。「取得学位の分野」による分類では博士学位の分野によって集計されている。

2.2.2 情報科学分野研究者数の日米比較

表2-3に数理・情報科学分野と科学・工学全体の博士学位を保有する研究者数を、「現在の専門分野」及び「取得学位の分野」別に示す。米国の現在の専門分野による統計では、数理科学と情報科学の区別がない。そのため、数理・情報科学全体で比較する。「現在の専門分野別」の数理・情報科学全体では、日米比は21%となり科学・工学全体の44%に比べて約半分の比率である。次に「学位取得分野」で比較すると、日本の情報科学分野の学位の定義に問題は残るが、数理・情報科学全体では、日米比は22%、科学・工学全体では41%となり、「現在の専門分野」の場合と傾向はほとんど変わらず、ここでも日本は米国のほぼ半分のシェアである。

表 2-3 博士学位取得の数理・情報科学分野研究者数の日米比較(1995年)

	現在の専門分野 ¹⁾		学位取得分野 ²⁾	
	日本	米国	日本	米国
科学・工学全体 ³⁾	78,592	178,190	78,592	193,600
数理・情報科学 ⁴⁾	4,013	19,430	3,737	16,900

出典：(米国) Characteristics of Doctoral Scientists and Engineers in United States: 1995 [10]

(日本) 平成7年度研究者ディレクトリ調査[11]

注1) 日本では研究者ディレクトリ調査項目の「現在の専門分野」の第1欄に回答されたコードによる。米国ではNSF分類の現在の専門分野(現在の職務の分野)による。

注2) 米国は2.2.4章の(2)を参照、日本は2.2.3章の(2)を参照。

注3) 米国は2.2.4章の表2-6または表2-7の科学および工学分野の合計、日本については研究者ディレクトリ分野分類全体の合計に回答率の逆数である1.225をかけた数字であり、人文科学を含む。

注4) 米国はNSFの分類による。数学・統計科学・計算機科学を含む。日本については科学研究費補助金の分科細目表の「情報科学」「数学」「統計科学」の合計に1.225をかけたもの。

2.2.3 日本の研究者

学術情報センターでは、研究者の研究活動に関するデータベースである「研究者ディレクトリ」を作成するため平成4年度より「学術研究活動に関する調査」をおこなっている。調査対象は国・公・私立の大学・短期大学・高等専門学校、大学共同利用機関(大学入試センター・学位授与機構・国立学校財務センターを含む)、文部省および文化庁並びにそれらの施設等機関、文部省所轄民間学術研究機関に所属する常勤の教職員・研究者である。よってこの統計には、通産省工業技術院、郵政省通信総合研究所や科学技術庁所轄の理化学研究所等は含まれていない。平成5年度(1993年度)における調査対象研究者数は155,623人で127,127人(回答率81.7%)の研究者から回答があり[12]、平成7年度(1995年度)では159,752人中130,295人(81.6%)の回答を得ている[11]。

(1) 現在の専門分野により集計した研究者数

この調査においては、研究者の現在の専門分野、取得学位および方法、最終出身大学(院)の専攻名が調べられており、米国の統計との比較に利用した。比較調査の場合、分野分類のカテゴリの違いも問題となる。研究者ディレクトリの場合、分野分類は科学研究費補助金の分科細目表に準じており、情報科学分野に含まれる細目としては「計算機科学」「知能情報学」「情報システム学(含情報図書館学)」となっている。

表 2-4 情報科学分野の機関別研究者数

		大学	短期大学	高等専門 学校	大学共同 利用機関	文部省所 轄機関等	民間学術 研究機関	全機関	
情報 科学	計算機科学	1993	689	88	65	2	0	1	845
		1995	920	123	78	2	0	0	1,123
	知能情報学	1993	456	39	41	2	0	0	538
		1995	525	50	53	4	0	0	632
	情報システム学	1993	370	143	15	9	3	2	542
		1995	498	215	18	14	3	4	752
	計	1993	1,515	270	121	13	3	3	1,925
		1995	1,943	388	149	20	3	4	2,507

出典：平成7年度研究者ディレクトリ調査 [11][12]

表2-4に1993年度と1995年度の「学術研究活動に関する調査」[12][11]から得られた情報科学分野の機関別研究者数を示す。ここで言う情報科学分野の研究者数は、調査において現在の専門分野を「科学研究費補助金系・部・分科・細目表」に準じたコードで重要だと思われる順番に3分野以内で記入してもらった中で最初の欄に情報科学分野のコードを記入した研究者の数である。1993年度の調査では回答者中1,925人が情報科学分野を専門分野としており、1995年度では2,507人である。この2年での増加率は約30%である。

(2) 取得学位の分野により集計した研究者数

次に米国の統計結果と比較するために、取得学位および方法、最終出身大学(院)の専攻科名による分類を試みた。ここで使用した平成7年度(1995年)の研究者ディレクトリ [11] に登録されている 130,310 人(回答項目のうち一部だけを使用したので、以前の報告[11]よりも15人ほど対象者数が多くなっている)に対して、取得学位の分野別に研究者数を調べた結果が表 2-5 である。ここで取得学位の分野を決めるのに、(a) 課程修了者の学位分野は最終出身教育機関の専攻科名、(b) 論文による学位取得者は現在の研究分野を判断基準として分類を行った。博士学位取得者については約44%の28,014名が課程博士でありこのうち97%に専攻科名の記述があった。この残りの3%については現在の研究分野を分類に用いた。修士37,951名についても94%に専攻科名の記述があった。修士で専攻科名不明の2,168名と残りの学士または学位不明者については現在の研究分野で分類している。専攻科名から取得学位の分野への分類には、キーワード、現在の専門分野との関連から独自に科学研究費分科細目表の「分科」に当たる領域に分類を行

い、必要に応じて米国との比較のために分科レベルの分類を大分類にまとめた(表2-5の注1参照)。ただし、日本における心理学・社会学の分類には文学、哲学、史学も含まれている。この分類において、(a) で情報科学に分類した専攻科名は、「コンピュータ(計算機)科学」、

表 2-5 取得学位の分野分類¹⁾による研究者数

	博士	修士・学 士	合計
物理科学	6,199	1,154	7,353
地球・大気・海洋科学	1,621	371	1,992
数理科学	1,964	1,129	3,093
情報科学	1,087	1,116	2,203
生命科学	30,145	10,947	41,092
心理学・社会学	8,025	43,713	51,738
工学	14,871	6,476	21,347
不明	245	1,247	1,492
合計	64,157	66,153	130,310

出典：平成7年度研究者ディレクトリ調査[11]より作成。

注 1) 分類手法については本文参照、以下の大分類は右記の分科レベル分類を含む。

物理科学：物理、化学、天文。

地球・大気・海洋科学：地球科学、環境科学。

数理科学：数学、統計科学。

生命科学：農学、農芸化学、林学、水産学、境界農学、農学その他、生物学、人類学、生物化学、基礎生物学、神経科学、健康科学：生理、病理、社会医学、内科、外科、歯科、医学一般、畜産学、実験物実験学。

心理学・社会学：心理学・社会学・教育学・文化人類学、文学、哲学、史学、法学、経済学、農業経済学、家政学、科学技術史、体育学、地理学、科学教育、広領域。

工学：応用物理学、機械工学、電気電子工学、土木工学、建築学、材料工学、プロセス工学、工業化学、総合工学、工学その他、農業工学、社会システム工学、自然災害科学、プラズマ理工学、エネルギー学、医用生体工学。

情報科学研究の日米比較

「システム科学」、「システム情報」、「計算工学」、「計数工学」、「自然言語処理」、「情報システム」、「情報科学」、「情報学」、「情報工学」、「情報処理」、「人工知能」、「知識情報」、「知能科学」、「知能情報」、「数理情報」、「図書館情報学」、「電気・情報」、「電子情報」を冠する専攻科及びこれに準ずる専攻科名である。

また、数理科学に分類した専攻科名は、「数学」、「応用数学」、「応用数理」、「統計」、「生物数学」である。情報科学以外の分野大分類の詳細は表 2-5 の注を参照していただきたい。

この結果からは、情報科学分野の博士号取得者は 1,087 名となっており回答率の逆数 (1.225) をかけて統計の回答率の補正を行なうと約 1,330 名となる。これは米国の 2,900 人 (第 2.2.4 章参照) と比較して約 46% である。ただし、日本は常勤の教官のみ、米国は常勤に加えて少数ではあるが非常勤勤務者とポスドクを合わせた人数である。また、統計をおこなった対象機関も日米で若干違うが、日本の大学共同利用機関および民間学術研究機関の占める割合は 1% 程度であるので、ほぼ同様の対象範囲である。修士・学士の学位保持者については 1,129 名で、回答率の補正後は約 1,380 名となる。

2.2.4 米国の研究者

NSB が発行している Science & Engineering Indicators(SEI) (1998 年度版)[5] が使用している学術機関の研究者の統計は 2 種類の調査から推計されており、博士学位保有者に関しては、NSF の Survey of Doctorate Recipients、修士または学士学位の勤務者に関しては教育省の National Center for Education Statistics

による The National Study of Postsecondary Faculty の調査結果を用いている。[13]

(1) 現在の職務により集計した研究者数

Characteristics of Doctoral Scientist and Engineering in United States: 1995[10] では、Survey of Doctorate Recipients(SDR)の調査結果から博士学位所得者について、現在の職務の分野による統計も行なっている。ただし、この統計では常勤の勤務者に加えて、約 6% 程度の非常勤 (含ポスドク) 勤務者を含んでいる。この調査の調査票においては、現在の職務の分野を調査票に添付された NSF による "Job Categories List" から選んで最も主とするものを記入することとなっている。米国の大学や 4 年制単科大学において計算機科学・数理科学の分野の勤務者は 19,430 人である。職務分野別博士学位取得者の勤務者数を勤務機関別に表 2-6 に示す。ただし、科学、工学分野の学位を有する全勤務者は教育スタッフ以外の人数を含むので、SEI の統計よりやや大きめの数字になっている。

(2) 取得学位の分野により集計した研究者数

SEI によると、1995 年時点で博士学位を保有する科学技術研究者は全米で約 475,200 人おり、このうち米国の総合大学および 4 年制単科大学 (以下米国の大学あるいは米国大学) で科学・工学分野に勤務する者は約 217,500 人である。また、この中から教育職以外に従事する人を除いた、常勤、非常勤、ポスドクの科学・工学分野の勤務者は 193,600 人となる。このうち計算機科学分野の博士学位を有する研究者は約 2,900 名となっている (表 2-7)。年次変化を見ると、1989 年以降、他の分野

表 2-6 職務分野別研究者数 (博士学位取得) (1995 年)

職務上の分野	大学・4 年制単科大学	その他の教育機関	営利団体	その他	全体
全勤務者 (科学・工学博士学位保有) ¹⁾	222,530	12,410	146,720	395.7	484,780
博士学位保有科学・工学研究者					
科学・工学全体	178,190	7,550	91,350	65,430	342,520
科学分野全体	157,220	7,420	61,240	58,390	284,270
計算機科学・数理科学全体	19,430	730	12,990	4,120	37,270
物理科学、地球・海洋科学	31,930	1,500	22,130	10,270	65,830
生命科学	56,190	1,480	14,330	13,830	85,830
社会科学 (心理学を含む)	49,670	3,710	11,790	30,170	95,340
工学	20,970	130	30,110	7,040	58,250

出典 : Characteristics of Doctoral Scientists and Engineers in United States: 1995, NSF[10]

注 1) 管理的業務についているものも含む。

表 2-7 米国大学の学位分野別研究者数

学位分野	勤務者数(千人)								
	1979	1981	1983	1985	1987	1989	1991	1993	1995
博士学位保有科学・工学研究者									
科学・工学全体	144.0	154.5	162.8	172.2	179.6	187.5	190.4	191.6	193.6
科学分野全体	129.0	139.5	145.8	153.8	159.5	166.2	169.4	169.9	172.0
物理科学	22.6	23.0	22.6	24.0	24.6	24.4	24.5	24.9	25.5
数理科学	11.8	12.0	12.6	13.1	13.4	14.0	14.6	15.0	14.0
計算機科学	0.1	0.3	0.4	0.7	1.0	1.4	1.9	2.3	2.9
環境科学	3.7	4.1	4.3	4.5	4.8	5.2	5.1	5.3	5.3
生命科学	43.1	47.3	50.3	52.5	55.3	58.1	59.7	60.5	63.2
心理学	15.9	17.9	18.8	20.2	20.9	22.1	22.4	21.1	22.2
社会科学	31.7	34.9	36.7	38.8	39.6	41.0	41.3	40.7	38.9
工学	14.9	15.0	17.0	18.4	20.1	21.4	21.0	21.6	21.7

出典 :Science & Engineering Indicators 1998, National Science Board[5]

がほぼ横ばいなのに対して計算機科学分野での博士号取得勤務者の増加率は非常に大きく、2年ごとに約30%から25%の増加率を示している。また、Summary Report 1994, Doctorate Recipients from United States Universities[14]によると、「計算機科学」の分類がはじめて統計に登場したのは1978年であり米国においてもかなり新しい分野であると言える。1979年から1995年までの2年ごとの米国大学における博士学位を保有する科学技術研究者数の分野別推移を表2-7に示す。なお、NSFが発行している Characteristics of Doctoral Scientists and Engineers in United States: 1995[10]によると、1995年におけるその他の教育機関の計算機科学分野の博士取得勤務者は約100名である。

SEIによると、1993年のNSOPFによる統計[5]では(a)修士または学士、(b)専門士の学術研究者および技術者はそれぞれ(a)61,300人および(b)66,031人で、計算機科学分野ではそれぞれ(a)2,953人、(b)244人である。この中で研究を主体としている研究者は、(a)7.9%、(b)0%となっている。米国の高等教育機関の研究者はほとんどが博士学位保有者であり、計算機科学分野での博士学位保持者以外で研究を第一の職務とする勤務者は1993年時点で約250名程度となる。

3 研究費

3.1 研究費の日米比較

大学における情報科学分野の研究費の日米比較を行った(表3-1)。ここで言う情報科学は、日本においては原則として文部省科学研究費補助金のうち「情報科学」に分類されているものである。また、米国においては、連邦政府による大学への助成金のうち「計算機科学」に分類されているものである。ここで言う研究費は、中央政府の大学に対する研究助成金である。日本については文部省科学研究費補助金、教官当積算校費(国立大学のみ)、科学技術振興調整費および特殊法人等における基礎研究推進費を合計したものをを用いた。また、米国については連邦政府による大学への研究助成金(六つの行政機関の合計)を用いた。なお、日本については、科学研究費補助金全体に対する情報科学分野の金額の割合にもとづき、他の助成金のうち情報科学分野の金額を推定した結果を用いた。

これによると、日本における情報科学分野の研究費は1994年度から1998年度のいずれの年度においても米国に比べて非常に小さいと言える。たとえば1996年で見ると、国内総生産(GDP)は日本が503兆円、米国が824兆円(IMF為替レートによる)であったが、この比率

表 3-1 情報科学分野の研究費の日米比較(単位:億円)

	1994年度	1995年度	1996年度	1997年度	1998年度	1998年度/ 1994年度(%)
日本	44.8	48.7	60.3	76.6	83.5	86.4
米国	392.1	347.6	541.9	613.3	689.0	75.7

情報科学研究の日米比較

を勘案しても 96 年度の米国の情報科学分野の研究費は日本の 5.49 倍になっている。後述するように全体に対する情報科学の研究費の割合は 96 年度で日本は 2.0%、米国は 4.8% となっており、大きな開きがある。ただし、情報科学分野の研究費のこの 4 年間の伸び率は日本が 86.4%、米国が 75.7% (ドルベースでは 37.2%) で、日本の方が大きい。

3.2 日本の研究費

まず、日本における状況として、研究費の代表的なものである文部省科学研究費補助金の採択状況を示す。1996 年～1998 年の各年度の件数 (表 3-2) および金額 (表 3-3) を記した。基盤研究 A～C、萌芽的研究お

よび奨励研究 A については各件ごとに分野を把握できるので、それにより分類したところ、1996 年度には情報科学分野は 526 件であった。また、奨励研究 B は小中学校の教員等に配分されるものであり情報科学に関するものはほとんどない。特別推進研究、重点領域研究、特別領域研究、国際学術研究はいずれも原データに分野名が付されていないため、テーマ名から情報科学にあたると考えられるものを抽出したところ 124 件あった。さきの 526 件と合わせると 650 件で、全体の 2.1% である。金額では情報科学が 15 億 4810 万円で全体の 2.0% である。同様に 1997 年度と 1998 年度についても情報科学にあたるものを抽出すると、1997 年度の件数が 678 件 (全体の 2.1%)、金額が 18

表 3-2 文部省科学研究費補助金採択件数 (1996 年度～1998 年度)¹⁾

	分野	1996 年度	1997 年度	1998 年度
基盤研究 A～C、 萌芽的研究、 奨励研究 A の計	文学	2,063	2,133	2,476
	法学	263	290	379
	経済学	469	512	620
	理学	3,152	3,182	3,850
	工学	5,372	5,154	5,959
	農学	1,874	1,816	1,991
	医学	8,983	9,260	11,012
	情報科学 ²⁾	526	534	650
	複合領域 (情報科学を除く) ²⁾	3,355	3,341	3,863
	広領域	405	445	518
	小計	26,462	26,667	31,318
奨励研究 B		664	659	786
特別推進研究、 重点領域研究、 国際学術研究の計		4,272 (内情報科学 124)	4,400 (内情報科学 144)	4,284 (内情報科学 150)
合計		31,398 (内情報科学 650)	31,726 (内情報科学 678)	36,388 (内情報科学 800)

出典：文部省科学研究費補助金採択課題・公募審査要覧 [15]

1) 研究成果公開促進費、特定奨励費、創成的基礎研究費、COE 形成基礎研究費及び特別研究員奨励費は除く。

2) 文部省の分類の「複合領域」を「情報科学」と「複合領域 (情報科学を除く)」に分けた。

表 3-3 文部省科学研究費補助金額 (1996～1998 年度) (単位：千円)

		1996 年度	1997 年度	1998 年度
情報科学分野	金額	1,548,100	1,859,800	1,999,770
	件数	650	678	800
科学研究費補助金全体	金額	78,116,700	85,656,780	86,702,905
	件数	31,398	31,726	36,388
情報科学分野の割合	金額	2.0%	2.2%	2.3%
	件数	2.1%	2.1%	2.2%

出典：文部省科学研究費補助金採択課題・公募審査要覧 [15]

表 3-4 日本における大学等への助成金 (単位: 億円)

(単位: 億円)

	1994 年度	1995 年度	1996 年度	1997 年度	1998 年度
文部省科学研究費補助金	824	924	1,018	1,122	1,179
教官当積算校費	1,326	1,394	1,460	1,541	1,552
科学技術振興調整費	155	185	215	250	270
特殊法人等における基礎研究推進費	-	-	320	569	631
合計	2,305	2,503	3,013	3,482	3,632
情報科学分野の割合 (推定)	2.0% ¹⁾	2.0% ¹⁾	2.0%	2.2%	2.3%
情報科学分野の金額 (推定)	44.8	48.7	60.3	76.6	83.5

出典: 文部省科学研究費補助金採択課題・公募審査要覧 [15], 文部省「我が国の文教施策」 [16], 文部省「文教予算のあらまし」 [17], 科学技術庁「科学技術白書」 [18] 等

1) ただし、教官当積算校費は 1.9%

表 3-5 分野別米国連邦政府助成金額 1996 年度 (単位: 千ドル)

(単位: 千ドル)

行政機関	生命科学	心理学	物理科学	環境科学	数理学	計算機科学	工学	社会科学	その他	合計	計算機科学分野合計に占める割合
農務省	278,837	0	21,644	3,951	297	2,092	17,185	49,450	0	373,456	0.4
国防省	111,699	19,042	108,944	110,181	35,932	237,597	413,306	33	1,231	1,037,965	47.8
エネルギー省	74,411	0	312,379	98,404	0	13,525	67,491	0	213	566,423	2.7
厚生省	5,238,923	220,664	92,420	17,773	24,297	27,626	85,311	71,037	254,569	6,032,620	5.5
航空宇宙局	55,306	3,221	239,469	130,385	794	26,863	82,973	135,210,118	560,164	5.4	
全米科学財団	287,186	2,554	393,532	272,215	73,916	190,409	384,996	80,783	54,270	1,739,861	38.2
合計	6,046,362	245,481	1,168,388	632,909	135,236	498,112	1,051,262	201,438	331,301	10,310,489	100.0

出典: National science Foundation, Federal Funds Survey, Fields of S&E Research to Universities & Colleges Historical Tables, Fiscal Years 1973-98.

億5980万円(全体の 2.2%)、1998年度の件数が 800件(全体の 2.2%)、金額が19億9977万円(全体の 2.3%)である。科学研究費補助金全体(金額)のこの2年間の伸び率が 11.0%であるのに対し、情報科学分野の伸び率は 29.2%と大きい。

さらに、文部省科学研究費補助金のほか教官当積算校費、科学技術振興調整費および特殊法人等における基礎研究推進費も各年度ごとに合算してみた(表3-4)。この合計値のうちの情報科学分野の金額を算出したのだが、1994年と1995年については1996年度の文部省科学研究費補助金額の情報科学分野の割合(表 3-3を参照。2.0%)を推定値として用いることとする。そうした上で、各年度ごとの文部省科学研究費補助金の情報科学分野の割合が他の助成金にもおおむね当てはまると仮定し、年度ごとに情報科学分野の推定金額を算出した。ただし、1994年度と1995年度の教官当積算校費は 2.23日本の研究者で得られた1995年度の情報科学分野の研究者の比率(2,507 ÷ 130,295 × 100 ≒ 1.9)

によった。その結果、さきに述べたようにこの4年間の伸び率は、86.4%であったことが分かる。助成金合計の伸び率の57.6%を上回っている。

3.3 米国の研究費

次に米国の状況として、NSFの統計から米国連邦政府による大学への研究助成金の配分状況を見てみたい。表 3-5に現在入手できる最も新しいデータである1996年度の分野別・行政機関別の状況を示した。6機関の合計では、計算機科学分野の合計が498,112千ドル(約541.9億円)となっており、全体の4.8%を占めている。機関別に見ると、国防省(Department of Defense)が、連邦政府全体の計算機科学分野の47.8%にあたる237,597千ドルを出しており群を抜いているのが特徴的である。その次に多くの金額を出しているのが全米科学財団(NSF)で連邦政府全体の38.2%にあたる190,409千ドルを出している。

次に、表3-6に1994年度以降の連邦政府による大学

情報科学研究の日米比較

表 3-6 分野別米国連邦政府助成金額の推移

(単位:千ドル)

		1994 年度	1995 年度	1996 年度	1997 年度 ¹⁾	1998 年度 ¹⁾	1998 年度 / 1994 年度 (%)
生命科学		5,766,994	5,669,989	6,046,362	6,475,684	6,578,971	14.1
心理学		316,228	279,512	245,481	259,575	265,812	-15.9
物理科学		1,165,435	1,193,521	1,168,388	1,208,161	1,223,011	4.9
環境科学		627,409	629,682	632,909	624,042	596,041	-5.0
数理科学・計算機科学		530,077	513,611	633,348	644,507	669,218	26.2
内 訳	数理科学	146,416	144,178	135,236	137,619 ²⁾	142,895 ²⁾	-2.4
	計算機科学	383,661	369,433	498,112	506,888²⁾	526,323²⁾	37.2
工学		984,792	1,088,388	1,051,262	955,230	1,017,234	3.3
社会科学		200,495	204,488	201,438	218,003	223,888	11.7
その他		358,434	393,749	331,301	356,751	354,766	-1.0
合計		9,949,864	9,972,940	10,310,489	10,741,953	10,928,941	9.8

出典: National science Foundation, Federal Funds Survey, Fields of S&E Research to Universities & Colleges Historical Tables, Fiscal Years 1973-98.

1)1997 年度、1998 年度は暫定値

2)1997 年度、1998 年度の内訳は 1996 年度の比率による推定値

への分野別助成金額の推移を示す。これは表 3-5 と同様に六つの行政機関によるものの統計であるが、6 機関の合計値のみを記載している。なお、1997 年度と 1998 年度は暫定値の発表となっている。また両年度における数理科学・計算機科学別の内訳が発表されていないため、1996 年度の比率により推定した。これにより 1994 年度と 1998 年度を比較すると計算機科学は 37.2% 増加している。この数値は全分野合計の伸び率 9.8% を大きく上回っており、かつ他のいずれの分野の伸び率よりも大きい。

4 論文数

日米両国の論文数を調査するにあたっては、米国 Institute for Scientific Information (ISI) 社が編集している文献抄録データベース Science Citation Index (SCI) を用いた。このデータベースにより、情報科学関連の論文について、年度別・国別・分野別に調査した。

4.1 対象データの範囲

何を情報科学関連の論文とするかは問題のあるところであるが、ここでは、SCI 収録論文のうち表 4-1 に挙げた分野コードを付与されているものを対象データとした。これら 9 つの分野コードのうち、EP 以下の 7 つのコードは計算機科学の進展に伴い、CT を細分化する形で 1993 年に新たに設けられたものである。

したがって、初年度である 1993 年のデータは不完全であると思われるため、本稿では 1994 年から 1997 年の 4 年分だけを分析の対象にする。なお、CT については、ファジー理論、認知パタン、ニューロネットワーク、画像処理などの研究領域の論文が高い割合を占めている。

表 4-1 SCI の分野コードと分野名

CI	Computer Science
CT	Computer Science, Special Topics
EP	Computer Science, Artificial Intelligence
ER	Computer Science, Cybernetics
ES	Computer Science, Hardware & Architecture
ET	Computer Science, Information Systems
EV	Computer Science, Interdisciplinary Applications
EW	Computer Science, Graphics, Programming
EX	Computer Science, Theory & Method

4.2 日米研究活動の比較

日米両国の情報科学に関する論文数を示したものが表 4-2 である。論文の帰属国については、第一著者の所属機関の所在地により判断した。

9 分野の論文数比率は、図 1 と図 2 に示されている通り、日本と米国では、異なるパターンを見せている。それぞれの分野において、日本が力を注いでいる程度を、米国との比較で相対的に示し、日米両国の分野構成

表 4-2 年度別・分野別・日米情報科学分野の掲載論文数

分野 コード	1994			1995			1996			1997		
	全世界	日本	米国	全世界	日本	米国	全世界	日本	米国	全世界	日本	米国
CI	7,414	176	2,873	8,413	218	2,943	7,852	216	2,813	6,331	177	2,386
CT	2,734	131	1,072	3,231	162	1,180	3,338	138	1,201	3,529	132	1,261
EP	2,262	99	948	3,206	177	1,223	3,279	186	1,225	3,767	171	1,265
ER	782	34	266	725	33	236	721	26	235	983	34	268
ES	4,163	469	1,422	4,608	436	1,542	5,097	475	1,570	4,634	375	1,415
ET	4,033	658	1,406	2,644	589	994	3,623	623	1,292	3,675	452	1,380
EV	4,703	230	1,691	4,707	163	1,764	4,911	177	1,727	4,973	210	1,721
EW	4,469	82	1,655	5,006	119	1,702	5,477	104	1,788	5,536	107	1,889
EX	4,140	313	1,450	4,871	329	1,657	4,333	292	1,460	5,547	219	1,805
合計 ¹⁾	19,752	1,233	7,408	21,348	1,235	7,749	22,449	1,255	7,788	23,386	1,181	7,882

1)SCIでは、1論文に分野コードが重複して付与されているため、9分野を合計した値の方が合計欄の値よりは多くなっている。

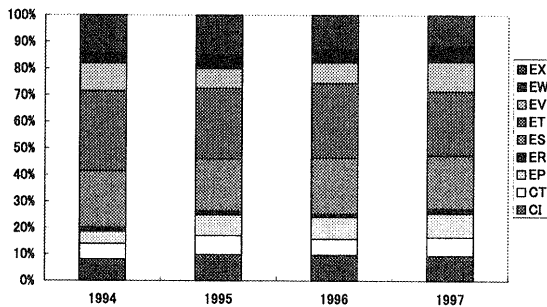


図 1 日本の情報科学関連9分野の論文数比率

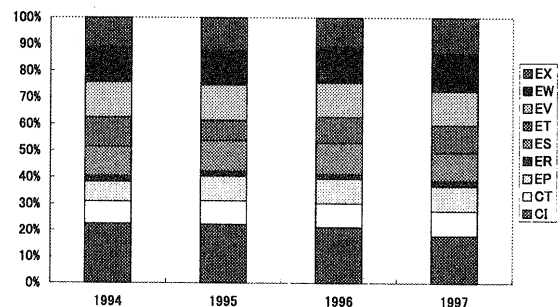


図 2 米国の情報科学関連9分野の論文数比率

の違いを明確に示すために、以下のような日本対米国研究活動指標を用いることにする。

$$\text{本対米国研究活動指標 } AI_j = \frac{\text{日本における分野 } j \text{ の論文数比率}}{\text{米国における分野 } j \text{ の論文数比率}}$$

