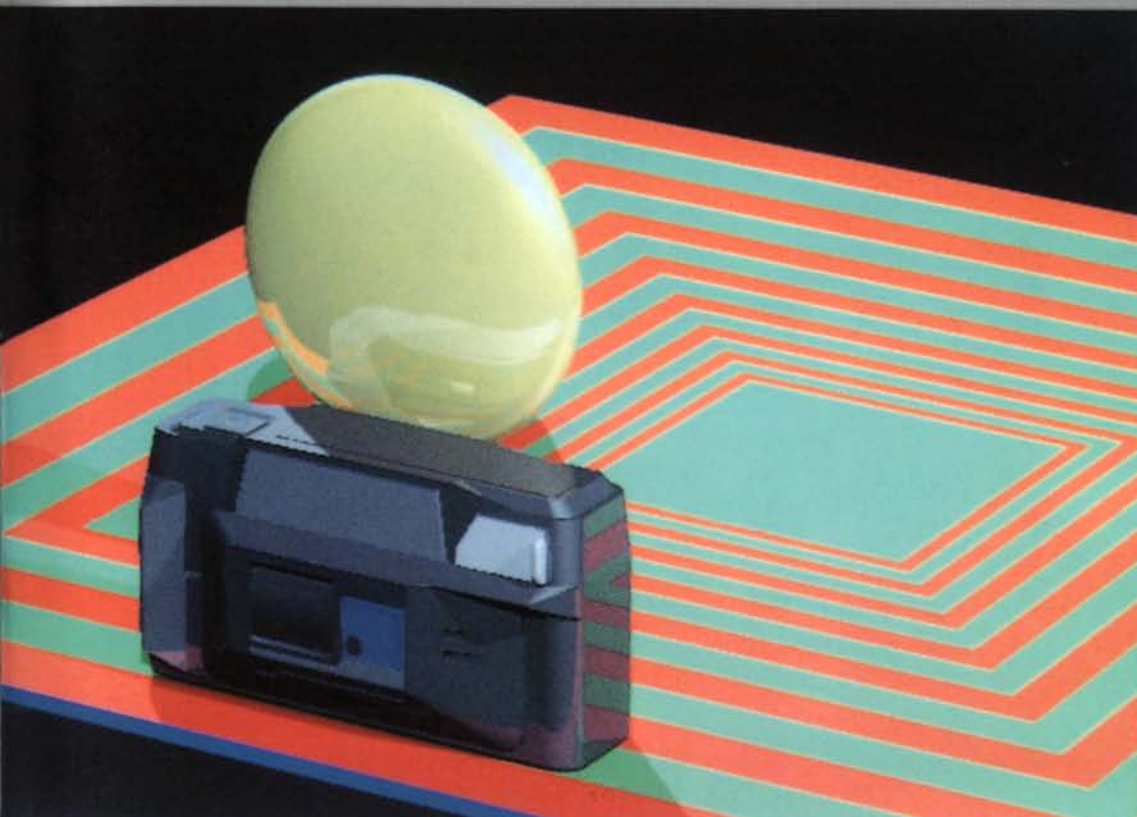


# TECHNICAL REPORT

RICOH TECHNICAL REPORT

NO. 18 1988



ソフトウェア特集号

**RICOH**



#### [表紙]

Gregory パッチのレイトレーシング例

Gregory パッチは、非四辺形パッチの内挿や複数の面の滑らかな接続に優れた性質を持つ反面、その分割手法が知られていないという問題があった。双 3 次の Gregory パッチを双 7 次の有理 Bézier パッチに変換して分割する手法を開発したことにより、従来 Gregory パッチには適用できなかったアルゴリズムを適用したレイトレーシングが可能となった。(本文 pp. 4-9 参照)

## RICOH TECHNICAL REPORT

No. 18, 1988 ●ソフトウェア特集号

### 目 次

#### 巻頭言

情報化時代における日本の情報産業と教育の危機 .....	国井利泰	1
------------------------------	------	---

#### 技術論文

Gregory パッチの分割手法とその応用 .....	高村禎二	4
輪郭畳み込みによる輪郭ベクトル文字発生法 .....	渡辺澄夫	10
競合モデルに基づくソフトウェア信頼度モデルの母数推定 ...	石岡恒憲	14
A Locking Mechanism for Doubly Linked B <sup>+</sup> -tree ...	Hiroyasu Kurose	19
RETTE アルゴリズムの拡張とその形式的な記述 .....	安次富伸浩	24
証明図を用いたプログラム変換 .....	中山秀明	28
Dempster-Shafer 理論を用いたエキスパートシステム .....	松田 透	32
文節発声による日本語文章音声認識システム .....	室井哲也・小松順子	39
超音波非線形パラメータ CT .....	中川義克・米山正秀	43
最適差分ビット伝送方式による音声圧縮符号化 ...	内山博喜・鈴木政光 志村 浩・山田和作	48

#### 技術紹介

バリフォーカルレンズの制御システム .....	大野好美・菊地修一 畑 大介・畑瀬貴之	54
利用者が状態遷移を記述できるかな漢字変換モジュール .....	塩田憲行	59
テクスチャ・マッピングの現状 .....	今野晃市・香川正明	63
電子部品統合データベースとリンクした電気回路図入力システム ...	小林史洋	68
LAN を使い設計と生産を統合化した金型システムについて .....	浅田一生	72

光ディスクを用いたコードデータファイリングシステム .....	山田秀和 吉田伸子・山本倫子・入野祥明	79
---------------------------------	------------------------	----

G-BASE の NFS 対応 .....	平岡昭夫・飯沢篤志	84
-----------------------	-----------	----

---

#### 製品技術解説

NEW CONCEPT カメラ リコーMIRAI ...	榎本恵治・井口 進 石野勅雄・皆川佳久	90
------------------------------	------------------------	----

イマジオ 320/320F .....	太田清高・林 正幸 黒川純二	96
---------------------	-------------------	----

ハンドヘルドコンピュータ HWS-1000 .....	山下 明・牧 洋一	103
-----------------------------	-----------	-----

画像加工システム .....	中山章広	107
----------------	------	-----

---

リコー工業所有権紹介 .....		112
------------------	--	-----

著者紹介 .....		123
------------	--	-----

---

# RICOH TECHNICAL REPORT

No. 18, 1988      ● Special Issue on Software Technology

## CONTENTS

---

### PREFACE

The Crisis of Information Industry and Education of Japan in the Information Era .....	1
<i>Tosiyasu L.Kunii</i>	

---

### TECHNICAL PAPERS

Subdivision Method of the Gregory Patch and its Application .....	4
<i>Teiji Takamura</i>	
The Outline Vector Font Generation Method by Outline Convolution .....	10
<i>Sumio Watanabe</i>	
Estimation of Software Reliability Parameters for Two Independent Competing Risks Model .....	14
<i>Tsunenori Ishioka</i>	
A Locking Mechanism for Doubly Linked B <sup>+</sup> -tree .....	19
<i>Hiroyasu Kurose</i>	
An Enhanced RETE Algorithm and Its Formal Description .....	24
<i>Nobuhiro Ajitomi</i>	
A Program Transformation Method Based on Proof-Transformation .....	28
<i>Hideaki Nakayama</i>	
An Expert System Based on Dempster-Shafer Theory .....	32
<i>Toru Matsuda</i>	
Recognition of Japanese Sentences Spoken in Isolated Phrases .....	39
<i>Tetsuya Muroi and Junko Komatsu</i>	
Acoustical Nonlinear-parameter Computed Tomography .....	43
<i>Yoshikatsu Nakagawa and Masahide Yoneyama</i>	
Differential Companding PCM by Using Optimum Differential Bit .....	48
<i>Hiroki Uchiyama, Masamitsu Suzuki, Hiroshi Shimura and Wasaku Yamada</i>	

---

### EXPLANATION ON TECHNOLOGY

A Varifocal Lens Control System .....	54
<i>Yoshimi Ohno, Shuichi Kikuchi, Daisuke Hata and Takayuki Hatase</i>	
A Kana-to-Kanji Conversion Module Having User-defined Man-machine Interface .....	59
<i>Noriyuki Shiota</i>	
Survey of Texture Mapping Methods .....	63
<i>Kouichi Konno and Masaaki Kagawa</i>	



RICENS=Ricoh Circuit Entry System .....	68
<i>Fumihiko Kobayashi</i>	
Integration of Mold Die Design and Manufacturing Process by Means of a Local Area Network ...	72
<i>Kazuo Asada</i>	
Code Data Filing System Using Optical Disks .....	79
<i>Hidekazu Yamada, Nobuko Yoshida, Noriko Yamamoto and Yoshiaki Irino</i>	
Adapting G-BASE for NFS .....	84
<i>Akio Hiraoka and Atsushi Iizawa</i>	
<hr/>	
EXPLANATION ON PRODUCTS	
New Concept Camera RICOH "MIRAI" .....	90
<i>Keiji Enomoto, Susumu Iguchi, Tokio Ishino and Yoshihisa Minakawa</i>	
IMAGIO 320/320F .....	96
<i>Kiyotaka Ohta, Masayuki Hayashi and Junji Kurokawa</i>	
Handheld Computer HWS-1000.....	103
<i>Akira Yamashita and Youichi Maki</i>	
The Image Based Machining System .....	107
<i>Akihiro Nakayama</i>	
<hr/>	
PATENTS .....	112
AUTHORS .....	123
<hr/>	



## ●巻頭言

# 情報化時代における 日本の情報産業と教育の危機

國井 利泰  
東京大学教授

情報が世界を直接動かす時代に入った。国際為替・株式相場変動情報により世界金融市場は秒単位で直接動きが決定される。豆や小麦などの買付売却市場も、穀物相場変動情報で直接動かされている別の例である。先端工業製品も、半導体メモリーを代表として、国際市場を需要供給情報が直接支配する時代に入った。情報の価値がこのように著しく高くなるにつれ、情報支配の中核となるソフトウェアの価値も著しく増大してきた。今やソフトウェアは、著作権で固くガードされているだけでなく、一国の運命を左右するものとして、アメリカでは多くのソフトウェアが大統領命令で輸出が停止されるようになってきた。機密高度兵器レベルの扱いであり、「大国の興亡」を担うものはソフトウェアであるとの認識である。

