

---

# 学術情報センター紀要

---

Research Bulletin of  
the National Center for Science Information Systems

第 7 号

1995年3月

学 術 情 報 セ ン タ ー

# 学術情報センター紀要第7号

## 目 次

巻頭言 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）、  
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）、  
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）、  
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）、  
濱田 喬（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）、 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 峯（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）、熊淵 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年樺太庁敷香のヤクート語資料の分析－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

**Research Bulletin**  
**of**  
**The National Center for Science Information Systems**  
**Volume 7, March 1995**  
**Table of Contents**

H. Kuroda		Preface
<b>Contributions</b>		
N. Sakai, A. Takasu and J. Adachi	1	A Transformation Method of Logical Structures using Grammar for Full-text Database with SGML Documents
K. Oyama	13	Configuration of a Full Text Database Retrieval System for Internet Environment
N. Kando	29	Fulltext Database Search Using Functional Structure of Document
T. Hatakeyama, H. Hashizume, Y. Nagano and E. Naito	49	Electronic Publishing Project by International Christian University Library – A Report on Research Activity –
A. Takasu, T. Makino, K. Yamada and H. Hashizume	63	A Logical Design of the Union Catalog Database on Database Server
H. Yamada	73	On the Basic Research of Japanese Input Methods for Extensive Users
A. Aizawa	113	Optimization by Computer Simulations : An Efficient Sampling Procedure for Solution Space Search under Noisy Environment
Y. Ji	129	A Comparison of Service Disciplines for Switching Nodes in High-Speed Networks
S. Satoh	141	Utilization of Geometric Information for Model-Based Vision
F. Kanehara, S. Satoh and T. Hamada	153	An Interactive Drawing Editor System Focused on Geometric and Conceptual Relations

S. Satoh, H. Mo and M. Sakauti	165	A Method of Rule Generation Supporting for Drawing Understanding Systems using Man-machine Cooperations
Y. Ohtawa	181	Study on the Japanese Higher Education Sector's R&D Statistics
Y. Sun and S. Inoue	193	Study on the Differential Item Functioning Research in the United States
K. Kageura	217	The Word and the Term— A Sketch toward the Theoretical Study of Terms—
T. Tashiro, H. Sasaki, K. Ohe, M. Kimura and T. Kumabuchi	231	Medical Free-terms-thesaurus for "Clinical case reports database"
T. Koyama and K. Ohe	243	Medical Task Structure and related Knowledge Representation at first Clinical Encounter
H. Yamada	253	On Language Processing Functions of the Brains of the Sensorily Disadvantaged
S. Fujishiro	313	An analysis of the linguistic data of the Yakut language in Sisuka, Sakhalin in 1931— An aproach to linguistic data of Siberian minority peoples in Japanese text—
R. Toyama	345	Alexander Library Scholarly Communication Center

## 巻頭言

### 新しい図書館サービス構築のために

東京理科大学総合研究所 黒田晴雄

振り返ってみると、私が東京大学附属図書館長に就任した1988年の春には、東京大学では、附属図書館に設置された専用電算機と部局図書館・室を結ぶネットワークの整備がようやく進み始めた段階であり、まだ、学内の教官や図書館・室の職員の間にはカード目録など以前からのシステムに対する執着が強く、電算化への危惧やとまどいが多く残っていた。したがって、学内の関係者に学術情報センターを中心とするオンライン共同目録作成事業の意義を説き、図書館ネットワークの整備の必要性を訴え、また、部局図書館・室の職員に新規購入図書 of 全点入力への協力を訴えることが附属図書館長としての一つの重要な任務であった。その後、附属図書館に電算機が設置された国立大学の数は急激に増加し、現在では全ての国立大学附属図書館が学術情報センターにつながり、また、学術情報センターの目録システムに参加する公・私立大学図書館の数も急速に増加した。さらに、オンライン目録システムを通じてのILLシステムも関係各位のご努力で順調に発展していると承知している。いまや学術情報センターの目録システムは完全に定着した感があるが、ここに至るまでの学術情報センターのご活躍に深い敬意を表したい。

ところで、大学図書館は「図書館業務の電算化」から「図書館サービスの高度の電算化」に向かってさらなる変革を迫られている。この1、2年の間に学内LANが設置された大学が急増し、また、学術情報センターを中心とするネットワークも増強されて、学術情報流通システムのハード面の基盤整備は大幅に進行した。しかし、このようなハード面の整備に比較して、ソフト面の立ち後れが目だってならない。私自身の研究のことを考えて見ると、コンピューターとの関わり方が最近数年間に大きく変化している。その一つは言うまでもなくネットワークの利用が急激に増大したことにあり、次には従来は計算機センターの大型電算機で行っていたデータ解析や理論計算の多くを手元のワークステーションで行なうようになったこと、そしてさらに重要なことは、後者とも関連するがGUI環境を利用する面が著しく増大し、それが研究の進め方にまで大きな影響をもたらしていることである。インターネットを通じての情報の流通が新聞・雑誌でかなり頻繁に取り上げられるようになってきているが、事実、私の専門に限っても世界中に多数のWWWサーバーがあり、研究情報をMosaicなどのソフトを用いてGUI環境で利用することが出来る。同じデータベースでも、入出力が文字ベースに限定されている場合とGUI環境で利用できる場合とでは使い勝手に格段の相違があることを日々実感している。おそらくそのような違いは学術情報の流通の状況に格段の相違となって現れるであろう。大学図書館が利用者に活発に利用される情報サービスを提供するにはGUI環境を高度に使ったシステムを構築することが不可欠である。図書館がそのようなサービスを構築するツールとなる汎用性の高い、そして使い勝手のよいソフト・システムを学術情報センターが開発して提供して下さることを希望している。

平成7年3月1日

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

A Transformation Method of Logical Structures using Grammar for Full-text Database with SGML Documents

東京大学工学部 酒井 乃里子

Noriko SAKAI

Faculty of Engineering, The University of Tokyo

学術情報センター 高須 淳宏

Atsuhiko TAKASU

National Center for Science Information Systems

学術情報センター 安達 淳

Jun ADACHI

National Center for Science Information Systems

要旨

SGML によって記述された科学技術論文は、多様な論理構造を持つことが想定される。このような文書を対象とする全文データベースを実現するためには、この多様性を吸収して、多量の文書処理するための画一的な処理手法を確立し、ユーザにシステム固有のビューを提供する必要がある。このような問題を踏まえて、本論文では、文書をオリジナルな形式のままデータとして保持しつつ、ユーザの要求に応じてデータベース側で設計した構造に変換する、文法的な処理を用いる手法を提案する。

本手法では、データベース側で設定した構造と著者が各自の文書の要素の対応づけを定めた上で、構文解析・字句解析をもとにした処理を行う。この手法を説明するとともに、実用化の第一段階として実際に SGML 文書を項目型の二次情報に変換する実験を行ったので紹介する。

**ABSTRACT**

Scientific Documents described in SGML tend to have diversified structures. In full-text database, this diversity causes difficulty to provide users with uniform view. We propose a grammatical method for processing those documents efficiently. This method uses lexical and syntactical analysis, after designating correspondence between elements in two logical structures.

In this paper, we describe this method and also introduce our experiment of extracting secondary information from documents.

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

[キーワード] 全文データベース、SGML、構文解析、字句解析

[Keywords] full-text database, SGML, syntactical analysis, lexical analysis

1 はじめに

計算機の能力向上や、二次記憶デバイス的高速化・大容量化によって、文書の作成・編集や印刷など計算機上での文書処理がより普及してきた。これに伴い、これらの処理を一貫して行い、さらには作成した文書の共有あるいは後になって利用する際の便宜を図るために文書記述の画一化が求められた。この流れに応じて定められた規格が Standard Generalized Markup Language(SGML, ISO 8879)である。本研究ではこの SGML によって記述された科学技術論文を対象に考える。

計算機上での文書処理が増えるにつれて、文書が電子的なメディアによって多量に作成され、蓄積されるようになり、これをデータとする全文データベースが望まれるようになる。全文データベースとは、従来の書誌情報や要旨などのみを登録した二次情報データベースと異り、文書全体を対象として検索し、あるいは講読するようなシステムを言う<sup>1</sup>。このようなシステムを目指して、特定の学会などを対象としたもの、またデータとして紙に印刷された誌面を読みとった画像データを用いたものなどではあるが、研究開発も盛んになってきている [7] [8]。

データベースとしてより有意義にするためには、データが文字情報として検索などが行えることはもちろん、さらになるべく多くのデータを格納する必要があるが、これを実現する、つまり多量の文書を効率よく扱うためには、画一的に処理をしなければ間に合わない。またユーザにとっては、多くの文書を同一の形式で一覧できれば、読みやすさの点で便利となるケースもある。しかし、対象を SGML 文書により記述された科学技術論文に限定しても、多様な形式を持ち得る。なぜならば、文書の論理構造 (Document Type Definition; DTD) は、たとえば学会などの単位で設定されることが想定されるが、学会の個別化や筆者の要求、あるいは内容に応じた有効な表現のためには柔軟で多様な論理構造の自由度を容認することが欠かせないからである。これら相反する要求に対応するために、各 DTD 間の多様性を吸収し、容易な処理を実現し、ユーザにシステム固有のビューを提供する方法が課題となってくる。

上のような要求を満たすために、方法の一つとして、データベースにデータとして格納する際に文書の形式をデータベース側の用意したものに予め変換してしまうことが考えられる。しかしこの方法では、各誌面固有のイメージによる講読を提供することができないか、もしくは提供するために記憶スペースが余分に必要となり、文書作成の際に柔軟な表現を用いた効果が無くなってしまったり、従来からの読者が、慣れた誌面による提供を要求しても応えるサービスが行えない。そこで、本研究では文書はもとの形式のまま保持しておき、必要に応じて統一的な構造に変換してユーザに提供する方法を選択した。

以上に述べた状況を踏まえて、本研究では、SGML により記述された科学技術論文を対象としたデータベースのための、

<sup>1</sup>最近では「電子図書館」(electronic / digital library)の名称で知られることも多い。



- もとの文書の構造をそのまま保持して、必要に応じて動的に形式を変換し、
- 多量の文書を処理しやすく、またユーザに統一的なビューを提供できる

ような文法的処理を用いた変換手法を提案する。

本論文では、続いてまず SGML について簡単に説明し、以降第3章で、この問題を巡る課題について具体的に述べ、第4章で、本研究が提案する処理手法を説明する。また、本研究の手法の応用の第一段階として、論文を統一的な項目情報に変換する実験を行ったので、具体的な例を用いて処理過程およびその結果などを第5章で紹介する。

## 2 SGML 文書

SGML は、著者が文書の論理構造を定めて文書を記述するための言語であり、体裁やフォントなどのレイアウト情報、印刷などの各処理段階における具体的な処理法などについての情報をまったく切り離して、文書の論理構造と内容のみを記述する方式を採っている。

SGML 文書は、

- SGML 宣言  
文書の作成に用いられたコード体系を定義したもの
- DTD  
文書の論理構造を記述したもの
- SGML インスタンス  
マークアップされたテキストそのもの

の三つからなる [1][2][6]。このうち、SGML 宣言は、具体的な処理において参照される基本的な情報であり、その情報に基づいてブラウザ・印刷など文書を利用する各システムで個々の処理に応じた整形などを行う。本研究では SGML 宣言は利用しない。

SGML では、論理構造の定め方のみを規定しており、具体的な構造は定義していない。そこで、文書の著者は、各々の目的に最適な論理構造を設定し、DTD の形に記述する。たとえば、学術情報センター「紀要」も SGML を用いて作成されており、その論理構造 (DTD) は図1に示すようなものである。図1では、論文全体を全体を表す要素「論文」以下、たとえば著者名は「姓」「名」などの要素が組になった要素で表されることが、出現回数・順番などの指定とともに定義されている<sup>2</sup>。

この DTD で定義された論理構造・論理要素名を用いて記述された SGML インスタンスは図2のようになる。図のインスタンスは学術情報センター「紀要」第5号 [3]のものである。

## 3 論理構造の多様性

SGML では、文書の論理構造の記述の仕方のみを規定しており、具体的な論理構造は、著者が決める。実際には、学会などが単位となって、各々の要求に合う誌面を表現できるように設計する。実用的に意味を持つ全文データベースを構築するためには、学会個別ではない多くの文献をまとめて対象としなくてはならず、従って複数の DTD による文書を扱う必要があり、この際、論理構造の多様性が効率的な処理を困難にする。

論理構造の多様性には、たとえば、図3のような場合が考えられる。

<sup>2</sup>実際の「紀要」用 DTD では最上位要素は冊子全体を指すものであるが、ここでは汎用性やデータベースとしての実用性を考えて、一編の論文を指す「論文」を最上位とするよう加工した。また、実体の展開なども既に施してある。

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

```

<!ELEMENT 論文 - - (論文情報, 論文目次!, 要旨!, 英要旨!, 本文, 謝辞!, 参考文献!) +(付録: 資料: 付加論文: 部見出し: 箇条書: 表: 図: 表参照: 図参照: 章参照: 節参照: 項参照: 説明: 行中式: 独立式: 式参照: 文献参照: 脚注: 注: 強調: 特殊体裁: 項目リスト: 見出付段落群)>
<!ELEMENT 主題 - 0 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 副題 - 0 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 著者名 - 0 (姓!, 名!, (F ネーム & L ネーム)!, せい!, めい!, 所属!, 現所属!, 英所属!, 現英所属!)>
<!ELEMENT 姓 - 0 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 名 - 0 (#PCDATA)>
<!ELEMENT F ネーム - 0 (#PCDATA)>
<!ELEMENT L ネーム - 0 (#PCDATA)>
<!ELEMENT せい - 0 (#PCDATA)>
<!ELEMENT めい - 0 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 所属 - 0 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 現所属 - 0 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 英所属 - 0 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 現英所属 - 0 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 段落 - 0 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 論文情報 - 0 (資料区分, 題名, 副題!, 英題, 英副題!, 著者情報+, 受付年月日*, 採録年月日!, キーワード*, 英キーワード*)>
<!ELEMENT 資料区分 - 0 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 題名 - 0 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 英題 - 0 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 英副題 - 0 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 著者情報 - 0 (姓!, 名!, (F ネーム & L ネーム)!, せい!, めい!, 所属!, 現所属!, 英所属!, 現英所属!)>
<!ELEMENT 受付年月日 - 0 (年, 月, 日)>
<!ELEMENT 採録年月日 - 0 (年, 月, 日)>
<!ELEMENT キーワード - 0 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 英キーワード - 0 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 論文目次 - 0 (タイトル+)>
<!ELEMENT 要旨 - 0 (段落+)>
<!ELEMENT 英要旨 - 0 (段落+)>
<!ELEMENT 本文 - 0 (章: 段落+)>
<!ELEMENT 章 - 0 (タイトル, (節: 段落+))>
<!ELEMENT 節 - 0 (タイトル, (項: 段落+))>
<!ELEMENT 項 - 0 (タイトル, 段落+)>
<!ELEMENT 謝辞 - 0 (段落+)>
<!ELEMENT 参考文献 - 0 (文献+)>
<!ELEMENT 文献 - 0 (著者名*, 標題!, 編集者*, 書誌名!, 文献情報*) +(その他の情報)>

```

図 1 学術情報センター「紀要」用 DTD(部分)

```

<論文 ID='R03' LANG='JA'>
<論文情報><資料区分> 研究論文 </ 資料区分>
<題名> 論文の共同執筆についての一考察 </ 題名>
<英題>Co-authoring of scholarly papers</ 英題>
<英副題>A comparative study on Japanese and Western papers. </ 英副題>
<著者情報 ROLE='AUTHOR'>
<姓> 根岸 </ 姓><名> 正光 </ 名><F ネーム>Masamitsu</F ネーム><L ネーム>NEGISHI</L ネーム>
<所属> 学術情報センター </ 所属><英所属>National Center for Science Information Systems</ 英所
属></ 著者情報>
<著者情報 ROLE='AUTHOR'>
<姓> 山田 </ 姓><名> 尚勇 </ 名><F ネーム>Hisao</F ネーム><L ネーム>YAMADA</L ネーム>
<所属> 学術情報センター </ 所属><英所属>National Center for Science Information Systems</ 英所
属></ 著者情報>
<キーワード> 共著論文 </ キーワード><キーワード> 文献データベース </ キーワード>
<英キーワード>Co-authored papers</ 英キーワード><英キーワード>Abstracting databases</ 英キーワ
ード></ 論文情報>
<要旨><段落>
わが国の学術論文では、外国論文に比べて、一般に共著者の数が多いといわれることがある。
この背景には、わが国における研究活動のあり方、さらには、わが国の文化的社会的風土があるはずである。
本稿は、文献データベースによる共著者数の統計的調査のための予備調査の結果報告と、多数連名の論文を生
む、わが国の研究環境に関する試論よりなる。
予備調査における日米比較では、わが国の論文のほうが著者数が多いという結果がえられたが、研究分野別間での
差異が予想されるので、今後の本格調査設計上の要件をまとめる。
後半では、共著論文の性格と創造性、学術雑誌の編集方針に関して、欧米とわが国の相違を、事例を通じて比較
検討し、今後、情報メディアの発達が共同研究の実施を一層容易にする反面、成果の発表においては個別化・個
性化をもたらす可能性を考える。
</ 段落></ 要旨>
<本文><章 ID='R03C01'><タイトル><主題> はじめに </ 主題></ タイトル>
<段落> わが国の学術論文では、共著者数が、外国の論文に比べて全般的に多い傾向にあるということが、経験
的直感としてかなり以前からおりにふれて指摘されている。
もしそうした事実があるとすれば、その文化的、社会的背景を明らかにし、かつそれに基づいてわが国における
研究のあり方について議論を進めることは、関連施策の適確な立案に資することにもなるであろう。
</ 段落>

```

図 2 学術情報センター「紀要」の SGML インスタンス (部分)

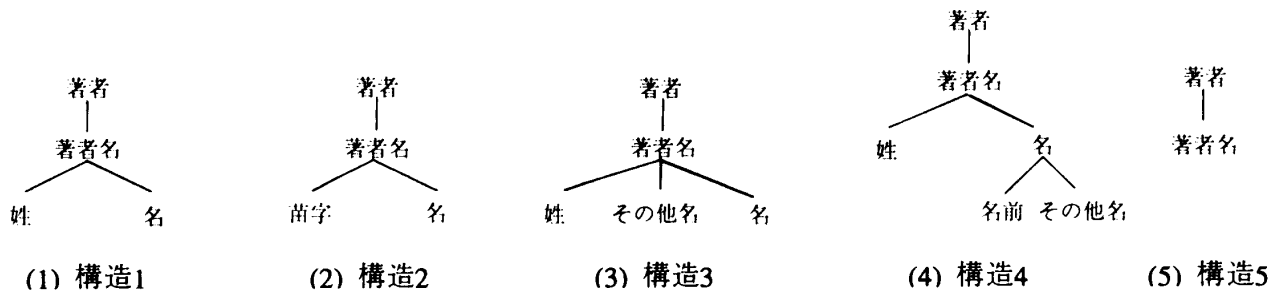


図 3 論理構造の多様性

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

論理構造 1 と 2 を比較すると、構造の差異は、論理要素の名前のみである。それらに対して、論理構造 3 では、1 や 2 と比較して、姓と名前の他にたとえばミドルネームなどが相当する要素が設けられており、区分が細かい。また、論理構造 4 では、3 と同様構造 1 や 2 に比べて細かい要素が設けられているが、その位置が他と比べて論理構造の木の上で深いところで分岐している。逆に論理構造 5 では、「著者名」以下の要素がなく、粗い区分となっている。

これらの構造を持つ各文書をデータベースとして扱い、論理要素間の対応づけをとろうとする場合、論理構造上で最下位の要素を考慮しなくてはならない。なぜならば、インスタンスでは最下位の要素に実際のデータ文字列が割り当てられているからである。例として、これらの文書から筆者の名前(姓名から苗字をのぞいたもの)を得ようとする、各々の構造を検討して、構造 1 や 2 ではそれぞれ要素「名」が、3 では要素「その他名」「名」、4 では「名前」「その他名」のそれぞれの組み合わせが相当するという判断ができる。また 5 では、「著者名」のなかに含まれているかもしれないと予測がつく。

このように、各文書ごとに検討を行えば所望の情報は得られるが、実際のシステムとしてはユーザに全文書の構造を把握した上での判断を委ねるのは不可能であるし、システム側で要素名や論理構造の概形などから自動的に判断するのも現段階では難しい。そこで、DTD ごとの対応づけは人手を介することにして、一度対応づけを行えば文書を機械的に論理構造の変換処理を行える機構を備えることが必要になる。

4 文法的処理を用いた多様性の吸収手法

4.1 処理の全体像

前章までに述べた課題を解決するため、本研究では、文法的な手法を用いて、論理構造の多様性を吸収してシステム側の設定した構造に効率よく変換できる手法を提案する。この手法の全体像は図 4 の通りである。

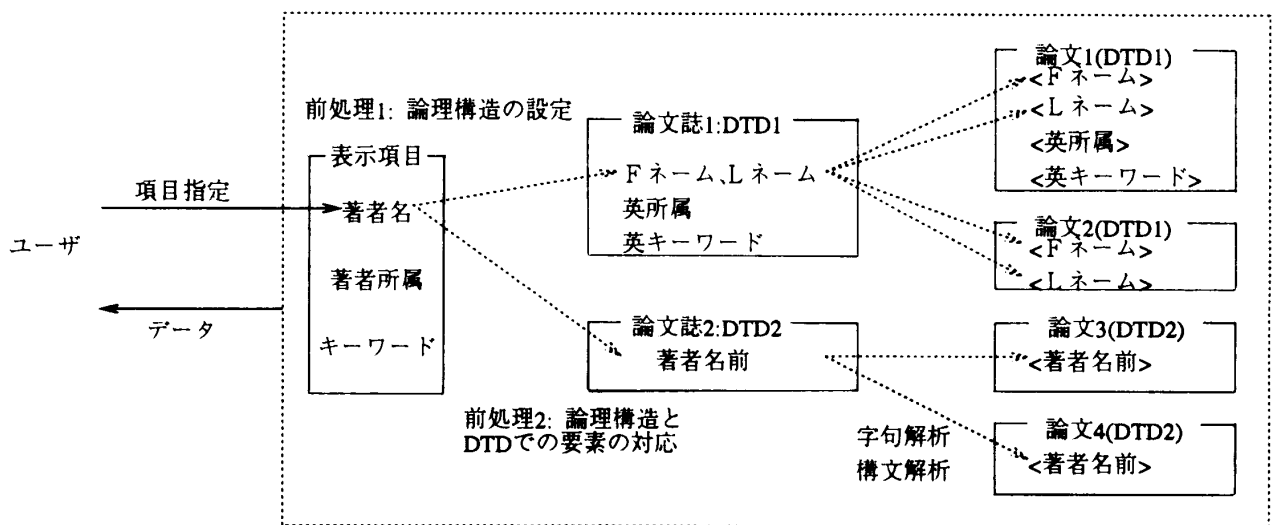


図 4 処理の全体像

まず、データベースの設計者が、そのシステムの標準的なビューとして、固有の論理構造を定める。文書の著者(もしくは、学会などDTDを設定した者)は、各自の論理構造と、システムの論理構造の論理要素の対応を定める。この対応づけとDTDをもとにして、構造の変換ルールを作成する。このルールを、字句解析・構文解析をもとにした文法的手法を用いて文書进行处理することにより、データベース側の設定した論理構造の文書が出力される。

以降各節で、この各段階の処理の詳細を述べる。

#### 4.2 データベース側の設定

全文データベース側では、自らの提供したいサービスの種類や形態に応じて、あるいはデータベース設計者が標準的と考える論理構造に基づいて、固有のビューを設定する。これは、たとえば、すべての文書を統一した形式の文書としてブラウザに表示したければ、その表示に必要な論理構造を設計する。あるいは、全文情報は各文書ごとの形式で、もとの文書各々のDTD附属のパルザを用いた整形イメージあるいは誌面を読みとったイメージを画像として表示することとして、それに付随する検索用やまとめ情報としての二次情報として項目情報を統一の形式で提示するなどの要求が想定できる。

#### 4.3 著者側の設定

SGMLでは、著者が自らの誌面についての要求などに従って論理構造を定めることができる。つまり、具体的な論理構造や要素名は、DTDごとに異っている可能性がある。これを、要素の位置や、名称などをてがかりに、計算機的な処理によって自動的にその意味を推し量ることは現状ではまだ難しい。そこで、本手法では、DTDにおける論理要素の意味や、DTD間、あるいは前述のデータベースのビューとしての論理要素や項目などとの対応づけなどを人間が判断して、予め定める。これを処理系に与えて、これをもとに変換を行う。

この対応づけでは要素の指定に、論理構造上の最上位からたどったノード名を区切り子を挟んで順に連ねた「絶対的な表現法」を原則として用いる。これは、同名の要素が異なる意味づけで用いられている場合に、厳密に区別するためである。たとえば、「年」「月」「日」という名の要素は、「受付日」「採用日」「出版日」といった複数の要素の下位に用いられているケースで、出版日の日付を指定したいときには「/論文/書誌情報/出版日/年」という形で記述する。逆に、このような場合にすべてを含んで指定をしたい場合には、同様に「相対的な表現法」(文中に出てくる著者の姓をすべて指定したいときは「著者名/姓」)や、「ワイルドカードを用いた表現法」(文書の作成や刊行などすべてに関わる年号を指定したいときには、「/論文/書誌情報/\* /年」)を採用する。

また、要素間の対応づけと同時に、新しい要素のデータフォーマットも指定する。たとえば、新しい要素「著者名」は、もとの文書の要素「姓」「名」をこの順で並べたもの、という具合である。またこの組み合わせが繰り返されるときにはカンマ(「,」)で区切る、さらに文書のタイトルは、主題を先に、続いて副題をカッコ(“(”))で挟んで続ける、などの指定もできる。

#### 4.4 変換ルールの記述

先ほど指定した要素間の対応づけとDTDをもとに、変換ルールを記述する。本手法では、言語の文法解析の「構文解析・字句解析」のような処理を用いる。この処理では、通常の解析としくみは同じであるが、ターミナルとして扱われるものが異なる。

通常の字句解析では、文字列の一文字ずつを判断してトークンを認識し、その種別と実際の値(たとえば、文字“A”は、トークンとしてはアルファベット、値としては“A”)を構文解析に渡す。

## 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

本手法で字句解析に当たるものは、論理要素を認識し、その要素の内容である文字列データを切り出す。つまり、たとえば「<姓> 山田 </姓>」という文字列に対しては、タグづけに従って要素「姓」を認識してトークンとし、中身の「山田」という文字列をトークンの値として、トークンと値の文字列を構文解析に渡す。通常の字句解析に代わってこのような動作の解析を置くことにより、この処理に不必要な文字単位での判断が盛り込まれなくなり、ルールの記述を簡素化し、処理の効率を向上させることができる。

字句解析の結果を受けて構文解析にあたる処理では、論理構造を認識する。つまり、「姓」と「名」の組が字句解析より渡されたところで、要素「著者名」を受理したとする。

このような処理を行うために、変換ルールを記述する。このルールには、次の二つの内容が含まれる。

1. 変換先の論理構造
2. 末端要素の対応づけ

たとえば図3において、構造5による文書を構造1に変換する場合、1.としては要素「著者」は「著者名」から構成されるということ、また2.としては変換先の要素「著者名」は変換される前のもとの構造1における「姓」と「名」を組み合わせたもの、という記述になる。

記述されたルールに基づいて、前述のように字句・構文解析を行い、論理構造の受理と同時にデータの整形やタグ付けも行い、通常の構文解析同様、全体の構成が正しく受理されれば、解析が終了し、データベース側で設定した論理構造の形式の文書が、必要なデータ形式やタグ付けのされた形で結果として出力される。

## 5 項目型二次情報への変換

今までに述べた手法の実用化第一段階として、論文から二次情報を項目形式で抽出する実験を行った。この実験では、タグ付きのSGMLインスタンスの形ではなく、項目の表形式で出力することを目的とする。この実験と、文書全体を変換する処理との違いは、第6章でも触れるが、変換ルール記述の複雑さのみであり、動作の基本的な原理などはまったく変わらない。

ここでサンプルとして用いた文書は、学術情報センターの紀要第5号であり、これに、タグの省略や実体の展開、タグ付けの誤り訂正などの前処理を事前に施したのち使用した。

### 5.1 前処理

今回データベース側では、二次的情報を項目形式で提示するシステムを想定した。そこで、既存の二次情報データベースに倣って表1のような11の項目を設定した。同時に、新しいデータのフォーマットを定めた。たとえば、著者名は、姓と名前のイニシャルをこの順で、カンマを挟んで並べる、論文のタイトルは、主題のあとに括弧をつけて副題を記す、などである。また、著者についての情報や、キーワードなど繰り返される項目は、カンマを挟んで並べることも定めた。

さらに論理構造としては、これらの項目が組み合わされて、一編の文書の二次情報を構成するので、全体を表す要素「文書」の下に位置づけた。

一方文書の著者は、各自の文書の論理構造とデータベース側の項目の対応を定める。実際には、学会などごとに各自要求に合った論理構造(DTD)を設計するので、この対応づけの作業も学会などごとの単位につき一度ずつ行うことになる。

今回の例では表2に示すような対応づけを行った。表に見える通り、要素の指定には絶対的な表現法を用いている。

表 1 設定した項目とそのデータ形式

表示項目	表示形式	表示例
著者名	姓, 名前の頭文字.	YAMADA, H.
著者所属	(著者名に続ける)	(National Center for...)
タイトル	main title(sub title)	Co-authoring of...(A comparative...)
収録誌名	(特になし)	
発行年月	月名略称., 西暦年	Feb., 1994.
巻号	vol. 巻番号, no. 号番号.	vol.1, no.1.
発行者	(特になし)	
ページ	開始ページ - 終了ページ, 総ページ.	1-80, 80.
ISSN	(特になし)	
キーワード	(特になし)	
要旨	(特になし)	

表 2 表示項目と対応する要素

表示項目	対応する論理要素
著者名	/ 論文 / 論文情報 / 著者情報 / F ネーム / 論文 / 論文情報 / 著者情報 / L ネーム
著者所属	/ 論文 / 論文情報 / 著者情報 / 英所属
タイトル	/ 論文 / 論文情報 / 英題 / 論文 / 論文情報 / 英副題
収録誌名	/ 論文 / 論文情報 / 英論文誌名
発行年月	/ 論文 / 論文情報 / 発行年月日 / 年 / 論文 / 論文情報 / 発行年月日 / 月
巻号	/ 論文 / 論文情報 / 巻 / 論文 / 論文情報 / 号
発行者	/ 論文 / 論文情報 / 発行者
ページ	/ 論文 / 論文情報 / 開始頁 / 論文 / 論文情報 / 終了頁 / 論文 / 論文情報 / 総頁
ISSN	/ 論文 / 論文情報 / ISSN
キーワード	/ 論文 / 論文情報 / 英キーワード
要旨	/ 論文 / 英要旨 / 段落

## 5.2 変換処理

前節の対応づけと DTD を考慮して変換ルールを記述し、このルールに従って論理構造の解析と変換を行う。今回の例では論理構造の解析に構文解析を応用して、UNIX 上の構文解析ルーチン生成ツール yacc (Yet Another Compiler Compiler) を用いたので、yacc の仕様書の形式でルールを記述する [4] [5]。

この仕様書には、変換される先のデータベース側の論理構造と、変換される前のもとの論理構造・変換される先の論理構造それぞれの、論理構造上最下位の論理要素同志の対応の二つを記述する。また同時に、変換後の論理構造におけるデータの記述あるいは表の形式への整形をアクションとして記述する。今回の例では、図 5 のような仕様書となった。ただしこの図では、説明の便宜を図るため、通常アルファベット文字列など機械で処理しやすい形のトークンを用いるところ、要素名をその

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

```

文書
: 著者 タイトル 収録誌名 発行年月 巻号 発行者 ページ ISSN キーワード 要旨
{ 著者      : $1
  タイトル  : $2
  ...
  キーワード: $10
  要旨      : $11 }
;

著者
: 著者名 著者所属
{ $1($2) }
| 著者 著者名 著者所属
{ $1, $2($3) }
;

著者名
: /論文/著者情報/著者/姓 /論文/著者情報/著者/名
{ $1, initial_of_$2 }
;

著者所属
: /論文/論文情報/著者情報/英所属
{ $1 }
;

タイトル
: /論文/論文情報/英題 /論文/論文情報/英副題
{ $1 ( $2 ) }
;

ページ
: /論文/論文情報/開始頁 /論文/論文情報/終了頁 /論文/論文情報/総頁
{ $1 - $2, $3 }
;

キーワード
: /論文/論文情報/英キーワード
{ $1 }
| キーワード /論文/論文情報/キーワード
{ $1, $2 }
;
    
```

図 5 yacc 仕様書 (一部の要素の対応づけについて省略した)

まま用いている。また、アクションには C 言語の関数 (または頻繁に用いられる処理を予め用意した C 言語のライブラリ) を記述するが、ここでは、変換後に出力される文字列の形式を、yacc の記法などを用いて記述した。

仕様書の作成では要素の繰り返しを考慮しなくてはならない。今回の例におけるキーワードのように、変換されるもとの論理構造で要素 (「/論文/論文情報/英キーワード」) が繰り返し出現して変換された先の要素「キーワード」になる場合や、変換されるもとの要素と変換された先の要素が一对一で対応している場合の繰り返しは、yacc の「左再帰構造」を用いて記述する。また、変換されるもとの要素が複数組み合わせられて構成される新しい要素が繰り返される場合は、図 5 の要素「著者」のように、中間的なトークンを設ける。

この仕様書を用いて構文解析ルーチンを作成する。このルーチンは、通常の子句解析の代わりに、第 4.4 節で述べたように、論理要素とそのデータである文字列を切り出す処理を内部から呼び出すので、この子句解析にあたるルーチンも作成する。これらのルーチンで、要素の対応と新しい論理構造を受理し、データ文字列の記述法や表示のための整形を同時に行い、最終的には一編の論文全体を受理して、結果の文字列を出力する。



```
% parse_inst kiyou03.sgml
著者 : NEGISHI, M. (National Center for Scientific Information Systems),
      YAMADA, H. (National Center for Scientific Information Systems)
タイトル: Co-authoring of scholarly papers
(A comparative study on Japanese and Western papers.)
キーワード: Co-authored papers, Abstracting databases,
            Bibliometrics, Originality
```

図 6 結果出力例

たとえば、文書 (ファイル名 kiyou03.sgml) を処理するばあい、SUN ワークステーションのコマンド parse\_inst になっていれば、表形式での出力は図 6 のようになる (一部のみを掲載、% はプロンプト)。さらに仕様書の書き方によって、必要な要素を指定して取り出す動作をさせることもできる。

このような処理をシステムに組み込むことにより、全文データベースにおいて任意の文書から、データベース側が自由に設定した二次情報を望まれる形で出力する機構を実現することができる。

## 6 課題

本手法を書誌情報のみではなく論文全体を対象としていく時、いくつかの課題がある。これは主に、yacc 仕様書作成の負荷の問題である。

- 複雑な変換の扱い

本手法は科学技術論文を対象としているので、論理構造はそれほど違わないという前提を置くことができる。しかし、特に論理構造においてより末端から離れた上位の要素を跨ぐ要素同志の対応づけを定めると、これを yacc 仕様書に記述する場合、変換されるもとの論理構造について、より広い範囲の構造を視野に入れて、変換先の複数の要素を組み合わせるなど変則的な記述をしなくてはならず、記述の負荷が増大するか、場合によっては変換が不可能になることも予想される。

この点について、変換能力を明確に見極めて評価し、行える変換をわかりやすく記述できることが望ましい。

- 浮動要素

SGML 文書では骨格となる固定的な論理構造の他に、図表など「文書中のどこにでも (あるいは、ある要素以下であればどこにでも) 出現し得る」要素が認められている。この浮動要素については、その定義のまま yacc 仕様書に表現することは、前項同様記述の負荷の問題で実際的ではない。

そこで、浮動要素を扱う別のルーチンを作成し、本手法に組み込んでいくなどの研究が必要である。

- 変換ルール作成の自動化

前二項も含めて、yacc 仕様書の記述の負荷は、本手法の課題である。今後は、要素間の対応づけと DTD を照らし合わせて判断しつつ、自動的に仕様書を生成する方向を模索することが次のステップとなるであろう。

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

参考文献

- [1] Bryan, M. (山崎俊一監訳、福島誠訳), 「SGML 入門」, アスキー出版局, 1991.
- [2] van Herwijnen, E. (SGML 懇談会実用化 WG 監訳), 「実践 SGML」, 日本規格協会, 1992.
- [3] 学術情報センター紀要編集委員会編, 「学術情報センター紀要第 5 号」, 1992.
- [4] 斉藤孝監修、田中正弘著, 「UNIX yacc と lex の使い方」, HBJ 出版局, 1992.
- [5] 五月女健治, 「yacc/lex プログラムジェネレータ on UNIX」, 啓学出版, 1993.
- [6] 吉岡誠編著, 「SGML のススメ」, オーム社, 1993.
- [7] Lesk, M., “The CORE Electronic Chemistry Library”, Bellcore, 1992.
- [8] Story, G. A.; O’Gorman, L.; Fox, D.; Schaper, L. L.; Jagadish, H., “The RightPages Image Based Electronic Library for Alternating and Browsing”, *COMPUTER*, Vol.25, No.9, Sept. 1992.

研究論文

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

Configuration of a Full Text Database Retrieval System  
for Internet Environment

学術情報センター 大山 敬三

Keizo OYAMA

National Center for Science Information Systems

要旨

本論文では現在のインターネット上での情報サービス環境を最大限に利用しつつ、高度で使いやすい全文データベース検索サービスを提供できるシステムの構成方法を述べている。WWWのクライアントであるMosaicとサーバであるHTTPDを用い、既存の高度な検索エンジンとの間を独自のゲートウェイにより結合する。階層構造を持つ文書データを対象に柔軟で効率的な検索を可能とするインタフェースを実現している。

ABSTRACT

This paper describes a configuration method of a system which can provide full text database retrieval services. The system is easy to use and has advanced features, while utilizing the information services environment currently available on the Internet at most. It adopts a client software Mosaic and a server software HTTPD for the WWW service as a basis, and combines an existing advanced text retrieval engine with them through an original gateway. It realizes a user interface through which users can access to document data with hierarchical structures flexibly and efficiently.

[キーワード] 全文データベース、情報検索、文書構造、インターネット、ゲートウェイ、グラフィカルユーザインタフェース

[Keywords] full text database, information retrieval, document structure, Internet, gateway, graphical user interface, HTTP, Mosaic, Pat, SGML

1. はじめに

インターネットの整備とワークステーションの普及に伴い、インターネットを通じて様々な情報サービスが提供されており、その数は急激に増えつつある。これらの多くは情報収集・提供のための組織的な支援体制を伴わないため、内容やサービスの質に問題を抱えている例も多く、情報を探索し利用する立場からは必ずしも望ましくない状況も発生している。このため、インターネットを通じた情報サービスに批判的な意見も散見される。

## 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

しかし、一方で、従来から独自のネットワークや方式で提供してきた情報サービスを、インターネット経由でも利用可能にし、さらにはインターネットをサービスの中心に据える例も少なくない。これらの多くは従来からの膨大な蓄積を、より効率的に、より利用しやすく、できるだけ多くのユーザに提供しようとするものである。このような努力は、従来からのユーザにとってのみでなく、潜在的なユーザにとっても歓迎すべきものと言えるであろう。

筆者が所属する学術情報センターでも、従来からいわゆる情報検索サービスを提供している [1] が、これまであまりインターネットの機能を有効に利用できないでいた。その原因の一つとしては、サービス提供のためのホストシステムがいわゆるメインフレームコンピュータであり、インターネットで標準的に利用されている環境が適用できなかったことがあげられる。また、センターのユーザの多くが自由にインターネットを使える状態になかったためにセンターが積極的にインターネット対応を推進する動機を欠いたことも一つの理由としてあげることができよう。

しかし、ここ数年間で大学や研究機関における状況は大きく変わり、希望するものは誰でもインターネットを利用できるようになった。このような状況の変化に対し、情報サービスの提供機関は学術情報センターに限らず、ユーザの利便性を第一に考え、できるだけ迅速に適応していくことがきわめて重要であると筆者は考えている。本論文では、このような目的を満たすために筆者が中心になって研究開発を進めているインターネット上の情報サービスシステムの構成方法について述べる。

## 2. 情報サービスのツールの現状と利用方針

筆者はインターネットを介したサービスを、既存のサービスの代替ではなく、今後のサービスの中心的役割を担うものと考えている。そのため、既存のサービスが備えている機能の見直しを含め、新しい環境に適応した高度な機能を実現することが重要である。一方で、インターネットはさまざまなボランティアが提供してきた多くのパブリックドメインのソフトウェアと、それを元にして開発された商用の製品群によって大きく発展してきた。このような発展形態は今後も継続するものと考えられる。

本研究においては、インターネット上で一般的に利用されているツールを有効に組み合わせながら必要な機能を実現していくことを基本的な考え方とする。特にユーザ環境としては、広く利用可能な一般的なツールを用いてサービスを利用できることを最重要の課題と考えている。そこで、まず本章では、インターネット上の情報サービスのためのツールの現状を整理し、本システムでの利用方針を検討する。

インターネット上の情報サーバとしてはarchie、WWW (World Wide Web)、gopher、WAIS等が一般的である [2]。これらはいずれもパブリックドメインのソフトウェアとして提供されており、さらにWWWとWAISについては機能や性能を強化した商用版も提供されている。これらはそれぞれ目的を異にし、実現可能なサービスにもそれぞれ特徴がある。全文データベース検索機能の実現という観点からこれらを整理すると以下ようになる。

- (1) archieはFTPで提供されているファイル名に対する文字列検索のみを提供する [3]。内容に対するサーチ機能はなく、情報へのアクセスも別途FTPを用いて行う必要がある。
- (2) WWWはネットワーク上に分散した情報資源をハイパーテキストの概念に基づいて利用可能にするもので、HTMLという形式で文書間に予め張られたリンクをたどることによってアクセスを行う [4]。他の情報資源に対するリンクの設定も可能であるが、WWWサーバ自体には内容に対する検索機能はない。

- (3) gopher はネットワーク上に分散した情報資源をメニュー形式で利用可能にするもので、予め階層構造に分類整理されたメニューをたどることによってアクセスを行う [5]。情報資源の一つの形態として内容に対する簡単な文字列サーチ機能を持つが、情報検索機能としてはきわめて不十分である。
- (4) WAIS はサーバ中に格納されている文書に対し、文書中に現れる自由語を用いて頻度や類似度に応じた情報検索機能を提供する[6]。情報検索の知識がないユーザでも比較的容易に使用できるが、履歴や集合演算の機能がないため、複雑な検索を試行錯誤的に行うには不十分である。

また、これらの情報サービスを利用するためのユーザインタフェースとなるクライアントには、GUI を用いて統合的に対話が可能な Mosaic がパブリックドメインソフトウェアとして普及しており [7]、商用版も各種のものが利用可能となってきた [8] (以下、これらを総称して Mosaic と呼ぶ)。Mosaic は元々 WWW のビューワとして開発されたが、現在では WWW サーバ (HTTP プロトコルによる) ばかりでなく、gopher サーバや WAIS サーバ (Z39.50 プロトコルによる) へのアクセスが可能であり、また、HTTP プロトコルによりゲートウェイを介してarchie サーバなど、他の情報サーバへもアクセス可能である。gopher や WAIS には専用のクライアントもあるが、普及の度合いや使いやすさを考慮すると、Mosaic をクライアントとして利用するのがユーザにとって最も有効であろう。

一方、全文データベースの検索には、単に自由語による内容のサーチを可能とするだけでなく、文書の階層構造に即した検索と取り出しが可能であることが必須である。既存の情報検索システムの中では、カナダ OpenText 社製の Pat [9] が機能的に必要な条件をもっとも良く満たしている。また、今後、より高度なシステムが利用可能になることも期待される。本研究の目的は Mosaic を通じてそれらを適時に利用可能にするための方式を確立することにある。

Mosaic から利用可能な標準的なプロトコルとしては Z39.50 プロトコルのサブセットである WAIS プロトコルと、WWW で用いられている HTTP プロトコルがある。Z39.50 は情報検索用の汎用の標準通信プロトコルであり、セッションの保持機能があつて比較的高度な検索が可能であるが、WAIS プロトコルはこのセッション保持機能を省略している [10]。また、Z39.50 では検索対象のデータの階層構造を利用した検索・表示要求に対応できない。

HTTP は HTML 文書などのハイパーテキストを転送するためのプロトコルであるが、HTML の FORM の機能を用いるとユーザに提示する検索用の GUI を送ることができる [11]。HTML ではセマンティクスは何も規定しないので、FORM を設計するときユーザに容易に理解可能なように考慮することが重要である。FORM に入力されたデータはゲートウェイを通じて情報サーバに届けられ、情報サーバからの出力を FORM にフィードバックすることも可能であるので、Mosaic を通じたユーザとの対話処理用に適している。

HTTP 自体はステートレスでありセッションの保持機能がないが、HTTP のゲートウェイの高度な構成方式によりこの機能が実現できれば、Pat などの強力な全文検索エンジンと組み合わせることにより、Mosaic を通じて試行錯誤を含む高度な対話処理を可能とする全文データベース検索システムを構成することができる。

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

### 3. 全文データベース検索システムの要件

本システムでは、検索の対象を、学術文献(数ページ)から技術マニュアル(数千ページ)程度の、階層構造を持つ文書の全文データとする。必ずしも必要な条件ではないが、SGML(Standard Generalized Markup Language)で記述されているものと仮定する。データベースにはこのような相互に比較的独立な全文データが多数格納されている。

本章では、このような環境において全文データベース検索システムが扱うべき文書データの構造を分析し、多数の文書の中から所望の文書を探し出すためにユーザが必要とする機能を検討することにより、システムに要求される要件を明らかにする。

#### 3.1 文書データの構造と検索要求

本システムが対象とする文書データは一般に図1のような階層構造を持つ。この他にも参考文献とその参照のようなリンク構造もあるが、多数の文書データに対して一括して検索する場合にこれが有効な手がかりとなることはあまり無いと考えられるため、検索対象は階層構造のみとする。

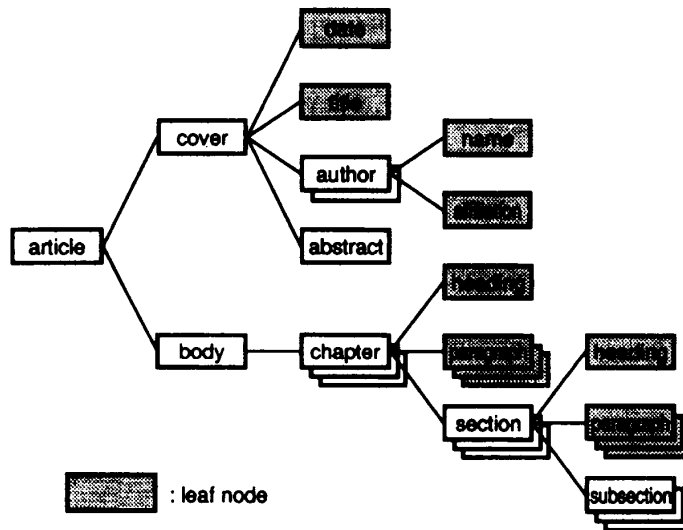


図1 文書の階層構造

SGMLで階層構造定義に関連して定義可能なものには、出現順などを指定する結合子と、繰り返しなどを指定する出現指示子がある[12]。これらの中で、出現順などは多数の文書の中からキーワードを頼りに検索する環境ではあまり有効な利用方法は考えられない。一方、繰り返しは適切に取り扱えないと精度の高い検索が期待できない。

ユーザが必要とするであろうと考えられる検索条件の例としては、以下のようなものが考えられる。

- (1) 節タイトルに「実験方法」が含まれ、節の本文中に「真空蒸着」が含まれるような節を持つ論文を表示する。
- (2) 同一の段落に「バブル経済」と「経済摩擦」が含まれるような論文の書誌情報を表示する。
- (3) 同一の段落に「バブル経済」と「経済摩擦」が含まれるような論文について、書誌情報と章・節のタイトル、およびその段落を、出現順に表示する。

これらのうち、(1)、(2)は検索対象と表示対象の関係が比較的単純であるため条件の記述も容易であるが、(3)はやや複雑となるためMosaicを通じてユーザが条件の指定をできるような簡潔な

HTML の FORM を作成することは困難である。本システムでは、検索対象と表示対象の関係が単純な包含関係にある場合のみを想定する。

### 3.2 システムの要件

情報検索システムの一般的な機能には大きく分けてサーチ機能と表示機能がある。全文データベース検索では通常の本誌型、索引型、あるいは抄録型の情報検索と比較して、以下のような機能が特に重要である。

#### (1) サーチ機能

##### (a) 文字列サーチ

ユーザが利用目的に応じてさまざまな角度から検索できるよう、テキスト中に出現する任意文字列でのサーチ、範囲検索、近接演算 (順序指定、順序非指定) などが可能でなければならない。特に日本語の学術情報では、辞書にない単語や複合語でのサーチができることも重要である。

##### (b) 論理演算

検索対象が階層構造を持っているため、階層に即した論理演算が必要であり、各階層における任意の文書要素および一致文字列に対して、論理積、論理和、論理差、否定などの論理演算が可能でなければならない。

##### (c) 集合演算

ユーザにとって、複雑な検索を最初から単一の論理式で記述することは困難であり、試行錯誤を繰り返す上でも過去の検索結果集合を組み合わせた集合演算が可能であることが重要である。論理演算同様、文書要素集合および一致文字列集合に対する共通集合、合併集合、排他集合、補集合などの集合演算が可能でなければならない。

##### (d) 階層演算

階層構造中の任意の文書要素を基点にしてサーチを行い、さらに異なる階層の文書要素に基点を移してサーチを行うためには、階層構造にある文書要素・文書要素間および文書要素・一致文字列間の包含と包摂の演算が、論理演算および集合演算の双方において可能でなければならない。

#### (2) 表示機能

##### (a) 出現位置の周辺表示

文中にある任意の文字列に対するキーワード検索を行う場合、その語の使われ方をユーザが予めすべて予想することは困難な場合が多いため、キーワードに一致した文字列がどのような文脈で現れたかを簡略に表示する、いわゆる KWIC 表示が有効である。

##### (b) 文書要素を指定した表示

キーワードによるサーチやその結果の組み合わせにより得られた文書が適切であるかどうか判断し、また、それらの中から有用と思われるものを選択するためには、そのために必要かつ十分な部分を一覧できるような表示機能が必要である。たとえば文献情報部分のみを一覧表示させたり、文書ごとの目次(文書タイトルと章節の見出しなど)を表示させたり、キーワードが見つかった段落を表示させたりできることが要求される。また、マニュアルなどでは該当する節を表示させるだけでユーザの目的を達せられることもある。

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

(c) 全文を簡易整形して表示する機能

選択した文書を通覧するためには、ある程度読みやすい形でオンライン表示できる必要がある。最終的には SGML で記述された原データを加工して厳密な整形出力をオフライン印刷できればよいであろうが、ユーザの利用性を高めるためには対話処理のなかで簡易整形表示できる機能が重要である。

これらの機能のうち、サーチ機能はサーバで実現する必要がある。表示機能はサーバ、クライアントのいずれでも実現可能であるが、本システムでクライアントに想定している Mosaic にはこれらを実現する機能がないため、サーバで実現する必要がある。また、仮にクライアントがこれらを実現する機能をもっていたとしても、通信の負荷を考慮すると多数ユーザの環境では現実的ではない。

全文データベース検索では特に文書がもつ階層構造を適切に処理する必要があるため、上記のような複雑な機能を持つシステムが必要であるが、一般のユーザがこのような機能を理解し、対象とする文書の具体的な構造を覚えて検索に有効に利用するのは極めて難しい。このため、メニューなどを用いることにより特別の知識を持たないユーザでも上記のような高度な機能を容易に利用できるようにユーザインタフェースを実現することが重要である。

4. システム構成

本章では、上記のような諸々の条件を満たすために採用した全体構成とその動作の概要を述べ、本システムの開発の中心となるフロントエンドについて詳述する。

4.1 全体構成

本システムでは前述の通り、クライアントとして Mosaic を利用し、WWW サーバを基礎として全文データベース検索サーバを構成する。全体構成を図 2(a) に示す。各部分の機能と相互間の関係を簡単に述べる。

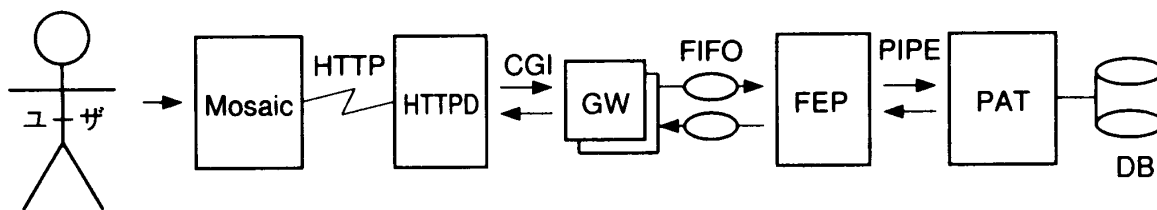
(1) HTTP クライアント

HTTP クライアントはユーザがシステムと対話するための直接のインタフェースを提供する。ユーザがインターネット上の情報サーバにアクセスするときに随時起動する。現在利用可能なものには Mosaic 以外にもいくつかの種類が存在し、フォームを扱う機能を持つものであれば本システムのクライアントとして利用可能である。しかし、ユーザインタフェースの質や利用可能なプラットフォームの多様性から、現在では Mosaic が最も利用しやすい。

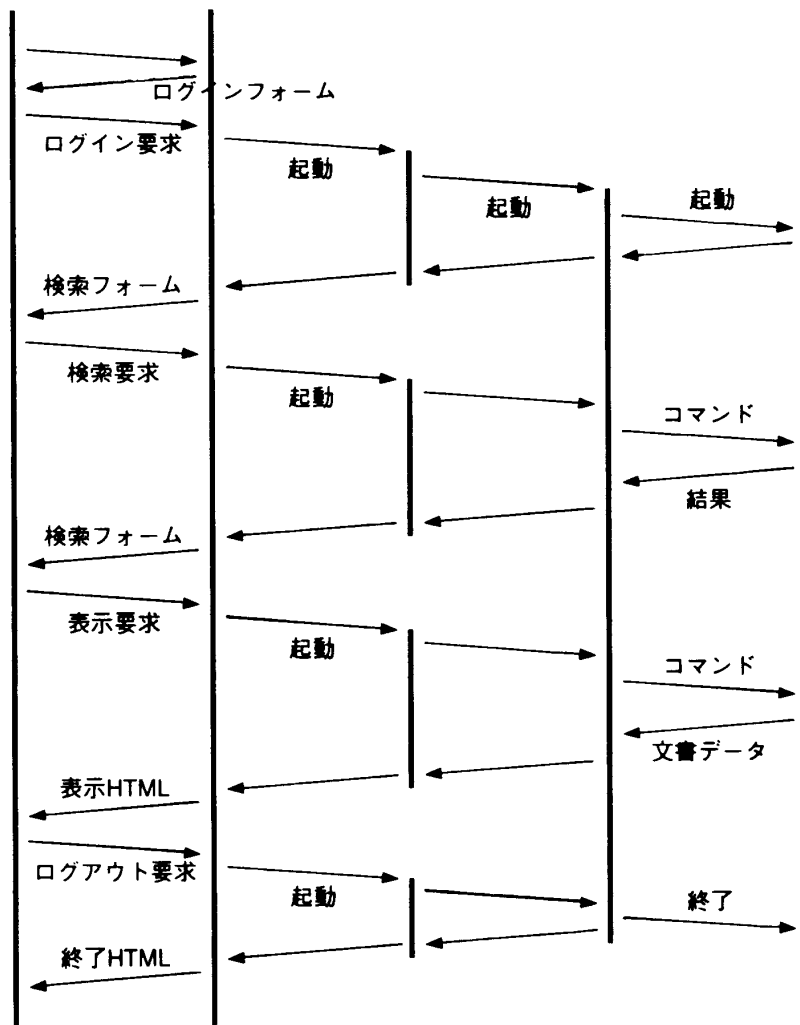
(2) WWW サーバ

WWW サーバはクライアントからのアクセスに対して要求された情報を提供する。通常は予め用意された HTML 文書や画像ファイルを送信するだけであるが、本システムではフロントエンドで動的に作成される HTML 文書をクライアントに送信する。全文データベース検索サーバの起動時に 1 回だけ起動され、システム停止まで存続する。クライアントとは HTTP プロトコルにより TCP/IP を介して通信する。ゲートウェイ側のインタフェースは CGI(Common Gateway Interface) として規格が定められている。WWW サーバにはパブリックドメインや市販製品として利用可能な既製のものがいくつか存在するが、今回は CERN 版の HTTPD を用いることとした。





(a) 全体構成



(b) 動作の概要

図2 システムの概要

### (3) ゲートウェイ

ゲートウェイは WWW サーバとフロントエンドの間のデータの仲介を行う。フォームが送られてくると同時に WWW サーバから起動され、標準入出力を通して WWW サーバと情報の授受を行う。フロントエンドとの通信は各フロントエンドと 1 対 1 に対応した FIFO ファイルを通じて行う。結果の情報を WWW サーバに返すと消滅する。頻繁に生成と消滅を繰り返すのでシステムの性能を律する可能性があるため、可能な限り機能を簡素化してある。

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

#### (4) フロントエンド

フロントエンドはユーザの要求を全文検索エンジンのコマンドに解釈して実行させるとともに、結果やデータの表示に必要な HTML のフォームや文書を作成する。セッションの維持や検索の履歴の管理に必要な処理も行う。個々のセッションに対応して1つずつ動的に生成され、セッションが終了すると消滅する。全文検索エンジンとはパイプを通じて通信する。既存の構成要素で提供されていない機能の大部分はここで実現され、本システムのプログラム開発の大部分が含まれている。

#### (5) 全文検索エンジン

全文検索エンジンには、各種のパブリックドメインソフトウェアや市販製品を比較検討した結果、カナダ OpenText 社製の Pat サーバを採用することとした。ただしこれは全文データベースに対する検索機能を評価した結果の選択であって、システムの構成上からの必要性によるものではない。従って、今後、より適当なものが利用可能になればそれを採用することも可能である。全文検索エンジンはフロントエンドにより管理されており、セッションが開設されるたびに起動され、セッションが終了すると消滅する。

### 4.2 動作の概要

全体の動作の概要を図 2(b) に示す。ユーザはまず HTTP クライアントである Mosaic を起動し、ログインフォームを WWW サーバである HTTPD から取り出す。フォームにユーザ ID などの必要な情報を記入し、使用するデータベースを指定して HTTPD に送る(ログイン要求)。HTTPD はゲートウェイプロセス (GWP) を起動してフォームに記入されたデータを渡す。GWP はセッションの環境を作成してからフロントエンドプロセス (FEP) を生成する。FEP は全文検索エンジン (Pat) を起動し初期化してから、検索フォームを GWP、HTTPD を経由して転送して Mosaic に表示させる。

ユーザは、検索フォームに検索条件を記入して HTTPD に送り返す(検索要求)。HTTPD は新たな GWP を起動してフォームに記入された検索条件を渡す。GWP は対応する FEP を見つけて検索条件を渡す。FEP はこれを Pat のコマンドに解釈して Pat に渡す。Pat から結果を受け取ると FEP は検索フォームに検索集合の一覧と内容の簡略表示を埋め込んで結果フォームを作成し、GWP、HTTPD を経由して Mosaic に送り返し、表示させる。

結果フォームに簡略表示されたもののなかで詳細な表示をさせたいものがある場合は、ユーザは文書を選択して HTTPD に送り返す(表示要求)。HTTPD は GWP を起動して要求を FEP に渡し、FEP はそれをコマンドに解釈して Pat に処理を行わせる。取り出した文書データは FEP が HTML 形式に簡易整形して GWP、HTTPD を通じて Mosaic に転送する。

一連の検索を終えると、ユーザは結果フォーム中に終了の指示を記入して HTTPD に送り返す(ログアウト要求)。GWP を通じてログアウト要求を受け取った FEP は、Pat を終了させ利用統計などを記した終了通知の HTML 文書を作成し、これを GWP、HTTPD を経由して Mosaic に転送した後終了する。

### 4.3 フロントエンドの構成

フロントエンドは本システムの開発の中心であり、機能的にも最も複雑である。機能には大きく分けて、セッション管理機能、コマンド解釈機能、フォーム表示機能、文書表示機能がある。以下でこれらについて説明する。

### (1) セッション管理機能

セッションの開始時には、ログインフォームに記入された情報からセッション ID を生成し、指定されたデータベースに対して Pat を起動するとともに、以後のセッションの中で GWP からのアクセスに用いる FIFO ポートを作成してからフォーム表示機能呼び出す。セッション ID はユーザ名、クライアントホスト名、サーバホスト名、FEP のプロセス ID、セッション開始時刻などから容易に想像できないように生成する。課金などのためにユーザ管理が必要な場合は、上記の処理を開始する前に、ログインフォームに記入されたユーザ ID やパスワード、および HTTPD から渡されるクライアントのホスト ID などを用いてユーザ認証を行う。

セッションの終了処理はユーザからのセッション終了要求を受けて行う。Pat を終了させ、利用統計などを記入した終了通知を作成して返す。ユーザ管理が必要な場合は各種統計情報をファイルに書き出す。使用済みの FIFO ポートを削除してプロセスを終了する。

HTTP にはセッションの概念がないため、クライアントとサーバは 1 回のアクセスごとに接続と切断を繰り返す。従って、クライアントがログアウト要求を送らないまま終了してしまうと、サーバはこれを検知できない。このため、FEP はセッションの保留時間を監視し、ユーザから要求がない状態が一定時間継続した場合は中断処理を行う。現在は中断処理では強制的に終了処理を実行しているが、サービスの内容に応じは、後で回復可能なように中断時の FEP と Pat の状態を保存してセッションを解放するというような機能の導入も考えられる。

### (2) コマンド解釈機能

検索フォームに埋め込まれた検索要求を取り出し、Pat のコマンドに解釈して処理を実行させる。検索要求にはサーチ要求と表示要求がある。サーチ要求に対しては検索条件を Pat のサーチコマンドに翻訳して実行させる。要求内容と Pat が作成した検索集合を履歴として保持し、実行結果をフォーム表示機能に渡す。表示要求に対しては、選択された文書の中から指定された文書要素を取り出すための Pat のコマンドに翻訳して実行させる。取り出した文書データは文書表示機能に渡す。

### (3) フォーム表示機能

あらかじめ対象データベースごとに用意された検索フォームのテンプレートに、サーチの履歴と検索集合の内容の簡略表示を埋め込んで HTTPD に渡す。履歴には最近の指定回数分の検索集合の番号、その件数、およびサーチ要求の内容を表示する。簡略表示には最新の検索集合に含まれる文書データの先頭部分を指定件数分だけ表示する。検索フォームのテンプレートにはサーチ文字列の入力フィールド、サーチ範囲を限定するための文書要素のメニュー、集合演算のための演算子のメニュー、階層演算のための文書要素のメニュー、表示要求で文書要素を指定するための文書要素のメニューなどが予め準備されている。履歴にはチェックボックスを付加し、集合演算のオペランドとして指定できるようにする。簡略表示にもチェックボックスを付加し、表示要求の文書指定をできるようにする。

### (4) 文書表示機能

表示モードとして整形出力とソース出力を持つ。整形出力モードでは与えられた SGML 文書を HTML 形式に変換してクライアントに送る。変換のためのフィルタはデータベースごとに独立したプログラムとして用意しておく。ソース出力モードでは元の SGML 文書をそのままプレインテキストとしてクライアントに送る。

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

5. ユーザインタフェース

階層構造を持つ文書を対象とする全文データベース検索システムのユーザインタフェースでは、文書の階層構造の処理を含む検索要求を入力できる必要があり、指定すべきパラメータの種類が多い。ユーザがこれらをすべて記憶し、適切に誤りなく直接入力することはきわめて困難である。そこで、本システムではこれらのパラメータをユーザに提示し、ユーザはそれらの中から選択してゆくだけで検索要求を入力できるようなユーザインタフェースを実現する。HTMLのフォームでMosaicに表示できるグラフィカルユーザインタフェースの構成要素には限界があり、ユーザの操作に対応したきめ細かい動作はできないが、基本的な検索の対話をするための要求は満たせると考えている。

図3、図4(a)、図4(b)および図5にユーザインタフェースの例を示す。図3はログインフォームの表示である。ユーザはユーザID、パスワードを入力し、データベースの一覧の中から1つを選択する。図4(a)、図4(b)は検索フォームの表示例である。サーチ要求の記入部分、履歴表示部分、簡略表示部分から構成されている。ユーザが直接入力するのはサーチ文字列だけである。図5は簡易整形した文書表示の例である。

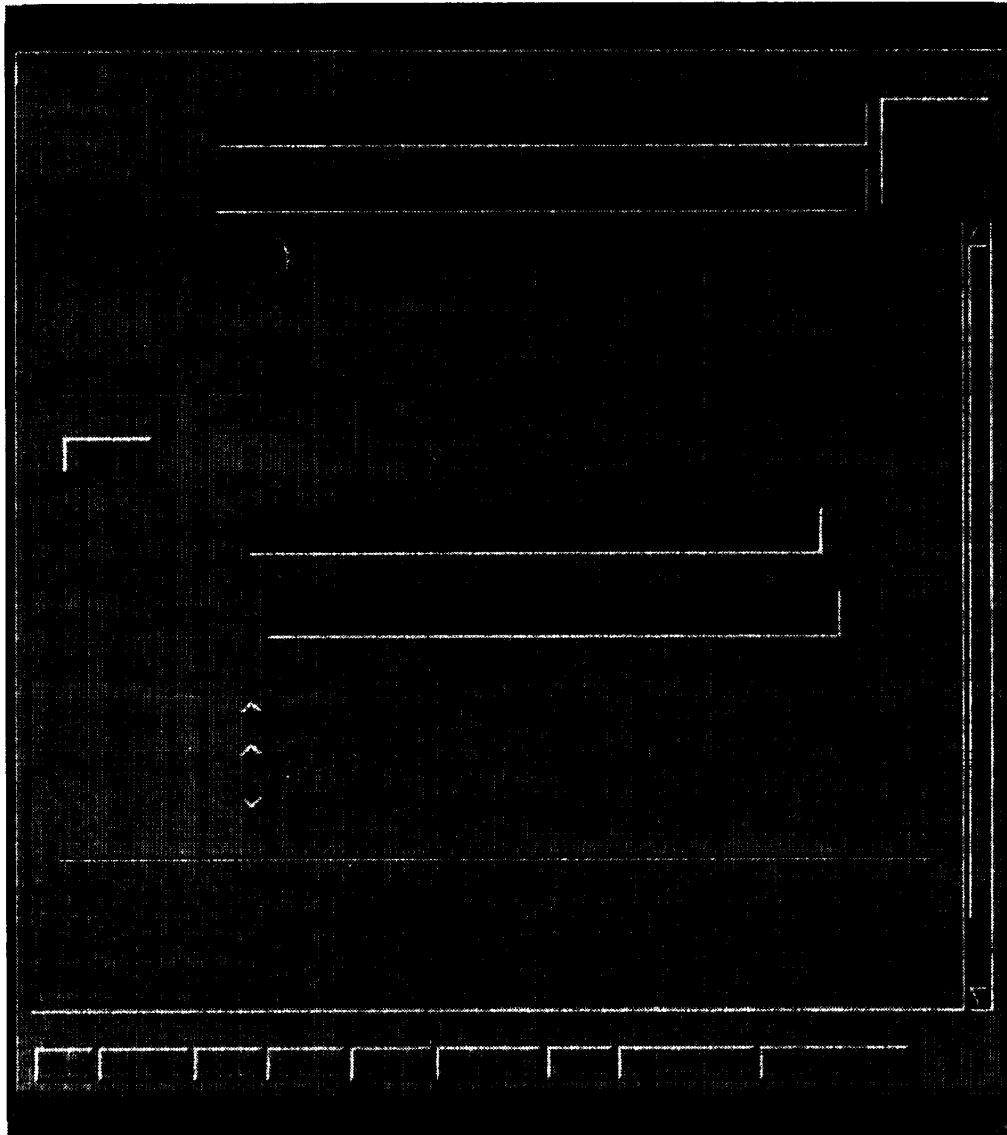


図3 ログインフォーム

図4(a)、図4(b)に示した検索フォームの操作について次に説明する。

(1) キーワードによる文字列サーチ

検索に用いる任意の文字列をフォームの「検索文字列」フィールドに入力する。検索範囲を限定する場合は「サーチ範囲」から対象とする文書要素を選択する。履歴表示部分に結果の集合番号、件数、および検索内容が表示され、簡略表示部分に該当部分のリストが表示される。表示する履歴の数と簡略表示の数はパラメータ設定部分の「履歴表示件数」と「簡略表示件数」で指定する。なお、この検索フォームでは論理演算はサポートしておらず、単一文列によるサーチで集合を作っておいてから集合演算を行うことで代替する。

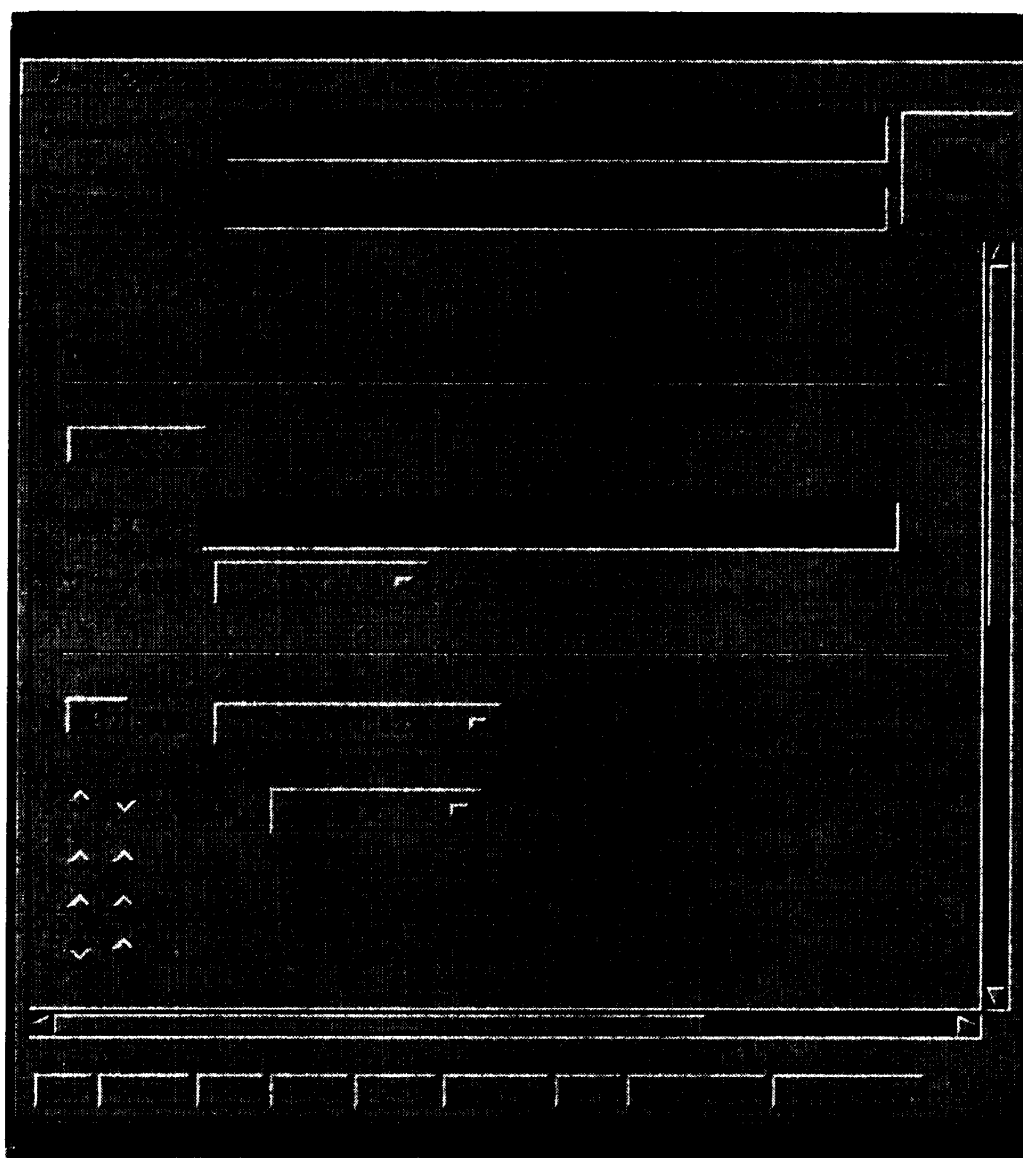


図4(a) 検索フォーム(その1)

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

(2) 集合演算と階層演算

演算の種類を「演算」から選択し、オペランドを検索集合か文書要素の中から指定して「実行」する。演算の種類には集合演算、階層演算、近接演算がある。集合演算は2つのオペランドの文書要素の種類が一致しなければあまり意味がない。階層演算は2つのオペランドの文書要素の種類の間上下関係が適切でないと意味の無い結果となる。近接演算は2つのオペランドが文字列サーチの結果でないと出現位置の間の距離を反映しなくなる。なお、距離(文字数)はパラメータ設定部分の「近接演算距離」で指定する。

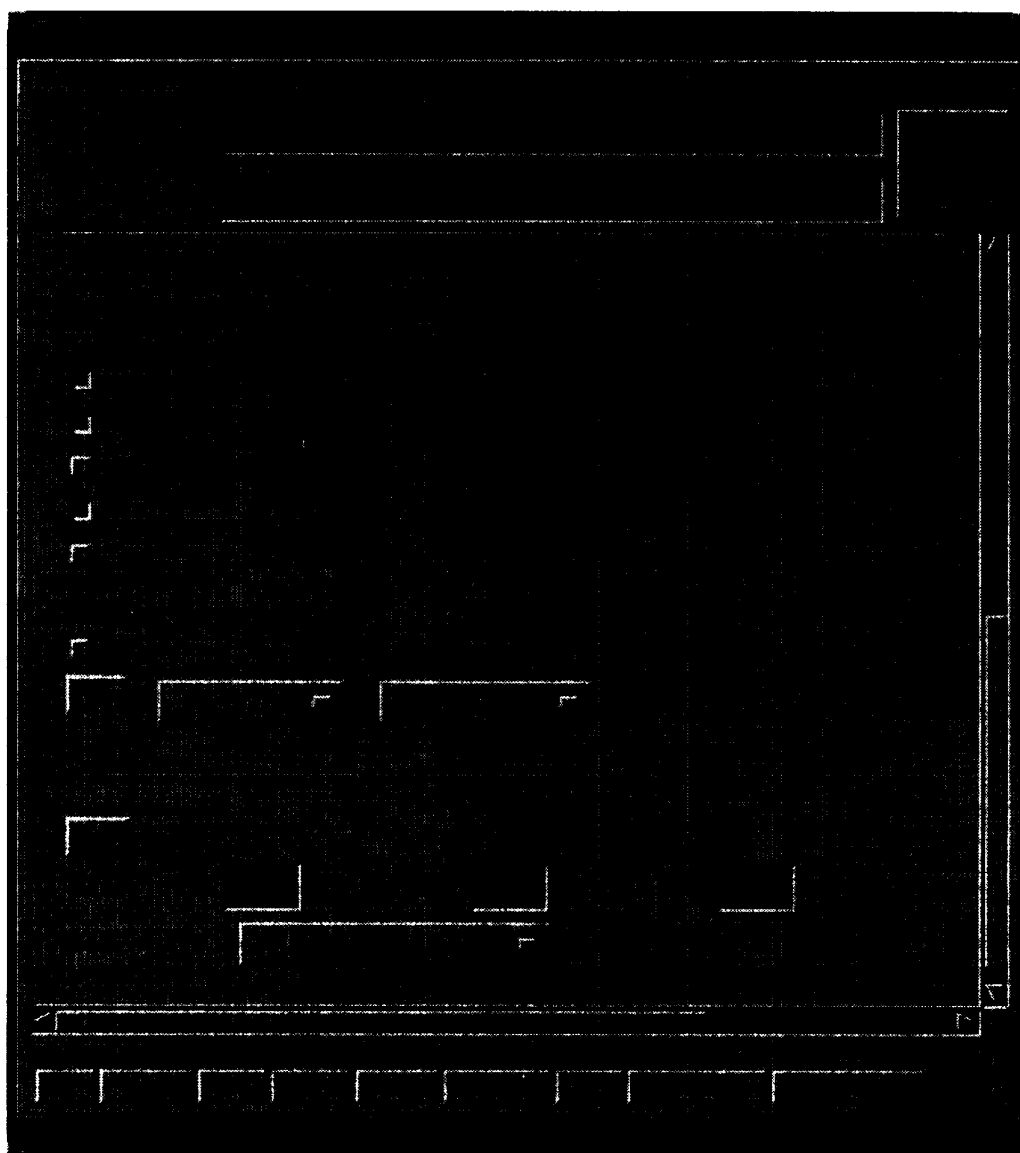


図 4(b) 検索フォーム (その 2)

(3) 簡略表示

文字列サーチや集合・階層演算を行うと最新の検索集合の簡略表示が行われるが、以前の検索集合を見たいときには履歴部分の表示項目をクリックする。また、表示している部分の前後を見たい場合は上下の矢印のリンクをクリックする。

(4) 詳細表示

詳細表示には2つの方法がある。表示したい文書の簡略表示を直接クリックすると、その文書が詳細表示される。また、簡略表示の頭にあるチェックボックスをチェックしてから「表示」を行うと複数の文書を一括して詳細表示することができる。「全部表示」をチェックすると全ての文書を一括表示できる。表示の形式はパラメータ設定部分の「詳細表示形式」で選択する。

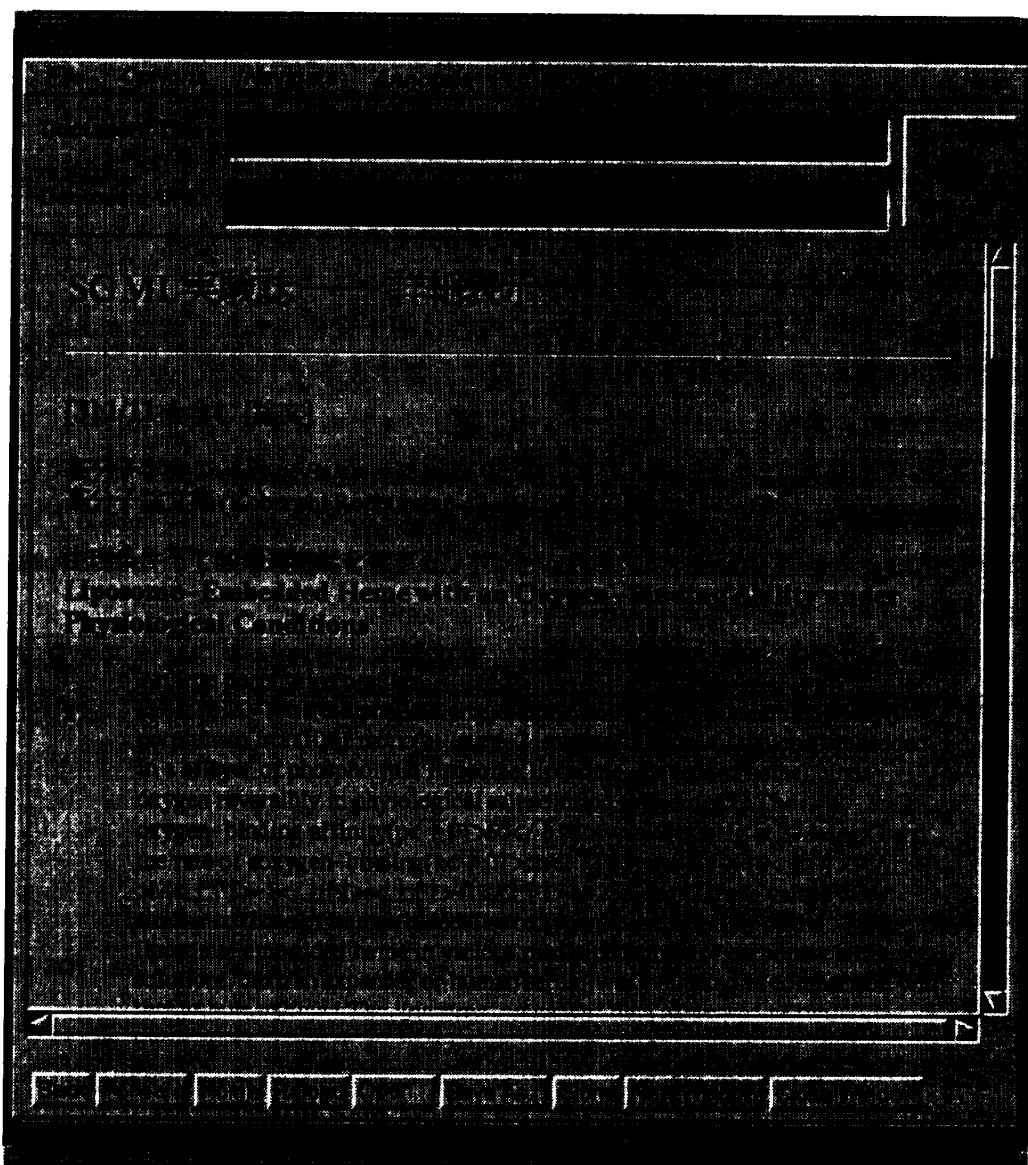


図5 詳細表示

## 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

### (5) パラメータの設定

各種のパラメータの設定はパラメータ設定部分の項目を指定して「設定」を行う。

### (6) その他

セッションの終了は「ログアウト」で行う。また、データベースの内容に関する情報と検索フォームの使用方法に関する情報はマニュアルのリンクをたどることで参照可能である。

## 6. 終わりに

本論文ではインターネット上でもっとも広く用いられているユーザ環境から利用可能な全文データベース検索システムの構成方法について述べた。このシステムは、データベースに収録されている文書の構造についての特別な知識なしに GUI を通じて容易に検索できることを特長とし、本格的で先進的な情報検索サービスの利用を可能とする。

本論文で述べた検索フォームは基本的なものであり、データベースの特性に応じて予めアクセス形態のモデル化が可能なものについては、それに沿った検索をより効率的に行うための検索フォームの作成を行うのがよいであろう。複数の検索フォームの中から、適切なものを選んで使用することも容易に実現できる。

本構成方法は、より一般的な既存の情報検索サービスにも適用可能であり、利用方法が難しいためにユーザ層が限定されていたり有効な機能が十分に活用されていなかったような分野のサービスにも、より広く有効に利用される可能性を開くものである。

本システムは現在開発中であり、本論文で述べた内容は若干変更される可能性がある。完成後は利用実験による評価、改良を行った後にサービスを一般に公開する予定である。また、同様のサービスを行おうとする者のために、開発したソースコード、HTML フォームなども公開する予定である。

ただし、HTML の記述能力や Mosaic の表示能力の制約から、不満足な点が残っていることは否めない。履歴や簡略表示がスクロールできないのもそのひとつである。これらは HTML の拡張や Mosaic の機能強化により徐々に解決するであろうが、より専門的なユーザのためには専用のクライアントと通信プロトコルを用意すべきであろう。

学術情報センターでは現在、本システムの他に、文字型ユーザインタフェースの全文データベース検索システムを開発中であり、また、電子図書館の一部として機能する全文データベース検索サーバも開発中である。これらについては別の機会に紹介する。

## 参考文献

- [1] 「情報検索サービス NACSIS-IR」, <http://www.nacsis.ac.jp/ir/ir-j.html>.
- [2] 斎藤正史, 山口英, 「インターネットの情報サービス」, 情報処理, Vol.34, No.12, pp.1415-1421, 1993.
- [3] “Archie Reference Manual Pages”.
- [4] “A Beginner’s Guide to HTML”, <http://www.ncsa.uiuc.edu/demoweb/html-primer.html>.
- [5] “Gopher Reference Manual Pages”.
- [6] “WAIS 2.0 Technical Documentation”, <http://www.wais.com/newhomepages/techtalk.html>.
- [7] “NCSA Mosaic Home Page”, <http://www.ncsa.uiuc.edu/SDG/Software/Mosaic/NCSA-MosaicHome.html>.



- [8] 「社内情報共有に新時代—インターネットのWWWが急浮上」、日経コミュニケーション、pp.76-97、1995.1.6.
- [9] “Pat Reference Manual”, OpenText Corp.
- [10] “WAIS(tm) Network Publishing using Z39.50”, <http://www.wais.com/newhomepages/z3950.html>.
- [11] “The Common Gateway Interface”, <http://hoohoo.ncsa.uiuc.edu/cgi/overview.html>.
- [12] Goldfarb, Charles F., “The SGML Handbook”, Clarendon Press, 1990, 663pp.

研究論文

文献の機能構造を用いた全文データベース検索の試み

Fulltext Database Search Using Functional Structure of Document

学術情報センター 神門 典子

Noriko KANDO

National Center for Science Information Systems

要旨

あらかじめ各文に構成要素カテゴリが付与されている、日本語で書かれた50件の論文からなる実験的な全文データベースを検索した結果を報告する。構成要素カテゴリとは、論文の機能構造を分析する枠組みとして提案されたもので、各カテゴリは、論文中の文が果たしている機能や役割を表わす。構成要素カテゴリを使った検索では、文献中の語の共出現に基づく従来の検索方式に比べ、検索精度が向上する効果が見られた。また、構成要素カテゴリを用いて、文献内の文脈を保持したまま、文献中の部分を対象とした検索や表示を行なうための方式を例示した。

ABSTRACT

This paper describes results of the several searches for the experimental fulltext database, which contains 50 research articles written in Japanese. Each sentence in the articles is previously assigned the Categories that the author proposed as a framework for the functional structure analysis of research articles. The results are, the precision for the search strategies with the Categories is higher than the one for the ordinary search strategies based on co-existence of search terms in the articles. This paper also shows the example for the method to search and display the passages in the articles with their context using the Categories.

[キーワード] 全文データベース、情報検索、文章構造、原著論文

[Keywords] Fulltext database, information retrieval, text structure, research articles

1. はじめに

図書館・情報学では、従来から、文献の特性を調べるため、あるいは、抄録作成や情報検索へ応用するために、文献の内容の構造が、着目されてきた[1]。

筆者も、文献の内容の構造を機能的な側面からとらえる基盤として、構成要素カテゴリ(図1参照)を提案し、それを用いて日本語で書かれたさまざまな領域の論文の構造を分析し[2][3]、分析の自動

文献の機能構造を用いた全文データベース検索の試み

化を試みてきた [4][5]。この一連の研究は、内容の成り立ちという観点から文献の特性をとらえる基礎的な研究であるが、文献の内容の処理に関わるさまざまな応用も考えられ、その応用可能性も検討してきた [2][4]。

本稿では、この構成要素カテゴリに関する一連の研究の一環として、構成要素カテゴリが各文に付与されている日本語の C 型肝炎論文 50 件の全文を収録した実験的なデータベースを用いて、構成要素カテゴリの全文データベース検索への応用を検討したので、その結果を報告する。

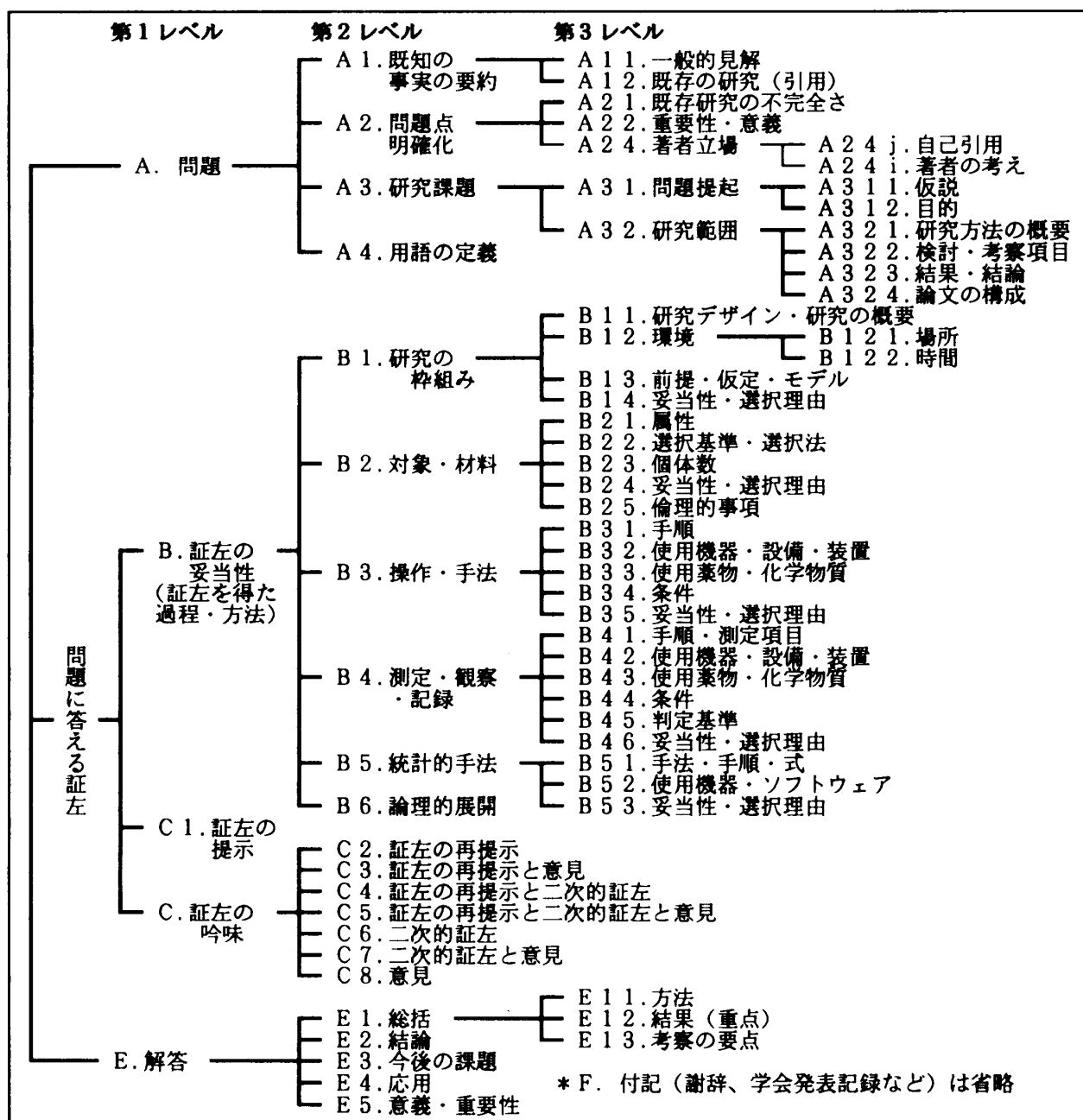


図 1 原著論文を分析するために設定した構成要素カテゴリ

以下、2章では、全文データベースに関わる問題と、文献の構造分析に関する諸研究を概観し、本稿で明らかにする点を明確にする。3章と4章で、構成要素カテゴリを用いた全文データベース検索の方法と結果を報告し、それを踏まえ、5章では、全文データベースにおける構造分析の意義、問題点、今後の課題を展望する。

## 2. 文献の構造と情報検索

### 2.1 全文データベースに関わる問題

全文データベースは、近年、その数の増加が著しく、データベースサービスにおいて、大きな比率を占めている [6]。しかし、全文データベース [7] の、検索効率や検索結果の表示に関して、種々の問題が指摘されている。

たとえば、全文データベースでは、一般に、レコード長が、書誌型や抄録型データベースより長く、1レコードが数から数十画面に及ぶこともあるので、検索結果の表示方法、および、検索された個々の文献の中から必要な部分を探し出して提示する方式を工夫する必要がある。

また、本文中に1回でも出現した語から、その文献を検索することができるため、再現率は高いが、精度は低く、ノイズが多いという問題もある。このため、検索結果から適合文献を選択する検索者の作業負担が大きい。特に、大規模なデータベースでは、検索結果集合が、人間が通覧できないほど大きくなってしまふ「出力過多 (output overload)」が生じ、これを防ぐために、検索式で AND を多用し、結果として、再現率も著しく低下するという深刻な問題も指摘されている [8]。

さらに、本文中の自由語による検索であることから、語の表記や同義語の統制がなされていないために生じる検索モレの問題もある [9]。

この中で、本稿では、ノイズや表示方式の問題に着目する。これは、全文データを、標題、索引語、抄録などの、より縮約された表現と同様に扱っているために生じる問題である。これらの問題を解決するには、収録対象文献の「全文」としての特性に着目し、その構造を分析することが一つの有用なアプローチであると考えられる。

文献の構造を分析するということは、文献を構成している部分に着目し、部分間の関係や部分と全体との関係、それらが作り上げる全体性に着目することである。このような構造に着目することによって、文献内の文脈、すなわち、文献中の他の部分との関係を保持したまま、文献中の部分を単位とした検索や表示が可能になる。また、文献の全文を均質なものととはとらず、内容の構造に応じて、検索語の出現位置が、本文の中心的な部分か、周辺的な部分か、あるいは、どのような役割や機能を持つ部分かを区別することは、ノイズを減少させ、検索の精度を高める上で有用であろう。さらに、情報検索では、対象となる文献群の中で、共通の枠組みとして、文献間の関係も表現できるような構造のとらえ方が望ましい。

他方、全文データベース検索は、文献の所在指示だけでなく、文献の内容をその場で得ることができるという利点がある。データベースから直接、利用者の質問に解答する情報を抽出する研究もなされている [10]。このような応用についても、構造の分析は有用なアプローチであろう。

さらに、文献を利用する際は、文献中の部分間の関係や整合性によってその妥当性を評価しながら読む [11]。また、かならずしも通読するわけではなく、必要な部分だけを読む場合も多い [12] [13]。そして、複数の文献の内容を、利用者が分析、整理、統合し、それに基づいて、新たな情報の生産や問題解決がなされる。このような利用特性からも、文献の部分に着目し、文献内での部分間の関係をとらえ、さらには文献間の関係に着目するのは妥当なアプローチである。

文献の機能構造を用いた全文データベース検索の試み

## 2.2 文献の構造の種類とその応用

文献の内部構造は、(1) レイアウトなどの物理的な構造、(2) 標題、抄録、章、節、段落といった文書書式の構造、(3) 文献の内容が持っている構造というさまざまなレベルでとらえることができる。

(2) は、SGML などで扱う「論理構造」であり、著者が文章を書く時点で、その内容を表現するために採用した書式として存在するものである。部分的にはあるが、文献の内容の意味的なまとまりと対応するものである。しかも、この文書書式の構造は、章、節、段落といった文書の形式として、明確に認定できるので、これを、全文データベースの検索や表示に応用する研究がなされている [14][15]。この文書書式の構造を用いれば、たとえば、検索結果を表示する際に、特定の節や段落だけを表示したり、章、節、段落という関係に従って、適宜、前後の部分参照することができる。段落という単位や章・節の見出しは、認知的な研究において、文章理解の一つの重要な手がかりであることが示唆されており、このような表示方式は、人間の読みの過程から見ても妥当なアプローチである。また、段落などの文献の部分を対象とした検索は、文献単位の検索より、精度が高く、しかも、必要な内容が含まれる「文献」ではなく、文献中の必要な部分を直接検索できるという利点もあることが報告されている [16]。

それに対し、本稿で着目している (3) の内容の構造は、文献の内容により踏み込んだとらえ方である。文献の内容は、Paice [17] が指摘しているように、文書書式の構造で表わされるまとまりよりも、複雑である。また、この文献の内容の構造は、索引作成や抄録作成、情報検索などの文献の内容に関わるさまざまな処理への応用が考えられる。しかし、(1) の物理的な構造や (2) の文書書式の構造とは異なり、構造を明確に認定することができるかという問題がある。

## 2.3 文献の内容の構造

この文献の内容の構造は、文献の内容が、どのような役割や機能を持つ部分から成り立っているかという機能的な側面と、文献の中にみられる局所的な意味のまとまりや話題の展開といった意味的な側面とからとらえられる。ここでは、前者を機能構造、後者を意味構造とする。両者は、全く別のものである。意味構造の上部に、機能構造が関わり、機能構造をとらえる際は、局所的な意味のまとまりを考慮するというように、互いに補い合い、重なり合って、文献の内容を作りあげている。意味的な構造は、修辭的構造、あるいは文脈構造とも呼ばれ、テキストの結束性に関わるものである。

機能構造は、van Dijk [18] が、科学レポートなら「背景、文献レビュー、目的、方法、結果、考察」といった、テキストの種類に応じて共通な機能的側面からとらえた「上部構造 (superstructure)」があると指摘しているように、文献の種類や文章のジャンル毎に、共通の構成要素を想定できる。そのため、主題分析や情報検索などへのさまざまな応用が考えられてきた。

たとえば、索引作成指針 [19] や索引法 [20] への応用、抄録作成指針 [21]、自動索引 [22] や自動抄録 [23] の基盤として、機能構造が着目され、実際の索引作成 [24] や抄録作成 [25] の認知的過程においても、作成者が持っている文献の機能構造に関する知識が重要な働きをしていることが示唆されている。また、読み手に、論文の機能構造に関する知識があると、論文内容の理解や記憶が促進され [26]、レファレンス・インタビューにおいても、構造に基づく質問が利用者のニーズを引き出すのに有効であることが報告されている [27]。また、文献の特性を調べるため、論文の内容の構造と抄録の構造を比較したり [28] [29]、特定の種類の論文に限定して、詳細に機能的側面からとらえた要素を抽出している研究 [30] などがある。これらの研究を概観すると、機能構造は、文書書式の構造のように、形式として自明のものではないが、文書の書き手と読み手との間で緩やかな形で共有される、文書の種類ごとに共通な文書を通じたコミュニケーションの基盤となっており、多くの人がある程度共通に認定できるものだと想定される。

## 2.4 機能構造の自動分析と全文データベース

機能構造と全文データベースとの関係に着目すると、本文中の自由語を用いた検索では、語句とそれが文献中で果たしている役割を識別できないので、検索のノイズが大きいという問題意識から、Liddy [31] は、抄録の機能構造を詳細に分析し、Kircz [32] は、論文の構造分析を全文データベース検索へ応用することを提唱している。

また、日本語の論文を対象として、機能構造に着目し、文が論文中で果たしている役割を自動的に解析している研究がいくつかある。その中で、三池ら [33] [34] は、文書の OCR 入力から、文書書式の自動解析、「文役割 [33](または文の意味役割 [34])」の付与、「文役割」を用いた検索が可能な全文データベース検索システムまでの一連のシステムの開発に取り組んでいる。そして、全文データベース検索では、柔軟な検索戦略の立案を支援するために、対話型で、入力された検索語に対して、「文役割」ごとに検索される文献数を提示することの有効性を示している [33]。また、検索実験において、検索語とそれが出現する「文の意味役割」を限定することによって、再現率は、意味役割を使用しない場合の 73% に低下するものの、適合率は平均 31% から 70% へと上昇し、検索の絞り込みやノイズの減少に有効であることを示している [34]。

また、中本ら [35] や西村ら [36] も、同様に機能構造に着目し、1つの文献の内容を文の役割に従って拾い読みするための対話型インタフェースへの応用を意図して、自動的に文の役割を解析している。これは、全文データベースの表示方式に関わる応用である。筆者も、構成要素カテゴリの自動付与を試みている [4][5]。

一方、三池らは、検索の絞り込みを目的としているため、論文中の一部(文献 [33] では、約 24%)の文に「文役割」を付与し、付与された文を文献の内容を端的に表現する「内容明示文」としている。したがって、「文役割」の認定は、文の役割を識別すると同時に、論文の全文から抄録に匹敵するような文献内容の縮約した表現を選定していることになる。「文役割」を用いた検索における、適合率の上昇と、再現率の低下には、文の役割の識別と、「内容明示文」として選定された縮約された文献の表現の利用という2つ処理が関わっている。

それに対し、前述の「構成要素カテゴリ」を用いた分析では、内容の成り立ちから文献の特性をとらえることを主な目的としているため、論文中の全文にカテゴリを付与している。このように全文に「役割表示」を付与した場合、文の役割を識別するだけで、検索の絞り込みやノイズの減少という効果が得られるかは不明である。そこで、本稿では、論文中の全文に「役割表示」としての構成要素カテゴリを付与した場合でも、検索精度を向上させる効果があるか検討する。あわせて、検索における、標題、抄録、章、節、段落など確実に認定できる文書書式の要素と機能構造との関係も検討する。

構成要素カテゴリの基本的な考え方は、文献内の部分を単位としながら、1文献内の関係(文献内の部分と部分および部分と全体との関係)と、文献間で共通な関係(文献の種類ごとに文献間で共通な枠組み)とを同時に扱うことである。また、複数の文献の内容を横断的に抽出することにより、個別の文献ではわからない新たな関係が見いだされることもある。そこで、本稿では、文献内の関係を保持しながら論文の部分を表示する方法や、複数の文献から論文の部分の横断的に抽出することについても、実例を示して、検討する。

なお、本稿は、文献の機能構造を用いた、全文データベース検索の精度や表示方式に関する振る舞いを検討することを目的とし、検索速度などの性能を検討するわけではない。また、今回用いた小

## 文献の機能構造を用いた全文データベース検索の試み

規模な実験的データベースでは、規模の増大によって生じる種々の問題に対する直接的な効果を示すことはできないことから、検索事例に対し、質的に詳細な検討を加えることとする。

### 3. 構成要素カテゴリを用いた全文データベースの検索

#### 3.1 検索対象

検索対象は、1991年に出版された日本語で書かれたウイルス性C型肝炎に関する論文50件(計4,680文)を機械可読形式に変換したものである。論文の標題、本文(章節の見出しを含む)、図表の標題、および、論文に付随している和文抄録を含む。本文中の各文には、あらかじめ構成要素カテゴリが付与され、図表の標題については、本文中でその図表を参照している文のカテゴリが付与されている。

また、論文の長さは、1論文あたりの段落数が、平均27.7(最少12、最大132、標準偏差9.0)、平均文数が93.6(最少39、最大269、標準偏差41.7)であった。和文抄録付きの論文は、28件であった。

#### 3.2 検索課題

以下の検索課題を設定した。

- (1) C型肝炎のインターフェロン療法
- (2) インターフェロンの安全性
- (3) 献血者のHCV(C型肝炎ウイルス)抗体の陽性率
- (4) インターフェロン療法の有効症例
- (5) ELISA法によって測定されたHCV抗体価とGPTとの関係
- (6) Davisの予後評価基準を用いている研究

#### 3.3 論文単位の検索における検索精度への効果

上記の検索課題について、論文を単位とした検索を行ない、検索精度の向上に、構成要素カテゴリがどのように関わるかを検討した。以下の手順による。

##### 3.3.1 検索式への展開

検索課題を検索式に展開した(表1から4参照)。論文内での語の言い替え等が検索結果に影響しないように、同義語、類義語を網羅的に採用した。たとえば、検索課題(1)の場合、「C型肝炎」の同義語として、C型慢性肝炎、C型慢性活動性肝炎、C型慢性非活動性肝炎、C型急性肝炎、CH-C、非A非B型肝炎、非A非B肝炎、非A非B型慢性肝炎、非A・非B肝炎、NANBなどをあげ、その論理和をとり、「インターフェロン」は、インタフェロン、IFN、interferonの論理和をとった。以後、「」で囲んだ検索語は、このような同義語も含むものとする。

なお、非A非B型肝炎は、長い間、ウイルスマーカー測定による診断法が確立されていなかったために、除外診断によって診断されていたが、1988年のC型肝炎ウイルス抗体アッセイ系の確立以降、その多くにC型肝炎ウイルスの関与が認められた[37]ものである。ここでは、非A非B型肝炎とC型肝炎を同義語として扱った。

表1 検索課題(1) C型肝炎のインターフェロン療法の検索結果

適合度別の検索文献数と検索語(「C型肝炎」「インターフェロン」)の出現位置、および、検索語の出現位置・出現カテゴリを限定した検索の精度と再現率

検索式: 「C型肝炎」 AND 「インターフェロン」\*6

適合度	文献番号	カテゴリ・位置の限定なし [全体]	検索語が出現する位置またはカテゴリを限定											「C型肝炎」と「インターフェロン」の共出現回数*3						
			文書形式上の位置		構成要素カテゴリ									同一文内		同一段落内				
			題	抄録	第一章	第二段落	図表	目的	方法	*1方・証	*2方法	証左	まとめ	二次証左	*4標・目	*5方・証	文数	%	段数	%
I 適合	1	○	○	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	12	17	10	48
	2	○	○	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	14	20	8	33
	3	○	○	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	16	6	10	8
	7	○	○	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	6	8	11	48
	9	○	○	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	9	10	8	32
	12	○	○	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	17	13	18	64
	24	○	○	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	9	16	5	33
	27	○	○	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	6	4	9	23
	28	○	○	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	4	6	5	36
	41	○	○	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	4	5	3	11
43	○	○	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	15	17	7	33	
文献数 小計		11	10	7	11	8	7	10	8	9	10	5	11	11	11	11	(件)			
IIa 部分的適合 証左提示	13	○	-	○	○								○	○			3	5	3	19
	17	○	○						○	○			○				0	0	2	17
	20	○	○						○	○			○				3	4	3	8
	26		-						○	○			○				1	2	1	3
	32		-						○	○			○				2	1	5	17
	46		-						○	○			○				2	4	1	5
49		-	○		○		○	○	○			○				4	6	4	22	
文献数 累計		18	12	9	13	9	8	11	13	15	15	8	17	15	14	18	(件)			
IIb 部分的適合 二次証左のみ	6		-	○	○									○			1	2	1	5
	11		-											○			1	2	1	5
	15		-											○			1	1	1	1
19		-											○				1	1	1	4
文献数 累計		22	12	9	14	10	8	11	13	15	15	8	17	19	14	18	(件)			
III 不適合	29		-							○				○			0	0	0	0
35		-												○			1	1	1	2
検索文献数 総計		24	12	9	14	10	8	11	13	16	15	8	17	20	14	19	(件)			
精度	狭い検索 I	46	83	78	79	80	88	91	62	56	67	63	65	55	79	58	50	48	(%)	
	広い検索 I+IIa	75	100	100	93	90	100	100	100	84	100	100	100	75	100	95	77	78	(%)	
	非常に広い I+IIaIIb	92	100	100	100	100	100	100	100	94	100	100	100	95	100	95	95	96	(%)	
再現率	狭い検索 I	100	91	64	100	73	64	91	73	82	91	45	100	100	100	100	100	100	(%)	
	広い検索 I+IIa	100	67	50	72	50	44	61	72	83	83	44	94	83	78	100	94	100	(%)	
	非常に広い I+IIaIIb	100	55	41	64	45	36	50	59	68	68	36	77	86	64	82	95	100	(%)	

- \*1: 「B2. 対象、材料」に「C型肝炎」、「C1. 証左の提示」に「インターフェロン」が出現
- \*2: 「B2. 対象、材料」に「C型肝炎」、「B3. 操作」に「インターフェロン」が出現
- \*3: 本文および標題中のみ。
- \*4: 「目的」「標題」のいずれか1つ以上で、「C型肝炎」「インターフェロン」が共出現
- \*5: 「方・証\*1」「方法\*2」「証左」「まとめ」のいずれか1つ以上で、「C型肝炎」「インターフェロン」が共出現
- \*6: 「」付きの検索語は、同義語も含む。

表1~4の凡例

- ◎: 当該カテゴリ、または位置における、同一文内での検索語の共出現
  - : 当該カテゴリ、または位置における、同段落内での検索語の共出現
  - : 和文抄録なし
- 目的: 「A3. 研究範囲」の下位カテゴリ。当該論文の主要な課題を記述した部分。
- 方法: 「B. 証左の妥当性」の下位カテゴリ。当該論文で証左を得た方法や証左を選ぶまでの過程
- 証左: 「C1. 証左の提示」のカテゴリ。当該論文で得た結果。
- (証左の)まとめ: 「C. 証左の吟味」の下位カテゴリで、二次的証左の提示に関わる「C6. 二次的証左」と「C7. 二次的証左と意見」を除外したもの。および、「E. 解答」の下位カテゴリ。当該論文で得た結果を吟味し、結論へと導く過程における、結果の再評価またはまとめ。
- 二次(的)証左: 「C6. 二次的証左」と「C7. 二次的証左と意見」のカテゴリ。当該論文で証左を吟味し、結論を導き出す過程で、既存研究や一般的見解を二次的証左として援用している部分。背景として述べられている「A1. 既存の事実の要約」「A2. 問題点の明確化」の下位カテゴリを含む。



文献の機能構造を用いた全文データベース検索の試み

表 2 検索課題 (2) インターフェロンの安全性の検索結果

適合度別の検索文献数と検索語（「インターフェロン」「副作用」）の出現位置、および、検索語の出現位置・出現カテゴリを限定した検索の精度と再現率

検索式： 「インターフェロン」 AND 「副作用」*6																					
適合度	文書番号	カテゴリ・位置の限定なし [全体]	検索語が出現する位置またはカテゴリを限定											「インターフェロン」と「副作用」の共出現回数*3							
			文書書式上の位置		構成要素カテゴリ									同一文内 文数 %	同一段落内 段数 %						
			題	抄録	第1章	第1段落	図表	目的	方法	*1方・証	*2方法	証左	まとめ	二次証左	*4標・目	*5方・証					
I 適合	13		-	○	○			○		○				○	○			6	11	4	25
文献数 小計		1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1		(件)			
IIa 部分的適合	3									○	○		○	○				2	1	3	2
証左提示	27								○	○		○	○					1	1	1	3
文献数 累計		4	0	0	1	1	0	1	1	4	2	2	3	2	1	4		(件)			
III 不適合	6													○				0	0	0	0
文献数 小計	11													○				0	0	0	0
検索文献数 総計		6	0	0	1	1	0	1	1	4	2	2	3	4	1	4		(件)			
狭い検索 I	25			100	100			100	0	25	0	0	33	50	100	25		25		25 (%)	
広い検索 I+IIa	67			100	100			100	100	100	100	100	100	50	100	100		100		100	
狭い検索 I	100		0	100	100	0		100	0	100	0	0	100	100	100	100		100		100 (%)	
広い検索 I+IIa	100		0	0	25	25	0	25	25	100	50	50	75	50	25	100		100		100	

\*1: 「B3. 操作、手順」に「インターフェロン」、 「C1. 証左の提示」に「副作用」または「安全性」が出現  
 \*2: 「B3. 操作、手順」に「インターフェロン」、 「B4. 測定」に「副作用」または「安全性」が出現  
 \*3: 本文および標題中のみ。  
 \*4: 「目的」「標題」のいずれか1つ以上で、「インターフェロン」「副作用」が共出現  
 \*5: 「方・証\*1」「方法\*2」「証左」「まとめ」のいずれか1つ以上で、「インターフェロン」「副作用」が共出現  
 \*6: 「」付きの検索語は、同義語も含む。  
 ◎: 同一文内に検索語が共出現 ○: 同一段落内に検索語が共出現

3.3.2 検索の実行

各検索式について、各検索語とデータベース中の文字列の照合によって、検索を行なった。論理積は、その両側の検索語が、同一文献中に共出現するものとした。すなわち、検索課題 (1) の場合、「C型肝炎」と、「インターフェロン」とが、共出現する文献を検索した。

3.3.3 検索結果の適合性の判断

検索された文献の検索課題との適合度を、以下の3段階で評価した。

- I: 適合。文献の主要な課題として扱っている。
- II: 部分的適合。文献中の一部分で論じている。
- III: 不適合。

さらに、IIは、文献内で、検索課題に対してオリジナルな証左を提示しているIIa群と、既存の研究などの二次的な証左の援用として、その課題に言及しているだけのIIb群とに分けた。

3.3.4 検索語の文書書式上の出現位置

検索された文献について、検索語が論文の中のどの位置に出現しているか調べた。論文の標題、和文抄録、本文中の第1章、第1段落、図表の標題への出現状況を調べ、さらに、検索語が共出現する文数および段落数も調べた。

表3 検索課題(3) 献血者のHCV抗体の陽性率の検索結果

適合度別の検索文献数と検索語(「献血者」「HCV抗体」「陽性率」)の出現位置、および、検索語の出現位置・出現カテゴリを限定した検索の精度と再現率

検索式: 「献血者」 AND 「HCV抗体」 AND 「陽性率」\*6

適合度	文献番号	カテゴリ・位置の限定なし [全体]	検索語が出現する位置またはカテゴリを限定										「献血者」「HCV抗体」「陽性率」の共出現回数*3							
			文書書式上の位置										構成要素カテゴリ				同一文内		同一段落内	
			標題	抄録	第一章	第二段落	図表	目的	方法	*1方・証	*2方法	証左	まとめ	二次的	文数	%	段落数	%		
	8															0	0	1	2	
	10															2	3	1	4	
	16															0	0	2	15	
	18															1	1	1	3	
II b	19		○													2	2	1	4	
	32															0	0	1	3	
部分的適合	33									○						2	2	2	7	
	38															3	5	3	15	
二次証左のみ	47															0	0	1	3	
文献数 小計		9	0	1	3	2	0	1	0	0	0	0	0	3	9	(件)				
III 不適合	36															0 0 0 0				
検索文献数 総計		10	0	1	3	2	0	1	0	0	0	0	0	3	9	(件)				
精度 非常に広い検索 II b	90	-	100	100	100	-	100	-	-	-	-	100	100	50	90 (%)					
再現率 非常に広い検索 II b	100	0	11	33	22	0	11	0	0	0	0	33	100	56	100 (%)					

「献血者」\*「HCV抗体」\*「陽性」が共出現する「二次的証左」文

日本人のHCV抗体陽性率は、献血者の調査から約1.1~1.2%であることが報告されている<r7>[10-10-1(C6)]。

わが国におけるHCVのキャリアの人口比は献血者でみると、1%前後でHBVのキャリアの人口比と同じかそれよりも低率であり、山形県の献血者のHCVのキャリアの人口比は1%であると報告されている<r20>[18-29-4(C6)]。

日赤血液センター献血者のHCV抗体陽性率<r1>は1.2%(34/2,870)と報告されており、慢性透析者のそれは著しく高率と言わざるを得ない[19-20-2(C7)]。HCV抗体陽性率を欧米と比較すると、<t4>表4/<t4>に見るように献血者のそれは0.2-1.4%でドイツがやや低率である[19-20-3(C7)]。

輸血歴のある血液疾患患者でHCV抗体陽性率が高率であり、慢性肝疾患が多いことが確認され、一方輸血歴のない血液疾患患者でも一般献血者に比べHCV抗体陽性率が高値であることが判明したので報告する[33-3-2(A323)]。輸血歴のある患者群でのHCV抗体陽性率が28%と高率であることは予想されたが、輸血歴のない患者群でも6.7%と一般献血者を対象とした場合に比べ明らかに高率であった<r10>[33-16-1(C6)]。

又、肝疾患以外では、献血者におけるHCV抗体保有率は1~2%であること、HCV抗体陽性者の輸血でC型肝炎が引き起こされること等<r2><r6>が報告されている[38-12-4(C6)]。

献血時の検査でGPT正常のHCV抗体陽性例が存在することの報告はある<r8>ものの、各種肝機能検査成績まで検討のされた正常例についての報告は未だない[38-14-2(C7)]。

献血時GPT正常であるがHCV抗体陽性である例が話題になっていることが、これらの中にはヘルシーキャリアが存在していると思われる[38-16-2(C7)]。

- \*1: 「B. 証左の妥当性」の下位カテゴリと「C1. 証左の提示」に「献血者」「HCV抗体」「陽性率」が出現する文献
- \*2: 「B. 証左の妥当性」の下位カテゴリに「献血者」「HCV抗体」「陽性率」が出現する文献
- \*3: 本文および標題中のみ。
- \*6: 「」付きの検索語は、同義語も含む。

◎: 同一文に共出現 ○: 同一段落に共出現  
[dd-pp-ss(cat)]: ddは文献番号、ppは段落番号、ssは文番号、catは付与された構成要素カテゴリを表わす。  
<rn>: nは引用文献番号を表わす。

3.3.5 検索語が出現した構成要素カテゴリ

構成要素カテゴリは、表1の脚注に示すように、「目的」、「方法」、「証左」、「(証左の)まとめ」、「二次的証左」のグループにまとめ、検索語の出現状況を調べた。

これらのグループは、該当する構成要素カテゴリが付与された文の集合である。たとえば、「方法」というグループは、「B. 証左の妥当性」の下位カテゴリのいずれかが付与された文の集まりであるが、実際の論文では、この「B. 証左の妥当性」の下位カテゴリは、証左を提示する前や後、証左を吟味する文の間に出現したり、図表の説明や付録に記述されることがあり、必ずしも「方法」という章名を持つ章に出現するわけではない[2][3]。

文献の機能構造を用いた全文データベース検索の試み

表 4 検索課題(4)と検索課題(5)の検索結果

検索式：検索課題(4) 「IFN」 AND 「有効」 AND 「症例」\*6  
 検索課題(5) 「ELIZA」 AND 「HCV」 AND 「GPT」

適合度	カテゴリ・位置の限定なし [全体]	検索語が出現する位置またはカテゴリを限定											検索語の共出現回数*3			
		文書書式上の位置						構成要素カテゴリ					同一文内 文数	同一段落内 段数		
		題	抄録	第一章	第二段落	図表	目的	方法	方・証	証左	まとめ	次証左	目	*5方・証		
<b>検索課題(4)</b>																
文献数	7	2	3	7	6	0	6	5	7	7	7	6	7	7	5	7 (件)
I+IIa	14	2	8	10	8	0	6	8	14	13	12	9	7	14	9	13
I+IIa+IIb	18	2	8	11	9	0	6	9	15	14	13	13	7	15	10	16
検索文献数 総計	23	2	8	12	11	0	6	11	17	15	14	15	7	17	11	18
精度																
狭い検索 I	30	100	66	58	55		100	45	41	47	50	40	100	41	45	39 (%)
広い検索 I+IIa	61	100	100	83	73		100	73	82	87	86	60	100	82	82	72
非常に広い I+IIa+IIb	78	100	100	92	82		100	82	88	93	93	87	100	88	91	89
再現率																
狭い検索 I	100	29	43	100	86	0	86	71	100	100	100	86	100	100	71	100 (%)
広い検索 I+IIa	100	14	57	71	57	0	43	57	100	93	86	64	50	100	64	93
非常に広い I+IIa+IIb	100	11	44	61	50	0	33	50	83	78	72	72	39	83	56	89
<b>検索課題(5)</b>																
文献数	11	0	0	1	0		1	5	7	11	8	4	1	11	9	11 (件)
I+IIa	13	0	0	1	0		1	5	7	11	8	6	1	11	10	13
I+IIa+IIb	21	0	0	1	0		1	5	8	11	8	6	1	11	10	13
検索文献数 総計	21	0	0	1	0		1	5	8	11	8	6	1	11	10	13
精度																
広い検索 I+IIa	52			100			100	100	88	100	100	67	100	100	90	85 (%)
非常に広い I+IIa+IIb	62			100			100	100	88	100	100	100	100	100	100	100
再現率																
広い検索 I+IIa	100	0	0	9	0	0	9	45	64	100	73	36	9	100	82	100 (%)
非常に広い I+IIa+IIb	100	0	0	8	0	0	8	38	54	85	62	46	8	85	77	100

- \*1: 「方法」と「証左」にそれぞれ一方の検索語が出現
- \*3: 本文および標題中のみ。
- \*4: 「目的」「標題」のいずれか1つ以上で、検索語が共出現
- \*5: 「方・証\*1」「方法\*2」「証左」「まとめ」のいずれか1つ以上で、検索語が共出現
- \*6: 「」付きの検索語は、同義語も含む。

### 3.3.6 精度と再現率の算出

精度と再現率は、3.3.3に示した適合性のレベル毎に、以下の式により算出した。文書書式や構成要素カテゴリの利用が、検索の精度と再現率に及ぼす効果を調べるために、検索語が出現する文書書式上の位置や、構成要素カテゴリを限定した検索も行ない、その精度と再現率も算出した。なお、本来、再現率は、データベース中の全適合文献を分母とするが、ここでは、検索語の出現位置やカテゴリを指定しないで検索した場合の全適合文献数を分母とした。

$$\text{精度} = \frac{\text{検索結果集合中の適合文献数}}{\text{検索結果集合中の全文献数}}$$

$$\text{再現率} = \frac{\text{出現位置やカテゴリを指定して検索された適合文献数}}{\text{出現位置やカテゴリを指定しない検索の全適合文献数}}$$

### 3.4 複数の文献中の部分の横断的な抽出

実例を示して、可能な表示方法を検討した。

## 4. 検索結果の検討

### 4.1 論文単位の検索における検索精度への効果

3.2節に示した検索課題の検索結果を検討した。特徴的な例の検索語の出現状況と精度・再現率を表1～3に、その他の課題の精度と再現率を表4に示した。

表1～3は、上部が、検索語の出現位置やカテゴリを指定しないで検索された文献すべてについて、検索語の出現状況を示し、適合度別に適合文献数を示している。表1～3の下部と表4は、3.3.6によって算出した精度と再現率を示している。各表とも、最も左の欄が、検索語の出現位置やカテゴリを指定しなかった場合を示し、その右側は、順次、検索語が表頭に示した位置やカテゴリに出現した場合を示している

#### 4.1.1 狭い検索 (適合度 I : 文献の主要な課題として扱っている文献の検索)

適合度 I と判定された文献では、全般的に、検索式中の検索語の出現頻度が高く、検索語が共出現する文も多かった。なかでも、「目的」文または「標題」中での検索語の共出現が、適合度 II と不適合の文献とは異なる、適合度 I の文献に特徴的なことであった。たとえば、検索課題 (1) では、表1に示すように、「C型肝炎」と「インターフェロン」がいずれかの位置に出現した文献は、全部で24件であり、そのうち、適合度 I と判定されたものは、11件であった。精度は、検索語の位置やカテゴリを指定しない場合は、11/24、すなわち、46%であるのに対し、「C型肝炎」と「インターフェロン」が標題中に共出現する場合または「目的」文での共出現する場合に限定して検索すると、それぞれ、83%、91%に改善されたが、再現率は、いずれも91%とやや低下した。

検索課題 (2) や (4) でも同様に、「目的」や「標題」での検索語の共出現に限定して検索すると、精度は、出現位置やカテゴリを指定しない場合の25%～30%から100%に改善されたが、再現率は低下した。それに対し、「目的」と「標題」で検索語が共出現している文献を合わせる (表1～4の\*4) と、検索課題 (1) のように、「目的」あるいは「標題」だけにおける共出現に限定した場合よりも、精度の改善の程度がやや小さくなる場合もあったが、いずれも、再現率は100%となり、検索語の出現位置やカテゴリを限定することによって生じるモレを防ぐことができた。

また、「第1章」中の文や段落で検索語が共出現する場合に限定した検索も、「目的」や「標題」に限定した場合と比べ、精度の改善の程度が小さい場合もあったが、位置やカテゴリを指定しない場合よりは精度が高く、再現率も高かった。これも、適合度 I の狭い検索のための絞り込みに有用であると思われる。それに対し、「第1段落」は、適合度 I に限定しても、モレが多く、再現率が低いので、検索の絞り込みには適さない単位である。これは、主として、適合度 I のための検索の絞り込みで重要な働きをする「目的」の文が、多くの場合、「第1章」に出現するが、必ずしも第1段落に出現するとは限らないからである。例えば、表1に示した24件の文献では、「目的」文の出現位置は、第1段落から第5段落まで様々であり、第1段落に出現したのは、5文献だけであった。なお、第一章や第一段落には、多くの場合、「目的」のほかに、研究の背景として述べられている「A1. 既存の知識」や「A2. 問題点の明確化」の下位カテゴリの文が出現するが、これらは、適合度 I のための検索の絞り込みに関して、とくに顕著な影響力はなかった。

#### 4.1.2 広い検索 (適合度 I + IIa : 文献の一部のみで論じているものも許容する検索)

適合度 I または IIa と判定された文献では、「方法」全体または「方法」と「証左」にまたがる検索語の出現関係、および、「証左」または「証左のまとめ」の文や段落における検索語の共出現が多くみられた。表1、2、4に示すように、カテゴリを指定しない場合の精度は、52～75%であるの

## 文献の機能構造を用いた全文データベース検索の試み

に対し、これらのカテゴリに検索語が出現する場合に限定して検索した場合の精度は、73～100%へ改善された。

また、表1、2、4の\*5に示したように、これらのカテゴリへの出現条件のいずれか一つ以上を満たすものを合わせると、いずれの検索課題においても、カテゴリを指定しない場合より、精度は高くなり、しかも、適合度I+IIaにおける再現率が100%となり、カテゴリを指定することによって生じるモレを防ぐことができた。

カテゴリの意味からも、たとえ、論文の一部であっても、当該論文のオリジナルな証左として、その課題に関する証左を提示している文献は、その妥当性を示す【方法】の部分に何らかの関連する記述があると考えられ、【方法】はこのレベルの適合度への絞り込みでは重要な役割を果たしている。しかし、検索式を構成する検索語グループの語が、【方法】カテゴリが付与されている特定の文や段落中に共出現することは少なく、【方法】カテゴリが付与されている部分全体での共出現(表1～3の\*2)、または、【方法】と【証左】にまたがる出現関係(表1～4の\*1)が特に多くみられた。

【方法】に関して詳しく検討すると、検索課題(1)では、“【方法】の中の「B2. 対象、材料」と「B3. 操作、手順」、または「B2. 対象、材料」と【証左】にそれぞれ、「C型肝炎」に関する語と「インターフェロン」に関する語が出現したもの”、検索課題(2)では、“【方法】の中の「B3. 操作、手順」と「B4. 測定」、または「B3. 操作、手順」と【証左】にそれぞれ、「インターフェロン」に関する語と「副作用」や「安全性」に関する語が出現したもの”、検索課題(4)では“「B3. 操作、手順」と【証左】にそれぞれ、「インターフェロン」に関する語と「有効」「著効」「改善」「正常化」などの語が出現したもの”、検索課題(5)では“「B4. 測定」に、「ELISA」という語が出現したもの”、検索課題(6)では“「B45. 測定の判定基準」の文に「Davis」という語が出現したもの”というように、検索課題の内容に応じて、詳細なカテゴリの組合せには一定の傾向が見られた。

### 4.1.3 非常に広い検索(適合度I+IIa+IIb:二次的証左として言及しているだけの文献も許容する検索)

適合度IIbと判定される文献も許容する非常に広い検索では、4.1.1～2に加え、【二次的証左】の文や段落で、検索語が共出現しているだけの文献も含まれる。【二次的証左】のみで、検索語が共出現する文献は、検索課題とした問題について、直接的な成果を提示していないが、関連する既存の研究成果などを引用して言及しているものである。検索課題(3)のように、直接その課題について論じている文献がデータベース中になくても、表3に示したように、これらのカテゴリで、検索語が共出現している文から、なんらかの情報を得ることはできるので、このような文献も有用な場合がある。また、必要に応じて、引用文献の書誌事項から、もとの文献を参照することもできる。さらに、データベース内に、引用関係のリンクがあれば、それによって引用文献を参照することも可能になる。

しかし、【二次的証左】としてしか当該課題について言及していない文献は、その課題について中心的に論じている文献と同じレベルで必要性を論じることはできない。したがって、検索の目的に応じて、適合度IやIIaの文献と、適合度IIbの文献とは、明確に区別する必要がある。適合度IとIIbとは、検索語の共出現回数や【目的】、標題、抄録などへの出現状況などによって区別できる可能性が高いが、IIaとIIbについては、検索語の出現回数や出現位置に顕著な差異は見られず、検索語が共出現するカテゴリが手がかりとなると思われる。

#### 4.1.4 出現位置との関係

4.1.1で述べたように、今回の検索では、「標題」と「第一章」は、適合度Iでの検索の絞り込みに有用な単位であった。

また、検索語が共出現している文または段落の数は、概ね、適合度のレベルに対応する傾向が見られた。しかし、実際の論文の長さは様々なので、出現回数の具体的な指定は難しい。4.1.3で述べたように、検索語の共出現回数だけで適合度IIaとIIbを区別することは難しい。さらに、「方法」のように、特定のカテゴリ全体や特定のカテゴリ間での検索語の出現関係を考慮しなければならない場合もあった。したがって、特定の文や段落における検索語の共出現関係を用いることによって、精度を向上させることはできるが、再現率が低下する危険にも留意しなければならない。

他方、抄録については、今回は、データベース中の56%の文献にしか、和文抄録がなかったため、明らかな傾向を見いだすことはできなかった。しかしながら、抄録がある文献については、抄録中での、検索語の共出現関係は、「標題」と類似した傾向を示しており、適合度Iのための検索の絞り込みに、他の条件と組み合わせて、利用できると思われる。

#### 4.1.5 ノイズ

構成要素カテゴリや出現位置を用いても、避けられないノイズは存在する。例えば、表1で、文献番号35は、4.1.3において、適合度IIbも許容する検索の絞り込みに有用であるとした、「二次的証左」の文で、検索語が共出現しているが、不適合と判定されている。これは、構成要素カテゴリは、論文全体から見た各文の役割を示すものであって、文中の語句の役割や構文までは規定していないために生じるノイズである。したがって、このようなノイズを避けるためには、システムが、文の構造や語の意味を理解する知識を持つ必要がある。

以上、検索語の出現位置や構成要素カテゴリの利用と検索精度との関係を具体的な検索を通して検討した。包括的な結論を導くには、より多くの事例の検討が必要であるが、ここに示した例においては、構成要素カテゴリの利用、段落内や文内の検索語の共出現回数、標題、抄録、本文の第1章での検索語の共出現が、検索の目的に照らして必要とされる適合度のレベルに応じて、検索を絞り込み、検索精度を向上させる効果があった。また、いくつかの出現条件を組み合わせることにより、検索語の出現するカテゴリや位置を限定することによって生じる再現率の低下を防ぐことができた。

### 4.2 複数の文献中の部分の横断的な抽出

次に、検索された文献をどのように表示するか、文献の中で必要な部分をどのように提示するかについて、実例を示して、検討する。

#### 4.2.1 全文データベースからの質問に対する答えの抽出

前節の検索課題(1)で、C型肝炎のインターフェロン療法について述べている文献を検索したが、その中で「インターフェロン療法の効果が年齢によって異なるか」ということについて何らかのデータを得たいという具体的な課題を設定した。そして、検索課題(1)の検索結果集合の中から、「証左」または「証左のまとめ」の文中に「年齢」または「年令」という文字列が出現する文(とその前後にあって、その文と結びつきが強い文)を抽出したところ、図2aに示すように、5文献から、13の文とそこで参照している5つの図表を認定することができた。これらの部分は、「インターフェロン療法の効果と年齢との関係」という質問に対する答が記述された部分であり、それを、全文データベースから直接抽出したことになる。また、これらの抽出文は、今回用いた全文データの全体、あるいは、検索課題(1)の検索結果集合全体からみると十分に少なく、容易に読むことができる量である。

文献の機能構造を用いた全文データベース検索の試み

<p>次に、4週連続投与を行った14例(連日投与群10例、間歇投与群4例)において、投与終了時s-GPTが正常化した10例と正常化しなかった4例の背景因子を比較した&lt;t2&gt;(表2)&lt;/t2&gt;&amp;[1-9-1(C1)]。性、年齢、輸血歴、一般肝機能検査、血清抗HCV抗体のOD値については、両群間に有意な差を認めなかった[1-9-2(C1)]。</p>
<p>IFNによるGPT正常化率に及ぼす諸要因につき多重ロジスティックモデルにより検討した&amp;[2-11-1(C1)]。この際パラメーターとしてIFN開始時の年齢、性、IFN投与前の組織、IFN投与方法(4週連続投与方法、6週以上連続投与方法、連続+間歇投与方法、間歇投与方法)、IFN総投与量、使用したIFNの種類、輸血の有無の各項目につき検討し、その結果を&lt;t5&gt;Table5&lt;/t5&gt;に示した[2-11-2(C1)]。パラメーターのうち5項目に有意差(危険率5%以下)がみられ、有意差の大きい順にIFN総投与量、IFN投与時の年齢、IFN投与方法、IFN投与前の組織像性であった[2-11-3(C1)]。IFN総投与量では400MU以上、年齢では35歳未満、IFN投与方法では連日+間歇法、IFN投与前の組織ではCH2A、性別では女性の方がIFNによるGPT正常化が高率であった[2-11-4(C1)]。</p>
<p>つぎに有効例と無効例について検討した&lt;t5&gt;(Table5)&lt;/t5&gt;&amp;[9-15-1(C1)]。背景因子の比較では年齢、性別、投与直前のGPT値には有意差はなかったが、無効例で有意の差をもってCAH2Bのものが多かった[9-15-2(C1)]。</p>
<p>&lt;h2&gt;3. IFN間歇投与で6カ月終了時での有効、無効群の背景因子の検討&lt;t1&gt;(Table 1)&lt;/t1&gt;&amp;[27-12-0()]。年齢は有効群40.3±12.3歳、無効群50.1±7.7歳と有効群で有意(P&lt;0.01)に若く、輸血より治療開始までの期間、罹病期間はそれぞれ有効群で66±112.3カ月、24±33.2カ月、無効群で218.9±152.4カ月、62.8±37カ月と有効群で有意(P&lt;0.05)に短かった[27-12-2(C1)]。</p>
<p>&lt;h2&gt;1. 単変量解析による両群間の比較&lt;t2&gt;(Table 2)&lt;/t2&gt;&amp;[43-6-0()]。正常化群の年齢は22~68平均42±14.5歳であり、非正常化群の51~67平均58.1±5.7歳に比し若年であり、その差は有意であった(p&lt;0.01)[43-6-1(C1)]。</p>
<p>HCV抗体陽性者に限って検討した場合は、正常化群、非正常化群間に年齢、治療前2-5AS活性、2-5AS活性最高値、血清GPT値に有意な差を認めた[43-8-1(C1)]。</p>
<p>正常化群、非正常化群間において有意な差が認められた、年齢、インターフェロン投与前2-5AS活性、2-5AS活性最高値、2-5AS活性増加率ならびに、非正常化群に低い傾向を認めた血清GPT値の5変量による判別判定法を用いた多変量解析において線形判別式は、<math>y = -2.51 \times 10^{-1}(\text{age}) + 6.7 \times 10^{-3}(\text{前2-5AS活性}) - 2.1 \times 10^{-2}(2-5AS活性) + 6.2 \times 10^{-2}(2-5AS増加率) - 2.7 \times 10^{-2}(\text{GPT}) + 1.583</math>と算出された[43-9-1(C1)]。</p>

[dd-pp-ss(cat)]:ddは文献番号、ppは段落番号、ssは文番号、catは付与された構成要素カテゴリを表わす。

図 2a C型肝炎のインターフェロン療法の年齢による効果の差について記述している文の抽出

4.2.2 構成要素カテゴリを用いた文脈の提示

一方、論文中の部分は、完全に独立しているわけではなく、その論文の文脈の中で妥当性が示されるものであり、その文献の文脈から完全に切り離すことはできない。構成要素カテゴリを用いると、図 2b に示したように、この証左を得た方法や証左を得るまでの過程、なぜこのようなデータをとったか、など、ここに示したデータの妥当性を検討するのに必要な部分を、当該文献の文脈にそって抽出することができた。文脈は、当該部分の前後の参照、当該論文全体の参照などによって把握することもできる。しかし、3.3.5で述べたように、実際の論文の構造は、詳細なレベルでは多様で、単に前後を見るだけでは、抽出された部分の妥当性を検討するのに十分な前後関係を把握できるとは限らない。また、前節で見たように、証左の妥当性を示す部分は、検索課題を構成する概念が共出現する場合が少なく、検索式中の一方の検索語だけが出現する文は多数あるので、語の出現だけによる必要部分の認定は難しい。それに対し、構成要素カテゴリは、この図 2b の例のように、文献の文脈を保持しながら、文献中の部分を扱う枠組みとなりうると考える。

4.2.3 文献間の横断的な比較

さらに、図 2a で抽出された部分を、文献を越えて横断的に見ると、文献 1 と文献 9 から抽出した文では、「年齢による有意な差はない」としているのに対し、文献 2、27、43 から抽出した文では、インターフェロン療法が有効であった群の方が有意に若年であったことが報告されている。このように、横断的に検討することによって、新たな関係が見いだせる場合もある。この場合にも、それぞれの証左の妥当性を検討するために、それぞれ、どのような目的で得た証左か、どのような対象

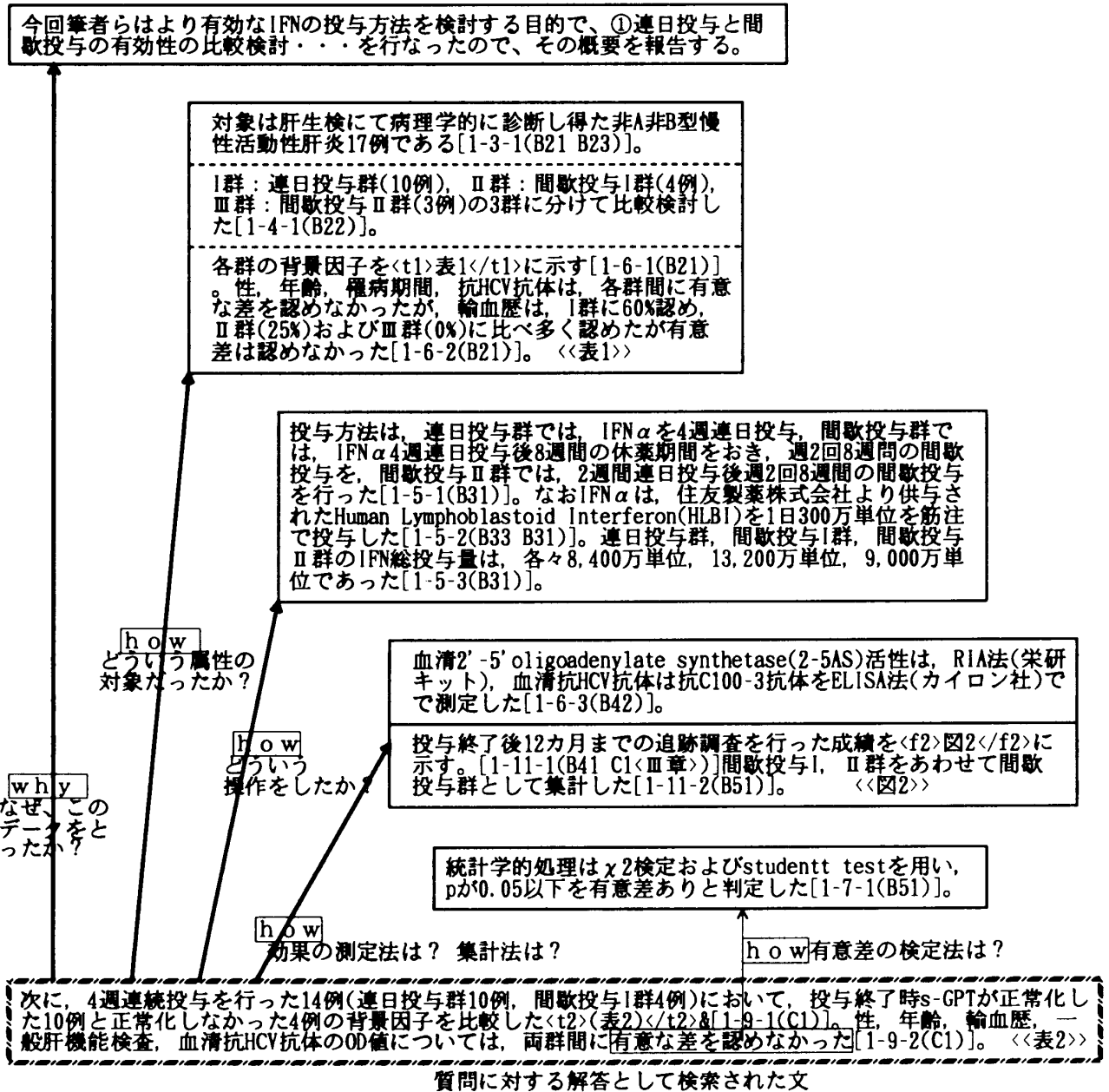


図 2b C型肝炎のインターフェロン療法の年齢による効果の差について記述している文の抽出とその証左の妥当性を示す部分へのリンク

から、どのような操作によって、効果はどのように測定し、どのようにその効果を評価、判定したかを、適宜、必要に応じて参照し、それらを踏まえて比較、検討する必要があるが、そのための枠組みとしても構成要素カテゴリを用いることができる。

## 5. 機能構造を用いた全文データベース検索の可能性と課題

### 5.1 機能構造を用いた全文データベース検索の振る舞い

以上の結果をまとめると、文献を単位とした検索における絞り込みに関しては、文献の中心的な課題として論じている文献だけを検索する「狭い検索」では、「目的」と「標題」、または「第一章」に限定し、部分的にでも検索課題に関してオリジナルな証左が示されている文献やそれについて記述されている部分を検索する「広い検索」では、「方法」内や「方法」と「証左のまとめ」にまた



## 文献の機能構造を用いた全文データベース検索の試み

がる検索語の出現、および「証左」、「証左のまとめ」に着目することが、検索精度を向上させる上で有用であった。また、適合度 I では「目的」と「標題」、適合度 I+IIa では「方法」、「証左」、「証左のまとめ」という検索語の出現条件を合わせて検索を行なうと、出現位置やカテゴリを指定しない検索と比べ、再現率を同じレベルに保ったままで、精度を改善することができた。

さらに、論文の一部を単位とした検索では、「証左」や「証左のまとめ」の文や段落内での検索語の共出現が一つの有用な手がかりになるが、文献全体の文脈を考慮し、「目的」や「方法」との関連を考慮すると、よりモレが少ない検索が可能となった。

一方、論文の一部を単位とした検索は、「必要な記述が含まれる文献を検索する」というよりも、「必要なことに関する記述を得る」ものであり、質問に対する解答を直接検索する「ファクト型」の検索に近いものとなる。しかも、提示された「ファクト」の妥当性を検討するのに必要な文脈を構成要素カテゴリを用いて提示することが可能であった。複数の文献中の部分を抽出して提示することにより、相互の比較が容易になるという利点もある。

これらは、文献の文脈を保持しながら、利用者のさまざまな要求に応じて、検索結果の柔軟な提示を考える一つの試みである。

### 5.2 今後の課題

今後の課題として、検索の絞り込みについては、「方法」に関する振る舞いについて、さらに多くの事例を検討する必要があるだろう。また、より柔軟で、論じられている内容に即した、結果の表示を考えるには、論文全体から見た役割の分析だけでなく、文内の構文の分析や文を構成する語句の意味論的な関係によるリンク付けなども必要になる。

さらに、このような機能構造を用いた検索方式を実用化するには、その前提として、構造の分析が自動化できるかということだけでなく、多くの人が共通に構造を認識できるということが重要である。

分析基準に従って論文の機能構造を分析した場合の分析者間の一致や分析の一貫性については、すでに、調べられている [20][31][38][39]。また、分析用のカテゴリを設定する際に、その文献の生産や利用に関わる人の意見の聴取 [31] や、執筆マニュアルなど [2][3][38] などを通じて、文書の種類に応じた典型的な構成に関する専門家の意見や指示を集約している。

しかし、情報検索への応用では、詳細な分析基準をしらない多くの利用者が共通に認識できる枠組みであることが重要である。井上ら [40] は、そういった観点から、新聞記事を例として、多くの人が共通に認識できる構造を調べている。筆者も、同様に、新聞の報道記事を対象として、多くの分析者が記事の機能構造や文内の構造を共通に認識できるか調べた [41]。今後も、ひきつづき、より多くの種類の文書や事例において、多くの人が共通に認識できる枠組みを検討する必要がある。

また、分析基準を精緻化したり、カテゴリの出現パターンを調べるには、図 1 に示した詳細な、階層構造を持ったカテゴリが有用であった。しかし、一般の利用者が用いるには、複雑すぎると思われる。実際に、情報検索にこのような機能構造分析を応用するには、本稿の試みのように、適宜、より上位のカテゴリにまとめて簡略化を計ることも必要だと考える。

### 謝辞

本稿を含む一連の研究の遂行にあたり、ご指導くださいました慶應義塾大学文学部の上田修一教授に謝意を表します。

本稿は、平成 6 年度文部省科学研究費補助金 (特別研究員奨励費) の成果の一部である。

注・参考文献

- [1] 神門典子, 「情報メディアの構造: 伝達内容の分析と利用」, *Library and Information Science*, No.30, pp.1-19, 1992.
- [2] 神門典子, 「構成要素カテゴリーを用いた情報メディアの内部構造分析の試み」, 慶大, 修士論文, 227pp., 1991.
- [3] 神門典子, 「構成要素カテゴリーを用いた原著論文の内部構造分析」, 情報処理学会研究報告 (92-FI-25), Vol.92, No.32, pp.39-46, 1992.
- [4] 神門典子, 「原著論文の機能構造の分析とその応用: C型肝炎論文を対象とした基本動向記述文の抽出とその前提としての構成要素カテゴリー自動付与の試み」, 図書館学会年報, Vol.40, No.1, pp.49-61, 1994.
- [5] 神門典子, 「複数領域における日本語原著論文の機能構造分析: 構成要素カテゴリーの自動付与」, *Library and Information Science*, No.31, pp.25-38, 1994.
- [6] Tenopir, C.; Ro, Jung Soon, "Full Text Databases", Greenwood Press, 1990. の推定によると Cuadra/Elsevier Directory of Online Databases に収録された全文データベース数とその全収録数に占める比率は, 1980年の25件(5%)から, 1989年の1,381件(34%)へと, 増加している。わが国で利用できる商用データベース数についても, 1982年度は, 書誌型, 抄録型などのレファレンス型データベースが322件, 全文型データベース(全文と他の情報の組合せも含む)が91件であったのに対し, 1992年度は, レファレンス型が1,068件, 全文型が2,255件と, 全文型の増加が著しく, 1992年度には, 絶対数でも, レファレンス型の2倍以上となっている。(1982年度の数值は, データベース白書1993. データベース振興センター, 1994. p.26による。1992年度の数值は, データベース台帳総覧. データベース振興センター, 1994. p.309より算出した。)
- [7] 「全文」データベースには, (1) 本文の文字部分をコード化して収録したものと, (2) 印刷物のページイメージを画像データとして蓄積したものがあるが, ここでは, 本文中の語で検索ができる(1)について論じる。
- [8] Blair, D. C., "Language and Representation in Information Retrieval.", Elsevier, Science Pub., 1990, 335pp.
- [9] 文中の自然言語による検索の統制語と比べた利点, 欠点については, 下記に整理されている。Aitchson, Jean; Gilchrist, Alan(内藤衛亮, 中倉良夫, 影浦峯ほか訳), 「シソーラス構築法」, 丸善, 1989, p.4. Tenopir, C.; Ro, Jung Soon, "Full Text Databases", Greenwood Press, 1990. また, 「検索参照時シソーラス」の導入や, 前方一致, 近接演算などのデバイスも, この問題の軽減に有用であろう。
- [10] Jacobs, P. S., ed., "Text-based Intelligent Systems: Current Research and Practice in Information extraction and Retrieval", Hillsdale, Lawrence Erlbaum Associates, Pub., 1992, 281pp.
- [11] Sackett, David L.; Haynes, R. Brian; Tugwell, Peter, "Clinical Epidemiology: a Basic Science for Clinical Medicine", Boston, Little Brown, 1985, 370pp.
- [12] Dillon, Andrew; Richardson, John; McKnight, Cliff, "Towards the development of a full-text, searchable database: implications from a study of journal usage", *British Journal of Academic Librarianship*, Vol.3, No.1, pp.37-48, 1988.