$AI_j > 1$ であるならば、日本の方が米国よりも分野 j の論文の割合が高い、つまり相対的に研究が盛んなことを表す。9分野における日本対米国 AI 指標の値を表4-3と図3に示す。また、図4は、この指標の対数を取り、棒グラフで表わしたものである。左側に出ているものは米国の方が相対的に研究が盛んな分野で、右側にあるものは日本の方が相対的に研究が盛んな分野となっている。これらより、米国と比べて、日本では Information Systems (ET), Hardware & Architecture (ES), Theory & Methods (EX) の研究が相対的に盛んであるものの、Special Topics (CT), Computer Science (CI)、特に、Software, Graphics & Programming (EW) が相対的に弱いことがわかる。

4.3 採録雑誌の影響

日本の Hardware & Architecture (ES) と Theory & Methods (EX)、特に Information Systems (ET) は、米国に比べて相対的に研究が盛んであることが特徴となっている(図3と図4)。そこで、第一著者の所属機関の所在地が日本である論文(以下、日本論文という)と第一著者の所属機関の所在地が米国である論文(以下、米国論文という)の掲載雑誌を調べた。1995年を例として、SCIに採録されたET論文を見ると、米国論文は995件で40雑誌に掲載され、日本論文は590件で17雑誌に掲載されていた。掲載論文の多い順に雑誌をリストアップすると、表4-4になる。日本論文の掲載雑誌を見ると、“IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics Communications and Computer Sciences”(表中は、雑誌名が略記されている)に全体の39.7%の234件、“IEICE Transactions on Information and Systems”に29%の171件、“Systems and Computers in Japan”には22.2%の131件の論

情報科学研究の日米比較

表 4-3 情報科学関連 9 分野の日本対米国研究活動指標の値

分野名	コード	1994	1995	1996	1997
Computer Science	CI	0.4	0.4	0.5	0.5
Special Topics	CT	0.7	0.8	0.7	0.7
Artificial Intelligence	EP	0.6	0.9	0.9	1.0
Cybernetics	ER	0.7	0.8	0.7	0.9
Hardware & Architecture	ES	1.9	1.7	1.8	1.9
Information Systems	ET	2.7	3.5	2.9	2.3
Interdisciplinary Applications	EV	0.8	0.5	0.6	0.9
Software, Graphics, Programming	EW	0.3	0.4	0.3	0.4
Theory & Methods	EX	1.3	1.2	1.2	0.9

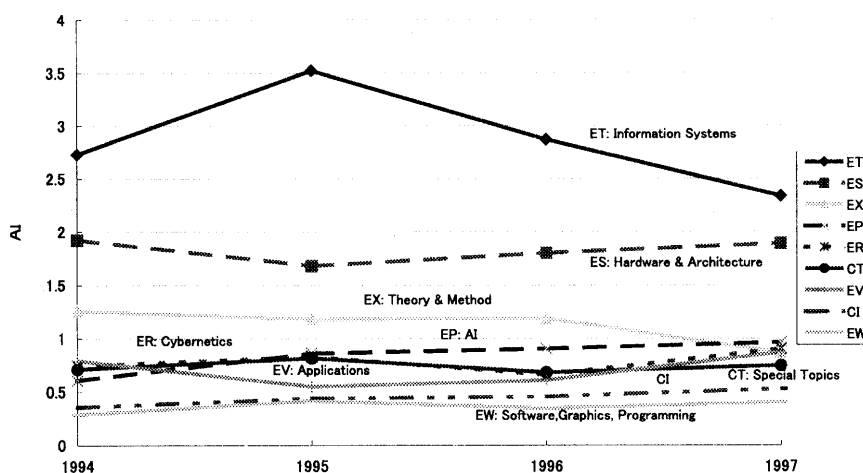


図 3 日本対米国の分野比重変化

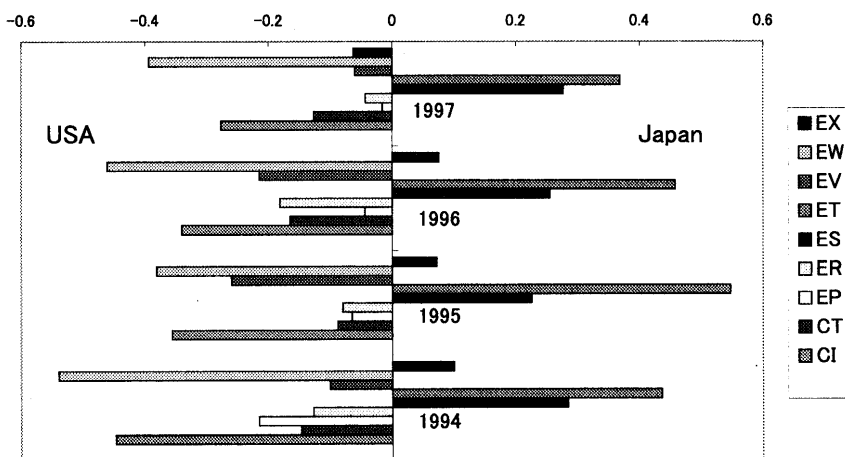


図 4 日本対米国の AI 指数の対数

文が掲載されていたことがわかる。最初の 2 誌は、電子情報通信学会発行の英文誌で、両者を合わせると日本論文の約 7 割になる。さらに、3 番目の雑誌も日本の

英文誌であり、3 誌を合わせると、SCI に採録された日本論文の 9 割が日本の英文誌に掲載されていたことになる。他の年度においても、同様な傾向が見られる。

雑誌“Systems and Computers in Japan”は、ET、ES、EXの3つの分野コードがつけられ [19]、3分野のそれぞれにおいて、日本人の論文は同誌に掲載された割合がかなり高いことがわかる。1995年を例としてみると、同誌に掲載された論文が ET、ES、EX の分野においてそれぞれ全体の約 22%、30%、40% となっている。1997

年には“Systems and Computers in Japan”誌がSCIの採録雑誌から外されたため、図3、図4のように、各分野の研究活動の水準や構成が変わることが考えられる。したがって、データベースを用いて研究活動の評価を行う場合、採録雑誌が影響を及ぼすことを十分に考慮に入れておかなければならない。

表 4-4 日米両国の ET 論文の掲載雑誌一覧 (1995 年)

日本論文				米国論文			
論文数	%	累積%	掲載雑誌名	論文数	%	累積%	掲載雑誌名
234	39.7%	39.7%	IEICE T FUN	88	8.8%	8.8%	ONLINE
171	29.0%	68.6%	IEICE T INF	83	8.3%	17.2%	INF PROCESS
131	22.2%	90.8%	SYS COM JPN	71	7.1%	24.3%	J CHEM INF
14	2.4%	93.2%	INF PROCESS	65	6.5%	30.9%	INF COMPUT
12	2.0%	95.3%	INF COMPUT	56	5.6%	36.5%	J COMP INF
5	0.8%	96.1%	INF SCI	47	4.7%	41.2%	INF SYST M
5	0.8%	96.9%	INT J COOP	46	4.6%	45.8%	J AM MED IN
3	0.5%	97.5%	J CHEM INF	44	4.4%	50.3%	DECIS SUP S
2	0.3%	97.8%	ACT INFORM	36	3.6%	53.9%	COMPUT SEC
2	0.3%	98.1%	DECIS SUP S	34	3.4%	57.3%	INF MANAGEM
2	0.3%	98.5%	INF SCIAPP	33	3.3%	60.6%	COMPUT NETW
2	0.3%	98.8%	J VLSI SIG	32	3.2%	63.8%	INF PR MAN
2	0.3%	99.2%	MED INFORM	32	3.2%	67.0%	INF SCI
2	0.3%	99.5%	METH INF M	30	3.0%	70.1%	IEEE MULTIM
1	0.2%	99.7%	ACM T INF S	27	2.7%	72.8%	J VLSI SIG
1	0.2%	99.8%	INF SOFTW T	22	2.2%	75.0%	METH INF M
1	0.2%	100.0%	MULTIMEDI S	21	2.1%	77.1%	LIBR SOFTW
590				19	1.9%	79.0%	INF SYST
				18	1.8%	80.8%	DAT BASE A
				18	1.8%	82.6%	IBM SYST J
				18	1.8%	84.4%	INTERNET R
				18	1.8%	86.2%	MULTIMEDI S
				15	1.5%	87.7%	INT J MIC O
				14	1.4%	89.1%	ACT INFORM
				13	1.3%	90.5%	J INF TECHN
				12	1.2%	91.7%	INF SCIAPP
				11	1.1%	92.8%	ACM T INF S
				11	1.1%	93.9%	DATA KN ENG
				11	1.1%	95.0%	DIST PARALL
				11	1.1%	96.1%	INF SOFTW T
				9	0.9%	97.0%	ACM T DATAB
				8	0.8%	97.8%	EUR J INF S
				7	0.7%	98.5%	IEICE T INF
				4	0.4%	98.9%	IEICE T FUN
				4	0.4%	99.3%	RAIROINF
				2	0.2%	99.5%	INT J COOP
				2	0.2%	99.7%	SYS COM JPN
				1	0.1%	99.8%	IFIP TRAN A
				1	0.1%	99.9%	MED INFORM
				1	0.1%	100.0%	WIRTSCHAFTS
				995			

情報科学研究の日米比較

表 5-1 米国の研究者における現在の研究分野と博士学位分野の関係 (1995 年)

		博士学位分野				
		計算機科学・ 数学	生命科学	物理科学	社会科学	工学
現在の 研究 領域	計算機科学・数学関連研究者	67.6%	2.2%	4.4%	5.0%	6.6%
	生命科学関連研究者	0.1%	86.2%	6.0%	4.4%	0.9%
	物理科学関連研究者	0.3%	5.5%	87.8%	1.3%	2.3%
	社会科学関連研究者	0.2%	0.9%	0.1%	86.4%	0.1%
	工学関連研究者	1.9%	1.5%	7.6%	0.6%	84.6%
	科学・工学研究者全体	8.9%	28.8%	19.0%	25.2%	11.3%

表 5-2 日本の研究者における現在の研究分野¹⁾と博士学位分野¹⁾の関係 (1995 年)

			博士学位分野							不明	合計	
			物理科学	数理・情報科学			生命科学	社会科学	工学			
				数理科学	情報科学	合計						
現在の 研究 分野	物理科学者		81.0%	0.4%	0.2%	0.6%	3.9%	0.7%	13.7%	12.7%	100.0%	
	数理・情報 科学者	数理科学者		2.7%	87.4%	4.1%	91.5%	1.1%	0.8%	3.9%	9.1%	100.0%
		情報科学者		13.1%	5.8%	31.5%	37.3%	1.9%	1.5%	46.2%	16.5%	100.0%
		合計		6.5%	57.8%	14.0%	71.8%	1.4%	1.0%	19.2%	11.9%	100.0%
	生命科学者		4.2%	0.0%	0.0%	0.1%	92.5%	1.1%	2.1%	40.9%	100.0%	
	社会科学者		2.0%	0.4%	0.4%	0.7%	4.4%	89.2%	3.6%	19.5%	100.0%	
	工学者		8.4%	0.7%	1.9%	2.6%	1.3%	0.5%	87.2%	22.0%	100.0%	
	不明		17.6%	2.1%	1.6%	3.6%	39.9%	23.3%	15.5%	42.2%	100.0%	
合計		15.9%	4.0%	1.5%	5.4%	38.3%	14.1%	26.3%	29.1%	100.0%		

出典：平成7年度研究者ディレクトリ調査 [11] より作成。

注 1) 分野分類は 2.2.3 章表 2-5 の注に準ずる。

5 情報科学研究者のバックグラウンド

5.1 日米における、学位取得分野と現在の専門分野の関係

研究領域における研究者の出身分野との関係を見るために、学位取得分野と現在の専門分野の関係を調べた。米国においては SDR の調査で調べられているが、SEI(1998)、Characteristics of Doctoral Scientist and Engineering in United States: 1995 のどちらにもこの関係を示す表がなかったため、NSF の SESTAT(Scientist and Engineer Statistics Data System)[20]を用いて表5-1を導出した。この表によると計算機科学・数学関連研究者の内計算機科学および数学分野の博士学位を受けたものは 67.6% で、他の分野の博士学位取得者の占める割合が他の分野に比べてかなり高い。

次に研究者ディレクトリのデータを用い、日本の研究分野についても同様の関連表を導出したのが、表5-2である。学位分野と現在の専門分野については第 2.2.3 章と同様である。日本の研究者に関しては、数理科学

と情報科学を分けて算出したが、ここでも情報科学、数理・情報科学は他の分野の学位取得者が多く、特に工学、物理科学の学位を受けた研究者が目立っている。工学に関しては、システム工学や電気電子工学の一部では工学と情報科学の専攻分野の分離が不可能なために、かなり大きな数値になっているが、これがある程度現在の日本の情報科学の状態を示しているのだと思われる。数科学の分野に関しては 91.5% と明確な関係があるので、数理・情報科学の合計のシェアが低いのは情報科学によるものである。米国では計算機科学の学位はかなりはっきりしたものとなっているが、新しい分野のため日米両国とも計算機科学の分野には他の分野の学位取得者の比率が高くなっている。

5.2 日本の情報科学分野研究者の他分野との関係

次に日本での情報科学と他分野の関係について調べてみる。表 5-3 は 1995 年度の研究者ディレクトリの

データについて、現在の専門分野の第2または第3の欄に「情報科学」と答えた研究者の第1欄の専門分野について調べたものである。ここでは第一の専門分野の人数に対して第2または第3の欄に「情報科学」と答えた人の割合をパートタイム比率とし、これが3%以上の分科細目を表示している。これによると「教育工学」、「システム工学」、「社会システム工学」、「統計科学」が第一の専門分野だと答えた研究者の10%以上が「情報科学」を第2、第3の専門分野だと答えている。その他では通信や経営、制御システム、物理、数学、教育等の計算機を良く利用する分野が上位を占めており、深い繋がりがあることが示されている。

表5-4は表5-3でパートタイム比率が高い分野と情報科学分野の研究者の年齢、博士学位保有者数、第2、第3

の専門分野欄で回答した人数を示している。情報科学分野での博士学位保有率は、「計算機科学」58%、「知能情報学」66%、「情報システム学(含情報図書館学)」で25%である。「情報システム学(含情報図書館学)」の博士保有率が低いのは情報図書館学等の人文社会分野を含むことと、平均年齢が高いことから他分野からの流入や、古くからの分野の再構成の影響が大きいためであろう。情報科学全体では博士学位取得者が全体の50%の1,253名で、NSFの統計との比較においては、この数字からNSFの統計に含まれない分野を除く必要があるのではないだろうか。

年齢についてみると情報科学分野の細目では、計算機科学と知能情報学が他と比較してかなり若く、情報システム学は平均より高い。

表 5-3 他分野との関係

	専門分野1の人数	専門分野2または3が情報科学	パートタイム比率
教育工学	380	72	18.95
システム工学	340	58	17.06
社会システム工学	246	41	16.67
統計科学	206	23	11.17
情報通信工学	1,372	123	8.97
知能機械学・機械システム	354	31	8.76
数学一般	765	57	7.45
経済統計学	239	14	5.86
医用生体工学・生態材料学	336	19	5.65
科学教育	230	13	5.65
計測・制御工学	869	49	5.64
素粒子・核・宇宙線	1,170	57	4.87
応用物理学一般	188	8	4.26
経営学	1,431	60	4.19
実験系心理学	740	29	3.92
天文学	298	11	3.69
生物物理学	304	11	3.62
科学技術史	169	6	3.55
病態検査学	285	10	3.51
電子デバイス・機械工学	629	22	3.50
物性一般	520	18	3.46
農業機械学	180	6	3.33
物理学一般	467	15	3.21
応用工学・量子光工学	351	11	3.13
代数学	664	20	3.01

情報科学研究の日米比較

表 5-4 情報学に関係が深い分野別研究者のプロパティ

		研究分野 1	平均年齢	博士取得者	研究分野 2	研究分野 3
情報科学	計算機科学	1,123	42.80	652	574	241
	知能情報学	632	42.33	414	471	208
	情報システム学	752	49.58	187	422	212
	計	2,507	44.72	1,253	1,467	661
教育工学		380	45.98	64	331	146
社会システム工学		246	45.45	162	155	89
統計科学		206	47.69	126	165	64
経済統計学		1,292	47.93	80	136	35
経営学		1,431	50.29	300	642	212
数学	代数学	664	46.14	435	50	9
	幾何学	583	45.70	405	58	10
	解析学	889	46.87	627	123	32
	数学一般	765	46.58	430	250	70
	計	2,901	46.39	1,897	481	121
物理学	素粒子・核・宇宙線	1,170	47.04	1,044	135	48
	固体物性 I	678	46.08	571	207	92
	固体物性 II	716	46.26	630	251	81
	物性一般	520	46.13	442	205	73
	物理学一般	467	48.91	335	223	78
	計	3,551	46.81	3,022	1,021	372
電気電子工学	電力工学・電気機器工学	730	49.62	458	167	65
	電子デバイス・機械工学	673	46.53	484	292	102
	電子・電気材料工学	629	48.36	445	367	142
	情報通信工学	1,372	46.15	881	445	202
	システム工学	340	45.64	231	270	127
	計測・制御工学	869	45.68	527	538	251
	計	4,613	46.93	3,026	2,079	889

出典:平成7年度研究者ディレクトリ調査[11]より作成。

6 まとめ

日米の情報科学研究に関する人的資源、研究費、論文数等の指標を比較研究した。その結果、日米両国の情報科学研究について以下の結果を得た。

- (1)大学院生数及び研究者数では、日米の人口比を考慮すると、大学院生の数については日米ほぼ同じ水準にあるが、研究者の数については日本の研究者数は米国の半分以下の水準である。
- (2)研究費では、中央政府による大学への研究助成金の比較を行った。日本政府が大学へ助成している金額は、GDP 比を考慮すると米国の約 5 分の 1 である。
- (3)論文数の比較では、米国 Institute for Scientific Information (ISI) 社が作成した文献抄録データベース Science Citation Index (SCI) を用いて分析を行った。その結果、「情報システム」、「ハードウェア／

アーキテクチャー」、「理論／方法論」の分野では、日本の研究は相対的に盛んであるが、「ソフトウェア／グラフィクス／プログラミング」の分野は相対的に盛んでないことが分かった。

統計数値の国際比較を行う場合、統計手法の違いにより厳密な比較は困難である。特に日本の統計においては情報科学又はそれに類する分野で集計されていないので、それを推計するために項目によりいくつかの手法を用いた。そのため、対象となる項目によって「情報科学」の範囲が異なることとなった。今後の課題は、既存のデータを「情報科学」の実態を示すデータにできるだけ正確に変換するための手法を研究開発することである。

参考文献及び注

[1] President's Information Technology Advisory Committee, "Interim Report to the President", National Coordination Office for Computing, Information, and Communications, (1998).

[2] "Expeditions into 21st Century"構想
これは、産学官の研究者および技術者を結集する仮想の研究センターである。その目的は将来の情報技術やその技術が社会に及ぼすインパクトを研究することである。それぞれ異なる目的を持った複数のセンターを設立することを構想している。政府の助成プログラムにより設立し、助成期間は5年間で、さらに5年間の延長が可能である。
"Enabling Technology Center"構想
これは、特定の問題に対する情報技術の応用を研究するセンターである。このセンターも複数設置することが構想されており、その設置場所としては大学または国立研究機関が想定されている。政府の助成プログラムにより設立し、助成期間は5年間で、さらに5年間の延長が可能である。

[3] 科学技術庁,「我が国の研究活動の実態に関する調査報告(先端科学技術研究者に対する調査)」, 1998年10月 p.37-43

[4] 学術会議「計算機科学研究の推進について(勧告)」平成9年5月28日

[5] National Science Board(NSB), "Science and Engineering Indicators - 1998", Washington, DC.: U.S. Government Printing Office.

[6] 文部省,「学校基本調査報告書」,大蔵省印刷局

[7] National Science Foundation, "Graduate Students and Postdoctorates in Science and Engineering - Fall 1996", NSF98-307.

[8] 文部省,「学校基本調査報告書」によると、大学院を置く大学数は 1994 年に 371 校である。"The Chronicle of Higher Education, April 6, 1994"によると、修士号又は博士号を授与している大学は 768校である。

[9] 学術審議会,「情報学研究の推進方策について(建議)」,平成10年1月14日

[10] "Characteristics of Doctoral Scientists and Engineers in United States: 1995", NSF 97-319, Division of Science Resource Studies, National Science

Foundation

[11] 太田和 良幸、柿沼 澄男、西澤 正己、孫 媛、山下 泰弘,「我が国における学術研究活動の状況 - 「平成7年度学術研究活動に関する調査」結果概要 -」,情報管理, Vol. 40, No. 9, Dec. 1997, p770-789

[12] 太田和 良幸、柿沼 澄男、西澤 正己、孫 媛,「我が国における学術研究活動の状況 - 平成5年度学術研究活動に関する調査結果 -」,情報管理, Vol. 39, No. 7, Oct. 1996, p483-p509

[13] SEIのデータソースについての注
NSF(全米科学財団)が発行している Science & Engineering Indicators(SEI) (1996年、1998年度版)[5]による学術機関の研究者数には2種類の統計があり、博士学位保有者に関しては、NSFの Survey of Doctorate Recipients (SDR)、修士または学士学位の勤務者に関しては教育省の National Center for Education Statistics による the National Study of Postsecondary Faculty (NSOPF) を用いている。
SDRはNSFといくつかの他の連邦機関の後援の下で1973年から2年ごとに行われるサンプル調査である。調査は1991年と1993年にいくつかの変更がされている。すなわち、これ1989年までとそれ以降ではデータの同等制が損なわれている。1989年までは、サンプルには3つの主要な調査対象:(1)合衆国の理工学博士号の取得者;(2)調査年に理工学部門で働いていた他の分野での博士号保有者、そして(3)合衆国以外の理工学博士号取得者。ただし、(2)(3)については少数である。
1991年のサンプルからは合衆国の理工学博士号取得者だけが対象となり、75歳以上人々については調査対象除外とされている。さらに、サンプリング層とサンプル数が予算削減のために減らされたため、回答率を改善する努力がおこなわれた。
データ収集において導入された他の変更で、最も顕著に成果を上げたのはコンピュータ支援の電話インタビューであり、以前より大きな回答率を得ることが出来ている。
また、通常は24カ月の間隔に対して、1989年と1991年の調査の間隔は31カ月となっている。これに伴い1991年と1993年の調査の間隔は20カ月である。

情報科学研究の日米比較

NSOPF は1988年と1993年に合衆国教育省 (U.S. Department of Education) によって行われたサンプル調査であるが、2つの NSOPF 調査の枠組は同等ではない。1989年の秋学期での教授任務がない教官は調査対象からはずれているが、1993年の調査では含まれている。しかしながら、内部的には矛盾のないサブセットが作られ、2調査年の結果は比較することができる。なぜならば、NSOPFがおこなった博士の科学者と工学者の見積もりは SDR から得られてたものと非常に良く一致するからである。NSOPFのデータには SDR から得られない情報を含んでいるので、この調査からのデータは SDR の情報を補うために使われている。

- [14] Summary Report 1994, "Doctorate Recipients from United States Universities", Office of Scientific and Engineering Personnel, National Research Council, NATIONAL ACADEMY PRESS 1995
- [15] 科学研究費研究会編、「文部省科学研究費補助金採択課題・公募審査要覧(上)-平成8年度-」, ぎょうせい, 1996. 同(下)-平成8年度版-, ぎょうせい, 1996. 同(上)-平成9年度版-, ぎょうせい, 1997. 同(下)-平成9年度版-, ぎょうせい, 1997. 同(上)-平成10年度版-, ぎょうせい, 1998. 同(下)-平成10年度版-, ぎょうせい, 1998.
- [16] 文部省,「我が国の文教施策」,大蔵省印刷局, 1998
- [17] 文部省,「文教予算のあらまし」, 第一法規出版, 1997
- [18] 科学技術庁,「科学技術白書」, 大蔵省印刷局, 1998
- [19] Journal Citation Reports (JCR): 1996, Journal Coverage List, Institute for Scientific Information(ISI).
- [20] Scientist and Engineer Statistics Data System (SESTAT): 1995, National Science Foundation <http://srsstats.sbe.nsf.gov/>

研究論文

日本企業と大学の共同研究 — 大学研究への依存 —

University-Industry Research Collaboration in Japan: Industry Dependence on Academic Research

学術情報センター 柿沼 澄男

Sumio KAKINUMA

National Center for Science Information Systems

東京大学先端科学技術研究センター ケネス ペクター

Kenneth PECHTER

Research Center for Advanced Science and Technology, University of Tokyo

要旨

本論文では、我が国において、産業界と大学の協力がどのくらい行われているのか、共著論文を調べることにより明らかにした。我々の調査結果によると、企業と大学との共著論文はこの15年間に大きく増大し、企業の研究開発は、大学に大きく依存していることが分かった。企業の出版する論文の内、大学の研究者との共著論文の割合は、1981年には23%であったが、1996年には46%となった。この間に、自社内の研究者のみによる論文の割合は、70%から43%へと大きく減少した。1996年には、企業と大学の研究者との共著論文が、自社内の研究者のみによる論文を初めて逆転した。このように、近年日本における企業と大学の結び付きは強まっている。

ABSTRACT

How closely do academia and industry in Japan collaborate in the research process? We address this question through the window of coauthored papers. According to our analysis, there is no question that the coauthoring of scientific and technical papers between Japanese industry and academia in Japan and abroad is prevalent and has been rising over the 1981-96 period covered in this study. In 1981, 23% of all industry papers were coauthored with academia. By 1996, this had become 46%. This rise has been enough to overtake the percentage of industry articles authored within the firm, which fell from 70% to 43% over this period. Our analysis provides evidence that there is indeed a strong and increasing research interaction between industry and academia in Japan.