ソフトウェアは、複雑度からすると、大きなものは万里の長城を上回り、人類が構築し得た最も高度な構造体である。万里の長城と異なり、ソフトウェアはその構造体のほとんどあらゆる部分が相互作用をしながら機能する。アーキテクチャと呼ばれるその構想段階から始まって、設計段階、プログラミングなどによる実現段階には、担当職として、また工程全体を見渡して適切な判断を行う管理職として、情報科学・工学分野で高度な専門教育を受けた人材がかなりの数必要となる。データの構造の設計には、データ構造論から始まってファイル構造論、データベース構造論の履修が必須となる。情報の処理手順構造の設計には、アルゴリズム論からはじまって、コンピュータ言語設計論、コンパイル技法、操作系 (OS) 設計論の履修が必須である。データ構造と処理手順構造を理解し、使いこなせるようになると、やっとソフトウェア構成法の履修に進むことができる。しかし、情報科学・工学の教育も、ここまでは、まだ道半ばである。

情報による世界支配は、オフィス・オートメーション (OA) やファクトリ・オートメーション (FA)、ビジネス・オートメーション (BA) という業務別自動化の枠を越えて、今や社会を全業務の統合化により支える段階に至っている。そのために、その基盤となるソフトウェアは、データ構造や処理手順のみならず、そのハードウェア面の構造をも決定するようになってきている。現に、ソフトウェア指向のコンピュータ・アーキテクチャの一種である RISC (縮小命令群コンピュータ)、企業内コミュニケーション・ネットワーク・アーキテクチャである LAN の実現により、情報による社会支配が、一層高速かつ効率良く達成されつつある。ハードウェア記述言語論やそれを用いたハードウェア CAD (コンピュータ支援設計) 論が、超大規模集積回路 (VLSI) 論やパラレルプロセッサ設計論などと並んで、情報科学・工学の上級必須科目に顔をそろえつつある。

これ等の学科目の履修は、情報による世界支配時代に生きる専門職・管理職にとって「基本教養」程度の知識を与えてくれるもので、それ無しで実務を進めるのは不可能にちかいものの、それだけでは不十分である。絶え間ない自己研修と企業実務研修が欠かせない。

情報による直接的な世界支配の時代にあって、日本の情報産業はどのような状況にあるのであろうか。基本要素であるコンピュータは、今や数字・文字処理から、人間になじみやすい視覚情報処理の時代に入り、Visual Computer という分類の機種が中心になってきている。Silicon Graphics, Stellar, Alliant から Sun に至るまで、今やデスクサイドの Visual Minisupercomputers を標榜している。これ等のアメリカのベンチャー・コンピュータ企業のなかには、日本の非コンピュータ生産企業と強力に提携しつつ、伝統的コンピュータ生産会社の雄 IBM, DEC と顧客のつながりの比較的弱い地域である日本とヨーロッパをターゲットとして絞り込み、営業戦略展開を計っている会社もある。このような会社は、マーケット伸び率で日本が第一、ヨーロッパが第二という売上の伸び率を示し、そこを根城にアメリカ市場の攻勢をじっくり行う姿勢を取りつつある。これ以前の、数値計算と文字処理が中心の伝統的マーケット、これを第一世代マーケットと呼ぶことにし、視覚情報

処理のマーケットを第二世代マーケットと呼ぼう。

第一世代マーケットは、アメリカで設計された FORTRAN, COBOL, BASIC, C といったコンピュータ言語を用いてソフトウェアを書き、大型機は IBM の OS で、パソコンはシアトルのマイクロソフト社製の MS-DOS の OS、中型機は AT&T の UNIX OS の制御の下に、大は IBM 互換プロセッサ上で、小はインテルかモトローラ設計の CPU チップ上でそれを動かすという状況のものであった。この状況は、情報構造体設計の「基本教養」を履修した人間の数が日本はアメリカの約百分の一という数字の産物である。日本の情報科学・工学科は、かならずしもカリキュラムが完備しておらず、日本の全大学の卒業生で「基本教養」を履修した学生は、毎年約千人から二千人で、これはアメリカの大学の一キャンパス分に過ぎない。

このように、第一世代マーケットを支える日本企業群は、生産以外の場面では壊滅的状况にある。それが悪化しつつあり成りゆきの中で、より高度な人材を必要とする第二世代マーケットに世界が推移しつつあることになる。これが何を意味するかは明らかである。アーキテクチャや設計など、生産の上流を握るアメリカの Visual Minisupercomputer 企業群が、アメリカでのプロトタイプ製品をそのまま世界中に輸出し、場合によっては、日本企業一かならずしもコンピュータ生産会社ではないと組み、後には NIES とアメリカ自体を含めた生産コストの低い地域の企業と組んで量産し、世界のコンピュータ市場を奪うことになるであろう。

では、日本は情報科学・工学の「基本教養」を履修した人材を育成して、情報産業市場に出るチャンスは無いのであろうか。大学を評価する制度は日本の大学教育制度に欠け、失われてしまっている。すなわち、現状では、学問分野間で卒業生の数を再調整する機構は日本国家から欠けているのである。新規にこの分野で百倍の学生を追加して育てようとしても、今の日本の国家財政では無理であろう。少なくとも五年間の専門教育が必要となる。四年制の学部専門コースは二年間であり、五年制の博士課程を備えた大学院も専門科目に専念できるのは、ほぼ三年間であるから、一人の学生を育てるのに九年間かかることになる。実習を入れて約十年かかる。しかし、かけがいはある。すぐ誰でも真似できる製品を生産していても、過当競争で値崩れを招き、「高売上倒産」に追い込まれる。製品の差別化の鍵こそ、アーキテクチャや設計など、生産上流に関する真似できないアイデアである。

このような情報科学・工学の専門知識に深く根ざした高度なアイデアも、「基本教養」無しでは、生まれようがない。「基本教養」無しで、それを実務上のトライアンドエラーを通じてマスターするしかない伸びの悪い大部分の社員に企業が給料を払っていたら、遠からずその企業は必ず倒産する。倒産しないためには、アーキテクチャと設計はアメリカ企業に金を払って買って来ることになる。これが日本の産業、特にコンピュータ企業群の現在の姿である。しかし、アメリカ企業も、アーキテクチャと設計を売らなくなった。最終製品を売った方が得だからである。結局、第三セクター方式で今の百倍の情報科学・工学の専門家を毎年育成するしか日本が世界で生き残る方法はないことになる。

先にも述べたように、アメリカは大統領命令で、高度なソフトウェアは最終製品ですら国外に売らなくなりつつある。それは、アメリカが情報が世界を直接動かす時代に入ったことを、国家レベルで強く意識していることを示している。アメリカの情報科学・工学の人材育成がまさにその表明である。博士号を取得しながら専攻分野で就職先がないようないわゆるオーバードクターを大勢抱えている専門分野群を拡大する一方で、一国の存亡を左右する情報科学・工学分野を先進諸国の 1% 台に止め置くような日本の状況、このようなものをアメリカの大学評価制度は許容しないようにできている。日本の大学教育は、このように国際競争に耐えない制度になっている。

最近、日本中で企業の研究所群設立が行われている。製品差別化を深く進めるには、生産現場だけでなくその上流でも高度な専門家が多数必要なのが認識され出したからに他ならない。しかし、情報科学教育の現場に居る人間から見ると、十三年前に一学年十五人の学部学生定員でスタートしたままの東京大学の情報科学科の現状であるだけに、企業のトップにつくづく申し訳ないと思う今日この頃である。要するに研究所という立派な容器を企業に作っていただいても、現在の大学教育制度のもとでは、中に入れる専門家を日本の大学はそこに充分には供給できないのである。

企業と国と大学の共同事業により、情報科学大学院を設立して企業人の情報科学・工学専門再教育制度を確立し、その付属情報大学により新人の大量供給体制を確立する。この二つが「情報が世界を直接動かす時代」の日本の将来の運命を十年後にしっかりと担ってくれる人材を供給することになる。これを提言して、結びとする。

**技術論文**

TECHNICAL PAPERS

# Gregoryパッチの分割手法とその応用

Subdivision Method of the Gregory Patch and its Application

高村 禎二\*

Teiji Takamura

## 要 旨

Gregoryパッチは、非四辺形パッチを内挿したり、複数の面からなる形状に対して、それらの面が滑らかに接続できるように面を生成できるというすぐれた性質を持つ。しかし、その反面 Gregory パッチを分割する方法は知られておらず、Bézierパッチ等で適用できるアルゴリズムを適用できない例がいくつかあった。

本論文では、双3次のGregoryパッチが双7次の有理Bézierパッチに変換できることを示し、その有理Bézierパッチを分割する方法を示す。

次に、この分割方式を用いて、今までGregoryパッチには適用できなかったアルゴリズムを適用し、Gregoryパッチのレイトレーシング、Gregoryパッチのシルエットライン、Gregoryパッチと平面の交線を求める手法を開発したので、その概要について報告する。

## ABSTRACT

A Gregory patch has characteristics such that any n-sided loop is interpolated smoothly and that many patches can be generated to smoothly connect to each other.

However, no algorithm was known to subdivide the Gregory patch. Any subdivision algorithm that can be applied to the other surface patches such as the Bézier patch could not be applied to the Gregory patch.

This paper proves that the bicubic Gregory patch can be converted to the bi-7th degree rational Bézier patch. This rational Bézier can be subdivided.

By using this subdivision algorithm, we developed the methods to get a ray traced image of the Gregory patch, to display silhouette lines of the Gregory patch, and to get the intersecting lines between a Gregory patch and a plane.