文献の機能構造を用いた全文データベース検索の試み

- [13] Kirsch, I.; Guthrie, J., "Adult reading practices for work and leisure", *Adult Education Quarterly*, Vol.34, No.4, pp.213-232, 1984.
- [14] 「文献の論理構造に基づく全文データベース検索システムの開発研究」, 平成4年度科学研究費補助金(試験研究(B))研究成果報告書(研究代表者: 猪瀬博), 学術情報センター, 1993, 158pp.
- [15] Macleod, Ian A., "Storage and retrieval of structured documents", *Information Processing & Management*, Vol.26, No.2, pp.197-208, 1990.
- [16] 野末道子, 「段落を対象とした日本語全文データベースの検索」, *Library and Information Science*, No.31, pp.79-94, 1994.
- [17] Paice, Chris D., "The rhetorical structure of expository text", *Informatics*, No.11, pp.1-25, 1991.
- [18] van Dijk, Teun A., "Macrostructures: an Interdisciplinary Study of Global Structures in Discourse, Interaction, and Cognition", Hillsdale, Lawrence Erlbaum Assoc., 1980, 317pp.
- [19] 平塚幸恵, 松村多美子, 吉田政幸, 「抄録の構成パターンを利用したキーワードの抽出: 民族学の論文を対象にして」, 書誌索引展望, Vol.17, No.3, pp.1-10, 1993.
- [20] Fuller, Sherrilynne Shirley, "Schema theory in the representation and analysis of text", Univ. Southern California, 1984, 189pp., Ph.D. theses, available from U.M.I. Order No.DA8500206.
- [21] 科学技術庁振興局管理課情報室編, 「科学技術情報流通技術基準 SIST-01 抄録作成」, 東京, 日本科学技術情報センター, 1980, 11pp., SIST-01-1980.
- [22] 原田隆史, 細野公男, 野見山浩, 諸橋正幸, 「抄録からのキーワードの自動抽出」, 情報処理学会研究報告(94-FI-33), Vol.94, No.37, pp.35-40, 1994.
- [23] Paice, Chris D., "Constructing literature abstracts by computer: techniques and prospects", *Information Processing and Management*, Vol.26, No.1, pp.171-186, 1990.
- [24] 倉田敬子, 神門典子, 「索引作成過程において索引作成者が用いる認知的枠組み」, 1993年度三田図書館・情報学会研究大会, 東京, 1993年10月.
- [25] 杉原寛子, 「抄録作成者の情報処理: 抄録作成におけるマクロルールの役割」, *Library and Information Science*, No.23, pp.63-75, 1985.
- [26] Samuels, S. Jay; Tennyson, Robert; Sax, Lynn; Mulcahy, Patricia; Schermer, Nancy; Hajovy, Halyna, "Adults' use of text structure in the recall of a scientific journal article", *Journal of Educational Research*, Vol.18, No.3, pp.171-174, 1988.
- [27] Allen, Bryce, "Recall cues in known-item retrieval", *Journal of the American Society for Information Science*, Vol.40, No.4, pp.246-252, 1989.
- [28] Buxton, A. B.; Meadows, A. J., "Categorization of the information in experimental papers and their author abstracts", *Journal of Research Communication Studies*, Vol.1, pp.161-182, 1978.
- [29] Milas-Bracovic, Milica; Zajec, Jasenka, "Author abstracts of research articles published in scholarly journals in Croatia(Yugoslavia): an evaluation", *Libri*, Vol.39, No.4, pp.303-318, 1989.

- [30] Hibberd, P. L.; Meadows, A. J., "Information contained in clinical trail reports", *Journal of Information Science*, Vol.2, No.3/4, pp.165-168, 1980.
- [31] Liddy, Elizabeth DuRoss, "The discourse level structure of empirical abstracts: an exploratory study", *Information Processing and Management*, Vol.27, No.1, pp.55-81, 1991.
- [32] Kircz, Joost G., "Rhetorical structure of scientific articles: the case for argumentational analysis in information retrieval", *Journal of Documentation*, Vol.47, No.4, pp.354-372, 1991.
- [33] 三池誠司, 小野顕司, 住田一男, 「文書の構造解析に基づく文書情報検索」, 情報処理学会研究報告 (93-FI-31), Vol.93, No.78, pp.39-46, 1993.
- [34] 三池誠司, 住田一男, 「文の意味役割解析に基づく全文検索」, 情報処理学会研究報告 (94-FI-34), Vol.94, No.76, pp.17-24, 1994.
- [35] 中本幸夫, 野上謙一, 矢島真人, 田野崎康雄, 「文書への意味属性付与のための意味辞書の拡張」, 情報処理学会第45回(平成4年度後期)全国大会講演論文集(3), 1992, pp.211-212.
- [36] 西村健士, 島津秀雄, 「特定表現の重点的解析による科学技術論文構造化手法」, 情報処理学会研究報告 (93-FI-29), Vol.93, No.39, pp.35-42, 1993.
- [37] 小西知己ほか, 「C型肝炎の診断と病態解析(5), 抗HCV抗体価からみたC型慢性肝炎の病態」, 臨床病理, Vol.39, No.6, pp.597-603, 1991.
- [38] Crookes, G., "Towards a validated analysis of scientific text structure", *Applied Linguistics*, Vol.7, No.1, pp.57-70, 1986.
- [39] 神門典子, 「構成要素カテゴリを用いた情報メディアの構造の分析: 言語表現に関する考察に基づく分析基準の再検討」, *Library and Information Science*, No.31, pp.39-49, 1994.
- [40] 井上孝史, 稲垣博人, 中川透, 「人間の認識特性に基づく時事情報からの情報抽出」, 情報処理学会第48回(平成6年前期)全国大会講演論文集(3), 1994, pp.101-102.
- [41] 神門典子, 「新聞の報道記事の構造: 索引作成作業と検索との関連から」, 書誌索引展望, Vol.19, No.1, pp.1-17, 1995.

研究論文

「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 -

Electronic Publishing Project by International Christian  
 University Library -A Report on Research Activity-

国際基督教大学 畠山 珠美

Tamami HATAKEYAMA

International Christian University

学術情報センター 橋爪 宏達

Hiromichi HASHIZUME

National Center for Science Information Systems

国際基督教大学 長野 由紀

Yuki NAGANO

International Christian University

学術情報センター 内藤 衛亮

Eisuke NAITO

National Center for Science Information Systems

要旨

大学図書館において、電子情報時代に対応した新しい機能が求められている。この新しい機能の一つとして電子出版を取り上げ、実際に、国際基督教大学において、教職員の研究業績を収録した「研究要覧」の出版を試みた。本稿では出版までの一連の作業行程を通して、大学図書館による電子出版における課題について考察するとともに、その可能性を検討した。

**ABSTRACT**

The university libraries are expected to increase their function and capability to meet the user needs in the electronic information age. International Christian University has undertaken a project of electronic publishing of Report on Research Activity of its divisions, departments, institutes and faculty members. Through discussion of training, editing and publishing process, the paper aims to explore possibilities for a university library to carry out a new function.

[キーワード] 電子出版、大学図書館、研究要覧、電子図書館、図書館サービス、国際基督教大学

[Keywords] electronic publishing, university library, report on research activity, electronic library, library service, International Christian University

「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 -

## 1 はじめに

コンピュータ、ネットワークの普及は、教育・学術情報環境に大きな変化をもたらした。もちろん大学図書館も例外ではない。大学図書館がこれまでのように書物を保管し、利用者に提供するだけの機能を果していたのでは、この電子情報時代に取り残されていくのは必須である。

大学図書館の存続は、様々なメディアをいかに利用し、新しいサービスを提供していくかにかかっていると言っても過言ではない。大学図書館の新しい機能は、情報発信者としての役割がその核をなすであろう。大学図書館における新しいサービスの例としては、OPACおよび大学独自のデータベースのインターネットへの公開、ネットワーク、CD-ROM等による電子情報の提供・編集、学内電子出版への支援などが挙げられるであろう。

ここでは、大学図書館の電子出版支援に焦点をあて、その背景から編集実務の状況、出版にいたるまでを報告すると共に、今後における課題および大学図書館のもつ新しい可能性について検討する。

## 2 背景

### 2.1 研究プロジェクトの設立

「はじめに」で述べたように、大学図書館がコンピュータを利用するうえで、目録、閲覧関係以外の業務への応用と新しいメディアへの対応が必要であるという一般的な認識があったことが、第一の背景であり、第二の背景は、学術情報センター共同研究「日本における国際書誌調整」にかねてから参画していた事情がある。第三に、学術情報センターの研究プロジェクトである「研究成果流通システムの試験開発」の中の一つの研究課題として、「ネットワーク上での大学図書館の展開あるいは情報技術と大学図書館」があり、1993年9月より活動を開始した。研究課題・方法の詳細は次の通りである。

#### 研究課題

- (1) 情報技術と大学図書館 (シナリオ)
  - (2) 個々の図書館の目的システムのオープン化
    - 2.1 NACSIS-CAT ほかのオープン化
    - 2.2 OPAC による大学 (および国) の内外へのアクセスの提供
- (3) 電子図書館・電子出版への大学図書館の可能性
  - 3.1 電子図書館サービスおよび学内におけるサービス (サーバ) の導入可能性の検討
  - 3.2 大学共同体における電子出版への支援
    - 研究者の研究目的の電子執筆支援
    - 学内の電子出版支援
    - 電子原稿の保存
    - 電子原稿の多様な探索と提供
- (4) 必要とされる図書館サービス (学術情報センターとしてのサービス) の発見
- (5) 経済的要因、標準化の効用の検討
- (6) 人材養成課題の検討

## 研究計画・方法

中規模の大学図書館を例とし、同等の規模の専門図書館、大都市の公共図書館、県立図書館などに応用可能なものとして、下記の実現可能性を技術的、制度的な側面から検討する。人間的側面についても検討する。

- (1) 図書館側の NACSIS-CAT システムのオープン化
- (2) 図書館側の目録データベースの OPAC 化
- (3) 電子図書館サービスの利用検討
- (4) 学内電子出版サービスの検討
- (5) 電子入稿支援サービスの検討
- (6) 電子原稿保存システムおよびサービスの検討
- (7) 研究成果データベース構築の検討

以上が研究計画の概要であるが、この研究対象である中規模の大学図書館として国際基督教大学図書館を選び、研究活動に参加することとなった。

## 2.2 大学内の動向

国際基督教大学においては、大学内の出版物の編集・出版業務は、各々の関係者が担当し、その業務体制は各係に一任されている。実際に取られている体制としては、その係で編集・出版業務を担当するか、あるいは印刷所に一括して業務委託するという2つに大きく分けられる。このように大学内においては、出版物の編集・出版業務に対する統一的な体制が取られていないのが現状である。

学内の各係で編集・出版全般を担当する場合、係毎に専門技術者の配置および機器環境の整備が必要となり、技術的、経済的な面で大きな問題がある。また、定期的な出版物の場合は、その管理、継続性にも課題を残していると言える。

このような現状を踏まえて、最近、学内の編集・出版業務の統一化の動きが活発になり、その担当係の候補として、図書館の名前が挙げられた。このような経緯により、図書館が学内における出版業務を行う試みとして、教職員の研究業績を収録した「研究要覧」の編集・出版を行なうことが決定した。

## 2.3 電子出版への取組み

学術情報センターの研究プロジェクトへの参加、そして大学側の学内出版に対する動きにより、本学図書館が電子出版業務に着手する運びとなった。

「電子出版」という言葉には、二つの意味が含まれている。一つは出版物制作の電子技術による効率化であり、もう一つは「メディア」に対する電子化である。出版物の制作は、ワープロ、DTPの普及により、大幅な省力化が図られ、編集作業が一般に開放されたといえる [1] (図1参照)。今まで印刷物が主流であった出版の世界において、CD-ROM・ネットワークなどの電子メディアによる出版も、徐々に一般化してきている。

今回の試験では、大学図書館の電子出版として、出版物の制作の電子化に着手することとした。編集技術の修得、機器環境の整備を準備段階として、編集・制作をコンピュータ利用により電子的に作業を進めることが具体的作業である。将来的には、今回のデータを利用して、「研究要覧」のネットワークによる公開を計画している。

「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 —

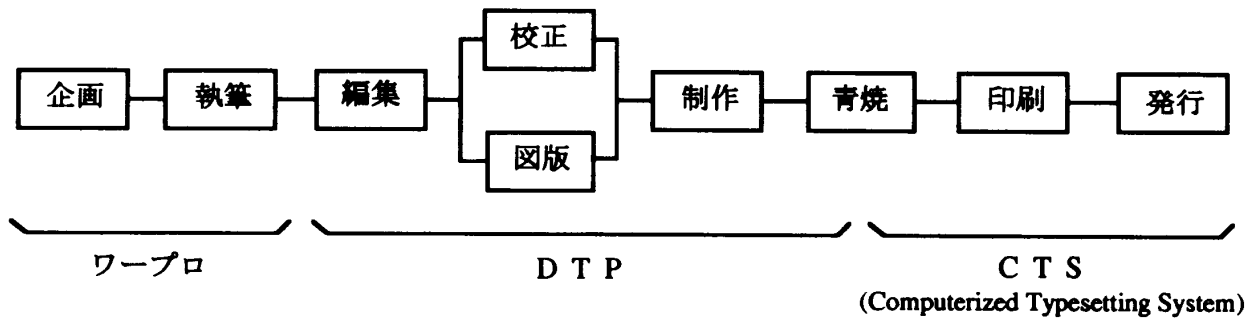


図 1 出版物制作の電子化

### 3 準備段階

#### 3.1 編集技術の選択

「研究要覧」は、今回第5版を出版するにあたり、どのような技術を選択するかを検討した結果、 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  による編集に決定した。

コンピュータによる編集システムは、処理形態によって大きく2つに分けることができる。印刷させたい文書の中に、書体や文字サイズ、印字位置などを制御するためのコマンドを挿入するバッチ方式 (troff、 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  など) と、字体やページレイアウトの変更結果が即座に画面上に表れ、出力結果がいつも画面に出ているという WYSIWYG (ウイジーウイグ) 方式 (例えば、Macintosh の Page Maker など) である [2]。

どちらの方式においても長所、欠点を持ち合わせているが、文書の論理的な構造が明示され、印刷上の体裁を統一する点では、バッチ方式が優れている。今回出版する研究要覧は、400 ページを超えるものになることから、スタイルの統一などをマクロに行なえる、大きな文書向きであるバッチ方式の  $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  を使用することとした。

#### 3.2 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ の技術講習

図書館内で  $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  に関する知識の保有者は、皆無に近い状態であった。そこで実務の前に、学術情報センターの環境を使用して  $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  の実習を行なうこととなった。

$\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  は、文書内にコマンドを挿入する方式をとるため、普段ワープロやパソコンのワープロソフトに慣れ親しんでいる者にとっては、理解に苦しむことが多くある。コマンドを修得することも容易ではないが、さらに、出力結果がすぐ画面に表れないことへの戸惑いが大きい。

ワープロとはまったく異なる編集技術を持つ  $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  に慣れ、基本的な技術の修得が今回の実習の目的であった。短期間の実習のため、 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  の全般に至るまでの技術修得は不可能であり、実習で補い切れない部分に関しては、実際に作業を進める段階で補足していくという体制をとった。ちなみに実習で使用したマニュアルは、Donald E Knuth 著の  $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  ブック [3] である。

#### 3.3 システム環境

$\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  を使用するというので、その環境を図書館内に整備することが必要となる。

国際基督教大学において  $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  プログラムは、学内で既に使用されており、コンピュータシステム管理部門である総合学習センターのホストコンピュータ (SUN SPARC server) にインストールされている。総合学習センターと図書館は、既にネットワーク接続されていることから、図書館に端末を設置することで  $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  の利用は可能となる。この端末として、学術情報センターの UNIX マシンを図書館内に仮設した。



また、総合学習センターは1993年にSINETとの接続が完了している。これにより、学術情報センターとのファイル転送、情報の交換がネットワーク経由で行なえることは、編集・出版作業の検証や評価を進める段階で大きな利点である。実際に、学術情報センターのフォント環境を、図書館の端末にファイル転送するなど、ネットワークの効用は多大であった。

#### 4 「研究要覧」の編集・出版

##### 4.1 スケジュール

「研究要覧」第5版は、1994年秋の刊行を目指して、94年2月の編集委員会発足から実際の活動が開始された。そのスケジュールは図2の通りである。

編集委員会は学務副学長補佐を中心として、教員8名と図書館員3名で構成され、毎月1回の開催とし、編集状況、問題点、今後の方針などを話し合う場とした。編集の実務は、図書館員1名と非常勤1名で担当する。

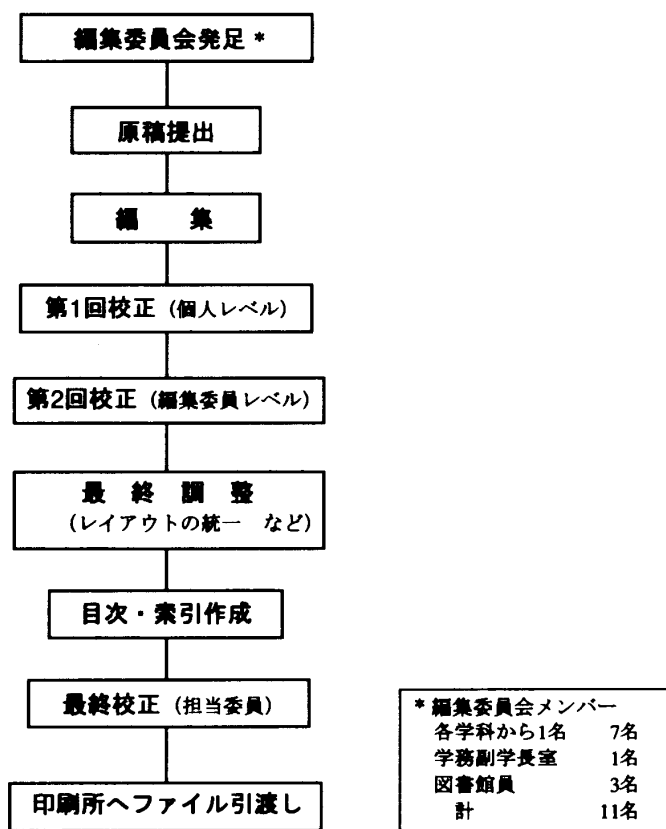


図2 編集作業スケジュール

##### 4.2 原稿収集

原稿はワープロ書きを原則とし、フロッピーディスクと印刷原稿のどちらも提出することを依頼した。収録する原稿は、教職員172名と、大学院4研究科、7学科、10の研究団体の業績である。

原稿の収集方法は、個人業績は各学科の編集委員が取りまとめ、その後は編集委員で担当を決めて行なうこととした。あくまでも原稿収集の責任者は各担当の編集委員とし、図書館が収集に関わることはない。原稿の提出締切は、3月末であったが、締切時点での原稿の提出状況は以下の通りで、その回収率は全体の約68%である。

「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 -

教員

125名 / 172名 約 75 %

大学院・学科・研究所

7名 / 21名 約 33 %

原稿は原則としてフロッピーディスクによる提出としたが、徹底度はあまり芳しいものではなく、数名の手書き原稿、ワープロ原稿のみの提出もかなり多く、全体の約 11% を占めた。これは原稿依頼から締切までの期間が短く、その期間が研究休暇に当たっていたため、教員は連絡が付きにくく、原稿の再提出の依頼ができなかったことが原因の一つと考えられる。また、原稿提出者に編集方法を説明し、フロッピーディスクによる提出の必要性を広く理解してもらうことも重要であったと考える。

作成に使用した機器であるが、パソコンが圧倒的に多く約 76%、ワープロの 6 倍以上である。これは、大学内の研究室へのパソコンの整備が起因していると考えられる (表 1 参照)。

表 1 使用機器一覧

機器の種類	<内 訳>	人 数	
パソコン	Macintosh	92	(76.2%)
	NEC	45	
	AT 互換機	10	
	小 計	147	
ワープロ	キャノワード	5	(12.4%)
	書院	3	
	OASYS	4	
	Rupo	8	
	文豪	4	
	小 計	24	
その他 (手書き、フロッピー未提出)		22	(11.4%)
合 計		193	

### 4.3 ファイルの統一化

#### 4.3.1 テキストファイル変換

表 1 からわかる通り、原稿作成に使用した機器は多種類にわたる。この各々のファイルをテキストファイルに変換することが必要となる。また、手書き原稿の入力、フロッピーディスクなしのワープロ原稿の読み込み作業も並行して行なわれた (図 3 参照)。

ワープロ原稿のみの提出の場合は、スキャナによる読み込みを行ない、文書ファイルに変換した。このスキャナによる読み込みは、原稿作成に使用した機器の種類、文字の出力濃度、紙の種類などの要因により精巧度が異なることから、読み込んだ後の元原稿との照合という作業が必要とされた。今回読み込みに使用した機器は NEC 製で、NEC 製のパソコンおよびワープロを使用した原稿の場合は、フォントが同一なことからはほぼ問題なく読み込みが可能であったが、それ以外の原稿は、「一 (いち)」が「ー (バー)」、カタカナの「ニ」が漢字の「二」に読み込まれるなど、詳細な部分までのチェックが必要であった。

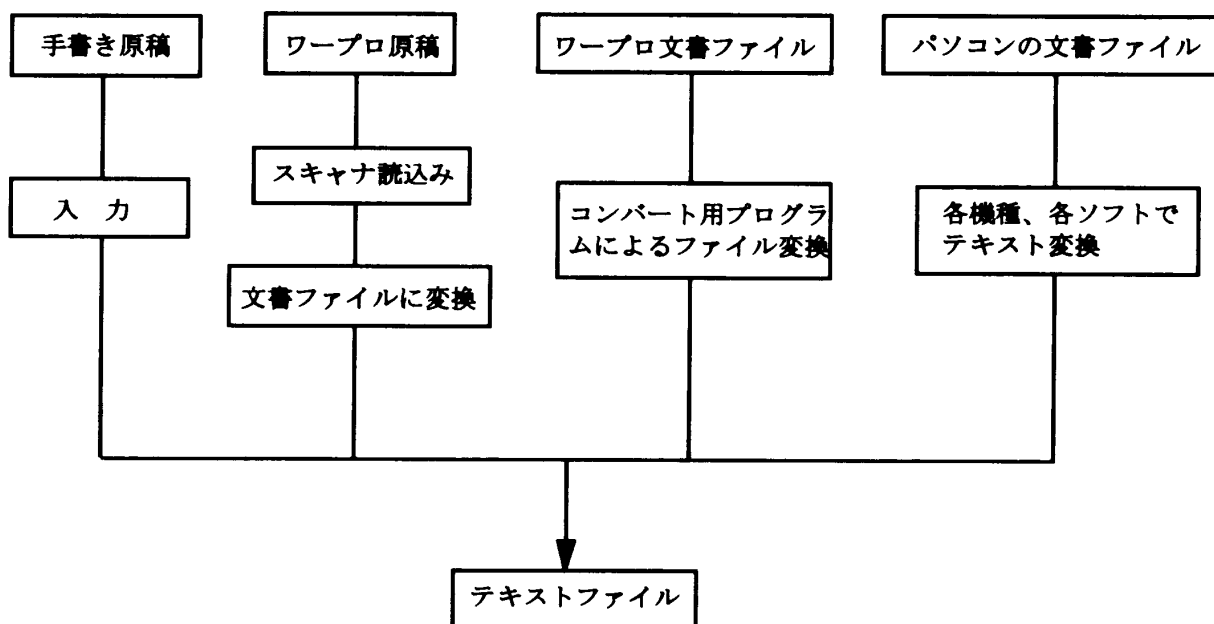


図3 テキストファイルへの変換作業

ワープロによるファイルの変換は、システムポート社(秋田県)の「コンバートスター」を使用した。このプログラムは、ほとんどのワープロ機種のファイルをテキストファイルにコンバート可能である。今回原稿提出に使用されたワープロに対しては、すべて変換可能であった。

また、パソコンによって作成されたファイルにおいても、各々の使用ソフトウェアのファイル形式で提出されたことから、テキストファイルへの変換作業が必要となる。

このように、ほとんどのファイルおよび原稿に対して準備作業が必要で、テキストファイルへの変換作業には予想以上の約半月を要した。これは原稿依頼時に、使用機種の制限ができなかったこと、テキストファイルでの提出の徹底がなされていなかったことに原因がある。このことは、今後原稿を依頼する時点での改善事項と言えよう。

#### 4.3.2 レイアウトの統一化

提出原稿ごとに、数字、カタカナにおいて全角・半角が様々であるなど、レイアウトにおいて、統一化が必要な点がいくつか生じた。今回の編集で統一した点をまとめると次の通りである。

(1) 数字

横書きの標準である半角に統一

(2) アルファベット

横書きの標準である半角に統一

(3) カタカナ

UNIXにおいては半角カタカナの表示はできないため、全角に統一する

(4) 句読点の統一

横書きの標準であり、前版でも採用したコンマ(,)、ピリオド(.)を使用  
(図書、雑誌のタイトルは、原文をそのまま登用)

(5) 外字の他文字への変換

その機種でのみ使用可能な文字や、独自で作成した文字は、他の文字で代用する。

「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 -

(6) ハイフンの統一

和文の著書、論文のタイトルなどで使用しているハイフンを全角に統一。

例 「... の課題 - いのちから学ぶ -」 → 「... の課題 -いのちから学ぶ-」

上記以外の箇所に関しては、原則として元の原稿の表現をそのまま用いた。

4.4 T<sub>E</sub>X による編集

4.4.1 T<sub>E</sub>X の概要

T<sub>E</sub>X の世界には、数種のファイル形式が存在する。文書ファイルにコマンドを挿入して T<sub>E</sub>X 用に作成したファイル、そのファイルを T<sub>E</sub>X で実行してできる dvi ファイル (device independent file)、T<sub>E</sub>X の実行時に参照するフォントファイルなどである (図 4 参照)。

実際のレイアウトは、T<sub>E</sub>X を実行して作成された dvi ファイルをプレビューすることで初めて画面に表示される。dvi ファイルを画面ではなく、プリンタのデバイスを指定することで印刷が可能となる。画面およびプリンタに出力の際にも、フォントファイルが参照される。

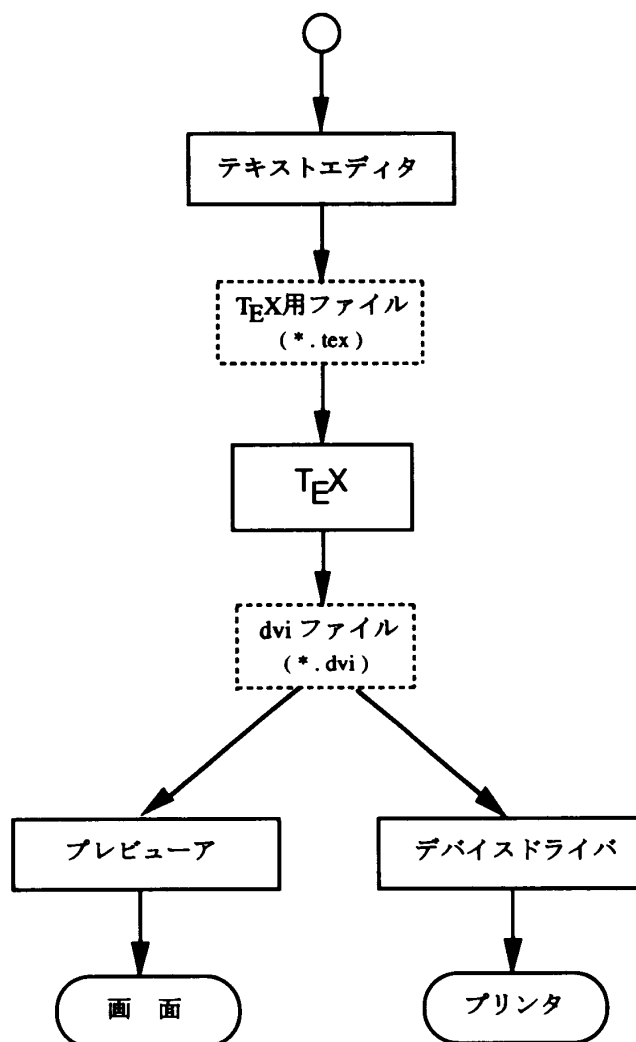


図 4 T<sub>E</sub>X の流れ図

#### 4.4.2 作業の流れ

実際の作業は、コマンドを挿入した  $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  用のファイルを作成することから始まるのであるが、その前に作業の簡便化を考慮して、ファイルの構造化、共通なルーチンとしてのマクロの定義などを行なう必要がある。

「研究要覧」のファイルは、膨大な容量になることから、 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  用ファイルをいくつか分割して作成した。個人データの学科別のファイル、それ以外は大学院、学科、研究所別のファイル、そして目次、索引等のファイルである。また、この各ファイルを結びつけるファイルとして、メインファイルを作成した。各ファイルの容量は、個人データ 約 476KB、研究機関データ 約 100KB、その他のデータ 約 23KB で、総ファイル容量は約 600KB、dvi ファイルは約 211KB である。

編集作業の簡便化をはかるために、 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  ではマクロと呼ばれる機能がある。見出しの位置、段落と段落の間の余白の設定など、繰り返し出てくる共通的なレイアウトの編集は、出来る限り共通ルーチンとしてマクロで定義しておく。

作成したファイルは、 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  を実行後、dvi ファイルをプレビューして実際のレイアウトを画面で確認する。修正が生じた場合は修正後、再度  $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  の実行とプレビューを繰り返す (図 5 参照)。

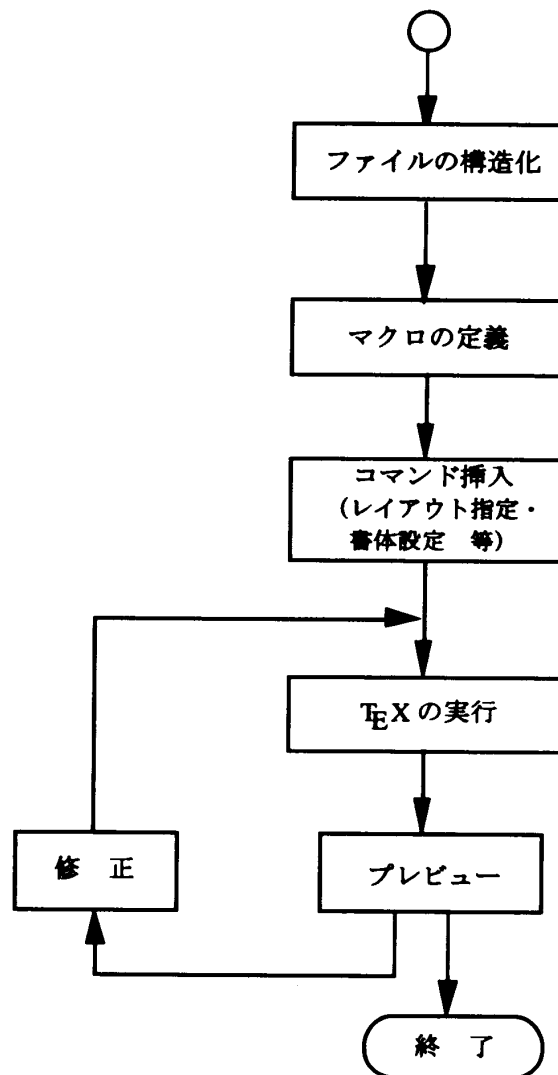


図 5 作業の流れ図

「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 -

#### 4.4.3 編集

TEXによる編集を簡単に表現すると、文書ファイルにコマンドを挿入して、TEXの実行用ファイルを作成することである。実際に作成したファイルの一部を図6に示す。

TEXには各種のコマンドが用意されている。しかし、単純なレイアウトの編集の場合は、使用するコマンドはごく一部であり、今回の場合もほぼ基本的なコマンドのみの使用で出来た。

校正までの第一段階としての編集作業は、ファイル変換等の事前作業も含めて約1か月を要した。編集の実務に携わったのは事実上1名である。実際に編集作業を進める上で痛感したことは、編集の知識・技術の必要性である。今回、TEXについては事前に講習を受けたが、編集に関する知識は、専門書、例えば日本エディタースクール出版の「校正技術」[4]を参考にした程度である。編集技術の修得は、次回への課題である。

```

%newtoks%footline%footline={%hss%tirm%folio%hss}

%headline={%ifodd%pageno{%hfil{%ninedm 大学院活動報告}}
%else{%ninedm 教育学研究科}%hfil}
%fi}

%leftline{%twelvedm 大学院教育学研究科}
%vskip%baselineskip
{%parindent 1zw
教育学研究科には教育原理専攻と教育方法学専攻の2専攻分野
がある。教育原理専攻には教育哲学および教育心理学の2専修
分野があり、教育方法学専攻には視聴覚教育法と英語教育法の2
専修分野がある。したがって、教育学研究科は合計4つの専修
分野に分かれて教育活動を行っている。

1992年4月以降1994年3月までの間の教育学研究科における学位
取得者数は下記の通りである。%par}

%vskip%baselineskip

%halign{%hfil%qqquad#&%quad%hfil#&%qqquad#&%qqquad%hfil#%cr
A 修士号&36名&教育哲学&6名%cr
&&教育心理学&2名%cr
    
```

図6 TEX 実行用ファイルの例

#### 4.5 出版

当初、出版は、TEXで作成したdviファイルを図書館内のプリンタで印刷し、印刷した原稿を印刷所に渡す予定であった。しかし、図書館に設置されているプリンタの解像度は400dpiと低いため、印刷の精度を考えて、dviファイルを先ず印画紙に出力し、最後に印刷を行なうというより精巧な出版技法を用いることに変更した。

出版に関する工程は図7の通りである。今回、印画紙出力を依頼した凸版印刷は、学術情報センターとネットワークで接続できることから、TEXで作成したdviファイルをファイル転送により印刷所に送った。印刷所では、このdviファイルを印画紙に出力後、実際の印刷を行なうという工程となる。印画紙出力による方式を取ったことにより、印刷の精度は前版までのものより高いものとなった(図8参照)。

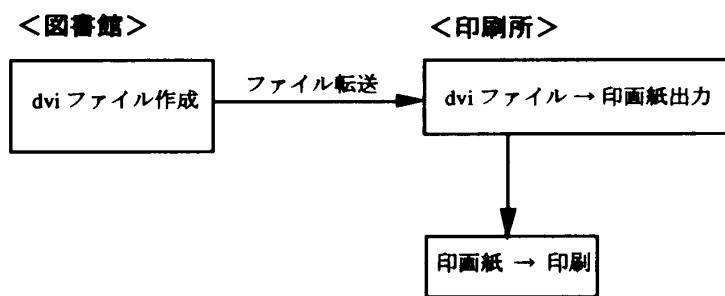


図 7 出版工程

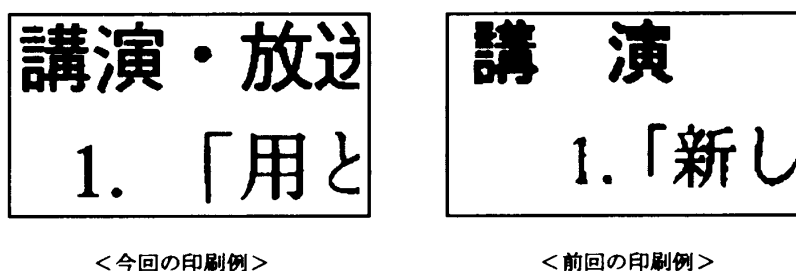


図 8 印刷の比較

「研究要覧」第5版は、原稿収集に予想以上に時間がかかり、予定から2か月遅れの11月末に完成した。これは原稿依頼時期が研究休暇期間に当たった原稿提出者との連絡が取りにくかったことが原因である。今後の課題として、原稿依頼時期、締切までの猶予期間の検討が挙げられる。最終的に、編集委員会発足から出版までに要した時間は約8か月、総ページ数はB5版で420ページである。

#### 4.6 ネットワークによる公開

電子出版の一連の業務として、最終的な目的は出版物の電子化である。今回行なった電子出版業務は、現時点では、編集までであるが、次のステップとして、ネットワークによる「研究要覧」データの学内および外部への提供を計画している。学内には図書館の端末で提供し、学生が授業の教員について知る資料とすることが決定している。

外部への提供としては、WWW(World Wide Web)への公開を検討中である。「研究要覧」をネットワークに公開した後は、定期的にデータの更新を行ない、最新情報の提供を目指すものである。

### 5 評価

いくつかの問題点は残されてはいるものの、大学図書館における電子出版は実現したと言える。今回のプロジェクトの意義として、次のことが挙げられる。

#### (1) 大学図書館としての新しい機能の実現

印刷物の管理、提供というイメージが強い図書館の機能であるが、今回「研究要覧の電子出版」に取り組んだことにより、大学図書館の新しいメディアに対応したサービスの可能性が広がった。このように、電子時代における研究活動、教育活動に大学図書館が関与していくことが、現在大学図書館に求められる新しい機能であり、この「電子出版」はその第一歩である。

「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—

## (2) マルチメディア展開

現在、出版物は多くの文字や画像情報が印刷媒体で供給されているが、これは紙の上で情報が蓄積されているにすぎない。しかし、これらの情報が電子化されることにより、いろいろな角度からの切口で加工することにより新たな情報に再生できる [5]。

今回電子化した「研究要覧」は、前項でも述べたとおり、WWWによる公開を計画している。TEXで作成したデータを、WWWのHTML(Hyper Text Markup Language)に変換し、ネットワークにのせることは簡単に行なえる。つまり情報を電子化することにより、電子メディアに適合した活用が可能となるのである。「研究要覧」の電子出版が、大学出版物の電子化を推進するきっかけとなるであろう。

## (3) 情報発信者としての大学図書館

今回図書館が大学内の出版に携わったことは、学内情報の拠点としての基盤が作られたといえる。今後、大学内の様々な情報を図書館に集め、大学独自の情報をネットワーク等の電子メディアを通じて外部に発信することにより、大学図書館の情報発信者としての位置づけを確立することとなる。

## 6 今後の課題と展望

今回の電子出版は、大学図書館のあり方を見直す機会をもたらした。今後、大学図書館が、電子出版を含めて新しい機能を果していく上で、クリアしなければならない課題を次に挙げる。

### (1) 業務体制の見直し

大学内の出版機能を図書館が担っていくとすれば、通常の図書館業務を行なった上、新しいサービスを始めるのには限界がある。大学内における出版機能の位置づけを明確にし、現在行なっている業務を見直し、簡略化、省力化も必要であろう。図書館に新サービスを始められる体制を作り上げることが重要であると考える。

### (2) 人材の養成

電子メディアの普及は、図書館を取り巻く環境に大きな変化をもたらした。実際に、図書館の電子情報への対応が緊急に求められている。館員においても、印刷物以外の情報資源に対する知識が必要となり、その情報を提供する技術の修得も伴う。館員一人一人の意識の向上が、サービスを有意義なものとする。

### (3) 財政的問題

大学図書館が今後、電子情報に関する新しいサービスを提供していくためには、コンピュータ機器の整備、通信費など、新たな費用が必要となる。しかし、現在の図書予算は、あくまで図書、雑誌などの印刷物に対する予算であり、電子情報は含まれていないのが現状である。電子情報の必要性は、今後益々高まっていくことが予想される。この電子情報の効用、コスト対効果を提示して、予算を確保することは、図書館が新たに取り組まなければならない課題である。

このように、大学図書館が新しい試みに取り組む前には、いくつかの課題がある。しかし、この壁を乗り越えて、大学図書館が新しい機能を果すことが、この変化の激しい電子時代を生き抜く鍵を握っていると言えよう。



大学図書館は、情報を提供するという本来の機能に加えて、情報の発信者としての役割が求められている。ネットワークの利用により様々な情報資源が世界中を飛び交っている現在、大学図書館は大学独自の情報を提供していくことが重要である。図書館が大学における情報の拠点になることが、大学図書館が目指す将来像であろう。

#### 参考文献

- [1] 白田耕作、「電子出版」、日本電気文化センター、1990、209pp.
- [2] 大野義夫、「T<sub>E</sub>X 入門」、共立出版、1989、260pp.
- [3] Knuth, Donald E.(鷺谷好輝訳)、「T<sub>E</sub>X ブック」、アスキー、1989、656pp.、電子出版シリーズ.
- [4] 鈴木兼吉、「校正技術」、日本エディタースクール出版部、1972、全4冊.
- [5] 平尾陽一郎、江成保徳、「電子出版」、丸善、1988、135pp.

研究論文

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

## A Logical Design of the Union Catalog Database on Database Server

学術情報センター 高須 淳宏

Atsuhiko TAKASU

National Center for Science Information Systems

日立ソフトウエアエンジニアリング 牧野 隆志

Takashi MAKINO

Hitachi Software Engineering Co., Ltd.

日立製作所 山田 清志

Kiyoshi YAMADA

Hitachi, Ltd.

学術情報センター 橋爪 宏達

Hiromichi HASHIZUME

National Center for Science Information Systems

### 要旨

本論文は、現在学術情報センターですすめている総合目録データベースシステムのデータベースサーバへの移行に関連し、総合目録データベースの論理的な設計について述べる。総合目録システムは、総レコード数が1千万件を越える大規模データベースシステムであり、データベースサーバ上で実現する場合、処理性能が最も大きな問題となる。本稿では、目録データベースのための1つのテーブル設計および索引設計を示し、実験的に作成したシステムにおけるトランザクション処理性能を示す。

### ABSTRACT

This paper discusses a logical design of the union catalog database which is presently considered to migrate to a database server. The union catalog system is a large database system which contains dozens of millions of records, and processing performance is the most crucial problem for the union catalog database on a database server. In this paper, we present a table design and an index design, and discuss its transaction processing performance on an experimental system.

[キーワード] データベース設計、関係データベース管理システム、データベースサーバ

[Keywords] database design, relational database management system, database server

## 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

### 1. はじめに

学術情報センターの総合目録システムは、日本全国の大学や研究機関等で購入される図書や雑誌の書誌情報を共有することで目録作成の負荷を軽減させることを目的としたシステムであり、現在大学図書館を中心に多くの機関で利用されている。総合目録システムは、開発以来10年あまりが経過し、この間、システムを取り巻く利用者および情報処理環境は大きく変化した。まず、目録システムの普及に伴い、年々システム利用者が増加し、目録システムに同時に接続する利用者数は、千数百人にのぼっている。目録システムは、現在、汎用計算機を用いて実現されているが、これまでの割合で利用者数が増加した場合、今後の汎用計算機の性能向上が追い付かないことが危惧されるようになってきた。また、グラフィカル・ユーザ・インタフェース (GUI) の普及にともない、利用者インタフェースの高機能化が必要になっている。さらに、システムの利用者である大学、図書館、研究機関で使用される情報処理機器の環境は大きく変化してきており、これらのシステムとの円滑な接続や高機能な利用者インタフェースの開発などには、ワークステーションを中心とした計算機環境でのシステム開発が不可欠となっている。

近年のワークステーションの処理性能の向上は目覚ましいものがあり、その処理能力は、近い将来に汎用計算機の処理能力を越えるであろうと予測されている。また、ワークステーションを中心とした計算機環境は、システムの相互接続性に加え、優れたシステム開発環境を備え、将来の学術情報システムの情報処理環境としても望ましいものとなっている。そこで、学術情報センターでも1992年よりシステム全体を新しい計算機環境上に移行するための検討を開始し [2]、1993年に総合目録システムのデータベースをデータベースサーバ上に移行するための研究開発プロジェクトに着手した。

総合目録システムは、数千万件規模のデータを有する大規模データベースシステムであり、データベースサーバへ移行する場合に、総合目録システムの各処理において十分な性能を出すことが最も大きな課題となる。データベースサーバのハードウェアの処理性能は、汎用機と同レベルに達しているものの、ソフトウェアも含めた総合性能という点ではまだ開発事例も少なく未知な部分が多い。現在、大規模データベースシステムを対象としたデータベースサーバ対応の関係データベース管理システム (DBMS: Database Management System) が各種提供されており [6]、多くの機関で大規模データベースシステムの構築が試みられている。また、その実現上の経験や問題点に関する報告もされはじめている [4][5]。総合目録システムに関しては、現在その性能についての検討を進めている段階であるが、本稿ではその論理設計の過程で検討された事項およびその結果を報告する。

### 2. 総合目録システムの概要

総合目録システムの中核をなす目録データベースは、大学の各図書館で作成された目録データを管理する総合目録データベース、目録データを作成する場合に利用される各種参照ファイルおよびデータベースや利用者の各種情報を管理するデータのテーブル群より構成されている。データの種類は、図書および雑誌の書誌情報、日本全国の大学図書館等における所蔵情報、統一書名典拠、著者名典拠、変遷マップの5種類で、同種類のテーブルはほぼ同一のテーブル構造を持っている。表1は、目録システムに格納されている各種データの平成7年1月現在のレコード件数をまとめたものである。

総合目録システムに対する処理は、オンライン系の処理とバッチ系の処理に分類される。オンライン系の処理では、図書館等で新規に購入された図書や雑誌の書誌情報登録状況の確認や書誌データ作成の参考とするデータの検索、新規図書の書誌情報や所蔵情報の変更、登録等が行なわれる。検索結果の表示には、簡略表示と詳細表示の2種類のモードがある。簡略表示は、各レコードの主要な情

表 1 総合目録システムの各種テーブルの規模

総合目録データベース			参照ファイル		
和図書	書誌	966,742	参照 LC MARK	洋図書書誌	4,535,883
	所蔵	10,358,697		洋雑誌書誌	642,014
洋図書	書誌	1,349,694		非文字書誌	268,147
	所蔵	5,698,506		洋書著者名典拠	2,725,315
和雑誌	書誌	78,171		洋書統一書名典拠	152,999
	所蔵	1,594,800	参照 JP MARK	和図書書誌	1,690,559
洋雑誌	書誌	125,835		和雑誌書誌	81,764
	所蔵	1,121,385		和書著者名典拠	2,725,315
著者名典拠		764,413	参照 UK MARK	洋図書書誌	1,447,514
統一書名典拠		6,001	参照 TRC MARK	和図書書誌	389,968
和雑誌変遷マップ		8,683	参照 GPO MARK	洋図書書誌	367,987
洋雑誌変遷マップ		12,885			

報を表示するもので、一度に 10 件程度のレコードが表示される。一方、詳細表示では、1 度に 1 件のレコードが表示される [3]。目録システムの検索では、検索条件を指定すると、システムは、まず条件に適合するレコードの総数を求め、その中から 10 件程度のレコードを適合件数と合わせて簡略表示する。利用者は、これらのデータをブラウズした上で、他の適合レコードを簡略表示したり、1 件のレコードを選んで詳細表示を行なうことができる。また各書誌レコードは、その書誌に関連した所蔵レコードとのリンクを持っており、所蔵レコードを参照する検索も行なわれる。したがって、目録システムのオンライン処理では、以下のようなトランザクションが処理される。

- 指定された条件でのレコードの検索と適合レコードの簡略表示データの抽出
- 1 件の詳細表示データの抽出
- リンクの参照
- 1 件の書誌および所蔵データの更新、挿入、削除

現在、これらのトランザクションは、1 秒間に約 20 件ほどおきており、挿入、削除、更新などの更新系のトランザクションは、1/5 程度となっている。

一方、バッチ系の処理では、以下に述べる総合目録データベースの時差更新、参照ファイル等の新規情報をデータベースにロードする定期更新処理、参加機関別の更新データの作成等の処理が行なわれている。それぞれ、一週間から一月に一度行なわれ、処理時間は数時間を要する。

現在の目録システムは、日立社製の汎用計算機 M-880/420 上に関係データベース管理システム XDM/RD 05-02 を用いて実装されている。このコンピュータには、2G バイトの主記憶と 6G バイトの拡張記憶が搭載されている。また、内蔵型データベースプロセッサ H-P6185-6 が装備されている。2 次記憶装置としては、66G バイトの磁気ディスク装置と 1.5G バイトの半導体ディスク装置が接続されている。

現在の目録システムは、標準的なデータベースサーバや DBMS にはない機能を用いて実現されている部分がある。データベース設計に影響する特殊な機能としては、繰り返しフィールドの使用、内蔵型データベースプロセッサと半導体ディスクの使用、時差更新処理の 4 つがあげられる。

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

書誌 ID	書名	著者名	親書誌	キーワード
1	学情システム	{ 猪瀬、山田 }	{ 学情、文化 }	{ 計算機システム、学術情報 }
2	図書館の電子化	{ 猪瀬、安達 }	NULL	{ 電子図書館 }

図 1 単純化された書誌データ

目録データベースで扱う書誌データや所蔵データには、フィールド値が集合となるものがある。例えば、書誌データとして図 1 に示されるように「書誌 ID」、「書名」、「著者名」、「親書誌」、「キーワード」の 5 つの属性よりなる単純化された書誌データを考えると、「著者名」、「親書誌」、「キーワード」などは集合値となる。

目録システムでは、このようなフィールドを繰り返しフィールドと呼んでいる。一般の関係 DBMS では、このような繰り返しフィールドを直接扱うことはできず、テーブルを分割することによって正規化する必要がある。正規化されたテーブルから書誌データを取り出すためには、一般に分割されたテーブルを結合して、データを組み立て直す必要がある。しかし、関係データベースにおける結合演算は時間のかかる処理であり、データベース設計の際には、処理性能とのトレードオフを考慮して正規化することが重要となる。現システムの DBMS は、繰り返しフィールドも扱えるように拡張されており、書誌レコードや所蔵レコードなどの実体がデータベースでも 1 つのレコードとして扱われている。データベースサーバへの移行では、繰り返し情報をなんらかの正規形関係で扱わなければならないが、この場合にもとのレコードを高速に組み立てることが性能上の大きなポイントとなる。

更新系のトランザクション処理は一般に多くの時間を要する処理であり、同時に実行される検索系のトランザクション処理性能にも大きな影響を与える。目録システムが設計された当時、コンピュータは現在ほどの処理性能を持っていなかったため、目録システムは、時差更新と呼ばれる特殊な更新処理方式を導入した。この処理では、各種テーブルと全く同じ構造を持つ更新処理専用のテーブルが用意され、更新(削除、変更、挿入)の行なわれたレコードはすべてこのテーブルで管理される。そして、更新されたレコードは、夜間のサービス停止時にマスターテーブルに反映される。その結果、更新系のトランザクションに影響されることなく検索トランザクションを処理することが可能になる。なお、新システムでは、時差更新を廃止し、即時更新を行なうことを計画している。

現システムのハードウェアの面での特徴は、内蔵型データベースプロセッサを装備していること、および、半導体ディスクを使用していることである。内蔵型データベースプロセッサは、ソートおよびマージ処理をハードウェアで高速に行なうものである。目録システムのオンライントランザクション処理ではレコードのマージ処理が頻繁に行なわれており、内蔵型データベースプロセッサはこの処理に利用されている。また、データベースのローディングでの大量データのソート処理にもこのプロセッサが使用されている。一方、半導体ディスクは、平均アクセス時間が 0.1ms で、メモリと磁気ディスクの中間のアクセス性能を持つディスクである。目録システムでは、このディスクを用いて更新処理のためのテーブルを管理している。

総合目録システムのデータベースサーバへの移行計画において課題となるのは、

- 標準的な関係データベースでの各種目録データの扱い
- 時差更新の廃止

であり、このような条件を満たした上で、現システムと同等の性能を有する総合目録システムをデータベースサーバ上で開発することにある。

### 3. データベース論理設計

本章では、目録データベースの論理設計に関連して、テーブル構造の設計、インデックス設計、クラスタ設計について述べ、その処理性能上の効果について議論する。

#### 3.1. テーブル構造の設計

目録データベースのテーブル構造を設計する上で繰り返しフィールドの扱いがもっとも大きな問題となる。繰り返しフィールドを含む関係は非正規形関係であるのに対して、通常のDBMSで扱うことのできる関係は第一正規形以上に正規化された関係である必要がある。非正規形関係を関係データベースで扱う場合は、正規化するのが一般的である。たとえば、図1の書誌データを第三正規形に分割すると図2に示されるように、4つのテーブルに分割される。

書誌ID	書名	書誌ID	著者名	書誌ID	親書誌	書誌ID	キーワード
1	学情システム	1	猪瀬	1	学情	1	計算機システム
2	図書館の電子化	1	山田	1	文化	1	学術情報
		2	猪瀬			2	電子図書館
		2	安達				

図2 正規形分割された書誌テーブル

テーブルを分割した場合の問題点は、データを再構成する場合に、各テーブルを結合しなければならないことである。結合演算は、コストの高い演算であり、実システムの設計では、更新処理に対する整合性を保つためのアプリケーション開発の負荷と性能のトレードオフを考慮して正規化することが推奨されている [1][4][5]。

目録システムの場合、分割された各テーブルはレコードIDで結合されるため、クラスタを使用することによってある程度の性能を出すことは可能と思われるが、各テーブルは多くのフィールドから構成されており、多数のテーブルの結合が必要になるため、高度な正規化は性能の観点から現実的ではない。表2は、各テーブルが有するフィールド数、第三正規形分割された場合のテーブル数、簡略表示と詳細表示のためのデータを構成するために結合されるテーブル数を示す。この表に示されるように、特に書誌データの場合には結合に必要となるテーブル数が大きくなる。

表2 目録データベースの正規形分割における分割テーブル数と結合演算数

データタイプ	書誌	所蔵	著者名典拠	統一書名典拠
フィールド数	100	20	34	30
分割テーブル数	26	8	8	6
検索フィールド数	31	11	12	6
結合テーブル数 (簡略表示)	43	7	19	18
結合テーブル数 (詳細表示)	95	19	30	28

目録データベースのテーブル構造では、分割されるテーブル数を少なくするために、1つのフィールド値を1つのレコードにするフィールド分割によるテーブル構造を考えている。フィールド分割では、基本的には、レコードID、フィールド名、フィールド値の3項の組合せでテーブルが構成される。目録システムでは、書誌や所蔵等のレコードの検索条件として使用されるフィールドは、

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

あらかじめ決められている。このようなフィールドを検索フィールドと呼び、それ以外のフィールドを表示フィールドと呼ぶことにする。目録データベースのフィールド分割では、元のテーブルを検索用テーブルと表示用テーブルに分割する。書誌、所蔵等のレコードはそれぞれ以下のテーブルで定義される。

表示用テーブル(レコード ID、フィールド名、順序、フィールド値)

検索用テーブル(レコード ID、フィールド名、フィールド値)

表示用テーブルでは、論文の著者のように繰り返しフィールドの値の順序も必要な場合があるため、レコード ID、フィールド名、フィールド値の3項に加えて、値の順序を表すフィールドも加えて、4項のテーブル構造とした。例えば、図1の書誌データは、図3で表される2つのテーブルに格納される。

表示用テーブル				検索用テーブル		
書誌 ID	フィールド名	順序	フィールド値	ID	属性名	属性値
1	書名	NULL	学情システム	1	書名	学情システム
1	著者名	1	猪瀬	1	著者名	猪瀬
1	著者名	2	山田	1	著者名	山田
1	親書誌	1	学情	1	キーワード	計算機システム
1	親書誌	2	文化	1	キーワード	学術情報
2	書名	NULL	図書館の電子化	2	書名	電子図書館
2	著者名	1	猪瀬	2	著者名	猪瀬
2	著者名	2	安達	2	著者名	安達
				2	キーワード	電子図書館

図3 フィールド分割された書誌テーブル

フィールド分割では、分割されるテーブル数を減らすことが可能になる反面、各テーブルのレコード数はおよそフィールド数倍となる。また、フィールド名もレコード件数とほぼ同じ回数繰り返しデータベースに格納されるため、ディスク容量の観点からも不利な点はある。しかし、データベースシステムの性能は、レコード数よりも結合テーブル数に対してはるかに大きな影響を受ける。従って、正規形分割の結果多くのテーブルが作られる目録システムでは、フィールド分割が有効と考えられる。なお、このようなテーブル構造の設計が可能なのは、目録システムの各テーブルが任意の非正規形関係ではなく、繰り返しフィールドを持つ非正規形関係、つまり、関係の再帰性のレベルが1であること、および、すべてのフィールド値のタイプが同じ文字型であることによる。

### 3.2. 索引とクラスタの設計

データベース設計では、予想される各種の問い合わせ処理においてアクセスされるディスクの物理的なブロック数が重要な要素となる。関係データベースにおいて物理的なブロックアクセスを低減させる方法として、索引とクラスタが用いられる。クラスタは、テーブルとクラスタキー(フィールドの集合)の組の集合として定義される。クラスタを定義することによって、各テーブルのクラスタキーの値が同一のレコードは、可能な限り同一の物理ブロックに格納される。従って、複数の関係に

分割された実体なども、書誌データの例のように結合するためのフィールドが固定される場合は、結合するフィールドをクラスタキーとして用いることによって結合性能を向上させることができる。

目録システムの検索処理では、基本的に数個の検索フィールドの値を指定することによって、その条件に適合するレコードの簡略表示を得て、その後に簡略表示されたレコード集合をブラウズすることによって、目的のレコードの詳細表示を得るという2フェーズの検索が行なわれる。このような処理は、総合目録システムでは、指定された条件にヒットするレコードのID集合を求めるサーチ処理とレコードIDからレコードの内容を取り出すフェッチ処理で実現される。サーチ処理で指定される条件は、基本的にはフィールド名とフィールド値の組で与えられる条件の論理演算で構成される。従って、検索用テーブルにフィールド名とフィールド値で索引を作成し、表示用テーブルにレコードIDで索引を作成することによって検索処理を高速に処理できるように思われる。

目録システムの場合、フィールド分割した場合の検索用テーブルのレコード件数は数千万件となるが、索引を作成した場合のB-Treeの深さは数段である。従って、索引ファイルの数個のブロックをアクセスすることによって条件を満たすレコードのアドレスを求めることができる。しかし、このように索引が設計された場合、レコードIDを求めるためにはテーブル自体にアクセスする必要がある。最悪の場合は、ヒットしたすべてのレコードが異なる物理ブロックに格納される可能性があるため、ヒット件数に比例した物理ブロックアクセスが生じ、その件数が多くなると、検索処理性能が悪化する。

そこで、索引にレコードIDも含めると、索引ファイルに対するアクセスのみでヒットしたレコードのID集合を求めることが可能になる。この場合、条件を満たすレコードの情報は索引ファイル上の物理的に連続したブロックに格納されるため、ヒット件数が多い場合でも高速に処理することが可能になる。

一方、フェッチ処理では、レコードIDの索引を用いてヒットしたレコードIDに対応する各フィールド値を表示用テーブルから求めることができる。ここでも、同一のレコードIDをもつレコードが別々のブロックに格納されてしまうと、フィールド数に比例したブロックアクセスが必要になるため、レコードIDでクラスタ化することによって効率の良い処理が可能になる。

更新系の処理について、まずレコードの削除を考える。削除では、同一のレコードIDを持つレコードを削除する処理が行なわれるため、表示用テーブルに加え、検索用テーブルでも、レコードIDでのクラスタ化が必要になる。その結果、表示用、検索用テーブルの1ブロックと、検索用テーブルの索引ファイルに対してフィールド数に比例したブロックのアクセスが必要になる。挿入処理もブロックアクセスの観点からは、削除処理と同様な処理が行なわれる。変更処理では、変更に必要なフィールドのみが対象となるため、検索用、表示用テーブルのブロックアクセスは、削除、挿入処理と同様であるが、検索用テーブルの索引ファイルのアクセスは、その他の更新処理よりも少なくなることが期待される。以上まとめると、索引は以下のように設計される。

表示用テーブル：(レコードID)

検索用テーブル：(フィールド名、フィールド値、レコードID)

一方、クラスタは以下のように設計される。

{ 表示用テーブル：(レコードID)、検索用テーブル：(レコードID) }



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

3.3. 性能測定

本節では、実験的に作成した総合目録システムを用いて測定したデータベースサーバ上の目録システムの処理性能について述べる。このシステムは、SUN Microsystems 社製の SPARCcenter 2000(6ways) に日立社製の磁気ディスク装置(RAID 5, 10GB × 2) とキャッシュディスク装置 (2GB × 3) を接続したハードウェア上に関係データベース管理システムとして ORACLE 社製の ORACLE 7.0.15.4 を用いて構成されている。

性能測定として、前節で述べた設計に基づいて構築された目録データベースに対する検索性能を測定した。性能測定に使用した検索問い合わせは、以下の形式の 3 つの等価条件の論理積で構成される。

$$field_1 = val_1 \text{ AND } field_2 = val_2 \text{ AND } field_3 = val_3$$

データベースシステムへの負荷として、目録システムのアプリケーションプロセスを n 個 (1 ~ 50) はほぼ同時に起動し、各アプリケーションごとに 100 種類の上記の検索問い合わせを順次行なわせ、各問い合わせの処理に要した実時間を測定した。

図 4(b) は、各条件に対してヒットしたレコード件数の度数分布を表している。また、図 4(a) と (c) は、それぞれ、アプリケーションプロセス数 (n) が 50 の場合の、各トランザクションの応答時間の分布、ヒット件数と応答時間の関係 (c) を示している。ヒット件数は応答時間に影響を与える重要な要因であり、本実験のトランザクションでは、ヒット件数に比例する処理が行なわれる。図 4(c) では、ヒット件数と応答時間には、弱い相関関係がみられるものの、同程度のヒット件数に対しては応答時間にかなりのばらつきがみられる。これは、おもに処理に必要なデータブロックがメモリ上に展開されている確率に依存しているものと思われる。

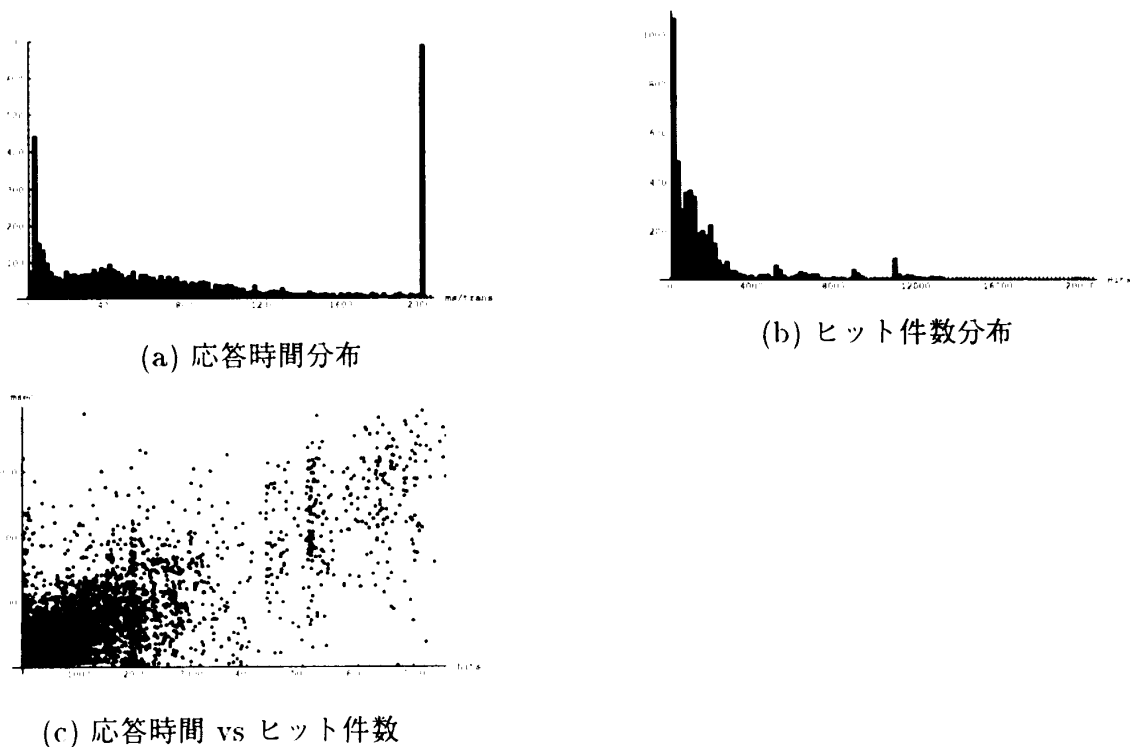


図 4 検索用テーブルの検索時間

また、図5は、プロセス数に対する平均応答時間、および1秒あたりのトランザクション処理能力 (tps) を表している。アプリケーションプロセス数がCPU数を越えた場合は、CPU利用率がほぼ100%となっており、CPUボトルネックとなっている。そのため、平均応答時間は、アプリケーションプロセス数がCPU数を越えた段階でほぼ線形に増加する一方で、トランザクション処理能力はほぼ飽和する。図5より試作システムは、目録システムのトランザクションに対して30～40tps程度の能力を要しているものと推測される。

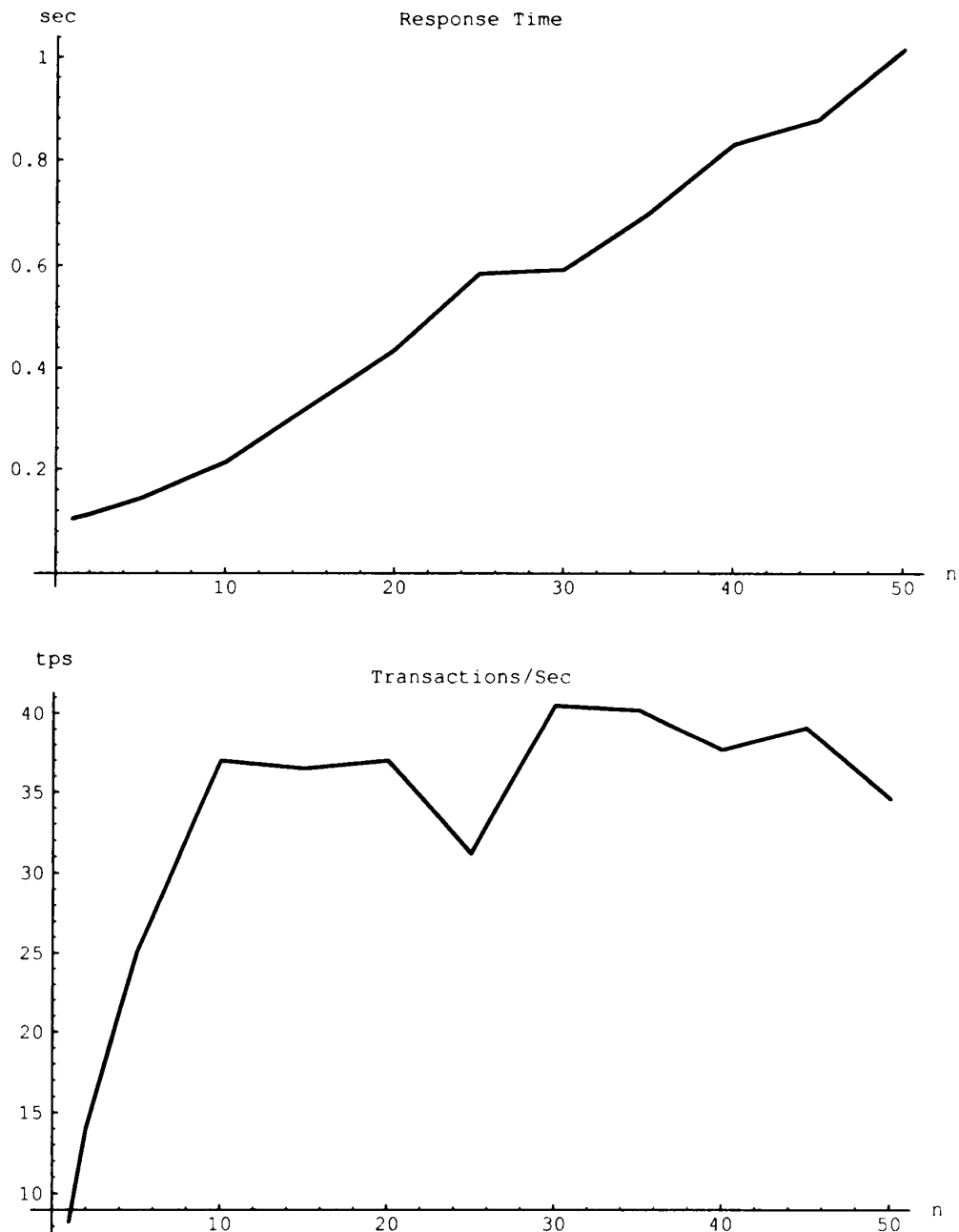


図5 性能測定結果

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

4. おわりに

本稿では、総合目録システムのデータベースサーバへの移行に伴い必要となる総合目録データベースの論理設計とおもに処理性能の観点からデータベースサーバ上での処理性能について議論した。現在は、論理設計の評価の段階であり、今後、物理設計をすすめることによって性能向上の余地が残されている。

本稿の段階での試作システムでは、おもに CPU 性能がトランザクション処理性能に対する主たる要因となっているが、データベースシステムでは、CPU 以外にもメモリ、バス、ディスクなどがトランザクション処理性能に大きな影響を与える。これらの要因が処理性能に与える影響は、メモリやディスクのサイズ、CPU の負荷の分散の程度などによって変化する。今後は、これらの要因を考慮したシステムの負荷モデルを構築することが重要となる。

実際のサービスについて考えると多くの検討課題が残されている。まず、現在の測定は、ロード直後の理想的なデータベースに対して性能が測定されているが、挿入、削除、更新が繰り返されることによってフラグメンテーション (関連するデータが物理的に離れたブロックに格納される現象) が起き、性能が劣化することが予想される。従って、更新処理の頻度とフラグメンテーションによる性能の劣化について検討する必要がある。

近年は、パラレルサーバ上でデータベースシステムの構築が行なわれるようになってきている。本稿では、6CPU のコンピュータを用いて実験を行なったが、今後はさらに多くの CPU で性能を評価しデータベース設計に反映させる必要がある。

また、現在の DBMS では、データのロードに非常に大きな時間を要しており、フラグメンテーションの問題と合わせて、ロード時間の短縮が運用上の大きな課題になるものと思われる。

謝辞

本データベースの設計では、学術情報センター安達淳教授に貴重な指針、コメントを頂きました。また、総合目録システムについては、学術情報センター宮澤彰教授に御指導頂きました。深く感謝致します。

参考文献

- [1] Corrigan, Peter; Gurry, Mark, "ORACLE Perfomance Turing", O'Reilly & Associates, 1993.
- [2] 学術情報センター研究開発部, 「学術情報センターのサービスシステムの将来計画」, 1993, 内部資料.
- [3] 学術情報センター編, 「目録システム利用者マニュアル」, 学術情報センター, 1975.
- [4] 情報処理学会編, 「データベースシステム研究会報告」, 情報処理学会研究報告, Vol.94, No.44, p.62, 1994.
- [5] 増永良文他, 「ダウンサイジング時代のデータベース」, *Computer Today*, No.60, pp.5-41, 1994.
- [6] 中村正弘他, 「UNIX 用データベース管理システムの最新動向」, 日経コンピュータ, 別冊ソフトウェア, pp.20-134, 1993.

論説

常用者のための日本文入力法の基礎的研究について

On the Basic Research of Japanese Input Methods for Extensive Users

学術情報センター 山田 尚勇

Hisao YAMADA

National Center for Science Information Systems

yamada@nacsis.ac.jp

要旨

ワープロが普及し、常時活用する者が増えるとともに、かな漢字変換などのわずらわしさを嫌って、「直接」入力法に関する関心が高まっている。本稿ではかつて筆者たちが行なった2ストローク入力法についての、約10年まえの紹介の自後経過をまず報告し、次いで当時から問題であった、技能習熟訓練を普及させる努力の現状と、特に小中学生からの習熟に欠かせない、人間工学的に配慮された小型キーボードの開発の必要性について述べる。最後に、変換入力法における文字使いをもつと知能的に改善する方略と、ローマ字入力におけるつづり方の統一について考察する。なお付録として、アメリカ合衆国ミネソタ州における、キーボードの使い過ぎによって起こったとする手の異常に対して起こされた損害賠償請求裁判の経過の速報と評価をつけてある。

ABSTRACT

Because of the complexity of Japanese writing system using many thousand of logographic characters even for daily documents, commercially produced Japanese word processors have been relying on phonetic-to-character conversion systems from the phonetic input entry on regular (typewriter-like) keyboards. However, as word processors became quite common and are extensively used, the statistical nature of the conversion system is considered annoying and stressful by many, on account of common appearance of homophones in the language. And, although still limited, there is some renewed interest in the "direct" character input methods based on some unique character coding on regular keyboards.

This note starts off as a sequel to the survey report of a decade ago on our study of coded input methods, and then moves on to review the efforts expended by the society on the input skill acquisition by all, specially from the time of their youth, together with the accompanying necessity of supplying smaller and ergonomically designed keyboards. Finally, the note proposes more intelligent approaches to the phonetic-to-character conversion algorithms, beyond the presently commercially supplied word processor software, and also to the standardization of romanization for phonetic input methods.

As an Appendix, a short summary and assessment is included of the recent trial in a State of Minnesota district court, which is of a law suit for compensation against occupational injury

常用者のための日本文入力法の基礎的研究について

purportedly caused by keyboard operations.

- [キーワード] 技能習得、表記法、かな漢字変換、キーボード、日本文、人間工学、入力、ローマ字入力、2ストローク入力、ワープロ
- [Keywords] skill acquisition, writing system, phonetic-to-character conversion, keyboard, Japanese, ergonomics, input, coded input, direct input, word processor

## 目次

要旨	73
1. 日本語の表記法と入力問題	75
2. 無連想式コード入力法の見直し	77
3. 入力処理ソフトの高度化を追いかける、入力技能の習得訓練法	81
4. キーボードに関する諸課題	85
5. 職業病対策を考慮したキーボードと国際規格	87
6. 変換入力にあたってのワープロの文字使い	90
7. ローマ字入力時の表記について	93
8. 国際的視野	97
謝辞	98
参考文献	99
付録：アメリカにおけるキーボード障害裁判の速報と技術的評価	102

Now that we have lost the sight of our objective,  
let us redouble our effort.  
— a cynic's quip —

## 1. 日本語の表記法と入力問題

アルファベット表記法の使われている欧米においては、1874年に工業的製造の始まったタイプライタが、遅くとも今世紀初頭にはよく普及していたのに比べて、日常の使用においてさえ2000ないし3000字の漢字を必要としている日本の場合には、清書機としての和文タイプライタが、オフィスには数十年遅れて導入されたものの、社会におけるその機能は、欧米におけるものとは大幅に異なっていた(Yamada 1980[37] 参照)。

第2次大戦後のエレクトロニクスおよび、その中心的応用産物としてのコンピュータの急激な進歩に伴い、日本文ワードプロセッサの商品化が1978年になって始まったものの、その開発の主力はいかにして日本語の複雑な表記法の入力をコンピュータによって「簡略化」し、克服するかに注がれた。しかし熟練作業としてのタイプ作業、すなわちタッチタイプの本質に関する基礎研究などは、たいして注目されることなくして過ぎてきた。

その裏には、日本では女性をみっちり訓練し、専門的職能を身につけさせてから、男性と同格の立場で企業体の組織に組み込むという意識が希薄で、その結果、今だに男性優位の社会構造があることは否めないであろう。同時に、国際的批判があるにもかかわらず、そうした日本の社会構造は人間中心の生産体制(Clematide 1994[4])の究極の帰結でもあると思われ、また日本の工業の成功や社会の平穏と密接に結びついているものであるから(Yamada 1991[43])、にわかには排除できる性質のものでないむずかしさがある。

それでも、ワープロ製品が導入されて約15年を経て、その使用に熟練した人たちの人口がかなりの数になったいま、現在もっとも普及している、かな(あるいはローマ字)漢字変換入力にまつわる作業の繁雑さに疑問を持つ人たちの数もまた増えてきている。すなわち、変換作業に関わるファンクションキーの使用、さらには同音異義語の選択に伴うキー入力操作の乱れや、それに付随する、視線の表示画面へのしばしばの移動などが起こす、入力作業のリズムの中断はもちろん、創作タイプにおいては、そうした補助的な作業が頭の中での文章作成作業をも中断し、思考過程への干渉をもたらすことなどのわずらわしさが、ひいては長時間作業中のストレスを起し、精神的圧迫感を与えることなどに対する反省である。

その根源には日本語が漢字かな混じり文という複雑な表記法をとっていることがあることは言うまでもない。本稿においてこの漢字が問題となるのは、日常におけるその必要数が数千の規模であるということにあるのは明らかであるが、そのほかに、やたらに同音異義語が多く、しかもすでに現在では実験心理学的に確立されている事実であるが、文章を読んだり書いたりするときに、われわれの頭の中で起こる文字の認知過程が、主として漢字の音韻に頼っているということから起こってくる、同音異義語の混同の見落としの問題がある。

漢字が直接語を表わす表語文字(logogram)であるという単純な考えでさえ、現在では文字学的、言語学的に否定されつつあるにもかかわらず(たとえば Unger and DeFrancis 1994[36])、18世紀にヨーロッパで考え出された、もっと極端な、漢字は発音と独立に、形だけから直接に意味を伝えることのできる表意文字(ideogram)であるという考えは、その後アジアに逆輸入され、いまだにそれ

常用者のための日本文入力法の基礎的研究について

が表意文字神話 (ideographic myth) として多くの人びとに信じられている (AAS 1995[1])。

しかも最近では、フランスの構造主義以後の文芸理論 (post-structuralist literary theory) のチャンピオンである、たとえば中国語も中国社会もよく知らないデリダ (Jacques Derrida) などによって 1960 年代に言い出された、アルファベットが抽象的で民衆から離れた冷たい存在であり、官僚主義の権化であるのに対して、漢字は自然に近く、詩的であり、民主主義的であるといった観念論までまことしやかに流布され、言語を社会システムのモデルとすることがひとつの文芸運動とさえなっている (たとえば Erbaugh 1995[6] 参照)。

とにかく、漢字書き中国文を読んだり理解したりするときに、話しことばを抜きにしては意味が伝わらないことは、すでに台湾出身の心理言語学者 Ovid J. L. Tzeng (曾志朗) 教授一門の、1970 年代からのアメリカにおける精力的な実験研究によって実証されている。さらに日本語の場合についても、たとえばホロデック (Richard A. Horodeck) 博士の実験研究によって、漢字の意味を理解するときにも、また書くときにも、脳における意識下の処理過程において、その表現する音声言語が決定的な役割を果たしていることが明らかにされている (Horodeck 1987[8])。

すなわち、ほとんどの場合に無意識であるにもかかわらず、われわれの頭の中における漢字の認知処理がこのように音声言語主導で行なわれているがために、発音が同じであると、書くときに同音異義語による置き換えの誤りがよく起こり、またかな漢字入力を行なうときに、同音異義語による置換誤りを見逃しやすいことがホロデック博士の研究によって決定的に証明されたのである。

実はこれは入力処理においてわれわれが常に経験していることであり、わずらわしく、ストレスを高めているばかりか、出来上がった文書の校正読みるときに、しばしば入力誤りを見落とす原因ともなっている。

このかな漢字変換入力が、全くの初心者でも、曲がりなりに始めから何とか使えるのに対して、初期にみっちりとした技能習熟訓練は欠かせないものの、そのあとではそうしたかな漢字変換入力にまつわる欠点を持たず、半ば大脳皮質による反射作業となる、真に自然で楽な日本文入力法として、漢字に一定のコードを割り当て、そのコードによって直接に入力する「コード」入力法がある。(これは稀に出る漢字を JIS コードによって入力することとは全く別のものである。)

このコード入力法にも、コードの決め方の違いによって、大きく分けると、連想式と無(連)想式 (=反射式)、それにその中間の方式ぐらいの 3 種類があり、その上そのおのおのにおいても、またいくつかの方式が使われている。そのどれもが、主要漢字をキーの 2 打によって入力するので、一般には「2 ストローク入力法」と総称されているようである。

かつて 1974 年ごろから約 15 年ほどにわたって筆者たちは、東京大学において、専任タイピストに向けた、これらの 2 ストローク入力方式の研究を行なった。その結果、中でも一見いちばんむずかしそうに見える無連想方式が、実はそれほどむずかしくもなく、かつ人間の本性にもつと適しており、しかもコードの決定における自由度が高いぶんだけ、指の使い方がより合理化できるものであることなどが分かった (Yamada 1983[38])。

この直接的な入力法については、いまでも一般にはあまり知られていないが、筆者たちの用いた「T コード」以外にも、たとえば豊橋科学技術大学における「TUT コード」(大岩元、高島孝明、三井修 1983[28]、大岩 1986[26]、1990[27] 参照) を始めとする、多くの基礎研究や開発が行なわれてきた。その結果、かつて T コードあるいは TUT コード入力法の研究に携わった人たち、およびその周辺にいた人たちの中には、その後も文書作成や電子メールに 2 ストロークコードを活用している者がけっこうあるらしく、現在ではその人たちから広がった同好会とでも呼ぶべきものが結成

され、広い地域にわたって情報交換行なっているようである。(電子メール連絡アドレス tcode-ml@is.s.u-tokyo.ac.jp)

この無連想式の漢字コードの一つである T コードによる、筆者たちの日本文の入力法に関する研究については、約 10 年まえにその途中経過を紹介したことがある(山田 1984[39])。(次節はその続きとして書かれるものであるから、次節を読まれるまえに、まずそれを一読していただくことが望ましい。しかしそのあとの節はほとんどそれぞれ独立である。)

以下では、まずこの研究のその後の反省について述べ、次いで日本文の入力技能習得に関わる一般的考察をなし、そのあと本当に使いやすいキーボードの在り方について焦点をあてる。次に、現在もっとも一般化しているかな漢字変換入力法における文字の使い方の改善についての提案を示し、最後にいま使われているローマ字漢字変換入力法についての評価を行なうことにする。なお、かな入力、ローマ字入力ともこれら変換入力法についての記述はかつて山田(1994b[45])の付録として書いたものを今回書き改めたものである。

本稿は、いかなる問題に対しても、まずその問題の原点に立ち返り、その問題の本質を明らかにした上で、問題解決の最適解を求めるという立場をとって書く。しかしながら日本文化では、問題の本質に立ち返り、抜本的に取り組むという姿勢を嫌うという性向がかなり強く、とかく小手先の技術に頼った対症療法で済まそうとすることが多い。

それゆえ、日本の現状と本稿で示す方策の基となる理念とのあいだにはかなりの解離があり、本稿で提案している事項の中には、現実離れをしていると思われるものもまま見いだせるであろう。

にもかかわらず、今われわれが直面している問題に対処するためには、まず根本に立ち返って基礎的な理念を明らかにしておかなければ、することなすことの客観性は明らかになり得ないであろう。したがって本稿では、必ずしも即時的な対策やその結果の速効性を期待できないような事項についても敢えて記し、諸賢のご参考に供したいと思う。

## 2. 無連想式コード入力法の見直し

無連想式についての前記の一文(山田 1984[39])が書かれたときには、すでにカナ漢字変換による日本文ワープロが商品化されてから約 5 年経っていたが、すでに述べたような、その使い勝手の悪さや、英文タイプライタの使用に比べると精神的ストレスが高くなることのゆえに、われわれの研究はまだ続けられていたし、その将来性についても、かなりの期待を持っていた。

それからさらに 10 年が経ち、いまでは日本文ワープロの使い勝手も少しは良くなり、いろいろな機能も充実し、かつ価格の極端な低下もあって、大幅の普及をみている。また通常のオフィスにおける、一般の入力方式としても、かな(あるいはローマ字)漢字変換入力法が他の入力法をほとんど駆逐してしまった。一時は一部において商品化された、異なる漢字コードによるいくつかの 2 ストローク入力方式も、現在のワープロでは全く装備されなくなり、いまでは 2 ストローク入力方式は、その高能率、低誤謬率が買われて、わずかに入力業務専門の企業の一部においてのみ実用化されているだけになった。

したがっていまとなつては、10 年まえにおける筆者たちの研究の自己評価は的はずれの楽観論に基づいたものであるかにみえ、そのいまでさえ 2 ストローク入力方式にこだわるのは、現実の世界を離れて理想の夢を追うドンキホーテ的行動として、眼に写るかもしれない。

筆者たちも、無連想式コードによる入力法の研究そのものは、もう 5 年ほどまえにやめてしまっ



## 常用者のための日本文入力法の基礎的研究について

ている。しかし、筆者たちの実装した、無連想式 T コードによる入力法の技能を約 8 年前に習得した女性秘書の一人は、途中約 3 年間にわたる全くの空白期間において 3 年前に復帰したとき、ほとんどすぐさま再び入力作業につくことができ、それから現在まで、秘書としてずっとその作業を非常に高能率で続けている。

特筆すべきことは、秘書としてのあらゆる業務のうち、かな漢字入力を使っているほかの秘書たちが入力作業を一番避けたがるのに反して、この女性はほかの仕事に比べて入力作業にもっとも熱心であり、かつ楽であると言いきっていることであろう (山田 1984[39]、1988[40] 参照)。しかも彼女は、状況の制約によって、別のところではかな漢字変換入力をも駆使しているのであるが、その低能率と同音異義語の問題とに不満を感じている。

このたび電子協から、かつて筆者たちが行なったこの入力法の研究についての講演を依頼されたおりに (山田 1994c[46])、10 年前に書いた、上記の古い解説 (山田 1984[39]) を読みかえてしてみた。研究課題として、無連想式コード入力法が、あるいはもう時代遅れになったものと言えるのではないかと思って読み始めたのであるが、予期に反して、入力法の研究課題としては、いまだに十分通用するものであると思える案件が、数多く述べられているのは、筆者にとってさえ意外であった。

とは言っても、この 10 年のあいだに、入力方式に対する世間の意識に大きな変化があったし、またわれわれの実験も、その後は当時予期しなかった道をたどった。

この 1984 年の解説においては、熟練したタイピストが無連想式コード入力法において日本文入力の作業をするときの脳の使い方を調べるために、作業中のタイピストの脳波のうち、 $\beta$  波 (13 ~ 30Hz) を指標として用いた試みが述べてある。しかしその後は、タイピストが作業に熟練すればするほど、 $\beta$  波の出力電位が減り、それにもなまって右半球と左半球とのあいだの出力の差が小さくなってしまい、しかも  $\alpha$  波 (7 ~ 13Hz) 出力の大幅な増大が見られて  $\beta$  波出力をマスクしてしまうので、指標として  $\beta$  波がうまく利用できなくなり、筆者たちはこの筋にそっての研究を断念してしまったのである。

その後 Oohashi ら (1991[22]、大橋他 1993[25] 参照) は、音楽の中の非可聴高周波成分の有無が、被験者によって認知できないにもかかわらず、脳波中の  $\alpha$  波成分を測定することにより、非可聴高周波数成分が、一般には快感、満足感、静謐感の指標である  $\alpha$  波の出力を増大させることを見だし、かつ、同様の手法が、視覚刺激の効果の一般的評価法の一つとして、特定の場合には有効になることを報告している (大橋・不破本・仁科 1992[23]、大橋・仁科・不破本 1992[24] など)。

開眼時の脳波では、視覚的刺激に誘発される  $\beta$  波成分が活性化し、それによって  $\alpha$  波成分は抑制 (blocking) を受けるために、 $\beta$  波成分に対比すると、 $\alpha$  波成分は脳の活生状態の指標としてはまず使えないというのが、脳波を医学上の臨床に用いている当時の専門家たちの定説のようであった。しかし大橋らの研究は、適当な実験条件のもとでは、ある種の視覚刺激のあるときでも、脳の活動状況の指標として、 $\alpha$  波成分が有効に利用できることを示した点に大きな意義があろう。

入力作業中の脳波を測定した筆者たちの実験においては、日本文を無連想式コードで入力した日本人被験者たちの場合、約 1 年の技能習得訓練を経た時点でとったデータは、数年間実務についていたアメリカ人の英文タイピストたちのものと似た脳波の電位分布パターンを示し、右半球の  $\beta$  波が優位であった。しかし眼や首など、周囲から来る筋肉電流 (筋電) は、実験条件のもとで、アメリカ人の場合には、ほとんど完全に自分で抑制できていたのに、日本人のタイピストの場合にはかなりの筋電が見られ、データからこのノイズを除去するのに、実験には細心の注意が必要であった。

以後アメリカ人の被験者については、帰国など、かれらの都合によって再度の実験ができなかつ

たが、日本人の被験者の場合、さらに1年たち、訓練開始後約2年目に行なった再測定では、この1年間に入力スピードではほとんど増加がみられなかったが、筋電ではアメリカ人の被験者の場合と同じように、ほとんど消滅してしまっていた。しかしそれと同時に、先にも述べたように、 $\alpha$ 波の電位が増大し、 $\beta$ 波は右半球といえどもほとんど出なくなってしまう。

これらの事実から、一つの推定ないしは仮説が可能である。

すなわち、ベテランの英文タイピストがかなりの $\beta$ 波を残していたのに、よく習熟した日本文の無連想式タイピストの脳波から $\beta$ 波が消えたことについての解釈である。英文タイピストの場合、タイピングはアルファベットのパタンから、やはりもう一つのパタンである、キーボード上のキーの空間位置への写像、すなわちパタンからパタンへの変換ではあるものの、アルファベットつづりの単語はかなりの音声情報をも顕示しているから、この場合、言語情報処理は他の純粹パタン情報処理よりも意識にのほりやすいということがあって、そうした音声情報からキーの空間位置情報への変換が、ある程度は右半球によって意識的に行なわれていると考えられる。それに対比して、日本文の無連想コード入力では、文字のパタンからキーボード上でのコード(つまり空間パタン)へという、一つのパタンから他のパタンへの、相対的には純粹なパタン変換のみが行なわれ(Yamada 1983[38]、山田 1984[39])、十分に熟練したあとでは、そうした運動はついに一種の反射的な作業となり、この作業の大部分が大脳皮質よりも小脳によって制御されるようになってくるために(Ito 1989[10] 参照)、作業が英文タイプの場合よりも無念無想の境地に近づき、 $\beta$ 波が消えていくのだと考えられる。そうした精神状態は、ほかの状況のもとでも起こることが、すでに研究されて、いろいろと分かっているようである(たとえば Hirai 1974[7])。

なお、これに似たような、脳機能の微妙な差は、幼児が文字の読みを学習するときにも、対象がアルファベットであるのか、それとも漢字であるのかによって起こっているものようである(山田 1995[47] 参照)。

したがって筆者たちも、 $\beta$ 波成分を離れ $\alpha$ 波成分に着目して、さらに研究を続けるべきであったかもしれない。しかし、こうした実験の指標として脳波を使うこと自体に対して懐疑的な意見が強かった当時としては、学生たちが実験に対する意欲を削がれてしまい、ついに研究を中断してしまったのは、いささか心残りである(山田 1994a[44] 参照)。ただし、その後熟練作業としての入力法の研究そのものは継続し、別の取り組み手法を通して、それなりの成果を挙げることができた(たとえば岡留他 1986[18]、Okadome and Yamada 1990[19]、Ono and Yamada 1990[21]、Yamada 1983[38])。

なお、日本文入力の被験者が、2年ほどの練習と実務の期間を経たときに、やっと筋電が出なくなったことであるが、これは約1年間の練習では、入力速度こそほとんど定常値に到達するにしても、まだその時点では技能が真の熟達にいたっていないことの反映である。全体で2年ほどの経験を経ることにより、やっと $\beta$ 波がほとんど出なくなる上に、筋電もまた出なくなってくるということは、その状態にいたって、はじめて活脱自在、悠々とした入力作業ができる境地に達するというを示しているのだと言えよう。

それでは技能習得にあまりにも時間がかかりすぎていると思われるかもしれない。アメリカの(英文)タイピストの場合に、技能習熟が進むにつれて、その筋電の脳波への混入の程度がどう変化するかを調べたことはないが、しかしアメリカで長年多くの秘書のタイプ技能の進展を見聞きしてきた経験からすると、彼女らの場合でも、タッチタイプの十分な訓練をまず受けた後、実務についてから一年ぐらいして、やっとタイプ中のぎこちなさや緊張感が失せるようであるから、彼等のタイピスト

常用者のための日本文入力法の基礎的研究について

のあいだに、こうした円熟した技能の習得期間の長さにおいてさしたる差はないと思ってよいであろう。したがって、おそらくこの筋電の出具合というものは、タイピストの技能習得後期における真の円熟度を示す、タイプ速度よりも細かく精密な指標として使えるのではないかと考えている。

そのほか、日本文ワープロが出現してからのこの15年のあいだに、日本における文書作成の仕方が大幅に変わり、今世紀初頭からのアメリカでの慣行であった、手書きや口述速記から行なうコピータイプの過程を通りこして、ワープロで直接創作タイプをする人たちの数が格段に増えている。しかし、こうした創作タイプに用いる入力法として、かな漢字変換入力と無連想式入力とのあいだの、科学的な比較実験による基礎的な研究はかなりむずかしいものであって、いまだにそれがきちんとした形で取り上げられていないのは残念なことである。

いままでにいろいろと観察された現象を踏まえて、筆者たちのみるところでは、こうした創作タイプのときにも、おそらく無連想方式のほうが楽でしかも速くなるであろうことは、ほぼ間違いないことと思われる(岡留他 1986[18]、Okadome and Yamada 1990[19]、Ono and Yamada 1990[21]、Yamada 1983[38]などを参照)。特に無連想式入力において、漢字コードを失念したとき、あるいはまだ漢字コードを習得していない漢字に出遭ったときに便利な、字形組み合わせ入力や交ぜ書き変換法(小野 1990[20])、またはかな漢字変換そのもの(たとえば塩見他 1992[32])などを補助入力法として活用できる入力システムについては、さらにその感を深くする。

日本におけるキーボード入力の技能習得について、もう一つ問題となるのは、現在では英語が知的活動の事実上の国際的公用語となっているために、日本人が知的な作業を行なうときには、日本文の入力のほかに、英文の入力が不可欠となっていることである。すなわち、われわれは日常英文入力と日本文入力の両方を使い分けなければならないということである。したがって、学術的活動作業の比率が高い大学などでは、1種類のキーボード操作法ですませようとするのが、ローマ字漢字変換入力法が好んで使われる大きな理由となっている。

そうした事実は、英文におけるローマ字入力操作とは全く別のキーボード操作技能を必要とする、2ストローク入力法を改めて習得することに対する心理的な障壁となっていることは否めない。

しかし、果たして2種類のキーボード入力操作技能の習得はそれほどむずかしい、あるいは、いやなことなのであろうか。数こそ少ないとは言え、多種類の異なるキーボード操作技能を十分身につけた人たちの例を、筆者はかなりの数知っている。

アメリカで、文字配列を合理化した、いわゆるドボラク(Dvorak)キーボードをANSI(American National Standards Institute)の代替標準(ANSI X4.22-1983)にする作業にかつて加わっていたPhilip Davisは、Qwerty配列のキーボード、ドボラク配列のキーボード、それにこれら2者よりも操作がずっと複雑な、印刷活字鑄造用ライノタイプのキーボードの3種類を、日常分け隔てなく使って作業をしていた。

またオレゴン州立大学において、Qwerty配列からドボラク配列の使用への再教育訓練実験に参加していた被験者タイピスト16人は、昼間はQwerty配列で実務を行ない、夜間はドボラク配列で再教育訓練を受けるということを続けていたが、何ら問題はなかったと言う(Lessley 1978[14]参照)。

日本においては、録音リライターであり、かつ文章入力法の研究者である竜岡博は、日本文入力のための、数多くの異なる配列のキーボードによる入力技能を次から次へと習得して使いこなすという能力において、研究者のあいだでは、今では伝説的な存在となっている。

そのほか、筆者たちの開発した、研究用の2ストロークシステム「Tコード」による入力技能を

習得した人たちは、英文タイプと、Tコードによる日本文タイプとを自由に使いこなしている。筆者の秘書などは、そのどちらにおいても抜群の技量を持ち、しかも楽しんで仕事をしている。だから、少なくとも若いときに習得すれば、異なる入力法を二つほど使いこなすのは、あたかもスキーとスケートの両方をこなすのと同じように、さしてむずかしいことではなく、また常時使っていれば、相互間に操作の混乱もないと言える。

したがって、英文タイプのほかに2ストローク法による日本文入力 of 技能を習得するのを嫌うのは、それ以上に習得が困難で時間のかかる、漢字かな混じり文による文章力の習得において、まず息切れがしてしまい、そこからもう一歩進んで、その文章を楽に入力する技能を習得することに対しては、拒絶反応であると言えるであろう。

### 3. 入力処理ソフトの高度化を迫りかける、入力技能の習得訓練法

この10年ほどのあいだに起こった、エレクトロニクス関連技術の大幅な進歩は、コンピュータ機器の小型化、高速化、低価格化をもたらし、ワープロや、ゲーム機などを含む小型コンピュータ機器はいまや一般家庭に著実に浸透しつつある。その結果、小中学生が家庭において、ゲーム機、ワープロ、パソコンに触れる機会が日常化するとともに、教育の現場においても、文部省は小中高校にワープロやパソコンを導入整備することを決定し、現在その計画は着々と実現しつつある。最近では小学校においてさえ、コンピュータを介在する国際通信システムの一つ、インターネットの利用と取り組むものが出てきている。

そうした一般コンピュータ機器の普及とともに、キーボードおよびその操作技能の習得に関する、古くからの問題がまたしても新しい形で浮上してきた。

すなわち、早くからコンピュータ関連機器に親しんできた生徒ほど、いざ大学生になったときに、ローマ字入力を嫌い、かつタッチタイプを拒むという傾向が目立つということである。このことに関して、ある大学の情報処理教育の担当教官から相談を受けたことがあるが、その後いろいろと聞くところによると、どうやらこれは一般的な現象であるらしい。さらにこれは日本におけるだけのことではなく、職業的タイピストとは別に、近年になって少年少女時代からキーボードを使い出す者の増えている欧米においても、やはり目立ってきている現象であるという。

たとえばゴルフなどにおいて、はじめに我流で練習をしたために、悪い癖のついた者ほど、あとになると正しい打法の習得がかえって困難であり、またたとい苦心して習得したあとでも、えてしてもとの悪い癖を出しやすいという、運動技能習得一般についてよく知られている事実と、これは軌を一にする現象であり、半ば反射的に行なわれる運動機能一般の持つ、宿命的な性格を示している。

こうした事態に対応するために、日本商工会議所(日商)では、早くにはOA機器の効果的な活用を推進する目的で、慎重な調査研究の結果、1985年度から「日本語文書処理(ワープロ技能)検定試験」を実施し、また文書処理技能教育の指導者養成の目的で、1992年度には、別に「日本語文書処理技能マスター認定制度」をスタートさせた。しかしながら、将来の高度情報化社会に適合した国民の養成の目的では、こうした成人レベルに至ってからの検定や認定では、キーボードの正しい使い方へのスタートを切る方向づけにはまだ不十分であるとの認識から、さらに1993年度には「キーボード操作技能研究委員会」を発足させてこの問題に対する方策を検討した。その委員会では、タイプ技能に詳しい委員からなる作業部会を設置して研究を行なった結果(日商1994[16])、1994年秋からは、文字通りのタッチタイプの技能レベルを示すための、主として若年者向けの「キーボード操作技

常用者のための日本文入力法の基礎的研究について

能認定試験」が、日商によって全国的に実施される運びとなった。

その性格は検定試験ではなく、むしろ学習者が自からの技能の進歩を自分でチェックできる仕組みとなっており、その方法も、フロッピディスクに入れたテストプログラムと評価プログラムとから成る、いわゆる“do it yourself”のソフトウェアシステムの活用によっており、日商はその自動評価の結果を手続き的に認定するという、全処理過程がコンピュータ化されたものとなった。

それぞれのワープロ用については、外国製機種のパッケージを含む、各メーカーの全面的協力によって、このソフトはすでに供給されており、またパソコン用については、日商の手によってMS-DOS版が準備されているから、現在市販されているワープロおよびパソコンのほとんど全てが、この技能認定の媒体として使えるようになっている。

日商のこの認定試験の制度化は時宜を得たものであり、すでに通産省、文部省をはじめとする、多くの関係省庁が関心を寄せているとのことである。

しかしながら、キーボードを活用するのに、楽でしかも能率のあがるタッチタイプの技能を身につけるためには、こうした技能習得の、いわば出口に至ってからの奨励手段の制定だけでは不十分である。日商もそのことは十分理解しており、1994年4月21日には「高度情報社会に向けての基礎教育等の重要課題に関する提言」を公表している。

この提言は要領よく3ページにまとめられた短いものであり、第1には上記の操作技能認定試験の普及教育のために、日商自体として、タッチタイプ技能習得の動機づけや指導者養成のための全国的セミナーを実施することを宣言するとともに、さらにタッチタイプ技能の習得過程の入り口から必要とされる各種措置の早期実現を期待して、それと密接に関わり合っている関係省庁、業界団体、企業体、教育界などに対する提言を明らかにしている。

この提言は、(1)タッチタイプ技能の教育普及、(2)キーボード本体の改善の研究と実施、(3)情報機器の操作時における健康問題との取り組み、(4)機器の製造・利用・廃棄と地球環境問題との関わり、の4項目から成っており、そのどれもが、従来あまり見られなかった、大局的視野に立つ、画期的な取り組みとなっている。

その第1項のタッチタイプ技能の普及については、英文タイプの時代から、国の内外で数限りない研究書や教科書・練習書が書かれてきた。初めから10指(実は9指が多い)をキーに割り当て、キーを全く見ないようにして練習するという点では、全ての著作の主張がほぼ一致しているものの、具体的に練習に使用する文章などをどんな原理で選び、かつどういった順に並べるべきかについては、その背景となる理論にまだ諸説があって、いまに至るまで収束しているとは言えない。

ここでは詳しいことに立ち入れないが、たとえば指の運用を滑らかにするために、まず無作為(つまりナンセンス)文字列を打つことから練習を始めるとするものもあれば、現実のテキストに顕れない文字列を打つ練習をするということは、とりもなおさず将来誤り打ちのもとになる文字列を打つような反射運動の癖をつけることになるのだから、初めから単語や文章に出てくる文字列しか打つべきでないという主張もある。

そのほか、これに似たような、相異なる細かい主張は数多くなされているが、要するに人間には個人差が大きいのであるから、こうした異なる主張には、主張者自身の性格や運指能力が反映されているという可能性もあるであろう。

いずれにしろ入力技能とその形成については、大脳神経学、運動生理学、教育心理学、認知科学などを含む人間科学によって、まだこれから解明されなければならない研究課題が、かなり残されていることは確かである。

たとえば、かな漢字変換による入力時に起こる、脳内における言語処理がキー入力の運指運動に与える干渉(岡留他 1986[18] 参照)に関する実験的な詰めや、この干渉を最少限に抑えられるかな漢字変換入力法の追求、キー入力時の運指運動量などの生理学的なパラメタの定性的測定法の確立、無連想コード入力法の最適教育法、ひいてはそうした全体的活動の認知科学的な位置づけなどは、その見本の一部である。

したがって入力法の技能教育にあたっては、さしあたりは、あまり一つの説にこだわることなく、できるだけ個々の生徒の性格などに合った練習法を見つけ出してやれる洞察力と柔軟性が教師に望まれるであろう。

将来において、もし生徒の性格などと、それらにふさわしい練習法との関係が見いだされたとすれば、生徒にははじめに適性検査を施し、その結果の示すところに基づいて、それぞれに最も適した練習法を選んでやることができるようになるかもしれない。

タイプ技能の習得訓練に関連して、ここで一つ指摘しておきたいことがある。

われわれが熟練タイプ作業の研究をしていたとき、当然ながら、その技能を習得する最適の訓練方法についても関心を持った。そして分かったことの一つは、コンピュータでテキストを表示してそれをタイプさせるという練習プログラムにおいて、打鍵された文字をすぐさまスクリーン上に表示するよりも、ある一定量の打鍵のあと、たとえば句読点あたりをひと区切りとして、そこまでを一遍に表示するほうが良いということであった。

現在のワープロやパソコンのワープロソフトでは、キーのミスタッチをしても、すぐさま簡単に修正ができるために、練習のときに正確に打鍵をするということがおろそかになり、ついミスタッチをしやすいが、すぐに修正さえすれば、出来上がった文書においてはその跡は全く残らない。

しかし、この修正作業を行なうためには、そのまえに必ずスクリーンを視るという動作がつきものであり、その分だけ作業に余分の時間がかかるし、特にコピータイプするときには、エラーの有無をチェックするのに、たびたび原稿からスクリーンへと眼を離しては戻すという動作にも時間がかかり、それがまた眼の疲れを大きくする。

それで技能習得中にそうした打鍵エラーをしては修正するということを減らす努力をするとともに、たびたびスクリーンを見ることをしない習慣を自然に身につけるようにするには、上に述べたように、入力された文章の表示に遅れをかけることをするのが良いとの結論に達したのであった。

残念ながら私たちの研究では、被験者数の確保や、実験規模の制約の問題があったので、この結論は、表示遅れの有無をパラメタとした厳密な比較実験の結果として得られたものではなかった。

しかし、その後各種のOA機器を用いて教育をしている専修学校の教師の方がたから、簡便なエラーの修正機構のない機器を訓練時に使った生徒のほうが、こうした安易にエラーをしては修正をする癖や、それに伴ってしばしばスクリーンなどを見る癖がつきにくいので、後になって実務についてから、作業能力が大幅に伸びるものであるという経験談を伺うことができた。

最近ではワープロやパソコンのワープロソフトに入力練習ソフトが含まれている商品が出回っている。しかし、そうした練習ソフトには、上に述べたような出力を遅らせる機能が取り入れられたものがほとんど見当たらない。

そうした練習法は初心者にとって取りつきにくいものとなるので、メーカーとしては販売政策上わざわざそんなものを実装したくないと考える気持ちは分かる。しかし、正しい入力技能を身につけるための練習には、たとえユーザーの口には合わなくともそうした苦い薬は有効なのであるから、少なくともユーザーの意志によるパラメタの設定によって、出力表示の遅延がオプションとして可能に

常用者のための日本文入力法の基礎的研究について

なるように練習ソフトを作ることは大いに望ましいことである。ぜひメーカーの配慮と実施をお願いしたいものである。

その上おそらくは実務用の入力においても、そのように表示に遅延が自由にかけられるような使い方ができれば、いい加減な打鍵をしては修正をすることやたびたびスクリーンを見たりすることは、おのずと抑えられるものと思われる。

次に、日商の提言が取り上げている第3項に含まれる、キーボード操作時の健康問題についても、作業環境から起こるだけでなく、やはり作業者の気質や性格などの個人差が大きく効いてくるものと思われる(山田 1988[40])。したがってこの問題の解決には、今後とも基礎的な研究による詳しい取り組みが必要になるであろう。

以下で特に取り上げたいのは、日商の提言の第2項にある、キーボード本体の改善の研究とその実施に関わるものであり、提言はさらに(a)全機種に接続可能なキーボードの開発、(b)キーボード上の文字の配列、(c)サイズを含む、キーボードの物理的形状、の3課題から成っている。

英文の入力の場合と異なり、表記法の格段に複雑な日本文の入力の場合には、使用目的や使用頻度などの差によって、もっともよく適合する入力方式が異なってくる。したがって過去において、目的に応じて異なる入力方式が種々と提案され、試作され、あるいは実用化されていて、現在に至るもそれらが統一される気配は見られないし、また統一されるのが良いという性格のものでもない(山田 1989[42] 参照)。

現在市場シェアの圧倒的に大きい入力方式はかな漢字変換入力方式であるが、そのほかにも、それぞれの使用者数は相対的に少ないながら、かなりの数のほかの入力方式が使われている。コンピュータの基本ソフト(OS)がいくつか絞られだし、事実上の標準化に向けて収束しつつあるとともに、ハードウェアが高速化、大容量記憶化、小型化、低価格化に向かっている現在では、応用ソフトとしての各種入力ソフトも、異なる機種に合わせて、フロッピーディスクで簡単に実装できるように仕上げることは、技術的には十分可能である。

しかしそこで問題になるのは、もっともたいせつな、人間とのインタフェースとしてのキーボードが、それぞれの入力システムごとに異なるものを要求していることが多いことである。すなわち、日商がキーボードに関して出した上述の提言の(b)には、文字配列の多様性の問題を解決するために、日本文入力に適した新しい配列の開発の必要性が述べられている。

この問題はすでに古くから注目されており、異なる職場間での作業の併立性を保証する目的で、キーボードの文字配列を統一することは、たとえばトップダウン的に取り組んだ規格化作業の結果として、キーボード上のかな文字配列の新JIS規格が1985年に制定された。しかしその後これはいっように普及せず、いまではほとんど忘れられている。それでも、文字配列の不統一に悩まされている使用者側は、下からの要望として、繰り返しこの統一問題を取り上げてきた(たとえば野田 1987[17])。

すでに述べたことから明らかなように、入力作業の目的や使用頻度などが異なれば、そのおのにもっとも適合した入力方式があり、それらはキーボード上で異なった文字配列を必要とし、事実そうした配列が数多く実用化されている。それでもまだ、現在使われている各種の入力方法のどれにも満足していない人びとが依然として存在し、かれらは新しい入力方式のくふうをするとともに、それらに使う新しい文字配列もまたつぎつぎと開発しているから、その全般について詳しく述べるのには、1冊の独立した書物を必要とするほどである。したがって、文字配列の統一に対して反対論が出てくるのも、また当然のことである(たとえば竜岡 1987[34])。

それにしても電子協が1994年度に設置した入力方式研究会の調査、運営方針が、こうした目的用

途、頻度などの多様性に整合している、多様な入力法の特徴を明らかにするという大局的な枠組を考  
えることなく、(a) 現存する規格、基準の論評や、新規の規格、基準の提案を行なうことなど、また  
(b) 製品、技術、方式などに関する理論の比較や評価などと、これら二つを目的とする調査は行なわ  
ないことを始めから宣言しているのは(電子協 1994[5])、依然として狭い視野に留まっているもの  
として、残念なことに思われる。

#### 4. キーボードに関する諸課題

この種の調査研究の真の問題点は、実は日商の提言(a)にある。それは1979年に発足し、名称  
を変えつつ10年ほど続けられた、情報処理学会の「日本文入力法研究委員会」(1979-80年度)、  
「日本文入力方式研究会」(1981-84年度)、「日本語文書処理研究会」(1985-86年度)、「文書処理  
とヒューマンインタフェース研究会」(1987-89年度)などでもたびたび指摘され提言され続けた、  
異なるキーボードと本体、すなわちワープロ、パソコンなどの処理系ハードウェアとの接続インタ  
フェースを可能な限り規格化し、どのキーボードも全機種に接続可能にすることである。そうすれば  
文字配列の統一はまず必要がなくなる。そしてユーザーは、「包丁一本さらしに巻いて…」ではない  
が、自分の手に合うキーボードと、自分の好む入力システム対応のフロッピーディスクとを携帯し  
えすれば、どの場所、どの機器でも簡単に仕事ができるようになる。

しかし現状では、タッチタイプのように人間の熟練技能を用いる作業において、ひとたび一つの  
配列に習熟してしまったあとでは、他の配列に切り換えることがなかなかむずかしく、また作業誤り  
も増える。したがって各機器メーカーが自社のキーボード配列を、すでに獲得したユーザーの抱え込  
みの手段として珍重するのは当然のなりゆきである。その結果、メーカーとしてはそうしたキーボ  
ード間の互換性の確立にはいたって消極的となり、筆者の知るかぎり、いままでにこの問題がいづれ  
かの関連団体によって真剣に取り組まれたことは一度もないようである。

近年、各種OA機器がシステム化するとともに相互に接続されるようになって、異機種間での接  
続を可能にするための標準化が市場での大きな要望となり、たとえば日本事務機械工業会は、通産省  
工業技術院からの委託事業の一つとして、1991年から5年間の計画で「OA機器の利便性に関する  
標準化調査研究委員会」を発足させた。1994年度現在、その中には操作性と互換性の二つの分科  
会があって、それぞれ熱心な調査研究を続けているが、このキーボードの接続互換性については、ま  
だ全く手がつけられていない。

それには、1985年に制定された、かなキーボードの新JIS規格の不調が大きく影響していると思  
われる。しかしその制定にあたっては、たとえば情報処理学会や人間工学会などの専門家はほとんど  
なんの相談を受けることもなく、主として、売らんかなの営業側からの要求によって過大の制約を受  
けている、機器メーカーからの委員の主導で、事が運んでしまったといういきさつがあった。

エレクトロニクスの技術が当時より格段に進歩した現在でも、全ての入力方式について各種キー  
ボードと各種機器との間の互換性を保とうとすれば、この問題はまだまだかなり面倒なものである。しか  
し、入力作業において反射的操作が最も重要となるアルファベットやかな文字に、いくつかの句読点  
記号など、最低限数のキャラクタだけでも互換性を保つようになっていけば、それだけでも異なる機  
器の互換的使用がかなり可能になる。

社会のニーズの多様化に応じて、情報機器が多種・多様化し、かつ相互接続しての使用がますます  
普遍化しつつある。その接続を簡便化するために、いまやオープンシステム化は常識となりつつ



常用者のための日本文入力法の基礎的研究について

ある。その今、最もたいせつな人間とのインタフェースを自由化するために、こうした、キーボードと処理系機器とのインタフェースの規格化は、いまこそ業界団体が積極的に推し進めるべき課題である。それを怠り、立ち場の弱い使用者側から機器へのインタフェースである、キーボード上の文字配列を、使用目的などの違いがあるにもかかわらず統一規格で縛ろうとするようなことは、われわれの衣類や靴をただ一つのサイズの規格で統一しようとするのと同じように、かなりのを外した考え方であろう。これはキーボード一般についての ISO の方針そのものについても言えることである。

最後に日商の提言 (c) である。タッチタイプの技能の訓練を、技能の習熟に最も向いている小中学生の教科レベルから始められるようにするためには、個人の体格や感性にあうサイズ、形状、触感、操作性などを考慮したキーボードを開発・商品化し、個人による自由な選択を可能にすることは、文字配列の自由化とともに、明らかな必要対策である。

しかるに現状では、タイプライタの発達史上の偶発的産物として市場を支配し、今世紀初頭においてさえすでに時代遅れとされた、日本人にはもちろん、体の大きな欧米人の手にさえ大きすぎるサイズと形状のキーボード (Yamada 1980[37] 参照) が、その後そのまま ISO の規格となったために、それがまた JIS でも規格化されている。

この JIS キーボードをかなり良く使いこなしている人たちのあいだにも、現在のキーボードは大きすぎないという者がかなりある。ところがこうした人たちのキーボードの使い方を注意してみると、10 指 (9 指) よりも少ない指を使っている者が多く、しかもキーを拾うのにかなりの目視を使っている。つまり、1873 年にキーボードが設計されたむかしに戻って、キーボードを文字を拾うために見るテーブル (= 表) として、かなり機能させていることが分かる。

もちろんそのためにはキー上に記されている文字がよく見える必要があり、したがって、もしキーが手の大きさにちょうど良いぐあいになるように小さく作られ、配列が密になっていると、キーボードを表として目視するのに手の存在そのものがじゃまになるので、かえって現在の大きさのほうがよいという判断が出てくるのであろう。

このことは、キーボードの大きさの適性を判定するにあたって、まずタッチタイプを完全にマスターしている被験者を相手として実験し、検討しなければならないことを意味している。

現在のキーボードが日本人の手に大きすぎることは、たとえば 4 段目に指が届かないからと、親指シフトを導入して、それと 3 段だけの組み合わせを採用したワープロが広く歓迎されたことに端的に表われている。キーボードの形や大きさが適当であれば、4 段分全部のキーの使用はそれほど困難ではないことは、いくつかの研究によってすでに明らかにされていることである (たとえば坂村 1986[29]、最近の報告としては、新井・志柿 1995[2])。

したがって、もっと人間工学的に配慮されたサイズや形状のキーボードの必要性については、過去においてたびたび指摘され、またそれに沿って多くの研究もなされている。それにもかかわらず、産業界はこの ISO/JIS 規格の存在を口実にして、いままでほとんどなんの対策もとってこなかった。

古く機械的タイプライタの時代には、どのくらいの年齢からタッチタイプを教えたら良いかについて、米国ではかなりの実験的研究がなされた (Yamada 1980[37] 参照)。その結果、当時の未発達で融通性のない機械工業の限界から来る、タイプライタの機構上の制約が理由の一端となり、タッチタイプの教育は高校生レベルから始めるのが最適と結論された。すなわち、(a) 手がキーボードに適合する大きさに成長するまで待つことがその主な理由であったが、そのほかにも (b) 文章作成に十分な国語 (つまり英語) の力がついていることが望ましいことなどの理由が示された。

しかし、エレクトロニクスが進歩し、生産技術も経済的に多品種を少量生産できるようになった

今日、もはやそうした機械工業的な制約はなくなったと言える。また日本文においては表記法が複雑で、年令とともに書かれる文章の表記法の変り方が大きいから、国語教育上早くからキーボードを使うことが英語の場合よりも有効になると考えられている。したがって、小中学生からの正しい情報処理教育をこれから始めるためには、まずかれらの手に適合する大きさのキーボードの供給を実現する必要がある。

にもかかわらず産業界は、過去においてそうした要望をずっと無視し続けてきた。ときには、そうした要望に対して、「ピアノは子供でも大人と同じものを使っている」といった的外れの説明を与えたことさえある。しかしピアノの練習の場合、子供が弾くのはキーボード上で子供の手に合わせて作られた曲であるが、タイプの場合には、子供の手の届くキーだけを使って文章を作るなどということはナンセンスであるから、この問題に関してピアノの練習を比較に持ち出すことには全く関連性がない。事実、普及品の単価がピアノよりもずっと安いバイオリンでは、子供用のものが昔から供給されている。

そうした中であって、最近パソコンやワープロがラップトップ型からノートブック型、さらにはサブノート型と小型化するに及び、それに組み込むためのキーボードが小型化を余儀なくされると、メーカーは勝手に小型化したキーボードをさっさと採用し始めた。

しかもそうするにあたっては、きちんとした人間工学的基礎研究を行なうこともなく、せいぜい、たとえばすでにJISキーボードを駆使している人たちを集め、試作キーボード上で採った誤り打ちのデータなどを参考にしてそのサイズを決めるといった、行きあたりばったりの開発手段をとっているのである。しかし、すでに大きなキーボードに慣れた人たちは、たとえ本質的には最適の大きさのキーボードを与えられても、その大きさがJISキーボードから離れれば離れるほど、そうした試用時に誤り打ちが増えるであろうことは明らかであるから、こうした実験結果には現実的な価値がない。

さらにキーボードの物理的な形状であるが、現行のキーボードの原形は、120年もの昔、主として医者や弁護士といった男性が、せいぜい左右の手の指の2本ずつを使い、キーボードを目視しつつ打つために考えられたテーブル(=表)型にある(Yamada 1980[37]参照)。したがって、現在の人間工学の知識と高度化された製造技術とを駆使すれば、格段に使い勝手の良いキーボードが新しく作れるであろうことは容易に想像できる。事実、そうした試みはいままで個々には数限りなくなされてきた。しかし、タッチタイプをするのによく適合した形状の個人向けのキーボードを、各種サイズのセットとして開発・製品化するために、業界全体が協力するという動きはほとんど見られない。

## 5. 職業病対策を考慮したキーボードと国際規格

この問題は、第3節で述べた、情報機器の操作と健康とに関する、日商の提言の第3項とも深くかかわってくるものでもある。社会の情報化に伴い、オフィスはもちろん、家庭にまでパソコンやワープロが普及し、広範な使用が日常化してきた。それとともに、極度に激しいキーボード作業もまた珍らしくなくなったので、それに伴う職業病が目立つようになって来たのも驚くにはあたらない(山田 1988[40]参照)。

