

---

# 学術情報センター紀要

---

Research Bulletin of  
the National Center for Science Information Systems

第 12 号

2000 年 3 月

文部省 学術情報センター

## 卷頭言

### 「学術情報センター紀要」最終刊の発刊に際して

学術情報センター研究開発部長 小野 欽司

学術情報センターはこの 4 月から国立情報学研究所として再出発いたします。1986 年の創立以来、我国の学術情報基盤の構築、運営に貢献し、これらの事業を支援するための学術情報及び学術情報システムに関する研究開発を推進してきました。

学術情報センター紀要には 1987 年 3 月の第 1 号の創刊からこの 12 号に至るまで学術情報センターの様々な研究開発活動がまとめられ、掲載されてきました。

この間、論文や報告、解説記事などに掲載された研究活動の内容は変遷しています。世の中の情報化の進展、インターネットの急速な普及に合せて学術情報環境も大きく変わり、ネットワークもインターネットバックボーンの SINET が急速に拡大し、目録所在情報事業をはじめ、データベースサービスや電子図書サービスも順調に拡大、推移してきました。

また、Webcat をはじめ、WWW をベースにした情報発信は学術情報センターの活動をタイムリーに大学等の研究者ばかりでなく世界の多くの人々にそれらを伝え、フィードバックを受けています。

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）プログラムの研究活動やその他のプロジェクト研究も推進され、新研究所がめざす情報学に係る新しい研究領域の開拓にも貢献して参りました。

我国の情報に関する研究を飛躍的に強化すべき役割をもつ国立情報学研究所が発足いたしますので、学術情報センター紀要是本号をもって終りとなります、また装いを新たにして、さらに充実、幅広い分野をカバーする国立情報学研究所の研究活動を発信するものを発刊することになると思います。引き続き、皆様のご支援をお願い申し上げます。

平成 12 年 3 月 15 日

## 学術情報センター紀要 第12号

### 目 次

巻頭言 「学術情報センター紀要」最終刊の発刊に際して 小野 欽司（学術情報センター研究開発部長）

#### 研究論文

##### 学術情報分野

Reading, Writing and Abacus in the Age of Digital Contents

Eisuke NAITO ..... 1

文法的制約を用いた複合語解析モデルの作成

竹内 孔一（学術情報センター）、内山 清子（学術情報センター）、

吉岡 真治（学術情報センター）、影浦 峠（学術情報センター）、

小山 照夫（学術情報センター） ..... 7

大規模テストコレクション構築のためのブーリングについて：NTCIR-1 の分析

栗山 和子（学術情報センター）、神門 典子（学術情報センター）、

野末 俊比古（学術情報センター）、江口 浩二（学術情報センター） ..... 17

クラスタにおけるコンテキスト依存な局所情報を用いたクエリ拡張

江口 浩二（学術情報センター） ..... 31

##### システム分野

次世代 IP ルータ技術の動向と課題

浅野 正一郎（学術情報センター）、魚瀬 尚郎（学術情報センター）、

漆谷 重雄（学術情報センター） ..... 39

分散能動オブジェクトシステムのための Java ライブライバーCape

丸山 勝巳（学術情報センター） ..... 45

The MISE Metadata Engine for Multimedia Information Retrieval

Frederic ANDRES (National Center for Science Information Systems) ,

Nicolas DESSAIGNE (National Center for Science Information Systems) ,

Vanessa MILONE (IRESTE, University of Nantes, France) ,

Kinji ONO (National Center for Science Information Systems) ..... 59

分散環境におけるダイナミクメディア同期に関する研究

趙 健平（学術情報センター） ..... 67

ポリゴンモデルを再構成するための多視点ステレオアルゴリズム

後藤田 洋伸（学術情報センター） ..... 75

視覚化に適した制約階層の拡張法

細部 博史（学術情報センター） ..... 81

$\Sigma GI/G/1$  拡散近似末尾分布の高精度化

阿部 俊二（学術情報センター）、浅野 正一郎（学術情報センター） ..... 93

“SAIKAM”：インターネット上での協調的な対訳辞書構築環境の実現 ウッティチャイ アムポーンアラムウェート（学術情報センター）、 相澤 彰子（学術情報センター）、大山 敬三（学術情報センター）、 タサニー メーターピスィット（タマサート大学）	101
オンラインジャーナル編集・出版システムの開発 大山 敬三（学術情報センター）、神門 典子（学術情報センター）、 佐藤 真一（学術情報センター）、加藤 弘之（学術情報センター）、 日高 宗一郎（学術情報センター）	111

## 調査研究分野

### 情報科学研究の分野分類に関する調査研究

西澤 正己（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）	121
---------------------------------------------------	-----

### 社会教育機関としての公共図書館における情報利用支援の現状と課題

－情報リテラシーの育成をめぐる総合的検討に向けた予備的考察－ 野末 俊比古（学術情報センター）	129
----------------------------------------------------	-----

### 産業技術競争力の決定要因分析

矢野 正晴（学術情報センター）、亀岡 秋男（科学技術と経済の会）	137
----------------------------------	-----

### 大学部門における研究活動の成果と研究投資の関係に関する研究

枝川 明敬（学術情報センター）	153
-----------------	-----

### 情報の取引に関する法体系についての考察－情報の法と経済学の構築に向けて－

福田 光宏（学術情報センター）	163
-----------------	-----

### 文末態度表現を用いた日本の Web Page の調査

土井 晃一（(株)富士通研究所(元学術情報センター客員助教授)）	189
----------------------------------	-----

### 学術情報センター紀要素引（著者名別）

### 学術情報センター紀要素引（既刊別）

Research Bulletin  
of  
The National Center for Science Information Systems  
Volume 12, March 2000  
Table of Contents

K. Ono Preface

## Contributions

Scholarly and Science information Research Area

- |                                                                      |    |                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| E. Naito                                                             | 1  | Reading, Writing and Abacus in the Age of Digital Contents                                          |
| K. Takeuchi<br>K. Uchiyama<br>M. Yoshioka<br>K. Kageura<br>T. Koyama | 7  | Building Japanese Compound Words Analyzer Based on Grammatical Constraint                           |
| K. Kuriyama<br>N. Kando<br>T. Nozue<br>K. Eguchi                     | 17 | Pooling for a Large-Scale Test Collection : Analysis of the Search Results for the NTCIR-1 Workshop |
| K. Eguchi                                                            | 31 | Query Expansion using Context-sensitive Local Information of Clusters                               |

## **System Research Area**

- S. Asano 39 Trend in Next-Generation IP Router Technologies

H. Uose  
S. Urushidani

K. Maruyama 45 A Java library "Cape" for building distributed active object systems

F. Andres  
N. Dessaigne  
V. Milone  
K. Ono

W. Zhao 67 Dynamic Synchronization of Media in Distributed Environment

H. Gotoda 75 A Multiview Stereo Algorithm for Reconstructing Polygonal Models

H. Hosobe 81 Extending Constraint Hierarchies for Better Visualization

S. Abe  
S. Asano 93 Accuracy Refinement for Diffusion-Approximated Tail Probabilities of  $\mathcal{E}GI/GI$

- V. Ampornaramveth 101 Implementation of an Internet--Based Dictionary Development Environment: "SAIKAM"  
A. Aizawa  
K. Oyama  
T. Methapisit
- K. Oyama 111 Development of an Online Journal Editing and Publishing System  
N. Kando  
S. Satoh  
H. Kato  
S. Hidaka

**Research Trend Research Area**

- M. Nishizawa 121 An Investigation into the Classification of the Research Fields of Information Sciences in Japan  
Y. Sun  
M. Yano
- T. Nozue 129 Study on Information Use Instruction in Public Libraries: Toward Considerations of Information Literacy Education
- M. Yano 137 Analysis of the Decisive Factors in Competitiveness of Industrial Technology  
A. Kameoka
- A. Edagawa 153 The study on the relation between the result and the investment of the research activity in universities
- M. Fukuda 163 A Study on Laws Regulating Markets for Information Goods: Toward Construction of "Information Law and Economics"
- K. Doi 189 A Research of Japanese Web Pages based on Attitude Expressions at the ends Sentences
- Authors Index** 197
- Bulletin Index  
(Issues 1-12)** 203

## 研究論文

## Reading, Writing and Abacus in the Age of Digital Contents

Eisuke NAITO<sup>1)</sup>

National Center for Science Information Systems

**ABSTRACT**

Mission is discussed together with emergence of digital contents, Japanese definition of information literacy for pursuing the universal elements of library and information services. Traditional skill such as "Reading, Writing and Calculus (Abacus)" is the basis of intellectual comprehension and assimilation in the age of digital contents. Social role or function of librarianship, in the light of the Global Information Society, is discussed to be still the same as the traditional function defined by S. R. Ranganathan.

[Keywords] Information, Literacy, Mediacy, Digital contents, University library, Network publishing, Computer literacy

- 1 The Five Laws of Library Science
- 2 Recorded Knowledge - Digital Contents
- 3 Digital Contents and University Libraries
- 4 Information Literacy - a definition
- 5 Information Literacy - focus of education
- 6 Creators, collectors, communicators and consolidators - by Nick MOORE
- 7 Modern Skills and Traditional Capability

**1 The Five Laws of Library Science**

Shiyali Ramamrita Ranganathan, an Indian Scholar in librarianship, presented a definition of library service, regardless of types of library, of its modern social function, and it was published in 1931<sup>2)</sup>.

- Books are for use  
Books are for all  
Every books, its reader  
Save the time of readers  
A library is a growing organization

This "Five Laws" summarises the social function of library and information services. The general nature of the laws, published in 1931 when there was no computer and no Internet, is still valid in the very late 1990s. We can discover new knowledge by exploring the old. I believe that the Law points the basic direction of library

and information services in the future.

**2 Recorded Knowledge - Digital Contents**

Recorded knowledge is not only in print on paper, but also in hand writing (manuscripts). Recently electronic form of recorded knowledge (= digital contents) is emerging and increasing. They are widening their scope and variety.

Depending on type and intention, some portion of recorded knowledge shall be organised, stored and made available for utilisation in user-friendly manner. Although some record such as memos and scribbles are written, they are types of record to be used-up and discarded as their nature or mission. Or some records are ephemeral by the original purpose. There are so many electronic files that are forgotten to save in floppy diskette and gone forever.

The introduction of the World Wide Web (WWW, W3)

## Reading, Writing and Abacus in the Age of Digital Contents

made the Internet real popular and led to an explosion in 1993/94. HTML (HyperText Markup Language), currently in use in WWW, is based on SGML (Standardised General Markup Language) developed by the American Publishers Association (APA) and others during 1980s. Both technologies have a very short history of only about ten years. Together with other information technology (IT), they form challenge to library and information services<sup>3)</sup>. Method of recording (e.g. SGML, HTML), device of recording (computer, scanner, cameras?), and electronic recording media, are still of their infancy in comparison to the whole history of recorded knowledge.

History of hand writing goes back to many hundred years, and the history of movable types that was invented in Korea also goes back to hundreds of years. The history of electronic documents has only 30 years since computer appeared in commerce, industry, research, education and civil life. The latest technology of computer, telecommunication network, digital contents, though always latest and new, are kept emerging, but it is possible to take them as only one mode that temporally added to a part of traditional activities of "reading, writing and calculus."

### 3 Digital Contents and University Libraries

Because I am working for the National Center for Science Information Systems (NACSIS) that deals with scholarly information exchanged among institutions of research and education, among researchers as well as students, I have been involved in data creation, computer utilisation, and user support based on information technology. Apart from scholarly journal articles published by academic societies and university press, great many forms or formats of scholarly documents and recorded knowledge are created and disseminated within university.

In the middle of 1990s, I started a project, with co-operation of six university libraries, of network publishing of these records over campus LAN (local area network) that is also linked for universal access<sup>4)</sup>. Once uploaded to the system and network, still with many technical barriers, the electronic documents shall be offered to world-wide access instantly. The project aimed at procedure of file submission, copyright clearance,

indexing, homepage creation, selection and acquisition of search engine, continuous input work flow. Its aim was to establish a role of university library, by university library staff, in the Global Information Society.

NACSIS is developing an "Online Journal" system (Distributed Online Journal Editing System) in conjunction with the Japan Science and Technology Corporation (JST; old JICST)<sup>5)</sup>. The Online Journal system is offering an opportunity of electronic compilation, printing, network publishing of their journals for scholarly societies and professional associations. Consequently, the system is going to be made available for university libraries if requested<sup>6)</sup>.

A term "electronic library" usually denotes the direct database access through telecommunication network in which there is no support nor intervention by library staff. But the project I promoted in the past five years aimed at developing a system by library staff who creates, maintains and provides access of electronic documents produced in campus. University presses have played a substantial role in academic publishing and had a strong relationship with university libraries. The project aimed at developing active commitment of library staff on network publishing or broadcasting, and forming a new academic publishing function in the next decade.

### 4 Information Literacy - a definition

Connotation of a term "Information Literacy" depends on the context used or on person who uses the term. It is not desirable for healthy development of library and information services that the term "Information Literacy" is being used in random association or short-cut association with computer, network, databases, etc.

The problem is not of the multi-meaning of the term, but in the situation that the information literacy is commonly shared by users of recorded knowledge and library staff who support the use of knowledge. In the project of network publishing by university library staff, we have a series of efforts in every steps to learn by everybody, by ourselves. In other words, we have competed, confronted and harmonised with information literacy throughout the project.

The term "Information Literacy" denotes not only computer-related matters, but should be comprehended in

the context of the whole spectrum of recorded knowledge. "Information Literacy" for librarianship has been a traditional element that existed in information use - creation, publishing, collection, storage, and use - since old days.

A definition of "Information Literacy" in Japan, with related mentions to computer, is oriented to the entire series of information use:<sup>7), 8)</sup>

- 1) Capability of judgment (evaluation), selection, organization, and processing of information as well as of information creation and communication;
- 2) Understanding of characteristics of information society, effects of information over society and human beings;
- 3) Recognition of importance of, and responsibility for information;
- 4) Understanding of foundation of information sciences, learning of basic operation skills of information and information devices (particularly computer).

This Japanese version of "Information Literacy" means "a basic individual capability to subjectively choose and utilize information and information media" (authors' English), and equally positioned as "reading, writing, and calculus" to promote "critical thinking power," "critical appraisal of information and information media."

## 5 Information Literacy - focus of education

The definition was introduced in relation to primary and secondary education in Japan. Emphasis is laid on the following activities in the revised curriculum in regard to information literacy education:

- 1) Promote information literacy: information literacy as equally positioned as "reading, writing, and calculus" to be one of basic endowments of pupils and students who are to live in advanced information society. (information literacy is a basic individual capability for subjectively choose and utilize information and information media.)
- 2) Revitalize school education by information media: teaching methods shall be enhanced by

subjectively utilizing information media such as computer.

- 3) Establish information morality (ethics): fundamental recognition (information morality / ethics) shall be promoted on social significance, value, impact, responsibility of information and information media.
- 4) Coping with sunny side and dark side of information society: taking the best advantage (sunny side) of information and information media, consideration shall be given to the dark side such as over reliance to information, dilation of virtual experience, information crime, etc.

The focus is an indication of wider perception for literacy promotion, regardless of its form / format. And it has common elements with library and information services in terms of information skill.

## 6 Creators, collectors, communicators and consolidators - by Nick MOORE

Nick MOORE, a British expert on information and information policy, gave a NACSIS Open Forum in January 1999 discussing on the demand for information professionals to be expanded<sup>9)</sup>. He says that "The skills and abilities required by those professionals will be different from what we have known before". Then he projected the emergence of four complementary groups of information professionals: Creators, Collectors, Communicators and Consolidators. I shall introduce what Professor N. MOORE projected for information professionals in the near future (Moore's words in Italic).

Creators  
Collectors  
Communicators  
Consolidators

*Creators: The creators will be the ones who can develop and produce information products and services. They will need to be able to understand the technology to the extent that they can exploit its potential. They will need to be able to make information systems work and, above all, to make them work in the easiest possible way.*

## Reading, Writing and Abacus in the Age of Digital Contents

*It should be as easy to switch from using one information system to another as it is to switch from driving one car to another.*

*Collectors:* Services like the Internet are extending dramatically our ability to access material. But someone, somewhere needs to build up collections of information that we can consult. This is the traditional role of librarians, archivists and records managers. Their aim is to build up collections of information in anticipation of some future use. Collectors try to satisfy the current needs of their users but they are also trying to forecast the needs that will develop in the future and to collect the material that will satisfy that future demand. Information collections are not static; without constant maintenance their quality declines as the information grows older and new material is missed.

*Communicators:* Information comes best when wrapped in a person. Those who claim that we will satisfy all our information needs through the networks misunderstand the nature of information needs and information-seeking behaviour. True, we will make greater and greater use of electronic information. But, as our use of information becomes more sophisticated, we will need recourse to information specialists who can help us find the answer to our problems by tailoring the information provided to our particular circumstances. The communicators will need a high level of inter-personal skills. They will need to be able to modify and adjust their service to suit the personality characteristics of the person with whom they are communicating.

*Consolidators:* The consolidators are the people who will make sense of the world for managers. They will act as the filters and the researchers, working as part of a management team. The consolidators will need to be very adept at collecting information. In some circumstances they will do this by searching databases and other secondary sources. In others they will collect and process the information themselves. In either case they will be called upon to combine information from different sources to provide a richer picture of the world. Without such combination and consolidation managers will continue to try to use two-dimensional information to make

*sense of a three-dimensional world.*

These four types of information professionals, apparently with strong relationship with the concept of the Global Information Society, can be taken as one another new addition to the description of profession (librarianship).

### 7 Modern Skills and Traditional Capability

IT evolution continues such as the Internet, multimedia, electronic manuscripts, electronic publishing, network publishing and many more. These are modern or ultra-modern technology. However, it is the social functionality of librarianship to organise and to store the recorded knowledge for utilisation with the awareness to harmonise emerging new information technology and traditional library skills.

Shape of new information technology is not the problem. When librarian associates and supports new IT services and products to users, it is important to be aware for his/her social function of enhancing "critical thinking power," "critical appraisal of information and information media" of information users. Although the IT situation is changed, the general framework of library and information services is not changed from those presented by Ranganathan's Five Law.

I believe that the basis of intellectual comprehension is the traditional "reading, writing, and calculus (abacus)," so that utilisation of recorded knowledge is based on these classical skills. I would like to stress that library and information services still act as social device for enhancing information literacy and information skill of users in the age of digital contents.

### Acknowledgement

The paper is based on a lecture delivered at the 37th Annual General Conference of the Korean Library Association (KLA) in Kwangju-city, Korea in September 16-18, 1999. During the preparation of text, Mr. JO Won-ho, Secretary General of KLA, and his secretary, Mrs. PARK Kyung-Ah gave me endless support. For Chapter Three, I indebted to library staff of six university libraries, namely Kagoshima, Kanazawa, Kumamoto, Kyoto, Nagaoka, and International Christian University. Mr.

Histoshi HAYASE was the co-leadership of the project. For Chapter Four and Five, major sources were prepared by Miss Mika KOSHIZUKA, Associate Professor of the Gakushuin Women's University and Mr. Toshihiko

NOZUE, Research Associate of NACSIS. For Chapter Six, substantial citation is made from a paper by Professor Nick MOORE of the City University, London.

## References

- 1) 3-29-1, Otsuka, Bunkyo-ku, Tokyo 112-8640, Fax: +81-3-5395-7064; E-mail: naito@rd.nacsis.ac.jp; Opinions are of author, not necessarily reflect those of organizations cited. The paper is heavily based on my presentation at 37th Annual General Conference of the Korean Library Association, Kwang Ju, September 16-18, 1999.
- 2) MORI Koichi et. al. Japanese translation "Five laws of library service" (2nd ed. 1957) (first edition 1931) written by Shiyali Ramamrita Ranganathan. Japan Library Association. 1981. 425 p.  
ISBN 4-8204-8105-3.
- 3) Mahnke, Christel. "Libraries' Information Services and the Internet in Germany", NACSIS Open Forum, August 27th in Kyoto and 31st 1999 in Tokyo under the framework of project on international sharing of Japanese scholarly information. (grant no.10044018)
- 4) Research and Development on Scholarly Information Dissemination Environment - Report for the fiscal year 1996/97. (grant no. 08308043). 134 p. ISBN 4-924600-65-2. (in Japanese).  
<http://websearch.rd.nacsis.ac.jp/rb/viewdoc/>  
(in Japanese)
- 5) <http://www.jst.go.jp/>
- 6) OYAMA, Keizo.; KANDO, Noriko.; SATOH, Shin'ichi., "Construction of a Distributed Online Journal Editing System" , paper presented at International Symposium on digital Libraries 1999 (ISDL '99) 8p. <http://www.nacsis.ac.jp/olj/index.html> (in Japanese).
- 7) INOUE, Hitoshi.; NAITO, Eisuke.; KOSHIZUKA, Mika., "MEDIACY: what it is and where to go" , INFO-ETHICS - International congress on Ethical, Legal and Societal Aspects of Digital Information, Monte Carlo, Monaco, 10-12 March 1997. <http://www.unesco.org/webworld/infoethics/speech/ineoue.htm>
- 8) [Manual for information education]. Ministry of Education, Science and Culture, Tokyo. July 1991 230 p. ISBN 4-324-02387-5 (in Japanese).
- 9) Moore, Nick. "Creators, collectors, communicators and consolidators: the information professionals of the 21st century" , Report for the Year 1998 Study on International Sharing of Japanese Scholarly Information. NACSIS. March 1999 (grant no. 10044018), pp. 19-28. ISBN 4-924600-72-5. (English & Japanese)

## 研究論文

## 文法的制約を用いた複合語解析モデルの作成

## Building Japanese Compound Words Analyzer Based on Grammatical Constraint

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 内山 清子

Kiyoko UCHIYAMA

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 峠

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**

複合語内の語構成を解析する手法として、従来より単語間の共起頻度を利用するモデルが提案されている。しかし、複合語内の語構成は文法的かつ意味的な制約が存在するために、単純な共起による解析モデルには限界がある。最近、形態論や統語論で語のレベル、項構造、語彙概念構造という文法的要素が提案されており、一定の成果が上がっている。本論文では、これらの文法的知識を利用することで、複合語の語構成における制約がどの程度記述できるかを明らかにする。解析の対象として、複合語はサ変名詞を主辞に含む 2 単語からなる情報処理用語を中心的に取り上げた。考察の結果から、1) 2 単語間の係関係は修飾かサ変名詞の項の 2 種の関係に整理できること、2) サ変名詞の項構造が係関係を決定すること、3) 文脈により複合語の語構成が変化することが明らかとなった。これらの結果をもとに、複合語解析モデル作成のための考察を行なう。

**ABSTRACT**

In the previous research of analyzing compound words, the technique using statistics of word co-occurrence is well known. However, since some grammatical and semantic restrictions must control the construction of compound words, only the statistical technique is not enough to analyze compound words. In this paper, we analyze technical terms that consist of two nouns whose head is verbal noun by means of the rich lexical knowledge that are a level ordering assumption, an argument structure and a lexical conceptual structure used on morphology or syntax. We will show the following three results: 1) there are only two kinds of relationship that is a modifier or a argument for a verbal noun in the relationship between two words in a compound word, 2) the analysis of compound words depends on argument structure of verbal noun, and 3) the structure of some compound words are changed according to the context. Finally we discuss constructing compound words analyzer from the results.

## 文法的制約を用いた複合語解析モデルの作成

[キーワード] 項構造、格、語彙概念構造、複合語解析

[Keywords] Argument Structure, Case, Lexical Conceptual Structure, Analysis of Compound Words

### 1はじめに

複合語内の語構成を解析し、単語間の係り関係を同定することは、形態素解析や係り受け解析、統語解析、機械翻訳などの自然言語処理において重要な役割を果たす。しかし、複合語内の語構成のしくみは、従来より研究されてきた統語的な文法とは性質が大きく異なるため、統語的な手法や、単純な形態素解析では十分に解析することができない。近年、形態論や統語論から語形成の文法面に関する成果が発表され[4][13][15][16][17][20]では、語の特性について、語のレベル、品詞、項構造、語彙概念構造、特質構造といった文法的枠組みを仮定し、それらに基づく文法的制約の研究がなされている。そこで本研究では、これらの最近の文法的な枠組みを応用した制約重視の複合語解析モデルの構築を目指す。

従来の複合語の解析で多い手法は、複合語内の単語の係り関係の構造を確率的に獲得し、そのままモデルに使用する研究である。西野ら[18]は漢字複合語に対して、構成する単語の共起頻度から単語をクラスター化し、確率的文脈自由文法で複合語解析モデルを作成した。小林[7]、Lauer[2]はクラスター化は概念辞書を用いて作成し、その共起頻度を利用して係り関係を解析した。複合語の用例データベースでカテゴリ化を行ない、その共起頻度確率を利用したモデルとして太田[8]がある。また、文法的な手法を用いた研究として、飯田[11]は名詞の持つ意味に対して概念構造を用意し、英語の複合語を解析した。日本語では横山[10]の研究がある。宮崎[12]らは日英機械翻訳において、複合名詞内の単語間の係り受け規則を作成し、それに基づいて複合語内部の係り関係を解析する方法をとった。複合名詞内の意味の係り関係に注目した石崎[6]の研究もある。

共起情報を基にした手法は、現実的処理ができる利点がある半面、表層的な情報だけでは複合語内の係り関係の種類まで認識させるのは困難である。また、文法を利用した研究では飯田以外の研究は名詞に関する意味関係を独自に準備しているが、それぞれの問題設定を解決するために用意されているため、我々の解析手法に適用させ難い部分がある。我々は

従来より、専門用語を中心とした複合名詞の語構成要素間の結合関係に関する調査を行なって来た[5][19]。

本論文では、これらの複合語に関する文法的な枠組を利用して複合語内の係り関係を整理し、解析モデルに有効と思われる文法的制約を考察する。対象としてはサ変名詞（以下、動名詞（verbal noun）と呼ぶ）を主辞に含む2単語からなる複合語とした。考察の結果から、1) 2単語間の係り関係は修飾かサ変名詞の項の2種の関係に整理できること、2) サ変名詞の項構造が係り関係を決定すること、3) 文脈により複合語の語構成が変化することが明らかとなった。これらの結果をもとに複合語解析モデル構築に対する考察を行なう。

### 2文法的枠組み

本研究では文法的枠組として文献[13][15][16][17][20]で用いられている語のレベル、品詞、項構造、語彙概念構造を利用する。本節では、これらについて、複合語の解析に用いるものを中心に説明する。

#### 2.1 語のレベル

レベル順序付け仮説[15]では、複合語を構成する語として四つのレベルを想定している。そのうち、語根(R)、語幹(S)の2つのレベルが複合語の解析で重要な働きを持つので、これらについて説明する。

語幹は、それより1つ低いレベルの語根で構成されている。語根は漢語なら漢字1文字、和語ならその最小単位のことをさす。「電気」という語幹は「電(R)」と「気(R)」の2つの語根から成り立つと考える。多くの語幹は「電気」などと同様にさらに語(W)にレベルが上昇して独立した単語となるが、語幹のままレベルが上昇しない単語が存在する。それが「帰納」「幾何」「擬似」であり、名詞でありながら「が格」「を格」といった格を取らない。また、名詞接続の「の」も取らず、「帰納推論」「疑似的」の様に複合語とした形でしか現れる事ができない。語幹を利用した複合語の制約について後の章で述べる。

## 2.2 品詞

本論文ではサ変名詞のことを動名詞と呼ぶ。これは、名詞と動詞の作用を両方所有するからである。同様に、形容動詞は形容名詞と呼ぶ。動名詞は項構造を持ち、名詞に対して格を付与する機能を所有する。「する」を伴って動詞的な振舞いも行なうが、単独ではあくまでも名詞であるため文中に出現するには格を伴う必要がでてくる。

精いっぱいの保証をする  
・精いっぱいを保証する  
品質の保証をする  
品質を保証する

文中で「保証」が名詞役割の場合「を格」を伴い、「する」と編入して動詞の役割を持つ場合は「を格」を名詞に付与する。その際、「を格」を受け付けない名詞は非文となる（印は非文法的であることを示す）。

## 2.3 項構造

動詞は大きくわけて 3 種類存在する。他動詞、非能格自動詞、非対格自動詞である。動詞はそれが必要とする名詞格（項のパターン）が各々、異なるため、項構造(argument structure)として表現する事でその違いを明確にすることができます。以下では、例を上げて説明し、外項が複合語に入らないという外項排他の定理について説明する。

### 他動詞

「上げる」「検定」、「生成」、「管理」、「検索」など。これらは、主語  $x$ （外項と呼ぶ）と、目的語  $y$ （内項と呼ぶ）を必要とする。このときの目的語は「を格」を伴うことが多い。（値段を上げる、仮説を検定、画像を生成）この時の項構造は

$$(x < y >) \quad (1)$$

である。 $< \cdot >$  は内項を表している。さらに、「植える」、「注ぐ」、「つめる」は内項  $z$  を必要とし、文中では「に格」を伴って出現する。（植物をはちに植える、野菜をビンにつめる）

$$(x < y, z >) \quad (2)$$

### 非能格自動詞と非対格自動詞

非能格自動詞：「暴れる」「泣く」「入る」「着工」  
非能格自動詞は主語の意志によって働きかける自動詞で前半 2 語は

$$(x < >) \quad (3)$$

で後半の 1 語は「に格」の補語をとる。

$$(x < z >) \quad (4)$$

式(3)では外項しか無いため後に説明する外項排他の原理から複合語は存在しない。（\*父暴れ、\*人泣き）しかし、式(3)では内項があるので複合語が存在する。

非対格自動詞：「遷移」「変動」「依存」「同期」  
非対格自動詞は意志が無く自然に行なわれる動作を表しており、主語がその動作を受ける内項である。つまり、外項が無い。よって「を格」をとることはできない[13]。前の 2 語の項構造は

$$(< y >) \quad (5)$$

で後半の 2 語は「に格」の補語をとる。

$$(< y, z >) \quad (6)$$

「状態が遷移する」は「状態」が「遷移」の内項に当たる。この場合「が格」で内項が出現する。「依存」「同期」は最内項  $z$  があるため、「文脈に依存する」、「信号に同期する」のように「に格」を取る事ができる。従来、「が格」は主語と文法では扱われて来たが、主語の中にも、他動詞の場合のように外項になるものと、非対格自動詞の場合のように内項になるものがある。後に示すようにこの差が複合化において異なる動作をすることから、項構造による動詞の分類は有効である。

## 2.4 外項排他の原理

Burzio の一般化[14]から動詞が複合する際に外項をとりこむことができないという制約がある。

子供の俳句作り → 俳句の\*子供作り

この制約が動名詞でも適応される。つまり、動名詞の外項ではなく内項のみが複合される。以下では、他動詞、非対格自動詞、非能格自動詞について内項、最内項による複合語の例をあげる。

**他動詞**：仮説検定（仮説を検定）、画像生成（画像を生成）

**非能格自動詞**：住宅着工（住宅に着工）

**非対格自動詞**：状態遷移（状態が遷移）、文脈依存（文脈に依存）

内項と最内項が 2 つある動詞の場合、通常は最内項のみが複合する場合が多い。「信号が周波数に同期する」から「信号同期」と複合化しても、「信号に同期」としか認識されない。（動詞によっては内項のどちらでも複合化をゆるすものもある。「映像の外部記憶」、「外部の映像記憶」である。）

## 文法的制約を用いた複合語解析モデルの作成

### 2.5 語彙概念構造(LCS)

前節で項構造を用意したが、語彙概念構造(Lexical Conceptual Structure)を利用することで、語の意味に近付いた解析を行なうことができる。様々な定義の仕方があるが、本研究では文献[16]の5つの基本形 LCS を利用する。

- a. 状態(state)(アル型)  $[[y \text{ BE AT-}z]]$
- b. 動き(ナル型)
  - 1. 変化(change) [BECOME  $[[y \text{ BE AT-}z]]$ ]
  - 2. 移動(motion)  $[[y \text{ MOVE } [\text{PATH}]z]]$
- c. 活動(activity)(スル型)  $[[x \text{ ACT } \underline{\text{ON}}-y]]$
- d. 使役(causation)

$[[x \text{ CONTROL } \text{[BECOME } [[y \text{ BE AT-}z]]]]$   
 BE、AT などが意味述語を表し、空欄[]が変項(variable)を示す。重要な点は変項の中には1つの名詞しか入る事ができない。下線部は省略可能を表しており、前節との対応をとると、 $x$  は外項、 $y, z$  は内項を示している。他動詞は c (下線がある場合) と d、で、非能格自動詞は c (下線部が無い場合) で非対格自動詞が a と b である。これらは、基本的な形のみであるため、複合語の解析に役立つにはさらなる細かな記述が必要となる可能性がある。詳細な LCS の説明は文献[14]に譲として、後の節でこれらの形を利用した複合語の語形成における制約を示す。

### 3 複合語内の係関係の整理

本論文で対象にしているのは、主辞が動名詞である2単語からなる複合語であり、動詞由来複合語と呼ぶ。

名詞と動名詞	文献検索、相互回帰
形容名詞と動名詞	単純挿入、異常操作
動名詞と動名詞	並列処理、連鎖探索

動名詞の内項との関係から、複合語の係関係は以下の2つに整理する事ができる。

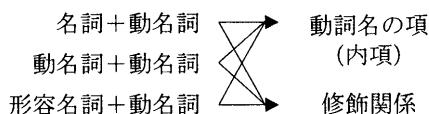


図 1 複合語内の係関係の整理

#### 1) 動詞の内項の関係になる場合

「文献検索」は「文献」が「検索」の内項。

#### 2) 動詞を修飾する関係

「単純挿入」は「単純」を「挿入」するのではなく、「挿入」を修飾している。

修飾関係になる場合、動名詞を修飾する語を附加詞と呼ぶ。内項に入る単語は名詞性を持つものに限られるが、修飾の場合は副詞的なものも含めて自由に複合する。この場合、動詞の項構造は全く関係がないので、非能格自動詞にもこの種の複合語が多く存在する。

大暴雨、大泣き、安全運転、早期着工  
 名詞、形容名詞、動名詞はいずれも名詞性をもっているので、品詞の分類だけでは、修飾関係なのか内項関係で主辞の動名詞にかかるのかわからない。つまり、内項か修飾関係かを解くことが複合語解析の問題であることに帰着する(図 1 参照)。

もし、内項と判断されれば、項構造の部分で説明した通り、主辞の動名詞の構造によって表層的な格関係(「が」、「を」、「に」)がきまる。よって表層的には係関係は以下のように整理できる。

#### ・内項の場合

— 文献を検索、確率が分布、音声に応答

#### ・修飾の場合

— 連鎖で探索、単純な挿入

ここで、特徴的な点として、動名詞と動名詞の複合語を動詞の連続として解析しなかった。これは形態論からの制約であるが、理由は付録 A に記述した。

### 4 複合語の語構成に関する制約

前節まで用意した文法的な枠組、ならびに複合語内の係関係の整理をもとに、2単語複合語の前項が動名詞の修飾なのか項関係なのかを決定する制約を発見した。以下の3つである。

#### 1. 名詞性の格の取り方による制約

#### 2. 内在的コントロールによる制約

#### 3. LCS の接触に関する制約

現在のところ情報処理用語辞典中の 105 語のうち、上記の制約で 26 個確実に解析でき、そのうち 25 個が制約 1 で処理できた。以下では、情報処理用語辞典[9]に登録されている専門用語を中心に2単語からなる動詞由来複合語について例を上げてこれらの制約について説明し、最後に説明できなかつたいくつかの事例について取り上げる。これらの考察において、名詞、形容名詞、動名詞がどのような格を取るかに付いては日経の産業・金融・流通新聞 94~98 の新聞記事を利用した。

#### 4.1 格の取り方による制約

2 単語からなる動詞由来複合語において、前側の単語を前項、後ろ側の単語（動名詞）を主辞と呼ぶ。その時、以下の制約がある。

**制約 1** 前項の単語が「が格」「を格」を文章中で全く取らない場合、前項は主辞の動名詞を修飾する関係になる

この制約について、前項が名詞、形容名詞の場合を利用して説明する。動名詞の場合は、ほとんど「が格」「を格」を取るため、この制約で説明できる複合語に出会わなかった。

#### 4.2 前項が名詞の場合

既に上述で定義した語幹レベルの単語は文中において「格助詞」を伴って出現しない。この分類は我々の前回の作業[19]の品詞相当カテゴリーEに相当する。

相互通帰、帰納推論、幾何変換、擬似命令  
「相互」「帰納」、「幾何」、「疑似」は、日経新聞のコーパスでも調べたが、「が格」「を格」を伴って文中には出現しなかった。これらが複合すると、全て主辞の動名詞を修飾する付加詞(adjunct)となっている。理由として、動名詞が内項に対して格付与能力があるが、N1が格を受け付けないため、内項になり得ないと考えられる。ただし、これらは統語的な説明であるためはたして語形成にまで通用するかは難しいが、直観的には外れていない。今のところ例外は見付かっていない。

語幹でなくても、名詞で「が格」「を格」を取らない単語は存在する。この考察が正しいならば、それらの語に対しても制約は適応できるはずである。例えば、「暗黙」「事後」などがあるが、これらは名詞接続詞「の」と伴って出現することはある（「暗黙の宣言」「事後の処理」）。これらは我々の前回の作業の品詞相当カテゴリーN2に相当する。

事後編集、事後保全、暗黙宣言、  
直列操作、遠隔処理、同時処理

ここで「直列」は名詞と扱っているが、動名詞として扱う辞書もある。これらの複合語も、主辞を修飾する関係であり、ここでも例外は見付かっていないことから、効果的な制約であることがわかる。

さて、こうした修飾の場合の LCS 表現を明示しておく。これはのちに示すように我々の複合語解析モデルの出力イメージである。「プログラムを事後編

集する（プログラムの事後編集）」「編集」は他動詞で対象(THEME)に変化を与えるので以下のようになる。

$[[x \text{ CAUSE} [ BECOME [[\text{プログラム}]y$

BE AT-[編集状態]] in 事後 manner]]

「事後」は付加詞であるため、内項ではなく副詞要素として記述する。“編集状態”、“事後”というのは意味要素であり、どう書くかは意味論としてさらに深い研究が必要であろう。本研究ではそれまでは踏み込みます、LCS の形だけを利用する。LCS が示す重要な点は付加詞が 1 つ付与されても、複合語全体としては動名詞として項、つまり、必須項が空いているという事である。よって主体の外項  $x$  と内項  $y$  が文中で表現される可能性があることを予測している。

#### 4.3 前項が形容名詞の場合

形容名詞の場合も名詞性があるために、名詞の場合と同様に制約 1 を適用できる。

単純挿入、一様分布、定常応答

正規磁化、静的束縛、垂直記録

これらの複合語は全て前項の形容名詞が主辞の動名詞を修飾している。「単純」「一様」などは「が格」「を格」を取って文章に出現しないので制約 1 の条件に当てはまる。いままでのところ例外は発見されていないため、主辞の動名詞の項構造や意味にはならない性質であることが予測される。

ここで、「に格」について説明する。「単純に」などの修飾の語尾として「に」を取る事ができるが、これは内項の GOAL の「に格」である「クロック (に GOAL) 同期」とは異なる。よって「単純同期」という複合語の場合、表層では「単純に」という関係であるが、これは「同期」という動名詞を修飾していることになる。このように我々の枠組では表層では捉えられない部分も扱うことになる。

さらに「的」について考察する。「的」が付与された形容名詞語幹は文献[13]（第 5 章）の考察から S 構造複合と呼ばれるレベルで語が構成されている。

動的停止、静的結合、積極的支持  
どのレベルで語が構成されている今まで複合語解析モデルが請け負うかは別にして、S 構造複合と判定されると複合語は述語的機能は薄く「する」との編入が行なわれない。つまり「\*静的束縛する」などと表現されない。日経新聞コーパスを用いてこの種デ

## 文法的制約を用いた複合語解析モデルの作成

ータを調べているが現段階では例外が発見されていない。

### 4.4 語彙概念構造(LCS)と内在的コントロール性

ここでは、動名詞の LCS を利用した制約を説明する。特に前項が動名詞の場合は前項と主辞の LCS の性質が複合化に影響を与える。

まず、内在的コントロール性の制約を言葉で表す。  
**制約 2** 主辞の LCS の内項  $y$  に名詞性単語が入る場合、LCS が他動詞ならその単語  $y$  は外項によるコントロールが必要で、LCS が非対格自動詞なら内在的コントロールを必要とする。

また、LCS の接触による制約について言葉で表現する。

**制約 3** 主辞の LCS で  $[]xACT-ON[]y$  の対象である  $y$  に入る名詞性単語は接触による動作の作用をうけるもののみである。

これらの制約を使って、以下の複合語を説明する

連鎖探索

経路探索

上段は、「連鎖」が「探索」を修飾している構造で、下段は「経路」が「探索」の内項関係である複合語である。探索の LCS は

$$[]x ACT \underline{ON-}[]y \quad (7)$$

と表現される活動動詞である。それに対して連鎖の LCS は

$$[ BECOME []y BE AT-[]z ] \quad (8)$$

と表される非対格自動詞である。「連鎖探索」を説明すると、「探索」は対象  $y$  に対して外項  $x$  による直接的な働きかけを求めるが、一方、「連鎖」は非対格であるため内在的に変化する。よって内在的に変化する動作を「探索」で働きかけることができないので、内項関係とならず、「連鎖」は付加詞となる（制約 3）。「経路」は名詞であるため、文法的枠組みは用意していないが、この制約から外項によるコントロールがある（つまり、内在的コントロールは無い）ことを記述しておくと、式(7)の内項  $y$  に「経路」が入ることが説明できる（制約 2）。

次に形容名詞の例で説明する（新聞記事からの例）。

安全運転、安全走行

安全管理、安全保証

上段の方は「安全」が修飾関係であり、下段は内項の関係になっている。それぞれの LCS を記述すると

以下のようになる。

$$\text{運転 } []xACT\ ON-[]y \quad (9)$$

$$\text{管理 } []x CONTROL [BECOME$$

$$[]y BE\ AT-[管理状態]z]] \quad (10)$$

これより、「運転」の内項は ON の対象であるため、接触による直接的な働きかけを必要とするが、「安全」は ON の対象にはならない（制約 3）。これに対して、「管理」の方は外項  $x$  がコントロールすることで  $y$  を管理状態におく。「安全」は勝手に成立するものではなく、コントロール主を必要とするので（外項によるコントロール）、「管理」の対象  $y$  に入る事ができる。故に上記の構造的な違いが生じると説明できる（制約 2）。

つまり、これらの考察から、名詞の「経路」や形容名詞「安全」に対してコントロール性を記述する必要がある。この考え方についてさらに、以下の事例で考察する。

#### 文脈に依存する例

内在的コントロールによる説明として、文脈により複合語内の係関係が異なる例を挙げる。

1. モニター上で街の異常発生地点に手をふれる  
と

2. モニター上でカエルの異常発生地点に手をふ  
れると

1.の方は「異常」が「発生」の内項となっているが  
2.の方では「異常」が「発生」を修飾している。これ  
は、1.の方では「街」が付加詞として「異常発生」と  
いう解釈と、「街」を内項に取り込んで「\*街が発生」  
の2通りの解釈が生まれるが、後者は「街」がコントロール主（人間）なく発生はしないので、非文となり、「異常が発生する」という解釈を得る。一方 2.  
の方では、「カエルが発生」の解釈で「カエル」は  
コントロール主に關係なく自然に発生するため、「異常」は修飾となる。

ところで、「発生」ならば「カエル」と「街」に  
差が現れるが、同じく非対格自動詞「消滅」であれば  
どちらも“消滅可能”である。このことから、内在的  
コントロール性は対象とする動作によって異なる  
ことが予測される。よって、このような意味に近い  
深い処理を行なうためには、名詞性単語に対して各  
動作に対するコントロール性を記述する必要がある。  
これは唐突な議論ではなく、動詞の分類として非対  
格性を導入したので、これに対するコントロール性

を問うのは必然であると考えられる。

#### 4.5 未解決な例に対する考察

特に上記の枠組みではとらえられていない、現象について取り上げて説明する。

##### 意味が重視される例

名詞ではあるが意味的に副詞の役割を果たす複合語を示す。

時間：初期診断、定期保守

場所：局所参照、部分質問、一次記憶

手段：画像表現、磁気記憶、図形表現

その他：低速記憶、同値変換

これらの複合語の前側の名詞は全て、主辞の様態を説明する付加詞となる。「初期」や「定期」は細かな品詞分類をすれば時間的副詞であるが、その分類を導入しても、「定期」が常に修飾とは限らない。

「定期券」「定期貯金」としての名詞の「定期」が存在するからである。かなり深い意味処理が必要であろう。

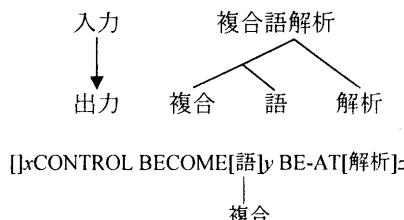


図 2 複合語解析モデル

また、Fukushige[1]らはコーパス中の統語的な表現から単語の係り関係を取り出す実験を行い、「図形を表現する」という文中の表現から「を格」と判定したが、複合語では「図形で」という副詞的な要素となる。このように統語的な手がかりが当てにならない構造があることから、この様な点もこれからのが課題である。

### 5 複合語解析モデルに対する考察

#### 5.1 解析モデルについて

前節までの議論をもとに複合語モデルを考察する。我々の想定する複合語解析モデルの入力は複合語を想定し、出力は単語の係り関係を認識した LCS 形式を想定している（図 2 を参照）。

まず、辞書については、文法的枠組みとして用意

した、語のレベル、項構造、LCS を各動名詞の辞書に記述する。また、名詞、形容名詞、動名詞に関して格の取り方を調べて辞書に記述する。モデルとして多数の語彙知識を持つ単語どうしの複合化を解析するので多数の要素を持つフレーム処理を行なえることが必要である。統語理論の方で用いられている HPSG[3]が用いている枠組みに近くなる。

精度の予測であるが、現在の制約を使って情報処理用語辞典の複合語 105 個に対して人手で解析すると約 1/4 を完全に解析できる。残りの 3/4 については未解決のままであり、今後の研究したい。

文脈によって単語の構造が変化する複合語を前節で提示したが、このことから分野により語の解釈が変わることがあることが予測される。よって、モデル全体の構成としては文法的制約は分野に依存しない普遍的な制約とし、分野依存の部分は確率的なモデルの導入を検討するのが妥当であろう。複合語解析モデルこの両者を融合した形になると予測される。

#### 5.2 学習の観点から

用意した文法的枠組を単語に付与するには、全て人手に頼るのは困難であるため学習による獲得の枠組が必要となる。動名詞の項構造は、近年電子化された辞書の中に動詞の構造が記述されているためこれらからの獲得を行なうことで広範囲にわたって得ることができる。

また、名詞性の「が格」「を格」との結合を調べるのは、解析済みのコーパス（文章データ）があるため、かなり自動で獲得できる。ただし、コーパス中の文章には省略や比喩表現が存在するため、通常ではあり得ない表現が含まれることがある。例えば、語幹の「国際」は通常「\*国際が」とは表現しないが、「国際線」の省略として用いられる。このような誤った例を獲得しない方法を考える必要がある。

さらに、動詞の LCS の獲得は今のところ人手を仮定せざるを得ない。動詞の LCS は複合語解析だけでなく、統語的な解析にも用いる事ができるのでこれは粗く学習で獲得するよりも、時間をかけて作成すべき価値はあると思われる。

### 6 おわりに

本論文では、形態論、統語論で用いられている、語レベル、品詞、項構造、LCS の枠組みを適応した場合の複合語解析モデルのための文法的制約について

## 文法的制約を用いた複合語解析モデルの作成

て考察を行なった。情報処理用語辞典の2単語からなる複合語を対象に考察した結果、制約として以下の3点が明らかとなった。

- ・名詞性の格の取り方による制約
- ・内在的コントロールによる制約
- ・LCSの接触に関する制約

現在、この3種類の制約により、105個ある動詞由來複合語のうち、26個を確実に解析する事ができている。しかしさらなる事例を増やし検証を行なう必要がある。

また、今回の考察から、名詞性の内在的コントロール性が解析に有効である事をしめしたが、従来の出版されている辞書でこのような記述を述べているものはなかった。しかし、最近生成語彙（文献[4][20]）という枠組において内在的コントロール性に対応する構造の記述が述べられており興味深い。

本論文では、文法的枠組みの導入による複合語解析モデルの可能性を示した。今後、制約の調査を行なうとともに、モデル化することで客観的な評価を行なえるようにしたい。

### 7 謝辞

新聞記事を使用させていただいた日経新聞社に感謝の意を表します。また、神戸で行なわれた日本言語学会夏期講座において、有益な示唆を頂いた影山先生並びに、受講生の方々に感謝いたします。

### 参考文献

- [1] Fukushige, Y.; Noguchi, N., “NTCIR TMREC Task”, *Proceedings of the first NTCIR Workshop on Research in Japanese Text Retrieval and Term Recognition*, pp. 467-474, 1999.
- [2] Lauer, M., “Designing Statistical Language Learners: Experiments on Noun Compounds”, PhD Thesis, Department of Computing Macquarie University, 1995.
- [3] Pollard, C.; Sag, I.A., “Head-Drive Phrase Structure Grammar”, Chicago CSLI, 1994.
- [4] Pustejovsky, J., “The Generative Lexicon”, MIT Press, 1995.
- [5] Uchiyama, K.; Takeuchi, K.; Yoshioka, M.; Kageura, K.; Koyama, T., “A Grammatical Framework for Analysing Japanese Nominal Compounds with Special Reference to Specialised Terms”, *Proc. 12th world congress of Applied Linguistics AILA'99.*, pp. 159-159, 1999.
- [6] 石崎雅人, 「2名詞漢字複合名詞内の名詞の意味の多義解消 アルゴリズム」, 情報処理学会論文誌, Vol.31, No.11, pp. 1696-1699, 1990.
- [7] 小林義行, 「コーパスを用いた日本語複合名詞の解析に関する研究」, 技術報告 96TR-0002, 東京工業大学理工学研究科, 1995.
- [8] 太田悟, 宮崎正弘, 「複合語用例データベースを用いた複合名詞の構造的曖昧さの絞り込み法」, 情報処理学会第53回全国大会(平成8年後期), 2-9, 1996.
- [9] 相磯秀夫, 「情報処理用語辞典(コンパクト版)」, オーム社, 1993.
- [10] 横山晶一, 佐久間一弘, 「意味素性を用いた複合名詞の生成による分析」, 計量国語学, Vol.20, No.7, pp. 304-314, 1996.
- [11] 飯田仁, 小倉健太郎, 野村浩郷, 「英語複合名詞句構成の意味関係と意味処理」, 情報処理学会自然言語処理研究会, 46-4, pp. 1-8, 1984.
- [12] 宮崎正弘, 池原悟, 横尾昭男, 「複合語の構造化に基づく対訳辞書の単語結合型辞書引き」, 情報処理学会論文誌, Vol.34, No.4, pp. 743-752, 1993.
- [13] 影山太郎, 「文法と語形成」, ひつじ書房, 1993.
- [14] 影山太郎, 「動詞意味論」, くろしお出版, 1996.
- [15] 影山太郎, 「文法と形態論」, 言語の科学3「單語と辞書」(大津由紀雄他(編)), 岩波書店, pp. 2-51, 1998.
- [16] 影山太郎, 「形態論と意味」, くろしお出版, 1999.
- [17] 影山太郎, 由本陽子, 「語形成と概念構造」, 研究者出版, 1998.
- [18] 西野哲朗, 藤崎哲之助, 「漢字複合語の確率的構造解析」, 情報処理学会論文誌, Vol.29, No.11, pp. 1034-1044, 1988.
- [19] 内山清子, 竹内孔一, 吉岡真治, 影浦峠, 小山照夫, 「複合名詞の語構成要素間の結合関係に関する考察」, 信学技報, TL99-6, pp. 7-12, 1999.
- [20] 松本裕治, 「意味と計算」, 言語の科学4「意味」(大津由紀雄他(編)), 岩波書店, pp. 125-167, 1998.

#### A 動名詞と動名詞の複合化について

動名詞と動名詞の複合化を 2 つの動作の連続として解釈することを排除した理由を説明する。和語動詞であれば、「押しあける」「食べ歩く」の複合動詞は「押す」と「あける」、「食べる」と「歩く」という動作が融合したものと解釈される。文献 [13][14] から 2 単語が融合する時には他動性調和の原理と Goldberg の一義的経路の制約が一般的には保たれなくてはならないとされている。和語動詞では、これらの制約に満たした複合語がほとんどであるが我々が対象とする複合語は漢語による複合語では、ほとんど満たしていない。その結果から 2 つの動作の連続としての解釈を用いなかった。以下ではその経緯を説明する。

まず、他動性調和の原理を説明する。

ドアを押しあける (11)

彼は北陸で食べ歩いた (12)

「押す」と「あける」の項構造、つまり、外項  $x$  と内項  $y$  が一致する必要がある。これにより、「\*押しあく」、「\*切り倒れる」のように他動詞と非対格自動詞は複合しないことが説明できる。一義的経路の制約を違反すると以下の複合動詞ができてしまう。

\*彼を椅子からくすぐり落した (13)

\*彼女は台所で皿を投げ割った (14)

「くすぐる」という状態と「落す」という物理的な経路には異なりがあるため、許容できない。これが一義的経路制約の違反である。和語動詞でははつきりするが、漢語の複合語になると以下の例が自然と多数存在する。漢語複合語のなかで他動性調和の原理を満たさない例として以下のものを上げて見る。

同期伝送、相似変換、応用依存、重複宣言

「同期伝送」について考察する。「同期」は非対格で( $< y, z >$ )という項構造で、「伝送」は他動詞で( $x < y, z >$ )である。特にまずいのは「に格」をどちらも所有しているがまるで一致しないことである。「専用線がデータをポートに同期伝送する」といった場合、「ポート」は「伝送」先のことであるが、「同期」が述語として生きていると、「同期」の「に格」として「ポート」をとるような印象も受ける。なによりも、「専用線」「が」「同期」すると文として解釈ができない。よって、前項の「同期」は動詞性と解釈せず付加詞として「同期をとった伝送をする」という複合語として我々は解析する。また、

一義的経路制約の違反に関しては以下のようない例が多数存在する。

復帰改行、予測解析、分割記憶、模写伝送、合成写像、校正計測、保守管理、拡散近似、強制表示、強調表示、縮退故障（非対格）

「VN1 してから VN2 する」と言いかえられる複合語である（ここで、VN1、VN2 はそれぞれ前項、後項の動名詞を指す）。感覚的には、「分割してから記憶する」という 2 動作を行なうように感じられるが、2 動作を 1 語内で許すと「拡大縮小」「賛成反対」が述語として機能してしまう。（もちろん、「加減する」のように語彙化すれば可能である。）よって前項の動詞性はほぼ無いと考えざるを得ない。よって以上の考察からこれらは、VN1 は副詞的要素として VN2 を修飾していると考える。

## 研究論文

# 大規模テストコレクション構築のためのプーリングについて：NTCIR-1 の分析

## Pooling for a Large-Scale Test Collection : Analysis of the Search Results for the NTCIR-1 Workshop

学術情報センター 栗山 和子

Kazuko KURIYAMA

National Center for Science Information Systems

学術情報センター 神門 典子

Noriko KANDO

National Center for Science Information Systems

学術情報センター 野末 俊比古

Toshihiko NOZUE

National Center for Science Information Systems

学術情報センター 江口 浩二

Koji EGUCHI

National Center for Science Information Systems

### 要旨

本研究の目的は、(1)大規模テストコレクションを構築する手法としてのプーリングの有効性を検証し、(2)プーリング件数が検索システムの評価に関連があるかどうか調べ、(3)正解判定の際の判定のゆれがシステムの評価に関係してくるかどうかを明らかにすることである。

(1),(2)のために、NTCIR-1 の訓練用正解セットを使用した予備テスト、および、評価用セットを使用した評価テストのそれぞれで提出された結果を用いてプーリング実験を行なった。その結果、プーリング法の有効性、すなわち、作成された正解リストの網羅性、および、プーリングによって作成された正解文書リストの評価に対する公平性が確かめられた。

(3)のために、NTCIR-1 の評価用セットを構築する際に用いた順位付けは、異なる正解判定結果間ではほとんど変化せず、順位付けによる相対的な評価においては、判定者間の判定のゆれはあまり問題にならないということがわかった。

### ABSTRACT

The purposes of this study are (1) to verify the effectiveness of the pooling method for constructing a large-scale test collection, (2) to examine whether the number of documents in a pool affects the relative evaluation of the IR systems, and (3) to verify the reliability of a test collection by investigating the effects of variations in relevance assessments on the evaluation of search effectiveness, since individual relevance assessments are known to vary widely.

For (1) and (2), we carried out an experiment using the qrel's (queries and their relevance assessments) and the search results submitted for the pre-test and test of the NTCIR-1 workshop for the pooling method. Our results verified the effectiveness of the pooling, the exhaustiveness of the relevance assessments, and the fairness of the evaluation using the test

## 大規模テストコレクション構築のためのプーリングについて：NTCIR-1 の分析

collection based on the pooling method.

For (3), we compared search effectiveness of retrieval strategies using three different sets of relevance assessments: judgments by assessors A and B and the final judgment based on negotiations between A and B. As a result, we found very high similarities among the rankings of retrieval systems produced using different sets of relevance assessments when a sufficient number of search topics were used in the evaluation.

[キーワード] 情報検索システム、テストコレクション、評価、網羅性、レレバנס、NACSIS テストコレクション 1

[Keywords] Information Retrieval System, Test Collection, Evaluation, Exhaustiveness, Relevance, NTCIR-1

### 1 はじめに

#### 1.1 NTCIR プロジェクト

著者らは、学術情報センター研究開発部の「情報検索システム評価用テストコレクション構築」プロジェクトにおいて、情報検索システム評価用テストコレクション NTCIR (エンティサイル:NACSIS Test Collection for Information Retrieval systems) [9]の構築を行なっている。その過程において、1998 年 11 月から 1999 年 9 月まで、テストコレクション 1 (NTCIR-1) (予備版) を用いた、評価ワークショップを開催した[6],[7],[10]。

本稿では、NTCIR-1 を使用して、1998 年 12 月に行なった予備テスト、および、1999 年 3 月に行なった評価テストの提出結果を用いたプーリング実験の結果について報告する。

#### 1.2 テストコレクションについて

テストコレクションとは、情報検索システムの検索性能評価に用いられる実験用セットのことであり、(1)文書データベース、(2)検索課題群、(3)各検索課題に対する正解文書の網羅的リスト、からなる。テストコレクション構築においては、各検索課題についてデータベース中の全ての文書のそれぞれが適合するかどうか正解判定を行ない、網羅的な正解文書リストを作成する。しかしながら、数万件以上の文書を含む大規模データベースに対してこれを行なうことは非現実的である。

大規模テストコレクション構築における正解文書候補の収集の手法としては、プーリング(Pooling)法[3]がある。プーリング法では、同一課題に対して複数の検索手法を用いた複数の検索システムによる検索結果の上位一定数を集めてプールし正解候補として、それに対して正解判定を行なう。TREC(Text

REtrieval Conference)[12]では、1992 年から毎年コンペティションを行ない、多くの研究者から検索結果を収集してプーリングをすることによって、大規模テストコレクションの効率的な構築を実現している。

また、プーリング法を改良したものとして、Move-to-Front プーリング法がある[2]。Move-to-Front 法では、正解である確率の高い文書をプールするため、検索精度の高い検索結果の文書に優先順位を付けて、上位一定数をプーリングする。そのため効率的に網羅的な正解リストを構築できることが確かめられているが、一方で、システム間の相対的評価に公平さがなくなるのではないかという問題がある。

#### 1.3 NTCIR-1 について

NTCIR-1 は、前節で述べたテストコレクションの定義に従って示すと、以下のような構成になっている。

- (1) 文書データベース：文書データベースは、学術情報センターが提供している「学会発表データベース」の一部を使用している。「学会発表データベース」は、日本国内の 65 学協会の協力を得て、全国大会、研究会などの発表論文要旨（抄録）を集めたものである。NTCIR-1 では、「学会発表データベース」のデータから約 34 万件を選定し、一般的に検索に用いられるフィールドである「標題」、「著者」、「抄録」、「発表学会」、「発表年月日」、「発表要旨」、「著者キーワード」を抽出し、文書データベースとして用いている。文書の約半数が日英対訳であり、文書データベースには、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のみ）、J コレクション（日本語の標題と抄録を持つレコードの日本語部分のみ）の 3

つのコレクションがある。

- (2) 検索課題群: 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一定の形式の検索課題記入フォームによって収集した。以下に検索課題の例を示す。

```
<TOPIC q=0031>
<TITLE>
データ品質制御
</TITLE>

<DESCRIPTION>
マルチキャスト通信における関連する複数データの品質制御手法について論じたものはないか。
</DESCRIPTION>

<NARRATIVE>
一度に複数の受信者にデータを送るマルチキャスト通信では異なる環境において複数の受信者が存在するので、従来の送信者側で受信データレートの割合を制御する送信者手動の転送レート制御には限界がある。そこで、マルチキャスト環境に適したデータ転送レート制御手法が必要になる。マルチキャスト環境におけるデータ転送レート制御手法のうち、特に、マルチメディアデータ、つまり、音声と動画のように相互に関連のある複数データの取り扱いについて述べた論文が欲しい。相互に関連性のある複数データの取り扱いについて述べていても、マルチキャスト環境におけるデータ転送レート制御について述べているものがあれば、部分的には要求を満たす。新しい研究を始めるにあたり最新の研究動向を知りたい。
</NARRATIVE>

<CONCEPT>
<J.CONCEPT>
a. マルチキャスト,
b. レート制御, フロー制御,
c. マルチメディア
</J.CONCEPT>
<E.CONCEPT>
a. Multicast,
b. Rate Control, Flow Control,
c. Multimedia,
d. Quality Of Service
</E.CONCEPT>
<A.CONCEPT>
d. QOS
</A.CONCEPT>
</CONCEPT>

<FIELD>
1. 電子・情報・制御
</FIELD>

</TOPIC>
```

今回の NTCIR ワークショッピング用には、検索システムの訓練に用いるための訓練用検索課題 30 件と、評価に用いるための評価用検索課題 53 件を用意した。

- (3) 正解文書リスト: 訓練用検索課題と評価用検索課題のそれぞれについて正解判定リストを作成した。正解判定は、一つの検索課題につき判定者二人で行ない、最終的な判定は両者の協議に基づいて主判定者が決定している。判定は、「正解(A)」、「部分的正解(B)」、「不正解(C)」の三段階で行

なっている。

- (4) タグ付きコーパス: NTCIR-1 の一部ではあるが、情報検索システム評価用のテストコレクションの一部ではなく、情報検索システムでも利用されている自然言語処理のための基礎的データを与えるものとして構築された。これは、NTCIR-1 の文書データの一部に、語構成要素まで考慮した形態素タグを付与したものである[5]。

#### 1.4 本研究の目的

大規模テストコレクションにおける、正解文書リストのプーリングによる構築、および、正解文書リストを用いたシステム評価についての問題点は以下の通りである。

- (1) 正解文書リストの網羅性: プーリングによる正解文書収集では、プールに入れられなかった文書を不正解文書と仮定しているため、正解文書候補をいかに網羅的に集めてプールすることができるかということが問題となる。
  - (2) 正解文書リストの公平性: テストコレクション構築の目的である、検索システムの評価という点から見ると、複数のシステムの検索結果がそれぞれ同数ずつでなく複数ずつあるとき、検索システムごとにまとめて上位一定数の文書をプーリングするか、検索結果ごとにプーリングするか、あるいは、検索結果の評価（平均精度）を用いて検索結果ごとに上位何件までプーリングするかを変化させるのか、などによって、システム間の相対的な評価が変化する可能性がある。したがって、なるべく、どのシステムにも公平になるような方法で正解文書リストを作成する必要がある。
  - (3) 正解判定の一貫性: 正解文書候補は、一般的には、検索課題ごとに、複数の判定者によって判定される。このとき、判定者間の判定のゆれが正解判定リストを用いてシステムを評価するときにどの程度影響を与えるか検証する必要がある。
- 本稿では、以上の点について、特に検索結果の評価への影響という面から考察を行なった。
- (1)について検証するため、NTCIR-1 の訓練用正解セットを使用した予備テスト（1998 年 12 月）、および、評価用正解セットを使用した評価テスト（1999 年 3 月）の提出結果を用いて、それぞれプーリング実験を行ない、日本語の大規模テストコレクション構築におけるプーリングの有効性について考察した。

## 大規模テストコレクション構築のためのプーリングについて：NTCIR-1 の分析

また、プーリング法の改良である Move-to-Front 法のヴァリエーションとして、プーリング法でのプールにおいて正解文書を多く含んでいるとされた提出結果からより多く（一定数）の文書をプールに入れる実験も同時に行なった。

(2)については、プーリングに入る各提出結果からの上位  $X$  件を変化させて、プーリングする件数と評価との関係を考察した。

(3)について、NTCIR-1 では、一つの検索課題の正解判定を複数の判定者によって行なっている。一つの検索課題に対する複数の判定者の判定は完全に一致することではなく、最終的には決められた一人の最終判定者が正解を決定することになる。システムの評価の観点からは、一般的には、複数の判定者の判定結果を用いて、それぞれ別に検索結果を評価したときに、複数の検索課題に対する評価の平均はほとんど差がなくなるので、判定者間の判定のゆれは評価においては問題ではない、という報告がある [1],[8],[13]。本稿では、このことを検証するため、評価テストの評価用セットを構築する際に行なった複数の判定者による正解判定結果を用いて評価実験を行ない、判定結果のゆれによる評価の違いについて考察した。

また、本稿では考察しないが、評価に関することで、検索課題の性質とシステムの特徴との関連の問題がある。あるシステムが得意としている検索方法がある検索課題の性質に適していた場合、その検索課題についての評価が特によくなり、他の検索課題についての評価が平均的であったとしても、全体の平均精度があがってしまうということが考えられる。このような場合を区別できるように、検索課題の性質とシステムの特徴との関連を調べておく必要がある。

## 2 予備テストの提出結果を用いたプーリング実験

### 2.1 予備テストの概要

NTCIR-1 では、訓練用検索課題については、事務局で予め作成した正解文書リストがある。このリストの正解文書の網羅性、システム評価に対する公平性を検証するため、NTCIR ワークショップでは、1998 年 12 月 2 日に予備テストを行なった[7]。

予備テストでは、訓練用検索課題 30 件に対する検索結果を、ワークショップ参加者から自由参加で提出してもらい、内部で用意した正解文書リストの網

羅性を評価し、新たな正解文書を追加した。

この予備テストでは、10 チームで合計 23 セットの検索結果が提出された。23 の内訳は、随時検索タスク 8 チーム 16 セット、言語横断タスク 4 チーム 5 セット、単言語（言語横断検索のための baseline として）1 チーム 2 セットである。本稿では、この 23 セットのうち、随時検索タスクの提出結果 16 セットを対象として実験を行なった。

一つの提出結果は、ある検索システムによる検索結果の、30 件の検索課題に対するそれぞれ上位 1000 件ずつを一つのファイルに順にリストとして並べたものである。システムの検索性能は、この 30 件の検索課題に対する検索結果の平均精度の平均によって順位付けた。

### 2.2 プーリング実験

#### 2.2.1 プーリング法によるプーリング

著者らの以前の論文[7]では、事務局で準備した正解文書リスト(ver.1)と予備テストで参加者から提出された検索結果との関係、予備テストの結果を加えた最終的な正解文書リスト(ver.2)の網羅性、および評価の公平性を明らかにするため、正解文書リスト(ver.1)と 23 セットの提出結果の全ての文書をプーリングした文書リストを用いて評価実験を行なった。結果として、以下のことがわかった。(1)正解文書リスト(ver.1)では、97.1%の正解を探すことができた。(2)ver.1 の中の Auto (プロジェクト内部での複数の検索エンジンによる検索結果によるプーリング)、Interactive(I) (図書館情報学専攻の大学院生が対話型システムを用いて再現率を重視した検索を行なった結果)、ver.1、Pretest (23 セットの提出結果の上位 1000 件によるプーリング)、ver.2 のいずれを用いても、システムの評価に影響はなかった。(3)対話型検索(I)は他の方法では探せなかつた 17.5%のユニークな正解を見つけた。(4)対話型検索(I)によって見つかった正解のみを用いてシステム評価を行なっても、対話型システムに有利になることはなかった。

以上のようなことを踏まえて、本稿では、提出された検索結果だけを用いたプーリング法の有効性とプーリングによって作成された正解文書リストの評価に対する公平性を検証するため、予備テストの随時検索タスクの 16 セットの提出結果を用いてプーリング実験を行なった。

$X = 10, \dots, 90, 100, \dots, 1000$  について、各提出結果か

## 学術情報センター紀要 第 12 号 (2000)

ら上位  $X$  件のプーリングを行なった。そのプールのそれを順に P10, …, P1000 とする。最終的な正解文書リスト(ver.2)を F (Relevance Assessment)とする。正解文書リストの網羅性を高めるため、対話型システムを用いて検索した結果(前述)を I (Interactive) とする。P100 に I を加えたものを P100I とする。

表 1 に F, I, P10, P30, P100, P1000, P10I, P30I, P100I の検索課題ごとの正解文書数を示す。「正解」は「正解 (relevant)」と「部分的正解 (partical relevant)」を合わせて「正解」とする。今回のワークショップでは、実際には、予備テスト以前にプロジェクト内部のシステムで検索した結果に I を加えたものを正解文書リスト(ver.1)として予め用意しておき、新たにみつかったものを正解文書リスト(ver.1)に加えて正解

表 1 プール中の正解文書数 (予備テスト)

Topic	F	I	P10	P30	P100	P1000	P10I	P30I	P100I
0001	293	289	55	109	169	283	289	289	289
0002	19	19	13	17	18	19	19	19	19
0003	14	11	3	9	12	14	12	13	14
0004	38	37	23	30	34	37	37	37	37
0005	13	2	4	5	10	13	5	6	10
0006	72	61	22	36	59	71	62	62	66
0007	16	0	4	10	12	15	4	10	12
0008	25	0	8	16	25	25	8	16	25
0009	8	8	6	6	6	8	8	8	8
0010	55	51	25	35	45	53	51	51	53
0011	7	3	6	7	7	7	6	7	7
0012	70	68	25	49	57	67	68	68	68
0013	38	31	7	10	26	37	34	36	37
0014	317	283	55	96	210	310	283	284	287
0015	20	20	11	15	17	20	20	20	20
0016	5	5	4	5	5	5	5	5	5
0017	16	13	6	8	13	15	13	13	14
0018	167	100	21	39	75	155	103	106	120
0019	92	90	33	54	71	92	90	90	90
0020	16	16	12	15	16	16	16	16	16
0021	11	11	6	9	10	11	11	11	11
0022	82	68	29	43	65	82	71	72	75
0023	98	98	31	49	76	98	98	98	98
0024	158	156	38	70	122	157	156	156	156
0025	23	23	21	23	23	23	23	23	23
0026	23	23	21	21	23	23	23	23	23
0027	23	23	11	16	22	23	23	23	23
0028	1590	1586	21	75	205	1018	1586	1587	1587
0029	180	113	27	61	94	162	118	127	141
0030	23	23	11	17	20	22	23	23	23
%av1>All	100.0	82.0	43.4	61.8	79.8	97.0	87.0	90.7	94.9
%av2>All-0028	100.0	81.4	44.8	63.7	82.2	98.1	86.5	90.4	94.7
%av3(100<R)	100.0	84.8	14.8	29.0	51.9	90.1	85.6	86.8	89.7
%av4(50<R<100)	100.0	92.6	35.8	57.5	79.9	98.4	93.4	93.6	95.7
%av5(0<R<50)	100.0	77.6	55.4	74.1	89.2	98.8	85.5	91.0	96.3

Topic: 検索課題(Search Topics)番号 (0001～0030 の 30 件)

F: 正解文書リスト(ver.2)

I: 事務局内部で行なった対話型システムによる検索結果

PX: 各提出結果から上位  $X$  件ずつをとったプール

P1I:P1X に 対話型システムでの検索結果を加えたプール

%av1: 正解文書数の割合の平均

%av2: 0028 を除いた場合の正解文書数の割合の平均

%av3: 正解文書数 100 &lt; R の検索課題についての正解文書数の割合の平均

%av4: 50 &lt; R &lt; 100 の検索課題についての正解文書数の割合の平均

%av5: 0 &lt; R &lt; 50 の検索課題についての正解文書数の割合の平均

文書リスト(ver.2)とした[7]が、ここでは、プーリングの有効性を考えるため、正解文書リスト(ver.2)を網羅的な正解文書リスト(F)であると仮定する。

%av1 は、各プール中の文書の正解文書リストに対する正解文書数の割合の平均であり、%av2 は、0028 を除いた場合の平均である。0028 は、正解文書数が 1000 件以上あるため、最大でも上位 1000 件までしかとらないプーリングではカバーしきれないと考え、除外した場合も考えた。%av3 は、正解文書リスト中の正解文書数が 100 件以上の検索課題についての平均、%av4 は正解文書数が 50 件以上 100 件未満の検索課題についての平均、%av5 は正解文書数が 50 件未満の検索課題についての平均である。

表 2 に各プール中の文書数を示す。

表 2 プール中の文書数 (予備テスト)

Topic	F	I	P10	P30	P100	P1000	P10I	P30I	P100I
0001	2910	1115	75	194	479	3961	1118	1130	1241
0002	7172	4710	62	173	673	5644	4728	4784	5074
0003	4841	2573	100	301	859	6192	2614	2732	3077
0004	7900	5174	73	188	664	6274	5191	5251	5518
0005	3857	35	96	254	830	6166	129	286	852
0006	3427	1222	92	237	802	5639	1262	1359	1762
0007	4498	1617	91	273	835	5914	1702	1862	2348
0008	2534	69	213	723	6415	69	213	727	727
0009	3777	1478	77	240	741	6870	1524	1637	2043
0010	3802	640	71	190	658	5173	661	737	1128
0011	2554	11	60	154	413	4562	62	154	413
0012	4989	1168	61	162	549	5888	1188	1251	1588
0013	4565	1016	86	276	815	6284	1085	1251	1725
0014	3924	1494	57	122	367	3407	1494	1499	1543
0015	3683	1151	56	187	597	4322	1173	1251	1580
0016	5060	2598	56	164	509	5883	2612	2649	2833
0017	4403	659	66	214	679	5271	690	788	1127
0018	2041	1267	70	237	658	4753	1298	1395	1661
0019	4696	2598	67	190	547	4137	2607	2645	2803
0020	5303	4116	49	207	657	4861	4117	4135	4235
0021	6286	3339	77	199	556	4859	3346	3364	3479
0022	3682	1906	82	182	537	4583	1927	1952	2127
0023	6611	3712	52	120	379	4184	3712	3726	3823
0024	5317	2852	75	179	480	4879	2861	2882	2990
0025	4249	1185	53	140	595	5778	1208	1266	1612
0026	4249	1185	52	152	539	4703	1202	1257	1479
0027	3465	2163	69	176	497	3912	2168	2182	2294
0028	7765	7104	110	313	939	6378	7134	7187	7334
0029	4789	1768	69	210	655	4553	1795	1878	2235
0030	4555	1089	83	240	669	5927	1125	1204	1524
min(0018)	2041	11	49	120	367	3407	62	154	413
max(0004)	7900	7104	110	313	939	6870	7134	7187	7334
total(30 topics)	136914	60945	2156	6087	18905	15732	61802	63907	72175
average(30 topics)	4563.8	21016	71.9	202.9	630.2	5245.7	2060.1	2130.2	2405.8

Topic: 検索課題(Search Topics)番号 (0001～0030 の 30 件)

F: 正解文書リスト(ver.2)

I: 事務局内部で行なった対話型システムによる検索結果

PX: 各提出結果から上位  $X$  件ずつをとったプール

P1I:P1X に 対話型システムでの検索結果を加えたプール

%av1: 正解文書数の割合の平均

%av2: 0028 を除いた場合の正解文書数の割合の平均

%av3: 正解文書数 100 &lt; R の検索課題についての正解文書数の割合の平均

%av4: 50 &lt; R &lt; 100 の検索課題についての正解文書数の割合の平均

%av5: 0 &lt; R &lt; 50 の検索課題についての正解文書数の割合の平均

図 1 に P10, …, P1000 に含まれる正解文書の割合のグラフを示す。

表 1 の %av1, %av2 からわかるように、上位 100 件をプーリングした P100 の場合、対話型で検索した場合(I)とほぼ同程度の網羅性で正解文書を含んでいると考えられる。%av3 (正解文書数 100 以上) ~ %av5 (正解文書数 50 未満) からわかるように、I では、正解文書数が多くても網羅性が高いままなのに対し、

## 大規模テストコレクション構築のためのプーリングについて：NTCIR-1 の分析

P100, P1000 では、正解文書数が多いほど、網羅性が低くなっている。これは、図 1 からもわかる。すなわち、正解文書数が多いほど、より多くの文書をプールする必要がある。

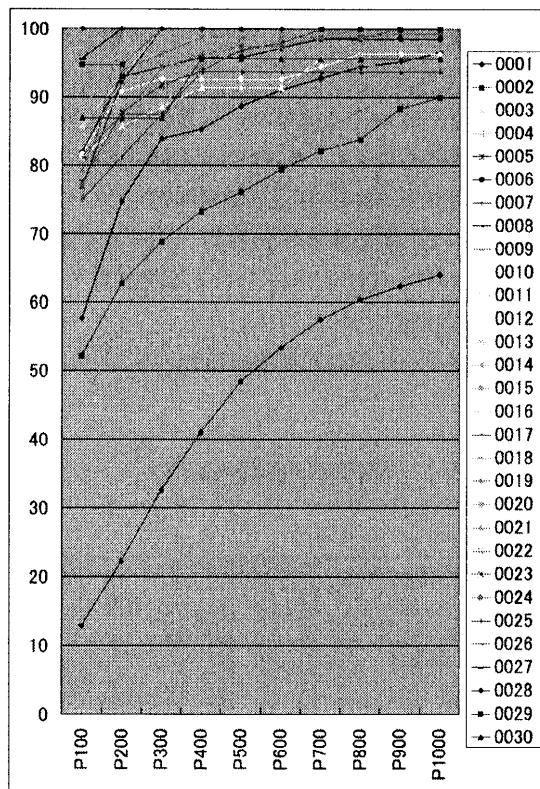


図 1 プール中の正解文書数（予備テスト）

PX:各提出結果から上位 X 件ずつをとったプール  
横軸の数値:PX に含まれる正解文書数/正解文書リストに含まれる正解文書数(%)

対話型検索システムによる追加検索によって、どの程度ユニークな正解をプールすることができるか調べるために、事務局内部で準備した正解文書リスト中の、自動的に検索した文書リスト PA 、図書館情報学専攻の大学院生が対話型検索システムで検索した文書リスト I 、および、上位 100 件のプール P100 において、それぞれがユニークに見つけた正解文書数を数えた。その結果を表 3 に示す。

「PA, I」、「PA, P100」、「I, P100」はそれぞれの組合せでどちらか一方のみが見つけた正解文書数、「PA, I, P100」は、この 3 つ組の中でいずれか 1 つのみが見つけた正解文書数であり、%av1 は、正解文書リスト F に対する正解文書数の割合の平均であり、%av2 は、0028 を除いた場合の平均である。

表 3 ユニークな正解文書の個数（予備テスト）

Topic	F	PA, I		PA, P100		I, P100		PA only, I only, P100 only		
		PA only	I only	PA only	P100 only	I only	P100 only	PA only	I only	P100 only
0001	293	0	85	49	14	120	0	0	71	0
0002	19	0	1	1	1	1	0	0	0	0
0003	14	1	0	2	2	2	3	0	0	2
0004	38	0	5	0	2	3	0	0	3	0
0005	13	10	0	2	0	0	8	2	0	0
0006	72	7	14	6	11	7	5	3	4	1
0007	16	11	0	1	2	0	12	1	0	2
0008	25	24	0	0	1	0	25	0	0	1
0009	8	0	2	1	1	2	0	0	1	0
0010	55	2	32	2	26	8	2	1	7	1
0011	7	4	0	0	0	0	4	0	0	0
0012	70	2	20	2	9	11	0	2	11	0
0013	38	5	23	3	16	11	6	0	8	1
0014	317	0	78	23	28	77	4	0	54	4
0015	20	0	2	3	2	3	0	0	0	0
0016	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0017	16	0	2	1	3	1	1	0	0	1
0018	167	62	22	69	41	45	20	42	18	0
0019	92	1	6	15	1	19	0	1	5	0
0020	16	0	1	0	1	0	0	0	0	0
0021	11	0	0	1	0	1	0	0	0	0
0022	82	8	14	6	9	10	7	3	7	2
0023	98	0	19	7	4	22	0	0	15	0
0024	158	1	18	20	3	34	0	1	15	0
0025	23	0	4	0	4	0	0	0	0	0
0026	23	0	2	0	2	0	0	0	0	0
0027	23	0	13	0	12	1	0	0	1	0
0028	1590	0	1400	118	137	1382	1	0	1264	1
0029	180	37	35	26	5	47	28	12	33	3
0030	23	0	9	0	6	3	0	0	3	0
Nav1(All)		13.5	19.6	7.9	11.8	15.0	12.8	23	9.4	1.6
Nav2(All-0028)		13.8	17.3	7.9	12.0	12.6	13.3	23	7.0	1.7
Nav3(50<=R)		7.1	27.8	12.1	10.1	26.8	4.0	3.8	18.6	0.7
Nav5(0<R<50)		17.7	14.1	5.1	13.1	7.2	18.1	1.2	3.3	2.2

PA:事務局内部で OpenText によって検索した正解文書リスト  
I:事務局内部で行なった対話型システムによる検索結果  
P100:各提出結果から上位 100 件ずつをとったプール

%av1:正解文書数の割合の平均

%av2:0028 を除いた場合の正解文書数の割合の平均

%av3,4:正解文書数 50<=R の検索課題についての正解文書数の割合の平均

%av5:0<R<50 の検索課題についての正解文書数の割合の平均

%av3,4 は、正解文書リスト中の正解文書数が 50 件以上

以上の検索課題についての平均、%av5 は正解文書数

が 50 件未満の検索課題についての平均である。

表 3 から、4 種類の平均のいずれから見ても、I が見つけてきたユニークな文書の割合は、PA のみ、P100 のみに比べて多くなっており、特に、正解文書数が 50 件以上の検索課題についての平均 %av4 では多く、PA, I, P100 の組合せでも 18.6% と顕著になっていている。

以上のようなことから、正解文書数が多い検索課題については、上位 X 件のプーリングだけでは不十分である可能性があり、対話型検索によって補完することが考えられる。

表 1 の P100 に I を加えたプール P100I の正解文書数の割合は、5 種類の平均のいずれでも、P100 と I よりも大きい値になる。表 2 から P100I でプールされた文書数は、P1000 の 1/5 程度であるが、表 1 からわかるように、全検索課題についての平均 %av1 では、1000 件全部をプーリングした P1000 の 97.0 % には及ばないものの、94.9 % をカバーしている。よって、プーリングする文書数が少ないときには、対話型検索による補完が有効であることがわかった。

### 2.2.2 簡易 Move-to-Front 法によるプーリング

次に、より効率的で簡便なプーリング法を試みるため、Move-to-Front プーリング法を簡略化した方法で実験を行なった。

本来の Move-to-Front 法では、プーリング法で一定数プーリングして作成した正解文書リストを用いたシステム評価によって、検索性能の高いシステムから正解である確率の高い文書を優先順位列(priority queue) に並べ、正解である確率が高い順に一定数プーリングする[2]。本稿では、より少ない  $X$  で正解の確率の計算をせずに効果的にプーリングを行なうために、 $X=10, 30, 100$  について、P10, P30, P100 でそれぞれ評価したとき、評価の高い 4 つの提出結果の上位  $X$  件に続く  $X$  件の文書をそれぞれ追加することを考えた。

P10, P30, P100 のそれぞれに追加したプールを MP10, MP30, MP100 とする。ただし、複数チームが複数の提出結果ファイルを提出しているので、単純

表 4 プール中の正解文書数(MTF) (予備テスト)

Topic	F	I	MP10	MP30	MP100	MP10I	MP30I	MP100I
0001	293	289	66	124	194	289	289	289
0002	19	19	14	18	18	19	19	19
0003	14	11	3	10	12	12	14	14
0004	38	37	26	32	35	37	37	37
0005	13	2	4	6	11	5	6	11
0006	72	61	29	40	67	62	62	69
0007	16	0	6	11	12	6	11	12
0008	25	0	11	24	25	11	24	25
0009	8	8	6	6	7	8	8	8
0010	55	51	29	37	49	51	51	53
0011	7	3	6	7	7	6	7	7
0012	70	68	37	53	59	68	68	68
0013	38	31	7	12	30	34	36	37
0014	317	283	64	117	231	283	284	287
0015	20	20	13	15	17	20	20	20
0016	5	5	5	5	5	5	5	5
0017	16	13	7	12	14	13	14	14
0018	167	100	23	45	87	103	110	124
0019	92	90	39	56	74	90	90	90
0020	16	16	14	15	16	16	16	16
0021	11	11	7	9	10	11	11	11
0022	82	68	32	50	76	72	73	80
0023	98	98	36	61	80	98	98	98
0024	158	156	44	81	132	156	156	156
0025	23	23	23	23	23	23	23	23
0026	23	23	21	23	23	23	23	23
0027	23	23	12	19	23	23	23	23
0028	1590	1566	28	94	265	1587	1587	1587
0029	180	113	37	71	100	121	132	144
0030	23	23	14	18	20	23	23	23
%av1(All)	100.0	82.0	49.7	68.0	83.9	87.9	92.6	95.6
%av2(All-0028)	100.0	81.4	51.3	70.1	86.2	87.5	92.4	95.5
%av3(100<=R)	100.0	84.8	17.8	33.8	57.8	85.9	87.7	90.3
%av4(50<=R<100)	100.0	92.6	44.0	63.8	86.9	93.6	93.8	97.5
%av5(0<=R<50)	100.0	77.6	62.2	80.8	91.6	86.6	93.9	96.8

Topic: 検索課題(Search Topics)番号 (0001～0030 の 30 件)

F: 正解文書リスト(ver.2)

I: 事務局内部で行なった対話型システムによる検索結果  
MPX: PX に上位 4 チームの各提出結果から上位  $X$  件ずつをとった文書を追加したプール

MPX1: MPX に対話型システムでの検索結果を加えたプール

%av1: 正解文書数の割合の平均

%av2: 0028 を除いた場合の正解文書数の割合の平均

%av3: 正解文書数 100<=R の検索課題についての正解文書数の割合の平均

%av4: 50<=正解文書数 R<100 の検索課題についての正解文書数の割合の平均

%av5: 0<正解文書数 R<50 の検索課題についての正解文書数の割合の平均

に評価が 1 位～4 位の提出結果から追加文書をとるのではなく、1 チーム 1 セットの提出結果までとして検索チームの重複を除いたときの上位 4 つの提出結果から文書を追加した。MP10, MP30, MP100 と対話型システムで検索した結果(I)を合わせた結果を MP10I, MP30I, MP100I とする。

表 4 に MP10, MP30, MP100, MP10I, MP30I, MP100I に含まれる正解文書数を示し、表 5 に各プールの文書数を示す。

表 4 からわかるように、追加のプーリングでは、どのプールでも元のプールよりもほぼ 10%程度の正解文書数の向上が見られる。また、I と組合せたときには、どのプールでも正解文書数の割合が 90%以上になり、対話型検索と組合せることによって、どの提出結果からも上位の一定数をプーリングする方法に比べて、より少ない文書数でのプーリングが可能であると考えられる(表 2, 表 5 参照)。

### 2.3 プーリングする件数による評価の違い

プーリング件数の異なるプールがあるとき、どのプールに含まれる正解文書を正解文書リストとして検索結果の評価に使用するかによって、評価は異なってくる。プーリングに用いた各提出結果からの文

表 5 プール中の文書数(MTF) (予備テスト)

Topic	F	I	MP10	MP30	MP100	MP10I	MP30I	MP100I
0001	2910	1115	94	217	572	1118	1130	1242
0002	7172	4710	77	230	839	4732	4808	5187
0003	4841	2573	129	377	1031	2632	2765	3161
0004	7900	5174	89	251	826	5191	5265	5629
0005	3857	35	120	331	924	153	360	946
0006	3427	1222	113	303	1033	1271	1382	1959
0007	4498	1617	114	354	1059	1716	1936	2534
0008	2534	94	275	954	94	275	954	954
0009	3777	1478	105	297	967	1541	1673	2207
0010	3802	640	86	252	795	667	779	1200
0011	2554	11	72	176	573	74	176	573
0012	4989	1168	75	178	693	1188	1254	1718
0013	4565	1016	114	350	1022	1105	1318	1898
0014	3924	1494	67	155	489	1494	1499	1545
0015	3683	1151	82	251	812	1181	1294	1754
0016	5060	2598	82	219	720	2621	2670	2995
0017	4403	659	85	277	811	696	815	1237
0018	2041	1267	100	311	885	1318	1431	1821
0019	4696	2598	96	267	732	2612	2668	2882
0020	5303	4116	67	259	755	4121	4143	4242
0021	6266	3339	99	267	734	3348	3386	3559
0022	3682	1906	99	212	689	1930	1959	2161
0023	6611	3712	68	156	426	3712	3726	3826
0024	5317	2852	102	228	654	2869	2894	3055
0025	4249	1185	60	200	786	1210	1305	1745
0026	4249	1185	59	181	643	1206	1272	1569
0027	3465	2163	81	216	603	2168	2184	2313
0028	7765	7104	139	412	1190	7139	7187	7334
0029	4799	1768	92	267	785	1802	1918	2350
0030	4555	1089	104	288	808	1129	1240	1647
min (0018)	2041	11	59	155	426	74	176	573
max (004)	7900	7104	139	412	1190	7139	7187	7334
total (30 topics)	136914	60945	2764	7757	23810	62038	64712	75241
average (30 topics)	4583.8	2101.6	92.1	258.6	793.7	2067.9	2157.1	2508.0

Topic: 検索課題(Search Topics)番号 (0001～0030 の 30 件)

F: 正解文書リスト(ver.2)

I: 事務局内部で行なった対話型システムによる検索結果  
MPX: PX に上位 4 チームの各提出結果から上位  $X$  件ずつをとった文書を追加したプール

MPX1: MPX に対話型システムでの検索結果を加えたプール

## 大規模テストコレクション構築のためのプーリングについて：NTCIR-1 の分析

書数のシステム評価への影響を調べるために、前節で示したプールのそれぞれを用いて正解文書リストを作成し、各提出結果の評価を行なった。評価した提出結果は随時検索タスクの検索結果 8 チーム 16 セットの内、それぞれ異なる検索システムによって提出された上位 8 セットを選んだ。「正解」、「部分的正解」と判定されたものをそれぞれの「正解」として各提出結果の精度を計算し、平均精度（補完なし）の値で順位を付けた結果を表 6 に示す。

一般的に、提出結果の平均精度間の差は、統計的に有意であるほど十分大きくはないと言われている。表 6 の順位付けを行なうために使用した、隣合う平均精度間の差を対応のある t-検定で検定したところ、有意な差はないということがわかった。ただし、相対的な比較のために、平均精度間の差がある程度大きいときには異なる順位として順位付けをしたいので、ここではその差を 5%と決め、平均精度間の差が 5%未満のときには、同順位とした。A, B, C, D, E, F, G, H はそれぞれの提出結果の run-id を表わす。

表 6 から、一般的なプーリング法において、プール数を変えたプーリングでは、ほとんど相対的な評価の順位には影響がないということがわかる。また、

表 6 異なるプールによる提出結果の順位付け  
(予備テスト)

run-id	A	B	C	D	E	F	G	H
F	1	2	2	4	5	6	7	8
P10	1	2	3	5	4	6	7	7
P30	1	2	2	4	4	6	7	7
P100	1	2	2	4	5	6	7	8
P10I	1	2	2	4	4	6	7	8
P30I	1	2	2	4	4	6	7	8
P100I	1	2	2	4	5	6	7	8
MP10	1	2	3	4	4	6	7	7
MP30	1	2	2	4	5	6	7	7
MP100	1	2	2	4	5	6	7	8
MP10I	1	2	2	4	4	6	7	8
MP30I	1	2	2	4	5	6	7	8
MP100I	1	2	2	4	5	6	7	8

run-id:8 セットの提出結果の run-id

F: 正解文書リスト(ver.2)

PX: 各提出結果から上位 X 件ずつをとったプール

MPX:PX に上位 4 チームの各提出結果から上位 X 件ずつをとった文書を追加したプール

MPXI:MPX に対話型システムでの検索結果を加えたプール

P30 と MP30、P100 と MP100 のそれぞれで順位が同じであることから、上位 100 件の追加のプーリングを行なっても、相対的な評価には影響がないと考えられる。

### 3 評価テストの提出結果を用いたプーリング実験

#### 3.1 評価テストの概要

NTCIR ワークショップ[9]では、1999 年 3 月 4 日に評価テストを行ない、評価用検索課題 53 件について、24 チームで合計 121 セットの検索結果が提出された。121 セットの内訳は、随時検索タスク 18 チーム 47 セット、言語横断タスク 11 チーム 69 セット、単言語（言語横断検索のための baseline として）3 チーム 5 セットである。本稿では、この 121 セットのうち、随時検索タスクの提出結果 47 セットを対象として実験を行なった。

一つの提出結果は、ある検索システムによる検索結果の、53 件の検索課題に対するそれぞれ上位 1000 件ずつを一つのファイルに順にリストとして並べたものである。システムの検索性能は、この 53 件の検索課題に対する検索結果の評価尺度の平均によって順位付けた。

#### 3.2 プーリング実験

##### 3.2.1 プーリング法によるプーリング

提出された検索結果だけを用いたプーリング法の有効性とプーリングによって作成された正解文書リストの評価に対する公平性を検証するため、随時検索タスクの提出結果 47 セットを用いてプーリング実験を行なった。

$X = 10, \dots, 1000$  について、各提出結果から上位  $X$  件のプーリングを行なった。そのプールのそれぞれを順に P10, ..., P1000 とする。最終的な正解文書リストを F とする。正解文書リストの網羅性を高めるため、正解文書数の多い検索課題 10 件について、事務局内部で対話型システムを用いて検索した結果を I(Interactive)とする。PX に I を加えたものを PXI とする。表 7 に F, I, P10, P30, P100, P10I, P30I, P100I の検索課題ごとの正解文書数を示し、表 8 に各プール中の文書数を示す。「正解」は「正解」と「部分的正解」を合わせて「正解」とする。

評価用セットでは、正解文書リストは、まず、判定文書数が各検索課題でほぼ同数になるように P100 に手を加えた文書リストを判定し、正解文書数

## 学術情報センター紀要 第12号 (2000)

表 7 プール中の正解文書数 (評価テスト)