## 1. はじめに

三次元の形状をモデリングする際、曲面は重要な役割を果たしている。曲面の生成方式としては、1960年代より、Coonsパッチ、B-splineパッチ、Bézierパッチなど様々なパッチが提案されてきたが、いずれも、機械部品等にでてくる非四辺形パッチの取り扱いや、複数の面を滑らかに接続する際等に、問題があった。

これらの問題点を解決するために提案されたパッチがGregoryパッチである。Gregoryパッチは、トウイスト量を考慮しているので、比較的ゆがんだ面にもうまくパ

ッチを張ることができるし、非四辺形パッチの内挿も滑らかにできる<sup>1)</sup>。

しかし、Gregoryパッチは、分割するとGregoryパッチにならないという性質を持っており、また、その分割方法は知られていなかった。そのため、従来、Bézierパッチなどに対して適用されていたアルゴリズムが、Gregoryパッチには適用できず、Gregoryパッチを取り扱う上での問題となっていた<sup>2)3)</sup>。

本論文では、双3次のGregoryパッチを双7次の有理Bézierパッチに変換する方法、及び変換された有理Bézierパッチを分割する方法を示す。

そして、このアルゴリズムを適用した、Gregoryパッチのレイトレーシング、シルエットライン、Gregoryパッチと平面の交線を求めるアルゴリズムを示す。

\* ソフトウェア研究所第三研究室

The 3rd Laboratory, Software Research Center

## 2. Gregory パッチから 有理 Bézier パッチへの変換

$n$  次の Bernstein 基底関数は(1)式で表わされる。

$$B_{i,n}(t) = \binom{n}{i} (1-t)^{n-i} t^i \dots\dots\dots(1)$$

これを用いて、双 3 次の Gregory パッチ式を表わすと、次の形で表わされる。

$$G(u, v) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 B_{i,3}(u) B_{j,3}(v) P_{ij}(u, v) \dots\dots\dots(2)$$

ただし、

$$P_{ij}(u, v) = P_{ij} \quad (ij \neq 11, 12, 21, 22 \text{ のとき})$$

$$P_{11}(u, v) = \frac{uP_{110} + vP_{111}}{u+v}$$

$$P_{21}(u, v) = \frac{(1-u)P_{210} + vP_{211}}{(1-u)+v}$$

$$P_{12}(u, v) = \frac{uP_{120} + (1-v)P_{121}}{u+(1-v)}$$

$$P_{22}(u, v) = \frac{(1-u)P_{220} + (1-v)P_{221}}{(1-u)+(1-v)}$$

ここで、 $P_{00} \sim P_{33}$  は Gregory パッチの制御点である。

この曲面パッチは分割すると、(2)式の形では表わせなくなる。何故ならば、Gregory パッチは、境界の曲線は Bézier 曲線で表わされるが、内部の断面線は、Bézier 曲線にならないからである。そこで、Gregory パッチを別の一般的なパッチに変換することを試みる。

Gregory パッチ式の制御点の分母だけを掛け合わせたものを  $W(u, v)$  と置く。つまり、

$$W(u, v) = (u+v)(1-u+v)(u+1-v)(1-u+1-v) \dots\dots\dots(3)$$

これを、Gregory パッチ式の両辺に掛け、

$$1 = u + (1-u) = v + (1-v) \dots\dots\dots(4)$$

を用いて変形すると、

$$G(u, v) = \frac{\sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 B_{i,7}(u) B_{j,7}(v) w_{ij} Q_{ij}}{\sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 B_{i,7}(u) B_{j,7}(v) w_{ij}} \dots\dots\dots(5)$$

となる。これは双 7 次の有理 Bézier パッチである。ただし、 $Q_{ij}$  はその制御点であり、 $w_{ij}$  は重みである。

図 1 に Gregory パッチの制御点と、それを本手法を用いて変換した有理 Bézier パッチの制御点を示す。

(5)式の  $w_{ij}$  は  $8 \times 8$  の 2 次元配列の要素を示しているが、 $w_{ij}$  の値は、Gregory パッチの制御点の位置によらない定数である。これは、逆に言えば、(5)式で示した  $w_{ij}$  と同じ値を持つ双 7 次有理 Bézier パッチのみ Gregory パッチに変換できることを示している。

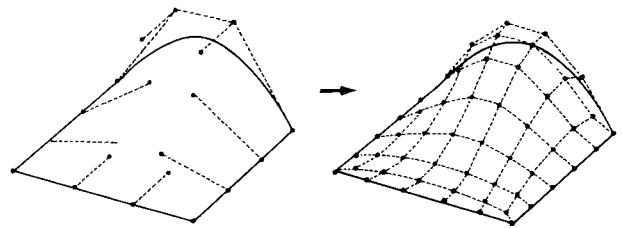


図 1 Gregory パッチから有理 Bézier パッチへの変換の例

## 3. 有理 Bézier パッチの分割

2 章の手続きにより、Gregory パッチは有理 Bézier パッチに変換できた。このパッチの分割法は A.J. Schwartz がきれいにまとめており<sup>4)6)</sup>、 $0 \leq u \leq b$ 、 $0 \leq v \leq d$  で分割した式は、次の形で表わされることが知られている。

$$G'(u, v) = \frac{\sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 B_{i,7}(u) B_{j,7}(v) w'_{ij} Q'_{ij}}{\sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 B_{i,7}(u) B_{j,7}(v) w'_{ij}} \dots\dots\dots(6)$$

$$Q'_{ij} = \sum_{m=0}^i \sum_{n=0}^j B_{m,i}(b) B_{n,j}(d) w_{mn} Q_{mn}$$

$$w'_{ij} = \sum_{m=0}^i \sum_{n=0}^j B_{m,i}(b) B_{n,j}(d) w_{mn}$$

また、 $a \leq u \leq 1$ 、 $c \leq v \leq 1$  で分割した式は、逆にパラメタを付けたと考えると、

$$G''(u, v) = \frac{\sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 B_{i,7}(u) B_{j,7}(v) w''_{ij} Q''_{ij}}{\sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 B_{i,7}(u) B_{j,7}(v) w''_{ij}} \dots\dots\dots(7)$$

$$Q''_{ij} = Q'_{7-i,7-j}$$

$$w''_{ij} = w'_{7-i,7-j}$$

(6)、(7)式の分割を組み合わせれば、任意のパラメタ空間で分割された有理 Bézier パッチを得られる。有理 Bézier パッチは凸閉包性を持つので、分割してできた有理 Bézier パッチも凸閉包性を持ち、分割する事により、凸閉包によって示される存在範囲を小さくすることができる。この性質を用いると、さまざまな曲面処理に応用できる。図 2 に有理 Bézier パッチを分割した例を示す。

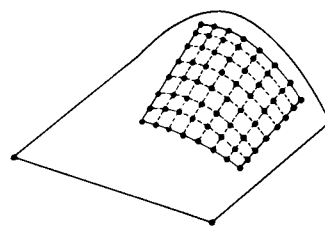


図 2 Gregory パッチを  $u=[0.4, 0.9]$ 、 $v=[0.4, 0.9]$  で分割してできた有理 Bézier パッチ

#### 4. Gregory パッチのレイトレーシング

レイトレーシングとは、PIXEL 1点1点の明るさを反射光、透過光を含めて計算するアルゴリズムで<sup>5)</sup>、物体と光線との交点を求める計算が必要不可欠である。

自由曲面と光線との交点を求めるには普通 Newton-Raphson 法が用いられるが、その際に、収束する初期値を選択することが重要である。その為に、あるパラメタ区間内の任意のパラメタを持ってきた時、Newton-Raphson 法が発散する可能性があるかどうかをチェックする方法が interval analysis である<sup>6)</sup>。

##### 4-1 Newton-Raphson 法

Gregory パッチ式を  $G(u, v)$ 、光線の式を  $R(t) = P_0 + tV$  とおくと ( $P_0$  は光源の位置ベクトル、 $V$  は光線の方方向ベクトル、 $t$  はパラメタ)、Gregory パッチと光線の交点では、

$$G(u, v) - R(t) = 0 \quad \dots\dots\dots(8)$$

を満たしている。左辺を  $f$  とおくと、

$$f(u, v, t) = G(u, v) - R(t) \quad \dots\dots\dots(9)$$

$f(u, v, t) = 0$  となる  $u, v, t$  の近似値を  $u_0, v_0, t_0$  と置くと、 $u_0, v_0, t_0$  がそれぞれ  $\delta u, \delta v, \delta t$  だけ変化するとき、 $f$  が受ける変化の第1次近似は、

$$\delta f = f_u(u_0, v_0, t_0) \delta u + f_v(u_0, v_0, t_0) \delta v + f_t(u_0, v_0, t_0) \delta t \quad \dots\dots\dots(10)$$

である。ところで、 $f(u, v, t) = 0$  の解は、

$$\delta f = -f(u_0, v_0, t_0) \quad \dots\dots\dots(11)$$

を満たすように  $\delta f$  を決定すれば得られるから、(10)式、(11)式より、

$$-f(u_0, v_0, t_0) = f_u(u_0, v_0, t_0) \delta u + f_v(u_0, v_0, t_0) \delta v + f_t(u_0, v_0, t_0) \delta t \quad \dots\dots\dots(12)$$

を解いて、 $\delta u, \delta v, \delta t$  を求めれば、

$$u_0 + \delta u, v_0 + \delta v, t_0 + \delta t$$

は、 $f(u, v, t) = 0$  のさらに良い近似解になる<sup>7)</sup>、これを繰り返せば解が求められる。

##### 4-2 Interval Analysis

4-1節で、適当な開始点を選んでやれば、Newton-Raphson 法を用いて、Gregory パッチと光線の交点を求められることを示した。Newton-Raphson 法の開始点を選ぶ手法に、interval analysis がある。

Interval analysis では、 $f(u, v, t) = 0$  の解の存在範囲を  $X_0 = [u_0, u_1] \times [v_0, v_1] \times [t_0, t_1]$  とすると (最初  $u_0 = v_0 = 0, u_1 = v_1 = 1$ )、この区間で、

$$K(X_0, y, Y) \subset X \quad \text{and} \quad r < 1 \quad \dots\dots\dots(13)$$