アメリカ政府の統計によると、1980年代から1990年代にかけての10年間に、手の使い過ぎによる職業病の発生率は約10倍に増加し、その大きな部分が、このキーボードの使い過ぎによるものとされている。1992年6月25日づけのニューヨーク市からの共同通信によると、当時ニューヨーク州の連邦裁判所には、キーボードの過度の使用によって起こったとされる職業病に関する、製造物責

## 常用者のための日本文入力法の基礎的研究について

任 (PL) 法に基づく約 40 件の訴訟が持ち込まれており、裁判の準備中であるとのことであった。その被告側には、キーボード付き機器の世界で最大の製造企業である IBM 社をはじめとする多数の企業体が含まれており、日本の企業も数社が入っていて、損害賠償の要求総額は数十億ドル、日本円にして数千億円にのぼるものであるとのことである。

法廷ではこれら数多い訴訟を個別に審査することをやめて、一括して審査をする決定をしたということであったが、その抗争は 1994 年になっても続いており、被告側の製造企業側は、原告側の主張を覆す根拠を見いだすことを目的として、1920 年代にまで遡る、キーボード作業に関する数多い研究報告の検討を、いまごろになって行なっているという始末である。

キーボードの使い過ぎによる職業病の救済のために、PL 法に訴えるのが果たして妥当なものかどうかは、これからまだ何年も続くであろう、数多い裁判の結審にまつことになるが、現用のキーボードの構造はそうした職業病の危険をはらんでいることを警告してきた、少なからぬ研究報告 (Yamada 1980[37] 参照) を長年にわたって無視し続けてきたと言える、業界の体質には問題があらう。

ある製品を開発した時点での知識水準では判断できなかった欠陥については、開発した企業の責任を問わないという「開発危険の抗弁」の条項のある日本の PL 法と異なり、アメリカの PL 法では、因果関係が証明されさえすれば企業はいかなる場合でも責任を負わされることになっているから、キーボード使用の潜在的危険についての研究論文がすでにあつたことをたとい知らなかったとしても、免責には関係ないようである。しかし、もし知っていた上で無視していたとなると、たとえば損害賠償の額など、裁判の結果には大きく影響するものと思われる。したがってその場合企業側の弁護方策は、そうした研究報告の主張そのものを企業がどう評価していたかという点の立証にかかってくるであろう (付録参照)。

そうした社会的状況の中にあつて、当然ながら、このところ新しいキーボードに関する研究が数十年ぶりに復活し、外国でも日本でも大学や企業の研究者から、新しい提案がつぎつぎと出されている。その詳細について述べるには、独立した別の論考を必要とするが、しかしそれらに含まれる原理そのものは、すでに数十年前に提案されていたものと大差がないと言える (Yamada 1980 参照 [37])。ただ一つ異なっているのは、かつてのアイデアの実現が主として機械的な仕掛けに頼らざるを得なかったのに対し、現在ではエレクトロニクスやコンピュータによる処理がふんだんに取り入れられていて、多様性を増すとともに、コストダウンを可能にしていることであらう。

いままですでに、生産性が勝負どころとなる入力業務会社やソフトウェア会社などの中には、既成のワークステーションなどに付属したキーボードの文字配列や触感には満足できないとして、社員のために特別注文で作らせたキーボードを使わせているところが少しはある。

そうした状況の中にあつて、今世紀末の究極的なフォン・ノイマン型コンピュータのシステム化を目指している「トロン」プロジェクトでは、キーボードについても多くの被験者の協力を得て、タイプ作業時の人間工学的データを実際に集め、それに基づいて新しい形状とサイズのキーボードを設計し (坂村 1986[29])、商品化した。筆者としては、まだその開発原理の中にいくつかの合意できない点があるが、それにしても、まぎれもなくこれは歓迎すべき動きであらう。同様に、NEC が日本文入力用に新しく開発したキーボードは、段のあいだで手の移動を楽にするように、キーのタテ並びが「ハ」の字型に沿って左右対称に配列され、改善された形状になっている。

日商の提言にあるように、多種多様の異なる用途にそれぞれ適合し、かつ個人の体格に合わせて形状やサイズが選べるように多様化された仕様のキーボード群が供給され、それに伴って、それら各

種のキーボードが全機種に接続できるようなインタフェースの規格化が行なわれることは、これからの社会の情報化を推進する上で、欠かせない施策の一つとなるであろう。

エレクトロニクスを駆使してこうした新しいアイデアを商品として実現させることは日本の企業のお家芸の一つであるから、やって出来ないことはない。しかしその場合、そうして出来あがった新しいキーボードやインタフェースの採用と普及のためには、官民が協力しての強力な教育啓発活動が絶対に欠かせないことも過去の経験に照らして明らかであろう。ぜひ日本が世界に率先して実行していただきたい対策である。

たとえばコンピュータが普及したお蔭で、現在では社会におけるソロバン塾には昔ほどの人気はないが、依然として社会に深く根を下ろしているし、また横の組織も健在のようであるから、それを生かし、本稿に述べているような新しい規格に沿ったワープロを導入してリストラを図り、それによって小中学校生徒のためのワープロ塾を民間に整備するという案はどうであろうか。こうした施策は、個々の企業体の実行できる限界を越えていると思われるから、総合的なトップダウンの政策が望まれるであろう。

文部省が小中学校からの情報処理教育を導入するにあたって、上記のトロン仕様のキーボードの採用も検討されたようであるが、結果的には見送られてしまった。それについては、外国によってこれが貿易における非関税障壁として非難されるのを恐れたからだという憶測も流れたようであるが、やはり真実は、たいした利益も見込めないような、新しい製品の開発と取り組むことに対して懐疑的な業界の意向で、既成の機器をそのまま売り込めればよいという思惑の反映が優先して取り上げられたということであろう。

仮りに輸出の便を考えて国際規格を尊重するにしても、それは国内の要望を無視してよいということにはつながらない。日本は世界第1の自動車輸出国であるが、海外に出す車は国内の規格そのままのものではなく、相手国の規格に合わせて作ったものである。またテレビ受像機なども、もともと受信周波数が異なり、かつ数十チャンネルを受けられるものになっている上に、聴覚障害者用の文字放送が受信できることがアメリカでは連邦政府法によって義務づけられているが、日本にはそうした法的な規制がないから、日本企業がアメリカに輸出しているテレビには、やはりそうした機能のためのICチップが特別に組み込まれている。しかしそれが輸出における非関税障壁となっていると、日本がアメリカに苦情を言ったという話しは聞いたことがない。

そうしたアメリカは、たとえばコピー用紙のサイズのように、ヒューマン・インタフェースとは関係ないところでさえ、全世界が採用して使っているISO規格のサイズを採用せず、自国の慣用サイズを特別規格としてISOに規格化させ、それによって世界の事務機器のコスト高の一端を招いているのである。

まして人間の技能や広範な文化問題のからんでいるキーボードにおいて、国内向けと海外向けとが別規格であることになら問題はなし、また本体とのインタフェースにしても、その国際性を気にするのなら、すでに世界における最大量の製品供給の実績で事実上の(de facto)国際規格となってしまった、某社などのインタフェースを新規格として採用すればよいのかもしれない。人間が使用するキーボードと異なり、こちらは機械間のインタフェースのことなのだから、どれを採用したとしても、使い勝手のほうはほとんど同じになり、使用上大した問題は起こらない。

近ごろ日本ではなにかにつけて政府の規制が多すぎるとされ、大幅な規制緩和に向けての要望が強い。しかしそれらのほとんどは省庁の権益に関連する規制についての苦情であって、このキーボードと処理系のインタフェースのように、消費者の利益に直接つらなっており、ひいては社会の生産性

常用者のための日本語入力法の基礎的研究について

の向上にも資するものについては、むしろある程度の規制を導入することによって標準化を図るべきであろう。

もちろん、コンピュータ技術がさらに発展を遂げるならば、日本語入力にあたってキーボードに頼る必要もなくなるかもしれない。そうした技術の一例が音声入力である。

英文の入力については、たとえばIBM社によってパソコン用に商品化されたソフトウェア Personal Dictation System は完成度の高いものであって、日本円に換算すると、定価が9万円を切っているにもかかわらず、約2時間分の指定テキストを読み込んで特定のユーザーにチューニングしたあとでは、1分あたり約100語(漢字かな混じりの日本語の情報量に換算して約250文字分)の連続入力処理速度を楽に発揮するものである。

またそのときどきの単語の認識率は約98パーセントである。

しかしふつうの人では、文を構成するのにときどきポーズが要るから、平均の口述速度は1分あたり40から50語(日本語では100字から125字分)となるが、そのほかに文の校正や誤りの訂正の時間を入れても、1分あたり約30語(日本語の75字分)の文書作成の生産性を誇っている(Karat 1995[11])。これは日本語400字詰め原稿用紙にして、1枚約5分20秒、つまり1時間あたり11枚強の作文入力に相当する。これは筆者の知る限り、かな漢字変換システムを用いて作業をしているいかなる人たちよりも早い入力速度となっている。

現在では、こうした音声入力システムを使って作成したと明示された電子メールが、国際インターネットに乗って、筆者のところへも外国から流れ込んでくるようになった。

そうした性能が高く評価されて、このPersonal Dictation Systemは1995年、アメリカのDiscover誌の第5年次Technology Awardでコンピュータソフト部門の最優秀賞を獲得している。このたび商品化されたWindows版では、名前も新しくVoiceTypeと改められ、ますますの人気を集めているようである。

日本語は音韻構造が簡単だから、英語の場合よりも早く日本語音声入力システムが完成できると、すでに1930年代後半から喧伝されてきたにもかかわらず、こうした英文の音声入力システムに対応する日本語入力システムがいまだに商品化されていないのは、やはり漢語が多すぎることから来る、同音異義語間の同定の問題が満足に解決できていないことがあるからだと思える。

とにかく、日本語についてもこうした音声入力システムが実用化すれば、大量の日本語の入力方法として、キーボード入力方式にとって代わるものになるかに思える。しかし、どうやらそれは正しくないらしい。

すでに1970年代の終わりに、リコー社における詳しい人間工学的研究によって明らかにされていることであるが(小島 1979[13])、2ストローク入力法に比べて、音声入力法は精神的、肉体的、感覚的に、使用者のストレスがかなり高いものとなるようである。

したがって大量情報の入力法としては、キーボードによる2ストローク入力法に勝るものは、いまのところまだなく、作業者の健康管理の点からも、キーボード入力法式一般のいっそうの改善は、やはり真剣に取り組むべき研究課題として、いまだに重要性を失っていないのである。

## 6. 変換入力にあたってのワープロの文字使い

別のところで筆者は、日本語の表記の中で使われている、多すぎる漢字、その訓読みの複雑さ、それに同音異義語の出すぎに対してどう応えるかという問題などを、言語としての見地から大局的に

検討してみた(山田 1994b[45])。こうした表記法の存在は、そのまま日本語入力の繁雑さとして顕われてくるのは明らかである。

しかもこの問題は、かな漢字変換方式のワープロが大いに進歩し市場に出まわっていることによって大きく影響され、今では逆に、日本語の文字使いがワープロソフトによってかなり束縛されてしまっている面がある。したがって、より良い日本語表記を見いだすという立場に立って、これからのワープロソフトをどう考えたらよいかは、いま大きな課題となっている。ここでは筆者の考えの一部を、山田(1994b[45])の付録を少しばかり敷衍した形で、簡単に述べてみることにする(ヤマダ 1989[41] 参照)。

まずワープロの商品化の出発点においては、その辞書作りは大変な作業であり、多大の努力が注ぎ込まれたことは言うまでもない。同時に、すでにあった辞書が、そのまま大いに活用されたことも事実である。そのため、もともと辞書の目的の一つである、漢字で書かれたむずかしい字や単語の読みや意味を明らかにするものという側面が逆の方向に強い影響を与えて、かな(やローマ字)で表音的に入力されたことばを、漢字に変換することが行きすぎ、初めのころの変換ソフトでは、適切さの限度を越えた、たとえば「扱」や「頗る」など、非常にむずかしい漢字や表記が出すぎることになってしまった。その後かなり整理されたとはいえ、いまでもその傾向はたいていのワープロに見られる。

それでは、これからのワープロソフトの設計はどうしたらよいのかということになるが、それにはいくつかの方策が考えられる。まず、その根底に置く中心的思想の一つとして、変換を個々の単語ごとに決めるのではなく、変換システムとして体系化するという行き方が考えられる。

その線に沿って第1に考えられることとしては、パラメタを設定することにより、たとえば(1)漢語は教育漢字の部分だけ漢字化し、あと残りの部分はカタカナで表わすとか、(2)その漢字の枠を常用漢字表にまで広げたものにする、さらに(3)訓読みのものは教育漢字だけにしてお後はひらがなに、(4)その限定を常用漢字表にまで広げる、などの簡単なコントロールを効かせることがある。

こうした漢字の難易度の設定のレベルはさらに細かくして、(5)小学校卒の平均レベルまで、(6)中学卒の平均レベルまで、(7)高校卒の平均レベルまで、(8)大学卒の平均レベルまで、(9)制限なしにする、などに分けけて使いこなすことができるし、さらにそれらと上の(1)～(4)のような選択を組み合わせることで、使用者の好みのレベルに合わせた、細かい使い分けができる。

そのほか、一般には薦められないものと思うが、目的によっては(10)漢字を全て旧字体だけに統一するとか、さらに一歩後退して、(11)「究極」を「窮極」に、「世論」を「輿論」に、あるいは「独壇場」を「獨擅場」にするなど、古い表記、古いことばにもどすことなども、パラメタとして指定できてよいであろう。逆に、(12)「学」を「孥」に、「檜」を「桧」にするなど、徹底して俗字・略字を使うことなども設定できるようにするのも一興かもしれない。

また山田(1994b[45])の第12節、第13節で詳しく検討してあるように、たとえば日本語における「ふむ」の語を表わす漢字には(a){「踏」、蹈、跋、蹠、躡}、(b){「踐」、踐}、(c){「履」}、(d){「躪」}や、そのほか、JISの漢字表に含まれず、ここで簡単に印字できない漢字から成る、数学的表現を用いて言うと、多くの疑似同値類がある。それらの中で、代表同値類はおそらく(a)であろうが、その代表元「踏」をもってしてこれら全ての漢字を代行させるといったように、(13)漢字は疑似同値類の族の中の、代表同値類の代表元だけを使うといった、かなり極端な試みもできるようにしておくことは、今のところ一般的ではないかもしれないが、日本語の表記法の将来を模索する試みの文章を書く目的には、それなりに役に立つであろう。

## 常用者のための日本文入力法の基礎的研究について

このような、漢字の集合全体の中にみられる、ある規準に合わせた構造的区分に基づいて、使用する漢字が指定できるようになるだけでも、ワープロの使い勝手はずっと良くなると思う。

しかし、それではまだ不十分である。さらに文法的情報を活用したパラメタの種類としては、かつて奨励され、個人的には筆者など、いまでも良い方式であると思っている、(14)「また」「すなわち」「したがって」など、副詞は全てかなで書くというルール、あるいはここの例に示したように、(15)和語の副詞はかな書きにするものの、漢語から来た「別に」「段々」などの副詞は漢字にする、さらに昔に戻って、(16)漢字で書けるものは全て漢字にするなどのコントロールを与えることは、パラメタとして便利なものになるであろう。ただし、ことばによっては、古くさかのぼってみると、どこまでが和語でどこまでが漢語から出たことばとするか、にわかに決められないものも多いから、この辺のところは個人的な好みがかなりはいつてくる選択になるであろう。

しかも、たったこれだけの能力をソフトに加えるのにも、たとえば同じ「したがって」でも、変換辞書は「前例に従って」の場合と「…、したがって…」の場合を、また「いった」も「彼の言ったことによると」と「そういった具合に」の場合を区別して書き分けたりすることが要求されるようになるから、そうしたソフト作り全体はけっこう慎重かつ複雑な作業を必要とする。

さらに、読みやすさを助ける見地から、たとえば10文字以上など、あまりに多くの漢字だけ、あるいはかなだけが続きすぎるところは、(17)同字種の続きすぎをスクリーン上での点滅によって警告する、さらに進んで、(18)長すぎる漢字列の場合に、もっとも適当なところで「の」などの助詞を挿入して漢字の続きすぎを破るような示唆を与えとか、(19)別の和語、あるいは漢語で置き換えるような候補を示唆するといった、統語論的、意味論的な処理を加味したチェックシステムを作ることできる。そうした試みに関連して、すでに山田(1994b[45])の第14節でも述べたことであるが、かなの続きすぎをやわらげるのに有効性の高い、分かち書きを楽に使えるように、別途、(20)使い勝手のよい、半角スペースの挿入方法、それにできれば、(21)かなの続きすぎるとき、このスペース挿入部の自動選択・挿入機能なども、作り込まれてあれば便利であろう。

特にここで強調しておきたいのは、活字印刷の普及したあと、せいぜいこの150年ぐらいにわたって固執されてきた、印刷から分かち書きをいっさい排除するというをやわらげれば、たとひかな書きの割り合いを増したとしても、小スペースによる分かち書きさえあれば、日本文はずっと読みやすくでき、日本語の文章の中にやたらに多くの漢字をちりばめることがやめられるということである。したがって、将来の表記法のあり方の模索を促進する上では、小スペースが自然に挿入できるということがワープロの望ましい機能の一つとなるであろう。

しかし、こうした問題に対するメーカーの対応はあまりかんばしくない。おそらく、はじめからそうした問題には気がついていなかったメーカーがほとんどであったであろう。また問題が指摘されても、それをきちんと取り上げようとする動きは、ほとんどメーカーに見られないようである。

いまのふつうのかな漢字変換入力のワープロソフトでは、ユーザーがコントロール(CTRL)キーを押しながらスペースバーを押すことによって、半角スペースが入るようになっている。これは便利ではあるが、しかし同時打ちという動作はふつうの打鍵とは異なるから、高速入力のできる人にとっては、打鍵のリズムをかなり乱すものになる。

中には入力作業開始まえのモード設定によって、スペースは全て半角になるワープロソフトもいまはある。このモードで全角スペースを入りたいときは、ただスペースバーを2度打ちすればよい。

しかし、かな漢字変換ソフトなどの複雑さ、膨大さに比べると、これではまだ中途半端な改善と言ってもよいであろう。もう一押しして、半角スペースの使い勝手を良くする方法は、さらにいろいろと考えられる。

すなわち、入力技法のいかんにかかわらず、日本文入力において全角スペースが欲しいのは、たとえば句読点のあとなど、ある決まった状況の場合が多いのだから、それらを検出して全角スペースに替えることぐらいは、いまのソフトウェアでは何でもなくできる。もちろん、行末などの場合には、半角スペースや全角スペースが次行の頭に送られないように、禁則処理を施すことは当然である。これはワープロソフトのメーカーにぜひ考えていただきたい追加機能の一つである。

ついでに、純粋に字種だけの処理だった(1)～(13)などのパラメタに加えて、意味処理を含ませた、(22)むずかしい漢語はやさしい漢語あるいは和語によって置き換える示唆を与えるパラメタの採用なども、出力文章を読みやすくする上に大いに役立つであろう。逆に特殊な目的のためには、(23)月並みな漢語を、むずかしく、滅多に使われない文語的漢語で置き換える示唆なども、一般的ではないが、ワープロの文章推敲能力の一部としては、あってもよいのかもしれない。

そのほか、送りがなの方式にしても、「いった」「おこなった」などを「行った」「行なった」としたり、「くみあわせる」を「組み合わせる」とするなど、変化する部分は全て送るという、少し前まで推奨されていた方式は、日本語と全く違った中国語から、無理をして漢字を取り入れている日本文の表記法としては、もっとも読みやすいものなのだから、こうした(24)変化する語尾の部分全てを表明する送りがなにするのか、それとも、少しばかりの書き手間と文章の占めるスペースを惜しんで、現在推奨されている最少限の送りがなをつける方式にするのかの選択を決めるパラメタは、これからの表記法を考えて行く上で不可欠のものであろう。送りがなをもっと細かく選択する方式の一例については、やはり山田(1994b[45])の第14節でちょっと触れてあるが、ここでは省略する。

とにかく、ふつうわれわれが文章を書くときには、文字使いに対して、少なくともこのくらいの考慮はいつも払っているのだから、創造性を持った人間の文章作成の道具としては、最低このくらいの表記法上の処理能力も持つことなく、きまりきった文字使いを白痴的にユーザーに押しつけてくる現在のワープロソフトは、まだとても人工知能の成果などと自画自賛できるしろものではないと思う。

いずれにしても、こうした機能を持たせた、使い心地のよいワープロができれば、それによって、書き手は意図をじゅうぶん反映させた多様な文章が作れるようになり、いまのようにワープロが人間を操るのではなく、人間がワープロを使うという状態に一步近づけることと思う。

しかし、どんなにワープロその他の事務処理用機器が良くなっても、現状のように、それによって人間の書く文章の標準が実行上で決まってくるという過程は、理想ではない。あくまでも日本語の文章のあり方の理想というものが、人間中心の立場からまず十分に検討されて決められ、そのあと、ワープロソフトはそれに従って設計されるべきものであるということを、ゆめゆめ忘れてはならないであろう(ヤマダ 1989[41])。同時にワープロソフトの設計者は、ただ顧客の気まぐれ的な個々の要求に応えられればよいと考えるだけでなく、まず国語の表記法の本質というものについて熟知し、全体的に一貫した理念を持って設計に当たって欲しいものである。

## 7. ローマ字入力時の表記について

次に、日本語の表記法およびワープロ入力法に関連することであるが、ワープロでかなりの英文入力もしている人たちの中には、日本文の入力にあたって、かな入力よりもローマ字入力を使う者がかなり多いことと思うので、本稿の趣旨からは少し外れているが、ローマ字入力用の表記についても、ここでひとこと書き足しておく。

これについてもいくつか問題がある。その一つは、同じ日本語を表記しているのに、かなとロー



常用者のための日本文入力法の基礎的研究について

マ字とでは標音表記法の違う点がいくつかあるという、一部には日本の行政省庁間のタテ割り制度から来る制約が強く働いた結果できあがり、その後も長いあいだ国語審議会によって放置されたままになっているとはいえ、国語政策の根本問題から起こっているものである。

すなわち、たとえば分かち書きのためのスペースの有無のほか、助詞の「…は」と“… wa”や、「…を」と“… o”など、それに長母音の例では「おうりよく (応力)」すなわち“ôryoku/ooryoku”などの場合に、「おう」と“ô/oo”などと表記されることである。したがって今のワープロソフトでは、「応力を」をローマ字入力するとき、スペースは抜いてもよいが、表記法の標準となっているローマ字つづりによらずに、かなつづりを一文字ずつローマ字に直して“ouryokuwo”と入力しなくてはならない、ローマ字表記からすると変則的なものしかない。

具体的には、たとえば市場でも売れ筋の、ある日本文ワープロ製品をとってみる。そのキーボード上には、長音を表記する山形の記号がないから、そうした場合にローマ字表記法において認められている母音の繰り返し表記、すなわち、“â”には“aa”、“ô”には“oo”などを使って入力をしようとすると次のようなことが起こる。

まず、「し」「ち」「つ」「ふ」などの子音部については、訓令式でもヘボン式でも差しつかえない。しかし長音になると、まるでだめである。たとえば「長音」は“tyouon”と打てば出るが、正しく“tyoon”と打つと「ちょおおん」とかな文字しか出ない。以下「長所」「調査」「京都」「兄弟」「交番」「道路」「放送」「病院」「病気」「防火」「料理」「社長」「少年」など、みなこの伝である。

そのほか同じようにしたときに漢字で出るものは全て見当外れで、「調理 (= tyoori)」の「著織り」に始まって、「教育」は「挙甥句」、「教師」は「挙押し」、「王様」は「多さ間」、「往復」は「大拭く」、「往来」は「大らい」、「交通」は「こ乙卯」、「相談」は「曾於団」、「葬式」は「曾於式」、「掃除」は「曾於路」としか出てこない。

中には発音が全く同じ同音異義語なのに、無理をして書き分けなければ正しく出ないものもある。たとえば「大路」は“oozi”と入力すればよいが、「王子」のほうは“ouzi”だし、「大手」は“oote”であるが、「王手」は“oute”であり、「大阪」は“oosaka”だが、「逢坂」だと“ousaka”になる(以上の例は鈴木(1994)[33]による)。

このように、このワープロではローマ字の正書法は全く無視し、勝手に決められた便法に頼ってしか、入力できないようになっている。

なお、たとえば「応力」を“ouryoku”など、“ô”を“ou”とつづって入力することなどは、ローマ字表記として入力しているのではなく、かなに対するコードと考えているだけなのだから、これでよいという意見もあるが、現在ではローマ字も日本文の表記文字の一部としてますます取り入れられてきているのだから、入力においても、やはり国の標準であり、また国際規格にもなっている表記法に合ったつづりが優先されることが理想であろう。その他のつづり方による入力のオプションは、少なくとも国の標準によるものがきちんと満たされたあとでのことと考えるべきである。

現在では、漢字かな混り文を処理するソフトの応用も一般化し、入力された漢字かな混り文が視覚障害者用の触知文字(点字)文に変換されたり、また音声合成によって、音声サービスなどにも使われる時代になった。しかしこれらのシステムでは、必ずしもことばの正確な発音情報を持っておらず、特に後者では発音とずれているかな使いから、アルゴリズムによって発音を導き出すシステムが使われている。

しかしながら、この表記と発音とのあいだにずれがあったり、またそれがローマ字書きでの表記

の仕方とも異なっていることなどは、国語の表記法における根本問題なのであるから、アルゴリズムによるような姑息な変換法などに頼ることなく、発音を表記しているローマ字によって辞書作りをくふうすれば、標準つづりによるローマ字入力は分かち書きされているのだから、それを基にしてふつうの漢字かな混じり文を生成するというはそんなに面倒ではなく、ソフトウェアにそうした機能を書きたすことは、現在のかな漢字変換ソフトそのものを書くのに比べて何でもないのであると言える。したがってそうしたソフトは早く開発されるべきである。ぜひ実行していただきたいと思う。

それが実行に移されたとして、次に問題になるのは、日本語のローマ字表記には、長母音の記号“*ː*”が正式に定められているのに、JIS規格のタイプライターキーボードでは、この長音記号が完全に無視されていることである。一国の規格としては、こんな不思議なことは、世界のどこを探してみても、おそらく一つもみつからない、変則的なことではないかと思う。かりに“*ː*”の代わりに“*ˑ*”を用いたにしても、そのキーの位置はまことに不便なところにあるので、なかなか使う気にはなれないであろう。日本では日本文を考慮に入れたキー文字配列があつてしかるべきである。

こうしたことに、きちんと取り組んでないこともあつてのことだと思うが、しばらくまえにだれかがどこかで“*A*”の代わりに横棒の外れた“*Λ* (ラムダ)”を使いはじめると、それこそ馬鹿の一つ覚えのように、いまわれもわれもおおぜいで真似をしているが、その反面、日本語において区別のないせつな長母音・短母音を書き分けるための長音記号“*ː*”を使うことは、さっぱり行なわれていない。だからたとえば「齟齬」、「相互」、あるいは「総合」かもしれない名前のデパートの看板が街にあつて、外国人ばかりか、かれらに道を聞かれる日本人をも困惑させることになり、いったいだれのためのローマ字書きかと言いたくなる。また「いと 良かど」といった、古語と方言の折衷のように読める、あるスーパーのローマ字書きの名前も、愛嬌はあるかもしれないが、表記の目的を達してはいないし、別に「とと」などという幼児語のローマ字書きも見受けられる。

ふだんわれわれは、他人がどう読むべきか分からないような漢字の使い方を平気でしているので、無神経になっているのであろうが、文字使いは正しく読めるようにすべきものである。歴史的ないきさつで、フランス語文には依然としていろいろな補助記号が使われているにしても、今ではそれらは省略されても読むのに困らないのであるが、日本語の長音記号ではそうはいかない。日本語もその音韻構造も知らない英米人の使う不完全なつづり方のまねをすることは止めて、もうそろそろわれわれは、真の国際化のために、日本語をちゃんと表わすローマ字書きを使い始めるべきときではないだろうか。

ローマ字入力に関しては、もう一つ、つづり方にヘボン式と訓令式との二つが使われていることも問題である。事大主義に徹している日本人は、外国というとまっ先にアメリカやイギリスぐらいしか念頭になく、したがっていまでも圧倒的にヘボン式が使われている。

しかし、第2次大戦まえの1937年にいまの訓令式の前身(近衛 1937[12])が決められたときには、言語学の専門家が約20年をかけたあと、形態音素論的に日本語によく合ったものとしてそれが採用された。たとえばヘボン式で使う *ch*、*j*、*sh*、*ts*などは、ちょっと聞くと日本語の子音をより正確に表わしているように聞こえる。しかしながら、日本語の子音の多くでは発音するとき舌端が歯の裏にあたっていることと、*i*、*u*、*y*などの母音の発音のときの口の開きがずっと狭くなっていることの二つがあるためにために、それぞれ *t*、*z*、*s*、*t*として表わしたほうが、実は音韻学的にずっと正確な表記となり、その上そうしたほうが日本語の形態素にも整合性がよいつづりとなるのである(たとえば Saeki and Yamada 1977[31] 参照)。事実日本人が“*machine*”をふつうに発音したときに、アメリカ人の耳にはそれが“*masine*”(マスイーン)と聞こえるそうである。

常用者のための日本文入力法の基礎的研究について

そうした理由によって訓令式が定められた当時は、まだ欧米の植民地が多かったにもかかわらず、ヘボン式が反映している英語的な表音のつづり方式のうち、たとえばjなども、世界の言語のアルファベット表記法の中では、発音を表わす文字の選び方として少数派の系統に属したものであることが、綿密な調査で明らかにされている(たとえば佐伯 1932[30])。その後世界では独立国が増え、たとえば中国やマレーシアのように、国語のローマ字表記を英語式からそれぞれの国のことばの形態音素体系に合わせたものに変えた国がいくつもあるから、現在ではますますその差が大きくなっている。

日本でも 1937 年制定の訓令式が、大戦後の占領下時代に長期にわたって再審議された結果、またしても日本語のローマ字書きに最も適した標準表記法として 1954 年に採用され(吉田 1954[49])、その後国際的な標準化の舞台である ISO でも検討された結果、1989 年には ISO 標準 3602 になっている(ISO 1989[9])。

この ISO3602 標準は、当然ながら日本の委員も作業に加わっている、ISO 技術委員会 TC46 の作業部会 SC2 において 1989 年に決められたものである。しかも ISO の規定により、全ての標準は 5 年ごとに国際的な見直し作業が行なわれることになっていて、この ISO3602 も 1994 年に見直し作業が行なわれた。そのとき日本はこれについて現状で良いという投票をしているから、国際標準として、改めてこれを承認していることになる。したがって日本は国として現在も ISO3602 を支持しているものであり、当然国内においてその採用を推進すべきものなのである。

もし何らかの理由により現行の ISO3602 が不満であるのならば、今から慎重に準備をととのえ、次の 1999 年の見直しのときには ISO に働きかけるべきである。国際的にこれを支持し、国内で無視するという二面的態度は、国際の場における日本の信用に大きく関わる問題である。

いま世界の多くの国ぐにでは、日本語を学び、かつ使う人びとの数が急増していて、日本語はもはや日本人だけのものではなくなりつつある。近い将来において日本語が多くの外国人の手によって書かれ、インターネットで世界を飛び交うようになっていくことは間違いないことであろう。そうした時にあって、こうした日本語のローマ字表記の依然としての不統一、さらにそのどれにも当たらないばらばらの入力法商品の存在が、またしても世界の人びとに、日本文化をだらしのない、いいかげんなものとして印象づける可能性はおおいにある。企業の目的は利潤の追求にあるにしても、少しは理念を持って商品の開発を考えていただきたいものである。

いまや小・中学校から情報処理教育が取り入れられだしたのであるから、先に述べた子供用サイズのキーボードが日本語のローマ字表記を考慮した文字配列を載せたものとして製造されれば、国語の学習においてもすぐさま活用でき、教育上の利益は計り知れないものになることは明らかである。逆に、いつまでたってもいまのようなキーボードしかなく、しかも標準のローマ字つづりが使えず、変則的なつづりで入力しなければならないような入力ソフトの供給だけが続けば、すぐさまそれが教育にはね返り、悪影響を及ぼすことは明らかであり、事実その傾向はもうすでに出はじめている。

その訓令式はヘボン式に比べて日本語の形態音素体系にさらに良く合ったものであることは明らかだが、それでもまだ妥協が多く、筆者個人としては日本語の最良の表記法ではないと思っている。たとえば、はね音(撥音)の「ン」をナ行の“n”とは別にしたり、つめ音(促音)の「ッ」を独立した文字で表わしたりすることをしていない。そのほか、日本語のいわゆる長母音、実はひき音(延音)は、かなでもローマ字でもいろいろに書き分けられているが、これも最近明らかにされてきた、日本語の音韻構造を十分に反映したものとはなっていないからである。したがって、そのような点を言語学的に理にかなえたものとした日本語のローマ字表記方式がかつて提案されたこともある。

ちなみにつづり方は今のままだでも、日本文をローマ字変換で入力するときに、たとえば Qwerty 配

列なら、「ン」を“x”で、「ッ」を“c”あるいは“q”で、さらに長音記号の“~”を“v”で入力するようなモード設定ができるソフトを書けば、入力作業自体ももっと理にかなったものになるであろう。

## 8. 国際的視野

それにしても、内閣の訓令によってできるだけ速かにヘボン式から訓令式に改めるように指示されているにもかかわらず、40年ものあいだ、各省庁も、また国立大学も依然としてヘボン式を使いつづけている。その上、訓令式が国際的なISOの標準となったあとも、そのことについては、新聞を含めて、どこでもまったく取りあげることなく、沈黙を守り続けている。まさにアメリカやイギリスへの一辺倒である知識人による「沈黙の共同謀議 (silent conspiracy)」と言えるであろう。そればかりか一方的に英語圏に気がねをして、いわゆるヘボン式で書くことによって、かえって優越感を覚える人たちがかなりあることも、中国から受け入れた漢字を使って文章を書くことに優越感を持ったかつての日本人たちの精神構造を、またもやそっくりそのまま繰り返しているようである。

国の標準であり、かつISOの規格にもなった表記法であるのだから、今後訓令式を普及させるための国の政策を明確にするとともに、長らくヘボン式が流布してきたこともあるから、期間を切つてしばらくは、たとえば「伏見」のつづりは、初出の時に“Husimi(Fushimi)”と、訓令式を第一にし、ヘボン式を添えて書くという書き方の実行を強力に推し進めるべきである。

日本語のローマ字つづりに関して、そうした混乱が放置されているものだから、ワープロのローマ字入力方式においても標準的入力法がなく、たとえば「ン」を「n」で入れたり「nn」で入れたりする差異をはじめとして、いろいろな点で異機種間の互換性がないことが多く、異機種を使い分ける必要のある使用者の入力技能に対しては、またしてもそれが重い負荷をかけることになっている(詳しくは戸田・吉村 1992[35] 参照)。これでは一般教育用として、とても正規には使えない。

国語の表記にあたって、国内や国際舞台における歴史的いきさつも、また言語学的理由もそうして無視し、ほかの規格の標準化では国際的に活躍している専門家までもを含め、まだ妥協を残すものとは言え、日本人自身が、日本語の形態音素構造に基づいて出された、自国の学者の結論の選んだ標準を尊ばず、英語圏のみにおもねたヘボン式を依然として使い、あるいは各社が自己流のつづりをローマ字入力に使うて混乱の継続を助けていることは、国際的な専門家の世界において日本人の主体性のなさをさらけ出すことになっているのはもちろん、客観的に広く世界を見れば、アメリカやイギリス圏の大衆に向けていい顔ができると思っ込んでいただけであって、日本の得になることはあまりないことだと思う(Yano 1993[48])。それには、かつての植民地において、被支配者たちの中の首長たちが支配者たちに対して抱いていた、屈曲した心理状態を思わせるものがある。

特に、本来は日本の利益を国外に対して代弁すべき立場にあるはずなのに、筆頭になってヘボン式に執着し、しかもいまになってヘボン式から訓令式に切り換えるのは、コンピュータによる情報処理に混乱を招くといった、情報処理技術を見くびった公式見解を示しているわが国の外務省の態度は、日本文化の軽視以外のなにものでもない。一事が万事、そんな心がけだから、たとえば世界保健機関の問いかけに応えるのにも、アメリカなどの大国に気兼ねし、核兵器の使用は国際法違反にならないといった、われわれ国民の常識を平然と裏切り、感情を逆なでするような陳述書の秘密草案などを、依然として同じ外務省が書き(日本経済新聞 1994[15])、また国連では核兵器の違法性を問う決議に反対する動議に加担し、最終的には決議の投票において棄権する(朝日新聞 1994[3])というようなことが起こり続けるのだらうと思う。

常用者のための日本文入力法の基礎的研究について

われわれは、精神的にもっと自立すべき時ではないだろうか。

\* \* \*

以上は日本人が主体性を持ち、ことの原点に立ち返って日本文化と日本文入力の問題を考えればこうなるであろうという帰結の論述を試みたものである。

しかし、ひるがえってみれば、かつて圧倒的に優勢なシナ文化の伝来があって以来、日本文化は主体性の弱い、なんとなくいじけたものに終始してきたようであるから、いまさら主体性を持ってどうするこうすると言ってみても始まらないのかもしれない。おそらくは将来も、このままずるずると現状が続き、21世紀の日本はいろいろな点で次第に影が薄くなり、世界の中の一小国として、ひっそりと息づいて行くことになるというのが、もっとも確からしい日本の運命なのだろうか。それでも、もしそれが日本の選択であるのなら、それはそれで良いのであろうか。

**謝辞**

本稿を草稿の段階でお読みになるなどして、改善についてご意見を下さった、学術情報センターの橋爪宏達助教授、東京大学の石田晴久教授、IBM トーマス・ワトソン研究所の John Karat 氏、埼玉短期大学の加藤浩治助教授、国際科学技術学院理事の喜安善一博士、NTT 基礎研究所の岡留剛博士、国際日本文化研究センターの小野芳彦助教授、いまは名古屋大学から引退されておられる大磯ひでお教授、慶応義塾大学の岩元教授、ローマ字教育家の鈴木喜代栄氏、東京理科大学の清水忠雄教授、(株)リップスの竜岡博氏、お茶の水女子大学の富樫雅文博士、メリランド大学の J. Marshall Unger 教授、創価大学の渡辺和教授の方がた(アルファベット順)、それにたびたび書き改めた草稿をその都度タイプして下さった白石香織さんに、ここで厚い感謝の意を表わしておきたい。

参考文献

- [1] AAS, "The Ideographic Myth and Its Impact on Asian Studies I&II, Sessions 97& 117", *47th Annual Meeting of the Association for Asian Studies*, Washington D.C., April 6-9, 1995.
- [2] 新井美穂, 志柿里美, 「3(インチを) ÷ 4(段に分けたキーボードの) × 3(段分に) ÷ 4(段つめた) = (縦方向が)9/16(インチのキーピッチのキーボード)」, お茶の水女子大学理学部情報科学科, 1995年3月, 卒業論文.
- [3] 朝日新聞, 「核兵器違法性問う国連決議, 反対動議に日本賛成」, 1994年12月16日.
- [4] Cleamide, B., "Risk of social polarization in new production systems", Issue Workbook, *13th World Computer Congress, IFIP Congress '94*, Hamburg, Germany, August 28-September 2 1994, pp.47-52.
- [5] 電子協, 「日本語入力方式技術研究会の調査, 運営方針」, (社)日本電子工業振興協会, 1994年, 1p.
- [6] Erbaugh, M., "Ideograph as 'other' in post-structuralist literary theory", to be delivered at AAS, 1995.
- [7] Hirai, Tomio, "Psychology of Zen", Igaku Shoin, 1974.
- [8] Horodeck, R. A., "The Role of Sound in Reading and Writing Kanji", Cornell University, 1987, Ph. D. dissertation.
- [9] ISO, "3602 Documentation — Romanization of Japanese (*Kana* script)", 1989, V+6p.
- [10] Ito, Masao, "A new physiological concept on cerebellum from posture to initiation of movement", *Paris meeting*, June 1989, 21pp.
- [11] Karat, J., "Personal communication", March 24, 1995.
- [12] 近衛文磨, 「内閣訓令第3号」, 1937年9月21日.
- [13] 小島文代, 「タッチ式入力方式入力作業の疲労度測定結果報告書」, リコー工業デザインセンター, 1979年7月19日, 14pp, RLO13.
- [14] Lessley, B. J., "Keyboard Retraining: Qwerty to Dvorak", School of Education, Oregon State University, May 1978, Ph. D. Thesis.
- [15] 日本経済新聞, 「国民常識裏切る官僚外交」, 社説, 1994年6月10日.
- [16] 日商, 「高度情報化社会に向けての基礎教育等の重要課題に関する調査研究報告書」, 日本商工会議所キーボード操作技能研究委員会, 1994年3月.
- [17] 野田恭孫, 「ワープロの文字配列統一を」, 朝日新聞, 論壇, 1987年8月18日.
- [18] 岡留剛, 小野芳彦, 山田尚勇, 「タイプ作業の構成要素間に起こる干渉」, 情報処理学会論文誌, Vol.27, No.3, pp.304-311, 1986年3月.
- [19] Okadome, T.; Yamada, H., "A comparative study of input methods for Japanese text typing", *Computer Processing of Chinese and Oriental Languages*, Vol.4, No.4, pp.275-294, March 1990.
- [20] 小野芳彦, 「Tコードの補助入力: 字形組み合わせ法と交ぜ書き変換法」, 情報処理学会論文誌, Vol.31, No.3, pp.404-413, 1990年3月.

常用者のための日本文入力法の基礎的研究について

- [21] Ono, Y.; Yamada, H., "A cognitive type training model whose speed advancement is derived from those of component tasks", *Behavioral Science*, Vol.35, pp.238-268, 1990.
- [22] Oohashi, T.; Nishina, E.; Kawai, N.; Fuwamoto, Y.; Iwai, H., "High-frequency sound above the audible range affects brain electric activity and sound perception", *91st Convention of the Audio Engineering Society*, 3207 (W-1), 8M/W-1, New York, October 4-8, 1991, 25pp.
- [23] 大橋力, 不破本義孝, 仁科エミ, 「メディアコミュニケーション効果の生理学的評価について (その1), 映像方式の違いによる生理的影響の検討」, 電子情報通信学会技術研究報告, HC92-21 ~ 26, pp.9-16, 1992年7月30日.
- [24] 大橋力, 仁科エミ, 不破本義孝, 「メディアコミュニケーション効果の生理学的評価について (その2), 映像と音声との相互作用の検討」, 電子情報通信学会技術研究報告, HC92-21 ~ 26, pp.17-24, 1992年7月30日.
- [25] 大橋力, 仁科エミ, 不破本義孝, 河合徳枝, 「同じ音楽ソースからつくられたLPとCDとの間の再生信号・感性反応のちがひ」, 第9回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集, 計測自動制御学会・ヒューマン・インタフェース部会, 神戸, 1993年10月18-20日, pp.57-64.
- [26] 大岩元, 「キーボードに関する迷信 (訓練された人間の能力について)」, 夏のシンポジウム「ヒューマンフレンドリーなシステム」論文集, 情報処理学会, 1986年7月23-24日, pp.133-139.
- [27] 大岩元, 「卓上出版(DTP)の将来像を探る — 卓上出版のヒューマン・ファクター —」, 情報処理, Vol.31, No.11, pp.1581-1585, 1990年11月.
- [28] 大岩元, 高島孝明, 三井修, 「日本文タッチタイプ入力の一方式」, 情報処理学会論文誌, Vol.24, No.6, pp.772-779, 1983年11月.
- [29] 坂村健, 「BTRONにおける入力方式—TRONキーボードの設計—」, 情報処理学会研究報告, 86-JDP-7-2, 1986年7月9日.
- [30] 佐伯功介, 「各国語に於けるローマ字の使ひ方」, 日本ローマ字会出版部, 1932, (国語問題研究叢書).
- [31] Saeki, K.; Yamada, H., "The Romanization of Japanese Writing: Hepburn vs Kunrei System Controversies", ISO/TC46 SC2, Paris, France, November 1977, 48pp.
- [32] 塩見彰睦, 喜多辰臣, 河合和久, 大岩元, 「2ストローク入力のための仮名漢字変換」, 情報処理学会論文誌, Vol.33, No.7, pp.920-928, 1992年7月.
- [33] 鈴木喜代栄, 私信, 1994年9月.
- [34] 竜岡博, 「キー配列の統一は必要ない」, 朝日新聞, 論壇, 1987年9月16日.
- [35] 戸田美晴, 吉村庸, 「コンピュータで使用されている日本語ローマ字かな変換の多様性について」, 高知学園短期大学紀要, No.23, pp.699-712, 1992年11月.
- [36] Unger, J. M.; DeFrancis, J., "Logographic and Semasiographic writing systems; a critique of Sampson's classification", *Scripts and Literacy: reading and learning to read alphabets, syllabaries, and characters*, Taylor, I.; Olson, D. R. (eds.), Dordrecht, The Netherlands Kluwer Academic Publishers, 1994, pp.45-58.

- [37] Yamada, Hisao, "A historical study of typewriters and typing methods: from the position of planning Japanese parallels", *Journal of Information Processing*, Vol.2, No.4, pp.175-202, 1980, 小笹和彦訳, 「タイプライタとその入力方法の歴史的考察 — 日本語タイプライタの開発動向への視点 —」, *bit*, Vol.13, Nos.7-11 &13, 1981年6月-11月.
- [38] Yamada, Hisao, "Certain problems associated with the design of input keyboards for Japanese writing", *Cognitive Aspects of Skilled Typewriting*, Cooper, W. E. (ed.), New York, Springer-Verlag, 1983, pp.305-407.
- [39] 山田尚勇, 「専任タイピスト向きタイプ入力法の研究経過」, *コンピュータソフトウェア*, Vol.2, No.1, pp.54-64, 1984年1月.
- [40] 山田尚勇, 「ワープロ専任者のストレスと労働障害」 (未定稿), 16pp, 1988年.
- [41] ヤマダ ヒサオ, 「ワープロと国字問題」, *カナノヒカリ*, 1989年10月, pp.1003-1007; 11月, pp.1105-1108; 12月, pp.1207-1210.
- [42] 山田尚勇, 「第13編第2章, 日本文入力」, *情報処理ハンドブック*, オーム社, 1989年, pp.1135-1145.
- [43] Yamada, H., "An analysis of Japan's present industrial success", *学術情報センター紀要*, 第4号, pp.319-330, 1991年12月.
- [44] 山田尚勇, 「音響機器の音質評価に関わる人間科学的考察」, *学術情報センター紀要*, 第6号, pp.139-197, 1994年3月(a).
- [45] 山田尚勇, 「多すぎる漢字・漢語にどう応えるか」, *学術情報センター紀要*, 第6号, pp.249-289, 1994年3月(b), [付録を除いた, 加筆増訂版, 60pp, 1994年9月].
- [46] 山田尚勇, 「日本文入力法の基礎的研究を回想して, 講演」, 1994年9月9日(c), 日本電子工業振興協会, 日本語入力技術研究会 (委員長・渡部 和・創価大学教授).
- [47] 山田尚勇, 「感覚障害者における大脳の言語処理機能について」, *学術情報センター紀要*, 第7号, pp.253-311, 1995年3月.
- [48] Yano, Yûzi, 「国際連合地名標準化会議について」, *Rômazi no Nippon*, No.480, pp.1-3, 1993年5月.
- [49] 吉田茂, 「内閣告示第1号」, 1954年12月9日.



常用者のための日本文入力法の基礎的研究について

付録：アメリカにおけるキーボード障害裁判の速報と技術的評価

A great work of art is never finished,  
it is eventually abandoned.

### A.1 はじめに

キーボードの過度の使用によって労働障害が起こったとして、PL(製造物責任)法による損害賠償の請求の訴えが、アメリカ各地の法廷にすでに数多く提出されている。

おそらくその最初の裁判がミネソタ州のダコタ区地方裁判所(Dacota District Court)でスパイサー(Richard Spicer)判事を裁判長として、1994年末に始まった。双方の弁護士たちによる論点調査(discovery proceedings)による供述書作成(deposition)を経たあと、陪審員の選出を終え、実際の法廷審議は1995年1月に始まり、裁判は約9週間かかって3月始めに結審し、陪審員の評決によって3月9日に判決が出た。

速記機器が発達し、またタイプ入力の早いアメリカのことであるから、裁判における一言一句が忠実に記録された、何十分冊かに及ぶ文書が、すでに印刷されて公開され、高価ではあるが一般にも購入可能になっている。

しかし、そうした記録は裁判の成り行きを明らかにすることを目的とした、法律の解釈や運用が優先したものであり、キーボードに関わる技術的な議論は必ずしも分かりやすい形で出て来ていない。

それで本稿では、裁判における審議のうち、技術的な内容に関心を持っている者の立ち場から、この裁判で表明された議論を追ってみる。ただし、これはある一科学者による供述を基にしてまとめたものであるし、また筆者は、提出された証拠書類なども参考にしていないから、細部においては必ずしも正確なものとなっていない恐れが十分にある。しかも筆者は法律についてのしろうとである。したがって、本稿は裁判の技術的内容を大雑把に掴むためだけの参考に供するものであり、裁判の全体を正確に把握するためには、あくまでも公式記録を参照すべきである。

なお日本と異なり、アメリカの裁判では製造業者側の手持ちの証拠や情報の公開が制度化しているから、逆に相手がとうてい処理しきれないほど大量の情報を開示することによって、相手側が必要とする情報を容易に抽出できないようにするなどの駆け引きが、裁判で用いられることのあることも、アメリカの裁判を見るときに注意すべきことのひとつであろう。本件の裁判の進行における被告側の対応にも、いささかその臭いがするようである。

### A.2 論点

アメリカ政府の統計によると、手の使い過ぎによる異常症状や障害を訴えた人たちの数は、1980年代から1990年代にかけての10年間に約10倍になっており、しかもその大半が、タイプライタ、ワープロ、キャッシュレジスタなどの、キーボードの使い過ぎによるとされている。

そうした人たちの中で、これらキーボード付きの機器のメーカーを相手に損害賠償を求めて、連邦や州政府の裁判所に裁判の要請を出した者の数が、今日では2000人を越え、件数にしても200を越えている。

そうした状況の中であって、ニューヨーク市にある弁護士事務所Levy, Phillips and Koenigsberg在籍の、かつてアスベスト粉塵の吸い込みによる健康障害に関する集合代表訴訟(class action suit)に勝訴して一躍名を挙げた、弁護士Steven J. Phillipsが、新聞などに広告を出して、キーボードの使用によって障害が出たとする者を探し出して原告となし、かれらの要求を代表してニューヨ

ク州における集合代表訴訟に持ち込もうとした。

その試みは今のところまだ障害の因果関係の証拠が不十分として、成功していないが、その手始めの個別民事訴訟として、彼はミネソタ州、Eagan市の女性、Nancy Urbanskiを原告 (plaintiff) に選んだ。

原告の訴えによると、彼女は1989年から1991年にかけてIBM社およびアップル・コンピュータ社のパソコンなどを使って仕事をしていて、もと高校の秘書 (現在30歳) であり、作業の結果として、手の甲から手首にかけての筋の鞘が炎症 (carpal tunnel syndrome) などをおこし、苦痛がひどく、手を使う仕事が全くできなくなった。

原告はこれが明らかにキーボードの使い過ぎによるものであるとし、IBM社およびアップル・コンピュータ社が、キーボードの使い過ぎにそうした危険のあることを明示しないまま製品を販売したということを取り上げ、製造物責任 (PL) 法に基づいて、損害賠償を求める民事訴訟をおこしたのである。

これを受けてたった被告 (defendant) IBM社は、強大な組織と膨大な専属弁護団を活用して、きわめて巧みな弁護を展開したようである。その論点とするところは、IBM社はむかしから人間工学研究所 (Human Factors Center) を持ち、キーボードを含めた、人間工学に関する広範囲な研究を続けてきており、また組織的に収集・保存している研究論文などの文書も数千点に及んでいるにもかかわらず、キーボードの使用と、carpal tunnel syndrome を含む、一般に R.S.I. (repetitive stress injuries) と呼ばれる労働障害との因果関係は、いまだかつて立証されたことがない、という主張であった。

日本の PL 法には盛り込まれなかった、ある製品を通常に使っていて被害が生じた場合には製品に欠陥があったとみなすという「推定規定」が、アメリカの法律ではどうなっているのかを、筆者は知らないが、仮りに明文化されていたとしても、carpal tunnel syndrome のような因果関係が複雑なものでは、その立証が裁判の山になることは間違いないようである。

### A.3 法廷での審議

IBM社が主張を開陳するにあたって喚問した証人の中には、当然ながらキーボードの専門家が含まれていた。その一人は、かつて長らく同社の Human Factors Center の所長の任にあり、現在は引退して独立したコンサルタントとなっている Richard S. Hirsch 博士 (心理学出身) であり、もう一人はヴァージニア工科大学 (Virginia Polytechnic Institute) における人間工学の専門家であり、特にキーボード作業に詳しいとされる、Harry Snyder 教授 (心理学出身) であった。

スナイダー教授の証言の要旨は、キーボード作業と carpal tunnel syndrome との因果関係は、いまだ科学的に証明されていない、というに尽きた。

それとならんで、ハーシ博士の証言は、きわめて綿密に準備された、3日間に及ぶ供述であり、そのうちの1日は、スライド約120枚を準備した、陪審員たちに対する、IBM社の Human Factors Center の人間工学研究に関する啓発講義とも呼べる、よく整理され、かつ興味深いものであった。

それに対して原告側の Phillips を長とする弁護士団が法廷でとった方略は、あまり上手であったとは言えないもののようであった。

もともと彼を有名にした、Johns-Manville社に対するアスベスト粉塵公害に関する集合代表訴訟に置いて彼が勝訴することができたのは、同社がアスベスト粉塵が健康に有害なのを知りつつ、それ

常用者のための日本文入力法の基礎的研究について

を隠す指示を社内を出していた文書が、会社の文書ファイルから見つかったことが、会社側の責任を決定的にしたからである。

それに比べて、carpal tunnel syndromeをはじめ、R.S.I. がキーボードの使用に起因するということの医学的因果関係を立証することがずっと複雑な、今回の訴訟に臨むにあたって、原告側の準備や調査、さらには法廷対策はかなり不十分であったらしい。おそらくアスベスト裁判において完全勝訴し、かつそれによって個人的にも何百万ドルにも及ぶ収入を得たことから出た、Phillips の驕りがあったものと思われる。

アメリカの裁判では、刑事訴訟、民事訴訟にかかわらず、被告側の責任が完全に立証されず、疑いの余地が残っている場合には、被告は有罪とならない。さらに、そうした結論を出す立ち場に立っているのは、日本と違って、一般市民から無作為に抽出された 12 名の陪審員である。したがって、法廷における争いは、原告側・被告側とも、しばしば本質的な技術論を離れ、陪審員の心証を有利に展開することに方略・策略の重点が置かれる。こうした点についても、原告側には準備の悪さと詰め甘さが見られたようである。

もともと Phillips はニューヨーク州の弁護士である。アメリカでは州によって法律が異なることが多いから、ミネソタ州での裁判には、彼はミネソタ州の弁護士事務所を雇って裁判の準備を整えなくてはならない。しかし、おそらく地方ではキーボードに関する専門家が少ないことがあって、雇われた弁護士事務所では、専門的、技術的な調査には十分手がまわらなかったものようである。

#### A.4 原告側の技術的証言

たとえば、原告側が証人として喚問したのは、第 2 次大戦後にドイツのマックス・プランク研究所に所属していたとき、中央部から外側に向けて下がった形の、山形をしたキーボードに関するドイツ特許を取得し、その後アメリカに渡り、そこで実験研究を行なった K. H. Eberhard Kroemer 教授である。

いま肘から下、両腕をまっすぐ前に水平に出すとき、親指側が上がるように、両手のひらを「ハ」の字型に中高にすれば、腕の筋肉に対する振れが最も少なくなるから、キーボードも中央の高い形に作れば、腕に対する負担が軽くなることが第 2 次大戦前から知られていた。クレーマー教授はそうして合理的化されたキーボードの提案を実現してみせた実験的研究者であるが、現在普及している形のキーボードは欠陥があるもの (defective) だという彼の日ごろの主張も、必ずしもキーボード研究の全体を広く見渡して得た深い洞察によったものではなかったようで、法廷で被告側の反対尋問にあうと、キーボードに関する彼の理念や理論の浅さ、果ては主張の根拠の薄弱さが暴露されてしまったようである。

その上、被告側の弁護士は、彼の実験についての論文を詳しく調べてあり、そのいくつかの版のあいだで被験者の数の記述などにくい違いがあることを執拗に指摘するという、キーボードに関する本質的な技術論を離れた、しかし典型的な法廷術策を用いて、陪審員たちの心証を悪くすることに勉めたもようである。

さらに、キーボード障害に関する原告側の第 2 の証人は、疫学者 (epidemiologist) であり、かつ原告の担当医師の一人である Punette 某教授であったが、彼にとって原告ただ 1 人が、いままでに直接受け持った、carpal tunnel syndrome を持った患者であり、その証言は主としてこの患者の観察に基づいたものであった。したがって、彼女の証言の大半の部分は、実は他の医師の論文を読んだ上での伝聞 (hearsay) に過ぎないものだということが、被告側弁護人の巧みな反対尋問によって、陪

審員に強く印象づけられてしまう結果となったという。

原告側は、かつて原告を患者としてみたことのある男性医師もう一人を証人として喚問したが、被告側弁護士の反対尋問において、彼もやはり Punette 教授と同じように扱われてしまったらしい。

#### A.5 被告側の反対陳述

原告側の証言のこうした弱体さや、また法廷でとった方策のまずさに比べて、被告側の証人として法廷で陳述をした一人は、先に述べたスナイダー教授であった。彼はアメリカの国家標準局 (American National Standards Institute, ANSI) において、ディスプレイ付きワークステーションに関する作業部会の委員長を務めており、その専門はキーボードよりもむしろ視覚関係のほうであるが、キーボードの専門家としてたくみに断定的な反対証言をなし、その肩書きと相まって、陪審員にはかなり強い心証を与えたという。

しかし証言の内容には、たとえば手の R.S.I. などとは関係のない、眼球内でのレンズ面の反射による光像の効果 (Purkinje 効果) と目の疲れに関することなどを織り込んだものを、IBM 社関係の証人と組んで巧みに行なうなどして、陪審員に対するかなりの煙幕効果を果たしたもようである。こうした術策に対して原告側は、準備不足、技術的理解不足で、十分な反対尋問を行なえなかったという。

被告 IBM 社側の証人として陳述をしたハーシ博士は、現在は隠退し、法律的には独立したコンサルタントをしているものの、長い年月 IBM 社の社員であり、Human Factors Center の所長を長らく務めた人物である以上、IBM 社に対してひいきの心情を持っていることは明らかであろう。

すでに述べたように、彼の陳述はスライドを 120 枚ほど準備し、人間工学に関する IBM 社の研究活動を陪審員に対して強く印象づけるべく、よく構成された、丸一日をかけた講義と言えるべきものであった。その内容は、製品を人間工学的にいかによく考慮されたものにするかについて、同社がどれだけ努力を払っているかを、しろうとにもよく分かり、しかも興味を持てる話としてまとめてあった。

陳述が進むにつれ、その内容についての陪審員たちの関心が高まり、IBM 社に対する好感が高まるさまが顕わになっていくさまを見て、原告側の弁護士は憂慮を深め、スライドが約 100 枚ほどに進んだところで、陳述の内容が裁判に対して筋違い (irrelevant) であると抗議してその中止を求め、裁判長によって認められた。

これは法廷における手続きとしては正しかったわけであるが、せっかく高まった陪審員たちの関心を中断させたために、かえって陪審員たちの反感を買うことになってしまい、方略としては失敗であったという。技術面における原告側の準備がもし万全であったならば、あとに述べるように、ここではむしろ積極的な反対尋問によって、これらの供述をかなり切り返すことは可能であったであろう。

#### A.6 裁判の結果

以上で述べたように、本裁判においては、原告側弁護士の不勉強や、準備不足がその成り行きを大きく左右したことは明らかである。

その上、訴訟を起こすための原告として、Phillips はかなり不適切な者を原告として選んだものと思う。

裁判の進行とともに明らかになったのだが、carpal tunnel syndromeなどを示している原告は、30歳ほどの女性であるが、彼女は若いときから、よくバレーボールをしてきたらしい。しかもこれまでに2度も自動車事故に遭い、指圧治療 (chiropractic) なども受けている。

常用者のための日本文入力法の基礎的研究について

過度のバレーボール運動が、体質によっては carpal tunnel syndrome を起こすことは知られている。これに加えて、自動車事故による悪影響も、疑わしいとはいえ全く否定はできない。これでは、法律の要求している、carpal tunnel syndrome が疑いもなくキーボード作業の結果である、という因果関係を完全に立証することがむずかしくなるであろう。

それに加えて、キーボードに関する研究についても、原告側の弁護士には技術的な理解が少なく、被告側の一方的とも言える陳述に対して、反論できるだけの知見を持ち合わせず、またその努力もしなかったという。

それでいて、8週間にわたった裁判のうち、原告側がほぼその4分の3を費やしたし、また8時間にわたった最終弁論(closing arguments)においても、原告側はやはりその4分の3を費やしている。そんなにもたもたしていたのでは、このような原告の場合に、キーボード作業と carpal tunnel syndrome などとのあいだに、決定的な因果関係があることを陪審員に信じさせることは、心理的にかなりむずかしいものになるであろう。

結審にあたり12人の陪審員たちは、評決に至るガイドとする、8ページにわたる書式を与えられ、それにしたがって一步一步自分の判断を書き入れていくことにより、最終的な評決に到達するようになっている。

また、もし陪審員たちが6時間以内に評決に到達したときには、その評決は全員一致によるものでなければならない規定になっている。しかし評決はわずか4時間足らずで出されてしまった。しかも、論点になっている因果関係にもし疑いのあるときには、その責任のパーセント量を示すように裁判長から指示されていたのであるが、陪審員によるその評価の平均値が、ほぼ0パーセントという、原告側にとって完全な敗北評決となった。

そのため、Phillips がなぜそんなに疑惑を招きそうな原告を選び、しかも準備不十分なままで裁判に臨んだのかということが、法廷の外で話題となったようである。それに対して、Phillips の雇ったミネソタ州の弁護士事務所の弁護士の一人が、実は裁判長のゴルフ友達であり、しかも裁判長はこの弁護士の兄弟(brother)によって任命された者であったので、裁判が原告に有利に展開すると読んでいたからではないかという話があったそうである。

#### A.7 アップル社に対する訴訟の成り行き

原告 Urbanski は IBM 社のほかに、アップル社をも同時に相手にした訴訟を起こしたということを示す第2節で述べておいた。したがって本訴訟は初めは2社に対するものであった。しかしながらアップル社の場合には、裁判が進展するにつれて不利な証拠が出てきたために、2月24日裁判の途中で原告と和解し、原告はアップル社に対する訴訟を取り下げてしまった。それは以下に述べるような事情によるものであった。

アップル社は新しい技術の開発にきわめて積極的な企業であり、キーボードに対しても例外ではない。それでキーボードの使い過ぎによる労働障害が話題になりだすと、いち早く現在の標準的なキーボードよりも合理化された形のキーボードを開発して商品化した。すなわち、キーボードが真中から左右に割れて、上端中央を軸として、下端が左右に開き、キーのタテのコラムが「ハ」の字型に自由に調節できる製品である。

そうしたアイデア自体は古くからあり、また実験的試作品もいくつか作られたのであるが、その一つを新製品として宣伝するにあたってアップル社は、いままでのキーボードがいかに不完全で欠陥があり、それに対してこの新しいキーボードがいかに勝れているかを述べた文書を作成した。さら

にこれをテレビ広告によって宣伝すべく、同様の趣旨に沿った台本がアップル社によって書かれていた。ところが、こうした文書を含む約40点に及ぶ資料が、カリフォルニア州クーパティーノ市にあるアップル社が雇った、ニューヨーク州バッファロ市の Saperston and Day 弁護士事務所から、裁判まへの discovery proceedings 期間中に原告側に渡されていなかったことが明らかになったのである。その中にはアップル社が自社員に対して出した、キーボードの使い過ぎが R.S.I. を起こす可能性についての警告文が含まれていたようである。そしてこの警告文は原告側によって被告アップル社が従来のキーボードに欠陥があることを知っていた証拠として提出されることになってしまった。

そうした手続き上の失策がこの裁判では裏目に出たのである。すなわち、法律上これらの文書は、前世紀以来使われてきた、現在の標準型キーボードに欠陥があることをアップル社が認めていた上に、それを故意に隠していたという論拠になるからである。

日本の PL 法に盛られている、製品の開発時の技術レベルでは認識されていなくて後になって明らかになったような場合の、製品の欠陥に対する免責規定である「開発危険の抗弁」が、アメリカの PL 法では認められていないから、このように過去の製品に欠陥があることを認めれば、同時にそれに対する賠償責任がアメリカでは法律上生じてしまうということになる。それ故、アップル社は裁判において一挙に不利な立場に立たされ、その結果和解に踏み切ったということであった。

かねてから筆者は、キーボードの使い過ぎによる労働障害の問題の解決が PL 法に委ねられるということが起こりつつあるということについて、いささか懸念の感を抱いていた。それは、キーボードの改善ということは、人間工学を筆頭とする、科学的、技術的な問題であるのに対して、PL 法訴訟の目的は労働障害の出現したことに対する責任追及と補償の獲得の問題であり、当然ながらこの二者の目標がかなり異なるからである。

果たせるかな、より良いと思われるキーボードを開発・商品化し普及させようとしていたがために、アップル社はこの裁判における法律運用上の技術的手続 (technicality) によって、キーボード自体の良否に関する技術的検討を経ないまま、和解を強いられることになってしまった。これではキーボードの製造者として、真に優れたキーボードの開発を試みることで自身が自殺行為につながりやすいことを意味することになってしまう。

ただし、上述のように IBM 社が勝訴したことにより、アップル社の和解は今後転覆 (overturn) される可能性が出てきたとのことであった。どちらにしても今度の裁判の結果は、今後新しいキーボードの研究を実施することに対して、かなりのブレーキをかけることにつながることは間違いない。

#### A.8 裁判で審議されなかった本質的な技術問題

すでに述べたように、PL 裁判の目標はキーボードの科学的な改善ではない。しかしながら本裁判の法廷審議の中には、原告側にもう少しの技術的能力と周到な下準備とがあったならば、過去におけるキーボードの改善研究の成果を有効に利用して反論できる場面がいくつかあったと思われる。

その全貌に触れるためには、そのまえに裁判の記録を綿密に調べる必要があるし、またその規模は本稿の目的を逸脱するものになることは明らかである。したがって本稿では、筆者の聞き及んだことから推測できることの一部について、簡単に述べるに留めることとする。

被告 IBM 社側の証人として出廷した Human Factors Center のもとの所長ハーシ博士は、スライドを用いた1日がかりの証言の中で、いかに IBM が製品の人間工学的洗練に努力をしているかを、陪審員に印象づけた。その陳述はよく準備され、しろうとはかなり印象の強いものであったようである。研究面での IBM 社の努力には確かにりっぱなものがあり、ハーシ博士の陳述に全く偽りはな

常用者のための日本文入力法の基礎的研究について

かったであろう。

しかし、その内容の多くは、キーボードそのものの改善には直接関係のない研究についてであって、その意図したところは、むしろ陪審員たちを感服させ、IBM社に対する好感を持たせる努力であったものと推定される。そのことは、陳述が終わりに近ずき、陪審員の共感が高まるのがたまらないと感じたであろう原告側弁護士が、ついに裁判長に対して、陳述の続行に反対動議を提出し、しかもあっさりと受理されたことから推定される。

しかし原告側弁護士のここでの最大の失敗は、そうした被告側の煙幕策略に押しまわられたこと自体にあるのではない。むしろそうした雪崩のように押し出される、豊かな供述の中に埋もれていた、被告側のアキレス腱を見逃したことにある。

キーボードに関する研究をひもといたことのある研究者ならよく知っていることであるが、現在の標準文字配列の、いわゆる Qwerty キーボードに比べて、1930年代にワシントン州立大学の教育心理学のドボラク (August Dvorak) 教授が提案し、1983年以來 ANSI の代替 (alternate) 標準配列になっている、いわゆるドボラク配列のキーボードを用いれば、英文タイプの場合、内輪に見積もっても、指の運動量が Qwerty 配列を用いるときの半分以下になる。carpal tunnel syndrome のような症状は、指の運動量が多いほど出やすくなるであろうから、症状発現の可能性の軽減に対して、これは相当に効果があることと思われる。

したがって、もし原告側が被告側の責任のありかを探るとすれば、IBM社がどれだけドボラク配列、あるいは類似の線に沿ってキーボード使用の負担を軽減する可能性を、技術的に追求してきたかを明らかにすることにあつたと思う。そうした研究は、設備も研究費も乏しい、筆者の研究室においてさえ、すでに15年以上もまえに試みて、それなりの論文にまとめてあるのである。

#### A.9 文字配列による改善

さらにドボラク配列では、作業に用いる指から指への遷移が上記のように合理化されるので、タイプ速度も15パーセントから20パーセントほど上昇することが推測でき、事実、数は少ないながら、ドボラク配列のキーボードを実際に使っている人たちは、もっと高い速度上昇率が出ることを述べている。またかれらは、ドボラク配列を用いれば、一日中入力作業を行なったあとの疲労感が格段に少なくなることも述べている。

しかるに、世の中でドボラク配列を使いこなしているタイピストは数が決定的に少ないために、そうした研究の被験者を確保することがなかなかむずかしい。したがってタイプ作業を研究している人たちは、著名な実験心理学者 R. Kinkead 教授などを含めて、一般には Qwerty タイピストの作業について測定して得たデータを基にして、他を推定しているに過ぎない。にもかかわらず、そうした研究者が別の研究によって著名であるがために、その推定が示す、ドボラク配列によっても入力速度がほとんど増加しないという、1970年代までに出された議論が世に流布し、いまに至るまで広く信じられている。

筆者の研究室では、これら2者の配列におけるこうした理論的推定と実経験とのあいだに見られる性能の格差に関心を持ち、経費の関係でただ一人の被験者ではあつたが、Qwerty 上の熟練タイピストの入力作業についてとつた実測データを詳しく分析し、1980年ごろ、この格差の原因と思われるものを突きとめることができた。

それは分かっただけならば簡単なことであつて、人間はタイプするときに、できるだけリズム感を作り出そうとする無意識の努力を働かせているために、キーからキーへの指の作業の遷移の多くが打

ちにくいもので占められている Qwerty 上では、それに引っ張られて、打ち易い遷移のほうも遅くなることが起こっているということである。したがってそうした打ち易い遷移が大方を占めるドボラク配列上での作業速度を、こうした Qwerty 上でとったデータと同じであるとしてドボラク配列の能力を推定したのでは、そうした打ちやすい遷移速度にペナルティを課してしまい、始めからドボラク配列上で訓練を受け、作業を行なっている者の作業速度を反映することができないということになる。

アメリカでは “practice makes perfect” という表現がよく使われるが、この場合にはそれが当てはまらなく、むしろ Hector Hammerly の言うように、単に “practice makes permanent” となり、それがかえって不利に働いているのである。

別に簡単な比喻を用いてこれを説明すると、スラローム (回転滑降) 用スキーの性能を評価するのに、同じスキーはスキーでも、日ごろジャンプ・スキーをはいてジャンプを専門に行なっているスキーヤーに頼んだのでは、真の評価が得られないのと似ていると言えよう。

### A.10 IBM 社とドボラク配列

IBM 社の Human Factors Center でも、常時あれこれとキーボード作業の評価を行なってきたが、それはいつも Qwerty 配列をもとにしたものであって、ドボラク配列のキーボードを用い、正面切ってこれと取り組んだことはないはずである。そしてそれは IBM 社の大きな方針に沿ったものである。

IBM 社も昔からドボラク配列のタイプライタを受注生産してきたのは事実である。しかしそのことはできるだけ公表を避けてきたのもまた事実であって、かつて筆者が入力問題の研究にあたっていたころ、IBM 社からドボラク配列のタイプライタが入手可能だとの噂を聞いて、あちこちの IBM 営業所に問い合わせたが全く手がかりがなく、最後にタイプライタ生産部門に直接問い合わせ、やっとそれを確かめることができた。

ドボラク配列の長所はまだ万人によって認められているとは言えないにしろ、その可能性についてはかなりの数の研究論文がすでに公表されている。したがって、上記のような方針に沿った IBM の研究は、欠陥があるもの (defective) だとまでは言えないにしても、少なくともまだ不完全 (incomplete) なままに留まっているとは言ってもよいであろう。

今度の裁判における被告側の証人ハーシ博士の陳述の中には、このドボラク配列に対する言及がなされていたにもかかわらず、原告側の弁護士はその意味するところを的確に捕らえ、そこから問題の技術的核心に迫るということをしなかつたばかりか、IBM Human Factors Center に関するハーシ博士の全陳述の中のどの機会に置いても、専門家と十分に相談した上での反対尋問を行なう権利を全く放棄してしまっていたようである。

そうした原告側の準備不足は、単に裁判の結果に大きな影響を与えたばかりでなく、結果的には、せっかく開きかけていた、人に優しく合理的なキーボードの開発や普及に向けての、新しい前進の道をこの裁判によって閉ざす結果をもたらしたのではないかという点で、誠に残念なことに思われる。

キーボードの良し悪しのように、個人差の大きい人間、しかも技能に熟練した人間が関わっている作業についての実験にあたっては、長期間にわたって協力が得られ、しかもまだ特定の機種についての技能の型にはまっていない被験者を相当数確保し、かつ多様な実験機種と各種のデータの測定機器システムを準備する必要があるから、その実行には人力、時間、経費などがかさみ、そう安易に着手できる性質のものではない。それ故、たとい理想からは遠い Qwerty 配列のようなものにしても、すでにそれが社会に根を深く下ろしている以上、特に他の道をとる必要が起こらない限り、いかなる



## 常用者のための日本語入力法の基礎的研究について

製造業者であっても、現状維持の商略をとるのが好ましいと考えるのは驚くにあたらない。したがって、過去において筆者などが、始めからドボラク配列によって訓練を受けたタイピストを集めて、キーボード入力作業に関するデータを採ることを提案して来たにもかかわらず、IBM社を含め、それを実行する研究陣がいままで現れなかったのも、仕方のないこととは言えるであろう。

## A.11 基礎研究の薦め

しかし、いったんその必要に迫られれば、そうしたチャレンジを受けて立つだけの研究能力・意欲・資金力を、たとえばIBM社などが持っていることは明らかである。

キーボードに関して似たような前例を探すと、具体的にはすでに次のようなものがある。

キーボードの使用が急速に多くなっているヨーロッパにおいても、キーボードの過度の使用が原因とされる労働障害がかなり前から問題にされだした。労働組合の力の強いヨーロッパにあっては、早速これに対していろいろと対策がとられた。その一つとして、キーボードはホーム段(下から2段目)のキーの、机の面からの高さが3センチ以下でなければならないという規格が作られた。ここではその経緯の詳しいことに立ち入れないが、この規格を作るのに主導的な役割を果たしたのはベルリン大学で獣医学が専門のArbruster某教授と、その弟子で、いまは照明技師となったCarik某とであった。

ヨーロッパに大きな市場を持つIBM社では、この規格の導入を肯じられないものとし、Human Factors Centerを中心に、巨額の研究費を投じて実験を繰り返して、ついにキーボードの最適操作のためには、この3センチという高さが低すぎることを実証して見せたのである。現在IBM社の販売しているキーボードの後側には折り畳み式の補助の足がついていて、ヨーロッパの規格を満たしつつ、しかも後端を高くすることもできるようになっている設計は、こうして生まれた。これは日本のメーカーによっても、広くまねられている。

なおヨーロッパでは端末機のディスプレイのスクリーンについても、表示のコントラストが高すぎると、まえに述べたPurkinje効果のために眼の焦点がしばしば変わることが起こり、眼精疲労を招くとし、スクリーンの仕様に対して、やはりある種の規格が導入されている。これに対してもIBM社は、実験設備と人力にそれぞれ膨大な経費と時間をかけて基礎研究を行ない、この規格が適切でないことを証明している。

同様の見地から、かなりの経費をかけてIBM社は、Qwertyキーボードの入力操作に関するデータを集めてその作業のモデル化を試み、それによってドボラク配列の優位性に対する否定的な結論を示している。さらに、オレゴン大学においてBradley J. Lessleyによって書かれた、Qwertyからドボラク配列へのタイピストの再教育に関する研究を述べた博士論文の知見に対しても、この裁判においてハーシ博士は批判的な証言をしている。

しかしながら、すでに何回となく述べたように、この種の研究は規模と経費とがかなり大がかりなものとなり、大学などではおいそれと実行できる性質のものではない。したがって、Qwerty配列キーボードで集めたデータではドボラク配列の十分な評価ができないであろうことが指摘されているいま、いろいろな意味でこうした研究が実行できるだけの資金力を持つIBM社などが、ふたたび原点に立ち戻って、ドボラク配列などの研究を、今後ぜひ実現していただけたらと思う。

### A.12 今後の裁判の予定とその意義

かくしてミネソタ州におけるIBM社に対する訴訟は、原告側の完全敗北に終わった。しかしPhillipsは、若いながらもかつてアスベスト公害に関する集合代表訴訟を起こして完全勝訴を果たし、その結果として被告側のJohns-Manville社は、裁判後にも新しく名乗りをあげてくるアスベスト病患者全てに対して補償する義務を負わされた結果、ついに完全に破産するという実績を作ったほどの男である。その彼が、一度ぐらゐの敗訴によって、そうやすやすと引っ込むはずがないことは、ただちに予想できるであろう。

果たして彼はいま、ニューヨーク州のある大薬局で、IBM社のキーボードの付いたキャッシュレジスターを使っていたことにより、carpal tunnel syndromeが生じたと主張する女性を原告として、NCR(ナショナル・キャッシュ・レジスター)社及びIBM社に対する訴訟をニューヨーク州で起こし、現在裁判が進行中のようなのである。

しかしここでも彼の選んだ原告には問題がありそうである。というのは、彼女は身長が約155センチほどであるのに、体重が約110キロという肥満体の持ち主だからである。

医学界においては、肥満体、妊娠中、および糖尿病などの状態の人たちはcarpal tunnel syndromeなどを起こしやすいことが常識となっている。したがって、ミネソタ州における裁判が完全敗訴の前例を示したあとのことでもあり、彼女の場合にも、裁判においてキーボードの使用と手に出た症状との因果関係が明確に断定できないとされる可能性は高い。

もし今後もしそうした疑問の多い原告を立てて裁判が繰り返えされ、否定的な結審が続くようなことになる、先に述べたように、アップル社が和解を余儀なくされるようになった経緯もあり、たとい経費をまかなえたにしても、もっと合理的なキーボードを開発しようとする科学的な研究には、キーボード製造業者は誰も手を出さなくなるであろう。

それにしても、そうした症状が出る危険な体質を持つ者があるにもかかわらず、キーボードの使い過ぎに対する危険性の警告をいままで明示して来なかったという事実に対して、キーボード製造業者は道義的責任を問われてもよいように思われるかもしれない。しかしそれはそれで、また別の問題があるのである。

というのは、一般に人間はかなり暗示にかかりやすい性質を持っている。したがって、キーボードを使うとcarpal tunnel syndromeなどになる可能性があることを、あまり強く警告すると、それが暗示となって働き、不必要に多くの人たちが、実際に症状を顕す恐れが十分にあるのである。これは薬でも何でもなく、たとえば砂糖のようなものでも、それが薬であると信じて吞むと、本物の薬と同じような効果を示すという、偽薬(プラシーボ)効果というものの存在が、医学界では常識になっているのとは同様の現象である。したがって、因果関係が確立されるまえに、その可能性の疑いに基づいて、むやみにそうした警告を出すこと自体には問題があり、そうした警告はやはり十分注意して与えるべきものであるということになる。

そう考えると、今後より良いキーボードを開発するためには、こうした裁判の結果に惑わされることなく、真に客観的な科学的基礎研究を地道に積み上げること以外には、とるべき道はないように思われる。

### A.13 持続的な科学的研究の重要性

しかしながら、それは言うには易く、行なうは実にむずかしいことである。それは以下の一例をとってみても明らかである。

## 常用者のための日本文入力法の基礎的研究について

すでに1970年代にオーストラリアでは、キーボードの使いすぎによる労働障害をめぐっていくつかの裁判が行なわれ、原告側が勝訴し、損害補償が行なわれた。

それと同時に、そうした労働障害の再発を防止すべく、一人が一日に行なうキーボード作業の量を規制するべき努力がなされた。しかし、それは出来高による賃金を受け取っているキーボード作業就業者の収入の低下に直接つながるものとして、手強い反対に遭った。

その一方で、現行のキーボードの改良の必要性が広く認識されたにもかかわらず、そのための客観的研究では、かなりの測定設備を用い、多数の被験者を長い期間拘束しての実験が必要となり、膨大な経費を必要とするばかりか、たといそうした研究を実行したとしても、キーボード障害に対してどれだけの改善が、どれだけの信頼性を持って示せるものなのかが疑わしいとして、いままでの約20年間に何らの前進も見せていない。

また、相次いで多発する裁判を抑制する意図もあって、この種の訴訟における賠償額に法的上限が導入されることが起こり、その結果、キーボード問題の真の解明を見ないまま、裁判の煩雑さを嫌って、訴訟の数が減ってしまった。

その間の、コンピュータ関連技術の躍進的發展により、入力技術は大幅の進歩を見せ、手書き文字認識による入力法にかなりの円熟が見られると同時に、IBM社のPersonal Dictation Systemのように、かなり完成度の高い音声入力方式が実用化されてきている。

しかし、ますます進む情報化社会にあって、それと同時に起こって来た大量情報の一次入力の要求を満たすためには、いまのところまだキーボード入力にとって代わる入力方式が存在しないばかりでなく、むしろキーボード入力の必要はかえって増大しつつある。

それと並行して、コンピュータを操作するために、命令語(command)をキーボードから入力するのに代わって、画面に表示されたプルダウンメニューやアイコンをマウス(ポインタ)で操作する方式がしばらく前に導入され、その使用における画像的直観性のほうが、命令語の論理性よりも使いやすいがゆえに、最近は大幅に普及してきている。

しかしこのマウスの操作自体は、手に対して思ったよりも重い負担をかけるものらしく、マウスの操作によるcarpal tunnel syndromeなどがこのところ急増してきているらしいことなども、今よりも手に負担の軽い新しいキーボードの開発の可能性などを含めて、さらに人間に優しい入力法式の研究の必要性を示唆しているようである。

にもかかわらず、それが人間という複雑な存在に対してのインタフェースであるがために、キーボード操作については、まだ十分理解されていない基礎的な問題がかなり残されている。したがって、人間性にとってより自然で、使うのにより楽なキーボードについての研究は、今度の裁判の結果などに関係なく、これからも強力に推進されなくてはならない性質のものと考えられる。

最後に、繰り返しになるが、ミネソタ州におけるキーボード裁判に関する本稿の記録は伝聞によるものであり、細部においては不正確である恐れをなしとしない。したがって、本稿を読まれるにあたっては、その目的とした技術的検討の意義のほうを中心としてお読み取りいただければ幸いである。

研究論文

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

Optimization by Computer Simulations  
An Efficient Sampling Procedure for Solution Space Search  
under Noisy Environment

学術情報センター 相澤 彰子

Akiko AIZAWA

National Center for Science Information Systems

要旨

本稿では、シミュレーションによる最適化を効率的に行うための動的なサンプル配分法を検討する。まず解探索における解の生成と評価の2つのプロセスについて統計モデルを仮定し、これに基づき動的にサンプル配分を行うための決定式を導出する。正規乱数による予備実験の後、提案するサンプル配分法を汎用のネットワーク・シミュレータと組み合わせて大規模システムのパラメタ最適化への適用可能性を示す。

**ABSTRACT**

This paper describes a dynamic sample allocation procedure for efficient solution space search where each search point is evaluated only through computer simulations. First, statistical models for two processes of generating and testing solution candidates are discussed. Based on the models, a decision equation for dynamic sample allocation is derived. Then, results of preliminary experiments using normally distributed random variables are shown. Finally, the proposed allocation method is combined with general-purpose communication network simulator to show the applicability of the method to parameter optimization problems in large and complex systems.

[キーワード] 最適化問題、評価雑音、計算機シミュレーション、統計推論、逐次決定理論

[Keywords] optimization problems, noisy evaluation, computer simulation, statistical inference, sequential analysis

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

1. はじめに

通信工学や宇宙工学など大規模な系を扱う工学分野において、システム設計やパラメタ調整などの最適化問題 (optimization problem) は、コストや安全性の面からますますその重要性を増している。これらの最適化問題は一般に、解空間が非常に大きく、複雑でかつ非連続などの性質を持つ。このため系の動作メカニズムを解明して解析的な手法を適用することが不可能で、生成検査法 (Generate and Test method、以下 G&T 法) の原則に基づき発見的に解を探索する方式が必要となる。

ここで G&T 法とは、(1) 新たな解候補の生成プロセス、および、(2) 生成した解の評価プロセス、を交互に繰り返しながら進行する一般的な解探索法の枠組である (図 1)。G&T 法を大規模な系の最適化に適用する場合の特徴として以下があげられる。

(1) 解の生成プロセス

複雑な系を対象とする問題では、有望な解の生成を効率的に行うための領域知識 (ルール) が未知である場合が多い。最急降下法などにより探索の方向を一意に定めることが困難であるため、候補となる解の生成を確率的に行なう手法が適用される。このような確率的探索法の例として、ランダム探索、焼きなまし法、遺伝的アルゴリズムなどがある [1] [2]。

(2) 解の評価プロセス

系のふるまいを解析的に予測することが不可能であり、計算機シミュレーションによる評価が不可欠な要素となる。結果として得られる解の性能値は一般に、初期条件や偶発的な要因によるランダムな雑音を含む。厳密な評価値を得るためにはシミュレーションによる繰り返し測定が必要である。一般にシミュレーションによる評価はモンテカルロ法による多重積分の近似解であるとみなせるため [3]、最終的な評価値を測定した  $n$  個の性能値の平均で表すとき、評価誤差は  $(1/n)^{-\frac{1}{2}}$  に比例する。

本稿で対象とする大規模で複雑な系においては、すべての可能な解候補の中から「最適の」解を見つけることは不可能である。この場合の解探索の目的は、限られた計算資源を使用して「なるべくよい」解を見つけることになる。ここで、特にシミュレーションに多くの時間を要する場合には、解評価のための計算時間の配分が問題を効率的に解くための鍵となる。すなわち、限られた時間の中で、なるべく多くの解候補を調べることが求められる一方で、各解の性能についてはなるべく正確な評価値を得る必要がある。これは、(a) 評価する解候補の数、(b) 繰り返し測定の数、の間のトレードオフ関係として捉えることができる。探索の効率化のためには、このようなトレードオフ関係を解明して、探索の過程において各解候補を何回ずつ測定し、どのようなタイミングで新たな解候補を生成するか、適切な選択を行うことが重要である。

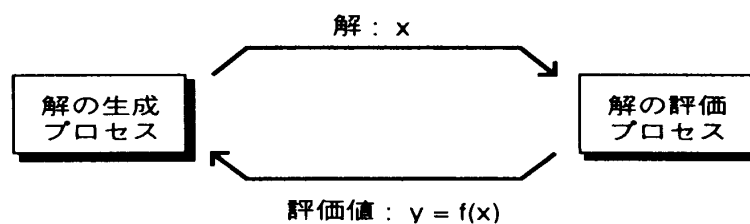


図 1 G&T 法による解の探索

本稿では、上記のトレードオフ問題を数学的にモデル化し、統計的な推論の適用により探索を効率化する方法を検討する。本稿で検討する手法は、1回のシミュレーションに要する時間が一定で、かつ評価値が実数で表現される最適化問題に対して一般的に適用可能である。最も単純な例を以下に示す。

例：シミュレーション測定により2個の解候補を比較する問題の例

変数の組  $(v_1, v_2)$  に対するパラメタ値を  $c_1:(1.0, 5.0)$ 、 $c_2:(1.2, 4.8)$  とした2つの解候補  $c_1$ 、 $c_2$  についてシミュレーションを行なったところ、以下の結果が得られた。次の1回のシミュレーションでどちらが優れているかをなるべく確実に判定するためには、どちらの解候補をテストしたらよいだろうか?(表1参照)

表1 シミュレーションによる2個の解候補の比較例

解	測定された評価値					(測定回数)	平均	偏差
$c_1$	56.4	50.5	63.2	61.0	57.5	(5)	57.7	4.9
$c_2$	48.5	55.3	68.0	51.1	57.8	53.5 (6)	55.7	6.8

この例で測定値に正規分布を仮定して仮説検定を適用すると、 $c_1$  が  $c_2$  より優れているという仮説は危険率 15% でも棄却されてしまう。確実に優れた候補を選ぶためには、引続きシミュレーション測定を行う必要があるが、この場合の最適の戦略とは、必ずしも各候補について同じ回数だけ測定を行うことではない。実際、比較する候補の数が2の場合の最適の配分方法はよく知られており、上記の例では次に  $c_2$  をテストする方がよい結果が得られる。このような問題はサンプルの配分問題 (sample allocation problem) と呼ばれている。

従来、計算機シミュレーションにより最適パラメタ値を定める応用において、測定の繰り返し回数はすべての解に共通した基準で定められており、(1) 予め指定された回数であるか、または、(2) 与えられた誤差基準を達成する最小回数であるか、のいずれかであった。これに対して本稿では、シミュレーションの結果測定される解候補の相対的な性能に基づき、繰り返しの回数を動的に決定する手法の有効性を示す。本稿で提案する手法は、統計量の推定など、通常の場合よりも複雑な処理を必要とするが、大規模シミュレーションに必要な計算コストと比較すると、そのオーバーヘッドは無視できると考えられる。本稿では、このようなサンプル配分機能を汎用的なモジュールとして実装し、既存の解生成モジュール (確率的探索法) および解評価モジュール (シミュレータ) と組み合わせることにより、多様な場面における適用を目指している (図2)。

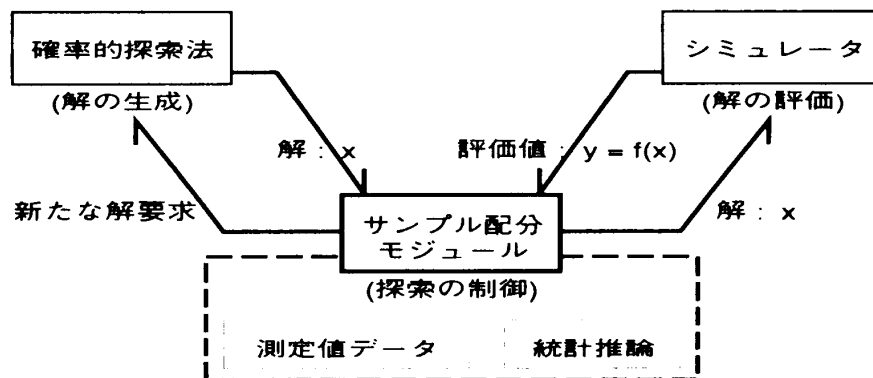


図2 サンプル配分モジュールによる探索の制御

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

以下 2. で、解探索のためのシミュレーションのサンプル配分問題に対して数学的な定式化を試み、関連する分野の研究状況を紹介する。次に 3. で、この数学モデルに対する近似解法を示す。さらに 4. で、サンプル配分のための制御モジュールを実装し、商用のネットワーク・シミュレータと組み合わせて実験および評価を行なう。最後に 5. で結論および今後の課題をまとめる。

## 2. 問題の数学的な記述と関連する話題

### 2.1. シミュレーションによる最適化におけるサンプル配分問題の統計モデル

本稿では G&T 法における解生成プロセスと解評価プロセスの両者を正規分布モデルにより表現する (図 3)。以下で示す式の導出において、正規分布であることは必ずしも必要条件ではないが、このような正規分布の仮定は現実的に多くの応用分野において合理的であり、計算の簡略化の上でも重要である。一般の分布を仮定した場合の式の導出については文献 [4] に、特定の応用問題における正規性の検定に関しては文献 [5][6][7] などに示されている。

以下、1 回のシミュレーションに要する時間は一定 (単位時間) であるものとする。また、シミュレーションは互いに独立で、測定結果として実数のスカラー値が得られると仮定する。さらに、生成される解はすべて評価可能 (feasible solution) で、解の「真の」性能は、シミュレーションを無限回繰り返した平均値で与えられるとする。

#### 解生成プロセスのモデル

確率的に生成される解候補  $c_i$  の真の性能値を  $\mu_i$  とし、 $\mu_i$  の分布を先験的密度関数 (prior distribution)  $h(\mu)$  で表す。 $\mu_i$  は互いに独立であるとする。また  $h(\mu)$  を平均  $\mu_0$ 、分散  $\sigma_0^2$  の正規分布  $N(\mu_0, \sigma_0^2)$  であると仮定し、以下で定義する。

$$h(\mu) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_0} e^{-\frac{(\mu-\mu_0)^2}{2\sigma_0^2}} \sim N(\mu_0, \sigma_0^2) \quad (1)$$

この先験的密度関数  $h$  は、新たに生成する解の性能を、実際に評価を行うよりも前に予想するための知識 (信念) であると解釈される。ここで  $h$  を導入するのは、探索の過程において新たな解生成の適切なタイミングを定めるためである。解の組合せが限られている場合や生成のタイミングが強制的に外部から与えられる場合などは、 $h$  を特定する必要はなく、後述の「あいまいな」密度関数を用いる。

#### 解評価プロセスのモデル

解  $c_i$  の真の評価値  $\mu_i$  として、 $c_i$  のシミュレーション測定により得られる性能値  $x_{ij}$  の分布を  $f_i(x)$  で表す。サンプル  $x_{i1}, x_{i2}, \dots$  は i.i.d. とする。 $f_i(x)$  を平均  $\mu_i$ 、分散  $\sigma_i^2$  の正規分布  $N(\mu_i, \sigma_i^2)$  であると仮定し、以下で定義する。

$$f_i(x|\mu_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_i} e^{-\frac{(x-\mu_i)^2}{2\sigma_i^2}} \sim N(\mu_i, \sigma_i^2) \quad (2)$$

ここでは一般性のため  $\sigma_i$  を  $c_i$  に依存するとしているが、実際の応用問題では、性能測定時の雑音分散  $\sigma^2$  のガウス過程で表される場合も多く、このとき  $\sigma_1 = \sigma_2 = \dots = \sigma$  となる。

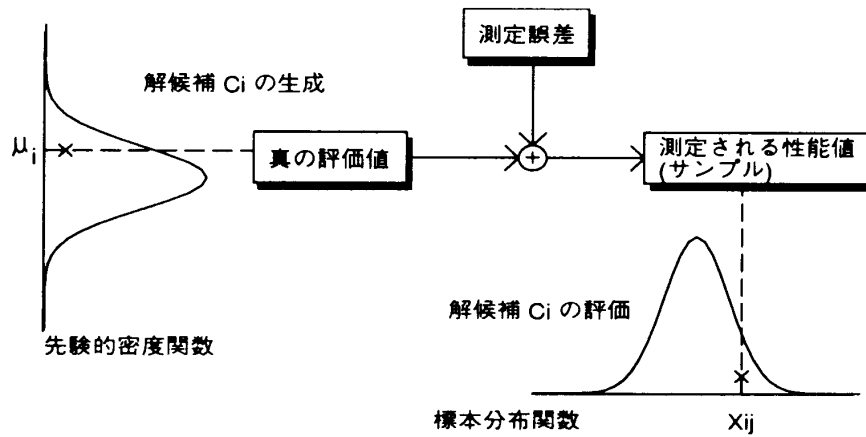


図 3 G&T 法による解空間探索の統計的なモデル

問題の記述

本稿で扱う解空間の探索制御問題とは、時点  $N$  において得られる総計  $N$  個のシミュレーション測定値に基づき、 $(N + 1)$  番目にシミュレーションを適用する解候補を決定することである。すなわち、

サンプル配分問題:

異なる未知の平均  $\mu_i$  と既知の分散  $\sigma_i^2$  を持つ  $K$  個の正規分布  $N(\mu_i, \sigma_i^2)$  ( $1 \leq i \leq K$ ) が与えられているとする。各々の正規分布について、 $n_i$  個のサンプル  $(x_{i1}, \dots, x_{in_i})$  を観察した場合に、平均値が最大である正規分布を最適に識別するためには、次のサンプルを  $K$  個の正規分布のいずれからとればよいただろうか？ ここで  $\mu_i$  は正規分布  $N(\mu_0, \sigma_0^2)$  に従うものとする。

$K$  個の正規分布の中には、新たに生成する可能性のある未知の解候補を含むことが可能である。この未知の解  $c_i$  に対応する標本分布は先験的密度関数に等しく、 $\mu_i = \mu_0$ 、 $\sigma_i^2 = \sigma_0^2$ 、 $n_i = 0$  となる。このように未知の解候補を他の解と同様に扱うことにより、すでに生成された解の中からサンプルすべきか、あるいは新たな解を生成すべきかの決定をサンプル配分問題の枠組の中で扱うことが可能となる。

2.2. 解候補の真の評価値の推定

ベイズ統計理論を利用して正規分布の平均値を推定する一般的な手法を述べる。まず解  $c_i$  から得られた  $n_i$  個のサンプルの標本平均を  $\bar{x}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}$  とする。このとき  $\bar{x}_i$  の分布関数  $\bar{f}_i$  は平均  $\mu_i$ 、分散  $\sigma_i^2/n_i$  の正規分布となり、以下で定義される。

$$\bar{f}_i(\bar{x} | \mu_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_i^2/n_i}} e^{-\frac{(\bar{x}-\mu_i)^2}{2\sigma_i^2/n_i}} \sim N\left(\mu_i, \frac{\sigma_i^2}{n_i}\right) \quad (3)$$

$\mu_i$  に関する条件付き確率密度関数 (posterior distribution)  $h_i^*(\mu|\bar{x}_i, n_i)$  は、ベイズの定理により以下ようになる。



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

$$h_i^*(\mu | \bar{x}_i) = \frac{\bar{f}_i(\bar{x}_i | \mu) h(\mu)}{\int_{-\infty}^{\infty} \bar{f}_i(\bar{x}_i | \mu) h(\mu) d\mu} \sim N\left(\frac{n_i \bar{x}_i + \alpha_i \mu_0}{n_i + \alpha_i}, \frac{\sigma_i^2}{n_i + \alpha_i}\right), \quad \alpha_i = \frac{\sigma_i^2}{\sigma_0^2} \quad (4)$$

上式の正規分布の平均を  $\mu_i^*$ 、分散を  $\sigma_i^{*2}$  で表す。

$$\mu_i^* = \frac{n_i \bar{x}_i + \alpha_i \mu_0}{n_i + \alpha_i}, \quad \sigma_i^{*2} = \frac{\sigma_i^2}{n_i + \alpha_i} \quad (5)$$

このとき、 $\mu_i^*$  は  $\mu_i$  に関して最良の推定値を、 $\sigma_i^*$  は推定誤差の期待値を与える。特別な場合として  $n_i = 0$ 、すなわちまだ1度も測定されていない解候補については、前述のように  $h_i^*$  は先験的密度関数  $h$  に等しい。また解の適応的な生成が必要でない場合には、 $h(\mu) = const.$ 、 $\int_{-\infty}^{\infty} h(\mu) d\mu = 1$  なる「あいまいな」先験的知識 (vague prior) を用いると、 $\mu_i^* = \bar{x}_i$ 、 $\sigma_i^{*2} = \sigma_i^2/n_i$  となり、通常の正規分布における平均値の推定と式の上で同じ扱いになる。上記のモデルでは、 $\sigma_i^2$ 、 $\mu_0$ 、 $\sigma_0^2$  の3つの統計量は既知であると仮定している。このため予備的な観測によりその値を推定し、その後評価の過程で得られる標本値を利用して順次推定値を更新するものとする。以下、簡単のため  $\sigma_i^2 \equiv \sigma^2$  の場合を考えると、解候補  $c_i$  のサンプル  $x_{ij} = \mu_0 + E_i + e_{ij}$  で、誤差  $E_i \sim N(0, \sigma_0^2)$ 、 $e_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$  となり、推測値の計算は2因子実験の場合と同様に以下の式で表される [8]。

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\sum_{i=1}^K ((n_i - 1)s_i^2)}{N - K}, \quad \text{ただし } s_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2}{n_i - 1}, \quad N = \sum_{i=1}^K n_i \quad (6)$$

$$\hat{\mu}_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{n_i} \bar{x}_{ij} \quad (7)$$

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{1}{K(K-1)} \left( K \sum_{i=1}^K \bar{x}_i^2 - \left( \sum_{i=1}^K \bar{x}_i \right)^2 \right) - \frac{\hat{\sigma}^2}{n} \quad (8)$$

$\sigma_i$  の値が異なる場合の推定法については、式が複雑になるためここでは省略し、4. のプログラム実装の説明で実際的な対処の方法を述べる。

### 2.3. 関連する話題

統計学の分野で1950年代より研究されてきた選択と順序付け問題(selection and ranking problems)では、予め与えられる比較的小さな解候補集合を想定して標本点の最適配分を考えている。この分野の最近の動向をまとめた総括的な紹介書として[9]がある。これらの研究の中で特に関連するのは、「 $K$ 個の正規分布からの選択問題」(selection from  $K$ -normals)と呼ばれるもので、従来より医療の場において、最大の効果をもたらす治療法を識別する目的などに適用されてきた。この問題に関する啓蒙的な論文としてBechhofer(1954 [10])、Gupta(1956 [11])などがあり、最近ではShapiro(1983 [12])、Tong & Witzel(1984 [13])、Bechhofer(1991[14])などが報告されている。

本稿で用いるアプローチは、これらの古典的な実験計画法のうち逐次決定理論(sequential decision theory)の流れを汲むものであるが、計算機シミュレーションによる解空間の探索という新しい分野に適用した点が特徴である。従来では、予め与えられた数個の正規分布(たとえば異なる治療薬)を比較的小さい数のサンプル(たとえば患者の治療データ)により最適に識別することを主要な目的としていた。一方、本稿で扱う計算機シミュレーションによるパラメタ最適化問題では、動的に生成される大きな数の解候補集合を対象としており、調べることができるサンプルの総数も比較的大きい。このため本稿では、解の評価プロセスだけではなく、生成プロセスに関しても先験的な分布関数を仮定して、未知の解に対しても性能を予測することを可能にしたものである。

なお、 $K > 2$ の場合については、最適のサンプル配分方法は未だ解明されておらず、恐らく最適の配分は複雑すぎて簡潔な形で表現することは不可能であろうと予想されている。これより次節では、多くの解を効率良く扱うことを目的として、サンプル配分問題に対する近似的な解法を検討する。

## 3 決定式の導出と配分手順

### 3.1 サンプルの動的な配分法の概要

$K$ 個の解候補の間でのサンプルの配分を $(n_1 \cdots n_K)$ で表す。ここに $n_i$ は解 $c_i$ に対するシミュレーションの繰り返し回数である。従来のシミュレーション評価では、(a)各解から等しい数のサンプルをとる( $n_1 = \cdots = n_K$ )あるいは、(b)各解の評価誤差を一定にする( $\frac{\sigma_1^2}{n_1} = \cdots = \frac{\sigma_K^2}{n_K}$ )のいずれかであるのに対して、ここでは、各解候補について観測されるサンプル値に基づき、サンプルの配分を動的に決定することを目的としている。すなわち、

- (1) 各時点  $t (= \sum_{i=1}^K n_i)$  において、 $K$ 個の解候補の中から次にシミュレーションを行う候補を決める。
- (2) シミュレーションの結果得られた評価値に基づき、必要な統計推定量の値を更新する。

の手順を、終了条件  $t \geq T$  となるまで繰り返す。ここで、式(4)では未観測の解候補も他の候補と同様に扱うことが可能であるため、手順(1)で未知の解候補が選ばれた場合に新たな解の生成を行うことにすれば、この方法は最終的に評価する解候補の数の決定にも利用できる。

解空間の探索においては有望な解領域をはやく識別することが重要で、性能の劣る解を精度よく評価することにはあまり意味がない。従来の静的な配分方法では、探索の途中結果に関係なく予め与えられた基準を満たすまでサンプリングを繰り返すため、相対的に性能が劣る解候補を過剰に評価してしまうことになる。これに対して、サンプルの途中結果により配分を動的に定める方法では、見込みの高い候補を集中的に調べることができ、探索の効率向上が期待される。

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

### 3.2 効率的なサンプル配分のための決定式の導出

具体的なサンプル配分の手順は、以下に定義する損失関数のリスク最小化に基づく。まず、探索の結果得られた最良解の評価値推定 2 乗誤差を損失であると考え、リスクの期待値  $\bar{R}$  を次のように表す。

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^K P_i^* \sigma_i^{*2} \tag{9}$$

ここで  $\sigma_i^{*2}$  は、式 (5) で定義される推定誤差の期待値である。また  $P_i^*$  は、解  $c_i$  が  $K$  個の解候補の中で最良である確からしさを表し、次の条件付き確率で与えられる。

$$P_i^* = \int_{-\infty}^{\infty} h_i^*(\mu | \bar{x}_i) \prod_{j \neq i} H_j^*(\mu | \bar{x}_j) d\mu \tag{10}$$

ただし  $H_j^*(\mu | \bar{x}_j) = \int_{-\infty}^{\mu} h_j^*(\mu | \bar{x}_j) d\mu$  とする。

式 (9) において  $P_i^*$  を定数とみなし、ラグランジュの乗数法を適用すると、 $\frac{\partial \sigma_i^{*2}}{\partial n_i} = -\frac{\sigma_i^2}{(n_i + \alpha_i)^2}$  より、 $\bar{R}$  を最小化するサンプルの配分  $(n_1^+ \cdots n_K^+)$  次の条件を満足することがわかる。

$$-P_1^* \frac{\sigma_1^2}{(n_1^+ + \alpha_1)^2} = \cdots = -P_K^* \frac{\sigma_K^2}{(n_K^+ + \alpha_K)^2} \tag{11}$$

これより効率的なサンプリングのためには、現時点でのサンプル配分  $(n_1 \cdots n_k)$  に対して  $P_i^* \frac{\sigma_i^2}{(n_i + \alpha_i)^2}$  の値が最も大きい解候補を次にサンプルして、次の時点で  $P_1^* \frac{\sigma_1^2}{(n_1 + \alpha_1)^2}, \dots, P_K^* \frac{\sigma_K^2}{(n_K + \alpha_K)^2}$  の値がなるべく等しくなるようにすればよい。すなわち、以下を満足する  $c_i$  を選ぶことになる。

$$P_i^* \frac{\sigma_i^2}{(n_i + \alpha_i)^2} = \max_{1 \leq j \leq K} \left[ P_j^* \frac{\sigma_j^2}{(n_j + \alpha_j)^2} \right] \tag{12}$$

ここで、式 (10) の  $P_i^*$  の計算には数値積分が必要であり、それぞれ  $K$  回の正規分布関数の呼び出しを必要とするため、 $K$  が大きな場合には計算量が問題となる。そこで  $P_i^*$  の近似として、最も影響の強い候補解だけを考慮した重み  $w_i$  を次のように定義する。まず、 $(1) \cdots (K)$  を自然数  $1 \cdots K$  の順列として、標本平均が  $i$  番目によい解のインデックスを  $(i)$  ( $1 \leq (i) \leq K$ ) で表す。このとき  $c_{(K)}$  については  $c_{(K-1)}$  が、その他の解については  $c_{(K)}$  が最も影響が強い解候補であるとみなせる。これより式 (10) は次のように書き改められる。

$$\begin{aligned}
 w_i^* &= \int_{-\infty}^{\infty} h_i^*(\mu | \bar{x}_i) H_j^*(\mu | \bar{x}_j) d\mu \\
 &= \Phi\left(\frac{\mu_i^* - \mu_j^*}{\sqrt{\sigma_i^{*2} + \sigma_j^{*2}}}\right) \quad \text{ただし } j = \begin{cases} (K) & \text{for } i \neq (K) \\ (K-1) & \text{for } i = (K) \end{cases} \quad (13)
 \end{aligned}$$

ただし上式中の  $Phi$  は標準正規分布の確率分布関数である。これより重み  $w_i^*$  を用いてサンプル配分を行う場合には、次の条件を満たす解候補  $c_i$  を選ぶことになる。

$$w_i^* \frac{\sigma_i^2}{(n_i + \alpha_i)^2} = \max_{1 \leq j \leq K} \left[ w_j^* \frac{\sigma_j^2}{(n_j + \alpha_j)^2} \right] \quad (14)$$

この近似の適用により計算の複雑さは、数値積分の分割数  $i$  として、 $O(iK^2)$  から  $O(K)$  に減少している。以上をまとめると、式 (9) の損失関数に基づく標本点の動的配分の手順は以下ようになる。

- 手順 (1): 各候補について  $w_i^*$  の値を計算する。
- 手順 (2): 項  $w_i^* \frac{\sigma_i^2}{(n_i + \alpha_i)^2}$  を最大にする候補を選ぶ。
- 手順 (3): 手順 (2) で選ばれた解候補から次の標本点をとる。
- 手順 (4): 手順 (1) ~ 手順 (3) を繰り返す。

#### 4. 実装と評価

##### 4.1. 探索制御モジュールの実装

前節で導出した決定式に基づいてサンプルの動的配分を行うモジュール (これを探索制御モジュールと呼ぶ) を C プログラム言語により実装した。探索制御モジュールは、シミュレーションの結果得られる測定値情報を解テーブルに保存して推論を行い、解生成モジュールおよび解評価モジュールと協調しながら G&T 法による探索を実行する (図 4)。

##### (1) 解生成モジュールとの協調

必要に応じて新たな解の生成を指示して、それまでのシミュレーションの測定結果に関する情報を提供する。生成された解のパラメタ値を受けとり解テーブルに登録する。

##### (2) 解評価モジュールとの協調

解テーブルから次に測定を行うべき解を1つ選び、パラメタ値を指定してシミュレーションを起動する。結果として得られる評価値を受けとり解テーブルを更新する。

解テーブルは各解候補  $c_i$  について、パラメタ値 ( $p_{i1}, \dots, p_{im}$ )、サンプル数 ( $n_i$ )、サンプル値の総和 ( $\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}$ )、サンプル値の2乗の総和 ( $\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2$ )、評価値の推定 ( $\mu_i^*$ )、誤差期待値 ( $\sigma_i^{*2}$ )、の6つの項目の情報を保持しており、これらの解を推定評価値のよいもの順にソートしている (図 5)。また対象とする最適化問題の性質により、解テーブルは次のオプションを備えている。

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

```

t = 0;
init_state(S_table); /* 解テーブルの初期化 */
while (t < T) /* 終了条件のチェック */
{
    get_next(S_ptr); /* 次にテストする解の選択 */
    if (is_new(S_ptr)) /* 未観測の解か? */
    {
        generate_new(S_table, S_ptr); /* 新たな解の生成を指示 */
    }
    exec_simulation(S_ptr, &result); /* シミュレーションの実行 */
    update_stat(S_table, S_ptr, result); /* 解テーブルの更新 */
    t++;
}
return(get_best(S_table)); /* 一番よい解を返す */
    
```

図 4 解探索モジュールの動作

解	パラメタ値 ( $p_{i1}, \dots, p_{im}$ )	$n_i$	$\sum_j x_{ij}$	$\sum_j x_{ij}^2$	$\mu_i^*$	$\sigma_i^{*2}$
$c_1$	...					
$\vdots$	...					
$c_k$	(unknown)	0	0.0	0.0	$\mu_0$	$\sigma_0^2$
$\vdots$	...					
$c_K$	...					

図 5 解テーブル

- (1) 解の静的および動的生成を行うためのオプション
 

解空間が比較的小さく既知である場合、解テーブルにはすべての可能な解があらかじめ登録される。この場合にすべての解を必ず1度はテストすることが必要である。また評価値の推定には「あいまいな」先験的確率分布関数を適用する。一方、解空間が大きく動的生成が必要な場合には、解テーブルの1つのエントリをつねに未知の解候補に設定する(図5の中のエントリ  $c_k$ )。計算の効率のため、テーブルのエントリ数には上限が存在し、新たな解の生成により解の総数が上限値を越える場合には、評価値の一番低い解をテーブルから除く。
- (2) 評価誤差が均一および非均一である場合に対するオプション
 

評価誤差が均一である場合には、すべての解について式(8)で求めた  $\hat{\sigma}^2$  を適用して評価値の推定を行う。一方、評価誤差が非均一である場合の現実的な対処法として、解  $c_i$  のサンプル数  $n_i < 10$  である間は  $\hat{\sigma}_i = \hat{\sigma}$  を仮定して評価値の推定を行い、 $n_i \geq 10$  である場合のみ  $\hat{\sigma}_i$  を標本偏差  $s_i$  に設定する。 $\hat{\sigma}$  の値は均一誤差の場合と同様に式(8)による。 $n_i$  の値により  $\sigma_i$  の推定法を使い分ける理由は、少数のサンプルによる誤差の推定が不正確であること、また10個程度のサンプルであれば  $t$  分布の代わりに正規分布を仮定しても大きな違いはないこと、などによる。

### 4.2. 正規分布乱数による予備実験

解の生成および評価のプロセスにおいて式 (1)、式 (2) の正規分布仮定が成立するとして、動的配分の効果を正規乱数により評価した。

結果の一部を図 6 および図 7 に示す。図中の横軸は探索時間すなわち調べたサンプル数の総計、縦軸は各時刻においてサンプル平均が最大である解候補の真の評価値を 1000 回の試行について平均した値である。また図の (a) は、評価誤差がすべての解について等しい場合、(b) は、異なる場合の性能を示している。(a) では  $\sigma_i/\sigma_0 = 3.0$  とし、(b) では  $\sigma_i$  を  $[1.5\sigma_0, 4.5\sigma_0]$  の領域からランダムに選んだ値に設定した。

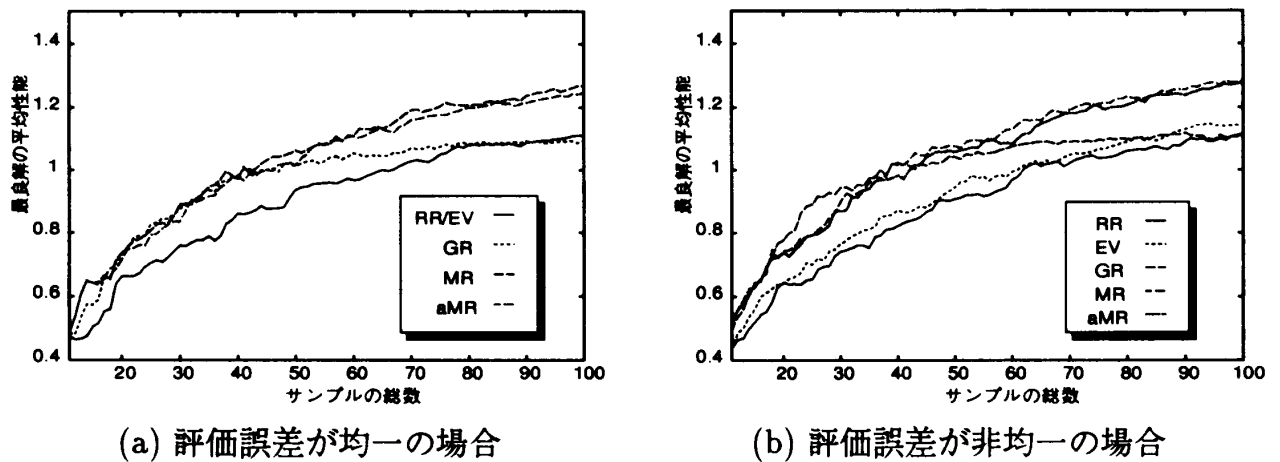


図 6 正規分布による評価 (解集合が既知で小さい場合)

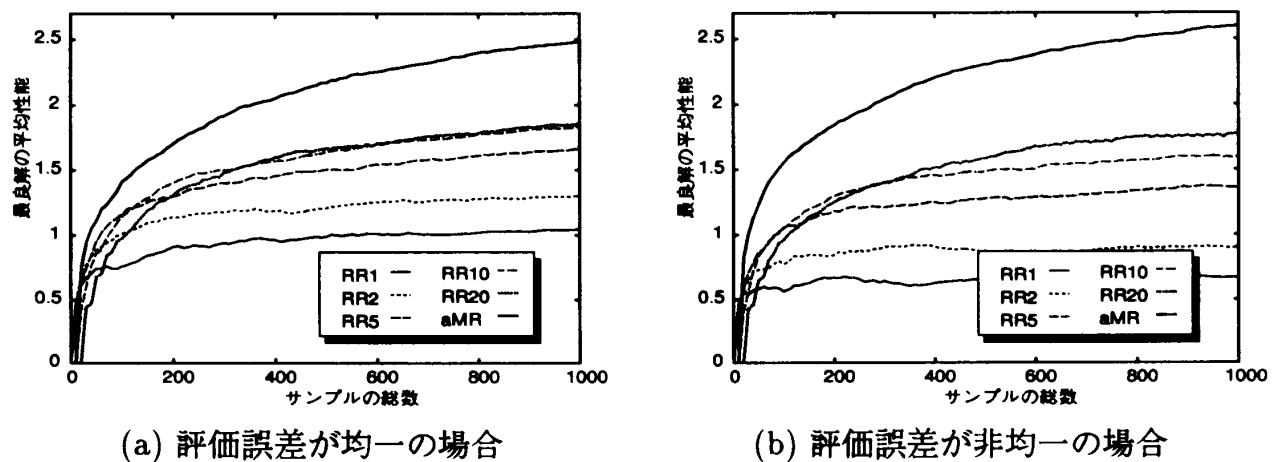


図 7 正規分布による評価 (解集合が大きな場合)

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

図6は解候補の数を10個に固定した場合の、静的および動的なサンプル配分方式の性能を比較している。この場合には解候補の数が探索時間に比べて小さいため、すべての解を少なくとも1度はサンプルすることが可能である。ここで比較した配分方式は、

- すべての解から同じ数のサンプルをとる方法 (Round Robin, **RR**)
- 解の評価誤差が等しくなるようにサンプルを配分する方法 (Equal Variance, **EV**)
- 現時点でサンプル平均が一番よい解候補から次のサンプルをとる方法 (Greedy, **GR**)
- 本稿で導出した損失関数の最小化に基づく配分法で条件付き確率  $P_i^*$  を用いる方法 (Minimum Risk, **MR**)
- 近似的な重み  $w_i^*$  に基づく配分法 (approximated Minimum Risk, **aMR**)

の5つである。ただし評価誤差が等しい場合には **RR** と **EV** は同じ配分となる。

図6において、**RR** および **EV** はすべての解を公平に評価するため、評価値の劣る解に配分されるサンプルに無駄が生じ性能の立ち上がりが遅い。一方、時間の経過とともにすべての解について評価誤差が単調減少することから、十分な時間をかければ最終的に正しい選択が可能である。これに対して **GR** は優れた解にサンプルを集中するため、性能の立ち上がりが早い。一方、サンプル平均が劣る解に追加のサンプルを配分しないため、評価誤差により真の平均が優れた解を見過ごしてしまう危険が高く、時間の経過とともに性能が飽和してしまう。本稿で提案した **MR** および **aMR** は両者の中間方式となっており、安定してよい性能を示している。また、**MR** と **aMR** の間にはあまり差がなく、計算時間を大幅に短縮した **aMR** が有効であることがわかる。

図7は解候補が事実上無限通り存在する場合の静的および動的なサンプル配分方式の性能を比較している。この場合には解空間が探索時間と比較して非常に大きいため、すべての解候補を調べることが不可能で、サンプルの総数に応じて解を動的に生成する必要がある。ここで比較した配分方式は、

- サンプル数  $n_i$  を  $n_i = n = 1, 2, 5, 10, 20$  時間ともに解候補の数を増やす方法 ( $n$ の数に対応してそれぞれ **RR1**、**RR2**、**RR5**、**RR10**、**RR20**)
- 近似的な重み  $w_i^*$  に基づく動的配分法 (**aMR**)

の6つである。計算のオーバーヘッドから条件付き確率  $P_i^*$  を用いる **MR** については実験が不可能であった。

図7において、**RR1**、**RR2**、**RR5**、**RR10**、**RR20** の5つの静的配分方式と **aMR** の性能には大きな開きがあり、**aMR** の方が優れている。これは前述の通り、**RR** はすべての解を公平に評価することからサンプルに無駄が生じること、および **RR** における最適のサンプル数  $n$  は探索時間に依存するため  $n$  を固定したままで性能を得るのは困難であること、などによると考えられる。

上記では  $\mu_0$ 、 $\sigma_0$ 、 $\sigma_i$  の各統計量が既知である場合の例を示したが、これらの統計量を未知と仮定したり、正規分布の代わりに一様分布やベータ分布を用いるなど、種々の条件のもとで同様の実験を行った。結果として、本稿で提案した動的配分法は安定して優れた性能を示すこと、また式(10)の条件付き確率と式(13)の近似的な重みを使った場合の性能にはあまり差がなく、式(13)は近似として十分であることが確認された。

### 4.3. OPNET への適用結果

OPNET [15] は通信システム解析のための商用のネットワーク・シミュレータである。モデル生成ツール、シミュレーション実行ツール、出力分析ツールなど各種のツール群から構成されており、ウィンドウ上で動作する図形エディタを介して容易に、複雑な通信システムの動作解析を実行できる。OPNET は LAN、TCP/IP、パケット交換網など標準的なネットワークの組み込みライブラリを備えており、これらを利用して作られた通信モデルを C 言語に変換/コンパイルして、実行可能なシミュレーション・プログラムを自動生成する。シミュレーションのパラメタや測定項目は利用者が自由に定義できる。

実験では OPNET のこのような機能を利用して図 8 に示す通信モデルのシミュレーション・プログラムを生成し、本稿で述べた探索制御モジュールと組合わせて動的サンプル配分の評価を試みた。具体的な問題設定として、図 8(a) の lan0 (FDDI-LAN) 上のゲートウェイと lan1 ~ lan4 (Ether-LAN) 上のゲートウェイを結ぶ回線の容量 ( $v_1, v_2, v_3, v_4$ ) をパラメタ集合とし、回線容量の合計 ( $\sum_{i=1}^4 v_i$ ) が一定 (256Kbps に設定) という条件のもとで最適化を行った。また性能指標として、ネットワーク上を流れる TCP パケットが送信元の TCP アプリケーションから着信先の TCP アプリケーションに到達するまでの遅延時間を、システム内のすべての TCP 通信について平均した値を用いた。解の生成はランダムに行い、サンプル配分法として **RR** および、本稿で提案した **aMR** の両者を比較した。

実験ではまず、本稿で提案したサンプル配分法の適用可能性を調べるため、ランダムに発生した 20 個の解候補から各々 20 個のサンプルをとり、性能値に関する正規性の検定と誤差のばらつきのチェックを行った。

#### (1) 観測される性能値 ( $x_{ij}$ ) の分布と平均性能 ( $\mu_i$ ) の分布に関する検討

解候補  $c_1 \cdots c_{20}$  のそれぞれについて得られるサンプル  $x_{i1} \cdots x_{i20}$  について コルモゴロフ・スミルノフ法による正規性の検定を行った。この検定では  $n=20$  の場合  $\alpha = 0.1$  で KS 値  $> 0.23$  のとき正規性の仮説が棄却される。検定の結果は、KS 値の最小が 0.07、最大が 0.22、平均が 0.12 で、棄却された解はゼロであった。また、平均性能  $\mu \sim \hat{\mu}_i$  として分布を調べたところ、KS 値は 0.11 となり、 $\mu_i$  の分布についても正規性を仮定できることがわかった。

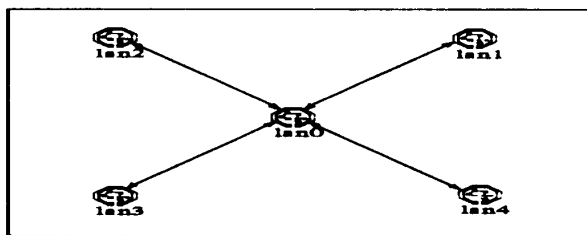
#### (2) 観測される性能値の誤差分散 ( $\sigma_i$ ) に関する検討

$\sigma_i$  の値のばらつきは偏差 0.15 程度であり、 $\sigma_1 = \cdots = \sigma_{20} (= \sigma)$  とみなしてよいことがわかった。また  $\sigma/\sigma_0$  の値は 2.27 で、4.2 の予備実験と近い値になった。

最後に誤差均一として解の動的生成を行い、**RR** と **aMR** の性能を比較した。**aMR** については公平のため、 $\mu_0$ 、 $\sigma_0$ 、 $\sigma$  の各統計量をすべて未知として、与えられた探索時間の中で推定を行った。また探索時間  $T=1000$  とし、各配分法の適用により最終的に得られた解を新たに 40 回ずつ評価した平均値を真の性能値であるとした。結果として **aMR** について **RR** よりも 1.29 倍よい値を得ている。

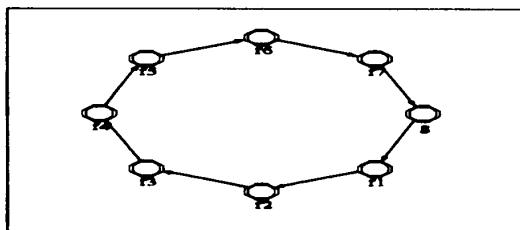


シミュレーションによる最適化: 評価量に雑音が含まれる場合の解空間の効率的な探索法



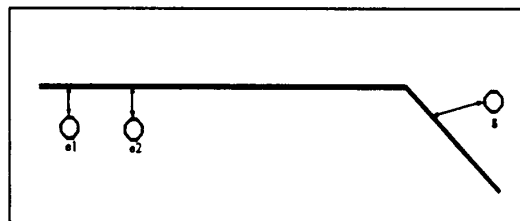
(a) ネットワークのモデル

スター状に接続された5個のLANから構成される。lan0はFDDI, lan1~4はEther.



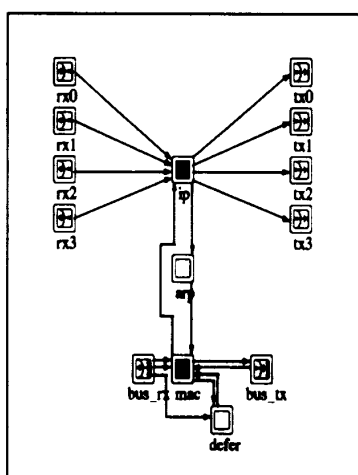
(b) FDDI-LAN サブネットのモデル

7台のワークステーションと1台のゲートウェイから構成される。



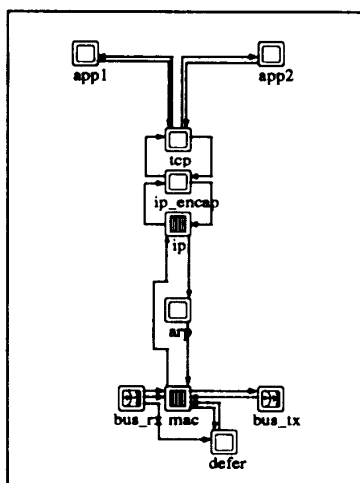
(c) Ether-LAN サブネットのモデル

2台のワークステーションと1台のゲートウェイから構成される。



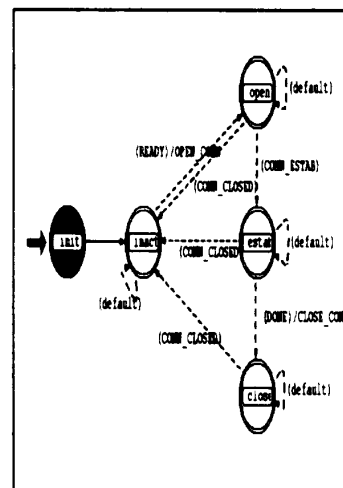
(d) ゲートウェイのプロセスモデル

ルーティングテーブルを参照してIPパケットの経路制御を行う。



(e) ワークステーションのプロセスモデル

TCPパケットを送信するアプリケーション(app1)および受信するアプリケーション(app2)の2つのアプリケーションがIP/MAC層を利用している。



(f) TCPアプリケーションの状態遷移図

通信の送信/受信を行う主体。指数関数分布でTCPパケットを発生して送信する。各状態および遷移はCプログラム言語で定義されている。

図8 実験で用いたシミュレーション・モデル

5. おわりに

本稿では、シミュレーションによる最適化を効率的に行うための動的なサンプル配分法を検討した。まず解探索における解の生成と評価の2つのプロセスについて統計モデルを仮定し、これに基づき動的にサンプル配分を行うための決定式を導出した。正規乱数による予備実験の後、汎用のネットワーク・シミュレータと組み合わせて大規模システムのパラメタ最適化への適用可能性を示した。現

状では、ネットワーク・シミュレータを使った実験および評価は単純な例にとどまっている。今後の課題として、実験条件を検討してより現実的なモデルの上で比較検討を行い、探索制御モジュールの適用性を高めることがあげられる。

### 参考文献

- [1] Aarts, E.; Korst, J., "Simulated Annealing and Boltzmann Machines - A Stochastic Approach to Combinatorial Optimization and Neural Computing", John Wiley & Sons Ltd, 1989.
- [2] Goldberg, D. E., "Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning", Addison-Wesley, 1989.
- [3] 津田孝夫, 「モンテカルロ法とシミュレーションー電子計算機の確率論的応用ー」, 培風館, 1977.
- [4] Aizawa, A. N.; Wah, B. W., "A Sequential Sampling Procedure for Genetic Algorithms", *Journal of Computers and Mathematics with Applications*, Vol.27, No.9/10, pp.77-82, 1994.
- [5] Aizawa, A. N.; Wah, B. W., "Scheduling of Genetic Algorithms in a Noisy Environment", *Journal of Evolutionary Computation*, Vol.2, No.2, pp.97-122, 1994.
- [6] Ieumwananonthachai, A.; Aizawa, A. N.; Schwartz, S. R.; Wah, B. W.; Yan, J. C., "Intelligent Process Mapping through Systematic Improvement of Heuristics", *Journal of parallel and distributed computing*, Vol.15, pp.118-142, 1992.
- [7] Wah, B. W., "Population-Based Learning : A New Method for Learning from Examples under Resource Constraints", *IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering*, Vol.4, No.5, pp.454-474, 1992.
- [8] Crow, E. L.; Davis, F. A.; Maxfield, M. W., "Statistics Manual", Dover Publications, 1960.
- [9] Ghosh, B. K.; Sen, P. K. eds., "Handbook of Sequential Analysis", Marcel Dekker, 1991.
- [10] Bechhofer, R. E., "A single-sample multiple decision procedure for ranking means of normal populations with known variances", *Ann. of Math. Statist*, Vol.25, pp.16-39, 1954.
- [11] Gupta, S. S., "On a decision rule for a problem in ranking means", Mineograph Series(Institute of Statistics, University of North Carolina), No.150, 1956.
- [12] Shapiro, C. P., "Sequential allocation and optimal stopping in Bayesian simultaneous estimation", *Journal of American statistica association*, pp.396-402, June, 1983.
- [13] Tong, Y. L.; Wetzell, D. E., "Allocation of observations for selecting the best normal population, IV", *Statistical Decision Theory and Related Topics Vol.2*, Gupta, S. S.; Berger, J. O. eds., 1984, pp.37-49.
- [14] Bechhofer, R. E.; Hayter, A. J.; Tamhane A. C., "Designing experiments for selecting the largest normal mean when the variances are known and unequal: Optimal sample size allocation", *Jornal of Statistical Planning and Inference*, Vol.28, pp.271-289, 1991.
- [15] "OPNET Modeler Manual", MIL 3, Inc.

研究論文

高速通信網の交換ノードにおけるサービス規律

A Comparison of Service Disciplines for Switching Nodes  
in High-Speed Networks

学術情報センター 計 宇生

Yusheng JI

National Center for Science Information Systems

要旨

高速なコネクション型のパケット交換網では、異なる送信元の通信が多重化される交換ノードにおけるパケット転送優先度の制御は、トラヒックのバースト性による品質の低下を防ぐ上で必要となる。本論文では、まずサービス規律の目的および基本概念について述べた上で、高速通信網のために提案されたいくつかのサービス規律について紹介し、それらを仕事保存であるものとそうでないものに分けて比較検討を行う。さらにシミュレーションの結果によって、それぞれのサービス規律を用いた場合のトラヒックの遅延特性の相違を示す。

ABSTRACT

In order to provide the quality of services in high-speed, virtual circuit packet switching networks, it is important to choose an appropriate service discipline, which determines the transmission priority of packets at switching nodes. We first define the purpose and some basic features of service disciplines, then give comparison of a couple of proposed disciplines with respects of their work-conserving feature. Moreover, we use simulation results to show the differences of packet queueing delay distribution when different service disciplines are applied.