Topic	F	I	P10	P30	P100	P10I	P30I	P100I
0031	2537		126	318	1059	126	318	1059
0032	2501		162	414	1345	162	414	1345
0033	3356	1635	145	334	1051	1716	1841	2434
0034	2602		181	516	1471	181	516	1471
0035	2060		149	377	1258	149	377	1258
0036	2413		83	285	944	83	285	944
0037	2846	944	194	508	1364	1051	1254	1892
0038	1864		132	367	1084	132	367	1084
0039	2411		159	475	1420	159	475	1420
0040	2351		137	344	933	137	344	933
0041	2158		119	282	879	119	282	879
0042	2442		221	601	1718	221	601	1718
0043	2344		88	313	1103	88	313	1103
0044	2571		122	364	1303	122	364	1303
0045	2269		169	408	1146	169	408	1146
0046	2486		134	381	1224	134	381	1224
0047	2452		180	457	1442	180	457	1442
0048	2539		202	561	1713	202	561	1713
0049	2514		191	530	1679	191	530	1679
0050	1691		123	354	1219	123	354	1219
0051	2607		188	516	1598	188	516	1598
0052	2515		180	557	1664	180	557	1664
0053	2869	546	150	423	1415	638	857	1771
0054	3665	1732	195	569	1672	1817	2065	2934
0055	1554		130	332	968	130	332	968
0056	3596	1591	186	517	1524	1712	1929	2739
0057	2701	1009	129	353	1275	1078	1229	1839
0058	2555		114	460	1454	114	460	1454
0059	3943	2253	115	343	1235	2310	2478	3208
0060	2540		124	462	1422	124	462	1422
0061	2398		149	460	1394	149	460	1394
0062	2281		111	288	805	111	288	805
0063	2505		145	432	1389	145	432	1389
0064	2720	1279	118	282	882	1323	1423	1819
0065	2363		155	461	1326	155	461	1326
0066	1819		115	317	945	115	317	945
0067	2062		125	337	1095	125	337	1095
0068	2984	803	103	388	952	874	1115	2163
0069	2576		187	514	1464	187	514	1464
0070	2750	692	143	356	961	759	903	1356
0071	2504		107	310	1121	107	310	1121
0072	2220		131	351	1134	131	351	1134
0073	2500		160	432	1330	160	432	1330
0074	1977		137	374	1139	137	374	1139
0075	2602		152	442	1445	152	442	1445
0076	2655		143	439	1329	143	439	1329
0077	1951		99	293	1044	99	293	1044
0078	2455		118	353	1232	118	353	1232
0079	2407		77	362	1472	77	362	1472
0080	2395		166	457	1241	166	457	1241
0081	2542		165	515	1633	165	515	1633
0082	2503		94	304	1346	94	304	1346
0083	2551		171	468	1358	171	468	1358
min (0059)	1554	546	77	282	805	77	282	805
max (0059)	3943	2253	221	601	1718	2310	2478	3208
total (53 topics)	132672	12484	7598	21656	68189	19399	32677	77543
average (53 topics)	2503.2	1248.4	143.4	408.6	1286.6	366.0	616.5	1463.1

Topic: 検索課題(Search Topics)番号 (0031～0083 の 53 件)

F: 正解文書リスト

I: 事務局内部で行なった対話型システムによる検索結果

PX: 各提出結果から上位 X 件ずつをとったプール

PXi: PX に 対話型システムでの検索結果を加えたプール

%av1: 正解文書数の割合の平均

%av2: 正解文書数 50 &lt;= R の 検索課題についての正解文書数の割合の平均

多くの検索課題 10 件について、I を加えて追加判定を行ない、正解文書リスト F を作成した。%av1 は、各プール中の文書の正解文書リストに対する正解文書数の割合の平均であり、%av2 は正解文書数が 50 件以上の検索課題についての平均である。

表 7 の 10 件の正解文書数の割合 %av2 からわかるように、P100 は、対話型で検索した場合 I とほぼ同程度の網羅性で正解文書を含んでいると考えられる。P30, P100 では、正解文書数が 50 件未満の検索課題に対しての方が、網羅性が高くなっている。すなわち、検索結果数が多い場合にも、正解文書数が多い検索課題については、より多くの文書をプールする

表 8 プール中の文書数 (評価テスト)

Topic	F	I	P10	P30	P100	P1000	P10I	P30I	P100I
0031	21		18	20	20	21			
0032	23		9	13	19	23			
0033	162	161	52	89	136	162	161	161	162
0034	15		8	10	15	15			
0035	32		25	28	32	32			
0036	14		11	13	14	14			
0037	65	61	27	43	58	65	63	63	63
0038	39		19	32	37	39			
0039	16		14	16	16	16			
0040	47		27	46	46	47			
0041	16		10	12	16	16			
0042	22		15	18	19	21			
0043	35		24	33	35	35			
0044	15		10	14	15	15			
0045	18		11	15	18	18			
0046	37		21	32	36	37			
0047	30		14	23	30	30			
0048	34		17	27	34	34			
0049	20		9	13	18	20			
0050	37		30	37	37	37			
0051	20		8	15	17	20			
0052	9		9	9	9	9			
0053	84	67	38	65	78	83	71	79	82
0054	584	504	58	123	253	523	510	521	568
0055	40		26	35	40	40			
0056	68	51	30	54	63	68	59	65	67
0057	187	160	59	107	168	187	164	174	179
0058	10		9	10	10	10			
0059	61	56	30	44	57	61	56	58	61
0060	10		7	9	10	10			
0061	24		19	23	24	24			
0062	22		11	17	22	22			
0063	43		21	28	43	43			
0064	59	59	30	45	56	59	59	59	59
0065	10		9	10	10	10			
0066	33		24	33	33	33			
0067	23		21	23	23	23			
0068	52	33	24	36	47	52	36	40	47
0069	12		7	12	12	12			
0070	111	104	46	71	98	111	105	107	110
0071	13		11	12	12	13			
0072	21		11	18	20	21			
0073	11		6	10	11	11			
0074	17		15	17	17	17			
0075	14		13	14	14	14			
0076	17		10	12	16	17			
0077	6		6	6	6	6			
0078	6		6	6	6	6			
0079	10		10	10	10	10			
0080	16		13	15	16	16			
0081	9		7	9	9	9			
0082	9		8	9	9	9			
0083	36		16	27	34	36			
%av1(All)	100.0		64.3	84.0	95.6	99.7			
%av2(50 <= R)	100.0	86.9	39.2	63.8	85.9	98.8	89.8	93.7	97.6

Topic: 検索課題(Search Topics)番号 (0031～0083 の 53 件)

F: 正解文書リスト

I: 事務局内部で行なった対話型システムによる検索結果

PX: 各提出結果から上位 X 件ずつをとったプール

PXi: PX に 対話型システムでの検索結果を加えたプール

必要があることがわかる。ブーリングにおいて、予備テストでは提出結果 16 セットを使用したのに対し、評価テストではその約 3 倍の 49 セットを使用している。どちらのプールでも、各提出結果中の上位の文書はある程度重なりがあると考えられるが、表 2、表 8 からわかるように、プール中の文書数も 3 倍弱に増えている。検索システムが正解候補として返してくれる検索結果文書数は検索課題の性質や正解文書数と関連があるので一概には言えないが、提出結果数が増えたとき、プールされる文書数の増え方がどのような傾向になるかも考慮する必要がある。

対話型検索システムによる追加検索によって、ど

## 大規模テストコレクション構築のためのプーリングについて：NTCIR-1 の分析

の程度ユニークな正解をプールすることができたか確かめるために、対話型検索システムで追加検索を行なった 10 件の検索課題について、対話型検索システムで検索した文書リスト I 、および、上位 100 件のプール P100 において、それぞれがユニークに見つけた正解文書数を表 9 に示す。

表 9 ユニークな正解文書の個数（評価テスト）

Topic	F	I, P100	
		I only	P100 only
0033	162	26	1
0037	65	5	2
0053	84	4	15
0054	583	315	64
0056	68	4	16
0057	187	11	19
0059	61	4	5
0064	59	3	0
0068	52	0	14
0070	111	12	6
%ave(10topics)	11.7	10.7	

I:事務局内部で行なった対話型システムによる検索結果  
P100:各提出結果から上位 100 件ずつをとったプール  
%ave は、正解文書リスト F に対する正解文書数の割合の平均

「I, P100」はそれぞれの組合せでどちらか一方のみが見つけた正解文書数であり、%ave は、正解文書リスト F に対する正解文書数の割合の平均である。

表 9 から、10 件の検索課題全体での平均では、I のみと P100 のみはそれほど差がないが、正解文書数が多い 0033, 0054, 0070 については I の方が多くの正解文書を見つけていることがわかる。

以上のようなことから、提出結果数が十分多いと考えられる評価テストにおいても、提出結果数が少なかった予備テストにおけるプーリング実験と同様に、正解文書数が多い検索課題については、上位 X 件のプーリングだけでは不十分である可能性があるが、対話型検索によって補完することが可能であることがわかった。また、表 7 から、P30I は、%av2 で P100 よりも大きい 93.7% をカバーしており、プーリングする文書数が少ないときにも、対話型検索による補完が有効であることがわかった。

## 3.2.2 簡易 Move-to-Front 法によるプーリング

次に、2.2.2 で述べた簡易 Move-to-Front 法によって、X=10, 30, 100 について、PX でそれぞれ評価したとき、評価の高い 5 つの提出結果の上位 X 件に続く X 件の文書をそれぞれ追加した。PX に追加したプールを MPX とする。MPX と対話型システムで検索した結果 I を合わせた結果を MPXI とする。

表 10 に MP10, MP30, MP100, MP10I, MP30I, MP100I に含まれる正解文書数を示し、表 11 に各プール中の文書数を示す。

表 10 プール中の正解文書数(MTF)（評価テスト）

Topic	F	I	MP10	MP30	MP100	MP10I	MP30I	MP100I
0031	21		18	20	20			
0032	23		10	13	19			
0033	162	161	59	94	144	161	161	162
0034	15		8	11	15			
0035	32		25	29	32			
0036	14		13	13	14			
0037	65	61	29	49	60	63	63	63
0038	39		22	35	37			
0039	16		14	16	16			
0040	47		32	46	46			
0041	16		11	14	16			
0042	22		16	18	19			
0043	35		28	35	35			
0044	15		11	15	15			
0045	18		14	17	18			
0046	37		26	35	36			
0047	30		19	27	30			
0048	34		18	30	34			
0049	20		9	16	19			
0050	37		32	37	37			
0051	20		8	15	18			
0052	9		9	9	9			
0053	84	67	42	68	79	73	79	82
0054	584	504	70	146	295	513	524	570
0055	40		28	35	40			
0056	68	51	37	59	63	60	66	67
0057	187	160	68	120	172	164	174	181
0058	10		9	10	10			
0059	61	56	33	46	60	56	58	61
0060	10		9	10	10			
0061	24		21	23	24			
0062	22		12	19	22			
0063	43		21	29	43			
0064	59	59	33	50	58	59	59	59
0065	10		10	10	10			
0066	33		25	33	33			
0067	23		22	23	23			
0068	52	33	26	42	48	37	43	48
0069	12		10	12	12			
0070	111	104	49	77	102	105	107	110
0071	13		11	12	12			
0072	21		14	18	20			
0073	11		8	10	11			
0074	17		16	17	17			
0075	14		13	14	14			
0076	17		10	15	16			
0077	6		6	6	6			
0078	6		6	6	6			
0079	10		10	10	10			
0080	16		15	16	16			
0081	9		8	9	9			
0082	9		8	9	9			
0083	36		20	32	35			
%av1(All)	100.0		70.3	88.1	96.4			
%av2(50<=R)	100.0	86.9	43.8	70.1	89.1	90.5	94.4	97.9

Topic:検索課題(Search Topics)番号 (0031～0083 の 53 件)

F:正解文書リスト

I:事務局内部で行なった対話型システムによる検索結果

MPX:PX に上位 5 チームの各提出結果から上位 X 件ずつをとった文書を追加したプール

MPXI:MPX に対話型システムでの検索結果を加えたプール

%av1:正解文書数の割合の平均

%av2:正解文書数 50<=R の検索課題についての正解文書数の割合の平均

表 11 プール中の文書数(MTF) (評価テスト)

Topic	F	I	MP10	MP30	MP100	MP10I	MP30I	MP100I
0031	2537		130	336	1215	130	336	1215
0032	2501		182	457	1523	182	457	1523
0033	3356	1635	156	361	1161	1718	1858	2511
0034	2602		203	563	1573	203	563	1573
0035	2060		157	391	1377	157	391	1377
0036	2413		95	321	991	95	321	991
0037	2846	944	213	548	1453	1059	1262	1944
0038	1864		146	400	1164	146	400	1164
0039	2411		181	527	1499	181	527	1499
0040	2351		148	355	1011	148	355	1011
0041	2158		123	307	949	123	307	949
0042	2442		245	635	1860	245	635	1860
0043	2344		98	346	1244	98	346	1244
0044	2571		131	408	1488	131	408	1488
0045	2269		183	430	1261	183	430	1261
0046	2486		145	422	1392	145	422	1392
0047	2452		195	488	1601	195	488	1601
0048	2539		220	628	1854	220	628	1854
0049	2514		203	577	1810	203	577	1810
0050	1891		133	379	1285	133	379	1285
0051	2607		203	546	1732	203	546	1732
0052	2515		195	595	1769	195	595	1769
0053	2869	546	156	462	1555	642	879	1891
0054	3665	1732	215	622	1812	1823	2088	3014
0055	1554		138	357	1026	138	357	1026
0056	3596	1591	200	553	1597	1714	1944	2775
0057	2701	1009	140	389	1375	1078	1236	1973
0058	2555		136	505	1581	136	505	1581
0059	3943	2253	120	376	1345	2310	2498	3267
0060	2540		147	494	1511	147	494	1511
0061	2398		172	497	1521	172	497	1521
0062	2281		119	301	855	119	301	855
0063	2505		158	474	1593	158	474	1593
0064	2720	1279	123	305	969	1323	1424	1844
0065	2363		171	522	1419	171	522	1419
0066	1819		123	330	1048	123	330	1048
0067	2062		130	381	1197	130	381	1197
0068	2984	803	111	432	1694	878	1150	2315
0069	2576		205	557	1584	205	557	1584
0070	2750	692	147	377	1031	759	904	1390
0071	2504		109	334	1324	109	334	1324
0072	2220		140	380	1259	140	380	1259
0073	2500		174	475	1459	174	475	1459
0074	1977		143	406	1243	143	406	1243
0075	2602		164	490	1601	164	490	1601
0076	2655		169	481	1471	169	481	1471
0077	1951		106	333	1147	106	333	1147
0078	2455		129	392	1383	129	392	1383
0079	2407		88	415	1688	88	415	1688
0080	2395		175	479	1374	175	479	1374
0081	2542		179	563	1811	179	563	1811
0082	2503		104	356	1564	104	356	1564
0083	2551		191	521	1560	191	521	1560
min (0055)	1554	546	88	301	855	88	301	855
max (0059)	3943	2253	245	635	1860	2310	2498	3267
total (53 topics)	132672	12484	8267	23579	74809	19990	34397	83741
average (53 topics)	2503.2	1248.4	156.0	444.3	1411.5	377.2	649.0	1580.0

Topic: 検索課題(Search Topics)番号 (0031～0083 の 53 件)

F: 正解文書リスト

I: 事務局内部で行なった対話型システムによる検索結果  
MPX: PX に上位 5 チームの各提出結果から上位 X 件ずつをとった文書を追加したプール

MPX1: MPX に対話型システムでの検索結果を加えたプール

表 10 からわかるように、提出結果数が多い評価テストでは、追加のプーリングによる正解文書数の増加は、予備テストの場合よりも若干少なくなっている。表 7 の P100I の %av2 と、表 10 の MP100I の %av2 がほとんど変わらないことから、網羅的なプーリングのためには、平均精度で上位の提出結果から追加のプーリングを行なうよりも、対話型検索システムを用いたマニュアル検索(I)で追加検索を行なう方が有効であると考えられる。

### 3.3 プーリングする件数による評価の違い

プーリングに用いた各提出結果からの文書数のシステム評価への影響を調べるために、前節のプール

を用いて正解文書リストを作成し、提出結果の評価を行なった。ただし、I と I を追加したプール PX, MPX1 について、検索課題 10 件のみについての評価である。評価した提出結果は随時検索タスクの検索結果 18 チーム 47 セットの内、それぞれ異なる検索システムによって提出された上位 10 セットである。各提出結果の精度を計算し、平均精度（補完なし）の値で順位を付けた結果を表 12、表 13 に示す。a, b, c, d, e, f, g, h, j, k はそれぞれの提出結果の run-id を表わす。

表 12 異なるプールによる提出結果の順位付け  
(53 検索課題) (評価テスト)

run-id	a	b	c	d	e	f	g	h	j	k
F	1	2	2	4	4	4	4	8	8	8
P10	1	2	2	4	4	4	4	8	8	8
P30	1	2	2	4	4	4	4	8	8	8
P100	1	2	2	4	4	4	4	8	8	8
MP10	1	2	2	4	4	4	4	8	8	8
MP30	1	2	2	4	4	4	4	8	8	8
MP100	1	2	2	4	4	4	4	8	8	8

run-id: 10 セットの提出結果の run-id

F: 正解文書リスト

PX: 各提出結果から上位 X 件ずつをとったプール

MPX: PX に上位 5 チームの各提出結果から上位 X 件ずつをとった文書を追加したプール

表 13 異なるプールによる提出結果の順位付け  
(10 検索課題) (評価テスト)

run-id	a	b	c	d	e	f	g	h	j	k
F (10topics)	1	2	3	4	4	4	7	8	9	10
I	1	2	3	4	4	6	7	8	9	10
P10I	1	2	3	4	4	4	7	8	9	10
P30I	1	2	3	4	4	4	7	8	9	10
P100I	1	2	3	4	4	4	7	8	9	10
MP10I	1	2	3	4	4	4	7	8	9	10
MP30I	1	2	3	4	4	4	7	8	9	10
MP100I	1	2	3	4	4	4	7	8	9	10

run-id: 10 セットの提出結果の run-id

F: 正解文書リスト

PX: 対話型システムでの検索結果を加えたプール

MPX: 対話型システムでの検索結果を加えたプール

表 12、表 13 から、I のみのプールについては他のプールと異なる傾向があるものの、53 検索課題、10 検索課題のそれぞれについて、順位の変動はなく、プーリング数による相対的な評価の影響はほとんどないことがわかった。

## 大規模テストコレクション構築のためのブーリングについて：NTCIR-1 の分析

## 4 異なる判定結果による評価

正解判定のゆれがシステム評価に影響を及ぼすかどうか調べるために、評価テストの評価用セット F を構築する際に行なった、複数の判定者による正解判定結果と正解文書リスト F を用いて、評価を行なった。

正解判定は、各検索課題について、異なる判定者 A、B により判定 1、2 として行ない、最終判定は両者の協議によって行なった。表 14 に 判定 1(J1)、判定 2(J2)、最終判定(F)の overlap を示す。overlap は正解判定の一一致度を測る尺度であり、A と B の overlap は以下のように定義される[13]。

$$\text{Overlap}(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}$$

評価する提出結果は、前節と同様に、随時検索タスクの検索結果 18 チーム 47 セットの内の特徴的な 10 セットを選んだ。判定 1、判定 2、最終判定 F のそれぞれで「正解」、「部分的正解」と判定されたものをそれぞれの「正解」として各提出結果の精度を計算し、平均精度（補完なし）の値で順位を付けた結果を表 15 に示す。a, b, c, d, e, f, g, h, j, k はそれぞれの提出結果の run-id を表わす。

表 14 からわかるように、最終判定と判定 1 との overlap は大きいものの、最終判定と判定 2、判定 1 と判定 2、最終判定と判定 1 と判定 2 の一致度(overlap)は 0.5 前後であり、判定がかなり異なっていることがわかる。しかし、表 15 からわかるように、判定のゆれによる順位の変動はほとんどない。

1.4 の最後で述べたように、複数の判定者の判定結果を用いて、それぞれ別に検索結果を評価したとき、複数の検索課題に対する評価（平均精度）の平均はほとんど差がなくなるので、判定者間の判定のゆれは評価においては問題ではない、ということが[1],[8],[13]、英語のテストコレクションについては確かめられているが、日本語に対する情報検索についても、複数の異なる正解文書リストのそれぞれでシステムを評価した場合でも、システムの相対的な評価にはほとんど影響がないということがわかった。

表 14 Overlap (評価テスト)

Topic	F, J1	F, J2	J1, J2	J1, J2, F
0031	0.519	0.243	0.132	0.132
0032	0.917	0.167	0.129	0.129
0033	0.579	0.703	0.451	0.427
0034	0.600	0.357	0.214	0.214
0035	0.771	0.480	0.358	0.358
0036	0.875	0.600	0.545	0.545
0037	0.680	0.486	0.342	0.321
0038	0.846	0.117	0.090	0.090
0039	0.941	0.063	0.059	0.059
0040	0.702	0.938	0.681	0.667
0041	0.938	1.000	0.938	0.938
0042	0.696	0.593	0.407	0.370
0043	0.971	0.800	0.771	0.771
0044	0.800	0.824	0.750	0.706
0045	1.000	0.611	0.611	0.611
0046	0.822	0.400	0.333	0.333
0047	0.844	0.212	0.114	0.114
0048	0.800	0.571	0.389	0.389
0049	1.000	0.267	0.267	0.267
0050	0.568	0.857	0.476	0.476
0051	0.762	0.440	0.269	0.269
0052	1.000	0.667	0.667	0.667
0053	0.694	0.540	0.392	0.352
0054	0.399	0.443	0.642	0.336
0055	0.767	0.225	0.184	0.163
0056	0.309	0.367	0.121	0.119
0057	0.508	0.468	0.247	0.243
0058	1.000	0.800	0.800	0.800
0059	0.742	0.424	0.323	0.310
0060	1.000	0.800	0.800	0.800
0061	0.667	0.656	0.452	0.438
0062	0.636	0.909	0.545	0.545
0063	0.955	0.638	0.604	0.604
0064	0.919	0.700	0.689	0.667
0065	0.900	0.800	0.700	0.700
0066	0.970	0.912	0.882	0.882
0067	0.652	0.786	0.500	0.500
0068	0.731	0.539	0.382	0.382
0069	0.538	0.786	0.400	0.400
0070	0.438	0.676	0.317	0.297
0071	0.769	0.846	0.615	0.615
0072	0.714	0.364	0.241	0.241
0073	0.440	0.286	0.143	0.143
0074	0.300	0.309	0.103	0.103
0075	0.625	0.429	0.267	0.267
0076	0.706	0.714	0.476	0.476
0077	0.714	0.833	0.571	0.571
0078	1.000	1.000	1.000	1.000
0079	0.800	0.909	0.727	0.727
0080	0.476	0.583	0.276	0.276
0081	0.700	0.545	0.333	0.333
0082	0.727	0.889	0.636	0.636
0083	0.718	0.659	0.432	0.432
ave	0.739	0.589	0.449	0.438

Topic: 検索課題(Search Topics)番号 (0031～0083 の 53 件)  
F: 最終判定による正解文書リスト  
J1: 判定者 A による判定 1  
J2: 判定者 B による判定 2

表 15 異なる判定結果による提出結果の順位付け  
(評価テスト)

run-id	a	b	c	d	e	f	g	h	j	k
F	1	2	2	4	4	4	4	8	8	8
J1	1	2	2	4	4	4	4	8	8	8
J2	1	2	2	5	4	5	5	8	8	8

run-id:10 セットの提出結果の run-id  
F:最終判定による正解文書リスト  
J1:判定者 A による判定 1  
J2:判定者 B による判定 2

## 5まとめ

本稿では、大規模テストコレクションを構築する際に必要となる、正解文書候補をどうすれば効果的に公平に収集することができるかという観点から、NTCIR-1 の予備テストと評価テストの提出結果をそれぞれ用いて、ブーリング実験を行なった。ブーリング実験の結果から、NTCIR-1 については、以下のことわかった。

- (1)各提出結果の上位 100 件をとるブーリングは、正解文書数が 1~50 件程度である場合には、ほぼ正解文書を網羅的に収集できるが、正解文書数が 100 件以上である場合には、網羅的であるとはいえない。すなわち、正解文書数が多い検索課題ほど、多くの文書をブーリングする必要がある。その場合でも、上位 100 件のプールに、対話型で検索した結果を加えると可能な限り多くの正解文書を収集することができる。
- (2)上位 X 件をブーリングする場合、平均精度で順位付けしたときに上位の提出結果から追加で上位 100 件をブーリングすれば、対話型検索を併用しなくとも、多くの正解文書を収集できる。また、対話型検索を併用すれば、100 件より少ない件数のブーリングでも多くの正解文書を収集することが可能である。
- (3)一般的なブーリング、追加のブーリングでも、上位何件をブーリングするかによる、システム（提出結果）の相対的評価に大きな変化は見られない。
- 判定者の異なる複数の正解文書リストを用いた提出結果の評価によって、以下のことがわかった。  
日本語のテストコレクションの構築過程においても、正解判定のゆれによるシステム間の大さ

な評価の違いは見られなかった。

## 謝辞

本研究は、日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業「高度分散情報資源活用のためのユービキタス情報システム」（課題番号 JSPS-RFTF96P00602）による。

## 参考文献

- [1] Burgin, R., "Variations in Relevance Judgments and the Evaluation of Retrieval Performance", *Information Processing and Management*, Vol.28, No.5, pp.619-627, 1992.
- [2] Cormack, G.V.; et.al., "Efficient Construction of Large Test Collections". In Proc. ACM-SIGIR'98, pp.282-289, Melbourne, 1998.
- [3] Gilbert,G.; Sparck Jones, K., "Statistical Bases of Relevance Assessment for the 'Ideal' Information Retrieval Test Collection". BL R&D Report 5481, 1979.
- [4] Harman, D., "Overview of the Third Text Retrieval Conference (TREC-3)", NIST Special Publication 500-225.
- [5] Kageura, K.; et.al., "NACSIS Corpus Project for IR and Terminological Research", In Proc. Natural Language Processing Pacific Rim Symposium 1997, pp.493-496, Phuket, Thailand, 1997. BCS- IRSG, France, 1998.
- [6] Kando, N.; et.al., "NTCIR: NACSIS Test Collection Project", [Poster] the 20th Annual Collection of BCS-IRSG, France, 1998.
- [7] 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」, 99-FI-53-5, pp.33-40, 1999.
- [8] Lesk, M.E.; Salton, G., "Relevance Assessments and Retrieval System Evaluation", *Information Storage and Retrieval*, Vol.4, pp.343-359, 1969.
- [9] NACSIS Test Collection for Information Retrieval systems. <http://www.rd.nacsis.ac.jp/~ntcadm/>
- [10] NTCIR Workshop 1: Proceedings of the First NTCIR Workshop on Retrieval in Japanese Text Retrieval and Term Recognition, Tokyo, Japan, Aug.30-Sep.1, 1999, ISBN 4-924600-77-6. <http://www.rd.nacsis.ac.jp/~ntcadm/workshop/Onli>

## 大規模テストコレクション構築のためのブーリングについて：NTCIR-1 の分析

- neProceedings/
- [11] Salton, G., “The State of Retrieval System Evaluation”, *Information Processing & Management*, Vol.28, pp.441-449, 1992.
  - [12] Text REtrieval Conference (TREC). <http://trec.nist.gov/>
  - [13] Voorhees, E.M., “Variations in Relevance Judgments and the Measurement of Retrieval Effectiveness”, In Proc. ACM-SIGIR'98, pp.315-332, Melbourne, 1998.
  - [14] Zobel, J., “How Reliable are the Results of Large Scale Information Retrieval Experiments?”, In Proc. ACM-SIGIR'98, pp.307-314, Melbourne, 1998.

## 研究論文

# クラスタにおけるコンテキスト依存な局所情報を用いたクエリ拡張

## Query Expansion using Context-sensitive Local Information of Clusters

学術情報センター 江口 浩二

Koji EGUCHI

National Center for Science Information Systems

### 要旨

大量の検索結果から所望の情報にアクセスするための有効な手段の一つに、クラスタに基づくブラウジング法がある。筆者は、ブラウジングにおけるシステム・ユーザ間のインタラクションを契機に、直ちにユーザの興味をクエリに取り込み、データベースに対して再検索を実行することで、ユーザの動的な情報要求に応えることを可能とする枠組について検討してきた。本論文では、ユーザが適合と判定したクラスタに基づくクエリ拡張の際に、コンテキストに応じてクラスタから選択された局所的な情報を用いる方式を新たに提案する。基礎的な実験を通じて、提案手法の有効性についての見通しを得た。

### ABSTRACT

Cluster-based browsing is one of the effective methods for accessing needed information out of a large amount of search results. We have investigated the framework which can adapt to dynamic information needs of users by searching against database using the reformulated queries, in which users' interests are captured at every interaction of the system with users while cluster-based browsing. This paper proposes a new query expansion method using context-sensitive local information extracted from the clusters judged as being relevant by users. We found that the proposed method prospectively has good effectiveness through basic experiments.

[キーワード] クラスタに基づくブラウジング、クエリ拡張、適合フィードバック、情報検索支援

[Keywords] Cluster-based Browsing, Query Expansion, Relevance Feedback, User Support for Information Retrieval

### 1 まえがき

近年、インターネットを始めとする情報ネットワークや電子図書館の普及により、幅広いユーザ層が膨大なオンライン情報にアクセスできる環境が提供されつつある。それに伴い、情報検索システムはこれまで以上に重要な役割を担うようになってきた。しかしながら、従来の情報検索システムにおける問題として、(1) ユーザに十分に適切なクエリの記述力を要求すること、(2) 漠然とした情報要求 (information needs) や検索の過程において動的に変化する情報要求に対して適応する機能が十分に提供されていないこと、(3) 大量の検索結果から必要な情報を探し出すのにユーザに多大な負荷を課すこと、

等が挙げられる。以上のような諸問題に対処するための情報検索支援法が重要な課題となっている。

上記 (1) の問題に対処する方法の一つがクエリ拡張法 (query expansion) である。これは、クエリ語の追加あるいはクエリ語に付与された重みの修正を自動的に行なうものであり、これまで数々の手法が提案してきた。それらは、以下のように大別される。

- (a) シソーラスによるアプローチ
  - (a-1) 人手で作成されたシソーラス (例えば [1])
  - (a-2) 文書データベースにおける語の共起情報に基づいて自動作成されたシソーラス (例えば [2, 3])

## クラスタにおけるコンテキスト依存な局所情報を用いたクエリ拡張

- (a-3) 文書データベースにおける構文的情報を利用して自動作成されたシソーラス（例えば [4, 5, 6]）
- (b) 検索結果からのフィードバックによるアプローチ
  - (b-1) 適合フィードバック (relevance feedback)、すなわち検索結果に対するユーザの適合性判定に基づくフィードバック（例えば [7, 8, 9]）
  - (b-2) 自動適合フィードバック (pseudo-relevance feedback)<sup>1</sup>、すなわち検索結果の上位文書集合に基づくフィードバック（例えば [10, 11]）
  - (c) クエリの履歴情報によるアプローチ（例えば [12, 13]）。

また、これらの種々の組合せについても検討されている。

ところで、現実的な情報検索タスクにおいて、ユーザの情報要求やそれに従う適合性判定が時間とともに動的に変化することは、多くの研究者により支持されている [14, 15, 16]。しかしながら、前述のような従来のクエリ拡張法は基本的に、静的な情報要求を前提としていると思われる。一般にユーザの動的な情報要求に応えることは容易でないが、筆者らは、ユーザの情報要求の推移が検索結果の情報からのみもたらされるという仮説<sup>2</sup>のもと、(b-1) に述べた適合フィードバックの枠組において動的な情報要求の推移に追従する機能を提案した。これは、検索結果においてユーザが適合（不適合）と判定した文書群のそれぞれとクエリとの間の類似度の最大値に基づいて、フィードバックの度合を動的に調整するものである [17, 18]。

さて、前述 (3) の問題を緩和する方法の一つに、検索結果を対象としたクラスタに基づくブラウジング (cluster-based browsing) がある [19, 20]。これは、検索結果に対してクラスタリング法（クラスタ分析法）による組織化を自動的に実行し、ユーザが適合文書が含まれることを期待してマーキングを行なったクラスタ群に限定して再度クラスタリングを実行する、といった手順を繰り返すものである。これにより、大量の検索結果集合から情報要求に合致した文書群に絞り込むことを支援する。筆者は、クラスタに基づくブラウジングの過程において発生するシステム・ユーザ間のインタラクションを契機

として、クラスタの情報を有効に利用してクエリ拡張を実行する方式を検討してきた [18]。これは、(b-1) で述べた従来の適合フィードバックの拡張手法であり、また、動的な情報要求の変化に追従する機能を備えている。

この手法においては、ユーザが適合文書が含まれると期待して選択したクラスタ（以下、適合クラスタと表記する）の情報に基づいてクエリ拡張を行なうが、その際にクラスタの全体的な特徴情報を用いるため、クラスタ内の適合文書による情報とともに不適合文書による情報が混入する可能性が高い。従って、コンテキストに応じて適切な情報を適合クラスタから抽出し、それに基づいてクエリ拡張を行なうことが望ましいと考えられる。このような問題意識のもと、本論文では新たな提案として、適合クラスタを構成する文書集合に対して、クエリとの類似度に基づくランキング上位の文書集合のみを利用してクエリ拡張を行なう。これは、検索結果クラスタに対するユーザの適合性判定を用いた適合フィードバックの拡張であるが、(b-2) で述べた自動適合フィードバックの発想を継承しているとも言える。提案手法の特徴を把握することを目的として、ユーザの情報要求が一定である場合と、ユーザの情報要求が変化する場合を想定した実験を行なった。一万余件の HTML 文書からなるデータベースを用いた実験の結果、提案手法の有効性の見通しを得た。

## 2 クラスタに基づくブラウジングと適応的クエリ拡張

### 2.1 クラスタに基づくブラウジング

本節では、提案手法の要素技術の一つであるクラスタに基づくブラウジングについて概要を述べる。これは、適合文書は不適合文書に対するよりは互いに類似する傾向があるという、クラスタ仮説 (cluster hypothesis) に基づいた検索結果のブラウジング手法である [19, 20]。まず、情報検索システムによる検索結果が個々の文書間の距離に基づいてクラスタリングされる。次にユーザが適合クラスタを選択し、それらに含まれる文書群に対してシステムにより再クラスタリングが行われる。このようなイ

<sup>1</sup> 自動適合フィードバック法のいくつかは、ローカルフィードバック (local feedback) とも呼ばれている。

<sup>2</sup> 現実的には、それ以外の様々な要因によっても、ユーザの情報要求の推移がもたらされ得る。これについては別途検討が必要と思われる。

ンタラクションを複数回繰り返すことにより、大量の検索結果からユーザの情報要求に適合する文書群を絞り込むことを支援する。ここでは、非階層的文書クラスタリングの一つである、種子点に基づくクラスタリングアルゴリズムが用いられる。これには、(1)  $k$  個の種子点を発見し、(2) 文書のそれぞれを種子点へ配置し、(3) 形成された分割を洗練化するという 3 つの層を設定する必要がある。本論文では、種子点の発見のために、Cutting らにより提案された Fractionation アルゴリズム [19] を用いる。Fractionation は、インタラクティブな処理のために分類の正確さよりも速さを考慮して設計されている。また、当アルゴリズムは初期種子点を発見することのみを目的としており、実行速度が遅くとも良好にクラスタリングを実現するアルゴリズムの存在を前提としている。

本論文では、この前提となるアルゴリズムとして、最も類似する 2 つの文書または文書クラスタを一つのクラスタにまとめるなどを順次繰り返していくクラスタ数を一つずつ減らしていくという、単純なアルゴリズム<sup>3</sup>を用いる。ここで用いる類似度の関数には余弦尺度を用い、 $\mathbf{d}_i, \mathbf{d}_j$  をそれぞれ文書ベクトル（あるいは文書クラスタの重心ベクトル）とすると、次式で表すことができる<sup>4</sup>。

$$sim_c(\mathbf{d}_i, \mathbf{d}_j) = \frac{\langle \mathbf{d}_i, \mathbf{d}_j \rangle}{\|\mathbf{d}_i\| \|\mathbf{d}_j\|} \quad (1)$$

上式の関数は各文書の種子点への配置及び分割の洗練化にも用いられる [19]。なお、本論文におけるクラスタリング終了判定基準等については、4 章で言及する。

## 2.2 クラスタに基づく適応的クエリ拡張

本節では、筆者らが検討してきたクラスタに基づく適応的クエリ拡張 [18] について説明する。これは本論文における提案手法の前提となるものであり、2.1 節に示したクラスタに基づくブラウジングにおける、ユーザの動的な情報要求に適応することを目指したクエリ拡張法である。また、本手法により、少ない適合性判定で、適合フィードバックによる過適合（overfitting problem）を避けるに充分な量の適合文書が獲得できるものと考える。

クラスタに基づくブラウジングの過程において、文書クラスタに対してなされるユーザの適合性判定

からユーザの興味を取り込むため、従来用いられてきたベクトル空間モデルに基づく Rocchio の式 [7, 23] を次式のように修正する。

$$\mathbf{q}_{k+1} = \hat{\mathbf{q}}_k + \frac{\alpha}{|\cup_{G_r \in RC} G_r|} \sum_{G_r \in RC} \sum_{\hat{\mathbf{d}}_i \in G_r} \hat{\mathbf{d}}_i - \frac{\beta}{|\cup_{G_n \in NC} G_n|} \sum_{G_n \in NC} \sum_{\hat{\mathbf{d}}_j \in G_n} \hat{\mathbf{d}}_j \quad (2)$$

ただし、右辺における演算の結果、重みが負の値をとる語についてはその重みを 0 とする。RC と NC はそれぞれ適合クラスタ  $G_r$ 、不適合クラスタ  $G_n$  の集合である。本論文では、適合とも不適合とも判定されない文書に関してはフィードバックの対象としない。また、ベクトル  $\hat{\mathbf{q}}_k$ ,  $\hat{\mathbf{d}}_i$ ,  $\hat{\mathbf{d}}_j$  はそれぞれ正規化されているものとする。 $\alpha, \beta$  はそれぞれ正、負のフィードバックの度合を示すパラメータであり、通常はそれぞれの値に 2, 0.5 が用いられる。

適合（不適合）クラスタ内でのそれぞれにおいて、前回の検索で用いられたクエリと類似する複数文書の重心ベクトルを計算し、その最大値を式 (3), (4) に代入する。すなわち、

$$\alpha = \begin{cases} 1/(c_1^\alpha + c_2^\alpha \cdot p_{k,r}) & (p_{k,r} \leq a) \\ 2 & (p_{k,r} > a) \end{cases} \quad (3)$$

$$\beta = \begin{cases} 0.5 & (p_{k,r} \leq b) \\ c_1^\beta + c_2^\beta \cdot p_{k,r} & (p_{k,r} > b) \end{cases} \quad (4)$$

$$p_{k,r} = \max_{G_r \in RC} \langle \hat{\mathbf{q}}_k, \hat{\mathbf{s}}(G_r) \rangle \quad (5)$$

$$p_{k,n} = \max_{G_n \in NC} \langle \hat{\mathbf{q}}_k, \hat{\mathbf{s}}(G_n) \rangle \quad (6)$$

$$\hat{\mathbf{s}}(G_r) = \mathbf{s}(G_r) / \|\mathbf{s}(G_r)\| \quad (7)$$

$$\hat{\mathbf{s}}(G_n) = \mathbf{s}(G_n) / \|\mathbf{s}(G_n)\| \quad (8)$$

$$\mathbf{s}(G_r) = (1/m) \cdot \sum_{\hat{\mathbf{d}}_i \in \Lambda(G_r, \hat{\mathbf{q}}_k, m)} \hat{\mathbf{d}}_i \quad (9)$$

$$\mathbf{s}(G_n) = (1/m) \cdot \sum_{\hat{\mathbf{d}}_j \in \Lambda(G_n, \hat{\mathbf{q}}_k, m)} \hat{\mathbf{d}}_j \quad (10)$$

ただし、 $\Lambda(G_r, \hat{\mathbf{q}}_k, m)$  あるいは  $\Lambda(G_n, \hat{\mathbf{q}}_k, m)$  は、それぞれ  $\langle \hat{\mathbf{q}}_k, \hat{\mathbf{d}}_i \rangle$  ( $\hat{\mathbf{d}}_i \in G_r$ ) あるいは  $\langle \hat{\mathbf{q}}_k, \hat{\mathbf{d}}_j \rangle$  ( $\hat{\mathbf{d}}_j \in G_n$ ) の値が大きい順に  $m$  個の文書ベクトルからなる集合を示す。上式を用いることにより、検索の前後で

<sup>3</sup> このアルゴリズムは階層的クラスタリング法として知られている単一リンク・クラスタリング (single-linkage clustering) [21] を非階層的クラスタリングに適用したものである。

<sup>4</sup> 筆者らは、クエリの情報を活用することによる、ユーザの興味を反映した類似度関数とそれにに基づくクラスタリング法を提案している [22] が、本論文では標準的な類似度関数を用いる。

## クラスタにおけるコンテキスト依存な局所情報を用いたクエリ拡張

表 1 実験で用いた初期クエリ、新旧の情報要求、旧情報要求に対する適合文書数

	(1) initial query	(2) previous information needs	(3) new information needs	(4)  relevant documents
(a)	マルチエージェント	<i>Multi-agents</i>	<i>Object-oriented</i>	19
(b)	Neural Network	<i>Neural Network</i>	<i>Robotics</i>	35
(c)	ヒューマンインターフェース	<i>Human Interface</i>	<i>Dialog Processing</i>	30
(d)	マルチメディア	<i>Multimedia</i>	<i>Image Recognition</i>	50
(e)	画像認識	<i>Image Recognition</i>	<i>Natural Language Processing</i>	33
(f)	自然言語処理	<i>Natural Language Processing</i>	<i>Image Recognition</i>	34
(g)	データベース	<i>Database</i>	<i>Multimedia</i>	34
(h)	並列計算	<i>Parallel Calculus</i>	<i>Human Interface</i>	50

表 4 ユーザの情報要求が一定である場合と推移する場合の非補間平均精度

	constant			shifted		
	(1) average precision	(2) % increase	(3) $\bar{\alpha}$	(4) average precision	(5) % increase	(6) $\bar{\alpha}$
(A) $\alpha = 2.0, n =  G_r $	0.551	0.0	2.0	0.268	0.0	2.0
(B) $m = 10, n =  G_r $	0.553	0.4	3.2	0.366	36.6	22.5
(C) $m = 10, n = 10$	0.592	7.4	3.2	0.357	33.2	22.5
(D) $m = 3, n =  G_r $	0.551	0.0	2.5	0.370	38.1	19.2
(E) $m = 3, n = 3$	0.565	2.5	2.5	0.345	28.7	19.2

ユーザの情報要求が比較的大きく推移する場合にクエリと適合クラスタが類似しない傾向があることを反映して、式(2)の  $\alpha$  は通常より大きな値となり、適合クラスタ情報によるフィードバックが特に強調される。一方、ユーザの情報要求が時間的に一定である場合ではクエリと適合クラスタが類似することが多い傾向を反映して、 $\alpha$  の値は通常用いられる 2 あるいはそれに近い値となり、適合クラスタから得られる情報は付加的に利用されるにとどまる。これらの中間的な場合として、検索の前後でユーザの情報要求がわずかに推移する場合には、前回の検索時に用いられたクエリの情報をある程度保持しつつ、適合クラスタ情報も加味された内容のクエリが生成される。

### 3 クラスタにおけるコンテキスト依存な局所情報に基づくクエリ拡張

2.2 節で述べた手法は、式(2)に示されている通り、単に適合クラスタに含まれる全ての文書をフィードバックの対象としている。本論文では、より正確にユーザの情報要求を反映したクエリを生成するため

に、新たな提案として、適合クラスタを構成する文書集合のうちクエリと類似する部分集合のみを利用してクエリ拡張を行なう。これは、検索結果クラスタに対するユーザの適合性判定を利用するが、図 2 に示すようにクラスタ内のランキングで上位の文書群を自動的に適合文書と仮定して利用するという点で、冒頭で述べた自動適合フィードバックの発想(図 1)を継承しているとも言える。以上の考えに基づいて、提案手法では次式によりクエリ拡張を行なう。なお、本論文では簡単のため、負のフィードバックについては省略する。

$$\hat{\mathbf{q}}_{k+1} = \hat{\mathbf{q}}_k + \frac{\alpha}{n|R_C|} \sum_{G_r \in R_C} \sum_{\hat{\mathbf{d}}_i \in \Lambda(G_r, \hat{\mathbf{q}}_k, n)} \hat{\mathbf{d}}_i \quad (11)$$

ただし、 $\Lambda(G_r, \hat{\mathbf{q}}_k, n)$  は式(9)と同様、 $\langle \hat{\mathbf{q}}_k, \hat{\mathbf{d}}_i \rangle$  ( $\hat{\mathbf{d}}_i \in G_r$ ) の値が大きい順に  $n$  個の文書ベクトルからなる集合を示す。 $n = |G_r|$  のとき、上式は右辺第三項を除いた式(2)と等価である。上式における  $\alpha$  は式(3)を用いて計算される。

提案手法では、ユーザが適合文書を含むと判定した検索結果クラスタを選択するたびごとに、検索に用いられたクエリが式(11),(3)によって表される関数

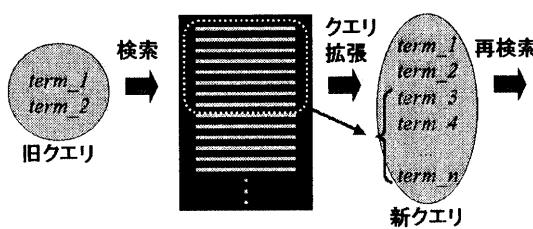


図 1 自動適合フィードバックの概念図

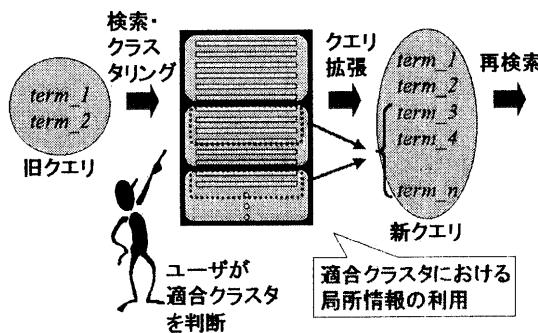


図 2 提案手法の概念図

に基づいて漸次的に拡張・洗練化され、新たなクエリとしてユーザに提案される。また、ユーザはクエリから不必要的語を除去することが許可されている。更新されたクエリは隨時、再検索に用いることができる。以上のような、漸次的なクエリ拡張およびユーザによる直接操作は、ユーザのコントロール感 (locus of control) を支援し、有効である [24]。

#### 4 実験及び検討

本論文における実験では、WWW ロボットにより情報工学系の大学関係機関を対象に収集した、1 万件の日本語 HTML 文書集合を用いる。インデクシングには、特定の HTML タグで囲まれたフレーズに対して、形態素解析<sup>5</sup>を用いた名詞抽出および TF-IDF 法 [23]による重み付けを行なった [17, 18]。

表 1(1)に示されている適合文書数が比較的多かった八種のクエリを用いた初期検索後、適合フィードバックにより拡張を行ったクエリを用いて 1 回の再検索を行ったときの検索結果の上位  $N$  文書をクラスタリングの対象とする。なお、 $N$  件の検索結果を対象にクラスタリングが実行され、クラスタ数が  $k$  個を越えた時点でクラスタリングは終了する。本論文では  $N = 200$ ,  $k = 15$  とした<sup>6</sup>。実際に検索に用いたク

表 2 直前の検索時に用いられたクエリの例と  
クラスタ選択時に自動修正された提案クエリの例

(1) previous query (weight : term)	(2) suggested query (weight : term)
1.288:並列	15.15:インターフェース
0.679:計算	14.11:ヒューマン
0.136:メモリ	5.081:HUMAN
0.117:並列処理	4.958:削除
0.117:論理型	2.797:研究会
0.104:専用	2.749:INTERFACE
0.090:ボリュームレンダリング	2.548:部会
0.084:PARALLEL	2.438:SICE
0.082:コンパイラー	2.254:井口
0.081:投機	2.005:学会
0.076:ボリューム	1.909:INTERACTION
0.072:インターフェース	1.814:文献
0.066:属性	1.711:研究所
0.063:視覚化	1.635:LANG
0.063:RBF	1.550:FURI
0.062:インタラクティブ	1.477:京都工芸繊維大学
0.060:REVOLVER	1.301:JAVA
0.059:COMPUTATION	1.295:INOKUCHI
0.059:FEM	1.264:NTT
0.057:デバッグ	1.252:スキル

エリの例を表 2(1)に示す。これは、表 1(2)に示される情報要求(h)に対応している。また、例として、表 2(1)に示されたクエリに対するクラスタリングの結果を表 3 に示す。ここで、含有する適合文書数の多さの順に上位 1 つおよび 2 つのクラスタを、それぞれベストクラスタ、ベスト 2 クラスタと呼ぶ<sup>7</sup>。

実験のため、式(3),(4)において  $a = 0.679$ ,  $b = 0.339$ 、

<sup>5</sup> 日本語形態素解析システムとして、『茶筅』[25]を用いた。

<sup>6</sup> ユーザが適合と判定したクラスタ  $\{cluster_i\}$  を対象に絞込みクラスタリングを行うときは、経験的に次式によってクラスタ数を決定した。但し、関数  $\lfloor x \rfloor$  は、実数  $x$  以下の最大の整数を与える。

$$k = \begin{cases} \lfloor 0.075 \sum |cluster_i| \rfloor & (\sum |cluster_i| \geq 66.7) \\ 5 & (\sum |cluster_i| < 66.7) \end{cases} \quad (12)$$

<sup>7</sup> これは、ユーザがクラスタ集合を閲覧して、後に続く段階のために最も適切なクラスタを選択するという理想的な場合を想定している[20]。表 3 に示される検索結果の例においてはベストクラスタは  $cluster_1$ 、ベスト 2 クラスタは  $\{cluster_1, clusters_5\}$  であった。

クラスタにおけるコンテクスト依存な局所情報を用いたクエリ拡張

表 3 クラスタリング結果の例

<i>Cluster<sub>i</sub> [cluster-size] typical title : topical terms</i>
<i>cluster<sub>1</sub> [38] [No title in original] : 並列 / メモリ / 分散 / PARALLEL / コンパイラ / 計算機 / リストラクチャリング / アーキテクチャ / 視覚化 / 共有</i>
<i>cluster<sub>2</sub> [63] Network : 計算 / 東京工業大学 / 理論 / 専攻 / 数理 / 理工 / 論 / 特 / 光度 / 計画</i>
<i>cluster<sub>3</sub> [2] Y.Yasuda's Home Page : 笠原 / 成田 / 黒 / OSCAR / 安田 / 泰 / 早稲田大学 / SIGPP / YASUDA / 電気</i>
<i>cluster<sub>4</sub> [2] Logical foundations of computing : COMPUTING / LOGICAL / FOUNDATIONS / DEPENDABLE / PERFORMANCE / HIGH / 計算 / 論 理学 / 信頼 / 先端</i>
<i>cluster<sub>5</sub> [37] Theory of Parallel Computing : 専用 / PARALLEL / 並列処理 / コンパイラ / JSPP / 牧野 / CONTEST / 垂井 / インタラクティブ / 属性 ...</i>
<i>cluster<sub>8</sub> [13] THA3II:ヒューマン・インターフェース : インターフェース / ヒューマン / HUMAN / 削除 / 研 究会 / INTERFACE / 部会 / SICE / 井口 / 学会 ...</i>

$\alpha(p_{k,r}=0)=100$  及び  $\beta(p_{k,n}=1)=1$  とした<sup>8</sup>。結果として、式(3),(4)における係数は、 $c_1^{\alpha}=0.010$ 、 $c_2^{\alpha}=0.722$ 、 $c_1^{\beta}=0.244$ 、 $c_2^{\beta}=0.756$  となった [17, 18]。

#### 4.1 一定の情報要求を仮定した実験

ユーザの情報要求が一定である場合について、提案手法の検索有効性 (retrieval effectiveness)<sup>9</sup>を比較する。実験の手順として、まず表 1(2)に示された八種の情報要求のもと、それぞれ表 1(1)のクエリを用いた初期検索を行う。その後、同じ情報要求のもと適合フィードバックによる再検索を行い、検索結果の上位 200 件に対して、2.1 節で述べたクラスタリングを実行する。更に、同一の情報要求に基づいたベスト 2 クラスタを用いて、提案手法により再検索を実行する。このとき、式(11),(3)に示した提案手法におけるパラメータの組合せとして、(A)  $\alpha=2.0$ ,  $n=|G_r|$ , (B)  $m=10$ ,  $n=|G_r|$ , (C)  $m=10$ ,  $n=10$ , (D)  $m=3$ ,  $n=|G_r|$ , (E)  $m=3$ ,  $n=3$  の五通りについて検索有効性を比較する。本論文の実験における適合性判定については、筆者が一定の基準<sup>10</sup>に基づいて、個々の文書の内容について適合あるいは不適合のいずれかに判定した。また、検索有効性の尺度として非補間平均精度 (non-interpolated average precision、以下、平均精度と略記する)<sup>11</sup>を用いた。ただし、その計算に適合

文書の総数が必要であるが、本実験で用いた五種の組合せのパラメータを用いた検索、及び、クラスタリングを伴わない手法 [17] による検索の各々の結果の上位 100 件における適合文書の和集合をとり、その要素数をもって近似した<sup>12</sup>。そのようにして求めた適合文書総数は表 1(4)に示す通りであった。また、簡単のため、実験において不適合の判定とユーザによる不必要的クエリ語の除去の過程を省略した。なお、検索有効性の評価を容易にするため、再検索の結果はクラスタリングを行なわなかった。

以上のようにして、上記(A)から(E)の五通りについての平均精度と、(A)のそれを基準とした改善率及び  $\alpha$  のそれぞれについて、八種の検索課題の平均値を求め、表 4(1),(2),(3)に示す。表 4(2)からわかる通り、ユーザの情報要求が一定であることを仮定した場合は、クラスタにおける全ての文書をフィードバックに用いるよりも、クラスタにおいてクエリに類似する局所情報を利用した方が検索有効性を改善できる。その理由は、クラスタに含まれる不適合文書をフィードバックの対象とするのを避けることができるためと考えられる。ただし、フィードバックに用いる文書数を示すパラメータは適切な値に設定する必要がある。

<sup>8</sup> 十通りの情報要求に対して、 $\alpha=2$  及び  $\beta=0.5$  とした Rocchio の式[23]を用いた適合フィードバックによる再検索を三度繰り返し、その時点でのクエリ・適合（不適合）文書間の類似度の最大値  $\max_{\hat{d}_{i \in R}} \langle \hat{q}_k, \hat{d}_i \rangle$ ,  $\max_{\hat{d}_{j \in N}} \langle \hat{q}_k, \hat{d}_j \rangle$  の値を計算し、それぞれの値をもって  $a$  及び  $b$  とした [17, 18]。ただし、 $R, N$  はそれぞれ適合文書集合、不適合文書集合を示す。

<sup>9</sup> 検索有効性が高いということは、適合文書の洩れが少なく、不適合文書が含まれる割合が低いことを意味する。「検索精度」、「検索性能」と訳されることもある。

<sup>10</sup> 表 1(2)あるいは(3)のような情報要求をなす概念あるいはその近隣の概念を示す語が含まれていれば適合、そうでなければ不適合と判定した。ただし、大学の講義のシラバス、研究室名のリスト等は無条件に不適合とした。

<sup>11</sup> 「非補間平均適合率」と訳されることもある。

<sup>12</sup> 大規模な文書集合において、真の適合文書の総数を求めるることは容易でない。情報検索用テストコレクションでは、複数の検索手法を用いた複数の検索システムによる検索結果上位一定数を集めてプールし、正解候補として、それに対して適合性判定を行なう[26]。これはブーリング法と呼ばれる。本論文における適合文書総数の近似は、基本的にブーリング法と同様の発想に基づいているが、充分に多様な検索手法や検索システムを利用したわけではなく略式にとどめた。このため、網羅的な適合文書集合でなく、同種の検索手法あるいは検索システムで検索可能な適合文書集合のみが得られるが、従来法との比較による提案手法の有効性の見通しを得るためにには、充分であると考える。

#### 4.2 情報要求の推移を仮定した実験

ユーザの情報要求が検索の前後で推移する場合について、検討する。4.1 節と同様の手順で初期検索と適合フィードバックによる再検索を一回行なった後、ユーザの情報要求が推移したと仮定し、表 1(3)に示すような新たな情報要求のもとに判定した適合クラスタに基づいて、提案手法によるクエリ拡張及び再検索を実行する。表 1(h)の例では、表 2(1)に示されるクエリで検索を行ない、表 3 における *cluster<sub>8</sub>* を適合と判定したとき、提案手法(B)によって表 2(2)のようなクエリに修正され、これを再検索に用いた。4.1 節で述べた(A)から(E)の五通りについて、平均精度、(A)の場合を基準とした平均精度の改善率及び  $\alpha$  の、それぞれの平均値を表 4(4),(5),(6)に示す。

表 4(5)は、ユーザの情報要求が推移することを仮定した場合、クラスタにおいてクエリに類似する局部情報を用いてフィードバックを行うよりも、クラスタの全体的な特徴情報を用いる方がユーザの興味の推移に適応できることを示している。各文書が扱う話題に従って十分正確にクラスタリングを行なうこととは現実的には容易でないが、そのような場合、クラスタの特徴を十分に反映した文書群は必ずしもクエリに類似する文書群と一致せず、前者を用いてフィードバックを行なう方が良い結果をもたらすことが示唆される。

#### 5 むすび

本論文では、ユーザが適合と判定した検索結果クラスタの情報に基づき、適応的にクエリを拡張する枠組において、適合クラスタから自動選択された文書情報に基づくクエリ拡張を提案した。比較的小規模な文書データベースを用いた基礎的な実験により、ユーザの情報要求が一定である場合とそうでない場合によって、適切なフィードバック情報が異なることを示唆する結果を得た。これについて、クエリと適合クラスタとの類似度を手がかりに適切に自動調整するといった拡張が検討に値する。

今後、標準的な情報検索システム評価用テストコレクション[27, 28]を用いた詳細な実験を実施する必要があると考える。現在のテストコレクションは、ある瞬間ににおけるユーザの情報要求を固定化したものであり、ユーザの動的な情報要求を時系列的に捉えていないため、新たなテストコレクションの利用方法あるいは構築方法を検討する必要があろう。ま

た、提案手法のようなインタラクティブ情報検索システムの評価のため、検索有効性以外の評価基準の検討を要する。

#### 謝辞

本研究を進めるにあたり、学術情報センター 神門典子助教授に有益なコメントを頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

#### 参考文献

- [1] Voorhees, E. M., "Query Expansion Using Lexical-semantic Relations", *Proc. of ACM-SIGIR'94*, pp. 61-69, 1994.
- [2] Qiu, Y.; Frei, H. P., "Concept Based Query Expansion", *Proc. of ACM-SIGIR'93*, pp. 160-169, 1993.
- [3] Schütze, H.; Pedersen, J. O., "A Cooccurrence-based Thesaurus and Two Applications to Information Retrieval", *Proc. of RIAO'94*, pp. 266-274, 1994.
- [4] Grefenstette, G., "Use of Syntactic Context to Produce Term Association Lists for Text Retrieval", *Proc. of ACM-SIGIR'92*, pp. 89-97, 1992.
- [5] Jing, Y.; Croft, W. B., "An Association Thesaurus for Information Retrieval", *Proc. of RIAO'94*, pp. 146-160, 1994.
- [6] Gauch, S.; Wang, J.; Rachakonda, S. M., "A Corpus Analysis Approach for Automatic Query Expansion and Its Extension to Multiple Databases", *ACM Trans. on Information Systems*, Vol. 17, No. 3, pp. 250-269, 1999.
- [7] Rocchio, J. J., "Relevance Feedback in Information Retrieval", *The SMART Retrieval System: Experiments in Automatic Document Processing* (Salton, G.(ed.)), Prentice Hall, pp. 313-323, 1971.
- [8] Robertson, S. E.; Sparck Jones, K., "Relevance Weighting of Search Terms", *Journal of the American Society for Information Sciences*, Vol. 27, No. 3, pp. 129-146, 1976.
- [9] Salton, G.; Buckley, C., "Improving Retrieval Performance by Relevance Feedback", *Journal of the American Society for Information Science*, Vol. 41, No. 4, pp. 288-297, 1990.

## クラスタにおけるコンテキスト依存な局所情報を用いたクエリ拡張

- [10] Xu, J.; Croft, W. B., "Query Expansion Using Local and Global Document Analysis", *Proc. of ACM-SIGIR'96*, pp. 4-11, 1996.
- [11] Mitra, M.; Singhal, A.; Buckley, C., "Improving Automatic Query Expansion", *Proc. of ACM-SIGIR'98*, pp. 206-214, 1998.
- [12] Raghuven, V. V.; Sever, H., "On the Reuse of Past Optimal Queries", *Proc. of ACM-SIGIR'95*, pp. 344-350, 1995.
- [13] Fitzpatrick, L.; Dent, M., "Automatic Feedback Using Past Queries: Social Searching?", *Proc. of ACM-SIGIR'97*, pp. 306-313, 1997.
- [14] Bates, M. J., "The Design of Browsing and Berrypicking Techniques for the Online Search Interface", *Online Review*, pp. 407-424, 1989.
- [15] Ingwersen, P., *Information Retrieval Interaction*, Taylor Graham Publishing, 1992.
- [16] Mizzaro, S., "Relevance: The Whole History", *Journal of the American Society for Information Science*, Vol. 48, No. 9, pp. 810-832, 1997.
- [17] Eguchi, K.; Ito, H.; Kumamoto, A., "Information Retrieval Considering Adaptation to User's Behaviors on the WWW", *Proc. of 2nd International Workshop on Information Retrieval with Asian Languages (IRAL'97)*, pp. 108-113, 1997.
- [18] Eguchi, K.; Ito, H.; Kumamoto, A.; Kanata, Y., "Adaptive Query Expansion Based on Clustering Search Results", *Trans. of Information Processing Society of Japan*, Vol. 40, No. 5, pp. 2439-2449, 1999.
- [19] Cutting, D. R.; Karger, D.; Pedersen, J. O.; Tukey, J. W., "Scatter/Gather: A Cluster-based Approach to Browsing Large Document Collections", *Proc. of ACM-SIGIR'92*, pp. 318-329, 1992.
- [20] Hearst, M. A.; Pedersen, J. O., "Reexamining the Cluster Hypothesis: Scatter/Gather on Retrieval Results", *Proc. of ACM-SIGIR'96*, pp. 76-84, 1996.
- [21] Willett, P., "Recent Trends in Hierachic Document Clustering: A Critical Review", *Information Processing & Management*, Vol. 24, No. 5, pp. 577-597, 1988.
- [22] 江口浩二, 伊藤秀隆, 限元昭, 金田彌吉, 「漸次的に拡張されたクエリを用いた適応的文書クエリストアリング法」, 信学論 (D-I), Vol. J82-D-I, No. 1, pp. 140-149, 1999.
- [23] Buckley, C.; Salton, G.; Allan, J., "The Effect of Adding Relevance Information in a Relevance Feedback Environment", *Proc. of ACM-SIGIR'94*, pp. 292-298, 1994.
- [24] Koenemann, J.; Belkin, N. J., "A Case for Interaction: A Study of Interactive Information Retrieval Behavior and Effectiveness", *Proc. of CHI'96*, pp. 205-212, 1996.
- [25] 松本裕治, 北内啓, 山下達雄, 今一修, 今村友明, 日本語形態素解析システム『茶筅』version 1.0 使用説明書, 1997.
- [26] 栗山和子, 神門典子, 野末俊比古, 江口浩二, 「大規模テストコレクション構築のためのブーリングについて: NTCIR-1 の分析」, 学術情報センター紀要, No. 12, 2000.
- [27] Voorhees, E.; Harman, D. K., "Overview of the Seventh Text REtrieval Conference (TREC-7)", *Proc. of 7th Text REtrieval Conference (TREC-7)*, NIST Special Publication 500-242, pp. 1-23, 1998.
- [28] Kando, N.; Kuriyama, K.; Nozue, T.; Eguchi, K.; Kato, H.; Hidaka, S., "Overview of IR tasks at the First NTCIR Workshop", *Proc. of 1st NTCIR Workshop on Research in Japanese Text Retrieval and Term Recognition*, pp. 11-22, 1999.

## 研究論文

### 次世代 IP ルータ技術の動向と課題

### Trend in Next-Generation IP Router Technologies

学術情報センター 浅野 正一郎

Shoichiro ASANO

National Center for Science Information Systems

学術情報センター 魚瀬 尚郎

Hisao UOSE

National Center for Science Information Systems

学術情報センター 漆谷 重雄

Shigeo URUSHIDANI

National Center for Science Information Systems

#### 要旨

次世代 IP ルータを用いた次世代インターネット構築の動きが活発化している。今後の IP トラヒックの急成長に柔軟に対応できるネットワークを実現するためには、そのコアシステムとなる次世代 IP ルータには、超高速インターフェースの収容、スイッチング容量の大容量化・スケーラブル化、コアシステムとしての信頼性向上、多様な通信品質制御への対応等が求められる。本稿では、これらの要求を満足するための IP ルータの最新技術に関して解説を行い、今後の展望について考察する。

#### ABSTRACT

Next generation IP routers have been researched and developed toward next-generation Internet era. To construct a scalable network for IP traffic growth, next generation IP routers are required to accommodate ultra-high-speed circuit interfaces, have very large switching capacity and high-scalability, have high-reliability as a core network system, satisfy diverse quality of service (QoS) demand, and so on. This paper surveys the recent IP router technologies to satisfy these requirements and considers the prospect of next-coming technologies.

[キーワード] IP、次世代 IP ルータ、次世代インターネット、高速インターネットワーキング

[Keywords] IP, next generation IP router, next generation Internet, high-speed internetworking

#### 1 まえがき

インターネットトラヒックの急成長に伴い、通信ネットワークを支える核技術も大きな変革の時期に来ている。これまでの ATM (Asynchronous Transfer Mode) 技術一辺倒の時代から、超高速 IP (Internet Protocol) パケット転送技術による IP 中心の時代へとパラダイムシフトしてきており、この流れは、より高速大容量の通信装置（テラビットルータ、DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) 装置等）の

研究開発により、一層拍車がかけられると思われる。ただし、今後しばらくは、通信キャリアなどが掲げる次世代インターネット構想とルータベンダの製品プロパガンダが先行・錯綜すると予想され、深い技術的洞察力をもって、今後の技術展開を見極める必要があると思われる。

学術情報ネットワーク (SINET: Science Information Network) は、学術研究機関向けの日本最大のインターネットバックボーンであり、そのトラヒック量は

次世代 IP ルータ技術の動向と課題

年倍増以上の急激な成長を示している[1]-[4]。本ネットワークでは、ATM バックボーン上に IP トラヒックを処理する ATM ルータが設置されているが、昨今の IP トラヒックの急成長に伴い頻繁にルータの増設が行われている状況であり、それに伴いネットワークの設計・運用・保守の複雑性も増してきている。今後の IP トラヒックの急成長を考慮すると、通信キャリア同様に次世代のネットワーク構想を検討する時期に来ていると言える。特に、SINET では音声や映像といったストリーム系のトラヒックを運ぶ必要がないという点で、最新 IP 技術を早期に導入しやすい環境にある。著者らは、このような背景から、次世代 IP ルータ(テラビットルータなどとも呼ばれる)技術に関する調査、方式評価、特性評価等を進めている。

本稿では、次世代 IP ルータにおける要求条件を明らかにするととともに、その要求条件を満たすための最新技術について解説を行う。また、今後の技術展開と課題についても述べる。

## 2 次世代 IP ルータへの要求条件

次世代 IP ルータの一般的なシステム構成を図 1 に示す。次世代 IP ルータは、大きく分けて、インターフェース終端や IP パケット転送処理等を行う Line card、Line card 間のパケット転送（スイッチング）を行う Switching fabric（以下、単にスイッチともいう）、他のルータとのルーティング情報のやりとりによりルート決定を行うとともに Line card や Switching fabric を制御する Control card から構成される。

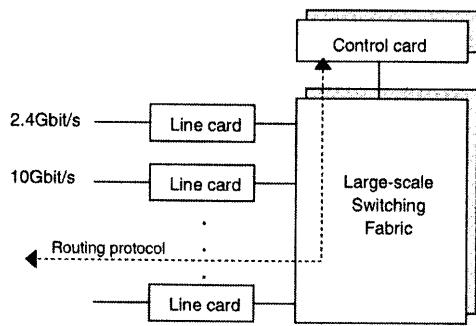


図 1 次世代 IP ルータの構成要素

次世代IPルータへの要求条件としては、まず、IPトラヒックの急成長に伴うネットワークの高速化・大容量化への対応、すなわち、超高速インターフェースへの対応とルータ容量の大容量化があげられる。

また、ネットワークの成長にあわせて容量をスケーラブルに拡張できることも求められる。また、一台のルータで処理するトラヒック量が格段に大きくなることから、高信頼化のための機能が必要である。さらに、要求品質の異なる多様なトラヒックを扱うために充実した通信品質制御機能が要求される。従って、次世代 IP ルータに対する主な機能条件をまとめると以下のようになる。

- 1) 超高速インターフェース対応機能
  - 2) 大容量化・スケーラブル化機能
  - 3) 高信頼化機能
  - 4) 充実した通信品質制御機能

次章以降では、この要求条件に対応した各最新技術に関して考察を行う。

### 3 超高速インターフェース対応機能

ネットワークの大容量化に伴い、伝達システム（ATM 装置、SDH (Synchronous Digital Hierarchy)/SONET (Synchronous Optical Network) 装置等）のインターフェースが高速化してきているため、次世代 IP ルータのインターフェースもこの高速化に対応する必要がある。これまでには、マルチメディア対応向けに ATM インタフェースが積極的に採用されてきたが、インターネットの劇的な拡大により IP トラヒックを効率よく収容する必要性が高まり、ATM を介さずに、SDH/ SONET 装置に直結するインターフェース (POS: Point-to-point protocol over SDH/ SONET) が登場してきたのが大きな特徴である。当面は、ネットワークの設計ポリシーが二局化する（品質制御を重んじる IP over ATM と IP トラヒックの効率的収容を重んじる IP over SDH/ SONET）ことが想定されることから、次世代 IP ルータはその双方に対して高速インターフェースを提供する必要があるが、特に特徴的であるのは、2.4Gbit/s (OC-48c) や 10Gbit/s (OC-192, OC-192c) といった超高速 POS インタフェースである。将来的には、さらなる大容量化を目指して DWDM インタフェースの収容も検討されている。

このような超高速インターフェースに対応したIPパケット転送を行うには、従来のソフトウェアが介在する転送処理では対応できないため、以下のようなアーキテクチャならびに技術が採用されている。

### 3.1 Routing 機能と Packet Forwarding 機能の分離

従来のルータでは、Routing 機能と Packet Forwarding 機能の実現にソフトウェアが介在したため、システムのスループットに限界があった。Routing 機能とは、ルーティングプロトコル (OSPF, BGP4 等) により他のルータとルーティング情報をやりとりしてネットワークトポロジーを想定し、宛先 IP アドレスに対応した Next Hop を決定する機能であり、この処理に基づいて宛先 IP アドレス、Next Hop、Next Hop に対応する回線番号等を保持する Forwarding table が作成される。一方、Packet forwarding 機能とは、Line card から受け取った IP パケットを Forwarding table の情報に基づいて指定された Line card に転送する機能である。Routing 機能は、ルーティングプロトコル処理が複雑であるため、ソフトウェアの介在は必須であるが、ネットワークトポロジーの変化による Forwarding table の更新に要求される能力は、主に経路情報量に依存し、ルータの収容する回線のインターフェース速度には依存しない。一方、Packet forwarding 機能は、パケット毎の処理であり、インターフェースの速度が高速になるほど、高い処理能力が求められるが、Forwarding table 検索の高速化等を含めて Forwarding 処理をハードウェア化することで高速化に対応できる可能性が大きい。従って、Routing 機能と Packet forwarding 機能をハードウェア分離し、Packet forwarding 処理を飛躍的に高速化することで、超高速インターフェースに対応できるようにしたのが次世代 IP ルータの大きな特徴である。具体的には、図 2 に示すように、Routing 機能は Control card に、Packet forwarding 機能は Line card あるいは専用 Forwarding card に実装する方法をとっている。

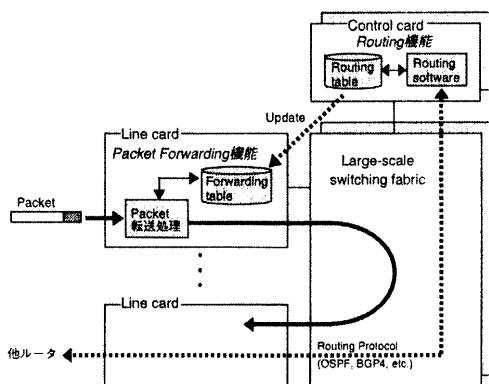


図 2 Routing 機能と Packet forwarding 機能の分離

### 3.2 Packet forwarding 高速化のための技術

Packet forwarding 機能は、大まかに、パケット受信処理、Forwarding table 検索によるルート決定、通信品質制御、送信処理に分類される。高速化のためのポイントとしては、大きく以下の 3 つが挙げられる。

- ・ Forwarding table 検索の高速化
- ・ Forwarding 機能のパイプライン化
- ・ Forwarding table の Line card への実装

Forwarding table 検索は、検索テーブル量が大きく、かつ検索アルゴリズムが複雑なため、高速化のボトルネックとなる部分である。テーブルには、前述したように、宛先 IP アドレス、Next Hop、Next Hop に対応する回線番号等が保持されているが、この宛先アドレスは CIDR (Classless Inter-Domain Routing)に基づいた可変長のプレフィックスとして保持されている。検索は、到着したパケットの宛先アドレス (プレフィックス) をキーとして、それに一致するテーブル内のプレフィックスの中でプレフィックス長が最長のものを見つけ出すというものである (最長一致検索)。この高速化手法としては、Patricia (Practical algorithm to retrieve information code in alphanumeric) Tree 等の Tree 型のデータ構造を用いた方法[5]、Forwarding table サイズを小さくしてキャッシュメモリを用いる方法 [6]、CAM (Content Addressable Memories)を用いる方法[8][9]、それらを組み合わせる方法[7]などが挙げられる。

また、Forwarding 処理の全てを、超高速回線に対応した速度で、1 パケット時間内で完了するのは厳しいため、処理の複雑さに応じてそれらの処理をパイプライン分割する必要がある。

Forwarding table の配置方法としては、ギガビットルータクラスでは、専用 Forwarding card に実装するものもあるが、より大容量化を目指すルータでは、各 Line card に実装して、Forwarding 処理時間を最小にするとともに、容量拡大時のスループット低減を防ぐ方法がとられている。各 Line card の Forwarding table の内容は、Routing 機能を司る Control card からの指示により、適宜アップデートされる。

ここで、各 Line card の Forwarding 能力としては、POS インタフェースでワイヤスピードでの処理を実現しようとすると、1 パケットを最短長の 40byte として、2.4Gbit/s (OC-48c) インタフェースに対しては、約 7.5MPPS (Mega Packet Per Second) の処理能力、10Gbit/s (OC-192c) インタフェースに対しては、約

## 次世代 IP ルータ技術の動向と課題

30MPPS の処理能力が求められる。

### 4 Switching Fabric の大容量化・スケーラブル化

次世代 IP ルータでは、Line card 間のパケット転送は高速バスではなく、高速・大容量の switching fabric (以下スイッチという) によって行われる。システム全体の処理能力を評価する上では、Line card の Forwarding 能力や収容可能な Line card 数に加えて、このスイッチのパフォーマンスが大きな評価パラメータになる。以下では、次世代 IP ルータのスイッチャーキテクチャとその実現方式に関して説明する。

#### 4.1 スイッチャーキテクチャ

スイッチのアーキテクチャとしては、以前、ATM スイッチの分野においても盛んに研究されたことがあるが、次世代 IP ルータで特徴的なのはその大容量性であり、実現方法の特許化が盛んに行われている。ATM スイッチでは、セルの廃棄率や遅延時間・遅延変動に対する条件が厳しく、大容量なスイッチは非常に高価になる傾向にある。これに対して、次世代 IP ルータでは、スイッチの性能（特に遅延時間変動等）をある程度割り切って大容量化を図る方法が多く見受けられる。

1段のスイッチとしては、スイッチ性能を重んじる場合は、ATM と同様、共通バッファ型あるいは出力バッファ型を採用しているが、ATM ではスループットの面で実用化されなかった入力バッファ型スケジューリング方式を採用しているものもある。この場合、図 3 に示すように、Line card 側に入力バッファを実装して、高速・大容量化が容易で低廉なノンバッファクロスバースイッチを用いるものが多い。

より大容量の場合になると、当然多段構成となるが、次世代 IP ルータでは、3D-Torus や Hypercube 等のスーパーコンピュータのインターネット接続ネットワークとして実用化されているアーキテクチャ (Massive Parallel Architecture) [10]を採用する動きも活発である。

スイッチ容量を評価するに当たっては、容量のスケーラビリティも大きな評価尺度となるので、次節でその拡張方式に関して簡単に説明する。

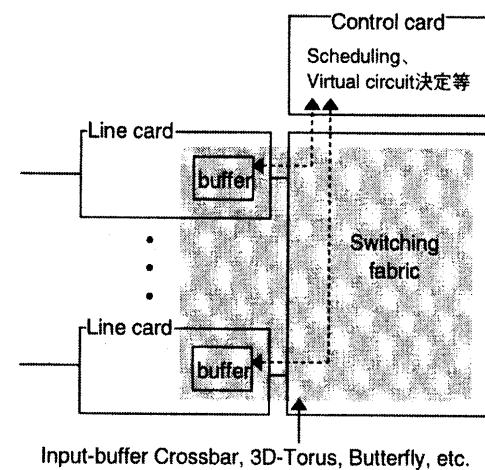


図 3 バッファ機能配備法の一例

#### 4.2 スイッチのスケーラビリティ

次世代 IP ルータの容量拡張方式としては、大きく図 4 のように分けることができる。

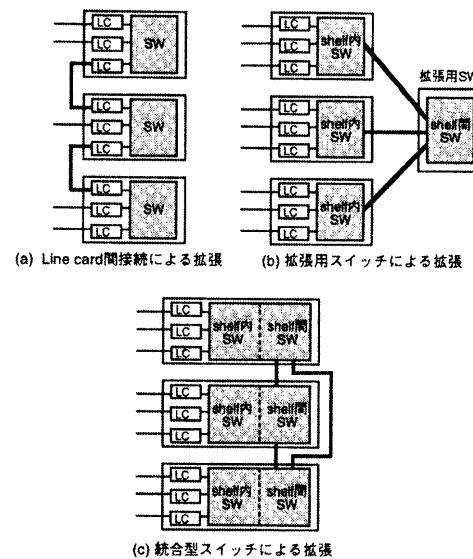


図 4 容量拡張方式

一番目は、単純にルータ間を Line card を介して接続し、容量を拡張する方式である。この場合、高機能な Line card がルータ間接続のために費やされるため、規模が大きくなるにつれて非経済な構成となる。この構成では、むしろ極力 1 台のルータの容量を大きくするために、回線の高密度収容、架内配線の超高速化、スイッチの高密度大容量化により大容量化を目指すことになる。

二番目は、ルータ間を接続するための専用スイッチを配備して、ルータ間を高機能な Line card を介さずに接続して容量拡大を行う方式である。1台のルータのスイッチ容量は小さくてすむが、専用スイッチの容量がかなり大きくなる。

三番目は、同一シェルフにシェルフ内およびシェルフ間を接続するスイッチ（統合あるいは分割）を配備し、シェルフの増設により容量の拡張を図っていく方式である。この場合、あらかじめ最大接続シェルフ数を考慮し、その分のスイッチ容量を考慮したスイッチの実装が必要になるため、トータルのスイッチ容量が非常に大きくなる。

#### 4.3 スイッチ容量への条件

次世代 IP ルータのスイッチ容量を検討する場合には、Line card を介さないシェルフ間接続のためのポート数の増加や、スイッチ内ブロック率低減のためのポート速度の高速化等を考慮する必要がある。そのため、スイッチの容量は、Line card 収容能力に比べるとかなり大きくなる。この容量は、現状では、各社各様の定義をしており、かつ、大容量性をアピールするための宣伝材料にもなっているので、実際のルータの処理能力を正確に表してはいない。公平な比較評価のための評価尺度の定義が必要と考える。

### 5 高信頼化機能

ルータの容量が大容量になるにつれて、信頼性や保守性の向上が非常に大きな課題となる。高信頼性に関しては、システム単体としての信頼性向上とネットワーク的な信頼性向上を考慮する必要があり、保守性に関しては、今後のサービス機能追加のためのノンストップサービス機能が必須となってくる。

システムの信頼性を向上させるには、図 5 に示すように、Line card を除く全てパートの冗長構成化、すなわち、電源、FAN、Control card、Switching fabric の冗長構成化が必要となる。これらの冗長パートの切替は当然通信断を極力抑えなくてはならない。また、ネットワーク的な信頼性としては、IP over SDH/SONET での運用を考慮して、APS (Auto Protection Switching) 機能の実装が必須となる。これにより、伝送路の故障や Line card の故障時に非常に短時間 (50 msec 以内) での切り替えが可能となるため、より安定したネットワーク運用を図ることができる。

また、サービス機能追加時には、大容量になるほ

ど、従来のようなシステムリブートは許されなくなるため、テラビットクラスのルータでは、インサービスでソフトウェアアップグレードを行うことが可能なものが出てきている。また、Line card の増設やスイッチのスケーラビリティを考慮すると、オンラインでの各パッケージの挿入・抜去（活栓挿抜）も必須となる。

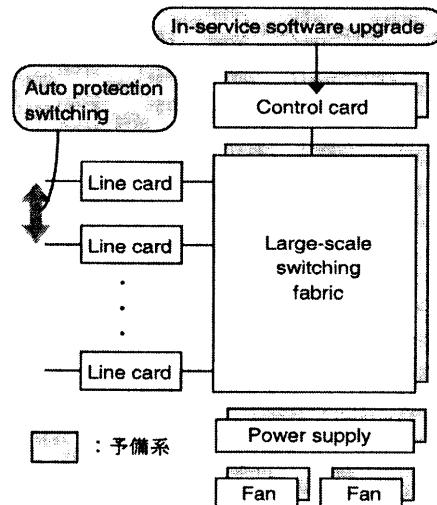


図 5 高信頼化に向けた構成

### 6 充実した品質制御機能

品質制御機能に関して、システム単体のしくみとしては、図 6 に示すように ATM スイッチと同様に、Line card において、品質クラス分けを行い、品質クラス毎にキューを分けて、キューからの読み出し制御により品質を制御する方法がとられる。

ネットワーク的な観点からは、最も着目されている技術は MPLS (Multi-Protocol Label Switching) と DiffServ (Differentiated Services) であろう。MPLS は、単純に言えば、コネクション設定によるトラヒックエンジニアリングや QoS の提供のために、パケットにラベルを付与してネットワーク内を効果的に転送する方式である。このラベルは、入側のエッジルータで付与され、中継ルータでのラベルによるスイッチングを経た後、出側のエッジルータで除去される。このラベルスイッチングのためのパス設定プロトコルは、LDP (Label Distribution Protocol)-ベース、 RSVP (Resource Reservation Protocol)-ベースの二種類が存在するため、インター操作性についてについては、今後の課題となろう。また、DiffServ に関しては IP

## 次世代 IP ルータ技術の動向と課題

ヘッダの TOS(Type of Service)ビットを differentiated services field として定義して、クラス分けにより品質制御を行うものである。この MPLS と DiffServ の組合せにより、どの程度の品質制御が可能かは、今後の課題となろう。

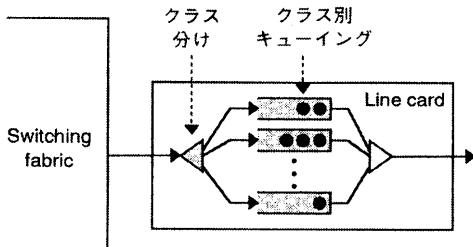


図 6 品質制御のためのしくみ

## 7 むすびと今後の課題

次世代 IP ルータ技術（超高速インターフェース対応機能、スイッチの大容量化・スケーラブル化機能、高信頼化機能、品質制御機能）に関して解説した。今後は、インターフェースの超高速化がより進むであろうが、より高いパフォーマンスをもつ大容量スイッチ構成法の検討や通信品質制御の具体化・詳細化が課題となってくるであろう。

今後、インターネットトラヒックがより拡大し、IP over SDH/ SONET が進んで IP over WDM が実現されるためには、DWDM システムにおけるプロテクション機能やそれに対応したルータ側の機能の実現が課題となる。また、より将来的には、波長クロスコネクト機能を有するリンクシステムの登場を考慮したネットワークのアーキテクチャとルータへの機能配備等が課題になってくるであろう。その時代においては、光スイッチング技術を適用した光ルータが登場する可能性が高い。

## 参考文献

- [1] Asano, S.; Zhao, W.; Uose, H., “Enhanced academic network in Japan”, Global Information Infrastructure (GII) Evolution, Proc. INTERWORKING '96, pp. 27-34, 1996.
- [2] Asano, S.; Abe, S.; Suzuki, S.; Miyake, K., “New high-speed ATM backbone for academic information network in Japan”, Proc. of ISS'97, pp. 27-34, 1997.
- [3] Asano, S., “Science Information Network”, IEICE Journal, Vol. 81, No. 4, pp.402-406, 1998.
- [4] Asano, S.; Matsukata, J.; Saito, H., Kawahara, R.; Urushidani, S., “Network engineering based on real-time traffic monitoring for an Internet backbone network”, to appear in ISS '2000.
- [5] G. R. Wright.; W, R. Stevens., TCP/IP illustrated volume 2: the implementation, Addison-Wesley, 1995.
- [6] Degermark, M.; Brodnik, A.; Carlsson, S.; Pink, S., “Small forwarding tables for fast routing lookups”, Proc. ACM SIGCOMM '97, Sept. 1997.
- [7] Waldvogel, M.; Varghese, G.; Turner, J.; Plattner, B., “Scalable high speed IP routing lookups”, Proc. ACM SIGCOMM '97, Sept. 1997.
- [8] 小林, 村瀬, 小倉, 栗山, 「マルチギガビット IP フォワーダ用 50Mpps Longest Prefix Match 検索 LSI」, 信学技法 IN98-119、1998.
- [9] 宇賀, 塩本, 「ポインタキャッシュを用いた最長一致に基づくルーティングテーブル検索法」, 信学技法 SSE99-26, 1999.
- [10] D. E. Culler and J. P. Singh, Parallel computer architecture, Morgan Kaufmann Publishers, 1999.
- [11] <http://www.cisco.com/>
- [12] <http://www.juniper.com/>
- [13] <http://www.hitachi.co.jp/>
- [14] <http://www.nec.co.jp/>
- [15] <http://www.argon.com/>
- [16] <http://www.netcore.com>
- [17] <http://www.nexabit.com/>
- [18] <http://www.avici.com/>
- [19] <http://www.pluris.com/>
- [20] <http://www.nortel.com/>

## 研究論文

# 分散能動オブジェクトシステムのための Java ライブラリーCape

## A Java library “Cape” for building distributed active object systems

学術情報センター 丸山 勝巳

Katsumi MARUYAMA

National Center for Science Information Systems

### 要旨

分散システムには C/S(Client-Server)型、P-to-P(Peer to peer)型などがある。C/S 型分散処理システムはクライアント側とサーバー側が逐次的に動作するので、RPC(Remote Procedure Call)に基づいた方式で効果的に実現できる。Java の分散システム構築ツールの殆んどは RPC に基づいている。一方、分散プロセス制御システム、通信制御システム、分散エージェントシステム等では、各分散オブジェクトが並行動作し、対等にメッセージを交信しあい、かつ相手の受理を待たずに自己の処理を継続しなければならない場合が多い。このような P-to-P モデルには RPC は不十分であり、非同期メッセージ等フレキシブルなメッセージ機構と能動オブジェクト機構の導入が有効である。本報告では、分散能動オブジェクトを実現するための Java パッケージの実現技術を述べる。このパッケージを用いることにより pure Java でフレキシブルな分散処理が実現できる。

### ABSTRACT

Most distributed systems are based on either the C/S (Client/Server) model or the P-to-P (Peer to Peer) model. In C/S based distributed systems, a client invokes a server and waits for the server reply. Because of this sequential nature, C/S based distributed systems can be implemented by the RPC (Remote Procedure Call) scheme. Most tools for developing distributed Java objects are based on the RPC scheme.

Whereas, in P-to-P based distributed systems such as process control systems, telecommunication systems and distributed agent systems, each distributed objects work concurrently, by exchanging asynchronous messages, without waiting for the receiver's action. To implement these P-to-P distributed systems, the RPC scheme is not powerful enough, and the active object model and asynchronous messages are suitable.

This paper explains the pure Java library which supports active objects and very flexible asynchronous messages.

[キーワード] 能動オブジェクト、分散処理、ピアツーピア分散処理モデル、Java

[Keywords] Active object, Distributed Processing, Java, Peer-to-peer model

### 1 はじめに

分散オブジェクトに基づいた分散処理システムは益々重要になりつつある。分散オブジェクトシステムの開発にあたって、Java は簡潔なオブジェクト指向、豊富なライブラリー、機種への非依存性、インターネット指向など優れた特長を持ち、また処理性も Just-In-Time コンパイラ技術などのおかげで高速化されているので、有望なツールである。

分散処理システムのモデルには種々あるが、中でも重要なのは C/S(Client-Server)型分散処理と P-to-P (Peer to Peer)型分散処理である。

C/S 型分散処理は、クライアントが遠隔サーバーに要求を送りその返答を受けるという逐次的動作が基本であるので、一般に RPC(Remote Procedure Call)手法で実現できる。Java による C/S 型分散処理のためのツールには、Horb [1]、Java-RMI (Remote Method

## 分散能動オブジェクトシステムのための Java ライブラリー—Cape

Invocation)[2]などがあり、両者とも遠隔メソッド呼出しは RPC 手法に基づいている。

これに対し、P-to-P 型分散処理では、各オブジェクトが並行動作し対等の立場でメッセージを交信しあう；メッセージを送った後、相手の処理を待たずに自己の処理を続行すべき場合がある；複数のオブジェクトに同時にメッセージを送りたい場合がある；メッセージを第三者に転送して処理させたい場合がある；など非逐次的動作が基本となり、RPC 手法での実現は簡単ではない。P-to-P 型分散処理の例としては、通信制御システム、分散エージェントシステム、プロセス制御システムなどがある。P-to-P 型分散処理システムは、RPC 手法での実現は難しく、非同期メッセージ型の能動オブジェクトの利用が有効である[3]。

そこで、このような P-to-P 型分散処理の実現を容易化するために、以下の特徴を持つ Java ライブラリ—Cape を開発した。

- ・能動オブジェクト[4,3,5]の導入により、各オブジェクトが自律的に並行動作出来る。
- ・フレキシブルで効率的なメッセージ転送を実現。
  - 非同期メッセージ
  - 非同期メッセージに対する返答
  - メッセージのマルチキャスティング
  - マルチキャスティングに対する返答の受信
  - 返答待の時間制限
  - 受信メッセージの他オブジェクトへの転送
  - オブジェクトグラフ(リンクしたオブジェクト群)の遠隔引継ぎ
- ・分散オブジェクトの ID を別ノードに引き継いで利用できる。
- ・RPC 型動作も簡単に記述できる。
- ・100% pure Java として分散処理が書ける。

本ライブラリーを用いることにより、高度な内容の分散処理システムを簡明に記述することができる。また、pure Java なので Java の機能や豊富なライブラリーが全て活用でき、異機種環境で実行することができる。本報告では、第 2 章で P-to-P 型分散処理モデルの必要性を、第 3 章で能動オブジェクトを説明し、第 4～9 章で Cape ライブラリーの諸機能と使い方を説明している。

本ライブラリーは、www からダウンロード可能である。

## 2 P-to-P 型分散処理モデル

C/S 型モデルでは実現しにくい分散システムの例としては、例えば通信網の交換システム[3]がある。交換システム(アナログ電話、ISDN、ATM いづれも)は、発側の交換機・中継交換機・着側交換機が制御情報を交わしながら呼接続を行う分散処理システムである。

図 1 に交換システムの処理モデルを示す。交換機の中では多数の発呼ならびに着呼が多重処理される。個々の呼に対して、その制御を行なうオブジェクトを別々に割り当てることとし、発側を制御するオブジェクトを "Caller"、着側を制御するオブジェクトを "Callee" と呼ぶことにする。交換機は、発呼を検出すると Caller オブジェクトを生成する。Caller は、ダイアル情報から着信先を分析しそこに着信メッセージを送る。着信側交換機では、Callee オブジェクトを生成し、あとは Caller と Callee がお互いにメッセージを Peer-to-peer に交換しながら交換処理を進める。

また、Intelligent Network サービス(フリーダイヤル等)では、高機能サービスノード(ネットワークデータベース)等に問い合わせて宛先を判定したりする。

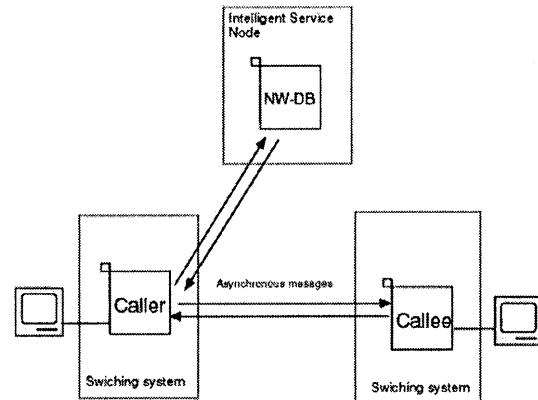


図 1 交換システムと分散処理モデル

この図のモデルでは、以下が要求されている。

**並行処理** 交換システムでは同時に数千の呼が扱われる所以、呼対応に存在する多数の Caller/Callee オブジェクトは、並行動作できなければならぬ。

**非同期メッセージ交信** 例えば Caller が Callee に setup メッセージを送った場合を考えてみよう。

もし、メッセージ通信が同期型であったとする  
と、Callee がこのメッセージを受理・処理して制  
御を返すまでは Caller 側に他のイベント（例え  
ば発呼者の切断）が生じてもその処理が出来な  
い。それに対し、非同期型ならばメッセージの  
送り手は受け手の処理を待つことなく次の処理  
を行うことができる。同期型通信でもバッファ  
ーオブジェクトを介在させることで非同期動作  
をさせることは可能であるが、プログラムが複  
雑になる。このような理由から、オブジェクト  
間通信は非同期メッセージが望まれる。

**非同期返答** 例えば図 1 のシステムにおいて、高機  
能サービスノードに要求送信後、返答が返るま  
でには時間がかかるので、Callee は問い合わせを  
非同期メッセージで送出し、自己の処理を続行  
するものとする。当然、返答は非同期に戻ってくる  
ので、Caller はその返答が必要になったときに、  
返答が到着済みならそれを受信し、さもなければ  
返答が返るまで待ち合わせをする仕組みが必  
要となる。

**マルチキャスト** 複数のサーバーに同時にメッセー  
ジを送出したいケースも多い。例えば複数のサ  
ービスサーバーにメッセージを送って、その中  
から最初に返答を返したサービスサーバーを使  
うといった方式では、マルチキャストが必要と  
なる。

**処理の委譲** 分散オブジェクト間で処理の以上を行  
いたいケースもある。例えば、あるサーバーに  
要求を送ったとしよう。もし、そのサーバーが  
その要求を処理できない場合は、他のサーバー  
にその要求を転送して処理を委譲できることが  
望ましい。

このような内容は、分散制御システム、グループ  
ウェアシステム、実時間システム等でも要求される。  
これらは、バッファーオブジェクト等を仲介させて  
RPC 手法でも実現することも不可能ではないが、  
プログラムが相当に複雑になり、実行時効率も低下  
する。

本報告の Java ライブラリーは、このような分散処  
理モデルを Java を用いて簡潔に且つ効率良く実現す  
るためのものである。

### 3 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。C++や Java の通常のオブジェクトでは、  
呼び出し側からメッセージとスレッド制御とが引き  
継がれてメソッドが実行される。このようなオブジ  
ェクトは、呼び出し側に従属して実行されるので"受動  
オブジェクト"と呼ぶ。(Cf. 図 2.)