を満たせば、この区間  $X_0$  のどの点から Newton-Raphson 法を始めても収束するということと言える。ただし、

$$K(X, y, Y) = y - Yf(y) + I - YF'(X)(X - y) \\ r = \|I - YF'(X)\|$$

$I$  : 実単位行列

$F'(X)$  :  $f'(x)$  を interval  $X$  について拡張したもの。

$Y$  :  $Y = m(F'(X))^{-1}(m(X))$  は  $X$  の中点

$y$  : interval  $X$  に含まれる実ベクトル

である。

$X_0$  が(13)式の条件を満たさなかった時で、

1.  $X_0$  の  $[t_0, t_1] = \phi$
2.  $K(X_0, m(X_0), m(F'(X_0))^{-1}) \cap X_0 = \phi$
3. 既に解が見つかり、その解がこの interval よりも光線の始点  $P_0$  に近い

という場合は、この区間  $X_0$  内には解がないか、または、より光線の開始点に近い解が既に見ついている場合なので、 $X_0$  に関しての処理を行わない。それ以外の場合には  $X_0$  を4分割して、存在範囲を計算し部分領域について、上記のチェックを繰り返せばよい。

##### 4-3 レイトレーシング

Gregory パッチの分割を利用したレイトレーシングのアルゴリズムを次に示す。

1. 光線ベクトルを決定する。
2. 各パッチについて、光線ベクトルとのラフチェックを行う。
3. 2で得られたパッチに対して、
  - (a) Gregory パッチを有理 Bézier パッチに変換する。
  - (b) 有理 Bézier パッチの interval analysis を行う。これにより、(13)式の条件が成立した場合は3dへ、また、4-2節で述べた交点計算を行わずによい条件が成立している場合はこのサブパッチの処理を終える。また、それ以外の場合は3cの処理を行う。
  - (c) 有理 Bézier パッチを分割して3bへ。
  - (d) interval 中から、適当な  $u_0, v_0, t_0$  をとってき、Newton-Raphson法を行って交点を求める。
4. 交点での反射光、透過光を求め、その輝度を計算し、陰影の計算を行う。

以上の処理によって、Gregory パッチのレイトレーシングができるようになった。図3に実際に Gregory パッチを含む物体をレイトレーシングした例を示す。



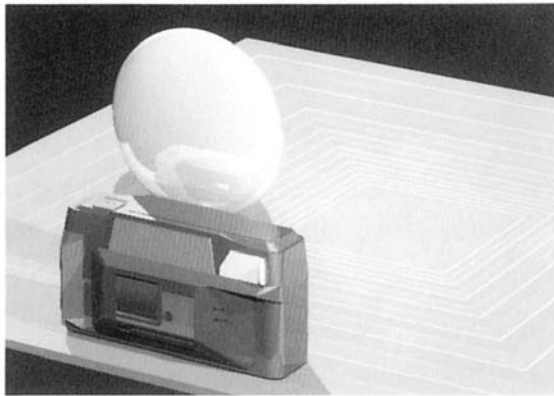


図3 Gregoryパッチのレイトレーシング例

## 5. Gregory パッチのシルエットライン

パラメトリックパッチのシルエットラインとは、パッチのパラメタ値  $u, v$  における法線ベクトルを  $N(u, v)$ 、この点から視点の方を見るベクトルを  $E(u, v)$  と置いた時、この2つのベクトルの内積  $N(u, v) \cdot E(u, v) = 0$  を満たす曲面上の線のことで、視点からパラメトリックパッチを見た時に尾根、または、谷になっている所である。

パッチ上のあらゆる点で、 $N \cdot E$  の値の正負を見ることにより、シルエットラインの存在を判定できる。すなわち、

1.  $N \cdot E > 0$
2.  $N \cdot E < 0$
3.  $N \cdot E > 0$  or  $N \cdot E = 0$  or  $N \cdot E < 0$

という分類のうち、1の場合は、パッチが視点の方を向いている場合で、2つの場合は、パッチが視点と反対の方を向いている場合で、3の場合は、パッチの一部が視点の方を向き、一部が視点と反対の方を向いている場合である。3の場合にシルエットラインが存在する。このとき、パッチを分割していき、3の条件を満たすサブパッチが十分に細くなるまで分割を繰り返す、 $N \cdot E = 0$  になるラインセグメントを計算し、それを接続すれば、シルエットラインは求められる<sup>8)</sup>。

### 5-1 4分木の生成

シルエットラインを求めるために、パッチ内の各点において、 $N \cdot E$  を求めたとき、その値が正負の両方を取りうるときは、パッチを4分割し、分割した各サブパッチについて、この条件が成り立ち、かつ、サブパッチが十分小さくなるまで、この処理を繰り返す。また、この処理で  $N \cdot E$  の値が必ず正、または、必ず負のときは、分割をしない。

この処理により、生成される分割されたパッチの例と、それを管理する4分木構造を図4に示す。

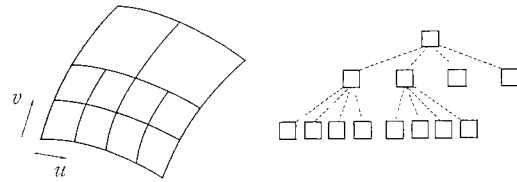


図4 分割したパッチの例とそれを表わす4分木構造表

### 5-2 ラインセグメントの計算

5-1節で計算したサブパッチの cell で、シルエットラインを持つ可能性があるものについて、その境界線上で、 $N \cdot E = 0$  となるパラメタ値を2分法で求める。この条件を満たす点が4つの境界線上で複数求まった時は、その点の間を結ぶ線分を、ラインセグメントとして、その cell のデータに加える。

### 5-3 シルエットライン・セグメントの接続

5-2節によって、4分木の cell がそれぞれシルエットラインになる線分を管理するデータ構造ができる。これらをつなげて一本のリストにしなければならない。そのためには、各 cell の持つラインセグメントを接続する処理を行う。

まず、ラインセグメントを持つ cell を見つけ、その近傍の cell を得て、その cell がラインセグメントを持つなら、ラインセグメントに相当するパッチのパラメタ値を比べて、2つのラインセグメントが接続されるかどうかを、チェックしながら接続していく。

例えば、図5のようなラインセグメントを持つ cell に対しては、上の方の cell と下の方の cell がこのラインセグメントに続くラインセグメントを持っていないかどうか調べ、持っていれば、リストにしてやればよい。

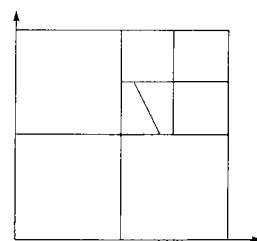


図5 パラメタ空間におけるサブパッチ及びラインセグメントの例

### 5-4 シルエットラインの精密化

5-3節によって、シルエットラインを構成するラインセグメントのリストができたが、そのパラメタ値は誤差を持っている。そこで、各ラインセグメントの端点を補正して、より正確な値にした上で、ラインセグメントの間の何点かを補正して、よりよい近似値を得るようにする。

図6に精度を上げていく様子を示す。

以上の処理によって求めた、Gregory パッチのシルエットラインの例を図7に示す。

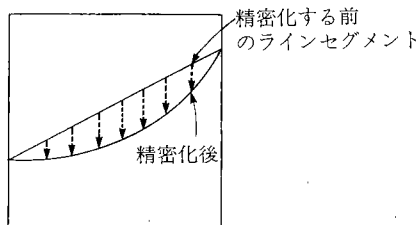


図6 シルエットラインの精密化例

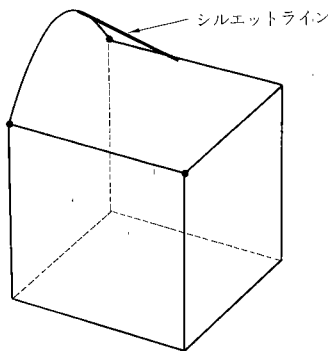


図7 Gregoryパッチのシルエットラインの例

## 6. Gregory パッチと平面の交線

Gregory パッチと平面の交線を求める処理は、Gregory パッチのシルエットラインを求める処理と同様である。ただし、シルエットラインを作成する際は、 $N \cdot E = 0$  となるパッチ上のパラメタ値をたどっていけばよかったのだが、平面との交線を求める場合は、この平面との距離が0になるようなパラメタ列を求めればよい。

平面と、Gregory パッチ上の点の距離の計算を高速に行なう為、切断する平面を  $Z=0$  に移す変換を施す。これにより、平面と Gregory パッチの距離は  $Z$  値を見ればわかる。以下に、手順を示すが、シルエットラインを求める手法とよく似ている。

1. 切断平面を  $Z=0$  に移す座標変換を Gregory パッチに適用する (図8)。
2. Gregory パッチを有理 Bézier パッチに変換する。
3. 有理 Bézier パッチを分割して、サブパッチの convex hull が  $Z=0$  と交わるときは、サブパッチ

が十分に平坦になるまで再帰的に分割を繰り返す、サブパッチの情報を4分木で管理する。

4. 各サブパッチ単位で、 $Z=0$  との交線を求める。
5. 分割されたサブパッチの cell が保持しているラインセグメントを接続する。
6. 交線情報の精密化を行う。