[キーワード] サービス規律、待ち行列制御、公平性、サービス品質、パケット交換

[Keywords] service discipline, queueing discipline, fairness, quality of service, packet switching

1 はじめに

光ファイバーや ATM などの高速伝送、交換技術の進歩により、音声、映像、高速データなど様々な通信サービスを一つのネットワークで統合的に提供することができるようになったと同時に、それらのサービスに対して厳格な品質の保証を提供する可能性も出てきている。しかし、トラヒック特性、性能および品質要求の大きく異なるサービスを統合するためには、従来と異なった新しい輻輳制御方式が要求されている。

高速通信網の交換ノードにおけるサービス規律

高速網における輻輳制御機構は、ネットワークに入るトラフィックを入口で制限する受付け制御 (admission control) とネットワーク内の交換ノードにおけるパケットレベルのサービス規律 (service discipline) に分けて考えることができる [1]。受付け制御は利用者の申告した通信パラメータに基づき、予期以上のトラフィックがネットワークに入ることによる輻輳を避けることが主目的である。レート制御に基づく受付け制御方式などがそのために提案されている。一方、交換ノードにおいて、ネットワークに入ってきた通信によるリンクの競合が起こった場合、これを解決するためにそれぞれの通信に属するパケットの転送優先度を定めるサービス規律はサービス品質を保証する意味において重要である。

本論文では高速なコネクション型のパケット交換網 (バーチャルサーキット・パケット交換網) において、これまでに提案されているいくつかのサービス規律についての比較検討を行う。そのために、まず交換ノードにおけるサービス規律の目的および公平性について述べ、そしてサービス規律の重要な性質の一つである仕事保存性の有無に分けてそれぞれのサービス規律の特徴等を説明する。最後に、シミュレーションによって、これらのサービス規律を高速交換網の交換ノードに適用した場合のパケットの遅延特性を示す。

2 サービス規律の基本

2.1 サービス規律の目的

図1 に典型的な交換ノードの例を示す。記述を容易にするため、交換ノードにおけるパケットの待ち時間は、すべて出線側リンク容量の競合によるものであり、交換機自身は十分な処理速度を有するものと仮定する。

高速網の交換ノードにおけるサービス規律の目的は、同じ網資源を共有している個々の通信のためにサービス品質を保証することである。サービス品質 (quality of services) には、通信のスループット、平均及び最大遅延、遅延の揺らぎ、パケットの損失率などが含まれる。ここでの遅延の揺らぎ (delay jitter) とは最大遅延と最小遅延の差である。これらの品質要求を満足するために、交換ノードにおいては、必要となる出線側リンクの帯域、交換ノードにおけるバッファの大きさなどの資源を個々の通信のために確保しなければならない。また、サービス規律が資源を配分しているという観点から、個々の通信を「公平」に扱うことが要求される。

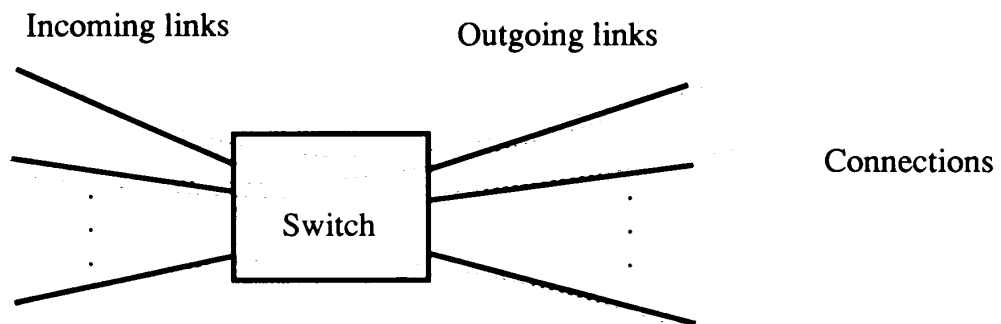


図1 典型的な交換ノード

サービス規律は、資源の配分を決める規則として、次の3つの独立な要素が含まれる。1つはパケットを転送するための帯域である。2つ目はパケットがいつ転送されるかの転送順序/時間である。そして、3つ目は交換ノードにおけるパケット廃棄の必要の有無を決めるバッファスペースである。

サービス規律の最も単純な方式は先着順サービス (First-Come-First-Served, FCFS) である。先着順サービスでは、すべての制御をソース側に委ねられることになる。実現が簡単である反面、個々の通信が互いの挙動の影響を受けやすいため、品質の保証が困難である。このことは後に示すシミュレーションの結果からも明らかである。そのために、それに代わるさまざまなサービス規律が提案されている。

## 2.2 仕事保存性

サービス規律には仕事保存 (work-conserving) という概念がある。[2] において、仕事保存なサーバとは、サービス待ちのジョブがある限り、サービスを中断しないようなサーバであると定義されている。したがって、仕事保存なサービス規律を適用している交換ノードでは、送信待ちのパケットがノードにある限り、いつでもそれを処理しなければならない。ネットワーク資源をより有効に利用する意味において、サービス規律は仕事保存であることが望ましい。

[3] と [4] では、入力トラヒックがあるバースト性の制約を満足すれば、サービス規律が仕事保存であるようなネットワーク内のノードにおけるサービス待ち時間の上限を与える理論式を導出している。そのバースト性の制約とは、トラヒックがネットワークに入る時の速度関数を  $R$  とすると、 $y \geq x$  を満足するすべての  $x$  と  $y$  に対して

$$\int_x^y R \leq \sigma + \rho(y - x)$$

が成立することである。これはすなわちバケツの大きさが  $\sigma$ 、クレジットの再生レートが  $\rho$  である Leaky Bucket [5] [6] を用いたレート制御に相当する。

一方、仕事保存なサービス規律では、最小サービス率を保証できても、最大サービス率は出線側リンクの帯域となる。遅延の揺らぎの上限を保証するためには、サービス率に上限と下限の差を抑えなければならない場合がある。そのため、仕事保存でないサービス規律も提案されている。

## 2.3 サービスの公平性

サービス規律が仕事保存であれば、すべてのコネクションのパケットの遅延の平均がサービス規律に依存しないことは仕事保存則 (conservation law) として知られている [2]。したがって、仕事保存なサービス規律では、資源をコネクション間でいかに公平に配分するかが問題となる。そこで、次のような基準 1 および 2 を満足するようなサービス規律を公平であると定義する。

- 1) ネットワークの帯域はすべてのビジーなコネクション間で共有しなければならない。
- 2) 個々のコネクションに割り当てられる資源は、そのコネクションの要求される資源に比例しなければならない。

ここでいう「ビジー」とは、交換ノードにおいて送信待ち行列にそのコネクションのパケットが入っている状態である。

## 高速通信網の交換ノードにおけるサービス規律

もしサービス規律が公平性の基準に従うと同時に仕事保存であれば、次のようなことが言える。すなわち、システムが負荷の軽い状態にあるときは、それぞれのコネクションが期待以上の帯域を使うことができる。

次章では、仕事保存性の有無に分けていくつか代表的なサービス規律について述べる。

### 3 仕事保存でないサービス規律

#### 3.1 Stop-and-Go

Stop-and-Go [7] はネットワーク内のトラフィックの流れをスムーズにするために提案されたサービス規律である。Stop-and-Go では、時間軸を一定の長さのフレームに分割し、それぞれのフレーム内に到着したパケットは、その次のフレームの開始を待ってから、送出を始める。すなわち、あるフレームに送出されるパケットは、その前のフレームに到着したパケットとなる。各フレーム内におけるパケットの転送優先度については特に規定されていない。あるフレームに到着したパケットの転送が次のフレームの開始を待たなければならないため、Stop-and-Go は仕事保存ではない。

コネクション  $k$  に割り当てられた帯域が  $r_k$  の時、受け制御によって任意のフレーム  $T$  内にネットワークに入るコネクション  $k$  のパケットのビットの総数が  $r_k T$  以内であれば、これを  $(r_k, T)$ -smooth であるという。Stop-and-Go のサービス規律によって、 $(r_k, T)$ -smooth 性はネットワークのすべてのノードで保証できる。したがって、フレームの大きさにしたがってノード内のバッファを確保すれば、バッファのオーバーフローによるパケット損失を無くすことができる。また、フレームの大きさによって、パケットの遅延の上限と下限、したがって遅延の揺らぎが決まる。

ここから容易にわかるように、Stop-and-Go はフレームの大きさと帯域と遅延の揺らぎの三者を結び付けている。例えばフレーム内でのパケットの転送順序が任意な場合、遅延揺らぎの上限がフレームの大きさの 2 倍であるように、設定できる遅延の揺らぎはフレームの大きさによって限られてしまう。遅延の揺らぎをより小さく抑えるためには、フレームの大きさをより小さくしなくてはならず、これはトラフィックのバースト性を小さく限定することを意味し、さもなければ、より広い帯域が必要となる。

#### 3.2 Earliest-Due-Date とその拡張

従来の Earliest-Due-Date(EDD) [8] はリアルタイムプログラミング環境のために提案されたスケジューリングの方法である。リアルタイムの要求にしたがって最も遅いサービス終了時刻(デッドライン)を各々のジョブに設けて、デッドラインの早い順にジョブがサービスされる。したがって、EDD は仕事保存なサービス規律である。

[9] では EDD をリアルタイム通信における遅延の上限を保証するために拡張した。後に [10] ではこれを Delay Earliest-Due-Date(Delay-EDD)と呼んでいる。Delay-EDD では、まず送信側とネットワーク側で送信のピークレート/平均レートおよび許される最大遅延を決める。送信側が決められたピークレート/平均レートにしたがってパケットを送出すれば、ネットワーク側では許される最大遅延を保証する。その決め手となるのは、各々のパケットにデッドラインを設けてデッドラインの早い順に処理することである。パケットのデッドラインはそのパケットの到着すべき時刻に許される最大遅延を足した時刻である。

一方、Jitter Earliest-Due-Date(Jitter-EDD) は遅延の揺らぎの上限を保証するために Delay-EDD を拡張したものである [11]。Delay-EDD と同じように、各ノードでは、前のノードにおける

パケットのデッドラインに当該ノードの遅延分を足したものを当該ノードにおけるデッドラインとする。しかし、Jitter-EDD ではさらに各々のパケットが送出される時、そのパケットに当該ノードにおけるデッドラインと実際の送出時刻の差がスタンプされる。次に到着するノードにおいて、Delay-EDD では直ちにそのパケットを送出処理待ち行列に入れるのに対して、Jitter-EDD では前のノードでスタンプされた差を待ってから始めてこのパケットを送出処理待ち行列に入れる。この待ち時間があるために、Jitter-EDD は仕事保存ではない。このようにパケットが各々の交換ノードにおける遅延の長さが一定であるので、Jitter-EDD は遅延揺らぎを保証することができる。

また [11] では、もしネットワークに入るあるコネクションのトラフィックが次の条件、すなわち、パケットの最小到着間隔が  $X_{min}$ 、時間間隔  $I$  内に到着するパケットの数が  $X_{ave}I$  以内であることを満足すれば、ネットワーク内の任意の交換ノードにおいて、そのトラフィックパターンが保たれることが証明されている。このことは、ノードにおけるバッファの大きさがある値以上であれば、バッファのオーバーフローによるパケットの損失を無くすことができることを意味する。

Stop-and-Go と Jitter-EDD とでは、前者のフレーム  $T$  の概念に相当するのが後者の平均化時間間隔  $I$  であり、また後者の  $1/X_{ave}$  が前者の  $r_k$ 、後者の  $1/X_{min}$  が前者のリンク帯域に相当していることがわかる。したがって、Jitter-EDD で遅延の揺らぎの上限を決める要素として、 $I$  および  $X_{ave}$  以外、 $X_{min}$  も作用している。このことは、遅延の揺らぎを決めるための自由度 (粒度) をより大きくしているのである。

#### 4. 仕事保存なサービス規律

##### 4.1 ラウンドロビンとその拡張

古典的なラウンドロビンまたはプロセッサシェアリングのスケジューリング方式を基本にしているのは Fair Queueing [12] や、Generalized Processor Sharing [13] と呼ばれるサービス規律である。ラウンドロビンやプロセッサシェアリングの制御方式をパケット交換において疑似的に実現させているうえ、各々の通信にウェイトがかけられるように拡張されている。

$S_i(\tau, t)$  を時間間隔  $(\tau, t]$  内にサービスされるコネクション  $i$  のデータの量とすると、Generalized Processor Sharing は次のように定義される。すなわち、時間間隔  $(\tau, t]$  において常に処理待ちのパケットがあるような任意のコネクション  $i$  に対して、

$$\frac{S_i(\tau, t)}{S_j(\tau, t)} \geq \frac{\phi_i}{\phi_j}, \quad j = 1, 2, \dots, N$$

が成立する。ただし、 $\phi_i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) は任意の正の実数である。この定義から、コネクション  $i$  に保証されるサービス率が

$$g_i = \frac{\phi_i}{\sum_j \phi_j} r$$

であることが容易に導出できる。ただし、 $r$  はサーバのサービス率であり、すなわち出線側リンクの帯域に相当する。

Fair Queueing は当初データグラムネットワークのために提唱されたサービス規律であるが、コネクション型のネットワークにおいて、資源の割り当ておよび受け付け制御と組み合わせることによ

## 高速通信網の交換ノードにおけるサービス規律

て、帯域の保証を提供できることがわかった。Generalized Processor Sharing は Fair Queueing と同じ方式として、Leaky Bucket によるレート制御と組み合わせることによって、厳密なパケット遅延の上限を保証できることが [13] および [14] で証明されている。

### 4.2 Virtual Clock

Virtual Clock は高速ネットワークにおける転送制御アルゴリズムとして提案された [15]。その目的は、パケット交換による統計的多重化の柔軟性を保ちながら、それぞれのトラヒックのためにその申告された平均レートに相当する帯域を保証することである。

そこで、Virtual Clock では TDM システムを疑似的に実現させることを考えていた。パケットが到着する毎に、平均レートの逆数である平均パケット間隔を増分として進む仮想時計で個々のパケットのサービス優先度を定める。すなわち、コネクション  $i$  の平均レートが  $\bar{\lambda}_i$ 、 $t_i^{Arr}(n)$  をコネクション  $i$  における  $n$  番目のパケットの実到着時間とすると、コネクション  $i$  における  $n$  番目のパケットが交換ノードに到着するときの仮想時刻  $P_i(n)$  は

$$P_i(n) = \max\{P_i(n-1), t_i^{Arr}(n)\} + \frac{1}{\bar{\lambda}_i} \quad (1)$$

であり、パケットはスタンプされた仮想時刻の値の小さい順に送出される。仮想時計が実到着時間と同期を取っているのは、コネクションの一時休止による優先度の蓄積を防ぐためである。

このようにパケットのサービス優先度を与えることによって、Virtual Clock では個々の通信の間の影響を少なくし、悪い振舞いをする (disbehaved) ソースから他の通信を保護できることがシミュレーションの結果によって示された [16]。しかし Virtual Clock では、システムの負荷が軽いときに大きなバーストを転送したソースは、その時に休止しているソースに悪い影響を与えることがないにもかかわらず、休止していたソースの送信の再開によって後に「罰される」ことがあることが指摘された [13]。一般にこのようなことは許されるべきではないとされている。なぜなら、使うべき資源を使わなくても、後になって使うことができないからである。

### 4.3 Virtual Rate-Based Queueing

Virtual Rate-Based Queueing (VRBQ) [17] では、まずサービスの公平性の基準 1 に従って、Virtual Clock の式 (1) を次のように改良した。

$$P_i(n) = \max\{P_i(n-1), E_j(t_i^{Arr}(n))\} + \frac{1}{\bar{\lambda}_i} \quad (2)$$

すなわち、Virtual Clock における実到着時間の代わりに、システムにおけるサービスの進み具合を表す実効時間  $E_j(t_i^{Arr}(n))$  にパケットの転送優先度を表す仮想時計  $P_i$  を同期させている。 $E_j(t_i^{Arr}(n))$  とは、コネクション  $i$  に属する  $n$  番目のパケットが到着した時点における、同じ出線側リンクに送出された最後のパケットにスタンプされた仮想時刻である。そして、式 (2) における平均レートのかわりに公平性基準 2 にある「要求された資源」を表す量  $\bar{\mu}$  を導入し、転送優先度を最終的に次のように定義している。



$$P_i(n) = \max\{P_i(n-1), E_j(t_i^{Arr}(n))\} + \frac{1}{\tilde{\mu}_i} \quad (3)$$

$\tilde{\mu}$  は仮想レートと言い、通信のサービス品質を保証するために必要な最小帯域である。仮想レートが大きいほど、通信の相対的な優先度が高く、バースト性による遅延が少ない。明らかに、仮想レートはコネクションの平均レート  $\bar{\lambda}$  と最大レート  $\hat{\lambda}$  の間の値を有する。すなわち、

$$\bar{\lambda} \leq \tilde{\mu} \leq \hat{\lambda}.$$

VRBQ サービス規律では、コネクション  $i$  のために出線側リンク  $j$  において保証される帯域  $\mu_{ij}$  は次式のようになる。

$$\mu_{ij} = \frac{\tilde{\mu}_i}{\sum_{k \in \kappa_j} \tilde{\mu}_k} V_j \quad (4)$$

ただし、 $V_j$  はリンク  $j$  の容量、 $\kappa_j$  はリンク  $j$  に送出するすべてのコネクションの集合である。また、もしネットワークの個々のリンクにおいて、それを通るすべてのコネクションの仮想レートの和がそのリンクの容量を超えなければ、ネットワーク内のすべてのコネクション  $i$  に対して保証される帯域  $\mu_i$  は、少なくともそのコネクションの仮想レート  $\tilde{\mu}_i$  に等しい。すなわち、

$$\forall i, \mu_i \geq \tilde{\mu}_i$$

である。

このように、あるコネクションのために保証される帯域はそれと同じ網資源を共有している他のコネクションと独立である。したがって、最悪の場合の性能を考えても、少なくとも仮想レート分の容量を持つリンクを独占する時に相当する。

また、VRBQ を Leaky Bucket や Dynamic Time Windows [18] などのレート制御機構と組み合わせる場合、厳密な遅延の上限を与えることができる。図2は Leaky Bucket を通って、出線側リンク  $j$  につながる交換ノードにおけるコネクション  $i$  の累積パケット数を表している。図2に示すように、 $\bar{\lambda}_i \leq \mu_{ij} \leq \hat{\lambda}_{ij}$  である限り、式(4)により遅延は次式のような上限  $D_{ij}$  を持っている。

$$D_{ij} = \left( \frac{1}{\mu_{ij}} - \frac{1}{\hat{\lambda}_{ij}} \right) \frac{\hat{\lambda}_{ij} \sigma_i}{\hat{\lambda}_{ij} - \bar{\lambda}_i} \quad (5)$$

ここで注目すべきことは、式(5)で表す遅延の上限は他のコネクションの動作から影響を受けないことである。

高速通信網の交換ノードにおけるサービス規律

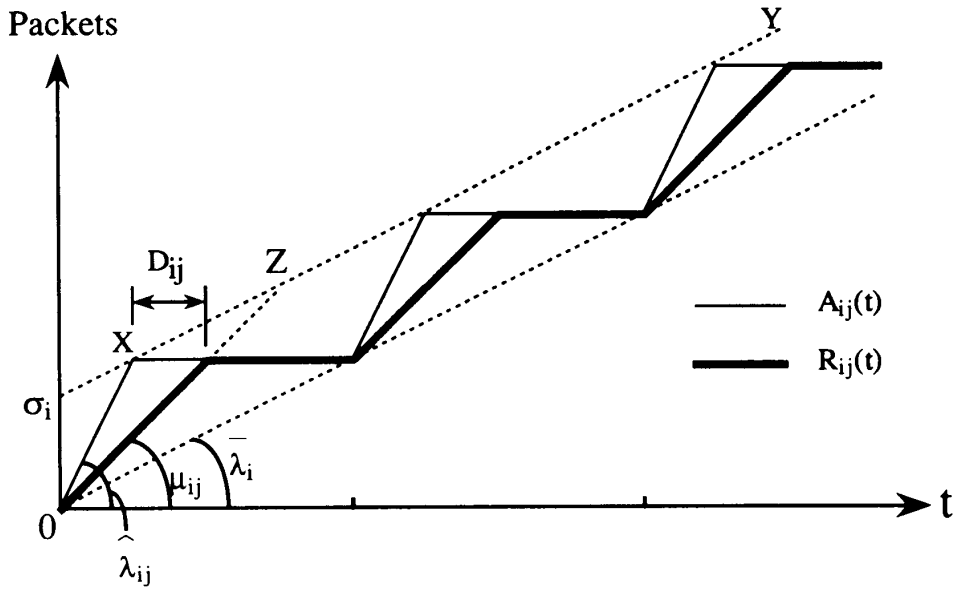


図 2 Leaky bucket を通った時の累積パケット数

5. シミュレーションの結果

5.1 シミュレーションモデル

仕事保存なサービス規律が通信の遅延特性に与える影響を調べるために、図3に示すようなモデルを用いたシミュレーションを行った。トラヒック間の競合は、その先が一本のリンクに接続されている交換ノードでのみ起こり得る。サービス規律はその交換ノードにインプリメントされている。

パケットは固定長であり、次のような ON-OFF モデルに従って発生される。すなわち、連続して  $A$  個のパケットがピーク転送レート  $0.5 \text{ packet/tick}$  で発生した後、 $B$  個のパケットが送信できる時間間隔だけ休止する。 $A$  及び  $B$  は幾何分布に従った互いに独立な確率変数であり、それぞれの平均は  $55 \text{ ticks}$  と  $245 \text{ ticks}$  である。転送速度の単位を  $\text{packet/tick}$  とした場合、競合されるリンクの容量は  $1$  であり、各コネクションの平均レートはそれぞれ約  $0.0917$  であり、したがって、各々のソースはリンク容量の約  $9.17\%$  を占める。また、交換ノード内のバッファ長は無限であるとし、パケット損失が起こらないこととする。

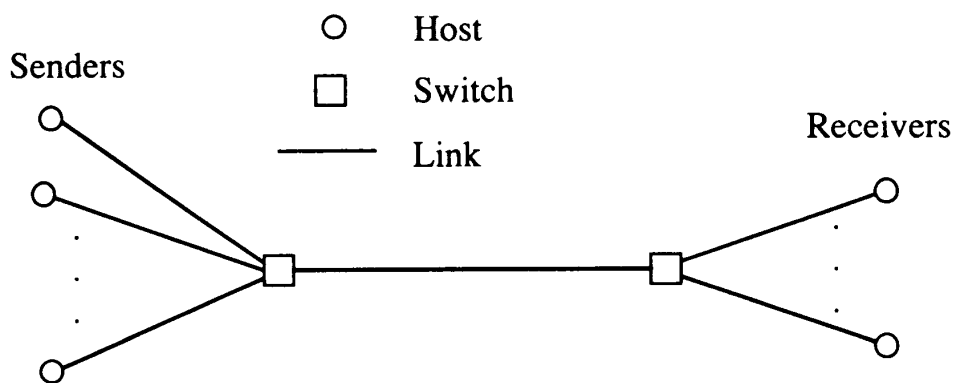


図 3 シミュレーションモデル

5.2 サービス規律の比較

図4 はサービス規律 FCFS、Virtual Clock 及び式 (2) によって与えられる改良版の Modified Virtual Clock (Modified VC) を用いた場合の packets 遅延特性の比較である。それぞれのネットワーク内に6つのソースがあり、競合されるリンクの利用率は55%である。そのうちの3つのソースが上述の ON-OFF モデルによって発生させたそのままのデータで、シェーピングを行っておらず、バースト性の大きいトラヒックに相当する。他の3つは、Leaky Bucket によるシェーピングを行っており、平均レートおよびピークレートは変わらないものの、バースト性が小さくなっている。それぞれのサービス規律における2つの曲線がこの2種類のトラヒックの遅延特性を示している。確率が小さい時の挙動をよりよく表すために、図の縦軸は対数スケールになっている。

図4 中のどのサービス規律においても、トラヒックシェーピングをしたソースの遅延がそうでないソースより小さくなっている。しかし、これらの2種類のソースに対する資源の配分の仕方はサービス規律によって大きく異なることがわかる。まず、単純な先着順サービスでは、2種類のソースがほぼ同じ遅延特性を示している。一方、Virtual Clock では、それらの遅延が大きく異なり、バースト性の大きいトラヒックは遅延も非常に大きい。そして、FCFS と Virtual Clock の中間的な扱い方をしているのは、Modified Virtual Clock である。Modified Virtual Clock は仮想レートが平均レートと等しい時の VRBQ である。これは公平性の基準1には準拠しているが基準2については考えていない。また、他のシミュレーションの結果から、ラウンドロビンが Modified Virtual Clock とほぼ同じ特性を示しているので、ラウンドロビンも公平性の基準1に準拠していることがわかる。

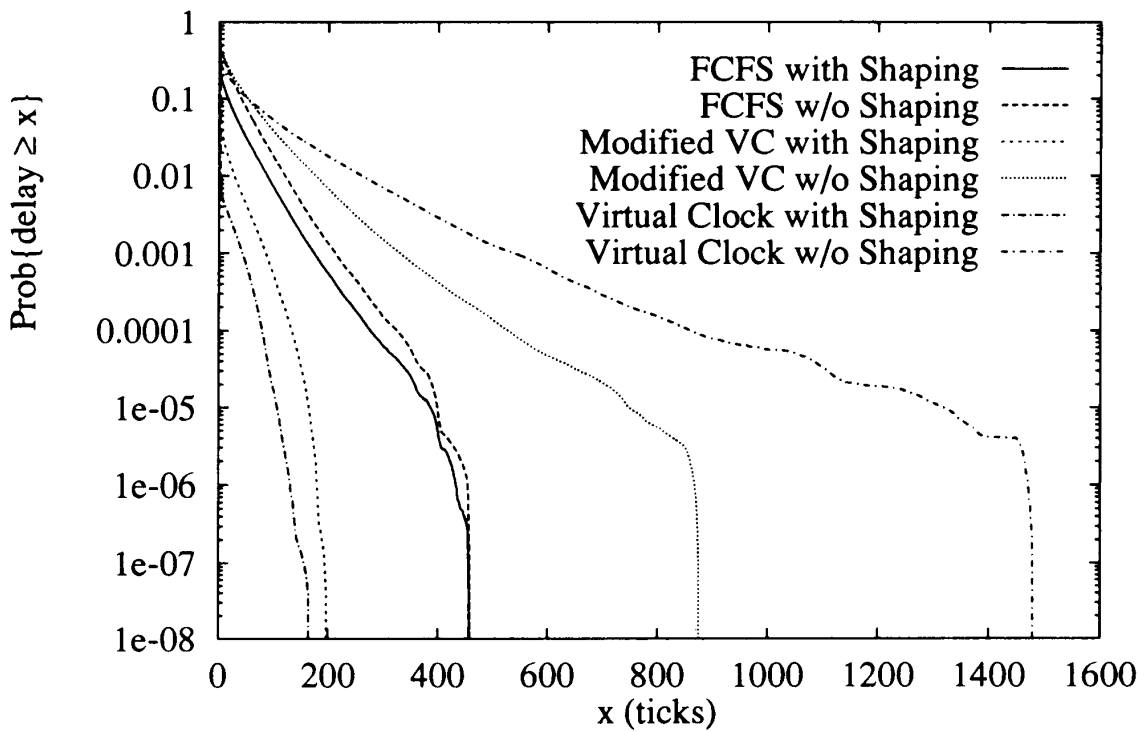


図4 サービス規律の比較

高速通信網の交換ノードにおけるサービス規律

これらの比較から明らかによように、2種類のトラヒックが近い遅延特性を示している FCFS では、2つのソースが互いに干渉しており、バースト性の大きいトラヒックが資源のより大きな部分を占有した結果となった。また、Virtual Clock はバースト性の大きいソースにより大きな「ハンディ」を課している。

5.3 VRBQ を用いた場合の遅延特性

図5では、同じく各々の、平均レートがリンク容量の9.17%を占める5つのON-OFFソースについて、それぞれの仮想レートをリンクの容量の1/3、1/4、1/6、1/8および1/10とした時の交換ノードにおける待ち時間の特性を示す。このとき、競合されているリンクを通る通信の仮想レートの総和は0.975 packet/tickであり、リンクの利用率は45.8%である。同図から、大きい仮想レートを持つトラヒックの遅延が小さくなる様子がわかる。

また図6はLeaky Bucketによってシェーピングされた5つのソースの遅延特性である。Leaky Bucketによるシェーピングがないときよりも待ち時間が少なくなっている。この場合の解析によって求められる遅延の上限は仮想レートが1/3、1/4、1/6、1/8、1/10に対してそれぞれ56、114、231、348および384であり[17]、シミュレーションで得られた最大遅延がそれらの上限範囲以内であることがわかる。

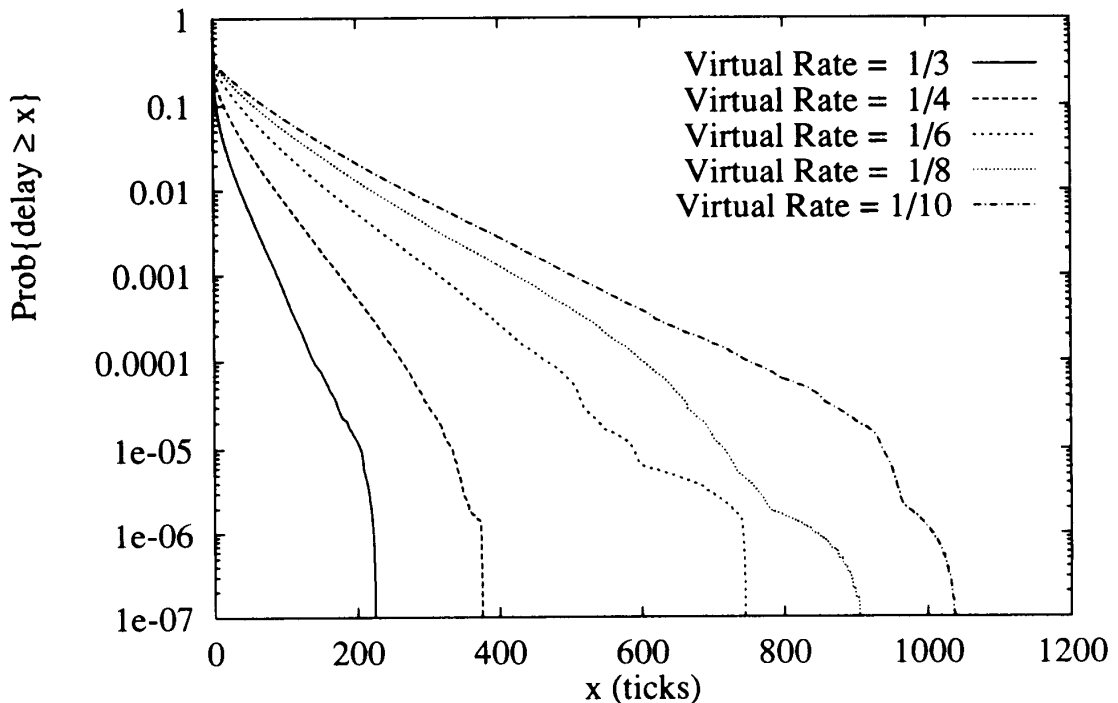


図5 VRBQによるトラヒックの遅延特性

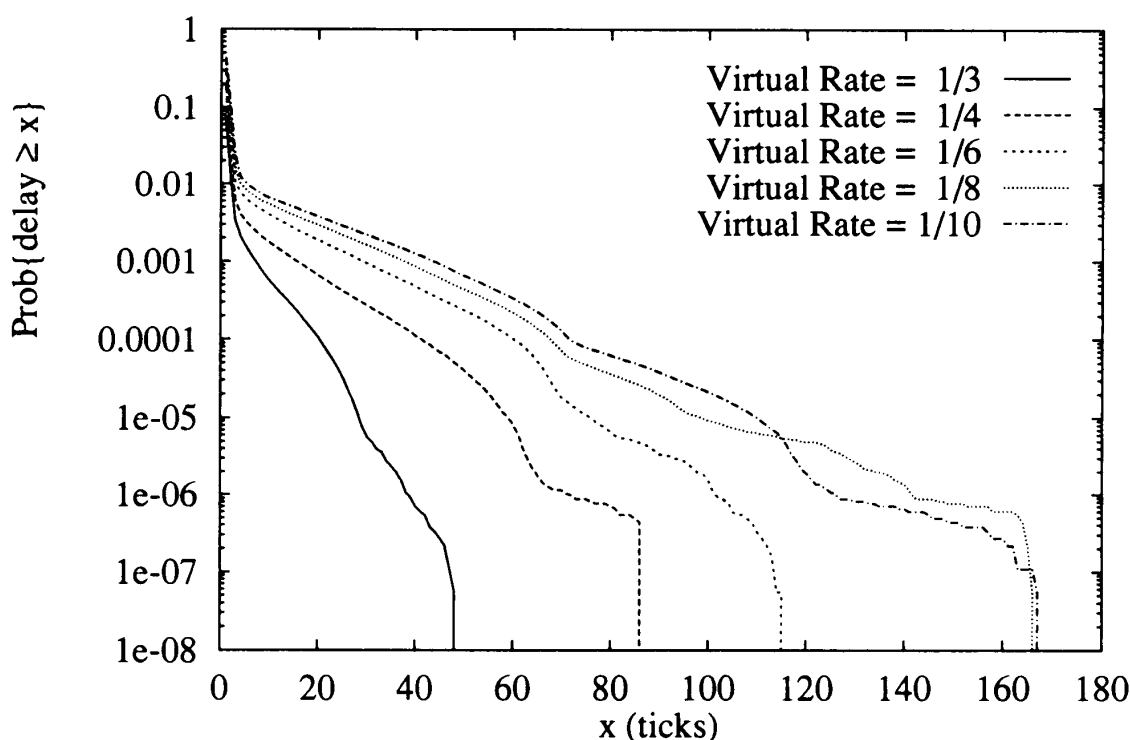


図 6 Leaky Bucket によるレート制御がある場合の VRBQ の遅延特性

## 6. おわりに

高速通信網におけるサービス品質を提供するためのサービス規律について仕事保存性の有無に分けてまとめた。仕事保存でないサービス規律では、遅延の揺らぎの上限を保証することに主眼をおいているのに対し、仕事保存なサービス規律では、資源の配分における公平性が重要な鍵の一つとなる。

本論文の目的は、どのサービス規律が一番優れているかを論ずることではない。異なる用途を持つネットワークでは、適用すべきサービス規律も違ってくる。また、同じネットワークにおいて、異なるサービス規律を階層的に用いることも提案されている [19]。そうすることによって、それぞれのサービス規律の利点を取り入れ、また、欠点をカバーすることができるからである。

## 参考文献

- [1] Hyman, J.; Lazar, A; Pacifici, G., "A Separation Principle Between Scheduling and Admission Control for Broadband Switching", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol.11, No.4, pp.605-616, May 1993.
- [2] Kleinrock, L., "Queueing Systems, Volume 2: Computer Applications", John Wiley and Sons, Inc, 1976.
- [3] Cruz, R., "A Calculus for Network Delay, Part I: Network Elements in Isolation", *IEEE Trans. Info. Theory*, Vol.37, No.1, pp.114-131, Jan. 1991.

高速通信網の交換ノードにおけるサービス規律

- [4] Cruz, R., "A Calculus for Network Delay, Part II: Network Analysis", *IEEE Trans. Info. Theory*, Vol.37, No.1, pp.132-141, Jan. 1991.
- [5] Turner, J., "New Directions in Communications (or Which Way to the Information Age?)" *IEEE Communications Magazine*, Vol.24, No.10, pp.8-15, Oct. 1986.
- [6] Sidi, M.; Liu, W. -Z.; Cidon, I.; Gopal, I., "Congestion Control Through Input Rate Regulation", *Proc. IEEE GLOBECOM'89*, 1989, pp.49.2.1-5.
- [7] Golestani, S. J., "A Stop-and-Go Queueing Framework for Congestion Management", *Proc. ACM SIGCOMM'90*, Sep. 1990, pp.8-18.
- [8] Liu, C. L.; Layland, J. W., "Scheduling Algorithms for Multiprogramming in a Hard Real Time Environment", *J. ACM*, Vol.20, No.1, pp.46-61, January 1973.
- [9] Ferrari, D.; Verma, D., "A scheme for Realtime Channel Establishment in Wide-Area Networks", *IEEE J. on Selected Areas in Comm.*, Vol.8, No.3, pp.368-379, April 1990.
- [10] Zhang, H.; Keshav, S., "Comparison of Rate-Based Service Disciplines", *Proc. ACM SIGCOMM'91*, Sep. 1991, pp.113-122.
- [11] Verma, d.; Zhang, H.; Ferrari, D., "Guaranteeing Delay Jitter Bounds in Packet Switching Networks", *Proc. of Tricomm'91*, April 1991.
- [12] Demers, A.; Kesjav, S.; Shenker, S., "Analysis and Simulation of a Fair Queueing Algorithm", *Proc. ACM SIGCOMM'89*, Sep. 1989, pp.1-12.
- [13] Parekh, A.; Gallager, R., "A Generalized Processor Sharing Approach to Flow Control in Integrated Services Networks: The Single-Node Case", *IEEE/ATM Trans. Networking*, Vol.1, No.3, pp.344-357, June 1993.
- [14] Parekh, A.; Gallager, R., "A Generalized Processor Sharing Approach to Flow Control in Integrated Services Networks: The Single-Node Case", *IEEE/ATM Trans. Networking*, Vol.1, No.3, pp.344-357, June 1993.
- [15] Zhang, L., "Virtual Clock: A New Traffic Control Algorithm for Packet Switching Networks", *Proc. ACM SIGCOMM'90*, 1990, pp.19-29.
- [16] Mukherjee, A.; Landweber, L.; Faber, T., "Dynamic Time Windows and Generalized Virtual Clock: Combined Closed-Loop/Open-Loop Congestion Control", *Proc. IEEE INFOCOM'92*, May 1992, pp.3A.3.1-11.
- [17] Ji, Y.; Asano, S., "Virtual Rate-Based Queueing: A Generalized Queueing Discipline for Switches in High-Speed Networks", *IEICE Trans. Commun*, Vol.E77-B, No.12, December, 1994.
- [18] Faber, T.; Landweber, L.; Mukherjee, A., "Dynamic Time Windows: Packet Admission Control with Feedback", *Proc. ACM SIGCOMM'92*, 1992.
- [19] Braden, R.; Clark, D.; Shenker, S., "Integrated Services in the Internet Architecture", *RFC 1633*, June 1994.

研究論文

モデル駆動型画像理解における幾何情報の利用

Utilization of Geometric Information for Model-Based Vision

学術情報センター 佐藤 真一

Shin'ichi SATOH

National Center for Science Information Systems

要旨

モデル駆動型画像理解は、画像理解手法の中でも、特に複雑な対象物の認識も可能である強力な手法として期待されている。この手法は、対象物の幾何的な構造をモデルとして表現し、これを認識対象の画像と照合することにより画像理解を行うというものである。その実現には幾何情報を積極的に扱う必要があり、幾何推論が重要な役割を演ずることになる。本稿では、モデル駆動型画像理解における幾何情報の扱いについて特に幾何推論を中心に近年の研究をまとめ、その位置付けについて考察する。

ABSTRACT

Model-based vision is expected to be one of the most powerful methods for computer vision, which can especially be suited to extract much complicated objects from images. This method uses "models" expressing geometric composition of objects and matches them to target images to realize image understanding. Geometric information is needed to be handled to actualize this method, thus geometric reasoning plays an major role in model-based vision. This study presents the state of the art of geometric information handling in model-based vision, some recent studies concerning geometric reasoning, and an consideration on the role of geometric reasoning in model-based vision.

[キーワード] モデル駆動、画像理解、幾何推論

[Keywords] model-based vision, computer vision, geometric reasoning

1. はじめに

画像理解 (image understanding、あるいは computer vision) に関する研究は、長年にわたりさまざまなアプローチで研究が行われ、かつその実用的な成果が強く望まれている分野である。画像理解での処理対象はいうまでもなく画像であるが、その処理対象である画像には、2次元配列の輝度値で表現されたいわゆる画像データ、その中でも特にカラー画像、ステレオ画像、また赤外線などで撮

## モデル駆動型画像理解における幾何情報の利用

影された衛星写真の画像、スリット光やレーザレンジファインダなどによる距離画像、さらにはCTにより撮影された3次元画像までも含む。このように多種の画像が処理対象となりうるが、いずれも画像固有の座標中心で表現されている点の特徴である。画像理解は、与えられた画像からそこに写っている対象物体を識別し、その(典型的には3次元の)幾何的な構成情報を取り出す、すなわち物体中心の情報を取り出すことが最終的な目標である。

その画像理解手法の中でも、モデル駆動型画像理解(model-based vision)は、特に複雑な対象物の認識も可能である強力な手法として期待されている。この手法は、対象物の幾何的な構造をモデルとして表現し、これを認識対象の画像と照合することにより画像理解を行うというものである。画像が画像中心の原初的な幾何情報(geometry)を表しているのに対し、モデルをテンプレートとした抽出すべき情報は、物体中心の、複雑な構造情報をも含む非常にゆたかな幾何情報を表している。そのため、model-based visionの実現のためには、座標変換やモデルを参照した幾何情報の抽出など、幾何情報を積極的に扱う必要がある。また、一般に与えられた画像に対応しうるモデル、およびその姿勢などは唯一に定まらないため、不良設定問題(ill-constrained problem)であるといわれる。そのため実際には、扱っている対象物体の特性などによる幾何的な制約から、対応するモデルを絞り込んでいくような推論が必要となる。すなわち、幾何推論(geometric reasoning)が重要な役割を演ずることになる。

本稿では、model-based visionにおける幾何情報の扱いについて近年の研究をまとめている。幾何情報を扱う手法の中でも、幾何推論と呼ばれる一連の手法、特に近年注目を集めている代数的幾何推論(algebraic geometric reasoning)について、そのmodel-based visionの中における位置付けについてまとめている。また、model-based visionのための幾何情報の操作技術の一つとして最近特に注目されているgeometric hashingについて紹介している。

なお、本稿では特に断らない限り、画像理解としては、2次元の画像(その中でもphotometric image)から3次元の構造物を認識する場合を考えるものとする。

## 2. モデル駆動型画像理解システムの構成

本章では、主に幾何的な情報の扱い方と幾何推論の手法に着目し、model-based visionの基本的な処理手順について考察する。また実際の画像理解システムとして、Brooksによるmodel-based visionシステムACRONYM [5] [6]を例にとり説明する。

初期の画像理解研究では、主にボトムアップ的な手法を用い、与えられた画像から順次より高次の記述を作成していくというアプローチがとられた。Marrは、人間の視覚処理を基礎とし、ボトムアップ的な処理に基づき、2次元の画像から、画像に投影されている物体表面の方向、各画素に対応する奥行き情報の局所的変化、及びその不連続性などを記述した、 $2\frac{1}{2}$ 次元スケッチと呼ぶ記述が生成できることを示した[24]。しかしながらこれはまだ画像中心の情報であり、物体中心の情報への変換が必要であった。

画像理解処理の最終的な目標は、与えられた画像から、そこに撮影されている対象の十分詳細な記述を抽出することにある。画像はそれ固有の座標系で記述されており、いわば観察者中心の情報であるが、抽出したい対象の記述は、対象が存在する世界の座標系で記述されている必要がある。すなわち、3次元世界を撮影した画像の理解の場合、撮影されている物体の3次元世界での存在位置、方向、置かれている状況などの情報が望まれる。また、物体の形状などの物体固有の情報につ



いては、物体中心の記述、すなわち物体の大きさ、構成などの情報が抽出されなければならない。model-based vision の場合、世界を構成する(あらかじめ想定した有限種類の)物体の物体中心で表現された構成などの情報をモデルとしてあらかじめ与えられており、これを画像中から発見することにより、物体の認識を行うことになる。従って、model-based vision の画像理解としての能力は、(1) モデルの表現力がいかに豊富か、(2) 画像からそのモデルを抽出する能力がいかに強力か、という点で計られることになる。

モデルの表現力に関して、ACRONYM では一般化円錐 (generalized cone) [3] を基本要素とし、それらの間の幾何関係の組み合わせによりモデルを表現している。幾何関係の表現は、一般化円錐を表すパラメータを用い、それらの間の代数的な制約で表現する。

model-based vision の処理手順は、通常次に示すようなながれで行われる。

1. 与えられた画像からの不変特徴 (invariant feature) の抽出
2. 不変特徴をもとにしたモデルの予想
3. モデルの検証

(ACRONYM を例とした典型的な処理のながれを図1に示す。) model-based vision では、画像とモデルとをトップダウンに照合することにより画像理解を行うが、それに先立って、まず画像からモデルを照合するための手がかりを取り出さなければならない。これを行うのが「不変特徴の抽出」である。不変特徴とは、次に行くべき「モデルの予想」をするために十分な情報を与え、かつ付加的な情報なしに画像から安定に取り出しうるような特徴である。多くの研究で良く使われる不変特徴としては、線分、線分の交点や端点、平行線分、長方形などがある。ACRONYM では、不変特徴は一般化円錐の2次元平面への投影であるリボンと楕円とが用いられる。

モデルの予想では、抽出した不変特徴から照合可能な候補モデルを選択する。一般には画像から抽出した不変特徴に対し対応するモデルは無数に存在する。しかし、ACRONYM も含む多くの model-based vision システムでは、システムに搭載されたモデルはせいぜい数個であり、モデルの予想では主にモデルの3次元空間中での姿勢、およびカメラパラメータの予測が行われる。対応すべきモデルの個数がより大きい場合、後述する geometric hashing などのような特別の配慮が必要となってくる。

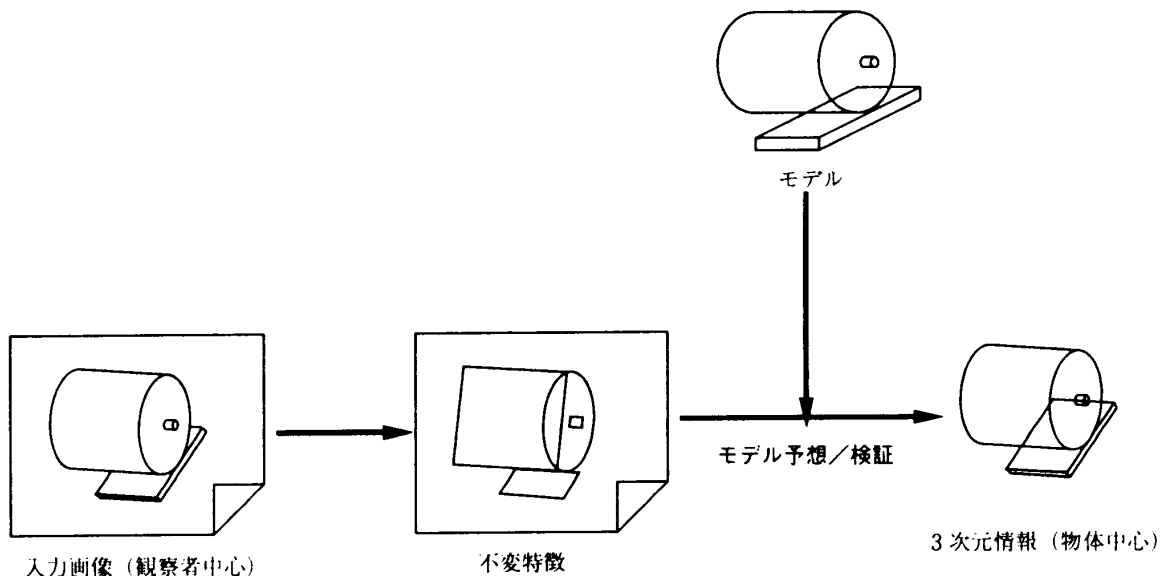


図1 model-based vision 処理の典型的ながれ

モデル駆動型画像理解における幾何情報の利用

続くモデルの検証では、予想したモデルが実際に画像中に存在するのか検証し、対象のより詳細な構造情報を抽出する。ACRONYMでは、モデルの予想および検証を一般化円錐のパラメータの代数的制約の充足問題の枠組で実現している。

3. モデルの表現力に関する考察

model-based visionにおけるモデルは、物体を構成する基本部品の形状とそれらの間の構成関係で記述され、その表現力は基本部品の形状の表現法と構成関係の表現法とで決定される。本章では、いくつかの研究について、上記の視点に従ってモデルの表現力について評価し、望ましいモデル記述法について考察する。

3.1. 基本部品の形状の表現

基本部品としては、物体の表面の一部のみを部品として扱うアプローチ、あるいは体積を持った立体を部品として扱うアプローチなどがあるが、ここではこれらを同列に論じることとする。表現力という観点からは、いかなる形状の部品でも扱いうるようになるのが最も表現力がゆたかであることになるが、model-based visionシステムで利用することを考えると、その部品が共通して持つ不変特徴に従ってモデルの予想が行われ、さらにモデルの検証としてその部品がたしかに画像と相呼応するかを評価するという事も考慮しなければならない。従って、基本部品の表現法のポイントとしては、(1) 十分多くの対象物の部品を表現でき、(2) 画像から安定して抽出可能な共通の不変特徴を持ち、(3) その部品の画像上での存在の評価が安定して行いうること、という3点があげられる。

先に述べた通り、ACRONYM [5][6]では、基本部品として一般化円錐を採用している。一般化円錐を基本部品に採用した研究は、画像理解やCADシステムなどにも多く見られ、部品としては十分な表現力を持っているといえる。これを画像に投影した場合の不変特徴だが、ACRONYMではリボン(ribbon)と楕円(ellipse)を利用している。リボンは、2次曲線、ないしは直線分で表現された「脊柱」(spine)、これと一定角度で交差する直線分の「交差部」(cross-section)、および脊柱に沿ったリボンの広がり具合を表す「広がり規則」(sweeping-rule)で表現される。実際のシステムでは脊柱は直線分、広がり規則は線形の変化のみが許されており、この場合のリボンは一定の割合で広がっていく長細い4角形となる。図2にこれらの関係を示す。このリボンと楕円は、不変特徴として十分安定に画像から抽出可能である。また、一般化円錐はその表面形状を解析的に代数式で表現しえて、画像上での評価も行いやすい。具体的には、不変特徴として抽出したりボンや楕円は一般化円錐の画像への投影となっているわけだが、これらリボンや楕円から、一般化円錐の物体中心の形状の情報、あるいは一般化円錐と画像を撮影したカメラとの相対的な位置関係や姿勢などに関する情報を、数学的に推定することが容易である。

他の研究を概観すると、Chenら[8]は多面体を認識する研究で、基本部品としては多面体の面を構成する多角形を利用しており、不変特徴はその投影変換である多角形となる。Sullivanら[26]は、距離画像やCTなどの奥行き情報を含む画像から本稿で述べているところの基本部品を取り出す研究において、不変特徴としては3次元の点を利用し、これから推定する基本部品として次式で示されるような代数曲面(algebraic surface)  $S_p$  を利用した。

$$S_p = \{x \in R^3, P(x, p) = 0\}. \tag{1}$$

ここで、

$$\mathbf{p} = (p_1, \dots, p_q)^T \tag{2}$$

$$P(\mathbf{x}, \mathbf{p}) = \sum_{j=1}^q p_j x^{k_j} y^{l_j} z^{m_j}. \tag{3}$$

実際には、 $k_j, l_j, m_j$  はあらかじめ決められており、 $p_j$  を推定することになる。Hébertら [14] も同様に、不変特徴としての奥行き情報を持つ点から多項式で表現された基本部品の推定を行う研究を行ったが、扱うのが2次元情報に奥行きを加えた3次元情報ではなく、1次元情報に奥行きを加えた2次元情報としており、問題を簡略化して主張点(本稿の趣旨から外れるので詳細には触れない)を明確にしている。Guézicら [13] は、CT スキャン画像から3次元の点を取り出し、スプライン補間の手法を用いて、基本部品として3次元曲線を抽出する方法について述べている。Lowe [22] [23] は、直方体に近い部品で構成された対象の認識の研究を行ったが、画像から縁を直線分として取り出し、その接続性も考慮しつつ平行線分対を不変特徴として用い、おおむね直方体の基本部品を得るという方法を取っている。Hermanら [15] [28] は、ステレオ航空写真からビル型の建築物を抽出する研究で、2次元の画像中の線分を不変特徴とし、直方体を仮定した3次元の建物を基本部品として利用した。Bolleら [4] は、3次元物体の model-based vision システムの研究において、距離

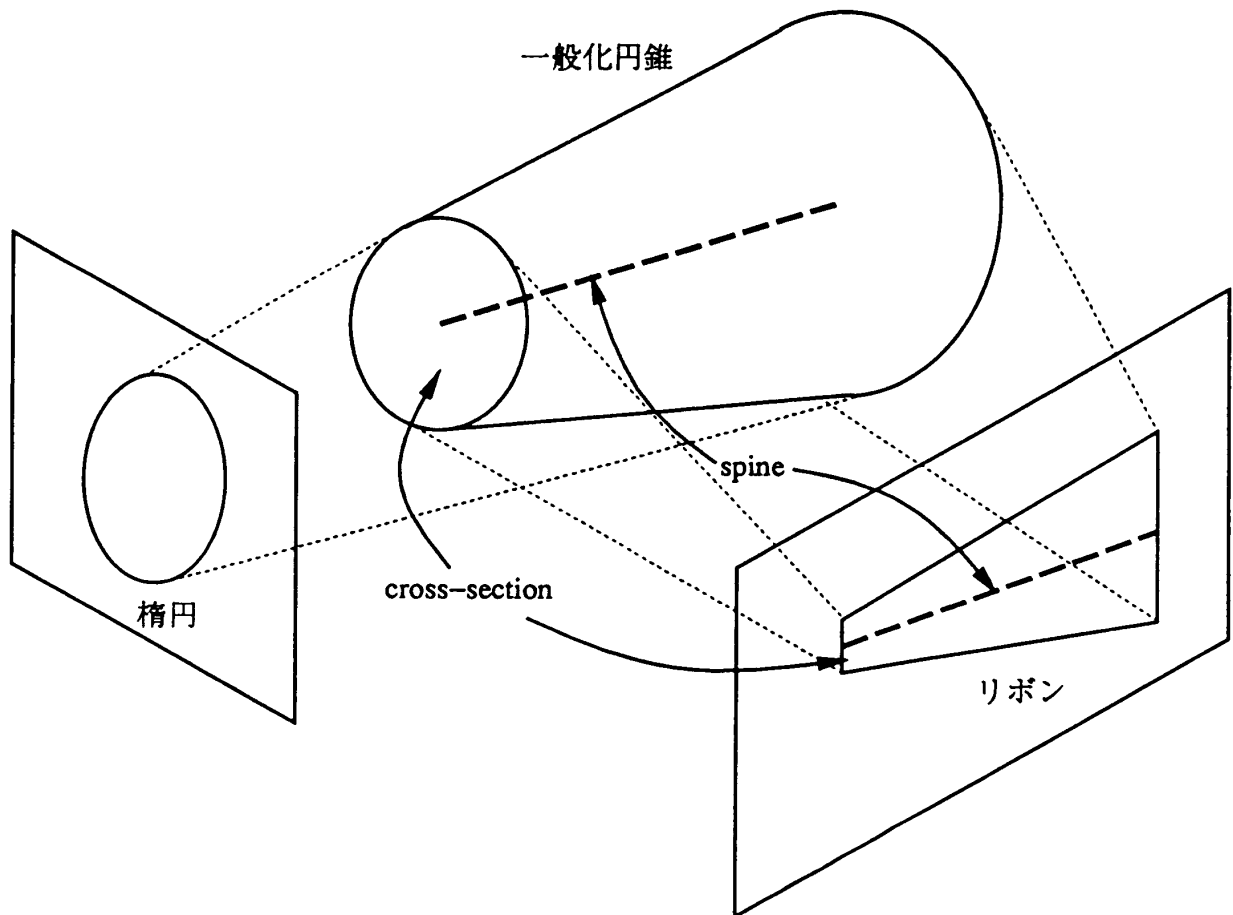


図2 一般化円錐の構成

## モデル駆動型画像理解における幾何情報の利用

画像を入力とし、2次曲面を局所的に生成することにより画像中心の3次元不変特徴として用い、平面、球、そして2次関数の回転体 (quadrics of revolution) を基本部品として利用した。柴藤ら [10] [11] は、ステレオ画像から得た3次元輪郭線を不変特徴とし、一般化円筒 (generalized cylinder, 一般化円錐と同義と考えて良い) を基本部品として用いた。

### 3.2. 部品の構成関係の表現

実際のモデルは、基本部品を組み合わせた複雑な構造を持つ対象を表現できなければならない。この構造は、基本部品相互間の組み合わせ方により表現でき、すなわち基本部品間の幾何的關係で表すことができる。前節で述べたいくつかの研究では、抽出した基本部品が単独でモデルとなっている場合もいくつかあるが、それらを別にして、本節では、基本部品間の幾何關係を表す試みについてまとめる。

Freeman によるサーベイ [12] は、空間的な關係の表現に関する 20 年前のサーベイである。ここでは、關係にはまず “LEFT OF”、“RIGHT OF”、“ABOVE” などがあり、これを画像理解などで扱う場合や心理学モデルでの場合などでどのように解釈するかをまとめている。逆にいえば、こうした關係はまず離散的、記号的なものがありきで、それにいかに意味付けするかが問題であった。ここでも紹介されているが、Winston [29] [30] は積木により構成された対象からそのモデルを学習する研究を行ったが、積木間の關係はやはり “LEFT OF” などの記号的な表現でモデル化した。これらの研究をうけて、こうした離散的な表現では、元来画像が表現している微妙な空間性は表し切れないう点の問題とされた。

ACRONYM [5][6] は、これを解決する一つの方向性を示している。ACRONYM で基本部品として利用している一般化円錐は、リボンと同様、脊柱 (直線、2次曲線、…)、交差部 (円、多角形、…)、広がり規則 (一定、線形減少、…) という3つの要素で表現される。また、これらの要素もそれぞれさらにいくつかの代数的パラメータで表現できる。そこで、各一般化円錐の形状については、これらのパラメータの値や、そのパラメータが従うべき不等式で表現している。この不等式には他のパラメータも含むことが可能であり、これにより部品間の幾何的關係を不等式で表現することにより、モデルとしての部品の組合せによる構造を表現するようになっていく。このような代数的な表現によると、記号的表現よりも微妙な幾何的關係が表現できるようになる。ACRONYM の他には、前節であげた研究のほとんどが何らかの形で代数的方法で幾何的關係を扱っている。特に明示的に基本部品間の關係として代数的幾何關係を利用しているものをあげると、Bolle らの研究 [4] で、基本部品を表現するパラメータからそれらの間の距離や角度を求め、モデルにおける幾何關係として利用している。航空写真から建物を抽出する Herman らの研究 [15][28] では、「すべての建物の底面は同一の平面 (= 地面) を構成する」という關係を代数的な制約にして利用している。

### 3.3. 考察

基本部品としては、おおむね線分、多角形などの平面、一般化円錐、2次曲面などの代数曲面、という順番で、表現力がゆたかになってくるといえる。しかしながら、同じ順番で不変特徴からの部品の推定は困難になってくる。後の処理のモデルの検証も同様に計算が複雑化してくることになる。例えば、線分の抽出については数多くの効率の良い手法が提案されているが、代数曲面の推定には通常最小自乗誤差の手法がとられ、処理量はかなり大きなものとなる。ただいずれの基本部品も、パラメータで表現可能な代数的な扱いに適したものであり、一連のアフィン変換や回転などの変換が容易である。表現力としては、曲面とその幾何的な構造で通常の対象はほとんどモデル化が可能で、特に

人工物であれば平面によるモデル化でも十分な場合が多い。

幾何的関係の表現については、初期に用いられていた記号的な表現では model-based vision のためのモデルには不十分であり、現在は代数的幾何関係の表現を用いる研究が支配的である。これは、代数的な表現の基本部品の扱いとも親和性が良い。実際にこの関係を評価する方法だが、多くの研究では、幾何的関係はシステム内で暗黙のうちに行われており、しかもその扱いは対象に依存したアドホックなものが多い。ACRONYM や後の節で紹介する一連の代数的幾何推論の研究のように、これを明示的に表現し、一定の幾何関係評価 (= 幾何推論) 能力を持つ推論エンジンを備えたシステムは少ない。

#### 4. 幾何推論の能力に関する考察

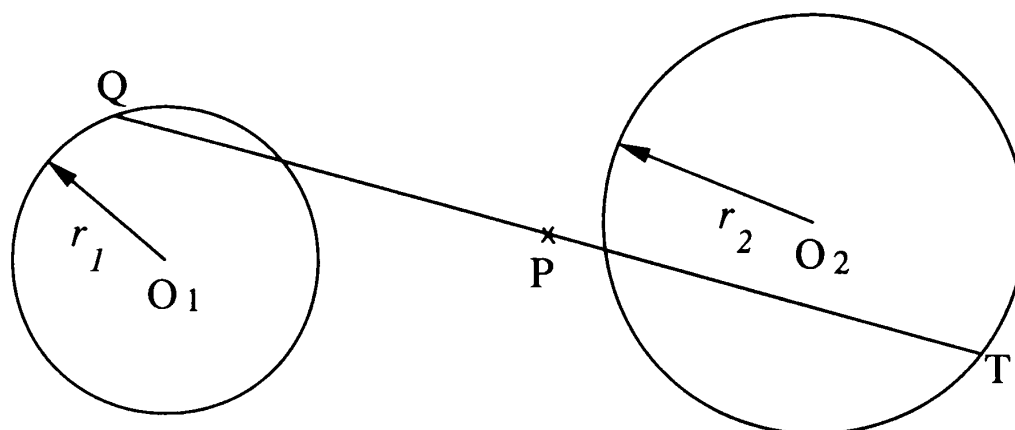
model-based vision では、前章で示したような幾何的な構成関係を含むモデルと対象画像との照合を行う必要がある。そのためには、幾何推論 (geometric reasoning) と呼ばれる手法が非常に重要な役割を負うことになる。実際の画像理解処理では、モデルの表現力と並び、モデルと画像との照合の強さ、いふならば幾何推論の能力が、そのシステムとしての能力を決定する大きな要因であるといえる。本章では、幾何推論に関する研究について概観し、ついで model-based vision における幾何推論の位置付けについて考察する。また、model-based vision におけるモデル照合を支援するために考案され、最近盛んに研究されている geometric hashing と呼ばれる手法について概観する。

##### 4.1. 幾何推論の手法

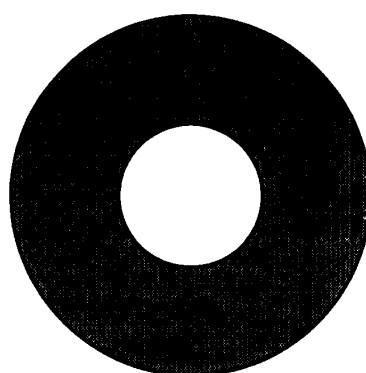
コンピュータによる幾何推論は、当初定理の自動証明システムに利用された。Nevins [25] は、人間が行う幾何学の定理の証明の手順をモデルとし、問題の図を記号と幾何的関係とで表現し、人間が用いる一連のヒューリスティックスを利用して定理証明を行うシステムを提案した。このように初期の幾何推論は主に記号的な表現と人間をモデルとしたヒューリスティックスの機械的な実現とで行われたが、解の組合せ空間の爆発により簡単な問題しか扱えず、複雑な問題には適用し難いことが明らかになった。Wu [31][32][33] は、代数幾何学 (algebraic geometry) の手法により定理証明を行う方法を示した。この研究では、提案した手法でいくつかの難しい平面幾何学の問題でも解決できることが明らかにされている。Kapur ら [19] は、Wu の方法を用いた簡単な幾何問題の解決法を示し、画像理解への適用の指針を示した。伊庭ら [16][17] は、Wu の方法を利用した幾何推論のための枠組を提案し、これで軌跡問題の解析を行う例を示している (図3)。Wu の方法に続き、代数的幾何推論 (algebraic geometric reasoning) の手法としてグレブナ基底 (Gröbner basis) を利用する方法なども提案され [18]、代数的幾何推論の強さが明らかになってきた。

これは、画像理解における、モデル表現の記号的記述から代数的表現への変遷とも呼応する。代数的なモデル表現が採用されると、当然モデル照合などでは代数的な形による幾何推論が行われることと等価になる。しかしながら、これまでの多くの画像理解手法では、これら代数的幾何推論的処理はシステム内で暗黙裡に行われていた。ここまでにあげた研究の例でいうと、Sullivan ら [26] の研究では、画像から得た物体表面上の点から代数曲面で表現された表面を求める問題を、点と曲面との距離を最小化するように曲面のパラメータを求めるという代数問題として扱っている。Lowe [22][23] は、平行線対と直方体との対応関係を、投影変換による両者の代数的な関係としてシステムに組み込んでいる。Herman ら [15][28] は、抽出すべき建造物の特徴から、「すべての面や縁は地面に垂直もしくは平行である」、「垂直の縁の下端は地面上にある」などの制約を、代数的な形で

モデル駆動型画像理解における幾何情報の利用



答：



「互いに外にある二つの円  $O_1, O_2$  (半径をそれぞれ  $r_1, r_2$  とする) の円周上の任意の点をそれぞれ  $Q, T$  とするとき、線分  $QT$  の中点  $P$  の軌跡を求めよ [17].」

図 3 Wu の方法による軌跡問題の解法

処理に組み込んで利用している。これらのアプローチでは、問題領域を限定することにより、解くべき代数問題をあらかじめ想定し得る定型的な方程式や不等式の解法問題とし、その手順をシステムに組み込んでいる。

一方、先にあげた代数的幾何推論の手法との組み合わせにより、より一般的な画像理解の枠組を目指すアプローチがある。ACRONYM [5][6] は、対象には依存しない model-based vision システムであり、モデル照合の際の幾何推論は代数不等式の解法で実現され、代数不等式の解決手法としては、線形不等式の解決方法である SUP-INF 法の非線形不等式への対応版を利用している。この手法は、常に適切な解を示せるとは限らないという問題があったが、ACRONYM の推論システムとしては十分な能力があり、成功をおさめた。しかし、Wu の方法やグレブナ基底を利用する方法などのより一般的で強力な代数的幾何推論の手法が示されると、これを利用した画像理解システムが提案された。先に述べた通り、Kapur ら [19] は Wu の方法の画像理解への適用について考察した。Barry ら [2] は、グレブナ基底を用い、線画で表現された立体的な対象物を認識するシステムを提案した。今現在は、これらの代数的幾何推論の手法を用いてより実用的な画像理解システムを構築した例は、まだ報告されていないようである。

## 4.2. Geometric Hashing

model-based vision は、複雑な構造を持った対象もモデルとして記述することにより画像から抽出することが可能な強力な画像理解手法の枠組である。これまでの研究では、モデルの記述力と画像との照合能力に重きがおかれていたが、自走式のロボットなどへの応用のようにより実用的な画像理解の実現のためには、相応の種類モデルを扱い得る能力が求められる。従来の研究ではせいぜい数種類程度のモデルのみが対象であり、これを例えば数十ないしは百程度のモデルを扱うようにそのまま拡張した場合、その処理能力が如実に低下することは自明である。この点を補完するために提案されたのが geometric hashing の手法である。

geometric hashing (geometric indexing とも。あえて訳せば、幾何索引か) は、Lamdan によって提案された、model-based vision のためのモデル選択の効率化のための手法である [21]。この手法では、システムに与えられる各モデルからは回転などの変換に対して不変の不変特徴が取り出され、これをキーとしてそれぞれのモデルはハッシュ表に登録される。一般的には不変特徴はモデルの特徴的な点であり、キーは一定個数の点データが用いられる。この表を用いた認識段階では、対象の画像から同様の手法により不変特徴を取り出し、これをもとにハッシュ表から候補モデルを選択し、選択されたモデルの照合により画像理解を実現する。

その関連研究として、主にキーとして用いる不変特徴の検討が行われている。Tsai [27] は、不変特徴として、点に比べてより安定に取り出しうる線分を利用している。Edwardsら [9] は、不変特徴としては画像上の物体の輪郭線の曲率の大きい点を利用した。Akermannら [1] は、不変特徴として点、線分、そして他の特徴も利用しうるように一般化する試みを示した。Guézicら [13] は、3次元曲線を抽出する方法を提案したことを紹介したが、これをハッシングのための不変特徴として用いている。Califanoら [7] は、不変特徴の選び方がシステムのパフォーマンスに与える影響について考察している。geometric hashing はそもそも並列性を内在しているが、Khokharら [20] は並列マシンを利用した geometric hashing の実装法を紹介した。

現時点では、geometric hashing を用いたより実用的な画像理解システムは提案されていない。

## 5. おわりに

画像理解の一手法である model-based vision について、その幾何情報の扱いを中心にまとめた。model-based vision の能力は、主としてモデルの表現力とモデルの照合能力という2つの要因により決定される。このモデルの表現力としては、幾何情報の表現およびその抽出法が重要であり、またモデルの照合には幾何推論が極めて重要な役割を果たす。モデルの表現は、近年より一般的で表現力の高いものが用いられるようになってきており、モデルの照合のための幾何推論としては、代数的幾何推論という大変強力な枠組が提案されている。これらはまだ個別に研究されている状況であるが、より実用的な画像理解の実現のためには、その有機的な統合が望まれる。また model-based vision のための技術として近年 geometric hashing と呼ばれる手法が期待されているが、こうした技術も取り込んだ新しい model-based vision システムが囑望されている。

## 参考文献

- [1] Akermann, A.; Patton, R., "Model based vision using geometric hashing", *SPIE*, Vol.1406, pp.30-39, 1990.
- [2] Barry, M.; Cyrluk, D.; Kapur, D.; Mundy, J.; Nguyen, V., "Refutational Approach to Geometry Theorem Proving", *Geometric Reasoning*, Kapur, D.; Mundy, J. L., editors, MIT Press, 1989, pp.61-93.

モデル駆動型画像理解における幾何情報の利用

- [3] Binford, T. O., "Visual Perception by Computer", *Proc. of IEEE Conference on Systems and Control*, 1971.
- [4] Bolle, R. M.; Califano, A.; Kjeldsen, R., "A Complete and Extendable Approach to Visual Recognition", *IEEE Trans. on PAMI*, Vol.14, No.5, pp.534-548, 1992.
- [5] Brooks, R. A., "Symbolic Reasoning Among 3-D Models and 2-D Images", *Artificial Intelligence*, Vol.17, pp.285-348, 1981.
- [6] Brooks, R. A., "Model-Based Three-Dimensional Interpretations of Two-Dimensional Images", *IEEE Trans. on PAMI*, Vol.5, No.2, pp.140-150, 1983.
- [7] Califano, A.; Mohan, R., "Systematic Design of Indexing Strategies for Object Recognition", *Proc. of Computer Vision and Pattern Recognition*, 1993, pp.709-710.
- [8] Chen, Z.; Ho, S.-Y., "Incremental Model Building of Polyhedral Objects Using Structured Light", *Pattern Recognition*, Vol.26, No.1, pp.33-46, 1993.
- [9] Edwards, J.; Shoureshi, R., "Recognition of Multiple Objects Using Geometric Hashing Techniques", *Proc. of the 32nd Conference on Decision and Control*, 1993, pp.1617-1622.
- [10] 栄藤稔, 伴野明, 岸野文郎, 「ステレオ輪郭像を入力とした物体の一般化円筒複合体による記述」, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J73-D-II, No.9, 1990.
- [11] 栄藤稔, 岸野文郎, 「仮説に基づくシーン記述」, 電子情報通信学会技術研究報告, AI90-55, PRU9-49, 1990.
- [12] Freeman, J., "The Modelling of Spatial Relations", *Computer Graphics and Image Processing*, Vol.4, pp.156-171, 1975.
- [13] Guéziec, A.; Ayache, N., "New Developments on Geometric Hashing for Curve Matching", *Proc. of Computer Vision and Pattern Recognition*, 1993, pp.703-704.
- [14] Hébert, P.; Laurendeau, D.; Poussart, D., "Scene Reconstruction and Description: Geometric Primitive Extraction from Multiple View Scattered Data", *Proc. of Computer Vision and Pattern Recognition*, 1993, pp.286-292.
- [15] Herman, M.; Kanade, T., "Incremental Reconstruction of 3D Scenes from Multiple, Complex Images", *Artificial Intelligence*, Vol.30, pp.289-341, 1986.
- [16] 伊庭斉志, 井上博允, 「代数学的手法に基づく幾何学的概念の推論 - 第1報: Wuの手法を用いた幾何学的推論 -」, 人工知能学会誌, Vol.5, No.3, pp.300-310, 1990.
- [17] 伊庭斉志, 井上博允, 「代数学的手法に基づく幾何学的概念の推論 - 第2報: 軌跡問題の解法 -」, 人工知能学会誌, Vol.5, No.3, pp.311-323, 1990.
- [18] Kapur, D., "Refutational Approach to Geometry Theorem Proving", *Geometric Reasoning*, Kapur, D.; Mundy, J. L., editors, MIT Press, 1989, pp.61-93.
- [19] Kapur, D.; Mundy, J. L., "Wu's Method and Its Application to Perspective Viewing", *Geometric Reasoning*, Kapur, D.; Mundy, J. L., editors, MIT Press, 1989, pp.15-36.
- [20] Khokhar, A. A.; Prasanna, V. K.; Kim, H. J., "Scalable Geometric Hashing on MasPar Machines", *Proc. of Computer Vision and Pattern Recognition*, 1993, pp.594-595.



- [21] Lamdan, Y.; Wolfson, H. J., "Geometric Hashing: A General and Efficient Model-Based Recognition Scheme", *Proc. of 2nd International Conference on Computer Vision*, 1988, pp.238-249.
- [22] Lowe, D. G., "Visual Recognition from Spatial Correspondence and Perceptual Organization", *Proc. of 9th IJCAI*, 1985, pp.953-959.
- [23] Lowe, D. G., "Three-Dimensional Object Recognition from Single Two-Dimensional Images", *Artificial Intelligence*, Vol.31, pp.355-395,1987.
- [24] Marr, D., "Vision", W. H. Freeman and co., 1982, 乾, 安藤訳, 「ビジョン - 視覚の計算理論と脳内表現 -」, 産業図書, 1987.
- [25] Nevins, A. J., "Plane Geometry Theorem Proving Using Forward Chaining", *Artificial Intelligence*, Vol.6, pp.1-23, 1975.
- [26] Sullivan, S.; Sandford, L.; Ponce, J., "On Using Geometric Distance Fits to Estimate 3D Object Shape, Pose, and Deformation from Range, CT, and Video Images", *Proc. of Computer Vision and Pattern Recognition*, 1993, pp.110-115.
- [27] Tsai, F. C. D., "Geometric Hashing with Line Features", *Pattern Recognition*, Vol.27, No.3, pp.377-389, 1994.
- [28] Walker, E. L.; Herman, M., "Geometric Reasoning for Constructing 3D Scene Descriptions from Images", *Geometric Reasoning*, Kapur, D.; Mundy, J. L., editors, MIT Press, 1989, pp.275-290.
- [29] Winston, P. H., "Learning Structural Descriptions from Examples", *The Psychology of Computer Vision*, Winston, P. H., editor, McGraw-Hill, 1975, 白井良明, 杉原厚吉訳, 「コンピュータビジョンの心理」, 産業図書, 1979.
- [30] Winston, P. H.; Binford, T. O.; Katz, B.; Lowry, M., "Learning Physical Descriptions from Functional Definitions, Examples, and Precedents", *Proc. of AAAI-83*, 1983, pp.433-439.
- [31] Wu, W., "On the Desion Problem and the Mechanization of Theorem Proving in Elementary Geometry", *Sci. Sinica*, Vol.21, pp.150-172, 1978, (also in: Bledsoe, W. W.; Loveland, D. W. (Eds.), *Theorem Proving: After 25 Years, Contemporary Mathematics*, 29, pp.213-234, 1984).
- [32] Wu, W., "Basic Principles of Mechanical Theorem Proving in Geometries", *J. Syst. Sci. Math. Sci.*, Vol.4, No.3, pp.207-235, 1984, (also *J. Autom. Reasoning*, 2, pp.221-252, 1986).
- [33] Wu, W., "Some Recent Advances in Mechanical Theorem Proving of Geometries", *Theorem Proving: After 25 Years*, Bledsoe, W. W.; Loveland, D. W., editors, 1984, pp.235-241, *Contemporary Mathematics*, 29.

研究論文

## An Interactive Drawing Editor System Focused on Geometric and Conceptual Relations

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

東京大学大学院工学系研究科 金原 史和

Fumikazu KANEHARA

Graduate School of Engineering, University of Tokyo

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 濱田 喬

Takashi HAMADA

National Center for Science Information Systems

### 要旨

人間と計算機とのコミュニケーションを円滑にするためのグラフィカルなユーザインタフェースに関する研究は様々な分野で行なわれているが、今後は、人間から計算機に対する視覚的なコミュニケーションに対する支援がさらに望まれる。そこで本研究では、作図支援を例に取り上げ、この点を意識した作図支援プロトタイプシステム DOGS を試作した。DOGS では、主に概念的な図を対象として、図形間の関係に着目した作図機能を提供する。

DOGS では作図者からの、図形間の位置関係などの幾何レベルの関係、ならびに、それらを基にした概念レベルの関係の、多様でかつ明示的な指示を可能にしており、作図者の意図を明確にシステムに伝えることを実現している。この概念レベルの関係は作図者によって定義されるものであり、作図者の指示の多様性を目指すとともに、概念を図式化するという作図プロセスを考慮したものである。DOGS では、作図者の意図を反映するための機能として、指示された関係の保存機能を提供しており、これにより視覚的で柔軟な操作が実現されている。また、DOGS では、これらの機能を基にした、概念的な図の作成に有効と考えられるボトムアップ的な作図スタイルを提供している。

本論文では、この構築したプロトタイプシステム DOGS における支援方法とその機能について論じる。

### ABSTRACT

In human interface systems of next generation, a mechanism which can manipulate users' diverse and detail requirements is desired for flexible human-machine or human-human communications. For this purpose, we consider that it is important to be provided a mechanism, which allows a user to instruct one's intention explicitly, flexibly and graphically.

## An Interactive Drawing Editor System Focused on Geometric and Conceptual Relations

To demonstrate the importance of this view on human interface, this paper presents a drawing editor prototype system of conceptual figures, DOGS, focused on relations among objects in a figure. In the system, a user can precisely provide his intention about the relations to the system by explicitly giving graphical indications. Given relations are preserved as constraints to offer flexible modifications of drawings. DOGS can deal with two kinds of relations, *primitive* and *macro* ones. The primitive relation represents a geometric relation among objects, and the macro relation is for a conceptual relation. In our embodiment, seven kinds of primitive relations are available. The macro relation is defined by the user as a combination of several primitive relations. The macro relations express highly structured relations, i.e., relations much closer to the user's concepts.

DOGS realizes a proper drawing process for conceptual figures and a flexible visual user interface for the communication from user to computer.

[キーワード] グラフィカルユーザインターフェース、作図システム、幾何関係、意味関係、対話型システム

[Keywords] Graphical user interface, drawing editor system, geometric relation, conceptual relation, interactive user interface

### 1 Introduction

Today, visual communication is indispensable for the interface between the human and computer, and recent rapid progress in the computer technology has brought flexible and visual human-computer communications. Numerous graphical applications and user interfaces have been utilized and developed in the wide variety of fields; many of them present stored informations and operations in the graphical forms to the user for the sake of the understandability.

Almost all attention is paid on the communications from computer to user on previous human interface systems including computer graphics, virtual reality, drawing editors and image database retrieving systems. Besides that, we note the importance of visual information provided from user to computer. To realize such a user interface based on this viewpoint, it is desired to construct a mechanism which permits user to instruct one's intention explicitly, flexibly and graphically.

To show an effectiveness of this viewpoint clearly, we focus on a drawing editor system as a sample application. Several studies have been made on this viewpoint. Key3[1], Metamouse[2], and Chimera[3] are drawing editor systems which mainly focus on the automatic inference of the user's intention from operations. Although these automatic inference mechanism reduce the user's labor, the misunderstanding of the intention is inevitable by the present technique. COOL [4] and TRIP3 [5] provide a framework which makes drawing works easier by permitting

the user's explicit instruction, but the form of this instruction is mainly by text, not graphical form.

On the other hand, our drawing editor system realizes the explicit, flexible and graphical indication of the user's intention about relations among objects.

At the beginning, the authors looked over drawings in papers on several scientific fields and found that such figures as flow chart, state diagram and system architecture diagram have a tendency to be drawn so often. We refer to these figures as *conceptual figures*. Figure 1 shows some of them.

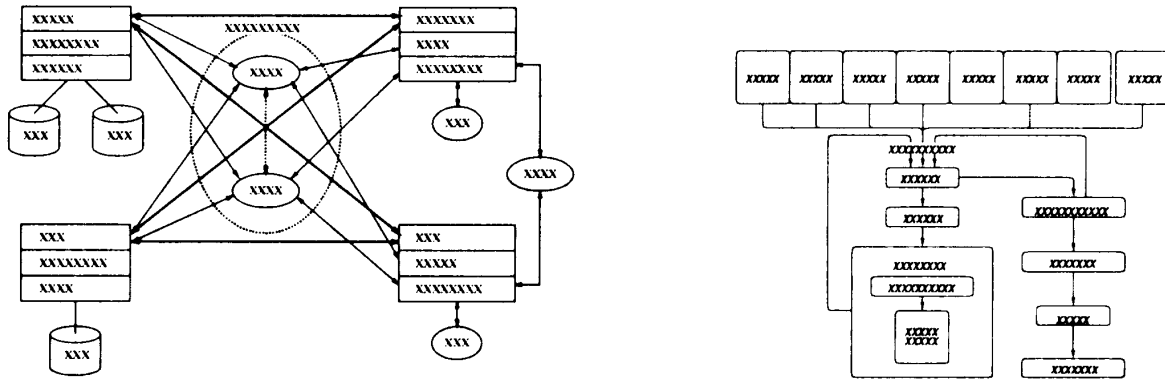


Figure 1 Samples of conceptual figure

Based on these inspections, conceptual figures have several common original characteristics; (1)their layout is restricted by logical relations among objects, not by the physical shape of actual objects, (2)each element of a conceptual figure have some semantics, (3)unlike sketch, the way to represent one concept by a conceptual figure is not only one way, i.e., ambiguous.

In the case of drawing conceptual figures, it is desirable to flexibly convey the user's intention to the system since these characteristics of conceptual figures make it difficult for user to imagine the layout of the resultant figure and the user tries to express some logical concepts graphically. However, little attention has been given to this point in the previous systems.

Motivated by this, we have dealt with conceptual figures mainly and developed a drawing prototype system named DOGS (Drawing Object system with Geometric and Semantic relations). In this system, the drawing procedure consists of the user's explicit and detailed instructions about relations among objects, and two kinds of relations, geometric and conceptual relation, are available. We refer to the former relation as *primitive relation* and the latter as *macro relation*. While the set of primitive relations is offered by the system, the macro relation is defined by the user as a combination of primitive relations.

The user's intention can be directed and expressed to the computer by using the primitive and macro relation. Especially, such a conceptual relation as the macro relation have not sufficiently been handled in previous studies. In addition, instructed relations are preserved in order to reflect the user's intention. These functions make it easy to draw in bottom-up style, described in Section 2.

## An Interactive Drawing Editor System Focused on Geometric and Conceptual Relations

The remainder of this paper is organized as follows. Section 2 presents our drawing style in detail. Section 3 describes the functions of DOGS. Section 4 gives an example of drawing and we conclude in Section 5.

### 2 The Style of Drawing

In this section, we present an outline of drawing style for conceptual figures.

In the case of sketching, our imagination of the resultant drawing outline is almost clear since we can look at the target with our eyes. On the other hand, in the case of drawing a conceptual figure, this imagination is not easy because a conceptual figure is not restricted directly by the physical shape of the target. Therefore, it is easier to draw some parts in the beginning, which we can easily draw, and generally determine the overall structure during drawing each part than to make up outlined structure before starting drawing. We term this drawing style as *bottom-up style*. If we don't decide the outlined structure before drawing with previous systems, we will get into trouble with tremendous modifications at drawings.

Figure 2 shows an example of the bottom-up style drawing. Suppose that we want to draw graph diagram in which the number of crossed arcs are minimized. Since, generally, it is not easy to decide the layout as shown in Figure 2(4) in advance, so many trials and errors, e.g., moving rectangles, deleting and re-drawing arcs, cannot be avoided with previous drawing system.

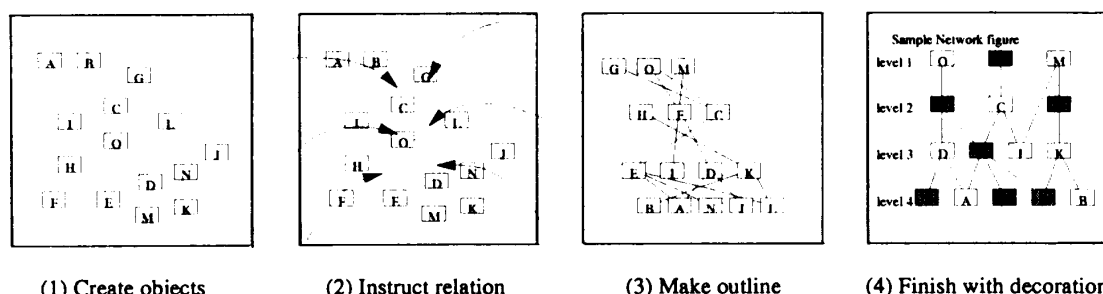


Figure 2 The bottom-up style drawing

Our bottom-up style drawing enables the user to draw such a figure as Figure 2 much easier. Drawing is proceeded by the instruction of relations among objects and the preservation of them. In this example, Figure 2, at first, the user draws nodes (Figure 2(1)), then, aligns and connects them each other with explicit instructions (Figure 2(2)(3)). Finally, the outline of the figure is decided by moving nodes, and the desired figure is completed with some decorations. Note that given relations are preserved from Figure 2(3) to Figure 2(4). This explicit instruction and preservation mechanism reduces the user's indications of deciding layout before starting to draw and unnecessary trials and errors. We may regard this instruction as a communication from the user to the computer.

### 3 Drawing system DOGS

#### 3.1 Overview

We have developed a drawing prototype system named DOGS based on the viewpoint described in this paper.

In DOGS, a *object* means an element of a figure, and it can be selected with one mouse click. The reference points for processing about relations are coordinates of the circumscribed rectangle of the object.

There are two kinds of relations which DOGS can manages. The instruction of those relations is done specifically by the indication of target objects and target relations. Unless the user explicitly removes inputed relations, objects are arranged automatically during drawing procedure so that constraints of the given relations are satisfied.

We have implemented DOGS with about 7,000 lines of SICStus Prolog language.

#### 3.2 The Primitive Relation

According to our investigation about conceptual figures, it can be said that there is a tendency in them to contain many objects connected each other by arcs, aligned orthogonally and arranged at even intervals, and these relations are desired to be preserved.

DOGS provides the function about these geometric relations named primitive. In the present, DOGS can deal with seven primitive relations, *Alignment*, *Interval*, *Circularity*, *Distance*, *Class*, *Inclusion* and *Connection* (Figure 3).

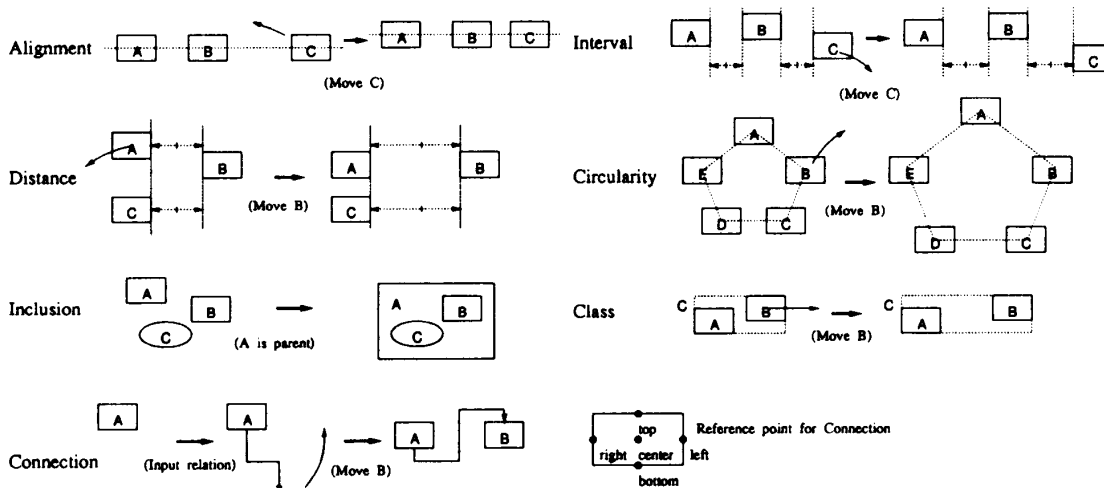


Figure 3 The primitive relations

**Alignment** makes objects stand in a row or column. Seven patterns of alignment (bottom, top, horizontal, left, right, vertical, center) are available to be handled. The order of objects' position is not fixed, but arbitrary. **Interval** arranges objects at even intervals. Intervals here means the shortest distance in a given direction, which is horizontal or vertical, between two bounding boxes of the corresponding objects. As Alignment relation, the order of objects is free. **Circularity** is for ring-shaped arrangement of objects. It is possible to replace two objects'

## An Interactive Drawing Editor System Focused on Geometric and Conceptual Relations

position and alter the distance of the ring radius. **Distance** is similar to Interval relation. The difference is that the order of objects' position is followed the order where the user selects. **Class** is apparently same as grouping function we can see in the previous systems, but this relation permits objects to be handled individually after grouping them. Once this relation is inputted, the system draws a rectangle object (a parent object) in a broken line pattern which circumscribe selected objects (children objects). **Inclusion** represents the geometric relation that one object (a parent object) surrounds several objects (children objects). If the user chooses a parent objects, children objects, and this relation, the system re-draws the parent object so that it surrounds the children objects. **Connection** connects two selected objects through a directed or undirected arc. In the case of instructing this relation, the user need to draw no arc manually, since the system draw it automatically according to the user's establishment. In the present implementation, there are two types, a straight and orthogonal arc, and five patterns of the connection point as shown in Figure 3.

### 3.3 The Macro Relation

#### 3.3.1 The conceptual relation

In many cases of drawing a figure, especially a conceptual figure, the user does not express objects themselves, but expresses some concepts by translating them into geometric objects, e.g., line segments and rectangles. For example, even one arc has diverse meanings depending upon a figure which contains it. It may represent a flow of data or a transference of state. Thus, a geometric relation among objects connotes some concepts and a conceptual relation is represented by some geometric features.

From this consideration, we have implemented the macro relation function for the direct indication of the user's intention. The user can define a macro relation by combining primitive relations and give it an appropriate name for reuse.

#### 3.3.2 Definition of the macro relation

The macro relation is defined by the user in Prolog language form. To put it concretely, the user defines the term `define()` corresponding to each macro relation. Following shows some of definitions.

```
(1)define("Parent-Child", 6-1, 'Parent-Child', "One Parent & Children",
    [[x-interval, [2]], [h-align, [2]], [include, [2, 1]]]).
(2)define("Parent-Child", 6-2, 'Parent-Child', "One Parent & Children",
    [[x-interval, [2]], [b-align, [2]],
    [connect, [1, 2], [0, 1, non, straight, bottom-top]]]).
(3)define("Parent-Child", 6-3, 'Parent-Child', "One Parent & Children",
    [[y-interval, [2]], [l-align, [2]],
    [connect, [1, 2], [0, 1, non, orthogonal, right-left]]]).
```

Each arguments of the term `define()` are composed as follows: the 1st argument: the name displayed in the macro menu, the 2nd argument: ID of each macro relation, the 3rd argument: the name displayed in the canvas (this name is available for confirming and removing existing

relations already), the 4th argument: the comment displayed when the corresponding macro relation is selected from the menu (it should describe how to indicate the corresponding macro relation), the 5th argument: the content of the macro relation (for example, [h-align, [2]] means aligning horizontally *the second group*, which is explained in the next subsection). When the macro relation is indicated, the system searches, parses and analyzes the corresponding term define().

Note that one conceptual relation don't always correspond to only one geometric feature in the actual situation. To put it another way, one conceptual relation can be expressed in the form of different geometric features, and which geometric feature is appropriate depends upon the situation and the user's preference. Moreover, it is likely that the correspondence of one conceptual relation to one geometric relation causes the unnecessary increase of macro relations' names. For this reason, the macro relation have been implemented to be able to have several contents. In the example given above, three patterns are defined as one macro relation named Parent-Child.

### 3.3.3 The example of instructing macro relation

Figure 4 represents how the macro relation of the example in Section 3.3.2 is drawn.

For the demand that the user desires to handle several objects as one group and to indicate some relations among those groups, objects can be selected being divided with & button. Here, objects A, B, C and D are selected in this way, "Select A, Push the button &, Select B, C and D" and the macro relation Parent-Child is instructed. *First group* corresponds to the object A and *second group* corresponds to the objects B, C and D.

At first, the content of ID 6-1 is referred, and objects are re-drawn. If this result is not proper for the user, the referred content is possible to transit to the next ID 6-2 by pushing down the button Next.

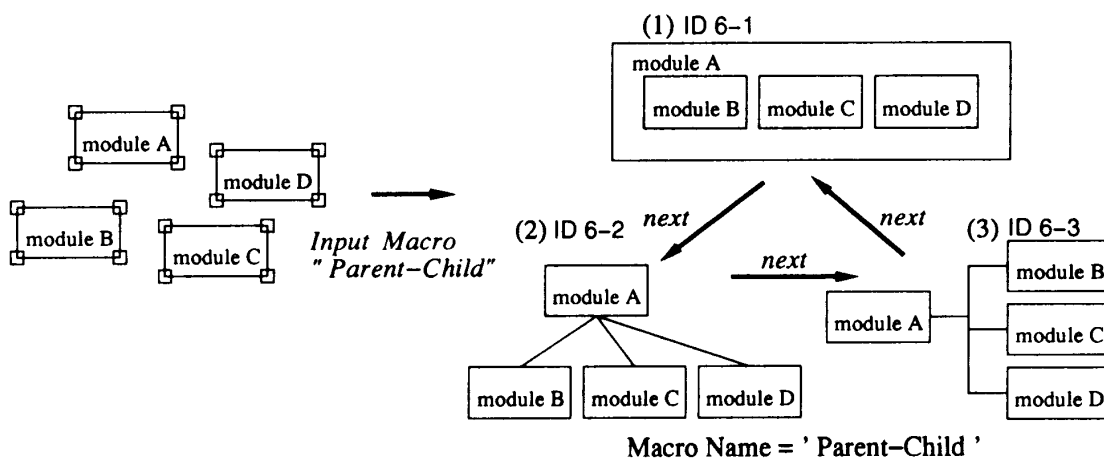


Figure 4 The way to use the macro relation



## An Interactive Drawing Editor System Focused on Geometric and Conceptual Relations

### 3.4 The Preservation of Relations

Once accepted relations are preserved in DOGS unless the user remove them explicitly. This function bring flexible drawing. We have realized the preservation function with the strategy of the constraint propagation [6].

We introduce the overview of the preservation operation below.

First, when a new primitive relation is instructed, the system check if it has been already inputed or it is contradictory to the existing relations. To find the contradiction is extremely difficult, so we check two items at this step. Several couples of the primitive relations may evidently cause inconsistency when being inputed to the same objects. The first check item is to find those pairs. For example, the horizontal interval relation and the vertical alignment relation are not consistent except the peculiar case. The second check item concerns the layered relations. The primitive relations except Connection are not permitted to be inputed to the objects in the different layer. Objects in the same layer, here, must have the same parent objects, which are created by Inclusion or Class.

Next, the system searches existing primitive relations whose member objects have been moved by the new inputed relation, and processes to fulfill the geometric constraints. This process is repeated until no primitive relation to be fulfilled exists, and if all constraints about the position are satisfied, the system finally replace those objects and re-draw arcs.

If a contradiction which cannot be found at the first checking exists, the constraint propagation is failed and the instruction of the new relation is refused.

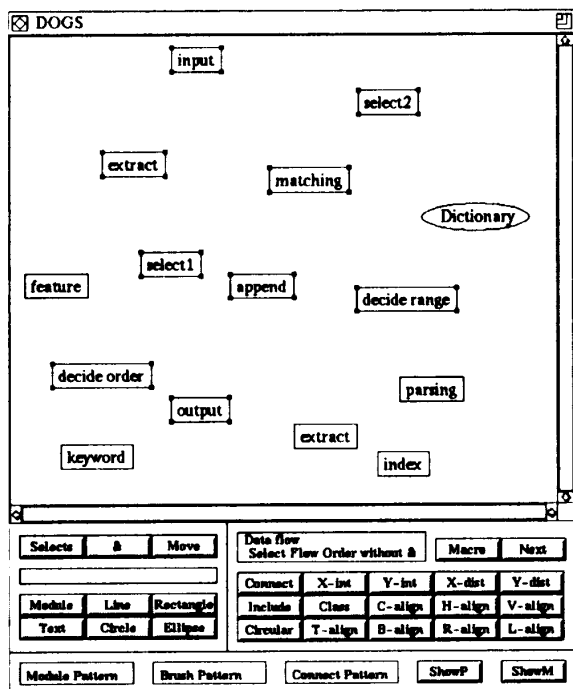
The serious problem here is a cyclic graph status of relations. This situation may cause that one object is tried to be moved again in one constraint propagation process after its position is decided to fulfill another constraint.

Although we attempt to manage this problem in some heuristic way, we haven't supported completely. Therefore, DOGS refuses all the instruction of the relation it cannot manage. However, we have confirmed from our experiment that the current implementation withstands drawing conceptual figures.

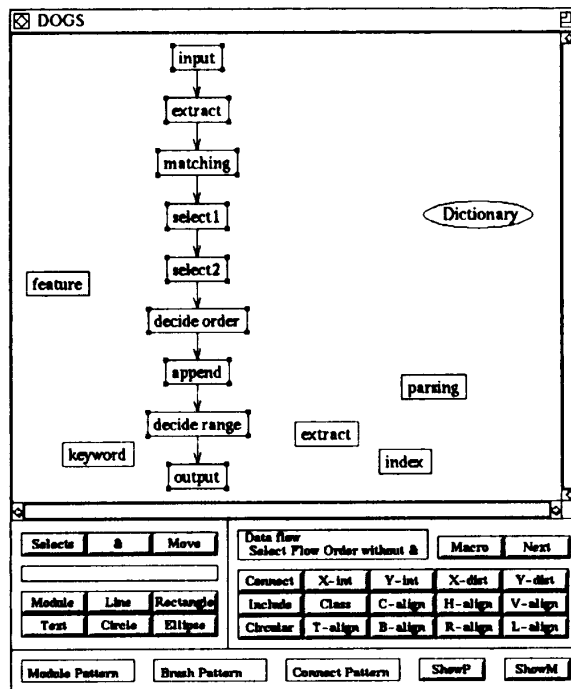
### 4 Example Drawing

In this section, we show a example of drawing with DOGS. We can see how the drawing with DOGS processes in Figure 5 (a)(b)(c)(d). At the stage of Figure 5(a), the objects have been created and the macro relation. Data flow is just being instructed. Its result is shown in Figure 5(b). This suggests us that the macro relation not only support the user's thought, but also reduce the user's labour. Figure 5(c) is nearly finished one.

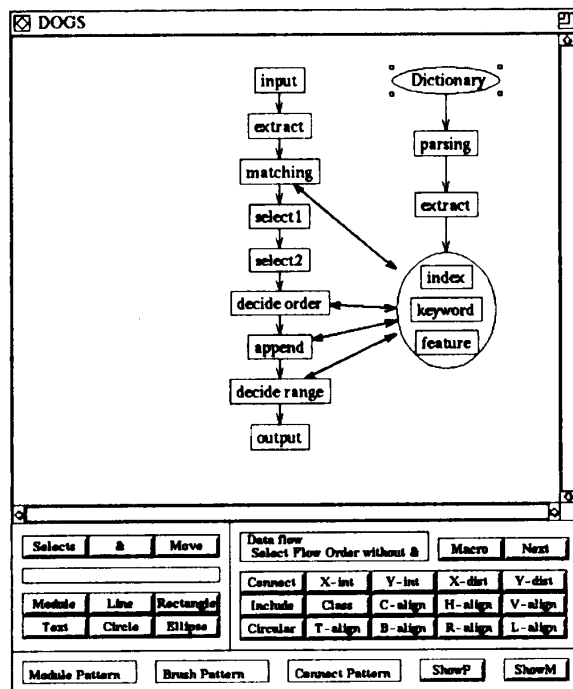
The content of the primitive and macro relations contained in this figure and the definitions of that macro relations are listed below. The form is "relation-name (object-name, object-name, ...)".



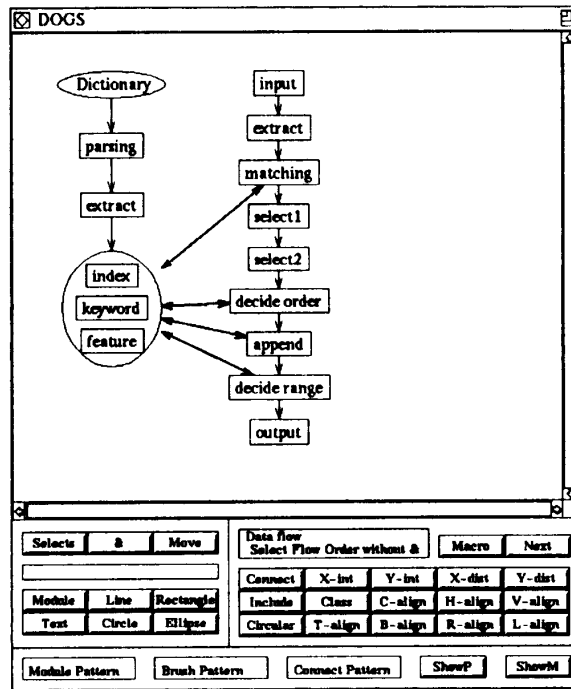
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 5 The example of figure drawn by DOGS

## An Interactive Drawing Editor System Focused on Geometric and Conceptual Relations

```
(a)Data flow ("Dictionary", "parsing", "extract", ELLIPSE)
(b)Data flow("input", "extract", "matching", "select1", "select2", "decide order",
    "append", "decide range", "output")
(c)Equal ("index", "keyword", "feature")
(d)Multi-reference ("matching", "decide order", "append", "decide range", &, ELLIPSE)
(e)Include ("index", "keyword", "feature", ELLIPSE)
(f)Top Align ("Dictionary", "input")
define("Data flow", 2-1, 'data flow', "Select Flow Order without & ",
    [[y-interval, [1]], [v-align, [1]], [connect, [1, acyclic],
    [0, 1, start-end, orthogonal, bottom-top]]]).
define("Equal level", 1-2, 'equal level', "No necessary using &",
    [[y-interval, [all]], [v-align, [all]]]).
define("Multi-reference", 9-1, 'multi-reference', "One Host & Clients",
    [[connect, [1, 2], [0, 2, both, straight, center-center]]]).
```

ELLIPSE indicates the object containing index, keyword and feature objects. In the above relations, (a)-(d) are macro relations, and (e) and (f) are primitive relations.

If such a demand as changing the position of Dictionary object to the left in the canvas comes out in Figure 5(c), all we have to do is almost only movement this object to the destination. By this one operation, we can obtain the result as shown Figure 5(d).

Compared with another previous drawing systems, it is clear that DOGS is more efficient. For example, the least costs of the operations are one grouping, one moving object and four re-drawing arcs with Mac Draw II.

Thus, the function of DOGS provides efficient drawing style which differs from the past systems, and DOGS realizes an flexible visual communication from user to computer.

### 5 Concluding Remarks and Future Works

We have presented a flexible drawing system DOGS as one model of the interactive user interface between humans and computers. In the DOGS, the user can provide one's intention to the system by the instruction of relations among objects, and those intentions are reflected through preserving them. Using this system, we revealed an importance of giving visual information from user to computer, especially in human interface environment.

The system has to be improved and extended for practical use, i.e., to be improved its performance, to be added much more functionalities as ordinal drawing tools, and to be extended saving sufficient constraint solver.

However, we don't consider DOGS as only a drawing editor system. We also regard it as a flexible user interface. That is to say, for example, that we may apply the concept of DOGS to a GUI builder, and such a user interface as DOGS also may be applicable to an image retrieval interface since we can obtain a figure which contains some keywords as a product of instructed macro relations.

注・参考文献

- [1] Matuura, Toshio; Naota, Hajime; Nakamura, Makoto, "A Drawing Editor Key3 with Capabilities of Defining Figure Parts and Preserving Connection/Inclusion Relationships", *The Transactions of Institute of Electronics, Information and Communication Engineers*, 73-D-I(11), pp.864-872, November 1990.
- [2] Maulsby, D. L.; Witten, I. H.; Kittlitz, K. A.; Franceschin, V. G., "Inferring Graphical Procedures: The Complete Metamouse", *Human Computer Interaction*, 7(1), pp.47-89, 1992.
- [3] Kurlander, D.; Feiner, S., "A History-Based Macro By Example System", *UIST'92*, November 1992, pp.99-106.
- [4] Kamada, Tomihisa; Kawai, Satoru, "A General Framework for Visualizing Abstract Objects and Relations", *ACM Transactions on Graphics*, 10(1), pp.1-39, January 1991.
- [5] Miyashita, Ken; Matsuoka, Satoshi; Takahashi, Shin; Yonezawa, Akinori; Kamada, Tomihisa, "Declarative Programming of Graphical Interfaces by Visual Examples", *UIST'92*, November 1992, pp.107-116.
- [6] Gleicher, Michael, "A Graphics Toolkit Based on Differential Constraints", *UIST'93*, November 1993, pp.109-120.

研究論文

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

A Method of Rule Generation Supporting for Drawing Understanding Systems using Man-machine Cooperations

学術情報センター 佐藤 真一

Shin'ichi SATOH

National Center for Science Information Systems

東京大学 生産技術研究所 孟 洋

Hiroshi MO

Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

東京大学 生産技術研究所 坂内 正夫

Masao SAKAUCHI

Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

要旨

人間機械協調を用いた、図面理解システムのためのルール生成システムについて述べる。われわれはこれまでに、汎用図面理解システム実現のための試みとして、状態遷移型図面理解システムを提案した。このシステムでは、図面理解処理は認識ルール(状態遷移ルール)に従って行われるようになっており、ルールを人間にとって作成しやすいものとするにより汎用図面理解の枠組を実現したものであった。しかしながら、このルールの作成において、閾値などの微調整を必要とする部分の作成が非常に困難であった。この点は、他の図面理解システムでも同様の問題である。

そこでわれわれは、状態遷移型図面理解システムに対し、人間との対話からこうした作成の困難なルールを自動生成するための拡張を行った。このシステムでは、グラフィカルユーザインタフェース(GUI)を用いた平易な対話から図面理解システムで実際に利用できるルールを生成することができる。また、冗長な対話を避けて効率よくルールを生成するために、帰納推論による学習アルゴリズムを用いている。本システムにより、従来は作成が困難であった閾値などの微調整が必要な部分を含むルールが、数回程度の平易な対話で容易に生成できることが確認されている。

ABSTRACT

A new method of understanding rule generation for drawing image understanding systems using man-machine cooperations is presented. We have proposed a drawing understanding system using state transition models to realize multi-purpose drawing understanding systems. This system performs understanding process complying with understanding rules which have declarative form to be obtained easily by user. However, it is known to be very hard to construct

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

rules which requires fine tuning, e.g., threshold values. This point is thought to be problematic also for other drawing understanding systems.

So we make extensions to state transition type drawing understanding systems which enable to generate such rules automatically from interactions with user. This system can generate rules, which can be used by actual drawing understanding systems, from given plain interactions using graphical user interface (GUI). It uses learning algorithm of inductive inference to avoid redundant interactions and earn efficient rule generation. This paper reveals that this system can easily generate rules which have required difficult fine tuning up to now from several times of plain interactions.

[キーワード] 図面理解システム、ルール学習、人間機械協調、グラフィカルユーザインタフェース

[Keywords] drawing understanding, rule learning, man-machine cooperation, graphical user interface

1 はじめに

地図図面や設計図面などからのデータベース化を、コンピュータにより自動的に効率良く行うための図面理解システムの実現が強く望まれており、関連する研究が盛んに行われている。初期の図面理解の研究では、認識対象の図面に固有の特徴を積極的に利用し、図面の種類に強く依存した図面理解システムが作成された。こうしたアプローチでは、新たな認識対象に対応した図面理解システムが必要な場合、常にまったくはじめの段階から作成しなければならず、図面理解システムとしての汎用性に欠けるという問題点があった。これに対し、プロダクションシステムや知識ベースなどを用いた汎用図面理解システムを目指す試みが提案されている [1] [2]。これらは、プロダクションルールや知識ベースにより認識対象に依存した部分を記述し、図面理解システム本体は汎用性の高い構成をとっている。しかしながらこうしたアプローチでは、対象に依存した部分の記述自体がそれほど容易ではないという問題があった。

われわれはこれまでに状態遷移モデルを用いた図面理解システムを提案してきた [3][4][5]。このアプローチでは、図面を構成するシンボルをトークンと呼び、その内部状態の遷移で図面理解プロセスを実現する。対象図面に依存した部分は状態遷移ルールとして記述するようになっており、図面理解システムとして汎用性を持った構成をとっている。また、この状態遷移ルールは作成が容易なように考慮されており、新たな認識対象へも柔軟に対応できる。このシステムでは、同一の種類図面に対しては同じ状態遷移ルールで図面理解処理が可能であるが、製図ルールが微妙に異なっている対象図面に対しては状態遷移ルールを微調整する必要がある。図面理解処理には必ず何らかの「閾値」が必要であり、実用的な状態遷移ルールを作成するためにはこの閾値を実際の図面に合わせて微調整する必要がある。この製図ルールに対する微調整、および閾値の微調整は試行錯誤で行うしかなく、かなり手間のかかる作業であった。これは他の汎用図面理解システムのアプローチの場合も同様であり、対象依存の記述を人手で行わなければならないための問題点であると考えられる。

こうした図面理解システム作成上の問題点に対処するには、機械学習的なアプローチを用いて、対象依存の記述を機械により自動獲得することが望ましい。これまでに報告されている研究としては、帳票文書の書式構造の自動獲得 [6]、雑誌のページレイアウトの分類規則の自動獲得 [7] などがあげられる。帳票文書の書式構造の自動獲得の研究では、無記入の帳票文書を入力とし、その書式構造を特定の帳票文書に依存しない再利用可能な形で抽出し、記入済み帳票文書の解析に利用しようというものである。ページレイアウトの分類規則の自動獲得の研究は、雑誌の表紙の画像を対象とし、何種類かの雑誌について複数の表紙画像を学習用に与え、あらかじめ定められた特徴量空間を雑誌の種類に基づくクラスタに分割する。この結果から、レイアウトに基づき雑誌の種類を分類する規則を抽出し、未知の雑誌の表紙画像を特定の種類の雑誌に自動分類しようというものである。いずれも与えられた実際の事例から認識処理のための知識の一部を自動獲得しており、有効なアプローチであるといえる。

本論文では、これまでに作成した状態遷移モデルを用いた図面理解システムに対し、実際の認識対象図面を例にした人間からの指示を受け、機械学習の手法を用いて状態遷移ルールを自動獲得するための拡張を行ったので、その手法について述べる [8][9][10]。従来の研究では、構造記述や特徴量空間上のクラスタなど、対象物のある側面を表す記述を自動獲得するというアプローチが主であったが、ここで述べる手法では、図面理解システムのためのルールそのものを自動獲得するようになってきている。今回作成した拡張システムでは、人間機械協調型の構成をとり、グラフィカルユーザインタフェース (GUI) を用いた平易な対話からルールを生成することができる。状態遷移モデル型図面理解システムでは、状態遷移ルールとしてはボトムアップルールとトップダウンルールが必要だが、今回の拡張ではボトムアップルールのみを扱うようになっており、その中の閾値などの微調整が必要な部分を含むルールを自動獲得する。ルールの学習プロセスは、実際の対象図面に図面理解処理をほどこしながら、各段階における誤認識部分の一部を人間に指示してもらい、これに従ってルールを微調整することにより実現する。この人間との対話の効率化のため、学習アルゴリズムとして帰納推論の手法を用いている。

以下、まず自動獲得する対象である状態遷移モデルにおけるボトムアップルールの構成について述べ、作成した拡張システムについて概略を述べる。次に今回作成した拡張システムのルール学習機能について述べ、これを実際の対象として地図図面に適用した例について述べる。学習機能の評価のため、ルール学習におけるエラーを定義し、これを用いて本拡張システムの評価を行い、最後に本拡張システムについての考察を行う。

## 2 状態遷移モデルの概要

### 2.1 状態遷移モデルによる図面理解

状態遷移ルールの学習について説明するために、状態遷移モデルに基づく図面理解システム [3] の概要について紹介する。

状態遷移モデルに基づく図面理解システムでは、認識対象の図面が独立したシンボルで構成されており、各シンボルへの適切な意味づけ、すなわちラベリングにより解釈が可能であるような図面を対象とする。図1に、認識対象となり得る図面として地図図面の例を示す。状態遷移モデルでは、これらの図面をまずシンボル化し(こうしてできたシンボルを「トークン」と呼ぶ)、図面理解過程での各トークンに対するラベルをトークンの内部状態で表す。汎用図面理解システムを実現するため、

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

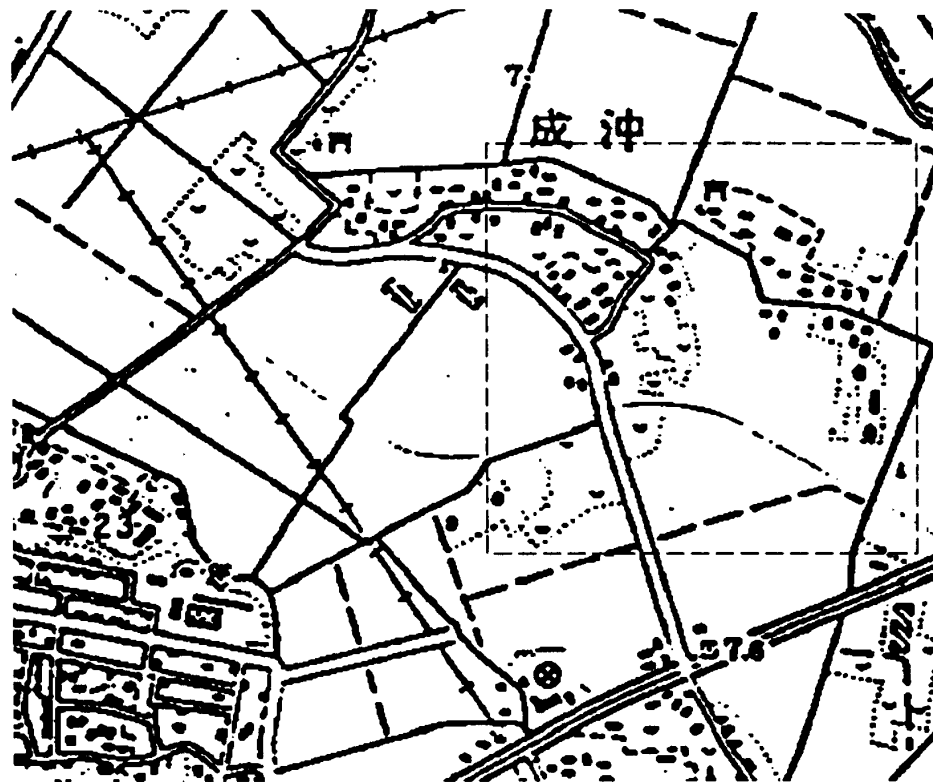


図 1 地図図面の例 (破線内は図 4 に対応する)

図面理解システムそのものは認識対象図面に依存しない構成を取り、対象に依存した記述として状態遷移ルールをシステムに搭載するようになっている。この状態遷移ルールに従ってトークンの内部状態を遷移させることにより、図面理解過程そのものを実現する。従って、トークンの最終的な内部状態が図面理解の結果ということになる。

状態遷移モデルでは、画像理解プロセスにおけるボトムアップ的な処理とトップダウン的な処理を実現するため、状態遷移をボトムアッププロセスとトップダウンプロセスの2つに分けて行う。ボトムアッププロセスでは各トークンごとに局所的な状況から状態遷移を行うようになっており、高速に処理が可能であるが大局的な視野に立った認識処理はできない。トップダウンプロセスでは、認識対象を表すモデルとのトップダウンのマッチングを行うことにより、処理時間がかかるが大局的な認識処理を実現する。これらに合わせて、状態遷移ルールはボトムアップルールとトップダウンルールとに分類できる。ボトムアップルールは、自律的に動作する各トークンに与えられる状態遷移ルールであり、トークンはボトムアップルールを参照しながら、それによって自分の周囲の局所的な状況を調査して状態遷移を行う。これに対してトップダウンルールは認識対象のモデルを表しており、トップダウンプロセスでは、このトップダウンルールとトークンとの大局的な照合を行う。

通常の図面理解処理では、まずボトムアッププロセスで局所的な情報のみで解釈可能な部分をすべて処理した後、トップダウンプロセスでモデルとの大局的な照合を行う。具体的には、ボトムアッププロセスでトークンの面積などの特徴量を用いた検査、連続したトークンの直進性の検査、トークン間の近接性の検査などが行われ、トップダウンプロセスではこれらの検査を通過したトークンをもとに、より大局的な構造を持つモデルとの照合が取られる。状態遷移モデルでは、状態遷移ルールの微調整、特に閾値についての微調整が困難である点が指摘されていたが[3]、こうした微調整が必要



なルールは大部分はボトムアップルールに含まれる。すなわち、面積などの特徴量についての閾値、近接していると判断し得る距離の閾値、直進していると判断し得る角度の閾値などである。一方、地図の場合もそうであるが、トップダウンルールとして与える認識対象のモデルは、比較的簡単な構造を持っており、その作成もさほど困難ではない場合が多い。

## 2.2 ボトムアップルールの構成

いま、状態遷移モデルによる図面理解の実例として、地図図面における植生界の抽出を考える。植生界とは、「畑」や「田」といった植生の境界を表す閉領域であり、地図上では小さな点の列、道路などで表される。この中でも特に、点列を抽出することを考える。基本的な抽出方法は、まず一定値以下の面積を持つトークンを「点」として取りだし、ついで各点について、ある一定の距離以内に自分以外にただ2つの点が存在しているものを点列を構成し得る点候補として抽出するというものである。その様子を図2に示す。図中で丸く示されているのが点であり、点Aは一定の距離以内に他の点が存在していないため、明らかに点列とはなり得ない。点Bと点Cは点列の一部を構成しており、点Bは一定の距離以内に他の点が2つだけ存在している。しかしながら、点Cの周囲には一定の距離以内に4つ点が存在しており、上記の方法では点Cは点列としては認識できない。

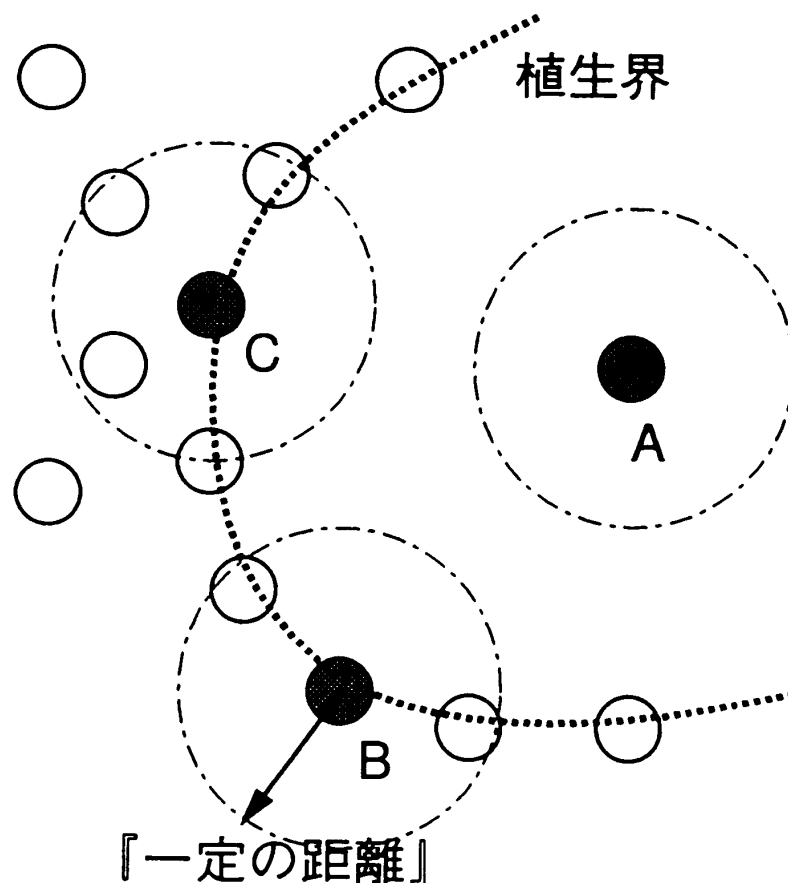


図2 植生界の構成

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

状態遷移モデルについて考えると、点 B はそのごく近傍の局所的な情報から点列を構成し得ることが判断できることから、ボトムアッププロセスで処理するべきトークンであると考えられる。一方、点 C は周囲に 3 つ以上の点が存在するため、局所的な情報のみではどの点と接続すれば良いかは判断できず、大局的な情報として「閉領域をなす」という視点がないと点列を構成し得るのかどうか判断ができないため、トップダウンプロセスで処理するべきトークンであると考えられる。つまり、ボトムアッププロセスとしては先に述べた抽出法は妥当であるといえる。この抽出方法に従ってボトムアップルールを構成した例を以下に示す。

$$\begin{aligned}
 & \$loop \longrightarrow \\
 & \quad \$area(A), \\
 & \quad \$transform(\$loop(A)). \tag{1}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \$loop(A) \longrightarrow \\
 & \quad \$((A \geq 0, A < 4000)), \\
 & \quad \$transform(\$dot). \tag{2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \$dot \longrightarrow \\
 & \quad \$get\_near\_loop(120, A), \\
 & \quad \$select(A, \$dot, B), \\
 & \quad \$transform(\$dot(B)). \tag{3}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \$dot([A, B]) \longrightarrow \\
 & \quad \$transform(\$dot(A, B)). \tag{4}
 \end{aligned}$$

各ルールはエジンバラ Prolog の記法を用い、

$$cur\_state \rightarrow cond_1, cond_2, \dots, cond_n, next\_state\_pred. \tag{5}$$

というように記述される。 *cur\_state* はトークンの現在状態を表し、 *cond<sub>i</sub>* で満足すべき制約条件を表し、 *next\_state\_pred* は次状態への遷移の指示を表す。指定された現在状態にあるトークンについて、一連の制約条件が満足されるかどうかチェックし、満足されれば指定された方法で次状態に遷移することを表す。なお、ここでの実装では、状態は Prolog の項 (term) として表される。すなわち、任意のファンクタと 0 個以上の任意のアリティから構成される。本論文では、状態におけるアリティをパラメータと呼ぶ。

この例のルールでは、ルール (1) で各トークンの面積を計算し、これをパラメータとした状態に遷移させる。ついでルール (2) で 2 つの閾値 “0” と “4000” を使って、面積の値がその間にはいるトークンを「点」トークンとして識別する。ルール (3) では、これらの点トークンに対し距離 “120” 以内にあるトークンを近接しているとみなし、近接している点トークンを取りだし、ルール (4) でそうしたトークンがただ 2 つであるものを点列を構成し得るトークンとして抽出している。これらのルールは、実際の閾値を埋め込んでいるが、先に述べた点列の抽出方法を実現するものとなっている。

このルールの中では、面積値として“0”と“4000”が、近接であることを表す距離として“120”が閾値である。実際のルールの作成を考えると、閾値を含まない基本的なアルゴリズムは比較的容易に構成可能であるが、これらの閾値を実際に決定するのは困難である。これまでに作成した種々の図面のためのボトムアップルールについても同様であり、ルールの基本構成は容易に決定できるが、その中の閾値の微調整が困難であった。本拡張システムでは、このボトムアップルールの中の閾値を含むルールを自動獲得することを目的とする。

### 3 システムの概略

図3に本拡張システムの構成の概略を示す。システムは状態遷移型図面理解システムと、状態遷移ルール学習システムの2つの部分から構成されている。図面理解システム部は、状態遷移モデルに基づいた構成となっている。ルール学習システム部は本システム全体の中心部分をなし、拡張システムにおける拡張部分そのものである。

システム全体では、ルール作成者(以降ではユーザと呼ぶ)からの一連の指示から1つのルールを生成するように動作する。このルールは、既存のルールによりある状態に至っているトークンに対し、所定の条件判定を行い、ある次状態に遷移し得るかどうかを判定するルールであり、(5)の形式を持つルール1つとなる。「ある状態」とは、ここでの条件判定に必要なパラメータをすべて含んだ状態であり、このパラメータ測定のためのルールはユーザによりあらかじめ作成されなければならない。パラメータの種類を選定及びその測定のためのルールの作成は、認識処理の基本的な流れから容易に決定可能である。

ルール作成に先立ち、ユーザは生成したいルールにより遷移すべき次状態となり得るトークン集合を想定しておく必要がある。すなわち、ある図面について、ユーザはこの図面を構成するトークンのうちの少なくともいくつかについて「想定した状態」になり得るかどうかを判断できなければならない。

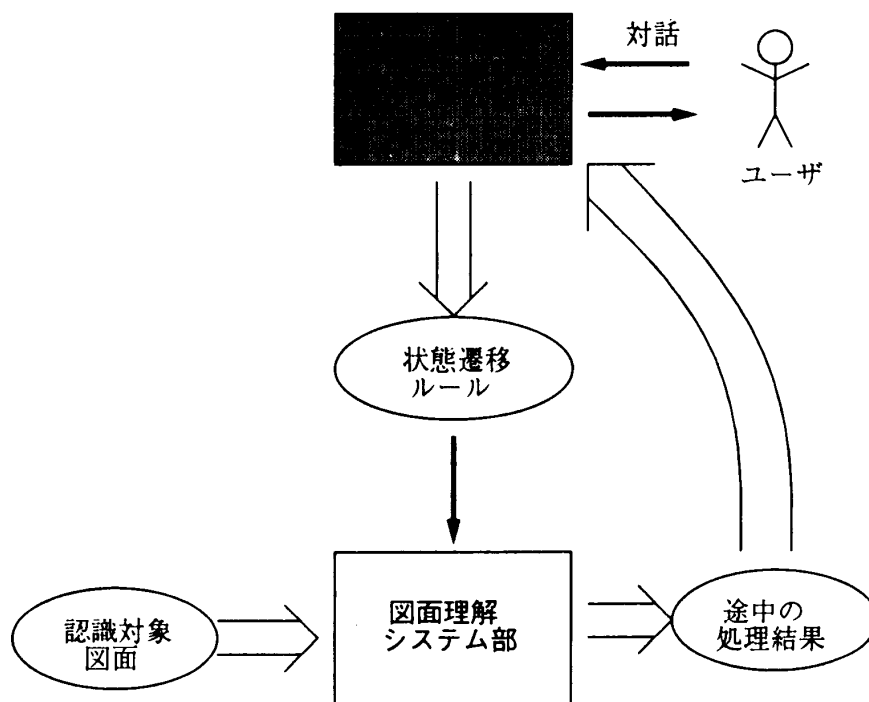


図3 システムの全体構成

## 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

ユーザからシステムへの指示は、 $\langle S, V \rangle$  という対により行われる。 $S$  はあるトークンの現状態を表し、 $V$  はそのトークンが「想定した状態」になるかならないかに従い、true か false の値をとる。具体的なルール生成の流れは以下のようになる。

- (1) 図面理解システム部により、与えられた図面イメージの各トークンを、学習に必要なパラメータを含む状態に遷移させる。
- (2) ユーザより任意の指示を得る (想定とは異なった状態になっているもの、すなわち誤認識されているものから選ぶことになる)。
- (3) ルール学習システム部により、これまでの指示に矛盾しないルールを生成する。
- (4) 生成したルールによりトークンを分類した結果をユーザに提示する。
- (5) 結果がユーザの想定と合っていた場合、生成したルールを確定して終了する。
- (6) 結果が想定と異なっている場合、生成したルールを無効にし、(2) より繰り返す。

これにより、目的のルールを対話的に生成することができる。

このような人間機械協調型のシステムでは、人間と機械の対話の回数は可能な限り少なく抑えることが望ましい。本システムでは、ルール学習システム部における学習アルゴリズムの導入により対話回数の低減をねらっている。すなわち、ユーザより与えられた指示を一般化してルール化し、この指示と似たような局面についてはこれと同様の判断を下すように動作する。また、ユーザへの負担を少なくするためには、対話そのものが平易に行える必要がある。本システムでの対話は、任意のトークンが想定した状態になり得るかなり得ないかという、きわめて平易な形で行われる。さらに、任意のトークンを選んでよいため、想定した状態になり得るかどうかの判断を明確に下せるもののみを選んで指示を行うことができる。対話は、 $\langle S, V \rangle$  という形式の一連の指示によりなされるととらえられるが、今回の実装では、GUI を用いて図面を視覚的に提示し、学習途中でのトークンの識別結果を目で確認しながらマウスにより直接指示のためのトークンを選ぶことにより行われる。この点でも対話の平易性が高まっている。

## 4 ルール学習システム

### 4.1 学習アルゴリズムの大まかな流れ

これまで述べてきたシステム構成の中で、状態遷移ルール学習システムは、ユーザから与えられた一連の指示から、これらに矛盾しないルールを生成するように動作する。ユーザからの指示は  $\langle S, V \rangle$  の形式でとらえることができるが、 $\langle S, true \rangle$  となるような状態  $S$  を正の例、 $\langle S, false \rangle$  となるような状態  $S$  を負の例と呼ぶ。すなわち、学習過程においてユーザが想定した状態に遷移するようなトークンの現状態が正の例、想定した状態に遷移しないようなトークンの現状態が負の例である。これらの分類された状態を参照して、トークンを分類するためのルールを学習することになる。

システムが用いている学習アルゴリズムは、Shapiro のモデル推論システム [11] をもとにしている。モデル推論システムは、一連の正の例および負の例から Prolog のプログラムを生成する学習システムである。本システムで用いる学習アルゴリズムは、ボトムアップルールの生成用として機能を限定し、パラメータの型と数値データの比較とを扱えるように拡張したものであり、帰納推論アルゴリズムの一種となっている。いま、 $T_1, \dots, T_n$  をシステムに与えられた正の例、 $F_1, \dots, F_m$  を負の例とすると、学習アルゴリズムの基本的な流れは以下のように示される。

- (1) 任意の正の例  $T_i$  を選び、それを着目している正の例  $T$  とする。
- (2)  $T$  を満たし、すべての  $F_j$  を満たさないルールのうち、もっとも一般的なものをルール生成アルゴリズムにより生成し、これを  $R$  とする。
- (3)  $R$  ですべての  $T_i$  が満たされるかどうかを調べ、条件が満足されればこれを求めるルールとして出力する。
- (4) 満足されない場合、 $R$  を無効にし、これまでに着目している正の例となっていない  $T_i$  を  $T$  として (2) から繰り返す。
- (5) すべての  $T_i$  を着目している正の例として試行した結果、満足されるルールが生成できなかった場合、ルール学習の失敗をユーザに告げて処理を終る。

もととなっているモデル推論システムのアルゴリズムでは、ルール生成アルゴリズムにより生成したルールの選言を最終的なルールとして生成可能であるが、ここで示したアルゴリズムでは選言は扱えない(いずれのシステムでも、ルール生成アルゴリズムの生成するルールは、より小さな単位である制約条件の連言となっている)。この制限により、生成し得るルールそのものが制限されることになるが、一方高速のルール生成が可能となり、生成されるルールが非常に単純なものとなる。本システムでは、ユーザと対話をしながら学習を進めていくという形式をとっているため、高速の学習アルゴリズムが望ましい。また、生成したルールを他の図面などに再利用することも考えられるが、そのためには生成されるルールは単純であることが望ましい。後に述べるが、この学習アルゴリズムで十分実用的なルール生成が可能であることが実験により確認されている。そこで、本システムではこの簡略化された学習アルゴリズムを採用し、学習アルゴリズムそのものにはあまり深く立ち入らないというスタンスをとっている。

#### 4.2 ルール生成アルゴリズム

ルール生成アルゴリズムは、一つの正の例(着目している正の例)と複数の負の例を与えられ、正の例を満足し、すべての負の例を満足しないようなルールを、いくつかの制約条件の連言として生成するアルゴリズムである。これもモデル推論システムの相当するアルゴリズムをもとにし、ボトムアップルール生成用として機能を簡略化し、もとのアルゴリズムでは扱っていなかった数値の大小比較を制約条件として扱えるように拡張したものとなっている。

ルール生成の基本的な戦略は generate and test による。すなわち、ルールの候補を次々に生成し、与えられた条件を満足しているかどうかを次々に検査することにより、最終的に目的のルールを得るという方策をとる。条件の検査方法は自明なので、アルゴリズムの主要部分はルール候補の生成方法となる。この手法もモデル推論システムを基本としている。まずもっとも一般的なルールとして、 $\{ \}$ (空集合)、すなわち恒真を生成する。ついでこれに「精密化オペレータ」を適用し、少しずつルールを特殊化して行く。得られたルールに対してさらに精密化オペレータを適用することにより、次々にルール候補を生成するというものである。この精密化オペレータは、その結果のルールが与えられた正の例を満足するように選ばれるため、生成されるルールはすべてこの正の例を満足するものとなる。従って、生成されたルールの検査は、すべての負の例を満足しないことを検定することにより行われる。

本システムとモデル推論システムとは、精密化オペレータに違いがあり、モデル推論システムでは扱わなかったパラメータの型を本システムでは扱うように拡張している。本システムにおける精密化オペレータは、与えられた正の例のパラメータの型に従い、そのパラメータに対する制約条件

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

を「精密化」していくように働く。パラメータの型は、適宜システムとの対話によりユーザから与えられる。今回の実装では、型としてはリスト構造と数値データを扱うことができる。リスト構造とは Prolog におけるリスト構造 (2 分木リスト構造) であり、その精密化とは任意のリーフを 2 分木ノードに展開していくことにより行われる。結果として生成されるルールでは、任意の構造のリスト構造を識別可能となる。ただし、リストの要素そのものを参照するルール (例えばリストの最初の要素が "a" というアトムであるというようなルール) は生成できない。これは、図面認識における、数値化できないような周囲状況がある程度まではリストの構造により表現できるという考えによっている。

数値データに対する精密化は、ルールにおけるパラメータを  $X$  とすると、 $L \leq X$ ,  $X \leq H$ ,  $L \leq X \leq H$ ,  $X \leq L$  かつ  $H \leq X$  の 4 つのうちいずれかのルールを生成させることにより行う。 $L$ ,  $H$  などの値は、ルール生成アルゴリズムの実行に先立ってすべての正の例および負の例を参照することにより、これらに反しないルールのみを生成するようにあらかじめ決定される。ルール生成アルゴリズムでは、単にこれら 4 つのルールのうちのどれを結果のルールに付加するか、あるいは付加しないかを決定するのみとなる。

このようにして実現されるルール生成アルゴリズムでは、複数のパラメータを持つ状態を扱うことができ、結果のルールはこれらのパラメータに対するルール (制約条件) の連言となる。精密化オペレータおよびモデル推論システムの学習アルゴリズムの詳細については、文献 [11] を参照されたい。

## 5 実験

### 5.1 システムの実装

われわれは実験システムを SUN SPARC ワークステーションに実装し、システムに状態遷移ルールを生成させる実験を行った。システム全体の中で、状態遷移型図面理解システムとしてはこれまでに作成したもの [3] をそのまま使い、ルール学習システムを新たに作成した。図面理解システムの部分は Prolog で 2,000 行、C で 2,000 行程度の規模で構成されており、ルール学習システムの部分は Prolog のみによりおよそ 800 行の規模で記述されている。なお、Prolog 処理系としては SICStus Prolog を用いた。

### 5.2 地図図面の理解

こうして作成されたシステムについて、地図図面を対象としてルール生成の実験を行った。ここでは実験の対象として図 1 の地図図面を用い、植生界を構成する点列を抽出するルールを生成する問題を例にとった。

まず、点列の構成要素となり得る小さい点を抽出するルールの生成を行った。システムには、ルール生成に先立ち、次のルールによりトークンの状態遷移を行っておく。

$$\begin{aligned}
 & \$loop \longrightarrow \\
 & \quad \$area(A), \\
 & \quad \$(A \geq 0), \\
 & \quad \$transform(\$loop(A)).
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

これは、ルール (1) とほぼ同様であるが、点トークンの識別の際にはトークンの面積  $A$  が正であるという条件は自明であるので、この制約条件を入れている。このルールにより、面積値をパラメータとして持つ点の候補のトークンが生成される。実験により得ようとしているのはルール (2) 相当のものであるが、これに含まれる二つの閾値 “0” と “4000” のうち、実際のルール作成で問題となる “4000” の方に相当する閾値を生成することになる。実際にシステムによりルールを生成させたところ、ユーザからの2つの正の例と2つの負の例の指示を受けて

$$\begin{aligned} \text{\$loop}(A) \longrightarrow \\ \text{\$(}A \leq 3200\text{)}, \\ \text{\$transform}(\text{\$dot}). \end{aligned} \tag{7}$$

というルールを得た。すなわち、小さい点を抽出するためのトークンの面積の閾値として “3200” という値が自動的に抽出されている。このルールは、図1の全体に対して十分満足に適用可能であった。

次に、得られたルールにより抽出された点トークンから、点列を構成するものを識別するルールの生成を行った。これはルール (3) とルール (4) に相当する。この場合、ルール (3) に近接を表す距離の閾値 “120” が含まれている。システムで用いている学習アルゴリズムは、パラメータを含む状態を正および負の事例として与えられて、これを識別するためのルールを生成するというように働くが、ルール (3) の場合、この “120” という値を使ってパラメータを計測した後、ルール (4) で状況判断を行うようになっているため、そのままルール (3) 相当のルールを生成することはできない。そこで、以下のようなルールを使い、一種の周囲状況を表すリスト構造によるパラメータを生成した上で、ルール生成を行わせる。

$$\begin{aligned} \text{\$dot} \longrightarrow \\ \text{\$get\_near\_loop}(100, P_1), \text{\$select}(P_1, \text{\$dot}, Q_1), \\ \text{\$get\_near\_loop}(105, P_2), \text{\$select}(P_2, \text{\$dot}, Q_2), \\ \text{\$get\_near\_loop}(110, P_3), \text{\$select}(P_3, \text{\$dot}, Q_3), \\ \text{\$get\_near\_loop}(115, P_4), \text{\$select}(P_4, \text{\$dot}, Q_4), \\ \text{\$get\_near\_loop}(120, P_5), \text{\$select}(P_5, \text{\$dot}, Q_5), \\ Q = [Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5], \\ \text{\$transform}(\text{\$dot}(Q)). \end{aligned} \tag{8}$$

このルールにより、求めたい「近接を表す距離」となり得るいくつかの候補をもちいて、それぞれの距離以内に存在する点を検索し、これをリストにしたものをそれぞれ要素としたリスト構造を求め、周囲状況を表すパラメータ  $Q$  としている。ここでは求めたい距離の閾値の候補として “100”、“105”、“110”、“115”、“120” の5つを用い、 $Q$  はそれぞれに対応した5つの要素よりなるリスト構造としている。このルールを各トークンに適用した後、学習システムによりルール生成を行わせたところ、1つの正の例と4つの負の例を受けとってシステムは次のようなルールを生成した。

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

$$\begin{aligned} \text{\$dot}([\_, \_, \_, [A, B]]\_) \longrightarrow \\ \text{\$transform}(\text{\$dot}(A, B)). \end{aligned} \tag{9}$$

このルールにより、先のルールで求めたパラメータ  $Q$  の第 4 要素が長さ 2 のリストであることを検定することになり、ルール (8) と組み合わせることにより、「距離 “115” 以内に自分以外に 2 つの点のみが存在する」ということを表すことになる。試行錯誤により得たルール (3) では、この距離の閾値は “120” というものを用いたが、学習システムはこれとは異なった “115” という値を自動生成してきた。しかしながら、この違いは実験に用いた地図に関しては識別結果に何の違いもなく、図 1 の全体についていずれも同様の満足できる識別結果が得られた。

6 ルール学習能力の評価

最近の機械学習の研究 [12]などを参考にし、学習途中のルールによる「エラー」を定義し、本システムによるルール学習能力の評価を行う。

いま、ある状態  $A$  になるべきトークンを分類するルールの学習過程を考える。候補トークン全体の集合を  $U$ 、ユーザの想定する  $A$  という状態になるべきトークンの集合を  $X_A$  とする。一方、学習途中のルールで分類されるトークン集合を  $\tilde{X}_A$  とする。ルール学習により、 $X_A$  と  $\tilde{X}_A$  とを近づけていく必要がある。ここで、学習中のルールによるエラー  $\epsilon$  を定義する。

$$\epsilon_1 = \frac{|X_A - \tilde{X}_A|}{|U|} \tag{10}$$

$$\epsilon_2 = \frac{|\tilde{X}_A - X_A|}{|U|} \tag{11}$$

$$\epsilon = \epsilon_1 + \epsilon_2 \tag{12}$$

ただし、 $|\cdot|$  は集合の濃度を表し、 $-$  は集合の差を表す。 $\epsilon_1$  はルールにより識別されるトークン集合が小さ過ぎることによるエラーを表し、 $\epsilon_2$  はルールにより識別されるトークン集合が大き過ぎることによるエラーを表す。 $X_A$  と  $\tilde{X}_A$  とが完全に一致すると  $\epsilon = 0$  となる。

図 1 の地図図面に対しシステムを適用し、ユーザからの指示の回数に対するエラーの変化を見ることによりルール学習能力の評価を行った。ルール生成は図 4 を使い、エラーの評価は、図 1 の全体について行った。図 5 (a) は、地図中のシンボルから小さいドットを分類するためにシンボルの面積の閾値を学習した場合の実験結果を表す。点となるべきトークンの集合  $X_{\text{\$dot}/0}$  は実際に人間が見て点として妥当なもの全体とした。2 回の指示のみでほぼ完全なルールが生成できていることがわかる。エラーが完全には 0 にならないのは、面積の情報のみでは分類できなかったドットがわずかに存在しているためである。図 5 (b) は、地図中から植生界を表すドット列を抽出するため、ドット列として適切な間隔を学習した場合の結果を表す。ドット列となるべきトークンの集合  $X_{\text{\$dot}/2}$  はルール (3)、(4) により識別されたものとした。これでは 5 回の指示で満足するルールが生成できたことがわかる。いずれも、数回程度の指示のみで望ましいルールが生成可能であり、しかもそのルール生成過程の収束も早いことがわかった。





図4 地図の一部

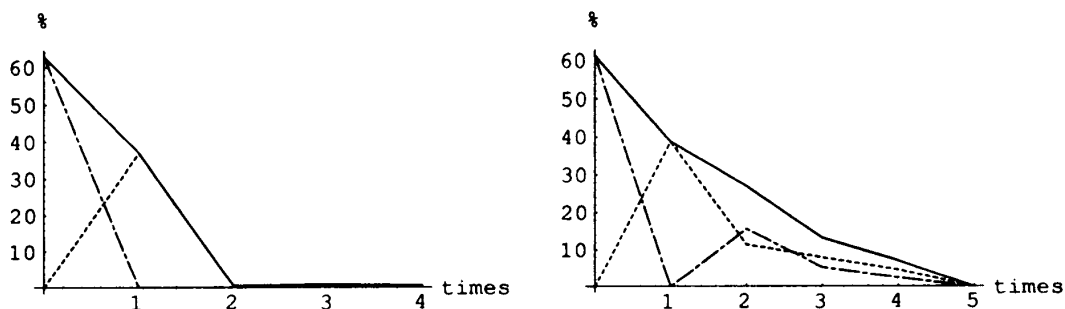


図5 実験結果 (鎖線は  $\epsilon_1$ 、点線は  $\epsilon_2$  を表す)

### 7 おわりに

状態遷移型図面理解システムに対する、ユーザとの対話により状態遷移ルールを自動獲得するための拡張システムについて述べた。本システムは人間機械協調型の構成をとっており、GUIを用いた平易な対話により状態遷移ルールを生成することができる。生成されるルールは実際の図面理解システムで利用可能な形で生成されるので、実用性も高い。また、冗長な対話を避けて効率良くルールを生成するため、ユーザとの対話で得た情報を一般化・ルール化する帰納学習手法を用いている。地図図面を用いた実験により、数回程度の対話で十分実用的なルールが生成できることが確認された。また、ルールによるエラーを用いた評価から、利用した学習アルゴリズムが十分高速に目的のルールへと収束し得ることが確認された。

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

今後の課題としては、今回の拡張で、状態遷移ルールで記述し得るルールのうちどの程度の範囲をカバーし得るのかについて検討したい。また、今回のシステムではボトムアップルールのみが獲得可能であった。ここでは地図など認識対象の構造があまり複雑ではないものを主たる対象としたが、機械設計図面などのより複雑な構造を持つ対象については、トップダウンルールの作成も困難になってくると考えられるため、これについても検討する必要がある。また、本システムでは数値ないしリスト構造によりパラメータ化された情報のみによってルールを生成したが、このようにパラメータ化し得ない、あるいはしがたい図形的・幾何学的状況もあり得ると思われる。こうした状況に対し、ルールを用いた図面理解、ルール学習といったアプローチがどこまで有効であるのかという点も検討すべき点である。

参考文献

- [1] McKeown, D. M., "Rule-based interpretation of aerial imagery", *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.PAMI-7, No.5, pp.570-585, 1985.
- [2] Joseph, S. H.; Pridmore, T. P., "Knowledge-Directed Interpretation of Mechanical Engineering Drawings", *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.PAMI-14, No.9, pp.928-940, 1992.
- [3] 佐藤真一, 大沢裕, 坂内正夫, 「対象の多様性に対応しうる図面理解システムの一提案」、情報処理学会論文誌, Vol.33, No.9, pp.1092-1102, 1992.
- [4] Satoh, S.; Ohsawa, Y.; Sakauchi, M., "Drawing image understanding framework using state transition models", *Proc. of 10th International Conference on Pattern Recognition*, pp.491-495, 1990.
- [5] Satoh, S.; Sakauchi, M., "Descriptive ability of drawing image understanding framework using state transition models", *Proc. of IAPR Workshop on Machine Vision Applications MVA '90*, pp.199-202, 1990.
- [6] 駱琴, 渡辺豊英, 杉江昇, 「帳票文書の構造認識のための書式構造知識の自動獲得」、電子情報通信学会論文誌, Vol.J76-D-II, No.3, pp.534-546, 1993.
- [7] Esposito, F.; Malerba, D.; Semeraro, G., "An Experimental Page Layout Recognition System for Office Document Automatic Classification: an Integrated Approach for Inductive Generation", *Proc. of 10th International Conference on Pattern Recognition*, pp.557-562, 1990.
- [8] 佐藤真一, 坂内正夫, 「状態遷移型図面理解システムにおける人間機械協調による認識ルール作成支援」、情報処理学会第45回全国大会, 1992, 3J-5.
- [9] Satoh, S.; Sakauchi, M., "Understanding Rule Generation Supporting System for Drawing Understanding using Interaction with User", *Proc. of IAPR Workshop on Machine Vision Applications MVA '92*, pp.407-410, 1992.
- [10] Satoh, S.; Mo, H.; Sakauchi, M., "Drawing Understanding System Incorporating Rule Generation Support with Man-Machine Interactions", *IEICE Trans. on Information and Systems*, Vol.E77-D, No.7, pp.735-742, 1994.