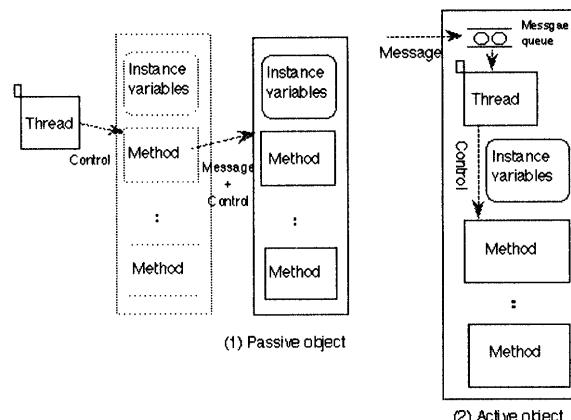


図 2 受動オブジェクトと能動オブジェクト

これに対し、メッセージ行列と自己のスレッドを  
有し、呼び出し側からはメッセージのみを引き継いで  
該当メソッドを実行できるオブジェクトを"能動オ  
ブジェクト"と呼ぶ(Cf. 図 2)。能動オブジェクトでは、  
メッセージ転送と制御とが分離されるので、非同期  
や融通性の高いメッセージ転送が可能となる。更に  
メッセージの遠隔転送をサポートするだけで分散処  
理も実現できる。能動オブジェクトは、非同期メッ  
セージを交信しながら互いに並行動作できるので、  
能動オブジェクトと受動オブジェクトを適切に活用  
することにより、簡明で効率の良い分散処理を実現  
できる。

### 4 分散処理と実行時ルーチン

#### 4.1 分散ノードと実行時ルーチン

分散処理システムの個々のプログラムの分散実行  
単位(分散プログラムが実行される個々の論理空間)  
を、"ノード"と呼ぶこととする。任意個のホストに分  
散配置された複数のノードからなるシステムが分散  
システムである。同一ホスト内に複数ノードがあつ  
てもよい。

## 分散能動オブジェクトシステムのための Java ライブラリー Cape

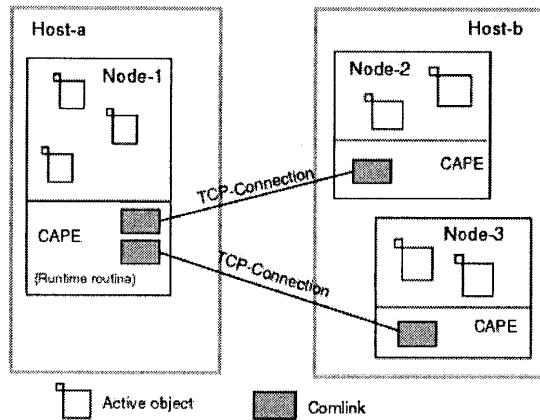


図 3 分散システムの概要

分散システムの構成概要を図 3 に示す。各ノードは、ノード間のメッセージ通信やノード内の管理を行うための"実行時ルーチン"を持っている。この実行時ルーチンを "CAPE"(Communicating Autonomous Program Environment)と呼んでおり、cape パッケージに含まれている。これから述べる機能は、cape パッケージを `import` して、そこで定義されているクラスを継承したり、クラスオブジェクトが提供している各種クラスメソッドを呼ぶことにより実現される。

cape パッケージの内容で特に重要なものがクラス定義 CAPE と ActObject である。CAPE はクラスオブジェクトであり、実行時ルーチンの初期設定 `initialize()`、非同期メッセージ `send()`、非同期返答 `sendReply()`、メッセージ転送 `forward()`などの機能を"クラス"メソッドとして提供している。

## [Specification]

```
package cape;
.....
public class CAPE{
    .....
    static public void initialize();
    static public ReplyBox send(...);
    .....
    static public void sendReply(...);
    static public void forward(...);
    .....
}
```

`ActObject` は、後述のように能動オブジェクトを定義するためのクラスである。

## 4.2 分散オブジェクトの広域識別子:広域 OID

分散オブジェクト宛にメッセージを送るには、広域識別子が必要である。各ホストは複数のノードを含むことができ、各ノードは任意個の能動オブジェクトを含むことができるので、能動オブジェクトはタプル`<hostId, nodeId, localOID>`によって広域識別できる。

## [Specification]

```
public class GlobalOID
    implements Serializable {
    int hostId, nodeId;
    int oid; //local OID
    int magic;
    ... メソッドは略す ...
}
```

現実装では、`hostId` にはホストの IP アドレスを、`nodeId` には TCP-port 番号を用いている。なお、変数 `magic` は不当メッセージを排除するためのものであり、能動オブジェクトはこの値が自分と一致しないメッセージは受理しない。

GlobalOID は能動オブジェクトの生成時に与えられ、その値は能動オブジェクトの `getGlobalOID()` メソッドで知ることが出来る。GlobalOID はオブジェクトの位置情報とアクセス権情報も含んでおり、一旦あるオブジェクトの GlobalOID を獲得すれば、そのオブジェクトが何処に居ようが同一記述でメッセージを送ることが出来る。GlobalOID を引き継ぐことは、そのオブジェクトへのアクセス権も引き継ぐことである。

## 4.3 ネームサービス

始めて遠隔オブジェクトの GlobalOID を探すには、各ホスト毎にバックグラウンドで走っているネームサーバを利用する。現在のネームサーバは、Java-RMI のそれと同等の簡単なものである。ネームサーバーは、クラスオブジェクト `NameService` のクラスメソッド `registerOID()`、`lookupOID()` 等を介して利用する。

## [Specification]

```
package cape;
.....
public class NameService {
    static public void registerOID
        (String name, GlobalOID oid);
```

```

static public GlobalOID
    lookupOID(String urlname);
.....
}

```

能動オブジェクトをネームサーバに登録するには、検索用の適当な文字列とそのオブジェクトの GlobalOID を与えて **NameService** の **registerOID()** を呼べばよい。

#### [Example]

```

Foo foo=new Foo(); //能動オブジェクトを生成
NameService.registerOID("Jack",
    foo.getGlobalOID());

```

遠隔オブジェクトを検索するには、それが居るホストアドレスとオブジェクト名を URL 形式 "cape://hostAdrs/objName"で与えて **NameService** の **lookupOID()** を呼べばよい。

#### [Example]

```

GlobalOID mate;
mate = NameService.lookupOID
    ("cape://xserver.x-univ.ac.jp/Jack");
CAPE.send(mate, new AMessage(...));

```

## 5 能動オブジェクトの定義

### 5.1 ActObject

**cape** パッケージの **ActObject** が能動オブジェクトの仕組みを提供している。

#### [Specification]

```

package cape;
.....
public ActObject extends Thread {
    GlobalOID myGlobalOID;
    .....
    //Constructor
    public ActObject();
    .....
    //methods
    public GlobalOID getGlobalOID();
    public void setCycle(int period);
    public void cycle();
    .....
}

```

能動オブジェクトを定義するには、この **ActObject** を継承すればよい。次例は **alpha()**, **beta(...)**, **gamma(...)** メソッドを持つ能動オブジェクト

**Foo** の定義である。このオブジェクトに後述の手法で非同期メッセージを送ると、それはこのオブジェクトが持つスレッドによって処理される。

#### [Example]

```

import cape.*; //capeパッケージをインポート
class Foo extends ActObject{
    /* ActObject を継承すると能動オブジェクトになる。
     * このサブクラスも勿論能動オブジェクトである。*/
    void alpha() {
        .... メソッド本体 .....
        .....
    }//alpha

    void beta(String s, Vector v) {
        .... メソッド本体 .....
        .....
    }//beta

    void /*String*/ gamma(String s){
        String ans;
        .... メソッド本体 .....
        CAPE.sendReply(ans); //非同期返答を返す
   }//gamma
    .....
}

//Foo

Foo foo = new Foo(); //Object creation

```

### 5.2 周期実行メソッド

能動オブジェクトは、メッセージが到着していない時には特定のメソッドを周期的に実行してくれると便利な事も多い。このための仕組みが **ActObject** のメソッド **setCycle()** と **cycle()** である。

メソッド **cycle()** を再定義して周期処理の内容を定義し、かつ **setCycle(int period)** で起動周期(ms)を与えると、"メッセージが来ていないときは"指定周期毎に **cycle()** メソッドが実行される。

### 5.3 能動オブジェクトによる並行処理の実現

能動オブジェクトは自己のスレッドを有しており互いに並行動作できるので、並行処理モデルを簡単に実現できる。次例は、Dijkstra の Dining Philosophers の実動プログラムである(Cf. Fig. 4).

## 分散能動オブジェクトシステムのための Java ライブラリー Cape

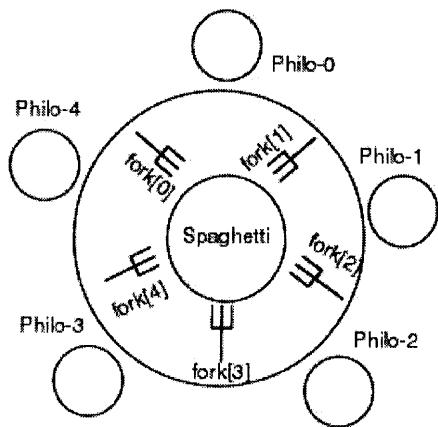


図 4 食事をする哲学者

[Example]

```

import cape.*;
public class Philo extends ActObject {
    int n;
    boolean eating = false;
    static Fork[] forks = new Fork[5];

    public Philo (int n, int period) {
        setCycle(period); //Let cycle() run
        this.n = n;
    }

    public void cycle() {
        if (eating) {
            eating = false; pr(n, "Thinking");
            forks[n].free();
            forks[(n+1)%5].free();
        }else{
            if (forks[n].get()) {
                if (forks[(n+1)%5].get())
                    { eating = true; pr(n, "Eating ");}
                else forks[n].free();
            }
        }
    }

    void pr(int n, String s) {
        System.out.print("Philo-" + n + " " + s);
    }

    public static void main(String[] args) {
        for(int i=0; i<5; i++) forks[i] = new
            Fork();
        for(int i=0; i<5; i++) new Philo(i,
            500+100*i);
    }
}

```

```

class Fork {
    boolean idle = true;
    synchronized boolean get(){
        if (idle) { idle = false; return true;}
        else { return false; }
    }
    synchronized void free(){ idle = true;}
}

```

このプログラムでは、5人の哲学者(Philo のオブジェクト)が生成されている。彼らは能動オブジェクトなので自動的に並行動作する。彼らは 500~900ms 周期で起動され、両側のフォークが空いていれば食事をし、次の周期でまた思索に戻るよう動作する。

## 6 非同期メッセージ

## 6.1 メッセージオブジェクトの作成

非同期メッセージを送るには、まずメッセージ内容を運ぶ"容器"である **AMessage** オブジェクトを用意する。**AMessage** クラスには各々の個数の引数に応じたコンストラクターが用意されており、メッセージ名と引数を与えてこれを呼ぶことにより、目的のメッセージが生成される。

## [Specification]

```

public class AMessage{
    .....
    /* Constructors */
    public AMessage(String msgName); //0-引数
    public AMessage(String msgName, Object arg0);
        //1-引数
    public AMessage(String msgName, Object arg0,
        Object arg1); //2-引数
    .....
    .....
}

```

引数のタイプが **Object** なので、いかなるオブジェクトも引き継げる。

特に、単独オブジェクトに限らず、リスト構造のようにリンクで結ばれた複雑なオブジェクトグラフも引き継るので、複雑なデータを分散ノード間でやり取りできる。

## [Example]

```

AMessage msg;
String s; Vector v;
msg=new AMessage("alpha"); //alpha() message
msg=new AMessage("beta",s,v); //beta(s,v)
message

```

## 6.2 非同期メッセージの送信法

非同期メッセージを送るには、**CAPE** の **send()** メソッドを使う。第 1 引数が宛先、第 2 引数が前項で述べた **AMessage** オブジェクトである。宛先は、**ActObject** もしくは **GlobalOID** で指定する。**send()** を実行すると **ReplyBox** オブジェクトが返されるが、これは非同期返答のための機能で次節で説明する。本メソッドは非同期メッセージを送出したら、受信側の処理を待たずにすぐに戻る。

### [Specification]

```
public class CAPE {
    .....
    static public ReplyBox
        send(ActObject target, AMessage amsg);
    static public ReplyBox
        send(GlobalOID target, AMessage amsg);
    .....
}
```

オブジェクト "foo" にメッセージ "beta(s, v)" を送る例を以下に示す。

### [Example]

```
CAPE.send(foo, new AMessage("beta", s, v));
```

## 7 非同期返答：非同期メッセージに対する返答

### 7.1 ReplyBox オブジェクト

非同期メッセージに対する返答を "非同期返答" と呼ぶことにする。非同期メッセージ方式では依頼側と返答側とが非同期で動作するので、返答を引継ぐには両者間で同期をとる必要がある。このための仕組みが **ReplyBox** オブジェクトであり、図 5 のように **CAPE.send()** を実行すると **ReplyBox** オブジェクトが返され、非同期返答は本オブジェクトを介して要求元に返される(いわゆる未来変数[6])。

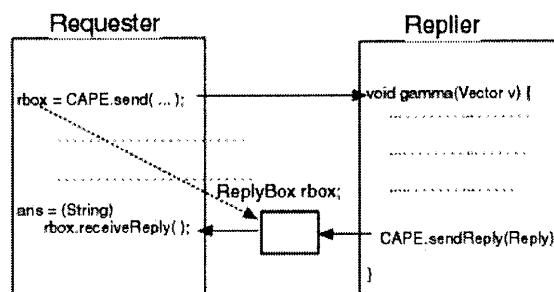


図 5 非同期返答の仕組み

依頼側から呼ばれた **CAPE.send()** は、**ReplyBox** オブジェクトのアドレスを追加して宛先に非同期メッセージを送信し、直ちに **ReplyBox** オブジェクトを依頼側に返す。

返答側は、返答が用意できた時点で **CAPE** のクラスメソッド **sendReply()** を呼ぶ。引数には返答を指定する。そうすると実行時ルーチンが非同期返答を返すべき **ReplyBox** を判断し、そこに返答を運んでくれる。

### [Specification]

```
public class CAPE {
    .....
    static public void sendReply(Object reply);
    .....
}
```

**ReplyBox** は実行時ルーチンから返答を引き継ぐと、依頼側が返答を待っていたら直ちに返答を引き渡し、さもなければ依頼側が要求するまで返答を蓄えておく。

### [Specification]

```
public class ReplyBox {
    .....
    public int count();
    public Object receiveReply();
    public Object receiveReply(long ms)
        throws TimeOver;
    public void update();
    .....
}
```

**ReplyBox** は、後述の理由で複数の返答を蓄えることが出来る。**count()** は、到着済みの返答の個数を返す。**receiveReply()** は、返答が到着済みならば直ちに、さもなければ返答が到着するまで待たせて返答を返す。

**receiveReply()** に待ち時間を指定しておけば、その時間を過ぎても返答が到着しない時に **TimeOver** 例外を発生させる。

### [Example]

```
rbox = CAPE.send(foo1, amsg);
.....
try {

```

## 分散能動オブジェクトシステムのための Java ライブラリー Cape

```

ans =
    (String)rbox.receiveReply(30000L);
/* 30000 ミリ秒内に返答が無いと TimeOver
 * 例外を発生する。 */
}
catch (TimeOver e) {
    ... Exception handler for the
    TimeOver ...
}

```

## 7.2 非同期返答を使った分散処理モデル

離れた電子図書館 DigLib\_A に検索依頼をする例を考えよう。電子図書館の検索時間は長引く可能性があるので、依頼側は結果が返ってくるまで他の処理を行えるよう非同期メッセージを使うものとする。

電子図書館 DigLib\_A の find() メソッドは、引数の検索式を満足するものを検索し非同期で返答を返す。検索結果は複数の可能性があるので可変長配列 Vector で返すものとする。

---

[Example] -----

```

-----電子図書館-----
import cape.*;
public class DigLib_A extends ActObject {
    ...
    public Vector find(String x) {
        Vector ans;
        .... 検索を行う .....
        ans = ..... ; //検索結果
        CAPE.sendReply(ans); // (2)
    }
    ...
} //DigLib_A

----- ユーザ側 -----
import cape.*;
public class Browser_A extends ActObject {
    GlobalOID diglib; //電子図書館の GlobalOID

    public void request() {
        ReplyBox rbox;
        String exp;
        Vector reply;
        ...
        exp = 検索式;
        rbox = CAPE.send(diglib,
            new AMessage("find", exp));
        // (1)
        .... この間、他の処理を行える .....
        ...
        reply = (Vector)rbox.receiveReply(); // (3)
    }
}

```

```
//Browser_A
```

(1)依頼側では検索式を編集して電子図書館に **find()** メッセージを送って **ReplyBox** を受け取り、他の処理を続ける。(2)電子図書館では、検索結果を **sendReply()** を使って返送する。(3)依頼側では返答値を必要になった時点で **ReplyBox** の **receiveReply()** を呼ぶと、返答が既に返っていれば直ちに、さもなければ返答が返るまで待ち合わせてその値を返す。(ReplyBox は返答を Object [戻] タイプとして返すので、タイプキャストをしている。)

## 7.3 分割返答

電子図書館の検索において、検索結果の件数が非常に膨大で全部が完了するまで時間がかかる場合があるでしょう。このような場合、電子図書館側では例えば検索結果が 100 件たまる毎に返答を送り返すようにしたい。

**ReplyBox** は複数の返答を蓄える機能を持っているので、次例に示すようにこのような分割返答を簡単に実現することができる。

---

[Example] -----

```

----- 電子図書館 -----
class DigLib_B extends ActObject {

    public Vector find(String exp) {
        Vector ans;
        while(該当資料が有る限り){
            .....
            該当するもの 100 個を探す。
            ans = ..... ;
            CAPE.sendReply(ans); // (2)
        }
        CAPE.sendReply(null); // (3)
    }
    ...
} //DigLib_B

----- ユーザ側 -----
class Browser_B extends ActObject {
    GlobalOID diglib;
    ...
    void request(){
        ReplyBox rbox ;
        Vector ans;
        exp = 検索式;
        rbox = CAPE.send(diglib,
            new AMessage("find", exp));
        // (1)
        .... この間、他の処理を行える .....
        ...
        reply = (Vector)rbox.receiveReply(); // (3)
    }
}

```

```

        new AMessage("find", exp)); // (1)
.....
.....
while (true) {
    ans=rbox.receiveReply(); // (4)
    if (ans==null) break;
    "返答を受けて処理する"
}
}
.....
} // Browser_B

```

(1)依頼側では電子図書館に検索依頼メッセージ `find()` を送り、`ReplyBox` を受け取る。(2)電子図書館では該当するものを検索し、結果が 100 個たまる毎に `sendReply()` を呼んで返答を返す。(3)また、検索が終了したら `null` を返す。(4)依頼側では `null` が返されるまで分割返答の受信を繰り返す。

ここで、`send()` を繰り返した場合、前回の `send()` に対する返答と今回の `send()` に対する返答とが混ざりあうことが心配されるかも知れないが、`ReplyBox` とメッセージは `send()` 実行毎に更新される鍵情報を持っており、これが一致しないと破棄する。従って、自動的に今回分に対する返答だけが受理される。換言すれば、一旦 `send()` を実行するとそれ以前の返答は受理されない。

#### 7.4 RPC のエミュレーション

`CAPE.send()` と `receiveReply()` を組み合わせれば、機能的に Java-RMI の遠隔メソッド呼出しと同等となる。実は、`CAPE` クラスは以下の内容の `rpc()` メソッドを持っている。本メソッドは re-entrant であり、これを呼んだ側のスレッドで実行されるので、呼んだ側は自動的に同期される。

---

##### [Specification]

```

public class CAPE {
.....
static public Object
    rpc(GlobalOID target, AMessage amsg)
{   ReplyBox rbox;
    rbox = CAPE.send(target, amsg);
    return rbox.receiveReply();
}
.....
}

```

従って、`rpc()` を使えば簡単に Java-RMI の RPC

も実現される。下例は C/S 型分散処理であり、`Server` はクライアントから文字列をうけてそれを大文字に変換して返している。

---

##### [Example]

```

----- Server.java -----
import cape.*;
public class Server extends ActObject {
    public void conv(String x) {
        String ans = x.toUpperCase();
        CAPE.sendReply(ans); // (2)
    }
    public static void main (String[] args){
        CAPE.initialize(); //CAPE の初期設定
        Server svr = new Server();
        NameService.registerOID("S1",
            svr.getGlobalOID());
    }
}

----- Client.java -----
import cape.*;
public class Client {
    public static void main (String[] args) {
        GlobalOID server = NameService.
            lookupOID("cape://localhost/S1");
        String s = "string to be converted.";
        String ans = (String)CAPE.
            rpc(server, new
            AMessage("conv",s));
        // (1)
        System.out.println(ans);
    }
}

```

(1)`CAPE.rpc()` を使って `Server` に `conv(s)` メッセージを送り、返答を待つ。(2)大文字に変換した文字列を返送する。

## 8 マルチキャストメッセージ

### 8.1 マルチキャストメッセージの送信

分散処理では、同一メッセージを複数のオブジェクトに(各オブジェクトの処理を待たずに同時に)送りたい場合も多い。`CAPE.send()` の宛先引数に配列を指定すれば、その各々のオブジェクトに同一メッセージが送られる(これは IP マルチキャストではない)。

## 分散能動オブジェクトシステムのための Java ライブラリー CAPE

## [Specification]

```
public class CAPE{
    .....
    static public ReplyBox
        send(ActObject[] targets, AMessage
        amsg);
    static public ReplyBox
        send(GlobalOID[] targets, AMessage
        amsg);
    .....
}
```

マルチキャストのプログラム例を以下に示す。  
CAPE.send() は、宛先(第一引数)が配列の場合はその全要素に第二引数のメッセージを送る。非同期メッセージなので待ち合わせは生じない。

## [Example]

```
Foo foo1 = new Foo();
.....
ActObject mates[] =
    new Foo[] {foo1, foo2, foo3};
CAPE.send(mates, new AMessage("beta", s, v));
```

## 8.2 マルチキャストに対する応答の選択的受信

前述のように、ReplyBox は複数個の返答を蓄えることができ、また次の CAPE.send() を実行すると、それ以前のメッセージに対する返答は破棄される。このため、複数オブジェクト、例えば foo1, ..., foo3、に問い合わせメッセージを送り、返ってきた返答のうち先着の 2 個だけを受け取り、その他は破棄するといった事が簡単に実現できる(これを RPC 方式で書くと大変複雑になる)。

## [Example]

```
ActObject[] mates =
    new ActObject[] {foo1, foo2, foo3};
/* オブジェクトの配列 */
ReplyBox rbox;
rbox = CAPE.send(mates,
    new AMessage("gamma", z)); // (1)
.....
.....
ans1 = (String)rbox.receiveReply(); // (2)
ans2 = (String)rbox.receiveReply(); // (3)
rbox.update(); // (4)
```

この例では、(1)で要求メッセージをマルチキャストしている。(2)は最初に帰った返答を受け取り、(3)は次に帰った返答を受け取る。(4)で他の返答は破棄される。

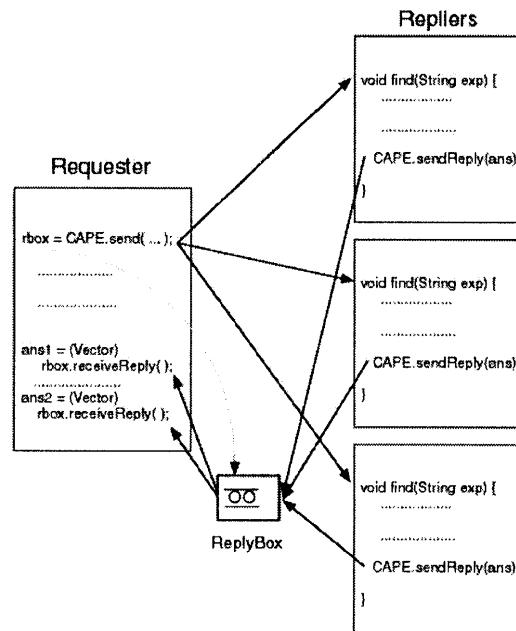


図 6 マルチキャストと応答の選択的受信

## 8.3 マルチキャストを使った分散処理モデル

4 個の電子図書館があり、時間のかかる検索をそれらに同時に依頼し、返ってきた返答のうちの先着の 2 個だけを受理し、その他は破棄するとしよう。

## [Example]

```
----- 電子図書館 -----
class DigLib_C extends ActObject {
    .....
    public Vector find(String exp) {
        Vector ans;
        該当するものを探す。
        .....
        ans = 検索結果;
        CAPE.sendReply(ans); // (3)
    }
    .....
}

----- 依頼側 -----
class Browser_C extends ActObject{
    GlobalOID[] targets =
        new GlobalOID[]{dlib1, dlib2, dlib3};
    // (1)
    .....
    void request(){
        ReplyBox rbox;
        .....
```

```

exp = ..... ; //検索式
rbox = CAPE.send(targets,
    new AMessage("find", exp)); // (2)

..... この間は他の仕事を行える ......

.....
ans1 = rbox.receiveReply(); // (4)
ans2 = rbox.receiveReply(); // (5)
rbox.update(); // (6)
}

```

(1) 3 つの電子図書館があり、dlib1..dlib3 はこれらの GlobalOID であるとする。(2) 依頼側は検索式を編集し、3 個の電子図書館に **find()** メッセージを送る。(3) 各電子図書館は非同期返答を返す。(4) 先着の返答が受理される。(5) 次着の返答が受理される。(6) 以降の返答は破棄される。

## 9 他オブジェクトへのメッセージ転送

### 9.1 Forward メソッド

自分のところに届いたメッセージを他の能動オブジェクトに転送したい場合も多い。このために CAPE は **forward()** メソッドを持っている。

#### [Specification]

```

public class CAPE {
    .....
    static public void forward(GlobalOID target,
        AMessage msg);
    static public void forward(GlobalOID
        target);
    .....
}

```

本メソッドを呼ぶと、メッセージ **msg** が引数 **target** で指定された能動オブジェクトに転送される。ここで重要なのは、転送先オブジェクトが返答を返した場合、その返答が転送を行ったオブジェクトに返されるのではなく、最初の依頼元に直接送り返されることである(Cf. Fig. 7).

メッセージ転送は簡単な機構であるが、(a)己に届いた要求を他オブジェクトに委譲(delegate)する、(b)複数のサーバーがあって、それらに仕事を分配する、(c)リソースプールやサーバーパールがあって、そこから適切なものを割り当てる、(e)別ノードに移動したオブジェクトにメッセージを転送する;など効果的に利用できる。

### 9.2 委譲モデル

電子図書館-D は検索依頼を受けたが、自分で処理できない時には電子図書館-E に処理を依頼するものとする。

#### [Example]

```

//---- 電子図書館 D -----
class DigLib_D extends ActObject {
    DigLibB mate;
    .....

```

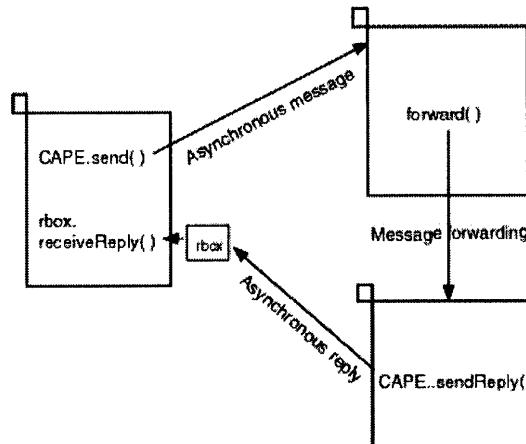


図 7 メッセージの転送

```

void find(String exp) {
    if(自分で処理出来る) {
        .....
        .... 検索する .....
        CAPE.sendReply(検索結果); // (2)
    }
    else
        CAPE.forward(mate); // (3)
}
.....
} //DigLib_D

```

```

//---- 電子図書館 E -----
class DigLib_E extends ActObject {
    .....
    void find(String exp) {
        .....
        .... 検索する .....
        CAPE.sendReply(検索結果); // (4)
    }
    .....
} //DigLib_E

```

## 分散能動オブジェクトシステムのための Java ライブラリーCape

```

//-----ユーザー側 -----
{   ReplyBox rbox;
    .....
    exp = 検索式;
    rbox = CAPE.rpc(diglib_D,
        new AMesage("find", exp)); // (1)
    .....
    ans = (Vector) rbox.receiveReply(); // (5)
}

```

- (1) 依頼側が電子図書館-D に検索依頼を行う。(2) 電子図書館-D は、自分で処理可能な要求ならば自分で検索して非同期返答を返す。(3) 自分で処理可能でなければ、メッセージを電子図書館-E に転送する。
- (4) メッセージを転送された電子図書館-E は検索をして非同期返答を返す。(5) 依頼側は、いずれかの図書館から返答を受ける。

### 10 関連研究

Java を用いた分散処理開発システムとしては、Horb[1]と Java-RMI[2]がよく知られている。Horb は、Java を用いた分散処理記述システムとして先導的であり高く評価される。Horb も Java-RMI も遠隔メッセージの処理は RPC 方式であり、C/S 型分散処理システムには適しているが、P-to-P 型分散処理システムをねらったものではなく、非同期メッセージ、マルチキャスティングとその返答、能動オブジェクトなどはサポートしていない。

能動オブジェクトをサポートする言語としては、Actor モデルベースの ABCL/I[4]、著者による並行プロセス+抽象データ型の Acool[5]などがある。両者とも、オブジェクトグラフ引き継ぎやマルチキャスティングはサポートしていない。

非同期メッセージ、非同期メッセージに対する返答などをサポートした OS やミドルウェアも発表されている。Distributed Java Machine(DJM)[8]は、非同期メッセージと未来変数による非同期返答を実現した Java の分散実行環境である。能動オブジェクトやマルチキャスト等の機能は持たない。

Nexus[9]は、RPC をベースに非同期メッセージ、未来変数による非同期返答などを拡張した機能豊富な研究用分散 OS である。能動オブジェクト、マルチキャスト、オブジェクトグラフ転送等はサポートされていない。

CORBA[10]は、RPC とオブジェクトモデルに基づいた C/S 型分散処理ミドルウェアである。異機種、異言語の環境でも使える事が大きな目的である。基本は RPC であるが、動的呼出しインターフェース機能を使えば非同期通信、非同期返答も可能である。しかし、プログラム記述は複雑で難解になる。

### 11 おわりに

Peer-to-Peer モデルに基づいた分散処理システムも益々重要になっているが、これらの実装には、Remote Procedure Call を使った分散処理ツールは融通性に欠ける。Cape ライブラリーは、高度の P-to-P 型分散処理システムを Java で簡明に実装できるように、以下の機能を提供している。

- ・自律的、並行的に動作する能動オブジェクト
- ・NW の存在を意識させない簡明で融通性に富む分散処理機能
- ・融通性の高いメッセージ処理
  - 非同期メッセージ
  - 非同期返答
  - マルチキャスティングとそれへの返答受信
  - 他オブジェクトへのメッセージ転送
  - 返答待ち時間制限
  - Java-RMI 同様の RPC

本ライブラリを用いて、P-to-P 型グループウェアシステム、多重処理システムなどのデモシステムを作成し、以下の結果を得た。

**記述能力** 本ライブラリには、P-to-P 型分散処理に必要な機能が簡潔に用意されていた。特に能動オブジェクトと融通性に富むメッセージは効果的であった。また、C/S 型分散処理も簡潔に記述でき、性能面でも RPC 型に遜色ない。

**記述性** デモシステムは並行処理と非同期メッセージを必要としていたので、これを RPC ベースの手法で実現するには、多数のスレッドとその間の同期処理を含んだ複雑で難解なプログラムになってしまいが、本手法ではそれらが不要で非常に簡潔に記述出来た。また、NW を意識することなく分散処理が実現出来た。

**Pure Java** Cape ライブラリーは pure Java であるので、Java の融通性、豊富なライブラリー、プラッ

トフォーム独立性、開発ツールを十分に活用出来る。専用言語でなく、普及した言語の上で分散能動オブジェクトを使えることは有利である。

**実行時ルーチンの簡易性** RPC 方式とは異なり本方式では能動オブジェクトが自己のスレッドで自立的に動作するので、実行時ルーチンがサーバープログラムを実行するスレッドを提供する必要がなく、クライアントスタブもサーバースタブも不要であり、更に、クライアントスタブ、サーバースタブを生成するスタブ生成コンパイラも不要である。本方式のライブラリ cape パッケージのサイズは僅か 2.9K 行である。プログラム内容も簡明で、独自の機能が必要ならばユーザが簡単に機能追加できる。

このように、本方式は並行処理を必要とするシステムや P-to-P 型分散システムを記述するには、RPC をベースとした手法よりも大変有利である事を確信した。

今後の拡張としては、以下を考えている。

- ・実行時タイプエラーに対する例外処理
- ・オブジェクトの他ホストへの移動
- ・属性のパターンマッチ等で目的オブジェクトを探すネームサーバーや適切なオブジェクトにメッセージを分配するトレーダ機能

本 Java ライブラリーのソースプログラム、資料、デモプログラム等は、下記 URL からダウンロードできる。<http://www.rd.nacsis.ac.jp/~maruyama/cape/>

## 参考文献

- [1] HORB *home page*, <http://ring.etl.go.jp/openlab/horb>
- [2] JavaSoft, *Remote Method Invocation specifications*, <http://www.javasoft.com/>
- [3] Maruyama, K.; et al., “A Concurrent Object-Oriented Switching Program”, *IEEE Comm. Magazine*, Vol.29, No.1, 1991.
- [4] Yonezawa, A.; et al., “ABCL: An Object-Oriented Concurrent System”, *The MIT Press*, 1990.
- [5] Maruyama, K.; et al., “Concurrent Object-Oriented Language COOL”, *ACM Sigplan notices*, Vol.29, No.9, 1994
- [6] Chatterjee A. : “Future: a mechanism for concurrency among objects”, *Supercomputing 89*, 1989.
- [7] JavaSoft, *Jini specifications*, <http://www.javasoft.com/>
- [8] “DJM: A Global Distributed Virtual Machine on the Internet”, *Software Prac. and Expe.* Vol.28, No.12, 1998.
- [9] Tripathi A. R. et. al. : “Design of a Remote Procedure Call System for Object-Oriented Distributed Programming”, *Software Prac. and Expe.* Vol.28, No.1, 1998.
- [10] CORBA documents, <http://www.omg.org/>

## 研究論文

# The MISE Metadata Engine for Multimedia Information Retrieval

Frederic ANDRES

National Center for Science Information Systems

Nicolas DESSAIGNE

National Center for Science Information Systems

Vanessa MILONE

IRESTE, University of Nantes, France

Kinji ONO

National Center for Science Information Systems

## ABSTRACT

With more and more information on the web, users, and moreover novice users, are quickly lost when they need to find relevant information. To face this problem, search engines include new technologies from different fields (e.g. artificial intelligence, natural language processing, data mining, user profiling.) But while textual information is well covered, a huge lack still exists when dealing with visual information. The MediaSys Image Search Engine (MISE) is developed to tackle these issues with images. It combines an image search-by-content engine, namely *Find<sup>IMage</sup>*, with metadata capabilities via a meta-engine.

In this paper, we present the metadata engine of MISE. Its main contribution is to use fuzzy logic to address problems of inaccuracy and uncertainty contained in natural language. Both discrete and continuous information are supported using the concept of fuzzy thesaurus.

[Keywords] Image Search Engine, Multimedia Information Retrieval, Metadata Management, Fuzzy Logic, Thesaurus

## 1 Introduction

Internet and the web are facing an explosion of visual information. The major issue in database-based applications is how users can query efficiently the large and highly intricate amount of available heterogeneous information sources. Web users' profiles can be quite heterogeneous varying from novice profile to expert profile. Novice users have no or little experience of querying the web.

In our using language, words can have various degrees of precision or of certainty. These degrees are due to the human way of thinking, to the way that words are used, but also due to measurement devices, captors and such devices which are not absolutely accurate. Thus, the search of information needs to be refined by taking account of these degrees of precision and of relevancy of

the various words used in our current language and of the inaccurate devices. More over, we can use some modifiers or nuances to describe things, like "very", or "almost" which add inaccuracy and uncertainty to the words used in the description.

The MISE Metadata Engine is a search engine component, which will be used by the MediaSys Image Search Engine (MISE) [AND99] over the Active HYpermedia Delivery System (AHYDS) platform [AND98]. Its purpose is to retrieve images from a data set using metadata given by the user. The user will give words he uses usually, and so which contain some degree of uncertainty. To manage the problems of imprecision and of uncertainty, the MISE approach use fuzzy logic, the theory of possibilities, and fuzzy thesaurus. Furthermore, the result of the search is an ordered set of

## The MISE Metadata Engine for Multimedia Information Retrieval

couples (image, weight), where the weight is a fuzzy value between 0 and 1, which corresponds to the likeness degree of the image with the user metadata input.

The metadata engine of MISE uses two kinds of information: the metadata describing the stored images; and the keywords provided by the user to search into the base.

Information describing the database images is structured in properties which depend of the application domain. For example, in a database about medicinal plants, we can have properties about the image itself (e.g. author, date), about the plant represented (e.g. leaf colour, size) and about the medicinal properties (e.g. medicinal property.) They are either discrete (e.g. fruit type) or continuous (e.g. leaf length.) All this information is stored with the images themselves in the Phasme database [AND97].

To facilitate the use of the MISE metadata engine, the interface displays the properties of the application. Thus, the user only has to choose the relevant properties for his search and to input his choices (a list of possible values is provided.) If a property is discrete, he inputs a keyword, else if it is continuous, he inputs an interval. Moreover, the user has the possibility to use nuances to tune his choices.

In this paper, we describe in the Section 2 the specific use of fuzzy logic and the theory of possibilities. Section 3 highlights the use of fuzzy thesaurus. Then, we see how properties are used, before to introduce the use of nuances by user in Section 5. Finally, we present the fuzzy matching process, which compares user input data to database image descriptions.

## 2 Fuzzy Logic in the Metadata Engine

Terms contain in general inaccuracy and uncertainty notions. We use in our paper two notions of the fuzzy logic: the fuzzy subset theory (see Section 2.1) to manage problems of inaccuracy, and the theory of possibilities (see Section 2.2) to manage problems of uncertainty.

Indeed, each metadata stored in the image database or provided by the user corresponds for the engine to a membership function, and we use fuzzy logic to compare them.

### 2.1 Fuzzy Subsets Theory

In classical logic, an element of a universe belongs to a subset of this universe, or it does not belong to this subset. Zadeh approach [ZAD65] shows that it is possible for an element to belong more or less to a set we can call fuzzy set. Furthermore, the membership of the element is modulated by a degree.

If  $X$  is a set of objects, we use a membership function  $f_A$  to represent a fuzzy subset  $A$  of  $X$ . For each element  $x$  of  $X$ ,  $f_A(x)$  takes a value between 0 and 1. This value is the membership degree of the element  $x$  in the fuzzy subset  $A$ . In classical logic, the degree would be 1 if  $x$  belongs to the subset  $A$  and 0 if not. The following notation are generally used to give an element its degree:

If  $X$  is described in a continuous domain,

$$A = \int_X x / f_A \quad (1)$$

If  $X$  is described in a discrete domain,

$$A = \sum_{x \in X} x / f_A \quad (2)$$

For example, the set of colours based on "blue" could be:

$$\begin{aligned} \text{Blue} = & \text{blue}/1 + \text{light\_blue}/0.8 + \text{dark\_blue}/0.8 + \\ & \text{blue\_green}/0.5 + \dots \end{aligned}$$

For each term in the metadata description of the images, and for each data input by the user, we compute a membership function, which will be used in further calculations (see next sub-section about possibility and necessity.)

In the case of a continuous domain, we could use classical continuous functions like cosinus or sinus. But to simplify the calculations, we use in this project a quadruplet  $(a, b, c, d)$  where  $a, b, c$  and  $d$  define the four important points of the trapeze like in the figure 1.

If we have a discrete domain, we use then pairs like in the notation of the representation of a fuzzy subset (see Blue example above.) We create a list of couples (value, coefficient.) Each list of couples corresponds to a discrete membership function, which is generated from a fuzzy thesaurus (see Section 3.)

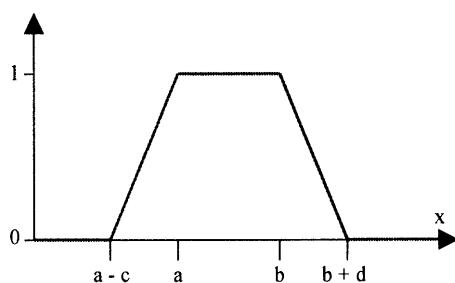


Figure 1 Continuous membership function

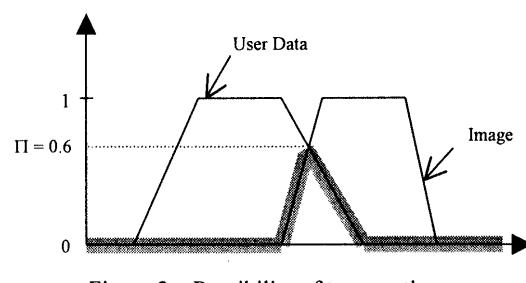


Figure 2 Possibility of two continuous membership functions

## 2.2 Possibility and Necessity Measurements

Based on the fuzzy subset theory that allows us to manage problems of inaccuracy, we use the theory of possibilities to manage problems of uncertainty.

To compare the description of the user with stored images, we use the possibility (noted  $\Pi$ ) and necessity (noted  $N$ ) measurements of the theory of possibilities. The possibility measurement estimates at which degree it is possible that the user description and an image are compatible. The necessity measurement estimates at which degree this is necessary and allows us to be certain or not of the likeness. The necessity measurement is stronger than the possibility one, and thus it is always inferior. We use the membership functions defined in the fuzzy subsets theory to calculate these two measurements (see the related equations of the membership functions 1 and 2.) Two cases occur according to the type of the property (discrete or continuous.) As we have discrete and continuous membership functions, we have also two different ways to calculate possibility and necessity measurements.

If the membership functions are continuous, by using the same notation as in the fuzzy subset theory, the formulae to calculate the possibility  $\Pi$  and the necessity  $N$  in the theory of possibilities are:

$$\Pi(\text{image}, \text{user}) = \sup_{x \in X} (\min(f_{\text{image}}(x), f_{\text{user}}(x))) \quad (3)$$

$$N(\text{image}, \text{user}) = \inf_{x \in X} (\max(f_{\text{image}}(x), 1 - f_{\text{user}}(x))) \quad (4)$$

where  $X$  is a continuous domain,  $f_{\text{image}}(x)$  is the membership function of the image and  $f_{\text{user}}(x)$  is the membership function of the data input by the user (see Figures 2 and 3.)

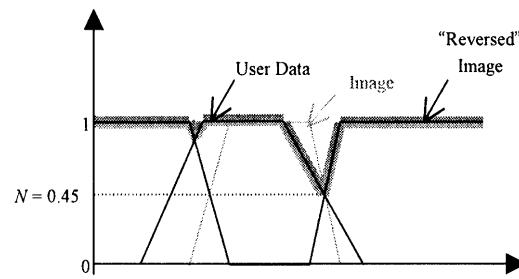


Figure 3 Necessity of two continuous membership functions

To optimize the process rapidity, we simplify the Formulae 3 and 4 following the demonstration in [MOU89].

In the following formula,  $a_1, b_1, c_1$ , and  $d_1$  represent the membership function of the image property, and  $a_2, b_2, c_2$ , and  $d_2$  represent the membership function of the user description property (see Figure 1.)

For the possibility, we distinguish two cases: if the two membership functions are overlapped, the possibility is 1. Else if there is no overlapping between the two membership functions, the evaluation of the point of intersection of the functions is done as follows:

$$\Pi(\text{image}, \text{user}) = \max\left(0, 1 - \frac{a_2 - b_1}{c_2 + d_1}\right) \quad (5)$$

For the necessity, we always calculate the intersection of the two membership functions. According to the form of the membership functions, we can simplify the calculations: If the values of  $c$  and  $d$  of the membership functions are null (functions have a rectangular shape), then two cases occur: either the functions overlap, or they do not. The result is respectively 1 and 0.

If the values of  $d$  of the membership functions are null (functions have a shape of rectangular trapezes), then we calculate the intersection of the functions with the

## The MISE Metadata Engine for Multimedia Information Retrieval

formula:

$$N(image, user) = \min\left(1, \max\left(0, \frac{c_1 + a_2 - a_1}{c_1 + c_2}\right)\right) \quad (6)$$

Symmetrically, if the values of  $c$  of the membership functions are null, then we calculate the intersection of the functions with the formula:

$$N(image, user) = \min\left(1, \max\left(0, \frac{d_1 + b_1 - b_2}{d_1 + d_2}\right)\right) \quad (7)$$

In the general case, the intersection of the functions is evaluated with the complete formula:

$$N(image, user) = \min\left(1, \min\left(\max\left(0, \frac{d_1 + b_1 - b_2}{d_1 + d_2}\right), \max\left(0, \frac{c_1 + a_2 - a_1}{c_1 + c_2}\right)\right)\right) \quad (8)$$

If the membership functions are discrete, we compare their coefficients for each term. The formulae for the possibility and the necessity become:

$$\Pi(image, user) = \sup_{v \in V} (\min(\text{coef}_{image}(v), \text{coef}_{user}(v))) \quad (9)$$

$$N(image, user) = \inf_{v \in V} (\max(\text{coef}_{image}(v), 1 - \text{coef}_{user}(v))) \quad (10)$$

where  $V$  is the discrete domain of the values,  $\text{coef}_{image}(v)$  is the coefficient for the value  $v$  of the image membership function and  $\text{coef}_{user}(v)$  is the coefficient for the same value  $v$  of the membership function of the user input data.

### 3 Fuzzy Thesaurus

Fuzzy thesaurus are used in our project to generate the discrete membership functions. From a single term, they allow to compute a list of relevant keywords associated with a likeness to the original term.

The Thesaurus notion is mainly used in the documentation domain [SLY86]. A thesaurus is a structured set of concepts, whose purpose is to represent, in a univocal way, the content of documents. These concepts are extracted from a list, which can be gradually completed, and can be used to index documents. The main interest of the thesaurus is the different kinds of links between concept terms.

We based our approach on N. Mouaddib work [MOU89]. Thesaurus we use have the following particularities:

- There is not a unique thesaurus, but many little ones.

Each little thesaurus corresponds to the description of one domain. The domain is a set of object. For example, in a plant database, the properties LeafColour and FlowerColour belong to the same domain "Colours".

- Links between terms of a thesaurus receive a weight in order to evaluate the discrete membership functions (see Section 3.2.)

#### 3.1 Thesaurus Contents

Thesaurus is a set of terms we meet in user or image descriptions. As in [MOU89], we use several types of semantic links:

- *Neighbour link*: This link determinates a neighbourhood relation. It means that if two terms are linked by a neighbour link, they have close meanings and it is possible to replace one term by the other.

To express the semantic proximity of the two terms, we include a weight in [0,1] in the relation. For example, "meadow" and "pastures" can be neighbour terms linked with a weight of 0.9 in the case of a ground type thesaurus.

- *Generic-specific link*: This link allows us to group a set of terms that express close notions under a generic term. As for the neighbour link, we include a weight between 0 and 1 in the relation.

For example, in the thesaurus Colour, "green" and "heavy green" are respectively generic and specific terms linked by a weight of 0.9 as we can see in the figure.

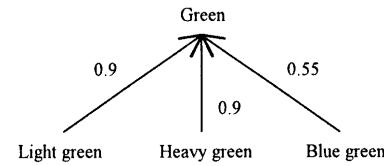


Figure 4 Green generic/specific link

- Furthermore, we added a new translation list type to provide multi-languages facilities. For instance, the thesaurus entity "red" is associated to a list like: French/rouge, German/rot, Italian/rosso, Japanese/赤い, Spanish/rojo. The English version is the default one, and used when the translation is not available.

#### 3.2 Generation of Discrete Membership Functions from Fuzzy Thesaurus

For each term of a thesaurus, which is a discrete value

of a discrete domain, a membership function has to be generated. As seen in Section 2.1, such a membership function is a set of couples. This set is generated as follows.

An entity  $t$  can have several links with generic, specific, or neighbour terms. Let us define three projections on the fuzzy relationships:

- Generic( $t$ ) =  $\{(g, w)\}$  where  $g$  is a generic term of the entity  $t$  and  $w$  the corresponding weight;

- Specific( $t$ ) =  $\{(s, w)\}$  where  $s$  is a specific term of  $t$  and  $w$  the corresponding weight;

- Neighbour( $t$ ) =  $\{(n, w)\}$  where  $n$  is a neighbour term of  $t$  and  $w$  the corresponding weight;

and a more complex operation (a join) in order to retrieve terms that have one or more identical generic terms with the target term:

- SameGeneric( $t$ ) =  $\{(sg, w)\}$  where  $sg$  has the same generic term than  $t$ , and  $w$  is the weight calculated from the two links with the formula

$$w = \max \{0; w_{sg} - 1/2 \cdot |w_{sg} - w_t|\} \quad (11)$$

where  $w_{sg}$  is the weight of the generic term with  $sg$  and  $w_t$  is the weight of the generic term with  $t$ .

(The way in which  $w$  is computed is still subject to modulation, based on further experimentation. In addition, this is not a formal distance, unless we order the specific terms of a given term.)

From these preliminary definitions, it is possible to derive the membership function of any term present in a thesaurus. We use a kind of union, denoted  $\cup^+$ , where duplicated terms appear only once, associated to their greater weight, to achieve the desired result. The fuzzy set associated to the term  $t$  is:

$$\mu_t = \{(t, 1)\} \cup^+ \text{Generic}(t) \cup^+ \text{Specific}(t) \cup^+ \text{Neighbour}(t) \cup^+ \text{SameGeneric}(t)$$

where the term itself,  $t$ , is always present with a weight of 1.

#### 4 Properties

A property is a characteristic of an image. In a database about plants, we have for example a property named "LeafColour" to describe the colour of the leaves, a property "LeafLength" to describe their length. Properties can be discrete or continuous. Thus, their values consist

in discrete or continuous membership functions. In the discrete case, the property domain is its associated fuzzy thesaurus.

In the continuous case, the domain is characterised by its bounds, its metric, and a list of typical membership functions. The metric information is useful to allow the user to choose his or her preferred metric, doing automatically the necessary conversions. The list of typical membership functions provides the user with an easy way to indicate his or her choices. For instance, instead of giving the exact limits of an interval, one can select a simple word like "Small." It will be replaced by the corresponding fuzzy membership function.

#### 5 Nuances in the User Description

In the using language, people can tune what they say using key words named nuances. Nuances transform the meaning of words, specifying, generalising or modifying them. In MISE, the user is given the possibility to use nuances to tune his choices. They are applied to the membership functions generated from the user choices, in order to compute new ones, which are more accurate.

Let us take the Figure 5 as an example. The nuance "very" transforms the function "small" of the continuous property "size".

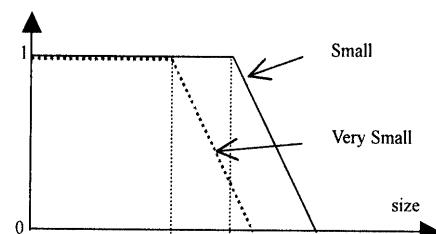


Figure 5 Application of the nuance "Very" on the continuous membership function "Small"

On the application point of view, a Nuance can be considered as a black box that modifies a membership function (see Figure 6.) It is applied to the user choices before any comparison with the database (see Section 6.) Thus, they do not interfere with it.

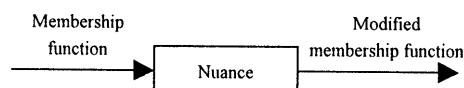


Figure 6 The nuance black box

## The MISE Metadata Engine for Multimedia Information Retrieval

Nuances are called using the *applyNuance* method of the class. To implement it, we use a Nuance super-class and subclasses for each kind of nuance. Indeed, nuances can be separated not only between discrete and continuous domain, but also depending of a general type (e.g. translation like in figure 10, or a function from [0,1] to [0,1] for discrete functions.)

For example, let us have a look at the discrete version of the "about" nuance. We use an instance of the sub-class of the function  $1 - (x - 1)^a$ , where  $a = 2$  (see Figure 7.)

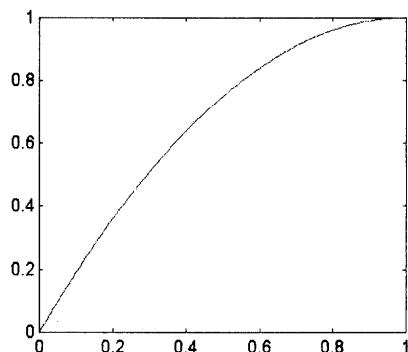


Figure 7 The function  $1 - (x - 1)^2$

## 6 The Fuzzy Matching Process

The comparison of the user input data to the images is carried out in two stages: the hierarchic filter, and then the elementary filter. But let us previously formalise the query and the data within the same formalism.

### 6.1 Data and Query Formalism

As previously seen, characteristics of images are translated in properties. Thus, an image corresponds to a set of property values. Because there can be synonyms between value names of various properties, we make explicit the property name.

Queries are slightly different. To process a search, the user indicates the picture properties that he or she finds relevant, the values that they should meet, and an associated weight for each value. A weight corresponds to the importance that he or she feels for the value of the property. For instance, if one wants a red flower, one would give a positive weight, up to 1, to the value "Red" of the property "FlowerColour". Conversely, a negative weight indicates one does not want red flowers. Finally, a weight of 0 means that he or she does not mind whether

the plant has red flowers (hence, the corresponding condition can simply be discarded.) At the interface level, the range [-1,1] is more intuitive for the end user, but it is translated into the range [0,1] at the server side.

The user can also use nuances to tune his or her choices. But they do not interfere with the comparison process because they are applied to the membership functions before it starts.

The fuzzy matching process is implemented with two filters, detailed hereafter. The second one being time consuming, the first one is designed in order to decrease the number of candidate images. The result of the operation is a set of images ordered by descending degree of likeness. A threshold allows discarding not satisfying images of the second filter.

### 6.2 The Hierarchical Filter

The images of the database are organised in a hierarchic way. They are arranged in categories. For instance, in a database about plants, the images could be categorised in fruit trees, bushes, flowers, etc. And then these groups could be sub categorized.

The hierarchical filter consists in reducing the set of images by selecting only some branches of the tree structure. When the set of images can not be reduced any more, we apply the elementary filter on the resulting set. The images that have not been selected will not be taken into consideration in the result.

Our current objective is to choose the filter criteria depending of the quantity of information they provide. The user property with the greatest variance according to stored images will be first used to dismiss as much images as possible. New criteria can then be used to further reduce the search space.

The hierarchical filter is not yet implemented in the current version.

### 6.3 The Elementary Filter

When the hierarchic filter has selected a set of images, we can apply the elementary filter. This filter compares all the images of the selected set to the user input data, and gives a weight, i.e. a degree of likeness, to each image.

In the elementary filter, we use fuzzy logic and

possibility and necessity measurements we defined in the Section 2. Thus, for each property wanted by the user, we compare all the values provided to the same property in the image. For example, if the user wants a plant with "green" and "light green" leaves, then we compare the membership function obtained for "green" to the image (we get a value for its possibility and a value for its necessity) and next do the same thing with "light green" (we get new values for the possibility and the necessity.)

As we want to have a single value in order to sort the images by overall degree of satisfaction, we have to combine the various obtained measures. This process has to take into account the weights given by the user to each value, the qualities calculated from these weights and finally combines them properly.

First, we take into account the possible negative weights given by the user to modify the possibility and the necessity as follows:

If  $0.5 \leq Weight \leq 1$  then

$$\Pi = \Pi \text{ and } N = N \quad (12)$$

else

$$\Pi = 1 - N \text{ and } N = 0 \quad (13)$$

Indeed, when the user indicates a weight greater than 0.5, i.e. a positive indication (formula 12), it means that he or she wants this value for the property. But when the weight is smaller than 0.5, i.e. a negative indication (formula 13), he or she does not want it. Thus, we have to change the possibility and necessity values to take this indication into account. We choose to move the necessity to zero, because we do not have any more information about it. If the image was first necessary, it can not be any more, and if not, we do not have enough information to suppose it is now. On the other side, the possibility is always valid (value of 1) except when the image was first necessary. In this case, the possibility is decreased by the elder necessity of the value.

Secondly, from this weight given by the user, we calculate a corresponding quality, which translates a degree of importance, with the formula (illustrated by figure 8):

$$Q = \frac{\cos(2\pi * userWeight) + 1}{2} \quad (14)$$

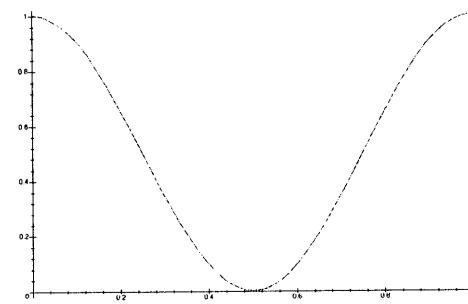


Figure 8 The weight-quality function

This quality function, which has first been used in the Find<sup>Image</sup>, engine [AND99], respectively emphasises strong indications, and diminishes poorly motivated weights.

Furthermore, it is possible for the user to specify logical operators, "and" and "or", between the values.

If the values given by the user (noted  $v_1$  and  $v_2$ ) are linked by the conjunctive operator "and", the new measurements of the possibility and of the necessity are given by the following formulae:

$$\Pi = \min(\max(1 - Q_1, \Pi_1), \max(1 - Q_2, \Pi_2)) \quad (15)$$

$$N = \min(\max(1 - Q_1, N_1), \max(1 - Q_2, N_2)) \quad (16)$$

where  $Q_1$  (resp.  $Q_2$ ) is the quality of the value  $v_1$  (resp.  $v_2$ ), and  $\Pi_1$  and  $N_1$  (resp.  $\Pi_2$  and  $N_2$ ) are the possibility and necessity of the value  $v_1$  (resp.  $v_2$ ) after the application of the weight formulae (see Formulae 12 and 13.)

If they are linked by the disjunctive operator "or", the new measurements of the possibility and of the necessity are given by these following formulae:

$$\Pi = \max(\max(1 - Q_1, \Pi_1), \max(1 - Q_2, \Pi_2)) \quad (17)$$

$$N = \max(\max(1 - Q_1, N_1), \max(1 - Q_2, N_2)) \quad (18)$$

These formulae are associative and can be ordered using brackets. We use the fuzzy operators min and max to compute the "and" and "or". Inside the min (resp. max) operator of the link "and" (resp. "or"), we apply the quality of the weight given by the user. This is done using a max operator. Thus if the quality is important (first term of the max operator small), the possibility and necessity values will be taken in account. But if the quality is low (first term high), the possibility and necessity values could not be taken into account and then not interfere in

## The MISE Metadata Engine for Multimedia Information Retrieval

an "and" calculation, or indicate the disregard of the user in an "or" calculation.

The obtained measurements of the possibility and necessity (for each user property) express the likeness between the user input data and the image. To have only one possibility and only one necessity for each image, we use the Formulae 15 and 16, applying a conjunctive operator between every properties provided by the user.

Finally, to calculate the general satisfaction degree of the image, we currently rely on mere averaging:

$$\text{imageWeight} = \frac{\Pi}{2} + \frac{N}{2} \quad (19)$$

## 7 Conclusion and Future Works

In this paper, we described how the MediaSys Image Search Engine (MISE) deals with metadata information about the images. An extensive use of fuzzy logic (fuzzy subsets theory, possibility and necessity measurements, fuzzy thesaurus) allows the engine to be very flexible. Moreover it can address data fuzzily whenever they are continuous or discrete. This leads to an adaptive and robust engine able to deal with any kind of information.

Future experimentation will be done to confirm our choices. Furthermore, the implementation of the hierarchical filter should allow a great progress in term of speed of the engine.

## 8 References

- [AND97] Andres, A.; Ono K., "Phasme: A High Performance Parallel Application-Oriented DBMS", *Informatica Journal, Special Issue on Parallel and Distributed Database Systems*, Vol. 9, No. 3, pp. 367-386, 1997.
- [AND98] Andres, F.; Ono, K., "The Active HYpermedia Delivery System", in *Proc. of ICDE98*, Orlando, USA, February, page 600, 1998.
- [AND99] Andres, A.; Dessaigne, N.; Martinez, J.; Mouaddib, N.; Ono, K.; Schmidt, D.C.; Tosukhowong, P., "A Flexible Image Search Engine", in *Proc. of ACM Multimedia'99*, Orlando, Florida, Nov 1999.
- [MOU89] Mouaddib, N., "Gestion des informations nuancees : une proposition de modèle et de

méthode pour l'identification nuancée d'un phénomène", Ph.D Thesis, University of Nantes, May 1989.

- [SLY86] Van, Slype, G.; Maniez, J., "Les langages documentaires", *Les éditions d'organisation*, 1986.
- [ZAD65] Zadeh L.A., "Fuzzy sets", *Information and control*. Vol. 8, pp. 338-353, 1965.

## 研究論文

# Dynamic Synchronization of Media in Distributed Environment

## 分散環境におけるダイナミクメディア同期に関する研究

National Center for Science Information Systems

Weiping ZHAO

学術情報センター 趙 偉平

### ABSTRACT

Media synchronization is a basic problem that happens spontaneously in a packet based network which naturally introduce end-to-end delays varying both within and across data streams. The presence of delay variation (jitter) has an impact on audio-visual media synchronization and its presentation quality as perceived by a human user. It is a necessity to mitigate the impact of network jitter on multimedia applications in a distributed environment.

In this paper, we propose a media synchronization method called dynamic temporal playback control (DTPC) algorithm that makes use of network delay information. In the DTPC algorithm, the optimal playback point is determined by using some certain knowledge on transmission delay of packets and based on this playback point the original stream can be faithfully recovered with an acceptable distortion while the packet loss rate is kept under a given bound. The performance of DTPC has been evaluated by simulations and the simulation results have shown that the DTPC algorithm reduces the end-to-end jitter, presents superior performance over other methods, especially in the case of bursty network delay. The algorithm has several parameters which can be used to tune its performance.

### 要旨

メディア内同期とメディア間同期は、マルチメディアの再生に不可欠であり、アプリケーションの品質に大きな影響を与える。特に、分散環境において、メディアのストリームが ATM 網などのパケット網で転送されたときに生じた遅延揺らぎは、メディアの同期及び再生品質を左右する。よって、遅延揺らぎによる影響を解明し、対策を研究する必要がある。そこで本論文では、まず、研究の背景を説明し、次に、ネットワークの動的な遅延状態を利用したメディア同期方法を提案する。本方法では、ある程度のデータ損失を許すメディアに対して、動的な遅延情報でメディアの最適な再生時間を算出するアルゴリズムを利用し、メディアの再生品質を向上する。ネットワークのランダム遅延とバースト遅延について、性能評価を標準偏差などを性能指標としてシミュレーションにより行なった。その結果、提案した同期方法はネットワークの遅延揺らぎの影響を抑えられることが分かる。

[KeyWords] media synchronization, Internet, delay variation, performance evaluation

[キーワード] メディア同期、インターネット、遅延揺らぎ、性能評価

### 1 Introduction

Two types of synchronization have to be encountered and should be solved carefully when designing a multimedia system: intramedia synchronization and

intermedia synchronization [1]. The former is to maintain the presentation of a continuous media data stream at a sufficient rate and quality for human perception while the latter is to keep the right presentation order of several

## Dynamic Synchronization of Media in Distributed Environment

continuous media data at a receiver. Synchronization is a basic problem that happens spontaneously in a packet based network which naturally introduce end-to-end delays varying both within and across data streams. The presence of both delay and delay variation (jitter) has an impact on audio-visual presentation quality as perceived by a human user. Delay may be a problem for an application using multiple related streams because it introduces a temporal difference which is undesirable in some scenarios where, for example, lip-synchronization is necessary. Network jitter is a problem for single media stream synchronization and multiple media stream synchronization as well and has a significant impact on the presentation quality. This paper will focuses on network jitter and try to mitigate its impact on presentation quality of media.

There are two approaches to cope with the synchronization problem in a distributed environment. One is to make the receiver wait until the required packets arrive before playback, which is known as Packet Preserving. Another is Time Preserving, where if a packet does not arrive within a certain time bound, it is assumed to be lost, and subsequent received packets are played back. When a packet-preserving method is applied to a real-time application, a good network performance (small delay and low packet loss rate) is required. A time-preserving method may introduce packet losses but make it possible to control presentation quality dynamically according to the network status and specific application requirements. In our study, the time-preserving approach is used to mitigate the effects of end-to-end delay and jitter imposed on media synchronization.

In this paper, we propose a media synchronization method called dynamic temporal presentation control (DTPC) algorithm that makes use of network delay information. In the DTPC algorithm, the optimal playback point is determined by using some certain knowledge on transmission delay of packet and based on this playback point the original stream can be faithfully recovered with an acceptable distortion while the packet loss rate is kept under a given bound. The performance of DTPC has been evaluated by simulations for random network delays and burst network delays, and simulation results have shown that the DTPC algorithm reduces the end-to-end jitter for

the both network delay patterns, presents superior performance over other methods, especially in the case of bursty network delay, since it is able to track the changes in the network traffic status much quicker. The algorithm has several parameters which can be used to tune its performance.

The remainder of the paper is organized as follows. In Section 2, the previous related work is briefly reviewed. The proposed DTPC algorithm for single data stream case is presented in detail in Section 3. Section 4 gives its performance evaluation by simulation under various conditions. Finally, some concluding remarks including the future study tasks are made in Section 5.

## 2 Background

Although a good survey of media synchronization was made Blakowski and Steinmetz [2], we give a brief summary of synchronization of media and multimedia in a distributed environment. Since a packet network introduces end-to-end transmission delay varying continuously, synchronization within and across data streams becomes a problem [3]. The most simple and intuitive solution to this problem is to add an additional delay by buffering packets before playback so that every packet undergoes the same delay, which is known as Faithful Playback [4]. This fixed time offset from generation of packets must be larger than the maximal delay that any packet might undergo. This solution is good for some applications having loose time requirement but is insufficient and unsuitable for real time applications. Another problem of the solution is that it requires a large-size buffer, which may be expensive, when the time offset is large.

For an application that can tolerate a certain packet loss, we can find a better playback point that decreases end-to-end delay, does fast playback and maintains the required packet loss rate. The Concord Algorithm (see Figure 2) [5] is one of synchronization schemes using this approach. To implement this kind of scheme, knowledge on traffic characteristic and network transmission delay statistics is necessary in advance, which is hardly feasible in practice. Besides the above straight forward methods, many techniques using other approaches have been proposed. Mechanisms like clock synchronization [6],

time stamp or synchronization marker [7], and separate synchronization channel [8] were developed in the early nineties. However, all of the previous have their disadvantages. Over the last years, an approach using adaptive method has attracted attention [9]-[12]. In this approach, the application can adjust its reference time point for playback instead of using a fixed one. Some implementations tried to control the transmit time by the use of feedback or scheduling of packets. Some of them suffer from dependency on accurate knowledge of network delay statistics or high overhead of message passing. Literature [13]-[17] presenting samples of other synchronization algorithms in the past years are for those who are interested in this field.

### 3 Dynamic Temporal Presentation Control (DTPC)

For some real-time applications, a certain packet loss rate is tolerable. Actually, introducing some packet losses in a distributed environment is inevitable because so many random factors are involved. For example, 5% data loss can be acceptable for original audio streams.

In previous section, we mentioned that several synchronization methods using adaptive technique have been developed recently. However, each of them requires a certain condition and is implemented for a specific application. In our study, a more general condition in a distributed environment is used.

#### 3.1 Assumptions

The goal of DTPC algorithm is to find the optimal playback point that makes the original stream be recovered at the receiver with an acceptable distortion, i.e. the packet loss rate is kept below a given bound. The concept of algorithm relies on the following assumptions:

- 1 The strongest temporal relationship among objects exists between adjacent ones since correlation between any two objects decreases as the time interval between them increases. Therefore, it is not necessary to retain temporal relation for two objects which are far apart in time.
- 2 A small packet loss in presentation of media is tolerable.
- 3 The network delays of packets are not independent,

which makes it possible to predict the network delay of a packet by using previous network delays.

These assumptions are reasonable for a general real-time application, which hints that it is possible to design a media synchronization system by the use of certain knowledge of network transmission delay and by sacrificing some packet loss to gain an improvement in end-to-end jitter.

#### 3.2 DTPC Algorithm

In our system, the synchronization algorithm is implemented at the application layer which is above the TCP/UDP sockets. The term packet denotes the media unit used at the presentation layer. At the source site, each packet is stamped with its generation time in reference to the source clock. The packet is transmitted over the network and experiences a certain network delay. At the sink site, the playback time of received packet at the presentation device is generated by DTPC that builds a recent history of network delay for each media stream and accordingly calculates the optimal playback time. The concept of DTPC is shown in Figure 1.

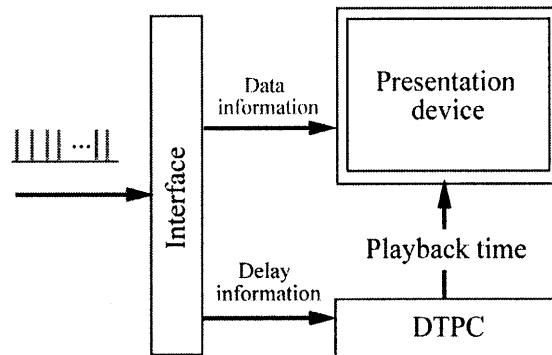


Figure 1 DTPC media synchronization

The playback times of the proposed DTPC algorithm and other approaches are demonstrated in Figure 2, where  $G(t)$  denotes the packet generation time,  $D(t)$  denotes the DTPC real-time playback time,  $C(t)$  denotes the playback time of Concord algorithm, and  $F(t)$  denotes the faithful playback time.

## Dynamic Synchronization of Media in Distributed Environment

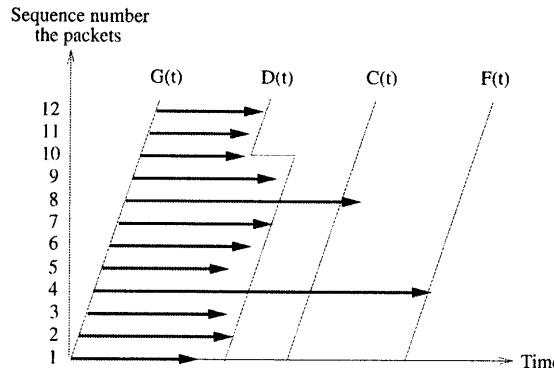


Figure 2 Playback times of different approaches.

The DTPC consists of two counters,  $Nr$  registers storing the last  $Nr$  network delay values, three registers storing tuning parameters and two registers storing dynamic variables.

**Two counters**

- Packet Counter ( $C_p$ ) to count the received packets.
- Discard Counter ( $C_d$ ) to count the discarded packets.

**Three tuning parameters**

- Adjustment Interval ( $I_a$ ) measured in number of packets.
- Allowed Packet Loss Rate ( $Rapl$ ) which is the maximum percentage of packets that a stream can tolerate. It may change for different streams.
- Allowed Jitter ( $J_a$ ) in milliseconds, which is the maximum jitter allowed for the stream.

In order to guarantee that the actual packet loss rate is smaller than  $Rapl$ , a threshold called Discard Threshold ( $T_d$ ) is introduced and defined as  $T_d = I_a \times Rapl$ . Among  $I_a$  received packets, no more than  $T_d$  packets are discarded in the algorithm.

**Two dynamic variables**

- Offset Delay ( $D_o$ ) in milliseconds, which is the delay added to the packet before playback.
- Average Network Delay ( $D_{an}$ ) in milliseconds, which indicates the average delay of the recently received packets. It is calculated by the last stored delays.

The algorithm proceeds as shown in Figure 3. The discard threshold is computed by using the inputted parameters adjustment interval and allowed packet loss rate, and the offset delay is set a reasonable value (or zero if no knowledge is available).

After the receiver clock is set to the time stamp of the first packet, it emulates the sender clock. Thus, the network delay of packet can be calculated by subtracting the generation time from the reception time. For each received packet, its network delay and the average network delay are calculated and used with the allowed jitter to determine the playback time of the packet. When the network delay is larger than the (offset delay + allowed jitter), the packet will be discarded and the discard counter is increased if the discard counter is less than the discard threshold, otherwise the playback time ( $T_p$ ) of the packet is the (generation time  $T_g$  + network delay), which guarantees that the packet loss rate is under the allowed packet loss rate. When the network delay is smaller than the offset delay the pack will be played back at the (generation time + offset delay), otherwise it is played back immediately. When the packet counter reaches the adjustment interval the packet counter and discard counter are reset, and the offset time is set to the average network delay.

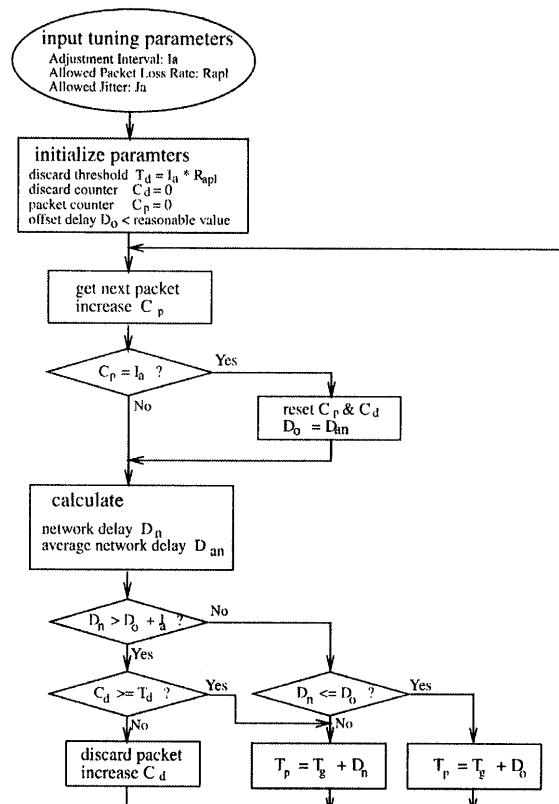


Figure 3 DTPC algorithm

## 4 Simulations and Discussions

The performance of DTPC algorithm has been evaluated by simulations for two situations: random network delay and burst network delay.

### 4.1 Case of Random Network Delay

A video stream of 20,000 packets has been used in our simulation. The stream is assumed to have following characteristics:

- The stream is a constant bit rate (CBR) one with a fixed packet production rate, which is on the assumption that a video camera keeps picking up scenes and generates uncompressed data packets.
- The allowed packet loss rate ( $Rapl$ ) is 1%.
- The network delay is assumed to consist in two parts: one is a constant delay caused by processing times at nodes and physical propagation of signal, and another is a random delay caused by dynamic network conditions like traffic load. The random delay distribution is a Poisson one and the total mean delay is 120ms.
- The adjustment interval ( $Ia$ ) is 200 packets.
- The allowed jitter is 10ms.

Figure 4 shows the packet delay distributions before and after applying the DTPC algorithm. The algorithm reshapes the distribution since it discards packets with large delay and adds an additional delay to packets with small delay. The delay behaviors of packets numbered from 10,000 to 11,000 are shown in Figure 5. It can be found that the jitter is greatly reduced.

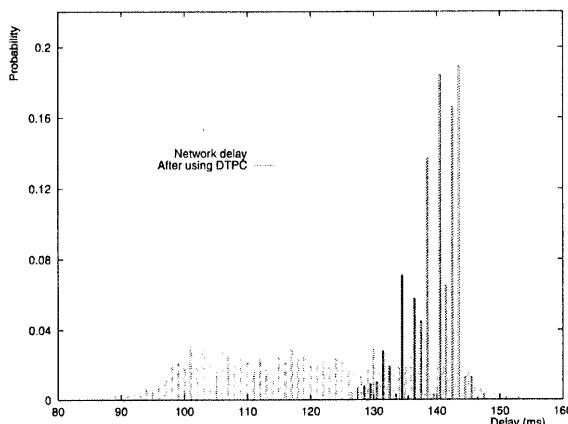


Figure 4 The delay distributions

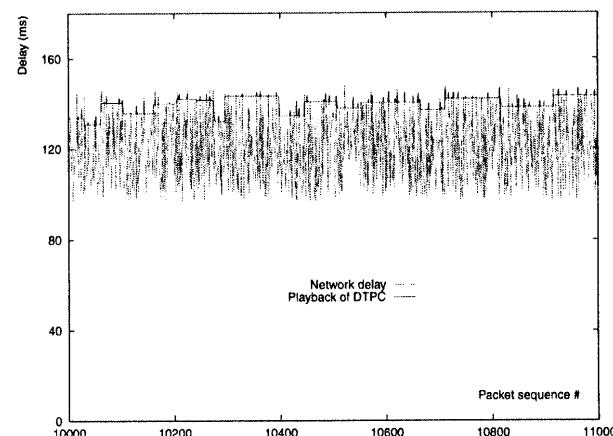


Figure 5 The packet delay behaviors

The jitter characteristics of the network delay of packet and playback time after applying DTPC are summarized in Table 1. The difference between the maximal delay and the minimal delay, and the standard deviation of packet delay are used to measure the jitter performance. The DTPC algorithm reduces the jitter from 68ms (154ms-86ms) to 22ms(147ms-125ms) and the standard deviation from 16.81ms to 4.41ms.

Table 1 Comparison of jitters (Unit: ms).

Case	Mean	Standard deviation	Min. delay	Max delay
without DTPC	119.98	16.81	86	154
with DTPC	139.67	4.41	125	147

The performance of DTPC can be tuned by its parameters. As shown in Figure 6, the allowed packet loss rate affects slightly the standard deviation. It is observed that the more the media can afford to tolerate packet loss, the more the DTPC algorithm adjust itself to provide the less jitter. The allowed jitter has an impact on the performance of DTPC algorithm as imagined. The standard deviation of DTPC becomes larger as the allowed jitter increases, which means that the less the offset delay changes the closer the deviation gets from the allowed jitter value.

## Dynamic Synchronization of Media in Distributed Environment

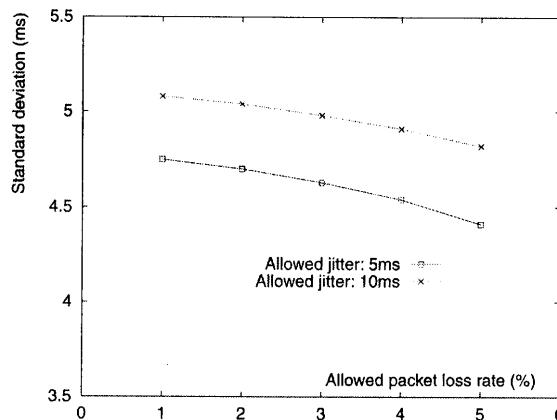


Figure 6 The standard deviations

**4.2 Case of Burst Network Delay**

The same media stream 20,000 packets long was used but the changing part of network delay was set bursty. A model of two-state MMPP (Markov modulated Poisson process) was used to generate the burst delays. The total mean delay was still kept to 120ms. The parameters of DTPC algorithm were the same as the above case. Figure 7 shows the packet delay distributions before and after the use of the DTPC algorithm for burst network delay. The distribution after DTPC is wide and concentrated mainly in two regions which implies that the network delay is bursty and has two states. As observed in Figure 8, the DTPC algorithm can track the network delay changes. When the network condition degrades the algorithm responds quickly and when the condition improves it adjusts itself to follow up. Note that the algorithm does not wait till the end of the adjustment interval to improve itself with the improvement of the network delay.

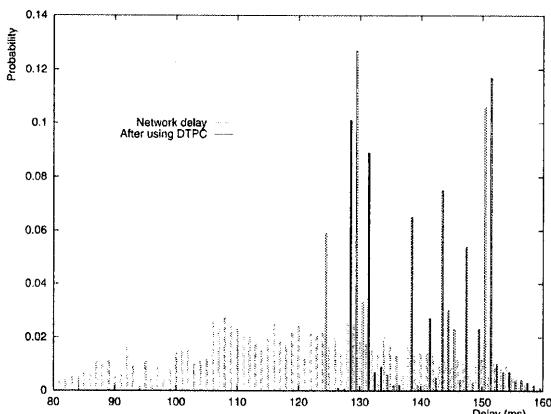


Figure 7 The distributions for burst delay

Table 2 lists the jitter characteristics including the minimal delay, the maximal delay and the standard deviation for the network delay of packet and the playback time of DTPC algorithm. It is observed that the DTPC algorithm reduces the jitter from 84ms (162ms-78ms) to 35ms(159ms-124ms) and the standard deviation from 20.23ms to 9.63ms.

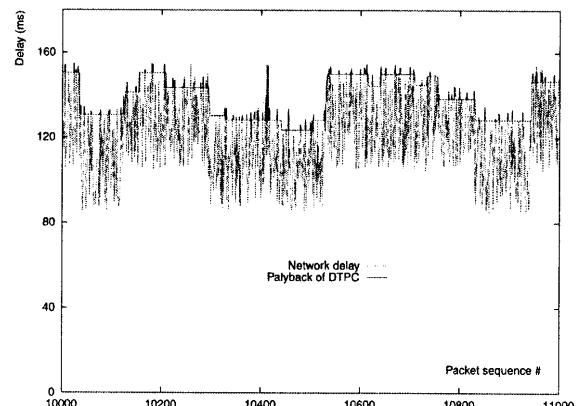


Figure 8 The delay behaviors for burst delay

Table 2 Comparison of jitters for burst delay.

Case	Mean	Standard deviation	Min. delay	Max delay
without DTPC	120.04	20.23	78	162
with DTPC	138.66	9.63	124	159

**5 Conclusions**

We have presented a dynamic temporal playback control (DTPC) algorithm for media synchronization in a distributed environment. This algorithm makes the use of network delay information and calculates the optimal playback time based on which the original media stream can be faithfully recovered with an acceptable distortion while the packet loss rate is kept under a given bound. Its performance has been evaluated by means of simulation and the simulation results have shown that the algorithm reduces the delay variation for both random network delay and burst network delay.

As the future research and development, the algorithm will be applied to multiple media streams that might be transmitted over different paths. In addition, we schedule to study on network delay model and try to find a more precise model for the performance evaluation.

## References

- [1] Herman, I.; Correia, N.; Duce, D.A.; Reynolds, G.J.; Van Loo, J., "A Standard Model for Multimedia Synchronization: PREMO Synchronization Objects", *Multimedia Systems*, Vol.6, No.2, pp.88-101, 1998.
- [2] Blakowski, G.; Steinmetz, R., "A Media Synchronization Survey: Reference Model, Specification, and Case Studies", *IEEE J. Selected Areas in Comm.*, Vol.14, No.1, pp.5-23, 1996.
- [3] Huang, C.; Wang, C., "Synchronization for Interactive Multimedia Presentation", *IEEE Multimedia*, Vol.5, No.4, pp.44-62, 1998.
- [4] Steinmetz, R., "Synchronization Properties in Multimedia Systems Objects", *IEEE J. Selected Areas in Comm.*, Vol.8, No.3, pp.401-412, 1990.
- [5] Shivakumar, N.; Sreenam, C.; Narendran, B.; Agrawal, P., "Internet Stream Synchronization Using Concord", *Proc. SPIE Multimedia Computer and Network*, Vol.2667, pp.352-359, 1996.
- [6] Chungsheng, L.; Ofek, Y., "Distributed Source-Destination Synchronization Using Inband Clock Distribution", *IEEE J. Selected Areas in Comm.*, Vol.14, No.1, pp.153-161, 1996.
- [7] Shepherd, D.; Salmony, M., "Extending OSI to Support Synchronization Required by Multimedia Applications", *Computer Communications*, Vol.13, No.7, pp.399-406, 1990.
- [8] Little, T.D.C.; Ghafoor, A., "Synchronization and Storage Models for Multimedia Objects", *IEEE J. Selected Areas in Comm.*, Vol.8, No.3, pp.413-426, 1990.
- [9] Lui, C.; Xie, Y.; Lee, M.J.; Saadawi, T.N., "Multipoint Multimedia Teleconference System with Adaptive Synchronization", *IEEE J. Selected Areas in Comm.*, Vol.14, No.7, pp.1422-1435, 1996.
- [10] Tadamura, K.; Nakamae, E., "Synchronizing Computer Graphics Animation and Audio", *IEEE Multimedia*, Vol.5, No.4, pp.63-73, 1998.
- [11] Moon, S.B.; Kurose, J.; Towsley, D., "Packet Audio Playout Delay Adjustment: Performance Bounds and Algorithms", *Multimedia Systems*, Vol.6, No.1, pp.17-28, 1998.
- [12] Pan, H.; Ngoh, L.H.; Lazar, A.A., "A Buffer-inventor-based Dynamic Schedule Algorithm for Multimedia-on-demand Service", *Multimedia Systems*, Vol.6, No.2, pp.125-136, 1998.
- [13] Rothermel, K.; Helbig, T., "An Adaptive Protocol for Synchronizing for Media Streams", *Multimedia Systems*, Vol.5, No.5, pp.324-336, 1997.
- [14] Huang, C.; Lee, R., "Achieving Multimedia Synchronization between Live Video and Live Audio Stream Using QoS Controls", *Computer Communications*, Vol.19, No.5, pp.456-467, 1996.
- [15] Wong, J.; Kini, S.; Doobagunta, K., "Synchronization in Specification-based Multimedia Presentation", *Software Practice and Experience*, Vol.26, No.1, pp.71-81, 1996.
- [16] Willebeek-LeMair, M.H.; Shae, Z.Y., "Video-conferencing over Packet-based Networks", *IEEE J. Selected Areas in Comm.*, Vol.15, No.6, pp.1101-1114, 1997.
- [17] Perez-Luque, M.J.; Little, T.D.C., "A Temporal Reference Framework for Multimedia Synchronization", *IEEE J. Selected Areas in Comm.*, Vol.14, No.1, pp.36-51, 1996.

## 研究論文

## A Multiview Stereo Algorithm for Reconstructing Polygonal Models

## ポリゴンモデルを再構成するための多視点ステレオアルゴリズム

National Center for Science Information Systems

Hironobu GOTODA

学術情報センター 後藤田 洋伸

**ABSTRACT**

Multiview stereo reconstruction is an attempt to recover 3D structures from multiple collections of view images. It is an extension to the conventional stereo matching method that reconstructs the depth information from pairs of images. Recently, the so-called "large-scale stereo algorithms" have been developed, which enables us to recover geometrically or photometrically very complex shapes from large collections of images.

However, most of the multiview stereo algorithms can produce low-level geometric primitives, such as points or voxels, which are not so useful in real applications. To obtain high-level geometric primitives, such as curves and surfaces, the output of those algorithms should be analyzed and processed again using other methods.

This paper proposes a new algorithm that extracts polygonal models directly from the multiview images. More specifically, the algorithm finds such sets of polygons on which the multiview images can be projected coincidentally. Since the output of the algorithm will consist of polygons, it can be easily converted to a surface representation. Furthermore, the algorithm can efficiently exploit the parallel processing capability of 3D rendering hardwares.

**要旨**

多視点ステレオ再構成法は、複数の画像から三次元構造を復元するための方法である。この方法は、二つの画像から奥行き情報を復元するという、伝統的なスレテオマッチング法の一種の拡張であると考えることができる。最近では、いわゆる「大規模ステレオアルゴリズム」が開発されており、多数の画像をもとにしながら、幾何学的あるいは光学的にみて、極めて複雑な形状をも復元できようになってきた。

しかし、これまでに開発してきた多視点ステレオ再構成アルゴリズムは、低レベルの三次元構造を復元するためのものでしかない。即ち、復元の結果として得られるものは、三次元空間上の点の集まりに過ぎない。従って、線や多角形といった、より高レベルの幾何学的な対象を得るためにには、こうした復元の結果を、別の方針を用いて、さらに処理しなければならない。

そこで、本稿では、多視点画像から、ポリゴンモデルを直接抽出するアルゴリズムを提案する。このアルゴリズムは、一定限度の歪みの範囲内で複数の画像をマップすることのできる多角形を、三次元空間中に構築するというのである。また、このアルゴリズムでは、三次元レンダリングハードウェアの持つ並列処理機構を効率的に活用することができるため、高速な実行が可能である。

[Keywords] computer vision, stereo reconstruction, multiview image, polygon extraction, parallel algorithm

[キーワード] コンピュータビジョン、ステレオ再構成、多視点画像、ポリゴン抽出、並列アルゴリズム

**1 Introduction**

When we look at a 3D scene from multiple viewpoints,

we obtain a collection of view images, called *multiview images*. Each image itself is a 2D entity with no depth

## A Multiview Stereo Algorithm for Reconstructing Polygonal Models

information. However, given such a collection of images, we can sometimes reconstruct the original scene using specific computational frameworks. The reconstruction is called *multiview stereo*, and the framework is called *computer vision*.

Traditionally, computer vision researchers were trying to recover 3D structures from a small number of input images. For example, "reconstruction from a pair of images" was a typical situation extensively investigated. Recently, with the down-sizing of high performance computers, the number of input images has risen over five to several hundreds. The so-called "large-scale stereo algorithms" have been developed, which enables us to recover geometrically or photometrically very complex shapes from large collections of images.

However, the conventional multiview stereo reconstruction algorithms have been successful only in limited situations. In most cases, the reconstruction is carried out for some sparse set of points of the scene, not for the entire points. To reconstruct the rest of the points, it is necessary to interpolate among the sparse set of points that have already been reconstructed. Consequently, the choice of the sparse set of points and the associated interpolation scheme will determine how successful the resulting reconstruction can be. Appropriately choosing such kind of parameters may require some knowledge about the 3D scene, which is typically supplied by human efforts.

This paper presents a new algorithm of multiview stereo reconstruction that reconstructs polygonal models, not sparse sets of points, from the multiview images. More specifically, the algorithm finds such collections of polygons on which the multiview images can be projected consistently with each other. The algorithm works without any human assistance or any a priori knowledge about the scene to be reconstructed. Furthermore, the algorithm can exploit the parallel processing capability of 3D rendering hardwares, which will bring considerable performance improvement.

### 2 Related Work

Reconstructing 3D structures from 2D images is one of the most fundamental and classical problems in computer vision. Extensive research efforts have been made toward

this end[2,5,7]. Assuming that the 2D images are taken by well-calibrated cameras, the reconstruction problem is reduced to finding the point-to-point correspondence among these images. To facilitate such kind of task, theoretical studies of epipolar geometry have also been carried out.

Unfortunately, despite these efforts, the correspondence finding still remains a difficult problem even today. To determine the correspondence, every point in all view images must be identified from each other. Some types of points, such as sharp corners, are relatively easy to identify. However, it is not simple to identify the points on smooth surfaces. Although there is some progress along utilizing contours to constrain the correspondence [8,9,11], smooth surfaces are, in general, difficult to reconstruct. In some cases, special markers need to be placed on such surfaces to simplify the task of point identification.

On the other hand, computer graphics researchers have attempted to solve the stereo reconstruction problem from a slightly different standpoint. They reformulated the reconstruction problem as finding such data structures, not necessarily identical to the 3D structures themselves, from which we can generate view images corresponding to arbitrary camera positions. The so-called *image-based rendering* has been developed as a replacement of the traditional 3D geometry-based computer graphics[3,6]. The mixture of computer vision algorithms and image-based rendering techniques have also been studied[1].

Our approach stands in the midway between the computer vision and computer graphics approaches. We assume that the 3D structure is representable by a collection of polygons. Then we reconstruct such polygons in the 3D space that are consistent with the view images. The reconstructed polygons may not coincide with the original 3D structure. However, given a sufficient number of view images as input, they will approach the original one.

### 3 Overview of the Algorithm

We will present a new algorithm of multiview stereo reconstruction. The algorithm reconstructs polygonal models from the given collection of 2D images. In the following, we will outline the basic idea of our algorithm.

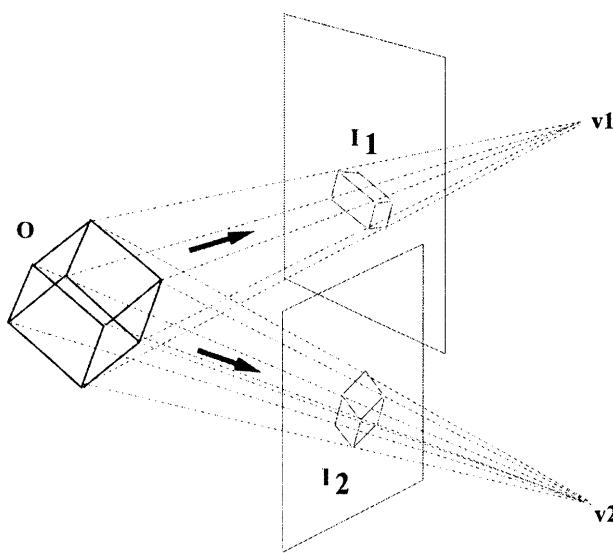


Fig. 1 Perspective transformations of object  $O$  onto  $I_1$  and  $I_2$ . In this case, multiview images will consist of two images  $I_1$  and  $I_2$ .