[キーワード] 産学連携、共著論文、研究、企業、大学、日本

[Keywords] University-industry research collaboration, Coauthorship, Research, Industry, University, Japan

1 はじめに

日本においては、産業界に対する大学の主な機能は、学生の選別システムであり、研究活動の面では、企業のイノベーションにほとんど貢献していないと言われてきた。また、アメリカに見られるような、大学からのスピンオフ企業、大学保有特許、及び大学人によるベンチャー・キャピタルといった事例が少ないことも、我が国において産学連携が低調である証左とされてきた。しかしながら、我が国においても、産学連携を

求める動きは、近年活発に行われている。1982年以降の財政緊縮に伴い、研究資金不足、研究環境の劣化という問題に直面した大学は、次第に民間資金の導入に積極的になっていった。また、バブル崩壊以降は、産業界からの産学連携に対する期待も大きくなり、1996年の科学技術基本計画では、科学技術活動に新産業の創出など経済的貢献が期待されている [1]。このような状況を背景として、「民間等との共同研究制度」、「受託研究制度」、「受託研究員制度」、「共同研究センター」

日本企業と大学の共同研究 — 大学研究への依存 —

など、産学連携を推進する制度・組織が大学に整備・充実されていった。

このような我が国の産学連携の動きを示す指標としては、前述の各制度の実績も考えられるが、本稿では産学連携を示す指標として産学共著論文を用いた。共著論文は、前述の各制度も含めて様々な形態の産学連携から生まれてくる。産学共著論文というアウトプットには、財政的協力、人的協力、知的協力といった様々な産学協働活動が反映している。もちろん、共著論文は産学連携を示す完全な指標ではない。例えば、企業においては論文の作成が第一目的ではないため、研究開発活動の成果が論文にならない可能性がある。また、大学院生が研究のために企業の実験設備を利用した場合には、大学院生の作成した論文に企業の人々が共著者として入る可能性もある。しかしながら、多くの場合、産学共著論文は、大学と企業の双方の研究者が研究過程に参加していることを意味するものである。実際の産学協働活動を過大に反映するにせよ、過小に反映するにせよ、産学協働活動に重大な変化が現れれば、共著論文の数にも変化が生じる。

2 産学共著論文

企業と大学の共著論文を分析するに当たっては、アメリカのISI社の文献データベースである、引用索引データベースを使用した。このデータベースから、少なくとも1人の著者の所属が日本企業(日本に事業所のある企業)である論文を取り出した。このレコード数は、1981年から1996年までで110,588点になる。次に、共著者のうち少なくとも一人が大学に所属している論文を選び出した(使用したデータの詳細については、「テクニカル・ノート」を参照)。これらの論文データの全体傾向をまず分析して、次に業種別の状況を調べるため、論文数の多い上位100企業に焦点を絞って分析した。

2.1 共著論文の傾向

図1は、日本の企業により出版された論文を、共著の形態で区分して示したものである。共著の形態は、1) 自社内の研究者のみ(共著と単著を含む)、2) 大学の研究者との共著、3) 他企業の研究者との共著、4) その他の研究者との共著、である。このデータは外国の大学・企業との共著論文も含んでいる。企業の研究者が一年間に出版した論文数は、1981年から1996年の間に、3,433点から10,405点へと3倍に増加した。自社内

の研究者のみによる論文は、1981年には企業の論文全体の70.3%を占めていたが、1996年には43.3%へと大きく減少している。これに対して、大学の研究者との共著論文の割合は、1981年の23.1%から1996年の46.4%へと倍増し、1996年には自社内の研究者のみによる論文数と大学の研究者との共著論文数の逆転現象が起こっている。他企業との共著論文の割合は小さく、1981年には企業全体の論文の2.8%であったが、1996年には3.5%となっている。その他のセクター(国公立試験研究機関や国公私立病院を含む)との共著論文の割合は、同期間に3.8%から6.8%に増加している。

これらの結果から、今や企業の研究者の出版する論文の内、約半分は大学との共著論文であり、企業の研究開発においては、大学が重要な役割を果たしていることが分かる。しかも、この変化はここ15年程の間に起こっている。さらに、大学との共著論文の内訳を見ると、外国の大学との共著論文の割合が増加していることが分かる。1981年には59点(大学との共著論文全体の7.4%)であったが、1996年には680点(同14.1%)となっている。特に1990年以降の伸びが大きい。

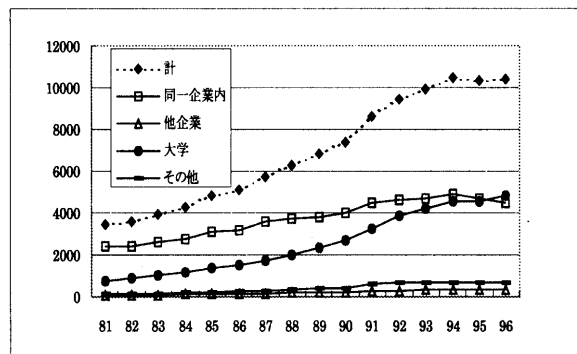


図1 共著相手別論文数の推移

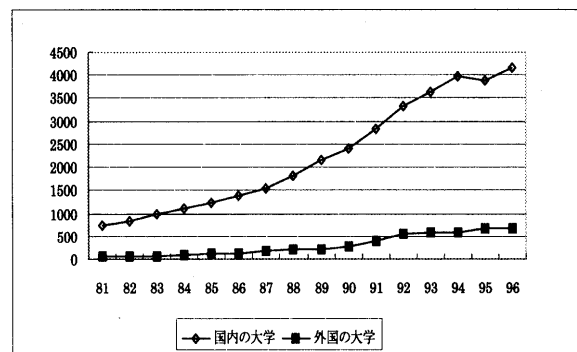


図2 外国の大学との共著論文数の推移

表1 産学共著論文数及び共著率上位20社

共著論文数上位20企業(1981-1996)			共著率上位20企業(1981-1996)			略語説明
企業名	業種	論文数	企業名	業種	共著率	
日立製作所	ELC	1,295	デンソー	ELC	71.6%	CER 窯業
日本電信電話	SVC	1,051	大塚製薬	MED	68.4%	CHM 化学工業
塩野義製薬	MED	770	日本油脂	CHM	66.5%	CNS 建設業
東芝	ELC	725	日本電子	ELC	65.7%	ELC 電気機械工業
三菱化成	LAB	659	サントリー	FOD	65.6%	FIB 繊維工業
日本電気	ELC	552	オリンパス光学工業	PMC	65.1%	FOD 食品工業
大塚製薬	MED	541	ユニチカ	FIB	63.3%	LAB 研究開発・分析試験業
新日本製鐵	STL	536	大塚ガス	SVC	63.3%	MED 医薬品工業
武田薬品工業	MED	514	鳥津製作所	PMC	62.4%	NFM 非鉄金属工業
三菱電機	ELC	501	大鵬薬品工業	MED	62.2%	PET 石油製品・石炭製品工業
味の素	FOD	484	ミドリ十字	MED	61.0%	PMC 精密機械工業
松下電器産業	ELC	474	蛋白質工学研究所	LAB	60.1%	STL 鉄鋼業
サントリー	FOD	408	東ソー	CHM	58.8%	SVC 運輸・通信・公益業
日本電子	ELC	399	ツムラ	MED	58.8%	TRS 輸送用機械工業
旭化成工業	CHM	391	日本ヘキスト・マリオール	CHM	58.4%	
三共	MED	386	クラレ	FIB	58.1%	
富士通	ELC	385	日本化薬	CHM	55.8%	
中外製薬	MED	360	寶酒造	FOD	55.7%	
協和製薬	CHM	356	宇都宮産	CHM	54.6%	
エーザイ	MED	347	東レ	FIB	53.7%	

共著論文数上位20企業の推移			共著率上位20企業の推移					
1981-1986			1987-1991			1992-1996		
企業名	業種	論文数	企業名	業種	論文数	企業名	業種	論文数
日立製作所	ELC	232	日立製作所	ELC	376	日立製作所	ELC	687
塩野義製薬	MED	198	日本電信電話	SVC	347	日本電信電話	SVC	594
三菱化学生命科学研究所	LAB	196	塩野義製薬	MED	279	新日本製鐵	STL	334
東芝	ELC	188	東芝	ELC	204	東芝	ELC	333
武田薬品工業	MED	148	三菱化学生命科学研究所	LAB	196	日本電気	ELC	321
大塚製薬	MED	125	味の素	FOD	192	塩野義製薬	MED	293
三共	MED	112	サントリー	FOD	167	大塚製薬	MED	273
日本電信電話	SVC	110	武田薬品工業	MED	164	三菱化学生命科学研究所	LAB	267
日本電子	ELC	109	三菱電機	ELC	160	松下電器産業	ELC	242
三菱電機	ELC	102	日本電気	ELC	152	三菱電機	ELC	239
中外製薬	MED	85	大塚製薬	MED	143	旭化成工業	CHM	235
日本電気	ELC	79	日本電子	ELC	142	富士通	ELC	230
エーザイ	MED	76	新日本製鐵	STL	142	味の素	FOD	218
味の素	FOD	74	エーザイ	MED	118	武田薬品工業	MED	202
松下電器産業	ELC	69	三共	MED	116	協和製薬	CHM	193
三菱重工業	TRS	69	松下電器産業	ELC	113	サントリー	FOD	192
帯人	FIB	69	大正製薬	MED	111	キンピール	FOD	183
トヨタ自動車	TRS	67	旭化成工業	CHM	110	東ソー	CHM	180
日本たばこ産業	FOD	66	協和製薬	CHM	110	住友金属工業	STL	173
明治製菓	FOD	60	中外製薬	MED	107	大正製薬	MED	173
新日本製鐵	STL	60						

共著率上位20企業の推移			共著率上位20企業の推移					
1981-1986			1987-1991			1992-1996		
企業名	業種	共著率	企業名	業種	共著率	企業名	業種	共著率
三菱化成	CHM	100.0%	デンソー	ELC	78.3%	鳥津製作所	PMC	77.7%
大塚ガス	SVC	88.9%	ミドリ十字	MED	69.7%	日本油脂	CHM	76.0%
オリンパス光学工業	PMC	81.3%	サントリー	FOD	66.5%	サントリー	FOD	71.1%
ミドリ十字	MED	77.5%	大塚ガス	SVC	65.3%	東ソー	CHM	70.6%
大塚製薬	MED	70.2%	クラレ	FIB	64.4%	大塚製薬	MED	70.4%
ツムラ	MED	67.4%	大塚製薬	MED	63.6%	デンソー	ELC	68.9%
日本電子	ELC	67.3%	日本電子	ELC	62.8%	日本化薬	CHM	68.5%
デンソー	ELC	66.7%	ユニチカ	FIB	62.3%	日本電子	ELC	67.6%
三井東圧化学	CHM	66.1%	三菱油化	CHM	62.2%	東レ	FIB	67.2%
日本油脂	CHM	56.8%	オリンパス光学工業	PMC	61.4%	ユニチカ	FIB	66.7%
明治乳業	FOD	55.6%	大鵬薬品工業	MED	61.1%	大鵬薬品工業	MED	66.2%
ユニチカ	FIB	54.5%	三菱化学	CHM	60.8%	宇都宮産	CHM	66.0%
日本アイ・ピー・エム	ELC	54.1%	蛋白質工学研究所	LAB	59.7%	オリンパス光学工業	PMC	64.4%
大鵬薬品工業	MED	53.3%	日本ヘキスト・マリオール	CHM	58.8%	浜松トニクス	ELC	63.5%
中外製薬	MED	51.8%	花王	CHM	58.4%	寶酒造	FOD	63.5%
クラレ	FIB	50.8%	三養マテリアル	NFM	56.8%	鐘淵化学工業	CHM	62.9%
萬有製薬	MED	50.0%	ニコン	PMC	55.8%	明治乳業	FOD	61.9%
川鉄化学	CHM	50.0%	川崎重工業	TRS	54.9%	大塚ガス	SVC	61.1%
石川島播磨重工業	TRS	48.7%	日本油脂	CHM	54.3%	花王	CHM	61.1%
日産自動車	TRS	48.6%	帯人	FIB	52.0%	ツムラ	MED	61.1%
			日本化薬	CHM	52.0%			

我が国の企業は、共同研究の相手先として外国の大学を選ぶ傾向にある。この要因としては、外国特にアメリカの大学の産学連携への取り組み方や、1980年代以降の円高による日本企業の外国脱出、貿易摩擦などが影響を及ぼしていると考えられる。

2.2 上位100企業における産学共著論文

ここまでは、全ての企業を対象に全体的傾向の分析を行ってきた。これに対して、個々の企業及び各業種ごとの性質を分析することも重要である。各業種ごとの分析を行うに当たっては、各企業の業種を同定する

必要があるが(ISIのデータには「業種」に関するものは含まれていない)、全ての企業について業種を調査するのは困難なため、論文数の多い上位100企業を対象とした。それらの企業が1981年から1996年の16年間に出版した論文80,202点について分析を行った。この論文数は、全企業の研究者が出版した論文110,588点の72.5%を占めている。また、産学共著論文数は、40,903点のうち23,593点(57.7%)を占めている。業種の同定は「全国試験研究機関名鑑」(Lattice社)[2]及び「会社四季報」(東洋経済新報社)[3]に依った。

日本企業と大学の共同研究 — 大学研究への依存 —

表 2 業種別上位 100 企業の論文数

業種	企業数	論文数	産業共著論文数	共著率
医薬品工業	20	13,842	5,367	38.8%
化学工業	17	8,135	3,636	44.7%
電気機械工業	15	26,410	5,236	19.8%
食品工業	10	4,906	2,319	47.3%
鉄鋼業	6	5,374	1,449	27.0%
繊維工業	6	2,225	1,159	52.1%
運輸・通信・公益業	5	12,349	1,356	11.0%
輸送用機械工業	5	2,853	1,066	37.4%
研究開発・分析試験会社	5	2,296	1,111	48.4%
非鉄金属工業	5	1,517	539	35.5%
精密機械工業	4	1,082	567	52.4%
窯業	1	353	130	36.8%
石油・石炭製品工業	1	305	151	49.5%
合計*	100	80,202	23,593	29.4%

*業種をまたがる共著論文はそれぞれの業種に計上されるため、合計欄の値と各業種の値を合計したものは異なる。

上位 100 企業に限定して分析することは意味があるであろうか。Diana Hicks に依れば、「科学研究を行う企業は、資金が豊富で、科学を基盤にした技術を用い、長期的研究が利益をもたらすと信じ、しかも発見について論文の出版を許可するようなオープンな企業である。これに当てはまる企業は数少ない [4]。」この条件に当てはまる企業は、産業界における研究の牽引車となっている企業であり、大学とも関係の深い企業である。しかも、上位100企業の論文数は、全企業の論文数の72.5%、全企業の産学共著論文の57.7%を占めており、これを分析することは妥当性があるものと思われる。

表1は、上位100企業のうち、大学との共著論文数の多い上位20企業及び共著率(共著論文数/全体の論文数)の高い上位20企業を示したものである。共著論文数が少ない企業が、共著率では上位に来る傾向にある。その中で、大塚製薬、サントリー、日本電子の3社は、産学共著論文数と産学共著論文率の両方で上位20企業に顔を出している。

2.3 業種別に見た上位 100 企業の産学共著論文の傾向

表2は、論文数の上位100企業について、14の業種別

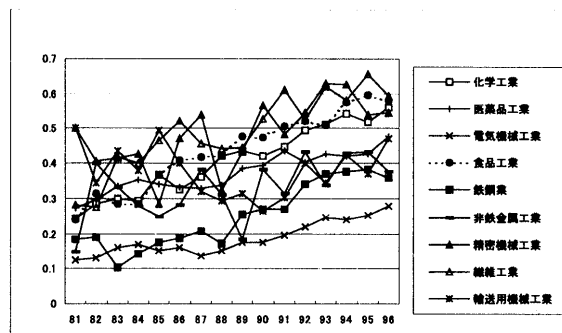


図 3 業種別産学共著率の推移

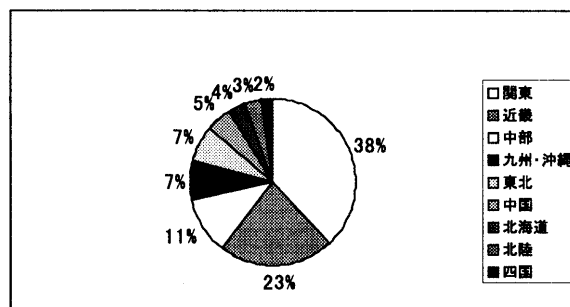


図 4 産学共著論文の地域別割合

にデータを集計したものである。この表から、上位 100 企業がどのような業種に分散しているか、また各業種ごとの論文出版状況がどのようになっているかを知ることができる。

最も大学との共著率が高い業種は、「精密機械工業」及び「繊維工業」であり、それぞれ共著率が 50% を超えている。この他に共著率が 40% を超える業種は、「食品工業」及び「化学工業」である（「研究開発・分析試験会社」及び企業数が 1 社の業種は除く）。一方、共著論文の数で見ると、「医薬品工業」及び「電気機械工業」がいずれも 5,000 論文を超えており、この 2 業種は大学にとって産学連携の 2 大パートナーとなっている。「運輸・通信・公益業」は論文の生産数は多いが、大学との共著は少ない。

図 3 は、業種別に大学との共著率の変化を示したものである。この図では、企業数が 1 社の業種及び「運輸・通信・公益業」（NTT が大部分を占めるため）は省いている。増加傾向が著しいのは「食品工業」と「化学工業」である。「鉄鋼業」も増加傾向は著しいが、元々低い値であった。「医薬品工業」と「電気機械工業」は緩やかな増加となっている。「輸送用機械工業」は 1990 年までは減

少傾向であったが、それ以降は増加傾向に転じている。ここで注目すべき点は、近年産業界の論文数全体の増加は頭打ちであるという事実である。企業のみによる論文は少なくなり、その分、大学との共著論文の数が増加しているのである（図 1 参照）。

2.4 地域特性

上位 100 企業の共著大学を地域別に見ると、図 4 の通りである。関東と近畿で 60% を占めている。この二つの地域に続くのが中部であり、大都市圏が大きな割合を占めていることが分かる。

表 3 は、各地域の大学が、どのような業種の企業と共著論文を出版しているかを示したものである。対象としている共著論文は、図 4 と同様に上位 100 企業との共著論文である。関東、北陸及び中部の各地域は同様のパターンを示している。「電気機械工業」と「医薬品工業」がほぼ同じ割合であり、この 2 業種で 50% 近くを占め、それに次いで「化学工業」となっている。北海道と近畿の両地域は「医薬品工業」の占める割合が高く約 30% で、次いで「電気機械工業」、「化学工業」である。東北地方は「電気機械工業」が 24% で、関東、北陸及び中

表 3 地域別共著論文の業種構成

業種	北海道	東北	関東	北陸	中部	近畿	中国	四国	九州・ 沖縄
食品工業	11.3%	6.7%	11.8%	6.6%	8.7%	9.9%	13.8%	7.7%	12.9%
繊維工業	5.2%	4.0%	4.0%	6.0%	4.8%	6.3%	6.8%	3.1%	5.6%
化学工業	15.8%	15.7%	15.8%	16.6%	14.9%	14.2%	22.6%	14.4%	19.0%
医薬品工業	27.2%	14.5%	20.8%	23.6%	20.8%	29.2%	19.3%	54.3%	25.9%
石油・石炭製品工業	0.5%	1.3%	0.6%	0.3%	0.5%	0.4%	1.1%	0.0%	0.9%
窯業	0.2%	1.2%	0.6%	0.9%	0.4%	0.2%	0.3%	0.2%	0.4%
鉄鋼業	4.6%	12.1%	4.3%	7.1%	5.9%	5.8%	6.3%	3.7%	8.2%
非鉄金属鉱業	1.4%	4.5%	2.2%	1.9%	1.8%	1.9%	1.5%	1.8%	1.8%
電気機械工業	16.3%	24.1%	23.7%	23.4%	24.8%	19.2%	18.6%	6.1%	13.8%
輸送用機械工業	3.7%	4.9%	4.2%	3.6%	7.6%	4.3%	3.5%	1.6%	4.2%
精密機械工業	2.9%	3.2%	3.0%	2.3%	1.7%	2.4%	1.7%	3.3%	1.3%
運輸・通信・公益業	4.9%	7.6%	5.6%	4.0%	3.5%	4.3%	4.1%	0.8%	2.9%
研究開発・分析試験 会社	8.3%	3.8%	5.5%	5.9%	6.8%	4.5%	2.9%	5.9%	5.1%

日本企業と大学の共同研究 - 大学研究への依存 -

部地方と同じレベルにあるが、「医薬品工業」は他の地域に比べて低い。一方、「鉄鋼業」が12%で他の地域よりも高くなっている。中国地方は「化学工業」の割合が23%で他の地域に比べて最も高くなっている。四国地方は「医薬品工業」の占める割合が54%と突出している。九州・沖縄地方は、「医薬品工業」、「化学工業」、「電気機械工業」の順に占める割合が高いが、「電気機械工業」は他の地域に比べて低くなっている。

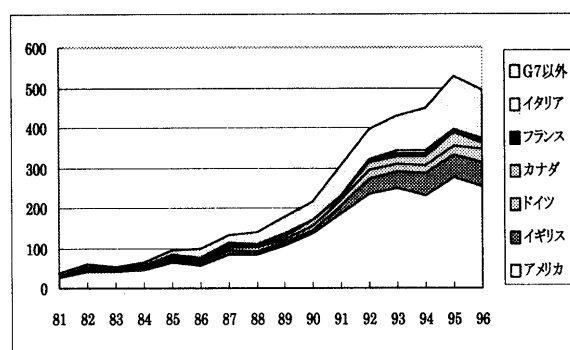


図5 外国の大学との共著論文数の推移

表4 産学共著論文数上位50大学（国内及び国外）

大学名	論文数	国名	設置形態	大学名	論文数	国名	設置形態
1 東京大学	2,847	日本	国立	27 MIT	187	アメリカ	私立
2 大阪大学	1,957	日本	国立	28 山口大学	174	日本	国立
3 京都大学	1,670	日本	国立	29 横浜国立大学	173	日本	国立
4 東北大学	1,302	日本	国立	30 帝京大学	164	日本	私立
5 東京工業大学	993	日本	国立	30 静岡大学	164	日本	国立
6 名古屋大学	872	日本	国立	32 金沢大学	162	日本	国立
7 九州大学	812	日本	国立	33 東京医科歯科大学	161	日本	国立
8 北海道大学	683	日本	国立	34 名古屋工業大学	155	日本	国立
9 筑波大学	555	日本	国立	35 日本大学	152	日本	私立
10 広島大学	494	日本	国立	36 新潟大学	146	日本	国立
11 慶應義塾大学	343	日本	私立	37 長岡技術科学大学	144	日本	国立
12 千葉大学	301	日本	国立	38 東邦大学	143	日本	私立
13 岡山大学	287	日本	国立	39 東京都立大学	142	日本	公立
14 群馬大学	272	日本	国立	40 京都工芸繊維大学	141	日本	国立
15 徳島大学	270	日本	国立	41 東京薬科大学	140	日本	私立
16 高エネルギー 加速器研究機構	269	日本	国立	41 鹿児島大学	140	日本	国立
17 神戸大学	259	日本	国立	43 昭和大学	136	日本	私立
18 早稲田大学	254	日本	私立	43 信州大学	136	日本	国立
19 北里大学	245	日本	私立	45 九州工業大学	134	日本	国立
20 東京理科大学	237	日本	私立	46 三重大学	133	日本	国立
21 東京農工大学	231	日本	国立	47 STANFORD UNIV	128	アメリカ	私立
22 熊本大学	224	日本	国立	48 近畿大学	125	日本	私立
23 大阪府立大学	218	日本	公立	49 長崎大学	122	日本	国立
24 東海大学	205	日本	私立	50 名城大学	121	日本	私立
25 岐阜大学	195	日本	国立	50 京都薬科大学	121	日本	私立
26 大阪市立大学	188	日本	公立				

表5 産学共著論文数上位50大学 (国外)

大学名	論文数	国名	大学名	論文数	国名
1 MIT	187	アメリカ	27 UNIV COLORADO	28	アメリカ
2 STANFORD UNIV	128	アメリカ	28 UNIV TORONTO	26	カナダ
3 UNIV CALIF BERKELEY	103	アメリカ	28 CATHOLIC UNIV LEUVEN	26	ベルギー
4 UNIV ILLINOIS	80	アメリカ	28 CARNEGIE MELLON UNIV	26	アメリカ
5 HARVARD UNIV	63	アメリカ	31 YALE UNIV	25	アメリカ
6 UNIV TEXAS	54	アメリカ	31 PRINCETON UNIV	25	アメリカ
6 UNIV CAMBRIDGE	54	イギリス	31 COLUMBIA UNIV	25	アメリカ
8 VANDERBILT UNIV	53	アメリカ	34 UNIV CALIF RIVERSIDE	24	アメリカ
9 UNIV WASHINGTON	51	アメリカ	35 UNIV OXFORD	23	アメリカ
9 UNIV PENN	51	アメリカ	35 ARIZONA STATE UNIV	23	アメリカ
11 UNIV LONDON IMPERIAL COLL	41	イギリス	35 ACAD SINICA	23	中国
11 UNIV HAWAII	41	アメリカ	38 UNIV CALIF DAVIS	22	アメリカ
13 UNIV ARIZONA	40	アメリカ	38 PURDUE UNIV	22	アメリカ
14 UNIV CALIF SAN DIEGO	39	アメリカ	40 UNIV MELBOURNE	21	オーストラリア
14 OHIO STATE UNIV	39	アメリカ	40 TULANE UNIV	21	アメリカ
16 CASE WESTERN RESERVE UNIV	38	アメリカ	40 ROYAL INST TECHNOL	21	スウェーデン
17 PENN STATE UNIV	36	アメリカ	43 UNIV PITTSBURGH	20	アメリカ
17 NORTHWESTERN UNIV	36	アメリカ	43 UNIV BIRMINGHAM	20	イギリス
17 CORNELL UNIV	36	アメリカ	43 JOHNS HOPKINS UNIV	20	アメリカ
20 UNIV WISCONSIN	34	アメリカ	46 UNIV MASSACHUSSETTS	19	アメリカ
21 UNIV CALIF SANTA BARBARA	33	アメリカ	46 UNIV HEIDELBERG	19	ドイツ
21 UNIV CALIF LOS ANGELES	33	アメリカ	46 UNIV ALABAMA	19	アメリカ
21 CHINESE ACAD MED SCI	33	中国	46 CALTECH	19	アメリカ
24 UNIV MICHIGAN	32	アメリカ	50 UNIV CALIF SAN FRAN-CISCO	18	アメリカ
25 WASHINGTON UNIV	31	アメリカ	50 SWISS FED INST TECHNOL	18	スイス
26 UNIV BRITISH COLUMBIA	30	カナダ	50 MCGILL UNIV	18	カナダ

2.5 企業の連携先大学

2.1で述べたように、日本企業が共著の相手として選ぶ大学は、1996年には日本の大学が86%、外国の大学が14%であった。図5は、上位100企業における外国の大学との共著論文の変化を示している。国別では、1981年から1996年までの16年間の合計で、アメリカの大学が最も多く61.4%、次いでイギリス9.5%、ドイツ5.6%、カナダ5.0%、フランス1.6%、イタリア1.2%となっている。G7以外の大学は23.1%である(2カ国以上の大学と共著となっている論文があるため、全体の合計は100%を超える)。アメリカの大学は、1988年までは緩や

かな増加傾向であったが、1989年から1992年にかけて急速に増加している。また、G7以外の大学の増加傾向が著しく、最近ではアメリカの半分の規模を占めるに至っている。それでも、全体の半分はアメリカの大学との共著論文である。

表4は、上位100企業が共著の相手としている、個別の大学(日本および外国を含む上位50大学)を示したものである。上位10位までは旧7帝大を含む国立大学である。上位20位までに入っている私立大学は、慶應義塾大学、早稲田大学、北里大学の3大学である。

表5は、外国の大学の上位50大学である。大部

日本企業と大学の共同研究 — 大学研究への依存 —

分がアメリカの大学で、上位5位はMIT、スタンフォード大学、カリフォルニア大学バークレー校、イリノイ大学、ハーバード大学である。MITとスタンフォード大学は、日本の大学を含めても、それぞれ27位及び47位となっている(表4)。アメリカ以外では、イギリス、中国、カナダ、ベルギー、オーストラリア、ドイツの大学が上位50大学に顔を出している。

3 結論

企業の研究者と大学の研究者が、共同で論文を作成する要因は数多くあり、しかも多様である。必ずしも、大学の研究と企業のイノベーションを結び付けるという目的から、共著論文が生まれるわけではない。しかしながら、企業研究者と大学研究者の間で、共著論文を作成するということが広く行われており、しかも、その割合が増大しているという事実は、大学の研究と企業との緊密な関わりを示すものである。我々の分析によると、企業の論文に占める大学との共著論文の割合は、1981年には23%であったものが1996年には46%となっている。この間に、自社内の研究者のみによる論文の割合は、70%から43%へと減少し、1996年には大学との共著論文の方が多くなっているのである。企業と国公立試験研究機関や国公立病院などの共著は、1981年の4%から1996年には7%となっている。企業間の共著は、その期間に2.8%から3.5%へとわずかに増加しているのみである。企業と大学との共著論文のうち、外国の大学との共著論文が占める割合は、7%から14%へと増加している。

これらの数値は、アメリカの数値と非常に似通っている。Science & Engineering Indicators - 1998によると、アメリカにおいては、産業界の論文に占める大学との共著論文は、1981年の22%から1995年の41%へと増加している [5]。驚くことには、日本の方が産学共著論文の割合は高いのである。厳密に比較するには、統計手法の違いを考慮する必要があるが、原データは同じISI社のデータベースであることから、おおよその比較は可能であると思われる。

また、Narin 他の研究によると、日本企業のアメリカ特許において引用されている科学論文数(主に大学の研究者により書かれた論文)は、1985 - 95年の期間に約3倍になっている [6]。引用数はまだ全世界の平均よりも低いものであるが、この引用数の急激な増加は、日本企業が大学に頼りつつあることを示すものと言える。

近年、我が国においては、産学連携に対する政策面での支援策が次々に打ち出され、産学連携に関する制度が変化しつつある。本稿では、共著論文という指標を用いて、変化しつつある産学関係の姿を示した。それと共に、共著論文という面から見た場合、産学連携の進展度が、意外にもアメリカと同じ程度であること、また、日本企業が外国の大学を連携先として選ぶ割合が増加していることを示した。共著という行為の裏にあるメカニズムを更に考察する必要があるが、少なくとも、日本のイノベーション・システムに関する言及で良く引き合いに出される、大学の「産学連携アレルギー」は、データの上では過去のものとなった。

テクニカル・ノート

本稿で使用したデータは、アメリカの Institute of Scientific Information (ISI) で作成した引用索引データベースを基にした。我々が分析対象としたのは、この引用索引データベースの中から次の基準を全て満たすデータである。

- ① 著者のうち少なくとも1人は日本に事業所のある企業に所属していること。
- ② 論文の種別が 'article' 'note' 'proceeding paper' のもの。
- ③ 分野が「経済・ビジネス」、「教育学」、「法律学」、「心理学・精神医学」、「社会科学一般」以外のもの。機関の種類(大学、企業等)については、次の方法で決定した。

1) 大学

所属機関名の文字列に、UNIVERSITY、UNIV、COLLEGE、COLL、SCH、SCHOOL、ACADEMY、ACAD を含むものを大学とした。また、所属機関名の中に INST を含むものについては、個別に調査した。大学共同利用機関については個別に調査を行い大学に含めた。

2) 企業

著者の所属機関名に、CORPORATION、CORP、CO、LIMITED、LTD、INC、KK の文字列を含むものを企業とした。

3) その他

上記の分類に外れたものを「その他」とした。ここには、国立試験研究機関、特殊法人、病院等が含まれる。

企業の業種については、「全国試験研究機関名鑑 '97 - '98」(Lattice 社)及び「会社四季報 1998年第3集」(東洋経済新報社)を使用して同定した。

注記及び参考文献

- [1] 小林信一, 「産学関係の新段階」, 高等教育紀要, No.16, pp.109, 1998.
- [2] 「会社四季報 1998 年第 3 集」, 東洋経済新報社, 1998
- [3] 名鑑編集委員会, 「全国試験研究機関名鑑 '97 - '98」, Lattice 社, 1997.
- [4] Hicks, Diana, "University-industry research links in Japan", *Policy Sciences*, Vol.26, pp.377, 1993.
- [5] National Science Board, "Science & Engineering Indicators - 1998", Washington D.C., U.S. Government Printing Office, 1998.
- [6] Narin, Francis; Kimberly S. Hamilton; Dominic Olivastro, "The increasing linkage between US technology and public science", *Research Policy*, Vol.26, pp.317-330, 1997.