- [11] Shapiro, E. Y., "Inductive Inference of Theories From Facts", Yale University, Dept. of Computer Science, 1981, Technical Report TR192 (邦訳: 「知識の帰納的推論」, 共立出版, 1986).
- [12] Natarajan, B. K., "Machine Learning - A Theoretical Approach", Morgan Kaufmann, 1991.

研究論文

## 我が国における高等教育部門の R&D 統計再考

### Study on the Japanese Higher Education Sector's R&D Statistics

学術情報センター 太田和 良幸

Yoshiyuki OHTAWA

National Center for Science Information Systems

#### 要旨

我が国の高等教育関係の統計、特に、教育・研究費関係の統計は、相互の関連が不明確である。総務庁「科学技術研究調査」の研究費データは、かなりの教育費その他の分を含んでおり、実際より過大評価されている。学術政策立案のための基礎データを作るためにも、また、大学等の研究費の国際比較のためにも、科学技術研究調査に適切な補正が加えられるべきである。

#### ABSTRACT

The Japanese higher education sector's statistics, especially the expenditure data on education and R&D are in complicated relations. As the expenditure on R&D in the Management and Coordination Agency "Survey of Research and Development" contains much expenditure on education and so on, it is overestimated than the real one. The data should be rectified appropriately in order to prepare the fundamental data for science policy planning and to compare the data internationally.

[キーワード] 高等教育、R&D 統計、研究費、科学技術研究調査、学校基本調査、私立学校の財務状況に関する調査、学術政策、国際比較、FTE

[Keywords] Higher education, R&D statistics, Expenditure on R&D, Survey of research and development, School basic survey, Survey of financial conditions of private schools, Science policy, International comparison, Full-time equivalence (FTE)

#### 1 はじめに

私は、これまで文部省で学術行政にたずさわる機会が多かったことから、各種の R&D 統計に接してきたが、我が国の R&D 統計、特に高等教育部門の関係統計については、統計間の関連性、整合性、正確性などについて、かねてより疑問をいただいていた。

R&D 統計と言った場合、研究者数統計や研究費統計、研究組織数、研究成果としての論文数統計などがあり、それぞれが固有の問題を抱えている。当然ながら、統計の対象とする範囲に属する問題

我が国における高等教育部門の R&D 統計再考

があるが、研究者統計のように、研究者の頭数を単純に数える (Headcount) 方法とマンパワーとしての研究者数を仮想して集計する方法 - フルタイム換算 (Full-time equivalence) 方法といった方法論の違いが明確であるものもある [1]。しかし、研究費統計では、一般的に研究費の定義が不明確であり、人件費を含めるのか否か、含めるとした場合、どのように算出するのか、といった基本的な点で整合性のとれたデータが整備されていないという問題がある。

また、現実の問題としては、大学を中心とする基礎研究の重要性に対する認識が大学関係者の範囲を越えて産業界や政界にまで広がり、国民全体の合意の下に基礎研究が振興されなければならないという情勢になりつつあるものの、「大学や研究所の研究経費がどのくらい必要なのか。」といった単純な問いに答えられるデータすら満足に見出しえない状況にある。

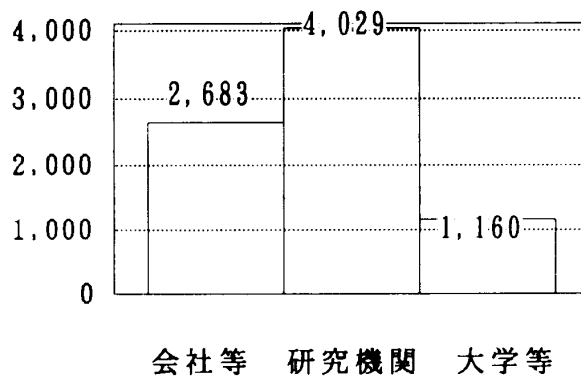
こうした課題を考えるためには、現在どのくらいの経費が現実に支出されているのかが基礎的データとして明確に把握されていなければならないが、本稿では、大学等の高等教育機関における既存の研究費関係の統計について考えてみたい。

2 総務庁「科学技術研究調査」のナゾ

総務庁統計局では、毎年「科学技術研究調査」を発表している。この調査は、我が国の会社から研究機関や大学に至るまでの幅広い機関において、どれだけの研究費が支出されているのかなどについて調査したものである。しかし、この調査結果の中で一般の人々ではなかなか理解できない点がいくつか存在する。

その一つは、研究者一人当たりの研究費額である。平成4年度の研究機関の研究者一人当たりの研究費は図1のとおり4,029万円であり、大学等の研究費1,160万円の約4倍もある。これらには人件費も含まれていることを考えると、大学等の研究費の少なさがよくわかる。しかし、本当にこれだけの格差があるのだろうか。あるいはもっと実際には格差があるのかもしれない。また、大学では研究費のほかに教育費もあるはずであるから、大学の経費はこれ以外にもあり、民間企業、研究機関とこれほどの差が付くことはないとも考えることもできる。しかし、本当のところはどうなのであろうか。

(万円)

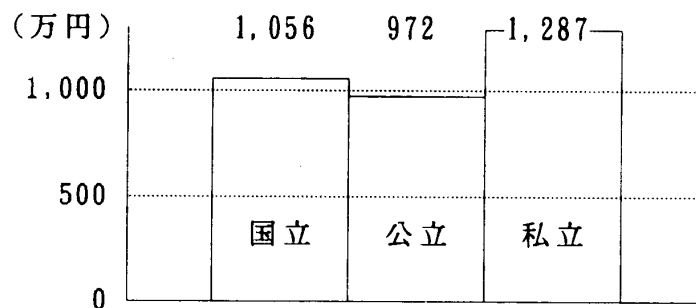


(資料) 科学技術研究調査

図1 研究者一人当たりの研究費 (平成4年度)

次に、大学等の中での研究費を設置区分により比較してみると、図2のとおり、私立大学の研究者一人当たり研究費が多いことが毎年の特徴となっている。

私立大学の場合、国公立大学と比べて教員の給与が年齢などの点からみて高いからこのような結果となるとも考えることができるが、本当にそうなのだろうか。



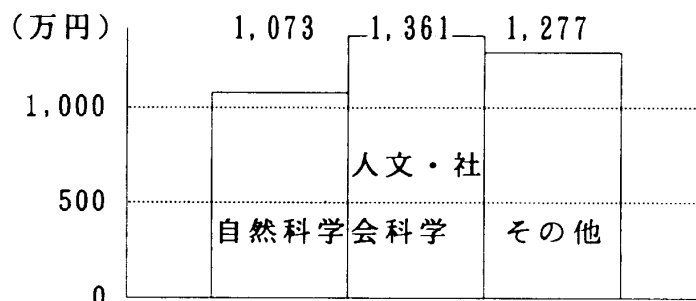
(資料) 科学技術研究調査

図2 国公立大学の研究者一人当たりの研究費 (平成4年度)

また、大学等の中での研究費を研究分野により比較してみると、図3のとおり、人文・社会科学の研究費が多いことが毎年の特徴となっている。

人文・社会科学の分野は、私立大学の教員が多いことから、上記の設置区分別の研究費からもわかるように、このような結果となるとも考えることができるが、本当にそうなのだろうか。

- (注) 1. 自然科学とは、理学、工学、農学及び保健の分野。  
 2. 人文・社会科学とは、文学、法学、経済学等の分野。  
 3. その他とは、家政、教育等の分野。



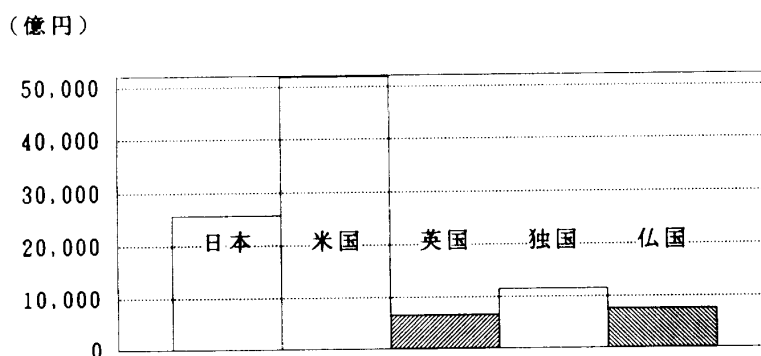
(資料) 科学技術研究調査

図3 研究分野別研究者一人当たりの研究費 (平成4年度)

他方、研究費の国際比較を見てみよう。OECD(経済協力開発機構)では、加盟国のR&D支出額(研究費)を公表している(OECD「MAIN SCIENCE AND TECHNOLOGY INDICATORS」)が、このうち、我が国と欧米主要国の大学等のR&D支出額を比較してみると、図4のとおりとなっている。

日本の大学等の研究費は、科学技術研究調査の大学等のデータが使われている。この国際比較では、日本の大学等の研究費は、米国には及ばないものの他の欧州諸国の研究費とは比べものにならないほど多いことがわかる。しかし、本当にそうなのだろうか。

我が国における高等教育部門の R&D 統計再考



(資料) OECD「MAIN SCIENCE AND TECHNOLOGY INDICATORS」

(注) 邦貨への換算は、OECD購買力平価による。

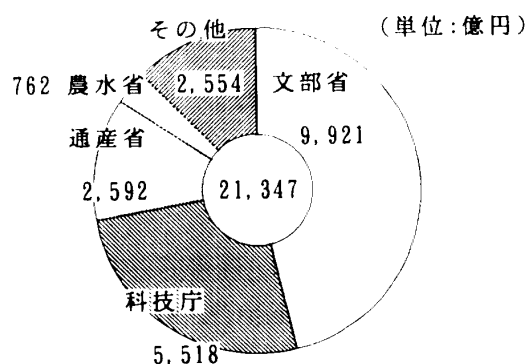
図 4 主要国の大学等の研究費 (1992 年)

3 我が国の R&D 関係 (研究費) の統計データ

我が国の大学等における R&D 関係の経費に係る利用可能な統計データとしては、総務庁の「科学技術研究調査」、文部省の「学校基本調査」及び「私立学校の財務状況に関する調査」(いずれも指定統計)や政府が公表している「科学技術関係経費」などがある。

「科学技術研究調査」は、人文・社会科学、自然科学及びその他の全学問領域にわたり、公費(国費、地方自治体費)及び民間からの財源を含めた研究費全般に係る調査である。この統計データは、我が国の R&D の現状を表す統計として、OECD にも報告されており、「2 総務庁「科学技術研究調査」のナゾ」でも言及したとおり、国際的な場所で使用されるデータとなっている。勿論、文部省の「我が国の文教施策」(いわゆる文教白書)や科学技術庁の「科学技術白書」にも基礎データとして使用されている。

「学校基本調査」の「学校経費調査」及び「私立学校の財務状況に関する調査」は、学校の経費を調べるための調査であり、「教育研究費」として研究費と教育費が一本化されているなど、研究費だけを分離することはできない。



(資料) 科学技術庁

図 5 省庁別科学技術関係経費

「科学技術関係経費」は、国の一般会計及び特別会計の当初予算のうち、自然科学分野の研究関係予算を科学技術庁が取りまとめたものである。従って、公費のうちの国費のみのデータであり、地方公共団体が支出する予算は含まれていない。科学技術関係経費は、図5のとおり、平成4年度では、全省庁合計で21,347億円となっているが、大学等関係は、殆ど文部省に計上されていると考えて差し支えないので、全体の約5割の9,921億円が大学等関係の予算ということになる。

しかし、この科学技術関係経費は、該当する予算の科目ごとに算出し合計したものであるものの、算出の根拠などの詳細が公開されていないので、具体的な分析には使用できないのが欠点である。

### 3.1 総務庁「科学技術研究調査」

総務庁の統計局が毎年実施している「科学技術研究調査」は、我が国における科学技術に関する研究活動の状態を調査し、科学技術振興に必要な基礎資料を得ることを目的とした、統計法に基づく指定統計調査である。この「科学技術研究調査」は、昭和28年に「研究機関基本統計調査」として発足し、昭和35年に調査の拡充に伴い名称が「科学技術研究調査」と改められたものである。

調査の対象は、(1)「会社等」、(2)「研究機関」及び(3)「大学等」となっている。

「会社等」とは、資本金500万円以上の会社及び特殊法人である。ただし、宇宙開発事業団、日本原子力研究所、理化学研究所などの研究専門の特殊法人は「研究機関」に含まれている。

「研究機関」とは、人文・社会科学、自然科学に関する試験研究又は調査研究を行うことを目的とする国・公・民営の研究機関となっている。

「大学等」とは、学校教育法に基づく大学の学部(大学院の研究科や学部附属病院等を含む。)、短期大学、高等専門学校及び大学附置研究所並びに国立学校設置法に基づく大学共同利用機関等となっている。

この調査の調査事項は、研究関係従事者数、内部使用研究費、性格別研究費、外部支出・受入研究費など多岐にわたるが、今回の考察の対象とする研究費関係データは、「内部使用研究費」とする。この「内部使用研究費」は、大学等の調査対象では、(1)人件費、(2)原材料費、(3)有形固定資産の購入費及び(4)その他の経費とに分類されている。それぞれの費目別研究費の説明は、次のとおりとなっている。

- (1) 人件費： 研究関係の全従事者に対して支払った給与(基本給、諸手当、賞与等で定期・臨時に支払われたもの。)の総額(所得税・地方税・保険料などを差し引く前の総額。)のほか、退職金、大学が負担する社会保険料などを含めたもの。
- (2) 原材料費： 研究のために要した主要原料費、主要材料費、補助材料費、部分品費、試作品費などを含めた総額。
- (3) 有形固定資産の購入費： 研究に必要なすべての有形固定資産(土地・建物、構造物、船舶、航空機、並びに耐用年数1年以上かつ取得価額が20万円以上の機械、装置、車両、その他の運搬具、工具・器具及び備品)の購入に要した費用の総額。
- (4) その他の経費： 研究のために要した図書費、光熱水道費、旅費、通信費、保険料、事務費、消耗品費、印刷費などを含めた総額。

平成4年度の大学等の統計データは、表1のとおりとなっている。なお、この表のデータ以外に、科学技術研究調査には国公立別・分野別のデータ等が掲載されている。



我が国における高等教育部門の R&D 統計再考

表 1 大学等の内部使用研究費

(単位：億円)

区分	内部使用 研究費総 額	人件費	原材料 費	有形固定資産購入費				その他 の経費
				計	土地・建物等	機械・器具・装置等	その他	
総数	25763	17299	1557	3280	1018	1944	318	3627
学部	20415	14137	1216	2406	822	1306	278	2656
短大	2580	1980	53	260	130	93	37	286
附置研	965	495	90	127	7	118	2	253
その他*	1802	687	198	486	60	426	1	432
国立	10777	6700	854	1442	220	1209	13	1781
学部	8072	5537	570	833	156	666	11	1133
短大	150	119	4	11	0	10	0	16
附置研	822	413	84	115	5	109	1	210
その他*	1733	630	196	484	59	424	1	423
公立	1384	1021	50	153	86	66	1	160
学部	1094	775	44	140	80	59	1	135
短大	221	190	3	10	4	5	-	18
附置研	28	19	2	3	2	1	0	4
その他*	42	37	1	1	-	1	-	3
私立	13602	9578	653	1684	712	668	304	1686
学部	11249	7825	602	1434	586	581	266	1388
短大	2210	1671	46	240	125	78	37	253
附置研	116	63	3	10	1	8	1	39
その他*	28	19	1	1	0	0	0	6
人文・社会科学	6171	4720	47	542	240	129	173	862
文学	2507	1977	20	206	96	55	55	304
法学	711	551	4	58	24	10	24	98
経済学	2137	1620	15	195	85	40	70	307
その他	816	572	8	83	35	24	24	154
自然科学	15660	9567	1419	2313	571	1643	99	2362
理学	2308	1120	199	477	88	381	8	512
工学	5665	3404	365	1034	262	736	36	861
農学	1150	741	75	182	77	82	23	152
保健	6537	4301	780	620	144	445	31	836
その他	3931	3012	91	425	207	171	46	403
家政	1066	784	29	146	81	48	17	108
教育	1447	1175	29	88	29	52	7	155
その他	1418	1054	33	191	97	72	22	140

(資料) 科学技術研究調査

(注) 1 「その他\*」は、高専、学内の研究センター、大学共同利用機関等。

2 原データは百万円単位であるが、この表では億円単位としてある。従って、四捨五入の関係で合計が一致しない場合がある。

### 3.2 文部省「学校基本調査」

文部省の「学校基本調査」は、学校に関する基本的事項を調査し、学校教育行政上の基礎資料を得ることを目的として統計法に基づき毎年実施されている指定統計調査である。

この調査は、学校数、在学者数、教員数、学校施設、学校経費等の状況を調査しているが、R&D 関係統計としては、高等教育機関の学校経費調査が利用可能である。

この学校経費調査は、国・公・放送大学学園立大学、国・公立短期大学、国立高等専門学校を対象に毎年実施されるものであり、国立の学校は、国立学校特別会計歳出予算額についての決算額を記入することとなっている。

学校経費の調査項目は、消費的支出、資本的支出及び積立金への支出から成る。

消費的支出は、(1)人件費、(2)教育研究費、(3)管理費、(4)補助活動事業費、(5)所定支払金及び(6)その他の消費的支出に大別されている。

資本的支出は、(1)土地費、(2)建築費、(3)設備・備品費(教育・研究用設備・備品費及びその他の設備・備品費)及び(4)図書購入費に大別されている。

人件費は教員(本務教員、兼務教員、外国人教員)給与及び職員(事務系職員、技術技能系職員、医療系職員、教務系職員、その他の職員)給与に細分されている。教育研究費は、消耗品費、光熱水費、旅費及びその他の教育研究費に細分されている。

### 3.3 文部省「私立学校の財務状況に関する調査」

文部省の「私立学校の財務状況に関する調査」(以下、「私学財務調査」と呼ぶ。)は、私立学校の収入及び支出の実態並びに学校法人の資産等の状況を明らかにして、国または地方公共団体が私立学校に関する諸施策を推進するための基礎資料を整備するとともに、私立学校運営の改善に役立つ資料を提供することを目的として、私立学校を対象に毎年実施されている指定統計である。

調査の対象となる収入及び支出の範囲は、当該学校法人の諸活動に対応する全ての収入及び支出並びに支払資金の収入及び支出で、学校法人会計基準に定めるところにより資金収支決算書に計上される決算額によるものとされている。

学校の支出調査票の各科目は、基本的には、学校基本調査の学校経費調査と同じである。しかし、私学財務調査では、職員給与が事務系、技術技能系などに区分されず一本化されており、学校法人の理事及び監事に支払われた報酬(役員報酬)が特記されている。また、土地・建物等に係る経費は、学校基本調査のように土地費と建築費に分離されず、施設費として一本化されている。

## 4 「学校基本調査」、「私学財務調査」と「科学技術研究調査」との関係

### 4.1 「学校基本調査」と「科学技術研究調査」との関係

学校基本調査は、3.2に説明したとおり、調査項目が科学技術研究調査と近似しており、従って、科学技術研究調査の「内部使用研究費」に対応するデータを費目別に次のようにあてはめてみると、学校基本調査の中から科学技術研究調査と同じような「教育研究費」のデータを抽出することができる。

- (1) 「人件費」は、教育・研究関係人員の給与を算出することとし、教員及び技術技能系・教務系職員の給与の合計とする。従って、全人件費から事務系・医療系職員及びその他の職員の給与を除いたものとする。
- (2) 「原材料費」は、ぴたりと当てはまる区分がないが、ほとんどすべて消耗品であろうと推定されるので、教育研究費のうちの消耗品費をこれに当てる。
- (3) 「有形固定資産購入費」のうち「土地・建物等」は、土地費及び建築費とする。「機械・器具・装置等」は、教育・研究用設備・備品費とする。
- (4) 「その他の経費」は、教育研究費のうちの光熱水費、旅費及びその他の教育研究費並びに図書購入費とする。

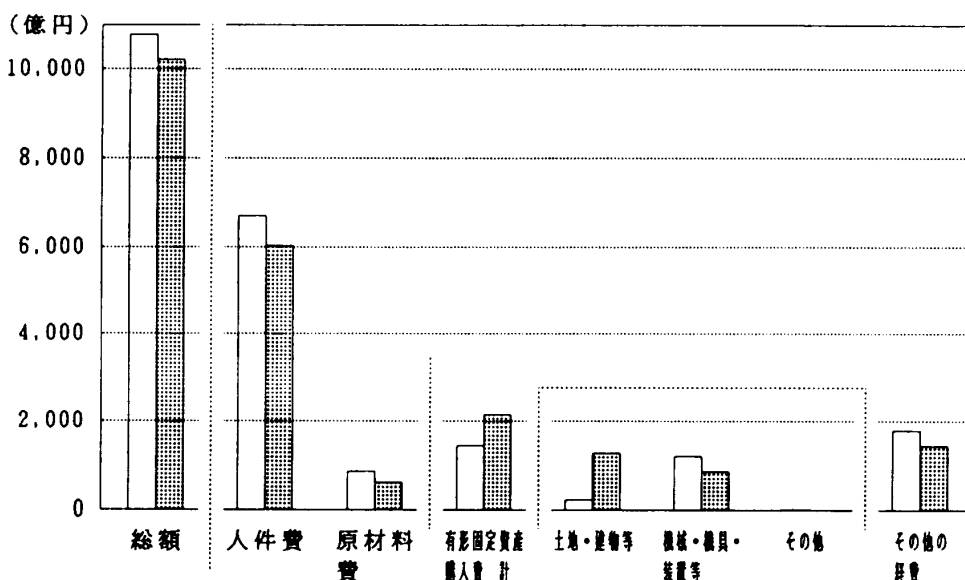
こうして抽出した教育研究費のデータが表2である。統計の関係上、国立(学部及び附属病院、短期大学、附置研究所、高等専門学校)についてだけ試算してみた。また、図6は、表2で得られたデータを表1の国立大学関係研究費データと比較するため、それぞれの総額及び費目別データを棒グラフで示したものである。

我が国における高等教育部門の R&D 統計再考

表 2 学校基本調査から抽出した国立大学等の「教育研究費」  
(単位: 億円)

区分	「教育研究費」総額	人件費	原材料費	有形固定資産購入費				その他の経費
				計	土地・建物等	機械・器具・装置等	その他	
(総額)	10208	6028	607	2137	1271	866	-	1436
大学及び 附属病院	9003	5238	513	1962	1222	740	-	1291
短大	152	113	7	21	9	13	-	11
附置研	602	339	68	87	8	80	-	108
高専	451	339	19	66	33	33	-	26

(注) 1. 科学技術研究調査の学部には、学部の他に大学院や学部附属病院が入っている。また、学内の部局として独立している規模の研究センターは、その他に分類されている。学校基本調査ではこれらは大学に含まれている。科学技術研究調査のその他は、高専、学内の研究センター及び大学共同利用機関等である。  
2. 原データは千円単位であるが、この表では億円単位としてある。従って、四捨五入の関係で合計が一致しない場合がある。



(注) 1. □は、科学技術研究調査の「研究費」のデータ。  
2. 斜線は、学校基本調査から抽出した「教育研究費」のデータ。

図 6 国立大学の「研究費」と「教育研究費」

学部及び附属病院、短期大学、附置研究所、高等専門学校のそれぞれの研究費が、9,003 億円、152 億円、602 億円、451 億円という結果となった。国立大学全体では、10,208 億円となっている。

学校基本調査の学校経費調査では、国立学校は、国立学校特別会計歳出予算額についての決算額を記入することとなっている。従って、科学技術研究調査の研究費に対応する大学関係の教育研究関係経費としては、上掲表 2 のほかに、一般会計から支出される科学研究費補助金などの経費を追加しなければ正確とはならない。科学研究費補助金の平成 4 年度決算額は、614 億円であるので、これらの約 8 割が国立大学等に配分される [2] と仮定して、学校基本調査から得られた 10,208 億円に 491 億円を加えると、10,699 億円となり、科学技術研究調査の国立大学等の研究費の 10,777 億円に限りなく近い値となる。

なお、さらに厳密に比較をするためには、査対象機関の範囲について検討を加える必要がある。科学技術研究調査の「その他」には、高専、学内の研究センター等の外に、大学共同利用機関が入っているが、学校基本調査では、大学共同利用機関の経費は調査対象に入っていない。このため、正確にはこの関係の経費(平成4年度の総経費は約670億円と推定される。しかし、研究費額は不明。)を学校基本調査のデータに追加する必要がある。

図6を参考にして、これらの比較を費目別に検討してみると、「人件費」は、学校基本調査の方が672億円少ない結果となっている。これは、今回の試算で学校基本調査の人件費から除外した事務系職員等の中に若干ではあるが、研究を直接サポートするような人員がいて、科学技術研究調査ではこれらの人々の人件費が算入されていることや一般会計の科学研究費補助金から支出されるアルバイト人員の人件費が学校基本調査には算入されていないことなどによるものと思われる。

「原材料費」については、学校基本調査の方が約250億円少なくなっている。これは、学校基本調査では科学研究費補助金から支出される原材料費分や共同利用機関等の原材料費が抜け落ちていることが原因と思われる。

「土地・建物等」については、科学技術研究調査と学校基本調査とで金額が大きく異なる結果となっている。科学技術研究調査が「研究部門と教育部門とに分けて算出することが困難な場合には、合理的あん分方法によって金額を算定」するように指示しているから、教育分と研究分とが合理的に按分された結果だと見なすにはあまりに金額の開きがある。

この主たる原因は、科学技術研究調査は大学等の各部局を調査単位とし、従って、各部局の判断で回答しているのに対し、学校基本調査は大学等の本部が取りまとめて正確に回答していることに由来する。一般に、数百万円以上の規模の土地・建物等の経費は、部局に特別の担当係が置かれている場合を除いて、部局単位では処理できず、本部事務局の施設担当部署が処理している。従って、各部局が本部事務局と連絡をとらないかぎり、この種の経費は部局からは報告されないもので、こうした違いが生じることとなる。

なお、学校基本調査の経費は、細かく区分され基本的には教育研究費と管理等関係費は分離されているのだが、土地・建物等の経費についてはこれらが分離されていないため、管理等関係部分が混入した分さらに多額になっている。

#### 4.2 「私学財務調査」と「科学技術研究調査」との関係

私学財務調査の中からも、学校基本調査のケースと同じように考え、次のようなデータの対応により、科学技術研究調査の内部使用研究費に対応する「教育研究費」のデータを抽出することができる。

- (1) 私学財務調査の場合は、3.3に説明したとおり、人件費のうち、職員に係る部分が学校基本調査のように区分されていないので、「人件費」相当額は、教員給与のみとする。
- (2) 原材料費は、学校基本調査と同じように考え、教育研究費のうちの消耗品費とする。
- (3) 「有形固定資産形成費」のうち「土地・建物等」は、施設費とする。「機械・機具・装置等」は、学校基本調査と同じように教育研究用設備備品費とする。
- (4) 「その他の経費」は、教育研究費のうちの光熱水費、旅費交通費及びその他並びに図書購入費とする。

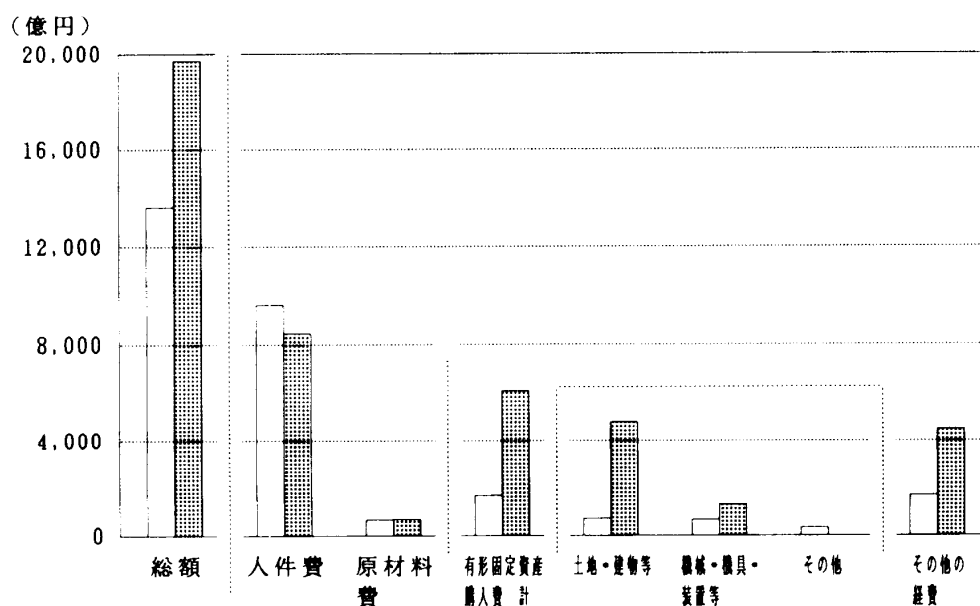
我が国における高等教育部門の R&D 統計再考

こうして抽出した私立大学関係「教育研究費」データは、表3のとおりとなる。また、図7は、表3で得られたデータを表1の私立大学関係研究費データと比較するため、それぞれの総額及び費目別データを棒グラフで示したものである。

表3 私学財務調査から抽出した私立大学等の「教育研究費」  
(単位:億円)

区分	「教育研究費」総額	人件費	原材料費	有形固定資産購入費				その他の経費
				計	土地・建物等	機械・器具・装置等	その他	
(総額)	19694	8426	693	6080	4784	1296	-	4494
大学	16264	6803	613	4924	3783	1141	-	3924
短大	3409	1607	80	1155	1001	154	-	567
高专	21	17	1	1	0	0	-	3

(注) 1. 私学財務調査には附属病院及び附置研究所の区分がない。  
2. 原データは千円単位であるが、この表では億円単位としてある。従って、四捨五入の関係で合計が一致しない場合がある。



(注) 1. □は、科学技術研究調査の「研究費」のデータ。  
2. ■は、私学財務調査から抽出した「教育研究費」のデータ。

図7 私立大学の「研究費」と「教育研究費」

私学財務調査の中から抽出したデータでは、土地・建物等の金額が学校基本調査以上に大きく異なり、総額として科学技術研究調査の研究費を上回る大きな原因となっている。しかし、大筋ではこれらの抽出したデータにより科学技術研究調査の数字を説明できる。

「人件費」が科学技術研究調査より1,150億円少なく算出されたのは、学校基本調査と同じ理由によることに加えて、研究に関係する技術技能系や教務系の職員の給与を学校基本調査と同じように算出できないことに起因すると考えてよい。

また、「土地・建物等」の額が、科学技術研究調査と私学財務調査とでは大きく異なる結果となっているが、この原因も基本的には学校基本調査から抽出されたデータと同じと考えてよい。施設関係経費の経理担当が部局にあるかどうか起因し、科学技術研究調査が各部局単位で回答しているのに対し、私学財務調査が大学等の本部で取りまとめて回答しているために生ずるものと考えられる。

なお、「その他の経費」も科学技術研究調査の値と大きく異なっている。これは、主として私学財務調査の「教育研究費」の「その他」が大学で2,792億円、短大で370億円算出されていることに起因する。この「その他」は、調査票からは何に当てられた経費か特定できないが、消耗品費、光熱水費、旅費交通費、奨学費、修繕費、医療材料費以外の教育研究費となっており、必ずしも研究費に該当するものが多いとは限らないであろう。

## 5. 考察

このように比較してみると、総務庁の科学技術研究調査の内部使用研究費の統計データは、文部省の学校基本調査や私学財務調査から抽出されたデータによって土地・建物等を除いて、特に人件費、原材料費について、ほぼ同じデータをつくり出すことができることがわかる。このことは、「研究費」の調査結果と「教育研究費」の調査結果が等しいという奇妙な現象を示している。

科学技術研究調査は、「研究費」に関する統計であり、調査票では「研究部門と教育部門とに分けて算出することが困難な場合には、合理的あん分方法によって金額を算定し記入してください。」とされているにもかかわらず、実際の回答は、按分されないままほとんど全額が計上されていると見ることができよう。

今回の考察では、2.に記載した科学技術研究調査のナゾについて逐一論述する余裕はないが、全体としては、科学技術研究調査の「研究費」が教育費その他相当分を多く含んでいるため、かなり過大評価されたものとなっていることがわかった。

また、「土地・建物等」については、科学技術研究調査が各部局を調査単位としていることにより、かなりの調査もれが生じていると考えられるが、文部省統計の中には、研究分のほかに教育や診療並びに管理関係分が含まれているので、文部省統計から研究分だけを取り出すとすれば、原データほどの開きはなくなると考えてよいだろう。

本来、大学等の経費は、研究のためにも教育・管理等のためにも使用される。従って、大学等のR&D統計を作成するためには、大学等の経費のうち研究に支出された分だけを取り出す必要がある。OECDの科学・技術活動を測定する標準となっている「フラスカチ・マニュアル」では、こうした按分を各国の統計に求めている。

それでは、どのようにしたら正確なR&D統計が算出できるのだろうか。それぞれの統計には、対象となる機関の範囲や算出の方法が異なるので、結果としてデータも異なるのは当然である。総務庁の科学技術研究調査は、それが国公立をすべてカバーしている点などで他の文部省調査より利用価値が高い。また、この統計は、我が国のR&D統計としてOECDに報告されているので、この科学技術研究調査を基礎とし、これを補正することにより正確なデータを算出するほうが現実的である。OECDでも、その方法は明らかにされていない[3]ものの、国際比較の便宜のため、事務局が独自の方法で我が国の高等教育部門のR&D統計を補正して発表している[4]。

科学技術研究調査では、研究費と教育費等が分離されていないことがわかったので、このデータを基礎として国際比較のできるデータを創り出すのであれば、適当な按分比を設定することにより過

## 我が国における高等教育部門の R&D 統計再考

大評価されたデータをデフレートすることが必要である。

人件費については、「フラスカチ・マニュアル」で説明されているような Time-budget survey という調査方法 [5] 等を用いて、フルタイム換算 (Full-time equivalence) 係数を求め、本務研究者の人件費にその係数を乗じて求める方法を採用するのがよい。

土地・建物等を除く原材料費その他の経費については、それぞれについてその経費が教員の研究用に使用されたのか、学生の教育用等に使用されたのかを区分する係数を求め、科学技術研究調査のデータをデフレートする必要がある。

土地・建物等については、科学技術研究調査のデータは使えない。研究棟等の研究用スペースの面積と講義室、学生用実験室、病棟、管理棟 (事務部門のオフィス) 等教育その他用スペースの面積比率を算出し、学校基本調査及び私学財務調査のデータを補正し、科学技術研究調査のデータと入れ換えるのがよいだろう。

なお、文部省でも、科学技術研究調査データが過大評価されていることに気がついており、平成 3 年度の「我が国の文教施策」において、人件費のみを 4 割計上するなどして補正・試算した我が国の大学関連研究費データを公表している [6]。しかし、今回の考察では、人件費以外の経費についても補正を加える必要があることがわかった。

こうして、科学技術研究調査の研究費の全体の 7 割近くを占める人件費を半分以下に補正し、その他の経費も教育・管理・診療その他に支出される経費の部分を除くことができると、我が国の大学等の研究費は、全体で概ね科学技術研究調査の原データの半分程度のものであるであろう。従って、実際は、既存の統計ほど我が国の高等教育部門の研究費は多くないことがわかる。政府はもっと大学等の研究費の負担額を増やさなければならない。

### 参考文献

- [1] OECD, “Chapter 5 Measurement of Personnel Devoted to R&D, 5.3.2 Headcount data, 5.3.3 Full-time equivalence(FTE)data”, *The Measurement of Scientific and Technological Activities: Frascati Manual 1993*, pp.82-84.
- [2] 文部省, 「第 1-3-22 表 昭和 49 年度科学研究費補助金の研究機関別配分状況」, 我が国の学術, 昭和 50 年, pp.89.
- [3] 小林信一, 「わが国の大学研究費の公費負担の推計方法について」, 研究・技術計画学会第 6 回年次学術大会講演要旨集, 1991, pp.71-76.
- [4] OECD, “Notes and References”, *OECD Science and Technology Indicators Report*, No.3, 1989, pp.89.
- [5] OECD, “Annex3 Issues of Specific Relevance to the Higher Education Sector, Topic 1:Time-budget surveys in the higher education sector”, *Frascati Manual 1993*, pp.141-146.
- [6] 文部省, 「表 I-2-10 大学の研究費の国際比較」, 平成 3 年度 我が国の文教施策—世界に貢献する学術研究—, pp.56.

研究論文

アメリカにおける差異項目機能 (DIF) 研究

Study on the Differential Item Functioning Research  
in the United States

学術情報センター 孫 媛

Yuan SUN

National Center for Science Information Systems

東京家政大学 井上 俊哉

Shunya INOUE

Tokyo Kasei University

要旨

1960年代以降、アメリカではテストの公正な利用、テストバイアスが大きな関心を集める問題になっている。その間、差異項目機能 (DIF:Differential Item Functioning) の概念が生まれ、いくつものDIF分析法が提案されている。現在、DIF分析は項目バイアスを検出するための統計的道具として、テスト開発過程に欠かせないものとなっている。また、バイアス探索とは別の文脈においてもDIFの概念と分析法が役に立つこともわかってきた。

本稿ではまず、DIFが今日のように盛んに研究されるまでの経緯を概観した後、代表的なDIF分析法を関連する概念とともに展望する。ついで実際のテスト開発過程でDIF分析が適用されている現状を紹介する。最後に日本での研究の可能性を含めて、DIF分析のより広い応用について論じる。

**ABSTRACT**

In the United States, the issue of fairness or bias in educational and psychological testing has received considerable attention since 1960s. During this period, several procedures have been developed to detect differential item functioning(DIF). In a DIF analysis, each item is examined individually to determine if it favors one demographic population over another. Focal group and reference group are compared.

This study reviews various statistical methods of identifying items with potential DIF and procedures for DIF statistics estimating and statistical hypotheses testing regarding DIF. Recent studies and future issues in the United States are presented. The possibility of its further applications are also discussed.



## アメリカにおける差異項目機能 (DIF) 研究

[キーワード] テストバイアス、項目バイアス、差異項目機能 (DIF)、impact、参照集団、焦点集団、被分析項目、matching criterion、条件付確率、DIF 統計量

[Keywords] Test Bias, Item Bias, Differential Item Functioning(DIF), Impact, Reference Group, Focal Group, Studied Item, Matching Criterion, Conditional Probability, DIF Statistics

### 1 DIF 研究の背景

#### 1.1 テストのバイアス

世の中には背の高い人もいれば、低い人もいる。背の高さの個人差は「身長」として数値化することができる。背の高さのように、目に見える個人差は測定・数値化が比較的容易でわかりやすいが、心理学では「知能」とか「学力」などと名づけられる目に見えない心理的な特性 (構成概念 construct と呼ばれる) が測定の対象になる。心理的特性の個人差を測定するための道具がテストである。テスト受験者の回答 (解答) 結果を集約した得点は、そのテストが測ろうとしている構成概念に関して、受験者間の個人差を表わすと考えられる。たとえば、受験者の「知能」の個人差を測定する意図をもって知能テストが作られる。ある知能テストで高い得点を得た人は、得点の低い人よりも「知能」が高いと解釈される。このような推論の妥当性が保証されるように、テスト作成者は注意深く問題項目を作成し、予備実験を繰り返し、不適切な項目を修正したり削除しながらテストを組み立てていく。多くのテストは、そのような地道な努力を積み重ねて作り上げられる。

しかし、念入りに作られたテストであっても、使い方によっては、得られた結果が構成概念の個人差を代表しない事態が起こりうる。極端な解釈が行なわれた例として有名なのが、1913年にニューヨーク・エリス島で移民者に対して実施された知能テストである ([14] pp.201-206, [9] pp.95-96)。これを行なった著名な心理学者 Goddard の結論は、ユダヤ人の 83 パーセント、ハンガリア人の 80 パーセント、イタリア人の 79 パーセント、ロシア人の 87 パーセントが精神薄弱 (精神年齢 12 歳以下) であるというものだった。しかし、知能テスト (検査者と受験者が対面して行なわれる Binet 式知能検査であった) が英語で実施されたことを考えると、新大陸に到着したばかりで英語が堪能でない受験者は問題の意味を把握できず、実際よりも相当低い「知能」を持つと判断されたものと思われる。

この例のように、“テストが測定しようとしている構成概念とは別の要因のために、ある特定の受験者がテストに正答することが、他の受験者と比べて困難になり、その特定の受験者に不利な解釈が行なわれる”とき、テストはバイアス (bias) を持つという。そして、テスト全体としてのバイアスをテストバイアス (test bias)、テストに含まれる項目レベルで現われるバイアスを項目バイアス (item bias) と呼ぶ。テストのバイアスが問題になるのは、社会経済的地位 (socioeconomic status) の差、黒人か白人か、男性か女性かというような、所属集団の違いに起因する系統的差異が見られる場合である。

#### 1.2 バイアス研究の変遷と DIF

##### 1.2.1 バイアス研究の先駆

テストあるいは項目バイアスの問題は古くから意識されていた。たとえば、Binet は知能テストを開発する過程で、ある種の項目は純粋に精神能力を測るのではなく、家庭や学校における訓練の程度を測っていることに気がついていた ([5] pp.317-318, p.341)。

バイアスに関する本格的な研究の先駆として、シカゴ大学の Eells らによるもの (1951) を挙げる  
 ことができる ([18] pp.398-400)。Eells らは、1911 年から 1947 年の間に行なわれた 9 つの研究を  
 レビューした上で、8 つの知能テストの 650 以上の項目について分析をくわえた。そして、テスト  
 項目が要求する特定の主題などについて、子どもたちの知る機会 (学習機会) に差があることを指摘  
 し、その差を示すために「テスト項目の文化的バイアス (cultural bias in test items)」という言葉  
 を使った。さらに、知能テストが知的な能力よりも文化的な経験の程度を反映してしまう項目の例を  
 挙げ、学習機会に依存する項目をテストから除くことで、集団差ではなく能力の差が正確に反映され  
 るようになると指摘している (彼らの研究は Davis-Eells Test of General Intelligence として結実し  
 た)。Eells らの研究に見られるように、全受験者中のある下位集団に対して、テストがバイアス  
 を持つかどうかを調べたり、少数派に対してバイアスを持つ項目を見つけ出して、それらの項目をテ  
 ストから取り除くことが、バイアス研究の実際的な目標になる。

### 1.2.2 バイアス研究の本格化

テストの専門家たちが本格的にバイアスを研究し始めたのは、1960 年代に入ってからである。こ  
 のころ主に研究されたのは、多数を占める白人の学生と黒人やヒスパニックの学生との間の文化的経  
 験の差に起因するバイアスである。当時、公民権運動の高まりの中で、社会的な不平等や不公正が強  
 く意識され、人種的少数派や女性の権利の擁護がひとびとの関心事であった。そうした世相を背景と  
 して、テストのバイアスが広く注目されるようになり、テストバイアスや項目バイアスの研究が活発  
 に行われるようになったのである。

テストのバイアスの有無を調べたりバイアスを持つ項目を見つけ出すために、バイアスの可能性  
 を客観的・統計的に分析する方法がこのころから数多く開発されている。その 1 つの方向として外的  
 基準に基づく方法がある。外的基準に基づく方法とは、バイアス分析の対象となるテストの外に基準  
 変数が存在する場合に使われる方法で、たとえば選抜テストのバイアスを調べるケースでは、選抜後  
 の成績が外的基準変数として使われることが多い。テストと基準変数との関係が集団別に比較され、  
 両変数の関係が集団ごとに異なる場合には、テストバイアスの存在が示唆される (外的基準にはバイ  
 アスがないことが仮定される)。

### 1.2.3 項目バイアスの探索

テストバイアスの探索法として外的基準に基づく方法はわかりやすいが、実際には外的基準を利  
 用できない場合が少なくない。そのような場合には、テストとテストに含まれる項目との関連や、テ  
 スト中の項目どうしの関連など、テストの内部構造に基づいてバイアスを探索するほかはない。こ  
 うした方法は内的基準に基づく方法と総称されるが、外的基準を必要とせず適用範囲が広いために、  
 1970 年代中ころから統計的バイアス研究の中心的位置を占めるようになっていく。

ただし内的基準に基づく方法には 2 つの限界がある。その一つは、基準となるテスト自体にはバ  
 イアスがないことを仮定している点である。内的基準に基づく方法は、テストバイアスの可能性を考  
 慮しなくてよいときに、項目バイアスを探索するために用いる道具だといえる。したがって、これら  
 の方法は、テスト開発の過程で、削除や修正を要する項目を探し出す目的で使われることが多い。

これらの方法のもう一つの限界は、集団の差が検出されたとしても、それが項目バイアスである  
 と即断することができない点にある。“テストが測ろうとしている構成概念とは別の原因のために、  
 ある特定の受験者集団と他の集団とで項目正答率が異なる”ときに項目がバイアスを持つという  
 するならば、項目バイアスを立証するには、a) “ある項目が一方の集団にとって相対的に難しい”、

## アメリカにおける差異項目機能 (DIF) 研究

b)“その難しさがテストの測定対象とは無関係な原因で生じている”ことの両方を示さなければならぬ。内的基準に基づく方法は、集団ごとに成績が異なることを示すことはできるが、その差異が生じる原因を明らかにするためには、さらに主観的・論理的な判断が必要である。集団による差異が明確に示されても、その原因が不明であったり、項目バイアスの定義が当てはまらないケースもある(たとえば、全体としては男女で成績にあまり差がない数学テストの中に、女子の成績の方がかなり悪い幾何の項目があったとする。もしその数学テストが、幾何に関する既習知識を前提とした優等生学級への選抜テストとして使われるのなら、その項目は、学生が優等生学級に入るにふさわしいかどうかを決める上で妥当なものかもしれない [8]p.211)。

### 1.2.4 DIF 概念の誕生

項目バイアスを統計的に検出する研究が1970年代を通じて盛んに行なわれるうちに、研究の主要な対象項目バイアスの定義から乖離していったように見える。たとえば、Educational Testing Service(ETS)は、1980年に「項目バイアス研究の当初の意図は、少数派集団の構成員にとって不公正な (unfair) 項目を見つけることだったが、現在は項目バイアスという言葉で定義される範囲が広がって、集団間の差一般が問題とされている」という意味の指摘をしている ([18] p.401)。また Angoff(1982[3])は、項目がバイアスを持つか否かを決めるのは人間の主観であって統計的分析はそれを補助する道具にすぎないことを強調し、統計的方法については item-discrepancy method という中立的な用語を使うように提案している。potentially biased item、differential item performance などの言葉もしばしば使われている。定義の区別を決定づけたのは、Holland and Thayer(1988[17])である。彼らは、項目の成績に現象として集団差が認められる場合と、その原因が本来のバイアスの定義に当てはまる場合とを区別して、前者を差異項目機能 (Differential Item Functioning;DIF) と呼んだ。DIF 項目がバイアス項目であるかどうかの結論を下すには、DIF の原因を判断的、論理的に検討することが必要である。

DIF という言葉はその後すみやかに受け入れられ、アメリカではここ数年 DIF の名を冠した研究が活発に行なわれている。DIF という概念と用語が受容された理由として、1) バイアスの定義と切り離された DIF の定義が研究の実情を反映しており、統計的な枠内で議論を進めるのに便利であること、2) 内的基準による項目の検討作業がテスト開発において重要な地位を占めていたこと、3) Holland らが DIF の概念だけでなく、実用性に優れた DIF 分析法である Mantel-Haenszel 法を提案したこと、4) ETS と Golden Rule Insurance Company との和解条件 (3.2.2 参照) の克服が目指されていたこと、5) DIF を探索する過程で数々の副産物が得られることがわかってきたこと、6) 1989年に DIF をテーマにした大掛かりなカンファレンスが ETS・空軍人事研究所共同主催により開かれたことなどを、挙げるができるだろう。1993年には、上記のカンファレンスの報告内容を中心にした、その名もずばり *Differential Item Functioning* [18] という書物が刊行されている。この本はカンファレンス開催時点までに行なわれた DIF 研究の集大成ともいえるものである。

## 2 DIF の分析法

項目が DIF を持つかどうかを調べるには、2つの集団における項目の成績を比較しなければならない。比較される2つの集団のうち、何らかの属性(人種、民族、性など)において多数派集団と異なり、DIF 分析の対象となる集団(白人に対する黒人、男性に対する女性など)を焦点集団 (focal

group) と呼ぶ。一方、焦点集団の成績を照らし合わせる対象となる集団 (多くの場合、多数派) を参照集団 (reference group) と呼ぶ。

ただし、2つの集団の項目成績に差があっても、その項目が DIF を持つとは限らないことに注意しなければならない。Holland and Thayer(1988 [17]) が指摘するように、集団全体における項目成績の差の中には、項目独自の特徴によって生じる差だけでなく、測ろうとしている能力 (熟達度) の差も現われる。DIF として問題になるのは前者の差だけである。本来の能力差あるいはそれに DIF の効果が複合して生じる集団全体としての成績の差は、impact という言葉を使って区別される。たとえば、ある学力テストを実施したところ、多数派集団 A と少数派集団 B とで、ある項目の正答率が大きく異なっていたとしよう。正答率の差が、テストで測ろうとする学力の差だけで説明できるならば、その項目に DIF(バイアス) があるとはいえない。学力差が生じた原因を探れば受験者集団の家庭環境の違い、学習機会の不平等などの「社会的バイアス」に行き当たるかもしれないが、これはテストのバイアスとは次元の違う問題である。このような集団差の実態を明らかにするためにも、テストを正確な情報源にしなければならない、というのがテスト専門家の認識である ([18] pp.14-17, pp.36-37, pp.393-396, pp.406-407, pp.415-417)。DIF 分析法は、impact ではなく、DIF の検出を目的とするものである。

## 2.1 集団全体における $p$ 値の比較に基づく方法

### デルタプロット法

ある項目について  $p$  値 (正答率: 受験者中その項目に正答した者の割合) を計算すれば、 $p$  値は、その項目に解答した受験者集団における項目困難度を表わすと考えられる。2つの集団で別々に  $p$  値を求めたとき、すべての項目の  $p$  値が両集団においてほぼ等しいならば、両集団は類似した母集団からの標本であると考えられる。このとき項目バイアスは問題にならない。一方、両集団で求められた  $p$  値に差があるとき、項目困難度が集団によって異なることを意味するが、テスト中のすべての項目の  $p$  値が一方の集団において一様に大きいならば、その差はテストで測ろうとしている構成概念に関する両集団の差を反映していると考えられるので、このときも項目バイアスの問題は起こらない。これに対して、2つの集団内における  $p$  値の順位が著しく異なる場合、その食い違いのもとになる項目はバイアスを持つ可能性がある。このような考え方から項目バイアスを探索するには、両集団で計算された  $p$  値の間の回帰式を求め、この回帰式から離れている項目に注目すればよい。しかし、2つの  $p$  値の間の関係はこのままでは非線形になり、回帰式を推定するのに都合が悪い。

そこで、Angoff and Ford(1973[4]) は  $p$  値を使うかわりに、累積正規関数の逆関数を使った次式によって  $p$  値をデルタ尺度と呼ばれる尺度上の値に変換することを提案した。

$$\Delta_{gi} = 13 - 4\Phi^{-1}(p_{gi})$$

ただし、 $g$  は集団を、 $i$  は項目を表わす添え字である。また、 $\Phi^{-1}(p_{gi})$  は  $p_{gi}$  を標準正規分布上の  $z$  値に換算したものである。 $p_{gi}$  が小さい (集団  $g$  にとって項目  $i$  が難しい) ほど、 $\Delta_{gi}$  は大きな値をとる。

2つの集団から求められた  $\Delta$  の値を座標にとって、各項目を平面上にプロットすれば、各集団における項目の困難度の関係を視覚的に表現することができる。プロットは右上がりの直線のまわりに

アメリカにおける差異項目機能 (DIF) 研究

並ぶが、相対的な困難度に差のある項目は、直線から離れたところにプロットされる。焦点集団のデルタ値  $\Delta_F$  の参照集団のデルタ値  $\Delta_R$  への直線回帰式を、

$$\Delta_F = b\Delta_R + a$$

と表わすことにすると、回帰直線と項目  $i$  との距離  $d_i$  は次の式で求められる。

$$d_i = \frac{\hat{a}\Delta_{Ri} - \Delta_{Fi} + \hat{b}}{\sqrt{\hat{a}^2 + 1}}$$

$d_i$  が大きな値をとるときバイアスの有無を検討すればよい (回帰係数の推定値  $\hat{a}$  と  $\hat{b}$  については、[4][3])。この方法はデルタプロット法 (delta plot approach) と呼ばれる。

デルタプロット法は概念的にわかりやすく適用しやすいことから、1970年代に広く使われた。ETSも1980年代に入るまで、この方法を利用して、項目バイアスの研究を行っていた。しかし、2集団の能力水準が大きく異なる場合にデルタプロット法を使うと、誤った結論に導かれることがある。ここでは詳しく述べないが、見出されたDIFが項目の識別力の違いによって説明されてしまう場合のあることが指摘されている。また逆に、DIFが存在するのにそれが見出されないことも起こりうる (たとえば [8] pp.209-210)。これらは集団全体で正答率を算出するかぎり避けられない問題で、デルタプロット法が現在あまり使われなくなった主要な理由である。

2.2 項目反応理論に基づく方法

項目反応理論 (Item Response Theory:IRT) は、古典テスト理論にかわって、近年活発に研究されているテスト理論である [33][19][15][16]。IRTでは、テスト項目への正答確率が受験者の潜在特性  $\theta$  (能力あるいは熟達度などと解釈できる) の関数として表わされることを仮定する。関数は項目特性曲線 (Item Characteristic Curve:ICC) または項目反応関数 (Item Response Function:IRF) と呼ばれる。ある能力尺度について2つの集団で求めたICCが異なるならば、同じ能力  $\theta$  を持つ受験者の正答確率  $P_i(\theta)$  が所属集団によって違うことを意味する。このとき項目  $i$  にはDIFがあると考えられる。

IRTは、1パラメタ・ロジスティックモデル (1PL:ラッシュモデルと同等)、2パラメタ・ロジスティックモデル (2PL)、3パラメタ・ロジスティックモデル (3PL) などのいろいろなモデルを含むが、このうち2PLのICCは、

$$P_i(\theta) = \frac{1}{1 + \exp[-1.7a_i(\theta - b_i)]}$$

で表される。 $a_i$ 、 $b_i$  は項目のパラメタで、それぞれ項目  $i$  の識別力、困難度を表わすと解釈される。1PLではすべての項目で  $a_i$  が共通と仮定し、3PLでは当て推量に関するパラメタ  $c_i$  が加わる点で2PLと異なる。2PLのICCを例にとって2種類のDIFを区別できることを示したのが、図1と図2である。

図1では2つのICCは異なっているが交差はしない。このとき、項目は能力尺度  $\theta$  の全域にわたって常に一方の集団に有利である。このようなDIFは均一DIF(uniform DIF) と呼ばれる。これ

に対して、不均一 DIF(nonuniform DIF) を示す ICC は、図 2 のように  $\theta$  尺度のどこかで交差している。両集団のどちらに有利であるかは  $\theta$  の値によって変わり、全体としての DIF はある程度相殺される。

項目反応理論に基づいて DIF を分析するには、両集団の ICC を比較する方法と項目パラメタを比較する方法がある。

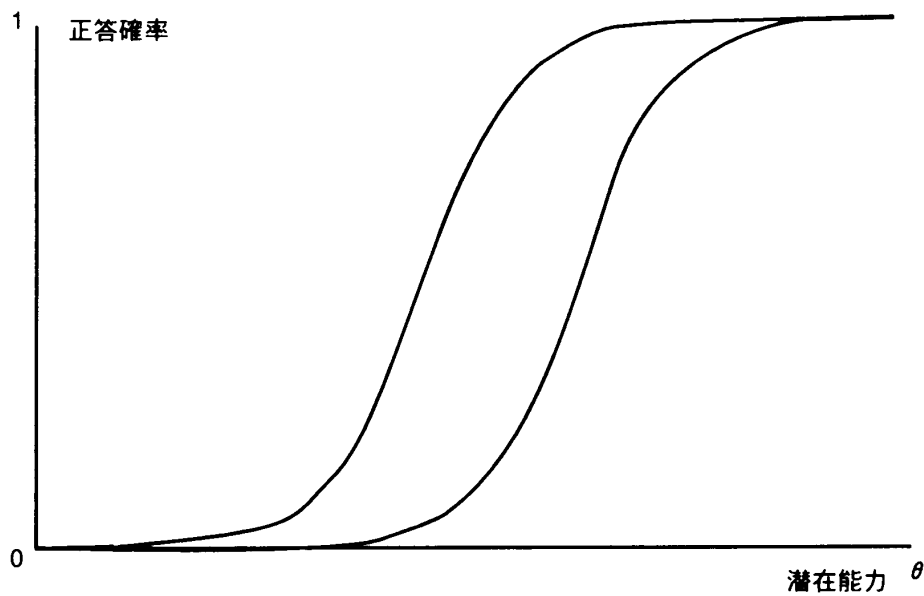


図 1 参照集団と焦点集団における項目の正答確率その 1

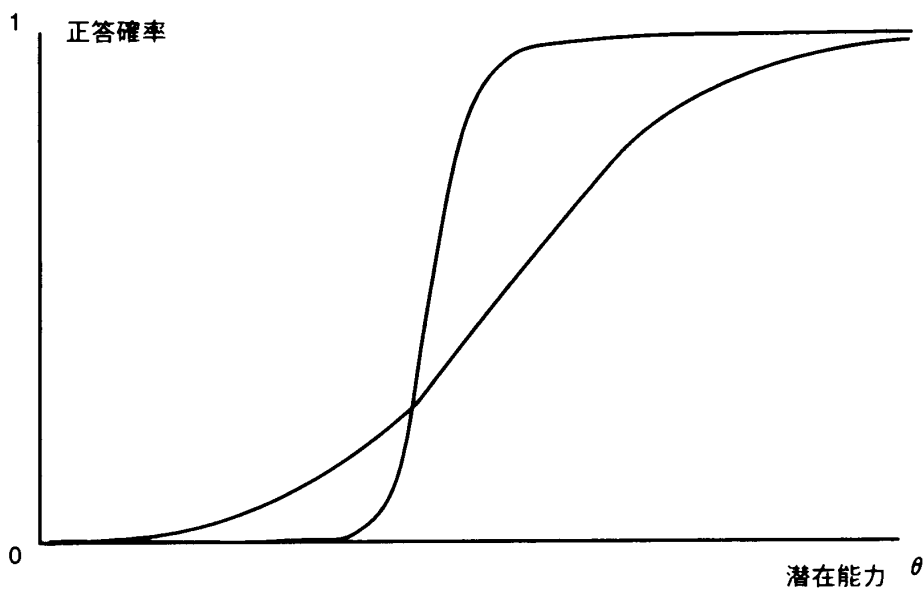


図 2 参照集団と焦点集団における項目の正答確率その 2

アメリカにおける差異項目機能 (DIF) 研究

2.2.1 ICC を比較する方法

ICC 間の面積に基づく指標

ICC を比較する方法の一つとして、集団別に求められた 2 つの ICC に挟まれた部分の面積を DIF の指標とするものがある [29]。

$$Signed-area = \int [P_R(\theta) - P_F(\theta)]d\theta$$

*Signed-area* の値が正ならばその項目は参照集団に有利、負ならば焦点集団に有利であることを意味する。図 2 のような不均一 DIF の場合、 $\theta$  の値によって参照集団が有利になったり焦点集団が有利になったりするが、このとき両集団の ICC が大きく異なっているにもかかわらず、*Signed-area* 指標は 0 に近くなることがある。このような場合に全体としての ICC の差を表わすには、次のような符号なし指標を利用するとよい。

$$Unsigned-area = \sqrt{\int [P_R(\theta) - P_F(\theta)]^2 d\theta}$$

*Signed-area* 指標と *Unsigned-area* 指標の差が大きいときには、不均一 DIF の存在が示唆される。

正答確率の差に基づく指標

ICC 間の面積に基づく指標は、能力尺度上における受験者の分布を考慮に入れていない。したがって、ある能力範囲における ICC の差が大きければ、その範囲に入る受験者が実際にはごく少数であっても DIF 統計量は大きな値を示す。焦点集団に対してバイアスを持つ項目の探索が DIF 分析の目的であるとするならば、焦点集団に属する受験者数が多い能力範囲での ICC の差が強調されるべきである。この考え方に立つ指標に次のようなものがある [6]。

$$SPD-\theta = \frac{\sum_{j=1}^{n_F} [P_R(\theta_j) - P_F(\theta_j)]}{n_F}$$

この式の分子は、すべての焦点集団構成員の  $\theta_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n_F$ ) に対応する正答確率の集団差を合計したものである。この指標は *Signed-area* 指標と同様に、不均一 DIF の指標としては不適切である。不均一 DIF の指標としては *UPD-\theta* がある。

$$UPD-\theta = \frac{\sum_{j=1}^{n_F} [P_R(\theta_j) - P_F(\theta_j)]^2}{n_F}$$

ICC の差に基づく指標の分布については、現在研究が進められているが、まだ検定法は見出されていない。そこで、交差妥当化 (cross-validation) などの経験的な方法によって、指標の大きさが評価される。

### 2.2.2 項目パラメタ推定値を比較する方法

ある項目に対する2つの集団のICCが同じならば、両集団で別々に推定された項目パラメタ値は等しくなるはずである。Lord(1980[22])は、この見地からDIFの有意性を評価する2つの検定を提案している。1つは2集団の困難度パラメタ  $b$  のみを比較するものである。

$$d_i = \frac{\hat{b}_{Fi} - \hat{b}_{Ri}}{\sqrt{VAR\hat{b}_{Fi} + VAR\hat{b}_{Ri}}}$$

ここで、 $\hat{b}_{gi}$  は集団  $g$  におけるパラメタ  $b_{gi}$  の最尤推定値、分母は両集団のパラメタ推定値の差の標準誤差である。標本が大きいとき  $d_i$  が標準正規分布に近似することを利用して、 $H_0 : b_F - b_R = 0$  の検定を行うことができる。

パラメタ  $a$  と  $b$  の差を同時に考慮に入れた次の検定は、上の検定の拡張とみなすことができる。

$$D_i^2 = \mathbf{x}'_i \Sigma_i^{-1} \mathbf{x}_i$$

ただし、

$$\mathbf{x}'_i = [\hat{b}_{Fi} - \hat{b}_{Ri}, \hat{a}_{Fi} - \hat{a}_{Ri}]$$

で、 $\Sigma_i^{-1}$  は  $\mathbf{x}'_i$  の標本分布の分散共分散行列推定値である。標本が大きいとき、 $D_i^2$  が漸近的に自由度2の  $\chi^2$  分布に従うことを利用して検定を行なう。この方法は歴史的には意味があるが、いくつかの欠点が指摘されており[15]、現在ではあまり使われていない。

項目反応理論に基づくDIFの定義は明確であるし理論的にも興味深いものであるが、実用化するには障害が多い。1) 項目パラメタ値を正確に推定するためには多くの受験者が必要であり、受験者が少ないときには得られる結論も不確かなものになる(典型的なDIF分析の応用場面では焦点集団の人数が少ない場合が多い)。2) これらの方法はデータがモデルに当てはまることを前提としている。この前提が満たされる場合には優れた方法であるが、モデルが合わない場合にはむしろ誤った結論に導かれる。3) 計算手順が複雑でコストもかかる。4) 理論自体が若干むずかしく広く一般の納得を得るのが難しいことも普及を妨げる要因であろう。以上種々の問題のために、項目反応理論に基づく方法が広く利用されているとはいえないのが現状である。

### 2.3 分割表に基づく方法

項目特性曲線を比較する方法は、 $\theta$  をある値に固定したときの条件付正答確率  $P(\theta)$  の集団差に着目したものである。これに対して、 $\theta$  のかわりにテスト得点を matching criterion として使い、 $P(\theta)$  の集団差ではなく正答率の集団差に注目する一連のDIF分析法がある。これらの方法はデータを分割表のかたちで整理して行なわれるので、“分割表に基づく方法(contingency table approaches)”という名称でまとめておく[6]。分割表に基づく方法に共通の手順は以下のようなものである。



アメリカにおける差異項目機能 (DIF) 研究

1) テスト得点をいくつかの水準に分ける (もっとも細かく分ける場合は、得点そのもの)。2) 参照集団と焦点集団のうち得点水準が同じ受験者どうしを組にして、正答と誤答の度数 (あるいは正答率と誤答率) を  $2 \times 2$  の分割表にまとめる。項目  $i$  がバイアスを持たないならば、同じ能力の受験者がどちらの集団に属していても、項目  $i$  への正答率には差がないはずである。3) 分割表のデータから正答率の差を表わす統計量を計算する。4) 項目  $i$  について組の数だけ分割表ができるが、個々の分割表から得られた統計量を合算して全能力範囲での DIF の指標が求められる。

分割表に基づく種々の手法が提案されている [30][24][25] が、現在もっともよく使われているのは、Mantel-Haenszel 法と標準化法 (standardization approach) である。

2.3.1 Mantel-Haenszel 法

Mantel-Haenszel 法は、元来は Mantel and Haenszel(1959 [23]) が癌に関する研究の中で使った方法で、医学や生物統計学の分野では、層化された集団における 2 値の出現率の比較に広く使われてきた。Holland and Thayer(1988 [17]) は、これを DIF の分析法として応用することを提案した。

参照集団と焦点集団の受験者は、テスト得点によってそれぞれ  $K$  個の下位集団に分けられる。 $j(j = 1, 2, \dots, K)$  組目の下位集団に分けられる受験者のうち、参照集団構成員の人数を  $n_{Rj}$ 、焦点集団構成員の人数を  $n_{Fj}$  人とする、彼らの正答 (あるいは誤答) 度数は、表 1 のような  $2 \times 2$  の分割表にまとめられる。

このような分割表を下位集団の数 ( $K$  個) だけ作ることができる。表 1 は、正答 (誤答) 確率が表 2 のように表わされる母集団からの標本であるとみなすことができる。

表 1: 参照・焦点集団のうち、 $j$  組目の下位集団に分けられた構成員のデータ

	被分析項目の正誤		合計
	1	0	
参照集団 (R)	$A_j$	$B_j$	$n_{Rj}$
焦点集団 (F)	$C_j$	$D_j$	$n_{Fj}$
合計	$m_{1j}$	$m_{0j}$	$T_j$

表 2:  $j$  組目の下位集団データに関する母集団パラメタ

	被分析項目の正誤		合計
	1	0	
参照集団 (R)	$P_{Rj}$	$Q_{Rj}$	1
焦点集団 (F)	$P_{Fj}$	$Q_{Fj}$	1

Mantel and Haenszel が提案し、Holland らが DIF 分析に応用した  $\chi^2$  検定の仮説は、つぎのよう  
に表わされる。

$$H_1 : \frac{P_{Rj}}{Q_{Rj}} = \alpha \frac{P_{Fj}}{Q_{Fj}}, \text{ for } \alpha \neq 1$$

$$H_0 : \frac{P_{Rj}}{Q_{Rj}} = \frac{P_{Fj}}{Q_{Fj}} \quad (\text{または } H_0 : \alpha = 1)$$

$H_0$  が真であるとき、

$$MH-\chi^2 = \frac{(|\sum A_j - \sum E(A_j)| - \frac{1}{2})^2}{\sum Var(A_j)}$$

が近似的に自由度 1 の  $\chi^2$  分布に従うことを利用して検定を行なう。ただし、

$$E(A_j) = n_{Rj}m_{1j}/T_j$$

$$Var(A_j) = \frac{n_{Rj}n_{Fj}m_{1j}m_{0j}}{T_j^2(T_j - 1)}$$

$H_0 : \alpha = 1$  が採択される時項目に DIF はないと判断し、逆に  $H_0$  が棄却されるならば DIF が存在  
すると判断すればよい。

Mantel and Haenszel は、パラメタ  $\alpha = \frac{P_{Rj}/Q_{Rj}}{P_{Fj}/Q_{Fj}}$  (共通オッズ比 common odds ratio と呼ばれ  
る) の推定量も与えている。

$$\alpha_{MH} = \frac{\sum A_j D_j / T_j}{\sum B_j C_j / T_j}$$

オッズ比は 0 から  $\infty$  までの値をとり、 $\alpha = 1$  のとき DIF がないことを意味する。さらに、Holland  
and Thayer はオッズ比の対数を取り、0 を中心とする左右対称な尺度  $\beta_{MH} (-\infty < \beta_{MH} < \infty)$  に変  
換するように提案している。

$$\beta_{MH} = \log \alpha_{MH}$$

アメリカにおける差異項目機能 (DIF) 研究

$\beta_{MH} > 0$  の場合は参照集団に有利、 $\beta_{MH} < 0$  の場合は焦点集団に有利であると解釈できる。パラメタ  $\beta_{MH}$  の検定は、検定統計量

$$z = \frac{\beta_{MH}}{\sqrt{V_{\beta}}}$$

が近似的に正規分布に従うことを使って行なう。ただし、 $V_{\beta}$  は  $\beta_{MH}$  の分散で

$$V_{\beta} = \frac{\sum T_j^{-2} (A_j D_j + \alpha_{MH} B_j C_j) [A_j + D_j + \alpha_{MH} (B_j + C_j)]}{2(\sum A_j D_j / T_j)^2}$$

長い間デルタプロット法を利用して DIF を研究してきた ETS では、 $\beta_{MH}$  を平均 13、標準偏差 4 のデルタ尺度 (Mantel-Haenszel Delta Difference: *MH D-DIF*) に変換して、DIF の大きさの指標として使っている。

$$MH\ D-DIF = -\frac{4}{1.7} \beta_{MH} = -2.35 \beta_{MH}$$

*MH D-DIF* が正ならば焦点集団に有利な項目、負ならば参照集団に有利な項目と解釈できる。ETS では *MH D-DIF* 値に基づいて、テスト項目を A, B, C の 3 つのカテゴリーに分類するが、これについては 3.1 節で述べる。

MH 法は、識別力が均質な項目が多数あるときに、優れた検定力を持っている。また、識別力が均質でなくても、受験者が多いときは頑健であることが知られている。多くの研究が行なわれ、統計的な性質がよくわかっていることは MH 法の強みである。しかし何よりも、導入が容易かつ低コストであることが魅力である。項目数、受験者数が膨大な場合もすばやく計算して DIF 項目をふるいにかけることができる ([17] には、50 項目 2500 名の受験者について、典型的なメインフレームで計算して約 10 ドルと記されている)。以上のような数々の長所ゆえに、MH 法は実際のテスト開発過程や研究に広く利用されている。

項目数が少ない場合やラッシュモデルが当てはまらない (項目の識別力が均質でない) 場合に、DIF を持たない項目を DIF 項目であると誤って判断する確率が大きくなるのが MH 法の欠点として指摘される。また、MH 法は不均一 DIF に対応できず、能力尺度のどの水準で DIF の影響が大きいかを示すこともできない。

2.3.2 標準化法

Dorans and Kulick(1986 [10]) は、2 つの集団の経験的 ICC を比較するという発想に基づく DIF の分析法を考案した。彼らの標準化 p 差 (standardized p-difference) 統計量は、テスト得点  $j$  における正答率の集団差

$$\Delta P_j = P_{Fj} - P_{Rj}$$

をテスト得点の全範囲で重み付け平均したものである。

$$STD\ P-DIF = \frac{\sum w_j \Delta P_j}{\sum w_j}$$

重み  $w_j$  としては、

$w_j = N_{Fj}$  : 得点  $j$  における焦点集団の受験者数

$w_j = N_{Rj}$  : 得点  $j$  における参照集団の受験者数

$w_j = N_j$  : 得点  $j$  における両集団の受験者総数

のいずれを用いることもできるが、得点  $j$  における焦点集団の人数が  $\Delta P_j$  に敏感に反映されるように、 $w_j = N_{Fj}$  を使うことが多い。 $STD\ P-DIF$  は  $(-1, +1)$  の値をとり、 $STD\ P-DIF > 0$  ならば焦点集団に有利な項目、 $STD\ P-DIF < 0$  ならば参照集団に有利な項目である。 $STD\ P-DIF$  が  $(-.10, +.10)$  より外の値をとる場合、その項目には注意が必要である。

標準化法はいろいろと優れた特徴を持っている。1) DIF の大きさの指標としては、オッズ比を変換した  $MH\ D-DIF$  よりも、正答率の差から導かれる  $STD\ P-DIF$  の方が解釈に適している。2) 各得点における  $\Delta P_j$  をプロットして DIF を視覚的に示すことができる。MH 法にしる標準化法にしる、求められる指標は不均一 DIF に対応できない。テスト得点によって有利な集団が入れ替わる場合、全体としては DIF が相殺されて指標値は 0 に近づくかもしれない。そのような場合にも、得点と  $\Delta P_j$  の関係をプロットすることにより、DIF の可能性を見逃さない。3) 特定のモデルに依存しないので柔軟な応用ができることも特徴である。通常の DIF 分析では正答率の集団差に着目するが、“正答”にかぎらず、あらゆる反応について標準化法を応用することができる ([18] pp.50-57)。たとえば、多肢選択項目における各選択肢の選択率の集団差の分析は、standardized distractor analysis と呼ばれる。無解答や未到達の項目についても、該当者の比率の集団差を検討することによって有益な情報が得られる [11]。このような分析を行なう場合にも、図を使った表現は大いに有効である。一方、項目数が少ないときにはテスト得点が能力尺度の代用としてうまく機能しないこと、 $p$  値が 50% から離れたところで DIF が見つかりにくいことなどが標準化法の短所として指摘される。

ETS では統計的に DIF を検出するために  $MH\ D-DIF$  を使い、見出された DIF の大きさを記述するために  $STD\ P-DIF$  を用いている。

## 2.4 そのほかの有望な方法

### 2.4.1 SIBTEST

SIBTEST (Shealy and Stout 1993 [32], [18] chapter 10) は多次元 IRT モデルから導かれた DIF 分析法で、その名 SIB (Simultaneous Item Bias) が表わすように、複数の項目の DIF を同時に分析することができる。

SIBTEST は、ターゲット能力 (target ability)  $\theta$  だけでなく攪乱能力 (nuisance ability)  $\eta$  の次元を仮定する多次元 IRT モデルに基づいている。このモデルのもとで、項目  $i$  の項目反応関数 (IRF) は一般に  $P_i(\theta, \eta)$  と表わされる。 $\theta$  がすべての項目に関与するのに対して、 $\eta$  に依存するのは一部の項目であると仮定される。ここで集団  $g$  におけるターゲット能力  $\theta$  の周辺 IRF (marginal IRF) はつぎのように定義される。

アメリカにおける差異項目機能 (DIF) 研究

$$T_{gi}(\theta) = \int_{-\infty}^{\infty} P_i(\theta, \eta) f_g(\eta|\theta) d\eta$$

ただし  $P_i(\theta, \eta)$  は項目  $i$  の IRF、 $f_g(\eta|\theta)$  は集団  $g$  において  $\theta$  を固定したときの  $\eta$  の条件付分布である。 $\theta$  の周辺 IRF が集団によって異なる場合に、項目  $i$  が DIF を持つと定義することができる。

$N$ 項目から成るテストを、ターゲット能力のみが関与する  $n$ 項目の妥当下位テスト (valid subtest) と、妥当性の欠如が疑われる  $N - n$  項目を集めた被分析下位テスト (studied subtest) に分けてから分析を行なうのも SIBTEST の特徴である (分ける方法については [34])。  $N - n = 1$  のときが通常の DIF 分析に相当する。妥当下位テストの得点は matching criterion として使われる。

$\theta$  を固定したとき、項目  $i$  に対する正答確率の集団差は  $T_{Ri}(\theta) - T_{Fi}(\theta)$  で表わされるが、SIBTEST では一般に  $N - n$  項目の DIF を同時に (これを DTF: Differential Testlet Functioning と呼ぶ) 分析するので、

$$B(\theta) = \sum_{i=n+1}^N T_{Ri}(\theta) - \sum_{i=n+1}^N T_{Fi}(\theta)$$

が求められる。さらに、 $\theta$  の全範囲における均一 DIF ([32] では unidirectional test bias) の指標を求めるために、標準化法の場合と同様の考えに基づいて、焦点集団における  $\theta$  の確率密度  $f_F(\theta)$  で  $B(\theta)$  を重み付ける。

$$\beta = \int_{\theta} B(\theta) f_F(\theta) d\theta$$

$\beta$  は焦点集団の  $\theta$  分布における  $B(\theta)$  の期待値にほかならない。

$\beta$  の推定値  $\hat{\beta}$  は以下の式で与えられる。

$$\hat{\beta} = \sum_{k=0}^n \hat{p}_k (\bar{Y}_{Rk} - \bar{Y}_{Fk})$$

ここで、 $\bar{Y}_{gk} (g = R \text{ or } F)$  は集団  $g$  の受験者のうち、妥当下位テスト得点が  $k$  である者が被分析下位テストでとった得点  $Y$  の平均、 $\hat{p}_k$  は全受験者中で得点  $k$  の受験者の割合である。集団  $g$  における得点  $k$  の受験者数を  $m_{gk}$  とすると、 $\hat{p}_k = m_{gk} / \sum_{j=0}^n m_{gj}$  と表わされる。標準化法の場合と同じように  $\hat{p}_k$  としては 3 通りのものが考えられるが、焦点集団における得点  $k$  の受験者の割合  $m_{Fk} / \sum_{j=0}^n m_{Fj}$  が使われることが多い。

ところで、焦点集団と参照集団とでターゲット能力の分布が異なる場合 ([32] はその平均の差を impact と呼んでいる)、 $\bar{Y}_{Rk} - \bar{Y}_{Fk}$  には impact も含まれてしまい、実際には DIF がないときにも  $\beta \neq 0$  が導かれるおそれがある。そこで、帰無仮説 ( $H_0 : \beta = 0$ ) が真のときに  $\hat{\beta}$  の標本分布の平均

が近似的に0となるように回帰修正を行ない(具体的な方法については [32])、 $\bar{Y}_{Rk} - \bar{Y}_{Fk}$  のかわりに修正後の  $\bar{Y}^*_{Rk} - \bar{Y}^*_{Fk}$  を使って  $\beta$  を推定する。すなわち、

$$\hat{\beta} = \sum_{k=0}^n \hat{p}_k (\bar{Y}^*_{Rk} - \bar{Y}^*_{Fk})$$

を  $\beta$  の推定値として使う。検定は、 $\hat{\beta}$  と  $\hat{\beta}$  の標準誤差  $SE(\hat{\beta})$  の比

$$Z_{sib} = \frac{\hat{\beta}}{SE(\hat{\beta})}$$

が  $H_0$  のもとで近似的に標準正規分布に従うことを利用して行なう。

1項目ずつのDIF分析だけでなく、複数の項目のDIFを同時に探索、推定できることはSIBTESTの大きな特徴である。 $\beta$ の式から明らかなように、各項目のDIFは小さくてもそれらをまとめて検定すれば、個々のDIFが増幅されてDTF(Differential Testlet Functioning)として検出されやすくなることが期待できる。しかし、被分析下位テスト中に方向が逆のDIF項目が交じる場合、あるいは多くの不均一DIF項目が含まれる場合にはDIFが相殺されてしまい、 $\beta = 0$ になる可能性もある。(Douglas et al.1993 [12])は前者の原因で生じる相殺を強い相殺(strong cancellation)、後者を弱い相殺(weak cancellation)と呼び、このような事態に対処するために、

$$\alpha = \int_{\theta} |B(\theta)| f_F(\theta) d\theta$$

を提出している。強い相殺が生じている場合には、テスト全体で見れば $\theta$ のどの水準をとっても集団差は現れないので、公正さはあまり損なわれなれないと考えることもできる。このとき $\beta = 0$ かつ $\alpha = 0$ になる。一方、不均一DIF項目が多く含まれる場合には $\beta = 0$ 、 $\alpha \neq 0$ になるが、このときは $\theta$ の水準によってどちらかの集団が不利になるので、注意が必要である。 $H_0 : \alpha = 0$ の検定は、 $H_0$ が真のとき統計量  $Z_{csib} = \hat{\alpha} / SE(\hat{\alpha})$  が標準正規分布に近似することを使って行なう。

テストデータがラッシュモデルに当てはまる場合には、SIBTESTとMH法はほぼ同等の検定結果が得られること、ラッシュモデルに当てはまらない場合(2PLや3PLが適切である場合)には、SIBTESTの方がMH法より第1種の誤りが小さくなること、シミュレーション研究によって示されている(Shealy and Stout 1993 [32], Roussos and Stout 1994[28])。ただし、SIBTESTの依拠する分布も大標本を前提としているので、受験者数が十分多くない場合には、第1種の誤りが膨らむことは避けられない。

使いやすいプログラム [34] が準備されている(現在IBM-PCおよびUNIXワークステーションに対応)こともSIBTESTの強みである。SIBTESTプログラムは探索的な分析に使われるだけでなく、多次元性を探索するプログラムDIMTESTやNOHARMと併用して、被分析下位テストを探し出した上で検定を行なうという確認的な使い方もできる。確認的に分析を行なう方が第1種の誤りをコントロールする上で優れていると思われる。

アメリカにおける差異項目機能 (DIF) 研究

SIBTEST は理論的には多次元 IRT に基づいているが、手法的にはパラメタの推定を必要とせず、MH 法に代わりうる有望な DIF 分析法として注目されている。

2.4.2 ロジスティック回帰に基づく方法

IRT に基づく DIF 分析法では、2つの集団で別々に求められた ICC を比較する。それに対して、ロジスティック回帰モデル (logistic regression model) では、能力  $\theta$  だけでなく所属集団  $g$  も説明変数に加えて項目正答確率との関係をモデル化する (Swaminathan and Rogers 1990[35])。その回帰式は

$$P(u = 1) = \frac{e^z}{1 + e^z}$$

ただし、

$$z = \tau_0 + \tau_1\theta + \tau_2g + \tau_3(\theta g)$$

によって表わされる。 $\tau_2$  は項目に対する両集団の成績の差、 $\tau_3$  は集団と能力の交互作用に対応する回帰係数である。この式で表現されるモデルをモデル I とする。

このモデルにおいて  $\tau_3 \neq 0$  のとき項目は不均一 DIF を持つと解釈できる。一方、 $\tau_3 = 0$  かつ  $\tau_2 \neq 0$  ならば項目は均一 DIF を持つ。このときのモデルは

$$z = \tau_0 + \tau_1\theta + \tau_2g$$

のように表わされる。これをモデル II とする。さらに、いかなる DIF も持たない項目については

$$z = \tau_0 + \tau_1\theta$$

のようにモデル化できる。これをモデル III とする。

DIF の検定は、モデルどうしを尤度比検定によって比較することで行なう。まずモデル I とモデル II とを比較して不均一 DIF の有無を調べる。ここで不均一 DIF が存在しない場合には、さらにモデル II とモデル III の尤度比検定によって、均一 DIF の有無を検討すればよい。これらの計算は、SAS や SPSS などの統計学パッケージを利用して簡単に行なうことができる。

ロジスティック回帰のモデル式において、能力  $\theta$  を離散変数とみなし、 $\tau_3 = 0$  とすれば、 $\tau_2$  が MH 法における対数オッズ比  $\beta_{MH}$  に等しくなる。つまり、ロジスティック回帰法は MH 法を特別な場合として含む、より一般性の高い方法だといえる。この方法が提供する検定は、均一 DIF に対して MH 法と同等の検定力を持つ一方、MH 法では検出できない不均一 DIF に対しても高い検定力を示すことが、シミュレーション研究によって明らかにされている。ただしコストは MH 法より高くつく。

ロジスティック回帰に基づく DIF 分析法は説明変数の選び方を工夫することにより、いろいろな可能性に対応できることもあって注目を集めている。

### 2.4.3 多段階採点データの DIF 分析法など

多肢選択式テストだけでなく、essay test や performance assessment が広く使われるようになるにつれて、多段階採点されたテストデータをどのように分析するかという問題がテスト研究者の関心を集めている。ここまでに挙げられた DIF 分析法は、正答か誤答の2値のみを許すテストデータを対象とするが、多段階採点に対応する DIF 分析法の研究も現われている [7][37][27]。

このほかに、SIBTEST が提供するような testlet 単位での DIF 分析の必要性も指摘されている ([18] pp.63-64)。

## 3 DIF 分析の応用

### 3.1 テスト開発過程における DIF 分析

DIF 分析の本来の目的は、バイアスを持つ可能性のあるテスト項目を統計的に探り出し、バイアスを持たないテスト (bias-free test) の開発に資することである。ETS や軍、主要なテスト会社は、テストを開発する過程で DIF 分析を利用して項目バイアスを探索している。たとえば、SAT (Scholastic Aptitude Test, ETS が作成・実施) に使われる項目は、1989年3月以降すべて DIF 分析を経ているという ([18] p.321)。DIF 分析を用いてバイアス項目を取り除く手順を、主に ETS が現在採っている方針に添って簡単に紹介する (この項は [18] chapter 17 から多くの情報を得ている)。

#### どのような集団が焦点集団になるのか

全米規模で使われ、社会的な影響力の大きい ETS のテストでは、テストが公正に利用されることがとくに重要な目標になる。したがって焦点集団になるのは、公正さがとくに問題になりうる集団、すなわちアジア系、黒人、ヒスパニック、原住アメリカ人、女性である。そのほかに最近では障害者も焦点集団として分析が行なわれる。

#### 標本の大きさはどのくらい必要か

精度の高い DIF 統計量を求めるには相当大きな標本が必要であるが、少数派集団が焦点集団として選ばれることが多いため、大きな標本を得るのが難しいケースもある。したがって標本の大きさの条件を厳しくしすぎると、DIF 分析を行えるテストが限られてしまう。DIF 統計量が不安定であっても、バイアスの可能性のある項目を探索する手掛かりは得られるという考えのもとに、ETS では DIF 分析における標本サイズの基準をあまり厳しくしていない。たとえばテスト項目の最終決定段階で DIF 統計量を使う場合には、焦点集団と参照集団合わせて 500、人数の少ない方の集団で 100 という数字が決められている。その他の場合の具体的な数値については、[18](pp.345-346) を参照のこと。

#### matching criterion として何を使うのか

DIF 分析では、焦点集団と参照集団の項目正答率を比較する前に、テストで測ろうとしている能力 (熟達度) の水準が同等になるように、両集団の下位集団どうしを釣り合わせる。このとき、その能力自体で釣り合わせるのが理想だが、現実には不可能である。ETS が利用する DIF 統計量 (MH 統計量と標準化 p 差) では、能力水準の近似としてテスト得点を matching criterion として使っている。DIF 項目をチェックするのに、その項目自身を含むテスト得点を基準として使うという循環的性質から生じる欠点を減じるために、ETS は以下のような方策をとっている。1) 技術的に実行可



## アメリカにおける差異項目機能 (DIF) 研究

能であるときには、予備的に DIF を探索して大きな値を示した項目をテストから取り除く。2) 項目削除後のテストの得点を matching criterion として項目の DIF を分析する。

### DIF データはテスト開発者にどのような形で提示されるのか

ETS のテスト開発者が検討するテスト統計量の種類と量は膨大である。そこで ETS では、MH 統計量をテスト開発者にとって解釈しやすい尺度 (*MH D-DIF*) に換算して、さらに大きさの区別が際立つように3つのカテゴリーに分けてから提示している。すなわち、

- A) “*MH D-DIF* と 0 の差は統計的に有意ではない” または “ $|MH D-DIF| < 1.0$ ”
- B) “*MH D-DIF* と 0 の差は統計的に有意で  $|MH D-DIF| \geq 1.0$ ” かつ “ $|MH D-DIF| < 1.5$ ” であるか、または 1.0 との差は統計的に有意ではない”
- C) “*MH D-DIF* は 1.0 よりも統計的に有意に大きい” かつ “ $|MH D-DIF| \geq 1.5$ ”

ETS ではテスト開発のさまざまな段階で、項目を取捨する際に、このカテゴリーを利用してゐる。たとえば、テストの最終形式作成の段階では、A カテゴリーの項目が優先的に選ばれ、C カテゴリーの項目は公正かつテスト仕様に不可欠と判断されないかぎり削除される。

### 両方向の DIF を吟味するのか

*MH D-DIF* あるいは *STD P-DIF* が負のときには焦点集団に不利、正のときは参照集団に不利であることを意味するが、焦点集団に不利な場合だけ DIF 統計量に注目するのか、あるいは参照集団に不利な場合も項目バイアスの可能性を検討するのも問題になる。対称的に使うか否かはバイアスの解釈に依存する。少数派に不利な影響を及ぼすものだけをバイアスと考えれば負の DIF 項目だけを吟味することになるし、不適切な集団間の差一般をバイアスと考えるならば、両方向の DIF を検討することになる。上の A、B、C のカテゴリー分けを見ればわかるが、ETS では DIF 統計量を対称的に利用するように決められている。(ただし、このことは両方向の DIF をまったく同等に扱うことを意味しない。[18] pp.20-21, pp.351-352, pp.408-409)。

### DIF データはテスト開発のどの段階で使われるのか

ETS ではテスト開発のさまざまな段階で DIF データが利用されている。テスト仕様の設計段階では、設計作業と DIF データの収集、分析作業との間で情報交換が行なわれ、DIF 分析の情報が仕様設計に反映される。またテストの最終形式を決定する前に予備テストを実施できるときは、得られた情報をもとに項目が選ばれる。A、B、C の3カテゴリーを参考にした項目選択の手順も具体的に決められている ([18] p.343)。小規模なテストや事前にデータが十分集められない場合には、テストを実施した後(得点の報告以前)に、カテゴリー C に属する項目(と C に近い B 項目)が吟味される。テスト結果が報告された後にも DIF 分析が行なわれることがある。この段階での DIF 分析は、DIF の原因に関する仮説の生成や確認に情報を提供する。

### DIF 統計量が大きな値を示す項目は無条件に削除するのか

大きな DIF 統計量を示す項目があるとき、その項目を機械的に削除することはできない。DIF 統計量が大きな値を示すとき、項目の多次元性が示唆されるが、それだけではバイアスの証拠にならない。指し示された多次元性がバイアスであるか否かを決めるには、付加された第2次元(集団間の差の原因)が、テストで測定しようとする構成概念と関連するか否かの主観的判断が必要である。すなわち、集団間での項目困難度の違いが、テストの目的と関係のない原因で生じていると判断されてはじめて、DIF は項目バイアスと認定される。一方、多次元性がテストの内容の一部とし

て合理的であると認められるならば、その DIF はバイアスではない (たとえば [18] pp.17-18, p.321, p.353, [6] pp.141-145, [8] p.211)。

また標本の大きさが十分でないとき DIF 統計量は不安定で、DIF のない項目で誤って DIF を検出する、第 1 種の誤りを犯す確率が高くなる。このことから、DIF 統計量の大きい項目がバイアスを持つと即断することはできない。

主観的には適切と思われる項目が大きな DIF を持っていたり、DIF の原因を特定できないケースも少なくない。不明のケースで項目を削除するか否かに関しては、削除に慎重で追跡調査の必要を唱える「保守派」と、第 2 次元が合理的であることを証明できないかぎり、大きな DIF 統計量を示す項目を削除すべきだという「リベラル派」の立場がある ([6] pp.149-151)。ETS では DIF 分析がどの段階で行なわれるかによって異なる方針で臨んでいる。たとえば、最終的なテスト項目を決めるための DIF 分析で見つかった C 項目の削除には肯定的であるが、最終形式実施後 (結果報告以前) の DIF 分析でカテゴリー C に属する項目が検出された場合には、明らかなバイアスでないかぎり軽々に項目を削除しないという方針をとっている。

項目を削除した後のテストの性質の変化についても配慮が必要だが、ETS では項目取捨に際してテスト全体としての内容的、統計的仕様を守ることを最優先の条件にしている。また、項目プール全体の項目数に比べて DIF 項目の数がごく少数であれば、影響は少ないと思われる (たとえば [18] chapter 16)。

### DIF 分析とテストバイアス

DIF 分析は bias-free test を開発するために行なわれるのではあるが、DIF 分析に頼るだけで bias-free test が完成するかどうかは疑問である。DIF の指標は、分析される項目自身を含むテストを基準として求められる。その循環的性質ゆえに、テスト全体にバイアスが浸透している場合には DIF 分析は無効であり、DIF 分析が正当化されるのは、テストが全体として偏っていないときに、テスト全体から見ると比較的少数の DIF 項目を見つけ出す目的で行なわれる場合である。しかし、どんなテストもバイアスがないことを保証することはできず、この短所は DIF 分析において避けられない本質的なものである。

DIF 分析の循環的欠陥を補うのに重要な役割を果たすのが、教科分野やテスト作成の専門家の主観である。たとえば、ETS ではテスト題材の sensitivity review (Ramsey [18] chapter 19) を行なっている。sensitivity review は、DIF 分析とは対照的にデータの収集以前に行なわれる主観的な作業で、女性や少数派集団を侮辱するような表現、ステレオタイプの表現、あるいは下品な言葉遣いなど不適切な材料をテストから取り除くことを目的としている (1980 年にガイドライン発表)。sensitivity review は DIF 分析とは独立に行なわれ、かならずしも DIF 項目を除くことが目的ではない (専門家が予測する DIF 項目は、統計的 DIF 分析で見出される DIF 項目とあまり一致しないことを示す研究もある (Engelhard 1989[13])) が、両者ともに bias-free test をめざす努力の一環として重視されている。ただし、専門家の判断についても、バイアス項目をふるいにかける効果があるのか、あるいは能力を系統的に誤って推定することになるのか、現状では必ずしも明らかではない。

以上、ETS の方針を中心に紹介したが、これらはあくまで現時点におけるものであり、DIF に関する研究が進めば今後変更が加えられる可能性もある。matching criterion の決め方、分析対象になる変数、焦点集団の定義法などについて、DIF 分析のより優れた手順が模索されている ([18] pp.61-65)。

## アメリカにおける差異項目機能 (DIF) 研究

### 3.2 DIF 分析の応用の広がり

#### 3.2.1 多次元性の指標としての DIF

DIF 分析の通常の目標は項目バイアスの探索である。しかし、すでに何度か述べてきたように、大きな DIF 統計量は項目の「ふるまい」の集団差あるいは項目の多次元性を表わすもので、かならずしも項目バイアスを示すものではない (DIF と多次元性の関連については、たとえば [1])。

項目バイアスの検出が DIF 分析の目的であるときには、第 2 特性がテストで測ろうとしている構成概念と無関係かどうかの判断に関心が集中するが、DIF の示唆する多次元性に何らかの意味を見出そうとする研究も少なくない。

Schmitt(1988[31]) は、SAT-V(Scholastic Aptitude Test-Verbal Section) における DIF 項目の特徴を分析し、ヒスパニック受験者に対する DIF の原因を探っている。彼女は “study1” において標準化法を使って DIF 項目を検出した後、それらの項目を内容分析して DIF 項目の特徴についていくつかの仮説をたてた。つぎに “study2” では、仮説に基づいて項目を分類した上で再度テストを実施して DIF 分析を行ない、想定した特徴によって集団差を説明できるかどうかを検討した。その結果、英語とスペイン語が同じ起源を持つ単語に関する項目や、ヒスパニックの興味を引く内容を含む項目はヒスパニック受験者に有利であること、英語とスペイン語で綴りが似ているけれど意味の違う単語は、ヒスパニック受験者の正答を妨げることなどが示されている。

どのような集団を比較するかについても、通常の DIF・項目バイアス分析における集団の定義法にとらわれる必要はない。それどころか、単に人口学的特徴によって集団を定義するよりも、受けている指導法の違いなどによって明確に定義する方が、DIF の解釈可能性が増すという指摘もある [21]。たとえば Miller and Linn(1988[26]) は、学習機会の差と項目成績との関連を検討している。彼らは、数学テストが内容として含むトピック (比率、平方根、不等式、…) のうち、どの領域を重点的に教えられたかによって受験者を 3 群に分け、群別に求められた項目特性曲線 (ICC) を比較している。学習機会の多い集団が有利であるという予想とは異なる結果が得られたが、黒人と白人の学生を比較したとき以上の集団差が見られ、学習経験が項目成績に何らかの影響を与えていることが示されている。

Tatsuoka et al.(1988[36]) は、受験者が使う問題解決方略に含まれる認知過程の違いに基づいて集団を定義している。分数の引き算テストの項目は、その属性によって分類された。そして帯分数どうしの引き算課題において、“帯分数を仮分数に直してから計算する受験者”は“分数部分の引き算で整数部分から数字を借りなければならない”項目で有利、“帯分数を整数部分と真分数部分に分けて計算する受験者”は、“分数部分の引き算で整数部分から数字を借りなくてよい”項目で有利という予想を立て、MH 法によって DIF 分析を行ない、ほぼ予想通りの結果を得ている。

#### 3.2.2 DIF 分析とテスト作成者の意識の変化

DIF 研究の背景には、テストの使い方を厳しく注視する姿勢がある。アメリカではテストの使い方をめぐる訴訟がときに世間の注目を集める (教育テストと訴訟の例は [20])。ETS も 1976 年に保険免許試験がバイアスを持っているとして Golden Rule Insurance Company から訴えられている。この訴訟は 1984 年に両者の和解で幕を閉じたが、その和解条件<sup>1</sup>が大きな論議を呼び、ETS が DIF

<sup>1</sup>白人と黒人の項目正答率の差の大きさに基づいてテスト編集を行なうという条件を含んでいた

分析をさらに熱心に進める一つの契機になったものと思われる ([18] pp.391-392, [6] pp.30-33)。またテストの刊行と利用に関する基準がアメリカ心理学会 (APA) などによってまとめられ [2]、強い影響力を持っている。テストを批判的に見る目が、テストの質や使い方を育てるという側面があるように思われる。DIF 分析そのものは統計的手法にすぎないが、テスト開発過程で DIF 分析が行われるようになってから、テスト作成者の意識に変化が生じたことを指摘する論者は多い。たとえば、Cole([18]p.29) は「テスト実施にたずさわる者たちは、以前よりも人種や性差の問題に敏感になっている…われわれは小さな効果について学び始めている。われわれがその効果を理解するとき、それは教育やテストにとって意味を持つようになるだろう。われわれはこの研究について、民族あるいは性による集団差に関して考えるよりも、テスト受験あるいは学習過程における個人差との関連で考えるようになるだろう」と述べている。また、Zieky([18] p.346) は「DIF を利用することによって、項目の背景や文脈が集団に与える影響に対して、テスト作成者は敏感になっている… DIF はテストの仕様のどこに改善の余地があるかを教えてくれる… DIF を利用することにより、われわれは自分たちがどんな知識、技術、能力を測ろうとしているのか、より明確に焦点づけるようになっていく。DIF 統計量を使い続けることによって、長い目で見れば、テストは今よりも妥当で公正なものになるだろう」と述べている。

これらはいくらか理想・希望を交えた感想かもしれないが、DIF が単なる統計的技術であるにとどまらず、テストの利用目的が何であるか、何を測ろうとしているのかを強く意識させ、厳しい妥当性検証を促す契機になっていることは確かだろう。

### 3.2.3 日本における DIF 研究の可能性

アメリカは、テストのバイアスに関してすでに 30 年近い研究の歴史を持つが、多くのテスト理論をアメリカから学んできた日本では、現在に至るまでバイアスあるいは DIF の研究はほとんど行なわれていない。アメリカでは人種、民族、性、社会経済的地位などの違いから起こる不平等が大きな社会問題になり、テストに対しても公正な利用が厳しく要求されるのに対して、日本ではむしろ社会の均質性が目立つからであろう。しかし、都会育ちと地方育ち、男性と女性、海外経験の有無、塾に通う子と通わない子、日本人と外国人などの集団差を子細に検討すれば、現在あるいは将来に何らかの不利益を被る集団がないとはいえない。とくに社会的な影響力の強いテストを開発・実施している機関にとって DIF 分析は無視できない課題だろう。

さらに、3.2.1 で示したように、バイアス探索以外の文脈以外にも、授業法の比較、認知過程の比較、国際比較など、DIF 分析の適用可能性は広い。新しい項目分析の手段として、日本でも応用研究が進められることが期待される。

### 謝辞

本論文の第一著者孫媛は、平成 6 年 2 月から 12 月までの 10 ヶ月間、文部省在外研究員として米国の University of Illinois at Urbana-Champaign で研究する機会を与えられました。訪問研究員として受け入れ、すばらしい環境を提供して下さった教育心理学科の Delwyn Harnisch 教授、DIF 研究の最新動向についてご指導くださった統計学部の William Stout 教授、そしてこの間様々の支援をいただいた学術情報センターの方々から感謝いたします。

アメリカにおける差異項目機能 (DIF) 研究

参考文献

- [1] Ackerman, T. A., "A didactic explanation of item bias, item impact, and item validity from a multidimensional perspective", *Journal of Educational Measurement*, Vol.29, pp.67-91, 1992.
- [2] American Psychological Association; American Educational Research Association; National Council on Measurement in Education, "Standards for educational and psychological testing", Washington, DC, American Psychological Association, 1985.
- [3] Angoff, W. H., "Use of difficulty and discrimination indices for detecting item bias", Berk, R. A., ed., *Handbook of methods for detecting test bias*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1982, pp.96-116.
- [4] Angoff, W. H.; Ford, S. F., "Item-race interaction on a test of scholastic aptitude", *Journal of Educational Measurement*, Vol.10, pp.95-105, 1973.
- [5] A. ビネー; T. シモン (Binet, A.; Simon, T.), (中野善達, 大沢正子・訳), 「知能の発達と評価 - 知能検査の誕生」, 福村出版, 1982.
- [6] Camilli, G.; Shepard, L. A., "Methods for Identifying Biased Test Items", Thousand Oaks, CA, Sage, 1994.
- [7] Chang, H.; Mazzeio, J.; Roussos, L., "Detecting DIF for polytomously scored items: an adaptation of SIBTEST procedure", *Paper presented at the 1993 AERA annual meeting*, Atlanta, Georgia, April, 1993.
- [8] Cole, N. S.; Moss, P. A., "Bias in test use", Linn, R. L., ed., *Educational Measurement*, 3rd ed., New York, American Council on Education/Macmillan, 1989, pp.201-219, (南風原朝和訳, 「テスト利用におけるバイアス」, 教育測定学・原著第3版第5章, みくに出版, 1992).
- [9] ジェイムズ・クロフォード (Crawford, J.), (本名信行・訳), 「移民社会アメリカの言語事情 - 英語第一主義と二言語主義の戦い」, ジャパンタイムズ, 1994, pp.95-96.
- [10] Dorans, N. J.; Kulick, E., "Demonstrating the utility of the standardization approach to assessing unexpected differential item performance on the scholastic aptitude test", *Journal of Educational Measurement*, Vol.23, pp.355-368, 1986.
- [11] Dorans, N. J.; Schmitt, A. P.; Bleistein, C. A., "The standardization approach to assessing comprehensive differential item functioning", *Journal of Educational Measurement*, Vol.29, pp.309-319, 1992.
- [12] Douglas, J.; Roussos, L.; Stout, W., "Using SIBTEST and crossing-SIBTEST to detect differential testlet functioning", *Paper presented at the 1993 AERA annual meeting*, Atlanta, Georgia, April, 1993.
- [13] Engelhard, G., "Accuracy of bias review judges in identifying teacher certification tests", *Applied Measurement in Education*, Vol.3, pp.347-360, 1989.
- [14] スティーヴン・J・グールド (Gould, S. J.), (鈴木善次, 森脇靖子・訳), 「人間の測りまちがい - 差別の科学史」, 河出書房新社, 1989, pp.201-206.

- [15] Hambleton, R. K., "Principles and selected applications of item response theory", Linn, R. L., ed., *Educational Measurement*, 3rd ed., New York, American Council on Education/Macmillan, 1989, pp.147-200, (野口裕之訳, 「項目応答理論の基礎と応用」, 教育測定学・原著第3版第4章, みくに出版, 1992).
- [16] Hambleton, R. K.; Swaminathan, H., "Item response theory", Boston, Kluwer-Nijhoff, 1985.
- [17] Holland, P. W.; Thayer, D. T., "Differential item functioning and the Mantel-Haenszel procedure", Wainer, H.; Braun, H., eds., *Test Validity*, Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, 1988.
- [18] Holland, P. W.; Wainer, H., "Differential Item Functioning", Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, 1993.
- [19] 池田央, 「現代テスト理論」, 朝倉書店, 1994.
- [20] Linn, R. L., "Current perspective and future directions", Linn, R. L., ed., *Educational Measurement*, 3rd ed., New York, American Council on Education/Macmillan, 1989, pp.1-10, (池田央訳, 「現在の展望と将来の方向」, 教育測定学・原著第3版第1章, みくに出版, 1992).
- [21] Linn, R. L.; Harnisch, D. L., "Interactions between item content and group membership on achievement test items", *Journal of Educational Measurement*, Vol.18, pp.109-118, 1981.
- [22] Lord, F. M., "Applications of item response theory to practical testing problems", Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, 1980.
- [23] Mantel, N.; Haenszel, W., "Statistical aspects of the analysis of data from retrospective studies of disease", *Journal of the National Cancer Institute*, Vol.22, pp.719-748, 1959.
- [24] Marascuilo, L. A.; Slaughter, R. E., "Statistical procedures for identifying possible sources of item bias on  $\chi^2$  statistics", *Journal of Educational Measurement*, Vol.18, pp.229-248, 1981.
- [25] Mellenbergh, G. J., "Contingency table models for assessing item bias", *Journal of Educational Statistics*, Vol.7, pp.105-118, 1982.
- [26] Miller, M. D.; Linn, R. L., "Invariance in item characteristic functions with variations in instructional coverage", *Journal of Educational Measurement*, Vol.25, pp.205-219, 1988.
- [27] Miller, T. R.; Spray, J. A., "Logistic discriminant function analysis for DIF identification of polytomously scored items", *Journal of Educational Measurement*, Vol.30, pp.107-122, 1993.
- [28] Roussos, L. A.; Stout, W. F., "Simulation studies of the effects of small sample size and studied item parameters on SIBTEST and Mantel-Haenszel Type I Error performance", *Paper presented at the 1993 AERA annual meeting*, Atlanta, Georgia, April 16, 1993.
- [29] Rudner, L. M.; Getson, P. R.; Knight, D. L., "Biased item detection techniques", *Journal of Educational Statistics*, Vol.5, pp.213-233, 1980.
- [30] Scheuneman, J., "A method of assessing bias in test items", *Journal of Educational Measurement*, Vol.16, pp.143-152, 1979.

## アメリカにおける差異項目機能 (DIF) 研究

- [31] Schmitt, A. P., "Language and cultural characteristics that explain differential item functioning for Hispanic examinees on Scholastic Aptitude Test", *Journal of Educational Measurement*, Vol.25, pp.1-13, 1988.
- [32] Shealy, R. T.; Stout, W. F., "A model-based standardization approach that separates true bias/DIF from group ability difference and detects test bias/DTF as well as item bias/DIF", *Psychometrika*, Vol.58, pp.159-194, 1993.
- [33] 芝祐順・編, 「項目反応理論－基礎と応用」, 東大出版会, 1990.
- [34] Stout, W. F.; Roussos, L. A., "SIBTEST User Manual", Champaign, IL, Department of Statistics, University of Illinois, 1992, (Unpublished manuscript available upon request from William F. Stout).
- [35] Swaminathan, H.; Rogers, H. J., "Detecting differential item functioning using logistic regression procedures", *Journal of Educational Measurement*, Vol.27, pp.361-370, 1990.
- [36] Tatsuoka, K. K.; Linn, R. L.; Tatsuoka, M. M.; Yamamoto, K., "Differential item functioning resulting from the use of different solution strategies", *Journal of Educational Measurement*, Vol.25, pp.301-319, 1988.
- [37] Zwick, R.; Donoghue, J. R.; Grima, A., "Assessment of differential item functioning for performance tasks", *Journal of Educational Measurement*, Vol.30, pp.233-251, 1993.

研究論文

「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 —

The Word and the Term  
— A Sketch toward the Theoretical Study of Terms —

学術情報センター 影浦 峽

Kyo KAGEURA

National Center for Science Information Systems

要旨

近年、専門用語の研究が盛んになってきており、その理論的研究は、言語学とは独立したものであるとする主張もなされている。それにも関わらず、専門用語というものの研究対象としての性格について、表面的な定義を越えて原理的に検討したものはほとんど見られない。

本論文は、こうした状況を背景に、言語学における語の位置づけとこれを巡る研究の全体的な図式を参考に、専門用語の位置づけとそれに対する研究の基本的な在り方を改めて検討することを目的とする。

ABSTRACT

Recently the importance of the study of scientific terms have been recognized, and it is sometimes claimed that the study of terms should be independent of linguistics and should constitute an independent discipline called 'terminology'. Despite the growing interest in the study of terms, there have been few works that examined the essential nature of terms.

Considering this situation, the author tries to review the nature and status of terms and how the study of scientific terms should be understood, referring to the general situation concerning the study of words in linguistics as a guide for examination.