この処理を用いて Gregory パッチの等高線を求めた例を図9に、Gregory パッチを含む物体を切断した例を図10に示す。

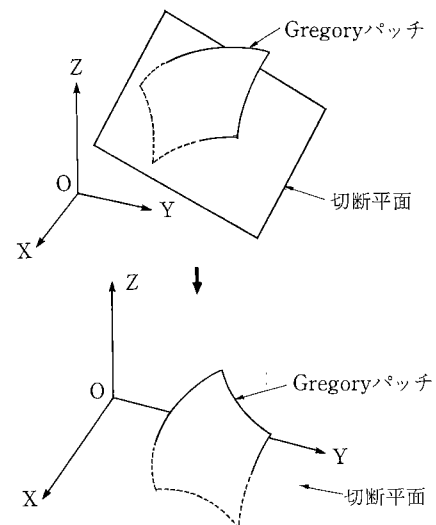


図8 切断平面の  $Z=0$  への変換

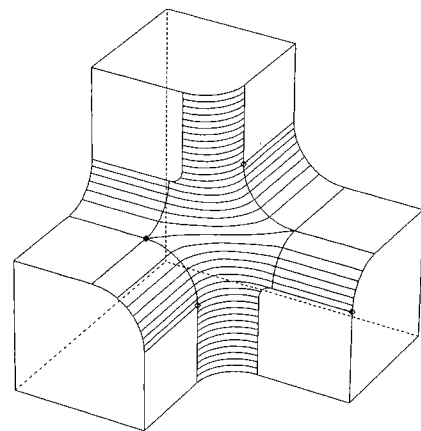


図9 Gregoryパッチの等高線の例

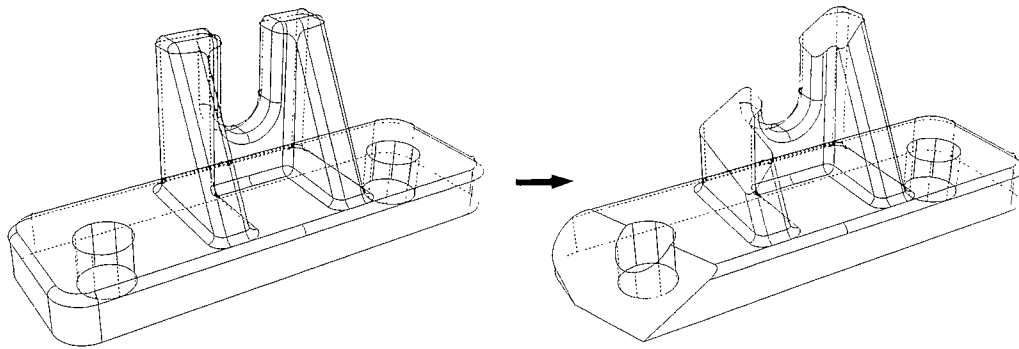


図10 Gregoryパッチを含む物体を切断した例

## 7. おわりに

Gregory パッチを有理 Bézier パッチに変換した上で分割する方法を開発した。これにより、Gregory パッチのレイトレーシング、Gregory パッチのシルエットライン、Gregory パッチと平面の交線を求めることができるようになった。

このように、この分割アルゴリズムを用いることによって、Gregory パッチの取り扱いに種々の応用範囲をもたすことができた。

また、これ以外にも Gregory パッチ間の集合演算等への応用が考えられよう。

## 参考文献

- 1) H.Chiyokura and F.Kimura : Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH 83), 17 (3), 1983, p.289-298
- 2) E.Beeker : CAD, 18 (4), 1986, p.224-232
- 3) S.T.Tan and K.C.Chan : CAD, 18 (8), 1986, p.411-423
- 4) A.J.Schawartz : SIAM Conference on Geometric Modeling and Robotics, July 1985, Albany, N.Y.
- 5) T.Whitted : Comm. ACM, 23 (6), 1980, p.96-102
- 6) D.L.Toth : Computer Graphics (Proc.SIGGRAPH 85), 19 (3), 1985, p.171-179
- 7) T.R.McCalla : *Introduction to Numerical Methods and FORTRAN Programming* (John Wiley and Sons, 1967)
- 8) P.A.Koparkar and S.P.Mudur : CAD, 18 (4), 1986, p.193-206

# 輪郭畳み込みによる輪郭ベクトル文字発生法

The Outline Vector Font Generation Method by Outline Convolution

渡辺 澄夫\*

Sumio Watanabe

## 要 旨

少ドット文字から輪郭ベクトル文字を全自動で高速に作る方式を開発した。この方式により文字変倍における字体悪化を防ぐことができ、またラスタ文字から輪郭ベクトル文字を自動的に作ることができる。この方式の特徴は、デジタル図形の性質を利用した輪郭解析と二項分布の局所畳み込みとにある。具体的な処理は単純かつ高速である。

## ABSTRACT

We developed a method by which an outline vector font is generated from a few-dots font automatically and quickly. This method prevents the enlarged font from shape degradation and converts any raster font into an outline vector font without operator intervention. One feature of this method is analysis of outline using the property of digital figures and another is local convolution of binomical distributions. The implemented process is simple and fast.

## 1. 背景と目的

文字の輪郭線や芯線を座標表現したベクトルフォントは、文字図形の拡大、縮小、回転などの処理が容易にできることから、デスクトップパブリッシング (DTP) に不可欠のものになりつつある。しかし、従来のベクトルフォントは多ドット文字を基に少ドット文字を構成するトップダウン方式であり、使用頻度の多い少ドット文字ほど量子化ノイズのため悪化するという根本問題があった。(これは、特に文字が漢字の場合に著しい。) 一方、少ドット文字を基本にして拡大平滑化により多ドット文字を構成するボトムアップ方式は、いわゆる「ワープロ文字」と呼ばれる拡大文字の品質が問題であった。

そこで本研究では、図1のような少ドット文字から高品質のベクトルフォントを全自動で高速に作る方式を開発することにより、従来の問題点を解決することを試みた。図2は本研究の方式によって図1の図形から作られた文字である。

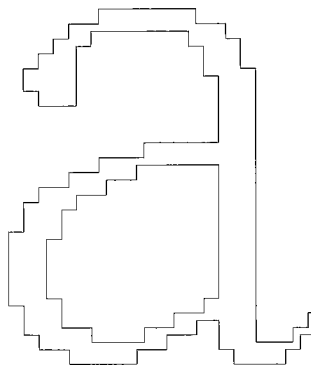


図1 48ドットの輪郭線

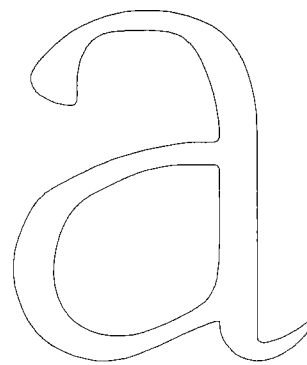


図2 本方式の結果

## 2. 技術の特徴

### 2-1 概略

まず、本研究の概略について述べる。

ボトムアップ方式の拡大フォントを高品質で高速かつ全自動に構成するために、次の方法を用いた。

- (a) 四方向進行の輪郭を利用する。
- (b) デジタル図形の性質を利用して輪郭線の角、直線、曲線の判断を行う。

\* 中央研究所 情報エレクトロニクス研究センター  
Information Processing & Electronics Research Center,  
Research & Development Center.

(c) (b)の結果に基づいて、局所的に最もふさわしい二項分布の畳み込みを行う。  
 手続きを実行する際のアルゴリズムを図3に示す。

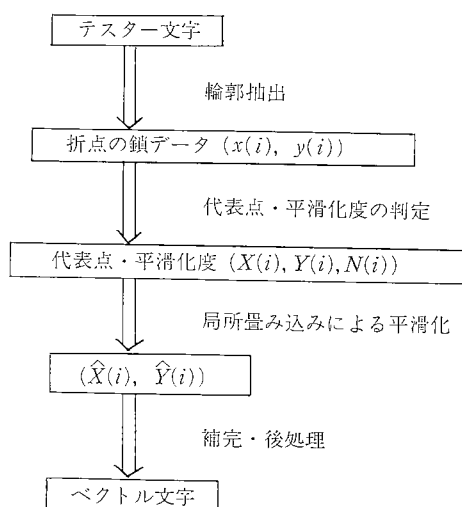


図3 本方式のアルゴリズム

平滑化の目的のために正規分布の畳み込みを利用する方法は、これまでも知られているが、畳み込みを一行に行うと字形が崩れてしまう。そこで、あらかじめ畳み込みを行う場所の局所的な性質（角、直線、曲線など）を調べておき、その結果に基づき局所的に最適な二項分布を畳み込む方法が本方式の第一の特徴点である。また、輪郭線の局所的な状況を判定するためにデジタル図形の基本的な性質を利用していることが本方式の第二の特徴点である。

## 2-2 方法

次に各手続きの具体的な方法について述べる。

### 2-2-1 輪郭抽出

ラスタ文字から輪郭線を取り出し、輪郭線が折れている点（以下これを折点と呼ぶ）の座標を右回りの順に鎖データとして取り出し、これを

$$P(i) = (x(i), y(i))$$

とする。

### 2-2-2 代表点と局所状況の判定

折点のデータから、各点の近傍が角、直線、曲線のどれに属するかの判定を行い、その結果に基づいて以後の平滑化に使われる代表点とその点の平滑化度を決定する。この手続きで得られる代表点を  $Q(j) = (X(j), Y(j))$ 、その点の平滑化度を  $N(j)$  とおく。 $X(j)$ 、 $Y(j)$ 、 $N(j)$  の決め方は次の通りである。

簡単のため、基本となるラスタ文字を構成しているデジタル座標の単位長さを1とし、点  $P(i)$  と  $P(i+1)$  のユークリッド距離を  $D(i)$  とおく。

(a)  $D(i-1) \geq 2$  かつ  $D(i) \geq 2$  のとき。

$P(i)$  は角の点である。 $Q(j) = P(i)$ 、 $N(j) = 0$  とおく。また、図4のように点  $Q(j')$  を補完点として挿入し、 $N(j') = 1$  とおく。

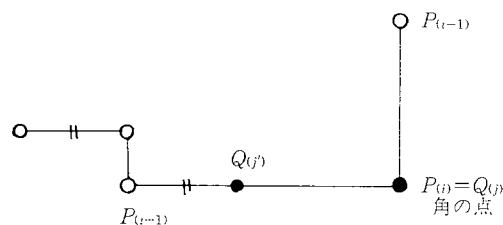


図4 角の検出

(b) (a)以外するとき。この場合点  $P(i)$  の近傍では長さ1の線分が交互に現われる。そこで、長さの変化する方の線分の現われかたを追跡し、その変動が1以内で揺らいでいるか（一定の場合も含む）、あるいは単調増加（減少）かを判定する。