Let us consider an object  $O$  in a 3D space viewed from several perspectives. The object  $O$  is surrounded by a finite volume  $X$ . To simplify the explanation, we will discuss only the case where the number of perspectives is two. Let us call the two view images as  $I_1$  and  $I_2$ . We assume that these images are taken by well-calibrated cameras, i.e., the position, view direction, and focal length of cameras are known in advance. Our problem is to reconstruct  $O$  from  $I_1$  and  $I_2$  within  $X$  (Fig.1).

Let  $P$  be an arbitrary plane in the 3D space that intersects with volume  $X$ . We call such a plane a *test plane*. Apparently, the object  $O$  can be projected onto  $P$  using the perspective transformations. Observe here that the images  $M_1$  and  $M_2$  on the projection partially coincide if  $P$  is tangential to  $O$ . The images  $M_1$  and  $M_2$  can also be obtained from  $I_1$  and  $I_2$  using the inverse mappings of perspective transformations (Fig.2). If  $M_1$  and  $M_2$  coincide with each other, we know that  $P$  may be tangential to  $O$  at some points.

Our reconstruction algorithm is based on the above observation. For each test plane  $P$ , we compare  $M_1$  and  $M_2$ , and extracts the region where  $M_1$  and  $M_2$  coincide. The coincident region will be bounded by a rectangular box, which is a polygon on  $P$ . By collecting such polygons, we can approximate the shape of object  $O$ .

The algorithm is summarized as follows.

1. Let  $G$  be a set of polygons. Initially,  $G$  is set to null.
2. Generate a test plane  $P$  at random that intersects with volume  $X$ .
3. For each plane  $P$ , project  $I_1$  and  $I_2$  using the inverse mappings of perspective transformations.
4. Compare the images  $M_1$  and  $M_2$  on the projections. Extract such regions where  $M_1$  and  $M_2$  coincide.
5. Compute the bounding box  $B$  of the coincident regions. Add  $B$  to  $G$ .
6. Repeat steps 2-5. After sufficient number of iterations are performed,  $G$  will become an approximate model of  $O$ .

#### 4 Hierarchical Refinement

In the basic algorithm described in the last section, the test planes are to be selected at random from the set of all planes intersecting with volume  $X$ . However, most of the test planes are not tangential to object  $O$ . In fact, they typically do not have any intersections with  $O$ , or divide  $O$  into two portions.

To raise the hit ratio that the test planes be tangential to  $O$ , we will introduce a hierarchical structure to the set  $S$  of all possible planes from which the test planes are chosen.

## A Multiview Stereo Algorithm for Reconstructing Polygonal Models

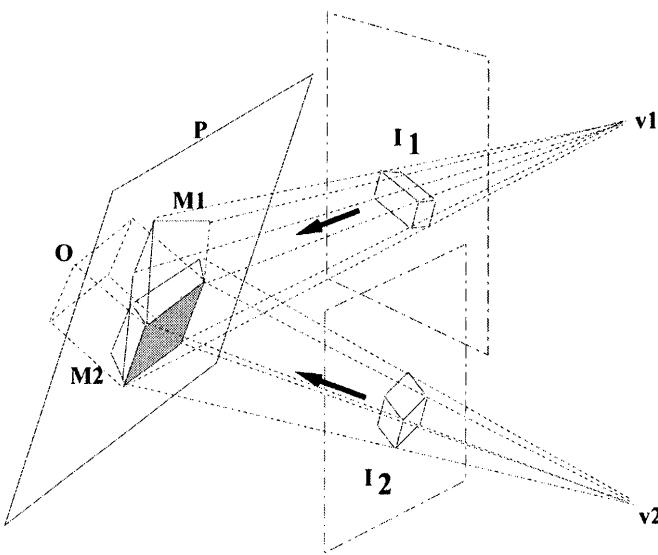


Fig. 2 Inverse mappings of  $I_1$  and  $I_2$  onto the test plane  $P$ . If the mapped images  $M_1$  and  $M_2$  coincide with each other, we assume that the test plane is tangential to object  $O$ ; By collecting such tangential test planes, we can construct an approximate polygonal model of object  $O$ .

For each plane  $Q$  in  $S$ , we can always draw a perpendicular line from the origin  $(0,0,0)$ , if  $Q$  does not pass through it. The crossing point  $R$  of the perpendicular line with the test plane  $Q$  is a unique point in  $Q$ , and can act as a representative point of  $Q$ . Notice that the relationship between the plane  $Q$  and the representative point  $R$  is one-to-one. Introducing a hierarchical structure in 3D Euclidean space  $E^3$  is a simple task if we adopt an octree representation[10]. Since  $R$  is in  $E^3$ , that structure can be interpreted as a hierarchical structure of the set  $S$ .

Using this hierarchy, the basic algorithm can be modified as follows. For each hit that the test plane be nearly tangential, we count the fact at all parent nodes in the hierarchy that has the test plane as a child. When choosing a new test plane, we take into account of the previous counts so that the planes in the neighborhood of successful tests will be selected more frequently. It is in this way that the possibilities of encountering tangential planes can be raised probabilistically.

## 5 Hardware-Assisted Acceleration

The performance of our algorithm can be improved with hardware assistance. Here we consider to utilize 3D

rendering hardwares with texture mapping capability. Such kind of hardwares are now widely available in the market for almost all platforms. Therefore, even personal computer users can benefit from the hardware assistance method described below.

Step 3 of the basic algorithm is regarded as a kind of texture mapping. In fact, if we consider the plane  $P$  as the frame buffer, and images  $I_1$  and  $I_2$  as planar objects in a 3D space, the step 3 becomes a simple example of texture mapping. Thus the rendering hardwares with texture mapping capability can be employed to speed up this process.

Most rendering hardwares also accelerate pixel-parallel execution of comparison operations. Therefore, the computation time of step 4 can also be reduced using such capability.

The most time-consuming part of the basic algorithm is to compute 3D projections (step 2) and to process pixel-by-pixel comparisons (step 3). As stated above, the implementation of that part can take advantage of the availability of 3D rendering hardwares. This feature is taken over to the improved algorithm with hierarchical refinement.

学術情報センター紀要 第 12 号 (2000)

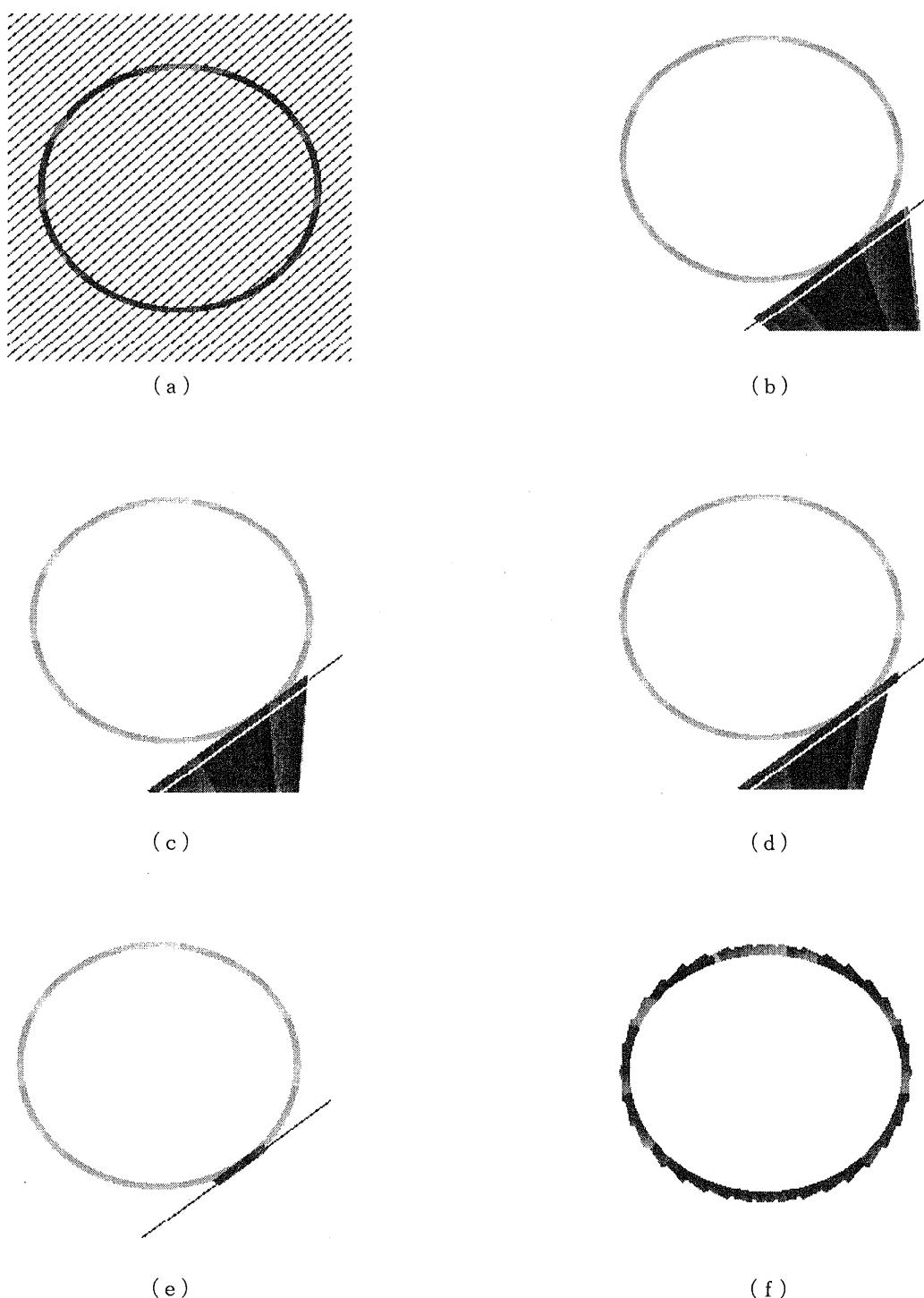


Fig. 3 Demonstrating of the algorithm's behavior in 2 dimensions.

## A Multiview Stereo Algorithm for Reconstructing Polygonal Models

### 6 Example

Fig.3 demonstrates how the proposed algorithm works. To simplify the explanation, we slice the 3D space by a plane  $z=0$ , and show the algorithm's behavior on it. Therefore, as shown in Fig.3(a), the object  $O$  is reduced to a closed curve. Fig. 3(a) also shows a family of test planes, which are depicted by parallel lines.

In Fig.3(b), a test plane  $P$  is shown on which a view image  $I_1$  is projected. Fig.3(c-d) shows the results of subsequent operations, where view images  $I_2, I_3, \dots$  are projected and merged with the previously projected images. The final result for the test plane  $P$  is shown in Fig.3(e).

Repeating the above operations while choosing other test planes, we will finally obtain the result in Fig.3(f), where the object  $O$  is represented by a finite number of line segments.

Although Fig.3 illustrates the entire procedure in 2 dimensions, it can be extended to 3 dimensions, where the final result will be a polygonal representation of the object  $O$ .

### 7 Concluding Remarks

Multiview stereo reconstruction is an active research subject in computer vision that aims at recovering 3D structures from a collection of 2D images. This paper presented a new algorithm of multiview stereo reconstruction, which succeeded to produce polygonal models from multiview images. In contrast to conventional reconstruction algorithms, our algorithm did not require any a priori knowledge or any human assistance.

The basic idea of our algorithm was to find such set of polygons on which the multiview images could be projected consistently with each other, i.e., the projected images on the polygons were almost identical with each other. To find such polygons, we first enumerated all possible polygons, and then extracted only those that satisfied the above criterion. To speed up the enumeration and extraction process, we proposed a hierarchical refinement method, and a hardware-based acceleration method based on 3D rendering hardwares.

Many variations will exist for the proposed algorithm. In the following, we will outline three possible extensions. First, the number of input images can be raised to several hundreds, yielding a large-scale stereo algorithm. Secondly,

the algorithm can be implemented on a cluster of workstations resulting in a distributed algorithm. Finally, the algorithm can be modified to extract geometric primitives other than polygons, such as quadratic or spline surfaces.

### References

- [1] 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.
- [2] Faugeras, O., "Three-Dimensional Computer Vision, A Geometric Viewpoint," MIT Press, 1993.
- [3] Gortler, S.; Grzeszczuk, R.; Szeliski, R.; Cohen, M., "The Lumigraph," *Proc. SIGGRAPH '96*, pp.43-54, ACM, 1996.
- [4] Gotoda, H., "3D Scene Reconstruction from Multiple Views Assisted by Rendering Hardware (In Japanese)," *Research Bulletin of the National Center for Science Information Systems*, Vol.11, pp.119-129, NACSIS, 1999.
- [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," *Proceedings of the Royal Society of London*, Vol.204, pp.301-328, 1979.
- [8] Porril, J; Pollard, J., "Curve Matching and Stereo Calibration," *Image and Vision Computing*, Vol.9, No.1, pp.301-328, 1991.
- [9] Rieger, J., "Three Dimensional Motion from Fixed Points of a Deforming Profile Curve," *Optics Letters*, Vol.11, pp.123-125, 1986.
- [10] Samet, H., "The Design and Analysis of Spatial Data Structures," Addison-Wesley, 1990.
- [11] Szeliski, R., "Rapid Octree Construction from Image Sequences," *CVGIP: Image Understanding*, Vol.58, No.1, pp.23-32, 1993.

## 研究論文

### 視覚化に適した制約階層の拡張法

### Extending Constraint Hierarchies for Better Visualization

学術情報センター 細部 博史

Hiroshi HOSOBE

National Center for Science Information Systems

#### 要旨

制約は、推論、スケジューリング、設計、視覚化など、様々な問題のモデル化や解決に有用である。特に非単調な制約解消方式は、制約過多な実世界の問題を記述できるため、注目を集めてきた。本論文では、従来広く使われてきた非単調方式である制約階層を拡張することで構築した新しい方式として、複合制約階層を提案する。この新しい方式では、異なる種類の問題が 1 つの複合制約階層に統合され、多目的最適化問題と関連付けられる。この提案の後、本論文では、複合制約階層を視覚化システムにおいて効果的に応用する手法を示す。複合制約階層は、特にグラフ配置と制約の統合に有効である。本論文ではまた、制約解消に遺伝的アルゴリズムを用いた試作システムについて概説し、その予備実験の結果を与える。

#### ABSTRACT

Constraints are useful for modeling and solving various problems such as reasoning, scheduling, design, and visualization. Particularly, nonmonotonic schemes of constraints have been drawing considerable attention since they allow us to specify over-constrained real-world problems. This paper proposes hybrid constraint hierarchies as a novel nonmonotonic scheme constructed by extending the traditional popular nonmonotonic scheme of constraint hierarchies. This new scheme combines different kinds of problems into a single hybrid constraint hierarchy, relating it with a multiobjective optimization problem. After the proposal, this paper provides how to effectively apply hybrid constraint hierarchies to visualization systems. They are powerful especially for the integration of graph layout with constraints. Also, this paper outlines a prototype system that uses a genetic algorithm for constraint satisfaction, and presents its preliminary experimental results.

[キーワード] 制約、制約階層、視覚化、グラフ配置、多目的最適化問題、遺伝的アルゴリズム

[Keywords] constraints, constraint hierarchies, visualization, graph layout, multiobjective optimization problems, genetic algorithms

#### 1 はじめに

制約は、推論、スケジューリング、設計、視覚化など、様々な問題のモデル化や解決に有用である。例えば、視覚化システムにおいて、制約は主にグラフィカルレイアウトに使われる。この用途での利点は、グラフィカルなオブジェクト群の間の幾何的な関係を制約で記述しておくことで、レイアウトの維持が自動化されて容易になることである。また、レイアウト以外にも、内部データに合わせてグラフィ

カルオブジェクトの大きさを調節したり、場合によっては、内部データ同士の関係を管理するために、制約が用いられることがある。

制約解消には様々な方式が存在するが、特に非単調な制約解消方式は、制約過多な実世界の問題を記述できるため、注目を集めてきた。非単調な方式では、新規に追加された制約が、既存の矛盾する制約を無効化または緩和することで、制約過多な問題を適切に扱えるようになっている。このような非単調

## 視覚化に適した制約階層の拡張法

方式を構築するために、しばしば、制約の優先度を導入することがある。直観的には、制約に優先度がある場合、できるだけ優先度の高い制約が満たされる。

制約の優先度を扱う非単調方式としては、Bornigらが提案した制約階層[2, 4]が特に有名である。制約階層では、制約の優先度を有限個の強さで表す。その強さに基づき、1つの制約階層は、階層的なレベルに分割された、制約の集合として表現される。そして、制約階層の解は、できるだけ強い制約が満たされるように決定される。このような制約階層を Bornig らは、ユーザーインターフェース構築システム ThingLab II [14]を含む様々なアプリケーションで利用できることを示した[3, 21]。

本論文では、制約階層を拡張することで構築した新しい非単調方式として、複合制約階層を提案する。この新しい方式では、異なる種類の問題が 1 つの制約階層の問題に統合され、多目的最適化問題と関連付けられる。この提案の後、本論文では、複合制約階層を視覚化システムにおいて効果的に応用する手法を示す。複合制約階層は、特にグラフ配置と制約の統合に有効である。本論文ではまた、制約解消に遺伝的アルゴリズムを用いた試作システムについて概説し、その予備実験の結果を与える。

## 2 関連研究

本研究の重要な背景として、視覚化システム TRIP [12, 19]のために開発された制約解消系 COOL がある。COOL の大きな特徴は、無向グラフの配置を求めることができる点である。この機能は、スプリングモデルに基づくグラフ配置を Newton-Raphson 法で計算するアルゴリズム[11]を統合することで実現されている。また、COOL は、「硬い」制約と「軟らかい」制約の 2 種類の 1 次等式制約を扱うことができ、軟らかい制約を最小 2 乗法で処理している。これは、2 レベルに限定された制約階層と見なせる。

COOL の拡張として、我々は過去に DETAIL 制約解消系[10, 19]を構築し、TRIP の後継システムの 1 つである IMAGE [16, 19]に組み込んだ。DETAIL は従来の制約階層の体系を基盤としていたが、我々は試験的に、スプリングモデルに基づくグラフ配置のための制約を導入した。ただし、その方法は、制約解消系内部にアドホックにハードコードされたものであり、本研究で提案するような形式的手法に則ったも

のではなかった。

制約階層とは独立した枠組で、制約とグラフ配置の統合を試みた研究も数多く行われている[20]。その中でも本研究に特に関連が深いのは、[7]と[6]である。[7]では、「制約付きグラフ配置」という手法を提案している。これは、目的関数が 1 つの制約付き最適化問題として、グラフ配置と制約の統合を定式化したものである。一方、[6]は、遺伝的アルゴリズムを用いて、グラフ配置と制約の統合を試みたものである。ただし、この研究では、その枠組の形式化はなされていない。

なお、従来の制約階層の枠組でも、最適化問題への変換によって制約階層を解消するアルゴリズムとして Cassowary [1, 5]と QOCA [5, 15]が提案されている。ただし、これらのアルゴリズムで扱える制約は 1 次等式と 1 次不等式のみであり、本研究のように制約階層の体系を拡張するまでには至っていない。

## 3 制約階層の概観

複合制約階層を定式化する前に、本節では、Bornigらが提案した制約階層の体系について紹介する。以下で述べる定式化は基本的に[21]に従うが、その一部を簡単のために修正している。

### 3.1 制約階層とその解

制約階層  $H$  は、 $(l+1)$  個のレベルからなるベクトル

$$H = (H_0, H_1, \dots, H_l)$$

であり、その各レベル  $H_k$  は、強さ  $k$  の制約のベクトル

$$H_k = (c_{k,1}, c_{k,2}, \dots, c_{k,m_k})$$

である。直観的に、強さ 0 は、制約を必ず充足すべきことを意味し、強さの値  $k$  が大きくなるほど、制約の優先度が低くなる。また、強さは記号的に required, strong, medium, weak のように表現されることもある。この場合、required は強さ 0 を表し、strong, medium, weak の順に段々と弱くなっていく。なお、強さ 0 の制約を必須制約といい、それ以外を選好制約という。

制約階層  $H$  の解候補は、 $H$  が参照する全変数からなる変数ベクトル  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  に代入すべき変数値ベクトル  $v = (v_1, v_2, \dots, v_n)$  として表現できる。

制約階層  $H$  の解は、必須制約  $H_0$  を満たす解候補の中で、後述する比較子 better の意味で、より良い解候

補の存在しないものである。形式的には、以下のように定義される。

**定義 1 (制約階層の解).** 制約階層  $H$  の解集合  $S(H)$  は次のように定められる。

$$S(H) \equiv \{v \in S_0(H) \mid \neg \exists v' \in S_0(H). \text{better}(v', v, H)\}$$

ただし、

$$S_0(H) \equiv \{v \mid \forall i. \text{holds}(c_{0,i}, v)\}$$

であり、ここで  $\text{holds}(c, v)$  は  $v$  が  $c$  を正確に充足することを意味する。

### 3.2 比較子

比較子  $\text{better}$  は構成的に定義される。その最も原始的な構成要素は、誤差関数  $e$  である。誤差関数は、制約  $c$  と解候補  $v$  を引数として受け取り、 $v$  のもとでの  $c$  の誤差を非負実数として返す。特に、制約が充足されている( $\text{holds}(c, v)$  が成立する)場合には、0 を返すことが定められている。

代表的な誤差関数として、制約の誤差を何らかの距離で表す距離的誤差関数がある。具体的に、代数的制約については、右辺と左辺の差の絶対値を取る方法が一般的である。例えば、制約  $x_j = x_{j'}$  の誤差は、次のように与えることができる。

$$e("x_j = x_{j'}", v) \equiv |v_j - v_{j'}|$$

これ以外によく利用される誤差関数としては、述語的誤差関数がある。これは、制約が正しく充足される場合に 0 を返し、それ以外は 1 を返す。

制約階層  $H$  のレベル  $k$  に注目したとき、解候補  $v$  のもとでの各制約の誤差を要素とするベクトルを誤差ベクトルといい、 $e(H_k, v)$  で表す。

$$e(H_k, v) \equiv (e(c_{k,1}, v), e(c_{k,2}, v), \dots, e(c_{k,m_k}, v))$$

誤差ベクトル内の各要素を何らかの方法で結合したもののが誤差結合といふ。また、誤差を結合する方法を与える関数を誤差結合関数といい、 $g$  で表す。すなわち、解候補  $v$  のもとでの制約階層  $H$  のレベル  $k$  の誤差結合は、 $g(e(H_k, v))$  で表現される。

誤差結合関数  $g$  には、比較子  $\sim_g$  と  $<_g$  が与えられ、これらは 2 つの誤差結合を比較するために用いられる。直観的に、

$$g(e(H_k, v)) \sim_g g(e(H_k, v'))$$

は、 $v$  のもとで  $H_k$  内の制約が、 $v'$  のもとでと同程度に良く充足されていることを意味し、

$$g(e(H_k, v)) <_g g(e(H_k, v'))$$

は、 $v$  のもとで  $H_k$  内の制約が、 $v'$  のもとでよりも良く充足されていることを意味する。

制約階層の各レベルの誤差結合を要素とするベクトルを誤差結合ベクトルといい、次のように表す。

$$(g(e(H_1, v)), g(e(H_2, v)), \dots, g(e(H_l, v)))$$

比較子  $\text{better}$  は、2 つの誤差結合ベクトルを各要素についての辞書式順序で比較する。形式的には、以下のように定義される。

**定義 2 (制約階層の比較子).** 制約階層  $H$  の解候補  $v, v'$  に関する比較子は次のように定められる。

$$\text{better}(v, v', H) \equiv \exists k < l.$$

$$(\forall k' < k. g(e(H_k, v)) \sim_g g(e(H_{k'}, v'))) \wedge g(e(H_k, v)) <_g g(e(H_k, v'))$$

直観的には、強いレベルの比較の結果が、より弱いレベルの比較の結果に優先するようになっている。

### 3.3 比較子の例

比較子  $\text{better}$  の代表的な種類に、大域的比較子がある。大域的比較子では、誤差結合関数  $g$  が非負実数を返し、 $\sim_g, <_g$  として、それぞれ通常の実数に対する  $=, <$  が使用される。このため、大域的比較子において、誤差結合は全順序となる。

大域的比較子の具体例として、least-squares-better (LSB) がある。LSB では、レベル内の矛盾する制約に対して最小 2 乗法を行う。その誤差結合関数は、次のように定義される。

$$g(e(H_k, v)) \equiv \sum_i w_{k,i} e(c_{k,i}, v)^2$$

ここで、 $w_{k,i}$  は制約  $c_{k,i}$  に与えられた「重み」を表す実数であり、 $e$  は距離的誤差関数である。

大域的比較子には、LSB 以外にも、レベル内の制約の距離的誤差の和を用いる weighted-sum-better (WSB) や、レベル内で最大の制約の距離的誤差を用いる worst-case-better (WCB) などがある。

比較子による解集合の違いを示す例として、次の制約階層を [4] から引用する。

$$\text{weak } x_1 = 0 \text{ (重み 1.0)}$$

$$\text{weak } x_1 \geq 2 \text{ (重み 1.0)}$$

$$\text{weak } x_1 = 4 \text{ (重み 0.25)}$$

その解集合における  $x_1$  の値  $v_1$  は、上述の大域的比較子に対して以下のようになる。

$$\text{weighted-sum-better } v_1 = 2$$

## 視覚化に適した制約階層の拡張法

$$\text{least-squares-better} \quad v_1 = 4/3$$

$$\text{worst-case-better} \quad v_1 = 1$$

なお、本論文では対象としないが、大域的比較子の他に、局所的比較子と呼ばれる種類の比較子がある。大域的比較子の場合と異なり、局所的比較子において、誤差結合は一般に半順序となる。このため、局所的比較子を用いる場合は、制約階層の解集合が、大域的比較子を用いる場合よりも大きい。このような性質を活かして、述語的誤差関数を用いた局所的比較子 locally-predicate-better が、局所伝播法と呼ばれる種類の効率的な制約解消法で盛んに利用されている[9]。

## 4 複合制約階層の提案

本節では、従来の制約階層を拡張し、新たな制約階層の体系として、複合制約階層を提案する。以下では、最初に複合制約階層の定式化を行い、その後、複合制約階層を多目的最適化問題へ関連付ける。

### 4.1 定式化

複合制約階層は、従来の制約階層に対して、以下の 2 つの拡張を施したものである。

- ・ レベルごとに制約の処理の方法を表す解法型を導入する<sup>1</sup>。これによって、1 つの制約階層の中で、誤差結合の方法やその比較の方法をレベルごとに独立に選択できるようになる。
- ・ 誤差関数等を定式化の核から除外し、解法型に応じた誤差結合関数を自由に設計できるようになる。これによって、最小 2 乗法などに限らず、誤差結合の方法を選べるようになる。

これらの拡張に合わせて、以下のような記法の導入と定式化の修正を行う。まず、制約階層  $H$  のレベル  $k$  の解法型を  $\tau_k$  で表す。そして、解法型  $\tau_k$  の誤差結合関数を  $g_{\tau_k}$  で表現する。また、誤差関数に相当する概念は誤差結合関数の中に繰り込み、 $g_{\tau_k}$  は引数として  $H_k$  と  $v$  を取るものとする。

例えば、従来の制約階層における誤差結合関数  $g$  を利用する場合は、誤差結合  $g_{\tau_k}(H_k, v)$  を次のように定義できる。

$$g_{\tau_k}(H_k, v) \equiv g(e(H_k, v)) \quad (1)$$

このとき、誤差結合のための比較子  $\sim_{g_{\tau_k}}$  と  $<_{g_{\tau_k}}$  は、それぞれ  $\sim_g$  と  $<_g$  として定められる。

複合制約階層の比較子 better は、従来の制約階層の比較子の定義を修正して、以下のように定義する。

**定義 3 (複合制約階層の比較子).** 制約階層  $H$  の解候補  $v, v'$  に関する比較子は次のように定められる。

$$\text{better}(v, v', H) \equiv \exists k < l.$$

$$(\forall k' < k. g_{\tau_k}(H_k, v) \sim_{g_{\tau_k}} g_{\tau_k}(H_k, v'))$$

$$\wedge g_{\tau_k}(H_k, v) <_{g_{\tau_k}} g_{\tau_k}(H_k, v')$$

複合制約階層の解は、制約階層の解と同様に、定義 1 で与えるものとする。

### 4.2 多目的最適化問題への関連付け

ここでは、複合制約階層が多目的最適化問題に関連付けられることを示す。

前提条件として、誤差結合  $g_{\tau_k}(H_k, v)$  を、非負実数を返すもののみに限定し、 $\sim_{g_{\tau_k}}$  と  $<_{g_{\tau_k}}$  をそれぞれ通常の実数に対する = と < とする。明らかに、この具体例には、LSB などの大域的比較子をもとにしても、(1) のように構成したものが含まれる。

複合制約階層の解消を最適化問題として捉え直したものを作成層最適化問題と呼び、以下のように定義する。

**定義 4 (階層最適化問題).** 複合制約階層  $H$  に関する階層最適化問題は、次のように定められる。

$$\min_v g(H, v) \text{ subject to } v \in S_0(H)$$

ただし、 $g(H, v)$  は誤差結合ベクトル

$$g(H, v) = (g_{\tau_1}(H_1, v), \dots, g_{\tau_l}(H_l, v))$$

であり、 $\min$  は、与えられた誤差結合ベクトルを、辞書式順序に基づいて最小化する手続きである。

階層最適化問題は制約階層の変形である。特に各レベルの誤差結合に、従来の制約階層における特定の大域的比較子に由来するもののみを用いる場合は、階層最適化問題を従来の制約階層と同一視できる。なぜなら、この場合、両者の解集合が一致するからである。

階層最適化問題はまた、多目的最適化問題の 1 種でもある。これは、各レベルの誤差結合関数を 1 つの目的関数として見なせるためである。そして、階層最適化問題の解集合は、一般的な多目的最適化問題における Pareto 最適解集合の部分集合となる。これは特に、目的関数に全順序の優先度を与える辞書

<sup>1</sup> 解法型の概念は、正確には、我々の過去の研究[10]で最初に導入したものである。しかし、5 節で示すように、本研究における第 2 の拡張のために、この拡張がより有効に活用できるようになる。

式配列法に従った場合の Pareto 最適解集合に等しい。

なお、上述の階層最適化問題の定式化では、前提条件によって局所的比較子が除外された。これは、局所的比較子における誤差結合が半順序関係であることが、階層最適化問題を最適化問題として簡潔に定式化する上での障害になるためである<sup>2</sup>。ただし、[22]のように、レベル内でさらに制約に優先度を与えることで、局所的比較子をシミュレートする全順序の比較子を利用すれば、現在の定式化のままで扱うことが可能である。

## 5 視覚化への応用

本節では、複合制約階層を視覚化へ応用する手法について述べる。

### 5.1 概要

従来の制約階層では、対象とする問題をモデル化する際に必ず、何をもって 1 つの制約として見なすかという点を明確にする必要がある。これは、個々の制約について、誤差を独立に測定する必要があるためである。このような考え方は、数学的関係としての制約という、単調な制約解消方式における伝統的な概念に近い立場を採用したものである。

しかし、このような立場は、実際に問題をモデル化するユーザーによる制約の捉え方を必ずしも反映したものとはいえない。問題の自然なモデル化をしようとする場合に、常に個々の制約について誤差を測定できるとは限らないためである。

その例として、一般的なグラフ構造を平面に配置する問題を考える。このようなグラフ配置問題は、情報視覚化のための基礎技術として盛んに研究されている[20]。この問題をモデル化する際に、変数として個々のノードの座標を用いるのは自然である。次に、このグラフにおいて、2 つのノードが接続されているという関係を制約として表す必要がある。しかし、このような関係を、誤差を測定できる制約として表現することは容易ではない。もし、これが木構造の配置であれば、 $x$  座標と  $y$  座標を別々に考え、 $x$  座標については、隣り合うノードが適当な間隔になるように制約を与え、 $y$  座標については、親子が一定間隔になるように制約を定めるというようにすればよい。しかしながら、一般的なグラフ構造では、このように単純に問題を割り切ることができるとは限らない。

これに対して、複合制約階層では、個々の制約に

関する制限を取り扱っているため、アプリケーションに応じた多種多様な関係を表すものとして、様々な制約が許される。このため、よりユーザー側の観点に立って、制約をモデル化することが可能である。そして、実際に以下で示すように、グラフ配置の問題に対しても自然に対処することが可能となる。

### 5.2 応用例

ここでは、複合制約階層の応用例として、一般的なグラフの配置を扱う方法を述べる。

#### 5.2.1 スプリングモデル

まず、ここでグラフ配置の手法として利用するスプリングモデル[11]について簡単に紹介する。

スプリングモデルでは、グラフ内の任意の 2 つのノード（間接的に接続されている場合も含む）同士をバネで接続した力学系を想定し、バネのエネルギーの総和を最小とする解を、求めるべきグラフ配置とする。すなわち、各ノード  $i$  ( $1 \leq i \leq n$ ) の位置を  $\mathbf{p}_i = (x_i, y_i)$  としたとき、次式で与えられる系のエネルギーを最小化する  $\mathbf{x} = (x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_n, y_n)$  を求める。

$$E(\mathbf{x}) = \sum_{i < j} \frac{k_{ij}}{2} (|\mathbf{p}_i - \mathbf{p}_j| - l_{ij})^2 \quad (2)$$

ただし、 $d_{ij}$  をノード  $i, j$  のグラフ上の最短距離、 $L$  を 1 つのエッジの理想的長さとしたときに、 $l_{ij}, k_{ij}$  は、それぞれ  $l_{ij} = L d_{ij}$ ,  $k_{ij} = 1/d_{ij}^2$  として定められる。

#### 5.2.2 スプリングモデルの利用法

スプリングモデルを複合制約階層で利用する方法を述べる。

グラフ配置を 1 つの解法型  $\tau_k$  とし、それに関する制約を 1 つのレベル  $H_k$  で扱うものとする。すなわち、ノード  $\mathbf{p}_i, \mathbf{p}_j$  が接続しているという情報を 1 つの制約とし、その強さを  $k$  とする。

このようにすれば、スプリングモデルにおけるエネルギー量を、この解法型の誤差結合として利用できる。すなわち、変数ベクトル  $\mathbf{x}$  に対する変数値ベクトルを  $\mathbf{v}$  としたとき、解法型  $\tau_k$  の誤差結合関数  $g_{\tau_k}(H_k, \mathbf{v})$  は次のように定義できる<sup>3</sup>。

<sup>2</sup>もちろん、階層最適化問題における最小化手続き  $\min$  を特別な形で定義し直せば、局所的比較子に対応することは可能である。

## 視覚化に適した制約階層の拡張法

$$g_n(H_k, v) \equiv E(v)$$

次節では、実際に複合制約階層でスプリングモデルを扱うことのできるシステムについて述べる。

## 6 試作システム

本節では、複合制約階層を用いて視覚化を行う試作システムについて述べる。以下では最初に、試作システムのために設計した制約解消アルゴリズムについて説明し、その後、試作システムの実装について述べる。

### 6.1 制約解消アルゴリズム

制約を用いた視覚化システムを実装する際の最重要課題の 1 つは、制約解消アルゴリズムの選択である。特に本研究においては、複合制約階層という新しい制約解消方式を扱っているため、制約解消アルゴリズムを新たに設計する必要がある。

本研究では、複合制約階層の解消に遺伝的アルゴリズム[8, 13, 18]の採用を試みた。複合制約階層で扱おうとしている問題の多様性を考えると、少なくとも直接法のように特化された数値計算アルゴリズムによる処理は不可能である。また、4.2 節で述べたように、複合制約階層は最適化問題の 1 種であることから、最適化問題の解決に使われることが多い上に、万能性に優れているとされる遺伝的アルゴリズムは、自然な選択肢の 1 つといえる。

本研究で設計した制約解消アルゴリズムの概略は、以下のようになる。

1. 最初に、1 次等式制約からなる必須レベルについて、Crout 法[17]による LU 分解を用いて前処理する。
2. 次に、 $N$  個の解候補を乱数によって生成する。
3. その後、現在の解候補に対して、遺伝的アルゴリズムにおける評価、選択、交叉、突然変異の操作を適用して、新しい解候補を生成する処理を  $M$  世代繰り返す。

遺伝的アルゴリズムの各操作については、以下のように設計した。

**評価** 解候補  $v_i$  の適応度  $f(v_i)$  を次式で計算する。

$$f(v_i) = \sum_k s^{l-k} \frac{g_n(H_k, v_i)}{\sum_j g_n(H_k, v_j)}$$

直観的には、値が小さいほど、適応度が高いことを意味している。ここで、 $s^{l-k}$  はレベルごとの優先度を近似するための重み付けで、計算の過程で  $s$  を 2 から 10 まで線形に増大するようにしている。

**選択** トーナメント選択戦略を採用する。具体的には、任意に選んだ 2 つの解候補のうち適応度の高い方を親として選ぶようにしている。また、エリート保存戦略を併用しており、最も適応度の高い解候補を常に次世代に残すようにしている（これは交叉と突然変異の対象としない）。

**交叉** 選択された解候補  $v_1, v_2$  から、子の解候補  $v'_1, v'_2$  を次式で求める。

$$v'_1 = (4v_1 - v_2)/3$$

$$v'_2 = (v_1 + 2v_2)/3$$

**突然変異** 子の解候補の各要素に対して 0.1 の確率で施し、 $2^r - 1$  ( $r$  は 0 と 6 の間の乱数) を加算または減算するようにしている。

上記のアルゴリズムにおいて、必須レベル内の 1 次等式制約を LU 分解で前処理することは、定義 4 の階層最適化問題における制約条件  $v \in S_0(H)$  を満たすことに対応している。また、適応度  $f(v)$  を最小化することは、誤差結合ベクトル  $g(H, v)$  を最小化することを近似している<sup>4</sup>。

<sup>3</sup> このような問題を従来の制約階層の誤差結合関数で扱えるように、(2)を分解して、 $k_{ij}/2$  を重みとする制約  $|p_i - p_j| = l_{ij}$  を与えて LSB で解くようにする方法も考えられる。しかし、一般に、誤差結合関数がこのように都合良く分解可能であるとは限らない。

<sup>4</sup> このアルゴリズムではトーナメント選択戦略を用いているので、必ずしも  $f(v)$  のような実数値への写像を考える必要はない。本来、トーナメント選択戦略では 2 つの解候補を比較できればよいため、定義 3 の比較子 better をそのまま実装する方法も考えられる。しかし、本研究における予備実験の結果では、そのように実装した場合、弱い制約の充足が極めて困難になった。

## 6.2 実装

視覚化システムの開発は Java 言語で行い、制約解消系を 1 つのパッケージとして実装した。

この制約解消系は、モジュール構造を持つように設計している。具体的には、解法型に応じた各種の誤差結合関数を「プラグイン」として 1 つのクラスで作成し、制約解消系本体の各選好レベルに対して任意のプラグインを追加できるようにした。実際に開発した 5 種類のプラグインを表 1 に示す。ただし、この表において、LSB, WSB, WCB は、それぞれ従来の制約階層における LSB, WSB, WCB をレベル内に制限したものと意味する。

作成した視覚化システムの出力例を図 1 に示す。図 1(a) は、前節で述べたスプリングモデルによるグラフ配置を行ったものである。一方、図 1(b) は、幾何制約を用いて定義した A 字型の図形である。

## 7 実験

実装した視覚化システムを用いて、2 つの実験を行った。実験 1 は、図 1(a) と同形のグラフ配置を行う場合の複合制約階層の解消時間を測定するものである。この複合制約階層のレベル 1 には、ノード a をスクリーンの中心に配置し、ノード b を水平にノード a の左側に置くために、3 つの 1 次等式制約と 1 つの 1 次不等式制約を指定した。一方、レベル 2 には、ノードの接続を表す 12 個のグラフ配置制約を指定した。これらのレベルは、それぞれ LSB プラグインとグラフ配置プラグインで処理した。

この実験では、200 個の解候補を用いて 200 世代の計算を行う処理を実行した。この場合の一連の実行の処理時間は、平均で約 2.7 秒であった。ただし、コンパイラと仮想機械としては JDK 1.2.1 を利用し、プログラムの実行には、UltraSPARC-II 296MHz を搭載し、Solaris 7 で動作する Sun Ultra 60 を用いた。

この一連の処理を 10 回実行したときのレベル 1 と

レベル 2 の誤差結合の値の変化を、それぞれ図 2(a) と図 2(b) に示す。ただし、これらのグラフにおいて、横軸は解候補の世代を表し、縦軸は最も適応度の高い解候補の誤差結合を対数スケールで表す。これらのグラフから、多くの場合、最初の 50 世代程度のうちに急速に誤差結合が減少し、その後も徐々に改善されていることがわかる。

次に、実験 2 について述べる。実験 2 は、実験 1 におけるレベル 1 とレベル 2 の制約を入れ替えた場合である。スプリングモデルによるグラフ配置は基本的に回転・移動・鏡像に関する自由度があるため、理論上は、このようにレベルを交換しても解集合は一致しなければならない。

この制約解消を 10 回行ったときの結果を図 3 に示す。この場合は、実験 1 に比べて、レベル 1 のグラフ配置に関する誤差結合がより小さい水準まで低下している。その一方で、レベル 2 の 1 次制約の誤差結合については、実験 1 の結果に比べて特に悪くはないことがわかる。

実験 1 と実験 2 の結果が示すように、現在の制約解消系の実装では、解の精度の点でまだ不十分と言わざるを得ない。特に、レベルの違いの処理には問題がある。この問題に対処するために、現在の実装でも、解候補の評価においてレベルごとのスケーリングを世代の進行に合わせて調節するようしているが、この方法だけではまだ不完全である。さらなる精度の改善のためには、誤差結合に関する分散などの統計的要素を扱う必要もあると考えられる。例えば、図 2 と図 3 からも推測されるように、1 次等式/不等式制約よりも、グラフ配置制約の方が誤差結合のばらつきが小さい点を考慮する必要がある。遺伝的アルゴリズムに関する従来の研究でも、ここでの目的とは異なるが、分散を用いて適応度を調整する手法はすでに提案されており、そのような手法を導入することは、今後の課題である。

プラグイン	解法型
LSB	1 次等式/不等式制約を LSB で処理
WSB	1 次等式/不等式制約を WSB で処理
WCB	1 次等式/不等式制約を WCB で処理
グラフ配置	スプリングモデルに基づくグラフ配置を処理
幾何	平面上の距離/垂直/平行を表す幾何制約を処理

表 1 開発した制約解消系プラグイン

## 視覚化に適した制約階層の拡張法

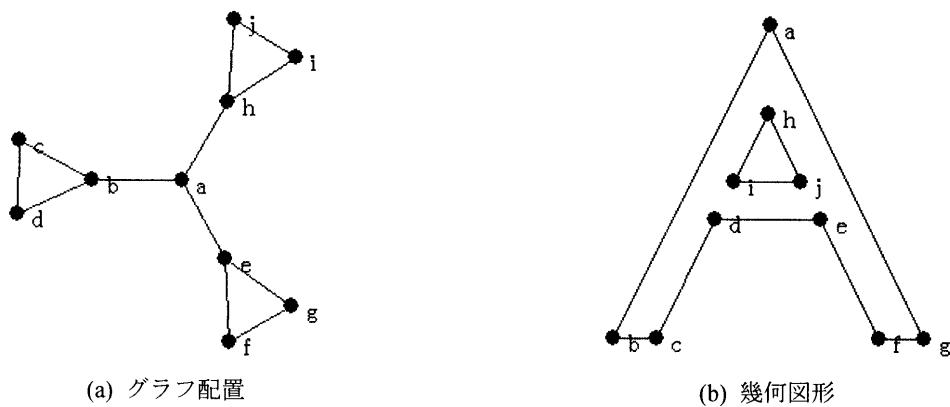


図 1 作成した視覚化システムの出力例

8 議論

以下では、本研究において提案または採用した手法について議論する。最初に、制約の定式化と応用法の側面について議論し、その後、制約解消のアルゴリズム的側面について論じる。

## 8.1 定式化と応用法

2節で述べたように、制約とグラフ配置の統合を試みた研究は、過去にも存在している。これらの研究に対して、複合制約階層は、制約階層を拡張することで、これらが扱っていた問題をより一般化し形式化したものとして位置付けられる。

本論文で応用例として示したグラフ構造の配置では、それに関わる全ての制約を 1 つの誤差結合関数の中に繰り込んでモデル化できた。しかし、問題によつては、モデル化に複数のレベル（必須レベルもあり得る）を必要とすることも考えられる。このことは、ユーザーが 1 つの制約として見なしているものを、複合制約階層の上では分離しなければならない場合がある可能性を示唆している。ただし、このような制約の分離は、異なる強さの必要性のために生じたものであり、そのような制約までも 1 つにまとめてしまうことは、複合制約階層のような体系の定式化の上では困難であると考えられる<sup>5</sup>。

現在の複合制約階層の定式化では、応用例として示したスプリングモデルにおけるエネルギー量のように、そのまま誤差結合関数として利用できる形の数理的モデルに基づく問題は簡単に導入できる。しかし、手書き的なグラフ配置アルゴリズムなど、誤差結合関数に相当する要素を持たない手法は、その

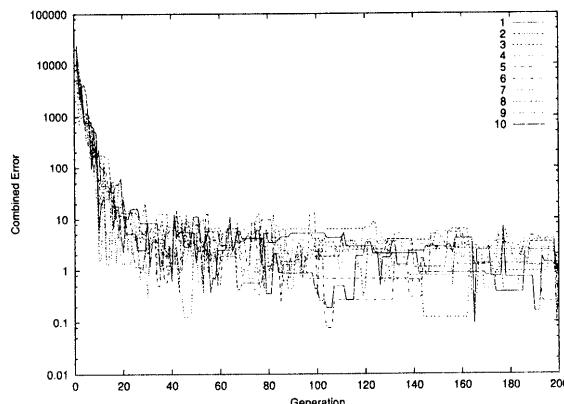
ままで導入することができない。このような手法を複合制約階層に取り入れるには、誤差結合関数を何らかの方法で作成する必要がある。詳細については検討中であるが、手続き的アルゴリズムによって得られた配置を拡大・縮小や移動などで変形する誤差結合関数を作成することで、手続き的なグラフ配置アルゴリズムなども複合制約階層で利用できるようになると考えられる。

## 8.2 制約解消法

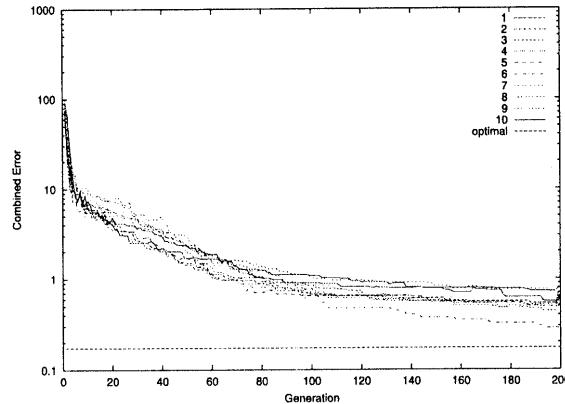
複合制約階層は、従来の制約階層よりも誤差結合関数の設計が自由になったため、その特性を利用した制約解消アルゴリズムの構築が困難である。例えば、我々が過去に提案した一般化局所伝播法の理論[9]では、誤差結合の比較法に大域的準単調性がある場合、局所伝播法による効率的な制約解消を実現できる可能性が示されたが、複合制約階層のように誤差結合関数の多様性が増すと、このような方式の適用は難しくなってくる。しかし、一般に、制約の表現力と制約解消の速度のトレードオフは避けられないため、このような問題が生じるのはやむを得ないことと言える。

遺伝的アルゴリズムは、大域的な最適解を探索する上では効果が高いとされるが、局所解を探索する上では、山登り法などの局所探索手法に比べて、精度があまり高くないという問題が知られている。この問題に対処するために、局所探索と遺伝的アルゴ

<sup>5</sup> 現実的には、このような状況でも、ユーザーの利便性を優先してシステムを実装することは重要であり、この議論はそのような実装方法を否定するものではない。

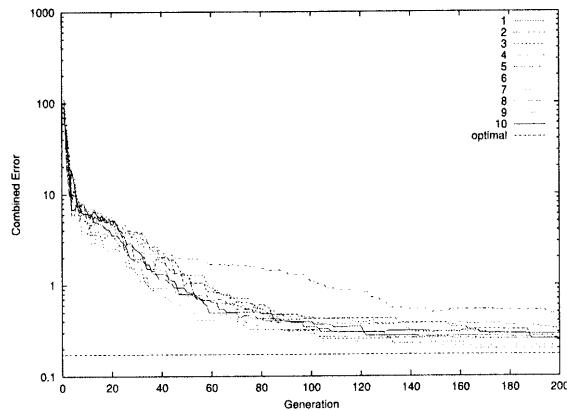


(a) レベル 1 (1 次等式/不等式制約)

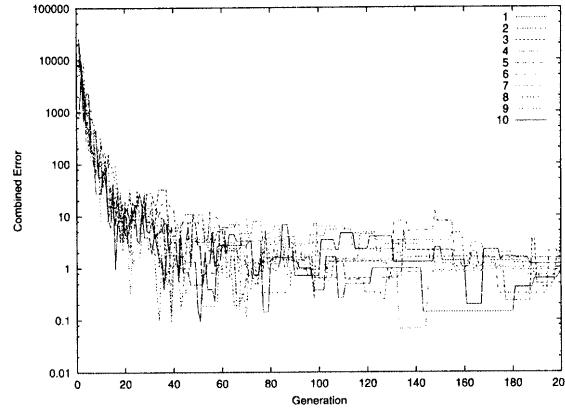


(b) レベル 2 (グラフ配置制約)

図 2 実験 1 の結果



(a) レベル 1 (グラフ配置制約)



(b) レベル 2 (1 次等式/不等式制約)

図 3 実験 2 の結果

リズムを組み合わせることで、計算の精度を向上する研究が数多くなされている。本研究で提案した複合制約階層では、応用上、偏微分可能な誤差結合関数を扱うことが多いため、その情報を用いた局所探索を導入することは有望であると考えられる。

本研究で実装した試作システムは視覚化のみを行うもので、ユーザーとのインタラクション機能を提供していない。しかし、本来、制約の強さはインタラクティブな振舞いを実現するために積極的に利用されることが多く、制約階層はインタラクションの記述にこそ真価を發揮するものであると言える。しかしながら、現在の実装では、すでに述べたように、制約の強さの処理がまだ不完全であり、この点をまず改善する必要がある。

本研究では、制約解消系を実装する際に、実数コ

ーディング[8]と呼ばれる、解候補を実数値で表現する手法を用いた。しかし、コンピュータースクリーン上での視覚化という観点からは、必ずしも制約解消の結果が実数値である必要はなく、整数値でも問題はないと言える。従って、遺伝的アルゴリズムにおいてより標準的な 2 進数コーディングや Gray コーディングを使用することについて検討することは、今後の課題の 1 つである。

## 9 おわりに

本論文では、制約階層を拡張することで、複合制約階層という、新しい非単調な制約解消方式を提案した。また、提案した複合制約階層が、視覚化システムにおいて効果的に応用できることを示した。そして、実際に、遺伝的アルゴリズムを用いて複合制

## 視覚化に適した制約階層の拡張法

約階層を処理する視覚化システムを試作し、その実験結果を与えた。

今後は、複合制約階層の解消法と応用法について、さらに研究を進める予定である。特に、局所探索と遺伝的アルゴリズムを組み合わせることで制約解消の精度を向上した上で、インタラクティブなシステムに適用したいと考えている。

### 参考文献

- [1] Badros, G. J.; Borning, A., "The Cassowary Linear Arithmetic Constraint Solving Algorithm: Interface and Implementation," Dept. of Computer Science and Engineering, University of Washington, 1998, Technical Report 98-06-04.
- [2] Borning, A.; Duisberg, R.; Freeman-Benson, B.; Kramer, A.; Woolf, M., "Constraint Hierarchies," *Proc. ACM OOPSLA*, 1987, pp. 48-60.
- [3] Borning, A.; Freeman-Benson, B.; Maloney, J.; Wilson, M., "Constraint Hierarchies and Their Applications," *Proc. IEEE COMPCON*, Spring 1991, pp. 388-393.
- [4] Borning, A.; Freeman-Benson, B.; Wilson, M., "Constraint Hierarchies," *Lisp and Symbolic Computation*, Vol. 5, No. 3, pp. 223-270, 1992.
- [5] Borning, A.; Marriott, K.; Stuckey, P.; Xiao, Y., "Solving Linear Arithmetic Constraints for User Interface Applications," *Proc. ACM UIST*, 1997, pp. 87-96.
- [6] Frick, A.; Keskin, C.; Vogelmann, V., "Integration of Declarative Approaches," North, S., *Graph Drawing -GD'96*, Springer-Verlag, 1997, pp. 184-192, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1190.
- [7] He, W.; Marriott, K., "Constrained Graph Layout," North, S., *Graph Drawing -GD'96*, Springer-Verlag, 1997, pp. 217-232, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1190.
- [8] Herrera, F.; Lozano, M.; Verdegay, J. L., "Tackling Real-Coded Genetic Algorithms: Operators and Tools for Behavioural Analysis," *Artificial Intelligence Review*, Vol. 12, No. 4, pp. 265-319, 1998.
- [9] Hosobe, H.; Matsuoka, S.; Yonezawa, A., "Generalized Local Propagation: A Framework for Solving Constraint Hierarchies," Freuder, E. C., *Principles and Practice of Constraint Programming -CP'96*, Springer-Verlag, 1996, pp. 237-251, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1118.
- [10] Hosobe, H.; Miyashita, K.; Takahashi, S.; Matsuoka, S.; Yonezawa, A., "Locally Simultaneous Constraint Satisfaction," Borning, A., *Principles and Practice of Constraint Programming -PPCP '94*, Springer-Verlag, 1994, pp. 51-62, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 874.
- [11] Kamada, T.; Kawai, S., "An Algorithm for Drawing General Undirected Graphs," *Information Processing Letters*, Vol. 31, No. 1, pp. 7-15, 1989.
- [12] Kamada, T.; Kawai, S., "A General Framework for Visualizing Abstract Objects and Relations," *ACM Trans. Gr.*, Vol. 10, No. 1, pp. 1-39, 1991.
- [13] 北野宏明(編), 「遺伝的アルゴリズム」, 産業図書, 1993.
- [14] Maloney, J. H.; Borning, A.; Freeman-Benson, B. N., "Constraint Technology for User-Interface Construction in ThingLab II," *Proc. ACM OOPSLA*, 1989, pp. 381-388.
- [15] Marriott, K.; Chok, S. C.; Finlay, A., "A Tableau Based Constraint Solving Toolkit for Interactive Graphical Applications," Maher, M. J.; Puget, J.-F., *Principles and Practice of Constraint Programming -CP'98*, Springer-Verlag, 1998, pp. 340-354, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1520.
- [16] Miyashita, K.; Matsuoka, S.; Takahashi, S.; Yonezawa, A., "Interactive Generation of Graphical User Interfaces by Multiple Visual Examples," *Proc. ACM UIST*, 1994, pp. 85-94.
- [17] Press, W. H.; Flannery, B. P.; Teukolsky, S. A.; Vetterling, W. T., "NUMERICAL RECIPES in C [日本語版]," 技術評論社, 1993.
- [18] 三宮信夫, 喜田一, 玉置久, 岩本 貴司, 「遺伝アルゴリズムと最適化」, 朝倉書店, 1998, システム制御情報ライブラリー, 第17巻.
- [19] Takahashi, S.; Matsuoka, S.; Miyashita, K.; Hosobe, H.; Kamada, T., "A Constraint-Based Approach for Visualization and Animation," *Constraints J.*, Vol. 3, No. 1, pp. 61-86, 1998.

- [20] Tamassia, R., "Constraints in Graph Drawing Algorithms," *Constraints J.*, Vol. 3, No. 1, pp. 87-120, 1998.
- [21] Wilson, M., "Hierarchical Constraint Logic Programming (Ph.D. Dissertation)," Dept. of Computer Science and Engineering, University of Washington, 1993, Technical Report 93-05-01.
- [22] Wolf, A., "Transforming Ordered Constraint Hierarchies into Ordinary Constraint Systems," Jampel, M.; Freuder, E.; Maher, M., *Over-Constrained Systems*, Springer-Verlag, 1996, pp. 171-187, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1106.

## 研究論文

 $\Sigma GI/G/1$  の拡散近似末尾分布の高精度化Accuracy Refinement for Diffusion-Approximated Tail Probabilities  
of  $\Sigma GI/G/1$ 

学術情報センター 阿部 俊二

Shunji ABE

National Center for Science Information Systems

学術情報センター 浅野 正一郎

Shoichiro ASANO

National Center for Science Information Systems

## 要旨

次世代を担うインターネットでは、計算機間のデータ通信のみならず、音声、音楽、動画像等のリアルタイム性品質を厳しく要求する通信をも統合的に扱う必要がある。このため、個々の通信が要求する品質を保証する通信の高品質化技術の研究開発が重要となる。このような技術の研究開発においては、ルータやスイッチにおけるキューイングバッファにおけるオーバーフロー確率や遅延等の品質を評価できる性能評価手法の確立が不可欠である。本論文では、品質の一つであるバッファシステム内に滞留するパケット数が或閾値  $m$  を越える確率  $P\{Q > m\}$ (末尾分布)を考え、複数のバーストパケットトラヒックが多重化されてバッファシステムに加わった時の  $P\{Q > m\}$  を、拡散近似手法を用いて近似する。拡散近似を用いると、 $P\{Q > m\} = \zeta e^{-\eta m}$  で近似できる。しかし、加わる負荷が小さくなるに連れ近似精度が悪くなる。そこで、近似精度を改善するため、新たな減衰項  $e^{-\eta m}$  を考え、 $P\{Q > m\} = \pi_1 e^{-\eta_1 m} + \pi_2 e^{-\eta_2 m}$ 、すなわち、末尾分布を 2 次の超指数分布の補分布で近似する手法を提案する。パラメタ  $\eta_1$ 、 $\pi_1$ 、 $\pi_2$  の決定方法を述べると共に、計算機シミュレーションとの比較により、提案手法の近似精度を評価し、その有効性を示す。

## ABSTRACT

In next generation Internet, not only computer data communications but communications such as voice, music, and moving video which severely require real time quality must be handled completely. On this account, it is very important to research and develop technology which can guarantee required quality of each communication. In order to develop such the technology, it is necessary to establish an estimation method of performances such as overflow probability from a queueing buffer, delay of queueing buffers in router systems and switching systems. This paper considers a tail probability  $P\{Q > m\}$ , which is one of important performances, for a queueing buffer system with inputs of burst packet traffic sources. We use a diffusion approximation method as analysis of  $P\{Q > m\}$ . The tail probability is given by  $P\{Q > m\} = \zeta e^{-\eta m}$  in the diffusion approximation. In this approximate solution, the error is tendency to increase as offered traffic volume decreases. We can not get enough accuracy to estimate it. To improve the accuracy, we consider a new decay function of  $e^{-\eta m}$ , and we propose the tail probability is approximated by  $P\{Q > m\} = \pi_1 e^{-\eta_1 m} + \pi_2 e^{-\eta_2 m}$ , that is, the complementary distribution of the two-stage hyperexponential distribution. A determination method of parameters of  $\eta_1$ ,  $\pi_1$ , and  $\pi_2$  is described. Also, we show efficiency of our proposed method by comparing approximation results with computer simulation results.

## $\Sigma GI/G/1$ の拡散近似末尾分布の高精度化

[キーワード] バーストラヒック、多重化バースト、末尾分布、拡散近似

[Keywords] Burst Traffic, Multiplexed Burst Traffic, Tail Probability, Diffusion Approximation

### 1 まえがき

次世代インターネット通信への要求として、個々の通信が要求する品質を保証するような通信サービスの実現が高まってきている。このため、品質保証を可能とする新たなインターネット通信技術の開発が急務となっている。このような技術の開発を進める上で、品質性能を評価する手法の確立が不可欠である。

本論文は、複数のバースト通信がルータやスイッチなどのキューイングバッファに加わった場合の品質性能評価法に係わり、特に、品質性能の一つであるキューイングバッファの末尾分布(バッファ内パケット数が閾値  $m$  を越える確率)の評価を拡散近似手法により行うものである。この時の待ち行列モデルとし、 $\Sigma GI/G/1$  を前提とする。

拡散近似では、バッファ内パケット数は非負の整数値しかとり得ないが、これを連続量とみなし、拡散過程でモデル化して解析するものである。バッファ内パケット数の定常確率が比較的簡便な陽形式で得られことから(例えば、末尾分布  $P\{X>m\} = \zeta e^{-\eta m}$ )、計算が非常に簡単である利点がある。しかし、中心極限定理を用いてバッファ内パケット数の分布をガウス分布で近似するため、バッファ内パケット数がゼロになる確率が極僅かの場合、すなわち、重負荷(高負荷)の場合に近似精度が良く、加わる負荷が小さくなるにつれ近似精度が悪くなる欠点がある。

$\Sigma GI/G/1$  モデルの末尾分布の特性として、バッファ長閾値  $m$  が小さい所と大きい所では、 $m$  の増加に対する末尾分布  $P\{Q>m\}$  の減衰する割合が異なり、特に  $m$  の大きい所では、 $e^{-\eta m}$  で減衰することが確認できる。

そこで、このような特性を考慮し、本論文では、 $m$  の小さい所での末尾分布の減衰特性として、 $e^{-\eta m}$  を仮定し、末尾分布を  $P\{X>m\} = \pi_1 e^{-\eta_1 m} + \pi_2 e^{-\eta_2 m}$  で近似し、すなわち、2次の超指数分布の補分布で近似し、重負荷以外での近似精度の改善を図ることを提案する。

近似精度改善のため、新たに加えた減衰項パラメタ  $\eta_1$ 、並びに  $\pi_1$ 、 $\pi_2$  の決定方法について述べ、計算機シミュレーション結果との比較より提案近似

手法の有効性を示す。

### 2 $\Sigma GI/G/1$ における拡散近似

#### 2.1 拡散近似によるモデル化

独立な  $n$  個の再生バーストパケットソースがキューリングバッファシステムに加わるものとする。パケットの処理時間分布は、全てのクラスソースで同じとする。 $i$ -クラスソースの時間  $t$  までの間に到着するパケット数の確率変数を  $A_i(t)$ 、さらに時間  $t$  までに処理されるパケット数の確率変数を  $D(t)$  とする。システム内(バッファ内と処理施設)に残留するパケット数の確率変数  $Q(t)$  は、

$$\left. \begin{aligned} Q(t) &= A(t) - D(t) \\ A(t) &= A_1(t) + A_2(t) + \cdots + A_n(t) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

となる。さらに、 $Q(t)$  の平均と分散は、次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} E[Q(t)] &= E[A(t)] - E[D(t)] = (\lambda - \mu)t \\ Var[Q(t)] &= Var[A(t)] + Var[D(t)] = \lambda I_A(t) + \mu I_D(t) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

ここで、ソース  $i$  のパケット発生率とパケット処理率をそれぞれ  $\lambda_i$ 、 $\mu$  とする。 $\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i$  である。また、 $I_A(t)$ 、 $I_D(t)$  は、パケット到着数、処理数の分散指數(IDC:Index of dispersion for counts)を表し、次式で定義される[1,4]。

$$\left. \begin{aligned} I_A(t) &\equiv \frac{Var[A(t)]}{E[D(t)]} \\ I_D(t) &\equiv \frac{Var[D(t)]}{E[D(t)]} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

ソース  $i$  のパケット到着数に関して、式(3)と同様に分散指數を  $I_{Ai}(t)$  で定義すると、 $I_A(t)$  は次のように表すことができる。

$$I_A(\lambda t) = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\lambda_i}{\lambda} \right) I_{Ai}(\lambda_i t) \quad (4)$$

ただし、ソース  $i$  の平均パケット到着間隔時間  $\lambda_i^{-1}$  と  $n$  多重の平均パケット到着時間間隔  $\lambda^{-1}$  と異なるため、 $I_A(t)$  は  $\lambda^{-1}$ 、 $I_{Ai}(t)$  は  $\lambda_i^{-1}$  で、それぞれ時間を規格化して

いる[2]。

$Q(t)$ の確率過程を拡散近似するために、十分大きな時間  $t$ を考え(ただし、この時の多重するソース数  $n$  は有限とする)、この時間中に非常に多くのパケットの到着と処理がされるものとし、中心極限定理より、 $A(t)$ 、 $D(t)$ をガウス分布で近似する。これより、 $Q(t)$  も式(1)からガウス分布となる。十分大きな時間として、 $t \rightarrow \infty$ を考え、 $Q(t)$ の平均と分散に関して、 $\lim_{t \rightarrow \infty} E[Q(t)]/t$  と  $\lim_{t \rightarrow \infty} \text{Var}[Q(t)]/t$  の漸近的性質を求める。

$$\left. \begin{aligned} \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{E[Q(t)]}{t} &= \lambda - \mu \equiv \beta \\ \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\text{Var}[Q(t)]}{t} &= \lambda C_a^2 - \mu C_s^2 \equiv \alpha \\ C_a^2 &= \sum_{i=1}^n \left( \frac{\lambda}{\lambda_i} \right) C_{a_i}^2 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

ここで、ソース  $i$  のパケット到着間隔時間とパケットの処理時間に関する平方変動係数(SCV:Squared coefficient of variation,  $\text{Var}[x]/(E[x])^2$  で定義される)[4]を、それぞれ  $C_a^2$ 、 $C_s^2$  とすると、 $\lim_{t \rightarrow \infty} I_{A_i}(t) = C_{a_i}^2$ 、 $\lim_{t \rightarrow \infty} I_D(t) = C_s^2$  となることが知られている[1]。また、 $C_a^2$  は多重化されたソースのパケット到着間隔の SCV を表している。

システム内のパケット数の定常確率分布を  $P\{Q \leq x\}$  として、その密度関数を  $p(x)$  とする。式(4)のパラメタ  $\beta$ 、 $\alpha$  を、それぞれドリフト係数と拡散係数とする次の拡散方程式の解により、 $p(x)$  を求めることができる[3]。

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{2} \alpha \frac{d^2 p(x)}{dx^2} - \beta \frac{dp(x)}{dx} &= -\lambda P_0 \delta(x-1) \\ \lim_{x \rightarrow 0} \left[ \frac{1}{2} \alpha \frac{dp(x)}{dx} - \beta p(x) \right] &= \lambda P_0 \\ p(0) = p(\infty) &= 0, \quad (0 < x < \infty) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

ただし、 $\delta(x-1)$  は、 $x=1$  の時にのみ 1 となる  $\delta$ -関数である。また、 $P_0 = 1 - \rho$  ( $\rho \equiv \lambda/\mu$ ) である。

式(6)より、 $p(x)$  は以下となる。

$$\left. \begin{aligned} p(x) &= \frac{\lambda P_0}{\beta} \{e^\gamma - 1\} \quad (0 < x \leq 1) \\ &= \frac{\lambda P_0}{\beta} \{1 - e^{-\gamma}\} e^\gamma \quad (x > 1) \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

ただし、 $\gamma = 2\beta/\alpha$  である。

## 2.2 拡散近似による末尾分布

末尾分布は、式(7)を用いて、

$$\begin{aligned} P\{Q > m\} &= \int_{m+}^{\infty} p(x) dx \\ &= \rho \frac{\rho C_a^2 + K_s^2}{2(1-\rho)} \{e^{\rho C_a^2 + K_s^2} - 1\} e^{-\frac{2(1-\rho)}{\rho C_a^2 + K_s^2} m} \end{aligned} \quad (8)$$

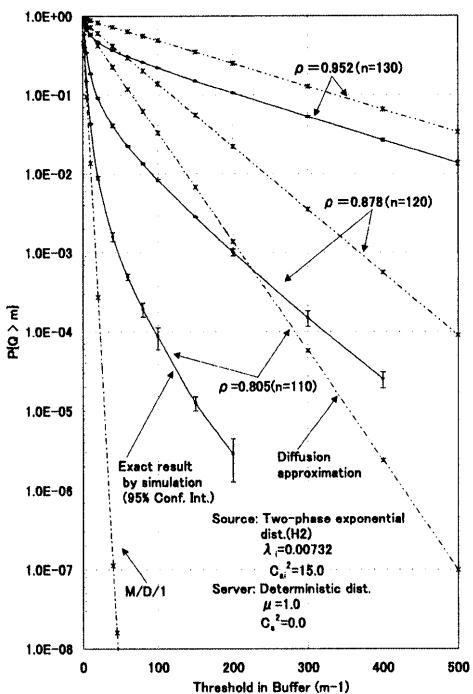


図 1 拡散近似による末尾分布特性例

で求まる。ただし、 $K_s^2 = 1 + \rho(C_s^2 - 1)$  で、近似精度の改善が図れる処理時間 SCV についての修正拡散パラメタを採用した[5,6]。

図 1 に拡散近似による末尾分布の数値例を計算機シミュレーション結果との比較より示す。ソースのバーストパケットとして、パケットの発生間隔時間の平均が  $\lambda_i^{-1} = 1/0.00732$ 、SCV が  $C_a^2 = 15.0$  となる 2 次の超指数分布を仮定し、このソースを  $n$  多重した。特に、同一の統計的性質を持つソースを  $n$  多重した場合は、 $C_a^2 = C_s^2 = 15.0$  となる。また、パケットの処理時間分布として、平均  $\mu^{-1} = 1$ 、平方変動係数  $C_s^2 = 0$  の一定分布とした。 $x$  軸方向をバッファ長閾値(バッファシステム長-処理室、を考慮して、 $m-1$  とする)、 $y$  軸方向を  $P\{Q > m\}$  末尾分布としている。負荷の高い  $\rho = 0.952$  の場合、拡散近似はシミュレーション結果において大きめの近似を与えるが、他の小さい負荷の近似よりも良好な近似となっていることが分かる。

## $\Sigma GI/G/1$ の拡散近似末尾分布の高精度化

また、負荷が小さくなるにつれ、拡散近似の誤差が大きくなることが確認できる。

### 3.2 次の超指数補分布による末尾分布近似

前節で導いた拡散近似による末尾分布は、高負荷以外ではそれほど良い近似とならない。本節では、高負荷以外での近似精度を上げる方法を検討する。

まず、図1で、バッファ長閾値の大きいところでのバッファ長閾値の増加に対する末尾分布の減衰する特性が、拡散近似とシミュレーション結果とで、ほぼ等しいことが分かる。すなわち、式(8)より、末尾分布の減衰特性として  $e^{-\eta_1 m}$ (ただし、 $\eta_1 = 2(1-\rho)/(\rho C_a^2 + K_s^2)$ )を持つと考えることができる。一方、バッファ長閾値の小さいところでは、大きいところよりは末尾分布の減衰する量が大きいことから、 $\eta_1 > \eta_2$ となる  $e^{-\eta_2 m}$  の減衰特性を持つものと予想できる。そこで、 $\eta_1$ として、どのような値を選べばよいかを検討する。

前節で  $Q(t)$  を拡散近似する際に、多重数  $n$  を有限で、十分大きな  $t$  として無限大を考えた。ここでは、まず十分大きな  $t$  として、 $\beta \approx \lambda - \mu$ 、 $I_D(t) \approx C_s^2$  と近似できる有限値とし、多重数  $n$  を無限大することを考える(ただし、 $n$  多重されたソースの総パケット発生率  $\lambda$  は一定とする)。式(4)の右辺に関して、 $\lambda$  を一定に  $n \rightarrow \infty$  とすることは、 $\lambda_i \rightarrow 0$  とすることと等価である。すなわち、 $\lim_{n \rightarrow \infty} I_{A_i}(\lambda_i t) = \lim_{\lambda_i \rightarrow 0} I_{A_i}(\lambda_i t)$  である。一般に  $\lim_{t \rightarrow 0} I_{A_i}(\tau) = 1$  となるので[7]、

$$\lim_{n \rightarrow \infty} I_A(\lambda t) = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{\lambda} = 1 \quad (9)$$

となる。これより、式(5)で表される拡散係数は、

$$\alpha = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{Var[Q(t)]}{t} = \lambda + \mu C_s^2 \quad (10)$$

となる。式(5)の拡散係数と比較すると、式(10)は、式(5)において、 $C_a^2 = 1$  と置いた場合に一致する。SCV が 1 となるのは、指数分布に従うパケット到着時間間隔のみである。従って、 $M/G/1$  の待ち行列モデルを拡散近似した場合のものとなっている。

式(10)を適用した末尾分布は、式(8)より、

$$P\{Q > m\} = \rho \frac{\rho + K_s^2}{2(1-\rho)} \left\{ e^{\frac{2(1-\rho)}{\rho + K_s^2} m} - 1 \right\} e^{-\frac{2(1-\rho)}{\rho + K_s^2} m} \quad (11)$$

となる。この場合の減衰項は  $e^{-2(1-\rho)m/(\rho + K_s^2)}$  となる。バーストソースの SCV としては通常 1 より大きい( $C_a^2$

$>1$ )場合を考えるので、 $C_a^2 > 1$  である。従って、 $\eta_1 = 2(1-\rho)/(\rho + K_s^2)$  とすると、 $\eta_1 > \eta_2$  となり、選択すべき  $\eta_1$  の候補となり得ることが分かる。

式(11)の末尾分布特性を図1に  $M/D/1$  として示している。バッファ長閾値の極小さいところでの減衰特性にかなり近いことが分かる。

そこで、末尾分布  $P\{Q > m\} \equiv F^c(m)$  として、

$$\left. \begin{aligned} F^c(m) &= \pi_1 e^{-\eta_1 m} + \pi_2 e^{-\eta_2 m} \\ \eta_1 &= \frac{2(1-\rho)}{\rho + K_s^2} \\ \eta_2 &= \frac{2(1-\rho)}{\rho C_a^2 + K_s^2} \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

を仮定して、 $\pi_1$  と  $\pi_2$  を適当に決定すれば、うまく末尾分布を近似できるものと考えられる。例えば、 $m$  の小さいところでは、 $F^c(m) \approx \pi_1 e^{-\eta_1 m}$ 、 $m$  の大きいところでは、 $F^c(m) \approx \pi_2 e^{-\eta_2 m}$  となるように  $\pi_1$  と  $\pi_2$  を決める。 $F^c(m)$  は、確率分布の補分布であることから、 $\pi_1 + \pi_2 = 1$  である。したがって、 $\pi_1$  のみの決定で十分である。また、 $F^c(m)$  は、2次の超指数分布の補分布となっている。

末尾分布  $F^c(m)$  を用いると、バッファシステム内のパケット数の確率分布は、 $P\{Q \leq m\} = 1 - F^c(m)$  の2次の超指数分布である。この平均値は、 $\pi_1/\eta_1 + \pi_2/\eta_2$  である。これを考慮して、 $\Sigma GI/G/1$  のシステム内平均パケット数  $Q_m$  を既知として、次式で  $\pi_1$  を決定できる。

$$\frac{\pi_1}{\eta_1} + \frac{1-\pi_1}{\eta_2} = Q_m \quad (13)$$

### 4 数値例による有効性の評価

まず、図1で示したバーストソースとパケット処理時間の統計的性質を同一にして、2次の超指数分布の補分布(式(12))で末尾分布を近似した場合の結果を図2に示す。式(12)を計算する際に必要となる式(13)による  $\pi_1$  の決定で、 $Q_m$  としてシミュレーションによる厳密値を用いた。

図2と図1の比較から分かる様に、バッファ長閾値の小さなところで、僅かにシミュレーション結果よりも小さくなるが、近似精度が格段に良くなっていることが分かる。しかし、加わる負荷が小さくなるに連れ、近似精度が悪くなる傾向は、拡散近似の場合と同様に残っている。

次に、パケット処理時間の揺らぎ(平方変動係数  $C_s^2$ )を変化させた場合について示す。図3は、 $C_s^2=1$ 、すなわちパケット処理時間が指数分布に従う場合を示す。図4は、 $C_s^2=5$ と設定し、指数分布よりもさらに揺らぎの大きい2次の超指数分布を仮定した。両図の数値例とともに、拡散近似で求めた場合と式(12)を用

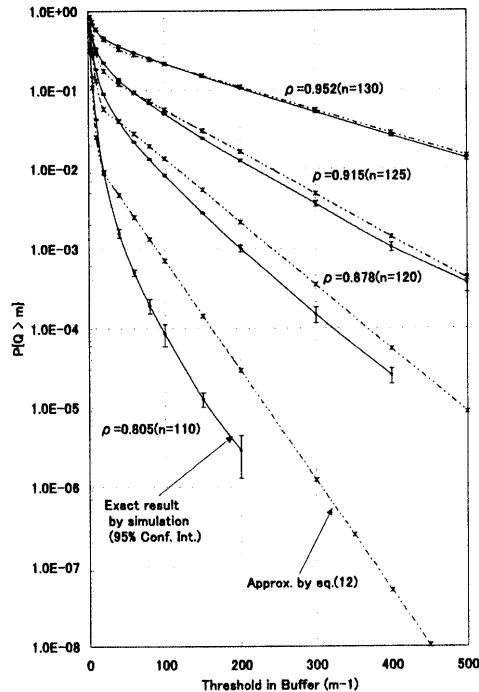


図2 2次の超指数分布の補分布による近似(1)

いた場合について示している。いずれの場合も、拡散近似よりも式(12)を用いた近似の方が近似精度を改善できることが確認できる。また、パケット処理時間の揺らぎが大きい場合には、シミュレーション結果よりも小さめの近似値を与えることが分かる。

### 5 減衰率修正による近似精度補正

2次の超指数分布の補分布による末尾分布近似は、拡散近似よりも近似精度を改善できるが、加わる負荷が小さくなる連れ近似精度が悪くなってくる。そこで、ここではさらに近似精度を改善する方法を検討する。

式(12)に関して、バッファ長閾値の小さいところの減衰特性を近似する  $\eta_1$  に係わる多重化ソースの平方変動係数を  $x$  と置き、 $x$  の変化に対して  $F^c(m)$  がどの程度変化するかを考える。すなわち、 $F^c(m)$  を次のような  $x$  のみの関数として、変化量を考える。

$$\left. \begin{aligned} F^c(m) &= \pi_1(x)e^{-\eta_1(x)m} + \pi_2(x)e^{-\eta_2 m} \equiv f(x) \\ \eta_1(x) &= \frac{2(1-\rho)}{\rho x + K_s^2} \\ \eta_2 &= \frac{2(1-\rho)}{\rho C_a^2 + K_s^2} \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

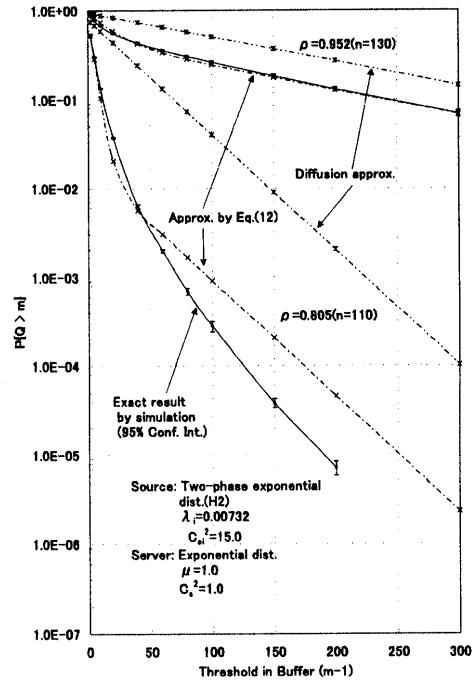


図3 2次の超指数分布の補分布による近似(2)

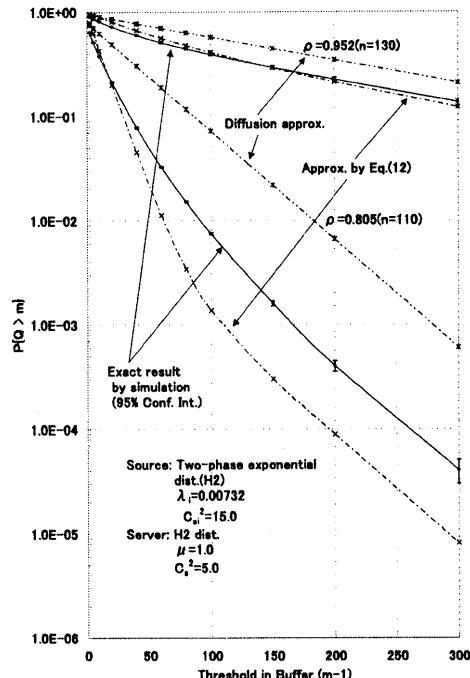


図4 2次の超指数分布の補分布による近似(3)

## $\Sigma GI/G/I$ の拡散近似末尾分布の高精度化

ここで、 $x=1$  の時は、式(12)に一致することに注意する。また、 $\pi_1(x)$  と  $\pi_2(x)$  は、式(13)より次式となる。

$$\left. \begin{array}{l} \pi_1(x) = \frac{\eta(x)(1-\eta_2 Q_m)}{\eta_1(x)-\eta_2} \\ \pi_2(x) = 1 - \pi_1(x) \end{array} \right\} \quad (15)$$

特に、ここで考える  $x$  の取り得る範囲は、 $x$  が平方変動係数であることと、 $\pi_1(x) + \pi_2(x) = 1$  の条件を考慮の下に  $0 < \pi_1(x) < 1$  を仮定して、 $0 \leq x < (2(1-\rho)Q_m - K_s^2)/\rho$  とする。

$x$  の変化量を  $\Delta$  とした時の  $f(x)$  の変化量は、 $f(x+\Delta) \approx f(x) + f'(x)\Delta$  で近似できるので、 $ER \equiv f(x+\Delta)/f(x)$  と置くと、

$$ER = 1 + \frac{f'(x)}{f(x)} \Delta$$

となる。これを  $\Delta$  について解くと、

$$\Delta = \frac{ER-1}{\frac{f'(x)}{f(x)}} \quad (16)$$

となる。微分  $f'(x)$  は、式(14)と式(15)から次のように求まる。

$$\left. \begin{array}{l} f'(x) = \{\pi'_1(x) - \pi_1(x)\eta'_1(x)m\}e^{-\eta_1(x)m} + \pi'_2(x)e^{-\eta_2 m} \\ \eta'_1(x) = -\frac{2\rho(1-\rho)}{(\rho x + K_s^2)^2} \\ \pi'_1(x) = -\frac{\eta_2(1-\eta_2 Q_m)\eta'_1(x)}{\{\eta_1(x)-\eta_2\}^2} \\ \pi'_2(x) = -\pi'_1(x) \end{array} \right\} \quad (17)$$

式(16)を用いて、次のように近似の修正を行う。例えば、図2の  $\rho=0.805$  に関して、バッファ長閾値( $m-1$ )=150 の時のシミュレーションの厳密解は、 $P\{Q>m\}=1.27 \times 10^{-5}$  である。この値を  $f(x+\Delta)$  と置く。次に式(12)による近似値は  $1.43 \times 10^{-4}$  であり、これを  $f(x)$  と置く。これより、 $ER=0.089$  となる。 $x=1$  であることに注意して、式(16)を計算すると、 $\Delta=0.21$  となる(ただし、この時  $Q_m=3.065$  である)。

このことより、式(14)の  $\eta_1(x)$  に関して、 $x=1+0.21=1.21$  とすれば、バッファ長閾値( $m-1$ )=150 の時のシミュレーション結果に近い値が得られることになる。

式(12)の近似は、バッファ長閾値の大きいところで、シミュレーション結果とほぼ同一の減衰率となることから、 $ER$  値はほぼ一定値となることが期待できる。これは、バッファ長閾値の大きいところでの或バッ

ファ長閾値の一点で、近似値がどの程度の誤差があるかを知ることで、近似の修正ができるることを意味する。

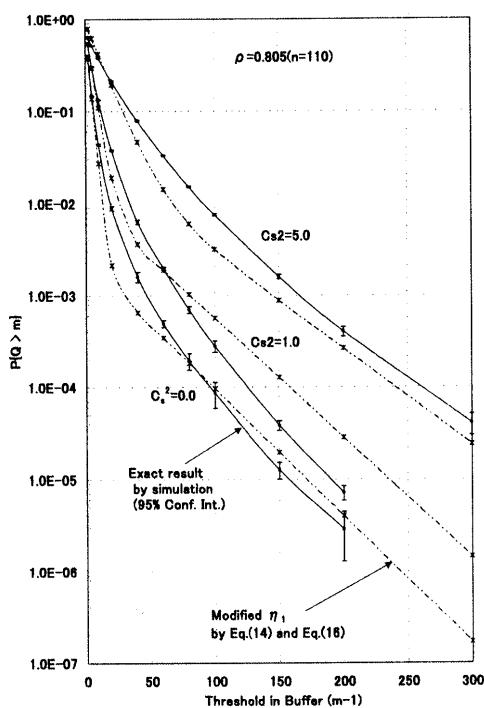
図5に式(16)を用いて、 $\eta_1$  の修正を行った結果である。 $C_s^2=1.0$  に関しては、バッファ長閾値( $m-1$ )=200 の時に、 $\Delta=0.1$  であるので、 $x=1+0.1=1.1$  とした。ただし、 $Q_m=5.165$  である。 $C_s^2=5.0$  の場合は、 $m-1=150$  の時、 $Q_m=13.202$  で、 $\Delta=-0.313$  であるので、 $x=1-0.313=0.687$  とした。

バッファ長閾値の小さいところで、式(12)の近似よりも、僅かに悪くなる部分はあるが、バッファ長閾値の大きい部分では、近似精度が改善されることが分かる。近年のルータやスイッチなどの装置では、数100から数1000といったバッファの大容量化が進んでいることから、バッファ長閾値の小さい部分の近似精度誤差は、実際のネットワークや装置などの品質設計などにそれほど大きな問題とならないと考えられる。

## 6 むすび

拡散近似手法を用いた場合、 $\Sigma GI/G/I$  の末尾分布は  $e^{-\eta m}$  で近似できることを示し、重負荷では比較的良好な近似が得られるが、負荷が小さくなるに連れ、近似誤差が非常に大きくなることを述べた。重負荷よりも小さいところでの近似精度を改善するために、バッファ長閾値の小さい部分と大きい部分での、末尾分布の減衰項を  $e^{-\eta_1 m}$  と  $e^{-\eta_2 m}$  に分け、これら2つの減衰項の加重和、すなわち、2次の超指数分布の補分布で末尾分布を近似した。 $\eta_1$  として、 $M/D/I$  の拡散近似末尾分布の減衰率を用いた場合、近似精度を改善できることを計算機シミュレーション結果との比較より示し、2次の超指数分布の補分布で末尾分布を近似することの有効性を示した。

さらに、2次の超指数分布の補分布による近似手法の近似の精度をさらに改善するために、平方変動係数の補正により  $\eta_1$  を修正する方法を述べ、バッファ長閾値の大きいところで、近似精度が改善されることを確認した。このことは、ネットワーク機器のバッファの大容量化が進んでいることより、品質設計などに十分適用可能なレベルにあるものと考えることができる。

図 5 修正  $\eta_1$  による末尾分布特性

今後、本近似手法を基本に、ネットワークの品質設計手法の検討を進めていく予定である。

### 参考文献

- [1] Sriram, K.; Whitt, W., "Characterizing Superposition Arrival Processes in Packet Multiplexers for Voice and Data", *JSAC of IEEE*, No.6, pp.833-846, 1986.
- [2] Fendick, K. W.; Whitt, W., "Measurements and Approximations to Describe the Offered Traffic and Predict the Average Workload in a Single-Server Queue", *Proceedings of IEEE*, Vol.77, No.1, pp.171-194, 1989.
- [3] Gelenbe, E.; Mitrani, I., *Analysis and Synthesis of Computer Systems*, Academic Press Inc., 1980.
- [4] Cox, D. R.; Lewis, P. A. W., *The Statistical Analysis of Series of Events*, Chapman and Hall Ltd., 11 New Fetter Lane, London, 1978.
- [5] 星合, 高橋, 秋丸, 「待ち行列システムの修正拡散近似について」, 信学論, Vol. J70-B, No.3, pp.279-287, 1987.
- [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] 阿部, 「多重化バーストパケット入力待ち行列システムの再生過程近似による性能評価法」, 信学論(B-I), Vol. J79-B-I, No.6, pp.383-395, 1996.

## 研究論文

# “SAIKAM”：インターネット上の協調的な対訳辞書構築環境の実現 Implementation of an Internet-Based Dictionary Development Environment: “SAIKAM”

学術情報センター ウッティチャイ アムポーンアラムウェート  
Vuthichai AMPORNARAMVETH  
National Center for Science Information Systems  
学術情報センター 相澤 彰子  
Akiko AIZAWA  
National Center for Science Information Systems  
学術情報センター 大山 敬三  
Keizo OYAMA  
National Center for Science Information Systems  
タマサート大学 タサニー メーターピスィット  
Tasanee METHAPISIT  
Thammasat University

## 要旨

本稿ではインターネットに分散する多数の執筆者による協調的な日タイ対訳辞書構築を支援する環境「SAIKAM」の設計および実装について述べる。「SAIKAM」は多言語ウェブインターフェース、オンライン型の編集ツール、用例ナビゲーターを含む統合的な辞書環境で、インターネットを利用してことで、時間や場所の制約を超えた執筆作業が可能にしている。本稿では「SAIKAM」の特徴的な機能として(1)既に公開されている日英及びタイ英辞書データを利用して執筆者の負担を軽減する辞書初期化機能、(2)新規登録および校正するべき語のリストをシステム側で選別し、執筆者に提示するための編集機能、(3)全文検索エンジンによる用例ナビゲーション機能について報告する。

## ABSTRACT

In this paper, an ambitious on-line Japanese--Thai dictionary development project called "Saikam" initiated by a group of Thai professionals and students in Japan is discussed. The project provides an on-line collaborative integrated environment to support development of Japaese--Thai dictionary on the Internet. Developers from all over the World can connect to the centralized dictionary database and update the content anytime at their convenience using standard web browsing tools. Some technical efforts have been made to enable trilingual editing environment on the existing WWW tools. Also, indices on large--scale Japanese text corpus were created to assist in selection of frequently--used words, and provide word usage navigating features to students of Japanese language.