[キーワード] 専門用語、語、言語学、専門用語学、体系、運用、共時性、通時性

[Keywords] term, word, linguistics, terminology, system, performance, synchrony, diachrony



「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

1 はじめに

20世紀初頭にソシュールは、当時の言語学の状況について次のように述べている。

(言語学は) 研究対象の本性を明らかにすることに専念したためしがないのだ。ところで、この基礎的作業を欠いては、科学は方法をつくりだすよしもないのである [1]。

言語学における当時のこうした問題を強く意識したソシュールおよび後続の研究者達により、現在、言語学は大きな成功をおさめたと考えられている。すなわち、言語学は「自然科学と人文科学の橋渡しをし、あくまで人文学的なテーマに、自然科学にしか見られないような精密さと深さとを結合させてくれるように思われ」 [2]、その結果、人文諸科学や社会科学に大きな影響を与えることとなった。例えばレヴィ＝ストロースは、言語学を「おそらく、科学の名を主張することができる唯一の社会科学、実証的な方法を明確に定式化すると同時に、みずからの分析する事実の本性を認識するにいたった唯一の社会科学であろう」 [3]と述べ、その方法論を文化人類学に援用している。

もちろん、言語学がどこまで「科学」的であるかについては意見が分れるであろう。けれども、少なくとも、言語学の諸研究においては、言語をどのように抽象しどのように扱うかについての見解の一致や相違が議論としてかみ合う程度には、整理が進んでいると言える。言葉を変えるならば、言語学における個々の研究者は、自分が何を扱い何をしているのかについて、ある程度明確に把握していると考えられる。

それでは、基本的には言語の下位集合と考えられる専門用語を研究対象とし、しばしば言語学からの独立性あるいは自律性が主張されることのある [4]、専門用語研究に関してはどうであろうか。専門用語研究の自律性が主張される場合、あるいは、専門用語を独立した研究対象として扱う立場が取られる場合、対象となる専門用語の本性について十分に考察されてきたであろうか。これに対する答えは否定的である。

実際のところ、「専門用語」の定義や特徴付けを扱った文献は多いし、また、それを巡る議論も少なくない。けれども、それらは、実は、言語学的研究で設定された言語に関する見方を前提とし、言語の一位相に観察される言語学的な要素として専門用語を捉えることを暗黙の出発点としている。これはもちろん、専門用語を言語学の研究対象として考えるならば悪くはないばかりか、当然のことである。けれども、専門用語をこのように捉えている一方で、専門用語学の独立性を主張している場合、そこで専門用語の自律的研究の主張は脆い基盤に立つものと言わざるを得ない。

そこで、本論文では、一般に「語」と言われるものの言語学における理論的位置づけや性格づけ、そして逆に語を巡る言語研究の理論的性格を参考にしながら、特に、専門用語の理論的研究を行なうためには専門用語をどのように捉えなくてはならないかという観点から、専門用語の基本的性格を検討し整理する。さらに、それに基づいて、専門用語に関する理論的な研究がどのようなかたちで成り立つかを考察することとしたい。

2 言語学における「語」の規定と理論

我々は、日常的に「語」あるいは「単語」という言葉を用いている。例えば、辞書の収録語数は何語である、この文は何語からなるなどといった場合、特に困難なく「語」という言葉を理解することができる。それにも関わらず、一旦、改めて「語とはなにか」を問題にするならば、それに答えるのは難しいし、そもそも、この質問に対して確定的に答えるかどうかすら疑わしい。実際、多くの言語学関係の研究が語の定義に言及しており、「従来からの語の定義は数百に及ぶ」 [5] ののである。

誤解を恐れずに言うならば、言語学における語の定義を考えるに当たっては、二つの軸があるように思われる。第一は、語という具体的な単位を規定する基準として定義を見ることである。例えば、ある文を語に分解するときの基準は何か、意味の広がりに対してどこまでを一語と考えるかといった点に関わって定義を見る軸である。第二は、語が言語要素として理論的にどう捉えられているかを見ることである。例えば、広い意味での語を巡る理論では、そもそも何をどのようなレベルで記述しようとしているかといった点に関わる軸である。

## 2.1 単位としての語

語という単位を巡る様々な定義を整理する場合、意味的な観点からのもの、音韻の観点からのもの、文法(機能)的な観点からのものという少なくとも三つの観点からの定義を、主なものとして認めることができる[6]。さらに、これに加えて、表記の観点からの語の定義も、主要な語の定義の一つの方法として挙げられることがある[7]。それぞれについての典型的な定義は、例えば次のようなものである[8]。

「ひとつひとつ切り離された意味の、最小で完全に満足すべき断片のひとつ」(Sapir 1921)

「休止が置かれうる点によって区切られた分節」(Hockett 1958)

「最小の自由形式」(Bloomfield 1933)

しかしながら、これらはどれも、語という単位を規定するものとして決定的なものではない。それは、上記の定義が、それぞれ精緻化される余地を残しているからではなく、むしろ、何よりも「語」そのものが、こうした諸点から規定されうる複合的な性質を持っているからと考えられる[9]。だからといって、これらの観点からの定義を統合して精緻化すれば問題が解決するわけではない。例えば Meillet は、語の複合的な性格を考慮し、意味、音韻、文法の三つの観点を総合して、語を「一定の文法的機能を担いうる、一定の音の集まりと一定の意味の結合」[10]と定義している。けれども、仮にこうしたとしても、語という単位を明確に確定することはできないし、また「語とは何かを十分に定義したことにはならない」[11]。

それでは、何故、語の定義の諸観点を統合し精緻化したとしても、語という単位を確定できず、語とは何かを十分に定義したことにはならないのであろうか。その理由は、語の定義の様々な視点が、実は、語という中立的な言語的実在を規定する観点としてあるのではなく、むしろ、その逆であることにある。もちろん、語というものは、具体的に認めることのできる単位として存在していると考えられるが、けれども、厳密に語という単位を明確にしようとするならば、語という単位を認める様々な視点の背景にある理論的な関心に応じて、言語学的な抽象単位としての語を規定することにならざるを得ないからであろう。かくして我々は、語という単位についての具体的かつ決定的な定義を求める代わりに、語についての一応のイメージを持ちつつ、語に関わるあるいは語を巡る研究の理論的な視座との関わりから語の位置づけを整理しなくてはならないことになる。語のみでなく言語そのものに関して、こうした整理を行なったことが、冒頭で述べたソシュールの言語学における重要な貢献の一つであったと言える。

## 2.2 語を巡る理論的構図

言語研究の下位部門のうち語に関連するものとして、語形成論、形態論、語彙論、意味論、統語論などがあり、それらは複雑に交錯している。さらに、どれ一つを取ってみても、異なる理論的な立場が存在し、それに応じて「論」がカバーする範囲もレベルも異なる。ここでの目的は、専門用語に

「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

ついて検討するための比較材料として理論的な枠組みにおける「語」の位置を整理することであるから、言語学の諸理論間の技術的な差異や理論の細部における差異は捨象し、語を巡る全体的な図式を捉えることを試みる。

我々は、語に関わる様々な研究態度を、まず、言語体系あるいはラングに関わる研究と、言語運用あるいはパロールに関わる研究とに区別することができる[12]。前者は、いわば、個人がある言語を習得するときに得る形式の集合を、共時的なものとして扱うのに対して、後者は具体的な言語の実現態に関わり、特定の共時態の下での言語の実現に関わる他、通時的な観点からの具体的な言語の変化などを追う研究を含むものとすることができよう。

ところで、現在では、「言語学者が言語に関心をもつという場合、それは、言語学者が主に言語体系の構造に関心をもっていることを意味する」[13]ことがほとんどであり、語に関連する研究も、ほとんどが、基本的には言語体系を扱う方向へ向かっている。言語運用に関わる研究としては、例えば、歴史的な語や語彙の成り立ちや語義変化に関するものなどを挙げることができようが、こうした研究は、基本的に共時的言語体系における「語」の理論的な位置づけを前提とし、その上に成り立っていると言える。それゆえ、次に、言語体系において語に関わる研究を整理することにしよう。

言語体系の研究で、語に関連するものは、大きく二種類に区別することができる。すなわち、もっぱら枠組みを扱う論と、枠組みと同時に内容も扱う論である[14]。枠組みを扱う論として統語論、形態論・語形成論[15]などを挙げることができ、内容も扱う論として、語彙論(語彙的意味論などを含む)を挙げる事ができよう。

統語論は、大雑把に言って、文における語の配列形式あるいは組み合わせ構造の規則を研究対象とする。その意味で、語は統語論における基本言語要素の一つであり、いわば「統語論上の原子」[16]である。可能な文をすべて具体的にリストすることが不可能である以上、統語論が枠組みの論であるのは当然であり、統語論上の原子と捉えられる語も、あくまで、枠組みを構成する要素として位置づけられる。それゆえ、統語論では、語は、個々の具体的なものとしてではなく、むしろ、いわゆる品詞に代表されるような抽象化された単位として扱われる。統語論において、語は、いわば、語から文への関数における語変数なのである。

統語論が、語を出発点として文に至る、語よりも大きな単位の構成を問題としているのに対して、形態論や語形成論は、語の単位の構成の枠組みを対象としていると言うことができる。これらが扱う基本的な対象は、語を構成する規則であり、いわば語の形を規定する枠組みである。ただし、統語論に比べると枠組みの論としての徹底性は少ない。というのも、ある語の構成の枠組みが妥当する範囲は無限ではなく、現在ある語彙の中の特定の具体的な要素に関わる場合に狭く限られることもあるからである。この点は個別の研究では非常に重要であるが、理論的立場としては、基本的に枠組みの論であると言ってよいであろう[17]。

これに対して、同じく言語体系に関わるといっても、語彙論では、内容の論としての性格が強くなる。例えば、前田は次のように述べている。

音韻論や文法論が言語の枠組みの論とも言えるのに対して、語彙論には枠組みの論としてだけでなく、内容の論としての役割が担わされているように思われるのである。音韻論や文法論が言語の形式的な面を中心に体系化されてきたのに対して、言語の意味や言語の使用と直接に関わる語彙研究が体系化されにくかったのは当然であろう[18]。

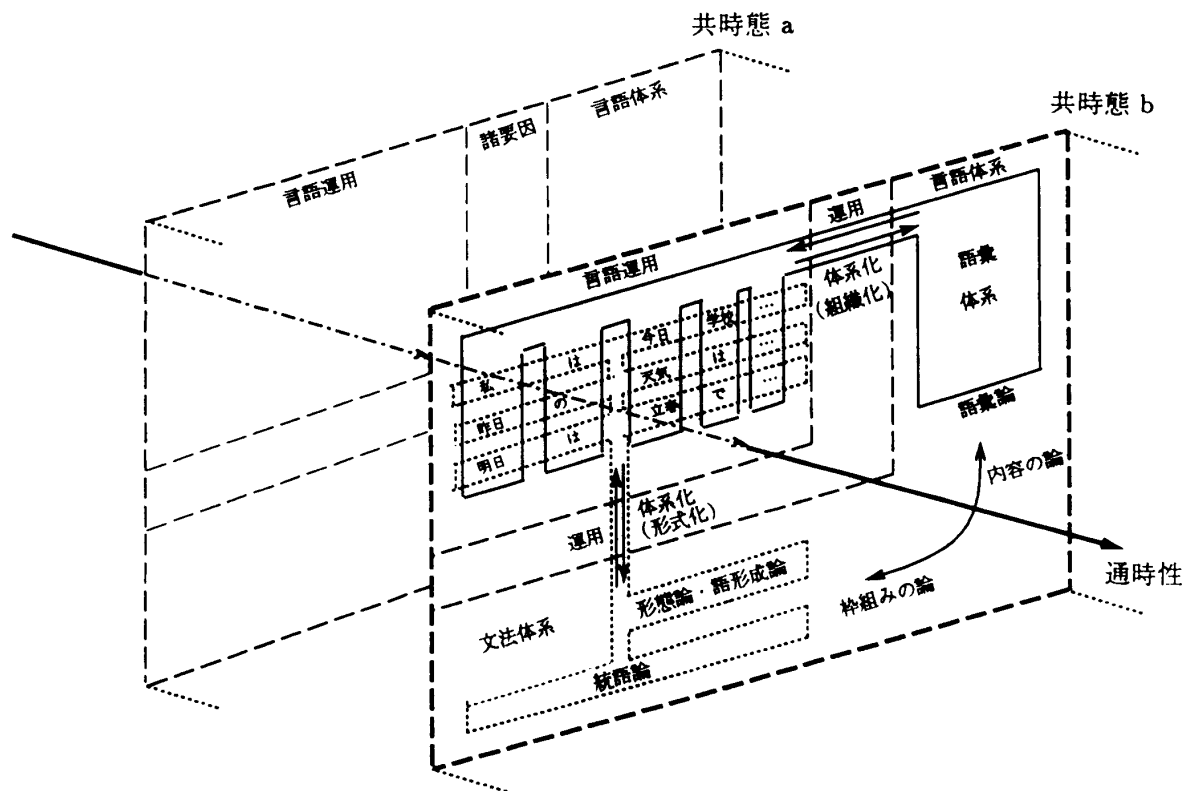


図1 語を巡る理論的構図

語彙論においては、内容の論という側面を通して、体系と運用との理論的な区別も、枠組みの論よりも容易でないのである。これは、語彙論が、Di Sciullo & Williams 言うところの登録要素 (listeme) [19] としての語、すなわち、ある言語においてすでに決まった具体的なものとして存在する語の集合を出発点としていることから来ている。

以上で述べてきたことを、全体として図式的に表わすならば、図1 のようになる。前節で簡単に触れた、単位としての語を認定するものとして定義を見たときに起こる問題は、結局のところ、図1 における様々な部門で捉えられた語というものを、再び具体的な発話の中での具体的な語の規定として統合的に還元するとき、相互のずれから生じるものと言うことができよう。

### 3 専門用語とは何か

前章で、語を巡る言語学研究諸部門の全体的構成を考慮しながら、研究対象としての「語」の位置づけを明らかにした。本章では、専門用語とは何かを明らかにすることにする。始めに、言語学において捉えられた専門用語の規定を見、次いで、いわゆる「専門用語学」を始めとする専門用語研究の立場からの専門用語の規定を検討する。

#### 3.1 言語学における専門用語

言語学の立場から、専門用語というものを定義しようと試みた文献は少ない。専門用語とはどのようなものであり、どこからどこまでを指すのか、という点について、言語研究者に意見の一致が見られるわけではないが、専門用語というものを認識する視点は共通していることが多い。すなわち、専門用語は多くの場合、特定の社会集団あるいは専門領域で用いられる語として定義されるのである。

「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

例えば、『国語学大辞典』には「専門用語」の項はないが、「専門語」の項が存在し、それは「特定の社会で人為的に作られた言語、主として語で、特に、職業や専門を同じくする人の間に使われるもの」[20]と定義されているし、『現代言語学辞典』では、「専門語」は、「ある特定の専門分野または職業に特有の言語変種で、一般に語彙にその特性がみられる」と説明されている[21]。どちらの場合でも、「語」あるいは「語彙」という言語要素を考えるならば、ほぼこれを専門用語の定義と見なすことができる[22]。

これに対して、『専門語の諸問題』では、専門用語に対する次のような二つの見方が示されている。

- 1つは、専門語と一般語とは、単語自体としてべつのものだ、とするものであり、もう1つは、この区別は観点のちがいによるもので、ふつうの単語でも、観点によって専門語になる、というものである[23]。

第一の立場は、言葉が使用される範囲から一般語と専門用語とを完全に区別しようとする方向に、専門用語を規定する観点を突き詰めたもので、一般には使用されない語が専門用語であるとする。もちろん、「一般には使用されない」という点の捉え方は段階的にずれうるから、どこまでを一般語とし、どこからを専門用語とするかも、基準の取り方によって異なってくる。第二の立場は、一般に使われるかどうかという観点でなく、専門領域の概念を表しているかどうかによって専門用語を一般語と区別する。従って、「ひらがな」のように一般に使われる語でも、例えば日本語学において厳密に用いられている場合には専門用語と考えるのである。『専門語の諸問題』では、第一の立場が言語使用、言語行動の次元で専門用語を規定するものであるとされ、第二の立場は概念のレッテルとして言語体系の次元で専門用語を規定するものであるとされている。

すでに本節の冒頭で述べたことであるが、上述の専門用語の定義は、『専門語の諸問題』の第二の立場を例外として、どれも、専門用語を、その使用との関わりで捉えている。これらに共通しているのは、次の点である。

- 言語使用や言語行動を含む、広い意味での言語の運用の観点から、専門用語の「専門」用語である所以が規定されていること。
- 「専門」性が規定された上で、言語単位としては、基本的に語の単位に注目すべきであるとされること。すなわち、様々な単位を含む専門語から語に焦点を当てて「用語」が取り出されること。

すなわち、専門用語は、語や句、文などとは別の視点から規定されるものであり、語や句、文などが基本的に言語体系の要素であるのに対して、専門用語は言語運用の相で認められる要素なのである。

### 3.2 専門用語学における専門用語

いわゆる「専門用語学」をはじめとする専門用語研究における専門用語の規定は、『専門語の諸問題』の第二の捉え方に近い。以下に、いくつかの定義をあげることにしよう。

専門用語は、一つあるいはそれ以上の概念に割り付けられた言語記号である (Felber 1984; Picht and Draskau 1985) [24]

専門用語は概念を表す単語あるいは句である (ISO 704) [25]

ある領域における特殊な指示によって特徴付けられる (言語) 要素が「専門用語」である (Sager 1990) [26]

最初の二つの定義は、明白に専門用語を概念を表すものとして定義している。実際、Felber も Picht & Draskau も、概念というものを実体的に独立したものとして定義し、それに対して二次的

に専門用語を定義している。ISOも同様の立場を取っている。Sagerによる定義では、「指示」という言葉が用いられている。Sagerによると、これは、連続的な知識の空間の一定の領域に言語記号を割り付ける作用であり、「特殊な指示」は、ある領域の専門的な知識への指示作用を意味する。従って、個々の分節化された概念ではなく、ある領域全体における専門知識との関わりで専門用語が定義される。この点で、Sagerは、専門用語の規定において、あらかじめ体系化された概念の先行性を認めることを避けているが、それ以降の議論は、専門知識を分節化した概念に展開し、それと言語記号とを結び付けるという方向に進むので、結果として他の立場と近くなっている。

【専門語の諸問題】の第二の立場も含めた、こうした立場では、意味と区別された「概念」を表わすという点から専門用語の「専門用語」である所以が定義されている。そして、「概念」は、以下のように捉えられている。

概念は個々の対象の心理的表象である。概念はたった一つの対象を表象する場合もあるが、抽象化によって共通の特性を持つ対象の集合を構成する場合もある (Felber 1984) [27]

概念は多少なりとも恣意的な抽象によって内的あるいは外的な世界の個々の対象を分類するために働く心理的構築物である (ISO 704) [28]

(概念は)体系的あるいは恣意的な抽象により対象の分類を助ける、人間の認知過程の構成物である (Sager 1990) [29]

いわば、「意味は言語のカテゴリーだが、概念は認識・思考のカテゴリー」[30]なのである。

けれども、概念をこのようなものと見るのは、専門用語研究に関わる研究者のみではない。例えば、Roth & Frisby (1986)は、認知心理学の観点から、概念を「記憶に蓄えられた、対象や実体、出来事などの心理的表象」としている [31]。心理学で「概念」という用語を用いる場合には、こうした定義が基本的である [32]。Jackendoff (1990)は言語学に属する研究であるが、彼の主張する概念意味論という理論において同様の見方をしており [33]、さらに、Schank (1976)やSowa (1984)などの人工知能関係の研究者も、概念に言及しているところでは同様である [34]。つまり、専門用語研究では、概念というものを、他の多くの領域におけると同じように捉えている、あるいは同じようにしか捉えていないのである。Felber (1984)で、概念に関わってプラトンやアリストテレスが言及されているのは、そう考えると特に不自然ではない [35]。

しかし、そうであるならば、こうした概念によって、いかにして一般的な言語要素から専門用語を取り出すことができるのであろうか。専門用語研究における専門用語の定義の中で、この点に留意しているのはSager (1990)のみであり、概念を専門用語とは独立して実体的に認める立場では、概念がいかにして理論的にも分析手続き上も「専門」概念たりうるのかをほとんど示していないし、示したとしても、概念の先行性と矛盾しないかたちでは示していない [36]。

結局、このような定義が専門用語の定義とされ、さらに、概念に基づく専門用語の分析が専門用語を対象としたものであると言えるのは、単に、常に既に前提されている専門用語を分析の対象としているからに過ぎない。奇妙なことであるが、「専門用語学」を主張する立場は、専門用語を前もって認めることができるからこそ、その範囲内で「概念を表わすものが専門用語である」と言えるのである。ここでは、実質的な専門用語の規定は回避されている。かくして、専門用語の規定について、我々は一つの解答しか持っていないことになる。すなわち、「専門用語」を言語の運用において捉えることである。

「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

4 専門用語研究の枠組み

ここで、最後の問題に移ろう。すなわち、専門用語が言語の運用において捉えられる要素であるとする、専門用語を巡る研究はどのような構成を取るかという点である。専門用語の理論研究の代表的なものとしては、専門用語の体系を対象とするものや語形成を対象とするものがある [37]。けれども、実際にそうした研究を行なったものにおいては、分析結果の提示が中心となっており、背景となる理論構成が明らかではない [38]。我々は、専門用語研究が言語学から独立かどうかといったことを議論する前に、ありうる理論的な構成の特徴を考慮しなくてはならないのである。

ここで、図1を参考に、専門用語の位置づけを考えることから始めよう。手掛かりとしてあるのは、専門用語がなによりもまず、言語運用における単位であるということである。このことは、言語学一般においては言語運用と言語体系は同時的に把握され、その理論化において理論的抽象態としての共時的言語体系が運用に先行するものとして設定されるのに対して、専門用語の研究においては、同じような「体系」のレベルは設定しえないということになる。

あるいは次のように言うことができよう。図1において、言語体系のレベルは言語運用のレベルから運用上の諸要因を捨象したところに存在する。逆に言うと、言語運用のレベルは、言語体系の一定の環境における実現と捉えられる。ところで、専門用語について言うならば、それが専門用語であるのは、常に既に運用上の諸要因が考慮されてこそである。それゆえ、運用上の諸要因を捨象して言語一般における言語体系と同じところに理論のレベルを求めるならば、それは既に専門用語に関する理論ではなく、せいぜい、たまたま専門用語を対象とした言語一般の理論ということになるのである。専門用語の理論が専門用語の理論であるためには、少なくとも、運用において関与した要因を含めた、運用に対して二次的な体系を求めることが必要である。

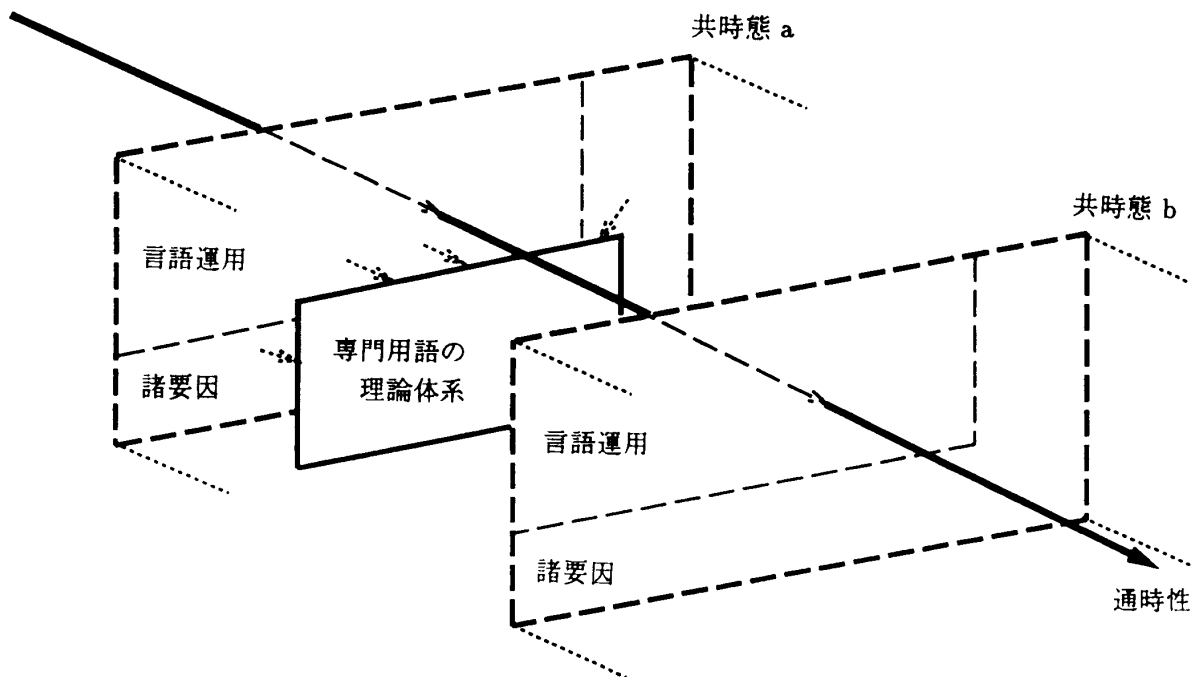


図2 専門用語を巡る理論的構図

このことは、専門用語の理論体系が、自律性を保証されないことを含意している。同時に、言語体系が共時的なものとして解釈されるのに対して、専門用語の体系は同じ意味では共時的ではなく、通時的な流れのなかでの一時的な体系として、通時的な観点において捉えられなくてはならないことになる。これらの諸点を考慮して、専門用語研究の基本的な位置づけを整理するならば、図2のようになろう。これは、特に新しい構成ではなく、言語運用の側面から言語にアプローチする場合、普通に取られる立場の一つであろう。ここで、運用を出発点とせざるを得ず、専門用語の理論としては言語体系に還元できないからといって、言語体系の研究が無関係であるわけでもない。専門用語はあくまでも言語単位であるから、他のすべての言語運用における要素と同様、言語体系に支えられている。したがって、図2は、図1に示された全体的図式の中で解釈しなくてはならない。

## 5 おわりに

専門用語に関わる諸現象についていかに体系化したとしても、それが言語体系に位置づけられることはありえないという点を考えるならば、「専門用語学」を始めとする専門用語研究の立場が、概念という言葉にこだわり、意味という言葉を避けたことには、一片の真実が反映されていたとすることができよう。というのも、現在ではほとんどの場合、意味という言葉は言語体系のカテゴリーを指すものとして用いられるからである。けれども、専門用語を巡る理論的な構図を考慮せずに、単に概念という言葉を持ち出すことは問題の解決にはならない。それどころか、単に意味と概念とを置き換え、定義において概念を思考のカテゴリーとすることによって、言語の具体的な分析をないがしろにする結果となる危険性がある。重要なのは、理論的レベルに応じた記述の形式を設けることであり、個別の定義のレベルで実体的に概念や意味と言った理論装置を区別することではない。専門用語について扱わなくてはならない様々な現象のすべてについて、言語運用を考慮した二次的な体系化がどのような記述形式をとらなくてはいけないか、今後、個別に考えていかななくてはならない [39]。

「専門用語学」の言語学からの独立性に関しては、次のように言える。すなわち、言語学というものを狭く、ライアンズの言うミクロ言語学 [40] と取るならば、専門用語の理論的な研究がそこに属しえないのは当然のことであろう [41]。一方、言語学をマクロ言語学 [42] を含めたものとするならば、専門用語研究がそこに含まれるというのもまた当たり前のことである。このことは重要ではない。むしろ、専門用語研究が必然的に置かれる次のような状況の中で、

…今のところ、言語を心理学的、社会学的、文化的、美的、神経生理学的観点(他のいくつかのもの等しく関与的な観点はもち出さないまでも)からながめるための満足の行く理論的枠組は存在しないし、また永久に存在しないかもしれないのである [43]。

部分的にであれ、専門用語の現象を記述するための理論的枠組みを求めていくこと、しかも具体的な分析を伴ったかたちでそれを行なうことこそ重要なのである。ミクロ言語学あるいは言語体系を対象とした研究との理論構成における接点や関連は、その中で必要に応じて具体化されるものであろう。



「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

注・参考文献

- [1] フェルディナン・ド・ソシュール (小林英夫訳), 「一般言語学講義」, 岩波書店, 1972,  
(Saussure, Ferdinand de., “Cours de Linguistique Générale”, Charles Bally et Albert Sechehaye, 1949.), p.12.  
ソシュールがここで直接に言及しているのは、比較文法学派であるが、当時の状況は、それがほぼ言語学の全てであったとさえいえるものであった。
- [2] フレデリック・J・ニューマイヤー (馬場彰、仁科弘之訳), 「抗争する言語学」, 岩波書店, 1994, (Newmeyer, F. J., “The Politics of Linguistics”, Chicago, University of Chicago Press, 1986.), p.6.
- [3] クロード・レヴィ＝ストロース (荒川幾男他訳), 「構造人類学」, みすず書房, 1972,  
(Lévi-Strauss, Claude., “Anthropologie Structurale”, Paris, Librairie Plon, 1958.), p.37.
- [4] 言語学からの独立性を強調する傾向は、特にウィーンを中心とする専門用語研究グループに顕著であり、ここでは、専門用語研究は「専門用語学」(ターミノロジー)という独自の研究分野であると主張される。例えば  
Felber, H., “Terminology Manual”, Paris, Unesco and Infoterm, 1984, 426pp.  
尾関周二、クリスティアン・ガリンスキー編著, 「ターミノロジー学」, 京都, 文理閣, 1987, 183pp.  
など。
- [5] 田中春美他, 「現代言語学辞典」, 成美堂, 1988, p.727, 「word 《語》」の項。
- [6] 田中春美他, 「言語学のすすめ」, 大修館, pp.53-55, 1978.  
田中他, 「現代言語学辞典」, *op. cit.*, p.727.  
富盛伸夫, 「語彙論」, 崎山理編, 言語学要説 (上)(講座日本語と日本語教育 11), 明治書院, 1989, pp.162-166.
- [7] 大塚高信、中島文雄監修, 「新英語学辞典」, 研究社, 1982, pp.1303-1304, 「word」の項。  
西尾寅弥, 「現代語彙の研究」, 明治書院, 1988, 398pp.
- [8] Sapir, E., “Language : An Introduction to the Study of Speech”, New York, Hourcourt Brace & World, 1921, 258pp.  
Hockett, C. F. A., “Course in Modern Linguistics”, New York, Macmillan, 1958, 621pp.  
レオナルド・ブルームフィールド (三宅鴻、日野資純訳), 「言語」, 大修館, 1969, (Bloomfield, L., “Language”, New York, Henry Holt, 1933.), pp.231-232.  
ただし、Sapir と Hockett の定義は、  
富盛, *op. cit.*, p.165.  
からの再引用。
- [9] 実際、例えば、アメリカ構造主義言語学では、その方法論に合致するより厳密な単位として形態素を一次的なものとするが多かった。けれども、それによって語という単位が言語学上の単位として不適切なものとして破棄されたわけではないし、語に関わる言語の諸研究が不要になったわけでもない。
- [10] Meillet, A., “Linguistique Historique et Linguistique Générale II”, Paris, Champion, 1936, p.9.

- [11] 田中他、「言語学のすすめ」、*op. cit.*, p.54.
- [12] この区別自体は広く受け入れられているが、その範囲規定には揺れがある。特にソシュールのラングとパロールを巡っては次を参照。  
ソシュール, *op. cit.*  
J. カラー (川本茂雄訳)、「ソシュール」、岩波書店、1992、(Culler, J., “Saussure”, London, Fontana, 1976.), 211pp.  
丸山圭三郎、「ソシュールの思想」、岩波書店、1981、352pp.  
丸山圭三郎、「言葉とは何か」、夏目書房、1994、205pp.  
G. ムーナン (福井芳男他訳)、「ソシュール」、大修館、1970、(Mounin, G., “Saussure ou le Structuraliste sans le Savoir.”, Paris, éditions Seghers, 1968.), 262pp.  
より一般的な体系と運用との区別については、次を参照。  
ジョン・ライアンズ (近藤達夫訳)、「言語と言語学」、岩波書店、1987、(Lyons, J., “Language and Linguistics : An Introduction”, Cambridge, Cambridge University Press, 1981.), 399pp.  
影浦峯、「複合専門用語の語形成研究を巡って」、書誌索引展望、第18巻、第3号、1994、pp.14-15. (注25)
- [13] ライアンズ, *op. cit.*, p.12.
- [14] 「枠組みの論」と「内容の論」という言葉は、次の文献による。  
前田富祺、「語彙総論」、「日本語の語彙・意味(上)」(講座日本語と日本語教育 11)、玉村文郎編、明治書院、1989、pp.1-22.
- [15] 語形成論という言葉は、具体的な語の成り立ちを歴史的に追うといった、運用の論を含めるかたちで使う場合もあるが、ここではそれは語形成論から除外しておく。本論文での用法とはほぼ同じ意味で「語構成論」が用いられることも多い。
- [16] Di Sciullo, A. M.; Williams, E., “On the Definition of Word”, Cambridge, Mass, MIT Press, 1987, p.1.
- [17] 形態論・語形成論における語の位置づけに関しては、  
Di Sciullo & Williams, *op. cit.*  
斉藤倫明、「現代日本語の語構成論的研究」、春日部、ひつじ書房、1992、346pp。  
が整理された議論を展開している。また、  
Selkirk, E. O. “The Syntax of Words”, Cambridge, Mass, MIT Press, 1982, 136pp.  
影山太郎、「文法と語形成」、春日部、ひつじ書房、1993、395pp。  
は、語の位置づけを巡る直接の議論は少ないが、語を捉える理論的な立場は明確である。  
これらそれぞれの理論的立場や研究目的を詳細に比較すると、相異は無視できないほど大きい  
が、それにも関わらず、本論文の文脈に置くならば、いずれの場合も、枠組みの論としての  
研究を想定していると言ってよいように思われる。
- [18] 前田, *op. cit.*, p.2.
- [19] Di Sciullo&Williams, *op. cit.*, pp.3-21.
- [20] 野元菊雄、「専門語」、国語学会編、国語学大辞典、東京堂、1980、p.562.
- [21] 田中他、「現代言語学辞典」、*op. cit.*, pp.673、「technical term 《専門語》」の項。

「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

[22] 単位としては句となる専門用語もあるが、これらについては、多くの場合、語彙化されていると考えることができる。もちろん、完全にそう言いきれわけではないし、この問題はそれ自体おもしろいものであるが、本論文の主旨からは副次的であるし、また、事実上、専門用語と見なされているもののほとんどは語の単位に相当するので、ここではとりあえず、専門用語は言語単位としては語であるとして話を進める。

なお、この点に関しては、

国立国語研究所、「専門語の諸問題」、秀英出版、1981、pp.5-9  
に簡潔な議論がある。

[23] *Ibid.*, p.1.

[24] Felber, *op. cit.*, p.168.

Picht, H.; Draskau, J., "Terminology: An Introduction", Surrey, University of Surrey, 1985, p.96.

[25] ISO, "Principles and Methods of Terminology(ISO 704)", Geneva, International Organization for Standardization, p.8.

[26] Sager, J. C., "A Practical Course in Terminology Processing", Amsterdam, John Benjamins, 1990, p.19.

[27] Felber, *op. cit.*, p.114.

[28] ISO, *op. cit.*, p.1.

[29] Sager, *op. cit.*, p.22.

[30] 国立国語研究所, *op. cit.*, p.3.

ただし、概念が「認識・思考のカテゴリー」であるならば、【専門語の諸問題】の第二の立場から捉えられた専門用語が言語体系の問題であるというのはどうしても矛盾しているように思われる。

[31] Roth, I.; Frisby, J. P., "Perception and Representation: A Cognitive Approach", Milton Keynes, Open University Press, p.19.

[32] 外林大作他編、「誠信心理学辞典」、誠信書房、1981、p.54.

大山正他編、「心理学小辞典」、有斐閣、1978、p.30.

[33] Jackendoff, R., "Semantic Structures", Cambridge, Mass, MIT Press, 356pp.

[34] Shank, R. C., "Understanding Natural Language Meaning and Intention", (*Papers in Computational Linguistics*. The Hague, Mouton.), Papp, F.; Szepe, G. eds., pp.259-292.

Sowa, J. F., "Conceptual Structures Information Processing in Mind and Machine", Reading, Addison-Wesley, 1984, 481pp.

[35] Felber, *op. cit.*, pp.102-103.

[36] この点については、本論文とは別に扱う予定であるが、ここで少し敷衍しておこう。

まず、Felber (1984) や Picht & Draskau (1985) では、ここで述べたような一般的な概念の規定から、突然、飛躍して、いつのまにか概念=専門概念であるかのように議論が進む。単純に、ここには問題などないかのように扱われるのである。

一方、「専門分野における概念構造」を先行させ、そこにおいて「概念」を見ることによって「専門」性を取り込む立場もあるが (Christian Galinski 氏との個人的な会話による)、その

場合、それが「専門用語」に、そしてそれにのみ適用可能であることがいかにして保証されるのかを突き詰めると、結局、常に既に専門用語というものの存在を前提していることによつてのみそれは可能であるという点に行き着くから、概念の先行性という主張はそもそも成り立たない。「専門用語は専門概念を表わす」とは言えても、「専門概念を表わすのは(すべて)専門用語である」とは言えないのである。

専門用語の研究の一応の独立性とまとまりとを認めながら、この点を少なくとも技術的にであれ考慮したのは、筆者の見る範囲では Sager (1990) のみである。ただし、皮肉なことに、Sager (1990) は、「学」としての「専門用語学」というものを認めていない。

[37] Picht & Draskau, *op. cit.*, pp.29-35.

[38] これは、純粋に運用レベルでの特徴記述に留まった研究および理論的にはトリビアルな特徴の指摘に留まるもの以外のほとんどすべてにあてはまる。例えば、以下である。

Sager, J. C.; Kageura, K., "Concept Classes and Concept Structures", *Actes de Langue Francaise et de Linguistique*, vol. 7, 1994, pp.191-216

Pugh, J. M., "A Contrastive Conceptual Analysis and Classification of Complex Noun Terms in English, French and Spanish", University of Manchester, 1984, 344pp, PhD Thesis.

Kageura, K., "A Conceptual Analysis of Japanese Complex Noun Terms with Special Reference to the Field of Documentation", University of Manchester, 1993, 271pp, PhD Thesis.

[39] 例えば、語形成に関する、専門用語と一般語との可能な記述の形式の相違に関しては、影浦、*op. cit.* を参照。

[40] ライアンズ、*op. cit.*, p.36.

[41] 影浦、*op. cit.*, p.10.

[42] ライアンズ、*op. cit.*, pp.36-37.

[43] *Ibid.*, p.37.

研究論文

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

Medical Free-terms-thesaurus for “Clinical case reports database”

有限会社 T 辞書企画 田代 朋子

Tomoko TASHIRO

T-JISHO KIKAKU

株式会社平和情報センター 佐々木 仁

Hitoshi SASAKI

Heiwa Information Center Co. Ltd.

東大病院 大江 和彦

Kazuhiko OHE

University Tokyo Hospital

学術情報センター 木村 優

Masaru KIMURA

National Center for Science Information Systems

学術情報センター 熊淵 智行

Tomoyuki KUMABUCHI

National Center for Science Information Systems

### 要旨

医学雑誌に報告される臨床症例を全文データベース化した「臨床症例データベース」を精度良く検索するために医学用語シソーラスを作成した。このシソーラスは従来のシソーラスと異なり文献中に出現する自由語をそのまま収録したものであり、仮に「自由語シソーラス」と呼ぶことにする。本シソーラスにより自由な語から網羅性の高い検索を行うことができる。

### ABSTRACT

We developed a medical term thesaurus for “Clinical case reports database”, which is a full text database of clinical case reports. This thesaurus consists of free terms appeared in the clinical reports, and was named “free-terms-thesaurus” temporarily. We can retrieve the database more exhaustively using free terms.

[キーワード] シソーラス、自由語、自由語シソーラス、臨床症例報告、医学用語、全文データベース

[Keywords] thesaurus, free terms, free term thesaurus, clinical case report, medical terms, full text database

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

1. はじめに

従来のシソーラスはデータベース検索時の代表用語(統制語)を定め、さらに用語間の同義関係、上下関係を整理することにより、検索の網羅性を上げるために用いられる。しかし、統制語の選択、複合語の分解基準などが定められているために、検索する場合には逆にそのルールを熟知し、統制語を参照しながら検索しないと精度のよい検索ができない。さらにデータベース作成時においても、統制語を付与してゆく作業が必要となる。このようにシソーラスの作成、活用のための作業は煩雑である。しかし、用語を統制して検索を行わないと網羅性の高い検索ができないこともまた事実である。

学術情報センターで構築している全文データベース「臨床症例データベース」においても、網羅性の高い検索のためにはシソーラスが必要である。しかし、全文を対象としている関係から用語の統一作業、また統制語付与作業が事実上は不可能であるので、原著論文に出現する用語をそのまま取り込み、同義語、上位語、下位語、関連語を整理したシソーラスを作成することになった[1][2]。原著出現語をそのまま取り込む点において、通常のシソーラスとはやや異なるので、仮に「自由語シソーラス」と呼び、その内容を紹介する。

2. 「臨床症例データベース」の概要

「臨床症例データベース」は国内の臨床医学分野の学協会等が刊行する学術雑誌に掲載される症例報告論文の全文データベースである[3]。9学会1出版社からの11の学術雑誌(表1)に掲載された臨床症例報告を収録しているもので、学術情報センターがデータベース化し、1993年10月から情報検索サービス(NACSIS-IR)を通じて全国の大学等の医学研究者へ提供している。このデータベースの作成にあたっては、医学・医療情報の取扱いについての専門的知識が不可欠であり、企画・作成の当初から東大病院中央医療情報部の協力を得ている。

このデータベースの特徴は、標題、著者、所属機関などの書誌事項に加え、症例報告の本文の全文を参照できることであり、さらに、主症状(患者が訴える主な症状)および主疾患(医師が診断した病名)という独自の項目が設けられ、必要な症例を速やかに検索できるようにしていることである。また、これらの項目は、医学的な専門知識を持った図書館員が論文を読んだ上で判断して入力すべき用語を論文内から選択したものである[4]。

表1 対象雑誌一覧

日本胸部疾患学会雑誌(日本胸部疾患学会)
日本小児外科学会雑誌(日本小児外科学会)
日本新生児学会雑誌(日本新生児学会)
日本産婦人科学会関東連合地方部会会報(日本産婦人科学会)
日本産婦人科学会東京地方部会会誌(日本産婦人科学会)
日本内科学会雑誌(日本内科学会)
Japanese Journal of Medicine(Internal Medicine)(日本内科学会)
内分泌興味ある症例(医学の世界社)*
Neurologia medico-chirurgica(日本脳神経外科学会)
日本泌尿器科学会雑誌(日本泌尿器科学会)
臨床血液(日本臨床血液学会)

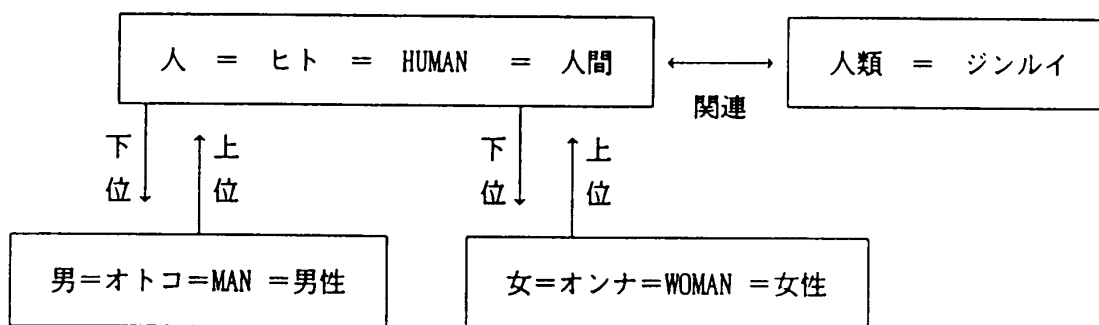
\* 「内分泌興味ある症例」は日本内分泌学会、日本小児内分泌学会の大会等における症例報告について、「医学の世界社」が各発表者に改めて執筆を依頼し、寄せられた論文を掲載した雑誌である。

### 3. シソーラスの構造

「臨床症例データベース」は株式会社日立製作所製の DBMS である「MR90」上で稼働しており、シソーラスはこの MR90 の制限もあり、以下の基準により作成されている。

- 1) 1つの LT(リードターム)について EQ(同義語)は必須とする。EQには LTの読み、他言語系を含む。NT(下位語)、RT(関連語)は必須ではない。EQ、NT、RTは合わせて255個を上限とする。(従って、下位概念を多く含むLTは設定できない)
- 2) LTの重複は認めない。また、ある用語をLTとした場合、その用語は他の用語のEQにはしない。ただし、NT、RTにすることはできる。
- 3) ある用語のEQにしたものは、他の用語のEQにはしない。またLTにはしない。あるLTが他のNT、RTとなる場合には、そのEQについてもNT、RTとする。ただし、EQのみを他の用語のNTにはしない。
- 4) ある用語のNT、RTとしたものは必ずLTとするか、または同じNT、RT内の他の用語のEQとする。また、他のLTのNT、RTにすることもできる。

これらの、LT、EQ、NT、RTの関係を示すシソーラス原データ例を図1に示す。



0000001LT001	人	0000002LT001	男
0000001EQ001	ヒト	0000002EQ001	オトコ
0000001EQ002	HUMAN	0000002EQ002	MAN
0000001EQ003	人間	0000002EQ003	男性
0000001RT001	人類		
0000001RT002	ジンルイ	0000003LT001	女
0000001NT001	男	0000003EQ001	オンナ
0000001NT002	オトコ	0000003EQ002	WOMAN
0000001NT003	MAN	0000003EQ003	女性
0000001NT004	男性		
0000001NT005	女	0000004LT001	人類
0000001NT006	オンナ	0000004EQ001	ジンルイ
0000001NT007	WOMAN		
0000001NT008	女性		

図1 シソーラスの構造(用語の関係)

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

4. シソーラスの特徴

今回作成した自由語シソーラスを従来のシソーラスと比較し、その特徴を以下にまとめた。

- 1) 統制された用語ではなく原著に記載されている用語をそのまま収録しており、自由な用語から検索できる。
- 2) 原著から用語を自動的に切り出しそのままシソーラスに当てはめて利用できる。(インデクシング作業は不要)
- 3) 階層を整えてから用語を当てはめたものではなく、原著に出現する用語だけを整理し階層関係を付けたもので、分類コードはない。

これらの特徴については、作成方法を示しながら具体的に説明する。

5. 作成方法

シソーラスの作成は原著からの用語抽出に始まり、用語選択、階層付けとマニュアル作業を多く含む。その作業工程全体を図2に示した。

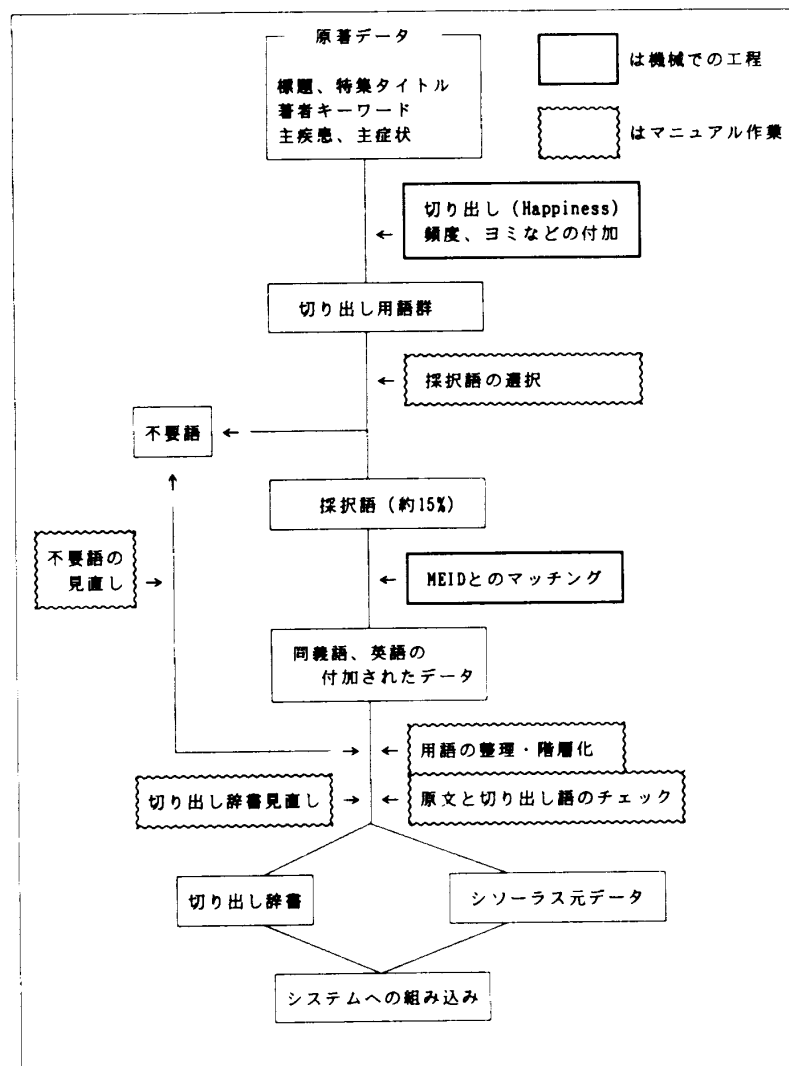


図2 シソーラス作成工程



### 1) 原著からの用語の切り出し

まず、原著から用語の切り出しを行った。全文からの切り出しは用語が膨大になる上に主要な語以外の用語が多数混入するので、切り出す項目を論文の主題を的確に示す5項目に限定した。即ち、著者が主題を明らかにするために付与している「標題(和文/欧文)」、「著者キーワード(和文、欧文)」、出版団体が設定したテーマを示す「特集タイトル(和文/欧文)」、そして、学術情報センターが個々の症例報告の検索の便を考えて抽出・追加した「主症状」及び「主疾患」の5項目である。

切り出しには株式会社平和情報センターで開発された切り出しソフト「Happiness」を利用した。また、なるべく原著の記載が損なわれないようにするため、著者キーワード、主症状、主疾患に関しては、( ) やスペースなども切れないように用語を抽出した。切り出し用の辞書としては当初は内科学用語を収録した辞書を用いたが、シソーラスの作成に合わせて切り出し辞書を更新し、現在はシソーラスにマッチさせた独自の切り出し辞書を用いている。

### 2) 用語の取捨選択、同義語の整理

次に切り出した語の中から検索キーワードとして必要な語をマニュアル作業により選択した。この際、原著からの用語をそのまま用いるために、通常のシソーラスでは用いられないような語も採択する必要が出てくる。表2に原著での表記のバラツキを示す例をあげた。この例のように、英語、カナ、漢字、略称が混在した用語が数多くあり、それらを落とさないために注意深く用語を選択する必要がある。

表2 原著表記のバラツキ例

リードターム	同義語
高カルシウム血症	高Ca血症、高カルシウム(Ca)血症、過カルシウム血症、hypercalcemia、高カルシウム血
非ホジキンリンパ腫	非Hodgkinリンパ腫、非ホジキン悪性リンパ腫、non-Hodgkinリンパ腫、non-Hodgkin lymphoma、non-Hodgkin'S lymphoma
バセドウ氏病	バセドウ病、Graves病、Basedow病、Graves's disease、Graves' disease、バセドウ症、グレーブス病
プロラクチノーマ	プロラクチン産生腫瘍、PRL産生腫瘍、プロラクチン産生腺腫、プロラクチン産生下垂体腺腫、プロラクチン産生下垂体腫瘍、prolactin産生下垂体腫瘍、PRL産生下垂体腫瘍、prolactinoma
食欲不振症	食欲低下、食欲減退、食思不振症、anorexia、dysorexia
先端巨大	先端巨大症、先端肥大症、末端肥大、末端部肥大、アクロメガリー、acromegalia
ベータ・ブロッカー	ベータ遮断剤、βブロッカー、βブロッカー
インターフェロン-α	インターフェロンα、α-インターフェロン、α-IFN、IFN-α、α-interferon、α型インターフェロン

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

また、「下垂体腺腫」という用語の採択により「下垂体 ACTH 過剰産生腺腫」、「下垂体微小腺腫」なども採択した。これらの語は細かすぎるが、「下垂体腺腫」を網羅的に検索したいという要求がある場合には落とせない語である。

一方、細かい語を全て採択しているわけではない。例えば、「成人型多発性嚢胞腎」という用語からは Happiness により、「多発性嚢胞腎」を切り出し、これを採択している。別の例では「高 Ca 尿性低リン血症性骨軟化症」という用語を切り出しにより「高 Ca 尿性」、「低リン血症性」、「骨軟化症」に分解している。そして「高 Ca 尿性」は「高カルシウム尿症」の同義語とし、「低リン血症性」は「低リン血症」の同義語とし、「骨軟化症」はそのまま登録してある。これにより「高 Ca 尿性低リン血症性骨軟化症」はそれぞれの語によって検索可能であるし、また「高カルシウム尿症」と「骨軟化症」または「低リン血症」と「高カルシウム尿症」の検索結果の掛け合わせによっても検索できる。このように切り出しとシソーラスの登録は一体となっている。切り出しで重要語を抽出できない場合は細かい語であっても登録することになる。

なお、階層は持たなくても、同義語を整理する必要性がある語は登録してある。たとえば、「若年」の同義語として「若齢」、「少年性」、「若年者」などを登録し、「薬剤誘起性」の同義語として「薬剤性」、「薬物性」、「薬剤誘発」などを登録している。

採択されている語の 3/4 は疾患名であるが、他にも医薬品名、治療・手術用語などを採択している。現在シソーラスに登録されているリードターム 3,726 語の内訳を表 3 に示した。

以上のように、同義語を落とさぬよう注意し、さらに細かい表記の語の採択を検討しながら用語を選別してゆく作業は人手でしか行えない作業である。この作業により切り出し語の 15% 程度の語がシソーラス採択語として残るが、その中には詳細不明の略号も含まれており、それらは次の段階の MEID(医学用 AI 電子化辞書、医学用 AI 電子化辞書研究会編、日商岩井、1989) とのマッチング結果により採択するかどうかを改めて検討することになる。

表 3 シソーラス登録語の内訳 (リードタームについて)

範囲	語数
疾患名	2,853
医薬品	305
治療手術用語	175
組織部位	29
生体内物質	173
診断関係	140
その他	51

3) 同義語の取り入れ (MEID とのマッチング)

このシソーラスは利用者が自由な語で検索できることを目的としているが、原著出現語だけでは、一般的な検索用語が欠落してしまうことも考えられる。そこで、「MEID」と照らし合わせ、一般的な用語の欠如を補った。表 4 にその例を示した。

表 4 MEID から補った同義語例

原着用語	MEID から補った同義語
失見当識	見当識障害
倦怠感	倦怠
乾性咳	空咳
心室細動	心室性細動
先端肥大	肢端巨大
副甲状腺機能低下症	上皮小体機能減退症

この作業は前段階で選択された採択語と MEID に収録されている用語を機械的にマッチングして行う。この時、同義語として対応する英語、ならびに用語の読み(カナ)も付与される。なお、用語の読みについては MEID とマッチしない語であっても、切り出し時に Happiness により読みが振られている。

ここまでの作業の結果、原著で使われる自由な語から検索することができるようになっている。

#### 4) 用語の関係付け

用語の関係付けは基本的には二つの用語を見比べて関係がないかどうかを調べる作業であり、本シソーラス作成工程の中で最も時間を要する核心的なマニュアル作業である。作業は大きく分けて、用語の意味を正確に調べる作業と調べた意味に基づき用語間の関係を付与する作業とになる。用語の意味については種々の医学辞典等の定義を参照した。さらに、用語間の上下関係については国際疾病分類、医学用語シソーラス(医学中央雑誌刊行会)等も参照して整理を行った [5] [6] [7]。

二つの用語の関係を付けてゆくと、それが広がって階層関係ができてゆく。例えば白血病(上位語) - 急性白血病(下位語)、急性白血病(上位語) - 急性リンパ性白血病(下位語)と関係を付けると、白血病 - 急性白血病 - 急性リンパ性白血病という関係ができることになる。また、慢性白血病(上位語) - 慢性リンパ性白血病(下位語)、リンパ性白血病(上位語) - 慢性リンパ性白血病(下位語)と関係をつければ、「慢性リンパ性白血病」は「慢性白血病」と「リンパ性白血病」の二つの上位語を持つことになる。実用的なシソーラスにするため必要な上位語は特に制限を決めずに複数付与し、また下位語同士でさらに明確な上下関係がある場合はなるべくその関係を付与するようにした。さらに、実用性を考え原因と結果の関係が明らかな場合もなるべく関係付けを行うようにした。例えば、「下垂体卒中」は下垂体腺腫の急速な増大に伴って起こるので、これを「下垂体腺腫」の下位語としてある。

関連語としては、「腫瘍」に対しての「腫瘤」(例. LT: 腹部腫瘍 RT: 腹部腫瘤)、「偽」の付く疾患と付かない疾患(例. LT: 大動脈瘤 RT: 偽性大動脈瘤)の二通りについて関係付けを行っている。なお、用語の関係付けを行いながら、階層上で必要な語(欠けている上位語や英語に対する日本語)を補う場合もある。

階層付けがほぼ終わった時点で再度最初に戻り、切り出し語から落とした不要語の中に必要な語が含まれていないかを見直して仕上げとしている。

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

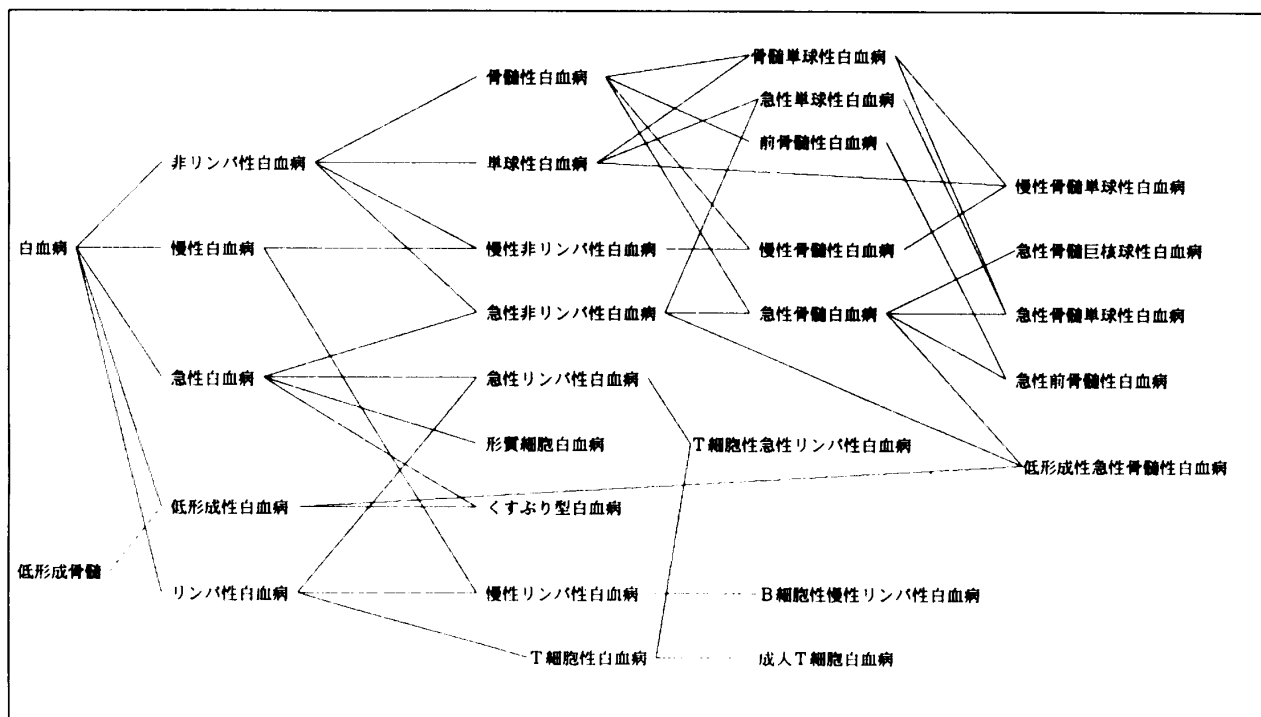


図 3 シソーラス構造の例 (白血病)

図 3 にシソーラス階層構造の一部を「白血病」を例として示した。この図で示されるように、原著出現語に対し実際に即した階層関係をつけるとかなり複雑な関係となる。どの用語から検索してもその同義語、下位語が適切に包括されるためにはこのような複雑な階層が必要と考える。しかし、用語にはその定義があいまいであったり、複数の解釈が存在する場合があります、階層関係を決定するためには、ある程度独自の判断が入らなければならない。さらに、階層が複雑になると「適切な関係」を付ける作業も複雑となり、十分な検討・見直しを必要とする工程である。

このように本シソーラスは自由語を実際に即した自由な階層関係で整理したシソーラスと言える。

なお、これらの上下関係の整理は、分類コードを作ることなく、用語すべてにコードを付与し、そのコードとコードで用語間の関係を整理した。その方法の詳細については別報を参照されたい [8]。

5) 切り出し辞書の見直し

ここまでの作成工程中並びに原文と切り出し語のチェックで、原文から必要な用語が切り出されていなかったり、逆に不要な用語が切り出されていたりするデータが発見される。例えば「非リンパ性白血病」という用語から「リンパ性白血病」という用語が切り出されてしまっている場合である。また、用語のヨミが間違っている場合もある。これらは切り出し辞書を見直すことで訂正できるので、それらの訂正を行うと共に、シソーラス最終データより必要な語を改めて切り出し辞書に登録している。このシステムは、Happiness で切り出した語をそのままデータベース検索のための索引語として利用しているので、切り出し過程で文中からの確な語、即ちシソーラス採択語が抽出されなければ意味がなくなってしまう。そこで、これらの切り出し辞書の見直しも欠かせない作業である。

6. 現在までの状況

平成4年度と平成5年度のシソーラス作成状況を表5に示した。対象雑誌が同じなので2年目には処理すべき用語(採択語)はかなり減少すると予測されたが、実際にはそれほど減少しなかった。これは原著に記載されている語が多岐にわたっており、1年目だけではまだ用語の収集が足りなかったものと考えられる。また、一つのリードタームに付与された同義語は2年とも平均5.1個だが、平均上位語数は平成4年度が1.9なのに対し、平成5年度は2.1と若干だが増加した。これは採択用語の増加にともない階層関係が複雑になることを示していると考えられる。なお、図4には、このシソーラスの利用例として「下垂体腺腫」を検索した例を示した。表示された同義語(EQ)、下位語(NT)を合わせて検索することができる。

図4の例にあるように、このシソーラスは統制語が一つの体系をなしているのではなく、リードタームの下に、その別言語形(英語形)やそのヨミを表すカタカナ形を含む自由な形の語から構成されている。このことにより、利用者は、症例報告の中で使われている様々な形をとる用語からの検索が可能となっている。

表5 シソーラス作成状況

工 程	平成4年度	平成5年度
対象症例報告数	1,788	1,114
切り出し語数	22,904	18,648
採 択 語 数	3,851	2,495
シソーラス登録語(実数)	11,502	18,918
リードターム数	2,248	3,726
シソーラス登録語(延数)	22,046	40,266
平均同義語数	5.12	5.08
平均上位語数	1.92	2.13