研究論文

公共図書館における新しい情報サービスの導入に伴う課金と利用者教育をめぐり

—アメリカ・カナダ公共図書館における事例調査—

‘Fee or Free’ Problem and User Education for New Information Services in the Public Libraries: A Case Study on Some Public Libraries in U.S. and Canada

学術情報センター 野末 俊比古

Toshihiko NOZUE

National Center for Science Information Systems

学習院女子大学 越塚 美加

Mika KOSHIZUKA

Gakushuin Women's College

要旨

インターネットに象徴される電子・ネットワーク情報を提供するサービスが公共図書館にも広く導入されつつある。導入に伴う問題として、料金負担の問題と利用者支援の問題に焦点を当てて、検討することとした。今回は、アメリカ、カナダの四つの図書館の状況を調査、分析した結果を報告する [1]。

ABSTRACT

New information services such as CD-ROMs, online databases and internet are becoming popular in the public libraries. ‘Fee or free’ problem and user support (user education) are two of many problems which have to be considered concerning to such services. In this article, a case study on four libraries in U.S. and Canada is reported.

[キーワード] 公共図書館、情報サービス、課金問題、利用者教育

[Keywords] Public Library, Information Service, ‘Fee or Free’ Problem, User Education

1 はじめに：研究の背景、目的、方法

1998(平成10)年10月、生涯学習審議会図書館専門委員会から「図書館の情報化の必要性とその推進方策について—地域の情報化推進拠点として—」と題した報告書(以下「報告書」)が発表された [2]。報告書は、公共図書館 [3] の情報化に関して、現状を概観したうえで、今後の課題として、「地域の情報拠点としての図書館」「地域住民の情報活用能力の育成支援」という新しい役割が図書館に求められているとした。さらに、次のような具体的な推進方策を挙げている。

- 情報通信基盤の整備
- 資料の電子化の利点とその活用
- 司書等の研修および住民の情報活用能力育成
- 著作権、肖像権等を保護する体制

そして、次の諸点を提言している。

- 地域における図書館と情報通信基盤の整備
- 地域電子図書館構想
- 司書等の研修の充実
- 住民の情報活用能力の育成
- 図書館サービスの多様化・高度化と負担のあり方
- インターネット接続に係る通信料金等の負担の軽減

このような報告書が出された背景には、インターネットに象徴される電子・ネットワーク情報資源の普及があり、これが公共図書館にも導入されてきている、という現状がある。つまり、電子・ネットワーク情報資源によって提供される情報がわれわれにとって基本的であるといえるものを含み、公共図書館が住民に対し公平な情報へのアクセスを保障する社会的機関であるならば、新しい情報サービスを提供するのは、ある意味では、必然的な流れともいえる。

公共図書館における新しい情報サービスの導入に伴う課金と利用者教育をめぐる問題

大学図書館などで先だって議論されてきたように、図書館の機能が、情報・資料そのものの提供から、情報・資料へのアクセスの提供まで含んだものとして、再定義されつつあるともいえる。この意味では、「ストックからアクセスへ」の流れが、公共図書館へも広がってきたということであろう。

さて、本稿において、「新しい情報サービス」という表現は、データベースや事典・辞書類等の CD-ROM、オンラインデータベース、インターネットホームページなど、コンピュータ端末を介して利用する種々の電子・ネットワーク情報資源を念頭に置いて用いている[4]。公共図書館にこれら新しい情報サービスが導入されるに伴い、様々な課題、問題が浮き上がってきている。問題は多岐にわたるが、本研究では、新しい情報サービスをめぐる二つの論点を取り上げることとした。すなわち、利用料金の負担のあり方(便宜上、「課金」とする)と利用者の利用技能の習得・向上の支援(便宜上、「利用者教育」とする)をめぐる問題である。二つの論点は、報告書でも言及されており、広く一般に関心を集めており、議論の必要性が高いと判断したためである。

課金をめぐる論点とは、新しいサービスの導入に伴い、その利用に係る料金を誰が負担するか、という問題である。わが国では、生涯学習審議会の答申において次のように提言された[5]。

近年の情報化の進展には目をみはるものがあり、社会のあらゆる領域に情報化が浸透しつつある。図書館についても、例えば、コンピュータネットワークを通じて、自宅にいながら図書館の提供する情報を得ることや、図書館において館の内外の様々な情報を得ることが可能になるなど、今後図書館の提供するサービスは、多様化・高度化することが予想される。一方、公立図書館は、入館料その他図書館資料の利用についてはいかなる対価を徴収してはならないと法定されているが、今後公立図書館が高度情報化時代に応じた多様かつ高度な図書館サービスを行っていくためには、電子情報等へのアクセスに係る経費の適切な負担の在り方の観点から、サービスを受けるものに一定の負担を求めることが必要となる可能性も予想される。このようなことから、地方公共団体の自主的な判断の下、対価不徴収の原則を維持しつつ、一定の場合に受益者の負担を求めることについて、その適否を検討する必要がある。この提言は、図書館法第 17 条に定められた、公共図

書館の基本的な原則の一つである「対価不徴収の原則」の見直しを求めるものであり、公共図書館の世界に波紋を投げかけた(この提言を受けて、先の報告書が作成されている)。

一方、利用者教育をめぐる論点とは、様々な情報サービスが導入されるのに伴い、コンピュータや電子・ネットワーク資料の利用にあたって、これまでとは違う技術や知識が必要になるので、利用者に対し、その習得をどのように支援するか、というものである。図書館では、図書館のサービスや利用法の案内、目録や索引等の利用法の指導などの業務を展開してきた。これは、一般に、利用者教育(あるいは、利用案内や利用指導など)と呼ばれているが、その意図するところは、利用者が図書館の資料・情報を効果的、効率的に利用できるようにするために、必要な知識・技能の習得・向上を支援することである。ここでいう図書館の資料・情報に上述した「新しい情報サービス」から入手できる情報が含まれつつあると考えられる。利用者に必要な知識や技術を伝達するための手段としては、マニュアル類の整備、講座の開催、レファレンスとしての個別指導などがあるが、本研究では、講座(講義・実演・実習)形式のものを中心に扱うこととした。

さて、筆者らは、この二つの論点について、議論の足掛かりとして、議論と実践が進んでいると思われる海外の状況を把握するため、事例調査を行うこととした。調査対象は、アメリカおよびカナダの公共図書館とした。今回は、比較的多くの人員や予算を持ち、ある程度の規模のサービスを実施していると予想される、大規模図書館を選択した。すなわち、アメリカではサンフランシスコ公共図書館、ニューヨーク公共図書館、カナダではカナダ国立図書館、CISTI(Canada Institute for Scientific and Technical Information, カナダ科学技術情報機関)を選択した。

調査方法は、訪問による資料の収集・分析と訪問面接調査とした[6]。調査対象館には、まず、文書で事前に申し込みを行なった。文書では、調査目的や方法を説明した。すなわち、課金問題と利用者教育問題というテーマに関して、次の3点を申し入れた。

- 関連資料の収集
- 担当者へのインタビュー調査
- 館内の視察

各図書館から許可を得た後、1998(平成10)年11月に訪問した。

なお、各図書館におけるインタビューにあたって

は、課金と利用者教育について均等に時間を割いてはいない。今回は、特徴的な事例を収集することに主眼を置いたので、各館ごとに特色を持った事柄について重点的にインタビューを行なったためである。したがって、以下においても、図書館によって、二つの問題を均等に論じていない場合がある。また、図書館ごとに報告の分量がまちまちである理由も同様である。

以下、2章から5章まで調査した四つの図書館についてそれぞれ調査結果をまとめ、6章で考察を行い、課題にも触れる。7章では、若干の展望を述べる。

2 サンフランシスコ公共図書館

サンフランシスコ公共図書館(Sun Francisco Public Library)[7]は、中央図書館(Main Library)と26の分館を持つ。今回は、中央図書館を調査対象とした。

サンフランシスコ公共図書館中央図書館(以下、誤解が生じない限り、単に「サンフランシスコ公共図書館」とする)は、サンフランシスコ市街の中心部に位置する。地下1階、地上6階からなる現在の建物は、1996年に新しく完成したものである。新たな情報サービスを積極的に導入した図書館としてわが国でも話題になっている[8]。

さて、まず、課金をめぐる状況から見ていこう。新しい情報サービスにおける利用者の料金負担について、サンフランシスコ公共図書館では現在、大きく「無料サービス」と「有料サービス」に区分し、以下のような方針を設定している。

まず無料サービスについては、サンフランシスコ公共図書館の任務である「多様なコミュニティに対し、情報、知識、学習、読書の楽しみへの無料で平等なアクセス」のためのサービスと位置づけている。新しい情報サービスに関連するものとして、具体的には、次のようなサービスがある。

- 情報資源の提供
 - ー参考図書
 - ーデータベース (インターネット、CD-ROM)
- 情報アクセス (データベース、インターネット等)
 - ーための利用者教育
 - ー講座 (class)
 - ー実地型指導 (hands-on instruction)

ここで、サンフランシスコ公共図書館でどのようなデータベースが提供されているか、挙げておく。

- 蔵書目録 (OPAC)
- Books in Print

- EBSCO Periodicals Index
- The San Francisco Community Connection[9]
- ERIC
- FirstSearch
- Library News
- The San Francisco AIDS Foundation AIDS/HIV Database[10]
- InfoTrac

これらのデータベースは、ネットワーク化されており、中央館、分館に設置された端末から利用することができる。なお、中央館には 220 の利用者用のコンピュータ端末が設置されている。内訳は、OPAC 用端末(テキスト)94 台、インターネット用端末(Netscape)33 台、CD-ROM用端末25台などとなっている[11]。データベースのうち、例えば、EBSCO[12] には、中央館、分館にある端末からアクセスできるのはもちろん、図書館利用者カードがあれば、遠隔地からもアクセスし、利用することができる(インターネット経由のほか、ダイヤルアップも可能である)。

一方、有料サービスには、リサーチオンダイヤモンド(利用者の特別な要求に応じて行なう、高度な調査サービス、60ドル/時間)やドキュメントデリバリ(利用者の手元に直接文献を届けるサービス、25ドル/時間)がある。ドキュメントデリバリについては、ファックス、クーリエ、オーバーナイトエクスプレスなどのオプションがある。これらは「図書館エクスプレス」と総称されている。他に従来提供されてきたサービスに含まれる有料サービスには、次のようなものがある。

- 文献複写 (コピー) (現金の場合、0.15ドル/枚)
- マイクロフィルム
- プリントアウト (コンピュータ)

さて、これら無料、有料のサービスがどのような基準によって規定されているかについて、インタビューをもとにまとめると表1のようになる。これを端的に理解できる例として、FirstSearch を使って相互貸借を利用するケースを挙げておく。

相互貸借サービスを使って、サンフランシスコ公共図書館に所蔵されていない資料を他館から取り寄せることができるが、これは利用者カードを持つ利用者なら誰でも利用できる基本的なサービスである [13]。FirstSearch の検索結果をもとに、図書館内で通常の手続きによって文献の取り寄せを依頼すれば、通常の相互貸借と変わらないサービスとして、基本料のみですむ。しかし、現物、マイクロフィルム、あるいはその複

公共図書館における新しい情報サービスの導入に伴う課金と利用者教育をめぐる問題

表1 サンフランシスコ公共図書館における無料/有料サービスの区分の特徴

無料サービス	有料サービス
図書館利用	自宅・職場等から利用
利用者自身が探索・調査	図書館員に依頼
図書館員が用意する	利用者の希望に応じて
時間をかける	費用をかける
情報入手に時間がかかる	情報入手が早い(即時)

写を入手するまでに3~4週間と時間はかかる。これに対し、自宅や職場から相互貸借の申込みを行ない、さらに取り寄せてもらった文献や複写物を手元まで配送してもらうこともできる。この場合、5~20ドルの追加料金がかかるが、利用者自身が図書館に出向く手間が省け、さらに情報入手までの時間も短縮できる。

すなわち、サンフランシスコ公共図書館では、情報サービスは無料サービスと有料サービスに大別されており、前者は基本的なサービス、後者は付加的なサービスという位置づけになっている。上の例のように、相対的にみて時間や手間がかかるかもしれないが、市民の公平な情報へのアクセスを保障するための「基本的」なサービスは無料であるが、その範囲に入らない付加的なサービスを利用者が求める場合に、それは有料で提供されるという原則が成り立っている。

さて、次に利用者教育をめぐる状況を見ていこう。サンフランシスコ公共図書館では、新しい情報サービスに関する利用者教育として、図書館員によって指導される講座が開催されている。例えば、訪問調査を行なった11月に開催されていたインターネットやオンラインデータベースに関する講座は、表2のとおりであった。

講座は、図書館報(毎月発行)やホームページを通して広報されている。ハードウェアやソフトウェアのアップグレードや情報内容の更新などに応じて、講座の指導を担当する館員の研修が必要になるが、サンフランシスコ公共図書館では、これも含めて無料の「基本的な」サービスと見なされている点を強調しておきたい。

3 ニューヨーク公共図書館

ニューヨーク公共図書館(New York Public Library) [14]は、中央館と85の分館を持つ。今回は、1996年に開

表2 サンフランシスコ公共図書館(中央館)の講座の例(1998年11月)

日時	講座
4, 18日(水) 13:45 - 16:00	OPAC インターネットの使い方
7, 14, 21日(土) 9:45 - 12:00	〃
17日(火) 14:00 - 16:00	〃
18日(水) 17:30 -	図書館のネットワーク資源の使い方

館し、21世紀の図書館を謳い文句としている [15]、科学・産業・ビジネス図書館(Science, Industry and Business Library; SIBL)[16]を調査対象とした。

ニューヨーク公共図書館科学・産業・ビジネス図書館(以下、単に「SIBL」とする)は、研究、企業活動等を支援するための研究図書館である。成人や学生(大学学部・大学院)、専門の利用者・研究者のニーズに対応したコレクションを揃えている。地上1階、地下1階の二つのフロアに、ビジネスや科学の貸出用コレクション(図書約4万タイトル、雑誌約100タイトル)のほか、研究用(非貸出用)コレクション(約120万冊)、マイクロ資料、レファレンスコレクション(約6万冊)、電子資料(雑誌・新聞記事索引、統計、ビジネスディレクトリ、WWW)、OPAC やインターネット用のパソコンなどのコーナーがある。

まず、新しい情報サービスの利用者教育に関してSIBLで特徴的な点は、電子教育センター(Electronic Training Center)が多様な講座(class)を設けていることであろう。講座は、無料で受講可能である。開講当日、館内に設置されているタッチスクリーン式の情報キオスクで予約すれば、受講できる。スケジュールは、WWWで公開されている。例えば、筆者らが訪ねた時期の日程と内容は、表3のとおりである。一日平均4.5講座が開催され、参加人数は平均46人である。

これらの講座は、大きく三つの種類に分けられる。すなわち、基本的な図書館利用技能を教えるもの(「科学・産業・ビジネス図書館の紹介」「図書館オンライン目録探索法」など)、インターネット利用技能を教えるもの(「Webワークショップ初心者コース」など)、主題別の情報探索技能等を教えるもの(「政府情報の紹介」など)である。電子・ネットワーク情報資源に関するものと、旧来の利用者教育に属する、図書館の利用案内や目録の使用法などを一連のものとして扱っていることがわかる。

表3 ニューヨーク公共図書館 (科学・産業・ビジネス図書館) の講座の例 (1998年11月中旬)

日時		講座
11/9 (月)	11:15 - 12:30	Web ワークショップ初心者コース
	13:15 - 14:30	Web ワークショップ2: サーチエンジン
	15:15 - 16:15	情報技術テーマ研究
	16:15 - 17:15	記事・論文: 電子的探索法
11/10 (火)	11:15 - 12:15	政府情報の紹介
	12:15 - 13:30	マーケット研究情報源
	13:15 - 14:30	Web ワークショップ2: サーチエンジン
	14:15 - 15:15	法律情報探索法
	16:15 - 17:30	Web での仕事探し
	17:30 - 18:45	仕事帰りの Web: パート 1[17]
11/11 (祝)		(休館)
11/12 (木)	11:15 - 12:15	記事・論文: 電子的探索法
	13:15 - 14:30	図書館オンライン目録探索法
	15:15 - 16:15	商標登録入門
	17:15 - 18:30	Web ワークショップ初心者コース
11/13 (金)	10:15 - 11:15	ディレクトリ: 企業や人物の探索
	12:15 - 13:30	Web ワークショップ初心者コース
	14:15 - 15:15	Web ワークショップ2: サーチエンジン
	16:15 - 17:30	小規模ビジネス情報ネットワーク
11/14 (土)	11:15 - 12:15	Web ワークショップ初心者コース
11/16 (月)	10:15 - 11:00	科学・産業・ビジネス図書館の紹介
	11:15 - 12:15	図書館オンライン目録探索法
	13:15 - 14:15	ディレクトリ: 企業や人物の探索
	14:15 - 15:30	Web での仕事探し
	16:15 - 17:30	Web ワークショップ初心者コース

開講されているこれらの講座の中で、インターネットや主題別の講座では、一般的な、あるいは広く転移可能な、換言すれば、図書館とは直接関わりのないものまで含むような技能の指導を目指しているわけでは必ずしもない。指導内容は、「図書館にあるツールを使ったもの」に限定されている。例えば、「法律情報探索法」では、図書館に所蔵されている(またはアクセス可能な)法律情報について、その探索の基本的な手順や、印刷・電子媒体の情報資源の概要紹介を行う。図書

館から利用できないものは考慮されていない。あくまで、「図書館が提供する」資料・情報を利用者が効果的、効率的に利用できるようにするための支援を行うというスタンスの表れであり、その意味で、考え方としては図書館の館内案内や目録の使い方の延長上にあると考えられる。「図書館利用技能」を指導するためのかつてからの「利用者教育」の範囲が拡大したものであって、一般的な情報リテラシーを指導することが第一義に考えられているわけではないといえよう。

公共図書館における新しい情報サービスの導入に伴う課金と利用者教育をめぐる問題

課金問題についても触れておく。SIBLが情報の公平なアクセスの保障を任務として謳っていることからわかるように、電子情報資源へのアクセスにかかる料金は、サンフランシスコ公共図書館と同じく、基本的に利用は無料となっている。これには表4に挙げるような80近い種類のデータベースも含まれる。ただし、プリントアウトなどには実費がかかる。なお、図書館で利用者に開放されているコンピュータ端末は151台で、電子情報センターに72台、ネットワーク情報資源用58台、WWW用75台、OPAC用48台、などとなっている(図1)。

ただし、ニューヨーク公共図書館の予算は、日本の公立図書館とは異なり、政府が全額を分担するわけではなく、企業や個人等からの寄付を募らなければならない部分があり、その割合も高い。代わりに、提供するデータベースの種類が多いなど、費用のかさむサービスでも提供しやすい環境にある。

4 カナダ国立図書館

カナダ国立図書館(National Library of Canada)[18]は、首都オタワに位置する。カナダには国立図書館の他に国立議会図書館があり、国立図書館は日本の国立国会図書館とはやや性格を異にし、研究図書館としての特色が強い。主として大学図書館を対象に総合目録サービス、デジタル図書館プロジェクトなどを展開しており、カナダの中心的な図書館として多岐にわたる活動を展開している[19]。また、CANADA/MARCの作成も行っている。この点を合わせて考えると、日本での学術情報センターが果たしている機能と国立国会図書館の



図1 ニューヨーク公共図書館科学・産業・ビジネス図書館(閲覧室)

表4 ニューヨーク公共図書館科学・産業・ビジネス図書館の電子情報資源(データベースのうちネットワーク化されているもの)

- ABI/INFORM Global
- AIDSLINE
- American Big Business Directory
- American Business Disc
- American Manufacturers Directory
- Applied Science and Technology Index
- Books In Print
- Business Dateline
- Cambridge Scientific Abstracts
- CASSIS: Classification and Search Support Information System
- Census of Population and Housing -1990
- Chemical Abstracts Student Edition
- Compact D/New Issues
- Compact D/SEC
- Compendex Plus
- Computer Select
- Dun's Business Locator
- Dun's Million Dollar
- Dun's Principal International Businesses
- General BusinessFile (Infotrac)
- General Science Abstracts
- GeoRef
- Government Printing Office (GPO)
- Health Reference Center
- ILI Standards
- INSPEC
- MathSci Disc
- The Monthly Catalog of the U.S. Government Publications Office (GPO)
- National Technical Information Service (NTIS)
- PROMT
- ProQuest Direct
- Science Citation Index
- Select Phone
- STAT-USA
- Statistical Masterfile
- Thomas Register of American Manufacturers and Food Industry Register
- Wall Street Journal
- Wilson Business Abstracts
- World Trade Atlas
- Worldscope Global

一部の機能を兼ね備えているといえる。ここでは、そうした活動ではなく、一つの図書館として見たときのカナダ国立図書館について、新しい情報サービスをめぐる状況を簡単にまとめておく。

カナダ国立図書館では、CD-ROMをレファレンス・情報サービス部門で提供している。CD-ROMは、約80タイトルが用意されている。使用頻度の高いものはLAN上で提供されているが、職員に申し出て、CD-ROMを借り出し、その都度端末にセットするタイプも多い。主にレファレンス室に置かれている端末で操作

する。利用時間は、一人30分間(他の利用者が待っていないければ延長が可能)であり、ダウンロードはできない。プリントアウトについては、書誌データベースの場合には50件まで、全文データベースの場合には、1文献までが無料で、それを超える部分については印刷用紙代等が有料となる。

一方、インターネットも利用可能である。これもレファレンス部門で提供しており、端末もレファレンス室に置かれている。ブラウザからWWWが利用できるが、プリントアウトやダウンロードはできない。利用者は、登録をしている研究者に限られる。CD-ROM、インターネットとも料金は無料である。

オンラインデータベースの検索の場合は、レファレンスインタビューの途中でレファレンス担当者が必要に応じて検索した場合には無料であるが、利用者からの求めに応じて検索する場合には有料である。プリントアウトについては、書誌データベースの場合25件、全文データベースの場合には1件までが無料であり、この範囲を超える部分については有料となっている。これは、利用者には手間や時間がかかるかもしれないが、他に無料で利用できる選択肢があるという認識に基づいている。

なお、相互貸借については、取り寄せた文献のうち、1件あるいは10ページまでが無料となっているが、それを超える部分については利用者負担となっている。

カナダ国立図書館では、レファレンス部門で提供しているCD-ROMやインターネットの利用について、特別な利用者教育は実施していない。利用者から質問等があれば、個別に応じることはあるが、これはレファレンスサービスの一環ととらえられているようである。カナダ国立図書館では、レファレンスで提供しているサービスについては、つとめて無料で提供を行なっている。そのため、設備も一定程度に押さえ、利用者責任を明確にして利用者教育も積極的には行なっていないので、人的・物的コストは低く押さえられているようである。

5 CISTI

CISTI(Canada Institute for Scientific and Technical Information)[20]は、カナダ国立研究協議会(National Research Council)の一部門であるが、協議会に限らず、広くカナダ内外の理工学・医学系研究者を対象に、情報サービスを提供している。わが国では、機能的にみて、JICST(科学技術振興事業団科学技術情報事業本部)等に相当する機関であるといえるだろう。

まず、CISTIのサービスの利用者を挙げておく。優先順位の高い順にみると、当然ながら、国立研究協議会がトップである。ついで、カナダ国内、アメリカ、その他の国々となる。なお、カナダ国内では、企業等が45%、大学等に20%、行政機関17%などとなっている。

CISTIには、無料のサービスはほとんどなく、原則として有料ベースでサービスを展開している。ただし、上記利用者のうち、国立研究協議会は無料、カナダ国内は助成金、米国およびその他の国の利用者には有料、という区分けがされている。すなわち、海外では収入を得、それを国内での無料のサービスに充てる、という構造になっている[21]。

CISTIが提供しているサービスは、次の四つに大きく分けて考えることができる。

- 出版サービス
- ドキュメントデリバリーサービス
- 電子情報サービス
- 情報サービス

このうち出版サービスでは、科学雑誌の出版を行う。現在14タイトルを手がけている。ドキュメントデリバリーとは、CISTIが持つコレクションについて、利用者の要求に応じて、電子媒体または印刷媒体で届けるものである。CISTIは、医学分野では、北米で最も大きなコレクションを有しているとのことである。利用者からは、ファックスや電子メール、ホームページなどを使って依頼が入る。利用者には文献を電子的に届ける場合は、スキヤニングし、電子化したデータをネットワーク(Arielを利用)で配信する(図2)[22]。

電子情報サービスとは、蔵書目録(論文・記事、報告、会議録、図書の検索と発注ができる)、目次速報(カレントアウェアネスサービス)、データベース(MEDLARSなど)などを指す。情報サービスとは、ここでは、いわゆるレファレンスサービスを意味している。

なお、これら四つのサービスを採算の面からみたととき、最初の二つは採算がとれているとのことであった。電子資料サービスは約半分、情報サービスは採算はとれていない。全体としてみれば、前者二つのサービスで後者二つの赤字を補い、結果として利益をあげていることになる。

このように有料ベースのサービスを成功裏に展開するため、CISTIの組織構成には伝統的な図書館には余り見られない特徴がある。すなわち、マーケティング部門をはじめ、情報デスク、利用者登録サービスで提供された「商品」に対する質問や苦情等を受けつけ