(b.1) 一定あるいは揺らいでいるとき。（図5）

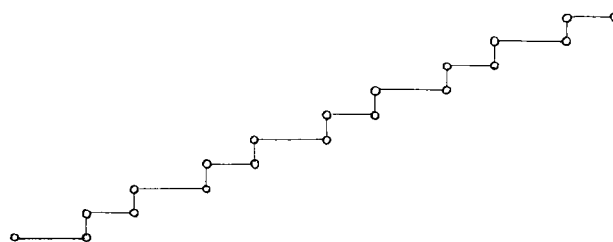


図5 直線の検出

$P(i)$  は直線に含まれた点である。代表点は選ばれない。

(b.2) 単調増加（減少）のとき。（図6）

$P(i)$  は曲線に含まれた点である。交互に現われる長さ1の線分の midpoint を  $Q(j)$  とし、 $N(j)$  としては、上記の二つの場合に至るまで（その曲線から抜け出るまで）の代表点の個数を選ぶ。

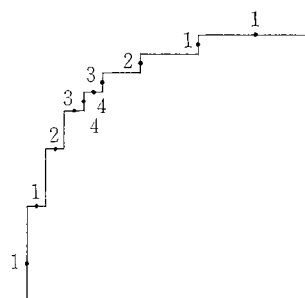


図6 曲線上の代表点とその平滑化度

なお、実用上は検出すべき直線は十分長いものだけでよいので (b.1) の判定は十分遠くまで一定あるいは揺らいでいる場合だけでよい。

この判定で得られた代表点を直線で結ぶと図7のようになる。拡大率が2以下のときは、この図形のままだが最も良く、以後の平滑化を行うとデジタルノイズが現われるのでここで手続きを止める。そうでないときは以下の手続きを続行する。

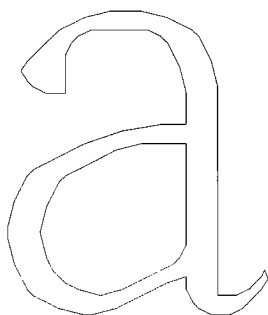


図7 第一平滑化

### 2-2-3 二項分布の局所畳み込み

上記のようにして得られた  $(X(j), Y(j), N(j))$  から平滑化後の代表点  $(\hat{X}(j), \hat{Y}(j))$  を次のように定義する。

二項分布  $fn(j) = \sum_{i=0}^{N(j)} C_{N(j)}^i / 2^{N(j)}$  を用いて

$$\hat{X}(j) = (X * f)(j)$$

$$\hat{Y}(j) = (Y * f)(j)$$

ここで、上の二式は

$$(X * f)(j) = \sum_{k=0}^{N(j)} X(N(j)-k) f_{N(j)}(k)$$

関数  $fn(j)$  は  $n$  によって変わる二項分布で  $n=0$  のときはクロネッカーのデルタ  $\delta_{n,j}$  であり、 $n$  が大きくなるにつれて裾野の広い正規分布に近づく。

ここで、二項分布の畳み込みを行うことは、ローパスフィルタを  $X, Y$  座標ごとにかけていることに対応している。

この変換によって新しい代表点は滑らかに並べ替えら

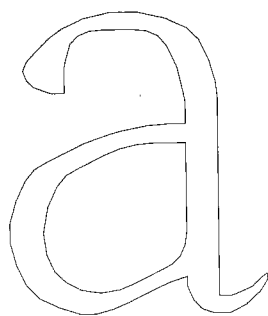


図8 第二平滑化

れる。図7の図形にこの変換を施すと図8のようになる。

### 2-2-4 後処理

上記の平滑化法は代表点の数を増やさないで、拡大率が大きいときは一本の線分の長さが長すぎるため角が目立ってしまう。そのようなときは拡大率によって代表点の数を増やすことによって直線補完する。あるいは、各点をスプライン曲線で結んだり、円のあてはめを行ってもよい。

またこれまでの平滑化法では、平滑化度が0と判定された点は変化しないので非常に尖って見える場合が多い。そこで、一番最後にそれらの点に小さな丸みを付けてもよい。特にローマ字やひらがななど曲線の多い文字は角の丸めを行ったほうが視覚特性に合うようである。

これらの後処理を行うと図2のようになる。

### 2-3 結果

同じアルゴリズムを漢字について行った結果が図9である。C言語のプログラムで本方式をリコーのパソコンTS-5で実行した場合、48\*48ドットのラスタ文字から任意の大きさに変換し中を塗り潰すまでに約1秒である。なお、全アルゴリズムは整数だけで (long int や float の計算を用いることなく) 実行できる。現在、リコーのレーザープリンタ LP4080のROMに載せて拡大文字印字用として試用している。サンプルを図10に挙げる。

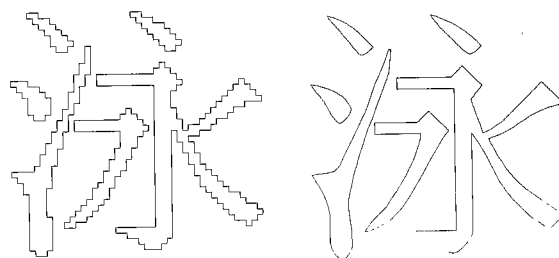


図9 漢字の場合のオリジナルと処理結果

abcdefghijklmnopqrstuvwxyz  
abcdefghijklmnopqrstuvwxyz  
応用例  
応用例

図10 レーザープリンタの印字結果

## 2-4 考察

本研究は、ボトムアップ方式によってベクトルフォントを(a)高品位に(b)全自動で(c)高速に作ることを目標として行った。各々の目的について結果を考察する。

(a) 得られたフォントの品位について。

本方式で構成される文字の品位はオリジナルのラスタ文字の形に依存しているので、 $48 \times 48$ から作られた字体は最初からベクトルとして設計された字体には及ばない。ただし拡大率が小さいときは、ベクトルフォントでは量子化ノイズが現われるので、本方式の字体のほうが優れている。従来のボトムアップ方式の字体と比べれば、本方式の結果は非常に優れている。

(b) 自動的かどうか

これまでに示した字体ならば全自動で構成できる。通常文字輪郭線の平滑化という場合、角の点は人の判断によって与えられる場合が多いが、本方式ではデジタル図形の性質に着目することによってこの点を克服した。

もっと良い字体、例えばアウトラインフォントそのものの作成に应用する場合には、人の手による補正が必要である。

(c) 速度について

時間が問題になるのは拡大文字だけであるが、1文字1秒では遅すぎる。大半の時間は最初の輪郭抽出と最後の内部の塗り潰しにかかっているので、この二つの手続きを高速化する必要がある。本研究の主要部の字体平滑化の部分は非常に高速である。また、アウトラインフォントの作成の補助として使われる場合は、作業時間を大幅に短縮することができる。

## 3. 成果

ボトムアップ方式によって、少ドットのラスタ文字から多ドットのベクトル文字を高品質に全自動で高速に構成する方式を開発した。この方式によって拡大の結果現われるいわゆる「ワープロ文字」のような品質悪化を防ぐことができ、またベクトルフォント作成の効率アップをはかることができる。また、この方式によって作られたベクトル・フォントは、印字の際のラスター化において字体の悪化が少ないという特長がある。

## 4. 今後の展望

本研究により、非常に単純なアルゴリズムでも少ドット文字から多ドット文字が構成できることが明らかになった。より良い字体を得るためには、デジタル曲線の曲率によって平滑化法を変える必要があるように思われる。また、対象としている文字の字体（明朝体、ゴシック体など）の特徴を利用する方法も今後の課題である。

最後に、本研究において懇切な御指導をいただいたリコー中央研究所の村山登技師長に感謝いたします。

### 参考文献

- 1) 村山, 渡辺: 画像電子学会, 第16回全国大会予講集, 1988, p. 117.
- 2) 大野: コンピュータソフトウェア, 5 (1), 1988, p.52.
- 3) 森, 板倉: 画像認識の基礎[1](オーム社).



# 競合モデルに基づくソフトウェア信頼度モデルの母数推定

Estimation of Software Reliability Parameters for Two Independent Competing Risks Model

石岡 恒憲\*

Tsunenori Ishioka

## 要 旨

ある1つの系に対し複数個の故障を引き起こす独立な要素が存在し、各要素に対する発見時刻(寿命)が決まっているとき、系の寿命が各要素の寿命のうち最も短い寿命で決まるモデルを競合モデルと呼ぶ。各要素が引き起こす故障はソフトウェアではバグに相当する。本稿では競合モデルに基づき、複数の原因系の分布の形状が異なっている場合、それらを分離してそれぞれの分布の母数を推定する方法について報告する。本推定法は、1) 競合するバグ原因が特定できなくても母数が推定でき、2) 数値的に安定して解が求まる、という長所がある。ここでは2要素から構成される直列系で、しかもそれぞれの要素の分布が異なった形状母数を持つ Weibull 分布のみを対象とし、混合モデルとの比較・検討を試みた。この結果、混合 Weibull 分布に比べ比較的少ない観測数でも、総バグ数の推定値がほとんど変わらないことがわかった。

## ABSTRACT

In competing risks models, the operational life-time of a system is determined by minimum one of independent elements that compose the system. The failure of each elements corresponds to an unacceptable departure of program operation from requirements when the system is a software product. This paper presents a technique to estimate parameters of competing risks model with different shape parameters. This technique is useful for: 1) analysing common kinds of failure data, and 2) estimating parameters of assumed distribution. In this report, a series system composed of two elements is assumed. Their distribution of operational life-time are Weibull with different shape parameters. We compared the results with mixed risks model. It is concluded that the number of total bugs can be estimated invariably with fewer observation data than the mixed Weibull distribution's.