切り出し語数……………その年度の原文切りだし語から明らかに不要な語(数値や一般用語)を除いた語数

採択語数……………切り出し語からシソーラス採択語として選択された語数

シソーラス登録語(実数) ……採択語にヨミ、英語、同義語を付加したシソーラス全体の語数

リードターム数……………シソーラス登録語のうち、ヨミ・英語を含む同義語を除いた語

シソーラス登録語(延数) ……複数の上位語を持つ語を上位語毎に展開した数

平均同義語数……………シソーラス登録語(実数)をリードターム数で割った数

平均上位語数……………シソーラス登録語(延数)をシソーラス登録語(実数)で割った数

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

シソーラスの表示		シソーラスを利用した検索	
TYPE IN COMMAND		TYPE IN COMMAND	
1/ BROWSE		1/ THES 下垂体腺腫:ALL	
ENTER LEAD TERM.		THES 下垂体腺腫:ALL	
/ 下垂体腺腫			
下垂体腺腫	* 12	K. 下垂体腺腫	** THESAURUS LT **
EQ			
HYPOPHYSEAL TUMOR	* 0	K. HYPOPHYSEAL TUM	** THESAURUS EQ **
脳下垂体腫瘍	* 1	K. 脳下垂体腫瘍	** THESAURUS EQ **
PIPUITARY ADENOMA	* 0	K. PIPUITARY ADENO	** THESAURUS EQ **
PITUITARY ADENOMA	* 5	K. PITUITARY ADENO	** THESAURUS EQ **
脳下垂体腺腫	* 0	K. 脳下垂体腺腫	** THESAURUS EQ **
下垂体腫瘍	* 9	K. 下垂体腫瘍	** THESAURUS EQ **
カステイデオクセンシ	* 1	K. カステイデオクセンシ	** THESAURUS EQ **
下垂体微小腺腫	* 1	K. 下垂体微小腺腫	** THESAURUS EQ **
ノカステイシヨク	* 1	K. ノカステイシヨク	** THESAURUS EQ **
カステイシヨク	* 9	K. カステイシヨク	** THESAURUS EQ **
HYPOPHYSEAL ADENOMA	* 0	K. HYPOPHYSEAL ADE	** THESAURUS EQ **
ノカステイセンシ	* 0	K. ノカステイセンシ	** THESAURUS EQ **
カステイセンシ	* 12	K. カステイセンシ	** THESAURUS EQ **
PITUITARY TUMOR	* 3	K. PITUITARY TUMOR	** THESAURUS EQ **
NT			
プロラクチン	* 5	K. プロラクチン	** THESAURUS NT **
カステイブツキョク	* 5	K. カステイブツキョク	** THESAURUS NT **
PRL サンセイセンシ	* 0	K. PRL サンセイセンシ	** THESAURUS NT **
鞍上部腫瘍	* 2	K. 鞍上部腫瘍	** THESAURUS NT **
下垂体卒中	* 5	K. 下垂体卒中	** THESAURUS NT **
アンゾクブシヨク	* 2	K. アンゾクブシヨク	** THESAURUS NT **
PROLACTINOMA	* 8	K. PROLACTINOMA	** THESAURUS NT **
カステイブツキョク	* 0	K. カステイブツキョク	** THESAURUS NT **
GHPRL サンセイセンシ	* 0	K. GHPRL サンセイセンシ	** THESAURUS NT **
~~~~~ 中 略 ~~~~~		~~~~~ 中 略 ~~~~~	
TSH 産生下垂体腫瘍	* 5	K. TSH産生下垂体腫	** THESAURUS NT **
TSH 産生下垂体腺腫	* 0	K. TSH産生下垂体腺	** THESAURUS NT **
TSH 分泌下垂体腺腫	* 1	K. TSH分泌下垂体腺	** THESAURUS NT **
プロラクチンサンセイカステイシヨク	* 1	K. プロラクチンサンセイカステイ	** THESAURUS NT **
GH サンセイキョダイカステイセンシ	* 2	K. GH サンセイキョダイカステイ	** THESAURUS NT **
ACTH・FSH サンセイカステイシヨク	* 0	K. ACTH・FSH サンセイカステイ	** THESAURUS NT **
カステイ ACTHカゾクサンセイセンシ	* 0	K. カステイACTH カゾク	** THESAURUS NT **
ACTH サンセイイオガカステイセンシ	* 1	K. ACTH サンセイイオガカ	** THESAURUS NT **
GH産生巨大下垂体腺腫	* 2	K. GH産生巨大下垂	** THESAURUS NT **
PROLACTIN サンセイカステイシヨク	* 1	K. PROLACTINサンセイカ	** THESAURUS NT **
カステイ MIXED CELL ADENOMA	* 0	K. カステイMIXED CELL	** THESAURUS NT **
プロラクチン産性下垂体腫瘍	* 0	K. プロラクチン産性下垂	** THESAURUS NT **
プロラクチン産生下垂体腫瘍	* 1	K. プロラクチン産生下垂	** THESAURUS NT **
ACTH産生大型下垂体腺腫	* 1	K. ACTH産生大型下	** THESAURUS NT **
ACTH・FSH 産生下垂体腫瘍	* 0	K. ACTH・FSH産生下	** THESAURUS NT **
PROLACTIN 産生下垂体腫瘍	* 1	K. PROLACTIN産生下	** THESAURUS NT **
下垂体ACTH過剰産生腺腫	* 0	K. 下垂体ACTH過剰	** THESAURUS NT **
下垂体MIXED CELL ADENOMA	* 0	K. 下垂体MIXED CEL	** THESAURUS NT **
ENTER LEAD TERM.	* 67	1/ K. 下垂体腺腫 THES	** THESAURUS TOTAL**
* / END		TYPE IN COMMAND	
		2/ END	

図 4 検索例 「下垂体腺腫」

7. 自由語シソーラスの展望

今回の自由語シソーラスは文献に出現する用語を整理して作成したものであり、従来の統制語を定め文献主題に合わせて統制語を付与してゆくシソーラスと異なる。原著出現語は多岐にわたるので、そのすべてに目を通し、整理してゆくのは大変な作業であるが、このようなシソーラスを用いれば、電子媒体となっている情報であるなら自動的に用語を抽出し、シソーラスと組み合わせることで同義語、下位語を含めた網羅性が高い検索ができることになる。用語を統制せずに登録することは、シソーラスを膨大なものとし、それを用いた検索システムへの負荷も増大する傾向があるが、システ

ムが日々に進歩していく中で、その問題はおそらく解決されるであろう。

システムの進歩、データの電子化がますます進む中で取り残されがちなこのような自由語の整理は、データがデータベースになるためには避けては通れない作業と考えられる。特に、近年増加してきている全文データベースにおいては、このような実用性のある自由語シソーラス作成の必要性は高いであろう。さらに、医学分野においては、電子化された様々な情報を同一のシソーラスで自由に検索できるようになることは、精度の高い情報収集ができるということにおいて、医療への貢献度も高いと考えられる。

以上のように、自由語シソーラスの作成は将来性があるものと考えているが、原著記載語が実に多岐にわたっているのも確かである。そこで最後に、もし提言をお許し願えるなら、原著でのキーワードとなる部分、例えば標題や抄録や著者キーの記載用語に以下のようなガイドラインができることを願う。原著の用語の記載方法に若干の規則性を設けることは、情報の電子化が進む今日において、必要ではないかと考えるからである。

- (1) 一つの用語の間に形容句、説明句を挿入しない。

例.

下垂体 <u>微少</u> 腺腫	→	微少な下垂体腺腫
成長ホルモン <u>(GH)</u> 分泌不全	→	成長ホルモン分泌不全
ACTH連続4日間 <u>負荷試験</u>	→	連続4日間の ACTH 負荷試験
腎盂尿管移行部 <u>(以下 UPj)</u> 狭窄	→	腎盂尿管移行部狭窄 (以下 UPj 狭窄)

- (2) なるべく助詞を使わない

例.

下肢の麻痺	→	下肢麻痺
血沈の亢進	→	血沈亢進
アミラーゼ値は著明な上昇	→	著明なアミラーゼ上昇

- (3) 二つの用語をまとめて記載しない。

例.

TSH および GH 欠損症	→	TSH 欠損症および GH 欠損症
肺・関節結核	→	肺結核、関節結核

## 8. おわりに

以上、「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について、構造、特徴、作成工程、現状の用語数などを示した。今後は、本シソーラス作成法の改善を図る一方、従来からの体系的なシソーラス作成法との比較検討を進めて行きたい。「臨床症例データベース」については平成6年度から新たに6学会の参加を得るとともに、対象学術雑誌を従来の11誌から19誌に拡大して行く。これに伴い、シソーラスもより多くの分野をカバーするものに成長し、充実されることになる。

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

参考文献

- [1] 開原成允, 大江和彦他, 「新しい考え方の医学用語シソーラスを用いた臨床症例データベースの作成」, 医療情報学, Vol.13, No.4, pp.221-228, 1993.
- [2] 大江和彦, 「症例報告全文データベース検索のための医学用語シソーラスの作成」, 第8回 Happiness ユーザー研修会資料, 1993年5月.
- [3] 学術情報センター事業部データベース課, 「NACSIS-IR の特徴的なデータベース」, 情報の科学と技術, Vol.44, No.8, pp.419-426, 1994.
- [4] 佐藤淑子, 「臨床症例データベース」索引作業委員会, 医学図書館, Vol.41, No.2, pp.226-227, 1994.
- [5] 日本科学技術情報センター, 「科学技術用語シソーラス」, 1993年版.
- [6] 医学中央雑誌刊行会, 「医学用語シソーラス」, 第三版.
- [7] 「国際疾病分類」, 第10版.
- [8] 田代朋子, 「同義語・関連語処理機能付き副作用用語シソーラス「HYTARD」」, 情報の科学と技術, Vol.41, No.11, pp.873-882, 1991.



研究論文

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

Medical Task Structure and related Knowledge Representation at first Clinical Encounter

学術情報センター 小山 照夫

Teruo KOYAMA

National Center for Science Information Systems

東大病院 大江 和彦

Kazuhiko OHE

University of Tokyo Hospital

要旨

医療は、一連のデータ収集、評価、意志決定と医療行為の実行というさまざまなタスクが並列的に進められる作業であると考えられる。これらのタスクが実行される背景には、さまざまな知識が存在すると考えられる。今回の報告では、初診問診過程を中心に、代表的な医学教科書の記載から読みとれる知識にどのようなものがあるかを考察した。また、これらの知識の内、疾患と症候との関係を記述するものについて、基本的な情報構造を示すとともに、機械による評価を可能とするために必要となる表現形式の変更についても検討を行った。

**ABSTRACT**

Medical processes can be regarded to be consists of a number of tasks which is paralelly executed. Data acquisdition, evaluation of the data, decision making, or execution of medical treatments are the example of these tasks. Executing these tasks, variety kinds of knowledge is required. In this report, the authors have identified some kinds of medical knowledges described in a typical medical textbook in Japan, and identified basic data structure of the knowledge about relations between diseases and signs/symptoms. The authors also discuss about necessary conversion of knowledge representation to make the knowledge machine executable.

[キーワード] 知識表現、医療診断、タスク構造

[Keywords] knowledge representation, medical diagnosis, task structure

## 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

## 1. はじめに

医療診断を目的とするエキスパートシステム構築の試みは、エキスパートシステム研究の初期の段階から数多く試みられているが、実際に医療の現場に適用された例は数少ない。

初期の医療診断システムでは、診断問題は、あらかじめ想定された候補となる一群の原因(疾患)の中から、観測される現象を最も良く説明するものを選び出す分類問題として定式化されてきた。一定の局面を限って見た単純化された問題については、このような定式化が妥当である場合も存在することは事実である。しかし一般には、この定式化の下では取り扱うことが困難な診断問題が存在する。特に医療診断では、複数疾患の同時存在(合併症)はしばしば経験されるものであり、上記の定式化の下での取り扱いには問題がある。実際の医療診断においては、むしろこのような複雑な問題の取り扱いこそが重要であり、あまりに単純化された問題の扱いは、システムの有効性を損なう可能性が大きいといえることができるであろう。

筆者らは、初診問診時を中心とする医師の診断過程の考察を通じて、医師の診断・治療における情報処理過程を仮説生成検証過程として捉え、このプロセスを並列的に実行されるいくつかのサブタスクの集合として捉えることを試みている[1]。以下では、より広い立場から見た医療の中のタスク構造について考察するとともに、このような全体的なタスクの中で、初診問診がどのように位置づけられるかを明らかにするとともに、初診問診時に必要とされる関連知識とその表現方法についての考察を述べる。

## 2. 医療における基本タスク構造

筆者らは、医師の診断・治療における情報処理プロセスを、仮説生成検証過程であると捉えている。そこには基本的に3つのサブタスクが存在している。すなわち1. 疾患仮説の想起、2. 仮説の検証、3. 仮説に基づく治療計画の立案・実行、である。これらのタスクは、基本的な3種類のデータベース、すなわち、1. 患者から観測された情報に関するデータベース、2. 疾患仮説に関するデータベース、3. 患者に対して行われた検査や治療・処置に関するデータベースを参照しながら実行されると考えられる。

疾患仮説の想起では、これまでに患者に関して観測された事実に基づき、疾患仮説の構築と、その順序づけが行われる。この段階での目標は、可能性のある疾患仮説を、漏れのないよう網羅的に生成することである。先にも述べたように、ここで生成される疾患仮説は、複数疾患の複合を含み、疾患の間に因果関係をはじめとするさまざまな関係が存在するかどうかとも仮定される。

仮説の検証では、生成された各疾患仮説について、その確からしさを評価し、疾患仮説の間に順序づけを行うと同時に、最も重要な疾患仮説を識別することが行われる。このために通常は、いくつかの注目すべき仮説に関連する情報収集計画が作成され、実行に移される。ここではどの疾患仮説の重要度が高いかを判定し、いくつかの重要な仮説について、その確からしさを他の仮説から判別し、確認することのできるような情報収集が行われる。

治療計画立案・実行では、評価の結果重要とみなされる疾患仮説について、患者の状態を考慮しながら適切な治療計画を立案すると同時に、実際にそれを実行するかどうかの判断が行われる。

これらの情報処理タスクは、医師の頭の中では並列的に実行されていることが推定される。人間である医師は、検査結果であれ、治療に対する患者の反応であれ、新しい情報が得られるとすぐに疾患仮説の修正を試みていると考えられる。また、これと同時に、各疾患仮説の重要度が評価され、仮

説の間の再順序づけが行われる。さらには重要度の高い疾患については、治療計画の概略が想起されると考えられる。

これらのタスクが並行処理されていることについては、例えば、非常にリスクの高い疾患仮説が想起された場合、当面はその仮説に集中して検証が試みられると同時に、しばしば、検証が完了しない段階で、緊急的に行われるべき治療を決定し実施にうつすことがあることにも現われているということができる。全体としてのタスク構造を図1に示す。

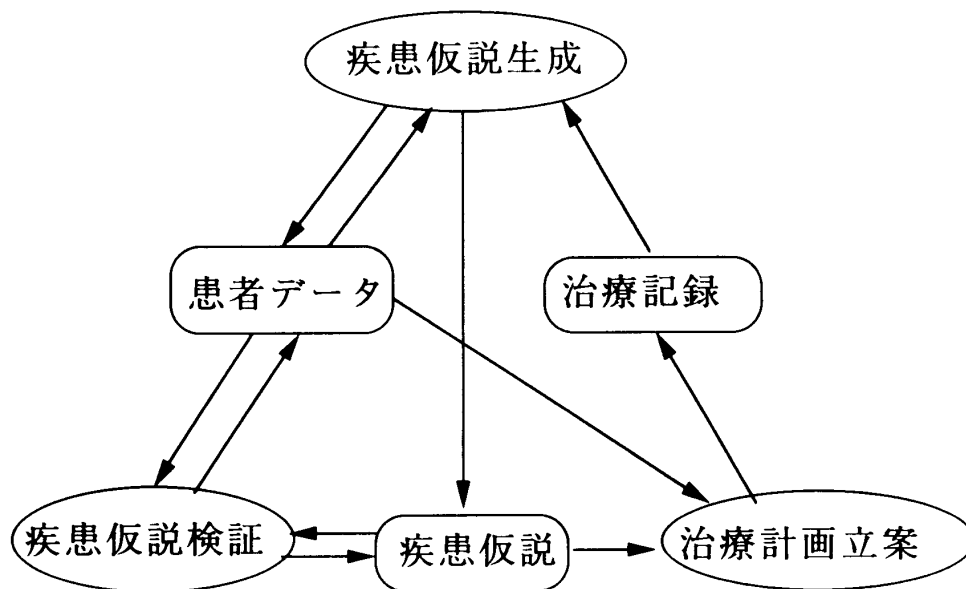


図1 医療の基本タスク構造

### 3. 初診問診時の情報処理タスク構造

前節で述べた基本タスク構造は、基本的には初診問診時においても成立していると考えられる。しかしながら、初診問診は、一人の患者に対する医療の中でも、最も早い時期に当たっていることから、いくつかの特徴が見られることとなる。

初診問診は、検査計画や治療計画を立案する以前の、ごく初期の段階であるから、ここで利用できる情報は、一般には患者を直接観察した結果および患者との対話を通じてえられる情報に限られる。これらの多くは「症候」と呼ばれる情報に相当する。このような、症候を中心とした情報は、必ずしも信頼性の高いものとはいえず、疾患仮説を高い精度で特定することはあまり期待できない。また、初診問診の段階で、既に治療計画を作成したり、治療を実施したりする場合もそれほど多くはないと考えられる。結果として初診問診時では、最終的な診断を求めるというよりは、可能性のある疾患を網羅的に想起することが重要であり、仮説の間の厳密な順序づけや正確な検証はそれほど強く要求はされないと考えることができる。

初診問診では、患者に観測されるさまざまな症候について、少なくとも注目する疾患仮説に関連する範囲で、相当程度詳細な情報が必要となる。ここでは、例えば腹痛の詳細な部位や、痛みの性状、時間経過などが、生成される疾患仮説に大きな影響を及ぼすこととなる。

前節で述べた基本タスクのそれぞれは、実際にはより詳細な部分タスクに分解される。著者らは、既に、初診問診時におけるタスク構造に関するモデルを提唱してきた [1]。

## 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

初診問診過程は、基本的には疾患仮説の想起と、仮説の検証の二つのタスクが中心となるが、筆者らは、初診問診に関連して、これらのタスクはさらに7つのタスクに分解されると考えている。即ち、1. 主訴の把握、2. 主訴の属性の把握、3. 疾患仮説の生成、4. 疾患仮説の評価、5. 疾患仮説の順序づけ、6. 疾患仮説に関連する症候の把握、7. 疾患仮説や観測された症候の間の矛盾の把握、である。これらの内で1-3は疾患仮説の想起に関連しており、4-7は疾患仮説の検証に関連している。文献 [1] では、これらのサブタスクに関連する知識の概要についても考察を行っている。以下では初診問診時に必要となる知識を、日本語による医学教科書に書かれた知識との関連を中心に考察する。

### 4. 初診問診と関連知識

医師が実際の患者を前にして、これまでに述べてきたさまざまなタスクが実行できるのは、タスクの実行に必要な知識を持っているからであると考えることができる。初診問診時を中心に考えるならば、観測される症状(主訴およびその他の症候)と、患者の性別・年齢、既往歴などを総合的に判断して、可能性のある疾患仮説を漏れなく生成し、可能であればそれらの仮説の中から、当面重要と考えられるものを少数選び出すことが要求される。

医師がこのような初診問診過程を実行する上で、どのような知識を利用しているかについては、大きく分けて二つの考え方が存在する。すなわち、医師の診断はパターン認識に近いものであり、過去に経験した症例のパターンとの類似性を判断しているというのが一つの考え方である。これに対してもう一つの考え方として、たとえば医学教科書に見られるような、自然言語で表現可能な知識が大きな役割を果たすとする考え方も存在する。

従来型の医療診断エキスパートシステムでは、後者の立場をとりながら、知識を直接に推論に適用できる形(ルールなど)で記述することが重要であるとされてきた。一方で、このような試みが必ずしも満足のいく成果を上げることができなかったことから、事例ベース推論の適用なども試みられてきた。これはどちらかといえば前者の立場に近いが、他のパターン認識の問題と同様に、どのようなパラメータに基づいて、どのような類似性基準を設けるかという問題に遭遇しているといえるであろう。

著者らは、自然言語表現によって記述される知識の中にも、医療タスクの実行に深く関わるものがあるとの考えに基づき、日本における代表的な内科学教科書 [2] に記載されている知識の記述に関する検討を行ってきた [3]。

日本語で書かれた代表的な内科学教科書には、様々な内容の記述が見られるが、これらの記述の多くは、特定の疾患に関連づけて述べられている。このような知識として代表的なものには、1. 疾患の定義または機序に関する説明、2. 疾患の疫学的側面、3. 疾患に関連する症候の説明、4. 疾患に関連して観測される検査結果、5. 関連疾患、6. 予防・治療等が記載されている。

初期の医療エキスパートシステム研究の中で、このような医学教科書に記載された知識は、直接には診断に関わる推論や問題解決に利用することはできないという議論がなされてきた。

この議論の背景には、推論または問題解決のための基本的な知識表現とその適用メカニズムとして、ルール型の知識と推論エンジンをあらかじめ想定し、この枠組みの中で利用される知識は、解釈実行可能なルールの形式で記述されなければならないという仮定が存在していたと考えられる。しかしながら実際の医療におけるタスク構造を考察するならば、医学教科書に記述されている様々な知識が、タスクの実行に深く関係している可能性を見つけることができる。

もちろん自然言語で記述された知識には、機械処理を行う上で問題となりうる曖昧な表現が数多く見られるし、また、必要とされる知識の全てが漏れなく記載されているわけではない。この問題については別に述べることにする。しかしながら医学教科書に記述されているの多くの知識を、実際に医療タスクの中で利用できる可能性は大きいといえることができるであろう。

以下では、医学教科書に記載されている知識の内、疾患と症候との関係を取り扱う部分について、その、初診問診との関わりと、知識の表現方法について考察を行う。

## 5. 医学教科書に見られる知識記述と初診問診

先にも述べたように、初診問診においては、主として患者に関して観測された症候から、可能性のある疾患仮説を生成し、生成された仮説に仮の順序づけを行うことが要求される。

このようなタスクが実際に医師の頭の中でどのように行われているかは、必ずしも明らかとなっているわけではないが、一つの可能性として、1. 観測される症候から、関連する疾患を想起する、2. 異なる疾患の間に成立しうる相互関係を推定する、3. 疾患仮説から予想される典型的な症候と、患者から観測される症候とを比較する、という一連のサブタスクの組み合わせを考へることができる。これを初診問診時のサブタスクとの関連で見れば、およそ、疾患または病態の直感的想起、および想起した疾患の順序づけに相当する部分であると考えられるであろう。

ここで関連する知識としては、疾患と症候との関係を挙げることができる。この関係は、たまたま、医学教科書の記載の中でもかなり大きな部分を占めるものである。従って、このような知識を利用することにより、ある程度まで疾患仮説の想起とその順序づけを行うことが可能となると考えられる。

実際には、初診問診時に想定されるサブタスクの実行に必要な全ての知識が医学教科書に書かれているわけではない。先に述べたように、初診問診時のサブタスクの中には、主訴をはじめとするさまざまな症候の把握や、症候や病態の間の矛盾の把握等が含まれるが、これらのサブタスクを実行するためには、患者に対してどのような質問を出せばよいか、あるいは患者の訴えや観測される現象を、症候としてどのように解釈すればよいかという知識が要求されることとなる。

実はこの種の知識は、一般には教科書記述の中には表現されない種類の知識であり、主として医師が実際の臨床経験を通して獲得していく知識であると考えられる。実際、この種の知識は、そもそも、自然言語現象の中でも複雑な部分に属しており、解明が困難な部分であるということもできる。なお、このような言語表現されない知識が、専門家の問題解決に大きな役割を果たしていることは、医療に限らず、ほとんど全ての専門分野に見られるものであり、しばしばエキスパートシステム構築上の重大な問題となることが知られている。

一般に、仮説形成過程としての初診問診は、複雑な対話処理を含んでおり、この部分を完全に理解し、システムとして実装することには、かなりの困難が予想される。この問題が実際の医療の中であまり問題にされて来なかったのは、医師の作成する診療記録が、そもそも患者の言葉を直接記述するものではなく、複雑な自然言語処理の結果としての、医師の解釈を記録するものであるという点にあると考えられる。

この問題ほど複雑ではないが、知識の記述として不備な部分が多いと考えられるものとして、疾患または病態の間の相互関係を挙げることができる。特に慢性疾患の場合、複数の疾患・病態の間に因果関係が見られることが少なくないが、このような疾患の間の関係について、1. 因果関係の存在

## 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

を陽に記述したもの、2. 疾患の定義や機序の記述の中から因果関係が推定できるもの、3. たとえば「・・・の合併のある場合、・・・が観測される」などの形で間接的に記述される場合などが見られる。しかし、疾患・病態の間の主要な関係が網羅的に記述されていると期待することは実際的ではないであろう。

その他、疾患や病態の危険度・緊急度、あるいは急激な変化が起こりうるかどうかについても、記載の詳細さはまちまちである。これらの知識の多くは、いわば常識として、特に記載する必要のないものとして取り扱われていると見ることができる。

以上、初診問診時に要求されるサブタスクと関連する知識が医学教科書の中でどのように取り扱われているかについて考察を述べてきたが、以下では、教科書記述の中でも大きなウェイトを占め、実際のサブタスク実行の上でも重要な役割を果たすと考えられる、疾患と症候との関係を表す知識について、その知識ベース化の試みと、知識ベース化された情報に基づくサブタスク実装の試みについて述べる。

### 6. 症候に関する知識の知識ベース化の試み

著者らは現在、初診問診に関連して、医学教科書に記載されている症候に関する知識の知識ベース化と、この知識ベースを用いたタスクの試験的な実装を試みている。現在のところ、知識ベース化の対象は主として疾患と症候の関係に限定しているが、疾患の危険性や、疾患の進展速度についても、一部整理を進めている [4]。

先にも述べたように、初診問診時には、症候について、かなり詳細な情報を必要とする。また、実際に医学教科書の記載を見ても、問題とする疾患に特に関連の深い症候については、相当程度詳細な属性が記載されている。現在整理を進めている症候と疾患の関係を記述する知識ベースでは、基本的な構造として

(疾患, 症候(グループ)名, [症候リスト], [適用条件], [解釈結果], [属性リスト],  
[補足属性リスト])

という形をとっている。([ ]は省略可能であることを示す)ここで症候(グループ)名および属性リスト内の項目は、頻度を伴うことがある。症候(グループ)名が頻度を伴う場合、疾患が存在するという仮定の下で、症候そのものが観測される頻度を表し、属性リスト内の項目が頻度を伴う場合、特定の属性値を取る頻度を表している。

一般的には疾患と症候との関係は、疾患が存在するという仮定の下での症候が観測される頻度として表現できると考えられる。しかしながら実際の内科学教科書の記載を見るならば、もう少し詳細な記述が必要と考えられる。

その第一は症候のグループ化が行われる場合があることである。症候の中には、たとえばインフルエンザに対する、咳、鼻汁、喉の痛み、喉の発赤などの一群の上気道炎症症状等に見られるように、特定の疾患に対してほとんど等価な意味を持つものも存在している。これらをすべて独立した症候として取り扱おうとすれば、一部の症候の存在/非存在が、診断結果に過度に影響する恐れがある。このことを防ぐ意味で、教科書の記載の中でも複数の症候がまとめて記述されることがある。症候グループはこのような記述に対応するものであり、症候リストは、これらの症候グループに含まれる個々の症候をならべ挙げたものである。

基本的に同じ疾患であっても、症候を観測する頻度や、症候が特定の属性値を採る頻度が、患者の条件などによって影響を受ける場合がある。特に年齢や性別の相違が症候の出現に影響をもたらす場合も存在する。このような、おおむね外部から客観的に判断できる適用条件が付随しているとき、そのような条件が適用条件として記載されることとなる。実際には、客観的に判断できる条件かどうかは、必ずしも明確に分けられないところもあり、後述の補足属性リストとの区別は必ずしも明確なものではない。たとえば疾患の重篤度や、ある種の感染症に見られる疾患ステージなどは、とりあえずはここで取り扱っているが、常に客観的に判断できるかどうかは明らかではない。

患者から観測される症候の記載には、多くの場合様々な解釈が付随している。たとえば、Chsing 症候群に典型的に見られる皮下脂肪沈着は、しばしば「水牛様脂肪沈着」と表現される。このような、疾患に特有の表現が採られる場合、多くは既に医師の意識の中で有力な疾患仮説が想定されていると考えた方がよい。このような、特定の疾患を想定した場合の解釈結果と、症候(グループ)名との対応を取るために、解釈結果を別に設けている。

初診問診の場合、観測される症候がどのような属性値を取るかは、疾患仮説の形成に当たって、しばしば重大な影響を及ぼす。医学教科書の中では、疾患に関連の深い症候については、しばしば相当程度詳細な属性の記述が見られる。特定の物事の属性値を表現するために一般的な枠組みとしては、これまでに Object-Attribute-Value という三つ組み表現が多く採用されてきた。しかし、医学教科書の記載を見ると、症候を Object として、属性値(Value)に関する記述は多く見られるが、それがどのような属性(Attribute)に対する値であるかは、多くの場合陽には記述されていない。実際にはほとんどの場合について、属性値が与えられれば、それがどのような属性に対する値なのかは自明であるため、このような表記になっていると考えられる。このような記述に対して、その都度属性名を補足することはあまり現実的ではないと考え、属性記載に当たっても、属性値の羅列という形を採用している。これが属性リストである。ただし、明らかに同一の属性に対する属性値が AND または OR の関係にある場合(たとえば色が赤または赤紫など)には、括弧でくくることにより関係を明示的に示している。

症候の出現やその属性は、患者の病態に依存する。医学教科書の記載を見ると、基本的には同一の疾患としてまとめてあっても、たとえばそのサブタイプや病変の部位、合併症の有無等によって、症候の属性が変化することが記述されていることがある。このような記述に対応する情報を表現するのが補足属性リストである。補足属性リストは、属性と、その属性を発現させる要因から成り立っている。

症候に関する属性値は、医学教科書の中では自然言語によって表現されている。このような属性値表現の中には、機械処理を前提とした場合、時に不都合のある場合も見られる。

たとえば、発熱や発疹の大きさ(広がり)等の記述では、観測された値が数値的に表現されることもあれば(たとえば 38℃以上)、定性的な表現を取る場合もある(微熱、高熱など)。また、強度それ自身に対する直接的なレベルの記述ではなく、他の疾患や症候との比較で示されていることもある。一方、症候の程度や発現の時期が、他の症候や疾患の発現との時間関係によって示されることもある。また、属性によっては、時間経過にそった変化が記載されているものもある。

これらの属性値表現は、そのままの形では機械処理が著しく困難であるため、部分的に関数表現を導入することにより、機械処理を容易にする試みを行っている。関数としては、現在のところ、LEVEL、REL\_HIGH、REL\_LOW、SYNC、BEFORE、AFTER、COURSE、HOLD、ONSET、END を想定している。これらの関数の意味を、表 1 に示す。

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

表 1 関数とその意味

LEVEL	数値	AFTER	～より後に
REL_HIGH	～より高い	COURSE	時間経過
RELOW	～より低い	HOLD	継続
SYNC	同時に	ONSET	開始
BEFORE	～より前に	END	終了

以上をふまえた知識表現の例を図 2 に示す。

("急性膵炎"  
 ("皮膚変化" ((10 "%") "まれにしかない"))  
 NIL  
 ("重篤なもの")  
 ("Grey-Turner 徴候" "Cullen 徴候")  
 (("暗赤色" "黄褐色"))  
 ("腰部" NIL "Grey-Turner 徴候")  
 ("臍部周辺" NIL "Cullen 徴候"))

("百日咳"  
 ("上気道炎症状")  
 ("発熱" "咳" "鼻汁")  
 ("カタル期")  
 NIL  
 ((HOLD (1 2) "W" "1 ~ 2 週続く"))  
 NIL)

図 2 知識表現の例

7. タスク実現のためのプロトタイプシステムの実装

上記の知識ベースの構築と同時に、作成された知識ベースに基づいて、初診問診時の診断タスクの一部を実装する試みを行っている。現在整理を進めているのは疾患と症候との関係に関する知識であり、今回は主としてこの知識に関連する、「疾患仮説の生成」および、「疾患仮説の評価」について、タスク実装を試みている。

実際の人間である医師は、疾患仮説の生成・評価に関して、相当程度複雑な処理を行っていることが想像されるが、今回は単純に、与えられた症候について、属性を考慮したうえで対応のとれるレコードに記述された疾患を、候補仮説として生成するにとどめた。先に述べたように、ここでは複数疾患を、相互の関係まで含めて生成する可能性があるが、現在の所は単一の疾患のみを仮説として生成している。また、先に述べた関数表現については、今回は適用していない。

仮説の評価についても単純に、与えられた症候のいくつを説明できるかを計算するにとどめている。実際の医師の診断の中では、観測されると期待される症候の有無も含めて、より複雑な判断が行われていると考えられるが、現時点では比較的単純な形式を採用している。



医学教科書から、自然言語表現で抽出した知識ベースとしては、現在約 300 疾患についての症候記述が蓄積されているが、実際に形式を統一して、一応の機械処理が可能な形に整理されたものは 20 疾患分である。これに対して仮に生成した 15 のダミーデータについて適用した。現時点での実装は、本格的な評価を行うのに十分とはいえないが、試験したデータについては妥当な結果を得ている。

## 8. 考察と今後の仮題

著者らは医療診断の問題は、従来多くいわれてきた分類問題であるというよりは、むしろ、設計・計画問題に見られる仮説生成検証過程であると考えることが妥当であると考えている。今回の結果は決して十分なものではないが、筆者らの考え方が妥当性を欠くものではないことを示していると考えている。

今後はより整理の終了している知識について、複数の疾患からなる疾患仮説を取り扱うと同時に、関数表現された属性も取り扱うシステムの実装を進める予定である。また、医師の診断プロセスをより詳細に検討することを通じて、より妥当性の高いタスク構造の検討を行っていく予定である。また、合併症や疾患の重要度・危険度等を取り扱う知識についても、引き続き整理を進めていきたい。

## 参考文献

- [1] Ohe, K.; Koyama, T. "An Object-Oriented Model of Physicians' Strategy at First Encounters -An Approach to sharing Distributed Knowledge-bases", *Proc MEDINFO '92*, 1992, pp.434-439.
- [2] 上田英雄, 武内重五郎, 杉本恒明総編集, 「内科学」第5版, 朝倉書店, 1992.
- [3] 大江和彦, 小山照夫他, 「内科学教科書に見られる医学知識記述の再考」, *医療情報学*, Vol.11, 1991, pp.1-16.
- [4] Koyama, T.; Ohe, K., "A Process Model on Medical Procedures in Internal Medicine", *Proc 4th FID '94*, Oct. 5-8, Ohmiya Japan, 1994, pp.709-712.

展望

感覚障害者における大脳の言語処理機能について

## On Language Processing Functions of the Brains of the Sensorily Disadvantaged

学術情報センター 山田 尚勇

Hisao YAMADA

National Center for Science Information Systems

yamada@nacsis.ac.jp

### 要旨

多様性を持つ人類は、いろいろな能力において個人差が大きい。その中でも感覚器系の能力が他と大きく異なっている人たちとして、先天盲や先天聾の人たちがある。そのほか、難読症者の中にも感覚器系の異状によるものがみられる。さらには、異状の程度としては低いものと思われている人たちとして、左利きがある。

また人類を他の動物から大きく引き離している能力の一つとして、言語の使用がある。この言語には、もっともふつうなものである音声言語のほかに、それを墨字や、盲人の用いる触字(点字)に写した文章があり、またそれらとは少し系統の異なるものとして、今では手話が自己完結の言語として認められている。

本稿では上記の感覚障害者たちが、必要に合わせて適当な特殊言語を用いているのに並行して発現する、大脳の言語処理機能の特殊性や異状性について、手話の活用を中心に、脳科学的、心理物理学的な一般向けの展望を試みる。

さらに健常者が手話という特殊言語を第2言語として習得し駆使しようとするときに起こる一般的な問題と、その軽減の可能性について考察をする。

### ABSTRACT

Mankind is endowed with versatility, together with ensuing individual differences in various capabilities, in particular, sensory capacities. Congenital blindness and deafness are extreme cases of such human variability.

Besides those, certain of dyslexia may be due to some disorders of the sensory nervous system. Even the left-handedness may arise from mild disorders of sensory motorsystems.

The well developed language skill is one of the major factors which distinguish mankind from other animals. The most common language is the oral one together with its rendition to writing in letters, or in Braille for the blind. In addition, sign languages are somewhat unusual but also well-recognized languages by now.

感覚障害者における大脳の言語処理機能について

In this note, we shall attempt, mainly in the framework of brain science and psychophysics, a survey for nonspecialists, on the distinctiveness and peculiarity of language processing functions of the cerebrum of those sensorily disadvantaged, especially the nonhearing, which arise in connection with the usage of special languages to satisfy their specific needs.

Furthermore, we shall take up, from the same viewpoint, a problem normal people encounter with when they attempt to learn a sign language as their second language, and examine an approach to lessen the difficulty, by taking advantage of the way brains function when they work for the acquisition of such a new skill.

[キーワード] 大脳、言語、ヒューマンインタフェース、一側性、感覚、盲(もう)、難読症、聾(ろう)、視覚、障害、手話、点字、聴覚

[Keywords] cerebrum, language, human interface, hemisphericity, sensory, blind, dyslexia, deaf, visual, disadvantage, sign, braille, auditory

目次

1. はじめに . . . . .	255
2. 言語とは . . . . .	257
3. 大脳両半球の機能分担と視覚・聴覚系 . . . . .	262
4. 盲人と点字処理 . . . . .	267
5. 聾者の手話をつかさどる大脳半球 . . . . .	273
6. 手話の使い手の大脳機能 . . . . .	279
7. 健常者の第2言語としての手話 . . . . .	287
8. 手話学習のコツ . . . . .	293
9. 難読症者と左右反転の謎 . . . . .	298
10. 難読病と表記法や左利きとの相関 . . . . .	301
11. おわりに . . . . .	305
謝辞 . . . . .	307
参考文献 . . . . .	308

以書御者不尽馬之情

—戦国策—

## 1. はじめに

日ごろ、脳の働きについて勉強するときには作っているノートの一部に少しばかり手を加えたものを、ときどき乞われて公表していたことが縁となって(たとえば山田 1994[58])、聴覚障害関係者のコミュニケーション誌「D」の編集部から、「健常者が手話を習得しようとするのは、かなりむずかしいことで、相当に頑張っても、聾者の速い手話を読み取れるようになるのは至難のわざなので、その辺のことを大脳科学的に説明し、できたら手話の合理的な学習法についてのヒントになるようなことについても、なにか書いてみていただけないだろうか」という主旨の依頼を受けた。

手話について少し調べたことはあるものの(山田 1994[58])、私は手話そのものは全くできないし、また脳の働きについても専門家ではない。しかし私にとっても、この問題は大いに関心のあることなので、私の手にあまるかとは思いつつもお引き受けした。そして聴覚障害を中心とした上で、広く視覚障害、難読症、左利きなどを含め、人口の少数派を形成している人たちの大脳の言語機能の一端について、一般的な展望としてまとめてみたのが本稿である。ただし左利きに関わる問題については、さらに一般向けではあるが、別に詳しく書いたものがあるので(山田 1995a[59] 参照)、ここでは最少限にとどめておいた。全体としては、私の関心事であるヒューマン・インタフェースの観点に立った、手話が言語であるという事への認知科学的な取り組みなどがその背後にあると言える。そして将来展望として、脳磁波を用いて脳機能を調べることの有望性への思いが述べてある。

諸賢の誤解をまねかないようにするために、この問題に関して述べるについての、私自身の資格と限界とをまず明らかにしておきたい。

まだ大学の理学部に在籍していたむかしであるが、私の研究室では、1974年ごろから約15年のあいだ、熟練作業の認知科学的な解明とも言うべきテーマと取り組んだことがある(山田 1984[56] 参照)。具体的には、たとえば複雑な日本文の入力作業などにあって、熟練者の脳がどのような働きをしているかなどの研究を含んでいた。それには、当然ながら脳の構造や働きについて調べる必要になり、学生たちとともに、そうした輪講をしたり実験をしたりした。

脳の内部状態や活動状態を観察したり測定したりするには、いまではいろいろな方法が知られ、活用されている。しかし、実験にあたっては医学部の方がたのご協力をいただいたものの、医者でない私たちが健常者を対象として使える測定手段としては、厳密に非侵襲的なものしか許されないから、脳が働くときに起こる脳内電流が頭皮を通して漏れてくることにより起こる動的電位差、いわゆる脳波の測定が当時としては唯一のものであった。

現在ならば、いま急速な勢いで発達している脳磁波測定の技術なども、ある程度は利用ができそうにみえるかもしれない。幸い頭骸骨や頭皮の透磁率はほぼ1であるから、脳内の電氣的活動を画像化するときこちらのほうを使えば、空間分解能がずっと高くなり、おそらく1mm以下にまでも上げられる。しかし脳磁波は極度に弱いものであって、その測定装置などが膨大かつ高価なものになり、おいそれと私たちの手に届くものではないし、それに私たちのかつての実験では、被験者がワープロなど電氣的な機器を使用することが必要だったから、それら機器から発生する電磁界が強くて、肝心の脳磁波自体の測定を用いることは、現在の技術レベルでも不可能だろう。

とにかく、頭骸骨や頭皮はかなり良い絶縁体だから、脳から滲み出してくる脳電流はそこで拡散

## 感覚障害者における大脳の言語処理機能について

してしまい、脳波の測定の空間分解能は、せいぜい2センチメートルぐらいのものである。しかも脳波よりずっと強い、眼球運動やくびの姿勢の保持から来る筋肉電流によるノイズの問題があって、実験はかなりむずかしかった。その上、ここでは詳しいことは省略するが、熟練作業の上達にともなう、脳波の経時的変化の問題があったので、その後私たちは実験を脳波によるものから心理物理学的なものに切り換えることにし、それはそれなりの成果を収めることができた(山田1995b[60]参照)。

その後は熟練入力作業から機器一般のヒューマン・インタフェースへと私たちの関心の対象が広がり、遂には蓄積された知識とのたいせつなインタフェースである、文字、表記法、文書などの大脳科学的研究までにも関心を持つようになった(山田 1991[57]、1995b[60] など)。

説明が少し長くなったが、要するに私は手話の使用については技能を持たないし、また大脳解剖学も大脳生理学も専門領域ではない。ただ、手話について少し調べたことがあり、また大脳の働きを巨視的にとらえる心理物理学などについて、必要上少しばかり勉強した者であるという、私自身の限界をまずご理解いただいた上で、このあとをお読みいただきたいと思う。なお、本稿の第4、第5、第9、第10節などは、たとえば山田(1995a[59])の一部として書いたものなどをもとにして大幅に加筆し、かつ細かく手を入れたものである。また文献から引用した挿図の多くは、いくらかの本質的でない加筆や変更を加えたものであることをご承知いただきたい。

現在、社会の情報化が進むにつれて、だれもがもろもろの情報機器を用いる必要が高まっている。しかし、人間には大幅な個人差があり、しかも工業生産の技術の発達は多品種少量生産を経済的にますます可能にしているにもかかわらず、こうした情報機器と人間との接点であるインタフェースについては、工業生産技術の幼稚だった時代の思考方法からまだ抜け出せず、個人差を無視し、あたかも機械間の接続問題であるかのように、とかく一種類に統一し規格化しようとする考え方が依然として通用している(山田 1995b[60])。

そうした中であって、われわれの生活や仕事の環境を快適なものにするためには、人間とこうした機器とのインタフェースを、もっと個々の人びとに適合したものに多様化することが急務である。にもかかわらず、企業における研究開発は、そうしたところまでは考究の手がまわらず、基礎研究といっても、残念ながらとかく短期間に利潤をもたらすようなものを志向する傾向がいまだに強いように見うけられる。

しかしながら、真におのおのの人間に適合した機器を生み出すことは、まずそのまえに、人間の本質・本性を十分に理解することなしには不可能である。つまり、本当に良い製品に向けての研究は、ひとまず製品化の視点を離れ、まずものごとの本質から見極めるということをするのでなければ、たとい製品についての研究であるといえども、長期的な価値を持つ、創成的な知見は得られないであろう。

したがって本稿の究極の目的は、個人差の大きい人間のだれもが真に楽で自然で快適なインタフェースを持つことを可能にするために、まずそうした人間の本質を理解する手がかりを提供する一助とすることである。

本稿の論述では、各種の作業を実行するときの大脳の機能の検討が中心となるので、大脳の活動を調べる研究手法について、ここでごく簡単な一般的解説をしておくことにする。

まず(1)脳の神経細胞と、その連結体としての脳の働きを解剖学的実験によって微視的に調べる、構造解析的な研究手法がある。これによって、たとえば脳細胞の機能の分化などが、いま急速に明らかにされつつある(たとえばHubel and Wiesel 1979[15]参照)。

次に、(2) 脳が各種の作業を行なうときに、それにとりまわす新陳代謝の程度の脳内分布を、内在の物質、あるいは血流に注入された特定の放射性物質の集積度を、機能的磁気共鳴画像法 (functional magnetic resonance imaging, FMRI)、陽子線放射断層撮影法 (positron emission tomography, PET)、局所血流 (regional blood flow, rBF) 測定などの方法を用いて測定し、これらの値と、被験者が遂行中の情報処理作業との相関から、各種機能の局在を巨視的に推定する方法がある。すでに述べた、脳波や脳磁波の測定もこの種の実験手法であると考えてよい。

さらに、(3) 各種の機能障害を持つ患者の観察と、X線による脳のコンピュータ断層撮影法 (トモグラフィ) とか、かれらの死後の剖見によって得られる脳の損傷具合などとの相関や、脳手術のときの各種の予備テストにおける観察など、また動物実験においては脳の特定の部分を意図的に損壊したあとに見られる動物の行動の変化などから、各種の脳機能の局在性を巨視的に確かめる方法もある。たとえば Kimura(1973[23]) や Ojeman and Whitaker(1978[37]) などはこの種の手法による知見である。

以上のうち、脳波や脳磁波などを用いる方法を除けば、そのほとんどが体内になにかを入り込ませることをする侵襲法であり、主として医学関係者の用いる手法である。それに対して、(4) 健常者や機能障害者を被験者とし、各種の作業を行なわせたときに、被験者の行動に現れる微妙な特徴や差異を測定して、脳の各種の機能の局在を巨視的に推定する、心理物理学 (psychophysics) 的な実験手法がある。こちらは全く非侵襲的であり、被験者にはなんら害を及ぼさないから、倫理上の問題もなく、主として実験心理学者やその他の認知科学者によって用いられている。以下で本稿に引用する論文のほとんどは、こうした方法を用いて得られた知見である。ただし、この心理物理学的な方法による研究には、他の方法で調べられてある、医学的、生理学的知見の援用が不可欠であることは言うまでもない。

以上のような実験的研究の成果を踏まえて得られた脳の機能の理解に基づき、観察目的に合わせて脳の機能モデルがいろいろと理論的に構築されるが、それらから導かれる予想が、脳における機能の分担の観察や情報処理の実際と合致するかどうかを検証されてのち、そうしたモデルの妥当性がはじめて認められることになる。

脳のそうした基本的モデルとして本稿で用いたのは、よく知られている、大脳左右両半球の機能分担差を示す、たとえば第3節などで利用する両半球モデルが中心になっているが、ほかには第8節で用いる、手話の通訳過程のモデルがある。

## 2. 言語とは

まずはじめに、言語というものについて少し一般的に考察する。詳しくは、たとえば山田 (1994 [58]) などを参照していただきたい。

言語とはなにかという問いは、文字とはなにかという問い、あるいはそれ以上に答えるのがむずかしいものである。ここでは、いちおう、事物の表象を組み合わせて、われわれの考えを組織的に表現する、(有限の) 生成システム、と一般的に定義して出発する。

われわれ人類の多数派である、耳の聞こえる人たちにとって、具体的にもっとも身近に思える言語の例は、話しことばと、それを何らかの文字で表わした文章とであろう。それに対し、耳の聞こえない聴覚障害者の「ほとんど」は、一般に手話と呼ばれる視覚的な体動言語を、日常の会話に用いている。

感覚障害者における大脳の言語処理機能について

ただし厳密に言うならば、「聴覚障害者」の中に「難聴者」を含めて考えた場合、このように「ほとんど」というのは正しくない(市田 1995[18])。身体障害者手帳を保持する聴覚障害者は、1991年現在、約36万人であるが、そのうち手話使用者は関係機関や専門家などによって、ほぼ一致して約10万人程度ではないかと推測されている。

したがって、以下本稿においては市田に従い、「聾者」という用語を、「手話を用いる聴覚障害者」あるいは「幼少時に手話を習得する機会のあった者、すなわち、聾者の両親のもとに生まれた聾者か、聾学校卒業者(在籍経験者)」として再定義し、若干の自明な例外個所を除き、一貫して使用するようにしたい。

しかし、いわゆる健常者のほとんどは、音声言語と同じほど豊かな情報を、体の動きだけによって正確に他人に伝えられるとはまだ思っていない。したがって、聾者が手話というものを使っていることは知っていても、それは話しことば、すなわち音声言語を持たない人たちがしかたなく使っている、不完全なコミュニケーションの手段と考えていると言ってよい。(たとえばSchaller(1991[47])などはそうした誤解を解いてくれるであろう。)

またヨーロッパの先進国と異なり、少なくとも日本では(日本)手話を日本民族の持つ独立した言語の一つとして教育体系の中に組み入れることが、まだ認められていない。

それで、まずこの言語というものの発生について、生物の系統発生学的、つまり進化論的立場から少し考えてみる。

地上において相対的に高等な動物は脊椎動物である。その最初は約2億から3億年まえに出現した古代魚で、生きた化石といわれていまも生存するシーラカンス(coelacanth)の祖先である。自然界における生存競争において、この古代魚が餌を追い、また敵から逃がれたりするためには、すでに十分発達した空間形状の認知能力と、運動性能力、つまり複雑なパターン認識のための各種の機能を合わせ持っていたことは明らかである。

それに対して、現在のわれわれに近い情報伝達能力を持つ言語を地上で初めて備えた動物は、われわれとは祖を同じくし、約二十数万年前に出現したあと別の進化の道をたどった、ネアンデルタール人であるとされている。一方、われわれの直接の祖とされるクロマニヨン人は、10万年ほどまえに出現した。(これらの年代については異なる推定もある。)これら二つの人類は、地域的な重なりも含めて、長いあいだ共存していたらしい。しかし、約3万5千年まえ、第4氷河期の到来と前後して、ネアンデルタール人は絶滅してしまったのである。

イギリスのある考古人類学者などの研究によると、いままでに発掘された骨の化石によって、口まわりの生理学的構造や、血管の残した溝あとが示す大脳の言語野あたりの発達状態などから割り出すと、ネアンデルタール人の音声言語の能力は、せいぜい1秒あたり1語ぐらい、つまりわれわれの場合の約10分の1の速さにしか達し得なかったらしい。その代わりにネアンデルタール人は、手話のような体動言語を、われわれよりもかなり良く使いこなしていたと考える学者がある。一方、クロマニヨン人のほうは、すでに現代人とほぼ同じ程度の言語能力を持っていたと考えられている。(ただしこれらの推定はまだ結論と言うにはほど遠いものであるらしく、現在も活発な議論が続いている。)

だから、頑健であったネアンデルタール人も、情報伝達能力の面では、きゃしゃなクロマニヨン人に決定的に劣っていたことになり、狩猟生活において獲物の乏しくなった氷河期に至って、ネアンデルタール人は遂に生存競争に敗れて絶滅したのだらうと考える、P. Lieberman (1984[30])のような学者も出てきた。

いずれにしろ、ネアンデルタール人あるいはそれ以前の人類による体動言語の「発明」と、それに次ぐ音声言語の発明が、他の動物たちの進化のゆるやかさに比べて、その後の人類の進化の速さを極度に高める原動力になったと考えられていることは、脳の進化学からみても妥当なことである。

いまここで特に注意して欲しいのは、われわれ生物の持っている、空間形状や動作パターンに関する処理能力が、上のように億を単位として数えるほど古い起源を持ったものであるのに対して、音声言語のほうは10万年を単位として数えるほどに新しいものであること、つまり進化の過程として、音声言語能力はパターン処理能力の1000分の1ほどしか熟成の期間を与えられていないことである。それから推すと、パターン一般の処理能力はそのぶんだけ音声言語処理能力よりも円熟していると考えるのが自然である。

それゆえネアンデルタール人は、まだ幼稚だった音声言語の能力とは別に、体の部分の位置や運動の作るパターンの認識に頼る、かなり発達した体動言語の能力を持っていたものと考えられるのである。すなわち、動物一般についてかなり知られている、体動による情報伝達の能力や、われわれ自身が、知らず知らずかなりの体動を情報伝達に活用していることなどを考え合わせることにより、人類として最初に獲得した言語能力は音声の主であるものではなく、実は体動によるもの、つまり手話のもととなったと考えられる「ゼスチュア的言語」のたぐいであつたかもしれないという、最近では一部の言語学者によって真剣に考えられている仮説が生まれたのである。しかし、以下でだんだんと明らかになるように、こうした「ジェスチュア的言語」は、現在の手話のように自己完結で独立した一人前の言語とは異なつたものであるを、まずここで理解しておきたい。

なお、人類の言語の発達過程においては、どのようにして体動的な言語から音声言語へ移行したのだろうかということであるが、おそらくそれは幼稚なジェスチュア的言語が洗練されて行って、語と文法との分離がおこり、真の手話が生まれたあとになって、今度はほかの作業のために手を空けるために、体動が除々に音声の変化によって置き換えられていったのであろう。一時盛んであつた言語類型論の基になつたように、古い言語ではかなり複雑な変化の構造で意味を伝える膠着語(粘着語)が多く、また活用と呼ばれている屈折によって多くの意味を伝える屈折語における活用の型も時代とともに順次簡略になって来た傾向がみられるが、そうした古い言語の特徴が、もともとは手話における微妙な動作の反映から始まったからなのではないかという、かなり思索的な考察については、山田(1994[58])に述べておいた。このことに関し、手話と話しことばとのあいだの細部構造の対比に基づく研究は、たとえばCoulter(1993[6])に詳しい。

とにかく最近までは、思考といえば普通には主としてことばによる言語、あるいはその抽象化・純化である論理によるものと一般に考えられてきた。その原因の一端は、逆説的ではあるが、画像的・パター的な思考方法はあまりにも円熟しているために、その遂行がわれわれの自覚にほとんどのぼることがなく、したがってその思考過程そのものがわれわれ自身によく分からないことによる。

それに反して言語による思考は、画像的思考に比べると進化論的にかなり未発達であるせいか、思考過程そのものがほとんどの場合かなりわれわれの自覚にのぼってくる性質のものである。さらに数学的、論理的思考ということになると、言語的思考に比べてももっと新しいものであるから、一所懸命に考えながらも、その遂行は一般になかなか容易でない。

ところが、よく知られているように(図1参照)、いまコンピュータに代行させるのが一番やさしいのは実は数学的、論理的演算のほうであり、自然言語処理でさえ、まだやつとよちよち歩きを始めたぐらいのところである。したがってわれわれの思考全体では、無自覚ながら画像的処理の占める割合が十分大きいにもかかわらず、いままでわれわれの文化の中で、いわゆる思索とその成果を記述



感覚障害者における脳の言語処理機能について

してきたのがほとんど言語によっていたのは、このような画像による思考過程が主として無自覚でよく説明できなかったこと、それに加えて、思考に深くかかわっている画像のためのよい記述法・記録法や処理法が今までなかったという、主として技術的な制約のせいであった。そうした事実は、たとえば数学書などに見られる諸種の証明の中で、よく「明らかに」とか「容易に導かれるように」という表現のもとに省略されている部分が、実はコンピュータで自動化するのがかなりむずかしいところであることにも表われている。人間の場合、こうした部分は画像的にパターン合わせで処理していることが多い(山田 1994[58] 参照)。

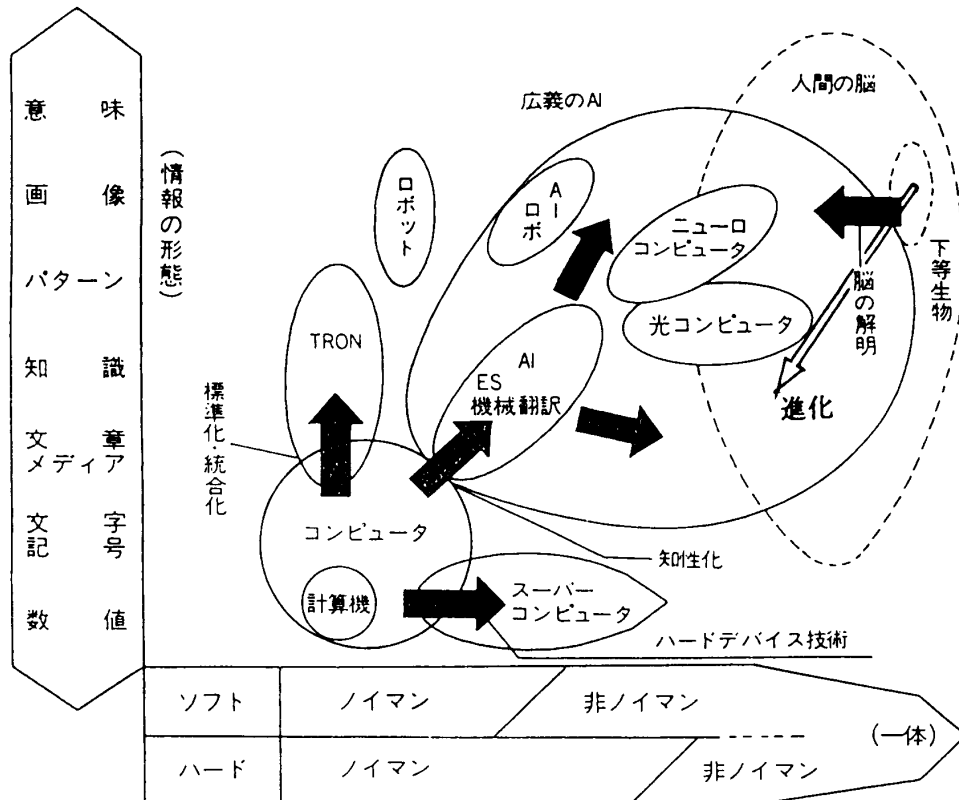


図 1 コンピュータの技術動向 (野村総研 1988[36])

しかし、コンピュータ関連技術の最近の進歩は、印刷技術における絵画の処理を経済性あるものにしたばかりでなく、この10年ほどのあいだに、静止画像や動画のコンピュータ処理にも画期的な新技術を提供しはじめた。最近では、コンピュータによって生成・操作される、音声、絵画、立体図形、ホログラフ、動画などから構成され、しかも、今までのように線形に並べて作る系列ではなく、利用者の意志によって対話的にたどれる選択枝を豊富にそなえたハイパーテキスト手法を取り入れた、マルチメディア技法が大幅に進展しつつある。われわれがこれらの技法を好むことは、進化論的に円熟することにより、線形構造を持ったことばより使いやすくなっているわれわれの画像的思考が、脳内において大幅な並列処理機構によって行なわれているものであることを考え合わせれば、まことに当然な回帰的行為である。

すべての思考は、言語で表現してみればはじめて正確なものになるということは、よく言われる。それはすぐ言語化できるものについては正しいであろう。同時に、そうして表現され得るものは言語化できるものに限られてしまうから、画像によってはじめてうまく表現され、処理され得るものにつ

いては、いままであまり体系化の手がつけられていなかったのが実情である。しかし画像処理技術の発達とともに、われわれの思考形態が、言語の使用は残したまま、その上に画像の援用を大幅に積みあげる形で、全体としては画像志向へと回帰の歩みをたどるのは自然であろう。

したがって、われわれがコンピュータを使って情報を処理するときにも、プログラム言語の人工的な命令語を離れ、直接自然言語のことばを介して行なえるようになってきた今でさえ、さらに進んで、ディスプレイ画面上で何らかの形の視覚的情報に落としたものを使って操作が行なえるようにしたほうが、解決の手続きがもっと楽なことが多い。だからコンピュータの操作は、かつての命令語や高水準言語による方式よりも、ウィンドウ表示などの画面上で、プルダウンメニューやアイコンなどをポインタとマウスで操るもののほうが、いま圧倒的な人気を得ていることは自然なりゆきである。

しかしこれには落とし穴があって、すべてが視覚化してしまうと、たとえば先天盲の人たちには、せっかく苦勞して修得したコンピュータプログラマとしての道が閉ざされることになるおそれがあることが、つとに指摘されており、通産省などをはじめとして、多くの関係者があれこれその対策と取り組んでいるところであるし、また巷でも技術的な解決への研究が熱心に行なわれている。

そうした問題の解決の工夫をするに当たっては、おそらく先天盲の人たちだけが持っている、特殊な「空間的」思考形態に合った方法が考えられるべきであろうが、現実にはそうした人たちの思考の中にある空間の概念についての基礎研究は、あとの第4節などで述べるようにいくつかの例はあるものの、まだほとんどなされていない状態のようである。しかしそうした研究なしには、この問題の真の解決法はなかなか見いだせないと思われる。

以下においては、先に提示した手話技能取得の問題のほかに、こうした問題を加えて一般化し、大脳などについて今までに行なわれた、それらと関わりのある基礎的研究の成果の一端に触れてみよう。以下の取りあつかいでは、言語としては音声言語および手話に限定し、その背後にある、多分に画像的な思考過程には触れないことにする。しかしながら、言語の使用にあたって大脳は、そうした画像的な思考作業を実行していることは忘れてはならないであろう(山田 1994[58] 参照)。

しかし、そうは言っても、思考過程というものはきわめて複雑であり、その全体を体系的にとらえることは、当然ながらはなはだむずかしい。現在では、そうした考究は認知科学という学問分野として扱われている。

この認知科学という学問を一般的にとらえてみると、人間が考えるという行動に関係あるものごとを、あらゆる科学的な手法によって追求する活動の領域と言うことが許されよう。その萌芽は1950年代にまでさかのぼり、主として心理学的観点からの取り組みが始まったのであるが、その後はコンピュータの発達とともに、思考過程の工学的シミュレーションや、実現過程の機構のいかにかわからず人間と同等の、あるいは人間に勝る能力を目指す、人工知能(AI)の研究などが活発になり、現在では人間の脳細胞の働きから、大規模なコンピュータのAIソフトまでを含めるところまで、考究の対象範囲を広げたものになっている。

古典的な学問分野を用いてこの比喩を述べてみると、たとえばそれは、あたかも動物や人間の歩行から、自転車、自動車、船舶、飛行機、果てはロケット宇宙船までの移動原理、製造法、操作法などをひくくめて、「移動科学」といった学問分野を定義しているかに等しく、ときには認知科学はどうもよく分からないものだと言われることがあるのも無理はない。にもかかわらず、「移動科学」というような広範囲を含める学問領域は一般的に考えられることがないのに、認知科学が一つの分野として認められているのは、個々の物体の運動に関しては、ニュートンの力学や流体力学などを基本原理とする物理法則や、新陳代謝や燃焼化学などを含めたエネルギーの科学などによって、体

## 感覚障害者における大脳の言語処理機能について

系的にかなりよく説明できるようになっているのに、認知科学の中心となる人間の思考過程については、基本となる自我だとか意識だとかといった肝心のことさえ、まだほとんど分かっていないから、これをあらゆる方向から考究して、その真相に近づこうとする努力に意義があると考えられているからであろう。

人間の思考活動の中であって、言うまでもなく言語活動は大きな地位を占め、またそれだけに言語は、思考活動の機構を反映する、観測可能で重要な手がかりともなっているから、語彙、統語法、用語法、意味理解、翻訳などを含め、言語活動のあらゆる側面が、認知科学のいろいろな課題の中で大きな地位を占めてくることは明らかであろう。したがって、本稿で述べる種々の問題にしても、この認知科学における大きな命題の一つとなっていると言ってよいであろう。

### 3. 大脳両半球の機能分担と視覚・聴覚系

まずここでは、左右に分かれた二つの半球から成り立っている大脳の機能についてごく簡単に述べ、かつ大多数の人たちが外界から情報を取り入れるのにもっとも重要な働きをしている視覚系と聴覚系から、受容情報の処理をつかさどる大脳へ接続されている神経の構造の大筋についてみることにする。

人間を含めて、高等動物である脊椎動物の大脳は右と左の二つの半球から成りたっていて、ごく大まかに言うと、右半球は主として体の反対側である左半分の機能を支配しているし、左半球は右半分の支配に優位である。しかしその両者間で機能の内容がよく分化しているのは、主として人間だけのようである。

人間の大脳の左半球が言語の生成や理解、論理的思考などに深くかかわっていることは、すでに前世紀にフランスのブローカ (Pierre Paul Broca 1824-1880) やオーストリアのウエルニケ (Karl Wernicke 1848-1905) などが、大脳機能障害患者の観察と死後の剖見などによって明らかにしていた。しかし右半球の機能が実証によって明らかにされだしたのは、1950年代になってアメリカのスペリー (Roger Sperry) 教授一派の始めた研究の結果である。現在では右半球は空間の認知や操作、現象をパタンの的に理解すること、それに情緒的思考などを主導していることが詳しく調べられている (たとえば Springer and Deutsch 1985[49] 参照)。

現実的なその応用として、たとえば店で商品を並べるのには、高級品が客の左側になるような配置にするのが、すぐあとでみるような眼の構造によって、パタン処理、情緒的処理に主導をとる右半球に直接訴えることになるということが理由となるらしく、長年の経験から知られている、売り上げを伸ばす良い秘策だそうである。また統計的にも、駅前の商店街は出口から見て左側のほうから発達するものだそうである。

とは言っても、こうした機能の分化と分担は左右両半球のおのおのが、独立に全ての機能を曲りなりにでも遂行するという、厳密に二者択一の能力をそなえているわけではなく、左右両半球はかなり協調をしつつ、場合により、また目的によっておのおのが得意なものについて主導をとっているものらしい。たとえば右半球には、パタンの的に表象された、言語の裏の意味、すなわち含意、広い意味での比喩、皮肉など、言外の意味を解釈し理解する機能を持つ領域があるが、その部分が損傷されると、左半球が主導で行なわれている言語の処理において、こうした表象的表現の理解ができなくなるし、冗談も分からなくなる。反対に、左半球の言語野に損傷のある者は、左半球での言語の論理的意味、すなわち言内の意味を理解する能力を失ったあとも、右半球が言語中の情緒的要素に感応できることがある。

ちなみに、一般には男性よりも女性のほうが言外の意味を取る傾向が強いことが知られているが、それは男性では言語処理が左脳の圧倒的優位で行なわれるのに対して、女性では右脳の援用度が高い、つまり大脳の左右両半球の機能の言語的分化の程度が低いからだとされている。こうした事実は、世によくある、男性の単純な発言が、しばしば女性によって皮肉やあてこすりなどと取られたりすることの原因となっている (Gur et al. 1995[11] 参照)。

こうしたことから推すと、右半球では深い論理的思索ができないように思われるかもしれないが、そういう解釈は正しくないらしい。たとえば今世紀初頭の前後にわたって活躍した、フランス出身の著名な数学者アダマール (Jacques-Salomon Hadamard 1865-1963) などが詳しく検討していることであるが、数学や物理学などにおける多くの発見は、言語的思考だけによるものではなく、むしろ右半球の得意とする画像的な直観や勘によることが多いらしいからである。

なお、言語は左半球の処理に頼る論理的な構造を持っているものであるが、その反面、比喩のようになかなかパタン的な類似性の理解に訴える側面も多分にある (詳しくは、たとえば山田 1994[58] を参照)。そのことに関連して、市田 (1995[18]) は興味深い疑問を提示している。すなわち、言語の構成要素の持つパタン的な性格の大小と、その理解に関わっている大脳の左右両半球間の作業分担の相対的变化の可能性である。

言語表現の中には、多分に写實的、ないしは比喩的であると考えてよい、オノマトペア (擬声語、擬態語) がある。雷の「ゴロゴロ」「ピカピカ」、液体の「サラサラ」「ベトベト」、運動の「クルクル」「サッと」などがその例であり、日本語はなまの形のオノマトペアが比較的豊かな言語とされる。しかしこれらの語に対応する、英語の “rumble” “flash”、“slippy” “sticky”、“spin” “swish” なども、その語感には多分にオノマトペア的なものがあることが、われわれにも感じられるであろう。それゆえ、もともと言語の発生はオノマトペアに始まり、だんだんと一般的表現に変化したという考え方も言語学にある。たとえば「ザワザワ」「ザワつく」、さらに「さわぐ」へと発達変化を遂げたということなどである。

これに関する市田の関心は、こうしたオノマトペアから一般化したことばへの階段的变化に伴う語圏を構成する元のおのおのが、脳の中で理解される仕方に果たして差異を生み出しているだろうかということである。同じような設問は、かなり表意的な構造を持つ象形漢字や指事漢字から、かなり恣意的になった形声漢字、さらには多分に表音的なアルファベット表記の文章などの表記法の違いと、その脳内処理についても考えられるであろう。また手話においても、ジェスチュアに近いサインマインから、抽象化かつ恣意化を遂げた固定語類などの、違った表記による表現についても言えることである。

これに関しては、たとえば英語の “sincere” が、一説に、古代に土器の水漏れを防ぐために「ワックスを詰めることをしていない」という意味だったことなどを、大ていの人には知らず、今は直接「誠意ある」の意味の語として使っているし、また多分に表意的である象形漢字の「舟」や指事漢字「上」なども、ふつうはいちいちその象形性や指事性を意識しないで使っており、さらに形声漢字に至っては、たとえば「時」や「掌」などが、音声を表わす声符「寺」や「尚」と、意味の一端を示唆する「日」や「手」との組み合わせであることなどは、ふだん全く意識していないように、ことばや表記法に熟達した人にとっては、その意味することが直接伝わってくるものであればよいのであるし、またそのほうが運用上も効率がよいから、私の考えとしては、オノマトペアも、また手話の場合も、こうした単語レベルでの表記や表現法内での違いは、わざわざそうしたことを考えない限りにおいては、言語としての処理の場所が脳内でさしたる違いをもたらないことと思う。

感覚障害者における大脳の言語処理機能について

その一方において、ひとたび言語体系の中に組み入れられた単語は、それらが担っている機能の差によっては、脳内での処理領域や処理方法がある程度異なっていることが推定できるようである。たとえば同じ名詞であっても、それが固有名詞であるのか、それとも一般名詞であるのか、またそれがどう用いられるのかなどによって、処理に関わっている場所や方法がいくらか異なっていることが、最近急速に発達している陽電子放射断層撮影法 (PET) のような画像化手法を用いて実験的に確かめられているようである (Szpir 1992[51] 参照)。これは、齢をとると一般名詞よりも固有名詞のほうが思い出しにくくなるといった、よく知られている現象とも整合性のある知見であろう。

そうしたことがらを総合して考えると、市田の疑問にはもっともなものがあり、最終的には、たとえば脳磁波測定などを用いた実験によって確かめられるべきこととなるであろう。

大脳両半球のこうした作業分担をさらに細かくみると、受け持つべき機能によって、それを支配する半球やその程度、さらには機構に違いがあるということが分かる。

すなわちまず視覚系であるが、視覚刺激の受容器である眼球では、両眼とも網膜の左半分は左半球だけに、右半分は右半球だけにつながっている。したがって、眼のレンズである水晶体を通して映る外界の映像は、レンズが倒像を作るから、外界の注視点(凝視点)の左側にあるものの映像は網膜の右半分に映り、右側にあるものは左半分に映る。すなわち、左視野からの情報は、知覚後まず右半球の後頭部にある視覚野だけに、右視野は左半球の視覚野だけに入力されている。そうした機構で片側の眼は、右も左も両半球に情報を入力しているのである (図 2 参照)。

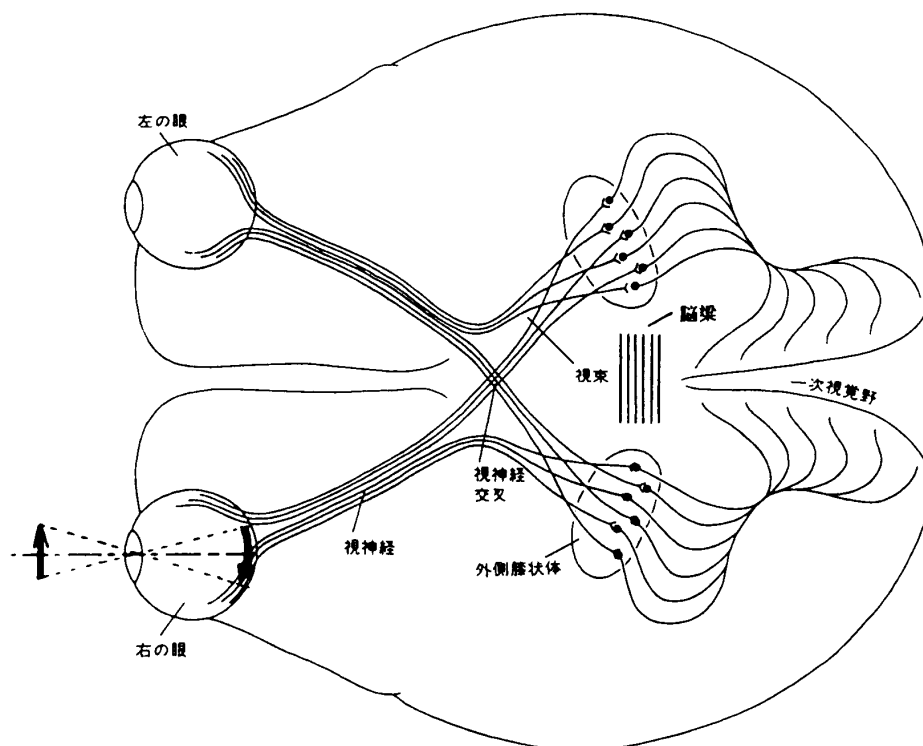


図 2 下から見上げた視覚の伝導路 (Hubel and Wiesel 1979[15])

ちなみに、2、3億年まえから地上にいる脊椎動物が、なぜこのような視覚系の構造のみならず、左半身の随意運動を制御するのが右半球の随意運動野であるといった、左右交差の構造に向けて進化をしたのかということであるが、もちろん科学的に決定的なことは言えない。しかし生物が原始的な生存競争の世界にあって、たとえば左から攻撃してくる敵によって頭の左側が一部損傷されても、残された右側の眼や大脳が、依然として左側の敵を認知し、かつ右半球の随意運動野によって制御されている左半身の運動機能を使って防御手段をとるのにはこの構造が向いているから、そうした視覚系を持った生物が生き残りやすかったのだという、うがった見方をする学者もある。

いま私たちが外界を見つめても、中央正面にそうした左右の視野のつなぎ目らしいものの存在は全く感じられない。これはおのおのの眼球からの情報が、左右両半球後頭部の視覚野でべつべつに一次処理を受けたあと、両半球のあいだをつないでいる、2、3億本の神経線維から成る脳梁を通して、両半球のあいだでお互いに融通され、各半球にある視覚連合野などによってさらに高次の処理を受けて、外界空間の全体像を一つのものとして認知するようになっているからである。

そればかりか大脳は、左右の二つの眼にはいってくる2次元の視覚的入力あいだの微妙な違いを比較処理することによって、距離感や立体感を得て、再び外界を3次元のモデルとして頭の中で表象しているのである。

次に聴覚系に移ろう。

視覚系が3次元空間を網膜上に投射して得た2次元映像の情報を処理しているのに対して、聴覚系は3次元空間から左右の耳に届く音の時系列を処理して、1次元的に体のまわりをぐるっと取りまき、太くてほぼ環状の形に圧縮され、刻々と変化する音像を知覚することをつかさどっている。

視覚系の出力する2次元の映像は、写真と同じように、時間的にはほとんど零に近い短時間のもので切り出されても、独立して意味を持つことができる。それに対して聴覚系の出力する音像は、時間の流れを伴う継時的なものであって、持続時間が零という音は、ある時点における時間的近傍にわたって測定した音を分析した結果の極限值として、たとえばその時点における音の周波数スペクトルや音量のような、物理的なパラメタの記述を与えることは可能であるとしても、人間の聴く音としてそれはほとんどの場合無意味であるし、また大ていの場合には時間軸上での変化の情報が重要なのである。

人間は主として左右二つの耳からの入力の差と、補助的には周囲や耳殻や耳朶からの微妙な反射音の情報とを利用して、水平線上の音源の方位を割り出している。しかも音源が多数あるときでさえ、その一つ一つの方位をかなり良く決定できるから、たとえばステレオ音楽などにおけるような音の広がりを感じられるのである。

さらに、おそらく耳は多くの周波数の混ざった音源からの複合音に、身の周囲からや、またやはり耳殻や耳朶からの微妙な反射音を加味したものから、ある程度は音源の上下方向の位置を割り出しているらしい。

しかし、ふつう人間は2万ヘルツ以上の純音(つまり正弦波波形の音)は聞こえないし、少し齢をとると1万5千ヘルツでも怪しくなる。一般的に言って人間の耳の感度が最もよいのは大体2000ヘルツから5000ヘルツのあいだである。感度のよい周波数帯が必ずしも方位性のよい周波数帯であるとは言えないが、その可能性はかなり高いとすると、この帯域の波長は、常温では70~170cmほどになる。

高性能のステレオ音楽の機器において、左右のスピーカーを逆相、つまり音波の位相が180度ずれるようにしてつなぐと、音が散ってしまつて音源の方向がよく分からなくなることからもみられる

感覚障害者における大脳の言語処理機能について

ように、耳が聞き分ける位相差としては90度ぐらい、つまり波長の4分の1ぐらいのところをもっとも良いようである。ということは、時間にして(5000×4)分の1秒から(2000×4)分の1秒、つまり20分の1ミリ秒から8分の1ミリ秒の音の時間遅れの構造を耳は聞き分けていることになる。

しかし実際によく聞く音は定常波ではなく、音楽や人の声のように、音量も周波数成分も常に過渡的に変化しているものであり、聴覚器管はそうした音の中のピーク値が左右の耳に到達する時間の差を検出する機構を持っていて、それは1ミリ秒あたりで弁別が良い。

聴覚における方位感や奥行き感(すなわちステレオ感)は、もちろん左右チャンネル間の音量の大小によってもかなり作り出せはするが、高性能の音響システムを用いて出した再生音では、左右両チャンネル間の音量を変えたとき、音量差の小さいうちは音場の定位性はほとんど変わらず、その差がある限界を越えると、かなり不連続的に音量の大きい方向に音場が移動するように感じられる。したがって方位感・奥行き感のようなステレオ聴覚には音のピーク値の到着時間や位相がかなり寄与していることを示している。

ただしこうしたことは、たとえば人間の声や音楽のような複合音を聞くときに感じとれはするが、単一周波数の純音を用いて同じような実験を行なうと、音源の定位はずっとむずかしくなり、頭をちょっと動かすだけで音源の位置がひょこひょこ移動するように感じられるから、音源の定位をとるのに、耳は多数の周波数のあいだにある複雑なピーク値の時間や位相関係の情報を処理し、活用していることが分かる。

説明が必要以上に詳しくなったかもしれないが、要するに、音のステレオ感を得るのにあたって、われわれは左右の二つの耳にはいる音のあいだにある10分の1ミリ秒から1ミリ秒ぐらいの時間差を聞き分けているということである。

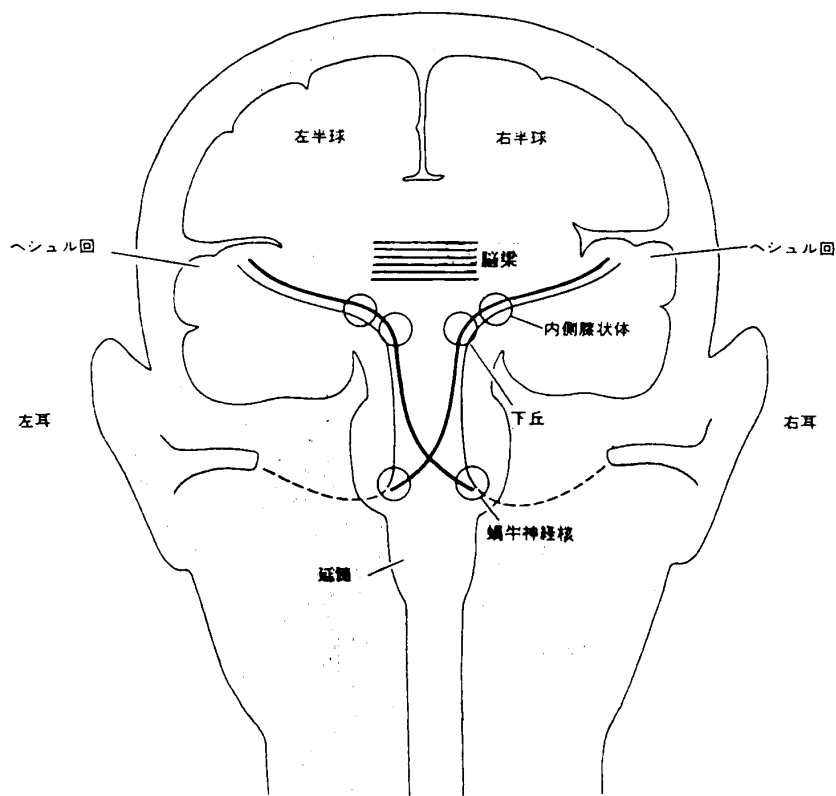


図3 後から見た聴覚の伝導路 (Kimura 1973[23])

それに対して、一般に大脳両半球の一方にはいった情報が、先ほど述べたようにして、脳梁を通して他方に送られるのには、それだけで約数ミリ秒の時間がかかることが分かっている。したがって、もし左耳にはいった音が右半球だけ、また右耳にはいった音が左半球だけにしか入力されないとすると、それら二つの成分から大脳連合野でステレオ感などを生み出すことは、極度にむずかしくなると考えてよい。

それで聴覚系の場合には、視覚系の場合と違って、左右二つの耳のうち的一方だけにはいった音の情報が、程度の差こそあるものの、大脳の両半球に直接届けられるような構造になっているのであろう(図3参照)。ただしこの場合にも、一つの耳への入力为主として体の反対側の半球で処理されるようになっている構造の持つ進化論的な意味は、視覚系の場合と同じだと考えられる。

#### 4. 盲人と点字処理

手話のことを取り上げる前に、盲人が点字を読むときの利き手に関わる研究についてここで少し触れておく。手話と点字とは情報伝達のための全く異なった媒体であるにもかかわらず、あとで詳しくみるように、この両者を処理するときの大脳の働きには、さまざまな共通点があるのである。

盲人は、紙の上に突き出した、タテ3横2の6点の有無の組み合わせで構成された、点字という文字に頼って文章の読み書きを行なっている(図4参照)。特に先天性の盲人は、右手と左手の人差し指のどちらの指先を用いても、健常者には信じられないほどの速さで点字の文章を読むことができる。

またかれらは点字の文章を書くにあたり、点字盤、定規、点筆(てんぴつ)の3点セットを用いている(図5参照)。点字は尖った点筆を点字用紙の裏から点字盤のくぼみに押しつけて書くのであるが、そのときたとえばページ用の点字盤の場合には、点筆をガイドするのに定規を使い、その位置決めには、点字盤の枠につけられた刻みを利用するようになっている。そのほか、点字盤は点字用紙を固定する役割りも果たしている(図6参照)。

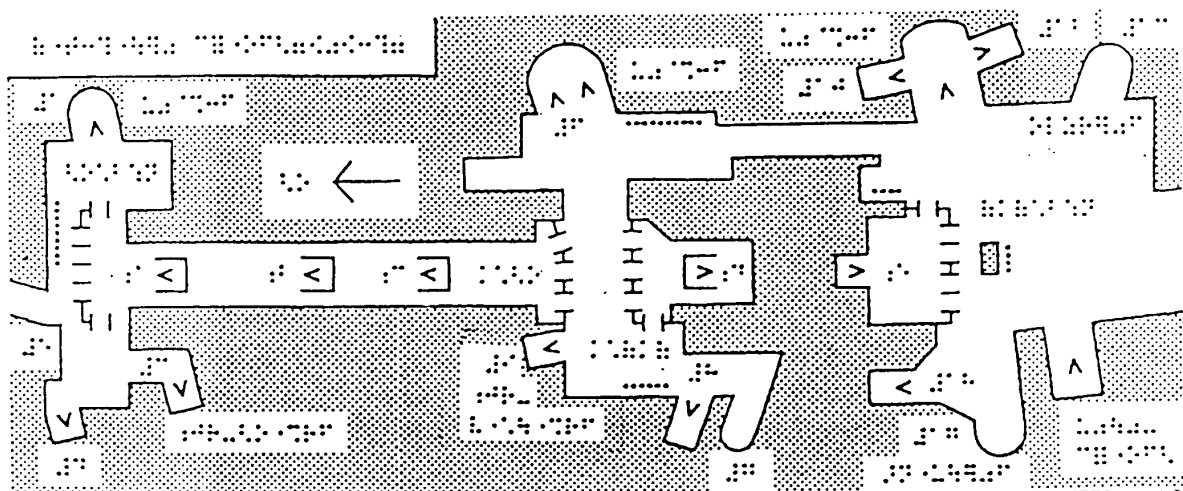
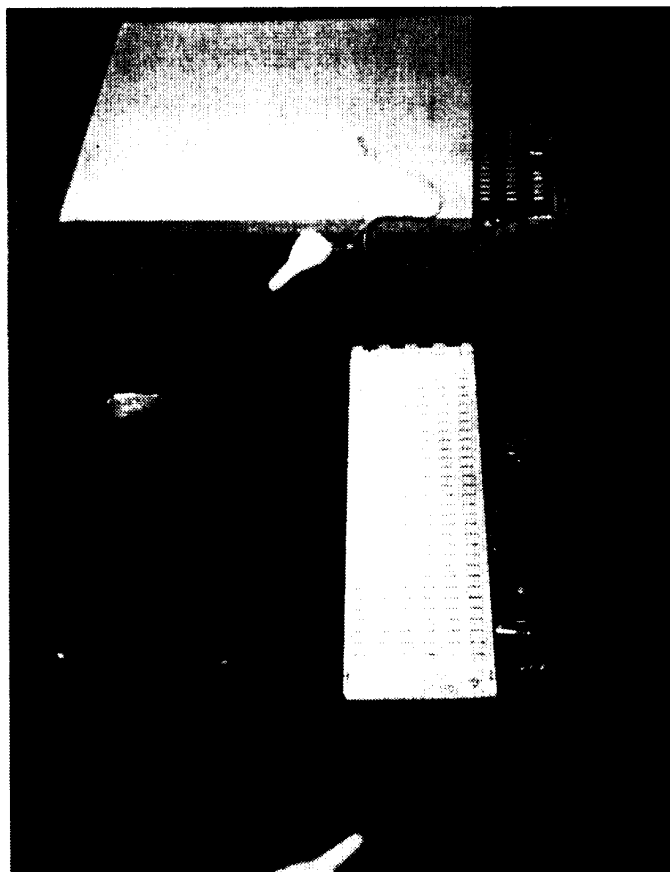


図4 大阪の地下鉄梅田駅のコンコース  
歩行用触地図と点字表記(縮小図)(加藤 1989[20])

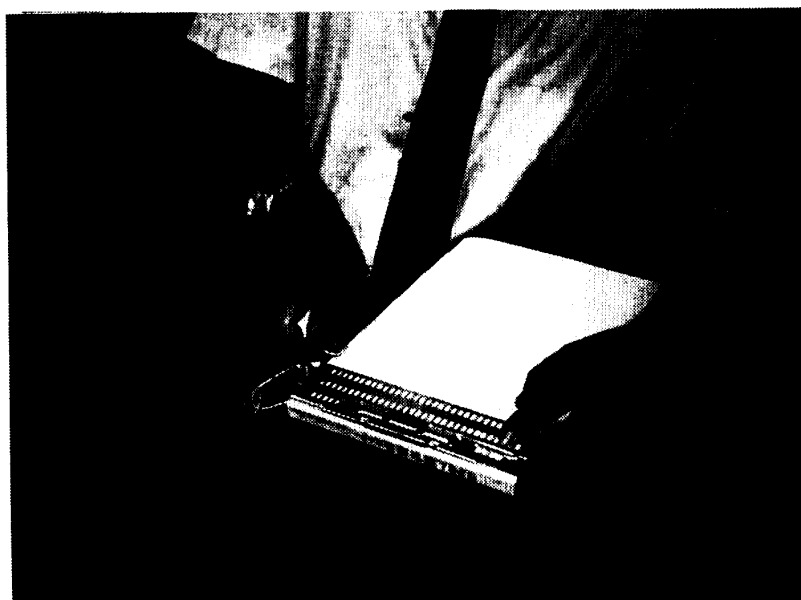


感覚障害者における脳の言語処理機能について



カード用（手前）とページ用（奥）、紐でつながっているのが点筆

図5 点字盤セットの2種類



（デモのため体をひねっているが、本来は机に向って用いる）

図6 定規を当ててページ用点字盤を使っているところ

このようにして、点字は紙の裏から一点ずつ作るのにもかかわらず、健常者の筆記と同じ程度の速さでノートをとることさえできる。

点字盤自体の構造は左右対称になっているから、点筆を左手で用いることに何ら不自由はないが、盲人においても、健常者と同じようにやはり右利きが多数派であって、この点字作成はふつう右手で行なわれているようである。それゆえ盲人には、既成の点字文書を左手で読みながら、右手でノートをとる者が圧倒的に多いという。(どちらの手で作るとしても、裏書きの点字そのものは、表から触れたときに正しくなるように書かれる。)

しかし、点字を作る手と点字を読む手との分担は、入れ替えても特に不都合はないように思えるので、アメリカのミシガン州立大学の心理学者 Lauren J. Harris ら (1980[12]) によると、こうした両手の作業間の分担上の選択について関心を持った研究者は昔からあり、その結果、たとえば盲人が左右の手で点字を読む速さの大小については、今までにいろいろな説が出されている。しかし、実はこうした研究が行なわれるようになる前にも、経験的には、盲人は右手よりも左手のほうがより速く、かつより正確に点字が読めることが分かっていたようである。

1920年代になると、この問題はドイツで組織的に研究され、点字の読みの速さは左手の人差し指のほうが右手の人差し指よりも優位であるとされた。しかし1930年代になると、逆に右手優位の実験結果がアメリカから出てきた。その結果、2国間で速さにそうした差が出たのは、おそらく両国間における、点字読みの技能の教育法の違いによるものであって、点字読みについて本質的な利き手というものがあるからではないとされた。それ以来、点字読みには右手もしくは両手を使うのがよいというのが、アメリカでは多数派の意見となっていた。

しかし1950年代になると、点字読みにおける左手優位説が再び登場し、理論的にはいまだにこの問題の結着がついていないと言えないようである。日本では盲人の大多数が左手で点字を読み、右手で点字盤を使うとのことであるが、おそらくそれはいま実施されている教育法のせいではないかという。

今まではこの新しい左手優位説の説明として、利き手でない左手のほうが、ふだんあまり使わないので指先が柔らかで敏感だからだとか、また、盲人がよくするように、両手を使って左から右へと、点字で横書きされた文章を読むときには、ふつう右手が先にたどって概要をつかみ、そのあと左手で細かいところを読んでいるから、左手の読字能力がより発達するのだとかなどの説があった。しかし、大脳左右両半球の機能分担が1950年代以降に明らかにされるまえの1929年に Josephine M. Smith という研究者は、右手のほうが運動機能においては優れているものの、点字読みにおけるこの左手優位は、左手のほうが感覚機能に優れているからなのだとした。これらはいずれも左右の手の感覚能力における程度の差だとしていたのである。

点字に関して両手間の差が大脳両半球の分担する機能の違いと初めて結びつけられて説明されたのは、やっと1970年代に入ってからである。すなわち、左手で読まれる点字のパタンは、左半身の体性感覚を扱っていて、しかも空間情報処理に優れた右半球によって、まず能率よく分析され、その結果として得られた情報が左半球に転送されてから、初めて言語としての処理を受けていることが、この左手の能力の優位を生み出しているという説明である。

Harris らは、1970年代後半になって、被験者として健常者と盲人との協力を得て点字読みの能力に関する実験を行なった結果、右利き盲人の大多数は左手、しかも中指で点字を読むのが最も速いか、あるいは正確であることを客観的に示し得た。

感覚障害者における脳の言語処理機能について

またこの研究では、若く右利きの健常者においても、新たに点字読みを学習すると、やはり左手ではあるが、しかしながら人差し指がもっとも速く読めるようになることも分かった。ただし若い左利きの健常者の場合には、左右の手のあいだで差が出ないことが実験的に示された。

こうした結果を健常者の文字読みと比較すると、すでに述べたように、眼の構造として、両眼とも(左眼だけではない)、左視野に入った情報は、まず大脳右半球だけに伝達されて一次処理を受け、反対に右視野に入ったものは、同様にまず左半球だけに伝達される。そのあと情報は、左右両半球を結んでいる神経の束である脳梁を通して、自由に交換されている(図2)。

健常者におけるアルファベット文字の視覚的認識については、タキストスコープ(瞬間投映器)と呼ばれる実験装置を用いて、古くから実験心理学者によって、研究されてきた。その原理は図7に示されたように簡単なものであり、タキストスコープとは、こうした投映物の位置や時間を正確かつ能率よく制御できるように作られた実験装置にすぎない。これを用いた実験の具体例は、のちに第6節で示すことにする。

そうした研究の結果、現在分かっていることとして、たとえば印刷文字のように、形が一定していてしかも日常始終見なれているものについては、眼球を移動させるひまのないほどの短時間だけ、タキストスコープによって右視野(すなわち大脳左半球)へ瞬間的に映し出すと、左半球だけにはいった文字の映像を被験者が認識するのに要する時間は、同様にして左視野(右半球)だけに投入したときよりも短い。しかし、全く同じ実験を、今度は形に変動がある手書きの文字を映して行なうと、左視野(右半球)に投映したほうがかえって認識が速くなってしまふ。

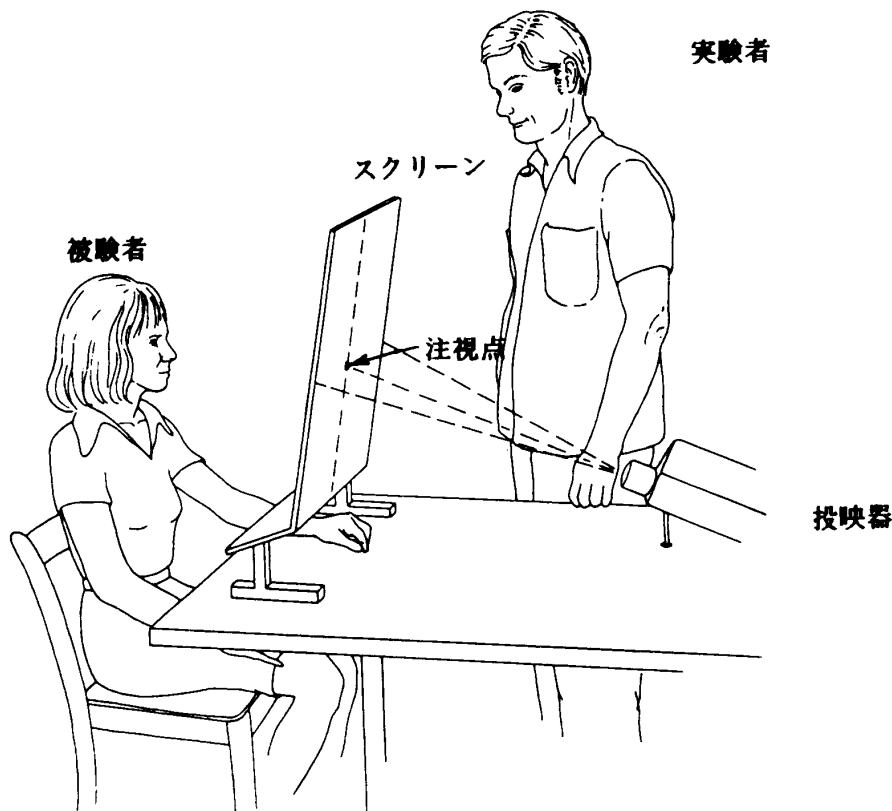
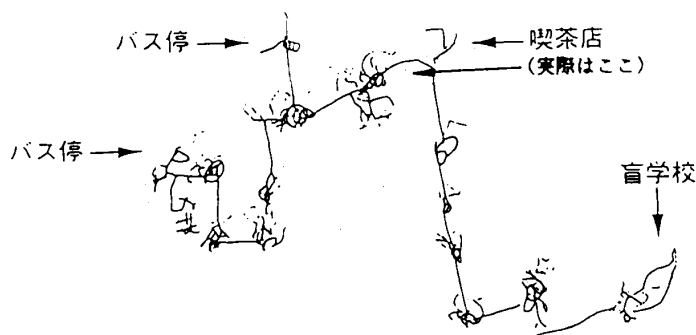


図7 タキストコープの原理の模式図

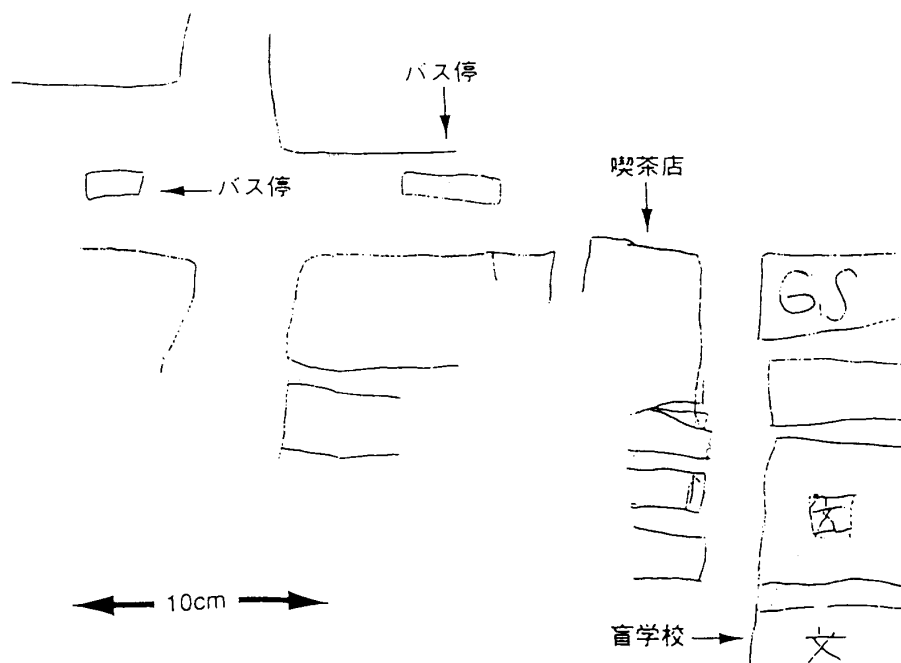
(Springer ; Deutsch 1985[49])

これは、形が一定している印刷文字では、ただその形をそのまま認識すれば良いのに反して、手書き文字の認識では、変化のある形を見て、まず余分な線分を除いたり、形を規準化するという、空間情報の前処理が必要であり、すでに述べたように、こうした作業は右半球が主導で行なわれる性質のものであり、そのあとで情報を左半球に送って意味処理をするからだとされている。

健常者の視覚的な文字の認識時においては、左右両半球のあいだにこうした機能差があり、それによって、文字の認識の作業能力に差が出てくる。しかし、そうした差が、空間情報についての経験が健常者とはかなり異なっている先天的に全盲の人たちの空間情報処理の過程に、そのまま適用できることであるかどうかは、にわかに推定できないであろう。事実、全盲の人たちの空間の概念は、かつては目が見えていて、その後に目の見えなくなった後天盲の人たちの空間の知覚の仕方と比べてさえ異なっているのである(図8参照)。すなわち、この図に表われている差異をごく簡単に言うと、後天盲に比べて先天盲では空間というものが点と線から構成され、幅とか広がりといった概念が希薄であり、かつ交差という概念もあまりはっきりしていないようにみとれる。



(a) 先天盲Aが描いた図



(b) 後天盲Aが描いた図 (3回目の試み)

図8 先天盲と後天盲の生徒の学校まわりの空間把握の差

(説明は申告に基づいて記入)

(皆川・他 1993[34])

## 感覚障害者における大脳の言語処理機能について

にもかかわらず、点字の読みのときに、盲人の能力は左手のほうが優れているという、両手間の差を理解するに当たって、健常者の視覚処理の性格から類推して、左手が優れているのは、点字そのものの意味を知るまえに、空間に広がって存在する、点字の構成要素である点の位置情報をまず総合するという前処理において、右半球のほうがより適しているからだろうと、従来は説明し、それによって盲人は左手のほうがよりよく点字を読めるのだとしていた。

しかし、そうした説明とは必ずしも調和しない事実も、すでにいくつか知られていた。すなわち、第1には、点字はいつもはっきりした形をしていて、手書き文字のように余分な成分や形のくずれ、ノイズがない。したがってその認識には、手書き文字のときのように、特別に空間情報の前処理をする必要がないと思えることである。第2には、目かくしをした健常者でも、厚い紙をきれいに切り抜いて作った印刷体のアルファベット文字を貼って作った文章を手さぐりで読ませると、やはり左手のほうが速く読めることが分かっている。

そうした、上記の説明とは調和していない観察結果を踏まえて、左手(すなわち右半球)による点字の読みが右手よりも速いことを説明するために Harris らは、右半球が空間情報の処理に優れているという事実以外のところにその理由を求めた。すなわち、何ごとによらず、動的である触覚によって認識するものについては、全て右半球による処理のほうが優れているのだと考えたのである。

時間とともに変化する情報一般を識別する能力において、皮膚感覚は聴覚よりも時間的分解能が低い、つまり変化に追従するのが遅い。たとえば耳は約50分の1秒で音を識別できるとされるのに、触覚による形などの識別には、ふつうほぼ1秒もかかってしまう。

さらに空間情報の分解能においても、皮膚は眼に劣っている。たとえば眼は明視の距離(35~40cm)で、指先の感覚で識別できるよりもずっと近く並んだ2小点を識別できるし、またその状態を知覚し続けられる。しかし、たとえば指先で感じとれる2点の間はかなり離れている上に、せっかく触覚で識別された2点も、その後そのまま押さえ続けていると、2点かどうかが感じられなくなってくる。つまり、視覚では入力刺激の時間的統合を経ずして、全体像が一遍に見えてしまうが、触覚では受容した情報の認知の前に、刺激に対するかなりの統合時間が要る。(実は視覚の場合でも、特殊な装置を用い、眼球の動きに合わせ、眼に対して像を相対的に完全に固定してしまうと、やはり見えなくなることが分かっている。)

そうした皮膚感覚のいたらなさを補償してくれるのが、右半球の持つ、空間の全体的(ゲシュタルト的)知覚処理能力であり、かつ、指が点字列上を動いているとき、触覚の時間的変化を統合して空間情報の全体像をつかむという、空間的情報を時系列上で統合する、右半球の能力であるとする Harris らの主張には説得力があるであろう。

さらに、心理学においてよく知られているように、たとえば文字などの対象物の視覚による認知の時間が、対象物の回転など、位置の変化によって影響を受けはするものの、それに対してかなり寛容なのに比べて、目かくしをされたときの指先による触覚になると、位置の回転は認知能力に対して大きな影響を与えることが知られている。そのような、回転された対象物からの情報を正常な位置にあるパタンとして、まず頭の中で正規化してからその属性を処理するという作業においては、一般に右半球が左半球よりまさっていることは、すでに実験的によく確かめられている。

このように、触覚によって得られる情報の処理は、視覚によって得られる情報の処理とは性格がかなり異なっており、かつそれには、少なくとも右利きの者の場合、右半球のほうが左半球よりも優れていることが、いまではかなりよく分かっている。

したがって、盲人が点字を読むのに左手を好むというのは、実は何も盲人だけに特有な性向なの

ではなく、ふだん気づいていないとはいえ、そのような作業に対しては、健常者(少なくとも右利きの者)でも、右手よりも左手のほうがより良い作業ができるというのが、人類に一般的な特質であると Harris らは主張したいらしい。

ただ左利きの者は、ほかにもいろいろと知られているように、ここでも他とは異なる実験結果を示しているのです、かれらと右利きの者とのあいだには、何か異なっているところがあるということのようである。

### 5. 聾者の手話をつかさどる大脳半球

さて本節ではいよいよ耳の不自由な聾者と、その共通通信手段としての手話の話しに進むことにしよう。なお、本名・加藤(1994[14])は手話、特にその造語法の一般向け入門書、木村・市田(1995[24])は言語としての手話の位置付けをきわめて明快に述べた手話の入門書であり、また Sacks(1989[45])は欧米社会における手話の地位の変遷を歴史的に述べた一般向けの著作である。これらおよび先に述べた Schaller(1991[47])は、手話の技能自体を学習することを必ずしも目標としていない人たちにとっても、大いに参考になるであろう。

手話とその変遷の歴史は古いにもかかわらず、やっと 1950 年代になって、手話は一部の言語学者によってとりあげられ、研究が始まったにすぎない(Sacks 1989[45] 参照)。その結果いまでは、手話は話しことば同様に文法的で、豊富な語彙と独特の統語法とを持っている、独立した言語として言語学的に認められているばかりでなく、幼児による第 1 言語としての習得の過程が、話しことばの場合とよく平行していることも明らかにされている。そして現在では、さらに多くの言語学者や、また社会学者などによっても手話は学問的研究の対象とされ、また人権擁護や社会福祉を推進している関係者によっても、聾者にとって本質的な言語として、広く認められつつある。

そうした、手話一般についての詳しい展望は、上記 2 書のほかに、一般言語論や専門書への言及を含めたものとして、たとえば山田(1994[58])の認知科学的な展望を参照していただくことにして、以下では大脳の働きとの関係に的を絞って話しを進めることにしたい。

手話を構成しているのは、体のまわりの空間内での、手を主とする体動の系列である。前世紀以来、大脳の中で言語活動を担っているのが左半球であることが分かっていたのに対して、一般には、空間内のパターンや、時間の経過とともに起こるその変形や運動の認識、さらにみずからの身体の動作、すなわち、たとえばテニスにおける相手の打った球の運動を予測してそれに反応する体動などは、その大もとを支配する機能が右半球にあることは、今世紀半ばになってやっと分かり出したことである。

そうした知見から推すと、手話は体動に基づいているという特質からして、その行使や理解の場合も、その処理をつかさどっているのは右半球のしわざだろうと思いたくなる。しかし、長年にわたる注意深い研究の結果、事実はそうでないことが分かってきた。

左右両半球による各種機能の分掌を調べる方法一般については、いままでにかかなりいろいろとくふうされ、かつ成果を挙げてきている(たとえば Springer and Deutsch 1985[49] 参照)。そうしたいくつかの方法を使って、いままでに手話について明らかにされていることがらを、ここで少し述べてみる。

先に述べたようなタキストスコープと呼ばれる実験装置を用いて、手話語の静止画像を手話を常用している聾の被験者の右視野、つまり左半球だけに示すと、左視野だけに示した場合よりも短い

感覚障害者における大脳の言語処理機能について

時間で認識結果の応答が得られることが確かめられている。パタンの認識は、ふつう左視野(=右半球)が主導であることが分かっているのだから、これは、音声(文字)言語と同じく、手話が左半球の主導で処理されていることを示唆している。すでに聴覚情報についてはちょっと述べておいたことであるが、このように視覚入力が見野の片側のみに制限されている条件のもとで得られる、おのおのの半球による応答時間の差も、やはり情報が脳梁を通して一つの半球から他の半球に送られるときにかかる時間が加算されて起こるものである。

また音声言語と手話との両方を日常自由に用いているテンカン患者の診断のためのテスト時において、麻酔剤を大脳の動脈血流に注意深く選択的に注射することにより、左半球だけを一時的に麻痺させると、そのあいだ患者は、音声言語と手話との両方に対して、同時に「失語症」を呈することが報告されている。

ただし、音声言語の場合にも手話の場合にも、第2言語の習得には、脳の使用領域の選択などをも含めた諸要素において、第1言語習得のときの経験の結果が大きく影響することが知られているから、手話が第2言語である者の場合についての、このようなテストの結果だけから、第1言語として獲得した手話の場合にも、本質的に左半球主導で処理されているのもであると、ただちに一般化して結論することはできない。

さらに、手話の常用者が左半球に損傷をこうむったという場合に、手話に対しては失語症を起こすにもかかわらず、拳を振り上げる、さよならと手を振る、あきらめの肩すくめをするなど、体動のパタンが全体として意味を持っている、ふつうのゼスチュアの行使能力は失われないことが分かっている。(ちなみに、音声言語を使っていた健常者が大脳に同様の損傷をこうむった場合についても、やはり同じようなことがおこることは、専門家にはよく知られていることである。)逆に、健常者が左半球の損傷によって失語症になったときには、ゼスチュアによってある程度のコミュニケーションをすることは新しく習得できるにもかかわらず、いくら教育しても、文法つまり統語法を持った真の手話は、ほとんど習得できないという。

脳出血などによって右半球の機能が損傷された患者の中には、半側空間無視(あるいは失認)といって、頭さえ回せばまわりのものはなんでも自由に見ることができるにもかかわらず、いま注目している空間の中で、自分の体に対して相対的に左半分にあたる場所は全く無視するという症状を呈する者がある。たとえば、盆の上の食事は右半分に載っているものにしか手をつけないし、また与えられた便箋は右半分にしか字を書かない。(図9のIとII(a)とを比較せよ。)

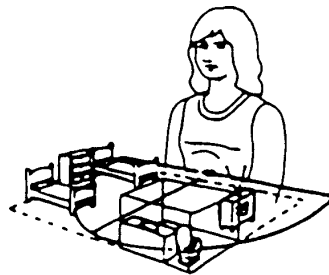
これは簡単に言うと、たとえばわれわれが空間に対して手を使うときには、手の位置を基準とし、それに対する相対運動として手の運動を決めるというような、手に関しての簡単な局所的観点から情報処理をしているのではなく、もっと大きく、体全体が占める位置というものを基準として、それに対する手の動きの情報処理をしていることを示している。そのことを手軽に確かめるのには、テーブルのまえに坐って、テーブルの面の裏に指先で、特になんか文字を書こうとすると、指先から見て正しい文字を書くよりも、テーブルの表面から下へ透して見たときに正しい文字、つまり手の側から見れば、左右が反転して鏡像になっている文字のほうが、一般にはすらすらと書けることが分かる。逆に、指先から見て正しい文字、つまり、眼の位置から透して見ると鏡像になっている文字を書こうとすると、頭の中では、正置文字ではなく、鏡像文字を思い浮かべつつでない指先の作業がうまくできないであろう。

だから半側空間無視患者の場合には、脳内において、外界を写し、それに基づいて外界を判断し、体の動きを決めるための表現を構成する機能をつかさどる領域が、左半身側の外界について、何かそ

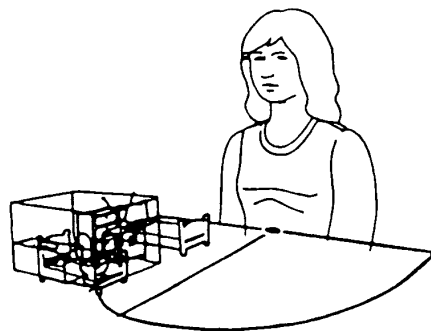
のような表現を構成し操作する能力を失ってしまっているわけである。

さて聾者の場合であるが、空間の処理機能をつかさどっている右半球に損傷をこうむった場合、かれらもまた一般に体動のパターンが全体として意味を持つようなジェスチュアはうまく示すことができず、また、空間情報の認知や操作もうまくいかない。ところが半側空間無視をするようになった聾患者の中には、ジェスチュアや、そのほか空間一般に関するそうした情報の認知および操作ができなくなっているにもかかわらず、ことが手話になると、健常者と同じように、左右を含め身のまわりの空間全体を使って、正常に手話を活用できる患者の症例が、いままでにかなりみつまっている(図9IIの(a)と(b)とを参照)。

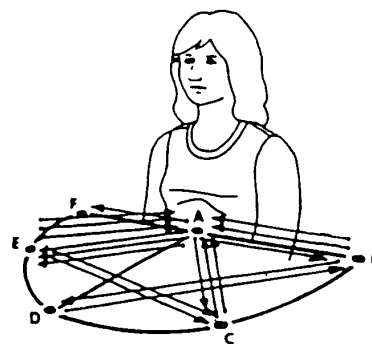
全体としては聴覚でなく視覚に頼り、またその文法の大きな部分を空間内での位置と運動の並行提示の時系列の利用に頼っている手話は、さきに述べた、通俗的な脳の機能分担の知識からすると、当然右半球の機能に依存すると考えるのが妥当と思えるにもかかわらず、それに反してこのようになっていることなどをいろいろと考え合わせると、手話は音声言語と同じく、本質的には主として左半球の機能に依存していると結論してよいであろう。したがって聾者にあっては、右半球内にあって、空間情報のふつうの処理にかかわっている、「トポロジー空間」の表現域とは別に、左半球内に、手話の処理にかかわっている、「言語空間」の表現域が存在していることになる。



(I) 健常者による家具模型配置



(a) 家具模型配置



(b) 手話時の手の運動範囲

(II) 半側空間失認症者の場合

図9 半側空間失認症者と手話 (Poizner et al. 1987[43])



感覚障害者における大脳の言語処理機能について

このような、手話に関する現在までの脳科学的な研究成果を踏まえて考えると、手話というものが、単なるジェスチュアとは異なった一人前の言語であるという、言語学者の主張はもっともなものだと思えてくるであろう。少なくとも手話は、いまだに世間一般で信じられているような「画像」的な言語ではなく、音声言語のようにやはり時系列的な言語なのである。

すなわちジェスチュアでは一つの「場面」の中でこそ動きがあるものの、場面と場面とのあいだにはかなりはっきりした区切りがあるが、手話では動きが時間の中で連続して統語法を形成しているという、2者のあいだの違いが、前者を右半球主導の処理にまかせ、後者を左半球主導にゆだねるといふ差を生み出すのであろう。そればかりか、日常手話を使って暮らしている聾者にとっては、手話表現の静止画の処理についても左半球の関与が高くなっていく。このことについては改めて次節で取りあげることしよう。

こうしたジェスチュアと手話とが脳内で処理を受ける状況の違いは、手話が使える健常者と聾者とを被験者として、脳波、特に脳磁波測定法を用い、今ではほぼ実時間で測定する技術があるのだから、是非そうした綿密な検証が試みられるべきであろう。

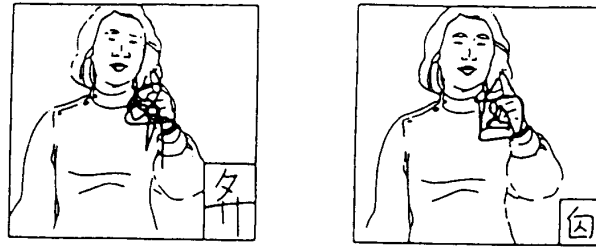
文字の視覚情報を処理するとき、印刷文字と手書き文字とによって、あるいはわずかなものなのかもしれないが、処理に当たる大脳半球にそれぞれ左半球寄りと右半球寄りの違いのあることを前節で述べておいた。それとの類推で市田(1995[18])は、手話における熟知の単語とそうでない単語、あるいはいろいろ異なる手話の体系間において自分の用いている手話とそれとは異なる体系の他の手話とのあいだで、大脳左右両半球の介入する度合の差に関心があるという。後者については平賀(1995[13])も同じ考えを示している。これらの課題も、やはり脳磁波の測定実験によって相当程度確かめられるものと考えられる。

それはそれとして、日常手話を用いている聾者たちの思考形態は、音声言語のみを用いている健常者と比べて、細かい点においてかなり異なっていることも、また明らかにされてきている。その中には、たとえば頭の中に描いただけの形を知覚したり回転したりなどを行なうことを含んでいるし、そのほかにも、空間的パターンである模様を頭の中で構成し、かつ操作する能力、バラバラの不完全な部分から全体像の構成をする能力、手話で重要な役を果たしている、顔の表情を認識する能力、光点で宙に書く疑似漢字の形を知覚・記憶・再現する能力(図10参照)、などに優れている。

特にこの運動光点の描く文字の知覚・再現に関する能力は、音声言語や手話と同じく、時間軸上で継時的に起こる、外から与えられた現象の処理に関するものであることに注意したい。こうした継起的パターンの処理には、右半球の得意とする、静的なパターンの処理だけではなく、左半球の得意とする機能が深く関わっていることが分かってきたのである。

さきにとりあげた、盲人の点字読みの能力と、この手話の処理の能力とをここで取りあげて対比してみると、いくつかの点に気がつく。

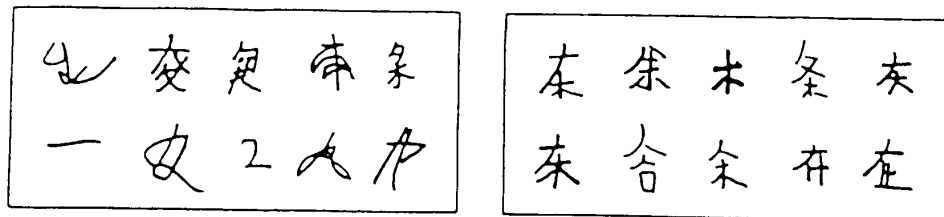
第1には、大脳右半球が空間的パターンなどを並列的・全体的に把握して処理をしているのに対して、左半球は、言語処理のように、一つの対象を時間軸上で継的に処理することを手掌しているものとされている。空間内の対象物を認識するときには、多くの異なる対象物を並行して同時に処理し、知覚することができるのに対して、言語のほうの理解には時間がかかり、またいくつかの話しを同時に理解していると思っているときでも、実は注意が時分割でそれらのあいだを飛びまわっているのであって、一遍にはただ一つの説話しか意味の追従ができない。したがって聖徳太子が一度に数人の訴えを聞き分けたというのは伝説にすぎず、少なくとも人間においては不可能なわざである。



(a) 目標提示動作の例



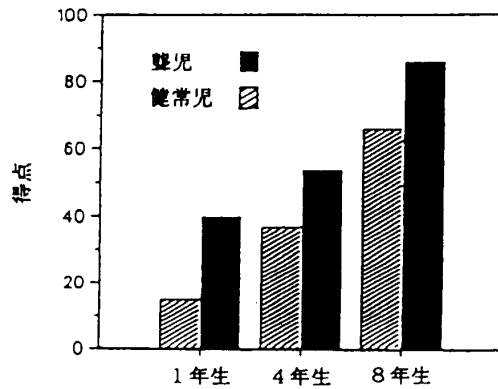
(b) 目標形と光点像



健常児の答

雙児の答

(c) 生徒の答の例 (1年生)



(d) 学年別得点

図 10 健常および雙の中国人生徒の、動く光点によって示した疑似漢字の再現能力 (Bellugi et al. 1989[2])

この点に関して、1分間当たり10万字分をもの文章を読むという速読法の技能を身につけた者では、その速度から推して、一遍に二つ以上の意味理解を同時に並行処理をしているのでなければ説明がつかないであろうとする意見(大岩 1995a[38])もある。

私もほぼ20年前に速読法の認知過程に興味を持ち、英語と日本語の場合について少し調べたことがある。そのとき分かったことは、速読法においては「読む」ということが何を意味しているのかがあいまいで、したがって何をもって「読んだ」とするのかの測定方法についての合意がないということであった(たとえば山田 1991[57]参照)。

感覚障害者における大脳の言語処理機能について

その後、速読法の研究にも進歩があり、韓国でも新しい方略に基づくものが考案されもして、最近では速読法についての客観的な知見が得られだしたようである(たとえば栗田 1994[27] 参照)。また速読者の用いている方策としても、たとえば人間による画像の並列処理の機構の中に言語処理の機構を埋め込むといった技能を発達させるということをするのだという。

音声言語の理解についてもほぼ同様のことがあり、大岩は、訓練によって二つ以上の発話に同時に追従できるようになる可能性があるという。

しかし正直のところ、速読法の本質には私にとっていまだに不明瞭なことが多く、かなり神がかりな点もあるようであって、1分間10万字分の文章を読んで理解できるということについてはまだ懐疑的である。

たびたび述べているように、現在ではたとえば脳磁波の測定による、大脳の活動状況の観察方法もかなり活用できるようになっているのだから、こうした速読法の研究にも、そうした客観的な手法を用いて成果を挙げることができるようになってきたと思える。

また、二つ以上の同時発話の意味理解の可能性についても、ただちに否定のできないことかもしれないが、文章の中の重要語や構文の要点、それに文脈などの発生が同期するように、コンピュータによって制御された発話による実験によって、それらの意味理解が果たして時分割による掛け持ち処理であるのかないのかなどは、これからはかなり客観的に調べることができるようになるであろう。

とにかく今のところ、前節でみたように、触覚による認識は右半球のほうが得意であるのにもかかわらず、その認識過程には刺激の時間的総合を必要としているようであるし、反対に、聾者の手話の行使には多くの空間的情報の処理が必要であるにもかかわらず、本質的には時間軸上に呈示された要素を総合する作業が優先して、左半球が主導の処理になっているということらしい。

細かく言うと、Stokoe(1960[50])の初期の分析は、ASLの構成要素として、手の形、空間位置、運動を合わせてもおおよそ55種しかないとしており、このうち空間的色彩が特に強いのは後の二つの36種である。また米川(1984[61])によると、日本手話はもう少し複雑で、これらがそれぞれ87種、65種になるという。このほか、最近になって重要性が認められた要素として、顔の表情もあるが、基本となる要素の数はこのくらいのものらしい。

そんなわけで、一般に手話は多くの空間情報を利用していると言われているにもかかわらず、市田(1995[18])はこれを疑問視し、手話の構成の新しい見直しを試みている。まだごく初期の分析にすぎないよしであるが、まず手話における固定語(おおざっぱに言って、はっきりと決まっている基本語)の類に限ると、それらは手型15、位置15、運動6のほかに、新しく着目した接触点というものの3ないし5種類、計40ほどの要素から組み立てられているとしている。

そして手話においてだいじなのは、同時並列的に提示される空間的情報なのではなく、時間軸上に並んだ、これらの継起的な順序(たとえば手型と位置→接触点→運動)ではないかとする。事実、「ゲート法」と称する手法を用いた石橋(1995[16])の実験研究は、手話がこの順序で処理されているということを示唆しているという。

このように大脳の働きには、目的により微妙な点においてかなり複雑な変化がみられるのである。その上、少なくとも百数十年の歴史を持つ、ふつうの日本語の文法でさえ、まだ決定的なものは確立されていないのであるから、世界的にも近々35年ほどまえに初めて自己完結の独立した言語であることが言語学者によって認められたばかりの手話の文法が、まだこれから十分な研究をまって明らかにされるべきものであるのは驚くにあたらない。その中であって、上に述べた市田たちの研究の進展に当たっては、今後脳科学の側面からの支援がきわめて有効な手段になることと思われる。

ちなみに、ここで触れ、また以下でもたびたび触れる、手話における空間利用の度合いに関係して、市田 (1994[17]) には一般写像性 (あるいは図像性、iconicity) と手話との関係 についての考察が含まれていて参考になる。

点字と手話の読みとを対比しての考察として第2には、ふつうの文字であれ点字であれ、文字で表わされた言語、すなわち文章を駆使するという技能は、話しことばのように、生まれたままで周囲から自然に習得するといった性格のものではなく、教育によってはじめて世代から世代へと受け継がれ得る、明らかに文化的なものである。それは人類が進化の歴史の中で、近々1万年以内の過去になって、やっと獲得した能力である。そのせいかどうか、文字言語というものを脳内で処理するに当たっては、どうもまず、億をもって数える進化の年月を経て発達してきた、右半球のパターン処理能力を一度通してその形式を整えたあと、やっと左半球で、表記された言語内容の処理をするようになっていていると思える。

それに比べて、少なくとも大勢が集まって暮らしている人類の集落では、音声言語であれ手話言語であれ、言語というものは自然に習得され、使用されるのがふつうであり、書かれた文字などに比べると、文化の中ではずっと人工的性格の弱いものである。そしてその二つの言語のどちらもが、左半球が主導で処理をされているというのも、また注目されるべき事実であろう。この辺のところにも、手話が一人前の言語であることが反映されており、さらに手話と音声言語とが発生的にも同じものであることが示唆されているものと考えてもおかしくないであろう。

## 6. 手話の使い手の大脳機能

手話では空間内における位置や、運動、形を活用しているから、その理解には一見空間像の処理が優先するように思えるにもかかわらず、手話も一般言語野のある左半球の主導で処理されていることはすでに述べた。しかしそうは言っても、やはり手話はこうした空間情報処理を必要とする言語であるから、これを第1言語として育った先天聾の人たちの大脳は、音声言語で育った健常者の大脳とは、機能分担の分布が少し異なった状態を示すことが、いくつかの心理物理学的な実験研究によって明らかにされている。

そうした研究の例について述べるまえに改めて強調しておきたいのは、大脳左右両半球の機能分担はあくまでも柔軟に変化する主導性を持った協調作業に留まり、絶対的な分掌ではないということである。たとえば、健常者においては言語処理は左半球が主導、画像処理は右半球が主導の作業と言っても、並列に行なう作業の有無やその性質などによって、こうした分担の主導性はかなり変化を見せるものであることが分かっている (Klein et al. 1976[25] 参照)。

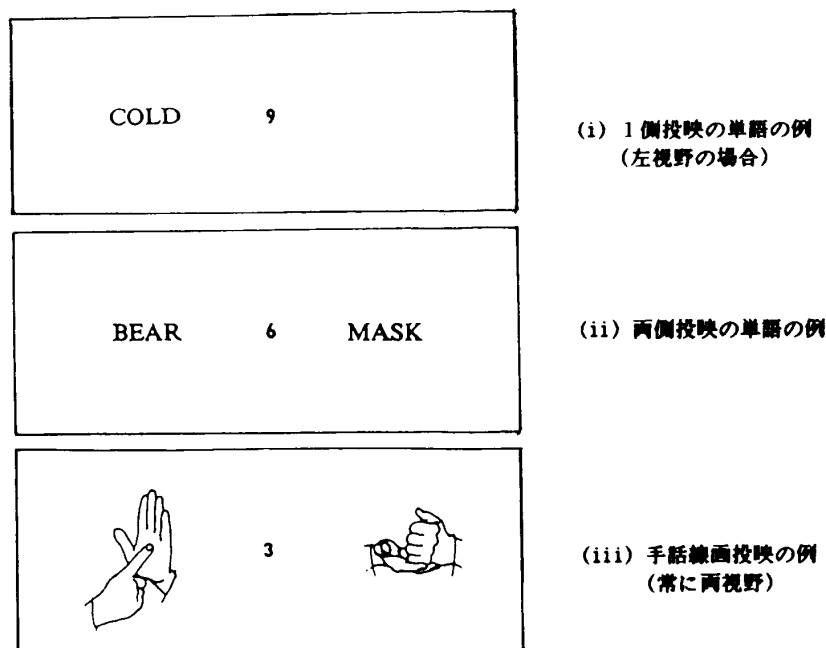
ジェスチュアが少し抽象した、手話の一部であるサインマインの領域は、音声言語のオノマトピアと対応した関係にあり、それがさらに抽象化して質的变化を遂げている手話が、ことさらイメージ性が強い言語であるとは言い切れないであろうとの市田 (1995[18]) の 考えについては、すでに第3節に紹介しておいたところである。さらに市田は、聾者の大脳と健常者の大脳との違いは、音声言語と手話という言語による違いではなく、手話には聴覚的な情報からの刺激がないことに対しておこる、脳の中での代償的な発達によって、視覚的な情報に対する能力が高まっているだけのことではないかとも考えている。そうした考えはすでにむかしからあったものようであるが、現在の発達した、精密な脳磁波の測定法を活用し、手話を第1言語としていない先天性聾者を被験者として実験研究を行なうことにより、この問題にかなりの進展が期待できると思われる。

感覚障害者における大脳の言語処理機能について

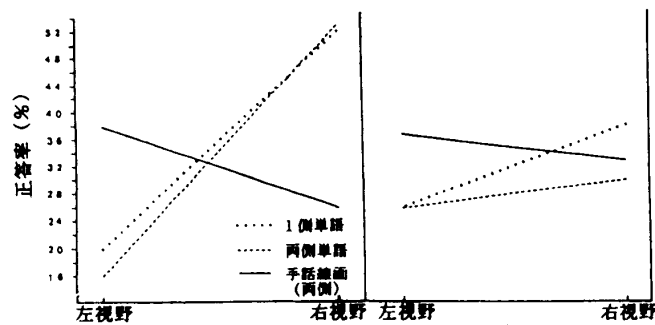
ここでは先天聾の人たちの場合について、数ある中から二つほど研究報告の例を挙げてみる。そのどちらも、第4、第5節で述べた瞬間投映器(タキストスコープ)を用いた、心理物理学の実験によるものである。

そうした実験の原理はすでに第7図に模式的に示してあるが、被験者はまずスクリーンの中央にある注視点を見つめている。そしてそのまま、ある課題に従ってスクリーン上の右視野や左視野に瞬間的に投映された単語や絵などに対して、被験者は応答するのである。投映時間は、被験者が投映像に引かれて視点を動かすひまのないように、ふつう100ミリ秒から150ミリ秒が選ばれる実験が多い。

さて第1の研究報告は、健常者と先天的聾者を被験者とし、タキストスコープを用い、ある課題にもとづいて、左右の視野に図11(a)のような(英)単語つづりや、手話の文字や単語を、中央の注視状態確認用の数字とともに投映し、課題に対する被験者の応答を求めるものである(McKeever et al. 1976[33])。



(a) スクリーンに瞬間投映されるイメージの例



(b) 正答率(%)

図11 タキストスコープ投映像の認識率 (McKeever et al. 1976[33])

実験は、左視野 (LVF:left visual field)あるいは右視野 (RVF:right v. f.)の一方に (U: unilateral)、または左右両視野同時に (B: bilateral)、単語を出すものの2種類と、線画で表わした (アメリカ) 手話単語を両視野同時に映すもの (B) との、計3種類から成り立っている (図 11(a) (i)-(iii))。いずれの場合も、注視点に表われたアラビア数字が何であったかをまず言い、そのあと左右の視野どちらか (U)、または両方 (B) に出た文字つづりの単語、あるいは両方に出た (B) 手話単語図の表わすことばを答えるのである。もちろん両視野同時提示 (B) の実験のときには、その両方とも答えることになる。

実験結果は図 11(b) に要約されたとおりであった。

すなわち健常者の場合には、片側提示の場合でも両側提示の場合でも、文章つづりの単語では右視野 (すなわち左半球) 入力の方が圧倒的に正答率が高くなっている。ところが手話単語の図の両側提示の場合になると、左視野 (すなわち右半球) 入力の方が正答率がやや高くなっている。しかしこの場合、左右の正答率間の差は、文字つづりの単語のときほど顕著ではない。

次に聾の被験者の場合であるが、全体としての傾向は健常者の場合と同じである。しかしながら全ての場合において、左右の視野のあいだで正答率の差が小さくなっている。さらにそれをよく見ると、次のようなことが言える。

(a) おそらく聾者は、自分では聞くことができない音声言語の表音表示である文字単語を、日常健常者ほど使いなれていないせいではないかと思われるが、言語野である左半球への直接入力となる、右視野へ刺激を提示したときの正答率が健常者よりかなり低くなっている。しかもこの傾向は両側同時提示のときに著しい。

(b) しかし文字単語でも、左視野 (=右半球) 提示のときには、正答率は健常者に比べてかなり高くなっている。おそらくこれは音声の聞こえない聾者にとっては、表音つづりの単語を日常ただのパタンとして記号的に扱っているので、パタン処理に優れた右半球がその処理を負担しているからなのではないだろうか。

(c) 手話単語の図の認識については、日ごろ手話を使っている人たちだけあって、手話語の静止画像を両視野へ同時に提示すると、左半球にある言語野への直接入力である右視野へ提示されたときの正答率は、健常者よりも約 50 パーセントほど高くなっている。しかし左視野 (=右半球) へ提示されたときには健常者の場合よりかえって低くなっている。これは手話が言語であり、ふだんその処理が言語野のある左半球の主導にまかされているので、健常者に比べても聾者の右半球による手話単語の処理能力は特に優れていないことを示しているのであろうか。

(d) しかし手話語の静止画は時間的に変化する手話とは異なっているので、第5節の冒頭に述べた、片側提示の刺激のときの応答の右視野 (=左半球) 優位は、この両視野同時提示の場合になると逆転して、左視野 (=右半球) 優位に変わってしまっていることに注意したい。これは聾者であっても、パタン処理は本質的には右半球優位の処理となることを示しているのであろうか。

上の (a)-(d) で述べた解釈は、必ずしも原著者たちの意見を反映してはいない。またすでに上で紹介した市田 (1995[18]) の考えと同じように、健常者における左右両半球間の機能の差の発現は、聴覚の発達を促進するのではないかという、McKeever たちが述べている因果関係の主張は、私にはまだ不十分なものに思える。むしろそうした機能分化の進展には、手話の文法のように、時系列上に並んではいってくる形式化された情報を処理すること自体が、かなり大きく関わっているもの

感覚障害者における大脳の言語処理機能について

と考えるべきであろう。(これについては Neville and Bellugi 1978[35] 参照)。しかし、たとえ音声言語と手話との処理が同じく左半球の主導であったとしても、少なくともこの McKeever たちの論文から両者のあいだには明らかに微妙な差異があることが理解できるであろう。

この点に関して佐竹(1995[46])は、第4節において述べた、視覚的認識において出てくる、印刷文字と手書き文字とのあいだに見られた差との類似で言うと、真の手話に対して手話線画は、どちらかといえば印刷文字に近いのではないかと考える。それに対して実際の手話では、人によって手の形の作り方や動かし方の大小といった個人差が出てくるという意味で、より手書き文字に対比されるべきではないかとする。したがって手話線画のほうの認知処理は、印刷文字の認識と同じく、左半球優位になってもおかしくないのに、それが右半球優位になっていることに矛盾を感じるとする。

しかしここでもやはり注意すべきなのは、手話単語の線画はあくまでも静的な図であり、しかもタキストスコープではそれが瞬間的に見せられるに留まるのに、真の手話は音声言語と同じく、時間軸の上で連続的に変化している空間像であり、真の言語であるという点が効いていると考えるべきだということであろう。

いずれにせよ上に述べた実験対象である手話線画は、真の手話とはまだほど遠いものであり、これら両者のあいだで、処理に関わっている脳の諸機能が果たしてどれだけ一致しているものなのか、にわかには判断できないであろう。時間的に変化している手話理解の能力には、前節で述べた Bellugi et al.(1989[2])の、光点で描いた疑似漢字の再現能力などのほうが、むしろ密接に関連しているものと思われる。

したがって、手話の視覚入力の実行しているときの大脳左右両半球間の機能分担の具合を厳密に測定するためには、タキストスコープの使用は不相当であって、脳波や脳磁波などのような、継時的変化のある視覚入力とともに起こる脳機能の変化に対応できる実験方法を用いる必要がある。

また McKeever たちの実験では英単語を用いているが、もし日本人か中国人を対象として、これをパタン性の強い漢字を用いて行なったとしたら、どのような結果が出るであろうか。それはいま盛んになりつつある、文字学の実験としても、はなはだ興味がある。

ちなみにすでに述べたことであるが、左利きの人たちはこうした実験においてかなり異なった特徴を示すことがままあり、したがってこうした実験の際には左利きの人たちは除き、右利きの人たちだけを被験者として選ぶのがふつうである。この実験も例外ではなかった。しかしなぜ左利きの人たちがそうした特異性を示すのかの理由については、いろいろの説が提示されてはいるが、本当のところはまだよく分かっていない(山田 1995a[59] 参照)。

McKeever et al.(1976[33])の研究を受けて Neville and Bellugi(1978[35])は、以下に述べる点を考慮して、さらに詳細かつ注意深い実験を行なった。

まず、McKeever たちの両視野提示実験では、被験者自身が左右どちらかの視野での認識に重点を置くということを行ない、しかも右と左のあいだで、重点を置く側をときどき変えることをしている可能性については、何らの対策を考えていない。事実、手話にたけた者たちは、手話の全視野的性格に慣れているが故に、この実験においても、健常者よりもそうした方策を使う傾向があることが報告されている。

さらに、これはすでに Klein et al.(1976[25])の実験結果に示唆されていることであるが、ある作業が、左右のどちらの半球の主導で処理されるかは、その直前に行なったほかの作業や直後に予期されている作業が、どちらの半球の主導性を要求する性質のものであるかによって大きく影響されると

ということがある。たとえば、英単語つづりに関する設問に対する応答を手話で行なうことが要求されていると、その手話に引っぱられて、問題のほうの処理においても手話処理を主導する半球の優位性が増すといたぐあいである。

したがって英単語に関する設問に対しては英単語を書くことによって応答することを求め、手話による設問へは手話だけによって応答をすることを求めなければ正確なデータがとれないことになる。

こうした点を考慮に入れて Neville and Bellugi(1978[35]) は、日常手話を用いている先天聾者と手話が使えない健常者とを被験者として、新しく、以下のような実験を行なった。

まず手話単語を用いる実験であるが、McKeever et al.(1976[33]) の実験に比べて、二つの点で改善がなされている。第1に、手話単語の線画を選ぶにあたっては、おのおのの眼の網膜の解像力が注視点の左右で非対称であることを考慮して、左視野投映用と右視野投映用とでは像が左右反転してある(図12参照)。また実験では手話語の線画は右か左かの一つの視野だけに限っている。第2には注視点に示す数字も手話表示にしてある。

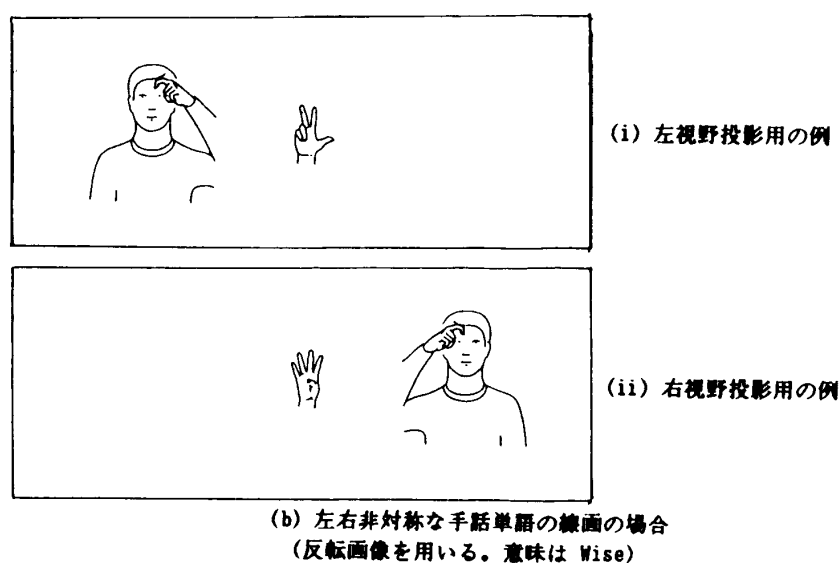
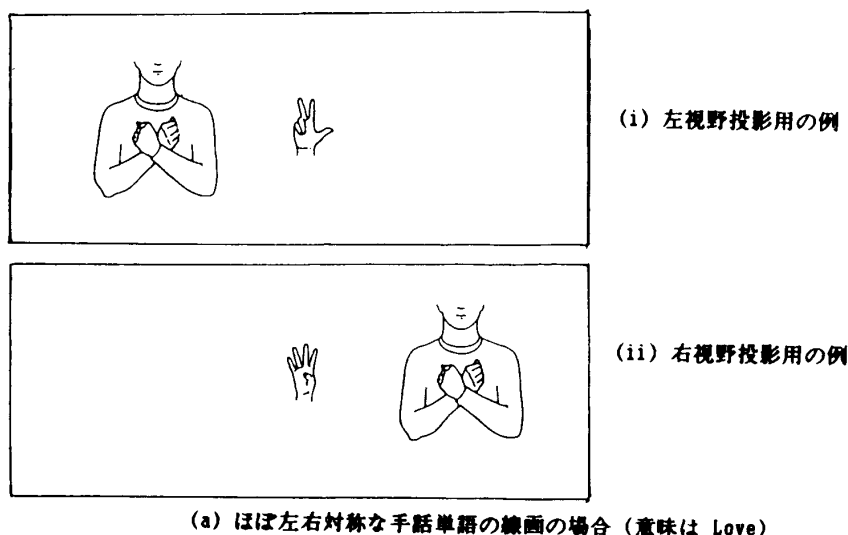


図 12 手話単語の提示の例 (Neville ; Bellugi 1978[35])

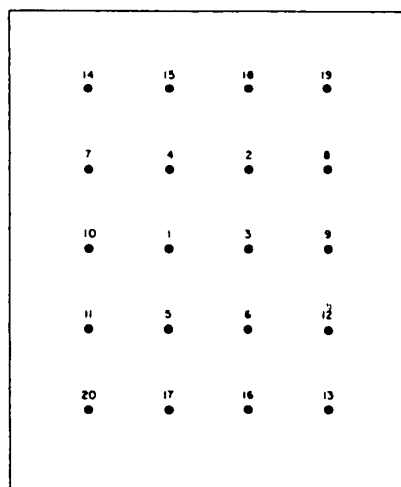


感覚障害者における脳の言語処理機能について

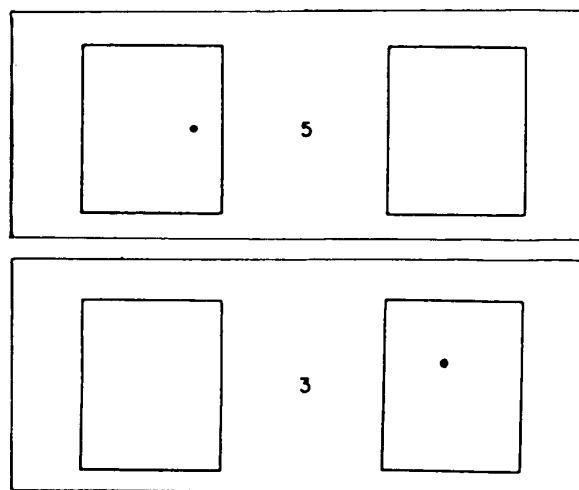
次に非言語作業としては、まずタテ長の矩形枠の中にタテ 5、横 4 の計 20 点を配置した目標図を作る (図 13(a))。そしてタキストスコープでは、この矩形内に並んだ 20 点の中から 1 点だけを選んで、左右両視野に投映する二つの枠のどちらか一つの中に提示し (図 13(b)-(i)(ii))、その位置を目標図 13(a) 上で被験者に指でささせて答えさせることをする。こちらの実験では、注視点に出し、かつ発声で答えてもらうための字はアラビア数字にしてある。

この二つの実験の主要な結果は図 14に示したとおりであった。すなわち:

- (a) 手話単語の読みでも点の位置の認識でも、聾者ではともに右視野 (左半球) 提示のほうが正答率が高かった (図 14(a))。
- (b) これは健常者における点の位置の認識の能力が左視野 (右半球) 優位であること (図 14(b))とは顕著に異なっている。



(a) 点の位置認識の目標位置の図



(i) 左視野提示の例

(ii) 右視野提示の例

(b) タキストスコープによる点の提示例

図 13 点の位置の認識実験

(Neville ; Bellugi 1978[35])

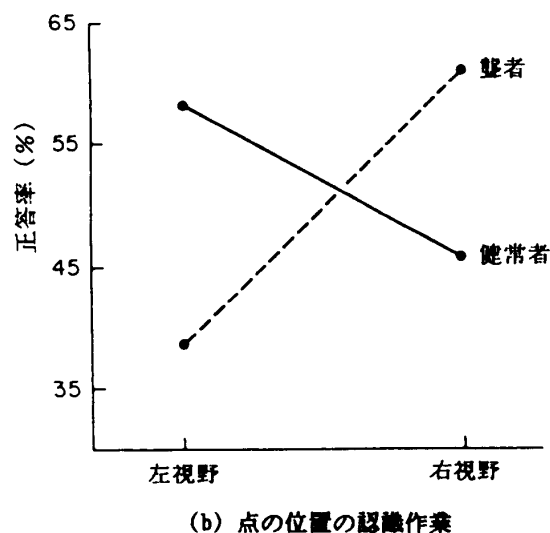
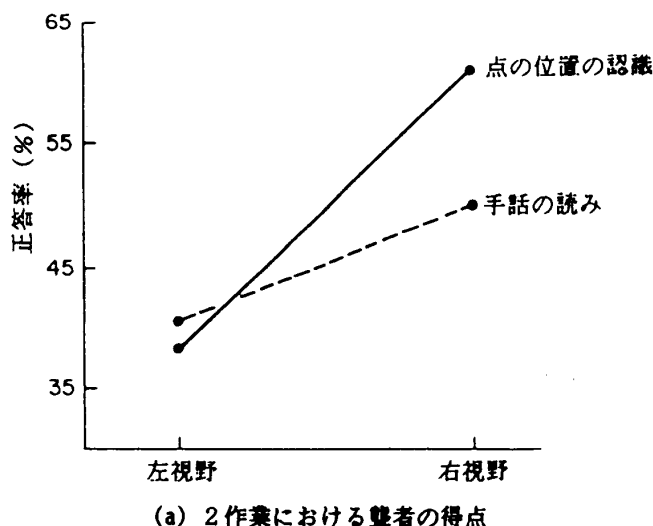


図 14 Neville ; Bellugi (1978[35]) の実験結果

(アメリカ)手話 (ASL) では、位置情報はいろいろな意味で重要な役割りを果たしている。たとえば四季の選択など、多くの単語要素 (形態素) は提示する形が空間内で体に対してとる相対的位置によって意味や時制が変わる。そのほか位置情報は統語法 (syntax) の表明にも重要な役割りを持たされている。

したがって手話を第1言語として成長した人たちは、その処理が左半球の言語野の主導の作業となっているために、ほかの空間位置決め作業もまた左半球の主導となると考えられる (図 14(a))。これは健常者における一般的な情報の処理が一般に右半球の主導となっていること (図 14(b)) とはかなり異なった作業形態となっている。つまりこれは健常者の場合、一般に右半球主導である非言語作業の中でも、ものによって言語処理の場合に似た時間的順序づけが重要な作業になると、やはり左半球が主導となった処理に頼るようになってくる可能性があるという事実と整合性を持った現象であると言えよう。

## 感覚障害者における大脳の言語処理機能について

さらに Neville and Bellugi は、これとは対照的に、手話には大して必要でないような細かい時間的継起性を含む作業は聾者の場合には健常者と反対に、右半球にまかされてくるのではないかと推測し、その解明を進めているようである。

要するに、健常者の音声言語も聾者の手話も同じように左半球が主導で処理されているとは言っても、少なくともこれら二つの言語の表面上の性格はかなり異なっているのだから、以上のような研究報告から見られるように、その処理に関わっているであろうさまざまな認知作業は、健常者と聾者とのあいだでかなり異なる性格を持っていることが分かって、そう意外ではないであろう。

したがって健常者が手話を第2言語として習得するにあたっては、音声言語を処理するために幼いときに発達させた、大脳のもろもろの認知機能がすぐさま援用できるというわけにはいかないことも考えられる。

なお以上のような研究のほかに、ここでは立ち入らないが、手話において2次的ながら重要な役割を果たしていることが最近になって分かってきた、顔の表情の認知の能力についても、その処理にあっている大脳半球の機能が健常者と聾者とのあいだでかなりの差違を示すことが、心理物理学的な実験研究によって確かめられている(たとえば Corina 1989[5] 参照)。

一見ジェスチュアの系列に過ぎないように見える手話が、形こそ違え、自己完結のりっぱな言語であることが言語学者によって明らかにされ出してから、まだ35年ほどしか経っていない。その中で、市田(1995[18])によると、言語学における手話をめぐる最近の研究成果の動向としては、抽象的なレベルにおいて、手話と音声言語とはまったく同じ性格をもっているという認識が進んできている。

特に従来「同時性」が強調されていた手話の「音韻」要素(=動素、つまり手の形、位置、運動など、それ自体では意味を持たず、組み合わせではじめて形態素や語などをつくる要素)についてもその「継時性」が脚光を浴び、モーラや音節などに対応すると考えられる構造の存在が指摘されつつある。それゆえ空間を利用しているとされる統語法も、あるいは手話の構造の本質的な把握ではないのかもしれない。つまり統語的要素においても「継時的」な構造を重要視する必要があるであろうということらしい。

従来、手話の「同時性」や「空間利用」が強調された背景には、実験者が被験者である聾者から、通常の手話の発話ではなく、フォリナートーク(「外人向け」発話)を引き出す傾向があったのではないかと、市田は考えている。すなわち通常の手話では、聾者は同時的表現や空間を利用した表現をそれほど使わないにもかかわらず、手話を知らない人を前にした時には、そのような表現を多用する傾向があることを、経験的に感じているよしである。こうした話法はわれわれが外人に対して日本語で話しをするときにも、無意識に使っているものであることを考え合わせれば、納得できることである。

前節において触れ、またここでも触れたような、手話がそれほどイメージ的でも空間的でもないものであるという市田の見解は、それ自体では、手話における空間位置決め作業が左半球主導になるという、Neville and Bellugi(1978[35])の実験結果と矛盾するものではないと市田は考える。すなわち、位置決め作業は、手話の「音韻」的処理に対して(必ずしも同時的空間的ということでない形で)直接関わる能力であり、Neville らの実験結果は、手話の性格のうち、視覚モードを用いるということにのみ関係しているにすぎないのであろう。手話の「同時性」「空間利用」「イメージ性」といった概念は、手話研究者でさえ囚われ続けてきた、一種の偏見・先入観なのであって、最近の言語学は、こうした偏見・先入観から脱しようとしているように見えるという(詳しくは Coulter 1993[6] 参照)。

## 7. 健常者の第2言語としての手話

健常者が成長してから手話を習うと、一般にはある程度のところまでは技能が獲得できるが、しかし生まれたときから手話で育った先天的聾者の流暢な手話がすらすら読めるようになることは至難のわざとされている。この事実は、聾者の社会的自立の努力に比べようとする健常者や、手話通訳者などを含む社会福祉関係者のまえに立ちはだかる、大きな障壁となっており、その軽減の可能性に対しては大きな関心が寄せられている。

第2言語の活用速度に関することであるが、第2節で触れた、ネアンデルタール人の音声言語の速度の低さは、かれらの化石の示す、発声器管や、その背後にある大脳言語野の未発達さなどの特徴から推定されたものであったが、この問題に関連して、市田(1995[18])は興味深い示唆を与えている。すなわち、もしネアンデルタール人が、手話の前身である「ジェスチュア的言語」を用いていたとすると、その速度はかれらの音声言語に比べてどの程度のものであったのだろうかということである。それに対し、現在における手話は真の言語であり、その速度は音声言語と同等の情報量伝達能力を備えたものになっている。

ここでは詳しく立ち入らないが、ふつうわれわれが話しをする速さや文章を読む速さは、主として意味内容の理解によって大きく左右され、言語の音韻構造や表記に用いる文字の種類にはあまり関係がないことが分かっている。しかしそうした真の言語に至るまえの、たとえば多分にパターン表示的な「ジェスチュア的言語」の段階では、果たしてどうだったのであろうか。そこではまず区切りのある体動パターンをひと駒ずつ認識してはその意味を理解するという、多分に非言語的な処理過程が主となるゆえに、「ジェスチュア的言語」の理解速度は手話の理解速度よりも多分に低かったという可能性を市田は考えているようである。

そして、健常者が第2言語としての手話に接するとき、ゆっくりした手話なら読み取れるのに、通常の速さになると理解できなくなるとか、あるいは速さの問題だけでなく、手話を構成する動作をひとつひとつ区切って表現したものは理解できても、手話にはふつうの、連続した表現となると読み取れなくなるのは、手話を真の言語としてではなく、むしろ「ジェスチュア的言語」としてパターン認識的に受容し、そのあとで意味理解に持って行こうとするからではないかと考えている(木村・市田1995[24])。

それで本節と次節とでは、こうした健常者が手話を活用しようとするときに立ちはだかる、理解速度を上げられないという障壁の出る理由や、その解決の可能性について少し考えてみることにしよう。

まず手話に限らず、一般的に言っていかなる技能も、それが大脳皮質による反射的な処理を必要とする熟練的なものであればあるほど、その習得の訓練はできるだけ幼いときから始めるのがよく、年齢をとるにつれて、高度の技能レベルの獲得がむずかしくなることはよく知られている。たとえばピアノやバイオリンの高度の演奏者として身を立てるには、5歳になってから練習を始めたのでは遅すぎるというようなことがよく言われている。

また日常の言語の駆使能力そのものにおいても、たとえば幼くしてオオカミや類人猿などの野生動物にさらわれて育てられたといった子供などの例では、幸い人間社会に復帰できたあと、十分な教育を施しても、ふつうのレベルの言語能力の獲得は非常に困難であることが、世界の各地で起こった例に照らして言われてきた(たとえばSingh and Zingg 1942[48]やCurtis 1977[7])。しかし手話については、たとえばSchaller(1991[47])などがそれに対してやや否定的な記述を与えている。あるいはそれは、手話が話しことばよりも古いゆえに、より本能的なものであることを示しているのだろうか。

感覚障害者における大脳の言語処理機能について

なぜそうした現象が起こるかという理由であるが、一般にわれわれの学習過程は異なる二つの記憶機構から成りたっている。

新生児の脳においては、脳細胞はまだ原始的であってかなり単純な形をしている(図15参照)。それが経験を重ね、いろいろと学習が進むにつれて、脳細胞から軸索と呼ばれる神経線維や樹状突起が成長してゆき、近傍の他細胞と接着することにより、だんだんと複雑な網状構造を構成してゆく。この接着点はシナプスと呼ばれているが、技能の学習は主としてごく若いときのこの網目構造の形成による記憶と、その後これらシナプスに特殊な蛋白質が形成されることによる記憶との二つの組み合わせによって行なわれているらしい。

この網目構造による学習の記憶のほうは強固で、しかもそれによる機能の遂行は高速、高能率であるが、もう一方の蛋白質の沈着によるものは使わないでいると消えて行きやすく、またその機能はそれほど能率が良くない。

コンピュータによる比喩を用いると、つまりこの二つは網目構造の形成がハードウェア回路による実現に相当し、蛋白質の沈着がソフトウェアプログラムの実装による実現に相当すると言える。そして、コンピュータによるある機能の実現は、それ向きに設計されたハードウェア回路によるものの方が、ソフトウェアプログラムの実装によるものより、一般にはずっと能率がよい。

ところが人間の技能習得においては、神経細胞の網目結合の形成によるものが、だいたい6歳ぐらいまでに約70パーセント進み、その後15歳ぐらいまでには約95パーセントが終ってしまう(図16参照)。したがってその後に獲得する技能は、主としてシナプスにおける特殊蛋白質の沈着など、接着状態の変化によっている。(ただし、こうした割り合いや進む速さは、個人によってかなりのゆらぎはある。)



図15 言語野神経網の発達 (Calvin ; Ojemann 1980[4])

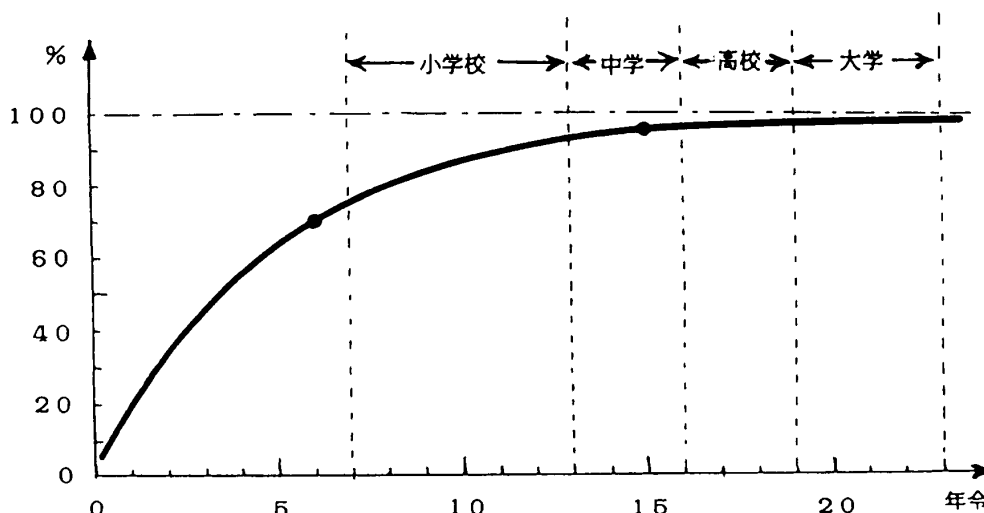


図 16 大脳神経シナプスの発達経過模式図

そうしたこととあたかも軌を一にしているかのように、たとえば母語すなわち第1言語の習得は主としてハードウェア的神経回路の形成によるだろうから、誰にでも自然かつ容易に達成できるのであるが、その後に習う外国語すなわち第2言語以下の能力は、主にソフトウェア的に形成されるだろうから、よく知られているように、かなり意識的に努力をしても、なかなか第1言語の習熟レベルにまで到達できない。

さらにこれに関連して、たとえば生まれてから3歳になるぐらいまでのあいだに、何らかの原因によって左半球に損傷を受けた者では、そのあと右半球が言語能力の獲得をかなり代行することができるようになる。またそのときの言語能力の到達レベルは、右半球に同様の損傷を受けた者の到達レベルとほぼ同じであることが分かっている。しかしそのあたりの年齢のしばらくあとの損傷では、そうした代償能力の獲得力は急激に失われてしまう。したがって第1言語の能力の獲得は、まだ左右両半球間で分担機能の差異が進んでしまわない時期に、両半球の協力の下に行なわれている可能性が高い (Neville and Bellugi 1978[35])。

ということは、脳の神経細胞網がかなり発達し、左右両半球間の機能分担が十分分化したあとで外国語や手話などの第2言語を習得しようとしても、すでにそうした両半球の協同作業能力はかなり失われてしまっているので、第2言語の習得が十分に進まないのであると考えられる。こうした現象は一般に脳の発達の仕方そのものに由来する本質的なものであって、第1言語が音声言語である健常者の場合、第2言語が音声言語であっても、はたまた手話であっても、その習得がむずかしくなることに変わりはない。

またそうした習得時期の違いは、第1言語と第2言語の技能形成の方略に、かなり構造的な差をも生み出すようである。それは次のようなことからうかがい知ることができる。

たとえば、不幸にして、脳腫瘍の切除や重症のテンカンの治療などの目的で大脳の一部を切除する手術のまえには、手術の後遺症が患者の社会生活に最小の影響を及ぼすような切除手順を定めるために、あらかじめ頭骸骨を切り開き、むき出しにされた大脳の表面の各所に微弱な電圧を加え、そのときに患者の示す反応から、大脳皮質の各部の担っている機能の分布図を作るということを行なう。

長年にわたり多くの脳外科医によって繰り返えされた、そうした診断テストのデータの集積の結果として、現在では大脳の各部の担う機能についてかなり詳しいことが分かっている。その一つとし

感覚障害者における大脳の言語処理機能について

て、個人差はあるものの、一般に第1言語の処理が左半球の左の側面のだいたい中央あたり、すなわち左耳の上あたりの数個所によってかなり集中的に行なわれているのに対比して、第2言語の処理は、ややもするとそれらのまわりに沿った領域にまで分散する傾向を示している (Ojemann and Whitaker 1978[37] 参照)。

それがどういうことを意味しているかについては、かなり推測的ではあるが、第1言語のほうは、どちらかというと直接的に構成された各種の処理機能の組み合わせに頼っているのに比べて、第2言語のほうはそうした第1言語の処理機能を援用することによって、その近傍を含んだ領域が処理能力を形成している可能性があるということらしい。

こうした知見を踏まえた上で、次には健常者による手話の習得の場合の考察に移ることにしよう。

まず第1に、健常者が第1言語である音声言語の技能を習得したあと、成人になってから第2言語として手話を習おうとすると、上に述べたように、その習得の大きな部分はシナプスの接着部分の変化として貯えられる記憶によるものとなるだろうから、当然、直接に神経網の形成によるものよりも能率が悪いことになるであろう。

その上、音声言語と同じく、聾者の手話は左半球主導で処理されているとは言っても、これまでみてきたように、手話で育った人たちの大脳の機能は、健常者のものとはかなり異なった特徴を備えているということから推測すると、音声言語と手話との2者の処理機能のあいだには、やはりかなりの隔たりがあることはまぬがれない。

具体的には、手話の「音韻」が視覚的なものであるために、手話の使用者と非使用者のあいだでは、空間の位置決め的一般作業のような特定の作業でも、前節などですでいくつかその示唆をみたように、左右の脳の機能分担が異なることは起こりうるであろう。したがってこのような空間位置決め作業をおもに右脳で行なって来た健常者が、手話を習得するに当たり、同じ作業を聾者のように左脳でも効率的にできるようになることは、やはりそうやさしくないとは考えられる。

もしそうだとすると、音声言語を第1言語とする者が、第2言語として手話を習得しようとするときには、第2の音声言語の習得の場合のように、第1音声言語の処理の機構を援用して、そのまわりに手話言語の処理機能を構成しようとしても、そう簡単にできることではないであろう。つまり健常者が手話の技能を取得することは、外国語の学習の場合よりも、残念ながらその分だけむずかしいものになるものと考えるのが妥当であろう。

そう考えると、健常者が第2言語として手話を身につけることのむずかしさの主因は、本節のはじめに述べた市田の考えにあるような、かれらが手話を言語としてでなく、パターンとして認識しているからだということだけによるのではなく、やはり学習時期の早い遅いによる影響が相当に大きいのではないかと思われる。

しかし、タキストスコープを用いた McKeever et al.(1976[33]) と Neville and Bellugi(1978[35]) との心理物理学の実験の結果を総合して見ることから分かるように、手話の静的画像表示の場合 (図 11(b)) もまた空間内の点の位置同定の場合 (図 14(b)) も、聾者においては健常者よりも右視野 (=左半球) の入力刺激のほうが正答率がずっと高いということであり、とりもなおさずそれは健常者のほうが手話の処理を右半球に頼る傾向を示していることなのだから、市田の予想も根拠のないこととは言えないであろう。

ただし、そのような事情ではあっても、成人してからの第2言語の習得が全く絶望的であるということではない。いま外国語を第2言語として習得するときのことを例として、これを簡単に眺めてみよう。

その場合、習得内容は便宜上大きく分けると、音声の聞き取りによることばの同定の部分と、それに続く、文章構造を理解して意味を抽出する部分との二つの要素になる。このうち後者は、慣用句や表現など、全体的なパタン認識処理による下部作業を含んではいるものの、全体としては日常使い慣れている論理的思考の適用が主となっているから、時間をかければ、技能の習得は相対的にそうむずかしいものではないであろう。

むしろ問題は音声パタンの認識のほうにあるようである。日本人にとって英語の子音の中で /b/ と /v/、 /f/ と清音の /th/、 /l/ と /r/、 /s/ と清音の /th/、 /z/ と濁音の /th/、などが聞き分けがむずかしいものであることはよく知られている。(ちなみに、文脈のないときには、アメリカ人でも /f/ と清音の /th/、たとえば “fin” と “thin” のあいだの聞き分けは、ときとして誤まることもある。)したがって、かなり英語に堪能な日本人でも、幼いときに身につけた人でない限り、たとえば /l/ と /r/ との聞き分けなどは、主として文脈に頼っていることが実験によって確かめられている(たとえば Buchwald 1986[3] 参照)。

にもかかわらず、最近になって製作が可能になった電子的な実験装置の発達は、こうした聴覚生理の研究にもかなりの進展をもたらした。たとえば上に述べた、英語の聞き取りに関する能力の差の大きな部分が、言語を聞き取るときに手がかりとしている、含有周波数の差によることが明らかにされている。

日本語では含まれる周波数が下は 125 ヘルツくらいからせいぜい 2000 ヘルツくらいまでの上限を残してあれば、聞き取りに十分である。しかし英語の場合にはその上の 2000 から 8000 ヘルツまでの成分が有効に使われており、その有無がことばの明瞭度に影響を与えることが明らかにされている。

言語の起源を考えれば、高周波成分の多い風の音や波の音などの強い風土において発生した、たとえばハワイ語のような言語では、そうした音と競合する成分の多い子音を避け、聞き取りの楽な母音が相対的に多いことになったのであろうし、また日本語の祖語も、おそらくそうした言語であったのかもしれない。

いずれにせよ第2次大戦前の日本の3号電話機は、日本語の通話にとっては十分な、600 ヘルツからせいぜい 2000 ヘルツまでの周波数帯域幅しか伝送しない性質のものであった。しかし英語の子音には 1200 ヘルツから 1万 2000 ヘルツが含まれているので、戦後には占領軍の命令によって、帯域幅を下は 300 ヘルツから上は 4000 ヘルツに増強した4号電話機が急遽開発され、実装されることになったのは、当時有名な話であった。もちろんそれは日本語の通話の明瞭度を高めることにもなった。

そのように周波数成分が複雑な英語で育った人たちにとっては、子音の弁別に関わっている、2000 ヘルツから 1万 2000 ヘルツまでの音の高低の聞き分けが容易にできるのに、日本語で育った日本人には、たとい 4000 ヘルツの音は聞きとれても、その前後の周波数の音と比較して聞くと、相互のあいだでの高低が弁別できにくいと言う事実があるという(大岩 1995b[39])。

こうした弁別能力は、すでに述べたように、幼時における、主として大脳のハードウェア的発達によって大きく決まってくるものである。しかし図 16からも分かるように、成長してからも、そうした能力の獲得は全く不可能ではないことが、最近の定量的な研究によって明らかにされつつあるようである。

たとえば、アメリカのインディアナ大学の Logan ら (1991[31]) の心理学者は、アメリカ在住の日本人を被験者にして、“lay” と “ray” などのように、含まれる音声は /l/ と /r/ との違いだけである



感覚障害者における大脳の言語処理機能について

単語の対を数多く並べて繰り返し聞きかせるという訓練法を採用した。この研究グループは、その後太平洋の両岸において研究を続け、こうした訓練を3週間にわたって施すことにより、英語で育ってなくても、/l/と/r/との聞き分け能力をかなり増進させることができ、しかもその後6か月たっても、その能力がさして衰えないことを確かめている(Lively et al. 1994[32])。

またこれとは別に、フランスでは耳鼻咽喉医であるトマティス(Alfred Tomatis)博士が、1950年代はじめのころ、異なる言語においては異なる音声周波数帯域が決定的な役割を果たしていること、したがって一つの言語で育った人は、それとは異なる決定的周波数帯域を持つ他の言語を聞き取ることが困難であるばかりか、聞くことのできない周波数帯域を含む音声は発音できないことなどを見いだした。そして、そうした決定的周波数帯域の音を選択的に自由に強調するように開発した装置を用いて、必ずしも言語として聞き取れなくてよい、他言語の周波数帯域の音を聞かせて訓練すると、その言語の習得を促進することができるという、いわゆるトマティス法を編み出した(たとえば Gilmor 1989[9]、Tomatis N. D. A.[52]、Tomatis 1991[53]などを参照)。

一般に第2言語の習得は困難なことであるので、それに比例して、特効のある学習法と主張されるものが数多く案出され、実行されているのはうなずける。しかしそうした中でも、このトマティス法は広く注目され、日本を含め、世界的には現在200を越える数の訓練センターが設置されて活躍し、それなりの効果を挙げているようである。

トマティスが、医学を初めとして、広い関連科学の知識を豊かに持つ専門家であるので、トマティス法が他の方法よりも信頼されているのは不思議ではない。しかしこの方法に関する彼の数多い論文や、他の関連分野を含めた、少なからぬ著作物を見ると、方法や原理についての記述はかなり教条的で、主観的・臨床的(clinical)なものであり、研究論文一般に求められているような実験的なデータに乏しく、関連研究との客観的比較もないようである。

またトマティス法が名高いにもかかわらず、関連分野の学術論文には彼の論文に言及しているものはあまり見られず、たといあっても、トマティス・センターの関係者以外の書いたものは、この方法そのものの効果についてかなり否定的である(たとえば Kershner et al. 1990[21]、Van Jaarsveld and du Plessis 1988[55]参照)。

一般に人間は、他人が自分の行為行動に注目を払っているということを知ると、作業の成績が良くなると言う、いわゆるホーソン効果(Hawthorne effect、halo(後光)効果とも言う)が出るのが、1930年代のむかしから知られているから、トマティス法の効果もそれに類したものなのではないかという観察もある。したがって、トマティス法の真価を知るには、まだこれからの地道な研究が必要であろう。

以上は、音声による第2言語の習得促進について、二つの研究例の検討方法であった。少なくともこれらの研究では、成人してからの第2言語の習得が全く絶望的でないことを示唆している。しかし、手話を第2言語として習得しようとする場合には、諸種の関連条件が、音声言語の場合とかなり異なっている。したがって、まだそこでは、上記の研究における手法に類似した学習手法のようなものがあるのかどうか、もしあるとしたら、それがどんなものになるのか、まだよく分かっていないであろう。

この辺のところを学問的にきちんと詰めるためには、単に手話のみに注目したのでは、不十分であって、第2音声言語の習得の場合を含めて、総合的な研究を進める必要があるであろう。それも、上に述べてあるような心理物理学的な実験に頼るだけでなく、できればより分解能の高い脳磁波の測定を用いて、第1と第2音声言語の活用時や、また聾者と健常者の両者における手話作業中に見ら

れる脳の活動領域の違いを、さらに正確に具体的に調べてみることは、大いに意義がある基礎研究となるであろう。

ちなみに、以上は健常者が第2言語として手話または別の音声言語を習得するときの話であった。これに関連して、手話を第1言語とする者が第2の手話を習得することは、健常者が第2の音声言語を習得することよりもやさしいと聞いているが、もしそうだとすると、そのときの脳の働きに、上記の場合などと比べて差があるものかどうか、やはり興味のある研究課題となるであろう。

## 8. 手話学習のコツ

それでは健常者が手話を第2言語として習得するのに、なにかうまい学習方法はないものであろうか。

ハードウェアとしての神経細胞網がすでにかかなり固まってしまったあとのこととすると、新しく手話の技能を習得するのは、主としてソフトウェアとしてのシナプス接着面の変化によることになるだろうから、その習熟はそう簡単ではない。そうした前提条件のもとで、しかも音声言語とはかなり異なっている手話の技能を習得するのであるから、既成の音声言語の技能に頼ることなどしないで、はじめから全く独立に、新しく技能を形成して行く努力をしてみるのはどうであろうか。つまり心の中のこととして、手話を音声言語に翻訳するようなことは全く考えず、全く独立に、手話を手話としてそのまま直接に理解し、習得し、かつ伝達する努力をするということである。

手話通訳者としての役割りを果たすことを目標として想定した上の学習であるから、すでに音声言語を持ちながら、しかも新たに手話を習得するのに、音声言語を忘れ、手話を手話として習得することに専念せよと言うのは苛酷で、なかなかむずかしく、かつ承服しがたいことと思われるかもしれない。しかしあくまでもそれは手話の技能を獲得するための第一歩としての方略として、理にかなったことであると、私には思える。初めはむずかしいことに思えても、いったんそうやって手話の世界の中での情報の伝達能力を十分身につけてしまえば、そのあとで今度はその意味を音声言語に翻訳する技能を発達させること自体は、ずっと楽なことになるのではないだろうか。

古のある剣聖のことばに、剣の極意として「型に入りて型より出でざるは罔(くら)く、型に入らざるは即ち殆(あやふ)し」ということがあるそうである。表現の順序こそ逆にはなっているものの、これは第2言語としての手話の学習にも、そのまま当てはまることばのように思える。すなわち、音声言語に頼らず、手話を手話として独立に習得することが型に入ることであり、この基本が十分習得できたあとで、手話と音声言語との対応をつける、つまり翻訳の技能を身につける努力をすることが、型から出て自由滑脱になることである。

一般に第2音声言語の習得の場合に、第2言語を第1言語に移すような翻訳手続きをとらないで、同じ第2言語の中だけに留まったまま学習する方法は、初めは取りつきにくくても、究極的にはかなり有効性の高いものであると評価されている。まして音声言語とはかなり性格の異なる手話の学習については、翻訳のような複雑な経過を踏むことなしに行なうのが、もっと効果の出る学習法のように思える。

事実市田(1995[18])によると、手話の習得に当たって翻訳手続きをとらない学習法が効果的であるということは、市田自身も以前から予想していたことであったが、アメリカでは手話教授法の研究の中で、こうした直接法が初めて取り上げられたのが1977年ごろであり、その後、1980年に手話教授用の教師向けマニュアルが出版されたのを機に直接法が普及し始め、1988年には直接法に基づ

感覚障害者における大脳の言語処理機能について

くコミュニカティブ・アプローチを採用した標準カリキュラムが出版されたので、さらに一般化したという。

また日本では1989年ごろから、市田と、聴覚障害者で、現在米国ロチェスター大学大学院で言語学を専攻中の大杉豊とが直接法を採用した手話教育を開始し、その後、より理解力重視の姿勢を明確にしたナチュラル・アプローチ (Krashen and Terrell 1983[26]) を取り入れるなどして発展させ、現在では、聾者で、国立身体障害者リハビリテーションセンター学院手話通訳専門職員養成課程教官の木村晴美らを中心に、国内の数か所でこれを実践中しており、効果をあげているという。

手話をそのまま直接学習するといったような単一作業に徹するほうが、少なくとも手話の理解の速度を高めるであろうということを傍証する心理物理学的研究については、すでに1970年代の初めからあれこれと報告されている。それは二つの異質の作業を同時に並行して行なうと、2作業間に干渉が見られ、そのために両方の作業の能率が落ちるという現象である。

脳内においては非常に数多い大脳神経細胞が並行処理を行なっていることはよく知られている。しかし二つの異なる作業の並行処理が、たとえばだいたい昔に記憶したことの想起と合わせて暗算をすることのように、かなりの知的資源を巻き込む作業になると、われわれの脳はもはや二つの作業の並行処理を行なうことが全くできなくなり、せいぜいが短時間で両者を切り換えつつ行なうという、時分割的な作業となってしまう。この両極端のあいだに、(安全上、薦められないが)たとえば携帯電話をかけながらの車の運転のように、かなりうまく同時処理を行なえる作業の組み合わせがある。したがって、二つ以上の異なる作業を同時に遂行しようとするときの難易度は、組み合わせられる作業の性質によることは明らかである。

さらに、二つの作業が完全に同時に行なわれるのでなくとも、その内容によっては、二つの作業の実行のあいだにかなりの干渉がみられるものがある (Pashler 1993[42])。たとえば第1の作業 (T1) として、聞かされた音の周波数 (ピッチ) がある標準周波数よりも高いか低いかという判断を声によって応答させる。これはふつう時間 ( $t_1$ ) として2分の1秒から4分の3秒かかる簡単な作業である。

次に第2の作業 (T2) として、コンピュータの表示スクリーンの上に、あらかじめ決められた数個の異なる文字の中から、その一つが表示され、それに対応するキーを打つことをさせることにする。独立した作業としては、これもふつう作業 T1 の  $t_1$  と同じ程度の時間 ( $t_2$ ) で実行できる。

いまこの T1 と T2 の二つの作業を、時間的に少し離してこの順に続けて行なわせてみる。すると T2 に対する応答時間は T1 の存在によってほとんど影響されない。しかし T1 と T2 との間隔を順次短かくして行き、それが零に近づく、つまり音と文字とがほとんど同時に示されて、その両方に応答することを要求されるようになると、二つ目の作業 T2 への応答時間は作業が独立に行なわれるときの  $t_2$  よりも長くなっていく。そして T1 と T2 の間隔がある限度に至ると、T2 の刺激の生起を早めても、それに対する応答はその分だけ延びてしまい、結果として T1 と T2 の両方に対する応答時間は一定になってしまう。

ただしその合計は T1 と T2 と別々の応答時間の和よりは短かいから、脳の中では二つの作業は一部が重なり合って同時に実行されているとは言える。しかし、もし両作業が完全に同時に並行して実行できれば、両方が  $t_1$  と  $t_2$  のどちらか長いほうで完了するわけだから、これは T1 と T2 とが完全に並行しては実行できていない、すなわち、どこかに片方の作業の一部が止まってしまっているところがあるということを示していることになる。その部分を作業の隘路 (bottleneck) と言う。

上に挙げた二つの作業 T1 と T2 は、そのどちらもが (1) 刺激の知覚、(2) 応答の選択、(3) 応答の表出と、少なくとも三つの部分作業を含んでいる。そのどこが隘路になっているかは、にわかには決

められないが、最近では(2)の応答の選択が隘路となっているという説が有力視され、さまざまな心理物理学的実験による確認研究が行なわれている。

その実験原理そのものはいたって簡単で、要するにこれらの部分作業を一つずつ別べつに複雑にしていって、それらの処理機能に対する負荷を増したとき、全体の処理時間が増大するということが起これば、その作業が隘路になっていることが確かめられる。

詳細は Pashler(1993[42]) に譲るとして、この「課題への応答の選択」(しかしその実行は含まない)が隘路となっていることをさらに突き詰めて行くと、実はもっと一般に、記憶されたものごとを取り出すという、記憶の探索の過程のところが一週に一つの課題しか扱えなくて、その部分がこうした作業一般の隘路となっていることになるらしい。たしかに応答の選択ということは、記憶された内容を取り出してきて、それを取り捨てるの判断にゆだねることとなっている。

手話の理解という過程に、ごく単純化してこれを当てはめてみると、[実は言語教育法で言うところの直接法 (direct method)、あるいは帰納法 (inductive method) というものを用いて] 手話をそのまま直接理解するということをせずに、[文法訳読法 (grammar translation method)、あるいは演繹法 (deduction method) を習得することによって] それをまず音声言語に翻訳してから理解しようとするれば、少なくとも初めのうちは手話の意味を理解するのに、まず手話に対応している音声言語の単語や慣用句の表現の記憶を取り出し、次にその表現の意味そのものを取り出すというように、記憶呼び出しの手続きを二重にとらなければならないことになり、これは隘路を2度通すことになるから、その分だけ作業に手間どり、動きの速い手話には追いついて行けなくなるということになるだろう。こうした技能習得過程の機序をごく簡単にモデル化し、それを模式図として示してみたのが図 17である。

蛇足かもしれないが、ここで少しばかり説明を加えると、文法訳読法というのは、実は第2言語を習得するときに、その文法を学び、単語や慣用句などの意味を第1言語に置き換え、両言語間の文法構造に従って演繹的に第1言語での意味を理解するという手続きに沿って、第2言語の意味の理解をしていく過程である。それに反して直接法というのは、幼児が第1言語を学ぶときに、周囲に起こっている現象と大人の発話との対(つい)の集合から、発話の意味を帰納的に直接理解していくという、言語の自然な習得法に沿った理解の過程である。

いずれの方法によるにせよ、ひとたび言語的な意味が象徴的に理解できたあとでは、それを発話の文章に変換するという過程は、その処理にかなりの時間的おくれを許容でき、ゆとりのある、いわば逐次的な作業となれるが、第1言語(この場合手話)を第2言語(発話言語)に投射しつつ意味の理解に至るという過程は時間的遅れをほとんど許さない、いわゆる実時間的な作業となるから、それだけ記憶探索に対する要求も厳しくなるものと考えられるであろう。しかし第2言語の習得にあたっては、これら二つの方法は両極端であって、ある程度学習の進んだあとでは、実際には頭の中ではこの二つの方法がまざって用いられている、すなわち図 17の中の二つの経路のあいだを時分割的にゆれ動いていることは明らかである。

そしてだんだんと手話に上達するにつれ、文法訳読法的な2段構えの意味理解はその中間作業もだんだんと融合してきて、遂には手話に直接意味が結びついた形の記憶が形成された直接法となり、それとともに手話理解の速度が上がってくるであろう。したがって、音声言語を介在させず、手話を手話の枠組みの中だけで習得しようとするということは、初めは手間のかかることにはなるが、まさにこの直接結びついた記憶を初めから形成する努力だということになるだろう。

そうした直接的な、つまり帰納的な意味理解をしている場合には、第3者に対して行なう通訳は、まず手話を手話のままで意味を理解したあと、それを音声言語で表現するという、あと付けの別の翻

感覚障害者における大脳の言語処理機能について

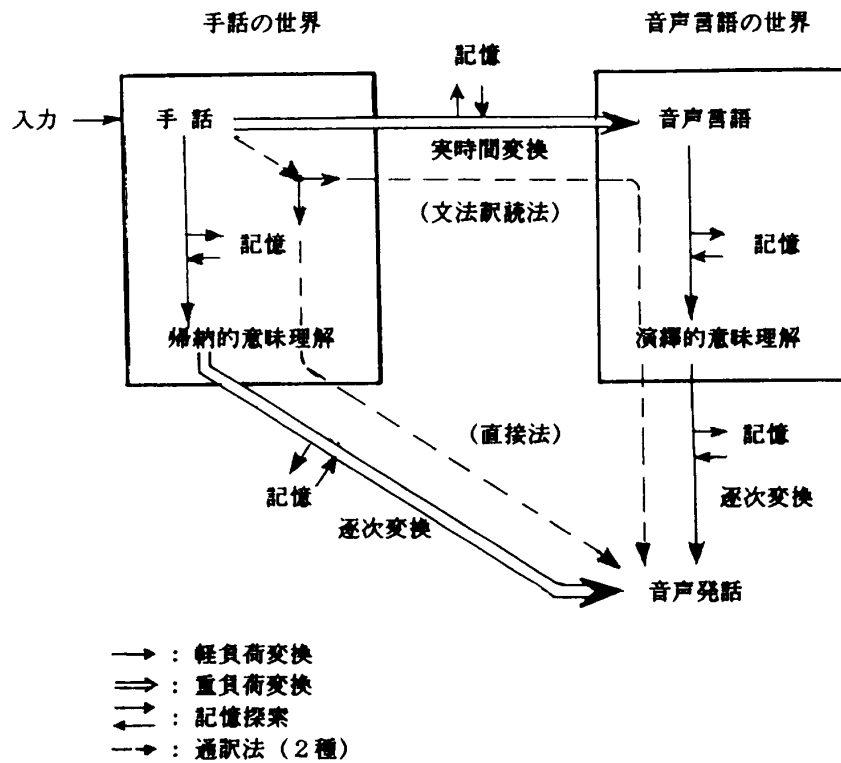


図 17 手話の通訳過程のモデル

訳過程となる。しかし、手話の場合でも、音声言語の場合と同じく、ふつう発話には文章と文章とのあいだに十分時間的なゆとりがあるものだから、こちらのほうが時間的には追従が楽になる。こうした過程をごく単純化して示したのが図 17 に示したモデルなのである。こうしたモデルの構造は、手話に限らず、第2言語の活用一般について言われていることのモデルと同じものともなっているであろう。

手話の習得に関するこうした私の説明に対して、特に音声言語と手話との二つを自由に使いこなしている方がたの中の1人として、市田 (1995[18]) では自からの学習および教育体験に基づいたご賛同をいただくことができた。また、言語発達の研究に携わっている佐竹 (1995[46]) も、やはり手話の能力獲得には直接法によるのが良いであろうとしている。

特に市田は、第2言語として手話を習得する日本人の多くは、いまだに日本語に対応する手話単語をひとつひとつ学ぶという、一般的な学習法によって手話を学んでおり、本来左脳で言語的に処理されるべき手話を、右脳の空間認知の処理機能を使って処理しようとしているところに問題があるのではないかと考えている。それでは、ひとつの概念にひとつの形式が結びついている、まさにジェスチュアを単に並べていくものとして、手話の文を理解しようとすることになるから、ゆっくりと一語一語区切って話す手話なら理解できても、通常の数にはとてもついていけないことになってしまうのではないかとしている。

そうした手話の学習者は、一般に5年以上の学習を積み、聾者との会話のある程度経験しても、聾者の通常の数での発話を理解できるようには、なかなかならない。これは、左脳の処理能力がなかなか向上しないというよりも、そもそも右脳で処理しようとする戦略(方略)が身につけてしまっているため、右脳での処理能力の臨界点で理解の飽和速度に達してしまうのではないかと想像している。

別に、言語発達の研究に携わっている佐竹(1995[46])も、やはり手話の能力獲得には直接法によるのが良いであろうとしている。

英語を第二言語として学習するわれわれも、学習方法次第では聞き取りで苦勞しているが、それでも手話の場合ほど、長期にわたって実際の会話を経験しながら、しかもなかなか読み取れるようにならないということはない、と市田は言う。そしてそれは、学習者が学習の初期に、手話を理解するために右脳による処理、すなわちジェスチュアを理解するときと同じストラテジーを採用し身につけてしまったために起こるのではないかとする。

さらに市田は、このような想像をするもうひとつの根拠として、直接法による手話教育を施すに当たり、他の一般的な教授法による学習を以前に経験したことのある人は、学習の経験がまったくない人に比べて学習に困難を示すことが多いという観察を述べ、これも一度身につけたストラテジーに固執するための現象ではないかと考える。

以上のような事実から市田は、健常者の手話学習の困難性は、単に第2言語学習の困難さや、手話の視覚的言語としての特異性だけでは説明できないとしている。

こうした市田の考えを織り込んだ上で、本節に述べた直接法と文法訳読法に沿った方法による、手話の学習時における脳の働きの差の有無を調べるのには、たびたび述べている、脳磁波の観察技術が大いに有効となるであろうことは言うまでもない。地味ではあろうが、そうした実験研究は、基礎的であると同時に、手話の教育法に対しても貴重な知見を提供できるものとなるであろう。

ちなみに、現在35歳ぐらい以上で、むかしは先天聾とされてしまっていた人たちは別として、今では重度の聴覚障害者でも、生後6カ月から1年6カ月の乳幼児期においてほとんどそれが発見され、そのうち平均聴力レベルの減退度がおよそ100dBよりも軽い、約95パーセントの人たちは2歳になるまえから補聴器を使うようになってきているという(大沼 1994[40])。したがって、両親とも聾であるような場合を除けば、かれらもかなり早くから、不完全ながら音声言語の入力を経験し、まず音声によってかなりのコミュニケーションを実行している。そしてそのあとになってから手話を習得するというふうに、今では言語取得順の状況が変わってきているという。そうした学習法は、たとえば足立聾学校の幼稚部などで、「聴覚手話法」と呼ばれて実践されているとのことである。

したがって、本稿で取り上げたような、手話を第1言語として育った人たちの数は、昔に比べてずっと少なくなっており、重度の聴覚障害者の場合であっても、手話は第2言語として取得するようになりつつあるということである(大沼 1994[40])。その意味においては、上に述べた、手話を第2言語として習得する過程のモデルは、こうした重度の難聴者の人たちの手話習得の場合にもかなり良く当てはまるのではないかとと思われる。

そればかりか、そうした重度の難聴者が、聴覚器管においてかなり歪曲を受けたものとして音声言語を聞き、かつ学習する場合にも、上のモデルに従うと、従来の聾学校の聴能・言語指導にありがちであった文法訳読法におけるように、演繹的・意味理解的な取り込みを中心としたボトムアップ的処理を働かせるよりも、直接法的な意味理解を志向するトップダウン的な教育プログラムを採るほうが得策なのではないか、という大沼の指摘もある。

なおたびたび言及した脳磁波測定法の、各種の生理現象の観察における応用は急速な発展を遂げつつあり、すでに聴覚検査におけるその有効性も具体的に検討されている(賀戸 1994[19])。近い将来においてはさらに進んで、この技術が聴覚障害者の脳の働きの特異性や、大沼の述べている上記の聴覚手話法における、音声言語と手話との混合教育のプログラムの有効性などの客観的評価をも補佐してくれるようになるものと思われる。

感覚障害者における大脳の言語処理機能について

9. 難読症者と左右反転の謎

むかしからアメリカでは(そしてヨーロッパでもそうなのではないかと思うが)、文字を読むのに苦勞する、難読症(dyslexia)と呼ばれる症状を持つ人たちが人口の5から10パーセントいるとされてきた。それに対して政府の統計によれば、日本には文盲はほとんどいないということになっている。しかし日本にも、社会活動に必要な程度の文章を一人前に読み書きできない、機能的文盲と呼ばれる人たちがけっこういるようだから、そうした数値的な比較はそう簡単ではない。それで海外の専門家の中には、日本政府の統計は文盲の算出基準が正当ではないとしている者も少なくない。

いずれにせよ、このような違いが出てくる根底には、第1に日本では義務教育の実施が徹底しているのに対して、アメリカなどでは相当におざなりになっているという、社会的事情が効いているのを忘れることはできない。

にもかかわらず日本の学者の中には、彼我における文盲率の出方に差があるのは、使われている文字が表音文字のアルファベットなのか、それとも、一般には表意文字と呼ばれている、正しくは表語文字(logograph)である漢字なのかの違いがあるからだと考える人たちがいた。またときには、それがアルファベットに対する漢字の優越性だとする、短絡的な主張の根拠とされたりさえした(山田1991[57]参照)。

ところで、この難読症者の中には、アルファベット文字の中で左右が反転した形をしているもの同士のあいだの区別ができないものがよくいる。たとえばbとd、pとqである。さらにかれらは、こうした文字を読むときだけでなく、書くときにも混同するし、ほかにもBをD、DをC、EをH、RをЯなどと書くほか、S、Zなどの左右をも、よく反転させてしまう。さらには“was”を“saw”、“top”を“pot”などと読み誤まったりもするそうである。

一つの文字の左右を反転させるのと違って、この後者では単語の中での文字の位置を反転させて読むのであるから、もっと複雑な処理が介在しており、これら2者を同列に扱えるものなのかどうかは、にわかに決められないであろう。第4節でちょっと触れた、像の回転を頭の中で処理する能力との関連も気になるところである(平賀1995[13])。

むかしの日本の文字教育はカタカナから始まったが、こうして文字の左右を反転して書くことは、日本の児童のカタカナ書きなどについても、学習ははじめにはかなり起こったことが知られているが、その後それが特に問題になるということは少なかったようである。今では教育はひらがなから始められているが、カタカナにの場合に比べて、ひらがなにおけるこうした左右混同の起こり方の率は高いのか低いのかを調べた研究はあるのだろうか。さらに、アルファベットに比べてかなにおいては、「さ」と「ち」とのあいだが少し似ているだけで、左右反転すると厳密に正しい字はなくなってしまうので、左右反転の混同は主として書くときの運動制御の問題ということになるであろう。

とにかく、かなの場合にこの問題がアルファベットの場合と同列に論じられるものなのかどうかは、はなはだ興味のあるところである。英語圏に比べて、もし日本に難読症が少ないとすると、それは日本語の音韻構造が相対的に単純であり、かつかなによる表記は、英語のアルファベットつづりに比べて規則性が大きいからだということも考えられる。事実、表音性が高くてドイツ語圏やスペイン語圏などでは、英語圏よりも難読症は低くなっているようである。

大人に比べて幼児は左右の弁別力が一般に弱いことは事実であるが、左右が反転したときに文字が別のものになるという場合は意外に少ないから(上に述べたbとd、pとq、それに「さ」と「ち」ぐらい)、左右の弁別力の弱さは、かえって正置の文章とその鏡像とが同じ程度に読めること

につながる可能性は考えられても、難読症の原因となることはちょっと考えられないであろう (平賀 1995 [13])。

とにかく、アメリカの難読症者は、ふつう以上の知能を持ち、ちゃんと教育を受けた者の中にもいる。たとえば、のちには速読の名人になった、故ジョン・F・ケネディ大統領でさえ、幼いときにはその傾向があったという報告さえあるくらいである。

そもそも読むということは視覚的機能であるし、またこうした文字の左右反転も視覚的パタンの処理における混同であるから、むかしから医学や心理学などでは、難読症の原因が脳の言語機能や、視覚神経まわりの異状ではないかと考えられ、もう何十年ものあいだ、さまざまな研究が行なわれてきた。にもかかわらずその原因は、いままでさして解明されることなく過ぎてきた。

その一方アメリカでは、長年の観察から、難読症の人たちには、全てではないにしろ、体の平衡がうまくとれない者が多いことが分かっている、難読症の子供を診断するときには、よく平均台の上を歩かせてみるということが行なわれてきた。

体の平衡感覚は、耳の中の三半器管がその感知器となっていることが、むかしから知られていたもので、それから考えれば、難読症の原因と聴覚まわりの神経の異状とは、あるいはなにか関係があるかもしれないと考えてもよさそうに思える。しかしそうした関係が初めて明らかにされたのは、アメリカはボストン市の、ベス・イスラエル病院のローゼン (Glenn Rosen) 博士、それにハーバード大学医学部のガラバーダ (Albert Galaburda) 博士やミナード (Matthew Menard) 博士たちによって、1994年の秋に発表された共同研究論文からであると、Newsweek誌は報じている (Begley 1994[1])。

大脳左右両半球のあいだの下側にある視床の内側膝状体 (medial geniculate nucleus) は、耳から入った音を、ある種のまだよく分かっていない表現に変える中継領域となっていて、そのあとそうした表現となった情報は、左半球の側頭葉の外側の脳皮質にある聴覚野に送られ、もとの音声の意味の抽出処理を受ける。

ところが現在どんどん改良が進んでいる FMRI あるいは PET などの装置などを用いて患者の脳の言語活動状況をつぶさに調べ上げたかれらの研究は、難読症の患者では、左側の内側膝状体の能力が、ふつうの人たちよりもかなり低いことを明らかにしたという。すなわちかれらの場合、この領域で ba、da、ka、ta など、約 25 分の 1 秒間ぐらいで急激に変化する破裂音などを専門的に処理している神経細胞の数が、ふつうの人たちよりも少ないことを突きとめたそうである。(このとき右側の内側膝状体は何をつかさどっているのでしょうか?)

ということは、難読症者の脳は、文字を読むという視覚的な機能をまず発達させるまえに、聴覚機能の不備から、耳で聞いたことばのパターンを正確に記憶し、脳内にそれら単語の特徴を表わす「辞書」を構築する能力を、完全に発達させることができないということなのである。そしてこれは、第7節で述べた、トマティスの主張とも整合している。

事実、ニュージャージー州のラトガーズ州立大学の神経学者テラール (Paula Tallal) 教授は、すでに 1970 年代初頭に、あとで難読症になる子供たちの約 80 パーセントは、それが認識されるずっとまえに、すでにこうした破裂音のように短時間に起こる音を識別する能力が低いという症状を示すことを観察していたのである。今回、その神経生理学的な裏付けがやっと明らかにされたというわけである。これからは、すでにたびたび述べた脳磁波測定による、脳の活動状態の精密な計測を活用することにより、難聴者のみならず、こうした難読症者の研究も大幅な進展をみることが期待されよう。



## 感覚障害者における大脳の言語処理機能について

ちなみに、1991年10月8日の日本経済新聞の夕刊には、ワシントン駐在の滝某記者の報道として、中米はコスタリカ大学のペドロ・レオン教授とアメリカのカリフォルニア大学のマリークレーア・キング教授とが、共同研究の成果として、人間の持つ23対(つい)の染色体のうち、第5染色体の中に、聴覚障害を起こす遺伝子があることを突きとめたと発表したとあるから、あるいはこの遺伝子は、ローゼン博士たちの発見した、内側膝状体の不完全発達にも関わっているものであるのかもしれない。

ことばがよく聞き分けられない子供は、その発音を比較するための、発音の基準の表現を、頭の中にきちんと作れないので、多分に表音的なアルファベット表記の英語を読むときに、それと照らし合わせるための手がかりが頭の中に無いということになり、その結果、読もうとしている単語はただ無意味なつづりとしてしか見えないらしい。この点については同じNewsweek誌に、先のBegley(1994[1])の記事に対して、難読症でありながら、まわりに理解されなかった読者の一人が、短いletterとして自分の体験を寄せている(Deming 1994[8])。

それ故ローゼン博士たちは、そうした難読症者の教育にあたっては、ことばを聞かせると同時に、皮膚の上にそのアルファベットつづりを書いてやって、連合記憶を強化できないものかと考えており、またテラール博士のほうは、短い破裂音をコンピュータ処理で引き伸ばしてやってから聞かせることの効果の研究を進めているという。

しかし、平賀(1995[13])も指摘しているところであるが、たとえば日本人の場合には、第7節で述べたように、“l”と“r”をはじめとして、いろいろな英語の音素対が聞き分けられないにもかかわらず、英語を読むのに、難読症らしい症状は現れないようであるから、こうした音声弁別の困難だけが難読症の原因とは言えないかもしれない。もっとも、こちらは第2言語についての現象であり、第1言語によって言語獲得の機微を身につけたあとでのことであるから、このような単純な議論だけでは第1言語獲得の真相に迫ることはできないかもしれない。

ちなみに、ここで述べたような、言語の習得に関して音声言語が大きな役割りを果たしているであろうという一般的な示唆は、聾者のあいだ、特に独自の手話と社会の多数派の書記言語(つまり音声言語の文字化)との両者を駆使して自分たちの文化活動を盛りあげようとしている人たちのあいだでも問題にされている。

音声言語を介在させずに書記言語を習得した、手話と書記言語のバイリンガルな聾者たちは実際にかかなり存在するし、それこそが彼らにとっての理想の形である。したがって彼らは、このような研究が記事になることによって、音声言語の習得を絶対視しようとする教育者たちに、それが新たな正当化の根拠を与えることにならないかと危惧しているという(市田 1995[18])。その根底には、日本でもアメリカでも、音声言語の習得を絶対視する、現在の聾者の教育があまり成功しているとは言えず、結果として多くの聾者が十分な文章力を身につけることができないでいるという事実がある。

しかし、山田(1994[58])の展望の中でも述べてあるように、聾者のあいだのコミュニケーションの手段である手話が、事実上独立した言語としておおびらに認められていた19世紀半ばまでのヨーロッパでは、自からの地域の手話を第1言語とし、その上、あたかも数学者が数学表記を第2言語として研究活動を行なっているように、自国の文章を視覚的な第2言語とする聾者の文化集団の存在が当然のこととして認められて社会的に活躍し、かれらによって多くの著作がものにされていたのである。

そうした状況を大きく変化させ、ひいては聾者の社会的・文化的地位を低くする原因となったのは、自分たちと異なる人たち一般を抑圧する非寛容の時代的風潮をもたらした、ビクトリア精神の出

現であった。そしてその思考形態は、今世紀の半ば、第2次世界大戦の終結後までいろいろな形で続いたのである。

日本においては、自分たちと異なる少数派の文化集団一般を異端視する考えはいまだに強く、聾者に対する教育もふつうの音声言語以外は公認しないという口話主義(oralism)や聴能主義(audism)が依然として教育界を支配している。

しかし、欧米先進国においては、かつてビクトリア朝精神を代表して登場した口話主義などのチャンピオンであった、アメリカのグラハム・ベル (Alexander Graham Bell、一般には電話の発明者として有名、1847-1922) なども、その意図したところは善であったとしても、現在の思潮の中では、結果的にはむしろ差別主義者であったと考える人たちが増えるまでに、世の中が変わってきている。

したがってこれからは、独自の手話を第1言語として結ばれている聾者の文化集団が、その独自性を自覚し、別に文字言語を文化的手段として用い、自信を持って社会的・文化的活動を推進できるように、社会の環境を整えて行けばよいのではなかろうか。口話法・聴能法などによる音声言語の活用能力は、かれらにとって社会における多数派と共存するためのコミュニケーションの手段であり、その意味においての重要性を否定するつもりはないが、あくまでもそれはかれらの集団の、日常生活の中における手話や、文化活動における文字言語に次ぐ位置づけのものであると理解すればよいのであろう。アメリカでは、たとえばカリフォルニア州立大学システムが全てのキャンパスにおいて、学生の必修科目としての外国語にASLの選択を認めているのは、ASLの構造が英語とはかなり異なっている上に、その使い手の集団が、文化的・社会的に他とはかなり異なっていることを公認してのことであろう。

## 10. 難読病と表記法や左利きとの相関

もとに戻って、いままで難読症というものの存在があまりよく認識されていなかった、日本文の読みの場合などでは、その音声言語とのかかわりは果たしてどうなっているのであろうか。確かなことはこれからの研究にまつことになるが、ここでは私の推測を少しばかり述べてみよう。

第1に、英語と比べると日本語の発音は子音構造が単純で、br、kl、pt、stといった、短時間内に知覚しなければならない重子音などが原則として無いから、仮りに内側膝状体での神経の発達不完全であっても、その機能不全が音声の知覚に与える影響は相対的に少なくなるということがあろう。

第2には、音声要素に基づいたことばの表現と比較参照するための基準形の形成が、たとい大脳皮質内において不完全であったとしても、読みに当たってそれと結びつけられるべき漢字語の参照特徴は、発音指向のものではなく、筆画の組み合わせさった特有の形など、視覚中心的な要素の加わった表現であろうから、その基準形のほうもアルファベットのつづりの場合とはまた別に、連合記憶が視覚主導的に作られやすいものになっていて、単語の認知がしやすいということがあり得よう。

そうしたことによって、日本文は何とか読めるということにでもなるのだろうか。

ただし、文字の読みとりに使う方略において、二つの表記法のあいだに出るそうした差は、あくまでも読みの技能習得の出発点での話しであることを忘れてはならないであろう。すなわち、アルファベットつづりの文章の読みの習得の初期の方略には、仮りに文字の表音性に頼る部分が多いことが言えたとしても、読みの技能に一たび習熟してしまったあとでは、ほとんどの人たちは、アルファベットつづりの単語などの構成文字を、ひとつひとつ見ているのではなく、単語や単語を構成してい

感覚障害者における大脳の言語処理機能について

る形態素あたりをひと塊りとして知覚し、それらを単位として、大脳皮質における意味処理用の表現に変換している。ただしそのときでも、音節や単語などの表音要素の関与が全くなくなるというわけでないことは分かっている。

またその一方で、漢字表記の文章が、その読みに完全に習熟している人たちによって読まれるときにも、その意味処理のときに音声要素がかなり効いていることは、少なくとも中国語の場合には、心理物理学的な実験研究によって示されている(山田 1991[57] 参照)。したがって読みに熟達した脳がアルファベットや漢字を処理する方略のあいだには、かなりの共通性があることは予想してよからう(Unger 1989[54] 参照)。

しかし、脳内において反映されているらしい、そうしたアルファベットと漢字との読みに関わる一般的な機能の差が、難読症者の場合に、読みの技能習得の初期の段階においてそのような顕示的な違いをもたらしているのだということが、たといこれから実験的研究によって明らかにされたとしても、直ちにそれが、健常者の用いる文字として、漢字がアルファベットよりも優れているということを示すことにはならない。あたかもそれは、視覚障害者にとって便利な触字(=点字)が、健常者の使っている墨字(=文字)よりも優れたものであるということをも主張するのと同じたぐいのこととなるからである。

とにかく、難読症一般が純粹に音声言語の知覚機能の欠陥だけによるものでないということは、すでに述べたように、難読症者の中には文字や単語つづりの右と左を反転するという、なぜだかはまだ分かっていないものの、多分に視覚的な錯誤を起こす者が多いことから明らかである。したがってローゼン博士たちの研究成果の発展だけからでは、まだ難読症の謎が完全に解けると言えることにはならないのではないかと思う。

これに関連して、私にとって興味のあるのは、アメリカ手話(ASL)の場合、左右反転に特別な意味(すなわち、言語学的に言うと、左右反転が最小対(つい、minimal pair、たとえば Gleason 1961 [10] 参照)を作ること)がなく、したがって左利きの者は(特に片手のみを使う表現の場合)しばしば左手優位で手話をすることが知られていることである。しかも手話の常用者は相手が左利きで、その手話が反転していることに、ふだんはほとんど気づいていないそうである(図 12(b) 参照)。これはなにも ASL だけについて言えることではなく、日本の手話においても、手話の左右反転は、ふだんほとんど気づかれないものであるとのことである(市田 1995[18])。

それにしても、佐竹(1995[46])も指摘していることであるが、左右を非対象に区別して意味を持たせたほうが、それだけ表現力が豊かになるから、文字、あるいは手旗信号など、人為的に作られた表現法では左右の区別をするのがふつうである。にもかかわらず、自然に発生した手話においてはこの区別を用いていないということは、やはり左右の弁別力に関わる人間の能力が本質的にはさして大きくないことを反映しているのであろうか(山田 1995a[59] 参照)。

もちろん、文字を書く道具は時代とともに変わりしはしたもの、平賀(1995[13])も指摘しているように、ほとんどの人たちが右手を使って文字を書く以上、文字の形は右手で書きやすくなければならないという制約がある。したがって文字の形に左右の非対称性が生まれたのは当たりまえのことであろう。

もう一つ考えられる可能性は、文字の場合は書くときも読むときも同じ方向から見ることになるのに対して、手話の場合には発信する側の形や運動などが、対面方向から見ている受取手にとっては左右反転したものになるので、手話では左右の弁別が構成要素として使われないのではないかということである。しかし、手旗信号の場合にも全く同じ条件が成り立っているにもかかわらず、左右の差

が区別に使われているので、この問題はもっと立ち入った検討が必要になる。強いて言えば、手話は自然発生的な言語であるのに対して、手旗信号は人工的に作られた記号であるから、こうした差が生まれたのかもしれない。

あるいはこうしたことが起こるのは、左右の形が非対称的に違うことが大きな意味を持っている文字や、それによって書きとめられた静的な単語や文章の場合と異なり、手話は時間とともに変わる継時的な言語であり、しかも時間は空間内での方向の左右反転のように、逆の方向には流れ得ないから、手話においては空間内での右と左の区別がその分だけ弱い制約となっているということもあるのであろうか。この場合、手旗信号についても一見似た条件が成りたつが、こちらは有機的な言語を構成しているわけではなく、単にかなやアルファベット文字を表象しているにすぎないので、左右の弁別をつけやすいとでも言うことであろうか。

さて、手話が空間情報を多分に使う言語であるにもかかわらず、まえにも述べたように、その処理が操作・空間処理に優位な右半球で行なわれず、言語処理に優位な大脳左半球で行なわれているということであるが、手話においては、空間内の相対的な位置の差というものが言語的に大きな役割りを果たしているので、その言語性が優先されて、空間的色彩の強い手話の処理も言語処理を主導する左半球を優位にした処理にまかされることになっているのであろう。

と同時に、すでに第6節において市田に従って述べておいたように、現在の研究は手話が今まで専門家たちでさえ考えていたほどには空間的要素の強い言語でないことを明らかにしつつあるようであるから、繰り返しになるが、ここで言う「空間的色彩が強い」という表現は、第13図で見た、Neville and Bellugi(1978[35])における空間の位置決め作業において位置が単なる一要素として扱われたのと同じ意味あい、手話は音韻的要素として「位置」を利用しているということを表わしているのであって、ジェスチュアの連続性と関わりがあるとか、サインマイムの領域が手話の中心であるとかいうことではない。

また、ふつうの手話の発話では、サインマイムの含まれる割り合いは、それほど高くないが、すでに述べたように、一般言語においての比喩の理解の能力が右脳優位だとすれば、少なくともサインマイムの一部は、やはり右脳で処理されている可能性はあるであろう。こうした予想はこれから実験的な検証において明らかにされて行くべきものであろう。

次に、私自身を含めて左利きの人たちには左右の混同がふつうより多いらしく、ひいてはそれが方向オンチにもつながっているのではないかという気がする。左利きの人たちは、一見方向とは関りが無いと思われるようないろいろな脳機能において、右利きの人たちとは異なる性質を示すことが、心理物理学の実験によって明らかにされている。たとえば相対性理論のアインシュタインは左利きであったが、文献によると、かれは幼ないときに難読症者でもあったそうである。

幸い私には難読症のきらいはないようであるが、一般に左利き、左右混同、方向オンチ、それに難読症の四つの要素のあいだには、果たしてなんらかの相関がないものであろうか。いままでそうした調査がなされたことがあるのかどうか、ちょっと私の記憶にはないが、しかし調べてみればなにかおもしろい結果がみられそうな気がする。

国により、また文化によって、人口の中で左利きの人たちが占める割り合いの統計は異なっている。しかし、それは主として左利きが社会的に矯正される結果であり、もし矯正なしに放置されたとすると、左利きの人たちは人口の15パーセントぐらいになるものという推定が、数多くある推定の中で、もっとも信頼できそうである。