公共図書館における新しい情報サービスの導入に伴う課金と利用者教育をめぐる問題

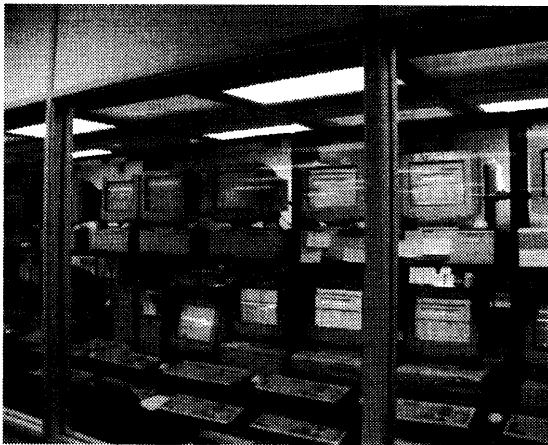


図2 CISTI (資料の配信システム)

るプロダクトヘルプデスクなど、旧来の図書館にはなかった部署を持っている。これらの部署の職員は司書職ではない。図書館員(レファレンスライブラリアン)が担当しているのは現在、レファレンス部門のみである。

6 考察と課題

以上、2章から5章でみてきた事例から導かれる論点はいくつか考えられるが、ここでは、焦点を絞って論じる。まず、課金問題について検討する。

公共図書館における料金負担をめぐる方針としては、大きく二つの方向性がある。一つは、公的予算によって料金を負担する「無料」を原則とするもの、また一つは、利用者が料金を負担する「有料」を導入したものである。この二つの方針に関しては、第一に、「図書館全体としていずれかの原則を採用する」という方針がありえる。これが端的に表れているのが、カナダにおける国立図書館と CISTI の対比であろう。国立図書館は、予算範囲内で、コストを押さえたかたちで電子的な情報資源の導入、展開を行なっている。すなわち、無料原則を方針としている。一方、CISTI は、有料の方向を明確に打ち出し、事業収入をあげることで、積極的なサービスを展開、拡大している。第二に、「サービスによって無料と有料を区分する」という方針がありえる。これは、サンフランシスコ公共図書館が好例となろう。すなわち、「基本的」なサービスを無料とし、これを越えるサービスを有料とする方針である。区分の基準としては、住民の情報へのアクセスを保障するところが「基本的」であり、これを越えるものが「付加的」という考え方である。

それぞれの方針の是非やメリット、デメリットをめぐっては、多様な視点から議論が必要であろう。しかし、今回の調査から得られる重要な示唆の一つは、各図書館において、とりわけ、利用者が料金を負担している(有料のサービスを展開している)図書館において、料金負担をめぐる方針が明確化、明文化されていることであろう(無料を原則とする図書館でも無料の範囲等が明文化されている)。もちろん、そうした方針が確立された背景にある事柄、すなわち、図書館の置かれた国・地域、業界団体、および図書館自身の政策や、予算・職員制度、住民あるいは利用者の特性などについて詳細に検討すべきである。また、そうした方針による無料あるいは有料のサービスが、利用者のニーズに対応しているかどうか、図書館運営にどのような影響を与えているか、などの状況について調査するなど、実証的な観点から検討していく必要もあろう。しかし、わが国にとって、方針が明確化されているということ、および、明確にされているその方針から参考すべき事柄は少なくないはずである。

一方、利用者教育に関しては、サンフランシスコ公共図書館、ニューヨーク公共図書館で提供されている無料の講座を特徴的な例として取りあげてみたい。すなわち、利用者が図書館で資料・情報を効果的、効率的に利用するために、指導的サービス(利用者教育)は基本的なサービスの一つであると考えられおり、電子・ネットワーク情報資源が、図書館で無料で提供すべき基本的な資料・情報であるならば、それに伴う指導的サービスも無料かつ必要不可欠な基本的なサービスである、と考えられている点である。この考え方は、市民の情報リテラシーの育成といった、いわば社会教育的な観点を第一義として出てきたものではなく、むしろ、図書館利用者に対するサービスとしてのかつてよりある利用者教育(図書館・文献利用指導)の理念の延長上にあるととらえるのが的確であろう。この意味では、情報リテラシーの一部として図書館利用技能があり、その延長上に電子・ネットワーク情報資源の利用技能がある、ととらえるのが妥当である。

ここに図書館が情報リテラシー教育に果たす役割、図書館の教育的機能の社会的位置づけの問題がある。すなわち、現在、社会的な問題とされている市民の基本的技能としての情報リテラシーとその育成に関して、図書館での利用者教育と図書館以外の習得の機会(大学のエクステンションセンター等)との関連などが今後の検討課題となる。例えば、インターネットの

利用に関しては、公共図書館では、法的側面も含め、利用者にその責任を帰す体制になっている。インターネットの利用に関わる法的制約を遵守することや、インターネットは非合法、非倫理的、不正確な情報も含まれる情報源であることを納得した上で利用するため、利用者は事前に文書で同意した後に利用する、あるいはガイドラインに従って利用するなどの方策がとられている。これはある意味では当然であるが、そうした「負の側面」や、利用に係る倫理的、法的な知識や技術などこそ、しかるべき習得の機会を設けるべきであるともいえる。これを図書館が受け持つのかどうか、受け持つとしたらその範囲や方法やどうするか、などの点が課題となる。

今回調査対象とした四つの図書館は、一般市民が利用可能という点で、広い意味で公共図書館であるが、実際に利用している(あるいは、想定されている)利用者層、提供しているサービスの種類や量、予算の出拠など、それぞれ細かい違いを持ち、すべてを一線に並べて議論することはできない。また、わが国の市(区)町村立図書館と、今回調査対象としたアメリカやカナダの大規模な研究図書館とは、同じ公共図書館とはいえ、予算や法律などの制度的条件や、職員や施設・設備などの環境的条件に違いがあり、今回の事例から検討した事柄を無条件に参考にできるわけではない。しかし、わが国にも都道府県立図書館や大規模市(区)の図書館など、研究図書館としての機能を備えている図書館もある一方、中小規模の図書館でも研究図書館としての機能へのニーズの高まりがありうること、さらに、利用者のニーズの多様化を背景として、電子・ネットワーク情報資源へと図書館で提供する情報・資料が拡大化していることなどを考えると、今回の事例調査から得るものも少なくない。わが国の各館種、あるいは地域に固有の状況(図書館の規模や性格、予算・職員制度など)を踏まえたかたちで、論点を整理し、検討していく意義がある。

7 終わりに

現在、公共図書館を取り巻く状況は、わが国に限らず各国においても、大きく変化し、いくつか議論すべき問題も生じている。今回は、その中から課金と利用者教育について、アメリカ、カナダの四つの図書館を例にとって、その現状を報告し、考察を行なった。本稿を踏まえ、今後も検討を続けていきたい。

なお、新しい情報サービスが今後、ますます図書館

との関わりを深めるにつれ、課金や利用者教育の問題は、程度の差はあるが、公共図書館に限らず大学図書館を含むすべての館種の図書館において対応を迫られる問題であると考えられる。単に、課金方針をどう定めるか、利用者教育のプログラムをどう組むか、などという問題ではない。変化し続ける情報社会に果たす図書館の役割や機能の再構築に関わる問題であり、利用者のニーズや情報利用行動の分析と対策など考慮すべき課題は、大きく広がっている。この点において、情報利用学 [23] 等の関係する学問領域に課せられる任務は少なくない。

本研究の成果の一部は、科学研究費補助金国際共同研究「日本情報の国際共有に関する研究」(課題番号10044018)による。関係各位に感謝いたします。また、調査に応じてくださった各図書館の関係各位に深く謝意を表します。

注・参考文献

- [1] 本稿で述べられていることは、個人の見解であり、所属する機関、および言及した機関・組織の見解を述べたものではない。
- [2] 生涯学習審議会社会教育分科審議会計画部会図書館専門委員会、「図書館の情報化の必要性とその推進方策について—地域の情報化推進拠点として—(報告)」, 文部省, 1998年10月27日.
- [3] 本稿では、公共図書館を設置母体が都道府県、市区町村である図書館、いわゆる公立図書館の意味で用いる。海外については、国立や州立などの図書館も含めている。すなわち、地域住民が広く利用可能な「公共」の図書館である。
- [4] 報告書(文献[2])で料金負担の在り方について論じる部分のように、これらは、CD-ROMなどのように物理的に各館で所蔵しているもの(パッケージ系)と、オンラインデータベースやインターネットのように外部情報源を利用するもの(ネットワーク系)に区分して議論する必要がある場合もある。しかし、ここでは、ひとまず一括して扱っておく。
- [5] 生涯学習審議会、「社会の変化に対応した今後の社会教育行政の在り方について(中間まとめ)」, 文部省, 1998年3月.
- [6] ニューヨーク公共図書館では、訪問日と担当者の都合により、担当者への直接の面接調査は行

公共図書館における新しい情報サービスの導入に伴う課金と利用者教育をめぐる問題

- なっていない。
- [7] <<http://sfpl.lib.ca.us/>>.
- [8] ウィルソン悦子, (小川俊彦編)「サンフランシスコ公共図書館：限らない挑戦」, 日本図書館協会, 1995.
- [9] 市民サービスと行政の情報。市役所、社会サービス機関、非営利組織、専門団体、環境等運動団体、AIDS/HIVサービスなどを含む。
- [10] サンフランシスコおよび北部カリフォルニアにおいてAIDS (HIV) 関連サービスを提供する機関・組織。AIDS財団と共同作成したもの。
- [11] 障害者用の端末や子ども用の端末などもある。
- [12] 3,100以上の逐次刊行物の抄録・索引、650以上の逐次刊行物の全文が検索可能である。分野は、一般的な参考図書、ビジネス、健康衛生、多文化など。トータルでは、300万件の記事・論文を収録している。
- [13] 実際には無料でなく、一つの依頼ごとに0.5ドルの料金、および貸出側図書館によっては、貸借料や保険料がかかる（15ドルから20ドル程度）。文献複写の場合も複写料金がかかる。
- [14] <<http://www.nypl.org/>>.
- [15] 朝日新聞（夕刊）、1998年9月10日、第11面。
- [16] <<http://www.nypl.org/research/sibl/>>.
- [17] 「仕事帰りのWebコース」（他に「仕事帰りの研究コース」などがある）は、昼間には各クラスに参加できないビジネスマンのために、17時以降の時間を利用して、昼間に実施しているクラスを開講するものである（このコースに限り、前日の予約が可能である）。
- [18] <<http://www.nlc-bnc.ca/>>.
- [19] Thacker, Jane, (古賀崇訳)「挑戦と機会：電子出版物とカナダ国立図書館」, 海外における日本情報の需要と供給に関する研究：平成9年度報告, 1998年3月, 学術情報センター, pp.47-59.
- [20] <<http://www.nrc.ca/cisti/>>.
- [21] 1989年には2700万ドルの予算が政府から出されていた。事業収入は400万ドルであり、ほとんどがカナダ国内からであった。その後、現在のような方針に転換し、98年では政府予算は1800万ドルに減り、3500万ドルを事業収入によってあげている。内訳は、アメリカ50%、カナダ40%、その他10%となっている（数値は概数）。
- [22] 著作権の問題から、電子化したデータは、一定時間経過後、削除される。本稿では取りあげないが、新しい情報サービスの展開にあたって、著作権など知的所有権の問題も、考慮すべき大きな課題である。
- [23] 野末俊比古, 越塚美加, 「『情報利用学』の構築に向けた予備的考察：図書館情報学における情報利用行動研究と情報利用教育研究を中心に」, 学術情報センター紀要, No.10, 1998, pp.9-22.

(URL最終確認:1999年2月28日)

研究論文

美術館の情報システムの整備についての一考察

A Study on Enhancement of the Service of the Information System among Art-Museums

学術情報センター 枝川 明敬

Akitoshi EDAGAWA

National Center for Science Information Systems

要旨

文化施設、中でも美術館は従来よりそれぞれの館が独立的に設置・運営されてきた。それらの交流は展示品の貸し借りが中心で、展覧会の内容を他の館に組織的に情報提供することはまれであった。しかし、最近では、先進国を中心にインターネット網を利用した美術館同士の情報システムの構築が行われ、利用者にもインターネットを利用して美術館の活動内容が広く公開されるようになった。情報伝達技術の発展により、将来建物を持たない仮想の美術館も考えられるようになってきている。

ABSTRACT

The cultural facilities, especially, art museums were established independently and managed. As for their exchange, the loan debt of the display article has provided the contents of the exhibition for the other museum. However, recently, it is possible to divide the building of an information system among the art museums, which used an Internet-network mainly in the advanced countries in the line. The active contents at the art museum became widely exhibited to the use person, too, using the Internet. With the development of the information communication technique, the virtual-art-museum which doesn't have a building in future, too, becomes able to be thought of.

[キーワード] 美術館、文化情報システム、収蔵品のデータベース化、著作権、CD-ROM

[Key words] The art museum, The cultural information system, The data base of articles in the museum, The copyright of articles, CD-ROM

1 情報ネットワークの未整備

1.1 文化情報ネットワーク

最近では、コンピュータの能力の伸展とその廉価化、インターネットを含む電子情報伝達手段の構築により、社会の情報化が著しい。我が国においても、数年前のアメリカのクリントン大統領による N I I 構想に触発され、情報のネットワーク化に向け、通産省・郵政省を中心に取り組んでいる。また、文部省もユーザーの立場から、学校教育を中心に電子情報網で連絡するプロジェクトに取りかかっている。また、一般市民が利用する公的機関である文化会館の情報ネットワーク化は文化庁・全国公立文化施設協会、地方自治体、芸術団体等が連携して進めている。文化施設のもう一つの雄である美術館の電子情報ネットワーク化

はどの程度進んでいるであろうか。

表1 文化施設の形態別コンピュータネットワーク化 (1996)

施設名	施設数 (A)	情報化施設 (B)	(B)/(A) %
図書館	2172	616	28.4
博物館・美術館	2610	99	3.8%
文化会館	約 12200	約 700	31.8%

(資料) 文部省社会教育調査 [4]、博物館・美術館情報化調査[3]

美術館の情報システムの整備についての一考察

表1に見るとおり『社会教育調査』(文部省、1998年3月)等によると、各種文化施設のコンピュータネットワーク化率は、美術館・博物館が最低の3.8%である。もちろん、文化会館もその率は高いとはいえないが、文化情報システムの構築が進むと館の大半は加盟するので、一気に加入率は進むと予想される。

インターネット等電子情報伝達システムを施設同士が相互に利用するためには、施設が持つ情報を電子化(デジタル化)する必要があるが、従来の文化施設では、例えば美術館の収蔵品リストは台帳に記載されており、いわゆるペーパーインフォメーションであって、そのままネットワークに載せることが出来ない性質のものであった。

文化施設の代表として、図書館、美術館・博物館、文化会館を取り上げる。図書館はもともと情報を蓄積し、利用させる施設であって、そのため詳細な蔵書のリストがある規則に沿って蓄積されている。従って、そのリストを作成するに当たって、紙に記載するかまたはコンピュータに入力するかの相違があるだけで、情報のデジタル化は極めて容易であり、高度の訓練を受けていない職員でも可能である。ただし、過去のリストのデジタル化は経費と時間がかかるが、書籍名、著者名等がその情報の大半であるため、それで利用者の大半の便宜は図られる。将来的には電子図書館として、CD-ROM等の書籍が蓄積されれば、電子情報網を利用してその書籍情報を瞬時に流通させることも可能となろう。一方、文化会館はそこで公演される演目の提供や仕込みにかかる芸術団体情報が中心であるが、演目の内容が視覚的に訴えればなおさら宜しい。現在の文化庁が進めている「文化情報システム」では、情報回線や処理コンピュータの能力上、そこまでは伸展していない。

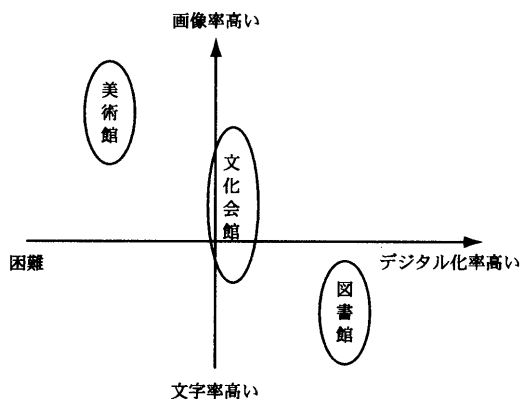


図1 文化施設の機能別情報化相関

美術館(博物館も)では、その館が持つ情報の電子化に当たって、図書館、文化会館両者とも共通する困難な問題に直面する。所藏品や展覧会のリストの作成では、前者は図書館の、後者は文化会館の立場と類似する。すなわち、美術館は所蔵美術品についての情報化という面では、図書館の蔵書についての情報化に類似しており、展覧会という催事を行う立場からは文化会館に似ている。また、その美術品は視覚的に訴えるものがほとんどであり、それをリストのみでなく内容までデジタル化するにはかなりの経費と時間がかかる。また、文化会館での演目は粗筋でも済むが、美術品では粗筋というわけにはいかない。従って、図書館、文化会館と比較し情報化への取り組みは、かなり困難なことが予想される。これは美術館が持つ機能に因っているだけに根本的な問題を含んでいる。

美術館での情報化を考えると、まず第一として収蔵作品に関する記録をデータベース化しコンピュータを利用して外部から直ちに検索できること、第二に収蔵作品自体をデジタル化して美術館に足を運ばなくてもインターネット等を通じて鑑賞できること、第三に鑑賞者が鑑賞する手段としてコンピュータを利用して、例えば有名画に自分で手を加えたりするようなバーチャルの体験が行えること、さらに進んでインターネット等の電子空間に美術館をバーチャル的に設置してしまう(いわゆる建物等ハード施設が見えない美術館)ことがあろう。現在最終的なバーチャル空間としての美術館は、岐阜県等で試行的に行われているが、多くは第三の段階までである。特に民族学博物館では1979年からコンピュータを積極的に使用したデータベースの構築を行って来ており、現在200万件を越すデータが蓄積されている。また、東大総合博物館でもデジタルミュージアムプロジェクトとしてコンピュータを高度に利用した試みが行われている。

一方、全国的なレベルでは文化庁が主体となって、インターネットを利用し、参加美術館等がそれぞれの収蔵作品を検索できる「文化財情報システム(参加機関:31(当初8機関)、その他文化関係行政機関、企業等が加わっている。)]を試行的に行っている(図2参照)。

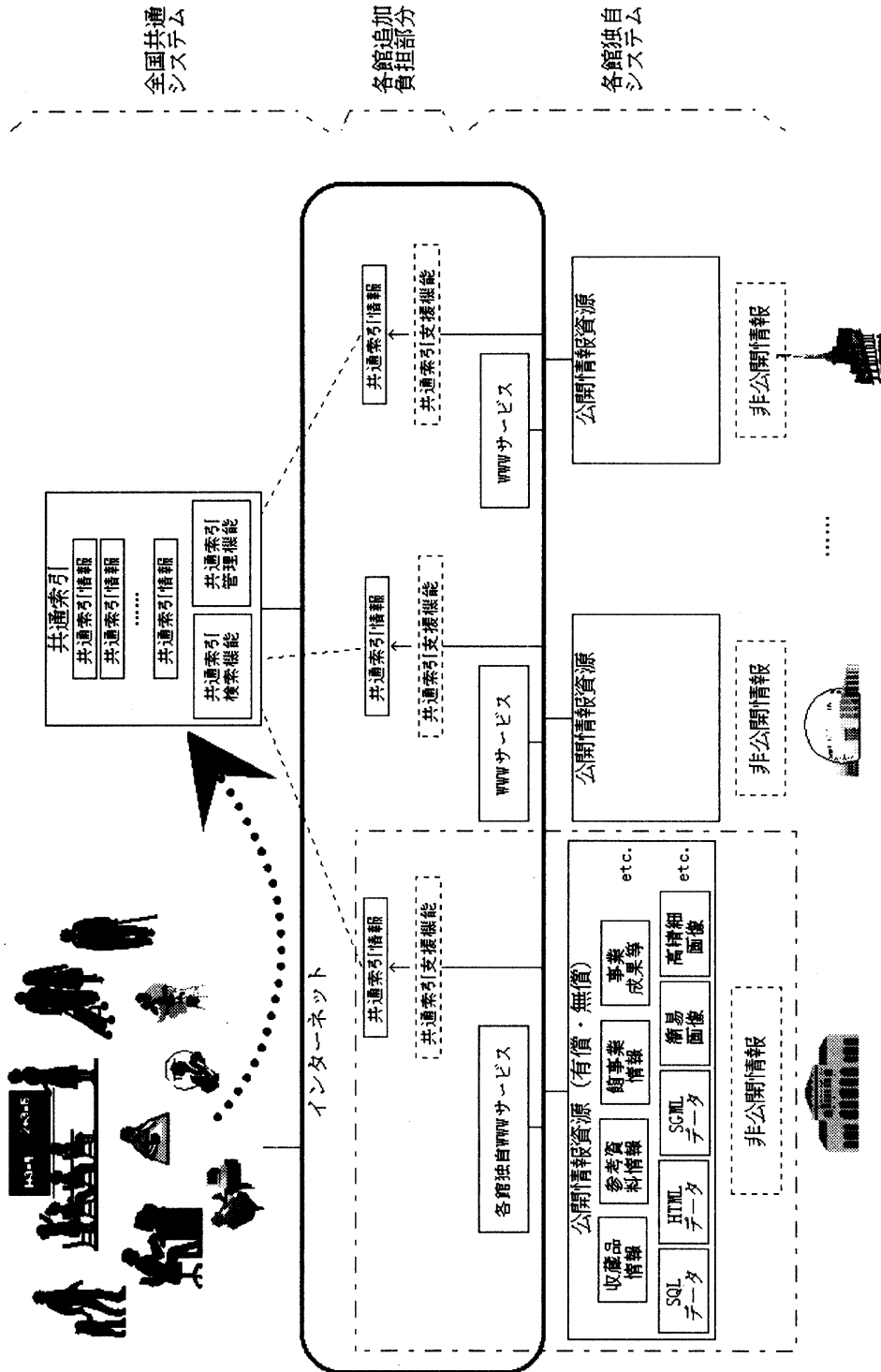


図2 文化情報システムのスキーム

美術館の情報システムの整備についての一考察

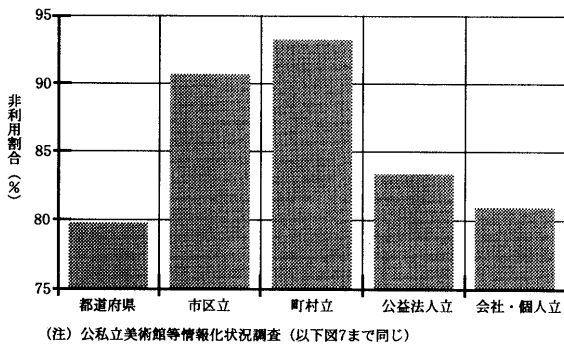


図3 設置者別インターネット非利用割合 (1996)

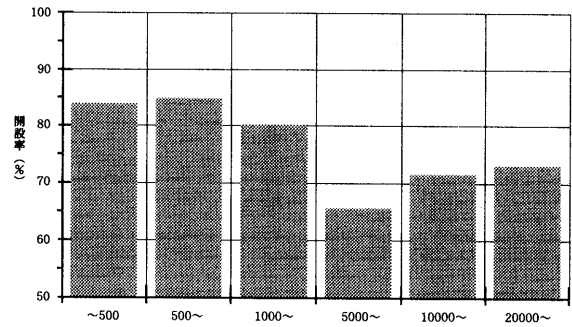


図4 ホームページの開設率と館規模 (1996)

1.2 情報ネットワーク構築の隘路

『公私立博物館・美術館における情報化の状況調査』(文化庁、1997年3月、「公私立美術館等情報化状況調査」という)によると、インターネットを利用している館は全体の1.5%であり、今後利用する予定のない館が全体の8割近くを占めている。なお、インターネットを利用した情報発信も一部の熱心な美術館が行われている。文化庁においても「文化財選集」として国宝を中心に公開している。

所蔵品数別による規模別で見ると、インターネットの利用度は規模の大小にあまり関わりない。利用しない理由として、「必要性を感じない」がトップの50%、次いで「予算がない」の39%であり、その両者で大半を占める。「必要を感じていない」が多いのは、「会社、個人」設置であり、「予算がない」は「都道府県・市区立」設置が多い。都道府県立等の公立美術館では今後予算が配慮されればインターネットへの加盟も増加するものと思われる。インターネットを利用している館では、その利用形態の大半がホームページを掲載しており、94年度に開始した館が多い。規模別では、「開設している」「今後開設する」を併せた開設率は、規模の大小とほとんど相関はない。これは、インターネットの利用に伴ういわば付随的行為であろうから、インターネット利用と関係は深い。内容として、「館の案内」が9割近く、次いで「展覧会案内」「所蔵品情報(文字情報)」と続くが、所蔵品情報(画像情報)が43%と少ない。

また、美術情報検索システムは約6割の美術館が認知をしているものの、参加や利用を希望する館は併せて15%程度である。参加しない理由として「館の規模・機能から必要ない」とするものが全体の3/4であり、「運営経費がかかる」「設備投資が必要」等の経費的隘路を挙げているのは比較的少ない。

このように、インターネットへの加盟と比べると、経費的な問題より以前の確信的不参加意思が問題点として挙げられよう。とはいうものの、所蔵品データのデジタル化が行われていないか、まだその途中である館の参加率や利用率が低いことと併せて考えると、デジタル化経費がない→データ入力が出来ない、遅延している→検索システム等への参加が事実上出来ない→必要ない

といった考え方が窺え、根本的には予算上の問題が浮かび上がるようである。

今後の情報化に向けての力点として、「収蔵品のデータベース化」を2/3の美術館が挙げており、次いで「来館者への情報提供」(47%)、「学芸員の研究・学芸業務」(45%)などが比較的高い反面、「ハイビジョン等での美術鑑賞」(7%)や「インターネット利用の展覧会の開催」(6%)は極めて少ない。

さらに詳細に観察すると、「収蔵品のデータベース化」「来館者への情報提供」等の館全体の力点が高い項目では、館の規模が大きくなるにつれて、その割合が増加するが、「インターネットによる展覧会」「ハイビジョンによる新しい鑑賞機会提供」等の革新的な試みは、中規模館の割合が高く、小規模館や大規模館の2倍以上となっている(図6参照)。

これらのことから、収蔵品等のデータのデジタル化やコンピュータを利用した新しい形での美術館の在り方に力を入れているのは中規模(収蔵品点数が5000点から1万点程度)の美術館であることが窺える。大規模館では、公立といった面、あるいは歴史的な面から硬直化を脱することができず、新しい企画、業務が困難なのかも知れない。また、小規模館(1000点未満)では、町村立や個人立が多いこともあり、予算的、人員的にも制約を受けている可能性がある。このため、結局中規模館が一番「元気」がよいのではないかと考えられる。

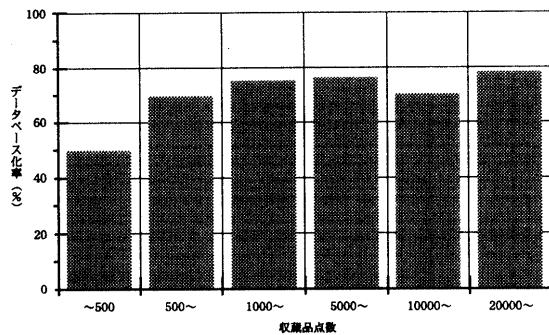


図5 収藏品データベース化と館の規模 (1996)

2 情報システムの構築と美術館をめぐる情報化

2.1 美術品をめぐる電子媒体

ここ数年の間にアートCD-ROMがかなり出版されてるようになった。例えば、CD-ROM版「ルーブル美術館」が1995年に発売されたが、発売と同時に売り切れが続出、美術愛好家は手に入れるのに苦労したことは記憶に新しい。また、購入者の年齢層が従来の書籍やゲームのCD-ROMと違って、幅が広いことも特徴である。前節で述べたように美術館の情報化が遅延している間に、一般の美術愛好家の中では、かなり「情報化」が伸展している可能性がある。