[キーワード] インターネット、対訳辞書、協調作業  
[Keywords] Internet, Online Dictionary, Collaborative Work

“SAIKAM”：インターネット上での協調的な対訳辞書構築環境の実現

表 1 日↔タイ辞書(括弧でくくった数値は概算である)

Author	Title	¥# of Words	Price (Yen)
Thai → Japanese			
富田 竹二郎	[タイ語辞典]	[30,000]	35,000
松山 納	タイ語辞典	20–35,000	40,000
松山 納	簡約タイ語辞典	[7,000]	10,000
高橋 康敏	タイ語実用辞典	[6,000]	6,000
コサー アリーヤ	タイ・日辞典	22,000	4,757
小此木國満	すぐにつかえる タイ語--日本語辞典	[7,000]	---
Japanese → Thai			
コサー アリーヤ	日・タイ辞典	22,000	4,757
松山 納	日タイ辞典	[7,000]	8,000
小此木國満	新すぐにつかえる 日本語--タイ語辞典	7,700	3,800

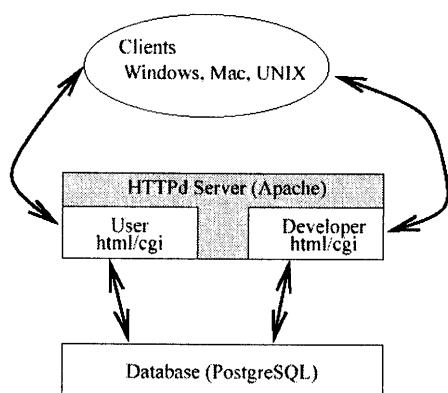


図 1 インターネット上の「SAIKAM」データベース及び http サービス

## 1 研究背景・動機

日本語を勉強する外国人にとって、日本語と母国語の間の対訳辞書の存在は不可欠であるが、言語によっては、語彙、用例ともに限定された小規模な辞書しか入手できない場合も多い。例えば、タイ語の場合は表 1 にまとめたように現時点では出版されているタイ日辞書は小大規模に渡って多数あるにもかかわらず、ほとんどの日タイ辞書は日常的な語に焦点を絞った小規模なものに過ぎない。辞書の内容も対訳語の並びのみで、説明的な意味や用例などを備え、論文作成などの目的で使用できるレベルの辞書は存在しない。そこで我々はインターネット環境を利用した日タイ対訳辞書システム「SAIKAM」(サイカム)[1]の構築を進めている。

大規模な辞書構築のためには多くの労力と時間が必要であるが、インターネットを利用することにより、すでに日本滞在期間を終了し、タイへ帰国した後でも執筆に参加できるなど、時間や場所の制約を

超えた執筆作業が可能になる。また、サーバへの検索要求やインターネット上の出現頻度を参考することで、検索要求が高い語や頻出語を優先的に登録更新するなど、辞書そのものの柔軟性を高めることができる。

## 2 「SAIKAM」のシステム概要

「SAIKAM」では、図 1 のようにインターネット上に分散する多数の編集者による辞書入力のための作業環境を提供する。辞書執筆の進行と同時に一般的のユーザが検索インターフェースを通じて最新のデータにアクセスし辞書を参照することも可能である。このように、辞書編集、登録された語の検索、用法ナビゲーションのための検索エンジンを同一サーバ上で実現することにより、図 2 のような統合的な辞書システムの実現を目指している。

## 3 辞書構築のための多言語インターフェース

日本タイ辞書検索・編集の作業を行うためには、日本語とタイ語の双方を同一画面上で表示入力する必要がある。本章はこの要求に応えるための多言語インターフェースの実現についてを述べる。

多数の参加者を募る「SAIKAM」のようなプロジェクトにおいてはできるだけ多くのインターネット上の利用者・執筆者が簡単に利用・参加できることが重要なポイントである。ウェブブラウザによるインターフェースは多様なプラットフォームに対応しており、多くの利用者が操作を熟知しているという利点がある。

そこで「SAIKAM」では特にプラグインソフトをインストールしなくても、一般的なウェブブラウザ

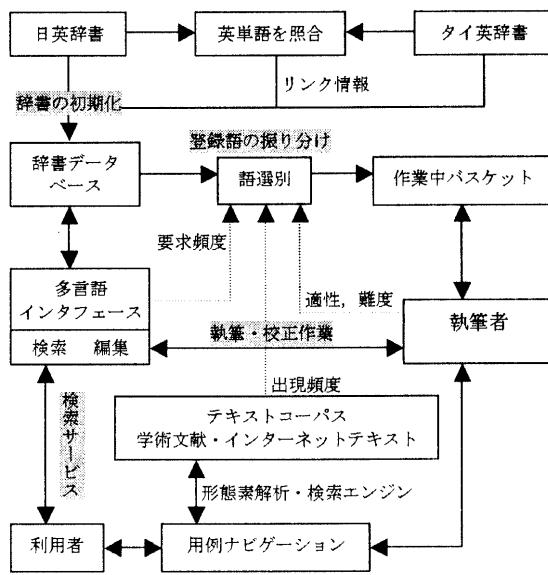


図2 「SAIKAM」の全体概念図

を介して、システムへのアクセスができるようになり、CGI スクリプトを用いて以下の多言語インターフェースを実現した。

### 3.1 多言語出力

日本語及びタイ語のフォントをインストールすることにより、ほとんどのシステムにおいて日タイいずれか一方の言語の文字の表示が可能となるが、両言語を同時に表示するために UNICODE などの多言語対応の文章コードを使用しなくてはならない。しかし、UNICODE に対応しているウェブブラウザは一部であり、使用可能なプラットフォームは限定されてしまう。UNICODE を使用しない多言語表示可能なウェブブラウザは OMRON [11] が拡張した WWW Consortium の Arena [10] が存在するが、残念なことに、タイ語の表示が可能ではなく [9]、Unix 以外のプラットフォームにも対応していない。

また、利用者の使用環境によってはシステムにフォントをインストールする権利を持たない、またはそのシステムに対応するフォント形式が存在しない場合などもある。そこで「SAIKAM」は日本語・タイ語の文字列を GIF 画像の形でブラウザに送る機能を実現している。

### 3.2 多言語入力

日本語の入力については OS が提供する IME

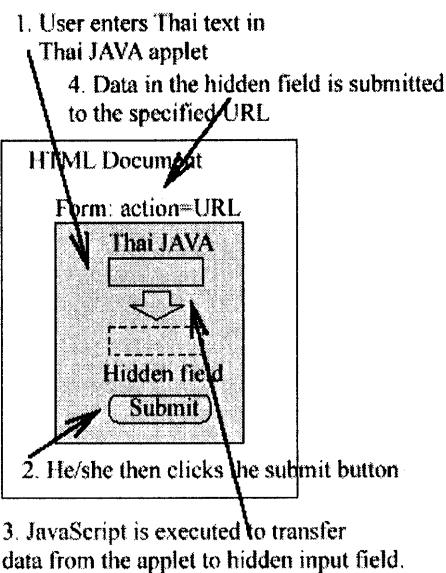


図 3 タイ JAVA Applet によるタイ文字列の入力

[12]を用いるものとし、タイ語の入力については、タイ語版の OS を利用する場合には OS が提供するタイ語入力機能を、そうでない場合は JAVA Applet によりタイ語入力を実現する。

タイ JAVA Applet [13] はタイの文字を画像として表示し、一般テキストエディターのように操作できる。JAVA スクリプトと合用することでユーザがこの Applet に入力したタイ文字列は図 3 のような手順で、HTML フォームの他のデータと一緒にサーバへ送信される。

なお、これらの入出力に関するオプションは利用者のプラットフォームに応じて設定可能項目が決まっており（図4）、利用時に利用者毎に独立で行なえるようになっている。また選択された入出力方式は利用者側のブラウザにcookieとして保存されるので、再び設定する必要がない。[2]

## 4 辞書データベースの構成

「SAIKAM」における対訳辞書は図 5 のように、  
1)日本語単語のリスト (**T\_JWord**)、2)タイ語単語の  
リスト (**T\_JWord**)、3)対訳関係にある日本語とタイ  
語を結ぶリンク情報 (**T\_Link\_JT**)、の 3 つの表から  
なる辞書データベースである。多義語を扱うために、  
単語の表示と単語の語意を **T\_JWord** 及び  
**T\_JWordinfo** に分ける。ちなみに、複数の  
**T\_JWordinfo** が同じ **T\_JWord** を共有する場合があ

“SAIKAM”：インターネット上での協調的な対訳辞書構築環境の実現

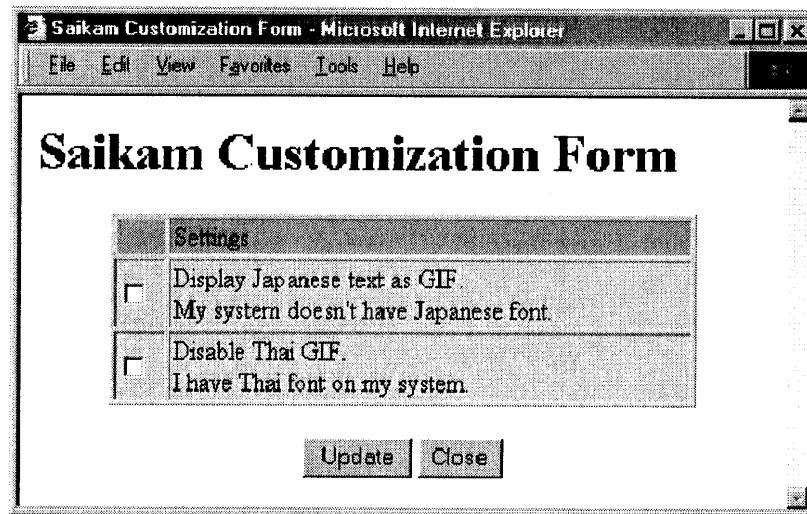


図 4 ユーザが設定可能な入出力に関する項目

り、一つの **T\_JWordinfo** のレコードは一つの意味に対応する。**T\_Link JT** は単語レベルの **T\_JWord** と **T\_TWord** ではなく、語意レベルの **T\_JWordInfo** と **T\_TWordInfo** を結ぶ。

そして、類義語に対応する **T\_JWordinfo** に同じ **JConceptID** を与えることによって、類義語の概念グループを生成することになる。単語の用例は別の **T\_Sample** 表に保存されるので、同じ用例を複数の語意から参照することが可能である。なお、各単語の関わる専門分野は **T\_Link\_FJ** に記録する。

**T\_Staff** に登録した辞書の執筆者は各自の作業バスケット **T\_BasketJ** に **T\_JWord** から単語を振り分けることで、作業中の単語集合を管理する。これによって、同時に複数の執筆者が同じ単語を執筆するような重複作業を回避することができる。

図 5 には日タイ(右)とタイ日(左)に対応する表を示すが、現時点では日タイの部分のみ実現されている。

#### 4.1 辞書データベースの初期化

既にインターネット上で公開されている日英対訳(2.2万語) [5]、タイ英対訳(5.1万語)・タイ単言語(3.2万語) [6]の辞書情報を用いて日タイそれぞれの登録語の初期化を行い、さらに、これら 2 つの対訳辞書に含まれる英単語を照合することにより、日タイの対応の初期化を行なった。

以下、英単語の照合による対訳関係の初期化方法をより詳しく説明する。入手した日英辞書とタイ英辞書のテキストファイルには単語及びその語の意味

を説明する英文の 2 種から成る単純なデータ形式を持つ。例えば、日英辞書(総単語数: 22,010)の場合は

だから	/therefore/
復元[ふくげん]	/restoration (vs)
	(to original state)/

復習[ふくしゅう] /review (vs)/

のように表されている。ここで、括弧は単語の品詞または追加情報を表す。同様にタイ英辞書(総単語数: 51,645)の場合は

ກະລືບ	petaled/petal/a fold
ໜູ້ປ່ານ	village
ໜຍາວ	rough/crude

となっている。基本的には共通の英訳を持つ語同士を対応づけるが、タイ英辞書では品詞情報などが記述されていないこと、表記形式に違いがあることなどから、英単語の照合を行なう前に、両辞書の形式を一致させるため、括弧削除などの前処理を適用する必要がある。

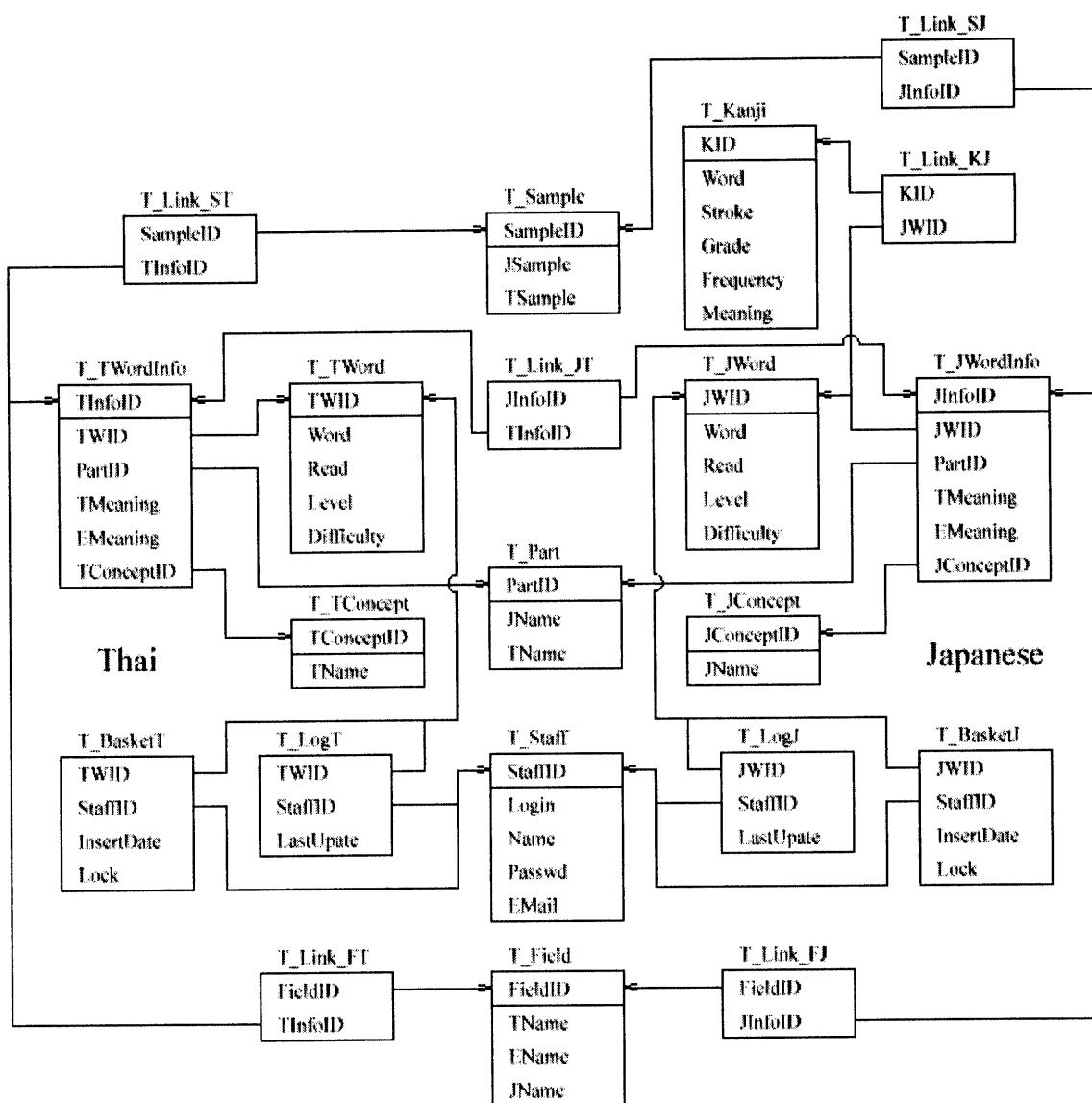


図 5 「SAIKAM」データベース、Simplified Entity-Relationship Diagram

#### 4.2 辞書データの前処理

辞書の相違点を考慮して、まず日英及びタイ英辞書に対して次の処理を行なう。

1. 語意の展開: 多義語を複数の語意に展開して書く。例 :

困苦[こんく]/privation/hardship/

↓

困苦[こんく]/privation/

困苦[こんく]/hardship/

2. 品詞などを示す括弧を削除する。例 :

restoration (vs) (to original state) →

restoration

review (vs) → review

3. 不要な空白を除く。例 :

"review\_" → "review"

"get\_off" → "get\_off"

#### 4.3 単語間のリンク重みの計算

次に英語による語意が共通している日タイ語間にリンクを決定する。このときに、日単語とタイ単語間のリンク重みを次のように求める。

1. 英文の説明がそのまま一致するならば

## “SAIKAM”：インターネット上の協調的な対訳辞書構築環境の実現

- リンク強度 → 100
2. 動詞を強調する "to" の削除により ("to eat" → "eat")一致する場合、  
リンク強度 → 90
  3. 記号 ("\_!,-,:/|), "s" の削除により一致する場合、  
リンク強度 → 80
  4. 英単語を語幹に変換した後に [16]:  
 "I am going" → "I be go"  
 "changing" → "change"  
 "said" → "say"  
 一致する場合、  
 リンク強度 → 70
  5. それ以外はそれぞれの定義部分の共有語幹の数から以下のように重みを決定する。  
 タイ英辞書: タイ単語の意味を説明する英単語は T1 T2 T3 T4 とした場合  
 "タイ単語: T1 T2 T3 T4" ( $n_t=4$ )  
 日英辞書: 日単語の意味を説明する英単語は J1 J2 J3 とした場合  
 "日単語: J1 J2 J3" ( $n_j=3$ )  
 リンク強度 (0-50) =  

$$\sum_t \sum_j \frac{2 \times (\text{if } T_i == J_j \text{ then } 1)}{n_t + n_j} \times 50$$

2 は特に日英辞書の記述に固有の処理である。前処理段階における多義語の展開により同一の日タイ対訳の間には複数のリンクが存在する場合もある。そこで、それぞれの語意に対して得られたリンク強度の和の取り、日単語とタイ単語間のリンクの総重みを計算する。

### 4.4 リンクの結果

上記のルールによって作成したリンクの重みの分布を下の表に示す。

点数	リンク数
≥100	92,790
90-99	19,469
80-89	4,052
70-79	16,305
60-69	21,229
50-59	32,066
40-49	26,350
30-39	210,930
1-29	1,668,564
Total	2,091,755

表より重み 1 以上のリンクは約 209 万本存在し、20,468(93%)語の日単語と 43,739(85%)語のタイ単語がリンクで結ばれることが分かる。しかし、対応づけを人手により調べた結果、重みが 1-33 のリンクのほとんどは不正確な対応づけであることが分った。そこで、重みが 34 以上の 214,122 本のリンクのみでデータベースを初期化することにした。これらのリンクにより結ばれる語の数は日単語 18,743(85%) 語とタイ単語 35,737(69%) 語であった。

## 5 語の登録と編集作業

### 5.1 語の登録

「SAIKAM」のデータベースの一貫性を維持するために、一般の執筆者は登録語(図 5 の **T\_JWord**)を追加・削除することはできない。「SAIKAM」サーバの管理者は検索要求、インターネット上の出現頻度などの情報に基づき優先的に登録するべき語を選択する。

### 5.2 執筆者への振り分け

「SAIKAM」では、執筆者の適性、作業状況、専門分野及び上記の検索要求、単語の出現頻度などの情報に基づき各執筆者の作業バスケットに登録語を振り分ける。なお選別方式の詳細については現在検討中であり、実装システムでは単純にランダムな登録語の振分けを行っている。

### 5.3 執筆および校正

インターネット上の執筆者は、各自の作業バスケット中の単語から適宜単語を選択し、図 6 に示される編集フォームを通じて、品詞選択、初期リンク情報のチェック、新規リンクの追加、概念グループに割り当て、単語の説明的な意味及び用例の執筆などの作業を行う。各登録語は、複数の執筆者による校正を行うものとし、各分野の専門家による最終校正を経て編集作業が終了する。

## 6 用例ナビゲーション機能

人手により登録される用例は数に限りがあるため、十分に利用者の要求を満足できない場合も考えられる。そこで「SAIKAM」は、大量に蓄積された日本語テキストデータに対して形態素解析[3]を適用し、さらに全文検索エンジン[4]を介して高速にアクセスして、与えられた語に関連する用例を提示する機能

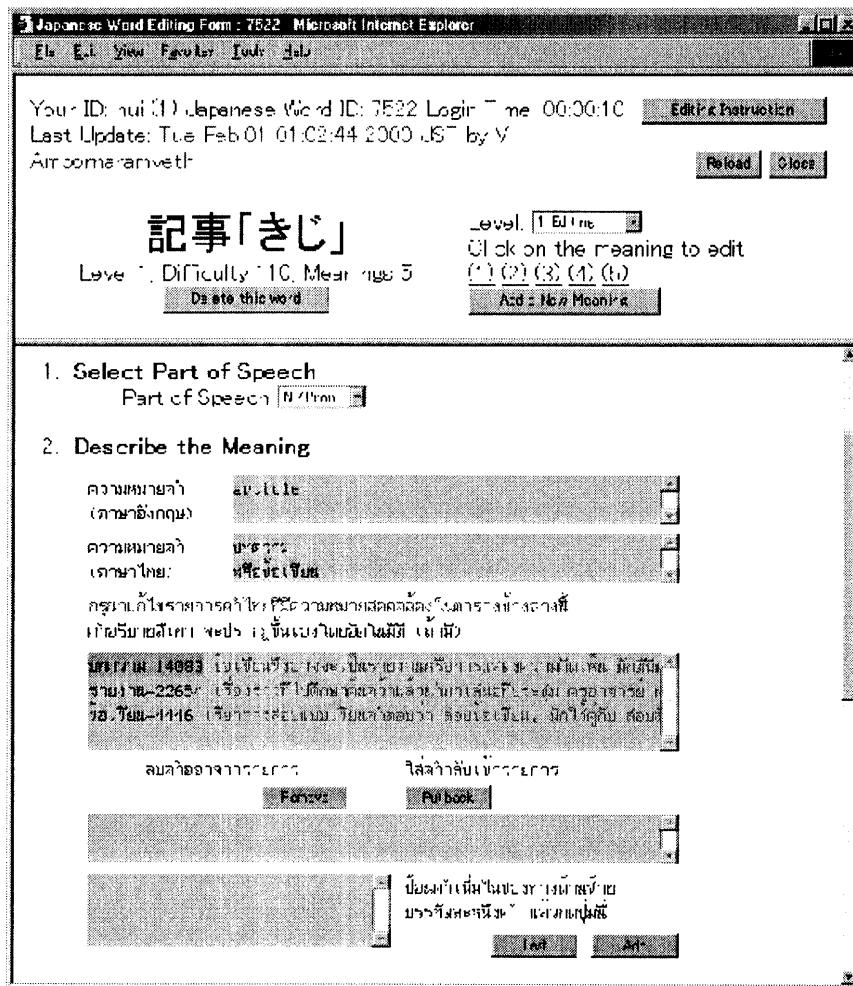


図 6 日単語編集画面

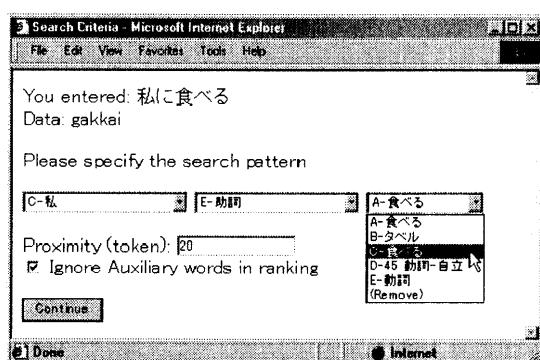


図 7 検索条件指定画面

の実現をめざしている。

辞書とコーパスの併用による統合的な辞書環境について文献[7]などの例があるが、「SAIKAM」では特に日本語を母国語としない外国人に対して柔軟な言語ナビゲーション機能を提供することを目的と

して、漢字のむずかしさや語の頻度情報に基づく文の難易度ランキングを行う。

具体的には、まず、システムが利用者の入力を形態素解析し、入力に含まれる単語毎に単語と品詞のリストを表示する。「私に食べる」など利用者の入力が誤りを含む可能性もあるため、利用者は対話的に個々の項目に単語または品詞を選び検索条件を指定できる(図7)。検索エンジンはその条件と一致する用例を抽出し、予め定められた難易度基準にしたがって、利用者に分かりやすい順に提示する(図8)。さらに全文検索エンジンを用いることによって[8]、インターネット上での該当する用例の出現頻度情報や、その用例が出現した文書の URL を提示するなどの適用も考えられる。

## “SAIKAM”：インターネット上の協調的な対訳辞書構築環境の実現

Result for E-名詞+E-助詞+O-食べる

00248142: 36725113/148 .4)子グモが卵のうから出た後、雌親を除去した場合、子グモは2歳で分散することが多く、子グモの体サイズは雌親を食べた個体の1/3にすぎなかった。C-.
00247786: 40884811/165 演者らは、昨年度の本大会で、ベニツチカメムシの雌成虫が唯一の食物であるホロボロノキの核果を巣に運び込み、それらを幼虫が食べる現場を確認したことを報告した。C-.
00232622: 29543002/127 しかし、きちんとした食事ではないが、何かを必ず食べるようにしている者の42.2%が過去1週間に一度以上朝食を欠食していた。C-.
00209923: 21622081/103 また日本人は従来、卵や牛肉を食べるなどを忌み嫌ったか嗜好的には、それらを好むと指摘している。C-.

図 8 検索結果

### 7 まとめと今後の課題

本稿ではインターネット上の協調的辞書構築システムの概要を述べ、通常のブラウザで日タイ英の三ヶ国語が混在するテキストを入力表示できる多言語インターフェースの実装、RDBMに基づく辞書および編集者管理データベースの設計、日英・タイ英の基本辞書の読み込みと英単語の参照による日タイデータベースの初期化法及びその機能を説明した。すでに上記の機能の主要部分を実現し、インターネット上で辞書構築サーバを運用している(<http://thaigate.nacsis.ac.jp:8888/>)。

執筆作業開始から半年後の現在、編集グループへの参加者は45名に上っている。試行システム上で辞書構築に参加する執筆者からの評価により、編集作業において問題となっているのは、ネットワークの制約によりサーバへのアクセス及び適切な日本語用例の入力の難しさであることが分っている。そこで現在、以下のような方向でシステムの拡張を検討している。

- ・ネットワーク上の負荷分散および執筆環境の整備：サーバへのアクセスを容易にするため、広域にカーバする分散型複数のデータベースサーバ構成に展開する。そして、オフラインでも編集作業が行えるように、パソコン用のクライアントソフトも用意する。
- ・コーパスを用いた言語習得支援機能の実現：日タイ対訳辞書執筆を支援するため、辞書やテキストコーパス、インターネット文書などの大量

日本語テキストデータに形態素解析、検索エンジンと言ったツールを適用し、語共起や単語の用例などを取得する言語ナビゲータツールを開発する。

さらにシステムの有効性評価のため、留学生を対象にしたアンケート調査の準備も進めている。

### 参考文献

- [1] V, Ampornaramveth., “SAIKAM: An Online Dictionary Development Project” *Proc. of the 4th Intl. Workshop on Academic Information Networks and Systems*, February 1998, NACSIS Seminar House, Karuizawa, Japan. <http://thaigate.nacsis.ac.jp:8888/>
- [2] V, Ampornaramveth., “Trilingual WWW Interface to SAIKAM Dictionary Project” *Proc. of the 5th Intl. Workshop on Academic Information Networks and Systems*, December 1998, AIT, Thailand.
- [3] 松本祐治・他,“日本語形態素解析システム「茶筌」使用説明書”,奈良先端科学技術大学院大学, 1997.
- [4] “Pat Reference Manual”, OpenText Corp.
- [5] “EDICT: Japanese--English Dictionary”, <http://www.dgs.monash.edu.au/%7eejwb/japanese.html>
- [6] “Resource of Thai Language Processing”, <http://www.links.nectec.or.th/thaires/>
- [7] 春野雅彦,「AIDA: コーパスを利用した適応的辞書環境」,自然言語処理 1997/7/25, PP.117-124.
- [8] 大山敬三,「インターネットに適応した全文データベース検索システムの構成」,学術情報センタ一紀要第7号, 1995.
- [9] 錦見美貴子,高橋直人,戸村哲,半田剣一,桑理聖二,向川信一,吉田智子,「マルチリンガル環境の実現 X Windows/Wnn/Mule/WWW ブラウザでの多国語環境」, Prentice-Hall (Japanese) 1996. <http://www.biwa.or.jp/%67etomoko/wnn/>
- [10] “Arena”, <http://www.w3.org/Arena/>
- [11] “Arena i18n: Extended Arena by OMRON” <http://www.wg.omron.co.jp/%7eshin/Arena-CJK-doc/>
- [12] “Microsoft Global Input Method Editor” <http://www.asia.microsoft.com/windows/ie/intlhome.htm>

- [13] "Thai JAVA Applets" , <http://thaigate.nacsis.ac.jp/refer/thaijava/>
- [14] "Thai Computing References" , <http://thaigate.nacsis.ac.jp/refer/>
- [15] 電機通信大学タイ留学生会, "ZzzThai Homepage" , <http://www.fedu.uec.ac.jp/zzzthai/>
- [16] Yasumasa, Someya., <ysomeya@gol.com>, "e\_lemma.txt" September 1, 1998. <http://www.liv.ac.uk/%7ems2928/wordsmith/index.htm>
- [17] Vuthichai Ampornaramveth, Akiko Aizawa, Keizo Oyama, 「インターネット上の協調対訳辞書構築プロジェクト“SAIKAM”」, 情報処理学会情報基礎研究会(FI)第 56 回, 図書館情報大学, 1999/11/30.

## 研究論文

### オンラインジャーナル編集・出版システムの開発

### Development of an Online Journal Editing and Publishing System

学術情報センター 大山 敬三

Keizo OYAMA

National Center for Science Information Systems

学術情報センター 神門 典子

Noriko KANDO

National Center for Science Information Systems

学術情報センター 佐藤 真一

Shin'ichi SATOH

National Center for Science Information Systems

学術情報センター 加藤 弘之

Hiroyuki KATO

National Center for Science Information Systems

学術情報センター 日高 宗一郎

Soichiro HIDAKA

National Center for Science Information Systems

## 要旨

学術情報センターで開発中のオンラインジャーナル編集・出版システムは、学協会や大学が刊行する学術雑誌の執筆・編集・出版のすべての工程を電子化・オンライン化し、学術研究成果の流通を効率化するものである。学協会が運用して編集に利用するインハウスシステムは多様な編集部体制や文書形式に対応できる設計となっている。学術情報センターが運用してオンライン出版に用いるシステムは強力な検索能力を持ち、多数の購読者支援機能を提供する。本稿では、このシステムについて、著者、編集担当者、購読者などの視点からの機能や利用方法を説明し、学協会における活用方法を紹介している。

## ABSTRACT

The editing and publishing system for online journals which is under development at NACSIS is to realize efficient distribution of research results, by means of supporting for academic institutions to make all the processes of producing academic journals electronic and online. The in-house system which is operated and used by each academic institution is designed to be flexible enough to adapt to various editing organization and document formats. The online system which is operated by NACSIS and is used for online publishing has a powerful searching capability and provides various reading support functions. This article describes the functions and usages of the system from viewpoints of authors, editors, subscribers, etc., and explains possible introduction methods to academic institutions.

[キーワード] オンラインジャーナル、電子投稿、電子編集、工程管理、オンライン査読、電子認証、全文検索、XML、引用リンク

[Keywords] online journals, electronic submission, electronic editing, process management, online refereeing, electronic authentication, fulltext search, XML, citation links

## オンラインジャーナル編集・出版システムの開発

### 1 はじめに

学協会や大学等の学術機関（以下学協会）で刊行されている学術雑誌は研究成果の発信・流通において重要な役割を担っている。しかし、雑誌の出版コストの増大、購読者の減少、世界的なオンラインジャーナル化（例えば参考文献1）への対応などのために、技術的・システム的な公的支援を求める声が強くなってきた。さらに、欧文誌においては、雑誌の編集自体まで海外の出版社に依存する例も出てきており、国内の研究活動の空洞化を心配する声も聞かれるようになっている。

そこで学術情報センターでは、これらの学術雑誌のオンライン形態による出版を支援し、研究成果情報の作成・発信・流通の効率化を図るために、1998年度より4年間のプロジェクトとして、「オンラインジャーナル編集・出版システム開発・構築事業」を推進している。

本稿では、まず本プロジェクトの概要について述べ、次に開発中のシステムの設計方針と基本的な構成、および原稿の電子化の方法を概説し、最後に著者、査読者、編集委員、事務局、購読者などの立場からみたシステムの利用方法とその可能性を示す。

なお、本プロジェクト全体に関するより詳細な情報に関しては研究開発のホームページ（参考文献2）を参照されたい。

### 2 プロジェクトの概要

本プロジェクトでは、学協会における学術雑誌のオンラインジャーナル形態による出版を促進することを目的としている。当面は主に論文誌を対象とし、多様な学協会の要求に柔軟に対応しつつ、従来と同等のコストで冊子体とオンラインジャーナルを並行して刊行可能とし、インターネットを利用した研究成果の迅速な公開と流通、国内における学術論文の流通のハブ機能、および、研究活動に必要な情報のワン・ストップ・ショッピングの実現を目指とする。

学術情報センターは、編集プロセスを電子化して印刷原稿と同時に電子原稿を効率的に作成するための電子編集システムを開発し、各学協会に提供する。また、並行して、電子原稿をインターネットを通じてオンラインで提供するためのオンライン出版システムを開発し、運用する。

システム開発を進めるに当たっては、まず、各分野のいくつかの学会に協力を願いし、投稿・査読・

編集の方式、編集委員会や事務局の体制や作業内容、学会員の原稿執筆・オンライン購読の情報環境などについて調査を行った。この調査に基づき、学協会向けの電子編集システム、共同利用のオンライン出版システム、およびデータ交換用の共通文書フォーマットの設計・開発を進めてきた。現在、協力学会において、開発したシステムのテストと調整を行っており、必要な修正・改善を加えた後、希望する学協会へシステムの提供を行う予定である。また、各学協会の意見や要望も考慮しながら、引き続きシステムの機能拡張と新しい情報技術への対応を行っていく。

### 3 システムの全体構成

本プロジェクトでは、学術雑誌のオンラインジャーナル形態による出版に必要な全ての工程、すなわち、原稿執筆から投稿、査読、編集、制作、およびオンライン出版までのプロセスの一貫したシステム化を支援することを目指す。

全体のシステムは、各学協会の事務局や関係者が利用する機能を実現する電子編集システムと、一般的な利用者に論文を提供するオンライン出版システムの二つに大きく分けられる。全体システムの構成を図1に示す。システム相互間、およびシステムと外部ユーザとはインターネットによって相互接続される。

電子編集システムについては、各学協会の編集工程の多様性を考え、学術情報センターが共通機能をモジュール化して開発して各学協会に提供し、運用は各学協会が行う。また、オンライン出版システムについては、共同利用可能なシステムを学術情報センターが開発して運用することとしている。

### 4 電子編集システム

電子編集システムは、原稿や工程の管理と、原稿を編集・処理するための機能を提供する。学協会の編集担当者、編集委員、査読者、著者などが本システムの利用者である。編集・査読の体制や工程、システム環境、原稿の文書ファイル形式や編集ソフトウェアなどは学協会ごとに多様であるため、全ての組み合わせに対応したシステムの実現は困難である。

そこで、本システムでは、文書ファイル形式や編集ソフトウェアなどに依存する文書処理機能を、原稿管理や工程管理からできるだけ独立させて、学協

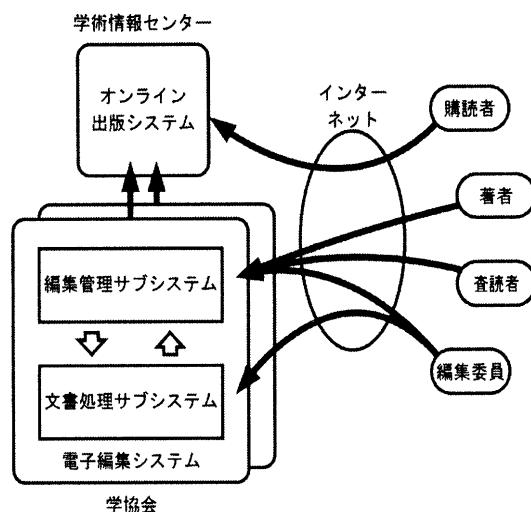


図 1 全体のシステム構成

会ごとの機能の追加や変更を容易にすることを設計の基本方針とし、機能的には図 2 に示すように編集管理サブシステムと文書処理サブシステムからなる構成をとることとした（参考文献 4）。

学協会事務局内には、各種データベースや文書ファイルを保持するサーバと、編集担当者が操作を行うためのクライアントが設置され、インターネットで相互接続される。編集担当者はクライアント上ですべての編集業務を行う。著者や編集委員、査読者などが外部から利用する場合はインターネットを経由してアクセスすることになる。

編集管理サブシステムはデータベースを中心とする一體のアプリケーションシステムであり、サーバ上で動作する。

一方、文書処理サブシステムはさらに複数のモジュールから構成され、柔軟性を高めるためにサーバとクライアント上に分散して実装されている。文書処理マネージャは文書ファイルと文書処理ツールとの管理を行うモジュールで、サーバ上で編集管理サブシステムの下で動作する。文書処理ツールは文書の内容に関わる処理を行うモジュール群であり、多くはクライアント上で文書処理モニタの下で動作するが、一部のものはサーバ上で文書処理マネージャの下でバックグラウンドで動作する。文書処理モニタは文書処理ツールの実行を文書処理マネージャからインターネット経由で制御・監視するためのスタブであり、WWW ブラウザのヘルパーアプリケーションとして動作する。

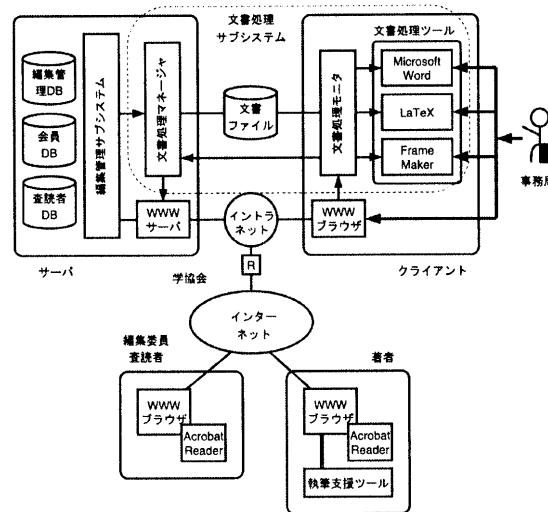


図 2 電子編集システムの構成

学協会にはすでに各種の計算機が導入されており、また、情報化を実行しサポートする事務局員、編集委員などの経験や知識もさまざまであるため、開発システムはできるだけ多くのプラットフォーム上で稼働することが重要である。このため、Windows 系と Solaris 系の 2 系統を第一段階、Linux や Macintosh を第二段階の開発対象としているほか、他のプラットフォームへの移植も容易な設計となっている。

また、多様な文書ファイル形式に対して、論文管理情報や引用情報の抽出、あるいはオンライン出版システムで全文検索などを一元的に行えるようにするため、サブシステム間のテキスト情報の交換用として共通文書フォーマットを開発した。これは基本的な文書構造を表現するための XML DTD として定義されている（参考文献 3）。

このような構成上の工夫により、図 3 に例示するような複雑な編集業務の処理フローに対応できるシステムを実現している。処理フロー自体は編集管理サブシステムによって制御される。この図の中で、影を付けた処理工程にはそれぞれの内容に応じて文書処理が対応づけられており、編集管理サブシステムから文書処理サブシステムを呼び出すことにより処理を実行させるようになっている。

#### 4.1 編集管理サブシステム

編集管理サブシステムは、原稿管理データベース、査読者データベース、会員データベースなどを保持し、工程管理や編集委員会支援などを行うシステム

## オンラインジャーナル編集・出版システムの開発

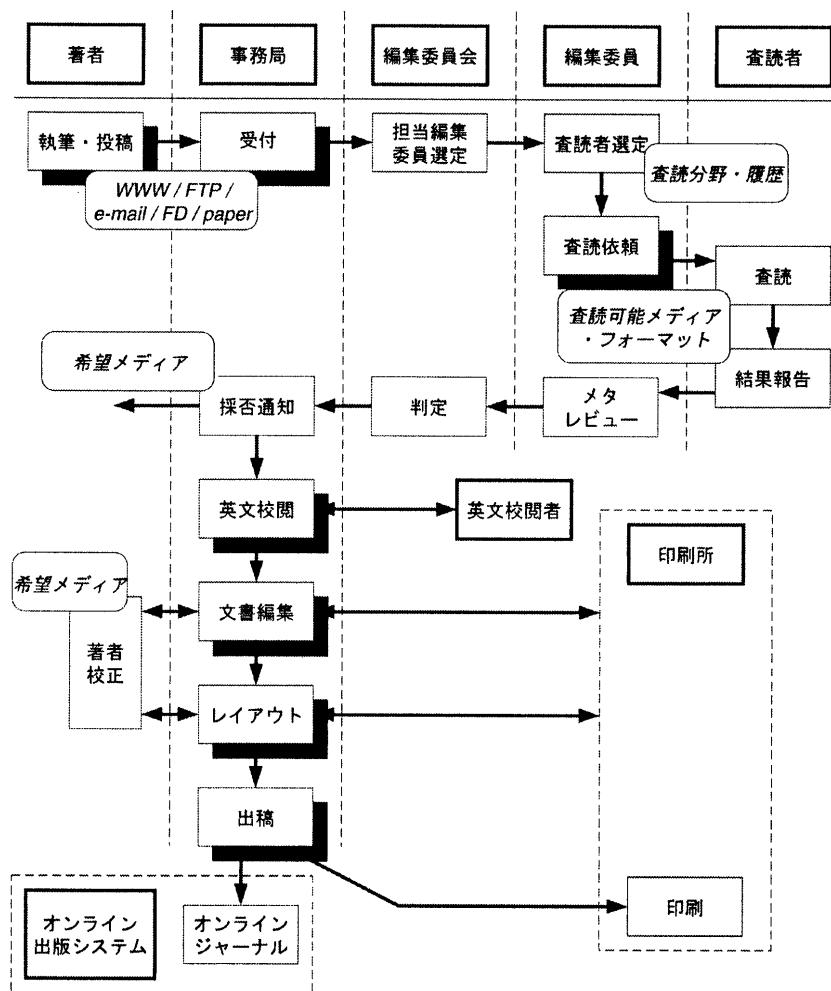


図 3 編集業務処理フロー

である。協力学会に対して行った調査に基づき、多くの学協会が必要とする機能を包含するように設計している。各学協会は、それらの中から必要な機能をパラメータで選択して利用する。例えば、編集委員会は全体と分野別の二階層に対応している。また、原稿の編集やレイアウトは学協会内で行う場合にも印刷所などに委託する場合にも対応できる。著者校正は棒組段階でもレイアウト済みの段階でも可能である。

本サブシステムでは、多様な編集工程に対応するため、工程の定義と制御を行うフローエンジンを開発した。これにより、ユーザには各原稿の状態に応じて実行できる処理だけを示すことができ、誤操作を防止することが可能となる。

また、ユーザの権限の定義とそれに応じた処理機能へのアクセス制御を行うためのアクセスマネージ

ヤを開発した。システム管理者、編集委員、事務局員などのグループと、それらの工程ごとの実行権限を定義できる。利用者はそれぞれの役割に応じたグループに属する。利用者がシステムを利用する場合には電子証明書により認証を受け、所属するグループに許された処理のみを実行することができる。

本サブシステムは例として以下のようないくつかの機能を提供する。

#### (1) 投稿受付機能

郵送、電子メール、FTP、WWWなどによって投稿された原稿を受け付け、投稿票を作成し、原稿をシステムに登録する。

#### (2) 原稿管理機能

原稿の編集や査読の進行状況、担当者、投稿者情報などを保存し、必要に応じて検索・表示する。

#### (3) 査読支援・管理機能

査読者データベースから分野などの条件で候補者を検索し、専門分野や査読履歴などを表示して査読者選定を支援する。また、査読の依頼や査読者がオンラインで原稿にアクセスするための仕組みを提供する。

#### (4) 編集工程管理機能

雑誌の各号の編集工程全体を管理する機能であり、文書編集、レイアウト、校正、版下作成などの進行状況と期限を管理する。

#### (5) オンライン出版管理機能

オンラインシステムに電子原稿を登録し、公開スケジュールや購読者資格ごとの公開ポリシーを管理する。

## 4.2 文書処理サブシステム

文書処理サブシステムは投稿からオンライン用電子原稿を作成するまでの一連の文書処理を行うソフトウェアであり、多数のモジュールから構成される。

原稿の編集やレイアウトに用いるツールはできるだけ既存のソフトウェア（例えばワープロや DTP）を利用し、必要最小限の機能のみを開発することとした。そうすることにより、学協会ごとの多様な文書処理に対する要求への対応や、今後開発されると予想される様々な文書処理技術の導入が容易に行える。

そこで、これを実現するため、図 2 に示したように、文書処理マネージャを中心として、多数の文書処理ツール群を組み込む形で文書処理サブシステムを構成することとした。

### 4.2.1 文書処理マネージャ

一つの学協会においても編集工程の処理段階に応じて多様な文書処理ツールを必要としたり、複数の文書ファイルフォーマットが併存するためにツールを使い分ける必要があったりして、同一のハードウェアや OS 環境では文書処理要求を満たせない場合もある。また、処理の内容に応じてはクライアント上で実行するのが適当な場合と、サーバ上で実行するのが適当な場合がある。

そこで、文書処理マネージャが原稿実体の文書ファイル形式や処理ツールに依存する部分を局所化してカプセル化し、文書 ID と文書処理要求の形で抽象化したインターフェースを編集管理サブシステムに対して提供する。内部では個々の原稿ファイルの格納

場所や名前、文書ファイル形式、文書クラス、およびバージョンを管理し、編集作業工程に対応して適切な文書処理ツールを起動・監視する。

この機能の実現のために、文書処理管理方式を新たに開発した（参考文献 5）。この方式では、文書処理工程、文書ファイル形式、出力文書形式などとともに、改訂原稿の投稿やレイアウト作業などの人的操作によるバージョンの更新を加えた、複雑な原稿実体間の依存関係と、原稿実体間の変換処理手順とをルールとして文書処理定義に記述する。これを解析し、実際の論文原稿に適用することにより、柔軟で高度に抽象化された文書処理機能を提供している。

### 4.2.2 文書処理ツール

文書処理ツールは原稿ファイルを直接操作するソフトウェアであり、通常は個々の文書ファイル形式や処理内容に対応したモジュールとなっている。市販のワープロや DTP などを導入したり、学協会や分野のニーズに応じたツールを開発して組み込んだりできる必要がある。

学協会に対する調査に基づき検討した結果、図 3 の各編集工程に対応して、以下のような内容の文書処理機能を実現する必要があることが明らかになった。

#### (1) 執筆・投稿工程

著者はワードプロセッサのテンプレートやスタイルファイルなどの執筆用ツールを用いて原稿を作成し、スタイルチェックでフォーマットチェックを行う。

#### (2) 投稿受付工程

投稿ファイルを受け取ると自動的に原稿解析・変換ツールを起動して共通フォーマットの XML 文書を生成し、原稿管理情報を抽出する。

#### (3) 査読依頼工程

査読者を選定すると、原稿の文書ファイルフォーマットから作成可能なものの内で、査読者が最も好むフォーマットの出力原稿を作成し出力する。査読者の受取可能な原稿フォーマットは編集管理システムの査読者データベースに格納されており、文書処理時にパラメータとして引き渡される。

#### (4) 英文校閲工程

英文校閲では予め定められた原稿フォーマッ

## オンラインジャーナル編集・出版システムの開発

トで出力原稿を作成・出力する。

### (5) 文書編集工程

学協会内で本文の編集を行う場合、編集用スタイルに従い、文書ファイルに論文番号や受付日などの管理情報を自動的に埋め込んで編集用の原稿を作成してから、ワードプロセッサなどの編集ツールを起動・監視する。また、著者校正グラの出力も行う。

### (6) レイアウト工程

文章編集工程同様、レイアウト用スタイルに従い、文書ファイルに巻号ページや柱などの出版情報を自動的に埋め込んでレイアウト用の原稿を作成してから、DTPなどのレイアウトツールを起動・監視する。著者校正グラの出力も行う。

### (7) 出稿工程

編集が終了すると、印刷版下とともにオンライン出版用原稿を出力する。

これらの機能を実現する文書処理ツールとしては以下のような種類のものが必要である。

- (A) 著者用、編集用のテンプレートやスタイルファイル
- (B) 投稿用パッケージング・アンパッケージングツール
- (C) フォーマットチェック
- (D) 構造化テキスト抽出ツール（投稿票作成用、引用リンク作成用、全文検索データ作成用）
- (E) 原稿編集・レイアウトツール
- (F) 原稿出力ツール（査読、英文校閲、著者校正、印刷版下、オンライン出力）

(E)の原稿編集・レイアウトツールは既存のソフトウェアを使用する。現在は、MS-Word（ワードプロセッサソフトウェア）、FrameMaker（卓上出版ソフトウェア）、LaTeX（文書整形ソフトウェア）、AdeptEditor(XMLエディタ)などに対応しているが、コマンドラインから起動・監視できるソフトウェアであれば容易に組み込むことが可能である。(B)は文書フォーマットなどには依存しない。パッケージファイルはzip形式であるので、既存のツールを利用することもできる。それ以外のツールは(E)に依存するものであり、実現方法は様々である。

文書ファイル形式としては現在のところ、以下の

ような種類を扱える。なお、編集管理サブシステムや文書処理マネージャなどには文書ファイル形式に関する制約はないので、文書処理ツールを追加するだけで異なる文書ファイル形式を扱うことが可能となる。

- ・投稿原稿：MS-Word、LaTeX、XML、紙
- ・査読原稿：PDF、紙
- ・オンライン出版原稿：PDF、XML
- ・印刷原稿：PostScript

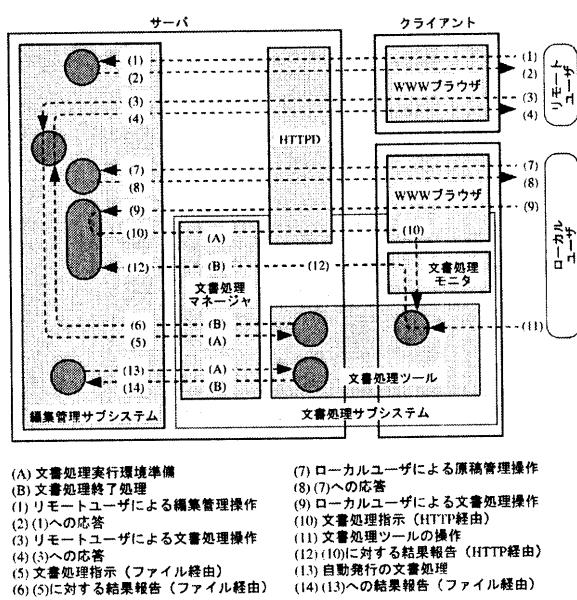
なお、高精細な写真や図面などはデータ容量も大きく、処理にも時間がかかるため、現状では全てを電子編集システム上で電子的に扱うことは現実的ではない場合もある。本文書処理サブシステムには、紙や光磁気ディスクなどのオフラインの原稿も統合的に管理する仕組みが用意されており、このような場合にも有効に機能することが期待できる。

### 4.2.3 システムインターフェース

電子編集システムの機能はすべて、サーバ上で動いているhttpdのCGIを通して、編集管理サブシステムの制御の下で動作する。バッチ的に動作する文書処理機能はサーバ上で実行するが、対話的な文書処理機能は編集管理サブシステムからクライアント上の文書処理ツールを呼び出して実行する必要がある。

クライアントにはPCやWSなど、様々なハードウェアやOSが並行して用いられる可能性があり、また、情報処理技術の進歩にあわせて新たなクライアントを導入する必要も出てくると考えられる。そこで、サーバ・クライアント間の連携はできるだけHTTPとCGIを用いて実現することとした。サーバ・クライアント間の処理の流れの概念図を図4に示す。

管理的な機能は編集管理サブシステム単体で実現できるので、ユーザはWWWブラウザを通して対話処理を行うことができる。クライアントから文書処理ツールを動かす場合、利用者は編集管理サブシステムにアクセスして原稿を選択し、操作を指示する。ローカルユーザーとリモートユーザーではここからの動作が異なる。リモートユーザーでは、編集管理サブシステムからサーバ上の文書処理マネージャが直接呼び出され、文書処理ツールが起動されて実行結果が編集管理サブシステムに返される。一方、ローカルユーザーの場合は、文書処理指示ファイルがCGI経由でWWWブラウザに送られてくる。すると、ヘルパー・アプリケーションとして文書処理マネージャが起



#### 図 4 文書処理制御フロー

動され、そこから文書処理ツールが起動される。文書処理ツールの実行が終了すると、文書処理マネージャがサーバの CGI に結果報告を送ることで処理結果を編集管理サブシステムに通知する。

リモートユーザがクライアント上で文書処理ツールを起動することも原理的には可能であるが、そのたびに文書ファイルをネットワーク経由で転送する必要が発生するため、実用的ではない。そのような場合は文書ファイルをエクスポートしてローカルに一連の処理を行い、結果をインポートするという方法をとる。

## 5 オンライン出版システム

オンライン出版システムは、多数のジャーナルの電子原稿を蓄積・管理し、インターネットを経由して提供する共同利用システムであり、文書提供サブシステム、利用者管理サブシステム、および引用データベースサブシステムから構成される（参考文献6）。

文書提供サブシステムはオンラインジャーナルのコンテンツを蓄積・管理し購読者に提供するシステムであり、購読者、ジャーナル管理者などがインターネットを通じてアクセスする。

利用者管理サブシステムは、電子証明書の発行と管理、および、利用者の購読資格などの管理を行う。

引用データベースサブシステムは、論文に付与さ

れた各種のIDとインターネット上のオンライン原稿へのポインタの対応関係を維持管理する。

オンライン出版システムを構成するこれらのサブシステムは、一体として以下のような機能を実現する。

### (1) 購読申込み・受付け

購読希望者は証明書を取得してから購読申し込みを行う。学協会は、購読申込情報をダウンロードし、必要な購読手続きを行った後、オンライン出版システムに購読者を登録する。

#### (2) 利用者認証・アクセス制御

電子証明書発行機能、利用者認証機能、利用者管理機能の三つの基本機能に基づいて購読者の登録やアクセス制御を実現する。ジャーナルごとに非購読者、一時購読者、個人購読者、機関購読者の各購読資格が設定可能で、それぞれについて書誌・抄録および全文に対する検索と表示の可否を設定することができる。

### (3) 文書提供

購読者に対する文書提供のために、雑誌・目次  
通覧機能、書誌・全文検索機能、文書表示機能を  
提供する。表示文書ファイル形式は PDF とし、  
学協会の要望に応じて XML、HTML などにも対  
応する。検索機能では、XML で記述されたジャ  
ーナルの書誌や文献の書誌・抄録・全文に対し、  
キーワードや出版年などを組み合わせて文献を  
検索する。

#### (4) 購読支援

オンラインジャーナルの効果を高めるため、新着論文通知機能、ヒストリ機能、ブックマーク機能を提供する。マルチメディア出版機能なども有効であり、今後検討する予定である。

### (5) オンラインフォーラム

著者や購読者の間の意見交換、あるいは学協会からの情報提供などのために、ジャーナルごとに電子掲示板機能を提供する。

#### (6) 引用リンクナビゲーション

引用文献のインターネット上のリンクを一覧表示し、購読者の参照をナビゲートする。

## 6 システムの利用例

利用者の立場からみた本システムの利用方法を例を用いて示す。

(1) 著者

## オンラインジャーナル編集・出版システムの開発

著者はスタイルファイルやテンプレートを用いて論文を執筆し、パッケージングツールを用いて投稿ファイルを作成してから、郵送、電子メール、FTP、WWWなどの手段によって投稿する。例えばWWW投稿では、著者は学協会のWWWサーバにアクセスし、図5に示すように、投稿用フォームに投稿ファイル名と簡単な情報を入力してファイルをアップロードする。すると、サーバ側で原稿ファイルから文書管理情報を抽出して投稿票を作成し表示する。著者が必要な修正を行って確認すると原稿ファイルが保存され、管理情報が登録されて仮受付が完了する。

仮受付後は、受付番号等によって論文の処理工程の確認ができる。

著者校正などもオンラインで行うことが可能な構成となっており、将来、使いやすいツールが使用可能になれば、著者は論文投稿の全てのプロセスを電子的に行うことができるようになる。

### (2) 編集委員

編集委員はWWWブラウザからインターネットを通じて編集管理サブシステムにアクセスする。例えば査読依頼では、図6に示すように、まず原稿一覧から原稿を選択する。次に査読者データベースを検索して査読者を選択し、依頼実行する。すると、査読者の受取可能な原稿形式と文書ファイル形式の組み合わせで最適なフォーマットの査読用原稿（紙、PDFなど）が自動的に作成され、査読者がアクセスできるようになる。

煩雑であった、査読者選定作業も、査読者の属性や履歴をデータベースで管理することにより効率化が可能である。

### (3) 査読者

査読者は査読依頼を電子メールなどで受け取ると、図7に示すように編集管理サブシステムにアクセスして諾否回答する。すると予め登録してあったフォーマットで査読用原稿を受け取ることができるようになる。査読を終了すると、再びシステムにアクセスして査読結果を入力する。

PDFの最新版では原稿にコメントを書き込むこともでき、査読者は論文査読の全てのプロセスを電子的に行うことが可能になってきている。旅行中に査読原稿を受け取り、旅先で査読を済ませてしまうというような査読者も出てくるであろう。

### (4) 事務局

編集やレイアウト業務では、図8に示すように、

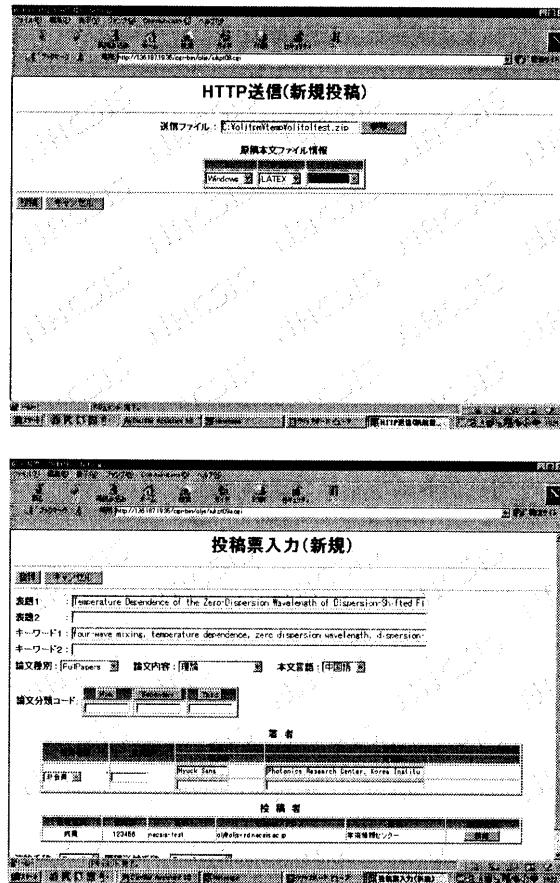


図5 論文投稿ユーザインターフェース

操作を指定すると、実際の原稿の処理に必要なワープロやDTPが起動されて文書ファイルが開かれる。自動的に受付日や柱、原稿番号などの必要な情報を埋め込むようにすることも可能である。操作を終了すると自動的に管理情報が更新される。

投稿原稿には色々なフォーマットがあり、またバージョンなどの管理もする必要があるため、原稿の取り扱いが煩雑であったが、システムが自動的に判断して管理してくれるので、原稿管理の負担が軽減される。

### (5) 購読者

論文購読では、図9に示すように、オンライン出版システムにアクセスすると購読雑誌リストが表示され、雑誌を選択すると目次が表示される。雑誌をまたがった全文検索機能も使用可能である。論文を選択すると書誌詳細情報が表示され、ここからPDF形式で全文を表示できる。一部の機能は誰でも参考文献7のURLからアクセス可能となっている。

購読支援機能や引用リンク参照機能などは購読者

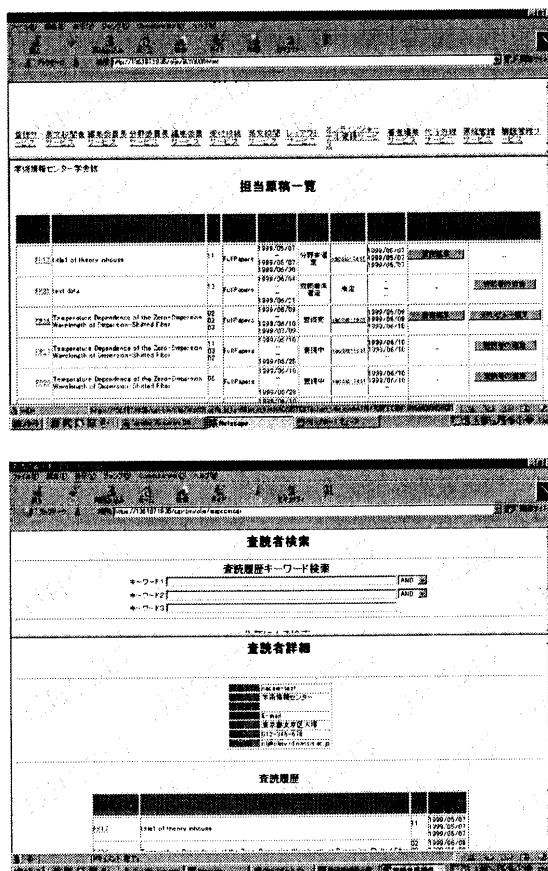


図 6 査読依頼ユーザインターフェース

をオンラインジャーナルに引きつける有効な手段である。オンラインフォーラムは使い方を工夫すれば色々な形で学会活動の活性化に役立てることが可能と考えられる。

また、著者が論文のフォローアップ情報を登録できるようにすることも検討しており、著者と購読者の間の双方向の情報交換を可能とする新しい情報流通のハブとして機能することが期待される。

## 7 おわりに

本稿で紹介したプロジェクトは現在も開発が進行中であり、システムの実用化までには状況の変化に対応した変更もあり得る。現在、初期の開発が完了し、協力学協会に試験利用していただいている状況であり、今後はシステムを実用に耐えるものに改善してゆく予定である。その後、一般の学協会や大学等の学術機関へソースコードごと提供し、学術目的の範囲で自由に改変して利用していただきたいと考えている。

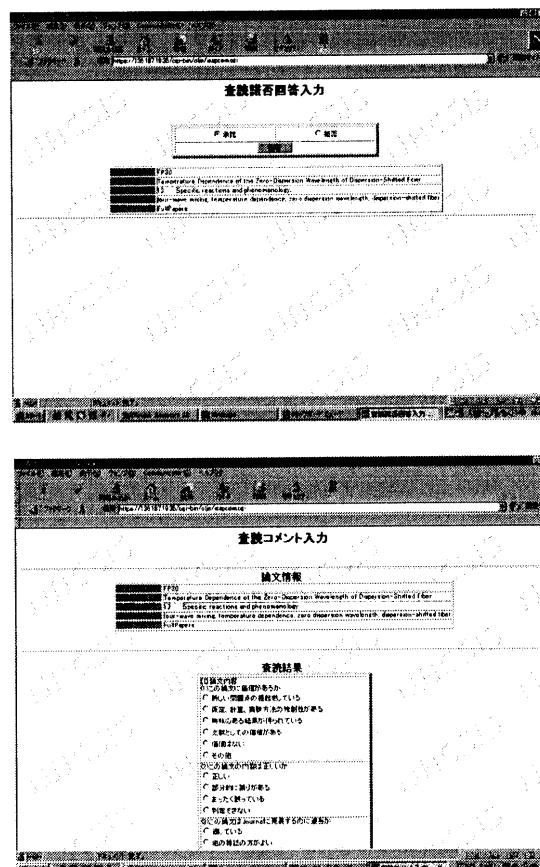


図 7 査読者ユーザインターフェース

一方、多国語や外字、数式や化学式などの表現形式に関する拡張や、情報技術環境の変化、印刷物中心からオンライン中心への出版形態の変化への対応などに関する開発は継続して行ってゆく予定である。また、オンラインジャーナルならではの付加価値として、引用文献へのリンクや被引用の逆リンク、マルチメディア情報の提供、あるいは著者や読者からの追加情報の提供などの拡張機能の開発も並行して進めてゆく予定である。

## 参考文献

- [1] 時実象一, 「学術系電子雑誌の現状」, 情報管理, Vol.41, No.5, p.343-354, 1998.
- [2] NACSIS オンラインジャーナルプロジェクトシステム開発のページ, <http://www.rd.nacsis.ac.jp/olj/index-j.html>
- [3] NACSIS オンラインジャーナルプロジェクト XML DTD の入手申込, [http://www.rd.nacsis.ac.jp/olj/access\\_dtd-j.html](http://www.rd.nacsis.ac.jp/olj/access_dtd-j.html)

## オンラインジャーナル編集・出版システムの開発

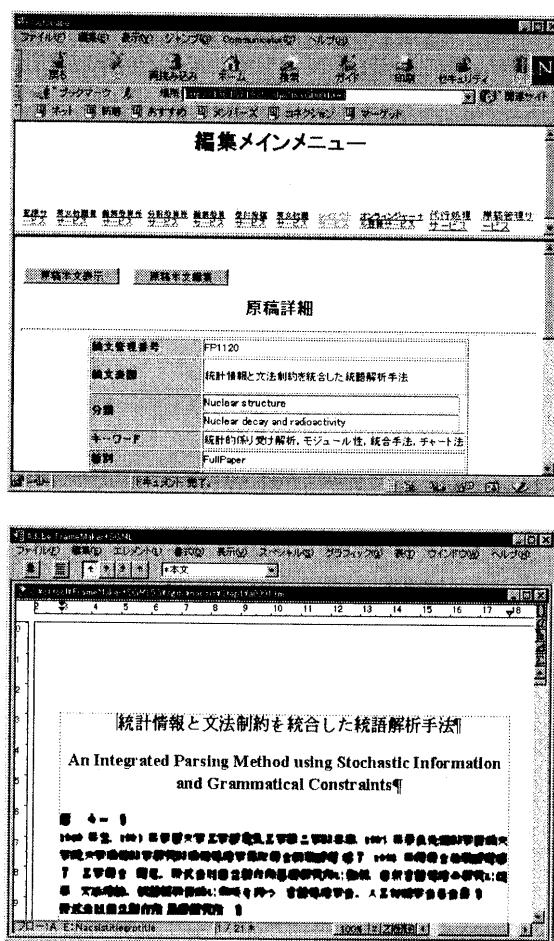


図 8 文書編集ユーザインターフェース

- [4] Keizo, Oyama.; Noriko, Kando.; Shin'ichi, Satoh., "Construction of a Distributed Online Journal Editing System", Proceedings of International Symposium on Digital Libraries 1999 (ISDL '99), Tsukuba, Ibaraki, Japan, 1999, p.74-81.
- [5] 大山敬三, 神門典子, 佐藤真一, 「オンラインジャーナル編集用文書処理システムの構築」, 情報処理学会研究報告 (情報学基礎研究会) 99-FI-55 / 99-DD-19, Vol.99, No.57, p.33-40, 1999.
- [6] 日高宗一郎, 加藤弘之, 佐藤真一, 神門典子, 大山敬三, 「オンラインジャーナル出版システム」, 情報処理学会研究報告 (情報学基礎研究会) 99-FI-56, Vol.99, No.102, p.9-14, 1999.
- [7] 学術情報センター, 「オンラインジャーナル提供システム NACSIS-OLJ」, <http://www.nacsis.ac.jp/olj/oljp.html>

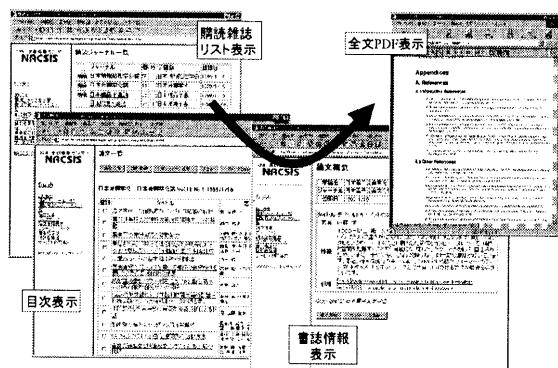


図 9 論文購読ユーザインターフェース

## 研究論文

### 情報科学研究の分野分類に関する調査研究

### An Investigation into the Classification of the Research Fields of Information Sciences in Japan

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 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

学術情報センターによって平成 7 年度に調査された「学術研究活動に関する調査」(研究者ディレクトリデータベース)を用いて、4 年制大学の情報科学分野における研究者の詳細な研究分野分類を行なった。この結果より我が国 4 年制大学における情報科学関連研究者の詳細な研究分野分布が示された。また、ここでは研究者ディレクトリに用いられた科学研究費補助金の"系・部・分科・細目表"における情報科学分科の 3 つの分科細目:「計算機科学」、「知能情報学」、「情報システム学」の分類の妥当性についても言及する。この研究は情報科学分野と他の分野間の関連や、ここで用いた詳細分類の相互関係の定量的分析へと発展する中間レポートである。

#### ABSTRACT

This paper reports a result about the classification of the research fields of information sciences in Japanese universities. We use the data of "1995 Academic Research Activities Survey" (Directory of Research Activity Database) for this classification. Authors refer to the validity of the classification of information sciences such as Computer Science, Intelligent Informatics and Study of Information Systems in the survey. This is an interim report for not only quantitative analysis but a study of relationship between information sciences and other fields.

[キーワード] 学術研究活動、研究者、情報科学、大学、分野分類、定量的分析

[Keywords] Academic Research Activities, Researcher, Information Sciences, Universities, Field Classification, Quantitative Analysis

#### 1 はじめに

情報技術は社会において重要な役割を演じるようになってきており、今後 21 世紀にかけてますます発展していくと見込まれている。その情報技術を支えるのが情報科学であるが、その実態は必ずしも明らかではない。我々は 1999 年に、人的資源、研究費、論文

等の情報科学研究を取り巻く実態の日米比較を行なった[1]。その結果、研究者数や研究費でみると、日本は米国に比べて見劣りがすること、および情報科学の中で日本が相対的に盛んである分野とそうでない分野があることを見いだした。

しかし、情報科学の中の分野分類自体、決まったも

## 情報科学研究の分野分類に関する調査研究

のあるわけではないというのが実態であると思われる。学術情報センターの研究者ディレクトリでは、科学研究費補助金の「系・部・分科・細目表」に準じて、情報科学を大きく三分して計算機科学、知能情報学、および情報システム学から成るものとしている。一方、情報処理学会編の『情報処理ハンドブック』[2]は、アルゴリズムとデータ構造、ハードウェア、コンピュータネットワーク等 17 編からなっているが、これも情報科学の各分野を解説する前提として分野分類を試みていると言える。また、米国 Institute for Scientific Information (ISI) 社が編集している文献詳録データベース Science Citation Index (SCI) では、コンピュータサイエンスが人工知能、ハードウェアとアーキテクチャ等 9 つの分野に分けられている [3][1]。このように、情報科学とは何かという定義が明確でないと同時に、その分野分類も確立されたものがまだないのが現状なのである。そこで、我々は、研究者ディレクトリで大学の各研究者が申告した分野と研究課題についてのデータ、および情報処理ハンドブックの分野分類とをつきあわせてみることにした。こうすることにより、大学における情報科学分野の研究者の研究分野分布を明らかにする。また、それにより各種の分野分類そのものが妥当であるかどうかについての示唆も得られる。

## 2 調査データ

本報告では、平成 7 年度に学術情報センターによって調査された「学術研究活動に関する調査」のデータを用いた。このデータは学術情報センターの情報検索サービスで利用できる「研究者ディレクトリデータベース」によって公開されており、この調査の総合的な統計結果は「我が国における学術研究活動の状況」[4][5]において報告されている。この調査の対象者は大学、短期大学、高等専門学校、大学共同利用機関等、文部省および文化庁並びにその施設等機関、文部省所轄民間学術研究機関となっているが、分析結果を明確にするためここでは 4 年制の大学のみに絞ってデータ整理を行なった。

### 2.1 使用項目と調査方法

本報告で使用した調査項目は"現在の専門分野"および"現在の研究課題"の 2 項目であるが、これらの項目はさらに細分されて回答することになっている。

#### 2.1.1 現在の専門分野

"現在の専門分野"の回答様式および方法は以下のようになっている。

- ・現在の専門分野は 3 つまで回答できる。
- ・現在の専門分野が複数ある場合は重要と思われる順に記入する。
- ・科学研究費補助金の"系・部・分科・細目表"に準じたコード表中に現在の専門分野に該当するコードがある場合は、そのコードをコード記入欄に回答する。
- ・現在の専門分野に該当するコードがない場合は、現在の専門分野を最も的確に表現する名称を日本語と英語で記入の上、最も近いと思われる分野のコードをコード欄に記入する。

以上の回答方法に忠実に回答されていた場合、分野コードは重要な順番に最大 3 つまで書かれていることとなる。ここでは現在の専門分野コードに対応したタグ名として、順番に SPC1、SPC2、SPC3 と呼ぶこととする。さらに、現在の専門分野が分野コードの分野名に該当しない場合には 3 つの和文名、および英文名欄に現在の専門分野が記入されていることとなる。ここでは調査対象を和文名に限定し、タグ名をそれぞれ順番に SPJ1、SPJ2、SPJ3 とする。

回答者が正しく記入したとすると、該当する分野コードがある場合はコードのみが記入され、該当する分野や最も的確に表現する分野コード名がない場合は、最も近い分野コードと(和文)分野名がそれぞれ記入されていることとなる。

#### 2.1.2 現在の研究課題

科学研究費補助金の"系・部・分科・細目表"において情報科学分科と分類される細目は「計算機科学」、「知能情報学」、「情報システム学」とやや広い 3 つの分類となっているが、さらに詳細に分類するために現在の専門分野の項目を利用する場合、最も的確に表現する分野コード名がないと回答者が判断した場合以外は、和文での最も的確に表現する現在の専門分野 (SPJ1 から SPJ3) が書かれていないこととなる。これ以外の場合について詳細な現在の研究課題を特定するために"現在の研究課題"の記入項目を使用することとした。現在の研究課題についての記入様式は以下のようになっている。

- ・現在の研究課題は和文および英文で 3 つまで記入できる。

- 各研究課題に対して 3 つまでのキーワード(和文、英文)を記入する。
- 各研究課題に密接に関係する分野コードを 3 つまで記入する。

キーワードに関しては記入されている比率がやや低いため、現在の専門分野の項で特定できなかった詳細専門分野については和文の研究課題から推定することとし、参考としてキーワードおよび研究課題に密接に関係する分野コードを用いることとした。ここで用いた 3 つの和文研究課題に対応するタグ名はそれぞれ THJ1、THJ2、THJ3 とする。

## 2.2 情報科学の詳細分類

情報科学の内容を詳細に分類するには体系的に分類されたシーケンスが必要であるが、最新の動向に対応した情報科学全般を網羅したものはまだできていない。ここでは情報処理学会編集の「情報処理ハンドブック」[2]の編、章構成を基準に分類を行ない情報科学を 16 の小分野に分類した。「情報処理ハンドブック」においては 17 編構成であるが、該当者が少ないため「規格と資料」編は除いてその他に分類したため 16 の小分野分類となった。ここでの小分野分類とそこに含まれる研究内容を表 1 に示す。

ク」においては 17 編構成であるが、該当者が少ないため「規格と資料」編は除いてその他に分類したため 16 の小分野分類となった。ここでの小分野分類とそこに含まれる研究内容を表 1 に示す。

## 3 集計方法および集計結果

### 3.1 集計方法

研究者ディレクトリデータベースには、2 章初めで述べた対象機関に在職する常勤研究者約 16 万人中、13 万 295 人のデータが収録されている。このうち、4 年制大学の常勤研究者は 106,873 人である。本報告中の情報科学関連の研究者は、研究者ディレクトリデータにおいて「現在の研究分野」コードの第 1 カラム (SPC1) が分科レベルで情報科学に分類された研究者 2,507 名中、4 年制大学に在職する 2,011 名とした。4 年制大学に限ったのは分析を行う上でできるだけデータの質を均一にしたいためである。細目レベルでは計算機科学:731、知能情報学:732、情報システム学:733(数値は分野コード番号)を SPC1 に記入したの

表 1 「情報処理ハンドブック」[2]による 16 の小分野分類とそこに含まれる研究内容

	小分野	含まれる研究内容
1	アルゴリズムとデータ構造	システムの数理的構造、情報の表現・蓄積・伝達、逐次型情報処理の基礎理論、並列型情報処理の基礎理論、数値的方法
2	ハードウェア	論理設計、高速演算回路アルゴリズム、設計自動化技術、超 LSI 技術、実装技術、外部記憶装置、マルチメディア入出力機器
3	計算機アーキテクチャ	プロセッサーアーキテクチャ、メモリアーキテクチャ、入出力アーキテクチャ、一般利用の計算機、ベクトル計算機、並列計算機、専用計算機
4	オペレーティングシステム	オペレーティングシステムの基礎、分散オペレーティングシステム、並列オペレーティングシステム、マイクロカーネル、マルチメディアオペレーティングシステム
5	プログラミング	計算モデルとプログラミング言語、データ型、言語処理系、コンパイラ、プログラミング環境
6	ソフトウェア工学	要求分析・設計、検査・検証、保守と逆エンジニアリング、開発環境、開発管理、オブジェクト指向開発、ソフトウェア再利用、ビジュアライゼーション
7	情報の整備・管理・解析・分析	概念・用語、情報の整備と利用、情報検索、情報の文書化、情報の管理と制御、専門情報、図書館情報学
8	データベース	データモデル、リレーションナルデータベース、データベース管理システム、データベース言語 SQL、オブジェクト指向データベース、マルチメディアデータベースシステム、演算データベースシステムとデータベース発掘、高機能・分散型データベースシステム、データベース設計・活用と情報資源管理、情報検索システム
9	コンピュータネットワーク	コンピュータネットワークの基礎技術、OSI、インターネット、広域通信網、構内通信網、マルチメディア通信、分散コンピューティング、コンピュータネットワークの事例
10	ヒューマンインターフェース	設計技術、評価技術、要素技術、応用
11	パターン処理	コンピュータグラフィックス、CAD/CAM、パターン認識、画像処理、コンピュータビジョン、音声処理
12	人間の協調と感性処理	人間の協調と感性、バーチャルリアリティ、ファジィ、グループウェア、ユーザの認知特性、感性情報処理、音楽情報処理
13	人工知能	探索手順、知識表現と推論、人工知能向き言語、並列・分散人工知能、学習、ニューラルネットワーク、知識ベースシステム、環境とのインタラクションを持つシステム
14	自然言語処理	自然言語処理の関連領域、解析、生成、辞書、コーパスとその利用、応用システム
15	情報システム	情報システムの開発・運用・管理、業種別情報システム、情報と社会
16	情報処理教育	情報専門教育、情報関係一般教育、コンピュータを利用した教育

## 情報科学研究の分野分類に関する調査研究

はそれぞれ 920 人、523 人、568 人となっている。現在の専門分野を複数回答し、第 2、第 3 カラム(SPC2、SPC3)に情報科学の分野コードを回答した研究者[1]も 4 年制大学で 1,023 人あるが、このコードは重要なものから順番に回答することとなっており、他分野の研究者とした。

上記の条件に当てはまる研究者中、研究分野コードの第 1 カラム(SPC1)に対応した和文専門分野(SPJ1)が記入されている研究者に関してはこれを元に「情報処理ハンドブック」[2]の構成に準拠し表 1 の 16 小分類に対応させることとした。しかし、調査時点で記入方法が回答者に正確に伝わってはおらず、現在の専門分野分野コードに 731(計算機科学)と回答したにもかかわらず和文専門分野に「計算機科学」、分野コード 732 に対して「知能情報学」、733 に対して「情報システム学」と分野コードの名前をそのまま記入している人がそれぞれ 173 名、35 名、70 名いた。これらの場合に対しては、和文専門分野が書かれていない場合と同様に扱い、現在の研究課題の記述を中心に、キーワード等から 16 小分野への対応づけを行なった。

## 3.2 集計結果

2 章および 3.1 章の条件に従って、現在の研究分野コードの第 1 カラム(SPC1)が「計算機科学」「知能情報学」「情報システム学」と回答した 4 年制大学の情報科学研究者について、表 1 に示した情報科学の 16 の小分野への再分類を行なった結果が表 2 である。

表 2 の分類の結果、研究者ディレクトリの「知能情報学」においては、人工知能、パターン処理、自然言語処理、および人間の協調と感性処理で 80%近くを占めており、「情報システム学」では情報システムと情報の整備・管理・解析・分析で 65%以上を占める。一方「計算機科学」ではアルゴリズムとデータ構造、プログラミングが多いが、分布がかなり分散している。なお、その他に分類される研究者が各研究者ディレクトリのカテゴリで 10%程度あるが、ここでは和文専門分野(SPJ1、SPJ2、SPJ3)および現在の研究課題(THJ1、THJ2、THJ3)が記入されておらず分類不能のものが多数を占める。そのほかにここに含まれる分野としてはオペレーションズリサーチ、社会科学、規格等が挙げられる。

表 2 「計算機科学」「知能情報学」「情報システム学」と表 1 の 16 小分野との関係

		計算機科学		知能情報学		情報システム学		情報科学全体	
		人数	比率	人数	比率	人数	比率	人数	比率
	全体数	920	100.0%	523	100.0%	568	100.0%	"2,011"	100.0%
1	アルゴリズムとデータ構造	181	19.7%	8	1.5%	1	0.2%	190	9.4%
2	ハードウェア	50	5.4%	0	0.0%	3	0.5%	53	2.6%
3	計算機アーキテクチャ	61	6.6%	0	0.0%	0	0.0%	61	3.0%
4	オペレーティングシステム	22	2.4%	0	0.0%	1	0.2%	23	1.1%
5	プログラミング	122	13.3%	9	1.7%	1	0.2%	132	6.6%
6	ソフトウェア工学	79	8.6%	8	1.5%	18	3.2%	105	5.2%
7	情報の整備・管理・解析・分析	14	1.5%	8	1.5%	118	20.8%	140	7.0%
8	データベース	45	4.9%	4	0.8%	22	3.9%	71	3.5%
9	コンピュータネットワーク	30	3.3%	1	0.2%	10	1.8%	41	2.0%
10	ヒューマンインタフェース	18	2.0%	12	2.3%	4	0.7%	34	1.7%
11	パターン処理	81	8.8%	133	25.4%	24	4.2%	238	11.8%
12	人間の協調と感性処理	18	2.0%	36	6.9%	15	2.6%	69	3.4%
13	人工知能	36	3.9%	175	33.5%	14	2.5%	225	11.2%
14	自然言語処理	14	1.5%	65	12.4%	5	0.9%	84	4.2%
15	情報システム	27	2.9%	8	1.5%	260	45.8%	295	14.7%
16	情報処理教育	23	2.5%	5	1.0%	18	3.2%	46	2.3%
17	その他	99	10.8%	51	9.8%	54	9.5%	204	10.1%

## 4 分析

### 4.1 概評

図1に4年制大学における情報科学研究者の専門分野比率を示す。専門分野は表1に示す小分野である。図1より、情報システム、パターン処理、人工知能、アルゴリズムとデータ構造を研究している研究者が比較的多いことがわかる。ただし、上位3分野は基礎のみではなく応用研究の比率が高いことも原因とし

て挙げられる。アルゴリズムとデータ構造については、数式処理や数値計算等を専門とする研究者が多いのが目立った。ハードウェアやコンピュータネットワークの比率の低さに関しては、工学領域の電子電気工学分科に電子デバイス・機器工学や情報通信工学があり、こちらに回答した研究者の影響も考えられることから、今後電子電気工学分科についても詳しく調べる必要がある。

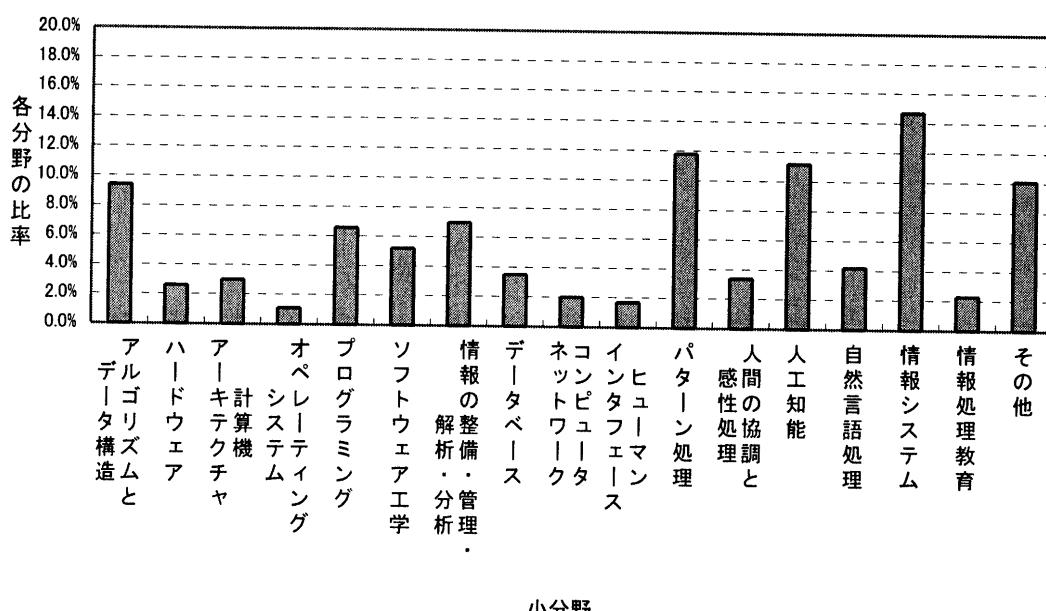


図1 4年制大学における情報科学研究者の専門分野比率

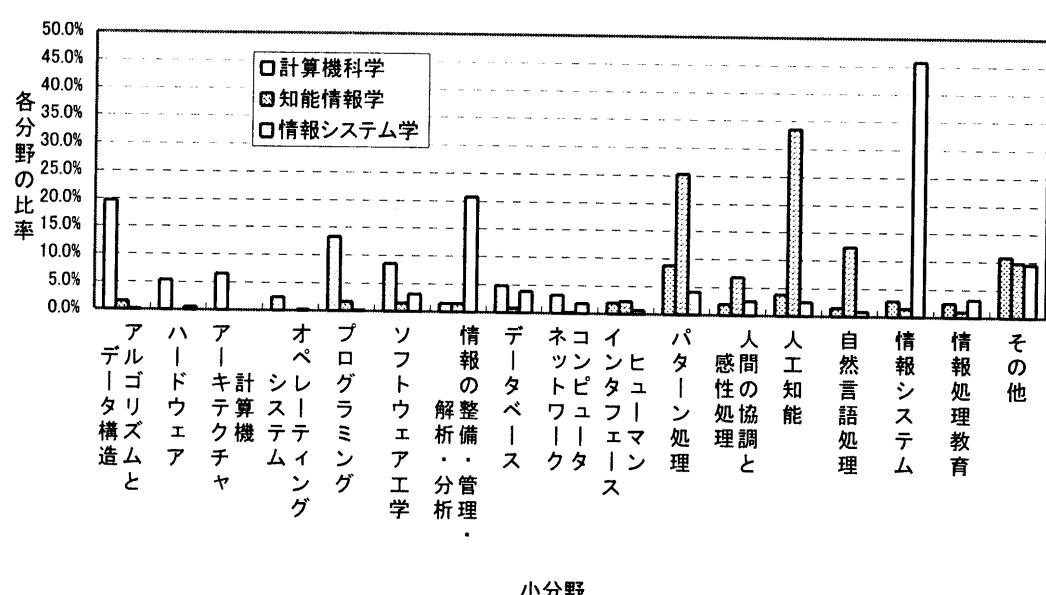


図2 研究者ディレクトリ情報科学3分野の小分野分布比率

## 情報科学研究の分野分類に関する調査研究

表 3 16 の小分野に対する研究者ディレクトリの 3 分類の人数比

	計算機科学	知能情報学	情報システム学
全体数	45.7%	26.0%	28.2%
アルゴリズムとデータ構造	95.3%	4.2%	0.5%
ハードウェア	94.3%	0.0%	5.7%
計算機アーキテクチャ	100.0%	0.0%	0.0%
オペレーティングシステム	95.7%	0.0%	4.3%
プログラミング	92.4%	6.8%	0.8%
ソフトウェア工学	75.2%	7.6%	17.1%
情報の整備・管理・解析・分析	10.0%	5.7%	84.3%
データベース	63.4%	5.6%	31.0%
コンピュータネットワーク	73.2%	2.4%	24.4%
ヒューマンインタフェース	52.9%	35.3%	11.8%
パターン処理	34.0%	55.9%	10.1%
人間の協調と感性処理	26.1%	52.2%	21.7%
人工知能	16.0%	77.8%	6.2%
自然言語処理	16.7%	77.4%	6.0%
情報システム	9.2%	2.7%	88.1%
情報処理教育	50.0%	10.9%	39.1%
その他	48.5%	25.0%	26.5%

図2に研究者ディレクトリの情報科学3分野ごとの専門分野比率を示す。「計算機科学」と比べて、「知能情報学」と「情報システム学」は特定の小分野に集中している。「知能情報学」では人工知能、パターン処理、自然言語処理、人間の協調と感性処理の研究者が多く、「情報システム学」は情報システムと情報の整備・管理・解析・分析に大きく集中している。ここで、「情報システム学」については研究者ディレクトリの調査においてこの分野に図書館情報学を含むと明記されており、小分野においてはこれを情報の整備・管理・解析として分類したため、特に集中する結果となった。情報システムについては第2章で述べた和文専門分野(SPJ1)に情報システム(学)と書かれたものは現在の研究課題によって分類した。この結果他の分野に分類できる研究者もわずかにあったが、研究者ディレクトリの3分類に「情報システム学」が含まれているので小分野分類での集中はいたしかたないところである。小分類の情報システムでは業種別情報システム、特に医療情報システムや経営情報システムが多いことが分かった。

表3に16の小分野に対する研究者ディレクトリの3分類の人数比を示す。これにより各小分類が研究者ディレクトリのどの3分野から分類されたかが分かる。多くの分野では、いずれかに集中的に分類されているが、ヒューマンインタフェースやパターン処理、人間の協調と感性処理、データベース、情報処理教育等は回答者によって分類が別れており、この3分類で

は回答しにくい分野となっているようである。この表と図2ではやや印象が異なるが、ここでは「計算機科学」、「知能情報学」、「情報システム学」の各人数比が約2:1:1となっていることに注意する必要がある。

## 4.2 対応分析

研究者ディレクトリの3分類分野と16小分野という2元間の関連についてさらに検討するために、対応分析(correspondence analysis)を行なった[6][7]。対応分析は、カテゴリ変数間の相互関連を分析するための有力な手法で、分割表の形で与えられたデータに対応分析を適用すれば、分割表の行変数と列変数の関係を、「行と列のうち少ない方のカテゴリ数 - 1」個の解で説明できる。それぞれの解は行変数と列変数の各カテゴリにより与えられる適切なスコアという形で求められる。

表2の分割表(17×3)については2個の解が求められる。行変数(分野分類)と列変数(専門分野)のカテゴリに与えられたスコアを、第1の解と第2の解を2つの軸にとった同一座標上にプロットしたものが図3である。第1次元と第2次元の寄与率がそれぞれ56.07%と43.93%となっており、2つの解で全変動を説明できることが示されている。プロットの配置を見ると、プログラミング、アルゴリズムとデータ構造、計算機アーキテクチャ、オペレーティングシステム、ハードウェアといった基礎的・理論的な分野が計算機科学(731)の周りに集まり1つの大きなクラスタをなして

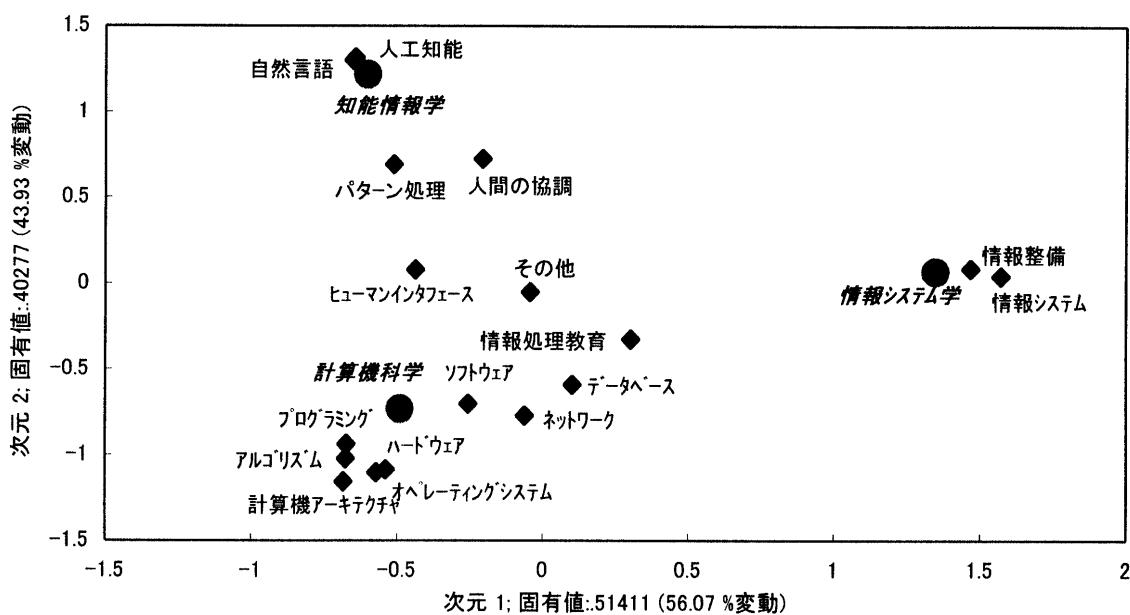


図 3 対応分析による 3 専門分野と 16 小分野分類の同時プロット

いるのが目につく。ソフトウェア工学、コンピュータネットワークとデータベースはこのクラスタに近いものの、第 1 次元の正の方向すなわち情報システム学(733)の方向にいくらか寄っている。第 1 次元は右に行くほど、応用的側面の強い分野であると解釈できるかも知れない。第 2 次元に関して見ると、機械に依存する度合いの大きい研究分野（計算機アーキテクチャ、オペレーティングシステム、ハードウェアなど）ほど下方向に位置し、「計算機科学」クラスタの中でもそれらより人間認知に関わる要素が大きいアルゴリズムとデータ構造、プログラミングなどは、若干上に位置している。そして人工知能、自然言語処理が最上位にあり、この次元は機械一人間認知を表しているように読み取れる。典型的に人間認知に関わる人工知能と自然言語処理は、知能情報学(732)とクラスタを形成し、パターン処理、人間の協調と感性処理、ヒューマンインターフェースなどの分野は計算機科学と人間認知の両方が関連する分野という説明が可能なように思われる。

## 5 まとめと課題

本稿では、平成 7 年度に学術情報センターの「学術研究活動に関する調査」によって作成された「研究者ディレクトリ」にある研究者のうち、大学に在籍し、かつ現在の最も主要な専門分野が情報科学である

2,011 名を対象に分析を行なった。同データベースにおいては情報科学は「計算機科学」「知能情報学」および「情報システム学」の 3 つの細目に分けられており、各細目の一人一人の研究者を「情報処理ハンドブック」の 16 の小分野と照らし合わせた。その結果次のことが分かった。

まず、3 細目の合計でみると最も研究者の比率が多い分野は情報システムであり、パターン処理、人工知能、アルゴリズムとデータ構造が各 8%以上を占めている。4%以上 8%未満の分野が情報の整備・管理・解析・分析、プログラミング、ソフトウェア工学および自然言語処理であった。研究者の比率が少ない分野（2%未満）は、オペレーティングシステムおよびヒューマンインターフェースであった。

細目別に見ると、「知能情報学」では人工知能、パターン処理、自然言語処理、および人間の協調と感性処理の 4 分野が各 5%以上であり、それらの合計で「知能情報学」全体の 80%近くを占めている。また、「情報システム学」では、5%以上を占めたのは情報システムおよび情報の整備・管理・解析・分析の 2 分野だけであり、これらの合計で「情報システム学」全体の 65%以上を占めている。それに対し、「計算機科学」では 5%以上を占める分野がアルゴリズムとデータ構造、プログラミング、パターン処理、ソフトウェア工学、計算機アーキテクチャ、およびハードウェアの 6

## 情報科学研究の分野分類に関する調査研究

分野と多く、これらを合計して初めて 60% を越える。2% に満たない分野は、「知能情報学」の 11 分野、「情報システム学」の 8 分野に対し、「計算機科学」では 2 分野と少ない。上記のことおよび「計算機科学」という細分野全体の人数の多さ（2,011 名中 920 名）からみて、「知能情報学」「情報システム学」以外といった色彩が強く、細分野の設定上、工夫の余地がありそうであることが分かった。これに対し、「知能情報学」および「情報システム学」という分野設定は比較的一様な理解を得られていることが分かった。

また、16 の小分野のそれぞれに携わっている研究者が、「計算機科学」「知能情報学」「情報システム学」という 3 細目のどれに該当すると考えたかという見方をすると、ヒューマンインターフェース、パターン処理、人間の協調と感性処理、データベースおよび情報処理教育においてはかなり別れた回答となっており、この 3 細分では回答が難しいことも分かった。

さらに、分野分類と細目間の関係を知るために対応分析を行ったところ、おおむね 3 つのクラスタにまとめられることが分かった。1 つ目の計算機科学のクラスタには、プログラミング、アルゴリズムとデータ構造、計算機アーキテクチャ、ハードウェアおよびオペレーティングシステムがまとめられる。2 つ目の情報システム学のクラスタには、情報の整備・管理・解析・分析、および情報システムがまとめられる。また、3 つ目の知能情報学のクラスタには、人工知能と自然言語処理がまとめられる。

今後の課題としては、次の諸点が挙げられる。第 1 に、本稿では各研究者によって最も主要なものとして挙げられた分野による分析を行なったが、2 番目、3 番目の分野として挙げられたデータも含めて分析を行ないたい。第 2 に、ハードウェアやコンピュータネットワークの研究者が情報科学ではなく、工学領域の電子電気工学に分類されている可能性があるため、今後は電子電気分科についても調べる必要がある。第 3 に、分野と研究課題の関連である。本稿では主として分野による分類を行い、研究課題についてのデータを補助的にのみ利用したが、分野と研究課題の関連性を全体として把握するアプローチもとってみたい。第 4 は、研究者ディレクトリほかにおける情報科学の分野分類の仕方が妥当かどうかの検討と、代替案の提示である。本稿で少なくとも 3 細分野のうち「計算機科学」は幅が広すぎるくらいがあることが分かったが、その他の点も含めた再検討が望まれる。第 5 は、本稿は日

本の中での分類を扱ったが、諸外国、特に情報科学分野で日本より先んじている米国との比較も行う必要がある。第 6 は、大学における情報科学関連の学部学科の編成や、それらにおけるカリキュラムの妥当性の検討である。日本の情報科学が米国より遅れをとった我が国で、分野分類と関連づけた学部学科の編成やカリキュラムの検討は、我が国の情報科学の発展と無関係ではないと思われる。

## 参考文献

- [1] 西澤正己, 柿沼澄男, 孫 媛, 矢野正晴, 「情報科学研究の日米比較」, 学術情報センター紀要, 第 11 号, 1999, p179-196.
- [2] 情報処理学会 編, 「コンパクト版情報処理ハンドブック」, オーム社, 1997.
- [3] 学術情報事務研究会 編, 「NACSIS-IR 総合マニュアル 改訂版」, 電気電子情報学術振興財団, 1992.
- [4] 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, pp.770-789, Dec. 1997.
- [5] 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, pp.483-509, Oct. 1996.
- [6] Gifi, A.(1990), *Nonlinear Multivariate Analysis*, John Wiley & Sons.
- [7] Greenacre, M.J.(1984), *Theory and Application of Correspondence Analysis*, Academic Press.