またいままで本稿では、大脳左半球は言語機能において優位であり、右半球は空間操作・認知や

感覚障害者における大脳の言語処理機能について

情緒行動に優位と書いてきたが、実は左利きの人たちの半分近くはこの左右両半球の機能分担が逆転していることが分かっている (Porac and Coren 1981[44] 参照)。

ところが Levy and Reid(1976[29]) の調べたところによると、左利きでしかもこの左右両半球の機能の逆転している人たちのうち、左手で字を書く者は、左手でペンや鉛筆を持つにしてもふつうの右利きの人たちと対称に持って書くのに (図 18(a))、左利きでありながら、大脳半球の機能分担が右利きの大多数と同じ、つまり逆転していない人たちは、ペンなどを左手で持ちはするものの、その持ち方がふつうと変わっていて、上から下向きに逆さに持って書く人たちが多い (図 18(c))。ちなみに、最近では左利きをあまり矯正しなくなったので、こうした逆さ持ちのペン使いは日本でも若い人たちのあいだにはよく見られるようになってきたようである。

この現象に対して、すでに述べたように、まず文字は右利きの人たちの書きやすさ中心として発達してきたものであるから、左手で書こうとすると書きにくいものが多く、それをやわらげるためにペンなどの持ち方が変わってくるということが考えられる。さらに英語は左から右へと書かれるから、このように持つと、すでに書いた文字が手にかくされないで、よく見えるからだという説明がなされることがある。しかし、同じ左利きであり、左手で書くにもかかわらず、大脳の機能分担が左右で逆転している人たちは、下から上向きに正常に持って書くのだから (図 18(a))、このような文字の書き方や見え方の違いがペンなどの持ち方に差を生む主な原因とは言えないであろう。

さらにごく少数派ではあるが、右利きでありながら、左右両半球の機能が逆転している人たちは、やはり右の手でこの逆さに持つ形で字を書くのである (図 18(d))。こうした右利きの者の場合には、すでに書かれた文字が手にかくれるという問題はない。したがって、ペンなどを下向きに持つことは、書かれた文字の見えかぐれとは直接の関係がないことであろう。

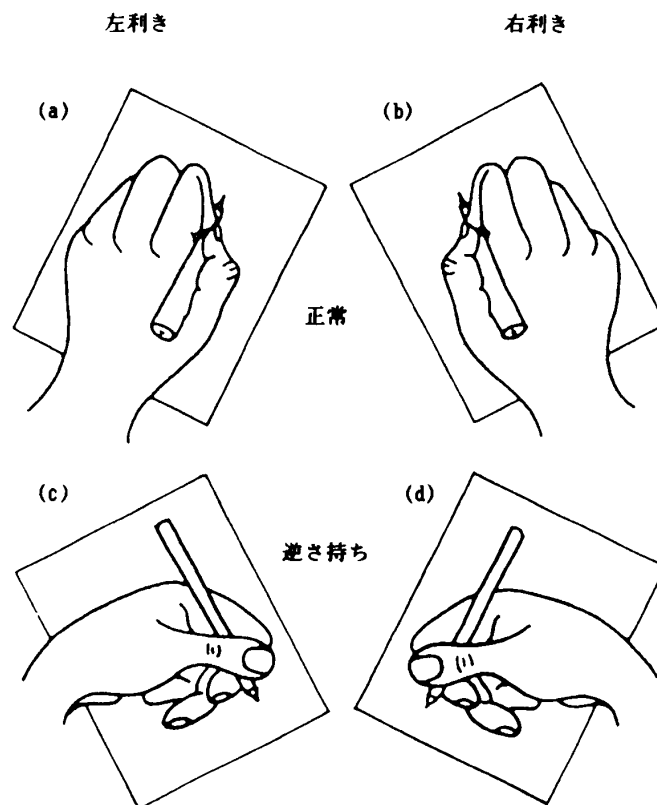


図 18 鉛筆の持ち方 4 態 (Levy ; Reid 1976[29])

むしろそれは、右であれ左であれ、利き手の動きを制御している半球が言語野のある半球の反対側にあるときに起こる現象であるということになる。しかしなぜそうなるかについては、いまのところまだ分かっていないようである。

またこの場合、左利きでありながら左右両半球間で機能逆転のない者がそのうちのほぼ60パーセントと多く、しかもその人たちの多くが自然に逆さ持ちのペン使いをするということは、人間の機能や行動の左右反転がなにか複雑な理由によるものであることを示唆しているであろう。そうした観点から、難読症の研究に取り組んでみるのも意義あることではないかと思える。

ちなみに、最近の韓国の若い世代は、英語のアルファベットよりもいっそう表音的である、ハングル文字だけによる文章の読み書きで育ち、かつ生活している。韓国ソウル市の Yonsei(延世) 大学医学部の Min(閔)Sung-Kil 教授たちは、ハングル文字の読みの処理は圧倒的に大脳左半球の言語野主導で行なわれていること、しかもハングル語は漢字語よりも速く読めるという研究報告をしている (Lee et al. 1992[28])。

韓国語(の発話)においては、子音の使われ方が日本語よりも複雑で、むしろ英語のほうに近いと思われるくらいである。その韓国語を、表音文字であるハングル文字で表記している人たちには、英語の場合と同じように、果たして5ないし10パーセントもの難読症が出現しているのだろうか。

韓国語におけるハングル文字表記は、英語と異なり、大まかに言って音節分ごとのハングル文字をひとまとめにし、漢字と似たような方塊文字として表わしている。したがってその見かけには、アルファベット表記よりも漢字表記に近いところがあるから、もし漢字の使用が本当に難読症の出現を軽減できるものなら、ハングルのほうもその分だけ難読症の出現率を下げてもよいような気がするが、事実は果たしてどうなのであろうか。

またやはり韓国にもかなりの数の難読症者がいるとして、かれらの場合、ハングル文字の文章を読んだり書いたりするときに、英語の場合のように、文字や単語の右と左とを反転して錯誤するという、多分に視覚的な誤りについてはどうなっているのだろうか。

まだ緒についたばかりではあろうが (Paradis et al. 1985[41]、Kess and Miyamoto 1994[22] 参照)、ここへ来て文字学に、自然科学的な研究手法を大幅に取り入れることの可能性がかなり開けてきた (山田 1991[57])。文字学の今後の発展がたのしみになるであろう。

## 11. おわりに

以上は感覚障害者が、必要と能力に合わせてコミュニケーションに用いている各種の言語機能を、手話を中心とし、大脳の機能とのからみでいろいろの角度から考察した基礎的展望である。

その大部分は過去において、主として心理物理学的な実験研究の結果推測されたこと、およびそれらから展開された予想などが中心となっている。そして現在急速な発達しつつある実験装置、特に脳磁波を中心とした、脳の活動状況を画像化する機器が、今までにほかの方法によって推定され予想されてきた諸命題の、さらなる展開を可能にするであろうことについて、繰り返し述べた。

こうして解明されることがらの多くは人間の本性に関する基礎的な事実であり、それらはそれら自体のために有意義な科学的知見である。しかし、そうした基礎事実の理解は、同時に感覚障害者の直面している問題を深く理解し、かれらが社会の成員として独り立ちし、他に伍して生活し活動するために有効な社会的環境を整備して行く上で、大いに役立つであろうことは明らかである。さらにそれは単に障害者だけの問題だけではなく、究極において日本の、いや世界の教育界が、少数派一般の

## 感覚障害者における大脳の言語処理機能について

社会的・文化的地位の問題にどう対処するかという、全般的な教育政策の策定に当たって必要不可欠な知見を提供することにもなる。

私の見聞きするところでは、手話のあり方、さらには聾者に対する教育法についても、まだ定説というものが固まっているとは思えず、いろいろと異なる考え方や方法論があつて、結果的にはもろもろの流派に分かれているようである。もちろん聾者側にも個人差があつて、ただ一つの取り組み方が万能であるとは言えないことと思う。しかし手話の使用者たちと健常者とのあいだの溝を狭くする目的でくふうされた、おおまかに言って英語に合わせた「英語対応手話 (Signed English、同時法的手話)」は、聾者の実体と手話とのどちらも十分に理解していない者たちによって考え出されたものであり、手話の知識に乏しいかなりの教師たちによって支持されてはいるものの、それがいま聾者のあいだに大きな混乱を起こしているらしい (Sacks 1989[45])。また日本においてもそれに似たような事情があるという (山田 1994[58] 参照)。事実、言語学者の研究によると、英語対応手話は自然言語ではなく、首尾一貫した構造を持っていないので、十分な習得ができない性格のものであるという (Coulter 1993[6])。

また、真の手話についても、現在の社会の体制の中では使用者同士の連携が弱く、大幅の変動があり、これからさき、できるだけ統一されて行くことが望ましいという考えが一部にはある。しかし市田によると、Sacks によるアメリカの実状と同じように、日本でも上のような主張をするのは、実は手話の使用者ではなく、多くは手話や聾者に対して無理解な外部の人びと (手話通訳者、聾者団体幹部＝主に中途失聴者、聾教育関係者) であるらしい。手話の使用者たちのほうは、方言の違いやスタイルの違いを、自分たち相互のコミュニケーションを阻害するものとしては考えていない。手話の方言間の差異は、音声言語の方言間の差異よりもずっと少ないというのが、おそらく実情である。たいていの聾者が、自分たちの方言手話以外の方言を見て理解できる、あるいは表現もできる複数方言併用者であり、自然な状態でのより広い地域における手話の共通語化もすでにならかなり進んでいる。しかるに、現在一部で行われている人工的な「標準化」は、上記のアメリカにおける状況と同じく、日本においても手話の言語構造を無視したものが多く、新しく造語された単語の多くは、聾者には受け入れられていない (木村・市田 1995[24] 参照)。

そうした現実を直視し、これからの教育政策の最適なあり方を見いだすに当たっては、たとえば脳磁波を用いた観察法などが、本稿でいくつかの可能性を挙げておいたように、将来はかなり有効な研究・検証の道具として機能するのではなかろうか。

幸い日本は脳磁波測定装置などの工業製品化において世界をリードしているのであるから、今後は世界にさきがけて、基礎理論の研究者、実験研究者、それに障害者関係の福祉問題の専門家などが、関連した根本問題の解明と福祉環境の整備とに関して共同研究をするのにふさわしい、強力な実験や教育のプロジェクトを組織し遂行し、ゆくゆくは、そうした目的に有効な各種の設備を備えた、国際的研究・教育施設を設立し活用して行くことによって、福祉対策のソフト的な面においても、世界にさきがけて第一級の貢献を行なっていくべきものであることを信じてやまない。

最後に、本稿について全体として長すぎるのではないかという意見をいただいた。実は初稿は現在の半分以下の長さであった。しかし、こうした課題に関心を持たれている方がた何人かに読んでいただいたら、不明の点、分かりにくい点の指摘をいただいたので、それらについて加筆したものを、新しい方がたを加えた 20 人ほどに再度読んでいただいたところ、また数多くのコメントがあった。それらに応えようとした結果、現在の長さになったものである。

もともと私は新情報化社会における人間対人間、人間対機械のコミュニケーションの手段としての言語の本質に関心を持ち、それについて調べているうちに、Protolanguageとしての手話という概念に出遇ったわけである(山田 1994[58] 参照)。

現在では世界的に見ても、まだ手話が独立した言語であることが、一般には完全に認められているわけではないが、日本は先進国の中ではそれが特に遅れているようである。そのため教育や福祉の面でまだいろいろと困難が残されていて、私のような非専門家の書いたものまでが、一部の関係者によって注目されるようなことが起こったのだと思える。

したがって本稿のようなものを、少しでも感覚障害者の福祉に関係のある、きわめて多様な背景を持つ方がたに広く読んでいただくためには、どうしても平易で詳しい、またときには周囲の関連分野と関係をつけた、冗長な記述を選ばなければならないであろう。それでも初稿、二稿を読んで下さった方がたからは、私が予期しなかった多様な反応をいただいたのである。そしてこの種の展望が、いま時宜にかな、かつ期待されているものであるらしいという感触を得ることができた。

幸い紀要というものは、一般にページ数制限がゆるやかである。しかも学術情報センターの紀要は電子化されるので、たとえばいま急速に普及をみているインターネット上で自由に読んでいただけるなど、アクセスもかなり容易になっている。そうしたことを考え合わせて、本稿は長さについてあまり心配をしないで書くことにした。

さらにその背景には、もう一つ日ごろからの私の思い入れがあったことも事実である。

日本文における漢字かな混じり文は、歴史も古く、長年にわたる先入観による教育とそれによる慣れによって、多くの日本人の好む表記法であろうが、全く構造の異なる言語体系を持つ中国語からの借字を用いているから、科学的文字論から見るとその活用能力の習得と活用には困難が多く、また相対的には文書作成もきわめて煩雑で遅く、したがってコストが高くつく。そのため、あらゆる分野の出版物を洋の東西で比べてみると、わが国のものは、一般には内容に乏しく、読んで分かりにくいものが多いのは否めない。また、苦心して書かれた論文や著作が、外国ではほとんど読まれてないのも事実である。こうしたことは日本の出版関係の方がたが常に感じていることでもある。

そうしたことを痛感したことが、もうかれこれ20年まえに、私をして日本文の入力法の認知科学的な基礎研究に向かわせ、ひいては蓄積された知識と人間との間のヒューマン・インタフェースとしての文字や表記法と、科学的に取り組みせることになったのであるが、それは本稿の主旨とは別の話題となる(山田 1991[57] 参照)。

とにかく、かねがねそうした思いがあったので、今では文章を書くときに、私は欧米、特にアメリカで標準的とされているように、関連分野への波及効果のある可能性を念頭において、できる限り詳しく細かく書くことにしている。そしてそうした方針は、これから新しいことを手がけようと考えている、特に若く、行くてに多様性を秘めた研究者にとって、良い刺激となるであろうというのが、私のいつわらざる信念である。諸賢のご理解、ご寛容をいただければ幸いである。

## 謝辞

本稿で試みたような、裾野の広い問題の展望と取り組むに当たっては、多くの異なる分野の専門家の協力を得なければならないことは明らかであり、本稿もその例外ではない。したがって私も多くの方がたから貴重なご教示をいただき、また本稿の草稿についても有益なご意見をたくさんいただくことができた。

ここでその方がたのお名前の一部を挙げさせていただくと、(アルファベット順で) 韓国 Sun Moon



## 感覚障害者における大脳の言語処理機能について

大学の Chung Hee-Sung 教授、岡崎国立共同研究機構生理学研究所の浜清教授、図書館情報大学の平賀讓講師、恵泉女学園大学の掘越喜晴教授、国立身体障害者リハビリテーションセンターの市田泰弘氏(査読者)、東京大学の開原成允教授(査読者)、豊橋科学技術大学の加藤美保子助教授、筑波技術短期大学の栗原亨教授、韓国 Yonsei 大学の Min Sung-Kil 教授、トマティス・ジャパン(株)の村瀬邦子氏、翻訳家の中村妙子氏、慶応大学の大岩元教授、筑波技術短期大学の大沼直紀教授、京都教育大学の佐竹伸夫講師、アメリカ合衆国メリランド大学の J. Marshall Unger 教授、ATR 人間情報通信研究所の山田玲子氏をはじめとする方がたである。

特に手教育の専門家である市田泰弘氏は、本稿の査読を進んでお引き受け下さった上に、数多くの綿密かつ貴重な助言を寄せられた。

そうした、数多くのご意見やご助言はできる限り活用させていただいたが、しかし本稿に何らかの不備があったとすれば、それは私の責任である。

また、たびたび書き改めた本稿を、その都度タイプして下さったのは白石香織さんである。

これらの方がたに厚くお礼を申し上げたい。

## 参考文献

- [1] Begley, S., "Why Johnny and Joanie can't read", *Newsweek* (Pacific ed.), September 12, 1994.
- [2] Bellugi, U.; O'Grady, L.; Lillo-Martin, D.; O'Grady, M.; van Hoek, K.; Corina, D., "Enhancement of spatial cognition in hearing and deaf children", *From Gesture to Language in Hearing Children*, in: Volterra, V., and Erting, C.(eds.), New York: Springer-Verlag, 1989, pp.278-298.
- [3] Buckwald, J. S., "Exploration of cognitive function with the P 300 event related potential", 神経研・UCLA 脳研共同シンポジウム「認知機能の神経メカニズム」, 東京, 1986年2月.
- [4] Calvin, W. H.; Ojemann, G. A., "Inside the Brain", Mentor Book, 1980, New American Library.
- [5] Corina, D. P., "Recognition of affective and noncanonical linguistic facial expressions in hearing and deaf subjects", *Brain and Cognition*, Vol.9, pp.227-237, 1989.
- [6] Coulter, G. R. (ed.), "Current Issues in ASL Phonology", San Diego, Academic Press, 1993, (Phonetics and Phonology Vol.3).
- [7] Curtis, S., "Genie: a Psycholinguistic Study of a Modern-Day "Wild Child,"", Academic Press, 1977.
- [8] Deming, B., "A clue to dyslexia — a letter", *Newsweek* (Pacific ed.), October 17, 1994.
- [9] Gilmor, T. M., "The Tomatis method and the genesis of listening", *Pre- and Peri- Natal Psychology*, Vol.4, No.1, pp.9-26, 1989.
- [10] Gleason, H. A., "An Introduction to Descriptive Linguistics", revised, Holt Rinehart and Winston, 1961.

- [11] Gur, R. C.; Mozley, L. H.; Resnick, S. M.; Karp, J. S.; Alavi, A.; Arnold, S. E.; Gur, R. E., "Sex differences in regional cerebral glucose metabolism during a resting state", *Science*, Vol.267, pp.528-531, January 27, 1995.
- [12] Harris, L. J., "Which hand is the "eye" of the blind? — a new look at an old question", *Neuropsychology of Left-Handedness*, Herron, J.(ed.), Academic Press, 1980, pp.303-329.
- [13] 平賀譲, 私信, 1995年3月30日.
- [14] 本名信行, 加藤美保子, 「手話—もう一つのことば」, 「異文化理解とコミュニケーション」1, ことばと文化, 本名信行, Bates Hoffer, 秋山高二, 竹下裕子・編著, 三修社, 1994年, pp.223-250.
- [15] Hubel, D. H.; Wiesel, T. N., "Brain mechanism of vision", *Scientific American*, Vol.241, No.3, pp.150-162, and p.250, September 1979.
- [16] 石橋佳子, 「日本手話の単語の認識に関する一考察」, 日本特殊教育学会第33回大会発表論文集, 1995年8月(準備中).
- [17] 市田泰弘, 「日本手話の文法と語彙」, *日本語学*, Vol.13, No.2, pp.25-35, 1994年2月.
- [18] 市田泰弘, 私信, 1995年1月9日.
- [19] 賀戸久, 「誘発磁場測定 of 聴覚検査への応用」, 電子情報通信学会1994年秋季大会パネル講演会(PD-4): 新しい聴覚補償機器とその活用に関する教育工学的課題, 東北大学, 1994年9月29日.
- [20] 加藤俊和, 「視覚障害者の情報環境と地図: 触わって見る地図の世界」, 「地図ニュース」((財)日本地図センター), 1989年7月号, pp.19-21.
- [21] Kershner, J. R.; Cummings, R. L.; Clarke, K. A.; Hadfield, A. J.; Kershner, B. A., "Two-year evaluation of the Tomatis listening training program with learning disabled children", *Learning Disability Quarterly*, Vol.13, pp.43-53, 1990.
- [22] Kess, J. F.; Miyamoto, T., "Japanese Psycholinguistics: A Classified and Annotated Research Bibliography", Amsterdam, John Benjamins Publishing Co., 1994.
- [23] Kimura, D., "The asymmetry of the human brain", *Scientific American*, Vol.228, No.3, pp.70-78, and p.128, March 1973.
- [24] 木村晴美, 市田泰弘, 「はじめての手話」(仮題), 日本文芸社, 1995年(準備中).
- [25] Klein, D.; Moscovitch, M.; Vigna, C., "Attentional mechanisms and perceptual asymmetries in tachistoscopic recognition of words and faces", *Neuropsychologia*, Vol.14, 1976, pp.55-66.
- [26] Krashen, S. D.; Terrell T. D., "The Natural Approach: Language Acquisition in the Classroom", Pergamon Press, 1983, [藤森和子・訳, ナチュラル・アプローチのすすめ, 大修館書店, 1986].
- [27] 栗田昌裕, 「身体・精神インターフェースを賦活して情報処理能力を高めるSRS能力開発プログラム」, 第10回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集, 東京, 1994年10月18-20日, 計測自動制御学会ヒューマン・インタフェース部会, pp.369-375.
- [28] Lee, H. S.; Min, S. K.; Yang, C. S., "Brain asymmetry in visual recognition of Hangul and Chinese words", *Journal of Korean Neuropsychiatric Association(神経精神医学)*, Vol.31, No.6, pp.1100-1107, 1992(韓国語).

感覚障害者における大脳の言語処理機能について

- [29] Levy, J.; Reid, M., "Variations in writing posture and cerebral organization", *Science*, Vol.194, pp.337-339, October 15, 1976.
- [30] Lieberman, P., "The Biology and Evolution of Language", Harvard University Press, 1984.
- [31] Logan, J. S.; Lively, S. E.; Pisoni, D. B., "Training Japanese listeners to identify English /r/ and /l/: A first report", *Journal of Acoustical Society of America*, Vol.89, pp.874-886, 1991.
- [32] Lively, S. E.; Pisoni, D. B.; Yamada, R. A.; Tohkura, Y., "Training Japanese listeners to identify English /r/ and /l/, III. Long term relation of new phonetic categories", *Journal of Acoustical Society of America*, Vol.96, pp.2075-2087, 1994.
- [33] McKeever, W. F.; Hoemann, H. W.; Florian, V. A.; VanDeventer, A. D., "Evidence of minimal cerebral asymmetries for the processing of English words and American Sign Language in the congenitally deaf", *Neuropsychologia*, Vol.14, pp.413-423, 1976.
- [34] 皆川洋善, 伊藤毅志, 大西昇, 杉江昇, 「盲人用図表現システムのための基礎的研究」, 情報処理学会研究報告, Vol.93, No.80, pp.65-71, 1993年9月17日.
- [35] Neville, H. J.; Bellugi, U., "Patterns of cerebral specialization in congenitally deaf adults: a preliminary report", *Understanding Language through Sign Language Research*, Siple, P.(ed.), Academic press, 1978, pp.239-257.
- [36] 野村絵研, 「コンピュータの技術動向」, 1988, 本文に第1図として引用したが, 原典は同定できなかった.
- [37] Ojemann, G.; Whitaker, H., "The bilingual brain", *Archives of Neurology*, Vol.35, pp.409-412, 1978.
- [38] 大岩元, 私信, 1995年1月17日 (a).
- [39] 大岩元, 私信, 1995年1月17日 (b).
- [40] 大沼直紀, 私信, 1994年12月24日.
- [41] Paradis, M.; Hagiwara, H.; Hildebrandt, N., "Neurolinguistic Aspects of the Japanese Writing System", Academic Press, 1985.
- [42] Pashler, H., "Doing two things at the same time", *American Scientist*, Vol.81, pp.48-55, January-February 1993.
- [43] Poizner, H.; Klima, E. S.; Bellugi, U., "What the Hands Reveal about the Brain", MIT Press, 1987.
- [44] Porac, C.; Coren, S., "Lateral Preferences and Human Behavior", New York, Springer-Verlag, 1981.
- [45] Sacks, O., "Seeing Voices, A journey into the world of the deaf", University of California Press, 1989.
- [46] 佐竹伸夫, 私信, 1995年1月20日.
- [47] Schaller, S., "A Man without Words", Summit Books, Simon and Schuster, 1991, [中村妙子・訳, 言葉のない世界に生きた男, 晶文社, 1993].
- [48] Singh, J. A. L.; Zingg, R. M., "Wolf-Children and Feral Man", London, Archon Books, 1942.

- [49] Springer, S. P.; Deutsch, G., "Left Brain, Right Brain", (revised ed.), W. H. Freeman and Co., 1985.
- [50] Stokoe, W. C., "Sign Language Structure", 1960, [reprinted by Silver Spring, Md.: Linstok Press].
- [51] Szpir, M., "Accustomed to your face", American Scientist, Vol.80, November-December, 1992, pp.537-539.
- [52] Tomatis, L. A.(translation by Elizabeth Books translations, Hastings, England), "The Assimilation of Modern Languages", Paris, A. I. A. P. P., 48pp, (publication date not available).
- [53] Tomatis, A., "Nous Sommes Tous nés PolyglottesLe livre de poche pratique, Fxot", Paris, Librairie Générale Française, 1991, トマティス研究会・訳, 人間はみな語学の天才である (抄訳), アルク, 1993 年.
- [54] Unger, J. M. (アンガー, J. マーシャル), 「漢字とアルファベットの読み書き能力」, 第7回 谷口シンポジウム, 国立民族博物館, 京都, 1989 年 3 月, [ことばの比較文明学 (梅棹忠夫・小川了・編), 福武書店, pp.263-308, 1990].
- [55] Van Jaarsveld, P. E.; du Plessis, W. F., "Audio-psycho-phonology at Potchefstroom: A review", Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Sielkunde(South African Journal of Psychology), Vol.18, No.4, Pretoria, pp.136-143, 1988, Bureau of Scientific Publications at the Foundation for Education, Science and Technology.
- [56] 山田尚勇, 「専任タイピスト向きタイプ入力法の研究経過」, コンピュータソフトウェア, Vol.2, No.1, pp.54-64, 1984 年 1 月.
- [57] 山田尚勇, 「文字論の科学的検討」, 学術情報センター紀要, 第 4 号, pp.261-318, 1991 年 12 月.
- [58] 山田尚勇, 「聴覚的言語と視覚的言語」 (増訂版), 学術情報センター紀要, 第 6 号, pp.199-247, 1994 年 3 月.
- [59] 山田尚勇, 「右と左の話」, 中央通信, Nos.493-519, pp.1-26, 1993 年 1 月～ 1995 年 3 月 (a).
- [60] 山田尚勇, 「常用者のための日本文入力法の基礎的研究について」, 学術情報センター紀要, 第 7 号, pp.73-112, 1995 年 3 月 (b).
- [61] 米川明彦, 「手話言語の記述的研究」, 明治書院, 1984 年.

研究論文

昭和6年樺太庁敷香のヤクート語資料の分析  
—日本語による北方「少数民族」言語資料へのアプローチ—

An analysis of the linguistic data of the Yakut language  
in Sisuka, Sakhalin in 1931

—An approach to linguistic data of Siberian minority peoples  
in Japanese text—

学術情報センター 藤代 節

Setsu FUJISHIRO

National Center for Science Information Systems

要旨

1931年に当時、日本領であった樺太庁敷香で行なわれた彼の地に居住していたアイヌ人を除く「少数民族」の言語調査記録からチュルク系言語であるヤクート語のデータを分析した。まず、被調査者であるヤクート人について当時の記録等から明らかな点をまとめた。被調査者のおかれた文化的、社会的背景を参考にしながら、片仮名で記録された単語を主とした190の調査項目のデータ各々に対応する現代ヤクート語をあてた。さらにこのヤクート語資料にみられる他の少数民族言語やロシア語との関係が当時の言語状況やひいては民族の動きを示唆するものであることを示した。また、記録されたヤクート語がどの地域の方言であるかについても考察を試みた。

**ABSTRACT**

Analysis of the linguistic data recorded in 1931, at *Sisuka* (or *Polonajsk*) in the *Karafuto* (or *Sakhalin*) Island, the southern territory of which was under the control of the Japan Empire. The data include 190 columns of five languages of "minority peoples" there, except the Ainus'. This paper is concerned with the data of the Yakut language among the linguistic data recorded in *katakana*, one of the representatives of Japanese writing system. The words in the data are identified with correspondents from the modern standard Yakut language. In the process of analysis, some information on the background of lives of Siberian natives at the period is referred to and it is argued that the data traces well the changes of linguistic surroundings. In the end, it is suggested what dialect of Yakut language was recorded in the data.

昭和6年樺太庁敷香のヤクート語資料の分析

- [キーワード] 樺太(サハリン)、ヤクート語、エベンキ語、シベリア、北方「少数民族」、シベリア言語地域、言語接触
- [Keywords] Sakhalin Island, Yakut language, Evenki language, Siberia, minority peoples in Siberia, Siberian Linguistic Area, language contact

はじめに

近年、様々な観点から、いわゆる「少数民族」の言語研究が盛んになってきた。最もセンセーショナルな理由としては消滅の危機に瀕した言語に対してその言語を保護するという必要性が挙げられている。実際にこういった必要性がどの程度普遍的な意味を持つのかは一面的に議論することは出来ないが、このような言語を如何に保護するか、あるいは既に廃れてしまっている言語を如何に復興させるか、また、そういった言語の体系をどのように網羅的に記述して行くか、様々な言語について研究がなされている。もちろん、こういった言語の中には、もう久しく研究の対象となっている言語もあり、外的状況もまちまちなのは当然である。

世界各地で行われているこの分野の研究を視野に入れて、歴史上、日本と密接に関連する地域に目を向けるとアジア大陸の諸言語の状況に改めて注意を惹かれる。大陸側の諸言語との関わりにおいては「大言語」である漢語、朝鮮語に比べ、北方の少数民族諸言語は研究対象として取り上げられることが決して頻繁であったとは言い難い。然るに早くは江戸時代の間宮林蔵、松浦武四郎等の著作 [1] から大正、昭和にかけての鳥居龍蔵、中目覚等の一連の著作 [2][3] をはじめとする多くの文献には北方の諸民族言語の資料が民俗的資料とともに記録されているものが見受けられ、この方面への関心が全く希薄であった訳ではないことを物語っている。これらの北方「少数民族」の言語事情はそのほとんど全てがソビエト政権成立後も久しく正書法を持たなかったため、今日残っているこれら言語自身による刊行物は早くとも 1930 年代、大半が 1950 年代以降のものである。さらにソビエト政権下で強力に押し進められたロシア語教育により、北方諸民族言語はその存続が危ぶまれている。このような状況にあって、日本語によるこれら諸民族の言語資料の分析は少なからぬ意義を持つものである。

本稿では日本語で記録された一連の北方少数民族言語のデータの中から 1930 年頃、当時日本領であったサハリンの南半分、樺太庁敷香 (現在はロシア領サハリン州ポロナイスク・地図 I、II 参照) に居住していた「少数民族」言語の語彙調査記録、即ち、樺太庁が昭和八年に刊行した、『アイヌ外土人調査』[4](以下「調査」)中のヤクート語の記録を扱う。この言語は現代は専ら旧ソ連邦東部シベリアを中心に広がるサハ・ヤクート共和国(ヤクーチヤ)(地図 III 参照)で使われている。現在、話者は 38 万人程度あり、シベリアの諸民族言語の中では、かなりよく保持されている。ヤクート人は現在の地域に至るまでに 10 世紀ごろあるいは 13 ~ 14 世紀ごろから南方からバイカル湖沿岸地域を経て移動してきた。長期間にわたる移動の歴史をもつため、又、その過程で、異民族との接触もあったため、他のチュルク諸語に比べ特異な点が多い [5][6]。ここでは片仮名表記による言語データを分析し、当時の樺太におけるヤクート族の言語状況を垣間みる。量の上では余り大きくはないが、大陸を移動してきた民族言語のこれらの記録の上に現れている軌跡を明らかにすることを試みる。これをアプローチとして、今後、日本の周辺に位置する諸民族言語について、かつて片仮名によって著された記録を分析して、広く北方「少数民族」諸言語の有り様を遡って観察することを課題と考えている。日本語を介した北方諸民族言語データを分析していくことは日本語を操る研究者にとって特に取り組むべき作業とあってよいのではないだろうか。

## 1. 「樺太庁昭和八年刊アイヌ外土人調査」

### 1.1. 南樺太の少数民族

樺太、即ち現在のロシア共和国サハリンについて、ごく近い時代の歴史を辿れば、1875(明治8)年の千島樺太交換条約により、帝政ロシア領となったが、その後、1905(明治27)年にはポーツマス条約により南樺太が再び日本領とされ、翌1906年にこれを日本は受領し、1907年に樺太庁がおかれた。第二次世界大戦後は、樺太全島およびクリル諸島を合わせて、ソビエト連邦サハリン州となり、日本国との関係はつい最近まで、事実上、絶たれていた。従って、第2次大戦後のこの地域に関する情報は極めて少ない。

1931(昭和6)年頃、樺太庁管轄の敷香支庁にてこの地にいたアイヌ人以外の「少数民族」の人々についての調査が行われた。この調査記録にはこれら「少数民族」の言語資料が含まれている。

この資料については北海道教育委員会刊『樺太先住民の旧調査資料ウイルタ語生活語彙補編』([7]p.3-4)において池上二良教授により解説がなされている。この調査の作成者とされる小澤清太郎氏は当時、樺太庁下に官吏として働いていた人物であった。実際にこの人物が調査にあたったかどうかは明らかではない。

昭和8年刊のこの調査の前書きに以下のようにある。

「樺太ニ於ケルアイヌ外土人ハオロッコ、ニクブン、キーリン、サンダー及ヤクーツノ五種族ニシテ、之等ハ全テ敷香支庁管内ニノミ居住ス。而シテ従来之等ノ土人ノ風俗習慣ヲ詳細ニ調査シタルモノナク、大ニ遺憾トスル所ナリシガ、昭和六年敷香支庁其ノ調査ニ着手シ、漸ク其ノ欠陥補フヲ得タリト言フベシ。本書ハ即チ該調査ノ結果ナリトス。」([1]「アイヌ外土人調査」p.1)

引用文中にある当時の敷香に居住していた5つの樺太少数民族、即ち、ツングース系のキーリン(エベンキ)族、同じくウイルタ(オロツコ)族やサンダー族、古代アジア諸民族と称されるニブヒ(ニクブン)族、そしてチュルク系のヤクート(ヤクーツ)族、これらの民族の部落の構成についてや生業、婚姻、歌舞等の民俗学的情報とともに、この記録の中には彼らの使用していた5種の言語の、単語を中心にした190項目が収められている。その中のキーリン語、ウイルタ語については池上[8][9][10]で、また、ニブヒ語については渡部[11]で、すでに分析されている。本稿ではヤクート語資料の分析を試みるが、本章ではこの資料中の特にヤクート語の被調査者のおかれた社会的文化的背景を、まず明らかにする。

### 1.2. 樺太のヤクート人

「調査」から当時敷香に居住していた樺太の「少数民族」の人口や財産表を表1、表2、表3にあげた。表1からまず、明らかなように、当時、敷香に居住していたヤクート人は他のウイルタ人やニブヒ人に比べて極少数である。おそらくは1世帯であったろうことが伺われる。にもかかわらず、表2の財産表によればトナカイの所有頭数は他に比べ圧倒的に多い。トナカイ飼育は本来ツングース系の民族の生業であり、一方、ニブヒ人は伝統的に漁業を生業としていた。また、狩猟はいずれの民族にとっても大切な生業の一つであった。この被調査者であるヤクート人は敷香において多くの部下をかかえて、かなりの勢力を持っていたことが伺える。「調査」には、ヤクート人の「組」について以下のように記されている：

昭和6年樺太庁敷香のヤクート語資料の分析

〔五〕ヤクーツ

之ハ例ノ「ウイノクロフ」ノ一族ニシテ、自己ハ「ヨクーシ」ト呼ビ、他種族ハ「ヨツコ」ト称ス。部下ニハ「ヤクーツ」アリ「トンゲーシ」アリ「オロツコ」アレドモ之等ヲ纏メテ「ウイノクロフ」組ト看做スコトヲ得ベシ。前住地ハ露有「ツイミ」流域「パルカタ」ナリ。因ミニ「ヨツコ」ハ領有以前「ゴリド」種族ト伍シ貿易ニ来リタルモノタリト雖モ当地方ニ残留スル者ナシ。」 ([1]p.8)

このヤクート人については実は別の文献によりかなりの部分が明らかである。松尾 [12] にこの人物についての 1941(昭和 16) 年当時の情報が以下のように載せられている：

「オタスの杜 [13] に住み、馴鹿王としてもはやされているヤクート人、ウイノクロフは、常識と非常に機敏な商才を持っている点とか、相貌などは代表的なヤクート人である。彼は帝政の頃、オホーツク近村部落の書記をしていたとも、州の副知事をしていたとも伝えられている。ロシア政府

表 1 「土人財産表」 (「アイヌ外土人調査」 [1]p.36 より作成)  
(合計の数が合わない箇所はそのままにした)

種別	オロツコ	ニクブン	サンダー	キーリン	ヤクーツ	計
家屋	2	11			1	14
馴鹿	76	18		80	500	679
犬	38	71	4	2		115
鉄砲	31	86	1	6	2	126
独木舟	23	27	1	1	1	53

表 2 「土人結婚状況」 (「アイヌ外土人調査」 [1]p.36 より作成)

種族別	有偶者	未婚者	離別	死別
オロツコ	男 60 女 60	男 94 女 81	男 2 女 7	男 3 女 26
ニクブン	〃 26 〃 26	〃 30 〃 20	〃 〃	〃 5 〃 5
キーリン	〃 4 〃 4	〃 9 〃 5	〃 〃	〃 〃
サンダー	〃 2 〃 2	〃 5 〃 2	〃 〃	〃 〃
ヤクーツ	〃 1 〃	〃 〃 1	〃 〃	〃 〃
計	〃 93 〃 92	〃 138 〃 109	〃 2 〃 7	〃 8 〃 31

表 3 (「アイヌ外土人調査」 [1]p.37 より作成)

管内アイヌ外土人総数四八一人ニシテ之ヲ種族別ニ大別スレバ左ノ如シ。					
オロツコ	男	一五五	サンダー	男	四
	女	一七七		女	六
ニクブン	男	六四	ヤクーツ	男	一
	女	四九		女	一
キーリン	男	一三	計 四八一		
	女	一一			



が北樺太石油調査隊派遣したとき、彼は随行に加えられ、案内役として来島したが、そのまま居住してトングースのバルカタ部落に入り、商才をもって部落中のトナカイを所有したほどの才物である。革命後、ソビエトのクラーク退治に追われて、大正一五年に約三百頭のトナカイと一四、五人のトングース人の使用人を連れて日本領に亡命し来ったということである」。松尾 [12] によれば、この人物ウイノクロフ氏はイルクーツク市の宗教学校を出ており、北樺太で「トングース人」を妻とし、1941(昭和16)年に松尾が「ウノクロフ」を訪ねた時には既に成人している娘が一人いたそうである。表中にある数値とも矛盾しない。この人物「ウイノクロフ・ジミトリー・プロコピチ」が1931(昭和6)年に敷香での調査に協力した人物とみて、間違いなからう。

この人物ウイノクロフが南樺太敷香に移る前のこの一族の北樺太での状況について鳥居龍蔵による記述が「人類學及人種學上より見たる北東亜細亞」[2]の敷カ所にみられる。鳥居が1925(大正10)年に大陸側のデカストリー港から北樺太のアレクサンドロフスク港に上陸してツイミ川流域を調査した際の記録である(地図I参照)。

「此處にはツングースの酋長である所のヤクート人ウイノコロフといふ人が亜港に出て来て居られたので、其の人に依つてツングースやギリヤークに就いて色々なことを聞いて、非常に利益を得た。此の人は餘程理智に明らかな人であつて、珍しい人である。露西亜語なども非常に上手であり、露西亜の本なども自由に讀める。」([2]p.410)

ツイム河を遡って舟を進めて「ヂカルンという處に来た。此處に又舟を岸に引き上げて小憩した。此處の丘陵の上に人の往來する道が出来て居る。これを土人に聞いて見ると、此處は土耳其人ウイノコルフ氏に従ふ所のツングース人のバルカタ村に至る通路の入口であるといふことであつた。」([2]p.432)

「ヤクートは北樺太に僅かに八人あるのみ。彼らは純然たる土耳其民族に屬し、其の故郷は雅克德斯克州にして、彼らは比較的近頃前岸より此處に来たりものとす。しかして其の北樺太の住地はヌイヲ湾より二十五露里、パルハタにあり。彼らの人口はわずかに八人に過ぎざれども、其の勢力はオロツコ、ツングースは固よりギリヤークの間にも行はれ、現に前二族の酋長は同族たるウイノクルフ其の人なり。ヤクートは所謂「西比利亞の猶太人」の稱を受くる位に西比利亞各地に散布し、商業上の智識に最も長じ、常に露人及土人の間に入りて盛に物品の交換賣買をなしつつあり。樺太の彼等は馴鹿其の他の家畜を飼養し、又商業をなし、其の生計最も豊なり。」([2]p.471)

ツングース系の民族であるオロツコ族及びキーリン(ツングース)族についても記述がある([2]p.462-469)。それによれば、樺太のオロツコ族には日本領南樺太ポロナイ河畔及びタライカ湖畔に居住するグループと露領北樺太東海岸方面に居住するグループとの2つがあった。前者はギリヤーク族と接近して居住し、漁獵を生業としていた。トナカイ飼育も行ってた。後者は前者に比ベトナカイ飼育の為にツンドラ地帯を転居することが頻繁であった。東海岸のオロツコ族の人口はポロナイ方面607人、東海岸方面129人とある。更に「東海岸のオロツコは今より十三年前迄はナチョトキンなる者にて據て統一せられたりしが、近時は教育あるヤクート族のウイノクルフ酋長となりて之れを統轄なし居ればポロナイ方面の彼等より頗る規律あり、又家屋衣服等稍々清潔に整頓せられたる傾あり。されば之れが為に人類學上、その土俗を知るに最も困難となりつつあり。」([2]p.464)

昭和6年樺太庁敷香のヤクート語資料の分析

キーリン(ツングース)族については以下のように記述がある：

「北樺太にツングースと自称するもの居住す。彼らは明らかに北部ツングース族に属し、其の故郷は雅克徳斯克州附近にして、彼らの此処に來たれるは比較的近代なり。(中略)彼らの今日北樺太における人口は全て五〇人許りなり。其の住地は専ら東海岸方面にありて、バルハタ村人口最も多く、これに次ぎてツイミ川の支流ヌイシ川畔及東海岸の北端にあり、更に西海岸のポギベ地方のワギシ川畔にあり。彼らの生活状態はオロツコと同じく馴鹿を家畜とし、これを伴いツンドウラ地方を移轉す。而して彼らは尚狩獵をなし、漁業はこれをなさず。其の風俗は殆どオロツコと相似たりといへども、ツングースはオロツコよりも稍進歩し露書を読むもの多し。当時は十三年以前よりヤクートのウイノクロフ氏之が酋長となれり。氏の以前はツングースのナチョトキン氏が酋長なりしと云ふ。(中略)彼らの故郷はもと雅克徳斯克州付近より転々移住し、數度に前岸よりここに來たりしものにして、かれらの渡來年代の頗る古きものにして、未だ三代より以前に遡るものなし。而してそのもっとも新しきものは僅かに一代のものあり。これに據って考ふるも彼らのここに來たりし時代の極めて近頃の事なるを知る可し。」 [2] (pp.469-470)

以上から、敷香でヤクート語調査が行われた時期に前後するヤクート人とその周囲に居住していた人々について概略が明らかである。

ウイノクロフという人物の動きを極大ざっぱに述べれば、彼は遅くとも1912年には大陸側からツングース系のキーリン族を従え、もしくは樺太に到着してからこれらを従え、勢力を持っていた。後にソビエト政権が北樺太で強大となったので、日本領にヤクート人としては単独で家人のキーリン族を従え、1924(大正15)年南樺太に至った。鳥居龍蔵の記述にある北樺太に残ったヤクート人についてはわからない。しかし、この点については、上に引用した「組」についての記述にある「部下のヤクート」はヤクート族出身者であったとは限らない。服部 [14] に記されているように、ロシア人や日本人に「ヤクート」と了解されている民族が必ずしもヤクート人とは限らず、特にツングース系の人々との混同が珍しいことではなかったということを考慮してよい。ロシア革命の前後にヤクーチヤから中国領へ移動してきたエベンキ人を「ヤクート」と呼ぶこともあった [15]。おそらくは「組」の記述にある「ヤクート」はツングース系の人々であろう。 [16] によれば川村秀弥は「ウイノクロフハムグ氏族」(p.1)と記し、又、その生年を(明治)19年(p.76)と記している。この人物の大陸側での出自に関する資料は今のところ筆者には明らかでない。

東シベリアに帝政ロシアの勢力が及ぶようになり商業活動が活発になると交通路が発達し、ロシア人のみならずヤクート人も、アルダン川、ゼーヤ川の分水嶺スタノボイ山脈を越えて黒龍江流域、現在のハバロフスク州に出る要路や、オリョクマ川を遡り、アルゲン川から黒龍江流域に至る経路(地図II参照)を利用し [17]、毛皮貿易等に盛んに携わっていた [2][18]。この被調査者であるウイノクロフ氏もそういったヤクート人の一人であった可能性が高い。

2. 樺太庁昭和八年刊『アイヌ外土人調査』ヤクート語データ

以下に調査記録のデータとそれに対応するヤクート語を掲げる。データの「ヤクーツ語」表記の片仮名にはローマ字による転字を施した。対応ヤクート語には現代ヤクート語の標準的表記に使用されているキリール文字に基づくアルファベット [19][20][21] をローマ字に転字して記し [22]、発音記号を表示した [23][24]。各々の項目に付した番号は『アイヌ外土人調査』の原本にはないもので、 [7] において付されたものを踏襲する。

2.1. データ

1	國語 今日は	ヤクーツ語 ドロオー do ro oo	(対応) ヤクート語 dorobo < ロシア語 zdorobo 「(俗) 今日」 [doro:bo]
2	左様なら	ブラサエ bu ra sa e	birahaaj < ロシア語 proščaj 「さようなら」 [buraha:j] (körsüöxxä dilä 「さようなら」)
3	言葉	サグン sa gu n	saŋa-m(1sg.pos.) or saŋa-ŋ(2sg.pos.) [saŋam] (til, solun 「言葉」)
4	私	ミン mi n	min [min]
5	御前	アン a n	än [ɛn]
6	生れた	トラオウト to ra o u to	töröö-büt (past part.) ~ töröö-büt- ä (past part.- 3sg) [tøø:byt(ɛ)] (töröö = 「生む、生まれる」)
7	死んだ	アルボツテ a ru bo tte	öl-büt (past part.) ~ öl-büt- ä (past part.- 3sg) [ølbyt(ɛ)] (öl= 「死ぬ」)
8	日	コンロ ko n ro	(künüs 「太陽」)
9	月	エーニ ee ni	ij [ij]
10	星	ソロス so ro su	sulus [sølus]
11	雲	ベレーツ be ree tu	bilit [bulit]
12	風	テーレ tee re	tial [tiɛl]
13	雷	アーテンカ aa te n ka	ätig [ɛtig]
14	雪	カーラ kaa ra	xaar [qa:r]
15	雨	アラタック a ra ta kku	ardax [ardaɟ]
16	東	イレン i re n	ilin 「東、前、未来」 [ilin]
17	西	ソコロ so ko ro	soyuruu (18を参照) [soyuru:]
18	南	アルガー a ru gaa	aryaa (17を参照) [arya:]
19	北	コト ko to	但し標準語では「西」 xotu 「北、～に沿って」 [qotu]
20	晝	トマン to ma n	tunan「霧」(「調査」中のキーリン語も「霧」を意味する) [tunan] (künüs 「昼」)
21	夜	ケーハ kee ha	kiähä 「晩」 [kiehe:]
22	山	カエカ ka e ka	xaja [qaja]

昭和6年樺太庁敷香のヤクート語資料の分析

23	川	ウーラカ uu ra ka	üräx 「小川」 [yɾɛx] (örüs 「川」)
24	海	モーラ moo ra	muora [mʊora]
25	水	モーシ moo si	muus [mʊ:s]
26	水	オー ooo	uu [ʊ:]
27	木	マツスー ma ssuu	mas [mas]
28	高い	オールドツク o ru do kku	ürdük [yrdyk]
29	低い	ナメハッカ na me ha kka	namihax [namuhaq]
30	深い	デレン de re n	dirin [dirin]
31	浅い	チチヤーシ ti ti yaa si	čičaas [tʃitʃa:s]
32	寒い	テミニ、チエン te mi ni = ti e n	timnütinī 「肌寒い」 [timni:tinī] (timnū 「寒い」)
33	暖い	イテ i tee	itii 「暑い」 [iti:] (silaas 「暖かい」)
34	今年	ビエーレ bi ee re	bijil [bujil]
35	来年	アヘレ a he re	ähiil [ɛhi:l]
36	金	テメル te me ru	timir 「鉄」 [timir] (kihil kömüs 「金」)
37	石	トシユ to si yu	taas [ta:s]
38	舟	オゴチヨ o go tyo	oŋočo [oŋotʃo]
39	砂	ボール boo ru	buor 「粘土、埃」 [buor] (kumax 「砂」)
40	土	シリキリシヤ si ri ki ri si ya	sir kīrih-a 「草地、芝地」 [sir kurrīha] sir 「土地、地方」 kiris 「芝生」 -3sg.poss.
41	頭	バス ba su	bas [bas]
42	額	シユシ si yu si	süüs [sy:s]
43	目	カラク ka ra ku	xarax [qaraq]
44	鼻	モンナ mu n na	munna [munna]
45	耳	コロガツク ko ro ga kku	kulgaax [kulga:x]
46	口	アニヤカ a ni ya ka	añax ~ ajax [aɲaɟ] ~ [ajaɟ]

47	歯	テーシ tee si	tiis [ti:s]
48	顎	シヤギヤタ si ya gi ya ta	sänijä-tä(3sg.poss.) [sɛŋijetɛ]
49	手	イレー i ree	ili [ili:]
50	足	アタ a ta	atax [atax]
51	喉	カベリカ ka be ri ka	xabarya [ɣabarya]
52	乳	アマー a mee	ämij [ɛmi:]
53	背	ゴクシヨ go ku si yo	köksö [køxsø]
54	尙聾	ドコロフ do ko ro hu	doyolon 「びっこの」 [doyolon]
55	瘤	ガラバタエ ga ra ba ta e	garbaataj(<ロシア語 gorbatyj 「せむしの」) [garba:taj]
56	家	ゼーエ zee e	jiä [ɕje]
57	酋長	トヨン to yo n	tojon [tojon]
58	若者	ウラヘタリ u ra he ta ri	ülähit-tär 「労働者 - 達」 [ylɛhitter] (ädär ičcat, kändääri 「若者」)
59	部落	セレンミナ se re n mi na	säliännä(<ロシア語 selenic 「村落」) [selienɲɛ]
60	組	イヤツカ i ya kka	iečiejka(?) [ietʃiejka] (<ロシア語 jačejka 「(組織の単位としての)細胞」)
61	役人	トヨン to yo n	tojon (男性) 「主人、家長、指導者」 [tojon]
62	役所	バラブレニヤ ba ra bu re ni ya	birabiliännä(<ロシア語 pravlenie 「役所」) [burabulienɲa]
63	大	オラカン o ra ka n	ulaxan [ulaɣan]
64	中	———	キーリン語ともにデータなし orto, ortoku 「中(位の)」
65	小	アツチゲエ a tti ge e	aččigij [atʃtʃigwɟ]
66	入れ	ケール kee ru	kiir (imper.sg.2) [ki:r]
67	出れ	タグン ta gu n	taɣis (imper.sg.2) [taɣws]
68	皆さん	マレタ ma re ta	barita 「全部」(bari 「全て」 -poss.3sg.) [bari ta]
69	仕事	オーゴロ、ブン oo go ro = bu n	oŋoro-bun (oŋor- 「する」 1sg.pres.) [oŋorobun] (ülä 「仕事」)
70	帰る	トンヌル to n nu ru	tönnör (tönün-3sg.pres.) [tønnør]
71	喧嘩	オクソホ o ku so ho	oxsuhuu [oɕsuhu:]

昭和6年樺太庁敷香のヤクート語資料の分析

72	談判	オラガム、セツケ o ra ga mu = sekke	ulaxamsik 「重要な、大切な」 [ulaqamsik]
73	謝罪	コルド、ホオン ko ru do = ho o n	kördöhön 「謝罪しつつ」 <kördös= 「謝罪する」 [kördöhön]
74	盗人	オレヤツカ o re ya kka	uorujax [øørujaq]
75	姦通	カリシヨツタ ka ri si yo tta	körsüs-t-ä (sg.3 past) [körsyste] körsüs= 「会う」、「互いに見る」
76	善	オチヨガイ o ti yo ga i	üçügäj [ytʃygej]
77	悪	コハシ ko ha si	kuhayan ? [kuhayan]
78	起る	トルボツト to ru bo tto	tur-but-(a) ( 「起きる」 -past-(3sg.)) [turbut(a)]
79	行く	バル ba ru	bar (imper.sg.2) [bar]
80	行け	バルデム ba ru de mu	bar-d-üm (past.-sg.1) 「行った(行こう)」 [bardüm]
81	火	オーチ oo ti	uot [øot]
82	草	オート oo to	ot [ot]
83	葉	シバリケ si ba ri ke	säbirdäx [sebirdex]
84	花	シリトツカ si ri to kka	(sibäkki(<ロシア語 cvetok 「花」))
85	鯨	ヒロツカ hi ro tu ka	(おそらくニブヒ語 heruk 「鯨」 から)
86	鮭	コルチカ ko ru ti ka	<ロシア語 korjuška 「胡瓜魚」
87	胡瓜魚	ゴーナカ goo na ka	?
88	蝶	カンベラ ka n be ra	xambala (<ロシア語 kambala 「蝶」)
89	鯀	セーレハー see re haa	(<ロシア語 žerex 「コイ科の魚の一種」(?))
90	鱒	ガラボシカ ga ra bo si ka	(<ロシア語 gorbuša 「カラフトマス」の表小・ 表愛形(?))
91	鮭	カタハレ ka ta ha re	xatiis (?) [qatʰis]
92	大漁	アリバツク a ri ba kku	älbäx (balik) 「沢山(魚)」 [elbeq] ~ [elbex](no.94 参照)
93	不漁	アゲヤツカ a ge ya kka	aγijax (balik) 「少し(魚)」 [aywjaq](no.94 参照)
94	魚	バレツカ ba re kka	balik [balik]
95	漁師	ノロータ no roo ta	noruot (<ロシア語 narod 「人々」) [norøot] (baliksit 「漁師」)
96	狩猟	ボルド、バル、ボツト bo ru do = ba ru = bu tu to	bultuu bar-bit-(a)(past-(3sg.)) [bultu: barbuit(a)] bultuu bar 「狩猟に行く」
97	木獵	テエン te e n	tiin [ti:n]

98	貂(てん)	サールバ saa ru ba	saarba [sa:rba]
99	犬	イツタ i tta	it [it]
100	獺(かわうそ)	ウエダラ u e da ra	bädär 「山猫」 [bædær]
101	兎	ゴウワカ goo wa ka	koubax [kʷobax]
102	馴鹿	タバ ta baa	taba [taba]
103	皮	テリエ te ri e	tirii [tiri:]
104	男	アレケヘー a re ke hee	är kihi 「男」「人」 [er kihi]
105	女	シヤクタリ si ya ku ta ri	jaxtar [ʧaqtar]
106	男兒	オール oo ru	uol 「息子」 [ʷol]
107	女兒	ブラータ bu raa ta	biraat 「弟、妹」 [burra:t]
108	嫁	コト ko too	(kiis 「娘、乙女」) kütüöt 「婿」(no.109 参照) [kytyøt]
109	婿	——	(kijiit 「嫁」) キーリン語ともにデータなし (no.108 参照) cf.kütüöt 「婿」
110	実子	オーゴン oo go n	oyo-m 「子 - poss.sg1」 [oyom]
111	甥	ブラ、テン、オゴト bu ra = te u = o go to	biraat-im oyo-to [burra:t+im oyoto]
112	姪	ウツエン、オゴト u tu e n = o go to	「弟(妹)-poss.sg1 子 -poss.sg3」 ubaj-ïm oyo-to 「兄 -poss.sg1 子 -poss.sg.3」 [ʷbaj+im oyoto]
113	兄弟	アイマゲン a i ma ge n	ajmay-ïm 「兄弟 -poss.sg1」 [ajmayum]
114	姉	——	キーリン語ともにデータなし ajiij
115	妹	オラカンベラーテン o ra ka n be raa te n	ulaxan biraat-ïm 「大きな弟妹 -poss.1sg.」 [ulaqan burra:t+im]
116	兄	オワエン o wa e n	ubaj-ïm(poss.sg.1) [ʷbaj+im]
117	弟	イチゲ、ブラタ i ti ge = bu ra ta	aččigij biraat 「小さい弟妹」 [atʃtʃiguj burra:t]
118	父	アカン a ka n	aya-m (poss.sg.1) [ayam]
119	母	アニヤム a ni ya mu	ijä-m (poss.sg.1) [ijem]
120	体	ゴロン go ro n	xol-um(「腕」 -poss.sg.1) [qolum]
121	行かぬ	バレム、オガ ba re mu = o ga	bar-ïä-m suoy-a [bar+em suoya]
122	来い	カウレ ka u re	「行く」 -fut.-1sg.(suox 否定)-3sg.poss. käl(imper.2sg.) [kel]

昭和6年樺太庁敷香のヤクート語資料の分析

123	来る	カンラ ka n ra	käl-l-ä (past-3sg.) 「彼は来た」 [kelle]
124	無い	ホーコ hoo ko	suox [suox] ~ [sɔox]
125	有る	バール baa ru	baar [ba:r]
126	呉れ	ビーレ bii re	biär(imper.2sg.) [bier]
127	貸せ	オラリシ o ra ri si	ularis 「貸せ、借りろ」 (imper.2sg.) [ularis]
128	苳	ダバツカ da ba kka	tabaax(<ロシア語 tabak) [taba:x]
129	焼酎	アラゲー a ra gee	arigi [arigw]
130	米	アレーシ a rec si	iriis (<ロシア語 ris) [iri:s]
131	麦粉	ボルドツカ bo ru do tu ka	burduk (<ロシア語 burduk 「穀類」) [burduk]
132	塩	トシユ to si yu	tuus [tu:s]
133	何か	トゴエ to go e	tuguj (tuox 「何」の対格) [tugw]
134	借り	イーシ ii si	iäs [ies]
135	働く	オウラ o u ra	ülä 「仕事」 [yle] (ülälää=「働く」)
136	可愛い	バツト、チヨゴエ ba tto = ti yo go e	bärt ücügäj 「大変 可愛い」 [bert ytʃygej]
137	憎い	コハガレ ko ha ga re	kuhayan 「悪い」 [kuhayan]
138	誰	ケメニ ke me ni	kim-ij(kim 「誰」 - 疑問接辞) [kimij]
139	箱	ヤシカ ya si ka	jaahik (<ロシア語 jaščik 「箱、櫃」) [ɕa:hik]
140	取る	エリタ e ri ta	il-la (past sg.3) [illa]
141	何	トゴエ to go e	(no.133 参照)
142	着物	タガーシ ta gaa si	taŋas [taŋas]
143	宝物	————	キーリン語ともにデータなし (baaj)
144	道路	ソル so lu	suol [sɔol]
145	手紙	ソローコ so roo ko	suruk [sɔruk]
146	話	アタオン a ta o n	ät-iä-m 「話す」 -futur.-sg.1 [etiäm]
147	鉞	シヨカ si yo ka	sügä [syge]
148	約束した	ビフゲ、ドーマイデツカ bi hu ge = doo ma i de kka	bihigi duumajd-iäx-xa [bihigi du:majdʃεqqa] 「私達は」「考える」 -futur.-dative 「考えましょう」 (Min biär-iäx buol-but-um) 「私は与えると約束した」)



149	見たか	ガルブ、トンド ka ru bu = to n do	kör-büt-ün duo? [kørbytyŋ dwo] 「見る」-past-2sg. 「か(疑問助辞)」
150	聞いたか	エステ、ウトンド e su te = u to n do	isti-bit-iŋ duo? [istibitiŋ dwo] 「聞く」-past-2sg. 「か(疑問助辞)」
151	話したか	カブシヤ、ウトンド ka bu si ya = u to n do	käpsää-bit-iŋ duo? [kɛpsɛ:bitiŋ dwo] 「話す」-past-2sg. 「か(疑問助辞)」
152	何処から来た	カンタカリン ka n ta ka ri n	xan-tan käl-l-iŋ? [qantan kelliŋ] xantan 「何処から」 -abl. 「来る」 -past-2sg.
153	何処に行くか	カンナ、バルデン ka n na = ba ru de n	xanna bar-d-iŋ? [qanna bardinŋ] xanna 「何処へ」 -dat.
154	妻か	ケマ、ヨボエ e ma = yo bo e	kim ojoy-o? [kim ojoyo] 「誰」 「妻」 -poss.sg3 「誰の妻か」
155	亭主有るか	アレン、バンド a re n = ba n do	är-iŋ baar duo? 「君の夫は居るか」 [eriŋ ba:r dwo]
156	其話を聞いたか	サガラン、エステウトンドー sa ga ra n = e su te u to n doo	saga-ni isti-bit-iŋ duo? [sagan: istibitiŋ dwo] 「話」 -acc. 「聞く」 -past-2sg. 「か」 sajalaŋ isti-bit-iŋ duo? 「話 (sagar= 「話す」 + -laŋ動作名詞形成)」 sagar-ar-in isti-bit-iŋ duo? 「彼が話すのを聞いたか」
157	善いと思ふか	オチヨ、ゴン、ベヘネゲン o ti yo = go n = be he ne gen	üçügäj dii sanii-gin duo? [ytfygej di: sanigun dwo] 「良い」 「と言って」 「思う」 -pres.-2sg. 「か」
158	悪いと思ふか	コハネ、チネゲンド ko ha ne = ti ne ge n do	kuhayan dii-gin duo? [kuhayan di:gin dwo] 「悪い」 「言う」 pres.-sg.2 「か」
159	食ふものあるか	アヒレン、バルド a hi re n = ba ru do	ahür-iŋ baar duo? [ah:i:riŋba:r dwo] ahaa= 「食べる pres.part.」 -poss.sg2
160	遊んで居れば駄目	ダ、オコフ、コハガン da = o ko hu = ko ha ga n	? kuhayan 「悪い」 (küöx köppö 「怠けるな」)
161	お前の名は何と言ふか	アンアテン、ケメ a n a te n = ke me	än aat-iŋ kim-iŋ? [en a:tiŋkimij] 「君」 「名」 -sg.2 「誰」 -疑問助辞
162	お前の年は何才か	エン、サーベン、ガヘ e n = saa be n = ga he	än saah-iŋ xah-iŋ? [en sa:hiŋqahij] 「君」 「年」 -sg.2 「幾つ」 -疑問助辞
163	お前の家族は何人か	アンチガル、ガスケヘバーレ a n di ga ru = ga su ke he baa re	än jia-yär xas kihi baar-iŋ? [en ɕje:yer qas kihi ba:riŋ] 「君」 「家」 -poss.sg.2dat. 「幾」 「人」 「居る」 -疑問
164	考へて置く	カエタ、デハニゲニ ka e ta = de ha ni ge ni	xajdax dii sanii-gin? [qajdax di: sani:gun] 「如何に」 「言って」 「思う」 -sg.2
165	左様	ケルゼリカ ke ru ze ri ka	kirjik [kurɕik]
166	早く	トルガン、ニツカ to ru ga n = ni kka	türgännik [tyrgennik]

昭和6年樺太庁敷香のヤクート語資料の分析

167	寝ませう	オトエ、ボツト o to e = bo tto	utuj-a-bit 「寝る」 -pres.-pl.1 [utujabwt]
168	持つて来い	アガル a ga ru	a yal (imper.sg.2) [a yal]
169	食物が無い	アヘレン、ソツコ a he re n = so kko	ahiir-im suox 「私には食べ物がない」 [a hi : ri m s o o x] no.159 参照
170	何病気か	トゴン、イリヂヤ to go n = i ri di ya	tug-uŋ ialj-ar [tug u ŋ i e l d ʒ ar] 「何」 -poss.2sg. 「病む」 -3sg.
171	何時から悪いか	カハゲタン、イリヂウブトン ka ha ge ta n = i ri di u bu to n	xahaan-ŋi-ttan ialji-bit-iŋ ? [qa ha : ŋ ŋ u t ta n i e l d ʒ i b u t i ŋ ] xahaan 「何時」 -ŋi(形容詞形成語尾 -ttan (abl.)ialji-bit-iŋ (past.-sg.2)

[数字]

172	壹	ビール bii ru	biir [bi:r]
173	貳	エツケ e kke	ikki [ikki]
174	参	ウシ u si	üs [ys]
175	四	トーウタ too u ta	tüört [tyørt] ~ [tyøt]
176	五	ビーシ bii si	biäs [bies]
177	六	アウタ a u ta	alta [alta]
178	七	セツト se tto	sättä [sette]
179	八	アグシ a gu si	a y is [a y u s]
180	九	トグシ to gu si	to y u s [to y u s]
181	拾	オーン oo n	uon [øon]
182	貳拾	シヨルバ si yo ru ba	süürbä [sy:r b e]
183	参拾	アトツト a to tto	otut [otut]
184	四拾	トルゲン to ru ge n	tüört uon [tyørd ø on]
185	五拾	ベーオン bee o n	biäs uon [bi e h ø on]
186	六拾	アクトオン a ku to on	alta uon [alta ø on]
187	七拾	セツトオン se tto on	sättä uon [sette ø on]
188	八拾	アイオン a i o n	a y is uon [a y u h ø on]
189	九拾	トーオン too o n	to y u s uon [to y u h ø on]
190	百	ソーシ soo si	süüs [sy:s]

### 3. 「調査」のヤクート語資料の分析

日本語で記述されたヤクート語の項目を、現代ヤクート標準語にあててを分析の第一とし(前章)、更に調査者の言語記述のバイアスも考慮しながら、当時の敷香支庁の他言語との混交状態にも注意する(3.1～3.3)。これに際してはヤクート語について特に顕著なロシア語からの借用語彙についても検討していきたい(3.4)。サハリンを取りまく地理的環境からいえば、大陸の諸民族、ひいては諸言語とのロシア語をパラメーターとした接触状況は無視できない。

#### 3.1. 現代ヤクート語との比較

記録された単語を現代ヤクート語に当てていったところ、音韻上、若干の異同が見られた他はほぼ、語彙等に大きな隔たりはなかった。作業の途中、いくつかの質問項目において調査者の意図する単語とは明らかに異なる単語が記録されている箇所が散見される。この被調査者は前章で述べたようにイルクーツクで高等教育をうけており、ロシア語とヤクート語については二言語併用の状態であったであろうが、語彙調査にあたり誤解が生じている例がある。例えば、no.58「若者」への回答として「労働者達」があげられており、no.108「嫁」に対して「婿」(no.109)に当たる単語が回答としてあげられている。これらは調査者が媒介言語としたロシア語の話者(通訳)と質問者、あるいは回答者の間に誤解が生じたのであろう。

これらの「誤答」語彙について池上[8]で分析されているキーリン語(キ. と略)の回答を比較するとヤクート語(ヤ. と略)で質問項目が誤解されている項目については同様の誤解が見受けられる。一方で、その他の3つの言語、ウイльта語、ニブヒ語、サンダー語においてはこれらの項目についても、各々、質問の意味に誤解のない単語が回答されていることが多い。ヤクート語話者とキーリン語話者が当時、樺太において社会的にも産業的にもまとまった集団であったという状況にあったことは前章の言語外的背景から明らかであるが、その状況をこの語彙調査の記録がより明確にしている。この「誤答」語彙は以下のとおりである：

- no.20 「霽」 → ヤ. (トマン) tuman 「霧」  
キ. (タンナクサ) → tamnaksa 「霧」；その他の言語では「昼」
- no.58 「若者」 → ヤ. (ウラヘタリ) ülähittär 「労働者達」  
キ. (ハワダゴー) → cf. キ. 「労働者」 xavalumni；その他の言語では「若者」
- no.64 「中」 → ヤ.、キ. とともに記録無し；その他の言語では記録されている
- no.95 「漁師」 → ヤ. (ノロータ) noruot 「人々」 < ロシア語 narod 「人々」  
キ. (ゲオル)?
- no.107 「女兒」 → ヤ. (ブラータ) biraat 「弟」  
キ. (ナコネ) nekun 「妹」 ([8]p.54)
- no.108 「嫁」 → ヤ. (コトー) kütüöt 「婿(妹の婿)」  
キ. (コテ、テラ) cf. kutet 「婿(妹の婿)」
- no.109 「婿」 → ヤ.、キ. とともに記録無し
- no.111 「甥」 → ヤ. (ブラ、テン、オゴト) 「君の弟の子」  
キ. (ノコネ、ウテン) 「君の弟の子」 ([8]p.54)；ウイльта語  
「僕の弟の子」 ([10]p.35)

昭和6年樺太庁敷香のヤクート語資料の分析

- no.112 「姪」 → ヤ. (ウツエン、オゴト) 「(私の) 兄の子」  
キ. (アケンミ、ウテン) 「私の兄の子」 ([8]p.50)
- no.114 「姉」 → ヤ.、キ. とともに記録無し
- no.115 「妹」 → ヤ. (オラカンベラーテン) 「大きな妹」  
キ. (ハゲタ、ゴーナコメ)?
- no.143 「宝物」 → ヤ.、キ. とともに記録無し；他の言語記録有り
- no.148 「約束した」 → ヤ. (ビフゲ、ドーマイデツカ) 「私達は考えようではないか」  
キ. (ドウマイ、デウリ) 「(あなた達は) 後で考えておきなさい」

以上から被調査者のヤクート人とキーリン人は双方の言語についても相応の知識を持っていたことが伺われる。ヤクート語の被調査者がキーリン人に対して様々な面で優位であったことや、一般にヤクート人がシベリアで有力であったという背景からして、キーリン語の話者がヤクート語を理解していた可能性が高い。上掲の諸例、例えば、no.148に見られるように媒介言語であるロシア語の解釈が同じであることから被調査者、おそらくはキーリン人がヤクート語で理解を一致させたと考えられる。この点については更に次節で触れる。

こういった「民族言語」間の二言語併用状況は実は当時のサハリンにのみ特徴的であった訳ではなく広くシベリアにヤクート人が勢力を持つようになって以来、今日に至るまで一般的にみられる状況である。ヤクート人の勢力が強大であったため、その言語ヤクート語はシベリア各地において一種のリング・フランカであったといつてよい。

現代ヤクート語と【調査】に記録されたヤクート語には、明らかな「誤答」及び、ロシア語からの借用語彙による魚の名称等の他には語彙上の差異は見いだせなかった。

### 3.2. キーリン語をはじめとする他の言語との比較

【調査】にあげられている190項目のうち24項目についてヤクート語とキーリン語の単語が同一来源である可能性があるか、もしくは両者に共通して回答が記録されていない場合を認めることが出来る。ヤクート語とキーリン語に回答が記録されていない項目についても、他の3言語においては記録が残されている。又、それらの無回答の質問項目は殊更に特異なものではなく、現代標準ヤクート語、現代標準エベンキ語において、相当する単語を持つ。従って、この調査記録中の欠落部は当時の被調査言語の特徴であるよりも、調査時に何らかの理由により調査洩れとなったのであろう。

	国語	ヤクート語	キーリン語
no.1	今日は	ドロオー	ドロオー
no.2	左様なら	ブラサエ	ブラサエ
no.38	舟	オゴチヨ	オゴチヨ
no.48	顰	シヤギヤタ	シヤギヤ
no.54	尙聾	ドコロフ	ドコロフ
no.59	部落	セレンミナ	ゼシンミナ
no.64	中	(回答無し)	(回答無し)
no.73	謝罪	コルド、ホオン	コルドヘウ
no.75	姦通	カリシヨツタ	カリシヨン

no.83	葉	シバリケ	シバリケ
no.85	鯨	ヒロツカ	ヒロツカ
no.86	鮎	コルチカ	コルムカ
no.88	蝶	カンベラ	カンベラ
no.108	嫁	コトー	コテ、テラ (3.1 参照)
no.109	婿	(回答無し)	(回答無し)
no.114	姉	(回答無し)	(回答無し)
no.128	蕨	ダバツカ	ダムガ
no.130	米	アレーシ	アレーシ
no.131	麦粉	ボルドツカ	ボルドツカ
no.132	塩	トシユ	トシユ
no.139	箱	ヤシカ	ヤヘソカ
no.143	宝物	(回答無し)	(回答無し)
no.147	鉞	シヨカ	シヨカ
no.148	約束した	ドーマイデツカ (考えよう)	ドーマイ、デウリ (考えよ)

一方、キーリン語以外の言語についてヤクート語と同一来源と考えられるものは no.85、no.128 等極少数にとどまる。サンダー語については no.128、no.129 が同じ単語と見なせる。no.85 と no.128 はキーリン語もこれらと同じ単語である。no.85 「鯨」はヤクート語(ヒロツカ)、キーリン語(ヒロツカ)、ウイルタ語(ヒロツケ)、サンダー語(ヒロツケ)、ニブヒ語(ヒロツケ)とあり、190 項目中、唯一、5つの言語について同一の単語と見なせる単語が収録されている。この単語はおそらく当時の樺太全域に広く流布していたものであろう。190 項目中に魚の名称が7項目 (no.85 ~ 91) ある中でヤクート語は明らかにロシア語からの単語を記録しているとみなせ、キーリン語もほぼそれに追随するが、他の3言語においてはロシア語からの借用とは考えにくい単語を記録している。当時、樺太においてはヤクート人の「組」は専らトナカイ飼育を生業としており、漁業に専ら従事していたのはニブヒ人をはじめとするその他の「組」のものであった。従って、この調査記録にもその点が反映されていると見てよい。no.85 「鯨」についてはロシア語 *seledka* からヤクート語 *sölüötkä* を介して他の言語に広まったという可能性も考えられるが、この場合、被調査者のヤクート語が語頭でほぼ一貫して *s* を保っているので記録された単語が シロツカではなく ヒロツカとなっている点は不自然である。語頭に *h* をあえてヤクート語が保存しているのはもともと *h* を語頭に持った借用語彙として被調査者に受容されたからであろう。

### 3.3. ロシア語からの借用語

「調査」記録中のヤクート語にはロシア語からの借用語彙と考えられるものが190項目のうちに17項目見いだされた。ヤクート語に現れているこれらのロシア語からの単語はこの調査に載せられている他の4つの言語においてはキーリン語では約半分、その他の3言語では極少数を除いて見られない。このことはこの被調査者であるヤクート人のおかれたロシア語との密接な言語環境が反映されていることを示す。「調査」は、被調査者であるヤクート人の経歴からすれば、ヤクート語とキーリン語についてはロシア語を介して行われたのではないだろうか。そして、その他の3言語については、ロシア語は用いなかった可能性が高い。日本語を媒介言語としたのかも知れない。

昭和6年樺太庁敷香のヤクート語資料の分析

【調査】に載せられている記録からロシア語借用語をあげると：

	國語	ヤクート語	ロシア語
no.1	「今日は」	(ドロオー)	zdoróvo
no.2	「左様なら」	(ブラサエ)	proščáj
no.24	「海」	(モーラ)	móre
no.55	「瘤」	(ガラバタエ)	gorbátyj
no.59	「部落」	(セレンミナ)	selénie
no.60	「組」	(イヤツカ)	jačéjka
no.62	「役所」	(バラバレニヤ)	prablénie
no.84	「花」	(シリトツカ)	cvetók
no.86	「鮭」	(コルチカ)	kórjuška
no.88	「蝶」	(カンベラ)	kámbala
no.89	「鱈」	(セーレーハー)	žérex
no.90	「鱒」	(ガラボシカ)	gorbúša → gorbúška(表小・愛形)
no.95	「漁師」	(ノロータ)	naród 「人々」
no.107	「女兒」	(ブラータ)	brat 「兄弟」
no.128	「蓆」	(ダバツカ)	tabák
no.130	「米」	(アレーシ)	ris
no.139	「箱」	(ヤシカ)	jáščk

これらのうち、キーリン語にも共通して現れているのは：1、2、59、86、88、89、128、130、139である。キーリン語ではこれらの他に、no.142(イリバーコ)「着物」 irbaku がロシア語 rubáxa 「シャツ」からの借用であることを除いてはヤクート語とともにロシア語からの借用語彙を回答として記録している。このことはキーリン語の被調査者がヤクート語の被調査者と同じ環境においてロシア語と接していたことを示している。一方、他の言語においては項目のほとんどにおいてロシア語の借用の形はあげられていない。このように他の言語にはロシア語からの借用形式と見なせる単語が少ないことはロシア人との多岐にわたる接触がヤクート語やキーリン語に比べて、乏しかったことを示している。

### 3.4. 方言的特徴

全章でも見たように被調査者についてはかなりの部分がわかっているが、この人物の出身地がヤクーチヤの何処であるのかは不明である。これを明らかにすることがシベリアの民族の動きを知る上で必ずしも大きく貢献するとは言えまいが、言語から民族の動きを探るというアプローチはシベリアの地域研究においては有効な手法であると考えられる。この調査記録から得られるヤクート語諸方言の特徴からこの点を検討してみた。

ヤクート語の方言の基準として最もよく知られているのが、xatīn ~ xotun 「女主人」、argihax ~ orguhax 「天秤棒」、dajdi ~ dojdu 「国、故郷」等の単語にあらわれる非円唇母音と円唇母音の交替である。前者を a 化方言、後者を o 化方言という。現在は o 化方言が優勢で標準ヤクート語は o 化方言に基づいている。【調査】中のヤクート語のデータでは基準となる単語がデータ中にないため、このヤクート語が a 化方言か、o 化方言かを確定することが出来ない(地図 IV 参照)。

最近の研究では、Ivanov [25] が様々な方言特性について方言分析を行っている。それらの方言特性について、本稿で扱っている少量のデータからでは関与的な部分を不足なく見いだすのは困難であるが、数点について或程度の特徴が見られたので以下に掲げ、被調査者のヤクート語の特徴を調べる。

### 3.4.1. s ~ h/# \_\_、 v \_\_ v

ヤクート語では無声摩擦音 s[s] が環境によって咽頭音の h[h] に交替することがある。この交替は母音間ではヤクート語の全般を通じて s が h として現れるといえる。

例 「娘」 *kiīs* : *kiīh-a* (娘 + sg.3poss.)

現代標準ヤクート語では語頭の s が h に交替することがある。正書法では s をもって表記する。標準ヤクート語の基礎となったヤクーツク市を中心とするヤクーチャ中央部の方言においてはこの語頭の s ~ h の交替は自由交替である。ドルガン語 (or ヤクート語ドルガン方言) をはじめ語頭においては専ら h しか現れない方言もある。また、一方、ロシア語からの借用語に現れる摩擦音 s、z、š、ž や破擦音 šč もヤクート語では s (母音間では h) として反映されるのが一般である。

例 ヤクート語 (中央方言) : 「春」 [sa:s ~ ha:s] ドルガン語 : 「春」 [ha:s]

ロシア語 : 「絹」 *šjolk* [šólk] ヤクート語 : [solko ~ holko]

ロシア語 : 「法」 *zakon* [zakon] ヤクート語 : [soquon ~ hoquon]

このようにヤクート語内部で地域的特徴として現れる交替 s ~ h について『調査』の項目での分布は以下のように整理できる。

- 1) s/# \_\_ : 3、10、17、40、42、48、59、83、84、89、98、105、144、145、147、156、162、169、178、182、187、190
- 2) h/# \_\_ : 124
- 3) s/v \_\_ v : 2、40、139
- 4) h/v \_\_ v : 29、35、58、71、77、91、104、148、158、159、160、163、169、171

上記以外の環境では s しか現われない。

被調査者のヤクート語ではほとんどの場合、語頭では s が保たれている。no.124 *suox* 「無い」(ホーコ) は明らかに h をもっている。ただ、no.169 で (ソツコ) のように、文中では s が現れているので s>h への変化はそう進んでいなかったと考えられる。

一方、母音間の s についてはこれも no.2、no.40、no.139 を除く全てが h であられる。s で現れている no.2、no.139 をみると、no.2 「左様なら」*brasaj* (標準ヤクート語 *birahaaaj*) < ロシア語 *proščaj* 及び no.139 「箱」*jašik* (標準ヤクート語 *jaahik*) < ロシア語 *jaščik* 「箱、櫃」の2例はいずれもロシアからの借用語であり、破擦音 šč を反映した形である。だが、現代標準ヤクート語では h で、反映されているので、当時被調査者の所属していた言語集団でも h であった可能性が高い。これら2例については、被調査者がロシア語から強い影響をうけていたことから s が現れていると考えることが出来る。尚、no.40 では、母音間に s が出ているが、上記4)の母音間の h と比較すれば、この被調査者のヤクート語では専ら h が出ていたのであろう。

被調査者のヤクート語における s と h の分布を Ivanov[25]の提出したヤクート語方言地図([25] p.280) にあてはめるとこの特徴を持つ方言はレナ川とオリョクマ川の合流点に位置するオレクミンスクを中心とするオレクミンスク区周辺、ピリュイ川流域の地区、コリマ川、インヂギルカ川流域等に見られる(地図 V 参照)。

### 3.4.2. ɲ ~ j̄ ~ j

ヤクート語の方言特徴の一つに硬口蓋子音の ɲ ~ j̄ ~ j の交替が一部の語彙についてある。例えば、*anak* ~ *ajak* ~ *ajak* 「口」という交替形が地域的に見られる。『調査』に載せられた語彙のうちこ

昭和6年樺太庁敷香のヤクート語資料の分析

の方言特徴を確認できるのは no.46 「口」(アニヤカ)「口」、no.119 「母」(アニヤム)「母-私」の2項目である。これらからすれば、被調査者のヤクート語は明らかに硬口蓋鼻音による形式を保持している。この特徴は主としてオレクマ川、レナ川上流域、ヤクーチャ北西部の方言に専ら見られる(地図 VI 参照)。

3.4.3. 同化

ヤクート語は子音の同化をおこしやすい言語であるが、いくつかの単語について方言的特徴と見なせるものがある。それらは特に流音に関与して見られる。例えば、「雨」*ardax* ~ *addax*、「その通り、正しい、確かに」*kirjik* ~ *kijjik*、「明日」*sarsin* ~ *sassin*、「(彼は) ~ と会う」*korsor* ~ *kossor*、「真ん中、中間の」*orto* ~ *otto*、「病む」*ialjar*、*ial'jar* ~ *iajjar*、*ial'l'ar*、「ループリ」*solkuobaj* ~ *sokkuobaj*、「(彼は) ~ と知り合いになる」*hilsar* ~ *bissar* 等が挙げられる。調査項目の中から確認できる単語としては、no.15 「雨」(アラタツク)、no.75 「姦通」(カリシヨッタ)、no.165 「左様」(ケルゼリカ)、no.170 「何病気か」(トゴン、イリヂヤ)があげられる。これらはいずれも流音が同化されずに残っている形式である。Ivanov[25]によれば、同化した形式が頻繁に見られるのはヤクーチャ中央部を境に東部及び北東部である(地図 VII 参照)。

3.4.4. d ~ t

ヤクート語の方言にはいくつかの単語において d をもつ方言と t をもつ方言がある。これに関与する単語として「如何に」*xajdax* ~ *xajtax* を調査記録の 190 項目に見いだせる：no.164 「如何に」(カエタ)。【調査】のデータ中には [25] で基準にしている単語を他に見い出せず、この no.164 においては語末の x も記録されていない。又、t 形は常に d 形化をこうむり易く、必ずしも一貫して t 形が貫かれるとはいえないと Ivanov([25]pp.175-178)は指摘する。これらを考慮すれば被調査者のヤクート語が t 形をもつ方言と結論づけることはむずかしい。尚、t 形をもつ地域は a 化方言域にほぼ重なると、Ivanov([25]p.307)はしている(地図 VIII 参照)。

3.4.5. x ~ xx

「大きい」*ulaxan* ~ *ulaxxan*、「困難な」*iaraxan* ~ *iaraxxan* のように 2 重子音が現れることがある。【調査】中に no.63(オラカン)がみられる。記録された他の単語において子音連続は促音をもって表記される例がみられる。

- 例 no.65 「小」アツチゲエ *aččigij*  
no.148 「考えよう」ドーマイデツカ *duumajd-iax-xa*

これらから、no.63 のカは *xxa* ではなく *xa* と解釈できる。x 形と xx 形の方言分布については地図 IX 参照。

3.4.6. その他

その他に【調査】収録のヤクート語から取り出せる方言的特徴には以下がある：

- b ~ m：「氷」*muus* ~ *buus*、no.25 「氷」(モーシ)：ドルガン語、エイ方言等諸方言では全面的に b 形が現れ、アナバル、アブイスク、コリマ、ベルホヤンスク方言等の北東諸方言においても、専ら、b 形が現れる ([25]pp.187-188)。



- Ivanov(1993)に、広母音～狭母音の交替形のある語幹があげられている：「手」 *älii* ~ *ilii*、*「2」 äkki* ~ *ikki*、*「鉄」 tämir* ~ *timir*、*「皮」 tärii* ~ *tirii* 等。Ivanovの指摘によれば、これらのうち、広母音形の語幹を持つ方言はa化方言群の方言に関連するものであるとしている ([25]p.306)。「調査」に記録されているこれらに対応する単語は、no.49「手」(*イレー*)、no.173「貳」(*エツケ*)、no.36「金」(*テメル*)、no.103「皮」(*テリエ*)と記録されている。no.49を除いて対応箇所は広母音であるとしてよいと考えられる。

### 3.5.

以上の方言特徴のあてはまる地域を各々についてあげると：

- (3.4.1.) ビリュイ区、インジギルカ川下流域、コリマ川流域等北東部、オレク  
ミンスク区 (地図 V)
- (3.4.2.) アナバル区、エセイ区等北西部、オレクミンスク区 (地図 VI)
- (3.4.3.) アナバル区、ビリュイ区、オレクミンスク区、インジギルカ川中流右  
岸、コリマ川右岸全体としてはヤクーチャ中央部よりも西部 (地図 VII)
- (3.4.5.) ヤクーチャ中央部を一部含み西部 (地図 IX)
- (3.4.6.) m形をもつので北部域ではない；広母音形を持つのでa化方言域の可  
能性がある

以上をもとに、「調査」に記録されたヤクート語を特定の地域に帰属させることはデータの少ない中では困難である。しかし、可能性としては次のように考えることが出来る。

上記の各特性の出現する地域を地図(V~IX)で確認してゆくと、3.4.1~5、及び、3.4.6のm形についてを満たすのは、オレクミンスクを中心とする地域があてはまる。ところが、3.4.6の広母音形を持つという点については、広母音形が、a化方言域に見られるという点で問題が生ずる。a化方言は地図IVにみられるようにヤクーチャ中央部から東、及び北部域に分布している。オレクミンスク地区はこれにあてはまらないことになる。この点について注目したいのはa化方言域に関して、ヤクート人言語学者 Novgorodov, S. A. が1918年に著した「ヤクート語諸方言に関して」以下のように記している、という指摘が[25]p.41にあることである。Novgorodov([26]p.37)によれば、「明らかにa化方言であるナム郷、ボロゴン郷、デュプシン郷、バヤガンタイ郷の他にオレクミンスク区、カンガラスク郷とメギンスク郷のレナ川流域の住民にも“a-i”化方言が見られた」とある。この報告に依拠すれば、広母音形を持つ「調査」のヤクート語はa化方言であった可能性があり、その他の地域的方言特徴をあわせ持つという点が矛盾しない。従って、仮定的にはあるがこの被調査者はオレクミンスク区周辺出身の可能性があると見えよう。

### 4. おわりに

本稿で分析したヤクート語資料は量的には些細なものである。しかし、これだけのものからさえ、調査当時のヤクート語についての少なからぬ情報が得られる。また、更に重要な点としてこれらヤクート語の資料を周辺の諸民族言語と比較することにより系統の異なる言語が接触した際に具体的にどのような類似が見られるか、その一例を知ることができた。そして、このヤクート語被調査者の送った社会生活は諸民族の移動がその歴史を形成するシベリアの地域特性を如実に物語っている。即ち、有力な民族であるヤクート人が弱小の周辺の民族を従え、帝政ロシアの及ぼす社会体制上の脅威を逃れ、日本領(当時)へ移動する。この軌跡が本稿で扱った言語調査記録に浮き彫りにされている。

## 昭和6年樺太庁敷香のヤクート語資料の分析

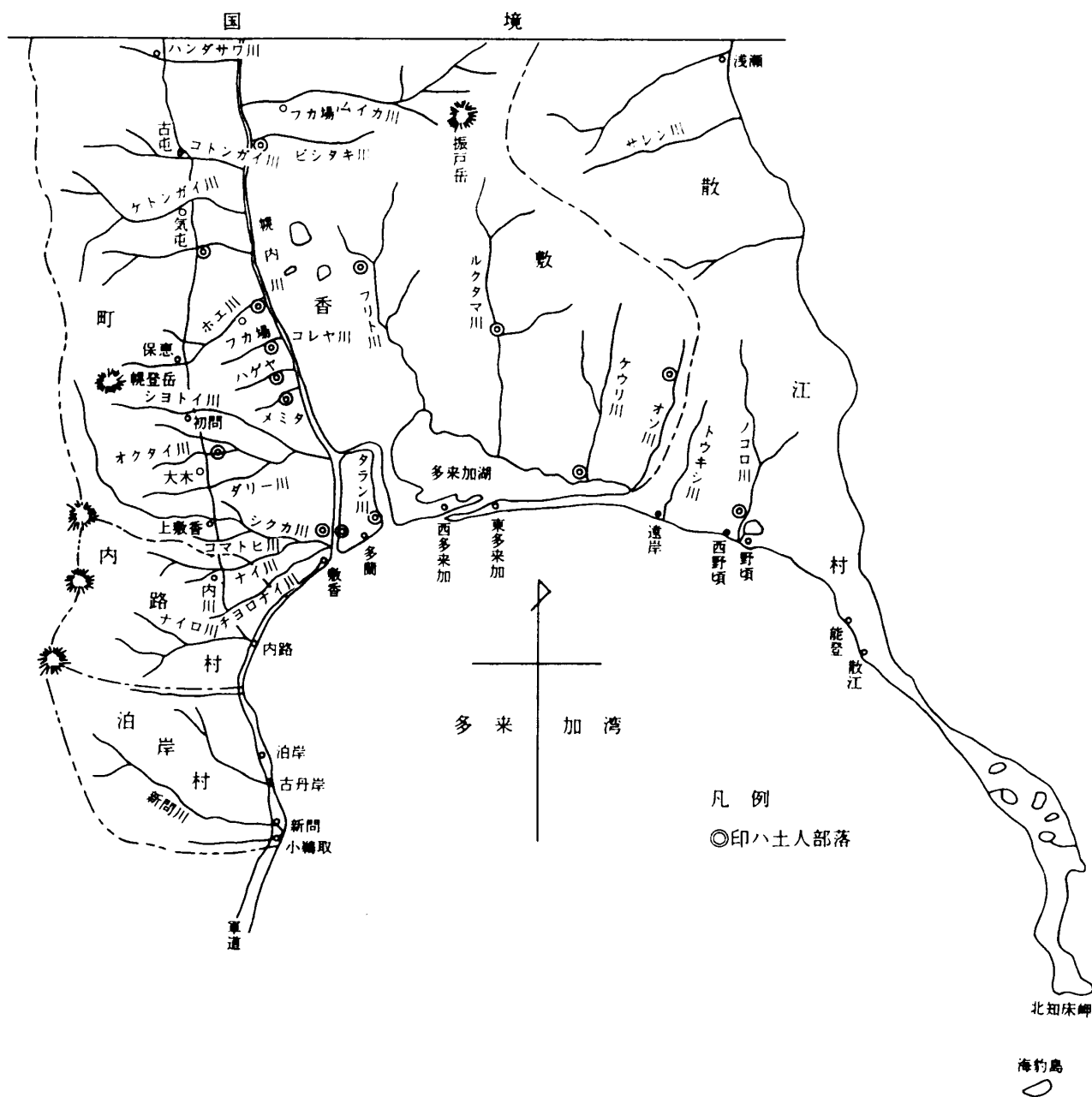
シベリアの諸言語研究を進める上で民族学的情報や地理地勢学的情報、歴史的情報から例えば、ある民族集団あるいは氏族集団がどのように移動したか等の事実関係について知ることの大切さと言うまでもない。また、逆にシベリアの民族の動きは実はかなりの部分その言語に反映されているという点を見逃すことは出来ない。そして、本稿で扱った第3者的言語を媒介にした言語記録を分析するこのようなアプローチは今後のシベリア地域研究がとりうる手段の1つであると確信する。

## 謝辞

本稿を仕上げるにあたり神戸市外国語大学の庄垣内正弘教授に全般にわたり御教示を頂いた。北海道大学名誉教授の池上二良先生には、この調査資料をお教えいただいたばかりでなく関連する資料についても教えて頂いた。お二人の先生に深く感謝致します。又、ヤクート語のインフォーマントになって下さった N. V. Popova・直川氏、海外研修中(1994.12.18-25)、ロシア国立ロシア教育大学極北諸民族学部にてご協力を賜った A. A. Petrov 助教授と N. M. Art'emiev 助教授、学部学生の皆さんに感謝の意を表します。

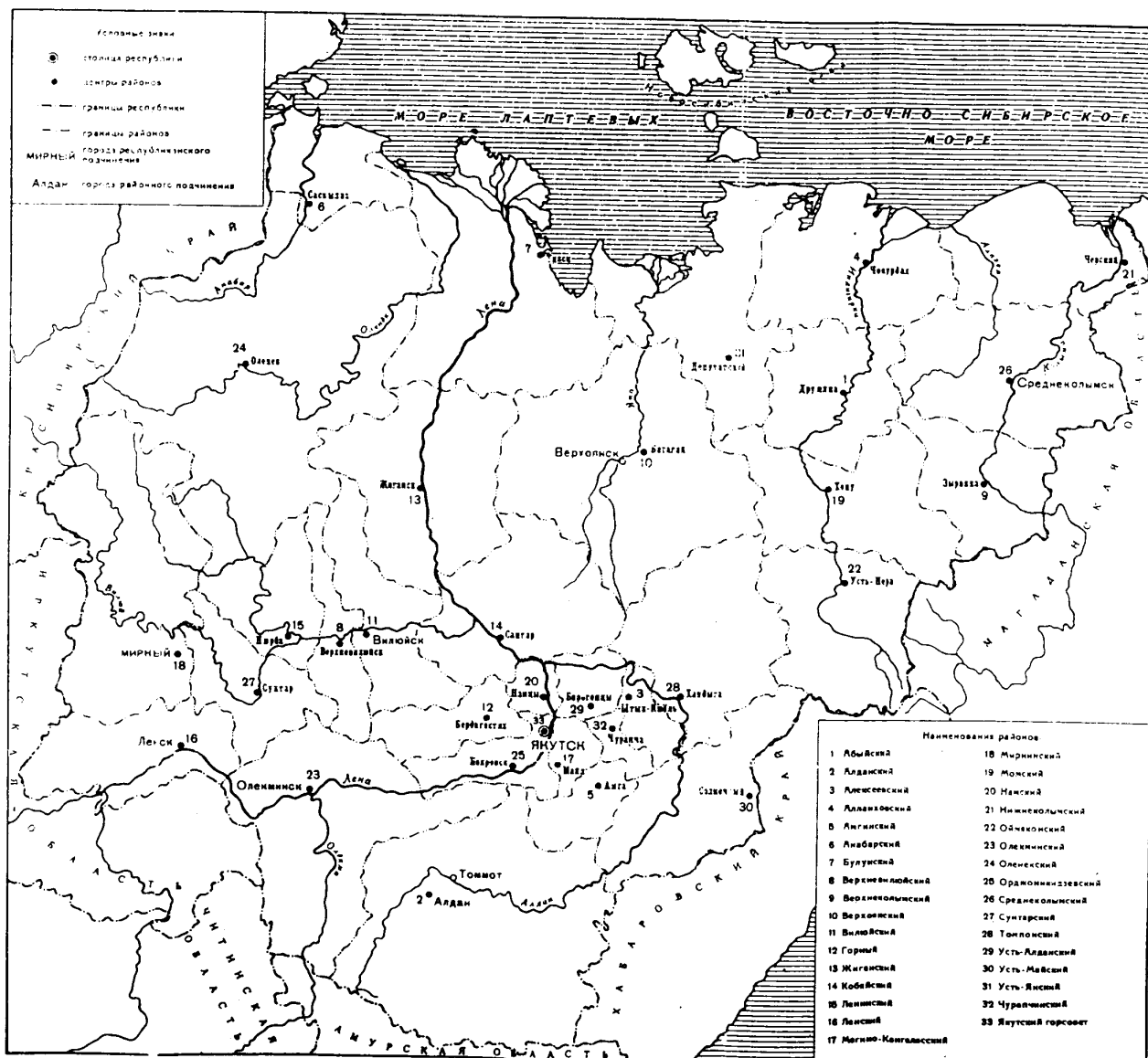
地図

敷香支庁管内図



地図 I ([7]より)





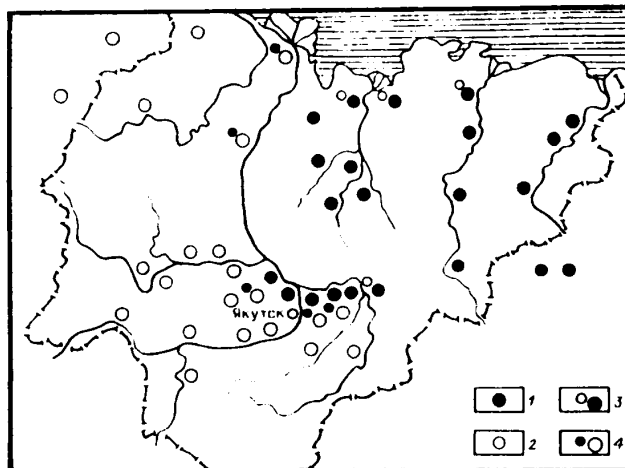
- 6. Анабар地区
- 11. ビリュイ地区
- 17. メギノ・カンガラスク地区
- 20. ナム地区
- 23. オレクミンスク地区
- ヤクーツク ヤクーツク  
(サハ・ヤクート共和国の首府)

- Лена
- Вилгой
- Индибирка
- Колыма
- Алдан
- Олёкма

- レナ川
- ビリュイ川
- インジギルカ川
- コリマ川
- アルダン川
- オリョクマ川

地図 III [27]((ヤクート語方言辞典)より)

昭和6年樺太庁敷香のヤクート語資料の分析

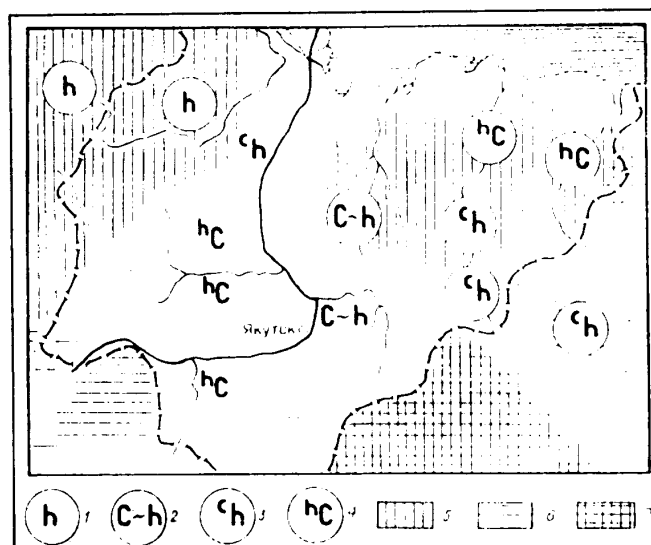


(以下の Ivanov(1993) から引用した地図は主として 1976 ~ 85 年にかけて行われた方言調査の結果に基づいて作成されたものである。)

ヤクート語 a 化(非円唇)方言と o 化(円唇)方言の分布

- 1= 非円唇(a化)バリエント
- 2= 円唇(o化)バリエント
- 3= 主に a 化バリエントであるが、  
稀に o 化バリエント
- 4= 主に o 化バリエントであるが、  
稀に a 化バリエント

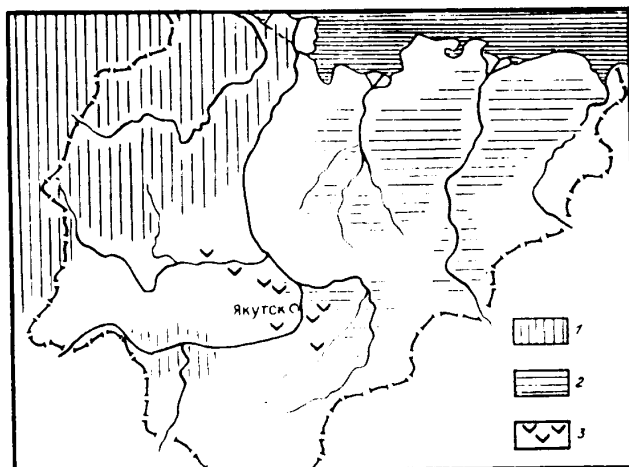
地図 IV ([25]p.41 より: 本文 3.4 関連)



語頭の摩擦子音 [s] と咽頭子音 [h] の分布  
(図中の c は s を、h は h を表す。)

- 1= h が現れる
- 2= s と h が並行的に現れる
- 3= 主に h、部分的に s が現れる
- 4= s が優勢であるが、部分的に h も現れる
- 5= エベンキ語とエベン語の x 化方言域
- 6= エベンキ語とエベン語の s ~ [化]方言域
- 7= エベンキ語の s ~ x 化方言域

地図 V ([25]p.280 より: 本文 3.4.1 関連)



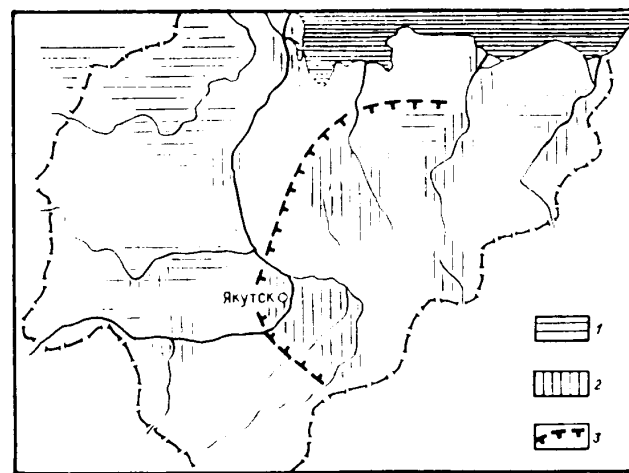
p, j, j の各々の優勢な分布域

1 = p が優勢

2 = j が優勢

3 = j が優勢

地図 VI ([25]p.226 より: 本文 3.4.2 関連)



同化～非同化バリエントの分布域

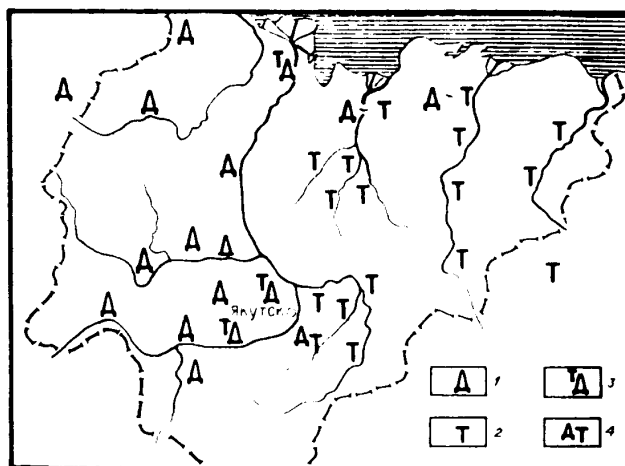
1 = 非同化バリエントの分布域

2 = 同化バリエントの分布域

3 = 非同化域と同化域の概ねの境界 (突起部の内側が同化域)

地図 VII ([25]p.250 より: 本文 3.4.3 関連)

昭和6年樺太庁敷香のヤクート語資料の分析



d 発音形と t 発音形の分布  
(AはdをTはtを表す。)

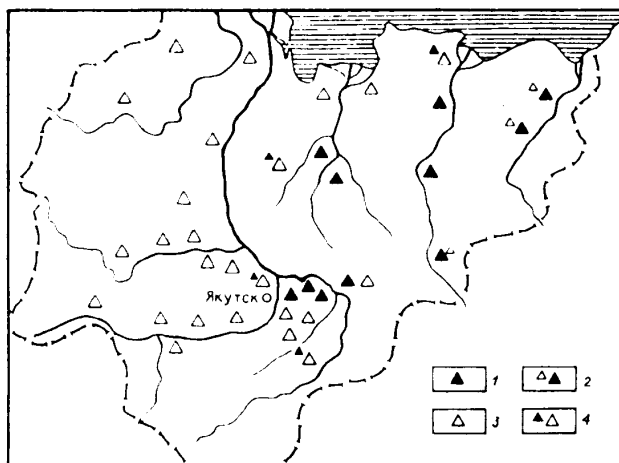
1=(有声音)d形

2=(無声音)t形

3=d形が優勢であるが部分的にt形

4=t形が優勢であるが部分的にd形

地図 VIII ([25]p.177 より: 本文 3.4.4 関連)



xx 形と x 形の分布

1= ulaxxan 形と iäraxxan 形

2= 主に ulaxxan 形と iäraxxan 形、  
稀に ulaxan 形と iäraxan 形

3= ulaxan 形と iäraxan 形

4= 主に ulaxan 形と iäraxan 形、  
稀に ulaxxan 形と iäraxxan 形

地図 IX ([25]p.263 より: 本文 3.4.5 関連)



参考文献と注

- [1] 河野本道 (編), 『アイヌ史資料集』第6巻, 樺太編, 8分冊, 札幌, 北海道出版企画センター, 1980.
- [2] 鳥居龍蔵, 『人類学及人種学上より見たる北東亜細亜』, 東京, 岡書店, 1924, 501pp.
- [3] 中目覚, 『樺太の話』, 東京, 三省堂, 1917, 175pp.
- [4] 樺太庁, 『アイヌ外土人調査』(『アイヌ史資料集』第6巻収録), 1993, 37pp.
- [5] 庄垣内正弘, 「チュルク諸語」『言語学大辞典』第2巻, 東京, 三省堂, 1989, pp.937-950.
- [6] 庄垣内正弘, 「ヤクート語」『言語学大辞典』第4巻, 東京, 三省堂, 1992, pp.544-550.
- [7] 池上二良 (編), 『カラフト原住民の旧調査資料・ウイльта語生活語彙補編』, 札幌, 北海道教育委員会, 1992, 97pp.(ウイльта民俗文化財緊急調査報告書(13)).
- [8] 池上二良, 「キーリン語索引」, 『カラフト原住民の旧調査資料・ウイльта語生活語彙補編』, 札幌, 北海道教育委員会, 1992, pp.49-55.
- [9] 池上二良, 「エウエンキー語サハリン方言小語彙」, 『サハリンの少数民族』(村崎恭子編), 1993, pp.159-170.
- [10] 池上二良, 「ウイльта語索引」, 『カラフト原住民の旧調査資料・ウイльта語生活語彙補編』, 札幌, 北海道教育委員会, 1992, pp.31-38.
- [11] 渡部みち子, 「ニクブン語索引」, 『カラフト原住民の旧調査資料・ウイльта語生活語彙補編』, 札幌, 北海道教育委員会, 1992, pp.39-48.
- [12] 松尾武雄, 「スパイだった馴鹿王ウイノクロフ」, 『鈴谷』, 第5号, 北海道豊原会, 1986, pp.24-29.
- [13] 「オタスの杜」について1938(昭和13)年刊の『樺太廳敷香支廳』(pp.26~27)によれば、「幌内川口から渡船おたす丸で遡上すること約十分、河中に一砂州がある、これが土人の別天地オタスの杜である。オタスの語源は、アイヌ語の「砂の多い所」の意で、「昭和二年此處を土人安住の地と定め、戸數三十戸、百五十名の土人が敷香土人事務所の保護指導のもとに原始的生活を営んでいる。(以下略)」とある。
- [14] 服部四郎, 「大興安嶺北部の所謂「ヤクート族」」, 『民族学研究』, 第5号(2), 1939, pp.133-41.
- [15] 津曲敏郎 (編), 朝克採録・著, 『鄂温克語三方言対照基礎語彙集』, 小樽, 小樽商科大学言語センター, 1995, 160pp., ツングース言語文化論集6.
- [16] 池上二良 (編), 『川村秀弥採録 カラフト諸民族の言語と民俗』, 札幌, 北海道教育委員会, 1983, 113pp.(ウイльта民俗文化財緊急調査報告書5).
- [17] バフルーシン. S. V.(外務省調査部・訳), 『スラヴ民族の東漸』(復刻版), 東京, 新時代社, 1971, 405pp.+57pp.(訳注).
- [18] チェーホフ. A. P.(原卓也・訳), 『サハリン島』, 東京, 中央公論社, 1961(1988<sup>4</sup>), pp.45~464に収録, 『チェーホフ全集』13巻.
- [19] Пекарский, Э. К., "Словарь якутского языка", СПб., Пг., Ленинград, Академия Наук СССР, (1907-30, 1958rep.).

昭和6年樺太庁敷香のヤクート語資料の分析

- [20] Слепцов, П. А. et al., “Якутско-русский словарь”, Москва, Советская энциклопедия, 1972.
- [21] Афанасьев, П. С., Харитонов Л. Н., “Русско-якутский словарь”, Москва, Советская энциклопедия, 1968.
- [22] キリールアルファベットのローマ字転字に際しては軟音符ьは'で表記した。ただし、ヤクート語のньはñで、дьはjで表記した。
- [23] 「調査」の中のヤクート語に対応する現代ヤクート語の発音記号を記すにあたり、ヤクーチヤ中央部のメギノ・カンガラスク(マイヤ)から来日中のヤクート人、直川ナジェージュダ氏に各項目を発音してもらった。rは母音間では[r]、その他の位置では[r]となる傾向が強く、qは語末においては、特に先行する音節に破裂音がある場合、摩擦音化する傾向がみられた。母音についてなど[24]にあげられているものとは若干の差異がある。尚、本稿中で「被調査者」としているのは全て「調査」での被調査者(ウイノクロフ氏)をさす。
- [24] Коркина, Е. И. et al., “Грамматика современного якутского литературного языка”, Москва, Наука, 1982, 496pp.
- [25] Иванов, С. А., “Центральная группа говоров якутского языка”, Новосибирск, Наука, 1993, 352pp.
- [26] Новгородов, С. А., “К вопросу о говорах в якутском языке”, Первые шаги якутской письменности, Москва, Наука, 1918, 1977(репр.), pp.35-42.
- [27] Афанасьев, П. С., Воронкин, М. С. и Алексеев, М. П., “Диалектологический словарь якутского языка”, Москва, Наука, 1976, 392pp.

研究論文

## Alexander Library Scholarly Communication Center <sup>1</sup>

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

Ryoko TOYAMA

Director, Alexander Library, Rutgers University

New Brunswick, New Jersey

ラトガース大学アレキサンダー図書館長 外山 良子

### MISSION OF UNIVERSITY LIBRARY

It was in 1968 and at the Library of Congress when I first was introduced into librarianship. Since then, 26 years have passed. A person in the same profession for 26 years is expected to have grasped a body of finite set of professional knowledge and technical expertise. However, after having witnessed and lived through a flow of changes from the 1970s through the 1990s, I have not felt that way at all. Quite contrary, I have reached a point where I feel that there should not be any engraved set of knowledge or expertise for librarians who perform in this dynamic and changing environment. In librarianship, changes are a way of life.

In the 1960s when I was working at the Library of Congress as a cataloger, AACR1 and one of its underlying principles in regard to authorship - Paris Principle - came into an effect. How excited we were to experience a major change in our profession! In retrospect, it was a period when librarianship was stabilized and well defined. Good old days.

Our predecessors who were active in those days, I assume, did not have to feel the type of tension or frustration that we feel every day because of rapid changes in diversity, complexity of information and formats, and increasing means for information retrieval. Sometimes, I am envious of those who had completed their career then with a great sense of accomplishment.

As computer and telecommunications technologies are changing and having an impact on libraries, we have to rethink the role of libraries, not on a fixed platform but on continuum. A phrase, 'technological changes' is often used interchangeably with 'technological development,' that, in turn, are misinterpreted as 'progress' or 'advancement.' I prefer to grasp 'technological development' as a state or reality, and would like to utilize it aggressively for the pursuit of missions of libraries. As a result of technological development, today's libraries are provided with effective tools and means useful for our pursuit of libraries missions. Tools and means, however, should not control us. In process of getting more results, quantity and quality, by use of the new tools and means, we will improve and make them even more useful for us.

<sup>1</sup>the paper was delivered by the author in the NACSIS Open Forum held on 13 December 1994 at the Auditorium, The University of Tokyo Library.

Alexander Library Scholarly Communication Center

Missions of libraries can be generalized in the following simple terms: collection of information recorded by people, preservation of information, and timely and wide dissemination of information. Libraries differ in type due to their target audience such as public, research, or special libraries. Among three missions of any libraries, I place high priority on distribution of information. As Professor Inoue mentioned, dissemination of information is vital of people, society. So often information had been preserved so most needed target audience of a time could not access it. Information that could have helped most people of a time was wasted in isolation in hands of a small group. Had certain information been widely disseminated, some historical errors could have been avoided.

Technological development could help equal opportunity for accession of information. In this context, today's librarians carry a heavy burden on their shoulders and live through days filled with tension and anxiety.

As I accepted an invitation from NACSIS for this speaking engagement, I asked the following question to department heads of Alexander Library. How do you describe environmental changes of the past five years? They are all veteran librarians with a long standing career.

First response referred to A SENSE OF INCOMPLETENESS due to rapid changes. A new change takes place before one completes an old one. For example, at Rutgers, GEAC supports circulation activities, RLIN is for bibliographic control, OCLC is added to RLIN in ILL, and INNOPAC supports acquisitions and serials control.

Second is the fact that IN DECISION MAKING, WE NO LONGER RELY ON PAST EXPERIENCE. Today, our past experience from manual operation days is not necessarily relevant. We are forced to rethink and take a risk. We also have to aim at a moving target since it moves along with changes of the environment. This requires an ability to think in a broader context and flexibility for hunters.

Third change is a necessity for us to STUDY CONSTANTLY to become familiar with new technology and gain new skills. Some librarians say they need an average of four hours a week of study. This is not for reading professional papers, but a new habit such as conducting a test drive on information superhighway. E-mail removed traditional working hour concept. Over the weekend, between checking new files on Internet, I communicate with my colleagues through my pc at home.

Fourth point regards to librarians' ENERGY. Since veteran librarians can no longer live comfortably off their savings alone, they have to rethink, take a risk, study, and acquire new knowledge and skills. This costs them intellectual as well as physical energy.


Fifth remark about the environmental changes of the past five years is GENERATION GAP. I am not referring to one's value or so-called Shinjinrui (new spices). Veteran librarians find that a younger generation joins the profession with technical skills but without sense of mission while there are many veterans with a sense of mission but without technical skills.

Finally, I asked department heads if they would have chosen librarianship as a career if they were to do it all over, all but one responded with YES.

## NJIN: NEW JERSEY INTERCAMPUS NETWORK

To illustrate where Rutgers University is located and what its oldest and busiest library, Alexander Library, is trying to do, I would like to use several transparencies.

The map you see on the screen illustrates New Jersey intercampus network, a network that has grown out of interinstitutional communication for promotion of intercampus cooperation. Unlike a country where tradition mandates hierarchical approaches for formation of an organization, here in the United States, organizations are born spontaneously out of common interest or any other bondage. In a birth of an organization we see a typical process: president elected, structure put in place, and newsletters follow (Transparency 1).



**NJIN**  
New Jersey Intercampus Network, Inc.  
Connecting People and Information

# NJIN Newsletter

---

Winter 1994

Volume 7 Number 2

---

## Statewide Interactive Multimedia Network

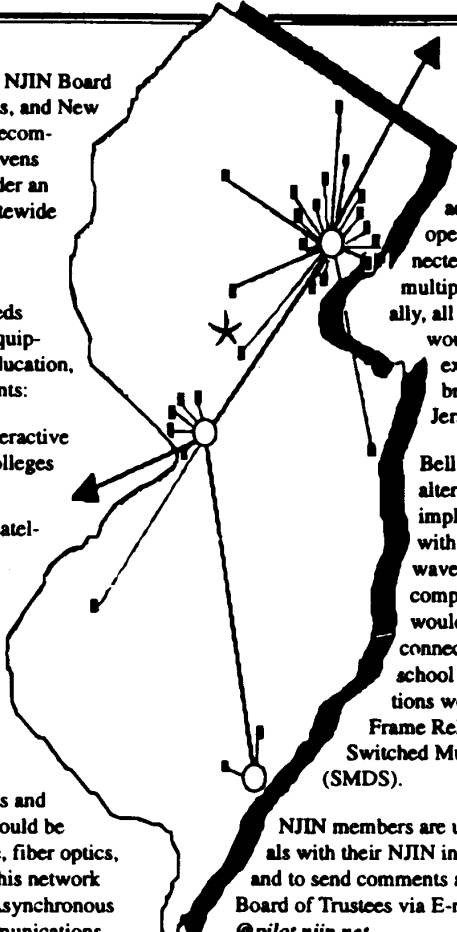
---

Tuesday, February 15, 1994, the NJIN Board of Trustees, NJIN representatives, and New Jersey college and university telecommunications directors met at Stevens Institute of Technology to consider an NJIN proposal to construct a statewide interactive multimedia network.

The network plan, submitted for funding under the Emerging Needs component of the New Jersey Equipment Leasing Fund for higher education, includes the following components:

1. Transmission of two-way interactive video between all New Jersey colleges and universities;
2. Reception and broadcast of satellite communications;
3. Significant intrastate bandwidth for a data communications infrastructure.

Several implementation plans are under consideration. One would employ a microwave backbone using existing state-owned towers to connect colleges and universities. Some institutions would be further connected via microwave, fiber optics, or cable for data applications. This network would support high-bandwidth Asynchronous Transfer Mode (ATM) data communications



and interactive video applications.

Institutions with cable television educational access channels, ten currently operating, would be interconnected for statewide point-to-multipoint broadcast. Additionally, all colleges and universities would be connected to an existing satellite uplink for broadcast throughout New Jersey and beyond.

Bell Atlantic has proposed an alternate fiber-optic based implementation plan coupled with an NJIN high-speed microwave backbone. The video component of this network would accommodate county ITV connections with linkages to school districts. Data communications would be supported by the Frame Relay Service (FRS) and Switched Multi-megabit Data Services (SMDS).

NJIN members are urged to review the proposals with their NJIN institutional representatives and to send comments and questions to the NJIN Board of Trustees via E-mail to [njin-trustees@pilot.njin.net](mailto:njin-trustees@pilot.njin.net).

Transparency 1

Alexander Library Scholarly Communication Center

Among research libraries, until the recent past, large organizations such as RLG, OCLC, and ARL were the mainstream. However, we say today an increase of regional organizations such as NJIN. A variety of list serves in Internet serve as professional networks. We are entering an era flooded with networks.

Transparency two explains the purposes and scope of activities of NJIN, including target audience from high schools, community colleges, to universities. Members have an opportunity to address issues in a broader context of higher education in the state of New Jersey (Transparency 2).




---

## Objectives

- To foster the use of information technology to enhance teaching, learning, service and scholarship in primary, secondary and higher education in New Jersey
- To empower faculty, students and administrators to function effectively in a society which has become increasingly reliant upon information technologies
- To facilitate the development of the information technologies of voice, data and video in order to better achieve the mission of this organization and enhance the educational opportunities of New Jersey students and faculty and administrators.
- To foster access to information technologies by the broadest number of students, faculty and staff to enhance their teaching, learning, service and scholarship.

11/93

Transparency 2

Handouts show the description of databases available through Rutgers University libraries. Such a list becomes very useful for students to learn availability of nontraditional sources (Transparency 3).

**NAM: Academic Position Network**  
**URL:** gopher://wcni.cis.umn.edu:1111  
**DES:** a list of academic job descriptions  
**SUB:** higher education, jobs  
**SRCH:** menu & keyword  
**COM:** Compliments Academe This Week

**NAM: CIA World FactBook (1993)**  
**URL:** gopher://nwoca7.nwoca.ohio.gov:70/77/gopher\_root:[exe] search.s.  
 gopher\_root:[EB]-world93.idx  
**DES:** contains country and political facts  
**SUB:** country facts  
**SRCH:** keyword  
**COM:** many versions of earlier editions still on the Net

**NAM: CICNet Electronic Serials**  
**URL:** gopher://gopher.cic.net:70/11/e-serials  
**DES:** contains listings of many electronic serials and references to where to find mo..  
**SUB:** electronic serials  
**SRCH:** menu  
**COM:** subject tree easy to use

**NAM: Congressional Committee Assignments**  
**URL:** gopher://una.hh.lib.umich.edu:70/11/socsci/poliscilaw/uslegi/congcomms  
**DES:** House, Senate, Joint Committees for 103rd congress  
**SUB:** senators, congressmen, committees  
**SRCH:** keyword & menu  
**COM:** very easy to use. Enter committee or congressman's name as KW search. Can search committees by topic

**NAM: Congressional Directories (state by state)**  
**URL:** gopher://una.hh.lib.umich.edu:70/11/socsci/poliscilaw/uslegi/congdir  
**DES:** a list by state, including phone and fax numbers, po. code, DC address, and polit:ca! affiliation  
**SUB:** congress, phone numbers, addresses  
**SRCH:** menu  
**COM:** very easy to use

**NAM: Congressional Phone Numbers**  
**URL:** gopher://gopher.ucsc.edu:70/7/waissrc:/.WAIS/Congress-103.src  
**DES:** a listing of phone and fax numbers for congress  
**SUB:** phone numbers, fax numbers  
**SRCH:** keyword  
**COM:** very easy to use

Transparency 3

In the Alexander Library, we also provide Mac based hypercard stations for users as a compact finding aid. Another type of finding aid is also installed at the Reference Desk for librarians quick consultation. Those hypercard stations replaced card indexes-in-box or traditional roladex. Networked information arcade presents much information including a special phone directory. Emergence of electronic resources has changed reference services, also. Since there are multiple ways to deal with a user's inquiry, reference librarians must allow more time to help the user. When there was one pointer to certain information, a quick reference could end within two minutes. However, navigating users through the sea of information much more diverse

## Alexander Library Scholarly Communication Center

and complex than before takes more time. As a public institution, it is our responsibility to extend library services to citizens of New Jersey. In turn, they are our advocates when we need their support.

Next transparency is from the November issue of *American Libraries* (official organ of ALA). You see check marks I added. I want to call your attention to a Colorado based database, UNCOVER as an example of frequently used database. This includes a table of contents of approximately 13,000 scholarly journals. Contents were entered into UNCOVER soon after the journal was published. Simple search terms enable Rutgers community to access a title(s) and fulltext of the article could be delivered to a user upon request. There are other on-line services such as General Line, Faxon, or Eureka. It is important for librarians to know which databases are strong in which field(s). One of our faculty members at Rutgers University, Professor Senko Maynard was successfully connected to Uncover, did her search and obtained a copy of full text of an article. She found the service convenient particularly before attending a scholarly conference. An average charge to the end user is approximately \$10 per article in case of humanities.

As I've described so far, today's librarians must assume more challenges, but while they have more opportunities. This is profession that I would chose as life long career if I were to do all over again. I would also like to share excitement of librarianship to younger generation.

### **ALEXANDER LIBRARY'S PROJECT: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES**

As an example of realizing challenges and opportunities, I would like to talk about the Alexander Library's project, establishment of the Scholarly Communication Center. As some of you may know, Rutgers University formally known as Queens College, was founded in 1766 with the support of the Dutch Reform Church as a private college for men. Columbia University which was founded at that era in New York City with the support from the Church of England was called Kings College. In 1864, most Japanese students came to Rutgers College from different parts of Japan with the help of Dutch Reform Church. Obviously, Rutgers and Japan have been connected through historical ties. In the 1960s, Rutgers College, together with other colleges such as Douglass College, a well-known women's college, Rutgers College became the largest state supported university in the state of New Jersey.

At present, there are more than 45,000 students in Rutgers University which ranks third among the country's public institutions. Large in size means that headache is also large. Rutgers University Libraries comprised of 18 libraries, ranks within the top 20 in the total size of collections among the Association of Research Libraries (ARL) of which membership include 107 research libraries in the country. However, Rutgers has not been ranking high in annual acquisitions in recent years. Speaking about volume count per student, Rutgers ranks even lower. It is a strange situation. Librarians have faculty status, and their median salaries rank among the top in the country. This certainly is a motivation for librarians to remain in Rutgers and continue to contribute. Reward helps good performance. Although I am an administrator,



I find the situation positive for librarians and myself when I like to facilitate activities leading to an expected outcome. Alexander Library, the oldest and busiest among the 18 libraries in the Rutgers system, collects and serves in the fields of humanities and social sciences. The Library is a designated federal depository library, and owns over 7,300 live journals of which check-in records are established in INNOPAC. As faculty members, librarians are active in a variety of organizations, often leaders in ALA, IFLA, ASIS, or New Jersey Library Association. Librarians are also working closely with faculty members of the School of Communication, Information, and Library Science (SCILS).

Professor Betty Turock is Department Head of Library Science in SCILS and recently was elected for the president of ALA for 1995/96. Following my presentation, you will see a video message from Professor Turock. Besides Professor Turock, there are many well-known leaders either teaching at or graduated from Rutgers' SCILS. Richard DeGennaro at Harvard, Richard Dawghty at Michigan, and Dr. Wedgeworth of Illinois, are among Rutgers alumni.

### **Building**

The Alexander Library building that had been built in 1953 was renovated and expanded in 1992-94. Fortunately, the construction bids came in low and as a result Alexander Library gained one extra floor space with 12,000 usable square foot. This is where we would like to establish a Scholarly Communication Center. The concept document for the Center was completed at the end of 1992 with a total participation of librarians. Without a consensus, we could have not come thus far. After successful marketing of the concept to the university's administration, faculty and students, and alumni, we received collective endorsement from all sectors involved. The budget was assessed and funding was reviewed. As a necessary step, we applied for a challenge grant from the National Endowment for Humanities last April. In this grant, federal government will match \$1 for every \$4 we raise to total of \$0.5 million. Just before I left for Japan last week, I found out that our proposal was funded.

### **Fund Raising**

We are also asking for funding from the state, private sectors and individuals. The target amount for this fund raising is \$3 million. The fund raising campaign is chaired by Mr. Harvey, a Rutgers graduate in 1973, a successful lawyer who is familiar with trades with Japan. Librarians including myself have been participating in this campaign, contributing many evenings and weekends for this important cause. Since fund raising is outside of our routine responsibilities, we do it on a volunteer basis. We share the same vision and convey similar message to potential donors with enthusiasm. There were hesitations among librarians to dive into fund raising activities since this was not area taught in any library school. Once they emerge, most of them show certain degree of commitment and interest. Speaking of our vision to strangers takes energy but in that process we gain confidence in the cause we are promoting. In short, I find this experience useful. Among handouts, you will find outline of the Scholarly communication Center.

Alexander Library Scholarly Communication Center



# FALL PHONOTHON

Rutgers University



Campus-wide Phonothons begin Monday, October 3rd and will continue through Thursday, November 3rd. Won't you consider joining other members of the Rutgers Library community and volunteer to call for an evening or two?

- Phonothons are as much fun as they are rewarding!
- You'll have a fun and exciting evening filled with balloons, prizes and souvenirs!
- Buffet dinner!
- A chance to win a Bahamas Vacation for two!

**Parents Fall Phonothon**  
**All Sessions:**  
 5:30 pm Dinner  
 6:15 pm Training  
 9:45 pm Calling ends

TO RESERVE YOUR PHONE on any of the dates convenient for you just fill out the form below and mail it off TODAY!



Yes, sign me up to join the special group of alumni and friends who show their support at the Fall Campus-wide Phonothons.

**Rutgers - Newark Campus**  
 Robeson Center, Room 226

- Monday evening.....October 3
- Tuesday evening.....October 4
- Wednesday evening.....October 5
- Thursday evening.....October 6
- Monday evening.....October 10

**Rutgers - Camden Campus**  
 Student Center Rooms B, C & D

- Monday evening.....October 31
- Tuesday evening.....November 1
- Wednesday evening.....November 2
- Thursday evening.....November 3
- Monday evening.....November 7
- Tuesday evening.....November 8

**Parents Phonothon**  
 New Brunswick Campus  
 Rutgers Club, College Avenue Campus

- Sunday evening.....October 11
- Monday evening.....October 12
- Tuesday evening.....October 13
- Wednesday evening.....October 12
- Thursday evening.....October 13

**New Brunswick Campus**  
 Rutgers Club, College Avenue Campus

- Sunday evening.....October 23
- Monday evening.....October 24
- Tuesday evening.....October 25
- Wednesday evening.....October 26
- Thursday evening.....October 27

**New Brunswick Campus**  
 Rutgers Club, College Avenue Campus

- Sunday evening.....October 30
- Monday evening.....October 31
- Tuesday evening.....November 1
- Wednesday evening.....November 2
- Thursday evening.....November 3

Send form to **Nancy Wiencek/Libraries Administration**, Alexander Library, College Avenue Campus. For more information call Nancy at extension 7505.

Name \_\_\_\_\_

Library \_\_\_\_\_

Phone \_\_\_\_\_

*The Agenda*

### **Multi-media Communication Hall**

The center will include Multi-media Communication Hall with 100 seating capacity with wheelchair accommodation where televised lecture can be transmitted to remote sites in the state of New Jersey via satellite and ISD. Adjacent to the Hall will be an interactive Information Handling Laboratory where the instructor can teach library users searching, data management and manipulation through 25 fully equipped work stations. Alexander Library has already over 40 pc work stations for public use spread all over the building. The Center, however, will consolidate all training facilities with a special focus and theme. The Center will have one more important facility, a Humanities and Social Sciences Data Center geared toward research projects. The Center of Electronic Text in Humanities and Lexicon project (that indexes images of archaeological findings in museums in North America) are already in place. What we would really like to see is a component where a tailored research aid or even result can be produced by manipulation of data by software(s). For example, certain government documents can be mapped over a pertinent geographic setting and generate new interpretation of data in a cohesive context. Students could receive help for writing reports, or faculty members on sabbatical leave could use the facilities for indepth research. We have also allocated a space where industries can provide demonstration of new products related to higher education. While incorporating cutting edge technology into the design, we are doing the best we can to preserve a comfortable and humanistic atmosphere throughout the Scholarly Communication Center since some users may be resentful of the mechanical impression they may have in relation to an electronic library. We plan to consult with Dr. Flanagan of Rutgers University who is internationally known for his research in virtual reality. Equipment specification is major work, considering compliance with a variety of construction codes and national codes in support of the Americans Disability Act.

As a part of fund raising activities, librarians participate in phonothon, calling alumni or parents of students for donations of money for the Scholarly Communications Center. I have participated in many phonothon. I introduce myself as a volunteer for Rutgers University within the first 30 seconds of my call. This usually opens communication since Americans are, in general, sensitive towards volunteers. Through 50 to 100 calls a night, we receive much feedback from a variety of people, ranging from complaints about Rutgers to their socioeconomic condition (Transparency 4).

### **SCHOLARLY COMMUNICATION CENTER**

Two of the Library's important positions, Heads of Reference/Information Services and Collection Development and Management, are elected positions with three year terms. The election system provides the organization more flexibility and give librarians an equal opportunity to assume management responsibilities. This change has been in effect since 1990 as a result of major reorganization. The birth of the Scholarly Communication Center will give us another opportunity to rethink the organizational structure, and configuration of overall

## Alexander Library Scholarly Communication Center

human resources. I do not know the exact outcome but assume changes are towards elimination of hierarchy wherever possible, making an organization flat, empowering front line leaders. I proposed librarians achieve this goal with the same number of people. As long as we look for extra help every time we introduce a change, we will not seriously rethink today's priority.

As we establish the Scholarly Communication Center and expand our services through the library without walls, we have to retool ourselves. In 1995, we plan to complete fund raising. In the Fall of 1996, the Center will be in full operation. Prior to that, a mass training of staff and librarians must take place on all levels and every absolute function must be reduced or eliminated completely. 1995 will be another exciting year!

### **Professor Betty Turock**

When I informed Professor Betty Turock, incoming president of ALA, of my presentation at a NACSIS lecture series in Tokyo, she kindly agreed to produce a video message to you. I supported her presidency since I agree with her core message libraries must fill the gap between information rich and information poor in the era of the information superhighway. She provided a transcript of her presentation for those who may feel her speech is fast. If you have any questions, please save them for after the video show.

## ANNEX 1: EQUITY ON THE INFORMATION SUPERHIGHWAY

### Transcription of Video Message of Professor Betty Turock

Betty J. Turock, Ph. D.  
 President-Elect, American Library Association  
 Director, Library and Information Studies  
 Rutgers University  
 New Brunswick, New Jersey

We meet in an time when a momentous telecommunications revolution is taking place. As we approach the twenty-first century, challenges abound in our society; challenges that present opportunities for libraries and librarians.

Nothing happening currently will offer more challenge – and more opportunity – than the evolution of the electronic National Information Infrastructure, better known as the information superhighway. Fiber optics and high definition television will soon carry digital information not only across the United States, but also around the world, faster and in greater quantities than print ever could.

The Clinton/Gore Administration proposed the development of the information superhighway and picture business paying for it. That is as it should be. Some experts put the cost at \$200 billion or more – a tax bite the American people might not be anxious to take on. Vice President Gore, who nurtured the idea and worked hard for legislation to support the electronic infrastructure, has made it clear that he sees the highway as a tool for the people as much as a tool for commerce.

When he introduced the Administration's plan, Gore said that the role of libraries is critical. He gave this ringing endorsement, "Librarians have been extremely imaginative and energetic in pushing forward ways to make certain that libraries are linked to the information superhighway....And they are doing it for good reason. They know the people who will not be able to gain access unless they can enter through the library. They are prepared to adapt quickly to this new technology They have had the training and they are ready to go. We want to make certain that they are a part of this information superhighway."

It is up to us to make sure that libraries have the technology. We must make sure that libraries have the technology. We must make sure that librarians and all library workers have the technical skills. We must make sure that we are ready to travel the information superhighway.

Without technologically sophisticated libraries in every community, the evolving infrastructure can only widen the gulf between the information rich – those who enjoy good schools and libraries and can afford to satisfy their information needs – and those who can't – the information poor.

That's the reason I have chosen Equity on the Information Superhighway as the focus of my year as President of the American Library Association.

Alexander Library Scholarly Communication Center

So far, Corporate interests have dominated debates over the shape of the emerging Infrastructure. Attention is on the technical and financial potentials with little discussion of just where the highway is to lead us, and whether we really want to get there in the first place. If we look around, we can find many destinations people desperately need to reach:

\*Like small business owners Will the highway take their goods and services to new markets?

\*Like students Will the highway make good education more cost efficient and accessible?

\*Like scientists Will the highway provide the global access they need to keep their research at the cutting edge?

I do not see these basic yet desperately needed services being planned. The driving force is finding out who is buying what, how much they are spending today on entertainment and shopping, and how much more they will buy tomorrow. What the information superhighway can do for the people and today's real societal needs has been overshadowed. We must be willing to take on the task of defining how libraries will address these problems. With what new services? With what new products? With what new technology?

According to a recent MCI Multi-Media Survey, Americans are eager to connect to their libraries via the information superhighway. In fact, it is their number one wish. Libraries are already positioned to become every community's public access connection. They *are* the information infrastructure the natural points of entry to the superhighway. But many of them have suffered serious damage in more than a decade of austerity. They will require have a significant investment in technology, if the people are to have affordable access.

Capturing a fair share of the fiscal pie for the services that technology can enhance will depend in large measure on our ability to articulate a vision of how libraries will serve people over the information superhighway in the twenty-first century. I stress technology *not* as an end in itself, but as a *tool* to enrich our profession's humanistic values through improved service.

The purpose of library legislation and our approach to information policy has been cast in rhetoric that focuses on improving the library and library service. With that intention, libraries have never received more than meager support. But today the information superhighway is a priority at the highest levels and we must demonstrate that libraries are part of the solution to the problems facing our nation, It's time for librarians everywhere to take leadership role. It's up to us to make libraries ready for the twenty-first century.

The urgency of focusing on this electronic infrastructure *now* is apparent. The President of the United States in his 1994 state of the Union address, called for "positive government action to extend the National Information Infrastructure to every classroom, every library, every hospital, and every clinic in the United States by the end of the century." The end of the century is only six short years away.

The promises and dangers of an electronic infrastructure are known to only a small portion of the population. Recently, when AT&T put a team on the streets of New York City, to ask, "Can you help me find the information superhighway?" They were met with the response, "Yes, just turn left on Forty-Second Street," and, "I travel it all the time, but I can't tell you how

to get there from here.” We have our job cut out for us. That’s the job I’ll concentrate on as President of ALA.

This year the American Library Association will begin a campaign to educate the public and to convince legislators and policy makers to invest in libraries as public access ramps on the information superhighway. Together, we have the power, prestige, and financial resources to:

- \*Introduce and influence policy and legislation that will guarantee equity on the information superhighway through libraries;

And to:

- \*Raise the public’s awareness about the importance of access for them, their children, and their grandchildren.

Together we will deliver a new message: Americans Can’t Wait to Travel on the Information Superhighway from Their Libraries; Americans Can’t Wait for Equity on the Information Superhighway.

As Vice President Gore has stated, the National Information Infrastructure is the precursor to the Global Information Infrastructure which will help educate our children and allow us to exchange ideas among nations as well as within our communities. The Global Information Infrastructure can add hundreds of billions of dollars to international economies, if the world’s nations will make a commitment to its development.

The American Library Association’s blueprint for the National Information Infrastructure is based on five key principles which also provide a framework for the Global Information Infrastructure. They include:

- 1.) Equitable, universal access to information;
- 2.) Privacy in communications and security for personal data;
- 3.) Public space set aside for libraries and other nonprofit organizations;
- 4.) Protection of intellectual property rights balanced by the doctrine of fair use;

and

- 5.) Intellectual freedom and first amendment rights.

These principles are anchored in the values of librarianship.

We must promote librarians as designers of and full partners in the information highway, helping to define the highway’s content and organize the information it carries so that it will not become an unfathomable morass.

Today, as President-Elect of the American Library Association, I’m enlisting your help in communicating a vision and in winning the support that will ensure equity. The challenge is to promote how libraries can contribute to the economic vitality and increased productivity of our nations, if they are drivers on this information superhighway; how they can help us reach our education goals; how they can broaden horizons and opportunities for youth, for scholars, for emerging majorities, for recent immigrants, and for our older people.

## Alexander Library Scholarly Communication Center

Together we must make supporting libraries on the information superhighway irresistible to the public by demonstrating the dynamic role librarians can play in helping our nation and the nations of the world reap the benefits of the information superhighway.

It can happen, it will happen, if we share the vision and work together to make it a reality.

## 『Alexander Library Scholarly Communication Center』について

紀要編集委員会

本稿は、平成6年12月13日に東京大学総合図書館で開催された「学術情報センター公開講演会」(学術情報センター共同研究「日本における国際書誌調整」)において、米国ラトガース大学アレキサンダー図書館長外山良子氏によって行われた、講演「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」の英語版である。外山館長の講演の中で上映された、ラトガース大学図書館情報学科長、次期米国図書館協会会長でもある Betty J. Turock 博士から日本の図書館員へのメッセージビデオ「Equity on the Information Superhighway」は「情報スーパーハイウェイにおける機会均等」として日本図書館協会発行の「現代の図書館」Vol.33, No.1, pp.77-81(1995)に越塚美加の日本語訳で紹介されている。

外山館長は、まず、大学図書館を取り巻く環境の変化、特にネットワークの発展と普及を指摘している。その過程において、大学図書館の使命を全うするためには、コンピュータや通信に関する新しいさまざまな技術を積極的に導入し、有効に使いこなしていくことが必要であり、そのためには図書館員は何をすべきか、また、どのようにすべきかについて、ご自身の体験をもとに主張している。

ラトガース大学アレキサンダー図書館での事例を取り上げて、環境の変化に応じて生ずる新しいさまざまな問題と、それを克服するための図書館員の努力について検討している。例えば、州立大学ではあるものの、サービス対象を大学に所属する研究者や学生だけではなく、コミュニティの人々にも同じようにサービスを提供している点で、公共図書館が行うようなサービスも提供していること、また、正規の図書館員は全員が選書業務とインターネットも利用したレファレンスを行うこと、そのために各々の図書館員がインターネット情報源に関する知識を獲得するために、多くの時間を費やすなどの努力を続けていること、そのように積極的にサービスに関わっていかなければ、地域の住民や大学の中で支持を得られないことが述べられた。

アレキサンダー図書館で進行中の、新しい学術コミュニケーションセンターの計画について、準備段階の討論、必要な資金集めなどに図書館員全員が協力して行っていること、ユニークで柔軟な図書館の組織と運営が紹介された。

付録として Betty J. Turock, “Equity on the Information Superhighway”の本文を付す。