もちろん、これにはコンピュータの処理速度の向上や使用できる色が増加したことも大きい。特に、色彩が命の絵画では、多くの色合いがコンピュータ画面上に表示されるようになったことは大きい朗報である。さらに、初期のCD-ROMにみられたように、単なる絵画等の鑑賞だけではなく、CD-ROM自体が小さな美術館といった態をなしつつある。すなわち、パソコン画面に仮装現実の美術館を作り、その各部屋に絵画が展示されており、利用者は通常の実美術館に入館した時のように、自分の好きな部屋に入って、絵画を鑑賞することが出来る。今のところ、価格が1万円程度なので通常の実美術館を利用するより割高になるが、共同で購入し各自が鑑賞するか、学校教育の現場で利用するなどすればコスト・ベネフィットから考えるとそれほど高いものではない。また、そういったCD-ROMには丁寧な解説が付いており、いわば学芸員の説明を聞きながら美術品を鑑賞できるのと似ている。これは、知識を詰め込むという伝統的学習観から、自ら学ぶという知的資源へのアクセスを容易にしよう。

さらに、最近ではペインター関係のコンピュータソフトの開発が著しく、有名画家風の絵画をコンピュー

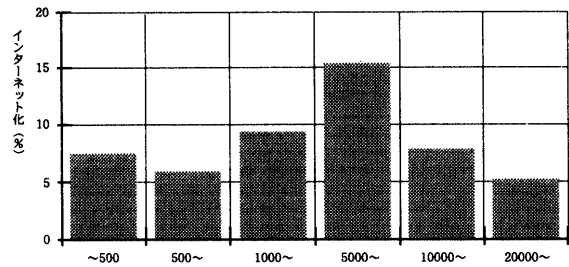


図6 インターネットによる展覧会と館の規模 (1996)

タ上で描いたり、従来の絵画を簡単に修正することも可能となっている。これは、創造的な行為ではないかもしれないが、従来は触ることもできなかった有名画を自分の考えで再構成したり、美術館に行かなくても模写することが手軽に出来るようになってきている。

このように、美術品を単なる鑑賞からもっと身近な物として手にとるように楽しむことが出来るようになってきた。

美術館でのインターネットの利用率は、利用予定も含めわずか12%程度であるが、美術品を巡る市場では、たとえば大手のザザビーズやクリスティーズでは、オークション情報をインターネット上に1995年度から開設している。ザザビーズのホームページでは実際にオークションの疑似体験が出来る。また東京のコンソーズでは実際のオークションができ、通常オークションは買い手の競り上げにより価格が決定するが、ここでは期限を決め最高価格を付けた買い手が落札するようになっている。因みに、クリスティーズでは販売品の話、オークションの日程が中心となっている。インターネットを利用することにより、カタログの印刷が不要なため、小作品でも掲載可能であるなどのメリットもある。一方で、画像処理には大容量の記憶媒体が必要なので、写真を中心としたカタログより質が落ちることは否めない。従って、どうしても価格の低い作品にならざるを得ないだろう。

以上のように、美術館を巡る情報化の波が押し寄せてきているが、今のところ「本物を見てこそ美術鑑賞である」といった考えがまだ確固として存在しており、従ってその限りにおいて仮装現実である美術館CD-ROMについての美術愛好家からの評価は低いといえる。しかし、そうでない一般の市民にとって身近に見られるCD-ROMやオークション情報が提供されるインターネット上の美術情報は美術作品へのアクセスを高める機能を果たすだろう。

美術館の情報システムの整備についての一考察

すなわち、
 インターネット上での美術情報発信→一般市民の美術品へのアクセス機会拡大→本物作品への鑑賞機会の増加→美術館での鑑賞機会の充実→鑑賞者層の厚みの構築→美術情報の発信機会増加→
 といったサイクルが構築されようとしている。

2.2 個別美術館の状況と課題

情報発信に熱心な美術館を眺めることによって、その問題点と将来を考えたい。

多くの美術館では、収蔵品のデータベース化を行っていても、その画像情報についてはデータベース化を行っていない。「公私立美術館等情報化状況調査」(文化庁,1997)の調査によると、海外における代表的美術館29館の内、収蔵品をデータベース化している館は25館(86%)であるが、その内画像情報をデータベース化している館は、将来の構築も含め、12館(全体の41%、データベース化館の48%)である。

このデータベース実行率を初めとする美術館全体の情報化率は、我が国の美術館のそれと比較してかなり高くなっている。すなわち、著名な代表的美術館であることを割り引いても海外の美術館は我が国の美術館に比較して情報化率が高い。この理由として、データベースに関わる職員の充実が挙げられよう。情報化阻害理由として、我が国では、予算的制約以外に人員の不十分さが挙げられているが、海外の美術館では、予算不足を挙げている美術館は3館のうち1館、人員不足を理由としているのは、8館に1館の割合となっているに過ぎない。

もともと、我が国の美術館では資金不足の上に人材不足が館運営の隘路となってきたが、外国の館では我が国ほど職員不足が深刻になっていることは少ない。

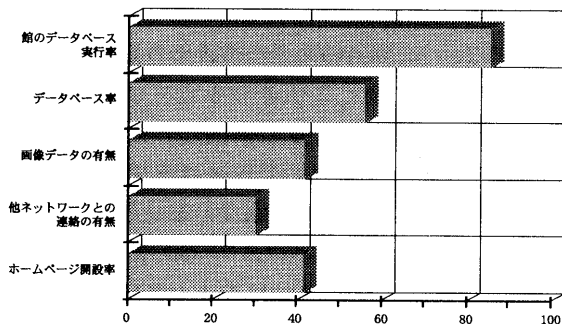


図7 各国の代表的美術館の情報化状況(1996)

実際、収蔵物に関してはこれらの記録を組織的にやっている美術館が多く、専門職も我が国に比べ多く措置されている。これは、同じ文化施設の文化会館にも言えることであり、我が国がいわゆるハード中心から文化施設を整備していった経緯によるところが大きい。

情報化阻害の原因として、我が国と各国と共通するものとして、資金面・人材面のほか、その他処理コンピュータソフトの問題がある。ハードは処理速度や記憶容量の大容量化によりかなり充実してきているが、画像が中心となる美術関係の情報では、その処理にマッチしたソフトの構築が不可欠である。今後の大きな課題であろう。

さらに、各国の美術館では40%以上の館で画像情報がデータベース化されているに対し、我が国ではそれが極めて少ない。一つの大きい理由として、著作権の問題が存在する。

水戸芸術館学芸員の森司氏によると、若手芸術家はインターネットで発信できることを念頭において芸術活動を行っている人が多いが、中堅以上の芸術家はビジュアル情報の発信という考えがあまりないそうである。すなわち、若手芸術家はインターネットのホームページを創作活動の場として、また発表の場として活用している。逆に、美術館にとっては、展示したい作家の作品についてデジタル情報がなく、そのため美術館が作成する必要がある。しかし、デジタル化するための権利許諾を誰に得ればよいのか困る場合もあるようである。音楽の場合はJASRAC(日本音楽著作権協会)で一括して権利の保護と利用許諾を行っているのに対し、絵画のデジタル化への許諾は個々別々に行うことが必要で、美術館ではかなりの労力となっている。また、行政側でも1997年末にはインターネット放送に関わることだけではあるが、関連企業が、ネットワーク音楽著作権協議会を構成し、郵政省、文化庁、JASRACと話し合いを続けている。

また、インターネットは汎世界的であるからデジタル化すると簡単に、また劣化なしにコピー出来、さらに一度に大量に未知の人たちに送付することが出来るため、作家や所有者もなかなか許諾しない場合も多いと聞く。作家の側では、無断でデジタル化されてはそれをモニター出来ない。また、許諾権の存在自体が曖昧な場合もあろう。例えば、インターネット上のデジタル情報にコピー許諾の契約内容を埋め込むことも一つの解決策といえよう。さらに進めて、著作権解

決の一つの方策として、著作権料の課金と著作物の正当性(改変された物でなく、著作者が創造した物)としての保証書のような著作権マークを付けたり、情報の出所や流れを明確にすることも考えられよう。

インターネット上の美術作品画像情報をコピーするに際して、各国別に制度が確立している著作権制度でいかに保護するか、かなり困難な場合も予想されよう。また、キャンパス上の絵画とブラウン管上の絵画と鑑賞者の受ける作品のイメージは当然異なり、美術品をデジタル化する際の作品の変質問題をどう取り扱うのか、今後益々増加する勢いのあるコンピュータネットワークを利用した美術情報の伸展を睨み、従来の著作権制度を含む枠組みの構築が求められよう。

参考文献

- [1] 美術館メディア研究会編、『美術館革命』、大日本印刷、1997年5月
- [2] 現代グラフィックアートセンタージェームズ・ローゼンクライスト展記念講演会、「マルチメディア時代のアーティストと権利」、1997年5月
- [3] 文化庁、『公私立博物館・美術館における情報化の状況調査報告書』、文化庁、1997年3月
- [4] 文部省、『社会教育調査報告書』、大蔵省印刷局、1998年3月
- [5] 枝川明敬他、「地域中核都市における文化政策の総合的展開」、『文化経済学会論文集』、Vol.3、1997年3月25日、pp.119-123
- [6] 枝川明敬、「全国的に見た文化活動の展開に関する調査分析研究」、『地域学研究』、Vol.1、1999年3月1日、pp.66-69
- [7] 枝川明敬他、サントリー文化財団報告書『我が国の文化政策の今後の在り方に関する調査研究』、1998年3月
- [8] 経済企画庁編、『国民生活白書平成3年版』、大蔵省印刷局、1991年12月
- [9] 経済企画庁編、『経済白書平成2年版』、大蔵省印刷局、1990年9月
- [10] 宮川公男、『政策科学の基礎』、東洋経済新報社、1994年6月
- [11] 坂村健、「デジタルミュージアム」、『人文学と情報処理』、Vol.17、pp.13-20、1993年4月
- [12] 伊藤祐一郎編、『新地方自治法講座11 広域と狭域の行政制度』ぎょうせい、1997年9月
- [13] 中山信弘、「情報の法的保護」、『情報化と社会』東京大学出版会、1991年7月
- [14] 稲村健司、小宮山宏之編、『マルチメディア時代の著作権』、慶応大学出版会、1997年4月
- [15] 枝川明敬他、『文化経済学』、有斐閣、1998年12月
- [16] 佐々木信夫、『自治体政策学入門』、ぎょうせい、1996年6日
- [17] 枝川明敬他、『文化政策概論』、晃洋書房、1995年5月
- [18] 枝川明敬他、『文化会館通論』、晃洋書房、1997年5月
- [19] 池上惇編、『文化経済学』、有斐閣、1998年12月
- [20] 安沢秀一、『資料館・文書館への道』、吉川弘文館、1985年6月
- [21] 村上陽一郎、「情報化と社会」、『高度化情報に伴う社会の変容と行政上の課題に関する研究』文部省科学研究費補助金報告書、1995年3月

研究論文

チームの独創性とマネジメント

The Creativity of Teams and the Management

東京大学先端科学技術研究センター・学術情報センター(併任) 児玉 文雄

Fumio KODAMA

Research Center for Advanced Science and Technology, University of Tokyo

National Center for Science Information Systems

学術情報センター 矢野 正晴

Masaharu YANO

National Center for Science Information Systems

要旨

企業の研究開発チームの独創性を同僚など他人の主観的な評価により測定した。主としてその統計的分析により、個人特性とは別のチーム特性としての独創性が存在すること、およびチームの多様性もしくは異質性がチームの独創性につながることを示す。これらのことは、チームの独創性はマネジメントにより作られる、とも表現できる。また、研究所、システム開発部門、および情報処理事業部門それぞれについての分析結果から、部門の使命ないし仕事の内容が、多様性と独創性の関連を左右していることを示す。

ABSTRACT

We measured the creativity of R&D teams in a firm by the subjective judgements of peers. Mainly statistical analysis shows that the creativity as a team character exists, and that the variety or the heterogeneity of the team member generates the creativity of the team. In other words the team creativity is made by management. The individual analyses of the laboratory, the department of systems engineering, and the department of information processing show that the mission or the substance of the department determines the relation between the variety and the creativity.

[キーワード] 研究開発チーム、多様性もしくは異質性、チーム特性としての独創性、研究所、システム開発部門、情報処理事業部門、マネジメント

[Keywords] R&D teams, variety or heterogeneity, creativity as a team character, laboratory, department of systems engineering, department of information processing, management

1 はじめに

研究開発組織にとって独創性は不可欠であるが、企業の研究開発チームにとって独創性とは何であろうか。国語辞典によれば、「独創」とは他人の真似をせず独自で物をつくり出すことであり、「独創性」とは独自の考えでつくり出す性質・能力のことである[1]。これを参考にしながら、アンケート調査に先立ち製造企業A社の研究所の役員とリーダークラスおよび管理部門の長に独創性の定義とその測定方法に関してインタビューを行った。

まず、独創性の定義に関連し役員甲は、オリジナリ

ティとクリエイティビティとは違うものであるという。さらに、イノベティブとインベンティブも違うものであって、企業の研究所ではオリジナリティがあり、イノベティブなものが望まれる、という。この役員の考えでは、オリジナルとは「原始の」という意味をもっており、他の研究開発に影響を与えているような研究が派生してくるようなものを言っていると考えられる。また、イノベティブとは革新的だということであるが、製品を通じて社会全体へのインパクトがあることを含意していると考えられる。オリジナルでイノベティブとは、結局他への影響が大きいことを

チームの独創性とマネジメント

指していると考えているようである。これに対して、リーダークラス(管理職)の乙[2]は、ヒットしたかどうか、つまり市場が受入れ売れたかどうかは運不運によるので、独創性の有無とは関係がないと考えている。この見解によれば、他への影響がなくても独創性ありと認められるものがあることになる。また、役員丙によれば、新しいテーマに取り組んでいる(さきの役員甲のいうクリエイティブにあたる)と周りの人は独創性があると思ってしまう、という。そして、古いテーマでも独創的な発想はあり、要はテーマと研究開発の結果としての解(ソリューション)のどちらを見るかであるが、いちがいに決められない難しい問題だと言う。さらに、役員丁は、アンケートを行う際の現実的な問題としてA社の研究員全員に一律な理解を求めるのは難しいので、いろいろな回答が混じっていてもよい、と言う。

また、部署や研究開発のフェーズによって異なったものが要求される。たとえば、探索段階(A社の研究所では先行研究と呼んでいる)にある研究チームと開発段階(A社の研究所では実用化研究と呼んでいる)にある研究チームとでは、同じく独創性が要求されるといってもその中身は大きく違う。

結局何をもちて独創性というかは人それぞれに考えが異なっており、一意に定めるのは適当でないということになる。そして、このことは独創性をどのように測定するかを考えると、いっそう明瞭になってくる。

従来の尺度である特許出願や取得の件数、あるいは論文数が独創性を表すのであろうか。日本の製造企業の多くは特許出願と特許取得の両方に対して研究者、技術者に報酬を与えるだけでなく、研究開発部門の各セクションに対してのノルマを課している。独創性の尺度としての特許出願や取得の数は、このようなノルマによっていくぶんか変形しているかも知れない。それ以前に、特許は経営政策の問題であり、独創性とは別次元であるとも言えよう。

次に論文はどうだろう。製造企業における研究の段階は大きく分けると探索段階と開発段階に分けられるが、より市場に近い開発段階のチームが独創的なアウトプットを出したとしても論文にはなりにくい、といった面もある。また、研究の分野によっても論文が出る出ないの差がありそうである。このように考えると、独創性と特許あるいは論文の数はあまり関係ないかも知れない。

他に独創性の指標として考えられるものとして、新

製品や新技術の数がある。独創性がなくても新製品は生まれるだろう。また、新製品が独創的なものであったとしてもヒットするかどうかとは別問題とも考えられる。さきにも登場した乙は、新技術が今まで検討してきた指標の中では最も独創性に近いと考えている。そして、「製法、原理、あるいは手法が今までに抜本的に違う技術を開発した、ということは独創性の有力な指標だ」と言う。しかし、それを誰がどのようにしてきちんと評価するかは問題である。

以上のように考えてくると、結局客観的に独創性を測定する方法はなく、主観的に他人が評価するしかないさそうである。主観的に他人が評価する既存の方法として、表彰がある。表彰にも社外から与えられる表彰と、社内での表彰とがある。社外からの表彰も何らかの客観的な基準を設けているかも知れないが、主観による面も強いと考えられる。しかし、例えば、今度は〇〇社の番だといったように順送りに決められることも多い。社内表彰も、部門間の力関係で決まることが多い。このような現状を考えると、表彰を受けたかどうか、あるいはその数も独創性の基準としては必ずしも適当なものではなさそうである。

そこで、独創性の定義をせずに総合的、主観的に他人に評価してもらうこととし、独創性のあるチームと独創性のある個人をアンケートによる投票で測定することとした。そのためには、お互いにどんなチームがあり、どんな個人がいるのかを知ることができる状況でなければならない。そのために一つの企業内のアンケートとした。アンケートは、1996年にA社の研究所および事業部門(システム開発部門および情報処理事業部門)で行った。

このアンケートの分析により、企業の研究開発チームには個人特性とは別のチーム特性としての独創性が存在することや、チームの中に異質性が存在していること、すなわちチームに多様性があることがチームの独創性につながるなどが分かってきた。

2 先行研究との関係

既存の研究では異質性の重要性に言及したものは多い(野中, 1990[3]; 竹内・石倉, 1994[4]; 小山, 1992[5]など)が、その異質性の内容について実証研究まで行ったものは少ない。チームに関するものではなく科学技術者個人に関する研究であるが、今から30年以上も前にPelz & Andrews(1966)[6]が、研究所環境と研究業績の関係についての調査を行い、科学技術者の業績

に影響を与える要因として「多様性」と「非類似性」を見いだした。彼らは、多様性に関しては、一般に仕事時間の1/2～3/4を専門に向けるときに業績が最大になること、および科学者が二、三の異なる専門分野に従事し、しかも仕事の中に基礎的な問題と同時に応用問題も含まれているとき最高の業績をあげることを見いだした。また、類似性については、戦略・アプローチの型あるいは専門経歴の志向が同僚と類似していない科学者は、類似している科学者よりも高い業績を示す傾向にあることを見いだしている。多様性については個人についてのもので、単純にチームの異質性・多様性に拡大解釈することは難しいが、非類似性は同僚に対するものなので、チームとしてみれば異質なものが存在している、すなわちチームに多様性があるということになる。

Allen(1979) [7]は、研究開発の仕事の有効性に最も大きな影響を与えるものはほとんどコミュニケーションの問題が含まれているとし、アイデアの伝達が重要な問題であり、特に科学研究においては組織外とのコミュニケーションが重要だと述べている。そして、実証研究から研究組織内に他のメンバーよりも外部の専門家との交流が多く、文献などによる知識が豊富で高い成果をあげている人がいることを確認し、ゲートキーパーと呼んだ。Allenの研究を異質性という観点から見ると、異質性を組織外から取り込む側面の重要性について述べていると解釈できる。

Tushman(1977) [8]は、アイデア創出の段階、問題解決の段階、実施の段階という三つの段階を区別し、それぞれの段階でのコミュニケーションの重要性について述べている。第1のアイデア創出の段階では市場のニーズと技術の統合という観点から研究所外、企業外とのコミュニケーションが重要であり、第2の問題解決の段階ではアイデアの技術的問題点の検討・解釈のために研究所内のコミュニケーション、特に異なる専門分野とのコミュニケーションが重要であるとする。また、第3の実施の段階では研究部門と製造・販売などの部門とのコミュニケーションが重要であるとしている。Tushmanは研究開発部門外との関係についても論じており、異質性という観点から見たときAllenよりも広い領域を扱っていると言える。

Wilson(1966)[9]は革新の段階を発想、提案、および承認・実施という3段階でとらえた。その上で、第1の発想の段階では組織の多様性(すなわ職務の多角化)や誘因のバラエティーが豊富なほど有利だとしてい

る。第2の提案の段階でも組織に多様性があると新しい考えの提案が出やすくなるとしている。しかし、第3の承認と実施の段階では、組織の多様性が悪影響を与えることがある、としている。後に述べるように本稿で事業部門の一部(情報処理事業部門)では異質性と独創性の関連が薄いという発見があった。情報処理事業部門全体がWilsonの言う承認と実施の段階というわけではないが、それに近い側面を持つことから、本稿での発見の萌芽がWilsonの研究にあったとも解釈できる。

榊原(1995)[10]は、日米のコンピュータ企業6社を調査し、アメリカの技術者集団の異質性の高さと同僚の技術者集団の同質性の高さを改めて確認している。この比較から、日本企業の課題は同形化プレッシャーを克服し多面的(つまり異質な要素からなる)・個性的・開放的な組織を創造していくことである、としている。

以上のような既存研究はあるものの、研究開発チームの独創性と異質性・多様性との関係を正面から取り上げ、製造企業の研究開発現場に踏み入ってアンケートおよびインタビューにより分析を試みた研究はほとんど見あたらない。そこで、本稿では、日本企業の中でのチームの多様性もしくは異質性が独創性ににつながるかどうか、また、どのような多様性、異質性が効くのか、さらに研究所と事業部門で違いがあるのかなどにつき実証分析を行う。今まで十分に検討されてこなかったチームレベルの独創性を分析対象とした点も本稿の議論の特徴である。

3 チーム特性としての独創性

A社の研究所におけるアンケートは、全研究員(ただし、直接チームを見てない部長職などは対象外とする)を対象に行い、1,022名から回答を得ることができた(回収率85.2%)。その中で、「A社の研究所の中で独創性があると思うチーム」は三つまで、また「A社の研究所の中で独創性があると思う個人」があれば1名をそれぞれ挙げてもらった。「独創性があると思うチーム」を挙げた者は158名であった。その中には、すでに解散したチームや技術の名前だけを書いてチームを特定できない回答などもあったのでそれらを除くと、延べ203票が投じられた。また、「独創性があると思う個人」を挙げた者は96名であった。

「独創性のあるチーム」として最も多くの票を得たチームの得票数は15票であり、「独創性のある個人」として最も多くの票を得た者の得票数は6票であった。

チームの独創性とマネジメント

この調査では、チームおよび個人への投票のほかに学会誌掲載論文や特許出願の数等(いずれも過去3年間)も聞いている。チーム得票数とチームの学会誌掲載論文数との相関係数は0.017と非常に低く、有意水準5%で(以下同じ)有意ではなかった。また、チーム得票数と特許出願数との相関係数は0.152と低く有意ではなかった。

同様に、個人得票のチーム内合計数(チーム・リーダー、メンバーの計)と論文数、特許出願数の関係や、探索研究チームだけについてのチーム得票数と論文数との相関および、開発研究チームだけについてのチーム得票数と特許出願数との相関を見たが、いずれも相関は低く有意でなかった。

以上のように製造企業の研究開発現場での見方(アンケートによる投票結果)と、従来の独創性指標である特許出願数および論文数とは相関が低いことが分かった。

【事実発見1】

特許出願数や論文数と、独創性のあるチームのチーム得票数、および個人得票のチーム内合計数とは相関が低い。

なお、論文と特許のほか新技術数、新製品数なども加えた種々の変数とチーム得票数の間の相関を調べたが有意な相関を持つ変数は見いだせなかった。

アンケートで「独創性のあるチーム」と「独創性のある個人」を挙げてもらうにあたり、そう考えた理由を文章で書いてもらった。このうち「独創性のあるチーム」について書かれた理由の分類を試みたところ表1のように5種類に分けることができた。

これを見ると、様々な理由で「独創性あり」と判断していることが分かる。さらにチームとしての得票数が多かった七つのチームについて、得票に付されていた理由を調べたところ、七つのどのチームをとっても1種類の理由ではなく、2種類以上の理由で「独創性あり」と判断されていることも分かった。

また、「独創性があると思う個人」について書かれた理由を同様に分類してみた結果は表2のとおりである。頻度が一番多い分類がアイデア・テーマ・知識で、二番目が技術である。

「独創性のあるチーム」の場合では、技術が一番多く、アイデア・テーマ・知識は二番目であり、「独創性がある個人」ではこの二つの分類の順番が入れ変わっている。個人についてのものであるため、アイデア・テーマ・知識

表1 「独創性があると思うチーム」の理由

	分類 (種類)	理由	頻度
1	技術	革新技術、新発明、世界レベルの技術、性能、理論を実体化するパワー、新手法の取り入れ、設計、アイデアの具現化、新規格確立	69
2	アイデア・ テーマ・知識	アイデア創出、発想が柔軟、テーマの先行性、可能性を示した、世界一の目標設定、古いテーマの鮮度保持、アルゴリズム考案、論理に裏付けされたアプローチ、世界の科学の中で重要、数学の難問を解いた、発見、理論、知見の広さ・深さ、ノウハウ、情報収集、論理的	52
3	マネジメント・ 戦略・風土	マネジメント(判断、決断力、議論の場作り)、議論が活発、士気が高い、常に新しいものへ挑戦、ホームページでアピール、研究開発から製品化までが一直線できれい、戦略的、筋が通った研究開発、基礎から応用まで幅広い、独創的な発想を形にしていくリーダーシップ、アイデアを生かす風土、先を見通す力、嗅覚、センス、ニーズとシーズを見極める目、研究開発の展開が早い、積極的、臨機応変、信念、バイタリティ、正面から取り組む、世界の最先端を走る意思、問題把握・解決	27
4	製品	新製品、商品化、事業化	22
5	その他	芸術的、留学した、世界レベルで活躍・競争している、特定分野で日本を担っている、着実に成果をあげている、学会発表、プレゼンテーションが上手、論文、特許(出願、登録)、売上伸長、商談、市場の評価、シェア、話題の提供、評判、役にたつ、表彰(社内、社外)、理由無記入	65
	合計		235

表2 「独創性があると思う個人」の理由(分類後)

	分類 (種類)	頻度
1	アイデア・テーマ・知識	39
2	技術	22
3	マネジメント・戦略	19
4	製品	4
5	その他	6
合計		90

が一番多いのは納得できるが、技術やマネジメント・戦略が理由に挙げられた頻度も少なくない。また、チームについては、1～4に分類できない「その他」が65と全体の約4分の1と多く、この面からも理由が様々であることがうかがえる。

上記のことから独創性の有無は総合的かつ主観的に他人が評価するのが妥当ではないかとアンケート前に考えたことが当を得たものであることが分かる。

次に、さきの投票結果に関し個人票を得た者がどのチームに属しているのかを調べ、チームごとに(1)リーダーが得た個人票数とチーム得票数の関係および(2)リーダーとメンバーを合わせたチームが得た個人票の合計数とチーム得票数の関係(2)については図1を参照)につきそれぞれ相関係数を算出した。なお、チーム得票がゼロでリーダーとメンバーをあわせたチ

ームが得た個人票の合計もゼロというチームが多いため、チーム得票もしくは個人得票があるチームを分析対象としている。相関係数は(1)が0.064、(2)が0.102といずれもゼロに近く有意でなかった。

以上から次のことが分かった。

- (1)チームの独創性は、リーダーの独創性得票数との相関が低い。
- (2)チームの独創性は、チーム内の個人(リーダーとメンバー)の独創性得票数の合計との相関が低い。

これらのことは、個人の独創性のほかに何かがあるために、チームの独創性が発揮されることを示している。つまり、個人の独創性の総和としてチームの独創性があるのではなく、個人の独創性以外の要因もあってチーム特性としての独創性が存在することになる。その要因の重要な一つが異質性であることは後述する。

【事実発見2】

製造企業の研究開発チームにおいては、個人特性とは別のチーム特性としての独創性が存在する。

4 研究所におけるアンケート調査の統計的分析

アンケート票では、独創性があると思うチームと個人を聞いただけではない。メンバー用、チーム・リーダー用に共通の項目として海外留学歴、コミュニケーション、

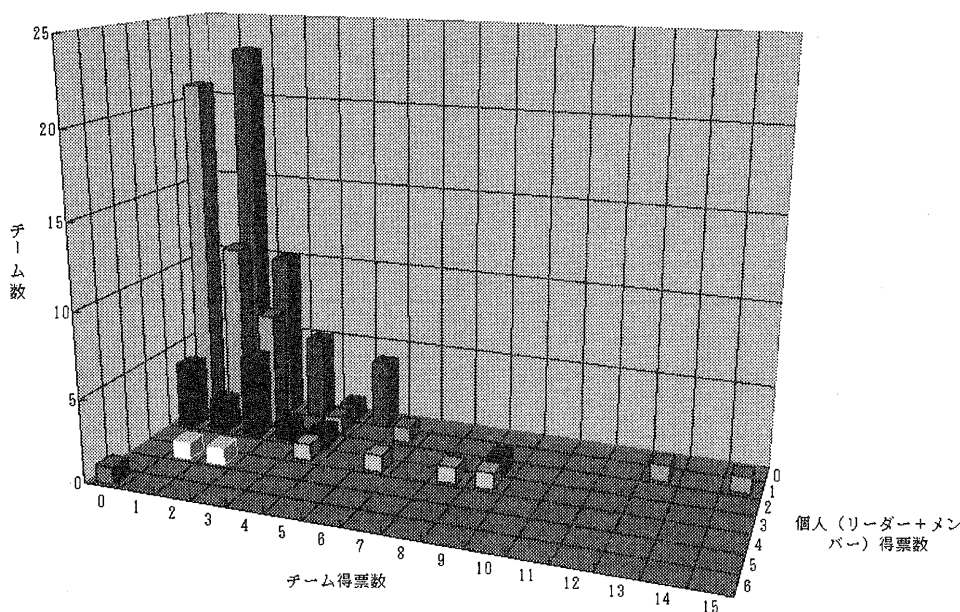


図1 チーム得票数と個人(リーダー+メンバー)得票数

チームの独創性とマネジメント

性格など68項目が含まれていた。また、チーム・リーダー用にのみある項目が、社外との提携やチーム・マネジメント、組織風土、チームの論文数や開発した新技術数など35項目あった。このほか、研究員の出身学科、所属歴などのようなアンケートするまでもなく会社で把握しているデータについては、人事マスターから収集した。これら全部の項目を取り入れて次の手順で分析を行ったところ、独創性のあるチームは多様性を持っていることが分かった。