## 1. はじめに

ソフトウェアのテスト工程には動作確認・受け入れ(validation & acceptance)、統合(integration)、予備実験(pre-operation exercise)などの幾通りかのフェイズが、段階的に存在する。したがって発見されるソフトウェアのバグは、そのときのテスト・フェイズによってのみ引き起こされる原因と、それ以前のフェイズによって引き起こされる原因とが競合して、発見されると考

るのが妥当であろう<sup>1)</sup>。

このため、テスト・フェイズの進行に伴い競合的にバグが発見される場合、幾つかのソフトウェア信頼度モデルの比較・検討を論じた論文<sup>1)</sup>が発表されている。

ところが比較・検討の対象となった i) Schick-Wolverton model, ii) Jelinski-Moranda model, iii) Weibull model はいずれも単一の信頼度モデルであって、競合モデルに基づいたモデルではない。また混合モデルに基づいた Weibull モデルが、単一の Weibull モデルにくらべて適合の良いという事例<sup>2)</sup>も発表されているが、本来、競合するソフトウェア・バグに適用すべきではないと考えられる。

\* ソフトウェア研究所第5研究室

The 5th Laboratory, Software Research Center

そこで本稿では競合モデル<sup>3,4)</sup>に基づき、複数の原因系の分布の形状が異なっている、それらを分離して分布の母数を推定する方法について報告し、混合モデルとの比較・検討を行なう。

## 2. モデルと記号の定義

### 2-1 記号の定義

本稿で用いる記号は以下のとおり定める。

$t$	バグ発見時刻
$N$	総バグ数
$n$	観測打ち切り時点での発見バグ数
$k$	バグを引き起こす要素, $k=1$ or $2$
$m_k, \eta_k$	要素 $k$ の従う Weibull 形状母数 $m_k$ と尺度母数 $\eta_k$
$f_k(\cdot), F_k(\cdot), R_k(\cdot), h_k(\cdot), H_k(\cdot)$	要素 $k$ の従う確率密度関数, 累積分布関数, 信頼度関数, ハザード関数, 累積ハザード関数 ( $H_k = -\ln R_k$ )
$t_i$	$i$ 番目の観測時刻 $0 < t_1 < t_2 < \dots < t_i < \dots < t_n$
$y_i$	$t_i$ の直前までに発見された累積バグ数

### 2-2 競合モデル

ある 1 つの系に対し複数のバグを引き起こす独立な要素  $k$  が存在し、各要素に対する発見時刻(寿命)  $x_k$  が決まっているとき、系の寿命  $X$  が寿命  $x_k$  のうち最も短い寿命, すなわち

$$X = \min(x_1, x_2, \dots)$$

で決まるモデルを競合モデルと呼ぶ。ここでは 2 要素から構成される直列系を考え、それぞれの要素のバグ発見分布が異なった形状母数を持つ Weibull 分布であるとす。バグの発見時刻のみが記録され、どちらの要素が引き起こしたバグかは判別できないものとする。要素  $k$  が互いに独立であるならば、系の寿命  $X$  の累積分布関数  $F$  は

$$F = 1 - (1 - F_1) \cdot (1 - F_2) \quad \dots\dots\dots(1)$$

と表わされる。よって、系の信頼度関数  $R$  は

$$R = R_1 \cdot R_2 \quad \dots\dots\dots(2)$$

となり、競合モデルとは直列システムと同一であることがわかる。したがって互いに競合する 2 要素からなる系の累積ハザード関数  $H(t)$  は、各々の要素に 2 母数 Weibull 分布を仮定すると、

$$H(t) = H_1(t) + H_2(t) = (t/\eta_1)^{m_1} + (t/\eta_2)^{m_2} \quad \dots\dots\dots(3)$$

と書ける。また平均値関数  $g(t)$  は

$$g(t) = N \cdot \{1 - R(t)\} = N \cdot \{1 - \exp[-H(t)]\} \quad (4)$$

となる。

### 2-3 従来提案されたモデル

Schick と Wolverton<sup>1)</sup> が競合データに適用した信頼度モデルの信頼度関数  $R(t_i)$  は、それぞれ以下の通りである。

(i) Schick-Wolverton model

$$R(t_i) = \exp[-\Phi \cdot \{N - (i-1)\} \cdot t_i^2/2] \quad \dots\dots\dots(5)$$

(ii) Jeliski-Moranda model

$$R(t_i) = \exp[-\Phi \cdot \{N - (i-1)\} \cdot t_i] \quad \dots\dots\dots(6)$$

(iii) Weibull model

$$R(t_i) = \exp[-(t_i/\eta)^m] \quad \dots\dots\dots(7)$$

(i), (ii), (iii) のいずれのモデルも、バグの平均値関数  $g(t)$  はその信頼度関数を用いて

$$g(t) = N \cdot \{1 - R(t)\} \quad \dots\dots\dots(8)$$

と書ける。

上記 3 つのモデルは単一のモデルであり、競合モデルに基づいたモデルではない。したがって、これら 3 つのモデルの比較はモデルの正当性の比較というよりも、むしろ母数を種々に変えたときに分布形がいかに柔軟に変化するかを比較しているといえる。また競合モデルに比べると母数の数がかなり少ないので、競合モデルとの比較は妥当ではない。よって本稿では、後述する Weibull 分布を仮定した混合モデルとの比較のみを行なう。

(iv) 混合モデル<sup>3)</sup>

単一の曲線を複数個重ね合わせるモデルをいう。要素  $k$  が互いに独立であるとす、各々に Weibull 分布を仮定するとバグの平均値関数は

$$g(t) = N_1 \{1 - \exp[-(t/\eta_1)^{m_1}]\} + N_2 \{1 - \exp[-((t-\gamma)/\eta_2)^{m_2}]\} \quad \text{(ただし } t < \gamma \text{ のとき } N_2 = 0) \quad \dots\dots\dots(9)$$

で示される。

## 3. 競合モデルでの諸母数推定

### 3-1 最尤推定法

テスト時刻  $t$  までに発見される累積バグ数を表わす計数過程を  $\{c(t), t \geq 0\}$  により定義すると、

$$\{c(t_1) = y_1, c(t_2) = y_2, \dots, c(t_n) = y_n\} \quad \dots\dots\dots(10)$$

の同時確率関数(尤度関数)は

$$L = \exp[-g(t_n)] \sum_{i=1}^n \frac{\{g(t_i) - g(t_{i-1})\}^{(y_i - y_{i-1})}}{(y_i - y_{i-1})} \quad \dots\dots\dots(11)$$

となるから、(11)の対数尤度を最大とすることにより競合モデルの諸母数( $N, m_1, m_2, \eta_1, \eta_2$ )を求めることができる。混合モデルでも全く同様に、諸母数( $N_1, N_2, m_1, m_2, \eta_1, \eta_2$ )が推定できる。

最大化には準ニュートン<sup>5)</sup> (quasi-Newton) 法を用いる。準ニュートン法はニュートン法のもつ欠点である目的関数のヘッセ行列(Hessian)の逆行列の計算の手間や、その正值性の問題を解消する。ヘッセ行列の逆行列を逐次構成する公式には、DFP(Davidon-Fletcher-Powell)公式<sup>5)</sup>を用いる。また直線探索には2次形内挿法<sup>5)</sup>を用いる。

### 3-2 Kanie・Nonaka<sup>3)</sup>の方法

観測時刻  $t_i$  を

$$t_i = t_{i-1} \cdot T \cdots \cdots (12)$$

ただし、 $T(>1)$ は定数、 $t_1 > 0$

とする。Kanie・Nonaka<sup>3)</sup>によればこの2要素からなるハザード関数は

$$H(t_{i+2}) = (T^{m_1} + T^{m_2}) \cdot H(t_{i+1}) - T^{m_1} \cdot T^{m_2} \cdot H(t_i) \cdots (13)$$

となるから、適当な  $T$  を定めることにより、この関係式を用いて  $m_1 \neq m_2$  のときの分布の母数を推定する。

本来、この Kanie・Nonaka の方法は(13)を直線回帰に帰着させることにより、収束演算を含まず数学的に簡単に解が求まるという長所がある。ところがソフトウェア信頼度モデルにあてはめる場合には、標本数に対応する総バグ数自体が推定すべき母数となるため、見かけとは異なり線形モデルではない。

また問題によっては最小化の構造が悪くなり、数値的に安定して解が求まらないときがあることがわかった。さらに時間区間をいくつかの領域に分割したら良いかという問題も残っている。

Kanie・Nonaka の方法がソフトウェアの信頼度モデルにおいて線形推定にならない以上、適用する意義が特に存在しないので、本稿では競合モデルの推定法として用いない。

### 3-3 累積ハザード関数の非線形最小2乗推定

競合する2要素からなるハザード関数は、

$$H(t_i) = (t_i/\eta_1)^{m_1} + (t_i/\eta_2)^{m_2} \cdots \cdots \text{再掲(3)}$$

と記述される。一方、ハザード関数の経験分布(empirical distribution)は

$$H^*(t_i) = \ln(N/(N - y_i)) \cdots \cdots (14)$$

であるから、

$$m_1 > 0, m_2 > 0, \eta_1 > 0, \eta_2 > 0, N > n$$

の制約のもとで、

$$P = \sum_{i=1}^n \{ \ln H(t_i) - \ln H^*(t_i) \}^2 \cdots \cdots (15)$$

もしくは

$$P = \sum_{i=1}^n \{ H(t_i) - H^*(t_i) \}^2 \cdots \cdots (16)$$

の最小化によって諸母数が推定される。最小化には次章で述べる拡張ラグランジュ乗数法<sup>6)</sup>を用いる。

(15)の最小化はいわゆる Weibull 確率紙における縦軸方向の残差2乗和を最小とする。比較的后ろで観測されたデータを重視した母数推定値になるため、観測打ち切り以降のバグ予測に適した方法であると考えられる。一方、(16)の最小化は一般に、 $m_1, m_2 \geq 1$ により母数推定値に影響を与える観測データの部位が異なる。

## 4 非線形最小化のアルゴリズム

### 4-1 拡張ラグランジュ乗数法<sup>6)</sup>

拡張ラグランジュ関数を次のとおり定義する。

$$\begin{aligned} \mathcal{L} &= f(\mathbf{x}) \\ &+ \sum_{j=1}^p \frac{1}{r_j} \left[ \max \{ 0, g_j(\mathbf{x}) + \frac{r_j}{2} u_j \}^2 - \frac{r_j^2}{4} u_j^2 \right] \cdots (17) \end{aligned}$$