## 研究論文

# 社会教育機関としての公共図書館における情報利用支援の現状と課題 —情報リテラシーの育成をめぐる総合的検討に向けた予備的考察—

## Study on Information Use Instruction in Public Libraries: Toward Considerations of Information Literacy Education

学術情報センター 野末 俊比古

Toshihiko NOZUE

National Center for Science Information Systems

### 要旨

社会教育における情報リテラシーの習得・向上についての関心が高まっている。本稿では、図書館における利用者の情報利用の支援をめぐる現状を分析し、今後の課題を検討した。

### ABSTRACT

To promote information literacy is getting more important in social education. In this article current status and problems of user education in public libraries are discussed.

[キーワード] 社会教育、公共図書館、利用者支援（教育）、情報リテラシー

[Keywords] Social Education, Public Library, User Support(Education), Information Literacy

### 1 はじめに 一研究の背景と目的一

情報社会という言葉がすっかり定着し、情報を使う力、いわゆる情報リテラシー（情報活用能力）と呼ばれる能力への関心が高まっている[1]。すなわち、情報社会で必要とされる情報リテラシーをどうやって身につけ、高めていくか、あるいはそれをどのように支援、育成するか、という問題が社会的課題となっている。このことは、次期学習指導要領において、高校の必修普通教科として「情報」が新設されることに象徴される「情報教育」の強化などに端的に見てとれる[2]。

一方、生涯学習社会という言葉も定着して久しい。生涯学習という文脈においても、情報リテラシーの習得・向上は大きな注目を集めようになっている。生涯学習の一翼を担う領域としての社会教育における状況を見たとき、学校教育に比べると、情報リテラシーの育成への対応、ひいては情報化への対応が進んでいるとはいえない。最近では、情報化に関連した文献も登場するなど[3]、議論や実際の取り組み

も見られるようになってはいるが、未検討の課題も多く残っている。

そこで、本稿では、今後の社会教育機関における情報リテラシーの習得・向上の支援、つまり情報リテラシーの育成の在り方に関する課題を導き出すことを目的として、社会教育機関としての図書館を取り上げ、図書館において利用者に対する支援をどのように展開しているかを検討する[4]。なお、以下でいう図書館とは、特に断らない限り、公共図書館の意味で用いる。

本稿は次の構成をとる。まず、2章では図書館の情報化の現状について概観しておく。3章では図書館における利用者への支援について検討する。4章ではそれらを踏まえ、課題を挙げるかたちで考察を行い、5章ではまとめを行う。

### 2 図書館の情報化の現状 一行政の動向一

図書館は、主に図書・雑誌などの印刷媒体を通して「情報」を扱ってきた社会的機関である。これま

## 社会教育機関としての公共図書館における情報利用支援の現状と課題

でも蔵書目録（二次情報）のデータベース化(OPAC)などのかたちで「情報化」への対応を進めてきた（当初は「機械化」などと呼ばれることが多かったが）。しかし、図書館は近年、一次情報を含む情報の電子化（電子化された情報）およびネットワーク化（ネットワーク化された情報）という、さらなる「情報化」の大きな波に晒されており、対応を迫られている。近年のさらなる「情報化」によって図書館は、コンピュータに代表される新しいメディアのサービスや業務への導入などといった様々な影響を受けている。

図書館における利用者の情報リテラシーの習得・向上の支援について検討するにあたり、まず、図書館がどのような環境にあるか、という点を踏まえておく必要がある。そこで、本章では、図書館の情報化の現状について、行政の動向を中心に概観しておくこととする。

まず図書館におけるコンピュータの導入状況をみておく。図書館におけるコンピュータの利用には、大きく分けて業務用と利用者用があるが、本稿の文脈では利用者用が重要である。1998年（平成10年）に実施された調査によれば[5]、利用者用端末の設置率と平均設置台数は、都道府県立図書館ではそれぞれ86.7%、7.08台、市（区）立では75.4%、2.6台、町村立では56.7%、0.93台となっている。大規模図書館ほど設置率、台数が多い傾向が見てとれる。

利用者用端末はそのほとんどが「検索用」に供されており、内訳を見るとOPAC検索用が多くを占める（都道府県立図書館で80.0%、市（区）立で55.0%、町村立で39.2%）。都道府県立図書館では、CD-ROM検索用も多く設置されている（都道県立で46.7%、市（区）立で7.4%、町村立で7.7%）。なお、インターネット用端末の設置は、都道府県立で8.3%、市（区）立で2.4%、町村立で6.9%とまだ少ない。

コンピュータの設置台数や利用者への開放の状況を見るかぎり、図書館においては充分に情報化への対応が整っているとは必ずしもいえないが、国や各自治体の行政の動向を考えると、今後、情報化へ向けた取り組みは加速するものと思われる。以下に、国（文部省）の施策をいくつか取りあげておく。

1997（平成9）年度から1999（平成11）年度にかけて実施されている「社会教育施設情報化・活性化推進事業」では、全国の社会教育施設を中心とした様々な情報化事業が展開されている[6]。図書館関係

では、5カ所で「地域電子図書館構想」への取り組みがなされている[7]。ここでいう「地域電子図書館構想」とは、図書館の所蔵する地域・郷土資料や貴重資料などを電子化し、インターネットなどで公開するものを指す。例えば、山梨県では、県立図書館が中心となって、甲斐・甲州地方の庶民の生活や文化を関する資料集成である「甲州文庫」を電子化、公開している[8]。なお、地域電子図書館構想については、現在、文部省に「地域電子図書館構想検討協力者会議」が設置され、今後の在り方などについて検討が進められているところである。

また、仮想行政として注目されている「バーチャル・エージェンシー」では、「教育の情報化」プロジェクトに関する報告書を1999年（平成11年）7月に発表した[9]。ここでいう「教育」とは学校教育（初等中等教育）を対象としたものであるが、教育用コンテンツを充実させるための方策の一つとして、図書館や博物館などの社会教育施設の持つ資料等を電子化して利用に供することが謳われている。これは、いわゆる「ミレニアム・プロジェクト」の一環として、2000（平成12）年度から実験的事業も含めて実行に移される可能性が高い。学校教育に資するという一応の枠組みがあるものの、実際には図書館等が所蔵している資料等を電子化し、ネットワーク等で公開することになり、上記地域電子図書館構想に共通する部分が多い。図書館をはじめとする社会教育施設においては、資料等の電子化・ネットワーク化を中心に、情報化が今後さらに進展していくものと考えられる。

さらに、1999（平成11）年度から運用されている「教育情報衛星通信ネットワーク」（通称「エル・ネット」）についても触れておく。エル・ネットは、教育（学校教育に限定されない）の情報化を推進することを目的として構築されたシステムであり、文部省や国立教育会館等と全国の図書館・生涯学習センター・学校等を衛星回線および地上回線で結び、教育・研修プログラムを相互に提供するものである。現在までに「子ども放送局」などの番組や大学公開講座などが放送されたり、図書館員等を対象とした研修に利用されたりしている。図書館等の社会教育機関が学習・教育の「場」としての機能を發揮している例といえる。

本章でみたように図書館（ひいては社会教育機関）は現在、情報化の大きな流れのなかに身を置いてお

り、情報化を推進する方向に向かっていると考えられる。学校教育のようにコンピュータの設置台数、インターネットの接続、あるいは教員の指導能力の向上などといった具体的目標が定められているわけではないが、だからこそ、また不特定多数を対象とする社会教育であるからこそ、種々の課題が生じており、多面的な検討の必要性が高い。

### 3 図書館における情報利用支援 ー現状と展望ー

前章で見たように、図書館（ひいては社会教育機関）における情報化は現在、急速に進展しているが、こうした状況のなかで、図書館はその利用者に対してどのような支援を行なっているのか、あるいは行なっていくのか。本章では、この点について検討を進めていく。当然ながら、ここでいう利用者とは、いわゆる潜在的利用者を含む地域住民全体（より正確には地域住民を中心とするサービス対象全体）を指す。

なお、本稿では、図書館および図書館を介して利用できる情報・資料を使う能力（図書館リテラシー）を情報リテラシーの重要な一部ととらえている。したがって、情報リテラシーの習得・向上の支援と、図書館ならびに図書館を介してアクセス可能な情報・資料の利用（に必要な能力の習得・向上）の支援（情報利用支援）とを問題の生じない範囲において同一の文脈で用いているが、もちろん両者の関係については別途議論が必要である[10]。

#### 3.1 図書館行政の方向 ー図書館専門委員会報告ー

文部省は 1998（平成 10）年、生涯学習審議会図書館専門委員会による報告（以下「報告」）を公表した[11]。この委員会では、図書館法第 17 条に定める、いわゆる「無料原則」に関連して、電子・ネットワーク情報（源）の利用を中心的課題としながら、情報化が進むなかでの図書館の新しい役割を総合的に検討してきた。図書館の情報化の方針を示した報告書として注目されている[12]。

「報告」では、CD-ROM やオンラインデータベースなどの新しい情報サービスが図書館に導入される意義や必要性に触れ、図書館の新たな役割として「地域情報化の拠点」と「住民の情報活用能力の育成」という二つを挙げている[13]。さらに、後者について、図書館が「住民向けの講座を実施していく」ことや図書館において「講座等を行うプログラムを開発し、

その成果を普及していく」ことを提言している。特に、講座の例としては、コンピュータやインターネット等の活用を挙げており、「情報ボランティア」というかたちで地域住民の協力を得ることも盛り込まれている。「報告」の方向を踏まえたかたちで図書館行政が展開されるとするならば、図書館が講座等の開催を通して、利用者の情報活用能力（情報リテラシー）の習得・向上を支援する機会を提供することは増えるものと思われる。

#### 3.2 図書館の取り組み ーいくつかの事例ー

では、現在のところ、個々の図書館では実際にどのような情報リテラシーの支援、育成に向けた取り組みがなされているのだろうか。二、三の例を挙げてみよう。

江別市情報図書館（北海道）は、図書館機能、教育情報機能、教育研修機能の三つを柱として設置された図書館である。教育情報機能の一環としてコンピュータ学習室を設置し、パソコン教室を開催するなどの取り組みが展開されている[14]。大阪府立中央図書館では、資料室・閲覧室あるいはデータベース室などにおいて、利用者の個別の要求がある場合や操作に戸惑っている場合などに利用方法を指導しているほか、利用者用端末の操作実習などを実施している[15]。また、東京都立多摩図書館では、「図書館活用講座」を実施し、利用者のための「本の探し方」などを教えている[16]。

このように個別の図書館においては、種々の取り組みが展開されつつあり、一定の成果や評価を得ている。しかし、わが国の図書館全体を見るとき、ここで挙げたような実践は例外的といわざるをえない。総体的には、初步的オリエンテーションのレベルを越える情報利用支援が広く展開されている段階ではない。これには、2 章でみたように、電子・ネットワーク環境を中心とするハード的な部分の未整備も大きな要因の一つではある。また、人的・財政的に厳しい図書館の現在の状況では、現体制のまま充分な対応を行うことは困難である場合も多かろう。しかし、ここに挙げた事例に対する反響や、3.1 の「報告」のような図書館行政の方向性を考えるならば、今後取り組みが広がることは充分に予想される。

#### 3.3 図書館界の動向 ーガイドラインの策定ー

ここでは、こうした図書館の取り組みが広がる契

## 社会教育機関としての公共図書館における情報利用支援の現状と課題

機となる図書館界の動向として、利用者の支援に関するガイドラインを取りあげる。個別の図書館での取り組みが進展しない理由として、図書館のあいだに利用者のニーズへの認識や知識・技術の不足などもあると思われるが、ガイドラインの普及によりそうした不足が軽減される可能性がある。

図書館における利用者支援についてのガイドラインとしては、まず、1996年の国立国会図書館の研究班によるものを挙げることができる[17]。このガイドラインは、公共図書館における利用者への支援を「利用者ガイダンス」という概念でまとめたものである。ここでいう「利用者ガイダンス」とは、「利用者が図書館を利用する際の誘導・援助のしくみを体系的に展開すること」である[18]。

ガイドラインの内容については、その項目を表1に挙げた。サインや目録、レファレンスサービス、見学ツアーや講習会など、これまで別個のサービスとして認識されてきた事柄を「ガイダンス」、すなわち利用者の図書館の利用を支援するという視点から統一的、体系的に見直し、整備すべきであるとする趣旨に特色を見出せる。ガイドラインを策定した

表1 「公共図書館利用者ガイダンス・ガイドライン」の内容（文献[17]より）

1. ガイドラインの必要性
2. 定義
3. 実施に際して考慮すべき事項
4. 図書館への理解の普及
5. 図書館への案内
6. 館内での案内
  - 6.1. サイン
  - 6.2. 各種配布物
  - 6.3. 職員による援助
7. 書架配列と検索システム
  - 7.1. 書架配列と資料配架
  - 7.2. 目録
  - 7.3. 読書案内（レファレンスサービス）
8. 各種プログラムの実施  
(グループを対象としたガイダンス)
9. 運営
  - 9.1. 利用者ガイダンスの位置づけ
  - 9.2. 担当者（部署）
  - 9.3. 研修
  - 9.4. 計画立案および評価
10. ガイドラインの改訂

研究班は、公共図書館が特色とする「不特定多数」の利用者に対して、どのような支援が展開できるのか、すべきなのか、という調査研究を実施しており、ガイドラインはその成果として策定されたもので、「市民による自己学習を援助する社会教育施設としての公共図書館」としての姿勢にも説得力がある。

このガイドラインが策定された以降も、図書館を取り巻く情報環境や図書館の情報化の状況は変化し続けてきた。特に、利用者に提供される情報・資料に関わる部分でのコンピュータ（電子）化やネットワーク化に関する変化は大きい。もちろん、こうした変化にあっても、サインや目録など旧来の図書館が展開してきた、いわば基本的なサービスを扱うこのガイドラインの意図するところの重要性は変わるものではないが、一方で、新たに生じている（注目されている）電子・ネットワーク化された情報・資料などに関わる課題についての対応もまた、必要となっている。

こうした状況のなか、1999年（平成11年）、日本図書館協会から公共図書館における利用者支援のガイドラインが発表された[19]。「図書館利用支援ガイドライン」と題するこのガイドラインは、四つの館種版からなる「図書館利用教育ガイドライン」の一つである「公共図書館版」に当たるものであり、ほかに大学図書館版、学校図書館（高等学校）版、専門図書館版がある。

このガイドラインの内容については、その項目を表2に示す。国会のガイドラインが、現在実施されているサービスをガイダンスという視点から統一的に見直そうとした意図を持つのにに対し、図書館協会のガイドラインは（近未来の）理想像を示す性格を持っており、列挙された項目のうち、個々の図書館の固有の状況にあわせて、段階的、選択的に実施することを意図している。そこでは、コンピュータやネットワーク環境に応じた情報リテラシーの習得・向上の支援にも重きが置かれており、図書館では一般に実施されていない項目も挙がっている。

両ガイドラインは、一面では方向性を異にするものかもしれないが、しかし、「図書館利用者の効果的、効率的な図書館・情報利用を支援するためのサービスを総合的、体系的に展開する」という視点を共通の土台としており、むしろ相互補完的な役割を持つと解することができる。これらのガイドラインが図書館界の関心の高まりを生じさせ、実際の活動

表 2 「図書館利用支援ガイドライン」の内容  
(文献[19]より)

はじめに
I. 総論
1. 定義
2. 意義
3. 対象
II. 業務化への手順
1. 理念の確立
2. 組織の確立
3. 現状分析
4. 目的・目標の設定
5. 方法・手段の設定
6. 予算の計上
7. 担当者の研修
8. 施設・設備、教材、広報手段の提供
9. 協力体制の確立
10. 評価の定着化
III. 目標
1. 領域1 印象づけ
2. 領域2 サービス案内
3. 領域3 情報活用法指導
IV. 方法
1. 領域1 印象づけ
2. 領域2 サービス案内
3. 領域3 情報活用法指導

に利用されれば、個々の図書館の具体的な実践は拡充する方向に進むものと思われる。さらに、3.1でみたように、図書館行政が「報告」の示す方針で動いていくとすれば、今後、図書館における情報利用支援、すなわち情報リテラシーの習得・向上の支援にかかる活動は、図書館（資料）の使い方を中心としながら、盛んになっていくものと思われる。

#### 4 考察 一実践上・研究上の課題一

以上、図書館をめぐる情報化の現状、そして図書館における情報利用支援への取り組みの現状について、今後の方向性も視野に入れながら、概観してきた。本章では、これまでの検討をもとに、他の社会教育機関への適用も考慮に入れながら、図書館における情報利用支援、すなわち情報リテラシーの育成に関わるサービスの在り方を探るための課題をまとめるかたちで考察を行う。

#### 4.1 実践上の課題

まず、実践上の課題、すなわち図書館や図書館員あるいは図書館行政などが検討すべきだと考えられる課題を挙げる。ここでは、特に3.3で見たガイドラインの考え方などを参考にしつつ、3点について述べる。

##### (1) 図書館の置かれた情報環境の把握

まず、図書館の情報化の現状について、きちんと把握する必要がある。すなわち、図書館で提供している、あるいは提供可能なサービスにはどのようなものがあるのかを整理する必要がある。ここには、当然ながら、印刷資料や視聴覚資料も含まれるが、やはり電子・ネットワーク資料（情報源）に関する事柄が中心となろう。職員、予算などといった視点での整理も必要である。

##### (2) 利用者（地域住民）の特性の把握

潜在的利用者を含む利用者について、その特性を把握することも重要となる。例えば「どのようなニーズを持って図書館を利用しているか、あるいは利用する可能性があるか」「利用者（地域住民）の年齢層、職業傾向などはどうなっているか」などについて、直接的、間接的方法によって実態を知ることが必要となろう。これは、何も情報リテラシーの習得・向上の支援に限ったことではなく、図書館サービス全般にいえることであるが、とりわけニーズや経験等のバリエーションの多いと思われる情報化をめぐる対応においては重要となろう。

##### (3) 「指導サービス」の体系的、組織的、計画的展開

(1)と(2)を踏まえて、情報リテラシーの育成に関わるサービス（指導サービス）を体系的に実施していく必要がある。3.3で取り上げた二つのガイドラインの意図するように、組織的、計画的に実施されることが期待される。ただし、ガイドラインに掲げられた目標を即座に達成すべきというものではないし、また現実的ではない。むしろ、図書館（あるいは図書館行政）としての方針を立てたうえで、(1)の結果を踏まえて可能な範囲から、また、(2)の住民ニーズなどを充分に考慮したうえで、選択的、段階的に実施していくべきものと考えられる。

不特定多数を対象とする公共図書館では、そうしたサービスを実行に移すのはたやすいことではないだろう。サービスの実施に向けた第一歩として何をなすべきかについて、情報リテラシーの育成に向けた図書館の課題を述べた、図書館員の次の言葉が参

## 社会教育機関としての公共図書館における情報利用支援の現状と課題

考になろう[20]。

1. 職員の情報を共有すること
2. 図書館において何が調べられ、何が調べられないかを明示すること
3. 多様な情報源を整理し過不足なく提供すること
4. 利用者と情報との障害を減らすこと

選択的、段階的に実施していく際に、他の社会教育機関や近隣の図書館等との連携協力、機能分担も視野に入れることが必要となってくる。また、児童・青少年サービスを中心に、学校などの教育機関での教育内容などにも配慮していく必要がある。これについてでは、稿を改めて論じることとしたい。

これら以外にも検討すべき課題は多い。職員の資質の維持・向上の問題は、情報化を進めるうえで図書館が最も大きな課題と認識しているものである[21]。これは、必要となる知識や技術を習得するための研修等の機会をどう確保するか、という問題になるところが大きい。現在も種々の研修機会が用意されているが、対象の範囲・規模が適当・適切であるかどうか、検証の必要はある。また、個々の地域状況に対応したきめ細かな対応を考えれば、より多面的な研修等の機会が提供されるのが望ましいともいえる。これらについても稿を改めて論じることとしたい。

### 4.2 研究上の課題

実践上の課題と表裏をなすものとして、研究上の課題がある。図書館情報学をはじめとする関連領域に課せられたテーマは多岐にわたるが、ここでは 2 点に分けて言及しておく。

#### (1) 調査研究

現在、個別の取り組みの事例は増えつつあり、広がりを見せている。こうした事例を集め、個々に問題点などを探っていくほか、全体的傾向を把握するための全国的な調査も必要となろう。量的な調査のほか質的な調査も重要であり、個々の図書館で生じている具体的な効果や問題などを多角的に分析することは、まだ全体像が明らかでないこのテーマにおいては必要かつ有効である。

また、海外における事例も参考になるが[22]、その際には、わが国と海外の国々との公共図書館に関する制度的、経済的状況の異同などを充分に考慮しつつ、個々の図書館の地域性などにも目を配りながら

検討することが必要である。

さらに、利用者に対する調査も重要である。利用者への支援をサービスとして展開するためには、利用者のニーズや地域特性など把握しておくべき事柄は多い。

#### (2) 理論研究

発達段階、情報探索プロセス、各教科目との関連などを踏まえて理論構築やモデル化を行うなど、(特に米国において) 理論的研究が進んでいる学校図書館、大学図書館などの分野に比べ、公共図書館分野においては、理論的研究はほとんど見られない。これは海外でもわが国でも同様である。

わが国では、小田らによる論考がある[23]。この論考では、利用者ガイドス (公共図書館における情報利用支援) を「図書館内部の文脈」と「社会的な文脈」という軸と「利用者サービス」と「図書館の経営」という軸とで分析しようとする枠組みを提案しており、とりわけ社会的な文脈において利用者支援を検討している視点に意義が見出せる。こうした論考を踏まえた今後の議論の展開が期待される。さらに、社会的文脈という観点では、他の館種等との関係をも踏まえる必要があるが、これについては一部を別稿で論じた[24]。

これ以外にも、育成・支援の方法やツール・教材等についての実験なども必要である。図書館においては、教育・指導の方法論について、その効果や問題点が必ずしも実証的に確認されているわけではない。これらについて実験を行うことも有用な結果をもたらすものと考えられる。また、ここでは、特に図書館情報学的な観点から二つに絞って挙げたが、これ以外にも多くの課題がある。例えば、利用者用インターフェースの開発などの工学的研究や、ネットワーク化されたサービスを展開する図書館における「地域」や「住民」といった概念の再検討などの社会学的研究といった課題が挙げられる。

### 5 おわりに ー今後の研究の方向性ー

本稿では、社会教育機関としての図書館について、情報化の現状を概観したうえで、利用者の情報リテラシーの習得・向上の支援 (情報利用支援) をめぐる取り組みについて論じてきた。図書館の状況を見て判るように、社会教育における情報リテラシーの支援、ひいては情報化への取り組みは、学校教育等に比べて一步後ろをいく状態にある。したがって、

本稿では、その全体状況を描写し、課題を拾い出すことによって、今後、実践上も研究上もいっそう重要なこのテーマに関する議論の足がかりとする予備的な検討を行うことを試みた。最後に、次の段階として構想している研究について、現在の計画を述べて、本稿のまとめとしたい。

まず、4.2(1)で挙げた点と関わるが、情報リテラシーの習得・向上の育成に関する調査を計画している。具体的には、図書館を含めた社会教育機関や、さらには民間教育事業者（カルチャーセンターなど）や専門学校などを調査対象とし、教育内容・対象等の比較分析を行い、現代社会において情報リテラシー教育がどのように展開されているかを俯瞰的、総合的に把握する。さらに、大学・学校教育等の状況も必要に応じて調査していく予定である[25]。

また、次の段階としては、図書館の利用者を対象とした調査を検討している。本稿では、図書館における指導サービスを扱ったが、その主役はやはり利用者である。利用者に関する研究の重要性は充分認識しているが、今回は、利用者そのものに対する考究よりも、むしろそれを行うための土台づくりとして、利用者を取り巻く様々な環境・状況・条件等に関する考察を行なった。今後は、利用者により焦点を絞った検討を進めていく。調査としては、例えば、利用者をセグメント化してとらえ、それぞれの情報探索・利用行動、読書傾向などについて調べることなどが挙げられる。

一方、こうした調査研究と並行して、4.2(2)で挙げた、理論的な研究も進めいかねばならない。教育学、行政学等の関連領域の成果を援用しつつ、調査研究と相乗的に進めていく必要がある。特に、利用者調査に関しては、調査を行うだけでなく、その方法論の確立を含め、理論的な裏づけも重要である。

## 謝辞

本研究の一部は、科学研究費基盤研究(B)「電子・ネットワーク環境下における研究者・学習者の情報利用行動に関する実証的研究」（平成 11 年度～12 年度）、および学術情報センター共同研究「電子環境における情報利用行動の研究」（平成 10 年度～）による。

## 参考文献

- [1] 情報リテラシーと情報活用能力が同一の概念であるかどうかについては、別途議論が必要であるが、教育の分野ではほぼ同一の文脈で論じられるので、本稿でも区別しないで用いる。情報リテラシーや情報活用能力の定義などについては、次の文献などを参照。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.
- [2] 「高等学校学習指導要領」、文部省、1999.
- [3] 例えば、次の文献など。山本恒夫、坂井知志、「高度情報化にともなう新しい生涯学習支援システムの構想」、日本生涯教育学会論集、No. 19, 1998.
- [4] 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。
- [5] 生涯学習審議会社会教育分科審議会会計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, pp. 21-22.
- [6] 野末俊比古、坂井知志、「新たな学習コンテンツの構築と利用：文部省情報化施策の動向と展望」、日本教育工学会第 15 回全国大会論文集、富山、1999.10, pp. 97-98.
- [7] 岩手県立図書館、秋田県立図書館、山梨県立図書館、上田市立図書館、京都府立図書館の五つである。事業の成果をホームページで公開している図書館もある。また、事業の実行委員会等から報告書が出されているところもある。一部は、次の文献でも報告されている。「公共図書館の情報化・サービスの高度化 1999」（平成 10 年度文部省補助事業調査研究報告書）、高度映像情報センター、1999.
- [8] 「甲州文庫資料検索システム」<<http://www1.lib.pref.yamanashi.jp/>>（URL 最終確認：1999 年 12 月 15 日）
- [9] 「バーチャルエージェンシー教育の情報化プロジェクト 報告書」、文部省、1999.
- [10] 野末俊比古、「図書館における情報リテラシー教育に関する一考察－図書館利用教育ツールを中心に」、日本教育工学会第 14 回全国大会

## 社会教育機関としての公共図書館における情報利用支援の現状と課題

- 講演論文集, 函館, 1998.9, pp. 117-118.
- [11] 文献[5].
- [12] 小田光宏, 「専門委員会報告を読み解く」, 現代の図書館, Vol. 37, No. 2, 1999, pp. 60-65.
- [13] 文献[5], pp. 3-9.
- [14] 仲西正彰, 「『情報』をキーワードにした図書館サービスの拡大」, 平成 10 年度(第 84 回)全国図書館大会第 14 分科会(図書館利用教育)発表要綱(資料集), 秋田, 1998.10, pp. 22-25.
- [15] 「大阪府立中央図書館におけるコンピュータ目録等の利用支援: 利用者用端末・各種情報機器の利用の支援・援助」, 新しいメディアにチャレンジ—公共図書館の情報サービス実践事集-, 文部省, 1998, pp. 122-128.
- [16] 池田祥子, 「図書館活用講座『読みたい本を探す』を実施して—都立多摩図書館の利用教育サービスー」, 図書館雑誌, Vol. 94, No. 3, 2000. (掲載予定)
- [17] 国立国会図書館図書館研究所「不特定多数を対象とする図書館における利用者ガイダンスの在り方」研究班, 「公共図書館利用者ガイダンス・ガイドラインとその考え方」, 現代の図書館, Vol. 34, No. 4, 1996, pp. 212-216.
- [18] 文献[17], p. 213.
- [19] 日本国書館協会図書館利用教育委員会編, 「図書館利用支援ガイドライン: 図書館利用教育ガイドライン—公共図書館版ー」, 日本国書館協会, 1999.
- [20] 原勇次, 「市民サービスとしての情報利用支援」, 平成 11 年度(第 85 回)全国図書館大会第 14 分科会(図書館利用教育)発表要綱(資料集), 大津, 1999.10, pp. 2-5.
- [21] 「図書館の情報化を進める上での今後の課題」として「職員の知識・技術の向上」が回答の約 7 割を占めている。文献[5], p. 26.
- [22] 野末俊比古, 越塚美加, 「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」, 学術情報センター紀要, No. 11, 1999, pp. 207-216.
- [23] 小田光宏, 柳与志夫, 「利用者教育における概念的枠組の再構築—公共図書館における利用者ガイダンスへの展開ー」, 図書館学会年報, Vol. 42, No. 3, 1996, pp. 135-147.
- [24] 野末俊比古, 「情報検索(データベース)教育の意義と展開—図書館における利用者教育を中心にー」, 情報検索の理論と実際(論集・図書館情報学の歩み 第 19 集), 日外アソシエイツ, 1999, pp. 126-153.
- [25] これについては、既に一部、取り掛かっている。次の文献を参照。越塚美加, 野末俊比古, 「大学における情報リテラシーの教育体制: 体系的な情報リテラシー教育の在り方の検討に向けた予備的調査(ケーススタディ)」, 第 46 回日本図書館情報学会研究大会発表要綱, 京都, 1998.11, pp. 103-106.

## 研究論文

### 産業技術競争力の決定要因分析

### Analysis of the Decisive Factors in Competitiveness of Industrial Technology

学術情報センター 矢野 正晴

Masaharu YANO

National Center for Science Information Systems

科学技術と経済の会 亀岡 秋男

Akio KAMEOKA

Japan Techno-Economics Society

#### 要旨

わが国の対米、対欧州、対アジアの産業技術競争力を分野別、技術項目別に評価するためのアンケート調査を行った。技術水準および市場競争力と、それらの決定要因についての回答の統計的分析により、要因は研究・技術力、商品化力およびマネジメント力の三つに大別できることが分かったほか、分野ごとのこれら 3 要因の強弱も明らかになった。なお、今後は調査票を改善し、さらにデータ収集・分析を行う予定である。

#### ABSTRACT

We gave a survey of competitiveness of each field and each technical item of industrial technology in order to compare the Japanese situation with that of U.S.A., Europe, and Asia. By the statistical analysis of answers concerning the technical level, marketing competitiveness, and their decisive sources, we found that the sources are classified into three factors. They are power of research and technology, that of product development, and that of management. We also found strength and weakness of these three factors of each field. After this we will improve the questionnaires and collect more data to analyze further.

[キーワード] 産業技術競争力、技術水準、市場競争力、研究・技術、商品化、マネジメント

[Keywords] competitiveness of industrial technology, technological level, marketing competitiveness, research and technology, product development, management

#### 1 はじめに

わが国の産業競争力を今まで以上に強化するためには何が必要であろうか。技術分野ごとに現状は異なっており、そのような現状を生んだ要因も様々であると考えられる。材料・部品から装置・システムやサービスなど幅広い分野について、わが国の産業技術の水準と市場競争力を米国、欧州、アジア諸国と比較し、その発展段階や市場化の時期等を評価するアンケート調査が、1999 年に社団法人科学技術と経済の会によって行われたが、本稿では、その調査の中の「現状を決定している要因」について統計的

に分析した結果を報告する。

なお、この調査は科学技術と経済の会の会員企業のうち 151 社を対象に行われたパイロット的なものであり（回答は 81 社）、本稿による分析結果等とともに質問票が改善され、今後さらに多くの企業を対象として調査が行われる見込みである。

#### 2 米国および欧州の対応

米国では 1983 年に、米大統領産業競争力諮問委員会 (President's Commission on Industrial Competitive-ness) が設置され、委員長はジョン・ヤング氏（当時

## 産業技術競争力の決定要因分析

ヒューレット・パッカード社長)で、1985年に“Global Competition-The New Reality”[1]を発表した。このいわゆるヤング・レポートは、米国の国際競争力が諸外国から未曾有の挑戦を受けているとし、これが国民の生活水準の向上、安全保証、政府による諸施策への支援能力を低下させる要因となりつつあることを指摘した。米国の産業競争力の強化のために、①技術の創造・応用・保護 ②米国産業の資本コストの低減 ③熟練した適応力と意欲のある人材の育成および ④国家最優先事項としての貿易の位置づけなどの提言を行った。

この技術競争力評価は、後に米国競争力評議会(Council on Competitiveness)に引き継がれ継続的に実施されたが、1991年から1994年にかけての米国の技術レベルの変化を日本および欧州と比較し、米国が優位であるとしている[2]。さらに、1999年には、米国は絶好調の今こそ危ない時であり、現在の国策や投資に方針変更がない限り今後10年以内に国家としての地位を失うかも知れない、と警告している[3]。それによると、2000年代の初頭には日本が世界一になると予測されている。また、米国の大統領府科学技術政策局(OSTP)が1991年から1994年までの変化につき国家重要技術を選定しその技術評価を行ったが、これによるとほとんどの項目において米国の技術レベルが優位になっており、日本が米国を追い上げているのは10項目、米国が日本を引き離しているのは8項目で拮抗している。

欧州では、スイスのIMDが世界競争力レポート(The World Competitiveness Year Book)を出しているが、これには次のような特徴がある。第1に、競争力だけでなく国内経済力、国際化、政府、資金調達、インフラ整備、企業経営、科学技術、人材などの総合得点で各国の順位づけをしている。第2に、対象がOECD加盟諸国と新興国を含めて47か国(1999年のレポートの場合)が多い。また、第3に分析基準が非常に多く、多数の統計データの他にアンケートデータも用いている[4]。これによると、日本の科学技術は1995年から1999までを通じて世界第2位である。また、1999年で見ると総合で16位、人的資源で13位、社会資本で20位、国際化で21位などとなっている。

日本でも最近、産業競争力に対して政府や産業界の意識が高まり、1999年3月に産業競争力会議が発足し、①事業再構築の環境整備 ②税制改革 ③技

術開発活性化 ④緊急雇用対策などが進められている。1998年には社団法人経済団体連合会が産業技術力の実態調査を行い、日本の産業競争力の高さを支えてきた産業技術力に陰りが見え始めていると警告している[5]。

### 3 本アンケート調査の概要

この調査の対象は、科学技術と経済の会の法人会員企業のうち151社の技術経営責任者である。このうち81社から回答が得られ、回収率は53.6%であった。調査に先立ち、まず239の技術項目が選定され、それらが大きく14分野(表1)に分類された。この調査では、上記の239項目のうち、回答者に関する深い項目のみを選んでもらい、それにつき現在のわが国の①米国に対する ②欧州に対する ③アジアに対する技術水準を、いずれも5点法により評価してもらった。また、その現状を決定している要因を、表2にあげた10の選択肢中から1つ選んで記入してもらった(10.の「その他」を選んだ場合は、その内容も記入。付録1「アンケート票見本」を参照)。

表1 14の技術分野

	分野	項目数	回答社数	総回答数 <sup>1)</sup>
1	新素材	23	33	186
2	バイオテクノロジー	20	23	132
3	電子・光学材料	14	30	122
4	電子・デバイス	22	34	207
5	情報機器・システム	14	33	226
6	ソフトウェア・システム	25	29	263
7	通信機器・システム	11	37	223
8	情報家電	9	26	133
9	エネルギー	13	33	152
10	医療技術	14	15	62
11	環境技術	17	35	191
12	交通・建築・インフラ	22	34	131
13	生産技術・システム	16	21	85
14	経営・人材・その他	19	10	181
合計		239	81	2294 <sup>2)</sup>
(うち、分野1~12の計)		(204)	(81)	(2028)

注1)回答社数は、その分野の項目のうち少なくとも1つに回答した会社の数である。したがって、同じ分野内でも、ある会社が回答した項目と回答していない項目があるため、項目数×回答社数が総回答数とは一致しない。

2) 1社で複数の分野に回答している企業があるため、各分野の回答社数の合計とは一致しない。

表 2 現状を決定している要因の選択肢

	選択肢
1	製品化技術力
2	要素技術力
3	製造技術力
4	研究開発力
5	技術マネジメント
6	事業戦略
7	商品企画
8	マーケティング
9	間接経費
10	その他(具体的に記入)

さらに、わが国の現在の市場競争力についても、同様に対米、対欧州、対アジアに分けて、5点法により評価してもらうとともに、その現状を決定している要因をさきと同様に10の選択肢中から1つ選んで記入してもらった。

なお、この調査では、将来の技術水準・市場競争力の予想や、各技術の発展段階における位置、市場の規模等についても聞いているが、本稿での分析と直接の関係がないのでここでは割愛する。分野番号13の「生産技術・システム」と分野番号14の「経営・人材・その他」は、それ以外の12分野とは性質を異にしており全分野にまたがる項目群であるため、以下の分析では、この2分野を除いた12分野204項目を分析の対象としている。そうすると、分野ごとの回答社数は15~35社であり、各項目ごとの回答社数の総合計、つまり分析に投入するデータ数は2028となった。

#### 4 現在の技術水準および市場競争力と、それらの決定要因との関係

現状を決定している要因の選択肢は、さきに述べたように10あるが、「その他」の内容はまちまちであったので、ここでは残る9つの選択肢を分析の対象とする。そのおのが、パフォーマンス（技術水準および市場競争力）に影響を与えていているかどうかを知るために、以下に述べるようにカイ2乗検定を行った。

##### 4.1 技術水準とその決定要因

まず、204ある項目を、日本の現在の技術水準が米国に対して高いものと低いものの2つの群に分けた。

それと同時に、現状決定要因の指摘件数の、その項目に対する全指摘件数に対する比率が平均より大きい項目であるか小さい項目であるかで2つの群に分け、技術水準によって分けた2群との間でクロス表をつくりカイ2乗検定（付録2を参照）を行った。続いて、対欧州、対アジアの日本の現在の技術水準についても、おののおの同様の検定を行った。結果は、表3に示したとおりである。

有意確率が0.1未満となる組合せについて、Cramer's Vと有意確率を示している。まず対米国についての結果を見ると、日本の技術水準に対して要素技術力、製造技術力および研究開発力が有意な影響を及ぼしている。このうち前二者はCramer's Vが正の数であるので日本の要素技術力と製造技術力が高いため対米技術水準が高くなっている、と解することができる。これに対し、研究開発力についてはCramer's Vが負の数であるので、日本の研究開発力が不足しているために対米の日本の技術水準が低くなっている可能性があることを示唆している。

次に、対欧州について見ると、対米と同様に要素技術力と製造技術力が有意な影響を及ぼしているが、事業戦略が不足しているために対欧州の日本の技術水準が低くなっている可能性があることが分かる。

さらに、対アジアについてみると、正の有意な影響を及ぼしている要因はない。分野別の技術水準が、12分野のすべてにおいて日本はアジアより高くなっている（表4）ことを考えると、上記のことは、商品化技術力等の技術マネジメント以外の種々の要因において日本が優れているかどうかに関わりなく、日本の技術水準がアジアよりは全般的に高くなっている可能性があることを示唆している。なお、技術マネジメントの対アジアの日本の技術水準との間に、負の非常に高い相関が見られる結果となっているが、これについてはデータの偏りが大きいこと（全204の技術項目のうち198項目が、技術マネジメントの指摘率が低く、対アジアの日本の技術水準が高い）を考えると、この結果については少し割引いた解釈が必要であろう。

##### 4.2 市場競争力とその決定要因

次に、前節と同様の処理を市場競争力に関しても行った。結果は表5に示したとおりである。

対米では、製造技術力が日本の現在の市場競争力に対し有意な影響を与えており、研究開発力とマーケ

## 産業技術競争力の決定要因分析

表 3 日本の技術水準と、その決定要因との間のカイ<sup>2</sup>乗検定結果

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		製品化 技術力	要 素 技術力	製 造 技術力	研 究 開発力	技 術 マネジメント	事 業 戦 略	商 品 企 画	マーケテ ィング	間 接 経 費
対米国	Cramer's V 有意確率	—	0.206 0.003	0.160 0.022	-0.305 0.001	—	—	—	—	—
対欧州	Cramer's V 有意確率	—	0.178 0.011	0.223 0.001	—	—	-0.135 0.053	—	—	—
対アジア	Cramer's V 有意確率	—	—	—	—	-0.507 0.001	—	—	—	—

注)「—」は、関係が有意でないもの。

表 4 現在の日本の技術水準

	分野	対米国	対欧州	対アジア
1	新素材	0.11	0.55	1.75
2	バイオテクノロジー	-0.54	-0.03	1.53
3	電子・光学材料	-0.03	0.43	1.62
4	電子・デバイス	0.16	0.71	1.32
5	情報機器・システム	-0.00	0.87	1.52
6	ソフトウェア・システム	-0.72	-0.08	1.14
7	通信機器・システム	-0.66	0.08	1.40
8	情報家電	1.09	1.22	1.82
9	エネルギー	-0.10	0.13	1.71
10	医療技術	-0.64	-0.26	1.68
11	環境技術	0.06	-0.00	1.31
12	交通・建築・インフラ	0.03	-0.03	1.50
13	生産技術・システム	0.49	0.60	1.45
14	経営・人材・その他	-1.02	-0.66	0.78

表 5 日本の市場競争力と、その決定要因との間のカイ<sup>2</sup>乗検定結果

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		製品化 技術力	要 素 技術力	製 造 技術力	研 究 開発力	技 術 マネジメント	事 業 戦 略	商 品 企 画	マーケテ ィング	間 接 経 費
対米国	Cramer's V 有意確率	—	—	0.258 0.001	-0.177 0.011	—	—	—	-0.136 0.051	—
対欧州	Cramer's V 有意確率	0.182 0.009	—	0.304 0.001	-0.176 0.012	-0.173 0.013	-0.186 0.008	—	-0.217 0.002	—
対アジア	Cramer's V 有意確率	—	—	—	—	—	—	—	-0.201 0.004	—

注)「—」は、関係が有意でないもの。

ケティング力が不足しているため、日本の市場競争力が低くなっている可能性があることを示している。対欧州では、商品化技術力と製造技術力が、日本の市場競争力を高いものにしているが、研究開発力、技術マネジメント、事業戦略それにマーケティング力が不足しているため対欧州の市場競争力が低くなっている可能性があることが分かる。

対アジアの日本の市場競争力に影響を与えているのは、マーケティング力だけであり、市場競争力のない項目がマーケティング力の不足による可能性があることが分かる。

## 5 技術水準と市場競争力の各決定要因の因子分析

次に、現状を決定している要因の9つの選択肢の回答全部を一括して因子分析を行った。この因子分析は、技術水準の決定要因、市場競争力の決定要因それぞれにつき行ったが、前者についてはさらに得られた3つの因子の得点を業種ごとに算出して比較し、また項目別の因子得点も算出した。

### 5.1 技術水準の決定要因の因子分析

技術水準の現状を決定している要因の因子分析結果は、表6のとおりであった。固有値の累積寄与率が $1/2$ 以上となるまで因子を採用することとすると、次の3つの因子が抽出できる。

第1因子は、商品化技術力、要素技術力、製造技術力、研究開発力および事業戦略の5要因に高く負荷しており、「研究・技術」因子と呼ぶ。第2因子は、商品化技術力、商品企画、およびマーケティングの3要因に高く負荷しており、「商品化」因子と呼ぶ。第3因子は、技術マネジメントに高く負荷しており、「マネジメント」因子と呼ぶ。

つまり、要因の選択肢は全部で9つあるが、「研究・技術」「商品化」「マネジメント」の3因子にまとめることができる、ということが分かった。

### 5.2 市場競争力の決定要因の因子分析

市場競争力を決定している要因の因子分析結果は、表7のとおりであった。技術水準の分析のときと同様の基準で因子を採用したところ、次の3因子が抽出できた。

表6 技術水準の決定要因の因子分析結果

・固有値								
因 子	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	第8因子
固有値	2.6814	1.0508	0.9829	0.9160	0.8412	0.6345	0.4746	0.4186
累積寄与率	0.3352	0.4665	0.5894	0.7039	0.8090	0.8883	0.9477	1.0000

#### ・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	
	研究・技術	商品化	マネジメント					
1.商品化技術力	0.52734	0.61473	0.13153					
2.要素技術力	0.78944	0.20550	-0.02133					
3.製造技術力	0.69017	-0.03671	0.12270					
4.研究開発力	0.75672	0.18429	0.05475					
5.技術マネジメント	0.19799	0.13955	0.78113					
6.事業戦略	0.48134	0.01447	-0.37132					
7.商品企画	-0.03637	0.82779	0.14383					
8.マーケティング	0.19807	0.54231	-0.44089					

注) 網掛けは、因子負荷量 0.45 以上を示す

## 産業技術競争力の決定要因分析

表 7 市場競争力の決定要因の因子分析結果

・固有値								
因 子	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	第 8 因子
固有値	2.6191	0.9862	0.9441	0.8181	0.7869	0.6851	0.6441	0.5163
累積寄与率	0.3274	0.4507	0.5687	0.6709	0.7693	0.8549	0.9355	1.0000

・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					
	商品化 2	研究・技術 2	マネジメント 2					
1. 製品化技術力	0.73535	0.16499	0.00754					
2. 要素技術力	0.20740	0.67090	0.18628					
3. 製造技術力	0.71746	0.08433	-0.06676					
4. 研究開発力	0.09330	0.82756	-0.10155					
5. 技術マネジメント	0.07130	0.05456	0.96627					
6. 事業戦略	0.65976	-0.01736	0.19361					
7. 商品企画	0.53430	0.30175	0.05493					
8. マーケティング	0.62719	0.18135	0.05306					

注) 網掛けは、因子負荷量 0.45 以上を示す。

第 1 因子は、製品化技術力、製造技術力、事業戦略、商品企画およびマーケティングの 5 要因に高く負荷しており「商品化 2」の因子と呼べる。第 2 因子は、要素技術力、研究開発力の 2 要因に高く負荷しており、「研究・技術 2」の因子と呼べる。第 3 因子は技術マネジメント要因に高く負荷しており、「マネジメント 2」の因子と呼べる。因子の種類としては、3 つとも前節の技術水準の分析で得られた 3 因子と似ている。しかし、全く同一のものではないため、ここでは各因子に「2」をつけて技術水準の決定要因の 3 因子と区別した。

以上のことから、技術水準と市場競争力いずれの場合も、(1) 研究技術に関する因子 (2) 商品化に関する因子および (3) マネジメントに関する因子の 3 因子が得られたことになる。そして、技術水準に関する分析においては、3 つの因子のうち「研究・技術に関する因子」が第 1 の因子で、「商品化に関する因子」が第 2 の因子であったが、市場競争力に関する分析ではこの順序が逆になっている。「マネジメントに関する因子」は、技術水準、市場競争力のいずれに関する分析においても第 3 の因子として抽出された。

これらの結果はおおむね納得できるものであると言えよう。

## 6 技術水準の決定要因の因子得点

## 6.1 分野別の特徴

5.1 節で技術水準の決定要因の因子分析を行ったが、そこで得られた項目ごとの因子得点の分野別平均を算出した。結果は表 8 のとおりである。なお、技術水準は対米の日本のもので、因子得点との比較がしやすいように、平均 0、分散 1 に標準化した後の数値を記載しており、技術水準の高い分野から順に並べてある。これをグラフ化したものが図 1 である。

この図で特徴的な分野を見てみると、まず対米の日本の技術水準が最も高い分野は情報家電であり、その他の分野に比べ際立っている。情報家電の因子を見ると、商品化因子の得点が非常に高く、研究・技術因子の得点も高い。これらの 2 因子が牽引している姿がうかがえる。マネジメント因子の得点も高い方である。電子デバイスは、情報家電に次いで技術水準が高いが、商品化因子は平均並である。新素材は技術水準は高く、商品化因子とマネジメント因子は平均より高いが研究・技術因子が低い。交通・建築・インフラは商品化因子が情報家電に次いで高いが、マネジメント因子が低い。電子・光学材料は、マネジメント因子の得点が全分野中最高である。バイオテクノロジーは技術水準は低く、研究因子・マネジメント因子とも低いが、商品化因子が比較的高

表 8 分野別の平均因子得点

No.	分 野	技術水準 (対米・標準化後)		研究・技術因子		商品化因子		マネジメント因子	
1	情報家電	○○	1.46	○○	0.84	○○	1.07	○	0.32
2	電子デバイス	○	0.36		0.28		-0.02		0.22
3	新素材	○	0.30		-0.15		0.15		0.13
4	環境技術		0.24		0.06	○	0.17	○	0.32
5	交通・建築・インフラ		0.21	○	0.35	○	0.49	××	-0.59
6	情報機器・システム		0.17	○	0.38		-0.05		-0.14
7	電子・光学材料		0.14		0.17		0.02	○○	0.44
8	エネルギー		0.05		0.18		0.12	×	-0.18
9	バイオテクノロジー		-0.47	×	-0.44	○	0.17	×	-0.21
10	医療技術	×	-0.59		-0.23	××	-0.99		0.04
11	通信機器・システム	×	-0.62	××	-0.47	×	-0.37		-0.03
12	ソフトウェア・システム	××	-0.68	××	-0.47	×	-0.52		-0.04
範囲(最大と最小の差)			2.14		1.31		2.06		1.03

注 1) 技術水準 (対米・標準化後) で SORT。

注 2) ○○ は、技術水準、および各因子の、それぞれ上位 10%、○は 30%。×× は下位 10%、×は 30%。○が 1 つ以上ついたところ、×が 1 つ以上ついたところ、○も×もついていないところ、の 3 分類をすれば、異分野間・異因子間での比較もできる。たとえば、商品化因子とマネジメント因子を比較すると、範囲は商品化因子の方が 2 倍あるが、最大と最小以外は比較的まとまっているので、商品化因子 0.17 でも上位 30%に入るが、マネジメント因子は 0.22 でも上位 30%に入らない。

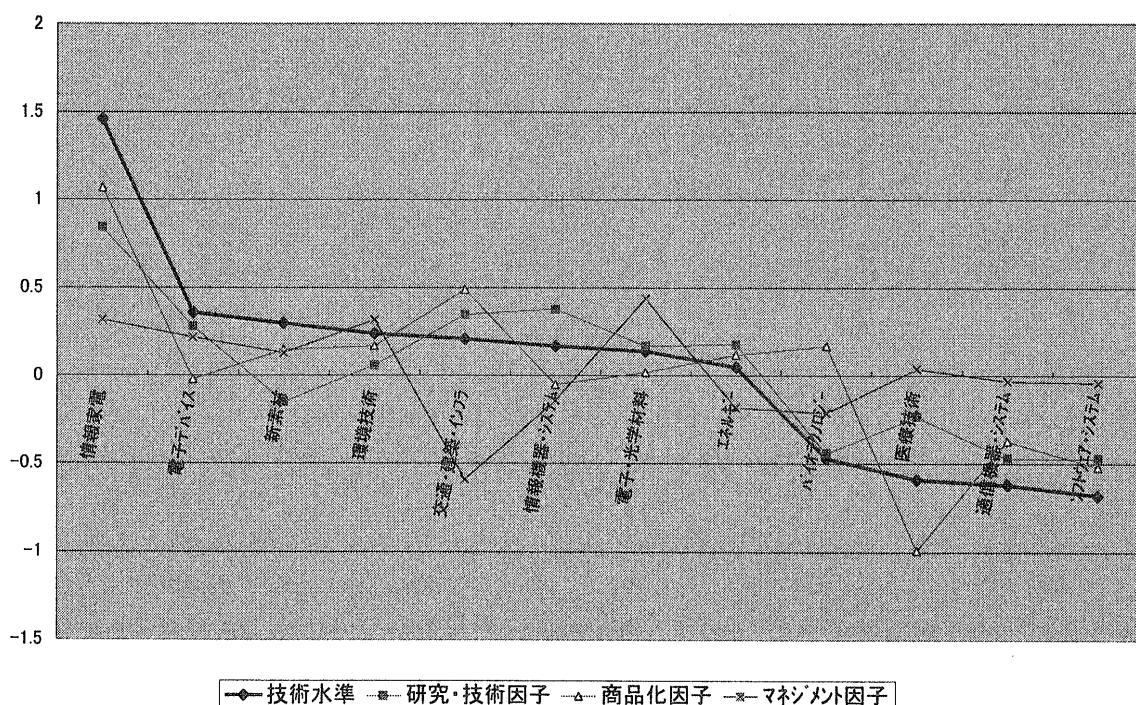


図 1 分野別の平均因子得点のグラフ

## 産業技術競争力の決定要因分析

得点である。医療技術、通信機器およびソフトウェア・システムは、研究・技術、商品化とともに得点が低い。中でも医療技術の商品化因子は全分野中最低である。なお、3つの因子の中では、マネジメント因子において比較的分野間のばらつきが小さい。

このアンケートでは、1つの項目については決定要因を1つだけ回答してもらうようになっている。そのため、例えばある項目で対米競争力が劣っているとき、その決定要因につき回答者が「研究開発力などではすでに十分拮抗している。劣っているのは技術マネジメントだ」と考えた場合、「技術マネジメント」と回答しているものと思われる。この場合、その項目で研究開発力が低いわけでもなく、それが不要であるわけでもないかも知れない。この点は、今後の調査の際の課題となるが、今回の結果をみるとあたっては考慮しなければならない。

以上のようにして、3つの因子の得点の分野別平均から、各分野の強い点・弱い点をおおまかに知ることできた、と言える。

### 6.2 項目別の特徴

次に、204の項目を、対米の日本の技術水準（標準化後）の高いものから順にランキングした結果を付録3に示す。研究・技術因子、商品化因子およびマネジメント因子も付記したが、それぞれの因子でランキングをし直したときに、上位20位（上位10%）までに入るるものに「A」の印をつけた。

そうすると、技術水準の最上位10項目（上位5%）のうち6項目（家庭用コンピュータ・ゲーム機、デジタル・ビデオ（スチル）カメラ、高速鉄道（新幹線）、制震免震構造建築、高感度撮像素子およびゲームソフト・アニメーション）において、商品化因子の得点が上位10%に入ることが分かる。このうち技術水準最上位の家庭用コンピュータ・ゲーム機においては、マネジメント因子の得点も、上位10%以内であることが分かる。なお、技術水準第8位の高張力綱は、研究・技術因子の得点が上位10%以内に入っている。

技術水準第11位から20位までの10項目を見ると、そのうち5項目（CCD、シリコン材料、フラット・パネル・ディスプレー、水素吸蔵合金および静粛工学（騒音対策など）において、研究・技術因子の得点が上位10%に入っている。

以上のことから、日本の中で最も技術水準の高い

群（上位5%）は、商品化因子が牽引役となっており、その次に技術水準が高い群（上位5%に続く5%）は、研究・技術因子が牽引役となっていることがうかがえる。なお、最上位の項目にあっては、マネジメント因子も上位10%に入っており、この因子も加わって牽引していると言える。

### 7 おわりに

本稿の前半では、カイ2乗検定による分析を行い、後半では因子分析を用いた分析を行った。これらにより一定の成果が得られたが、今後の課題として次の諸点が挙げられる。

まず第1に、調査票の設計にあたり、競争力や各要因の選択肢の定義を、もう少しあきらめさせざる必要がある。第2に、本調査票では、技術水準と市場競争力それぞれにつき、対米、対欧州、対アジアを区別せずに現状決定要因を聞いたが、地域ごとに聞くことも意味があると考えられる。第3に、今回の調査ではある1つの項目につき決定要因を選択肢の中から1つだけ選んでもらったが、もとより要因は1つだけとは限らない。何らかのウェイトづけをして複数の要因を答えてもらうこともできるようになることが必要かも知れない。今後の調査にあたっては、これら3点に留意して調査票を設計するとともに、第4として、項目別に技術水準と各因子の関係をみるとあたっては、現存の技術とまだ商品化されてない技術とに分けるなど、いくつかの分類をした上の分析も必要であると考えられる。さらに第5として、だれに回答してもらうかについてであるが、第3章で述べたように今回の調査では純粹の技術者でも経営層ではなく、技術経営の責任者に回答してもらった。企業の経営層に答えてもらうと、また違った結果となることも予想されるため、経営層の方々に答えてもらうことも検討したい。

今後は、以上の諸点を踏まえて調査票を設計し直して調査を行い、データを増加させた上で、さらに分析を行う予定である。

### 参考文献

- [1] President's Commissionon Industrial Competitive-ness, “Global Competition—The New Reality”, 1985.
- [2] Office of Science and Technology Policy, “National Critical Technologies Report”, 1995.

- [3] Council on Competitiveness, "The New Challenge to America's Prosperity: Findings from the Innovation Index" , 1999.
- [4] International Institute for Management Development, "World Competitiveness Yearbook 1999" , 1999.
- [5] (社) 経済団体連合会「産業力強化のための実態調査」, 報告書, 1998.

## 産業技術競争力の決定要因分析

## 付録1 アンケート票見本

回答記入用紙 1: NM [新素材] 分野 © Jates 1999.2.15										*ご回答者名 :	ご所属 :	ご役職 :	
項目番号	①評価対象の「産業技術・製品」項目	動向	我が国の産業技術・製品競争力評価							⑧リーディング企業大学等とその所属国(*:未商品化)	⑨現状を決定している要因	⑩重要技術(CIT)	自由コメント : お選びの項目について自由なコメントをお寄せ下さい
			②技術水準 米国 欧州 アジア	③市場競争力 米国 欧州 アジア	④発展段階 米国 欧州 アジア	⑤市場化時期 波及効果 収穫通増性	⑥市場規模	⑦	⑧				
NM 01	高機能金属	( ) 現在 将来											
NM 02	高機能ポリマー	( ) 現在 将来											
NM 03	表面薄層技術	( ) 現在 将来											
NM 04	フラー・レン	( ) 現在 将来											
NM 05	高張力鋼	( ) 現在 将来											
NM 06	アモルファス合金	( ) 現在 将来											
NM 07	超電導材料	( ) 現在 将来											
NM 08	ファインセラミックス	( ) 現在 将来											
NM 09	ニューガラス	( ) 現在 将来											
NM 10	高分子分離膜	( ) 現在 将来											
NM 11	エンジニアリング・プラスチック	( ) 現在 将来											
NM 12	複合材料	( ) 現在 将来											
NM 13	ノンリニア光電子材料	( ) 現在 将来											

(以下略)

## [記入要領]

回答記入用紙 4:ED [電子デバイス] © Jates 1999.2.15										*ご回答者名 :	ご所属 :	ご役職 :					
項目番号	①評価対象 「産業技術・製品」	動向	我が国の産業技術・製品競争力評価							⑧リーディング企業大学等と その所属国(*:未商品化)	⑨現状を決定して いる要因	⑩重要技術 (CIT)	自由コメント				
			②技術水準 米国 欧州 アジア	③市場競争力 米国 欧州 アジア	④発展段階 米国 欧州 アジア	⑤市場化時期 波及効果 収穫通増性	⑥市場規模	⑦	⑧					技術競争力 企業・大学等 (国名)	市場競争力 企業・大学等 (国名)		
ED 1	アモルファス合金	(○) 現在 将来	+1 +2	+1 +1	+2 +1	0 0	0 0	+2 3	*	1 1	1 1	xx社(日)	xx社(日)	2			
ED 2	マイクロプロセッサー	(○) 現在 将来	-2 -2	+1 +1	+1 -2	0 0	0 0	3 3	*	3 4	3 3	インテル(米)	インテル(米)	1 1	○		
ED 3	量子効果デバイス	(○) 現在 将来	0 -1	-1 -2	+2 +2	*	*	*	1	4 1	1 2	2 2	ケンブリッジ大学(米)	*	2 2	*	
ED 4	⑩回答者追加項目: 青色半導体レーザー	(○) 現在 (追) 将来	+2 +1	+2 +1	+2 +1	*	*	*	1	2 2	2 2	3 3	日立化成(日)	4 4	*	○	
ED 5		( ) 現在 将来															
ED 6	①ご回答欄に項目を選 び( )内に○印をご記 入下さい。	( ) 現在 将来											⑦この技術・製品が 将来もたらす波及 効果、収穫通増性 は、 1: 矢ではない 2: 小さい 3: 大きい 4: 非常に大きい				
ED 7	また、追加する項目が ありましたら、追加項目 の欄に項目名を記入し、評価して下さい。	( ) 現在 将来											⑧日本の現状を決 定している要因を下 記の中から選んで、番 号を記入してください。 *: 未商品化 1: 製品化技術力 2: 要素技術力 3: 製造技術力 4: 研究開発力 5: 技術マネジメント 6: 事業戦略 7: 商品企画 8: マーケティング 9: 間接経費 10: その他 (具体的に記入)				
ED 8		( ) 現在 将来											⑨この技術・製品が 将来もたらす波及 効果、収穫通増性 は、 1: 矢ではない 2: 小さい 3: 大きい 4: 非常に大きい				
ED 9		( ) 現在 将来											⑩この技術の技術 分野(ここでは、「電子 デバイス」)で、日本の 産業競争力を高める のに候となる 「重要な技術」 (Critical Technology) を①の欄から、上位 3項目を選択して ○印でお示下さい。				
ED 10		( ) 現在 将来															
ED 11		( ) 現在 将来															

\*ご意見ご感想: わが国の産業競争力を高める上でのアイディアやヒント、ご意見ご感想など自由にお寄せ下さい。

## 付録 2 カイ 2 乗検定

第 4 章で、2 群対 2 群のカイ 2 乗検定を行っているが、これは  $2 \times 2$  のクロス表で相関係数を求めたものと考えてよい。たとえば、表 3 「日本の技術水準と、その決定要因との間のカイ 2 乗検定結果」の「2. 要素技術力」と「日本の対米国技術水準」がクロスする欄を見ると、Cramer's V が 0.206、有意確率が 0.003 となっている。この原データは次のとおりである。

付表 1 要素技術力と日本の対米国技術水準

		要素技術力	
		多い	少ない
日本の対米国 技術水準	高い	36	51
	低い	26	91

この表は次のことを表している。まず、204 の項目のうち、米国に対する日本の技術水準が高く、その決定要因が要素技術力だとする指摘が多い項目が 36 項目であった。また、日本の技術水準が高いが、その決定要因が要素技術力だとする指摘が少ない項目は

51 項目であった。そして、日本の技術水準が低く、その決定要因が要素技術力だとする指摘が多い項目が 26 項目、日本の技術水準が低いが、その決定要因は要素技術力だとする指摘が少ない項目が 91 項目であった。

この  $2 \times 2$  のクロス表で相関を調べた結果が、さきの Cramer's V = 0.206、有意確率 = 0.003 である。Cramer's V はクロス表の相関を調べるときに用いられるもので、普通の相関係数（-1 から 1 までの値をとる）とは別の計算方法で得られるものであるが、普通の相関係数の値と一致し、その絶対値が大きいほど相関が高い。無段階で座標軸をとって計算する普通の相関係数は、0.4 くらいでは散布図を見てもほとんど相関があるようには見えないが、 $2 \times 2$  のクロス表では、0.2 くらいの値でも相関が大きいと見られる。表 3 の中のもう 1 つの数値「有意確率」は、Cramer's V が大きいほど小さい値になる。有意確率 1%、5%、あるいは 10% のどれかで判断することが多いが、それらの数字に特に根拠があるわけではない。ここでは、一番広く 10%（つまり 0.1 以下）で判定した。

## 産業技術競争力の決定要因分析

## 付録3 技術水準(対米)の項目別ランキング

No.	技術水準 (標準化後)	項目 No.	分 野	項 目	研究・技術 因子	商品化因子	マネジメン ト因子
1	2.31	CE05	情報家電	家庭用コンピュータ・ゲーム機	0.08	A	2.78
2	2.19	CE01	情報家電	デジタル・ビデオ(スチル)カメラ	0.81	A	1.18
3	2.07	IF08	交通・建築・インフラ	超高速鉄道(新幹線)	0.91	A	1.51
4	2.07	IF15	交通・建築・インフラ	制震免震構造建築	0.75	A	1.95
5	1.98	CE07	情報家電	壁掛け超薄型テレビ	1.04		0.37
6	1.95	ED18	電子デバイス	高感度撮像素子	0.69	A	0.91
7	1.71	CE06	情報家電	ゲームソフト・アニメーション	-0.38	A	4.42
8	1.57	NM05	新素材	高張力鋼	A	1.62	-0.30
9	1.57	IT11	情報機器・システム	光磁気ディスク		1.02	0.19
10	1.57	EV01	環境技術	排煙脱硫・脱硝装置		1.15	-0.05
11	1.54	CE02	情報家電	DVD		1.18	0.07
12	1.53	ED15	電子デバイス	CCD	A	1.50	-0.28
13	1.53	IF01	交通・建築・インフラ	エンジンの燃料消費の低減		1.13	0.12
14	1.52	EM01	電子・光電材料	シリコン材料	A	1.61	-0.24
15	1.47	IT12	情報機器・システム	フラット・パネル・ディスプレー	A	1.36	-0.02
16	1.36	NM18	新素材	水素吸蔵合金	A	1.50	-0.45
17	1.36	BT02	バイオテクノロジー	高機能成酵素・生体物質の創製		0.87	0.34
18	1.36	EV16	環境技術	静粛工学(騒音対策など)	A	1.50	-0.45
19	1.36	IF02	交通・建築・インフラ	クリーン排出ガス自動車エンジン技術		1.08	0.16
20	1.21	NM08	新素材	ファインセラミックス		1.20	0.30
21	1.21	SW21	ソフトウェア・システム	高機能ロボット技術		1.12	-0.19
22	1.21	CE09	情報家電	家庭用ロボット(介護ロボットを除く)	A	1.60	-0.24
23	1.19	BT13	バイオテクノロジー	微生物利用バイオ製品		0.85	0.27
24	1.19	IF11	交通・建築・インフラ	長大橋梁建築	A	1.34	-0.04
25	1.12	ED20	電子デバイス	パワーエレクトロニクス素子		1.31	-0.10
26	1.12	EV04	環境技術	廃プラ油化技術		0.97	0.10
27	1.12	IF06	交通・建築・インフラ	カーナビゲーション技術		0.80	A
28	1.12	IF13	交通・建築・インフラ	超高層ビル	A	0.61	A
29	1.10	EM02	電子・光電材料	ガリウム・ヒ素	A	1.36	-0.06
30	1.06	NM14	新素材	強磁性材料		1.00	0.28
31	1.04	EM03	電子・光電材料	電子部品実装材料	A	1.34	-0.03
32	0.98	IT10	情報機器・システム	光学記憶装置		0.89	0.63
33	0.96	CE04	情報家電	電子楽器		0.77	A
34	0.96	EV02	環境技術	一般廃棄物処理・リサイクル技術		0.68	A
35	0.91	BT14	バイオテクノロジー	バイオリアクター		1.15	0.05
36	0.91	ED16	電子デバイス	半導体メモリ素子		1.00	0.28
37	0.91	IF05	交通・建築・インフラ	ハイブリッド自動車		1.33	0.02
38	0.88	NM19	新素材	新機能炭素系材料		1.29	0.19
39	0.88	CE03	情報家電	高精細TV放送(HDTVなど)		1.21	-0.01
40	0.86	EV11	環境技術	海水淡化装置		1.31	0.22
41	0.85	ED06	電子デバイス	スーパークリーン・テクノロジー		1.13	0.21
42	0.80	ED14	電子デバイス	半導体レーザー		0.71	0.73
43	0.76	NM09	新素材	ニューガラス		1.18	0.10
44	0.76	ED11	電子デバイス	電子部品実装・インターフェクション	A	1.48	-0.30
45	0.76	ED21	電子デバイス	光新機能素子		1.12	-0.24
46	0.76	ED22	電子デバイス	大面积回路素子	A	1.87	-0.65
47	0.76	EN13	エネルギー	電力貯蔵システム		1.25	0.18
48	0.76	EV03	環境技術	産業廃棄物処理・リサイクル技術		0.68	A
49	0.76	IF10	交通・建築・インフラ	無人新交通システム		0.95	0.58
50	0.76	IF14	交通・建築・インフラ	超高層高速エレベーター	A	1.80	-0.41
51	0.72	IT08	情報機器・システム	スキヤナ	A	1.49	-0.31
52	0.71	SW11	ソフトウェア・システム	自然言語処理		0.88	0.38
53	0.70	IF12	交通・建築・インフラ	トンネル掘削技術	A	1.71	-0.65
54	0.69	ED03	電子デバイス	大容量半導体メモリ		1.29	0.01
55	0.68	ED19	電子デバイス	"量子デバイス(単電子、超格子など)"		0.06	A
56	0.68	IT01	情報機器・システム	スーパー・コンピューター		0.87	0.84

No.	技術水準 (標準化後)	項目No.	分野	項目	研究・技術因子	商品化因子	マネジメント因子
57	0.68	IF03	交通・建築・インフラ	自動車リサイクルの改善		1.05	A 1.55 -2.58
58	0.67	EM06	電子・光電材料	光メモリー用材料		0.71	A 0.91 0.47
59	0.66	IT03	情報機器・システム	超小型携帯コンピューター		0.54	A 1.58 0.56
60	0.66	EN06	エネルギー	太陽光発電	A	1.34	-0.32 0.31
61	0.65	BT10	バイオテクノロジー	生物活性／抗生物質		0.72	0.34 0.23
62	0.65	EV05	環境技術	エコセメント		0.81	A 0.90 A 3.60
63	0.65	EV08	環境技術	下水処理、排水技術		1.00	0.71 -0.74
64	0.60	NM10	新素材	高分子分離膜	A	1.43	-0.37 0.23
65	0.57	EM04	電子・光電材料	強磁性材料		1.03	-0.19 0.19
66	0.57	ED05	電子デバイス	半導体製造プロセス技術		1.12	0.12 0.06
67	0.57	EN07	エネルギー	新型一次電池		0.75	-0.04 0.15
68	0.51	IT07	情報機器・システム	プリンタ		1.16	0.66 -0.20
69	0.47	NM20	新素材	ケイ素化材料		0.23	A 1.93 0.46
70	0.47	ME12	医療技術	介護ロボット		0.98	-0.05 0.07
71	0.47	IF09	交通・建築・インフラ	"車両制御システム(AHS,ASV,SSVS等)"		0.95	0.42 A 1.09
72	0.45	SW10	ソフトウェア・システム	手書き文字・音声認識		1.01	0.23 0.67
73	0.45	EM05	電子・光電材料	光学材料	A	1.41	-0.21 0.30
74	0.45	CS04	通信機器・システム	携帯移動通信端末・システム		0.16	A 2.05 A 0.93
75	0.43	BT15	バイオテクノロジー	バイオセンサー		0.45	A 1.07 0.27
76	0.39	CE08	情報家電	立体テレビ受像機		1.27	-0.29 0.20
77	0.39	EN11	エネルギー	原子力発電技術		1.09	0.02 A 0.92
78	0.37	EN05	エネルギー	太陽熱エネルギー技術		1.17	A 1.11 -2.04
79	0.35	NM02	新素材	高機能ポリマー		0.81	-0.03 0.10
80	0.35	CS07	通信機器・システム	ATM交換機技術(高速、低速を含む)		0.94	0.14 0.22
81	0.32	NM21	新素材	触媒		1.06	0.03 0.21
82	0.32	EN12	エネルギー	高効率発電システム		1.15	-0.15 -0.38
83	0.32	IF04	交通・建築・インフラ	電気自動車、天然ガス自動車	A	1.34	0.11 -0.39
84	0.29	ED07	電子デバイス	高周波デバイス		1.11	0.36 0.11
85	0.28	EM07	電子・光電材料	超伝導物質		0.92	0.50 0.20
86	0.27	IT09	情報機器・システム	磁気記憶装置		1.16	0.09 0.30
87	0.27	EN01	エネルギー	超伝導応用技術		1.05	0.08 0.30
88	0.17	NM07	新素材	超電導材料		-0.96	0.02 -0.17
89	0.17	NM15	新素材	分子機能材料(有機分子・分子集合体)		-0.94	0.16 0.10
90	0.17	NM23	新素材	素材モデル化理論・利用法		-1.34	0.18 0.23
91	0.17	BT17	バイオテクノロジー	蛋白質ハンドリング(配列)技術		-0.87	0.16 0.08
92	0.17	EM09	電子・光電材料	金属・無機材料創製新プロセス技術		-1.02	0.44 -0.15
93	0.17	ED12	電子デバイス	レーザー技術		-0.76	-1.60 A 1.70
94	0.17	SW16	ソフトウェア・システム	自律統合型情報処理機構		-0.64	0.14 0.00
95	0.17	EN04	エネルギー	先端的電力供給システム		-0.62	0.05 -1.66
96	0.17	ME04	医療技術	各種内視鏡		0.21	-2.34 -0.34
97	0.17	ME05	医療技術	画像診断技術		-1.09	0.39 -0.08
98	0.17	EV09	環境技術	オゾン層非破壊溶媒・冷媒		-0.78	0.27 0.66
99	0.09	EV07	環境技術	二酸化炭素固定化技術		-0.64	0.13 0.07
100	0.09	EV10	環境技術	生分解性プラスチック		-0.43	-1.03 -0.13
101	0.06	NM12	新素材	複合材料		-1.31	0.58 0.16
102	0.06	CS01	通信機器・システム	広帯域通信		-0.78	-0.29 -0.05
103	0.05	SW23	ソフトウェア・システム	地理情報システム(GIS)		-0.64	-1.17 0.07
104	0.05	EV17	環境技術	総合的環境モニタリング		-0.97	-0.15 0.05
105	0.04	CS02	通信機器・システム	光通信		-0.94	-0.22 0.45
106	0.04	NM04	新素材	フラーん		-0.84	0.16 0.07
107	0.02	NM06	新素材	アモルファス合金		-1.31	0.60 -0.20
108	-0.07	NM01	新素材	高機能金属		-1.20	0.45 -0.10
109	-0.08	IF07	交通・建築・インフラ	ITS		-0.76	-0.67 -0.81
110	-0.10	ED13	電子デバイス	光ファイバー		-1.39	0.49 -0.25
111	-0.13	BT08	バイオテクノロジー	バイオケミカル利用技術		-0.81	0.15 0.06
112	-0.13	ED09	電子デバイス	アクチュエーター		-1.11	0.17 0.16
113	-0.13	IT14	情報機器・システム	スペクトラム・アナライザ		-1.00	0.33 -2.24
114	-0.13	ME06	医療技術	遠隔医療システム		-0.64	0.13 0.10
115	-0.13	ME09	医療技術	自己診断薬		-0.64	0.14 0.00

## 産業技術競争力の決定要因分析

No.	技術水準 (標準化後)	項目No.	分野	項目	研究・技術因子	商品化因子	マネジメント因子
116	-0.13	ME14	医療技術	在宅医療機器、システム	-0.17	-2.62	A 1.08
117	-0.13	EV15	環境技術	保全(メンテナンス)工学	-1.35	-0.08	-0.27
118	-0.17	NM03	新素材	表面履薄層技術	-0.69	-0.46	-1.28
119	-0.17	SW19	ソフトウェア・システム	機械制御系用統合ソフトウェア	-0.40	-1.62	A 1.59
120	-0.18	ED04	電子デバイス	システムLSI	-0.84	-0.76	-0.66
121	-0.22	EM10	電子・光電材料	分子精密配列制御技術	-0.64	0.14	0.00
122	-0.22	EM13	電子・光電材料	光反応プロセス技術	-0.64	0.14	0.00
123	-0.22	IT04	情報機器・システム	ビデオサーバ	-0.50	-1.04	-0.24
124	-0.29	EN02	エネルギー	ガスターイン(コジエネを含む)	-1.14	-0.08	0.11
125	-0.30	NM13	新素材	ノンリニア光電子材料	-0.76	-0.23	-0.04
126	-0.30	BT09	バイオテクノロジー	バイオプロセス分離・精製技術	-0.73	-0.61	-0.12
127	-0.30	ED10	電子デバイス	マイクロ/ナノ・テクノロジー	-0.81	0.15	0.06
128	-0.34	ED17	電子デバイス	超電導デバイス	-0.59	-0.61	-0.17
129	-0.37	IT02	情報機器・システム	パーソナルコンピューター	-0.50	-1.67	0.49
130	-0.42	NM11	新素材	エンジニアリング・プラスチック	-1.00	0.19	-0.07
131	-0.42	NM16	新素材	超耐環境先進複合材料	-1.36	0.43	0.47
132	-0.42	NM22	新素材	精密コーディング	-2.18	A 1.34	-0.62
133	-0.42	BT18	バイオテクノロジー	生体膜利用技術	-0.87	0.16	0.08
134	-0.42	SW17	ソフトウェア・システム	自律型脳神経系の情報処理様式構成	-0.64	0.14	0.00
135	-0.42	ME11	医療技術	医療用マイクロマシン	-0.99	0.16	0.12
136	-0.42	ME13	医療技術	医療福祉情報サービス	A 1.46	-5.80	-1.01
137	-0.42	EV06	環境技術	環境ホルモン対策技術	-0.62	-0.18	-0.02
138	-0.47	SW15	ソフトウェア・システム	ヒューマン・インターフェース	-0.74	-0.04	-0.69
139	-0.47	SW22	ソフトウェア・システム	CΔD/CΔMソフト	-1.08	0.20	-0.12
140	-0.47	EN08	エネルギー	風力発電	-1.43	0.32	-0.47
141	-0.47	EV13	環境技術	汚染土壤の汚染除去及び再生	-0.97	0.05	-0.18
142	-0.48	SW08	ソフトウェア・システム	認識システム(人工知能)	-0.90	-0.30	-0.14
143	-0.51	BT03	バイオテクノロジー	動植物細胞工学	-1.06	0.33	-0.02
144	-0.54	BT07	バイオテクノロジー	生体機能模倣材料・生体適合材料	-0.79	0.04	-2.02
145	-0.54	EM08	電子・光電材料	原子精密制御技術	-0.81	0.15	0.06
146	-0.54	ED01	電子デバイス	ロジックLSI	-1.03	-0.53	-0.02
147	-0.57	CS05	通信機器・システム	衛星デジタル放送	-0.35	-1.55	-0.73
148	-0.62	NM17	新素材	新合金・金属間化合物	-0.88	-1.73	A 2.39
149	-0.62	EM14	新子・光電材料	極限環境創製技術	-1.34	0.40	A 1.15
150	-0.62	SW24	ソフトウェア・システム	電子マネー(ICカード)システム	-0.21	-2.00	-1.43
151	-0.62	EN10	エネルギー	大型加速器	-0.41	0.11	0.03
152	-0.62	ME03	医療技術	医療用イメージング技術	A 1.41	-4.85	-0.79
153	-0.68	SW05	ソフトウェア・システム	アプリケーションソフト	-0.94	-0.56	-1.31
154	-0.68	EN03	エネルギー	燃料電池	-0.99	0.16	0.19
155	-0.69	SW09	ソフトウェア・システム	コンピューター・グラフィックス	-0.79	-0.43	-0.71
156	-0.72	ME01	医療技術	がん治療技術・がん治療薬	-0.64	0.14	0.00
157	-0.78	BT11	バイオテクノロジー	動物細胞利用バイオ製品	-0.95	0.38	-0.12
158	-0.78	IT06	情報機器・システム	光コンピュータ	-0.64	0.14	0.00
159	-0.78	SW14	ソフトウェア・システム	知的最適化システム	-0.64	0.14	0.00
160	-0.78	SW18	ソフトウェア・システム	超並列アーキテクチャー	-0.78	0.15	0.05
161	-0.78	EN09	エネルギー	バイオマス	-0.87	0.16	0.08
162	-0.78	ME10	医療技術	人工臓器	-0.92	0.29	0.65
163	-0.78	IF21	交通・建築・インフラ	海洋開発	-0.99	0.32	A 0.81
164	-0.82	ED08	電子デバイス	知的センサー	-1.09	-0.04	0.54
165	-0.92	SW06	ソフトウェア・システム	大規模アプリケーション・ソフト	-0.76	-0.61	-1.14
166	-1.02	BT06	バイオテクノロジー	生体内反応高度利用技術	-0.64	0.14	0.00
167	-1.02	EM11	電子・光電材料	評価・解析・分析・計測技	-1.09	0.39	-0.08
168	-1.02	SW04	ソフトウェア・システム	クラウドアントサーバ・アーキテクチャー	-0.30	-2.18	A 0.92
169	-1.02	SW07	ソフトウェア・システム	モデル化・シミュレーション	-0.70	-1.64	A 1.17
170	-1.02	CS10	通信機器・システム	情報セキュリティ技術(暗号など)	-0.90	0.17	-0.26
171	-1.02	EV14	環境技術	核廃棄物処理技術	-0.76	0.25	0.55
172	-1.02	IF18	交通・建築・インフラ	航空機用エンジン	-1.69	0.52	A 1.73
173	-1.09	CS03	通信機器・システム	通信衛星	-1.09	-0.09	-0.88
174	-1.19	CS06	通信機器・システム	CATV	-0.54	-1.54	0.59

## 学術情報センター紀要 第12号 (2000)

No.	技術水準 (標準化後)	項目No.	分野	項目	研究・技術因子	商品化因子	マネジメント因子
175	-1.19	CS08	通信機器・システム	次世代高速度大容量L&N(Gbits)	-0.69	-0.68	-0.13
176	-1.21	BT01	バイオテクノロジー	遺伝子工学	-0.82	-0.02	0.03
177	-1.21	EM12	電子・光電材料	設計・シミュレーション技術	-0.49	-2.02	A 2.55
178	-1.28	SW13	ソフトウェア・システム	データ・マイニング	-0.86	-0.05	0.03
179	-1.28	CS11	通信機器・システム	テレワーキング・システム	-0.35	-1.72	0.07
180	-1.34	BT19	バイオテクノロジー	ヒトゲノム解析(DB化、解明、診断)	-0.69	0.05	-1.61
181	-1.35	CS09	通信機器・システム	次世代インターネット(プロトコル含)	-0.61	-0.30	-0.54
182	-1.35	BT05	バイオテクノロジー	新有用遺伝子資源の探索と分離	-0.72	0.00	-2.74
183	-1.37	SW25	ソフトウェア・システム	ソフトウェア工学	-0.71	-0.09	-0.02
184	-1.41	BT12	バイオテクノロジー	植物分野バイオ製品	-1.07	-0.25	A 0.93
185	-1.41	IT05	通報機器・システム	バイオコンピュータ	-0.64	0.14	0.00
186	-1.50	ED02	電子デバイス	マイクロプロセッサー	-0.69	-0.32	-0.56
187	-1.52	BT20	バイオテクノロジー	脳科学技術	-1.16	0.33	0.01
188	-1.52	SW03	ソフトウェア・システム	プロセッサー・アーキテクチャー	-0.84	-0.04	0.43
189	-1.61	IT13	情報機器・システム	データベース・システム	0.15	-2.23	-1.16
190	-1.61	SW01	ソフトウェア・システム	OS	-0.36	-1.75	-0.68
191	-1.61	ME08	医療技術	遺伝子工学によるワクチン製造	-0.64	0.14	0.00
192	-1.64	SW12	ソフトウェア・システム	データベースシステム	-0.45	-1.45	0.65
193	-1.65	BT16	バイオテクノロジー	遺伝子組み換(医薬品・農産物)	-0.92	0.06	0.20
194	-1.73	SW20	ソフトウェア・システム	ソフトウェア協調開発技術	-0.61	-0.33	-0.11
195	-1.86	BT04	バイオテクノロジー	バイオ・データバンクの構築	-0.66	0.31	-0.08
196	-1.91	SW02	ソフトウェア・システム	先端的ソフト開発言語	-0.87	0.00	-0.46
197	-1.96	ME07	医療技術	遺伝子治療	-0.99	0.32	A 0.81
198	-2.20	ME02	医療技術	エイズ治療・予防・治療薬	-0.64	0.14	0.00
199	-2.20	EV12	環境技術	機雷・地雷除去技術	-0.64	0.14	0.00
200	-2.20	IF17	交通・建築・インフラ	衛星打上げ用ロケット	-2.04	0.86	A 3.22
201	-2.20	IF1	交通・建築・インフラ	宇宙空間利用	-0.55	-0.31	-8.33
202	-2.20	IF2	交通・建築・インフラ	洋上構造物	-1.34	0.50	A 1.61
203	-2.20	IF2	交通・建築・インフラ	資源探査	-0.64	0.14	0.00
204		IF1	交通・建築・インフラ	飛行船技術	0.05	0.05	0.07

## 研究論文

### 大学部門における研究活動の成果と研究投資の関係に関する研究

The study on the relation between the result and the investment of the research activity in universities

学術情報センター 枝川 明敬

Akitoshi EDAGAWA

National Center for Science Infomation Systems

#### 要旨

21世紀を間近にして、我が国の科学技術振興のため、文部科学省の設置や総合科学技術会議の創設が行われているが、研究活動の振興のためには、その裏付けとなる研究投資と研究成果との関係を分析調査することが必要である。ところで、今までそのような研究は余り行われてこなかった。これは、投資の測定は比較的可能な反面、成果については研究者、行政担当者等共通の指標が存在しなかったからである。本研究では、科学技術庁調査や昨年行われた大学研究者へのアンケート調査を元にして、研究投資と成果との関係、すなわち研究活動生産関数とでもいべき関係を提示する。なお、成果として論文数を用いたが、今後その質の問題にも言及せざるをえないだろう。

#### ABSTRACT

It makes the 21st century imminent and for the science and technology promotion in Japan, our Government will establish the Ministry of Education and Science and The General Science and Technology Conference. For the purpose of the promotion of the research activity, it is necessary to investigate relation between the research investment and the research result, which could be the evidence in the analysis. So far, such a study wasn't much done, because the common index between the researcher, and the administrative person in charge didn't exist about the result, while for which it is possible to measure the investment comparatively. In my study, making use of the Science and Technology Agency investigation and the questionnaire survey to the university researchers which was done in 1998, I show relation between the research investment and the result, i.e. the relation which should be called a research activity production function. Incidentally, I used the number of the papers as the result, but I will refer to the problem of the quality, too, in the future.