(1) カイ2乗検定

まず、アンケート票のメンバー・リーダーに共通の項目と人事マスターから収集したデータをチーム毎にくくり、全項目につきチーム内平均を算出した。リーダー用のアンケート票の後半のそのチーム全体について聞いている部分も含めチームのデータとし、

各質問項目ごとに高低2群に分けた。

一方、チーム得票を見て、得票が2票以上のチーム(33チーム)と1票以下のチーム(155チーム)の2群に分けた。前者が独創性のあるチーム、後者が独創性のあまりないチームである。1票だけというのはたまたま得られたに過ぎないかも知れず、客観性を確保するためにチーム得票が2票以上あるチームを独創性のあるチームとした。なお、全チームの平均得票数は1.08票なので、2票以上というのは平均よりも多いチーム得票のあったチームとも言える。

上記の2群対2群のおのおのでカイ2乗検定を行った。そして、有意性の高い項目、つまりp値の低いものを10%水準まで抽出したところ、14変数が得られた。これを表3に示す。これらの変数が独創性指標であるチーム得票に関連していることが分かったのである。

表3 チーム得票(2群)対、各項目(2群)のカイ2乗検定結果

	項目	2群への分け方(各群のチーム数)	P値	CramerのV係数
1	海外留学経験(大学,研究機関)	経験ある者がチーム内にいるか,いないか いる,いないの順に(以下同様)(35:153)	0.001	0.318
2	チームの規模	リーダーとメンバー合計数が全チームの平均(4.81)より 多いか,少ないか(88:100)	0.001	0.296
3	海外出張頻度(最近3年間)	チーム内の平均数が全チームの平均より多いか,少ないか (74:114)	0.001	0.287
4	配転者	他の研究部門からの配転者がいるか,いないか(7:181)	0.001	0.279
5	海外在住経験(入社以前で留学を除く)	経験ある者がチーム内にいるか,いないか(24:164)	0.001	0.242
6	A社グループ内の企業との提携・共同研究	チームとして,やったことがあるか,ないか(94:84)	0.005	0.208
7	修士課程が学部時と違う大学(大学の名称)	そういう者がチーム内にいるか,いないか(49:139)	0.005	0.204
8	出身学科の多様性	出身大学等の学科の標準偏差が全チーム平均より大か小か (68:120)	0.016	0.176
9	性格(他人と同じことをするのが 好きか嫌い)	チーム内の平均が全チームの平均より多いか,少ないか (81:107)	0.016	0.176
10	大学の研究者との提携・共同研究	チームとして,やったことがあるか,ないか(91:88)	0.025	0.167
11	A社グループ外の企業との提携・共同研究	チームとして,やったことがあるか,ないか(61:117)	0.038	0.155
12	チームメンバーが情報を積極的に 取り込むことを,リーダーが支援	5段階の回答が全チームの平均より高いか,低い (88:100)	0.080	0.128
13	データベース利用頻度	チーム内の平均が全チームの平均より多いか,少ないか (88:100)	0.080	0.127
14	チームの研究開発テーマを決めるにあたり リーダーがメンバーに意見を述べさせる	5段階の回答が全チームの平均より高いか,低い (106:82)	0.089	0.124

表4 因子分析結果

・固有値

因子	第1	第2	第3	第4	第5	第6	第7	第8
固有値	2.0445	1.5248	1.3805	1.2954	1.1923	1.0515	0.9715	0.8727
累積寄与率	0.1460	0.2550	0.3536	0.4461	0.5313	0.6064	0.6758	0.7381

以下略

・因子負荷量 (バリマックス回転後)

	第1因子	第2因子	第3因子	第4因子	第5因子	第6因子
	多様な知識・考え方	異質性取り込み・混合のチーム・マネジメント	海外や大学との接触	組織間連携	異分野経験	多様な性格・個性
1. 海外留学経験	0.39717	-0.07191	<u>0.61331</u>	-0.02448	0.29790	-0.17228
2. チームの規模	<u>0.72866</u>	-0.11974	-0.02374	0.21251	0.05234	0.19909
3. 海外出張頻度	-0.13881	0.08202	<u>0.75145</u>	-0.00254	0.16123	0.05710
4. 配転者がいる	0.33069	0.20546	0.07419	0.13227	<u>0.43898</u>	-0.01314
5. 海外在住経験	<u>0.48802</u>	0.12381	0.06817	-0.05669	0.36540	0.05889
6. A社グループ内での提携等	-0.01678	-0.02842	0.03399	<u>0.78402</u>	0.34385	-0.15050
7. 修士課程が学部と違う	0.31770	-0.12828	0.11076	-0.01043	-0.08066	<u>0.73754</u>
8. 出身学科の多様性	<u>0.62035</u>	0.16268	-0.07033	-0.11105	-0.17082	-0.09870
9. 性格 (他人と同じことが嫌い)	-0.20063	0.16129	0.04706	-0.04537	0.29195	<u>0.67560</u>
10. 大学の研究者との提携等	-0.00832	0.08907	<u>0.71857</u>	0.06723	-0.27237	0.19843
11. A社グループ外との提携等	0.05979	-0.00949	0.01137	<u>0.78694</u>	-0.32417	0.08584
12. メンバーの情報取込みへの支援	0.05907	<u>0.82165</u>	0.09590	0.02594	0.02537	-0.16418
13. データベース利用頻度	-0.06529	-0.09344	0.01315	-0.04386	<u>0.67200</u>	0.11963
14. メンバーに意見を述べさせる	0.06448	<u>0.82173</u>	0.02016	-0.06394	-0.01924	0.18666

注1) アンダーラインは因子負荷量0.4以上を示す。

2) 「12. メンバーの情報取込みへの支援」および「14. メンバーに意見を述べさせる」は、チームのマネジメントに関連するチーム・リーダーへの質問項目

(2) 因子分析

次に、カイ2乗検定で抽出した変数のうち14変数を一括して因子分析にかけ、固有値が1以上という基準で因子を選んだところ、次の6つの因子が抽出できた(表4)。ここではバリマックス回転後の因子負荷量によっている。

第1因子では、チームの規模、海外在住経験、出身学

科の多様性の3変数の負荷量大きい。チームの規模が大きいと、多様な知識、考え方、性格などが入ってくる可能性が高いし、コミュニケーションのチャンネルも多くなる。第1因子に高く負荷している他の変数も考慮すると、ここでのチームの規模は上記のうち知識や考え方の多様性の面についてのものであると考えられる。海外在住経験は、入社前でしかも留学以外の経

チームの独創性とマネジメント

験である。恐らく未成年のころの海外経験であり、日本におけるとは異なる考え方に触れていると考えられ、海外出張、留学という目的のある海外経験とは異なる要因と言える。この因子を「多様な知識・考え方の因子」と呼ぶことにする。

第2因子では、チーム・メンバーが情報を積極的に取り込むことについてのチーム・リーダーの支援、およびリーダーが研究開発テーマを決めるにあたってメンバーに意見を述べることを認めているかの2変数の負荷量が多い。いずれもチーム・リーダーへのチーム・マネジメントに関する質問項目によるものであり、「異質性取り込み・混合のチーム・マネジメントの因子」と呼ぶことにする。

第3因子では、海外留学経験、海外出張頻度、大学の研究者との提携・共同研究の3変数の負荷量が多く、「海外や大学との接触の因子」と呼ぶことにする。

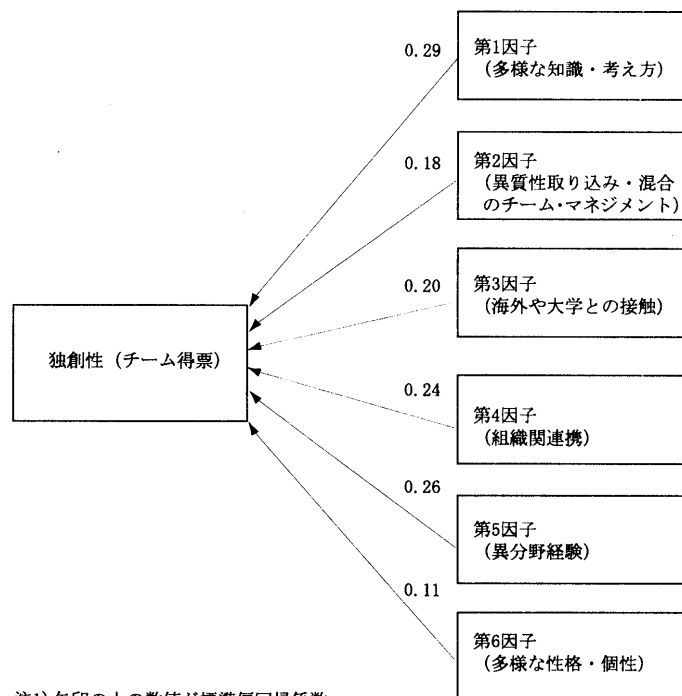
第4因子では、A社グループ内の企業との提携・共同研究、およびA社グループ外の企業との提携・共同研究の2変数の負荷量が多く、「組織間連携の因子」と呼ぶ。チーム・リーダーがA社グループ内外の企業などとの提携や共同研究をすることを決めることは、多様性もしくは異質性という観点から見ると、チーム

内にない異質性がチーム外から入ってくる仕組みをつくるという意義がある。

第5因子では、チーム内に他分野で研究した経験のある配転者がいるかどうか、データベースの利用頻度の2変数の負荷量が多い。データベースの利用は、他分野経験者が絶対的に少ない中で、それを補っているものと考えられる。この因子を「異分野経験の因子」と呼ぶ。

第6因子では、修士課程の大学名が学部時と違うかどうか、および性格的に他人と同じことをするのが好きか嫌いかの2変数の負荷量が多い。修士課程への進学にあたり多くの者が学部時と同じ大学を選んでいる(今回の調査では570名が同じ大学、71名が違う大学)現状をも踏まえ、この因子を「多様な性格・個性の因子」と呼ぶことにする。

これら六つの因子を既存の研究([3],[4]など)を参考に分類してみると、多少無理があるかも知れないが、第1、第3、第5および第6の4因子はチームの構成メンバーの多様性もしくは異質性に関するものであり、第2と第4の2因子は異質性の取り込みなどのリーダーのチーム・マネジメントに関するものである、と言えそうである。



注1) 矢印の上の数値が標準偏回帰係数
 2) 決定係数0.2980
 同 (自由度修正済) 0.2731

図2 重回帰分析結果(パスダイヤグラム)

次に、独創性(チーム得票)を被説明変数とし、六つの因子を説明変数とする重回帰分析を行った。その結果をパスダイヤグラムで示したものが図2である。矢印の上の数値が標準偏回帰係数(パス係数)である。パス係数が一番大きいのは第1因子(多様な知識・考え方)からのパスで0.29であった。以下、第5因子(異分野経験)からのパスが0.26、第4因子(組織間連携)からのパスが0.24、第3因子(海外や大学との接触)からのパスが0.20、第2因子(異質性取り込み・混合のチーム・マネジメント)からのパスが0.18、第6因子(多様な性格・個性)からのパスが0.11の順であった。第6因子からのパスは有意でなかったが、他のパス係数は有意で因子分析の結果も合わせて考えると、「チームの構成メンバーの多様性」と「異質性取り込みなどのリーダーのチーム・マネジメント」が、チームの独創性につながる事が明確になったと言える。

【事実発見3】

「チームの構成メンバーの多様性」と「異質性取り込みなどのリーダーのチーム・マネジメント」が、チームの独創性につながる。

5 事業部門(システム開発部門および情報処理事業部門)におけるアンケート調査

A社のシステム開発および情報処理の各事業部門でも研究所で実施したのとはほぼ同じ時期にアンケート調査を行った。これらの部門では在籍人員が膨大なこともあってサンプリング調査とした。

(1)システム開発部門

システム開発部門では14の事業部および18の子会社に、それぞれチーム数を指定して回答するチームを選定してもらうとともにそのチームのリーダーおよび全メンバーに回答を依頼した。回収できたのは196チーム、810名であり、回収率はチーム数で85.7%であった。研究所のアンケートでは、研究所内に独創性があると思うチーム・個人があれば挙げてもらい、それを独創性の指標として分析したが、システム開発部門では若干異なる質問の仕方と分析方法をとった。その理由は第一に、システム開発部門ではその中の各事業部内および各会社内でその長が自部署内で独創性のあるチームをほぼつかんでいるからである。第二に、アンケートに答える側からすると独創性のあるチーム・個人を聞かれたときにシステム開発部門内の

チームや個人を思い浮かべる人もあるだろうが、むしろ研究所はもちろん情報処理事業部門などのシステム開発部門以外の事業部門のチームや人を思い浮かべる人もおり投票先が多岐にわたると考えられるからである。

そこで、チーム内の独創性の有無は基本的に事業部では事業部長に子会社では社長にA、BまたはCの3段階で評価してもらうこととした[11]。A～Cの基準は次のとおりである。

A：独創的な研究開発成果を出しているチーム

B：AとCの中間のチーム

C：独創的な研究開発成果を出していないチーム

この3段階で評価可能なチームを、できれば各同数程度選んでもらうよう依頼した。その結果システム開発部門196チームのうちA評価だったのは45チーム(23.0%)、B評価が91チーム(46.4%)、C評価が34チーム(17.3%)であった。このほかに分類されていないチームが26チーム(13.3%)あった。このうちA評価を受けた45チームを独創性のある群とし、それ以外を独創性のない群とした。

一方、アンケート票と人事マスターから収集したデータによりチームのデータを作りそれぞれを高低2群に分け、2群対2群のクロス表によりカイ2乗検定を行った。そして、有意性の高い項目、つまりp値の低いものを10%水準まで抽出したところ20項目が得られた。次にカイ2乗検定で抽出した20変数を一括して因子分析にかけ、固有値が急に低くなるところがないので固有値が1以上という基準で因子を選んだところ、七つの因子が抽出できた(表5)。ここでも研究所と同様に、バリマックス回転後の因子負荷量によっている。

第1因子では、メンバーに挑戦を奨励、チームの活性化、メンバーへの議論の奨励、メンバーの情報取り込みへの支援の4変数の負荷量大きい。この因子を「異質性重視のチーム・マネジメントの因子」と呼ぶことにする。

第2因子では、技術部門の人と話す頻度、技術部門の人と電話等で接触する頻度、製造部門の人と話す頻度、の3変数の負荷量大きい。この因子を「技術・製造両部門とのやりとりの因子」と呼ぶ。

第3因子では、社外教育・学会参加度合、研究部門の人と電話等で接触する頻度、および外部団体・研究依頼者とのコミュニケーション時間の3変数の負荷量大きい。この因子を「社外(研究所を含む)との接触の因子」と呼ぶ。

チームの独創性とマネジメント

表5 システム開発部門の因子分析結果

・固有値

因子	第1	第2	第3	第4	第5	第6	第7	第8	第9
固有値	3.3045	2.0931	1.4254	1.4132	1.2685	1.1084	1.0144	0.9642	0.8863
累積寄与率	0.1652	0.2699	0.3412	0.4118	0.4752	0.5307	0.5814	0.6296	0.6739

以下略

・因子負荷量（バリマックス回転後）

	第1因子	第2因子	第3因子	第4因子	第5因子	第6因子	第7因子
	異質性重視のチーム・マネジメント	技術・製造部門とのやり取り	社外（研究所を含む）との接触	チームの活性化	自発的風土		
1. 所属学会の合計数	-0.02448	0.37976	0.21984	<u>0.42177</u>	0.12252	0.00260	-0.42670
2. メンバーに挑戦を奨励	<u>0.75650</u>	-0.00223	0.04264	0.06191	0.03509	0.04441	-0.11802
3. チームが属する統括部外の部門との連携	0.06388	0.22079	0.07238	0.08941	0.15655	-0.08740	<u>0.74910</u>
4. 研究開発を下から自発的に始める風土	0.00130	-0.13596	0.12341	0.13477	<u>0.67298</u>	0.10280	0.13326
5. 過去の成功体験にとらわれない風土	-0.29686	-0.02385	-0.20083	-0.18050	0.02759	<u>0.55106</u>	-0.01566
6. チームの活性化	<u>0.48189</u>	0.01193	0.21087	<u>0.42204</u>	-0.17238	0.14327	0.22180
7. メンバーの議論の奨励	<u>0.76942</u>	0.01174	0.06623	-0.00674	-0.00529	-0.03705	0.12212
8. 技術部門の人と話す頻度	0.02421	<u>0.83361</u>	0.10358	0.06492	-0.03408	0.09075	0.12098
9. チーム内の人と話す頻度	0.38716	-0.01362	-0.06881	0.18671	0.03575	<u>0.56312</u>	0.10070
10. 社外教育・学会参加度合	0.11412	0.03061	<u>0.73012</u>	0.08770	0.04332	-0.16245	0.03309
11. メンバーの情報取り込みへの支援	<u>0.82777</u>	0.15739	-0.00414	-0.01592	0.12152	-0.08954	-0.01745
12. 研究部門の人と電話等で接触する頻度	0.09846	0.37623	<u>0.54984</u>	0.15436	0.12593	-0.02484	-0.12648
13. チャレンジ精神ある人が多い風土	0.12180	0.07430	0.02432	<u>0.74236</u>	-0.11799	-0.13418	0.02101
14. データベース利用頻度	0.04615	0.15303	-0.03351	-0.12857	<u>0.71998</u>	-0.11114	0.06434
15. 協調性よりも主体性を大事にしている	-0.05059	0.01712	-0.10019	<u>0.69111</u>	0.31478	0.10707	0.03827
16. 外部団体・研究依頼者とのコミュニケーション時間	-0.03304	-0.04795	<u>0.68592</u>	-0.24481	0.06512	0.17926	0.10682
17. 海外出張頻度	0.01657	0.19014	0.24456	-0.02637	-0.10808	<u>0.52808</u>	-0.29099
18. 技術部門の人と電話等で接触する頻度	0.13389	<u>0.82080</u>	-0.03144	0.01780	0.08216	-0.02900	0.02600
19. 製造部門の人と話す頻度	-0.12963	<u>0.45387</u>	0.31946	0.06480	0.02883	0.35420	0.35396
20. インターネット利用頻度	0.09306	0.13956	0.36071	0.18037	<u>0.47137</u>	-0.02470	-0.15530

注1) アンダーラインは因子負荷量0.4以上を示す。

第4因子では、所属学会の合計数、チームの活性化、チャレンジ精神のある人が多い風土、および協調性よりも主体性を大事にしている、の4変数の負荷量が高い。この因子を「チームの活性化の因子」と呼ぶ。

第5因子では、研究開発を下から自発的に始める風土、データベース利用頻度、インターネット利用頻度

の3変数の負荷量が高い。データベースやインターネットの利用は研究開発を下から自発的に始めることを補っているものと考えられる。この因子を「自発的風土の因子」と呼ぶことにする。

第6因子、第7因子はやや解釈が難しい。このうち第6因子では過去の成功体験にとらわれない風土、

チーム内の人と話す頻度、海外出張頻度の3変数の負荷量大きい。また、第7因子では、チームが属する統括部外の部門との連携の変数の負荷量大きい。

(2) 情報処理事業部門

情報処理事業部門(以下、情報処理部門と呼ぶ)では、9事業部にそれぞれチーム数を指定して回答するチームを選定してもらうとともに、そのチームの全メンバーに回答を依頼した。回収できたのは77チーム、479名からであり、回収率はチーム数で95.1%であった。情報処理部門でもシステム開発部門と同じ理由で各事業部の長にチームの独創性の有無を評価してもらうこととした。A~Cの評価基準はシステム開発部門における同じである。A評価を受けたのは23チーム(29.9%)、B評価が32チーム(41.5%)、C評価は22チーム(28.6%)であった。このうちA評価の23チームを独創性のある群とし、それ以外を独創性のない群としたのもシステム開発部門と同様である。

さらにシステム開発部門における分析と同様に、アンケート票と人事マスターから収集したデータによりチームデータを作りそれぞれを高低2群に分け、2群対2群のクロス表によりカイ2乗検定を行った。そして、有意性の高い項目、つまりp値の低いものを10%水準まで抽出したところ次の5項目だけが得られた。

表6 情報処理部門の因子分析結果

・固有値

因子	第1	第2	第3	第4	第5
固有値	1.4992	1.2308	0.9581	0.7022	0.6097
累積寄与率	0.2998	0.5460	0.7376	0.8781	1.0000

・因子負荷量 (バリマックス回転後)

	第1因子	第2因子
1. チームが属する統括部外の部門との連携	<u>0.78008</u>	0.12086
2. A社グループ内の企業との連携	0.22193	<u>0.51881</u>
3. 修士課程が学部時と違う大学	-0.31825	<u>0.80130</u>
4. 研究開発を下から自発的に始める風土	0.21663	<u>0.65662</u>
5. 所属学会の合計数	<u>0.75133</u>	0.04985

注1) アンダーラインは因子負荷量0.4以上を示す。

- (1) チームが属する統括部以外の部門との連携
- (2) A社グループ内の企業との提携・共同研究
- (3) 修士課程が学部時と違う大学(大学の名称)
- (4) 研究開発を下から自発的に始める風土
- (5) 所属学会の合計数

なお、(2)と(3)は研究所で抽出できたのと同じ変数、(4)と(5)はシステム開発部門で抽出できたのと同じ変数である。一応因子分析も行い二つの因子が得られたが解釈は難しく(表6)、さきの5変数の抽出で足りるものとする。

(3) システム開発、情報処理両部門の研究所との比較

研究所のデータの分析においては、チームの独創性の指標は投票結果であった。しかし、システム開発、情報処理の各部門においては、事業部長等による評価であった。この点で、同じく独創性を人が評価したものはあるが、研究所とシステム開発部門・情報処理部門で異なる評価のやり方を用いているので分析の結果が異なってくるのはある程度予想できることである。システム開発部門のカイ2乗検定で抽出できた変数は20変数であった。この数は、研究所におけるカイ2乗検定で抽出できた14変数よりもやや多い。しかし、情報処理部門で抽出できた変数はわずか5変数であった。独創性が最も必要なのは研究所であるが、システム開発部門や情報処理部門では研究所ほどではないにしても独創性は必要であり、事実事業部長等によって独創性ありと評価されたチームはあった。その場合の独創性の意味合いも、システム開発部門と情報処理部門で行ったインタビュー結果でも研究所における独創性の意味合いと異なるものではないとされた。

上記を踏まえた上で、システム開発部門では研究所と同じように多様性もしくは異質性と独創性との関連を認めることが可能である。しかし、その内容については、因子分析の結果をみても分かるように研究所と同じではない。システム開発部門では研究所より以上に個人よりもチームないし組織が前面に出る部門であり、第1因子は異質性重視の「チーム・マネジメント」であった。これに対して情報処理部門では、研究所やシステム開発部門と比較すれば多様性もしくは独創性と異質性の関連は薄いといえる。

【事実発見4】

システム開発部門においても、多様性もしくは異質性が独創性につながる。

チームの独創性とマネジメント

〔事実発見 5〕

情報処理部門においては、独創性と多様性もしくは異質性の関連は薄い。

以上の結果を示しながら、情報処理部門にインタビューしたところ、次のことが分かってきた。情報処理部門には、研究所で出た成果を実現(製品化)する役目を持つチームがある。また、研究所には(技術的な意味で)2世代以上先の将来を目指した研究開発を行っているチームが多いのに対し、情報処理部門には研究所とは無関係に1世代先あるいは例外的に2世代先ぐらいの製品を目標に開発を行うチームがある。いずれにしても、研究所と比較した場合の情報部門の多くのチームに共通する特徴は開発の目標時期が明確に決まっていることである。出荷できるようにすべき時期が市場や他社の状況などから会社方針として決まっておき、それに合わせて開発しなければならないのである。そこでは開発の速さが重要な意味を持つ。そのため、コミュニケーションも上意下達であり突然の方針変更若い人が戸惑うこともあるという。このような環境下では異質性は必要とされることは少ないし、異質性が害になることすらあるという。しかし、比較的遠い将来を目標とした開発など全く新しい考えを持ち込まなければならないような仕事では、多様性もしくは異質性が求められ、それを導入する方向にチームが変質していることもある。さらに言えば、そのような変質が求められるにもかかわらずそれが遅れているチームがあるかも知れない、ともいわれている。

一方、システム開発部門の特徴は、直接顧客ないし市場と接触する部門であるということである。これは、第3因子「社外(研究所を含む)との接触」に含まれると考えられる。次章では、事業部門における事例分析により、事実発見5、事実発見6を補強する。

6 事業部門(システム開発部門および情報処理事業部門)の事例研究

(1) システム開発部門の事例「テレホンバンキングシステム TELE MATE (仮称)」—社外との接触および異質性重視のチームマネジメント—

この事例は、システム開発部門においても多様性もしくは異質性が独創性につながることを示すものである。このDチームは部門長評価でA(独創性があるチーム)とされたものの一つである。二人のメンバー

がユーザーや営業との接触の中から芽を感じアイデアをふくらませ、その後着任してきたリーダーがこれは花になるなど直観した(社外との接触)。また、ベンチャー企業および社外の研究機関という異質性との接触・融合もあって初めて独創的な製品を開発することができた(これも社外との接触)。さらに、リーダーおよび二人のメンバーの非常に強い精神力でチーム内の議論でチームの行くべき方向につき他のメンバー達が持つ不安を払拭した(異質性重視のチームマネジメント)。

テレホンバンキングシステム TELE MATE は、金融機関が顧客に取引勧誘の電話をかけたり、顧客からの電話による取引の申込みを受けたりする際に利用するパッケージソフトで、コンピュータと交換機を連携させたものである。このパッケージを開発したDチームは、ユーザーや営業部門との接触(異質性との接触)の中からテレホンバンキングというニーズを知り、それをベンチャービジネスとの提携という形で異質性との融合を図り、画期的なパッケージソフトを開発した。

このチームでは1992年に、まずアウトバウンド(電話をかけること)でパッケージを開発し始めた。当時としては我が国では初めてデータウェアハウスのシステムを付加したが、売れ行きは芳しくなかった。このプロジェクトをやめてしまおうという話もあった。メンバーで退職していった者もおり尻すぼまりとなり、チームは二人だけになっていた。95年秋になりインバウンド(電話を受ける。テレホンバンキング)が必要だということが認識されるようになった。例えば、顧客から電話で振込の依頼があったとする。電話で名乗った名前が間違いなく電話をかけてきた本人なのか、用件を間違いなく聞いたかの2点が重要である。その際、顧客を待たせないことにも留意しなければならない。このニーズを感知したことから、チームのメンバーも増強し本格的にテレホンバンキングに取り組むことになった。

96年2月に他の部からD4が異動してきてこのチームに加わり、音声技術と取り組み始めた。このD4と、以前からこのチームにいたD1がテレホンバンキングのイメージをふくらませ、うまくいけば特許の出願もしよう、といった話も出るようになった。重要なのは、誰からの電話かという本人確認と用件の記録であった。3月にDがリーダーとしてこのチームにやってきた。その後D2が、また7月にはD3もこのチームに加わっ