[キーワード] 科学技術振興、研究成果、研究投資、研究活動生産関数

[Key Words] science and technology promotion in Japan, research result, research investment, research activity production function

#### 1 はじめに

このところ、国立大学の独立行政法人化構想が政府部内や当事者たる国立大学協会等において、盛んに議論されている。これは、行政改革の一環として、13万人余の巨大な国家公務員を擁する国立大学を独立行政法人化して、国家公務員の定員法の枠外とし、政府をスリム化するとともに、また個々の大学が今

までの国の法律や規則に縛られ、自由な活動が困難であったことを改めようとするため[1]のものと言われている。しかし、一方で、本論文執筆時には国大協は独立行政法人化は条件付き賛成やむなしとの考えである。仮に独法化しても従来の国立大学が享受していた大学運営に関する制度は維持するとの姿勢であり、また文部省もその方向で1999年9月に文部

## 大学部門における研究活動の成果と研究投資の関係に関する研究

大臣が全国大学長会議にて、説明したところである。

さて、メガコンペティションの時代を迎えて、「産」は既に激しい競争時代に入っているが、「学」「官」は未だ十分な競争を行っていないとの考えもあり、そのため独創化の動きが加速しているともいえよう。大学の競争に既に突入している英國では、大学の教育・研究面におけるランク付けが行われ、またインターネットによりその評価が全世界中に公開され、大学への政府補助(英國では大学は私学が原則だが、資金の多くは HEFC(Higher Education Funding Council)から補助金の形で交付されている)がそのランク付けにより決定されている。因みに、研究資金の 97%が研究評価によって分配されたという[2]。

我が国の大学研究分野においては、競争的研究資金として戦前からの科学研究費補助金があるが、また基礎的な経費として校費もあり、その校費は研究関係で 1,550 億円程度と見られ、また科研費は 1,180 億円、外部資金(受託研究、奨学寄付金等)が 1,060 億円(以上、1998 年度)とすると、フローの研究資金のうち、概ね 60%程度が競争的な研究資金ともいえよう。このように、我が国では従来より競争的研究資金より基盤的な経費を重視してきているが、全政界的な学における競争時代に参加せざるを得ない我が国としては、今まで以上に、大学における研究、教育の分野での個々の大学の競争を行わざるを得なくなっている。特に、研究分野では、学術研究の広がりが全世界的になっていることから世界中の研究者と競争せざるを得ない。そういった観点から、既に文部省の学術審議会では研究評価についてプロジェクト研究においては評価を行うべきとの提言をまとめている[3]が、2000 年度より発足する大学評価機構において、個々の大学の組織別研究評価も行われることも予想される。

そのような文脈において、我が国の大学研究者がいかに、研究資金を得、またどのような研究成果を挙げているかは評価の問題を離れてても、我が国の学術政策を策定する上で極めて重要である。

本論文は、1998 年度及び 1999 年度において、筑波大学大学研究センター山本教授、加藤講師との共同研究により行われ、提供を受けたデータ及び筆者が行ったポストドクターに関する調査も加え、大学における研究資金や成果等につき分析したものである。なお、データの加工、分析の責任は一切筆者に帰することはいうまでもない。

## 2 研究資金

### 2.1 マクロ的な研究資金

大学におけるマクロ的な研究資金については(以下、特に断らない限り大学セクターに限る)、総務庁が毎年調査している「科学技術研究調査報告書」により知ることが出来る。それによると、我が国の大学セクターの研究資金投入額は、1997 年度で約 3 兆円であり、我が国全体の研究資金総額の約 19%を占める。その割合はここ 10 年ばかりほとんど変化がない(図 1)。

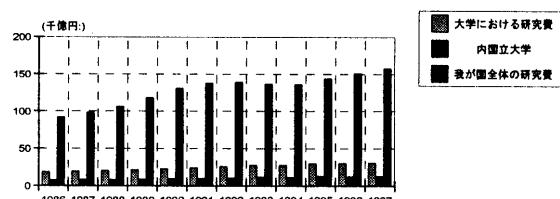


図 1 我が国の研究費の推移

また、研究者 1 人当たりの研究費では、1,205 万円と 10 年前の 1988 年の 1,003 万円に較べ、わずか 20% 増であり、消費者物価指数でデフレートした実質研究費の伸びは、4.1%に過ぎない。一方、研究機関(その多くは、国立試験研究機関)では、1 人当たり実質研究費伸びは、7.1% 増であり、しかもその絶対額が大学研究者の 4 倍以上である。

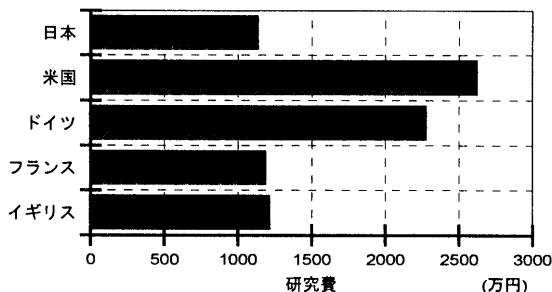


図 2 大学研究者 1 人当たり研究費

図 2 でみるとおり、先進諸国と比較しても、我が国の大学研究者の 1 人当たり研究費は最も少なく、米国、ドイツが群を抜き、我が国やフランス、イギリスは同程度である。また、大学への研究費の支出元は、政府からが 2/3 近く、残りは民間(私立大学の負担)であり、産業界からの資金提供は全大学研究費の 3.7% である。他の先進諸国では、産業界からの支出

割合は、米国が 7.1%、ドイツが 8.2%、フランスが 3.3%、イギリスが 7.2%である。このように、ドイツの 8.2%を最高に、フランスの 3.3%まで、幾分の高低はあるが、先進諸国間での顕著な相違はない。それにもかかわらず、米国において大学が産業界と連携して研究開発を行っているように見えるのは、研究資金の問題よりも研究連携システムの構築が我が国に較べ進んでいる[4]からである。また、政府からの支出も我が国のように、文部省からが大半というのではなく、国立科学財團(NSF)、連邦航空宇宙局(NASA)、国立衛生研究所(NIH)や国防省(DOD)<sup>\*1</sup>といったように、多角的に研究費を支出する機関が存在している。従って、米国の大学は研究資金が多様化しているため、文部省資金に多くの依存している我が国の大学に較べ、1カ所からの研究資金低減に対し抵抗性がある[5]。

以上の大学部門での研究資金の流れを図3に示す[6]。

大学において特徴的なことは、人件費が 50%を越えており、実質研究費(フロー)は 4,800 億円程度と少ないことである。これを研究本務者(パートタイムを除く)一人当たりにすると、約 255 万円であり、人文社会関係では、同じく 193 万円である。この中には、大学側がオーバーヘッドとして予め徴収する光熱水量等も含まれており、実際に研究者が自由に使用できる研究費はもっと少ないと思われる。

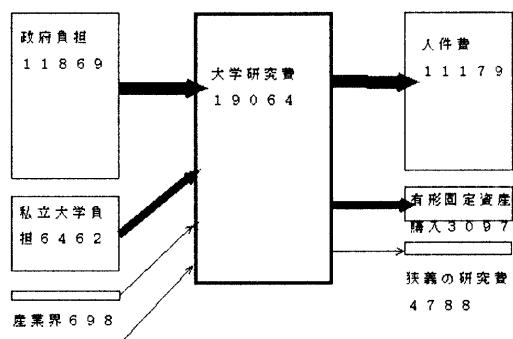


図3 大学部門の研究資金の流れ  
(理工系に限る。研究費は億円)

## 2.2 マクロ的な研究成果

一般的に研究成果は、論文、特許を含む知的所有権、発明として現れる[7]。すなわち、入力として、「人」「もの」「資金」を考え、出力として、論文数、特許件

数、発明数を考える。経済的な生産関数を参考に研究活動生産関数を考えると、(論文数、特許件数、発明数)=f(労働資本(人)、総資本(もの、資金))である。ただし、人文社会系の場合には、知的所有権に繋がる研究はまず無く、出力の方も論文より著書を優先する場合もあるので、自然理工系分野の生産関数をそのまま人社系に当てはめることは出来ない。また、研究活動の出力は、論文数等の直接研究活動と関連の深いもののみならず、大学部門においては、教育、診療も行っているから、それらに研究成果が反映される場合も多い。例えば、医学の研究では基礎的な研究以外に臨床的な研究(例えば、術後肺血栓症防止研究等)も行われている。

従って、研究活動生産関数の出力として、論文等に限定するのは適切ではないが、得られるデータ等の制約及び研究活動の主要な出力が、我が国の場合には①特許よりも学会発表の方が研究者として優先されること、②臨床研究でも論文にまとめられ発表されることから、論文を研究活動関数の出力として考えても大きい誤りはないと思われる。大学部門と他研究部門との大きい相違は、研究活動を専属的に行っているか、他業務も付随的に行っているかである。その場合、他部門との比較では、大学部門教員を全て研究する者として考えると、研究者数が著しく大きくなり、その反面成果が少ないので一律的な比較は不適切である。このような場合には、研究者1人が研究活動に従事した時間を全労働時間で除し、その割合を研究者数に掛けるという実質研究活動時間あるいは実質研究者数で比較する。これを専従換算値(Full Time Equivalent)という[8]。例えば、大学教員が、労働時間のうち、0.5を研究活動に使用し、その余を非研究活動に使用したなら、FTE は 0.5 である。現在までの研究[9][10]によると、大学研究者の FTE は、0.32 から 0.6 程度までかなりのばらつきが存在しているが、国際的に比較の際引用されること多いカーネギー財団の国際比較研究[11]によると、我が国は 0.37 で、他の先進諸国に較べ、遜色はない。それらの先行研究のうち、もっとも近年の電気通信大学詫問教授の研究<sup>\*2</sup>[12]によると、研究時間は 0.37 とな

\*1 米国の行政組織の日本語訳は、総務庁「各国行政組織」1998年による。なお、外務省訳と、総務庁訳とは一部異なっている。

\*2 全国 1,170 名の大学研究者に対する 1995 年 6 月下旬の 2 週間の生活時間に関する郵送調査並びに 1,184 名に対する訪問調査。

## 大学部門における研究活動の成果と研究投資の関係に関する研究

っており、カーネギー調査(1993年)と同じ値になっている。他部門の研究者が研究活動にほとんど時間を割いているとすれば、大学教員は他部門1人に対し、約3人が相当する。

それに対し、科学技術庁の調査[13]によると、論文が1年間に1本以内の研究者は大学部門では、12.6%、試験研究機関では22.7%、企業では51.6%、10本以上は、大学部門では、7.7%、試験研究機関3.0%、企業0.8%と大学>試験研究機関>企業の順に論文執筆数が減少している。特許については、その特許権者の帰属は不明なので、大学研究者かまたは企業研究者が発明者か不明である。

全体の我が国の研究者の論文産出数については、統計がない。そこで、科学技術庁調査課の資料により、推定を行う。

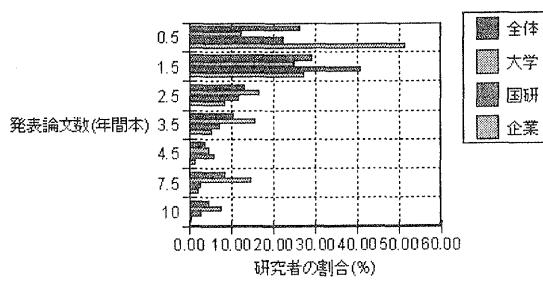


図4 我が国研究者の所属別論文発表数

図4に見られるとおり、1998年1年間に発表した論文数は、研究者1人当たりに平均すると大学では3.22本、研究機関では2.35本、企業では1.47本、全体で2.91本と大学研究者がもっと多くなっている。なお、ここでいう論文とは、「掲載について何らかの審査の結果、論文誌等に掲載されたもの」をいう。大学が他部門の研究者に比べ発表数が多いのは、「研究活動の評価が論文数により決められ、質は2の次である」(回答者の半数近く)からであろう。

なお、科学技術庁調査は、理工医歯薬系研究者に限定しているので、研究者平均論文数に、研究者総数を掛け、我が国全体の1998年度の理工医歯薬系の論文総数を算出すると、大学部門で、60万3,600本、研究機関部門で、14万1,700本、企業部門で、59万8,800本、併せて134万4,000本である。その内訳は、大学部門44.9%、研究機関10.5%、企業44.6%である(図5)。すなわち、我が国全体の論文算出数の半数近

くを大学部門と企業が生産しており、その2部門で全体の90%を占める。

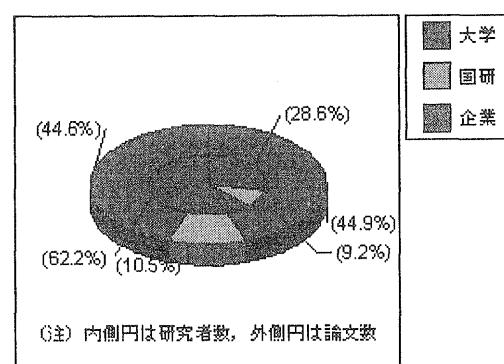


図5 各部門別研究者数、論文総数の割合(%)

研究費については、大学部門(理工医歯薬系)総額1兆9,000億円うち狭義の研究費(2.1節で述べたフロー研究費)は、1,783億円、研究機関はそれぞれ、4,600億円、1,529億円、企業は10兆6,600億円、2兆1,107億円である。従って、論文1本当たり研究費は、大学部門29万5,000円、研究機関107万9,000円、企業352万5,000円である(図6)。なお、固定的な研究経費(機械装置、実験室、土地購入)は含まれていないので、実際はこれらの装置研究費を使用期間で割り引いた研究費を上記に加える必要があるが、各部門での使用形態について不明なので、取りあえず狭義のフロー部分の研究費額を用いた。ただし、機械装置や実験設備の使用期間は、多くは大学>研究機関>企業の順であるから、論文1本当たりの使用研究費は、大学<研究機関<企業の順位は変わらないだろう。

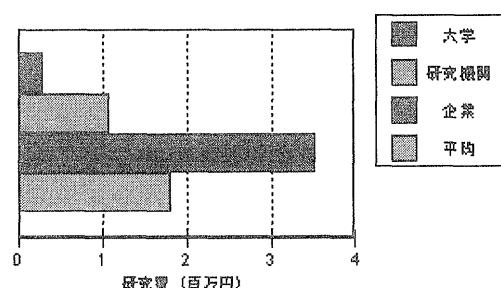


図6 論文1本当たり研究費

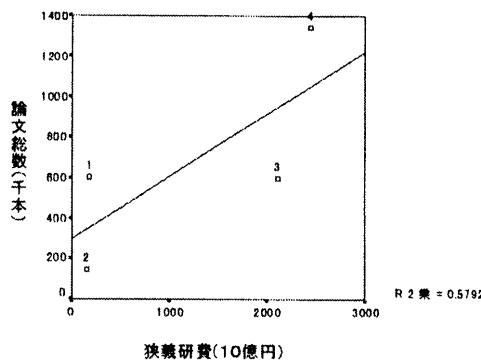


図 7 研究費総額と論文総数

図 7 に研究費総額と論文算出数を示した。この図の「1」は大学を「2」は研究機関を「3」は企業を、「4」は合計であり、「4」も含めた回帰線を示した。この場合、「4」は他変数と独立ではないので、多重共線性を示し、この回帰線は意味がない[14]。そこで、「1」、「2」、「3」の各部門間での研究費総額と論文総数をみると、大学を頂点とした直角三角形を示し、ほとんど研究費と論文数の相関は認められない。多重共線性を承知の上で、合計も含めた回帰線を書くと、右上がりのグラフになるが、回帰線の不都合から研究費の増加が論文数の増加を招くとの結論を得ることはできない。

大学において、研究費の割に論文数が多いのは、大学研究者が「インパクトファクターの高い論文誌に投稿するような研究成果がなかなか出ない」(研究者の 40%)から「研究評価の対象となるのは主に論文数である」(同 35%)と考え、論文を執筆しているのが現状であろう。一方、企業研究者は大学研究者と同じく他部門の「インパクトファクターの高い論文誌に投稿するような研究成果がなかなか出ない」(同 52%)と考えてはいるが、「研究評価は論文数」だと考えている研究者は 8%であり、従って論文数を競っているわけではなく、一人当たりの論文数が少ないのだと考えられる。

大学においては、講座制等により細かく研究組織が分かれており、他講座の研究活動が見えにくい上に、教員選考過程において論文数を重視することから、質の評価より量の評価が行われ易いのだと思われる。同様に、大学新設の際も教員評価が大学審議会において論文数で行われやすいこと、及び研究評価が最近話題になっているが、その際にも論文数が評価基準となりやすいことに起因している。

このように、従来の調査では研究者の論文についてやっと量的な面での把握が行われつつある現状で

あり、質の面までマクロ的な分析は行われることが少なかった。

そこで、次章では、我が国の論文量並びに質の面まで含めた研究生産性について検討を加える。

### 3 大学研究者の研究活動

1996 年度から 1998 年度の 3 年間に、発表した論文及び使用した研究費等について、全国の大学教授、助教授から、10,600 名を抽出し、郵送によるアンケート調査[15]を行った。統計上有意な回答は 3,058 通(回答率 28.8%)であった。

#### 3.1 研究者の人的資質

年齢、職種別では、教授は全回答者数の 81%で平均年齢 55.6 歳、助教授は同じく 19%で 43.9 歳、全体で平均年齢 53.5 歳であった。研究活動の生産性は、共同研究により互いに切磋琢磨され研究活動が活性化され高まる場合も多い。そこで、1 人で研究を行っていたか、または共同研究を行っていたかをみると、全体の約 70%が共同研究を行っており、1 人で研究していた研究者は少ない。専攻分野別では、人文社会系の研究者が共同研究を行っていたのが、44.3%、理工系では、79.1%、医歯薬系は、93.6%ともっとも医歯薬系が高い。

また、学位についてみれば、人文社会系が博士号(PhD 等博士相当も含む)取得者が 37.1%、修士号が 51.3%、学士号が 11.1%であり、修士号取得者がもっとも多い反面、理工医歯薬系では、96.4%が博士号を、1.4%が修士号を、1.9%が学士号であり、ほとんどの研究者が博士号を取得している。これは、博士号取得方法について、人文社会系と理工医歯薬系では、かなりの制度的相違があり、人文社会系では取得が困難なためと思われる。また、自由記述欄にみられるように、博士号取得について、特に我が国独自の制度である論文博士(博士課程を経ないで、大学に論文を提出し博士号を取得する方法)取得方法が大学によりかなり相違しており、取得過程が外部に対し不透明的な要素もあることの他、人文社会系教員は、博士課程を経て教員に就職する以外にも修士課程や企業、官庁等大学以外からの教員就任も多い<sup>\*3</sup> からだと思われる。

<sup>\*3</sup> 文部省「学校教員統計調査平成 7 年版」によると、大学教員への採用状況では、大学からの採用が人文社会系が 26.6% であるのに対し、理工農系では、33.3% と高い。なお、調査対象者は全て教員である。

## 大学部門における研究活動の成果と研究投資の関係に関する研究

### 3.2 研究環境

研究活動を行う上で、今までではもっとも重要視されてきたのが、研究費である[16]。最近では、大学関係でいえば、ボトムアップ型の科研費の大幅な充実に伴う採択率と充足率の上昇や学術振興会の政府出資金によるトップダウン方式の「未来開拓学術研究推進事業」による研究費<sup>\*4</sup>の増加、企業との共同研究による大学への寄付金等の増加により、一時より研究費不足は研究者の間ではいわれなくなっている。その反面、研究スペースの狭矮化が現在の問題点となっている[17]。

特に、1996年8月に策定された科学技術基本計画[18]においても、大学の研究室の改善は唱えられたが、まだ計画の8.3%しか改善されていない[19]。

このように、研究スペースの問題も古くて新しい問題だが、研究費についても、学術審議会での議論で指摘されたように、研究費配分が研究者によってかなり偏っており、一部の研究者に多くの支出先から重複して研究費が支出されている現状がある。

そこで、人社系は1億円以下を理工医歯薬系は10億円以下を考えた。人社系で全研究者の99.5%を理工医歯薬系で93.4%の研究者を含む。

人社系はポアソン分布に近いが、理工医歯薬系は指数関数分布に近い。人社系で平均828万円、理工医歯薬系で4,283万円である。また、標準偏差も大きいのでかなり裾広がりの分布である。

### 3.3 研究スペース

研究スペースについては、平均217.9m<sup>2</sup>で標準偏差508.8m<sup>2</sup>といったかなりばらつきの大きい分布であるが、全体の95%は500m<sup>2</sup>未満である。

また、不足研究スペースを尋ねたところ、人社系で25.5%、理工医歯薬系で48.3%の研究者が「非常に不足している」と答えており、「不足している」を合わせると83.7%の研究者がスペース不足を訴えている。これは研究時間の不足(91.4%)に次いで多い。また、現在のスペースに対して、不足面積は人社系では1.08倍を、理工医歯薬系では1.38となっている。

次に、研究スペース不足が多い理工医歯薬系に限定して、研究スペースの不足倍率(倍率が高いほど現在に比べ不足している)と研究費の相関をみると、相関係数は高くない。すなわち、研究費が多い研究者ほど研究スペースが不足するようにも思えるが、そうではなく、研究費との関連は少ない。これは、理

由として研究費を多く使用している研究者は研究スペースがかなり自由に使用できる環境にあるか、逆にスペースが余裕があるから研究費を多く使用できるのか、研究分野によっては、研究スペースをあまり使用しなくても研究費がかなりかかる研究を行っているか(逆にいえば、スペースが研究活動に決定的要因ではない)であろう。

### 3.4 論文数

有効回答者の大学研究者の論文数は、理工医歯薬系に比べ、人社系の研究者は、論文よりも著作を重視する傾向(特に法学系)があるので、著作、翻訳についても著書を調査した。

もっとも発表者数の多いのは「国内学会口頭発表」であり、ついで「国際学会口頭発表」である。「外国論文誌(審査付き)」についても回答者数の49%が経験がある。少ないので「翻訳単著」である(全調査研究者の2.3%)。科学技術庁調査の論文数については、理工医歯薬系において何らかの審査を経て、論文誌に掲載された論文数であり、それと比較する上から、理工医歯薬系について、「外国論文誌」「国内論文誌」「紀要(通常は審査が形式的にせよ存在している)」の3点につき、論文執筆者順位にかかわらず分析した。

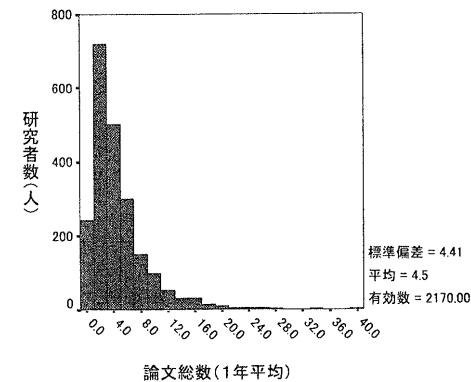


図 8 理工医歯薬系の1年間の論文数

理工医歯薬系研究者の有効回答者数総数に占める論文執筆者の割合は、「外国誌(ファーストオーサー)」で50.1%、「同(ラストオーサー)」で54.4%である。理工医歯薬系では、国内論文誌より外国論文誌に発表

\*4 学振の制度のほか、科学技術庁の「戦略的基礎研究推進事業」、通産省の「新規産業創造型提案公募制度」等7制度あり、その研究費の総額は1998年度で700億円であり、学振は250億円(35.7%)を占める。

する研究者が多く、「紀要」は少ない。紀要是研究評価の対象にならないと考えているのかもしれない。なお、3年間に1本も論文誌に掲載していない研究者は、212人で全体の9.8%である。

これでみると、1年間の平均論文数は4.5本であり、最低0本、最高40本である。40本というのは、多分共著が多い「実験物理」「薬学」等であろう。その本数別研究者割合では、1本未満が17.2%、1から2本未満が17.9%、2から3本未満が13.3%、3から4本未満が13.5%、4から5本未満が8.1%、5から10本未満が21.1%、10本以上が8.9%であり、科学技術庁調査と比較して、傾向は似ているが、1本未満は本調査の方が多いものの、2本未満でみると、ほぼ似た数値であり、研究者の約1/3は年間論文数が2本未満である。また10本以上も全体の8.9%程度であり、その割合も同じ数値である。以上のように、別々の調査ではあるが、論文数からみると、我が国大学研究者の論文数は、ほぼ同一の結果が得られ、まとめると全研究者の1/3が2本未満で2本から10本未満が約半数、1/10程度が10本以上の論文数である。

#### 4 研究費と論文数との関係

2.2節では、大学、研究機関、企業の各部門別に研究費と論文数との相関を分析したが、その関連はほとんど無かった。そこで、大学部門における個々の研究者(理工医歯薬系)の研究費と論文数について分析を行う。一部の研究者による多額な研究費のため、グラフがY軸に偏っており、研究者と論文数の相関はみられない。一部の研究者の多額な研究費によるバイアスが存在するので、研究費の平均から95%に含まれる研究者を抽出してグラフ化したのが、図9である。

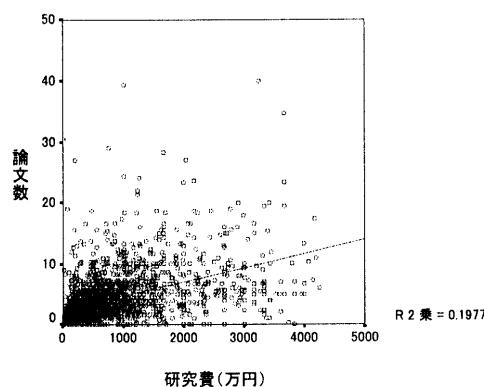


図9 研究費(全体の95%)と論文数の相関

論文数を従属変数、研究費を説明変数とした場合、20%程度しか研究費で論文数を説明出来ない(説明力( $R^2$ )の自乗値)=0.197[7][20]。もう少し、それらの関連を分析するためには、研究分野によって論文数や研究費の使用の仕方も異なり、そのため、その研究費1単位に対する論文数といった弹性値が相違することが予想されるので、分野に応じた分析を行うか、また論文数といった量的な面に着目しているので、質の面を加味した分析を行うか、あるいは双方を行うことが必要である。しかし、分析対象が2,000人程度であるから、分野をことさら細かくすると統計上分析に耐えなく[21]、誤差が集積することが予想される。一方、質の評価も人々によりかなりばらつきが予想される。こういった隘路のためと科学技術庁調査との比較のため、論文数は外国論文誌国内論文誌(レフェリー付の紀要を含む)の合計論文数を研究活動の出力と考え、2.2節に述べたように(論文数、特許件数、発明数)= $f(\text{労働資本(人)}, \text{総資本(もの、資金)})$ であると仮定し、労働資本は、研究者の賃金、総資本は研究費及びその固定費として研究スペース( $m^2$ )を考える。

生産関数のモデルとして、単純重回帰モデルとコブ・ダクラス型を考える[7][22]。

$$\text{論文数} = a \times \text{研究費} + b \times \text{研究スペース} + c$$

または、

$$\text{論文数} = A \times \text{研究費}^\alpha \times \text{研究スペース}^\beta$$

を考える。

両者のモデル式を適合させると、重回帰モデルでは、説明力が0.0035とほとんど説明していない。一方、コブ・ダクラス型モデルでは、説明力は、0.35と1/3以上の説明力がある。

そこで、以下にコブ・ダクラス型の生産関数を示す。

$$\ln(\text{論文数}(本)) = 0.330 \times \ln(\text{研究費}(万円)) + 0.158 \quad (7.22)$$

$$\times \ln(\text{研究スペース}(m^2)) - 0.612 \quad (7.06)$$

$$( ) \text{内 } t \text{ 値 } \quad R^2 = 0.349$$

$t$  値は統計的に有意な値である。

すなわち、かなりラフではあるが、35%程度は研究スペースと研究費により説明している。生産関数が

## 大学部門における研究活動の成果と研究投資の関係に関する研究

コブ・ダクラス型によく適合するのは、次の理由による。今までの生産関数は、研究スペースと研究費について、総和が論文出数に関係あるとして分析してきた。すなわち、研究とスペースは代替的であり、どちらかが仮に「0」であっても論文が執筆されるとのモデルに基づいていた。しかし、実際の研究活動においては、大学の場合はスペースの不足はなかなか研究投資(フロー)では代替できず(国立大学の場合には科研費や校費によって建物経費に支出することは出来ず、レンタル実験室の賃貸も不可能である。私立も同様である)、そこで研究費とスペースの総積が研究活動に大きく関係すると思われる。そこで、コブ・ダクラス型の生産関数がよく適合すると考えられる。

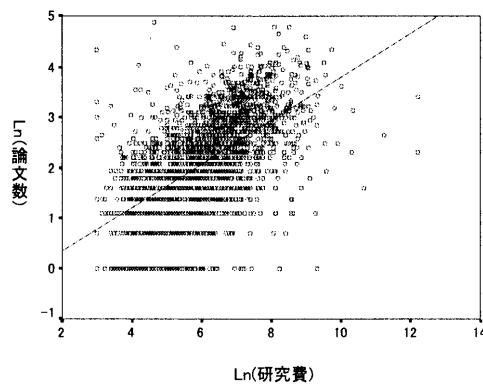


図 10 研究費と論文数の関係

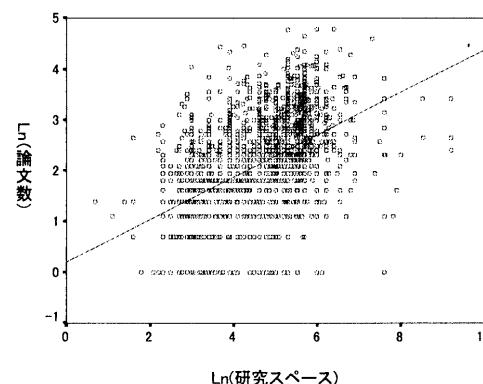


図 11 研究スペースと論文数の関係

以上の分析から、研究成果を論文数で測定して考えた場合には、研究費と研究スペースにより  $1/3$  程度は説明できるが、他の  $2/3$  は説明できない。この理由として、先述したように、同じ理工医歯薬系におい

ても実験系や理論系、基礎と応用開発といった研究目的の相違等がかなり影響を与えていていると思われる。さらに研究成果についても、外国語論文誌と紀要とを同一に評価するなど、問題点もある。しかし、こういった研究生産関数の推定は多くの政策科学者や現場研究者が関心を持っていながら、作成されてくることが少なかった。今回の調査及び分析がこれらに少しでも貢献できれば幸いである。

## 5 まとめ

今回の研究は、山本筑波大学教授、加藤講師との共同研究により、山本教授等の行ったアンケート調査並びの筆者の特別研究員調査[23]及び科学技術庁調査のデータをもとに、研究費と研究成果との関連を求めるために行った。しかし、データの制約や研究成果の明確な評価方法が確立していないことから、試行錯誤的にならざるを得なかつたが、一部の実験系研究においては、研究スペースや研究費が実質論文数に影響を与えており、及び理論系研究ではそうでないことはある程度判明した。しかし、他分野の研究活動については研究費と研究スペースの 2 变数により説明出来るとはいえないようである。このことは、研究投資が必ずしも研究成果に結びついていないともいえるし、それらの深い関係は存在するものの、データ等の限界から、明確に結果として現れなかつたのかも知れない。今後としては、研究活動の生産性を測定する関数の開発のために、大学では特に研究期間とその成果とのタイムラグの存在があること(基礎科学では、特にそうである)を考慮に入れて、時系列的な経過観測を行い、研究生産関数を考察することが肝要である。

現在、科学技術基本計画が文部省、科学技術庁の統合を控えて新しく策定中であり、科学技術庁には、その準備室も開所し、2000 年度決定に向け作業中である。また文部省学術審議会において、最後の答申となった去る 1999 年答申でも研究者養成と並んで研究費の増額も提言されている。また、小渕内閣では 21 世紀を科学技術立国とすべく、プレミアムプロジェクトの一環に科学技術予算の増加を盛り込んでいる。

このように、我が国では財政の厳しい中でも、科学技術については、他政策に比べかなり優遇されて資金投資が行われている。そして、全研究投資の 20% は国・地方自治体からの支出であり、国民の税金であ

るから、効率ある研究投資が行えるよう研究評価のための研究(Research on Research)をより一層進め、少なくとも、米国の NSF のような研究費配分スタッフの充実を期待したい。そうすることにより、無駄のない研究投資が行われ、研究成果に結びつくようになれば研究評価研究も生きてこよう。

幸いにも、学術審議会や大学審議会、科学技術会議政策委員会においても、かなり研究評価方法について議論をしている。そのような議論が研究評価研究を含む科学技術政策研究に繋がるよう期待する。

## 参考文献

- [1] 藤田宙靖「国立大学と独立行政法人制度」, ジャーナル, No.1156, 1999.
- [2] 角替弘規「パリス高等教育における大学評価と財政配分」, 日本教育制度学会発表, 1988.12.6.
- [3] 文部省学術審議会「学術研究における評価の在り方について」, 1997.12.9.
- [4] Roger L., "Research Universities in a NEW ERA", 1993.
- [5] 科学技術庁、「科学技術白書」, 1999.
- [6] 総務省統計局, 「科学技術研究調査報告書」, 1998.
- [7] R.ケムズ他, 「技術革新の経済学」, 1989.
- [8] OECD "FRASCATI MANUAL", 1993.
- [9] 三井情報開発, 「我が国の学術研究に関する調査」, 1991.
- [10] 未来工学研究所, 「欧米における研究開発活動関連統計の実態と我が国の比較に関する調査」, 1988.
- [11] Carnegie Foundation, "International Survey of the Academic Profession", 1993.
- [12] 詫間宏, 「大学等における研究者の生活時間に関する調査」, 1996.
- [13] 科学技術庁調査課, 「我が国の研究活動の実態に関する調査報告」, 1999.
- [14] J. Johnston, "ECONOMETRIC METHODS", 1972.
- [15] 加藤毅, 山本眞一, 枝川明敬他「学術研究に対する資金供給システムに関する基礎的調査」, 1999.
- [16] 佐藤了, 「地方大学での研究の進展を」学術月報 Vol.45 No.11, 1992.
- [17] 奥島孝康, 「研究者養成に寄せて」学術月報 Vol.49, No.4, 1996.
- [18] 科学技術会議, 「科学技術基本計画」, 1996.
- [19] 科学技術会議政策委員会「科学技術基本計画のフォローアップについて」, 1999.
- [20] Joe, H, Mize.; J, Grady, Cox. "ESSENTIALS OF SIMULATIN", 1968.
- [21] 河口至商, 「多変量解析入門」, 1980.
- [22] 近藤次郎, 「社会科学のための数学入門」, 1973.
- [23] 枝川明敬, 「ホストドクター等一万人支援計画」達成後の若手研究者の養成・確保に関する調査研究, 1999.

## 研究論文

### 情報の取引に関する法体系についての考察 —情報の法と経済学の構築に向けて—

### A Study on Laws Regulating Markets for Information Goods : Toward Construction of "Information Law and Economics"

学術情報センター 福田 光宏

Mitsuhiro FUKUDA

National Center for Science Information Systems

#### 要旨

民法は、物質の取引を中心とした法体系であり、知的財産法も生産者間での情報の取引を律するに過ぎない。つまり、現行法は、生産者と消費者の間での情報の取引をほとんど無視しているのである。このような法体系の問題点は、複製技術の未発達により情報が媒体である物質に閉じ込められていた時代には顕在化しなかつたが、複製技術の発達により情報が媒体である物質から解放されることにより明らかとなりつつある。物質と情報の取引に関する統一的な法体系が求められているのである。

また、知的財産権の強化は、独占化とギャンブル経済化につながるものであり、その危険性を考慮に入れた情報の取引に関する法体系が望まれる。

#### ABSTRACT

The Civil Law regulates mainly markets for material goods and the Intellectual Property Law regulates only producer markets for information goods. In other words, consumer markets for information goods are not taken into sufficient consideration under the present legal system. This problem was latent when information was firmly combined with material media on account of undeveloped reproduction technologies. But now, information is untying from material media on account of developed reproduction technologies, so that we are becoming conscious of this problem. As a result, we shall need the unified law regulating markets for material goods and information goods.

When we design laws regulating markets for information goods, we should consider the risk that strengthening of intellectual property rights causes monopoly and gambling markets.

[キーワード] 情報、取引、民法、知的財産法、著作権法、特許法、情報法、情報経済論、情報化社会

[Keywords] information, market, Civil Law, Intellectual Property Law, Copyright Law, Patent Law, Information Law, Information Economics, Information Society

## 情報の取引に関する法体系についての考察 – 情報の法と経済学の構築に向けて –

### [目次]

- 1 はじめに
- 2 情報の定義と性質
  - 2.1 情報の定義
  - 2.2 財の種別
  - 2.3 情報財の性質についての従来の議論
  - 2.4 物質の性質と情報の性質
- 3 現行法における情報の取引の取り扱い
  - 3.1 民法における情報の取引の取り扱い
  - 3.2 知的財産法における情報の取引の取り扱い
  - 3.3 著作権法と特許法の棲み分け
- 4 現行法の問題点
  - 4.1 情報の取引を無視する法体系
  - 4.2 著作権無視の横行
- 4.3 生産者の自衛と消費者の利益の軽視
- 4.4 コンピュータ・プログラムの法的保護を巡る混乱
- 4.5 無法式主義と審査主義の問題点
- 4.6 データベースの法的保護
- 5 知的財産権による保護の強化の是非
  - 5.1 独占、企業規模の縮小、ギャンブル経済化
  - 5.2 情報の所有権
  - 5.3 情報生産のインセンティブ
- 6 情報の取引に関する法体系が目指すべき方向についての一提案
- 7 二つの情報化社会

### 1 はじめに

情報化の進展により、情報の取引が拡大し、それに応じるためとして、知的財産権による保護の強化が主張され、論議されている。また、法学の中で、情報法、サイバー法などの新しい研究分野が開拓されつつある。しかし、これらの論議、研究の中では、個別問題に关心が集中し、その底に流れる本質的問題に対する追求が必ずしも十分でないように感じられる。

本稿は、当初は、情報と物質の性質の比較検討から始め、それに基づき、情報の取引に関する現行法の本質的問題点を明らかにすることを目的として書き始めたものであった。その際、法学の研究成果だけでなく、近代経済学の研究成果も利用しようとした。しかし、近代経済学の研究成果を検討した結果、近代経済学には、法学と同様の問題があることに気付いた。それは、近代経済学も法学も基本的に、物質の経済学であり、物質の法学であるということである。そこで、情報の経済学についての多少の考察を加えることにした。私は、経済学については素人であり、また、経済学についての文献を十分に精査したわけではないので、誤解があればご容赦願いたい。

法学も経済学も、情報化の進展により、従来のパラダイムが通用しなくなりつつあり、新しいパラダイムが求められているように思える。本稿は新しいパラダイムの構築に向けての第一歩である。

本稿では、情報の取引に関する法体系が目指すべき方向についての一提案を行っているが、これは不

完全なものである。情報の法学という新しいパラダイムをまだ構築できていないからである。

なお、本文中で参考文献の文章をそのまま引用する場合には、文章を『　』で囲んである。

### 2 情報の定義と性質

#### 2.1 情報の定義

本稿は、情報の取引に関する法体系について論じることを目的としているので、商品化された情報である「情報財」のみを念頭において、情報の定義を行う。

情報に関する経済学的研究では、本（厳密には本という媒体に乗っている文字情報）、レコード（厳密にはレコードという媒体に乗っている音情報）、映画、コンピュータ・プログラムなどを情報財として、議論がなされてきているが、情報の定義は必ずしも明確化されていない。本は文字という記号の系列、レコードは音という記号の系列、映画は画像と音という記号の系列、コンピュータ・プログラムはプログラミング言語という記号の系列であるので、情報に関する経済学的研究では、「情報とは経済的価値を持った人工的な記号の系列である」と定義していると言つて間違いはないであろう。

他方、知的財産法の分野では、「著作物」は「思想又は感情を創作的に表現したものであって、文芸、学術、美術又は音楽の範囲に属するもの」であり（著作権法第2条第1項第1号）、「発明」は「自然法則を利用した技術的思想の創作のうち高度のもの」であり（特許法第2条第1項）、「考案」は「自然

法則を利用した技術的思想の創作」であり（実用新案法第 2 条第 1 項）、「意匠」は「物品の形状、模様若しくは色彩又はこれらの結合であって、視覚を通じて美感を起こさせるもの」であり（意匠法第 2 条第 1 項）、「回路配置」は「半導体集積回路における回路素子及びこれらを接続する導線の配置」である（半導体集積回路の回路配置に関する法律第 2 条第 2 項）、知的財産法が基本的に保護しようとしているものは経済的価値を持った記号の系列であると一応は言える。ただし、種苗法の保護対象である「品種」は、「植物体の集合」なので（種苗法第 2 条第 2 項）、記号の系列とは言えないだろう。種苗法の保護対象の本質は、「植物体の集合」の「形質情報」（後述）であると捉えるべきであろう。

本稿では、情報として、「経済的価値を持った記号の系列」以外に、「形質情報」というものを考え、「形質情報とはその存在により物の経済的価値を高める人工的な形質である。」と定義する。例えば、機械の部品の組み合わせ、構造などが「形質情報」である。「経済的価値を持った人工的な記号の系列」を「記号情報」と呼ぶ。言い換えると、「物の生産とは、エネルギーと記号情報と記号化困難なノウハウを用いて物質に形質情報という秩序を与え、その経済的価値を増すことである。」と定義する。「形質情報」というものを考える理由は、この後の論述で明らかにしていく。

なお、「記号情報」の定義で言っている「記号」は文字や符号と言ったような狭い概念ではなく、音、画像、味、におい、肌触りのように、広く人間の五感に訴えかけるものという意味である。梅棹忠夫氏のように、『感覚情報』、『体験情報』と呼んだ方が良いのかもしれない[1]。

また、情報科学に関する研究で行われることがある、データ、情報、知識の区別を行わず、ここでは全てを情報として論じる。情報の取引の考察を行うに際しては、この区別は不必要的煩雑さを増すと考えるからである。

## 2.2 財の種別

情報に関する経済学的研究では、商品すなわち「財」を「情報財」と「他の財」の二つに区分するのが一般的であるが、本稿では、より細分化し、次のような種別を設ける。

### (1) 純粹物質財

形質情報を含まず、物質の形をとる財である。ブランド（例えば採取地）などの記号情報を含むこともあるが、あくまで、財の主たる価値が物質にあるものである。釣った魚、掘り出した鉱物などで未加工のものがこれにあたる。

### (2) 加工物財

物質と形質情報に主たる価値があり、物質の形をとる財である。デザイン、ブランドなどの記号情報を含むこともあるが、その価値は、あくまで副次的なものである。家電製品、自動車、衣服、農産物などがこれにあたる。

### (3) パッケージ型情報財

記号情報に主たる価値があり、物質の形をとる財である。物質と形質情報の価値は、副次的なものである。本、レコード、映画ビデオ、パッケージ・ソフトなどがこれにあたる。

### (4) 純粹情報財

物質の形をとらず、記号情報のみで取引される財である。インターネットを通じてダウンロードするコンピュータ・プログラムや電子出版物などがこれにあたる。

### (5) 純粹エネルギー財

物質の形をとらず、エネルギーのみで取引される財である。電気などがこれにあたる。

### (6) サービス財

財の所有権の移転ではなく、労務の提供、物質と情報の利用の便宜の提供により取引される財である。食堂は、サービス財と加工物財の両方を提供している。

上述の区別は相対的なものである。例えば、通常は加工物財と考えられる衣服でも、そのデザイン、ブランドに大きな価値があり、パッケージ型情報財に近いものもある。なお、情報に関する経済学的研究で一般に「情報財」とされているものは、上記のうちの「パッケージ型情報財」と「純粹情報財」である。ただし、加工物財のもつ記号情報を指して、そこには情報財的な要素があるとする見解もある[2]。

また、財に含まれる情報が果たす機能に注目して、次のような種別も設ける。

### (1) 表現情報財

情報そのものを楽しむことが消費の主たる目的である財である。言い換えれば、文学、芸術のように多様な表現に価値のある情報を持つ財である。小説、音楽、絵画、映画、ゲームソフトなど

## 情報の取引に関する法体系についての考察 ー情報の法と経済学の構築に向けてー

がこれにあたる。例えば、小説を読むのは、その小説そのものを楽しむためであり、映画を見るのは、映画そのものを楽しむためである。

### (2) 機能情報財

情報の果たす機能が消費の主たる目的である財である。言い換えれば、技術情報のように機能に価値のある情報を持つ財である。家電製品、自動車、衣服、設計図、地図、ワープロソフトなどがこれにあたる。例えば、自動車を使うのは移動のためであり、自動車の構造という「形質情報」を楽しむためではない。設計図を見るのは製品を製造するためであり、設計図そのものを見て楽しむためではない。ワープロソフトを使うのは文書作成のためであり、ワープロソフトのプログラムを見て楽しむためではない。

上述の区別は、かなりあいまいなものであり、両者の性質を合わせ持つ財が多い。例えば、学術書は、それを読むことを楽しむ場合もあるし、それを参考に技術開発を行う場合もある。衣服は、そのデザインを楽しんでいる面もあるし、防寒等の機能を求める面もある。

### 2.3 情報財の性質についての従来の議論

「情報財」の性質については、これまで、情報に関する経済学的研究で議論されてきたが、その多くは、情報財は公共財と類似の性質を持つと指摘している[3]。ミクロ経済学では、公共財は、『それを利用する人が増えても追加的な費用がかからず、すなわち消費において非競合的であり、また、利用しようとする人を締め出すことに大きな費用がかかるという意味で非排除的な財』と定義されている[4]。例えば、治安、消防、道路、公園である。ただし、公共財と言っても、相対的なものであり、例えば、消防は人口が増えれば火事発生件数が増え、そのために追加的な費用がある程度かかるであろうし、道路は有料道路のように、ある程度の費用でただ乗りを締め出すことができる。公共財にはただ乗りの問題が生じるため、私的には供給が困難であり、政府がその供給につき、何らかの役割を果たさなければならぬとされている。ただし、松村良之氏が指摘するように、情報財では、一子相伝などの秘匿、コピープロテクトなどの技術、著作権法などの法制度により、大きな費用をかけずに、ただ乗りを排除することが可能なものもある[5]。

宮澤健一氏は、情報の諸特性として、

- (1) 情報の共有可能性（情報は、同時に何人でも利用でき、共有できる）、情報の複製可能性・周知性（情報は、その生産費用に比べてはるかに低い費用で第三者に移転でき、コピーできる。）
- (2) 情報の事前確認困難性（情報の質と単位の確定が客観的に困難で、個々の情報内容を取引に先立って認定することができないか、きわめて困難なケースが少なくない。）、情報の評価の相対価値性（利用者との相対関係によって情報の価値が決まる。）
- (3) 情報の機密性と優先性（だれが先に情報を開発したか、優先性が主張されることがある。）、情報の鮮度性の要請

をあげた上で、情報の共有可能性と占有困難性の程度により、情報は、公共財、準公共財、クラブ財、準私的財、私的財になるかが分かれるとする[6]。

福田豊氏は、公共財と類似の性質以外に、

- (1) 『情報財の……特質は、……共有でしか取引されないという性格である。……物的財に当てはまる明確な所有権という概念は情報には当てはまらない……情報財の場合、販売（譲渡）の対象となるのは、オリジナルな情報のコピーであり、販売（譲渡）されてもオリジナルな情報は販売者の手元に残る。しかも、コピーに要する費用はオリジナルの生産に要するものに比して著しく少なくてすむ』こと
- (2) 情報財の内容が購入に値するかどうかについての情報は、情報財の内容そのものになるため、一般的には消費するまでその質がわからないこと
- (3) 情報財の使用価値は人によって評価がわかれ、また、情報財の生産に携わる労働の中心的な部分は、単純労働化しない、その人のセンスや才能・経験などが大きく関係する情報の認識・創造に関するものであることから、情報財の価値について、一般的な物的品と異なり、その水準が形成されにくいこと

の三つを加える[7]。

また、情報財の性質として、使用保存性（情報がいくら使用されてもそれ自体としては消耗しないこと）、同時流通性（情報が A から B に移転されても、その情報はあいかわらず A の手元に残すことができる）、相互付加性（情報の上に新たな情報を加えていくと情報の価値が増殖しうること）の三つを

挙げる見解もある[8]。

## 2.4 物質の性質と情報の性質

2.3 に掲げた見解を参考にして、物質の性質と比較しつつ、以下に、情報の性質を示す。

### (1) 物質の複製不可性、情報の複製可能性

物質は、オリジナルでしか存在できない。大量生産品などは、コピーで存在しているではないかという考えもありえようが、それは、大量生産品の形質情報と記号情報のコピーであり、物質は全てオリジナルなものである。これに対して、情報は、オリジナルから無数のコピーを作ることができる。コピーの際には、過誤がありうるが、過誤がなければ、オリジナルとコピーの区別はできない。この性質を、「物質の複製不可性」、「情報の複製可能性」と呼ぶ。

### (2) 物質の希少性、既存情報の無限性、新規情報の希少性

「物質の複製不可性」ゆえに、物質は有限なものである。この有限性を需要が上回れば、その物質は希少なものとなる。この性質を、「物質の希少性」と呼ぶ。ただし、有限性が需要を下回っている空気のような物質は、この性質を持たない。これに対して、「情報の複製可能性」ゆえに、一度作りだされた情報はほとんど無限にコピーでき（コピーに必要な物質とエネルギーの有限性から、いつかは限界に直面するであろうが、実用的には無限と言って良い）、希少なものではない。この性質を、「既存情報の無限性」と呼ぶ。しかし、新しい情報は、人間が新たに作り出さなければならないので、希少なものである。この性質を、「新規情報の希少性」と呼ぶ。ただし、誰も必要としない情報は、この性質を持たない。

### (3) 物質の有体性、情報保存の物質依存性、情報伝達の物質独立性

物質は、空間の一部を占めて有形的な存在をもつものであり、それ自身で保存可能なものである。この性質を、「物質の有体性」と呼ぶ。これに対して、情報は、有形的な存在ではなく、物質である媒体に結合していなければ保存できない。文字情報は本等の物質に、記憶は脳という物質に結合していなければ保存できないのである。この性質を、「情報保存の物質依存性」と呼ぶ。しかし、情報の伝達には、その情報が保存された物質の移

転を必ずしも必要としない（例えば、口頭による伝達）。この性質を、「情報伝達の物質独立性」と呼ぶ。

### (4) 物質の消耗性、情報の耐消耗性

物質は、消費により消耗する。この性質を、「物質の消耗性」と呼ぶ。これに対して、情報そのものは、消費により消耗しない。しかし、「情報の物質依存性」により、結合した物質の消耗により、情報も消耗する。ただし、情報の消耗の程度は、結合した物質の消耗の程度よりはるかに軽い。例えば、古本は、どんなにぼろぼろになっても、どこかが破れない限り、その上の文字情報は消耗しない。この性質を、「情報の耐消耗性」と呼ぶ。「情報の耐消耗性」はレコードと音楽 CD を比較すれば分かるように、アナログ情報よりも、デジタル情報の方が高い。

### (5) 情報の相互付加性

知的財産法に関する研究で良く言われることであるが、情報の生産とは、先行者の生産した情報に新たな情報を付加することである。中山信弘氏が指摘するように、『人類は、個人でも、企業でも、国家でも模倣により発展してきた。いかに優れた学者でも、芸術家でも、先人の業績の上に自己の業績を開花させている。』のである[9]。また、情報と情報が結合することによって新たな価値を生みだすことがある。創作、発明とは、それまで無関係と思われていた情報の間の関係を発見することであると言ってもよいのではないだろうか。この性質を、「情報の相互付加性」と呼ぶ。

### (6) 物質の価値一様性、情報の価値多様性

情報の経済的価値は、時期、場所、文化、それを必要とする人の主観等により、著しく変動する。例えば、新聞は、時の経過により価値を減じていくであろうし、クラシック音楽は、ある人にとっては至高の音楽であり、ある人にとっては退屈な音楽である。宮澤健一氏が指摘するように、『同じ情報でも、関連情報の蓄積量が多い主体が手に入れた場合と、新たな情報として単独に利用する主体とでは、評価がかなり異なりうる。』ということもある[10]。この性質を、「情報の価値多様性」と呼ぶ。「情報の価値多様性」は、文学、芸術のように多様な表現に価値がある情報では大きく、技術情報のように機能に価値がある情報で

## 情報の取引に関する法体系についての考察 ー情報の法と経済学の構築に向けてー

は小さい。物質の経済的価値も、時期、場所、それを必要とする人の主觀等により変動するが、情報に比べれば、変動の幅は小さい。例えば、水の価値は、砂漠の国と日本で比べれば大きな違いがあるが、日本国内では大きな違いがないのに対して、クラシック音楽の価値は、日本国内でも個人により大きな違いがある。この性質を、「物質の価値一様性」と呼ぶ。

#### (7) 物質の事前確認容易性、情報の事前確認困難性

情報の内容を購入前に把握することが困難であるという性質を「情報の事前確認困難性」と呼び、物質の内容を購入前に把握することが比較的容易であるという性質を「物質の事前確認容易性」と呼ぶ。この性質に対しては、丹下忠之氏が、情報財とその他の財と比べても大差はないと言及している[11]。「パッケージ型情報財」と「加工物材」を比較すると、確かに大差はないであろう。しかし、「純粹物質財」と比べれば差がある。要するに、この性質は自然に存在する物質の数が限られおり、初めて目にするというものが少ないので、その内容の把握が容易であるのに対して、情報の数は無限に近く、初めて目にするというものが多いことによるのである。その結果、情報をその中に含む「加工物材」は、「パッケージ型情報財」と同様に、「情報の事前確認困難性」を持つのである。

### 3 現行法における情報の取引の取り扱い

#### 3.1 民法における情報の取引の取り扱い

民法では、財産権を二つに分けて、「物権」と「債権」に区別する。「物権」とは、特定の物を直接に支配できる権利であり、「債権」とは、特定の人に対して一定の行為を要求できる権利である。物権の代表的なものが所有権であり、特定の物を直接的に支配する物権とされている。ここで、「物」とは、「有体物」のことである（民法第85条）。「有体物」とは、空間の一部を占めて有形的な存在をもつもの、すなわち物質である。情報は有体物ではないので、民法上は、物権の対象にならないことになる。情報を提供することは「行為」なので、民法上、債権の対象になる。

したがって、民法の上では、「加工物財」や「パッケージ型情報財」の生産者は、その物質としての面には所有権を持つが、その情報としての面には何

らの財産権も持たないことになる。情報としての面には何の財産権もない以上、物質としての面の所有権を侵害しない限り、誰でも、情報としての面は利用できる。例えば、「加工物財」や「パッケージ型情報財」の購入者や借主は、自由に複製物を作ることができることになる。これに対して、生産者は、「加工物財」や「パッケージ型情報財」の売買の際に、買主との間で、情報としての側面の利用に関して制約を設ける契約を結ぶことにより、買主に対して債権をもつことができるが、買主から転売された者には、この債権の効力は及ばない。また、「純粹情報財」の生産者は、何らの財産権も持たないことになる。「純粹情報財」の生産者にならうことは、情報の秘匿という事実上の支配を利用して、情報の提供先との間で、情報を提供する代わりに報酬をもらうという契約を結ぶ、すなわち、債権を発生させることだけである。しかし、情報の提供先から更に情報の提供を受けた者には、この債権の効力は及ばない。

なお、上述の契約は、民法第3編第2章第2節～第14節に規定されている典型解約のいずれにも該当しない非典型契約であると考える。「パッケージ型情報財」の売買に際には、情報も売買されているとして、売買契約であるとする考え方もあるが、コピー技術の未発達により情報が媒体である物質に閉じこめられていた時代ならともかく、コピー技術の発達により情報が媒体から離れて流通する可能性のある現代では通用しない考え方であろう。また、民法に関する理論で、「加工物財」の中に「形質情報」の存在を認めるという考え方はないようである。したがって、民法に関する一般的な理論では、上述の契約は、情報に関する契約ではなく、「加工物財」の複製を禁じた物に関する契約ということになる。「加工物財」の場合、情報は物質に強く結びつけられているので、このような考え方をしても現時点では問題はないが、取引の本質を正しく把握するためには、「形質情報」の存在を認めるべきであると考える。

証拠があるわけではないが、民法起草当時は、「パッケージ型情報財」の売買は単なる売買契約であり、「純粹情報財」の流通は、雇傭契約、請負契約、委任契約等に付随するものであると考えて、基本的には物とサービスの取引である典型契約を規定したのだろう。

また、情報について財産権がない場合でも、情報に関するある種の利益への侵害は違法であるとして、不法行為（民法第 709 条）の成立を認めるべき場合があると説かれことが多い[12]。不法行為の成立を認める判例もある（例えば、東京高判平成 3 年 12 月 17 日知裁集 23 卷 3 号 808 頁）。しかし、不法行為の成立要件である「権利侵害」（多数説・判例は法律上権利と名づけられていても保護に値する利益であれば良い、すなわち、違法性のことを言うのだと解している）という概念は、抽象的であり（多数説・判例が、権利侵害を違法性と読み替えることによって、抽象的になったと言える）、判例も少なく、どのような情報に関する利益が保護の対象になるのか不明確である。要件が不明確なまま、不法行為の成立を認めると、情報の自由な利用に萎縮効果を及ぼし、「情報の相互付加性」による社会の発展を害するので、情報について財産権がない場合には、不法行為の成立を認めることには慎重であるべきであり、基本的には、新規立法によって対処すべきであると考える。

### 3.2 知的財産法における情報の取引の取り扱い

知的財産法では、著作権法や特許法のように、情報に対して物権類似の権利を与えるものと、不正競争防止法のように、情報を権利として構成せず、単に不正な侵害から保護するものの 2 種類がある。物権類似の権利を与えられたものは、物権と同様に譲渡や担保権の設定が可能となる。

知的財産法に関する研究では、「情報の相互付加性」から、社会の発展のためには、情報の利用は基本的に自由であるべきであるが、全ての情報の利用行為を放任すると、創作、研究、開発した者がそれに要した費用を回収することができないため、新たな創作、研究、開発への意欲が減退し、また、成果の秘匿により利益を得ようとする結果、成果の社会への還元がなされなくなるおそれがあるので、ある種の情報については、その財産的価値を保護する必要があり、そのために、知的財産法があると説かれている。このため、知的財産法では、保護される情報は情報の一部であり、保護に値する情報であっても、その情報の全ての要素を保護するわけではなく、その情報を自由に利用できる場合があり、また、保護の期間に制限を設けるというシステムをとっている。例えば、著作権法では、アイデアと表現を区別

し、表現のみを保護し（著作権法第 2 条第 1 項第 1 号）、私的使用のための複製を認め（著作権法第 30 条）、保護期間は、著作者の死後 50 年間としている（著作権法第 51 条）。

物権類似の権利を与えるタイプの知的財産法では情報の取引をどのように取り扱っているのかを、著作権法と特許法で見てみる。

著作権は、複製権（著作権法第 21 条）、上演権（著作権法第 22 条）、公衆送信権（著作権法第 23 条）、譲渡権（著作権法第 26 条の 2）、貸与権（著作権法第 26 条の 3）、翻案権（著作権法第 27 条）等の権利の束から構成されており、これらの権利を侵害しない形態での著作物の使用は誰でも自由である。斎藤博氏が指摘するように、著作権を侵害する行為である著作物の「利用」と、著作権を侵害しない行為である著作物の「使用」を区分しているのである[13]。著作権の譲渡（著作権法第 61 条）とは、著作物を「利用」する権利を譲渡することであり、著作物の利用の許諾（著作権法第 63 条）とは、著作物を「利用」することを許諾することである。著作物の「使用」は誰でも自由なので、そこには何の権利もなく、譲渡も「使用」の許諾も考えられない。著作物（例えば、小説）の複製物（例えば、本）の購入者は、通常、著作権の譲渡も著作物の利用の許諾も得ていないので、複製物のうち物質（例えば、紙）の所有権は持つが、情報（例えば、文字）については何らの権利も有しておらず、誰でもできる情報の「使用」を、物質を所有することにより、容易にできるようになったという事実上の利益を持つに過ぎないということになる。すなわち、著作権法では、生産者に必要な情報のみを財産権化して、生産者間での取引を保証し、消費者に必要な情報は財産権化せず、生産者・消費者間での取引を無視し、ただ、消費者が生産者と同様の行為を行うことを禁じるに過ぎないという法的構成をとっているのである。

特許権は、独占的に、業として特許発明を実施できる権利である（特許法第 68 条）。「業として」の解釈には種々の見解があるが、個人的あるいは家庭的な実施を除外する意味であると解するのが多数説である。「実施」とは、「物の発明にあっては、その物を生産し、使用し、譲渡し、貸し渡し、若しくは輸入し、又はその譲渡若しくは貸渡しの申し出（譲渡又は貸渡しのための展示を含む。）をする行為」である（特許法第 2 条第 3 項第 1 号）。ということ

## 情報の取引に関する法体系についての考察 ー情報の法と経済学の構築に向けてー

は、特許発明を用いて生産された製品を購入して、家庭で使うことは「実施」ではないので特許権を侵害しないが、会社で使うことは「実施」であるので特許権を侵害することになり、また、小売店が製品を販売・展示することは「実施」であるので特許権を侵害することになる。これは、非常識な結論である。そこで、多数説は、明文の規定はないが、『権利者が特許に係る物を適法に拡布したということは、当該物に関する限り、特許権はすでにその目的を達成しており、その物については特許権は消尽（消耗、用尽）している』と解釈している[14]。また、試験・研究のためにする実施、日本国内を通過するに過ぎない船舶・航空機等、特許出願時から日本国内にあるもの、調剤行為には特許権の効力は及ばない（特許法第69条）。要するに、特許権を侵害しない形態での特許発明の使用は誰でも自由であるということになる。すなわち、特許権を侵害する行為である特許発明の「実施」と特許権を侵害しない行為である特許発明の「使用」を区分しているのである。特許権の譲渡とは、特許発明を「実施」できる権利を譲渡することであり、また、通常実施権の許諾とは（特許法第78条）、特許発明を「実施」することを許諾することである。特許発明の「使用」は誰でも自由なので、そこには何の権利もなく、譲渡も「使用」の許諾も考えられない。特許発明を用いて生産された製品の購入者は、通常、特許権の譲渡も通常実施権の許諾も得ていないので、製品のうち物質の所有権は持つが、情報については何らの権利も有しておらず、誰でもできる情報の「使用」を、物質を所有することにより、容易にできるようになったという事実上の利益を持つに過ぎないということになる。すなわち、特許法では、著作権法と同様に、生産者に必要な情報のみを財産権化して、生産者間での取引を保証し、消費者に必要な情報は財産権化せず、生産者・消費者間での取引を無視し、ただ、消費者が生産者と同様の行為を行うことを禁じるに過ぎないという法的構成をとっているのである。

特許法の法的構成に関する上述の結論に対しては、消費者が生産者と同様な行為を行う場合以外に、消費者に必要な情報など考えられないのではないかとの反論があろう。消費者にとっては、その製品を生産するために用いた特許発明という情報は関係のないものであり、消費者が使用しているのものは、その製品という物質であり、情報ではないというわけ

である。「形質情報」の存在を認めないとこういう考え方になるのであるが、この考え方では、特許権とは、「特許発明という情報」と「特許発明を用いて製造された物質」の両方に及ぶ権利であると考えることになる。特許法に関する研究で、この問題を明示的に論じたものはないようであるが、多数説は、この考え方を暗黙の前提にしているのであろうと思われる。先程の消尽理論も、この考え方を前提にして、その「物」については特許権は消尽していると言っているのであろう。しかし、最初は消費の目的で購入した製品を、後から悪意を持ち、リヴァース・エンジニアリングを実行して模倣品を製造したという場合を考えると、購入の段階で消尽したはずの特許権が、リヴァース・エンジニアリングの段階で復活するということになってしまふ（なお、単なる試験・研究のためのリヴァース・エンジニアリングは特許権を侵害しない）。「形質情報」の存在を認め、特許発明という「記号情報」が製品の生産によって製品の「形質情報」に変換され、この「形質情報」にも特許権が及んでいるが、普通の消費者、小売業者としての「形質情報」の使用は特許権を侵害しない「使用」であり、模倣のためのリヴァース・エンジニアリングなどは特許権を侵害する「形質情報」の「実施」であるとする方が正しい理解ではないだろうか。

### 3.3 著作権法と特許法の棲み分け

著作権法は、生産者間においても、対消費者との関係においても、「記号情報」として流通する情報を保護する法である。これに対して、特許法は、方法の発明を除き、生産者間においては「記号情報」として、対消費者の関係においては「形質情報」として流通する情報を保護する法である。

消費者が、「記号情報」それ自身を消費するものは、従来は、著作権法第2条第1項第1号に規定するように「文芸、学術、美術又は音楽」であった。「文芸、学術、美術又は音楽」は、原則として、「表現情報財」であり（2.2で述べたように学術には「機能情報財」の面もある）、他の作品と違うことに価値があり、消費者はその多様性を楽しむのである。作品の差異は、その「表現」に端的に現れるから、その「表現」を保護するのである。これに対して、「アイデア」は、表現に比べれば、多様なものを作り出すことは出来ず、また、「情報の相互付加性」

への配慮から保護しないこととしたのである。どのような「表現」に満足を得るかには個人差が大きく、作品は多様化する傾向を持つので、一つの作品が市場を独占するということは考えられない。したがって、作品の価値は問わずに、創作の時から著作者の死後 50 年を経過するまでという長い保護期間を与えるのである。また、価値を問題にしないので、その価値を審査するシステムは不要である。著作者は、経済的利益よりも、独自のものを世に送り出すことに重きを置くので、模倣への誘惑に強い。このため、権利の発生につき、何ら的方式も要しないとする無方式主義を取っても、大きな問題が生じなかつたのである。

これに対して、特許発明を利用して生産された製品は、原則として、「機能情報財」であり、製品を使用する消費者にとっては、その製品がいかなる「機能」を果たすかということが重要であり、特許発明という「記号情報」とそれが変換された「形質情報」はどうでも良いことである。どのような「機能」に満足を得るかにはあまり個人差がないので、製品は一定の方向に収斂していく傾向を持ち、一つの製品が市場を独占するおそれがある。「機能」を実現するものは特許発明の「アイデア」であり、「表現」ではないので、「アイデア」を保護するのである。

「アイデア」の保護は、「情報の相互付加性」による社会の発展を妨げるおそれがある。市場の独占と社会の発展の妨げのおそれから、特許発明の「新規性」、「進歩性」という形でその価値を問題とし（特許法第 29 条～第 30 条）、特許権の存続期間を 20 年間に限った（特許法第 67 条）のである。価値を問題にするので、その価値を審査するシステムが必要である。製品の製造者は、独自の製品を世に送り出すということより、経済的利益を得ることに重きを置くので、模倣への誘惑に弱い。このため、審査、登録という権利の存否、所属を明確化するシステムを取るのである。

つまり、著作権法は、消費者段階で「記号情報」の形をとる「表現情報財」をその対象として、特許法は、消費者段階で「形質情報」の形をとる「機能情報財」をその対象として作られているのである。

なお、上述の区別は、あくまで理念型を前提にした区別であり、実際には、経済的利益優先で模倣だらけの著作物を作り、消費者の方も多様性ではなく、ワンパターンなものを好むという傾向もあり、また、

経済的利益よりも独創性ある商品を世に送り出すことに重きを置く企業もある。

## 4 現行法の問題点

### 4.1 情報の取引を無視する法体系

3.1 で述べたように、民法は、商品としての情報をほとんど無視するような体系をとっているが、問題はないのであろうか。

民法の基本体系が構築された資本主義初期の時代は、新古典派経済学の言う「完全競争」、すなわち、同種の財を多数の生産者が供給し、競争するというのが通常の形態であった。そこでは、公知（誰も権利の主張をしなかったという方が正確かもしれない。）の情報を用い、大量の物質とエネルギーを投入して「加工物財」を生産する。情報の投入量は無視しうるほど小さく、如何にして、投入物質量とエネルギー量を節約するかが競争の中心であった。情報の投入量が大きく、情報の価値を無視しえない場合もあったが、それは、例外的なものであった。「パッケージ型情報財」は、出版メディア程度で、その経済的規模は小さいものであった（しかも、出版メディアでは、執筆、編集等の情報の投入の割合は小さく、印刷、製本等の物質とエネルギーの投入の割合の方が大きかつた。）。「純粋情報財」については、インターネットなどがまだ存在せず、「純粋情報財」の流通は口頭によるしかなかったので、相談等のサービス提供の一環に過ぎなかった。資本主義初期の時代の情報産業は、情報の複製と伝達の技術の未発達のために、その多くがサービス業として存在していたのである。例えば、演劇、音楽演奏などは、録画、録音、放送などの技術が無かつた時代には、演劇、演奏が行われる場所に人を集めというサービス業としてしか存在しえなかつたのである。サービス業であれば、債権関係として規制できる。このような、物質の取引が中心で、情報の取引が例外的である経済状況を踏まえれば、取引に関する基本法である民法は物質の取引を中心に規制し、例外的な情報の取引については、一種の特別法である知的財産法で規制すれば良いとしたことは合理的なことであった。

しかし、技術の進歩により、「加工物財」の中に、ハイテク製品のように生産に要する物質とエネルギーの投入量に比べ、情報（「形質情報」）の投入量が大きい製品が増え、また、消費の高度化により、

## 情報の取引に関する法体系についての考察 ー情報の法と経済学の構築に向けてー

機能よりも、デザイン、ブランドという「記号情報」の方が重要視される製品が増えてきた。すなわち、「加工物財」の取引は物質の取引であると擬制することに無理が生じてきており、「加工物財」の取引とは、物質と情報の混合物の取引であると正しく捉えることが必要になってきているのである。梅棹忠夫氏は、「加工物財」に含まれる「記号情報」の増加に注目して、工業製品の情報化を指摘している[15]が、「形質情報」の増加によっても、工業製品は情報化しているのである。

また、ビデオ、CDなどの新たなメディアの登場により、「パッケージ型情報財」の経済的規模が拡大し、インターネットなどの登場により、「純粋情報財」がサービスの一環ではなく、商品として流通するようになってきている。

このように、物質の取引が商品取引の中心であった時代は終わり、情報が物質と並んで商品取引の中心となっているにもかかわらず、商品取引の基本法である民法は情報の取引をほとんど無視し、知的財産法も3.2で述べたように生産者・消費者間での情報の取引を無視しているのである。

現行法が、生産者・消費者間での取引をほとんど無視していることの問題が典型的に現れるのが、「パッケージ型情報財」の貸与と中古品の売買である。コピー技術が未発達であった時代には、「パッケージ型情報財」を消費者がコピーすることはほとんど考えられず、情報は物質に不可分に結合していると仮定しても問題はなく、「パッケージ型情報財」の貸与と中古品の売買は、物質の貸与と中古品の売買であると考えて、民法の「物」の賃貸借と売買に関する規定をそのまま適用しても問題は生じなかつた。しかし、コピー技術の発達により、情報は物質に不可分に結合しているという仮定は崩れ、民法の「物」の賃貸借と売買に関する規定をそのまま適用すると問題が生じるようになってきた。

最初に問題が顕在化したのが、貸しレコード業の問題である。貸借人のダビングは著作権法第30条の私的使用のための複製になり、著作権法に違反しないので、レコードの返却後も、そのレコードに入っている音楽の情報を利用でき、その結果、複数人が同時に一枚のレコードに入っている音楽の情報を利用できることになる。これでは、レコードの売上が減少してしまうので、レコード業界が騒ぎ、1984年に著作権法が改正され、著作権者に貸与権（著作権

法第26条の3)が付与された。物質の貸与であれば、「物質の複製不可性」から、貸与により、複数人が同時に同一の物質を利用できるなどということはない。コピー技術の未発達のために情報が物質に縛り付けられていた時代には、この物質の性質を利用して、複数人が同時に同一の情報を利用できないようになっていたが、コピー技術の発達により情報が物質から解放され、「情報の複製可能性」が顕在化し、貸与により、複数人が同時に同一の情報を利用できるようになり、こういう問題が生じたのである。

中古品の売買も貸与と同様の問題である。物質の中古品の売買であれば、物質の「複製不可性」から、物質を売却した後も、売主が引き続きその物質を所有できるということはありえないが、「パッケージ型情報財」の中古品の売買では、売主が「パッケージ型情報財」に含まれる情報をコピーすることにより、売却後も情報を利用できるのである。このため、パッケージ・ソフトのメーカーは自衛手段を講じ、パッケージの中に「使用許諾契約書」を入れ、その中に、中古で売る場合には、コピーを全て消去しなければならないとか、メーカー所定の手続きに従わなければならぬというような条項を設けている。そもそも、「物」の売買とは、所有権という「物」に対する全面的支配権の移転であり、全面的支配権の移転を受けた者にその「物」の「使用を許諾」するなどということはありえない。「使用許諾」という言葉は、プログラムがレンタルであった大型コンピュータ時代の名残という面もあるが、プログラムという情報は売るものではなく、その使用を許すだけのものであるという認識が背景にあるのであろう。3.2で述べたことから分かるように、パッケージ・ソフトの販売では、CD-ROM、マニュアルという物質は売っているが、プログラムという情報は売っていないのであるから、この認識は一面では正しい。しかし、プログラムという「情報」の「使用」は誰にでもできるのであるから、「使用」を許諾するということはありえないでの、この認識は基本的に間違っている。なお、パッケージ・ソフトの外箱には、プログラムが乗っているCD-ROM等の媒体の包装を開封した時点で「使用許諾契約書」に同意したものとみなす旨の記述がある（シリシク・ラップ・ライセンス）が、これにより、契約が成立するかは問題である。このような方式は慣習化しているとして、民法第526条第2項（申込者の意思表示または取引

上の慣習によって承諾の通知を必要としない場合には、承諾の意思表示と認めるべき事実があった時に契約が成立したとみなす旨の規定) あるいは慣習法を根拠に契約の成立を認める見解もある[16]が、メーカー側に一方的に有利な方式が慣習であるとは言えず、契約は成立していないと考えるべきであろう。

また、テレビゲームソフトの中古品の売買も問題になっている。著作権法では、「映画の著作物」には、他の著作物には与えられていない「頒布権」が与えられおり(著作権法第 26 条)、著作権者の許可なく、中古品を売買することができない。「映画の著作物」には、「映画の効果に類似する視覚的又は聴覚的効果を生じさせる方法で表現され、かつ、物に固定されている著作物を含むもの」とされている(著作権法第 2 条第 3 項)ので、テレビゲームソフトはこれに該当すると主張しているのである。1999 年 5 月 29 日の東京地方裁判所の判決は、この主張を否定し、1999 年 10 月 7 日の大坂地方裁判所の判決は、この主張を肯定している。パソコン用ソフトと違い、テレビゲームソフトの消費者が、テレビゲームソフトをコピーするということはあまり考えられない。したがって、先程の、中古品の売主と買主が同時に情報を利用できるということは、あまり問題にならないはずである。では、なぜ、メーカーは中古品の売買を問題視するのであろうか。メーカー側の主張によると、『ほとんど劣化のないデジタル著作物であるという特性から、中古市場は新品市場を圧迫するといった事態を引き起こしています。…このような状況が続ければ、ゲームソフトメーカーは正当に得られるはずの開発資金を回収することができない状況に陥り、新作ソフトの開発に多大な支障を来します。』[17]、つまり、「情報の耐消耗性」から、テレビゲームソフトは中古になってもあまり価値を減じないので、新品の販売に悪影響を与えるということである。物質は、中古品になれば「物質の消耗性」から大幅にその価値を減じるので、中古品の売買をあまり問題視しないのである。

「純粋情報財」の貸与も大きな問題である。電子図書館から、電子出版物を借りた者が、それをコピーすることは、私的使用のための複製(著作権法第 30 条)である限り、問題はない。しかし、それでは、インターネットからのダウンロードにより、電子出版物を購入した者と全く同じ利益を得ることになる。つまり、「情報の複製可能性」により、「純粋情報

財」の貸与と売買は区別不可能となるのである。そもそも、インターネットからのダウンロードにより、電子出版物を購入したという場合、3.2 で述べたことから分かるように、法的には何も買っていないのである。買主は、電子出版物に対しては何らの権利も有しておらず、誰でもできる電子出版物の「使用」を容易にできるようになったという事実上の利益を得るに過ぎないのである。これは、売買契約ではなく、電子出版物という情報を提供する代わりに、報酬を得るという非典型契約である。

上述の問題は、全て著作権に関する問題であったが、SF 的な想定をすれば、つまり、技術の進歩により消費者が使えるコピー製品製造機が出来れば、特許権でも同様の問題が生じることが考えられる。媒体特許(4.4 で後述)を受けたコンピュータ・プログラムや特許を受けた種苗では、消費者が容易にコピー製品を製造できるので、問題が顕在化している。

媒体特許を受けたコンピュータ・プログラムを購入した者がそれを業として貸与すること、購入者がハードディスクにコピーして業として使用すること、プログラムを使用する際に一時的に一部をメモリにコピーし、それを業として使用すること、ハードディスクへのコピーを残したまま中古として業として売ることは特許権侵害となるのであろうか。3.2 で触れた特許権の消尽理論によれば、これらのケースでは、購入した媒体については特許権は消尽しているので、貸与すること、中古として売ることそのものは特許権侵害とならないはずである。しかし、業としてコピーすることは別の媒体の製造であり、別の媒体については特許権は消尽していないので、コピーしたものを使用することは「実施」(特許法第 2 条第 3 項第 1 号)にあたり、特許権侵害となると言えるであろう。それでは、購入者がハードディスクやメモリにコピーしたものを使用できないので、そのプログラムは使い物にならない。特許権の消尽理論は、消費者段階での複製が不可能なことを前提にした(言い換えば、「加工物財」を前提にした)理論であり、消費者段階での複製が容易になると(言い換えば「パッケージ型情報財」を対象にすると)矛盾が現れて來るのである。もっとも、本来、「加工物財」を前提にしている「物の発明」を、「パッケージ型情報財」である媒体特許に認めることには、特許法の体系上無理があるのであり、そのような無理を冒さなければ、消尽理論は維持できるとも言え

## 情報の取引に関する法体系についての考察 ー情報の法と経済学の構築に向けてー

る。しかし、3.2で述べたように「形質情報」（この場合は「記号情報」）の存在を認め、「形質情報」（この場合は「記号情報」）の「実施」と「使用」を区別して考える方が、妥当な解決を導き易いであろう。

特許を受けた種苗から植物を育て、その植物から種苗を採種した場合、採種した種苗は元の種苗とは別の物なので、特許法の消尽理論によれば、採種した種苗については特許権は消尽していないはずである。そうすると、採種した種苗については、業としての実施、例えば、その種苗を用いて植物を育てる事、種苗を売ることなどができるなくなる。しかし、種苗を売ることができないとは、例えば、種付きの果物を売ることができないということであり、農業は成り立たなくなる。一般には、収穫物の販売は特許権侵害にならず、採種した種苗の自家増殖、販売は特許権侵害となると説明されているようであるが、根拠は定かではない。ここでも、消尽理論の矛盾が現れている。

種苗法では、明文の規定で、種苗と収穫物の利用には育成者権の効力は及ばないとした上で、購入した種苗を用いて種苗を生産する行為はその限りでないとし、一定の農家が一定の品種について自家採種する場合に自家採種の抗弁を認めることで、問題の解決を図ろうとしている（種苗法第21条第2項～第4項）。これは、育成者権の消尽に関して規定したものであると説明されることが多いが[18]、この規定は物そのものではなく、物の利用態様により育成者権が及ぶか否かを規定しているので、消尽を規定したものではなく、形質情報の「実施」と「使用」を区別する考え方によく似たものであると考える。なお、一代雜種品種F1（ハイブリッド品種）は、「形質情報」を物質である種苗に閉じこめることによって自家採種を防ぐ（有性繁殖の場合、遺伝的性質により複製が実質的に不可能である。しかし、バイオテクノロジーの発達により、組織培養などの技術による複製が可能になってきている。）、生産者の自衛手段と言えるであろう。

### 4.2 著作権無視の横行

複製技術の進歩、情報のデジタル化により、著作物の複製が容易になり、著作権法違反のコピーがあふれている。著作物の複製が密室で行われその把握が困難であることと、ほとんどの人が著作権法の内

容を知らないことが最大の理由であろうが、自分の買ったものをどう使おうと自由ではないかという意識の反映という面もあるのではないかと思われる。

「純粋物質財」や「加工物財」では、それを買った以上、どのように使おうと基本的に自由である。それが、所有権というものである。しかし、著作権のある「パッケージ型情報財」になると、それを買って、所有権を得たはずなのに、自由には使えない。例えば、会社の会議で、会議資料として、雑誌の一部をコピーして配ってはいけない。必要部数を購入して、配らなければならない。業務用に、新聞記事の一部をコピーして、配ったり、保存してはいけない。保存したければ、新聞記事の該当部分を切り抜き、スクラップにするべきである。著作権法による制約だらけで、極めて面倒である。「パッケージ型情報財」を買った人から見れば、著作権法による制約は不当なものに感じられ、著作権法違反に罪悪感をあまり持たないであろう。日本人は情報を無料だと思っている、このような誤った認識は正しさなければならないといったような論調があるが、有史時代以降の長い歴史の中では、ほとんどの時代には情報の所有という観念はなかったのである（ただし、対面的な情報提供から利益を得るということは古くから行われていた。例えば、演劇、演奏会で入場料を取るなどである。）。ヨーロッパにおいて、著作権法や特許法が形を整え始めたのは、17、18世紀以降のことには過ぎない。これに対して、物質の所有という観念は、有史時代以降、何らかの形で常に存在したのである。5.2で詳述するが、物質の性質から、物質に所有権を認めることには無理がないのに対して、情報の性質から、情報に所有権を認めることには無理があるのである。

### 4.3 生産者の自衛と消費者の利益の軽視

4.1で述べるように、現行法は、生産者・消費者間での情報の取引をほとんど無視している。また、4.2で述べたように、消費者の著作権無視が横行している。そこで、情報の生産者は、著作権法による保護の強化を主張することはもちろん、コピープロテクト、電子透かしなどの技術、パッケージ・ソフトの使用許諾契約者などの契約によって自衛手段を講じ、人為的に、情報を媒体という物質に閉じ込め、また、「純粋情報財」に物質の性質を与えることにより、情報の取引を物質の取引の枠内に押さえ込もうとし

ている。このような情報の生産者の自衛手段は、著作権法により許容されていた、私的使用のための複製（1999 年改正前の著作権法第 30 条）、プログラムの著作物の複製物の所有者による複製（著作権法第 47 条の 2）などの消費者の権利、利益を軽視するものである。このような問題があるにもかかわらず、WIPO 著作権条約の批准を目的とした 1999 年の著作権法改正において、コピープロテクト等を回避して行った複製を私的使用に含めないこととされた（1999 年改正後の著作権法第 30 条）。生産者の利益を重視し、消費者の情報の自由な利用による社会の発展という利益を軽視した WIPO 著作権条約への追随と言うべきであろう（WIPO 著作権条約を批准しないと日本は不利益を被ることになるので、やむをえないことではあるが。）。また、生産者の自衛手段は、著作権法による保護の対象とならない創作性のない情報（単なる事実、データなど）の自由な流通を妨げ、社会の発展を阻害するおそれもある。

#### 4.4 コンピュータ・プログラムの法的保護を巡る

##### 混乱

コンピュータ・プログラムの法的保護を巡って、著作権法によるべきか、特許法によるべきか、新たに、プログラムを保護する法を制定すべきか、争いが生じ、1985 年の著作権法改正により、著作物の例示にプログラムの著作物が加えられ（著作権法第 10 条第 1 項第 9 号）、基本的には、著作権法により保護されることとなった。国際的にも、著作権法で保護する方向が主流である（知的所有権の貿易関連の側面に関する協定第 10 条等）。しかし、わが国では、特許法によっても保護されており、特許庁の審査基準の改定により、その保護範囲は次第に拡張され、現在では、機械部品と一体化したものが「物の発明」なることはもちろん、特定の結果を得るために自然法則を利用しているプログラム（例えば、圧延機の特性と被圧延材料の性質とに着目し、それらを利用して所定の形状に圧延するように圧延機を制御するプログラム）であれば、「方法の発明」として特許権の対象となり得、また、そのようなプログラムが記録媒体（フロッピーディスク、CD-ROM 等）に記録されていれば、その記録媒体は「物の発明」として特許権の対象となりうる。また、ハードウェア資源（物理的装置としてのコンピュータ、その構成要素である CPU、メモリ、入力装置、出力装置、コン

ピュータに接続された物理的装置など）を用いた処理は自然法則の利用になるとされているので、クレーム（特許請求の範囲）の書き方次第では、ほとんどのプログラムが特許権の対象となりうることになる（そもそも、このような重要な変更が法改正によらずに、単なる審査基準の変更だけで行われているというのは問題である。）[19]。ただし、田村善之氏が指摘するように、特許の要件たる「新規性」、「進歩性」（特許法第 29 条～第 30 条）を満たすプログラムは数少ないであろう[20]。この特許法による保護は、アメリカでも同様のことが行われている（むしろ、アメリカの判例が先行し、それをわが国の特許庁の審査基準が後追いをしていると言った方が良いのかもしれない。）。

コンピュータ・プログラムには、大別して、次の 4 つの性質がある。

##### (1) 人間の機能的活動の代替

人間の行っていた圧延機の制御を代替するプログラム、人間の行っていた切符の予約・発券を代替するプログラムなどがこの性質を持つ。

##### (2) 「形質情報」の代替

例えば、電気炊飯器に組み込まれたマイコン上のプログラムは、昔の電気炊飯器でサーモスタットなどの部品の組み合わせという「形質情報」が行っていた機能を代替している。

##### (3) 人間の創意的活動の一部代替

機械翻訳、自動作曲、自動プログラミングなどのプログラムは、人間の創作活動の一部を代替している。

##### (4) インタラクティブ性を持った創意的表現

ゲームソフトなどがこの性質を持つ。

このうち、(1)、(2)の性質を持ったプログラムは、消費者にとっては、その「表現」よりも「機能」に意味がある「機能情報財」である。(3)の性質を持ったプログラムは、消費者にとっては、どのような「表現」または「機能」を生み出すかという「機能」に意味がある「機能情報財」である。(4)の性質を持ったプログラムは、消費者はその多様な「表現」を楽しむ「表現情報財」である。3.3 で述べたように、「機能」に意味があるものは、特許法による規制に適し、多様な「表現」に意味があるものは、著作権法による規制に適している。つまり、コンピュータ・プログラムは、従来の著作物のように、消費者の段階で「記号情報」の形で消費される「パッケージ型情報

## 情報の取引に関する法体系についての考察 －情報の法と経済学の構築に向けて－

財」ないしは「純粹情報財」であるといつても、その多様な「表現」よりも「機能」に意味があるものがあるのであり、その表面的な形式だけを見て、一律に著作権法で保護すると、後述する独占の危険、多くの労力を要したアイデアが保護されないという問題などが生じる。かといって、一律に特許法で保護すると、特許の要件たる「新規性」、「進歩性」を満たすプログラムは数少ないのであろうから、ほとんどのプログラムが保護されないという結果になる。プログラムは誰でもきわめて容易にコピーできるので、ほとんどのプログラムの生産は商売として成り立たないということになってしまふ。「加工物財」では、特許権による保護がない場合であっても、消費者によるコピー品の製造はほとんど不可能であり、製造業者でもコピー品の製造はそれほど容易なことではないことから、コピー品が出回る前に利益をあげたり、ノウハウを秘密にすることによって、商売として成り立ったのであるのが、プログラムでは、この方法が使えないである。

要するに、著作権法も特許法も想定していなかつた、消費者段階で「記号情報」の形をとる「機能情報財」であるコンピュータ・プログラムが登場したために混乱が生じているのである。

#### 4.5 無方式主義と審査主義の問題点

著作権法では、著作権の発生につき、登録、納本、著作者名の表示のような方式を要しないとする無方式主義を採用している。著作権の変動を公示するための登録（著作権法第77条）、プログラムの著作物の創作年月日の登録（著作権法第76条の2）などの登録制度もあるが、この登録は著作権発生の要件ではない。無方式主義のもとでは、誰が真正の著作者であるのかを簡易に証明する手段がない。無方式主義は、著作物の複製が技術的に困難であり、複製物の生産、流通のルートが限られていた時代には、誰が真正の著作者であるかは比較的明らかであり、大きな問題を生じさせなかったが、技術の進歩により、著作物の複製が容易になり、複製物の生産、流通のルートが多様化してくると、誰が真正の著作者なのかを巡って混乱が生じ、また、著作者の許諾を得て著作物を利用しようとする場合、どこに連絡すれば良いのか分からず、そもそも著作権があるのかないのかさえ分からずといったような問題を生じさせている。しかし、方式主義を採用すると、著作者

名の表示はともかく、登録のような場合には、その制度の維持に大きな費用を要し、また、真正な著作者であることの審査に時間がかかり、円滑な著作物の流通を妨げるおそれもある。著作者名の表示は、著作者名の表示が困難な著作物もあり、偽名の表示、改ざんが容易であり、また、著作者の氏名表示権（著作権法第19条）との衝突の問題がある。

また、著作権処理と著作権侵害行為の監視の容易化のために、日本音楽著作権協会（JASRAC）のような著作権の集中処理機関の活用が提案されている[21]。集中処理機関は、著作権者、利用者に対して優越的な立場に立ち、著作物の多様性を無視して一律な処理をしたり、著作権者の利益よりも機関の利益を優先したり、正当な理由もなく利用許諾を拒んだりするおそれがある。そのようなことがないように、「著作権に関する仲介業務に関する法律」では、集中処理機関の設立に文化庁長官の許可を必要としたり（同法第2条）、著作物使用料規程に文化庁長官の認可を必要としたり（同法第3条）しているが、近時のJASRACの騒動を見れば、これが十分に機能しているとは言い難いであろう。JASRACのような独占ではなく、著作権処理に関して多様な考え方を持つ著作者のために複数の集中処理機関が競争するというシステムの方が望ましいと考える。しかし、著作物の国際的な流通が日常化している状況の下で、一国の中だけでシステムを整えてもその機能には限界があり、また、多様な著作物を多くの著作者が創作するという状況の下では、集中処理機関がカバーできる著作物の範囲には限界があるので、集中処理機関の活用にも限界がある。そもそも、集中処理を嫌う著作権者に対しては如何ともし難いであろう。

特許法では、特許の付与にあたり、新規性や進歩性等の特許要件を満たしているか否かを実質的に審査する審査主義をとっている。新規性や進歩性という実質的な要件を課す以上、特許付与の段階で審査を行わないと、本当に特許権があるのか否かが裁判で争われ判決ができるまで分からずという不安定な状態となり、法的安定性を欠くので、審査主義をとることが必要となるのである。しかし、審査主義には、審査の遅延による特許付与の遅れ（平均約2年間の審査期間）、審査システムの維持のための大きなコスト（特許庁、弁理士、各企業の特許担当部課など）という問題がある。特に、技術進歩が早く、全てにスピードが要求されるハイテク産業では、審

査の遅延は致命的な問題になる。そこで、現実には、特許出願と同時にそれを利用した新製品を発売する、あるいは、特許に頼らずに、他者がコピー製品を製造することができるようになるまでの期間を利用して利益をあげるというようなことが行われている。

#### 4.6 データベースの法的保護

データベースのうち、情報の選択または体系的な構成によって創作性を有するものは、著作物として保護される（著作権法第 12 条の 2）。これは、データベース全体としての保護であって、データベースに含まれる個々の情報を保護するものではない。ただし、データベースに含まれる個々の情報が著作権等の知的財産権によって保護される場合には、データベース全体の保護とは別にその知的財産権によって保護される。したがって、知的財産権によって保護されない情報を集めたデータベースをそのまま複製することは著作権侵害となる（データベースの一部の複製であっても、創作性を有する部分の複製は著作権侵害となる）が、情報を抽出・複製され、その構成を変えられた場合には著作権侵害とならない。

梶山敬士氏によると、データベース、編集物のような『事実的作品の作成過程は、おおむね、(a)事実の収集、(b)その選択、配列に分けられる。前者は肉体的作業であり、後者は何がしかの精神的作業を伴う。……伝統的著作物の保護原理からすれば選択、配列の方が創作行為というふざわしいことになる。』『しかしながら、事実的作品において労力や投資を要するのはむしろ事実の収集過程である。そこで、この収集過程をそのものを保護しようとの動きが生ずることは自然なことであろう。』[22]。この収集過程を保護しようとする動きが、国際的に生じてきており、EU では、” Directive 96/9 EC of the European Parliament and of the Council of 11 March 1996 on the legal protection of databases” が制定された。この指令では、データベースの作成者に、データベースのコンテンツの全部または実質的な部分の抽出、再利用を禁止する権利（15 年間）を与える立法を EU 加盟国に義務づけた。

データベースと同様の問題は編集物についても生じるはずなのに、どうして大きな問題にならなかつたのであろうか。コンピュータが登場する以前は、編集物から情報を抽出して、再構成するという行為

には、多くの費用が必要で、あまり割に合うことはなかったからではないろうか。コンピュータの登場により、情報の抽出、再構成が容易になったことから、この問題が生じたのであろう。言い換えれば、コンピュータの登場は、「選択、配列」を機械的作業に変えて容易化したが、「事実の収集」はあまり容易化できなかつたために、相対的に「事実の収集」の方が重みを持ち、情報の選択、配列の創作性を根拠とする著作権による保護に疑問を投げかけているのであろう。

しかし、梶山敬士氏が指摘するように、『収集努力を著作権法で（長期間）保護することは資本による情報の独占を招くおそれもある。また、後行者に同様の労力を強いることは、社会経済的にみて意味のあることとは考えられない。』ので、「事実の収集」の法的保護には慎重であるべきであろう。「選択、配列」は機械的になったとは言え、一応は新規情報の生産であるのに対して、「事実の収集」は既存情報の利用の容易化である。新規情報の利用に制約を加えることに比べれば、既存情報の利用に制約を加えることの方が弊害は大きいのである。

### 5 知的財産権による保護の強化の是非

#### 5.1 独占、企業規模の縮小、ギャンブル経済化

公知の情報を用い、大量の物質とエネルギーを投入し、「加工物財」を生産するという形態では、ミクロ経済学にいう「収穫遞減の法則」（生産量が増えるほど、生産物の単位当たりの生産費用が増加し、単位当たりの収益が減少するというもの）が働き（収穫遞減と言っても、生産量が少ない間は収穫递増であり、一定の生産量を超えると収穫递減になるということ）、「完全競争」に近い状態になる。しかし、ハイテク商品のように、商品の価値の大部分がそれに投入される情報量によって決まるような「加工物財」では、「情報の複製可能性」から、情報が生産量によって変動しない固定費用となり、ブライアン・アーサー氏が指摘するように「収穫递増」（生産量が増えるほど、生産物の単位当たりの生産費用が減少し、単位当たりの収益が増加するというもの）となり[23]、大規模な方が有利となり、独占になりやすい傾向を持つ（ミクロ経済学にいう「自然独占」）。知的財産権が、この独占の手助けをする。自然独占では、完全競争に比べて、価格は高く、生産量は少なくなる[24]（ただし、当初は、競争の中で優位な位

## 情報の取引に関する法体系についての考察 ー情報の法と経済学の構築に向けてー

置を占めるために、低価格戦略をとらざるを得ず、独占的地位を確保した後に、直ぐに値上げするというわけにはいかないという面がある。）。これは、消費者にとって不利益である。また、独占企業は、何もしないでも利益が転がり込んでくるので、費用のかかる技術開発に不熱心になるということもある。もっとも、あまりに高価格にしたり、技術開発を怠ると、より低価格、高性能の代替製品をもって市場に参入しようとする企業が現れるので、それほどの高価格にはできないし、技術開発も怠れないという面がある。しかし、ネットワーク効果（みんながWindowsを使っているので、自分もWindowsを使わないと他者との情報交換に不便だ、アプリケーションソフトの多くがWindows用なので、Mac OSは不便だということ）、ロックイン（Windowsの操作を苦労して覚えたのに、Mac OSの操作を勉強しなければならないのは面倒だ、Windows用の機器、ソフトを取りそろえたのに、Mac OSに変更するとそれらが使えなくなってしまうということ）が、参入の障壁になる。また、独占商品が知的財産権による保護を受けている場合には、その保護範囲の広狭が代替製品の登場の難易度に影響する。

「パッケージ型情報財」や「純粋情報財」の生産では、生産費用のほとんどが情報の生産のための費用なので（「パッケージ型情報財」の種類によっては、そうでないものもある。例えば、本は、印刷、製本、配送に多額の費用を要しており、執筆、編集などの情報生産のための費用の占める割合はあまり大きくない。）、さらに極端な「収穫過増」となる。ただし、「表現情報財」では、消費者の嗜好が分散し、細かく市場が分かれ、その小さな市場の中での独占しか生じない。また、消費者の嗜好の変動が激しいため、独占は長続きしない。独占が大きな問題になるのは、消費者の嗜好が共通化される「機能情報財」である。つまり、従来の「パッケージ型情報財」は、「表現情報財」であったので、独占の危険について無自覚な著作権法で保護しても問題は生じなかつたが、「機能情報財」であるコンピュータ・プログラム（ゲームソフト等を除く）を著作権法で保護すると、独占の危険が生まれるのである。ただし、アイデアを保護する特許権に比べれば、アイデアを保護しない著作権の方が、代替製品になるプログラムの登場を容易にするという面がある。

上に述べたことを言い換えると、商品の生産は、

「情報の生産」（研究・開発・デザイン）とその情報を用いた「複製物の生産」の二段階に分けられ、「情報の生産」は収穫過増（限界費用（生産物を1単位追加的に生産するための費用）が0であると言った方が正確かもしれない。）、「複製物の生産」は収穫過減なのである。資本主義初期には、「情報の生産」の占める割合が小さかったために、「複製物の生産」すなわち「物質の生産」の方に注意が向き、「物質の生産」の経済法則を解明するものとして、ミクロ経済学の理論の基礎が形作られたのではないだろうか（「情報の生産」の面を全く無視しているというわけではないが、技術革新を単に生産費用の節減の問題として捉えていた。）。「加工物財」の生産では、「情報の生産」の占める割合が増大しきていている。「純粋情報財」では、企業は「情報の生産」だけを行い、「複製物の生産」は消費者が行う（インターネットを通じてダウンロードしたデータをハードディスクに保存することなど）ことになる。このような状況の下では、「情報の生産」と「物質の生産」が複合的に行われるということを前提にして、ミクロ経済学の理論を再検討する必要があるのでないだろうか。

また、丹下忠之氏は、デジタル媒体で表現可能なものだけを情報財とした上で、情報財の生産においては限界費用が0なので、完全な独占となるが、各企業は、製品の部品を企業内で内製するよりも、市場調達する方がコスト面で有利となり（限界費用が0であれば、大量に生産する方がコスト的に有利になり、1社だけを相手にする企業内内製は、複数の企業を相手にする部品製造企業にコスト面で対抗できなくなる）、また、製品がセグメント化し、消費者段階で部品を組み合わせて使うようになり（例えば、新聞が、社会面、経済面、政治面、テレビ欄などの部品に分かれ、消費者が自分の好みにより、部品を購入して、組み合わせて使う。）、その結果、企業組織が縮小、溶解していくと指摘している[25]。この傾向の究極は、「情報の生産」においては、全ての人が個人企業主になり、それぞれが世界で唯一の情報を生産するという姿であろう（これは独占とは呼べないのかもしれない。）。このような姿になるには、セグメント化された製品の相互接続性（技術標準）が必要である。丹下忠之氏は、技術標準の問題については楽観的であるが、技術標準が知的財産権で守られると、コアとなる製品を独占した企業が、

相互接続性を利用して、関連する複数の製品を独占的に供給するようになるであろう（マイクロソフトによる OS の独占を利用したアプリケーションソフトの販売には、このような傾向がある。）。

さらに、國領二郎氏は、ソフトウェア産業ばかりでなく、機械産業などにおいても、製品や製品の開発、供給プロセスの中におけるソフト的な要素が高まってくれば、開発コストが大きい割に開発済み製品の追加供給の変動費が低いので、水平展開型のビジネスモデル（自社が関わる商品の供給連鎖において、市場に提供する分野を絞る一方で、自社がコミットする分野についてはより多くの地域で高いシェアを取ろうとする経営方式）に転換してくるとして、丹下忠之氏と同様のことを指摘している。ただし、國領二郎氏は、水平展開型のビジネスモデルには、製品のモジュール化が可能であることが前提であり、製品のモジュール化には、全体の最適化を放棄し、ある程度の無駄を許容することが必要であり、ミニチュアサイズの家電製品などの統合度の高い製品の場合には限度があると指摘している[26]。

要するに、独占と言っても、「物質の生産」の占める割合の大きい産業における独占と、「情報の生産」の占める割合の大きい産業における独占とでは意味合いが違うということである。前者の独占は、電気、ガス、水道に見られるように、大規模な固定設備が必要なことによる独占であり（ネットワーク効果の影響もある。）、事業のセグメント化の非効率性（大規模な固定設備をモジュール化して、別々の企業が所有すると、モジュールの連結のための設備が必要となり、また、企業間の取引費用（商品の購入価格以外に必要な取引を行ための金銭、時間、不便さなど）が必要となる。モジュール化にも限界がある。）が、企業の大規模化を招くのに対して、後者の独占は、限界費用が 0 であるという「情報の生産」の特殊性に基づくものであり、事業のセグメント化による費用節減の効果が、製品のモジュール化による最適化の放棄と企業間の取引費用の発生による不利益を上回り、企業の小規模化を招くのである。また、前者の独占における参入障壁（企業が市場に参入するの阻止する要因）は他に転用困難な大規模な固定設備が必要であることであり、後者の独占における参入障壁は知的財産権による保護などによる「情報の生産」に関する情報の入手の困難性である。したがって、知的財産権による保護（特に保

護範囲）を弱めれば、市場への新規参入が容易となり、独占による弊害は緩和されることになる。

独占の危険と「情報の価値多様性」が結びつくと、ブライアン・アーサー氏が指摘するギャンブル的な競争スタイルが生まれる。何が消費者に好まれる情報であるかは変動し易く（機能情報財よりも表現情報財の方が変動が激しい）、的確に把握することは困難である。たまたま消費者の好みをつかんだ者が、ネットワーク効果、ロックインを利用して莫大な利益を得るのである。しかし、それは、一時的なものに過ぎず、消費者の好みの変動によって、全てを失ってしまうこともある。