た。また、女性メンバーD5も他の女性メンバーに入れ替わった。このように半年ぐらいの間に入れ替わりも含めてメンバー数が増えリーダーを含め8名になっていた。なお、8名中3名が女性であった。

システム開発部門の特徴は、顧客や営業部門と一番近い位置にあり、常日頃それらと接触していることである。特にリーダーは接触の機会が多い。顧客や営業部門は、このようなものがほしいというアイデアをいろいろ持っている。システム開発部門にとっては異質性であると言える。顧客等のそのようなアイデアを実現するのがシステム開発部門であるが、顧客等とシステム開発部門の間には大きな壁がある。システム開発部門のシステムエンジニア、その中でも特にリーダーが顧客等のアイデアをこれはビジネスになるなど感じ、それを実際に花咲かせるには誰と話をしたらよいかを考える必要がある。このチームの場合は、D1とD4がユーザーや営業との接触の中から芽を感じアイデアをふくらませ、その後着任してきたDリーダーがこれは花になるなど直観した(社外との接触)。

D1らの着想を実現するためにはどうすればよいかをDリーダーは考えた。思いついたのは以前社内報で見たベンチャー企業M社である。M社はA社が94年に作った新ベンチャー制度に基づき、同年A社の従業員4名が退職して設立したベンチャー企業である。Dリーダーがこのベンチャー企業に注目したのは、声により相性診断や健康診断をする「ボイス診断(仮称)」という名前のパッケージソフトを作っていたからであった。このチームはM社と声紋技術の採り入れに関して提携し、具体的にどうすればテレホンバンキングを実現できるかを詰め出した。M社と提携関係にある日本音声研究所(仮称)のF博士の協力を得られることも決まった。F博士は音声科学の権威とされ、松尾芭蕉の声を再現するといったようなことをやっている。M社とF博士という二つの異質性との接触・融合があつて初めて独創的なTELEIMATEを開発することができたのである(社外との接触)。

しかし、96年夏から97年の年明けにかけては、音声で本人を照合することに関しては、メンバーの中でも本当に実現できるだろうかと不安がる意見が強かった。が、DリーダーおよびD4やD1は非常に強い精神力でチーム内の議論で彼女らの不安を払拭し(異質性重視のチームマネジメント)、97年5月に先行ユーザーで無事稼働させることができた。

TELEIMATEの第1の特徴は電話会話の録音

である。電話がかかってくると、先方の音声と当方の音声をサウンドブラスターが交換機から自動的にデジタル録音する。音声の再生は履歴一覧からクリックするイメージで簡単にできる。第2の特徴は取引の検証機能である。間違いなく用件を聞いているか、用件を聞き間違えていないかを、録音データの必要部分を再生し第三者が検証する。第3の特徴は、声紋で本人確認をする技術である。声紋に現れる年齢、性別、身長、顔形、出身地、職業などの特徴から、2秒以内で話者照合を行う。この技術と通常の4桁のパスワードにより精度100%で本人確認ができるのである。

このチームのDリーダーは、「このチームのメンバーは皆頑固者である」という。皆別の方向に専門化している。また、Dリーダーは、プロとしてのより得意な分野でより頑固になることを奨励していると言う。

以上のように、このチームでは社外との接触(顧客や市場との接触と、ベンチャー企業などとの提携の2つがあつた)、および異質性重視のチームマネジメントにより独創的なTELEIMATEを開発できたのである。社外との接触は、因子分析の結果の第2因子(社外(研究所を含む)との接触)に含まれる。また、異質性重視のチームマネジメントは第1因子そのものである。

(2) 情報処理部門の事例「CMOSを用いた超大型コンピュータG8600(仮称)」—独創性と多様性もしくは異質性の関連が薄い事例—

このEチームは、部門長の独創性評価でA(独創性がある)とされたチームのうちの一つであり、情報処理部門では独創性と異質性の関連が薄いことを示すものである。このチームにはもともと異質性があつたが、表面に出てこないようにリーダーによって押さえられ、異質性のないチームとして独創性を発揮した。このチームがやらなければならないことは明確で、いかにものをきちっと作って早く世に出すかであった。旧製品の回路の大部分をもってきて、CMOSという新しいテクノロジーに適合したものに置き換えるのである。あれこれ迷う余地はなく全力で走るしかなかった。チーム内の異質性はEリーダーにより表面に出てこないように押さえられていたのである。

このチームは大型コンピュータG8000シリーズ(仮称。以下商品名はすべて仮称)のG8600モデルグループの開発のうち命令制御の部分を担当してきており、アンケート調査後の1~2か月後にはその開発を完

チームの独創性とマネジメント

了した。CPU単体性能の改善や二階層キャッシュの採用などの設計の工夫と高密度実装の工夫により1ボードシステムを実現し、高性能・高信頼と同時に消費電力、設置スペースなど運用費を含めたトータルなコストダウンを実現しており、その中心である命令制御の部分を開発したEチームには独創性があったと言える。なお、独創性があったとする部門長評価の意味あいの中には、「速く開発をした」という評価も込められているように思われる。

アンケート調査時は、このチームはG8600の開発と並行してG8000シリーズの次の世代のマシンの開発もすでに手掛けており、さらにその次の世代となるはずの、従来方式のコンピュータの壁を破る画期的な方式のマシンの開発も始まろうとしていた時期である。

1992年に大型汎用コンピュータA1800型機、A1900型機の後継をねらいECLマシンの開発が始まった。このEチームはECLマシンの命令制御の部分を担当していた。しかし、ECLマシンをこのまま開発していくと、性能は確かによいものになるが、巨大で重く消費電力も多く熱も出て、かつ値段も非常に高くコストパフォーマンスの悪いものになることがほぼ確実であることが分かってきた。コストパフォーマンスの観点からはCMOSの方がはるかに優れており、また、設置の容易さや、設置後のメンテナンスコストの点からもはるかに優れているが、従来はECLとCMOSの性能差が非常に大きく、超大型機でのCMOS採用は行えなかった。しかし、テクノロジーの進歩により両者の差は年々小さくなり、G8600開発開始時点で超大型のECL機に匹敵するマシンサイクルを達成したCMOSマイクロプロセッサが実現されつつあった。そのため、ECLマシンの開発は2年ほどで中止となり、94年ごろからはCMOSを使った大型汎用コンピュータの開発しようということが会社方針として決まり、このチームはECL機の開発の時代に引き続きCMOS機の命令制御の部分を担当することになった。

CMOSはパソコンやワークステーションには使われていたが、A社では大型機でCMOSを使ったことはなく、いかに短期間でCMOSを使った論理回路を構成して製品開発をするかがEチームの使命であった。小型機はともかく大型機分野でCMOSマシンを開発した経験はなかったので、環境的にも非常に厳しかった。ツールも揃っていない。やらなければならないことは明確で、いかにものをきちっと作って早

く世に出すかであった。チップの実装にも工数がかかる。ECLからCMOSに変わると、論理的にもいろいろ変えなければならなかった。

超大型機とマイクロプロセッサとは機能面で大きな隔りがあり、マイクロプロセッサでのCMOS採用の成功がそのまま超大型機に当てはまるわけではなく、開発着手当時、まだCMOSの遅いスイッチング速度と引き換えの高集積度を高機能、高性能の超大型機に生かす設計のノウハウは社内になく、それを手さぐりで模索しながらの開発であった。ECLとCMOSの両機種を同時に開発するには開発コストや設備投資の面で無理があり、いずれか一方を選択せざるを得なかった。将来性の点からECLを止めてCMOSに決定したが、ECL機の新製品がもはや投入されない以上開発は急を要した。あれこれ迷う余地はなく全力で走るしかなかったのである。このG8600の開発が始まった当時、このチームのメンバーはEリーダーのほかは4名であったが、途中から他のチームから3名が異動してきてメンバー数7名となった。

製品開発は目標時期から逆に線表を引いて、いついつまでにこういう機能・性能のマシンを出さなければならぬ、という世界である。「横道にそれるのは罪悪である」という風土で、このチームのEリーダーも、研究所の多くのリーダーと同じく、多様性もしくは異質性が独創性につながる、という意識は持っていた。しかし、異質性があると開発の速さを阻害する。Eリーダーは、物を開発し製品として出荷できるようにする上で異質性を許容することは非常に難しいことだ、と考えていた。もともとこのチームに異質性は内在しているとEリーダーは考えていたが、その異質性が表面に出ないように押さえざるを得なかった。

A社の汎用大型コンピュータには過去から現在への連続した流れがある。従来のA780型機の回路などの遺産を持っていて、ほとんどそのまま利用し一部に新しいものを付加する。従来のマシンがあってその中で積み上げてきた設計方式を利用することは、Eチームが目標とするCMOS大型汎用機(G8600)を開発するにあたって同様であった。このチームを含め、情報処理部門の開発チームが一番よく参照するのは開発中のマシンの一世代前のマシンの回路である。大部分は一世代前のマシンから持ってきて多少の改良を加えていくのであり、EチームによるG8600の開発も、まさにそういうやり方をとっていた。A780の回路の大部分をもってきて、CMOSという新しいテク

ノロジーに適合したものに置き換えるのである。もちろん創意工夫がないわけではなく、それなりに大変ではある。アンケート調査時(96年8月～9月)の1～2か月後には、このチームのG8600の命令制御の開発という使命は完了した。

この間、チーム内の異質性はEリーダーにより表面に出てこないように押さえられていた。たとえば、メンバーE1は一流国立大学の修士課程で情報工学専攻だったが、その間の1年間アメリカの大学に留学している。日本人には珍しく、アメリカ人のように先に自分の意見を言うタイプである。一人でインドに長期滞在しフーテン的な暮らしをしたという逸話の持ち主でもある。彼は命令パイプラインの『Eユニット』と呼ばれる部分の設計を担当していたが、設計方式に関しEリーダーを含む他のメンバーと対立した。EリーダーとしてはE1の意見を取り入れる余裕はないと判断し、その意見を退けた。その結果E1には設計から離れてもらわざるを得なくなり、E1は他のメンバーが設計したものをシミュレーションなどによって検証するという後方の仕事に回った。異質なものを持っていたがゆえにはじき出されたのである。E1は後にアメリカのマイクロコンピュータ関連の会社に出向することになる。Eリーダーは「今から考えると、E1の意見を取り入れていたとしたら面白かったかも知れないと思う。しかし、あの時はそれができる環境ではなかった」と言っている。

また、「異質性が押さえられると、不平不満が単純な形で出てくる」ともEリーダーは言う。例えば、「これはやりたくない」とか「疲れてしまう」などといった発言である。表面だけ見ると後ろ向きに見えるが、Eリーダーは、「今の仕事とは別のこういう仕事をやりたいが、できない」というような考えが背景にあったのだろうと考えている。異質性が不平不満といった形で出てきた時に、それを認めていては目標の納期を達成できない。Eリーダーは、「こういうことも成果の一つなんだよ」とかなだめすかして、なんとかやらせるということが結構あった、と言う。

なお、アンケート時点には、すでにこのチームの中でG8600の次世代のマシンの開発が進んでおり、そのさらに次の世代となるはずの、従来方式のコンピュータの壁を破る画期的な方式のマシンの開発も始まろうとしていた。この新方式のマシンの開発は、アンケート時点からインタビュー時点(97年11月)までにかなりの進展を見ている。この過程では、Eリーダー

が意識的にチーム内の多様性もしくは異質性が表面に出てくるような、あるいはチームに異質性を取り込むようなチーム・マネジメントに変えた。

メンバーの出身学科はばらばらである。情報処理部門全体では情報工学科や電気学科の出身者が多いが、このチームには電気学科出身者が1名いるだけで、リーダーが機械、メンバーは船舶、数学、理工などさまざまである。チーム・リーダーを含めメンバーの多くが初めてこの分野を経験したものと言える。メンバーに自由にやるようにさせると、結構潜在的なわがまが出てくる。Eリーダーは、「そうしたメンバーのいろいろな行動を許容すると、チームの独創性が出てくることを発見した」とも言う。さらに、「多様性もしくは異質性が表面に出るのを押さえ続けてきた後であったが、今から考えると異質性がよく温存されていた」ともEリーダーは語っている。

情報処理部門のこの事例の中心は、独創性を出すために多様性もしくは異質性が表面に出ないように押さえられていたことを示している。その結果多様性のないチームとなって独創性を発揮した。多様性と独創性の関連は薄いのである。ただし、この部門の独創性の意味あいの中には「開発の速さ」が含まれている。なお、このEチームのリーダーがちょうどアンケート前後の時点から、技術的な壁を破り全く新しい方式のコンピュータを設計する必要から多様性を表面に出すチーム・マネジメントに変えたことは、すでに述べたとおりである。

7 結論

本稿では、製造企業A社の研究所においてアンケートにより「独創性があると思うチームはどこか」および「独創性があると思う個人は誰か」を質問した。その結果から、独創性は特許出願や論文数などの研究開発のパフォーマンスとは違うものであり、総合的・主観的に他人が評価するのが適当であることが分かった。

【事実発見1】

特許出願数や論文数と、独創性のあるチームのチーム得票数、および個人得票のチーム内合計数とは相関が低い。

さらに、上記の得票結果を見ていったところ、企業の研究開発チームには、個人特性とは別のチーム特性としての独創性が存在することが分かってきた。

チームの独創性とマネジメント

【事実発見 2】

製造企業の研究開発チームにおいては、個人特性とは別のチーム特性としての独創性が存在する。

続いてアンケート調査を統計的に分析していったところ、チームの多様性もしくは異質性が独創性に効くことが分かってきた。

【事実発見 3】

「チームの構成メンバーの多様性」と、「異質性取り込みなどのリーダーのチーム・マネジメント」が、チームの独創性につながる。

なお、紙幅の関係で取り上げなかったが、研究所においてもいくつかの事例を収集している。一つ目の事例は「Bトランジスタ」である。これは、チームに材料が専門の者とデバイスが専門の者はいたが電気電子の知識のある者がいなかったため行き詰まっていた研究において、電気電子の知識のある博士課程を修了した新人が入社しこのチームに配属されたことをきっかけにブレークスルーが起こった事例である。つまり、材料、デバイス、電気電子という三つの多様な専門がチーム内にあることで初めて研究を推し進めることができ、独創的な技術を生み出すことができたのである。大学における専門の多様性そのものが直接独創性に効いたのであり、第1因子の「多様な知識・考え方の因子」に関連した事例である。

もう一つの事例は「電子コミュニティ」である。これはソフトウェア研究の分野であり、研究の最初の段階での議論の際に多様性が効いた事例である。情報研究部門のこのチームには異分野である通信研究部門の出身者が入っていた。そして、リーダーがそういうチーム内での議論を自由に行かせた。この2点での多様性もしくは異質性が独創性に効いたのである。前者は第5因子「異分野経験」そのものであり、後者は第2因子「異質性取り込み・混合のチーム・マネジメント」に関連している。これらの事例からも、チームの独創性が存在すること、およびチームの多様性がチームの独創性につながる事が分かる。さらに、事業部門(システム開発部門および情報処理部門)における統計的分析および事例分析から、システム開発部門においても多様性もしくは異質性が独創性につながる事、および情報処理部門では独創性と多様性もしくは異質性の関連は薄いことが分かった。

システム開発部門は主として直接顧客と接触する部門であることから上記の特徴が出てきており、情報処理部門では開発の速さが重要な要素の一つであることから上記の特徴が出てきたものであった。

【事実発見 4】

システム開発部門においても、多様性もしくは異質性が独創性につながる。

【事実発見 5】

情報処理部門においては、独創性と多様性もしくは異質性の関連は薄い。

以上五つの事実発見から製造企業の研究開発組織の管理上の有益な示唆が得られたものと考えられる。チームの多様性ないし異質性がチームの独創性につながることを一言で言うと、独創性はマネジメントにより作られる、と言えるのではないだろうか。つまり、個人の独創性は必ずしもチームに必要ではなく、独創的な個人がいなくてもチームが独創的たりうるのである。そして、それを可能にするのがリーダーのマネジメントなのである。ここでいうマネジメントには、チームの構成メンバーの多様性を実現することも含めて考えている。

しかし、情報処理部門の分析では、独創性と多様性もしくは異質性の関連は薄いという現状が浮かび上がった。市場ないし顧客に最も遠いのが研究所である。研究所から、情報処理部門、システム開発部門、営業部門の順に市場ないし顧客に近くなっていく。このため、研究所において多様性が独創性に効くと分かった時、筆者が予想したのは、多様性が独創性に効く度合いは研究所—情報処理部門—システム開発部門の順に大きくなるか小さくなるかのいずれかであろう、ということであった。しかし、アンケートの統計的分析および事例分析の結果では、研究所とシステム開発部門では多様性が独創性に効くが、情報処理部門では多様性と独創性の関連は薄かった。システム開発部門は直接顧客と接触する部門であることが主要因となって多様性もしくは異質性が独創性に効いているのであり、この結論は納得できるものである。これに対し、情報処理部門のチームの多くは、開発の目標時期が明確に決まっており、そこでは開発の速さが重要な意味を持っている。このことから、多様性と独創性の関連は薄いという現状を説明することができた。つ

まり、部門の使命ないし仕事の内容が、異質性と独創性の関連を大きく左右していることが分かったのである。ただし、情報処理部門の現場でも、今後は多様性もしくは異質性を導入する方向に行かねばならないという認識を持っていることはすでに述べたとおりである。同質的なメンバー間では議論が発生しにくい、異質なメンバー間では議論が発生しやすい。異質なもののぶつかり合いが自然な形で行われるように持っていくのがリーダーのマネジメントの役目だと思われる。異質なものを重んじ、異質なもの同士がぶつかり合うことによって新たな独創性が生まれるものと考えられる。

以上のようにして、チームの独創性はチーム・マネジメントによって作られることが分かったが、そのメカニズムの解明については今後の課題である。

注および参考文献

- [1] 三省堂「辞林21」による。
- [2] A社の研究所の管理部門の長の前任者は、同研究所の1,200人の研究者のうち独創性がある個人は二人しかいないと言うが、乙はその二人のうちの一入である。
- [3] 野中郁次郎、「知識創造の経営—日本企業のエピステモロジー—」一、日本経済新聞社、1990。
- [4] 竹内弘高、石倉洋子、「異質のマネジメント—日本の同質経営を超えて—マネジャー431人現場からの提言—」、ダイヤモンド社、1994。
- [5] 小山和伸、「技術革新の戦略と組織行動」、白桃書房、1992。
- [6] Pelz, Donald C.; Andrews, Frank M., "Scientists in Organizations: Productive Climates for Research and Development," New York, John Wiley & Sons, 1966. Revised ed. Institute for Social Research, Ann Arbor, Michigan, University of Michigan, 1976. (初版の訳：金子宙監訳、長町三生、加藤愛之助、榊原幸一、井上努訳、「創造の行動科学—科学技術者の業績と組織—」、ダイヤモンド社、1971)
- [7] Allen, T. J., "Managing the Flow of Technology," Cambridge, Mass., The MIT Press, 1979. (中村信夫訳、「技術の流れ」管理法、開発社、1984)
- [8] Tushman, M. L., "Special boundary roles in the innovation process," *Administrative Science Quarterly* 22, 1977, pp.587-605.
- [9] Wilson, J. Q., Innovation in organization: Notes toward a theory, Thompson, J. D., *Organizational Design and Research*, Pittsburgh, Pa., University of Pittsburgh Press, 1966, pp.193-223.
- [10] 榊原清則、「日本企業の研究開発マネジメント—“組織内同形化”とその超克—」、千倉書房、1995。
- [11] それと同時に、各アンケート票に「A社およびその関係関連会社の中で独創性があると思うチーム」を三つまで、また「A社およびその関係関連会社の中で独創性があると思う個人」があれば1名を、それぞれ挙げてもらった。その結果、予想どおり投票先は多岐に渡り投票を得たチームの多くはアンケート対象のチームでなかったりしたこともあり、この質問の関連では意味のある分析はできなかった

学術情報センター紀要索引 (著者名別)

著者	号	頁	発行年	著者	号	頁	発行年	
あ 相澤 彰子	4	51	1991	い 猪瀬 博	1	i	1987	
	7	113	1995		11	i	1999	
	8	201	1996	う 牛崎 進	1	167	1987	
	9	195	1997		11	105	1999	
	9	219	1997	内山 清子	11	49	1999	
	10	119	1998	え 枝川 明敬	11	217	1999	
	11	87	1999		お 大井 敏暉	1	133	1987
	相原 信也	9	73	1997		大江 和彦	5	41
		青木 利晴	9	9	1997	6	115	1994
	浅野 正一郎		2	15	1989	7	231	1995
		3	113	1990	7	243	1995	
8		233	1996	11	75	1999		
8		255	1996	大久保 一彦	3	97	1990	
9		173	1997	太田 学	9	161	1997	
9		179	1997	太田和 良幸	7	181	1995	
10		175	1998	8	337	1996		
10		185	1998	8	359	1996		
安達 淳		1	73	1987	大山 敬三	1	73	1987
		1	109	1987		1	91	1987
	4	37	1991	2	93	1989		
	5	53	1992	3	49	1990		
	7	1	1995	7	13	1995		
	8	209	1996	8	95	1996		
	8	221	1996	9	83	1997		
	9	143	1997	10	29	1998		
	9	161	1997	小口 正人	8	277	1996	
	10	111	1998	小澤 宏	1	25	1987	
阿部 俊二	10	185	1998	尾城 孝一	1	175	1987	
	11	155	1999	小野 欽司	8	i	1996	
阿部 博則	1	125	1987	8	301	1996		
安藤 史郎	3	113	1990	9	131	1997		
い 池田 和幸	9	143	1997	9	137	1997		
	生駒 栄司	11	87	1999	9	203	1997	
		10	239	1998	10	127	1998	
	石井 奈穂子	7	193	1995	10	135	1998	
		井上 俊哉	4	177	1991	10	157	1998
	5		163	1992	11	87	1999	
	6	i	1994	11	131	1999		
	6	97	1994	11	169	1999		
	8	1	1996	か 開原 成允	5	i	1992	
	10	1	1998					

	著者	号	頁	発行年		著者	号	頁	発行年			
か	柿沼 澄男	11	179	1999	こ	小山 照夫	2	85	1989			
		11	197	1999			3	75	1990			
	影浦 峽	2	107	1989			3	87	1990			
		3	49	1990			5	41	1992			
		3	59	1990			6	115	1994			
		7	217	1995			7	243	1995			
		10	23	1998			8	291	1996			
			11	19			1999	11	49	1999		
			11	49			1999		権 忠煥	4	119	1991
	片山 紀生	8	221	1996				訳：金 容媛				
	勝野 聡	4	37	1991			さ	酒井 乃里子	7	1	1995	
桂 英史	3	59	1990		酒井 保明	2	15	1989				
	4	51	1991		坂内 正夫	7	165	1995				
		4	67	1991		佐々木 仁	7	231	1995			
	金原 史和	7	153	1995		佐藤 敬幸	6	13	1994			
	川口 忠雄	8	291	1996		佐藤 真一	7	141	1995			
	神田 百合枝	1	185	1987			7	153	1995			
	神門 典子	7	29	1995			7	165	1995			
		8	107	1996		佐藤 豊	10	119	1998			
		8	221	1996		佐和 隆光	9	1	1997			
		10	37	1998	し	清水 忠雄	10	i	1998			
		11	1	1999	す	杉本 雅則	8	221	1996			
き	北村 明久	8	75	1996	そ	孫 媛	7	193	1995			
		3	49	1990			8	143	1996			
	木村 優	7	231	1995			9	103	1997			
	金 容媛	6	35	1994			10	211	1998			
	熊淵 智行	7	231	1995			11	179	1999			
く	黒田 晴雄	7	i	1995	た	田浦 俊春	8	291	1996			
	計 宇生	7	129	1995		高須 淳宏	4	51	1991			
け		8	267	1996			4	67	1991			
		9	189	1997			7	1	1995			
		10	195	1998			7	63	1995			
		11	139	1999			8	221	1996			
	こ	越塚 美加	8	131	1996			9	83	1997		
			8	221	1996			9	143	1997		
		9	91	1997			9	161	1997			
		10	1	1998			10	111	1998			
		10	9	1998		高城 章代	8	75	1996			
		11	207	1999		竹内 孔一	11	49	1999			
	児玉 文雄	11	225	1999		田代 朋子	7	231	1995			
後藤田 洋伸	8	325	1996		竜岡 博	8	27	1996				
	9	131	1997		田村 俊作	4	85	1991				
	11	119	1999		為石 理恵子	1	149	1987				

	著者	号	頁	発行年		著者	号	頁	発行年
ち	崔 明興	2	15	1989	は	橋爪 宏達	1	61	1987
	趙 偉平	8	233	1996		1	73	1987	
		8	255	1996		7	49	1995	
		9	173	1997		7	63	1995	
		9	179	1997		8	317	1996	
		10	175	1998		7	49	1995	
		11	147	1999		濱田 喬	2	1	1989
	張 希軒	4	105	1991		3	97	1990	
	訳：計 宇生					4	85	1991	
	つ	辻井 潤一	11	75		1999	6	125	1994
		辻川 輝男	1	197		1987	7	153	1995
坪谷 寿一		5	53	1992	早川 公泉	10	111	1998	
鶴岡 弘		8	95	1996	林 昌夫	4	137	1991	
		9	83	1997	原 正一郎	4	51	1991	
と	時実 象一	5	99	1992	4	67	1991		
	外山 良子	7	345	1995	ひ	日紫喜 光良	11	75	1999
	鳥居 俊一	3	49	1990	一松 信	5	1	1992	
な	内藤 衛亮	1	1	1987	ふ	藤代 節	7	313	1995
		2	25	1989	8	155	1996		
		2	123	1989	9	113	1997		
		4	85	1991	10	53	1998		
		4	137	1991	藤野 貴之	10	203	1998	
		5	183	1992	11	163	1999		
		6	13	1994	ほ	本郷 清次郎	1	159	1987
		7	49	1995	ま	牧野 隆志	7	63	1995
		8	75	1996	牧村 正史	2	53	1989	
		8	95	1996	益森 治巳	8	75	1996	
		9	73	1997	松野 とも子	1	205	1987	
		10	1	1998	松村 多美子	9	i	1997	
		11	33	1999	丸山 勝巳	11	93	1999	
	長野 由紀	7	49	1995	み	宮澤 彰	1	61	1987
	名和 小太郎	11	59	1999	3	1	1990		
	に	西澤 正己	10	219	1998	3	49	1990	
			11	179	1999	8	435	1996	
ね	根岸 正光	1	25	1987	も	孟 洋	7	165	1995
		2	43	1989	森野 博章	9	219	1997	
		2	53	1989	諸富 秀人	1	211	1987	
		3	49	1990	や	矢野 正晴	11	179	1999
		4	1	1991	11	225	1999		
		4	13	1991	山崎 茂明	9	227	1997	
		5	27	1992	9	235	1997		
	の	野末 俊比古	10	9	1998	山崎 高日子	2	1	1989
		11	207	1999	山田 清志	7	63	1995	

著者	号	頁	発行年	Author	Vol	Page	Year	
や 山田 尚勇	2	i	1989	A Ampornaramveth				
	3	i	1990	Vuthichaj	11	87	1999	
	3	139	1990	Andres Frederic	8	301	1996	
	3	161	1990		9	137	1997	
	4	i	1991		10	127	1998	
	4	261	1991		10	157	1998	
	4	319	1991		11	169	1999	
	4	331	1991	B Boulos Jihad	9	203	1997	
	5	27	1992		10	135	1998	
	5	69	1992		11	131	1999	
	5	183	1992	Buford John F.	10	127	1998	
	6	139	1994	C Claude Christopher	9	137	1997	
	6	199	1994	Collins Boyd R.	10	229	1998	
	6	249	1994	J Jelade Marielle	11	169	1999	
よ 吉岡 真治	7	73	1995	P Pechter Kenneth	11	197	1999	
	7	253	1995	Perry Brian	8	385	1996	
	8	27	1996	R Ribault Thierry	6	67	1994	
	9	33	1997		6	85	1994	
	10	81	1998		8	191	1996	
	10	73	1998	Runggeratigul Suwan	8	233	1996	
	11	27	1999		9	173	1997	
	11	49	1999		9	179	1997	
	り 李 春澤	3	21	1990	S Smith Neil	5	113	1992
	わ 早稲田 聡	6	125	1994	Swinerton-Dyer H.P.F.	6	1	1994
					T Toranawigrai Tredej	10	157	1998
				V Viemont Yann	9	203	1997	

NACISIS