このような「情報の生産」を中心とするギャンブル経済の下では、労働のあり方も変化する。4.1 で述べた公知の情報を用い、大量の物質とエネルギーを投入して「加工物財」を生産することが中心であった時代には、「物質の価値一様性」から、消費者の好みは比較的安定しており、努力すれば報われる社会であった。また、「物質の生産」は多数が同一作業を反復する（現在では、反復作業は、ロボットにより行われるようになってきているが）という面が強いので、労働は、基本的に、その時間によって、管理され、評価された。要するに勤労の精神が尊重される社会であった。しかし、ギャンブル経済の下では、このような勤労の精神は意味を持たない。努力しても報われないことが多いのである。「情報の生産」は各個人それぞれオリジナルな作業で、反復性もない（反復作業は、コンピュータによって処理されるようになってきた）、労働時間にはほとんど意味はない。結果だけが問題である（丹下忠之氏は、情報作業の性格として、ほぼ同様のことを指摘し、労働の管理可能性が崩壊し、企業組織を作り立たせている前提条件の一つが崩壊するとしている[27]。）。必要とされるのは、新しいものを生み出す創造力と消費者の好みをつかむ洞察力、一か八かに賭ける度胸そして最後は運である。要するに、アントレプレナー（企業家）の才能である。たとえ、このような才能を持っていても、失敗することの方が多い。このような才能を持たないものは、発展途上国との競争により低収益となった旧来型の製造業（同一作業の繰り返しにより、物質または情報を生産する産業）か地域密着型のサービス業で働くしかない（機械では真似のできない職人の技を持っている者は別である。）。これらの産業は、ロボットと

## 情報の取引に関する法体系についての考察 一情報の法と経済学の構築に向けてー

コンピュータの発達により人手を要しなくなりつつある。

結局、独占とギャンブル経済化の結果は、貧富の差の拡大、収入の不安定化、過度の競争による心身の酷使である。「物質の生産」における退屈な反復作業の繰り返しによる安定した生活には閉塞感が漂い、息苦しいものである。それに比べて、「情報の生産」によるギャンブル的な生活には開放感があり、楽しいという面はある。しかし、この楽しさを享受できるのは一部の人間だけなのである。

### 5.2 情報の所有権

そもそも、情報に所有権を認める必要があるのであろうか。なお、ここでいう所有権は、民法第206条の所有権よりは広い意味で、権利の客体を排他的に支配する財産権という意味で使っている。

第一に、希少性がなければ、所有権は認める必要はないということがある。「法と経済学」では、自然状態（トマス・ホップスのリヴァイアサン的な自然状態）では、希少なものの獲得を巡って人々の間に争いが起き、攻撃・防御に余分な費用を使うことになり、社会全体の生産の効率性が低下してしまう。このため、所有権という制度を作り、人々の間に所有権の取引を行わせようとしたと説かれている。また、所有権制度は、希少な資源を効率的に使用しようというインセンティブをもたらすものであるとも指摘されている[28]。この考え方では、物質については、「物質の希少性」から、所有権を認める必要があるのに対して、情報については、「既存情報の無限性」から希少性がないので、所有権を認める必要はないということになる。なお、知的財産法に関する研究で良く言われる「インセンティブ論」すなわち、対価を得るために手段を与えて、創作や開拓への意欲を増進させるために知的財産権があるという論理は、「新規情報の希少性」から、情報に所有権を認める必要があるということであるが、後に述べるように、新規情報に所有権を与えなくても、生産者に何らかのインセンティブが与えられれば、新規情報の生産は促進されるのであり、「新規情報の希少性」は、ここでの問題ではない。

第二に、商品に対する所有権を前提にした完全競争市場は、交換の効率性（『生産されたものはすべて効率的な方法で個々人に分配されなければならない』）、生産の効率性（『他の財の生産を少なくす

ることなしに、ある財をより多く生産することが不可能でなければならない』）、生産物構成の効率性（『経済によって生産されている財の構成が、人々の選好を反映していること』）からなるパレート効率性を達成する[29]ので、情報に対する所有権を否定すると、このパレート効率性が達成されないのではないかという問題がある（そもそも、情報に所有権を認めると、5.1で述べたように、独占の危険があり、独占になるとパレート効率性は達成できないのであるが）。情報に対する所有権を否定すると、その情報を欲するものは自由にコピーできることになるので、交換の効率性を問題にする必要はない。生産の効率性に関しては、既存情報の生産（複製）はそれを欲する者が行うので問題ではないが、新規情報の生産は、ボランティアや公的機関が行うことになり、その生産方法が効率的か否かという問題は残る。生産物構成の効率性に関しては、既存情報の生産（複製）はそれを欲する者が行うので問題ではないが、新規情報の生産は、ボランティアや公的機関が需要を正しく把握できるかという問題は残る。なお、消費者が複製（生産）するよりも、どこかでまとめて複製（生産）して、配る方が費用が少なくて済む場合（「加工物財」や本などの場合）には、複製物を製造して、その複製物を売る企業が生まれ、その企業の競争の結果、複製物に関して、パレート効率性が達成される。

第三に、ジョン・ロックの「自己所有権」の思想に立脚し、人の労働はその人のものだから、自分の労働の成果に所有権を有することは当然である。自然権である。したがって、自分の作り出した情報に所有権を持つことは当然であるというような主張がある（小泉『アメリカ著作権制度』にこのような主張の紹介がある[30]）。しかし、2.4の「情報の相互付加性」の説明で述べたように、情報の生産とは、先行者の生産した情報に新たな情報を付加することであるので、この主張にしたがえば、所有権を有するのは自分の付加した部分だけであり、先行者の生産した部分には所有権を有しないはずである。したがって、自分の作り出した情報を全面的に支配できる所有権を有することはできず、情報の一部を支配できる権利を有するに過ぎないということになる。そもそも、松岡正剛氏が指摘するように、『われわれの知覚や認識や表現がどこからオリジナルなのかはわからないということがあります。たとえば、私

がプラトンについて語ったり、少年犯罪について語ったりするとき、私はその情報のどこからを私自身の考え方についているのか、はっきりさせることができません。なぜなら、私の使っている語彙も文法も、プラトンや少年犯罪のこともその背景も、それらについての言いまわしも、大半が「どこからかやってきているもの」「誰かが用意しようとしたもの」であるからです。』ということがある[31]。また、「自己所有権」の思想は、物質の所有権については、人間の自然な感情に訴えるものがあるが（動物には自分の捕ってきた餌は自分のものという感情があり、それを人間が物質の所有権という形にしたのかもしれない）、情報の所有権についてはそうではない（これは価値観の問題であり、そうではないという人もいるかもしれないが）。一度、外部に発信した情報は誰でも使えるというのが、知的所有権制度の創設前の基本的な姿であり、人間の自然な感情に合致したものではないだろうか。森村進氏が指摘するように、『思想や情報はひとたびその保有者が自発的に公表すれば公共のものになるべきである。その提供者が受けるにふさわしい利益は自分自身の誇りと他者からの感謝であって、人工的な排他的支配権ではない。われわれは自分の知的財産を、無数の、たいてい特定もできないような人々に負っている。しかし、彼らの大部分は彼らが創造した思想や情報に対する著作権を主張したりはしなかった』のである[32]。

第四に、物権法に関する研究で言われていることであるが、排他的支配が可能なものでなければ所有権は認められない。そもそも、所有権とは物を排他的に支配する権利であるから、当然のことである。2.3で述べたように、秘匿、コピープロテクトなどの技術、著作権法などの法制度により、情報に排他的支配可能性を与えることができる。しかし、秘匿したものはリヴァース・エンジニアリングが不可能なもの以外は流通におくことができず、コピープロテクトなどの技術は消費者に不便を強い、また、技術的に破ることが可能であり、不自然な法制度は違反行為の横行を招く。

第五に、取引の安全、秩序の維持のために、所有権を有することを簡易に証明できる手段が必要であるということがある。「物質の有体性」から、物質を事実上支配している状態すなわち所持は、目に見える形である。また、「物質の複製不可性」から、同じ物質を同時に所持することは不可能である。こ

のことから、民法では、物質の所持に「占有権」という権利を与え（民法第 180 条）、この「占有権」に種々の効力を持たせる（民法第 188 条～第 203 条）ことにより、取引の安全、秩序の維持を図っている（ただし、不動産については、「登記」という証明手段も用意している）。このシステムは、低コストで運用できるものである。これに対して、情報は、「情報保存の物質依存性」を利用して、情報を保存している物質の所持が情報の所持であるとすることができるが、「情報の複製可能性」から、同じ情報を保存している物質を同時に複数人が所持することが可能である。コピー技術が未発達で、情報が物質に縛り付けられていた時代はともかく、現在では、情報を保存している物質の所持を所有権の証明手段とすることは不可能である。結局、情報の所有権の証明には、登録制度など、その運用に大きなコストが必要なシステムが必要である。著作権法の無方式主義、特許法の審査主義から大きな問題が生じていることは、4.5 で述べたとおりである。

以上のことから、新規情報の生産のインセンティブ、新規情報の生産方法の効率性、新規情報の需要の把握の問題さえ解決できれば、情報に所有権を与える必然性はないということになる。また、情報に所有権を与えることは可能だが、それには、物質に所有権を与える場合に比べて、より人工的で、より大きな費用がかかるシステムが必要であるということになる。

### 5.3 情報生産のインセンティブ

人間は、経済的な見返りがなくても、情報を生産することがあるということは、フリーウェア（作者により無料で提供されるソフトウェア）や個人の Web サイトによる情報の提供がその例を示している。また、投稿料を払ってまで、学術論文を発表しようとするのも、それに近い例である。前者の場合は、ボランティアな行為あるいは趣味的な行為であり、その動機は、他者が自分の作ったものを使っている、見ていているという満足感、その他者とのコミュニケーション、他者からの賞賛、Web サイト等の製作過程自体が楽しいといったものであろう。彼にとって重要なことは、自分の作った情報から利益を得ることではなく、自分の作った情報として他者が尊重してくれることがあるいは情報の生産過程自体が楽しいことである。後者の場合は、研究活動により、大学、

## 情報の取引に関する法体系についての考察 —情報の法と経済学の構築に向けて—

研究機関から給料をもらっているから、ボランティアではなく、論文が業績評価につながるという意味では、経済的な見返りが全くないとは言えないが、その論文から原稿料を得ようとはしていない。彼にとって重要なことは、他者が自分の書いた論文を読んでいるという満足感、その他者とのコミュニケーション、他者からの賞賛、研究過程自体が楽しいことであるという意味では、ボランティアや趣味的な行為と共通である。つまり、情報に財産権を与えるなくても、自分の作った情報として他者が尊重してくれるか、あるいは、情報の生産過程自体が楽しいものであれば、情報生産に十分なインセンティブが与えられる場合があるのである。

では、このようなインセンティブにより、十分な量と質の情報が社会に提供されるのであろうか。純粋なボランティアの場合、彼は、他に仕事を持ち生活の糧を得なければならないので、情報の生産は片手間となる。片手間の仕事が、プロの仕事に質の面で対抗できるであろうか。フリーウェアには、市販のソフトウェアより優れたものがあることは事実だが、それは比較的、生産に労力が少ないプログラムである。大規模で複雑なプログラムでも、Linuxのようにインターネットを介した共同作業により作れるということはある。しかし、このような共同作業の場合、そのグループに属する人のレベルに合わせたものが作られ、素人が容易に使用できるということが無視されることが、間々ある。何も知らない素人とコミュニケーションをとっても意味がないので、どうしても、ある程度の知識を有する者の間でコミュニケーションを取り、その中の賞賛で満足を得るのである。また、國領二郎氏が指摘するように、仕事が、多くの人間が片手間にできるようにモジュールに分解可能であることが必要であり、いつでも分解可能というわけではない[33]。

情報生産に要する経費の問題もある。莫大な経費を要する研究開発、技術開発がボランティアができるであろうか。有償ボランティアが解決策になるかもしれない。宮垣・佐々木『シェアウェア』で述べられているように、『そもそもボランティアが無償であるなどと誰が決めたのだろう。どんな活動でも、手弁当でやるのには限界があるのは当然だ。その限界を皆で支えることによって自発的な活動が続けられるのであれば、結果的には皆がハッピーでいられるかもしれない。本質的なことは、無償か有償かと

いうことではなく、その活動が自発的かそうでないかということだ。』、『サービスを行い維持するためには、そのコストやリスクをシェア（皆で負担）しようという発想なのだから、そこでのお金の位置づけは、サービスへの「対価」というよりも、むしろ活動全体への「支え」に近い。……有償ボランティアでも、お金を支払うことで思わぬ効果があるという。これまで一方的に「してもらう」立場だった利用者が、お金を支払うことでのサービス提供者とのあいだに対等な関係が生まれ、これまで以上に要望や意見をいえるようになった』といえる[34]のかもしれない。しかし、宮垣元氏と佐々木裕一氏がインタビューしたシェアウェア作者は良識ある方々であり、その結果、シェアウェア（一定期間無料で試用できるが、期限後は、気に入ったらお金を払ってくださいという督促の表示が出るか、お金を払ってパスワード等をもらわないと使えなくなるソフトウェア）を理想化し過ぎているのではないかと思われる。シェアウェアを単なる金儲けの手段にしている人もいる。実費を徴収する有償ボランティアの名目で金儲けをしている人もいる。宮垣・佐々木『シェアウェア』の中でも描かれているように、有償ボランティアが有効に機能するためには、一種のコミュニティが形成され、そのコミュニティの中で互酬関係が機能することが前提になる。このようなコミュニティが全ての場合にうまく形成されるという保証はないのである。また、何らかの公的支援を行うことも考えられるが、どれに公的支援を行うかの判断は極めて困難である。社会福祉に対する公的支援で問題が生じているように、福祉を金儲けの手段にする人間もいる。柴谷篤弘氏が提唱する『だれでもが、自由な時間に、そこへ行って、公共の費用ですきな研究ができる』『公共研究所』の構想も参考になる[35]。費用の提供はともかく、研究資料と研究機器を備えて、無料で利用させることは考慮に値するのではないか。

大学、研究機関のようなシステムはどうであろうか。各種の情報を生産する専門家を公的機関が雇い、誰でも自由に使える情報を生産させるのである。このようなシステムの場合、同じ専門領域の研究者を読者として論文を書き、その専門家仲間の評価のみを問題にするという研究者集団の行動様式（これは、前述の何も知らない素人とコミュニケーションをとっても意味がないので、ある程度の知識を有する者

の間でコミュニケーションを取り、その中の賞賛で満足を得るという行動様式と同じものであるが)に陥るおそれがある。このような行動様式に陥った場合、素人に分かり易い、使い易い情報を作るということは無視され、また、消費者の需要を無視した情報の生産が行われたりするであろう。これは、専門家に対する評価の観点を変えることにより、ある程度改善できるであろうが、限度がある。消費者の需要を正しく把握することはきわめて困難であり、大きなコストが必要である。また、公的機関が自由な情報の生産に制約を課すおそれもあるので、憲法第23条で保証された「学問の自由」に類する「情報生産の自由」が必要であろう。

コミュニティ内の相互的な情報交換という方法もある。交換といつても、市場経済における等価交換ではない。文化人類学、経済人類学における研究が明らかにしたいわゆる「未開社会」における贈与交換のようなものである。余剰を持つ者は不足する者に贈与する。贈与することが美德である。しかし、不足する者が余剰を持つようになった時には返礼しなければならない。返礼をしないと、受贈者は贈与者に対して劣位の立場に立ってしまう。贈与と返礼は、経済的に等価でなくとも、コミュニティ内の基準によって等価であればよい。贈与と返礼の時期がずれてもよい。このようなコミュニティは、当初は、血縁、地縁により形成されていたが、交通手段、情報伝達手段の発達により、血縁、地縁の枠を越え、趣味嗜好、価値観などの共通性によっても形成されるようになってきた。また、血縁、地縁によるコミュニティは、出入りが困難であり、構成員が全面的にコミュニティに帰属していたのに対して、趣味嗜好、価値観などの共通性によるコミュニティは、出入りが容易になり、コミュニティへの帰属が部分的なものになった。商業的利用への解放前のインターネットの姿はこのようなコミュニティに近いものであった。宮垣・佐々木『シェアウェア』で描かれている理想的なシェアウェアの世界や、名和小太郎氏が指摘する学術情報のクラブ財的な特性[36]も、これに近いものである。相互的な情報交換には「情報の相互付加性」による新たな情報の創造、情報の結合による価値の増大が促進されるというメリットがある。しかし、このコミュニティに入るには、返礼ができる能力、財力と暇、そして趣味嗜好、価値観の共有が必要である。能力、財力のない者は、どのコ

ミュニティからも排除され、情報弱者となってしまう。佐藤俊樹氏が指摘する『インターネットのコミュニティはかなり古典的な啓蒙主義の立場に立っている。一種の技術啓蒙主義とでもいおうか。そもそもなにもわからなければ運営に参加しようがない。すべての参加者の自発的なコスト負担が求められるのも、暗黙のうちに「誰でも真面目に学習すれば、コンピュータやネットワークについてある程度の知識が身につく」と考えているからこそである。その背後には「誰もがコンピュータやネットワークの知識をもつべきである」という価値観があるし、啓蒙主義のつねとして、「その種の知識をもっている人間はもっていない人間よりもえらい」という差別意識もどこかにかかれているだろう。』[37]ということに注意すべきである。インターネットに代表されるネットワークは、一見開放的に見えるが、実は閉鎖的な面もあるのである。開放度の高いコミュニティに過ぎないのである。市場経済というシステムが、このようなコミュニティの閉鎖性を打破して、コミュニティの外へ物質や情報を流通させたということを忘れるべきではない。素朴なコミュニティ礼賛論やネットワーク礼賛論は、単なる先祖返りである。コミュニティやネットワークの情報を、返礼を求める事なく、コミュニティやネットワークの外に公開することが必要である。公開すれば、コミュニティやネットワークの外の情報との結合により、コミュニティやネットワークの情報の価値が増すこともあるのである。

知的財産権によるインセンティブには、5.1 で述べた、独占の危険とギャンブル経済化という問題がある(ただし、「表現情報財」については、その危険が小さい。また、経済の発展のためには、ギャンブル経済化は好ましいことだという意見もある)。また、金子・松岡・下河辺『ボランタリー経済の誕生』[38]が指摘するように『経済システムのなかでは、情報のバルネラブルな部分はたいていは隠蔽され、発信者にとって都合のいい情報だけしか流れない傾向をもつ。都合のいい情報からは、いいアイディアやイノベーティブな発想はなかなか出てこない。「困った」「必要だが、できない」といった切実な情報のなかにこそ、打開の鍵がふくまれる』ということもある。ボランティアによる情報の供給の方が、市場経済による情報の供給よりも消費者の需要に的確に対応できる面もあるのである。

## 情報の取引に関する法体系についての考察 ー情報の法と経済学の構築に向けてー

結局、どの方法にも問題があり、情報の生産のために最適なインセンティブ付与の方法はないということになる。情報の種類に応じて、それぞれの方法が棲み分けるしかないであろう。

### 6 情報の取引に関する法体系が目指すべき方向についての一提案

4.1 で述べたように、現行法は、生産者・消費者間での情報の取引をほとんど無視している。消費者は購入した情報には何の権利も有しておらず、情報を容易に使用できるようになったという事実上の利益を持つに過ぎないのである。これでは、4.3 で述べたように、消費者の利益は軽視されるであろう。情報に対する消費者の権利を明確化して、消費者の権利が尊重されるようにすべきである。物の取引を前提とした民法の体系を改め、そこに、知的財産法を含め、物質と情報の取引に関する統一的な法体系を構築すべきである。

この法体系では、情報の自由な流通による社会の発展に最大の価値を置き、知的財産権を与える情報は最小限のものとし、知的財産権の内容も、情報生産へのインセンティブが得られる最小限のものとする。どの程度の知的財産権があればインセンティブとして十分であるかは難しい問題である。経済学で知的財産権の最適な保護の程度について理論的な研究がなされている[39]が、具体的な適用は困難なようである。情報生産に要した投資の回収と失敗の危険性を考慮に入れた利潤が必要であろうが、情報の種類によって、必要な知的財産権の程度は異なるであろう。しかし、情報の種類によって細かく分類すると、専門家でないと分からないような複雑な法制度になり、取引が困難になってしまう。分類の境界に位置する事例を巡って紛争が多発する。また、マルティメディアソフトのように複数の種類の情報が集まっている場合、情報の種類によって保護の程度が違っては混乱を招く。「表現情報財」と「機能情報財」に大別して、「表現情報財」の保護は厚く、「機能情報財」の保護は薄くして、「加工物財」、「パッケージ型情報財」、「純粋情報財」の区別により、保護の手法を決めるべきではないだろうか。著作権の 50 年（団体名義の著作物の場合）（著作権法第 53 条）、特許権の 20 年（特許法第 67 条）という保護期間は、全てにスピードが要求される現在の経済から見てあまりに長過ぎるので、短縮が必要であろう。

知的財産権を与える情報については、知的財産権を放棄した情報や知的財産権を与えない情報との区別を明確化し、情報の自由な利用を妨げないようにするために、技術的に不可能でない限り、財産権のある情報であることと、利用の許諾のための連絡先の明記を義務付ける。著作権法における氏名表示権（著作権法第 19 条）との衝突の心配もあるが、著作者名以外を連絡先にすれば良い。この表示が技術的に不可能であるものには登録を義務付ける。

特許権における審査主義は廃止し、技術評価書（实用新案法第 12 条）や公開と異議申し立ての制度に頼るべきである。無審査主義は、特許権の信頼性を低下させ、取引の安全を害するが、全てにスピードが要求される現在の経済では、審査の遅延の方が大きな問題である。

独占による弊害を軽減するために、適正な対価を条件として、知的財産権者に情報の利用の許諾を義務付けるべきである。情報の独占によって、社会の発展を妨げている以上、この程度の不利益は甘受すべきである。また、製品間の相互接続性を保証して、独占を防ぐために、技術標準に関わる部分については、知的財産権を否定するか、利用の許諾を義務付けるべきである（標準化団体には、このような方針をとっているところが多い。）。

知的財産権を与えない情報についても、著作権法における著作者人格権（著作権法第 18 条、第 19 条、第 20 条）のように、情報の生産者の人格的利益を保護すべきである。情報の生産者を生産者として尊重しなければ、ボランティアによる情報の供給は行われなくなる。ただし、著作者人格権のうちの同一性保持権（著作権法第 20 条）は問題である。情報の自由な改変を制限することは、「情報の相互付加性」による社会の発展を妨げる。「文学的及び美術的著作物の保護に関するベルヌ条約」第 6 条の 2 のように、情報の生産者の「名誉又は声望を害するおそれのある」改変だけを禁止すれば良い。森村進氏が指摘するように、古典的名作は無数の人々による翻案（パロディを含む。）を通じて親しまれてきているという面もある[40]。また、情報が改変され、それに別の情報が加わるという形で、情報が次々に変化していく実態からすれば、氏名表示権の貫徹は、情報の利用に著しい不便を強い、社会の発展を阻害することになる。結局、情報の生産者の人格的利益の保護は、罰則等によって強制すべきものではなく、尊重

義務、努力義務といった程度のものにすべきである。

知的財産権のある情報の購入者の権利を、情報に対する所有権類似の権利であると擬制して、情報の自由な使用を最大限に認める形で明確化し、その権利を侵害するような契約、技術的手段は禁止すべきである。情報の自由な使用を妨げる契約、技術的手段は、「情報の付加性」による社会の発展を妨げる有害なものである。技術的手段の禁止により、違法コピーが蔓延し、情報の生産者の経済的利益を損なうであろうが、それは、社会の発展という利益からすれば小さいものである。違法コピーの抑止は、刑事罰と損害賠償責任に任せれば良い。違法コピーによる損害は、情報の価格に転嫁できる。

情報に対する所有権類似の権利を擬制すると言っても、4.1 で述べたように、「情報の複製可能性」から、情報の売買と貸与は実質的に同じものであるから、「パッケージ型情報財」と「純粋情報財」の場合には、知的財産権のある情報の購入者がその情報を貸し出すには、知的財産権者の許諾が必要であるとすべきである。つまり、著作権法第 26 条の 3 の貸与権を財産権のある情報に与えることになる。そうしないと、知的財産権者に著しい損害を与えることになる。人類の知識の向上に寄与してきた図書館の役割を無視するのかという批判があろうが、そもそも、知的財産権のある情報に対価を支払った者と、何も支払っていない者が、同じように情報の使用ができるということの方がおかしいのである。知的財産権のある情報を使用して利益を得る以上、対価を払うべきである。品切れ、絶版については、貸与の許諾の強制によって対処できる。

知的財産権のある情報の中古の売買については、「パッケージ型情報財」の場合は、知的財産権者に与える損害が比較的小さいので、許容して良いが、「純粋情報財」の場合には、転売により購入費用を全て回収できることになり不当であるので、禁止すべきである。

なお、著作権を、複製禁止権から「使用の対価徴収権」と捉え直して、技術的手段により、著作物の使用の度毎に料金を徴収するという様々なシステムが提案されている[41]。これは、情報を媒体である物質に閉じ込め、対消費者との関係で物質として扱うという方法が既に破綻していることを正しく認識しているものと言えるが、この技術的手段により、情報の使用の態様に制約が加わり、また、情報の使用

結果が生産者等に把握されてしまうという問題がある。情報の使用結果がどこかに漏れ、それが集計されれば、その人の思想、趣味嗜好が把握されてしまうであろう。情報に対する所有権類似の権利を擬制して、情報の使用の態様にできる限り制約を課さない方が、「情報の相互付加性」による社会の発展には望ましい。

以上述べた方向性は、あくまで理想論である。情報の国際的流通が活発化し、各国とも知的財産権による保護の強化に走っている状況の下で、日本だけがその方向に逆らうということは、日本の経済を破滅に導くものである。しかし、国際的な知的財産権による保護の強化の方向は、国際的には、先進国と発展途上国との間での情報格差の拡大とその結果としての貧富の差の拡大を招き、国内的には、独占とギャンブル経済化による貧富の差の拡大、過度の競争による心身の酷使、企業による情報の囲い込みの結果としての人々の間での情報格差の拡大などを招くであろう。

## 7 ニットの情報化社会

梅棹忠夫氏の『情報産業論』[42]に始まる情報社会論、情報文化論、情報産業論は、一部に悲観的なものがあるものの、基本的には楽観的な明るい未来イメージを提示してきた。また、アルビン・トフラー氏の『第三の波』[43]に見られるように、その多くは、産業社会、工業社会が終わり、情報化社会という新しい時代が来つつあると主張するものであった（社会の大転換ではなく、工業社会と情報化社会の違いは程度の差に過ぎないと主張するものも少數ながらあった。）。しかし、明るい情報化社会は本当に来るのであろうか。佐藤俊樹氏は、『「情報化社会」とは近代産業社会の夢見る夢である。』と指摘する。近代産業社会は、産業資本主義という経済制度と民主主義にもとづく社会制御という政治制度の二つの大きな制度からなるとする。産業資本主義の基本的特徴は、『たえず新たな技術革新が追求され、それにあわせて、利潤追求の欲望とゆたかさへの渴望も無限に昂進していく。』ことにあるとする。また、近代産業社会は、人間が社会を制御できると信じており、その制御の結果に人間が責任をとらなければならない社会であるとする。無限の欲望が情報技術の進歩への信仰を生み、社会制御の責任の重荷を逃れるために、情報技術の進歩が社会の変化をもたら

## 情報の取引に関する法体系についての考察 ー情報の法と経済学の構築に向けてー

すという情報化社会論を生み出すというわけである [44]。

佐藤俊樹氏の指摘のように、近代産業社会の本質は、無限の欲望にあり、それを技術革新、すなわち、商品の生産における情報の投入量の拡大によって応えてきたことにある。そして、ついに、情報だけからなる商品「純粹情報財」を作り出した。無限の欲望は、地球資源の有限性と地球環境の破壊によって限界に突き当たるうとしていたが、「純粹情報財」は、この限界を突き破り、無限の欲望をかなえることを可能にしようとしている。要するに情報化社会とは、近代産業社会の究極の姿なのである。5.2で述べたように、情報には、市場取引になじまない性質がある。しかし、5.1で述べたように優勝劣敗という究極の自由競争になじむという性質もあるのである。無限の欲望をかなえることを求めて、人工的に情報に物質としての性質を与えて市場取引を容易にしようとしているのが現在の社会の姿である。究極の自由競争は、今まで福祉国家、ケインズ主義、教育経費の公費負担により押さえ込んでいたはずの、かつてカール・マルクスが「搾取」、「物神崇拜」として批判した資本主義の狂気ともいべき側面を復活させる。人々は、無限の欲望をかなえることを求めて、心身を酷使し、自分の命まで削って働き、働かされ（過労死に見られるように今でもそういう側面があるが）、極端な貧富の差が生まれるであろう。しかも、貧しさは、努力ではいかんともしがたい生來の能力の差、生まれついた環境の差、单なる運の結果に過ぎないにもかかわらず、怠け者だから貧しいのだと非難されるであろう（本当に怠けているから貧しい場合もあるが）。全体的な生産性の向上により、貧しさといつても、昔のように飢えと隣り合わせというわけではなく、それなりの生活ができるであろうが、絶対的な貧しさの程度ではなく、相対的な格差が与える精神的な苦しみが問題なのである。人間の持つ嫉妬心は無視できない。多くの人々が不満を持ち、いやいや働くようになり、殺伐とした社会になれば、自由競争の結果であるはずの効率化による生産性の向上は帳消しとなってしまうであろう。しかし、「情報の複製可能性」、「既存情報の無限性」、「情報の耐消耗性」、「情報の相互付加性」を活用すれば別の社会の姿もありうる。生産性の向上を商品の生産量の拡大ではなく、余暇の増大に振り向け、余暇を利用して趣味として生産された情報

が自由に流通する社会である。これは、近代産業社会の究極の姿としての情報化社会とは別の情報化社会である。

どちらの情報化社会に向かうかを決めるのは、歴史の必然でもなく、情報技術でもない。我々が主体的に選択すべき制度である。

## 参考文献

- [1] 梅棹忠夫, 「情報産業論への補論」, 『情報の文明学』, 中公文庫, 1999, pp.75-83.
- [2] 例えば、飯沼光夫・大平号声・増田祐司, 『情報経済論(新版)』, 有斐閣, 1996, pp.128-129.
- [3] 例えば、R・D・クーター, T・S・ユーレン(太田勝造訳), 『新版 法と経済学』, 商事法務研究会, 1997, pp.161-162.
- [4] J・E・スティグリツ(藪下史郎他訳), 『スティグリツ ミクロ経済学』, 東洋経済新報社, 1995, pp.27.
- [5] 松村良之, 「財としての情報とその法的保護」, 『情報・秩序・ネットワーク』, 北海道大学図書刊行会, 1999, pp.3-42.
- [6] 宮澤健一, 『制度と情報の経済学』, 有斐閣, 1988, pp.129-133.
- [7] 福田豊・須藤修・早見均, 『情報経済論』, 有斐閣, 1997, pp.67-73.
- [8] 情報文化研究フォーラム編, 『情報と文化』, NTT出版, 1986, pp.35-36.
- [9] 中山信弘, 『工業所有権法(上)特許法 第二版』, 弘文堂, 1998, pp.6.
- [10] 宮澤健一, 『制度と情報の経済学』, 有斐閣, 1988, pp.131.
- [11] 丹下忠之, 『情報業の経済学』, 創風社, 1998, pp.43-44.
- [12] 例えば、中山信弘, 「財産的情報における保護制度の現状と将来」, 『岩波講座 現代の法 10 情報と法』, 岩波書店, 1997, pp.275.
- [13] 斎藤博, 「デジタル環境下での著作物の利用と電子的許諾」, 『知的財産法と現代社会—牧野利秋判事退官記念—』, 信山社, 1999, pp.675-687.
- [14] 中山信弘, 『工業所有権法(上)特許法 第二版』, 弘文堂, 1998, pp.361-364.
- [15] 梅棹忠夫, 「情報の文明学—人類史における価値の変換」, 『情報の文明学』, 中公文庫, 1999, pp.229-231.

- [16] 久保利英明・内田晴康, 『著作権ビジネス最前线 七訂版』, 中央経済社, 1999, pp.147-148.
- [17] (社)コンピュータソフトウェア著作権協会・(社)コンピュータエンターテインメントソフトウェア協会・(社)日本パーソナルコンピュータソフトウェア協会, 『中古ソフト販売をめぐるエニックス訴訟判決について(1999年5月27日)』, (社)コンピュータエンターテインメントソフトウェア協会の Web サイト (<http://www.cesa.or.jp/cesa/jpn.html>)
- [18] 例えば、田村善之, 『知的財産法』, 有斐閣, 1999, pp.344-345.
- [19] 特許庁の「コンピュータ・プログラムに関する発明についての審査基準(その1)」(1975年), 「マイクロコンピュータ応用技術に関する発明についての審査運用指針」(1982年), 「審査基準第VIII部第1章 コンピュータ・ソフトウェア関連発明」(1993年), 「特定技術分野の審査の運用指針第1章 コンピュータ・ソフトウェア関連発明」(1997年)。
- [20] 田村善之, 『知的財産法』, 有斐閣, 1999, pp.154-155.
- [21] 著作権審議会権利の集中管理小委員会報告書(2000年1月)。
- [22] 梶山敬士, 『ソフトウェアの著作権・特許権』, 日本評論社, 1999, pp.55-74.
- [23] ブライアン・アーサー(川越敏司訳), 「収穫通増とビジネスの新世界」, 『複雑系の経済学』, ダイヤmond社, 1997, pp.47-90.
- [24] J・E・スティグリツ(藤下史郎他訳), 『スティグリツ ミクロ経済学』, 東洋経済新報社, 1995, pp.433-435.
- [25] 丹下忠之, 『情報業の経済学』, 創風社, 1998.
- [26] 國領二郎, 『オープン・アキテクチャ戦略』, ダイヤmond社, 1999, pp.49-55, 95-117.
- [27] 丹下忠之, 『情報業の経済学』, 創風社, 1998, pp.36-38, 84-85.
- [28] 例えば、林田清明, 『法と経済学 新しい知的テリトリー』, 信山社, 1997, pp.61-71.
- [29] J・E・スティグリツ(藤下史郎他訳), 『スティグリツ ミクロ経済学』, 東洋経済新報社, 1995, pp.314-328.
- [30] 小泉直樹, 『アメリカ著作権制度』, 弘文堂, 1996, pp.28-37.
- [31] 松岡正剛, 「二十一世紀の編集知のために」, 『情報文化の学校 ネットワーク社会のルール・ロール・ツール』, NTT出版, 1998, pp.25-26.
- [32] 森村進, 『財産権の理論』, 弘文堂, 1995, pp.171.
- [33] 國領二郎, 『オープン・アキテクチャ戦略』, ダイヤmond社, 1999, pp.81-83.
- [34] 宮垣元・佐々木裕一, 『シェアウェア』, NTT出版, 1998, pp.55-81.
- [35] 柴谷篤弘, 『反科学論』, ちくま学芸文庫, 1998, pp.370.
- [36] 名和小太郎, 「電子的環境における学術情報と著作権制度」, 『学術情報センター紀要 第11号』, 学術情報センター, 1999, pp.59-73.
- [37] 佐藤俊樹, 『ノイマンの夢・近代の欲望 情報化社会を解体する』, 講談社, 1996, pp.222-224.
- [38] 金子郁容・松岡正剛・下河辺淳, 『ボランタリ一経済の誕生』, 実業之日本社, 1998, pp.45.
- [39] 例えば、神隆行, 『知的財産とその保護に関する経済学研究』, 晃洋書房, 1999.
- [40] 森村進, 『財産権の理論』, 弘文堂, 1995, pp.177-180.
- [41] 例えば、田村善之, 『デジタル化時代の知的財産法制度』, 『岩波講座 現代の法 10 情報と法』, 岩波書店, 1997, pp.291-315.
- [42] 梅棹忠夫, 『情報産業論』, 『情報文明論』, 中公文庫, 1999, pp.37-63.
- [43] アルビン・トフラー(徳岡孝夫監訳), 『第三の波』, 中公文庫, 1982.
- [44] 佐藤俊樹, 『ノイマンの夢・近代の欲望 情報化社会を解体する』, 講談社, 1996.

## 研究論文

### 文末態度表現を用いた日本の Web Page の調査

### A Research of Japanese Web Pages based on Attitude Expressions at the ends Sentences

(株)富士通研究所(元学術情報センター客員助教授) 土井 晃一

Kouichi DOI

Fujitsu Laboratories Ltd.(Ex-Guest Associate Professor of National Center for Science Information Systems)

#### 要旨

web page の検索結果で、客観的な知識を得たいのに日記・体験談などの主観的な web page が提示されるのは、検索の問題の一つと考えられる。また、逆に、新製品の便利さ、有用性など使った人にしかわからない情報を得たいのに、客観的情報しか得られないのも問題である。既存の検索サービスは、いわゆるキーワードを主体とした検索を中心としている。普通、付属語(助詞・助動詞など)は不要語として使われていない。付属語は文末態度表現として、書き手の態度が現れる部分である。これは、主観的情報か客観的情報かを示す手がかりとなる。そこで、この二種類の web page の文末態度表現の使われ方の差異で、分離する方法を考える。我々は、このような方法を行うに当たって、まず、web page の現状を調査することにした。そこで本論文では、文末記号を調査した。さらに、文末態度表現を抽出し、その文末態度表現と web page のジャンルについて議論した。次に、文末態度表現の使われ方を読点の多様性を考慮に入れて、基礎統計量と因子分析から、文末態度表現がある一定の傾向を示すことを知見として得た。最後に、日記など主観的情報の比率を測定した。

#### ABSTRACT

It is one of the important problem that the search engine shows the subjective web pages, such as the diary or the experiences when you would like to get the objective information. On the contrary, it is the problem that the search engine does not show the subjective web pages when you would like to get the information about the new products which can be get by the users. The existing search services mainly search using "key words". The auxiliary words are not usually used in these search services. In Japanese the auxiliary words show the writers' attitude. The auxiliary words show whether the sentence gives the objective information or the subjective information. We discriminate between these two types of web pages using attitude expression at the ends sentences. We investigate the actual state of web pages before we research the discrimination. In this paper, we research the use of the sign of end sentences. We extract the attitude expression at the ends sentences. We argue the relation between the attitude expression at the ends sentences and the genre of the web pages. We gather the basic statistics and analyze the web pages by the factor analysis. We measure the proportion of the subjective pages such as the diary.

[キーワード] Web Page、文末態度表現、日記、統計解析、因子分析、フィルター

[Keywords] web pages, attitude expression at the ends sentences, diary, statistics analysis, factor analysis, filter

#### 1 まえがき

近年、インターネットによる検索が盛んに行われるようになった。しかし、検索エンジンによる検索は、

しばしば適切な結果をもたらさない。一般的な検索サービスは、いわゆるキーワードを主体とした検索やディレクトリ・サービスなどを主体としている。普通、付

## 文末態度表現を用いた日本の Web Page の調査

属語(助詞・助動詞など)は不要語として無視しているようである。本論文では、普通検索には使われない付属語、その中でも特に文末態度表現(「です。」「ます。」「ね。」のように、文末にある書き手の態度を表す語)に話を絞る。

文末態度表現は文体と関連する。文体は文章のジャンルと関連する。つまり、文末態度表現を研究することで文章のジャンルがわかる可能性がある。

我々は、文章のジャンルとして日記などの個人の主観的な情報に着目した。これらは個人の主観的な情報が数多く盛り込まれている。例えば、何かの商品のことを知りたいと思ったときに、その商品の販売元の home page を見れば、スペックなどの公式の情報は得られるが、その商品の便利さ、有用性など使った人にしたわからない情報は得がたい。日記などの web page には後者の情報があふれているので役立つ。日記などの web page を検索できるようになることは、このような点からも重要と考えられる。

また、逆に、百科事典的な情報を得たいのに、日記のようなものばかり出てきて困るというときフィルターとして利用することが考えられる。

我々は、まず、現在の web page がどのようにになっているかを調べることにする。本論文では、文末態度表現による web page の調査を行い、さらに日記などの主観的データの比率を求めた。

以下、第 2 節では、測定環境について説明する。第 3 節では、文末記号の使われ方の調査について述べる。第 4 節では、web page からの文末態度表現の抽出の方法と抽出結果について述べる。第 5 節では、文末態度表現の使われ方について基礎統計量と因子分析を行う。第 6 節では、web page での日記などの比率を測定する。第 7 節では、全体のまとめを行う。

## 2 測定環境

以下の測定は Livelink search 検索エンジン(Millar 1997)を用いて行なった。検索対象は ne ドメインの web page と image data からなる web page を除く、日本の web page である。対象となる web page の数は

608,983 ページである。

これらの web page を nkf v1.7 を用いて、jis、sjis、MIME code の file を euc へ変換した。

文末記号としては、「。」/「.」/「？」/「！」各々の全角と半角(ただし半角の「。」は nkf によって全角の「。」に変換されているため存在しない。現実には、page の decode に失敗したものがあるので存在はする。しかし、以下の測定には影響は無かった。)を採用した。

## 3 文末記号の調査

まず、文末記号を調査してみた。先に述べたように、文末記号として考えられるのは、「。」/「.」/「？」/「！」各々の全角と半角である。結果を表 1 に示す。この表で、「ページ数」とは、その記号の現れる web page の数を表す。また、「ワード数」とは、全 web page での、その記号の総数を表す。また、「すべて」は、ページ数の場合には、いずれかの文末記号の現れるページ数の総数を、ワード数の場合には、文末記号の総数を表す。前述の通り、半角の「。」は nkf で変換したため存在しないはずだが、decode に失敗したため存在はする。「。」と「.」の使われ方は「。」の方が優勢で約 10 倍近く違う。

## 4 文末態度表現の洗い出し

日本語の文末態度表現の洗い出しは、あ。、い。... のように「あいうえお」順で page を表示し、その page を人間が見ることによって、文末態度表現を洗い出した。さらに、が。ば。などの濁音・半濁音・促音についても行った。

文末表現で一番種類が多いのは、体言止であると思われる。しかし、体言止は種類が限りなく存在し、それらを統一して扱うことが困難であるので、基本的に対象からはずした。また、明らかな書き間違いを対象からはずした。その結果、文末表現として抽出されたのは、助詞、助動詞、典型的な用言、感動詞が主になった。

ここで「典型的な用言」とは、きわめて出現頻度が

表 1 読点の使われ方

	全角。	半角。	全角。	半角。	全角！	半角！	全角？	半角？	すべて
ページ数	424323	87	44648	590055	128810	146567	72007	199442	594515
ワード数	7985076	109	426956	40860593	661937	542741	306469	1027249	51811130

高いか、あるいは、ある種のジャンルの文に特徴的に現れる用言を指す。

#### 4.1 「あ。」と「お。」

あ。で終わる文末表現には、

1. 元々の文末表現があ行で終わるため、その「あ」を表記したもの

2. 感動詞的に使われているもの

の主として 2 種類のものが見受けられた。1. は話し言葉をそのまま表記したもの、あるいは、文体を口语体にしたいために用いられていると考えられる。1.2.共に話し言葉に特徴的な現象であるためか、日記・対談・独白・くだけた座談会などによく見受けられた。

抽出された文末表現は、それぞれ、

1. なあ。だあ。そつかあ。ないですかあ。なあ。これじやあ。だったあ。ですかあ。すうよりもさあ。ましたあ。とってきてやあ。満足ぢやあ。生きなくつちやあ。なーあ。回られぢやあ。あなのなああ。古いんだからあ。楽しいなああ。がんばらねばあ。

2. あ。ひやあ。まあまあ。ああ。じやあ。まあ。あーあ。わあ。はあ。きやあ。あちやあ。はあ。ははあ。あらあ。あ~あ。あつちやあ。があ。やあ。さあ。はあはあ。よっしゃあ。ぐはあ。あ~~あ。さあさあ。おっしゃあ。そりやあ。うあ。

である。1.のものとの言語表現は、

な。だ。か。では。た。さ。や。わ。じや。ちや。だから。ば。

であることが容易にわかる。また、1.2.の両方に含まれる文末表現としては、

うわあ。あらあ。いやあ。まさかあ。いやあ。わあ。うわあ。わははははあ。であであ。あらあ。

が抽出された。新しく抽出された文末表現としては、

にやあ。ニヤあ。行ってみんしやあ。あらざあ。知ってらあ。お仕事ガンバんなきやあ。

がある。

この傾向はお。にも見受けられた。それぞれ、

1. やられたよお。みましようお。お願ひしますよ

お。なるほどお。でもお。きっとお。

2. お。おお。おおお。

が見受けられた。

#### 4.2 「あ。」と「お。」以外

あ。とお。以外で終わる文末表現について、表 2 と表 3 にまとめておく。表中、第一列目は文末表現の見出しを示す。この見出しを種に実際の検索を行なった。第二列目は抽出された文末表現である。第三列目は多数見受けられた文法要素である。しばしばこの文法要素によって、検索を打ち切りざるを得なかった。この文法要素だけを適切に排除する方法が存在しないからである。第四列目はその文末表現が典型的に現れる web page のジャンルを示した。これは全体をざっと見渡した結果、著者が直観的に多いと感じた web page のジャンルである。

この検索から、抽出できそうな web page のジャンルを挙げると、

機械の販売・数学の問題・独白・古文・関西弁・法律・方言の感じを出したもの・報告・きわめてまじめなもの・きわめて口語的なもの・Q&A・依頼・日記・行政関係・議事録・マニュアル・申込書・提言書・座談会・株式関係・辞書・項目説明・発話録・e-mail・対談・物語・link 先・窓口の案内・スローガン

が挙げられる。このうち重要だと思われるのは、

独白・極めて口語的なもの・日記・e-mail

である。これらは個人の主観的な情報が数多く盛り込まれている。

例えば、何かの商品のことを知りたいと思ったときに、その商品の販売もとの home page を見れば、スペックなどの公式の情報は得られるが、その商品の便利さ、有用性など使った人にしたわからない情報は得がない。日記などの web page には後者の情報があふれているので役立つことがある。日記などの web page を検索できるようになることは、このような点からも重要と考えられる。

また、逆に、百科事典的な情報を得たいのに、日記のようなものばかり出てきて困るというときフィルターとして利用することが考えられる。

抽出できそうな web page のジャンルということは、精度が高いことが予測される。本当に精度高く抽出するにはどうしたらよいか、さらに、再現率はどうなっているのかが今後の課題である。

## 文末態度表現を用いた日本の Web Page の調査

表 2 抽出された文末表現（その 1）

文末表現の見出し	文末表現	備考	web page のジャンル
い。	しない。気づいていない。ちがいはない。		
	しなさい。みなさい。	命令形	マニュアル・申込書
う。		動詞の終止形	
え。	ええ。ねえ。ええ。揃え。やつまえ。		
	従え。使え。思え。	命令形	マニュアル
お。	逃げちゃお。にやお。もお。	前述のものは除く	
か。	ではないか。どうか。いるか。	疑問	提言書
	どこですか。		提言書
き。	べき。すき。好き。		
	するとき。		法律
	マニュアル付き。		機械の販売
	高校生以上向き。		数学の問題
く。		動詞の終止形	日記
け。		動詞の命令形	
	意味がないわけ。		
こ。	ここ。どこ。あそこ。		
さ。		終助詞のさ。	座談会
し。	なし。久し。べし。如し。多し。		
	気分でもあるし。あつたし。		座談会が多い・口語体の文章
す。	です。ます。示す。表す。		
せ。	示せ。	動詞の命令形	
	ご覧じませ。		古文
そ。	こちらこそ。そぞ。		
た。		過去のた	
ち。	頭打ち。		株式関係
	人たち。		
つ。	の一つ。持つ。		
て。	思って。思ってて。	動詞のテ形	
	はじめまして。		e-mail
と。	すること。したこと。		法律
	のこと。		辞書・項目説明
な。	だな。かな。よな。ですな。		きわめて口語的
に。	ありますように。目標に。だろうに。		
ぬ。	できぬ。		古文
ね。		終助詞のね	口語的な日記・座談会
の。	混じっているの。	形式名詞	口語的なもの
	以下のもの。		硬い文章
は。	というのは。ははは。こんにちは。		発話録・e-mail
ひ。	我思ひ。		古文
	ぜひ。		対談
ふ。	見たまふ。		古文
	ふふ。	笑い	対談・e-mail

表3 抽出された文末表現（その2）

			e-mail
へ。	いわさきさんへ。		日記
ほ。	とほほ。ほほほ。		e-mail・古文
ま。	ゆりこさま。		情報・日記
み。	休み。のみ。見込み。		法律
む。	を含む。	動詞の終止形	日記
め。	お勧め。		情報
も。	等の話題も。 ここも。 けれども。けども。 よかったですのかも。		情報 リンク先 発話録 日記
や。	思うんや。	関西弁	古文
ゆ。	見ゆ。		物語・発話録
よ。	猫よ。やろうよ。		古文
ら。	かしら。から。ながら。		
り。	至れるあり。けり。なり。 あり。有り。より。		
る。	である。している。する。できる。 戻る。		link先
れ。	売り切れ。生まれ。	動詞の命令形	
ろ。		動詞の命令形	
わ。	だろ。ところ。7時ごろ。覚えたてのころ。 ですわ。ますわ。	終助詞のわ	
を。	こんばんわ。こんちわ。でわ。		
ん。	聞い合わせを。	格助詞のを	窓口の案内・スローガン
が。	ません。片岡さん。くん。だよん。まんねん。		
ぎ。	ですが。ますが。	接続助詞のが	
ぐ。	すごすぎ。かっこよすぎ。 下車すぐ。		案内
げ。	打ち上げ。引き下げ。格下げ。	動詞の終止形	
ご。	りんご。いちご。		
ざ。	わざわざ。		
じ。	同じ。	禁止のじ	法律 古文
	感じ。		
ず。	あらず。 変わらず。はず。あしからず。		古文
ぜ。		終助詞のぜ	
ぞ。		終助詞のぞ	
だ。		判定詞のだ	
づ。	多いはづ。	わざとあるいは無意識に間違える	
で。		接続助詞ので	発話録
ど。	など。けど。	終助詞のど	
ば。	さらば。ならば。		
び。	並び。高い伸び。		
ぶ。	呼ぶ。学ぶ。		
べ。	調べ。調べ。		
ぼ。	めいぼ。		
ば。	やっぱ。		
ペ。	やっぱ。	田舎の感じを出す	
つ。	とさつ。	きわめて口語的	

## 文末態度表現を用いた日本の Web Page の調査

### 5. 統計解析

前節で抽出した文末態度表現に加えて、日本語の文法書(益岡 1995)のムードの章から文末態度表現を洗い出した(土井 1999)。その結果、全部で 310 の文末態度表現を抽出した。

その各々の文末態度表現に関して、前述の文末記号すべてについて、

1. その文末態度表現が現れるページ数(以下「ページ数」と呼ぶ)
2. その文末態度表現の総数(以下「ワード数」と呼ぶ)
3. その文末態度表現が現れるページでの文末記号の数(以下「まるの数」と呼ぶ)

を計数した。つまり、例えば、「ます。」であれば、「ます。」「ます。」「ます!」「ます?」のそれぞれ全角と半角を測定し、さらに、総和を測定した。ページ数に関しては、重複がないように数え、ワード数・まるの数に関しては、総和を取った。以下の議論はいずれも総和のデータについてのものである。次に各々の比を取り、基礎統計量を出した。結果を表 4 に示す。ここで、 $x_1$  は、一ページ当たりの文末表現の数、つまり、(ワード数/ページ数)である。 $x_2$  は一ページ当たりの文の数、つまり、(まるの数/ページ数)である。 $x_3$  は文の中で文末表現が占める割合、つまり、(ワード数/まるの数)である。この基礎統計量からわかる事をまとめておく。歪度は 0 に近いと正規分布に近くなる。いずれも正の値なので、すそが右に延びていることを意味している。これは、一方では、頻度が非常に高いもの(例えば、ます。、た。)などが少数存在し、一方では、頻度が低いもの(例えば、なきやあ。、とつてきてやあ。)が多数存在し、頻度が低いものが特異な分布をするためと考えられる。尖度は 3 に近いと正規分布に近くなる。いずれも 3 よりもはるかに大きいのですそが長いことを意味している。この理由も前述と同じ理由によるものと考えられる。

また、これらの文末態度表現でヒットしたページ数は、594,515 ページであった。これは、全ページ数の 97.62% におよぶ。これらの文末態度表現で大半の web page がカバーできることがわかった。次に、表 4 の三変量を基に因子分析を行った。その結果、因子分析は役立つ(.543)、変数の間に有意な関係がある( $p=.000<1\%$ )ことがわかった。また、主成分は一つだけ抽出され、その累積パーセントは 58.61% となった。また、相関係数はいずれも、 $p=.000<1\%$  で有意であつ

た。式は  $z_1=.443x_1-.353x_2+.498x_3$  となった。このことから、 $x_1, x_2, x_3$  は相関が高く、新たな文末態度表現も同様な式が当てはまると考えられる。

次に、できあがったデータを  $x_1, x_2, x_3$  をキーにしてソートしてみた。ページ数・ワード数ともに小さいため、データとして意味を持たないものを除くと  $x_1$  の大きい側、 $x_2$  の 11 番目から、 $x_3$  の大きい側が有意であった。その結果を各々表 5、表 6、表 7 に示す。

表 5 を見ると、一度使われると何度も使われる文末態度表現であることは容易に想像が付く。表 6 を見ると、ページ数、ワード数共に大きく、長い文章ではよく使われる文末態度表現であることがわかる。戻る。は web page 特有の文末態度表現である。リンク元に戻るリンクとして記述されているものである。表 7 を見ると、文末態度表現として比率が高いものが示されており、いずれもよく使われる文末態度表現である。

### 6 日記などの比率

また、web page の中で日記などの占める割合を測定してみた。測定には収集した全 web page からランダムに web page を取りだし、日記などかどうかを人手で判定するという方法を取った。比率検定であるので、信頼係数 95% の区間推定の誤差を 5% に抑えるためには、サンプル数は 385 ページである。この 385 ページの web page について、二段階の基準を設け、日記などであるかどうかを判定した。基準として採用したのは、

**狭い基準** 人間が見て、主観的な情報であることがはつきりわかるもの

**広い基準** 人間が見て、主観的な情報であると思われるもの、あるいは、一回リンクをたどることにより主観的な情報に到達できるもの

とした。公式な主観情報(公式ページで主観的であるかのように書かれたページ)は、日記などとは判定しなかった。また、この基準による判定の確信度は 90% 以上である。

測定の結果、

**狭い基準**  $7.79\% \pm 5\% (2.79\% < p < 12.79\%, \text{棄却水準 } 5\%)$

**広い基準**  $24.42\% \pm 5\% (19.42\% < p < 29.42\%, \text{棄却水準 } 5\%)$

であった。これをページ数に換算すると、

**狭い基準**  $604568 * .0779 = 47096 (16867 < N < 77324)$

**広い基準**  $604568 * .2442 = 147636 (117407 < N < 177864)$

であった(単位はページ)。

ロボットで収集すると、更新が頻繁なためロボットが別の page と思ったり、リンクが循環していたりして、ページが重複するものだが、本収集セットでも約 10%の重複があった。日記などのページに対する影響は、サンプルセットを見る限り見られなかつたので、0.9 で割ることにより補正すると、

狭い基準  $8.66\% \pm 5\%$ ( $3.66\% < p < 13.66\%$ ,棄却水準 5%)

広い基準  $27.13\% \pm 5\%$ ( $22.13\% < p < 32.13\%$ ,棄却水準 5%)

であった。これをページ数に換算すると、

狭い基準  $604568 * .08656 = 52331$ ( $22103 < N < 82560$ )

広い基準  $604568 * .27133 = 164037$ ( $133809 < N < 194266$ )

であった(単位はページ)。

## 7 むすび

本稿では、web page での文末態度表現の使われ方の調査と、日記などの主観的データの web page での比

率を調査した。主成分分析により、文末態度表現は一定の傾向を示すことがわかった。また、日記などの比率は、狭く取って 8.656%、広く取って 27.133%であることがわかった。今後は、いよいよ文書分類に取り組みたい。

## 参考文献

- [1] 土井晃一、「文末態度表現に注目した Web Page の調査」、情報処理学会、自然言語処理研究会、1999.
- [2] Jeffrey, L, Millar, Michael, T, Jory., “Livelink Search Manual”, *Open Text Corporation*, 1997.
- [3] 益岡 隆志, 田窪 行則著、「基礎日本語文法 -改定版-」、くろしお出版, 1995.

## 文末態度表現を用いた日本の Web Page の調査

表 4 基礎統計量

	一ページ当たりの文末表現の数 (ワード数/ページ数)( $x_1$ )	一ページ当たりの文の数 (まるの数/ページ数)( $x_2$ )	文の中で文末表現が占める割合 (ワード数/まるの数)( $x_3$ )
平均値	1.57	440.89	6.00E-03
中央値	1.33	362.37	4.85E-03
歪度	3.08	2.92	6.50
尖度	12.52	11.69	58.07
範囲	5.07	2359.00	.10
最小値	1.00	10.00	.00
最大値	6.07	2369.00	.10

表 5  $x_1$  の大きい順

文末表現	ページ数(B)	ワード数(C)	まるの数(D)	$x_1=C/B$	$x_2=D/B$	$x_3=C/D$
です。	183179	943485	21464684	5.15	117.18	0.0440
である。	33617	183048	4287467	5.45	127.54	0.0427
ます。	283499	1637946	29567248	5.78	104.29	0.0554
にやあ。	28	164	19051	5.86	680.39	0.0086
た。	164190	996301	18950402	6.07	115.42	0.0526

表 6  $x_2$  の 11 番目から

文末表現	ページ数(B)	ワード数(C)	まるの数(D)	$x_1=C/B$	$x_2=D/B$	$x_3=C/D$
ます。	283499	1637946	29567248	5.78	104.29	0.0554
ください。	124216	229257	13434984	1.85	108.16	0.0171
た。	164190	996301	18950402	6.07	115.42	0.0526
戻る。	4296	5920	497343	1.38	115.77	0.0119
です。	183179	943485	21464684	5.15	117.18	0.0440

表 7  $x_3$  の大きい順

文末表現	ページ数(B)	ワード数(C)	まるの数(D)	$x_1=C/B$	$x_2=D/B$	$x_3=C/D$
する。	44324	151114	6607120	3.41	149.06	0.0229
である。	33617	183048	4287467	5.45	127.54	0.0427
です。	183179	943485	21464684	5.15	117.18	0.0440
た。	164190	996301	18950402	6.07	115.42	0.0526
ます。	283499	1637946	29567248	5.78	104.29	0.0554

## 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 井上 如	4	177	1991
	7	113	1995		5	163	1992
	8	201	1996		6	i	1994
	9	195	1997		6	97	1994
	9	219	1997		8	1	1996
	10	119	1998		10	1	1998
	11	87	1999	猪瀬 博	1	i	1987
	12	101	2000		11	i	1999
相原 信也	9	73	1997	う 上野 晴樹	11	105	1999
青木 利晴	9	9	1997	魚瀬 尚郎	12	39	2000
浅野 正一郎	2	15	1989	牛崎 進	1	167	1987
	3	113	1990	内山 清子	11	49	1999
	8	233	1996		12	7	2000
	8	255	1996	漆谷 重雄	12	39	2000
	9	173	1997	え 江口 浩二	12	17	2000
	9	179	1997		12	31	2000
	10	175	1998	枝川 明敬	11	217	1999
	10	185	1998		12	153	2000
	12	39	2000	お 大井 敏暉	1	133	1987
	12	93	2000	大江 和彦	5	41	1992
安達 淳	1	73	1987		6	115	1994
	1	109	1987		7	231	1995
	4	37	1991		7	243	1995
	5	53	1992		11	75	1999
	7	1	1995	大久保 一彦	3	97	1990
	8	209	1996	太田 学	9	161	1997
	8	221	1996	太田和 良幸	7	181	1995
	9	143	1997		8	337	1996
	9	161	1997		8	359	1996
	10	111	1998	大山 敬三	1	73	1987
阿部 俊二	10	185	1998		1	91	1987
	11	155	1999		2	93	1989
	12	93	2000		3	49	1990
阿部 博則	1	125	1987		7	13	1995
安藤 史郎	3	113	1990		8	95	1996
い 池田 和幸	9	143	1997		9	83	1997
生駒 栄司	11	87	1999		10	29	1998
石井 奈穂子	10	239	1998		12	101	2000
井上 俊哉	7	193	1995	小口 正人	8	277	1996
				小澤 宏	1	25	1987

著者			号	頁	発行年	著者	号	頁	発行年	
お	尾城 孝一		1	175	1987	き	絹川 博之	3	49	1990
	小野 欽司		8	i	1996		木村 優	7	231	1995
			8	301	1996		金 容媛	6	35	1994
			9	131	1997	<	熊渕 智行	7	231	1995
			9	137	1997		栗山 和子	12	17	2000
			9	203	1997		黒田 晴雄	7	i	1995
			10	127	1998	け	計 宇生	7	129	1995
			10	135	1998			8	267	1996
			10	157	1998			9	189	1997
			11	87	1999			10	195	1998
			11	131	1999	こ	越塚 美加	11	139	1999
			11	169	1999			8	131	1996
か	開原 成允		12	i	2000			8	221	1996
	柿沼 澄男		12	59	2000			9	91	1997
			5	i	1992			10	1	1998
			11	179	1999			10	9	1998
			11	197	1999			11	207	1999
	影浦 峠		2	107	1989		児玉 文雄	11	225	1999
			3	49	1990		後藤田 洋伸	8	325	1996
			3	59	1990			9	131	1997
			7	217	1995			11	119	1999
			10	23	1998			12	75	2000
			11	19	1999		小山 照夫	2	85	1989
			11	49	1999			3	75	1990
			12	7	2000			3	87	1990
			8	221	1996			5	41	1992
			4	37	1991			6	115	1994
			3	59	1990			7	243	1995
			4	51	1991			8	291	1996
き			4	67	1991			11	49	1999
	加藤 弘之		12	111	2000			12	7	2000
	金原 史和		7	153	1995		権 忠煥	4	119	1991
	亀岡 秋男		12	137	2000		訳：金 容媛			
	川口 忠雄		8	291	1996	さ	酒井 乃里子	7	1	1995
	神田 百合枝		1	185	1987		酒井 保明	2	15	1989
	神門 典子		7	29	1995		坂内 正夫	7	165	1995
			8	107	1996		佐々木 仁	7	231	1995
			8	221	1996		佐藤 敬幸	6	13	1994
			10	37	1998		佐藤 真一	7	141	1995
			11	1	1999			7	153	1995
			12	17	2000			7	165	1995
			12	111	2000			12	111	2000
	北村 明久		8	75	1996		佐藤 豊	10	119	1998

著者	号	頁	発行年	著者	号	頁	発行年
佐和 隆光	9	1	1997	と 外山 良子	7	345	1995
し 清水 忠雄	10	i	1998	鳥居 俊一	3	49	1990
す 杉本 雅則	8	221	1996	な 内藤 衛亮	1	1	1987
そ 孫 媛	7	193	1995		2	25	1989
	8	143	1996		2	123	1989
	9	103	1997		4	85	1991
	10	211	1998		4	137	1991
	11	179	1999		5	183	1992
	12	121	2000		6	13	1994
た 田浦 俊春	8	291	1996		7	49	1995
高須 淳宏	4	51	1991		8	75	1996
	4	67	1991		8	95	1996
	7	1	1995		9	73	1997
	7	63	1995		10	1	1998
	8	221	1996		11	33	1999
	9	83	1997		12	1	2000
	9	143	1997	長野 由紀	7	49	1995
	9	161	1997	名和 小太郎	11	59	1999
	10	111	1998	に 西澤 正己	10	219	1998
た 高城 章代	8	75	1996		11	179	1999
竹内 孔一	11	49	1999		12	121	2000
	12	7	2000	ね 根岸 正光	1	25	1987
田代 朋子	7	231	1995		2	43	1989
竜岡 博	8	27	1996		2	53	1989
田村 俊作	4	85	1991		3	49	1990
為石 理恵子	1	149	1987		4	1	1991
ち 崔 明興	2	15	1989		4	13	1991
趙 健平	8	233	1996		5	27	1992
	8	255	1996	の 野末 俊比古	10	9	1998
	9	173	1997		11	207	1999
	9	179	1997		12	17	2000
	10	175	1998		12	129	2000
	11	147	1999	は 橋爪 宏達	1	61	1987
	12	67	2000		1	73	1987
張 希軒	4	105	1991		7	49	1995
訳:計 宇生					7	63	1995
つ 辻井 潤一	11	75	1999		8	317	1996
辻川 輝男	1	197	1987	畠山 珠美	7	49	1995
坪谷 寿一	5	53	1992	濱田 喬	2	1	1989
鶴岡 弘	8	95	1996		3	97	1990
	9	83	1997		4	85	1991
と 土井 晃一	12	189	2000		6	125	1994
時実 象一	5	99	1992		7	153	1995

	著者	号	頁	発行年		著者	号	頁	発行年
は	早川 公泉	10	111	1998	や	山田 尚勇	2	i	1989
	林 昌夫	4	137	1991			3	i	1990
	原 正一郎	4	51	1991			3	139	1990
		4	67	1991			3	161	1990
ひ	日紫喜 光良	11	75	1999			4	i	1991
	日高 宗一郎	12	111	2000			4	261	1991
	一松 信	5	1	1992			4	319	1991
ふ	福田 光宏	12	163	2000			4	331	1991
	藤代 節	7	313	1995			5	27	1992
		8	155	1996			5	69	1992
		9	113	1997			5	183	1992
		10	53	1998			6	139	1994
	藤野 貴之	10	203	1998			6	199	1994
		11	163	1999			6	249	1994
ほ	細部 博史	12	81	2000			7	73	1995
	本郷 清次郎	1	159	1987			7	253	1995
ま	牧野 隆志	7	63	1995			8	27	1996
	牧村 正史	2	53	1989			9	33	1997
	益森 治巳	8	75	1996			10	81	1998
	松野 とも子	1	205	1987	よ	吉岡 真治	10	73	1998
	松村 多美子	9	i	1997			11	27	1999
	丸山 勝巳	11	93	1999			11	49	1999
		12	45	2000			12	7	2000
み	宮澤 彰	1	61	1987	り	李 春澤	3	21	1990
		3	1	1990	わ	早稲田 聰	6	125	1994
		3	49	1990					
		8	435	1996					
も	孟 洋	7	165	1995					
	森野 博章	9	219	1997					
	諸富 秀人	1	211	1987					
や	矢野 正晴	11	179	1999					
		11	225	1999					
		12	121	2000					
		12	137	2000					
	山崎 茂明	9	227	1997					
		9	233	1997					
	山崎 高日子	2	1	1989					
	山田 清志	7	63	1995					

	Author	Vol	Page	Year
A	Ampornaramveth Vuthichaj	11 12	87 101	1999 2000
	Andres Fredric	8 9 10 10 11 12	301 137 127 157 169 59	1996 1997 1998 1998 1999 2000
B	Boulos Jihad	9 10 11	203 135 131	1997 1998 1999
	Buford John F.	10	127	1998
C	Claude Christopher	9	137	1997
	Collins Boyd R.	10	229	1998
D	Dessaigne Nicolas	12	59	2000
J	Jerade Marielle	11	169	1999
M	Milone Vanessa	12	59	2000
	Methapisit Tasanee	12	101	2000
P	Pechter Kenneth	11	197	1999
	Perry Brian	8	385	1996
R	Ribault Thierry	6 6 8	67 85 191	1994 1994 1996
	Runggeratigul Suwan	8 9 9	233 173 179	1996 1997 1997
S	Smith Neil	5	113	1992
	Swinnerton-Dyer H.P.F.	6	1	1994
T	Toranawigrai Tredej	10	157	1998
V	Viemont Yann	9	203	1997

# 学術情報センター紀要 第1号

## 目 次

### **創刊のことば**

猪瀬 博（学術情報センター所長） .....	i
------------------------	---

### **研究論文**

IFLA プレコンファレンス・セミナー「多言語・多文字資料利用のための図書館利用自動化システム」 内藤 衛亮（学術情報センター） .....	1
TOOL-IR 工学文献データベース（COMPENDEX, Ei ENGINEERING MEETINGS）検索システムの開発 根岸 正光（学術情報センター）、小澤 宏（東京大学大型計算機センター） .....	25
誤り訂正符号の調査票記入への応用 橋爪 宏達、宮澤 彰（学術情報センター） .....	61
TSS 接続による仮想画面転送（VTSS）方式 安達 淳、橋爪 宏達、大山 敬三（学術情報センター） .....	73
画面指向通信用プロトコル VTSS のテスト及びプロトタイプシステム 大山 敬三（学術情報センター） .....	91

### **解説**

Technology for a Large-Scale Data Storage 安達 淳（学術情報センター） .....	109
-------------------------------------------------------------------	-----

### **研修リポート**

駒沢大学図書館の現状と将来 阿部 博則（駒沢大学） .....	125
成蹊大学図書館機械化（漢字処理）へ向けての MARC 実験 大井 敏暉（成蹊大学） .....	133
農学分野における情報検索の現状と問題点 為石 理恵子（京都大学） .....	149
文献情報センターと琉球大学附属図書館 本郷 清次郎（琉球大学） .....	159
Recon から総合目録データベースへ 牛崎 進（立教大学） .....	167
書誌所在データベースと二次情報データベースの統合に向けて 尾城 孝一（名古屋大学） .....	175
中国語文献データベース化における漢字処理について 神田 百合枝（東京大学） .....	185
ローカルの雑誌管理システムと学術雑誌総合目録所蔵データ 辻川 輝男（関西大学） .....	197

東京大学文献情報センターシステムと ISSN

松野 とも子（北海道大学） ..... 205  
図書館 昨日、今日そして明日

諸富 秀人（広島大学） ..... 211

学術情報センター日誌 ..... 219

## 学術情報センター紀要 第2号

### 目 次

#### 刊頭のことば

山田 尚勇（学術情報センター研究開発部長） .....	i
-----------------------------	---

#### 研究論文

プログラムデータベースを用いたソフトウェア開発支援システム 山崎 高日子（東京大学）、濱田 喬（学術情報センター） .....	1
セルフルーティング形高速パケット交換の一方式 浅野 正一郎（学術情報センター）、酒井 保明、崔 明興（東京大学） .....	15
UNIMARC-Authority の課題 内藤 衛亮（学術情報センター） .....	25
学術分野における機械可読文書の作成と通信 根岸 正光（学術情報センター） .....	43
論文集目次型データベース ISTP&B のための検索システムの設計 牧村 正史（名古屋大学）、根岸 正光（学術情報センター） .....	53
日本語医学用語の構造解析 小山 照夫（学術情報センター） .....	85
学術用語データベースの構築 大山 敬三（学術情報センター） .....	93
ストリング・インデクシング・システムの現状—PRECIS を例として— 影浦 峠（学術情報センター） .....	107
<b>資料</b>	.
パトリシア・バッティン女史の講演記録 内藤 衛亮（学術情報センター） .....	123
学術情報センター日誌 .....	151

## 学術情報センター紀要 第3号

### 目 次

#### 巻頭のことば

山田 尚勇 (学術情報センター研究開発部長) .....	i
------------------------------	---

#### 研究論文

##### 韓国の文字コードについて

宮澤 彰 (学術情報センター) .....	1
-----------------------	---

##### 韓国標準規格と日本工業規格の漢字について

李 春澤 (韓国公州大学: 富士大学) .....	21
---------------------------	----

##### 文献の論理構造を考慮した全文検索システム

影浦 峠、大山 敬三、宮澤 彰、根岸 正光 (学術情報センター)、	
-----------------------------------	--

鳥居 俊一、絹川 博之 (日立製作所) .....	49
---------------------------	----

##### ドキュメント・デリバリーのための電子図書館

###### ～リソースシェアリングをめぐる制度的枠組み～

桂 英史、影浦 峠 (学術情報センター) .....	59
----------------------------	----

##### 知識ベースシステムにおけるタスクの役割

小山 照夫 (学術情報センター) .....	75
------------------------	----

##### 機械概念設計プロセスのモデリング

小山 照夫 (学術情報センター) .....	87
------------------------	----

##### 大規模関係データベースのための並列処理マシンの一構成法

濱田 喬 (学術情報センター)、大久保 一彦 (東京大学) .....	97
-------------------------------------	----

##### 放送形トラヒックに対する高速パケット通信網のルート制御

淺野 正一郎 (学術情報センター)、安藤 史郎 (東京大学) .....	113
--------------------------------------	-----

##### 日米の研究開発体制を考える

山田 尚勇 (学術情報センター) .....	139
------------------------	-----

##### テスト評価、均質的文化、独創性養成

山田 尚勇 (学術情報センター) .....	161
------------------------	-----

## 学術情報センター紀要 第4号

### 目 次

#### 発刊にあたって

山田 尚勇（学術情報センター研究開発部長）	i
-----------------------	---

#### 研究論文

##### 学術雑誌総合目録・誌名変遷マップの開発－和文編マップから欧文編マップへ－

根岸 正光（学術情報センター）	1
-----------------	---

##### “Title Change Map” : A Graphical Presentation of Title Changes for the Union Catalog of Serials;

##### Development of the 3rd Edition for Journals in European Languages with New Features

根岸 正光（学術情報センター）	13
-----------------	----

##### オブジェクト指向モデルに基づくマルチメディア文書データベース

勝野 聰（東京大学）、安達 淳（学術情報センター）	37
---------------------------	----

##### データ従属性に基づくデータベースの合成

高須 淳宏、桂 英史、原 正一郎、相澤 彰子（学術情報センター）	51
----------------------------------	----

##### テキストイメージのテクスチャ性を利用した領域分割法

原 正一郎、高須 淳宏、桂 英史（学術情報センター）	67
----------------------------	----

##### 電子出版物の生産・流通システムの形成に係わる諸問題－SGMLを中心にして－

田村 俊作（慶應義塾大学）、内藤 衛亮、濱田 喬（学術情報センター）	85
------------------------------------	----

##### 中国科学院文献情報システムの現代化に向けて

張 希軒（中国科学院文献情報センター）	105
---------------------	-----

##### 韓国におけるデータベース・サービスの現況

權 忠煥（韓国産業研究院産業技術情報センター）	119
-------------------------	-----

##### 韓国目録規則の構造と特質－日本における適用上の諸側面－

林 昌夫（都立衛生研究所）、内藤 衛亮（学術情報センター）	137
-------------------------------	-----

##### 欧米日本語コレクションの日本情報源としての再評価

井上 如（学術情報センター）	177
----------------	-----

##### 文字論の科学的検討

山田 尚勇（学術情報センター）	261
-----------------	-----

##### An Analysis of Japan's Present Industrial Success

山田 尚勇（学術情報センター）	319
-----------------	-----

##### 知的能力の加算的評価による選抜のくりかえしがもたらす創造性の抑圧の傾向：－数理的考察－

山田 尚勇（学術情報センター）	331
-----------------	-----

#### 資料

##### NACSIS サービスの国際展開を目指して－国際展開 WG 報告書－

## 学術情報センター紀要 第5号

### 目 次

卷頭言	学術情報センターと図書館	開原 成允（東京大学医学部附属病院中央医療部長）
<b>研究論文</b>		
縮退超立方体と正軸体のいくつかの性質について		
一松 信（東京電機大学理工学部）		1
論文の共同執筆についての一考察		
根岸 正光（学術情報センター）、山田 尚勇（学術情報センター）		27
初診患者問診時の疾患仮説プロセスタスク構造の考察		
小山 照夫（学術情報センター）、大江 和彦（東京大学医学部附属病院）		41
知的情報検索のための文献同定システム		
坪谷 寿一（東京大学工学部）、安達 淳（学術情報センター）		53
音楽鑑賞における快感の一要素について		
山田 尚勇（学術情報センター）		69
化学情報データベースの世界的な現状と動向		
時実 象一（社団法人 化学情報協会）		99
英国内の日本語出版物総合目録の実現可能性に関する調査研究プロジェクト		
－実験段階での NACSIS への報告－		
ニール スミス（英国図書館研究開発部プロジェクト幹部）		
(A) 英文報告		113
(B) 邦訳		137
中国における日本研究と情報資源		
井上 如（学術情報センター）		163
東アジア学術情報の高度化に向けて：文部省科学研究費助成研究最終報告		
内藤 衛亮（学術情報センター）、山田 尚勇（学術情報センター）		183

## 学術情報センター紀要 第6号

### 目 次

卷頭言 井上 如 (学術情報センター研究開発部教授・研究主幹)

#### 研究論文

学術振興のための情報サービス

　　サー H.P.F スウィナートン＝ダイアー (英国図書館研究開発部諮問委員会) ..... 1

情報技術の「国際化」－AFSIT-SIG の活動

　　内藤 衛亮 (学術情報センター)、佐藤 敬幸 (横河・ヒューレット・パッカード) ..... 13

図書館情報政策の形成に関する考察

　　金 容媛 (学術情報センター) ..... 35

情報の経済学：新たなパラダイムに向けて（仏文）

　　ティエリー・リボー (フランス科学技術庁経済産業社会共同研究所) (学術情報センター) ..... 67

情報の経済学：新たなパラダイムに向けて（英文）

　　ティエリー・リボー (フランス科学技術庁経済産業社会共同研究所) (学術情報センター) ..... 85

互恵主義の追及：経過と結果－第5回日米大学図書館会議の評価－

　　井上 如 (学術情報センター) ..... 97

医学専門用語の構造解析

　　小山 照夫 (学術情報センター)、大江 和彦 (東京大学医学部付属病院) ..... 115

主記憶データベースに適したデータ構造とアルゴリズムに関する研究

　　早稲田 聰 (東京大学大学院工学系研究科)、濱田 喬 (学術情報センター) ..... 125

音響機器の音質評価に関わる人間科学的考察

　　山田 尚勇 (学術情報センター) ..... 139

聴覚的言語と視覚的言語（増訂版）

　　山田 尚勇 (学術情報センター) ..... 199

多すぎる漢字・漢語にどう応えるか

　　山田 尚勇 (学術情報センター) ..... 249

正誤表 ..... 290

## 学術情報センター紀要 第7号

### 目 次

卷頭言 黒田 晴雄（東京理科大学総合研究所）

#### **研究論文**

SGML 文書による全文データベースのための文法的処理を用いた論理構造の変換手法

酒井 乃里子（東京大学工学部）、高須 淳宏（学術情報センター）、1

安達 淳（学術情報センター） .....1

インターネットに適応した全文データベース検索システムの構成

大山 敬三（学術情報センター） .....13

文献の機能構造を用いた全文データベース検索の試み

神門 典子（学術情報センター） .....29

「研究要覧」の電子出版－大学図書館による電子出版への取組み－

畠山 珠美（国際基督教大学）、橋爪 宏達（学術情報センター）、長野 由紀（国際基督教大学）、49

内藤 衛亮（学術情報センター） .....49

データベースサーバ上での目録データベースの論理設計

高須 淳宏（学術情報センター）、牧野 隆志（日立ソフトウェアエンジニアリング）、63

山田 清志（日立製作所）、橋爪 宏達（学術情報センター） .....63

常用者のための日本文入力法の基礎的研究について

山田 尚勇（学術情報センター） .....73

シミュレーションによる最適化：評価量に雑音が含まれる場合の解空間の効率的な探索法

相澤 彰子（学術情報センター） .....113

高速通信網の交換ノードにおけるサービス規律

計 宇生（学術情報センター） .....129

モデル駆動型画像理解における幾何情報の利用

佐藤 真一（学術情報センター） .....141

図形間の幾何的および概念的関係を用いた作図支援システム

金原 史和（東京大学大学院工学系研究科）、佐藤 真一（学術情報センター）、153

濱田 畏（学術情報センター） .....153

図面理解システムのための人間機械協調を用いたルール作成支援手法

佐藤 真一（学術情報センター）、孟 洋（東京大学生産技術研究所）、165

坂内 正夫（東京大学生産技術研究所） .....165

我が国における高等教育部門の R&D 統計再考

太田和 良幸（学術情報センター） .....181

アメリカにおける差異項目機能 (DIF) 研究

孫 媛（学術情報センター）、井上 俊哉（東京家政大学） .....193

「語」と「専門用語」－専門用語に関する理論的研究へ向けての試論－

影浦 峠（学術情報センター） .....217

## 臨床症例データベースにおける医学用語自由語シソーラスの作成

田代 朋子（有限会社 T 辞書企画）、佐々木 仁（株式会社平和情報センター）、  
大江 和彦（東大病院）、木村 優（学術情報センター）、熊渕 智行（学術情報センター） ..... 231

## 初診問診を中心とする医療タスク構造と関連知識の記述

小山 照夫（学術情報センター）、大江 和彦（東大病院） ..... 243

## 感覚障害者における大脳の言語処理機能について

山田 尚勇（学術情報センター） ..... 253

## 昭和 6 年権太郎敷香のヤクト語資料の分析－日本語による北方「少数民族」言語資料へのアプローチ－

藤代 節（学術情報センター） ..... 313

## アレキサンダー図書館学術コミュニケーションセンター

外山 良子（ラトガース大学アレキサンダー図書館長） ..... 345

## 学術情報センター紀要 第8号

### 目 次

卷頭言	新しい情報環境と学術出版	小野 鈎司（学術情報センター教授・研究開発部長）
<b>研究論文</b>		
<b>学術情報分野</b>		
ルース・ベネディクト「菊と刀」の再評価——情報源／テキスト／引用文献ほか——		
井上 如（学術情報センター）	.....	1
日本語のローマ字書き体系の理論と実状について		
竜岡 博（日本のローマ字社）、山田 尚勇（学術情報センター）	.....	27
大学紀要の電子化に関する著者の意識 —鹿児島大学における調査—		
益森 治巳（鹿児島大学附属図書館）、高城 章代（鹿児島大学附属図書館）、 北村 明久（鹿児島大学附属図書館）、内藤 衛亮（学術情報センター）	.....	75
インターネットに適応した全文データベース検索システムの拡張		
—文書画像データへのアクセス：鹿児島大学教養部紀要を例として—		
鶴岡 弘（学術情報センター）、大山 敬三（学術情報センター）、 内藤 衛亮（学術情報センター）	.....	95
認識特性に基づくテキスト構造の分析：日英新聞記事を例として		
神門 典子（学術情報センター）	.....	107
文献のブラウジングが研究過程に与える影響		
越塚 美加（学術情報センター）	.....	131
テスト項目への反応パターンの特異性を示す指標について		
孫 媛（学術情報センター）	.....	143
ヤクート語語彙研究（1）：色彩名称——サハ族英雄叙事詩オロンホを資料として——		
藤代 節（学術情報センター）	.....	155
「リレーション・キャピタリズム」における情報関連インフラストラクチャー：日本のケース		
ティエリー・リボー（学術情報センター）	.....	191
<b>システム分野</b>		
空間分割と Walsh 関数分析による依存性の抽出		
相澤 彰子（学術情報センター）	.....	201
電子図書館システムにおける情報管理手法の検討		
安達 淳（学術情報センター）	.....	209
世界の電子図書館の研究動向について		
杉本 雅則（学術情報センター）、片山 紀生（学術情報センター）、 越塚 美加（学術情報センター）、神門 典子（学術情報センター）、 高須 淳宏（学術情報センター）、安達 淳（学術情報センター）	.....	221

既存網を考慮したパケット交換網のリンク容量割り当て設計法：凹のリンクコスト関数の場合 ルンキーラティクン スワン（学術情報センター）、趙 偉平（学術情報センター）、 浅野 正一郎（学術情報センター）	233
多段リンクを跨ぐエンド-エンドの転送 QoS の分配方式 趙 偉平（学術情報センター）、浅野 正一郎（学術情報センター）	255
有限バッファを持つ高速網の交換ノードにおける帯域割当て 計 宇生（学術情報センター）	267
広域ネットワーク環境におけるキャッシュリーメカニズムの一検討 小口 正人（学術情報センター）	277
自然法則データベースの研究 小山 照夫（学術情報センター）、田浦 俊春、（東京大学人工物工学研究センター）、 川口 忠雄（成蹊大学工学部）	291
オブジェクトマネージメントにおける高性能マルチメディア DBMS フレデリック アンドレス（学術情報センター）、小野 欽司（学術情報センター）	301
漢字の読みのパターンマッチング手法について 橋爪 宏達（学術情報センター）	317
仮想的な紙のビジュアルな変形操作とそれを用いた創造的な折り紙デザイン 後藤田 洋伸（学術情報センター）	325

## 調査研究分野

科学研究費の採択状況に見る法学分野の研究動向分析 太田和 良幸（学術情報センター）	337
中華人民共和国における学術研究体制と学術政策に関する研究 太田和 良幸（学術情報センター）	359
英国 CAT プロジェクト最終報告 ブライアン ペリー（大英図書館）	385
英国 CAT プロジェクトを終えて 宮澤 彰（学術情報センター）	435

## 学術情報センター紀要 第9号

### 目 次

卷頭言 近くて遠い国々との交流 松村多美子（図書館情報大学 図書館情報学部教授）

#### **10周年記念講演**

##### 21世紀の政治・経済システム

佐和 隆光（京都大学経済研究所長）	.....	1
わが国のマルチメディアネットワークの将来		
青木 利晴（日本電信電話株式会社常務取締役・研究開発本部長）	.....	9

#### **研究論文**

##### **学術情報分野**

###### 情報化社会の国際化と日本語

山田 尚勇（中京大学情報科学部）	.....	33
CJK（中国語/日本語/韓国語）環境下での国際標準件名標目システムの適用		
相原 信也（国立国会図書館）、内藤 衛亮（学術情報センター）	.....	73
総合目録オンラインDBと情報検索システムの連携方式		
大山 敬三（学術情報センター）、高須 淳宏（学術情報センター）、鶴岡 弘（学術情報センター）	.....	83

###### 物理的な空間としての研究室やオフィスにおける情報組織と視覚的な手がかりによる探索

越塚 美加（学術情報センター）	.....	91
多次元データに対する項目反応モデル		
孫 媛（学術情報センター）	.....	103
ヤクト語語彙研究（2）：方向表現——サハ族英雄叙事詩オロンホを資料として——		
藤代 節（神戸市看護大学）	.....	113

##### **システム分野**

###### 簡易幾何モデルを用いたコンピュータ合成動画像の圧縮

後藤田 洋伸（学術情報センター）、小野 欽司（学術情報センター）	.....	131
AODBMS : Phasme とその形状検索処理機能を持つ画像検索プラグイン・モジュール		
フレデリック アンドレス（学術情報センター）、クリストファー クローデ（東京大学）、 小野 欽司（学術情報センター）	.....	137

###### 単語間の係受け情報を用いた文献検索手法

池田 和幸（東京大学大学院工学系研究科）、高須 淳宏（学術情報センター）、 安達 淳（学術情報センター）	.....	143
認識誤りを含むテキストにおける検索手法		
太田 学（東京大学大学院工学系研究科）、高須 淳宏（学術情報センター）、 安達 淳（学術情報センター）	.....	161

**ATM ネットワークにおける自動再送方式に関する研究**

- 趙 偉平 (学術情報センター)、ルンキーラティクン スワン (学術情報センター)、  
淺野 正一郎 (学術情報センター) ..... 173

**ATM 網におけるセル廃棄特性解析**

- ルンキーラティクン スワン (学術情報センター)、趙 偉平 (学術情報センター)、  
淺野 正一郎 (学術情報センター) ..... 179

**シェーピングによるトラヒック特性への影響**

- 計 宇生 (学術情報センター) ..... 189

**動画像情報サービスのためのオープンプラットフォーム技術について**

- 相澤 彰子 (学術情報センター) ..... 195

**DBMS におけるクエリーコスト評価のためのニューラルネットアプローチ**

- ジハド ブロス (学術情報センター)、ヤン ビエモン (ベルサイユ大学 (フランス))、  
小野 鈴司 (学術情報センター) ..... 203

**インターネットにおける実時間通信の QOS 保証**

- 森野 博章 (東京大学工学系研究科)、相澤 彰子 (学術情報センター) ..... 219

**調査研究分野****Wellcome 財団の助成活動と研究評価を支援するデータベースの役割**

- 山崎 茂明 (東京慈恵会医科大学医学情報センター) ..... 227

**Medline データベースからみた臨床試験文献の分析：コクラン共同計画との連携**

- 山崎 茂明 (東京慈恵会医科大学医学情報センター) ..... 233

## 学術情報センター紀要 第10号

### 目 次

巻頭言 学術論文のフォマット 清水 忠雄（山口東京理科大学教授・付属図書館長）

#### **研究論文**

##### **学術情報分野**

メディアシ——使命と方向性

内藤 衛亮（学術情報センター）、越塚 美加（学術情報センター）、井上 如（学術情報センター） 1

「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は——

野末 俊比古（学術情報センター）、越塚 美加（学術情報センター） ..... 9

言語における共時性と通時性

影浦 峠（学術情報センター） ..... 23

情報検索システムのオンライン更新における一貫性維持方式

大山 敬三（学術情報センター） ..... 29

テキストの機能構造を用いた検索方式の比較：検索要求文の役割分析と同義語自動獲得による検索式拡張

神門 典子（学術情報センター） ..... 37

ヤクート語語彙研究（3）：動植物名称——ヤクート語英雄叙事詩オロンホを資料として——

藤代 節（神戸市看護大学） ..... 53

知識集約型工学の建築設計への応用

吉岡 真治（学術情報センター） ..... 73

軍の戦闘能力を左右したのは何か

山田 尚勇（中京大学情報科学部） ..... 81

##### **システム分野**

OCR 認識誤りを含む書誌情報の認識

早川 公泉（東京大学工学系研究科）、高須 淳宏（学術情報センター）、

安達 淳（学術情報センター） ..... 111

HTTP メッセージのコンテンツ変換を行う共通フィルタサーバの設計と試作

相澤 彰子（学術情報センター）、佐藤 豊（電子技術総合研究所） ..... 119

HyTime 構造を持つ文書管理のための応用指向アプローチ

フレデリック アンドレス（学術情報センター）、

ジョン F. ビュフォード（マサチューセッツ大学ローウェル インタラクティブメディアグループ）、

小野 鈴司（学術情報センター） ..... 127

テープベース3次記憶ライブラリー上のVODデータの異なるディスクへの分配と転送方策の検討

ジハド ブロス（学術情報センター）、小野 鈴司（学術情報センター） ..... 135

高度なメディア配達システム設計のためのデータ交換バスとアーキテクチャ トリーデージ　トラナウイカライ（東京大学大学院工学系研究科）、 フレデリック　アンドレス（学術情報センター）、小野　欽司（学術情報センター）	157
ATM 多重化装置の遅延性能の解析 趙　偉平（学術情報センター）、淺野　正一郎（学術情報センター）	175
多重化離散時間発生バーストパケット入力待ち行列システムの再生近似による性能解析法 阿部　俊二（学術情報センター）、淺野　正一郎（学術情報センター）	185
解析手法によるトラヒックシェーピング機構の性能評価 計　宇生（学術情報センター）	195
FTP 冗長トラフィックを削減するための探索ドメインモデル 藤野　貴之（学術情報センター）	203

## 調査研究分野

項目反応パタンとロジスティックモデル 孫　媛（学術情報センター）	211
ミドルウェアを用いた大規模な Web ベースアンケート調査票の開発と回答者による利用の実態 西澤　正己（学術情報センター）	219

## 講演

ウェブの評価 ボイド　R. コリンズ（ラトガース大学アレクサンダー図書館情報技術図書館員） 訳：石井　奈穂子（立命館大学総合情報センター情報管理課）	229 239
----------------------------------------------------------------------------------	------------

## 学術情報センター紀要 第11号

### 目 次

卷頭言	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）
<b>研究論文</b>		
<b>学術情報分野</b>		
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 峠（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 峠（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 TSUJII（Graduate School of Science, University of Tokyo）、 Kazuhiko OHE（Graduate School of Medicine, University of Tokyo）	.....	75
<b>システム分野</b>		
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
<b>調査研究分野</b>	
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

# 学術情報センター紀要 第12号

## 目 次

巻頭言 「学術情報センター紀要」最終刊の発刊に際して 小野 鈎司（学術情報センター研究開発部長）

### 研究論文

#### 学術情報分野

Reading, Writing and Abacus in the Age of Digital Contents

Eisuke NAITO .....	1
文法的制約を用いた複合語解析モデルの作成	
竹内 孔一（学術情報センター）、内山 清子（学術情報センター）、 吉岡 真治（学術情報センター）、影浦 峠（学術情報センター）、 小山 照夫（学術情報センター） .....	7
大規模テストコレクション構築のためのブーリングについて：NTCIR-1 の分析	
栗山 和子（学術情報センター）、神門 典子（学術情報センター）、 野末 俊比古（学術情報センター）、江口 浩二（学術情報センター） .....	17
クラスタにおけるコンテキスト依存な局所情報を用いたクエリ拡張	
江口 浩二（学術情報センター） .....	31

#### システム分野

次世代 IP ルータ技術の動向と課題

浅野 正一郎（学術情報センター）、魚瀬 尚郎（学術情報センター）、 漆谷 重雄（学術情報センター） .....	39
分散能動オブジェクトシステムのための Java ライブラリーCape	
丸山 勝巳（学術情報センター） .....	45

The MISE Metadata Engine for Multimedia Information Retrieval

Frederic ANDRES（National Center for Science Information Systems）, Nicolas DESSAIGNE（National Center for Science Information Systems）, Vanessa MILONE（IRESTE, University of Nantes, France）, Kinji ONO（National Center for Science Information Systems） .....	59
分散環境におけるダイナミクメディア同期に関する研究	

趙 健平（学術情報センター） .....	67
ポリゴンモデルを再構成するための多視点ステレオアルゴリズム	

後藤田 洋伸（学術情報センター） .....	75
------------------------	----

視覚化に適した制約階層の拡張法

細部 博史（学術情報センター） .....	81
$\mathcal{E}GI/G/I$ 拡散近似末尾分布の高精度化	

阿部 俊二（学術情報センター）、浅野 正一郎（学術情報センター） .....	93
----------------------------------------	----

“SAIKAM”：インターネット上での協調的な対訳辞書構築環境の実現 ウッティチャイ アムポーンアラムウェート（学術情報センター）、 相澤 彰子（学術情報センター）、大山 敬三（学術情報センター）、 タサニー メーターピスィット（タマサート大学）	101
オンラインジャーナル編集・出版システムの開発 大山 敬三（学術情報センター）、神門 典子（学術情報センター）、 佐藤 真一（学術情報センター）、加藤 弘之（学術情報センター）、 日高 宗一郎（学術情報センター）	111

## 調査研究分野

情報科学研究の分野分類に関する調査研究 西澤 正己（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）	121
社会教育機関としての公共図書館における情報利用支援の現状と課題 －情報リテラシーの育成をめぐる総合的検討に向けた予備的考察－ 野末 俊比古（学術情報センター）	129
産業技術競争力の決定要因分析 矢野 正晴（学術情報センター）、亀岡 秋男（科学技術と経済の会）	137
大学部門における研究活動の成果と研究投資の関係に関する研究 枝川 明敬（学術情報センター）	153
情報の取引に関する法体系についての考察－情報の法と経済学の構築に向けて－ 福田 光宏（学術情報センター）	163
文末態度表現を用いた日本の Web Page の調査 土井 晃一（(株)富士通研究所(元学術情報センター客員助教授)）	189
学術情報センター紀要素引（著者名別）	197
学術情報センター紀要素引（既刊別）	203

**NACSIS**