ここで、 $g_j(\mathbf{x})$ は非負の制約条件、 $p$ は制約条件数、 $r_j$ はペナルティ定数、 $u_j$ はラグランジュ乗数である。

競合モデルでは、 $f(\mathbf{x})$ に(15)または(16)をおき、

$$\begin{aligned} g_1(\mathbf{x}) &= -m_1, g_2(\mathbf{x}) = -m_2, g_3(\mathbf{x}) = -\eta_1, g_4(\mathbf{x}) = -\eta_2, \\ g_5(\mathbf{x}) &= n - N, p=5, \mathbf{x} = [m_1, m_2, \eta_1, \eta_2, N] \cdots (18) \end{aligned}$$

とおく。

### 4-2 数値解の安定性

競合/混合モデルにおいて、制約つきの非線形最小化問題を拡張ラグランジュ乗数法で解く場合の数値解の安定性について、以下のことがわかった。

拡張ラグランジュ乗数法ではペナルティ定数を各制約式に対し別々に定義し制約式のスケールリングを行なうので、問題の性質に応じてペナルティ定数の初期値を適当に定めれば、安定して解を求めることができる。しかし観測データから各制約式に対応する適当なペナルティ定数の初期値を選択するのは、通常、容易ではない。

ところが累積ハザード関数の非線形最小2乗推定においては、ペナルティが母数推定に影響を与える制約式は、たとえ存在しても  $N > n$  のみであることが多く最小化の構造が安定している。経験的にペナルティ定数の初期値  $r_{j(0)}$ 、およびその下限値  $r_j^*$  は

$$r_{j(0)} = 10, r_j^* = 1$$

に設定すれば、数値的には十分であることがわかった。

## 5. 適用例

適用例として観測データを Goel の論文<sup>7)</sup>より得て、累積バグ数を時系列にとり図1に実線で示す。

Goel は図1点線部で示されるような単一の指数型モデル (Weibull モデルにおいて  $m=1$  とおくと得られる) をあてはめて母数を推定しているが、 $t=10$  付近でコブが生じている。このようなコブは i) テスト・フェイズの変化, ii) テストの対象となるソフトウェアの部位の変化, iii) 新規追加, 変更部分の発生, などに起因すると考えられ、もしそうだとしたら、単一の曲線のあてはめは妥当ではない。事実、(5)~(7)式の単一の曲線では十分なあてはめができないことが確認された。

そこで Goel のバグデータに対して混合モデルまたは競合モデルを仮定し、両モデルのあてはめにより得られるバグ累積値を図2に示す。図からは混合/競合モデルのどちらのモデルが良く適合しているかは、判断しにくい。

そこで  $t=15$  までのデータしか存在しないと仮定して、それまでのデータから母数を推定し、推定したバグ推定値を図3に示す。また、総バグ数を示す母数である  $N_1, N_2, N$  の推定値の結果を、 $t=25$  のデータを用いた推定値と比較して表1に示す。これにより、混合モデルでは  $N_2$  が大きく違ってくることがわかる。一方、競合モデルでは最小2乗法で推定すると、バグの総数を示す  $N$

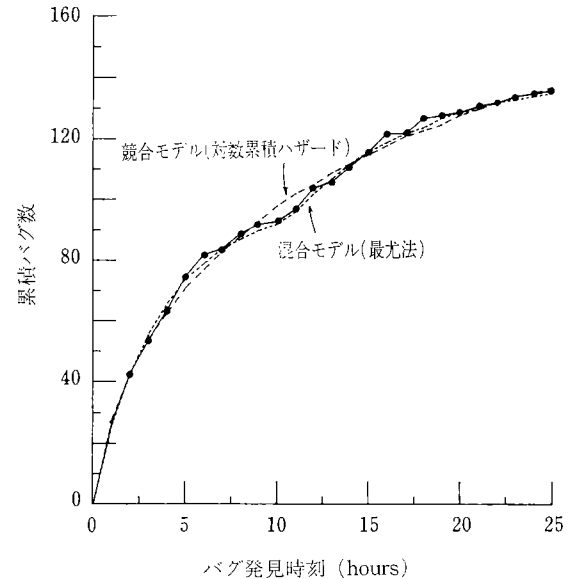


図2 競合モデルと混合モデル (完全データ)

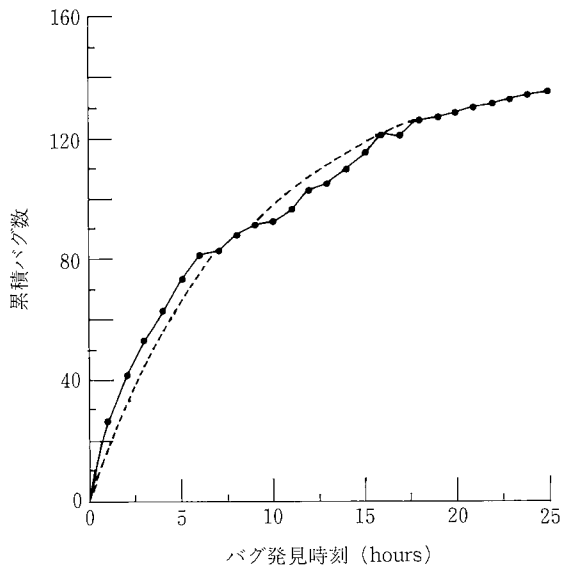


図1 累積バグ数

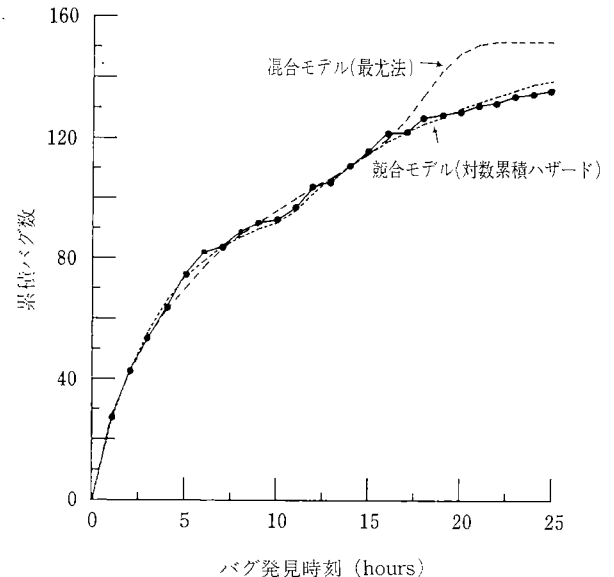


図3 混合モデルと競合モデル (打ち切りデータ)

が比較的変わらない。

表1 バグ数の推定値

使用した データ	混合モデル	競合モデル		
	最尤法	最尤法	最小2乗法	
			対数ハザード	ハザード
$t \leq 25$	$N_1 = 101.5$ $N_2 = 40.6$	$N = 137.2$	$N = 151.6$	$N = 155.0$
$t \leq 15$	$N_1 = 101.5$ $N_2 = 61.9$	$N = 119.5$	$N = 152.4$	$N = 150.7$

ここで興味深いのは、同じ競合モデルに基づいても総バグ数の最尤推定値と最小2乗推定値が10%も違ってくることである。この違いは、最尤法における尤度関数自体が累積バグ数を示す計数過程より導かれるのに対し、最小2乗推定法は累積ハザード関数、もしくはその対数より導かれる残差を対象とすることによると考えられる。

一般には最尤推定量はその漸近的性質のふるまいの良さ（一様最小分散不偏推定）から絶対視しがちであるが、その問題点の指摘<sup>9)</sup>もされている。本稿の場合でも最尤推定法では推定した総バグ数よりも多くのバグを発見するという危険があり、最小2乗推定法はそれを排除できる。

以上により両推定法の単純な比較は難しいものの、競合モデルに基づく最小2乗推定法が妥当であると考えられる。また本稿では2つの系の競合のみを考えたが、3つ以上の系についても容易に拡張可能であることを付記する。

## 6. まとめ

競合モデルに基づいて Weibull 母数を推定する手順およびその適用例について報告した。混合 Weibull 分布に比べ比較的少ない標本数でも、総バグ数の推定値がほとんど変わらないことがわかった。本推定法は、i) 競合するバグ原因が特定できなくても母数が推定でき、ii) 数値的に安定して解が求まる、という長所がある。

### 参考文献

- 1) Schick, G.J. and Wolverton, R.W. : IEEE Trans. on Software Eng., **SE-4**(2), 1978, p.104-120
- 2) 福島勝弘, 岸田陽二: 第14回日科技連 信頼性・安全性シンポジウム報文集, 1984, p. 407-412
- 3) Kanie, H. and Nonaka, Y. : IEEE Trans. on Reliability, **R-34**(1), 1985, p.53-56
- 4) 野中保雄: 東京理科大学経営科学研究, **3**(1), 1981
- 5) 福島雅夫: システムと制御, **24**(10), 1980, p.668-679
- 6) 稲葉博 他: 現代制御工学概論 (オーム社, 1980) p.264
- 7) Goel, A.L. : IEEE Trans. on Software Eng., **SE-11**(12), 1985, p.1141-1423
- 8) A.Sukert : IEEE Trans. on Reliability, **R-28** (2), 1985, p.199-205

---

# A Locking Mechanism for Doubly Linked B<sup>+</sup>-tree

Hiroyasu Kurose\*

---

## ABSTRACT

A modified B<sup>+</sup>-tree and a concurrency control mechanism in terms of "side lock" are newly introduced. The modified B<sup>+</sup>-tree solves a problem in the B<sup>+</sup>-tree, in which the sequential reader only goes left-to-right, and can't go right-to-left. On the modified B<sup>+</sup>-tree, leaves have double sequential link pointers and connect bidirectionally. The sequential reader can move in forward and reverse order. The new concurrency control mechanism for the modified B<sup>+</sup>-tree integrates the concurrency control mechanisms of sequential reader, updater and searcher. The mechanism is free from deadlock. The modified B<sup>+</sup>-tree and the concurrency control mechanism improve the storage and update speed of database systems.

## 1 Introduction

The B-tree data structure was proposed by Bayer and McCreight [1] for supporting the large index of dynamic random access files. The B\*-tree [5] and B<sup>+</sup>-tree [3,9] are the most important variants of the B-tree. The leaves of the B<sup>+</sup>-tree are linked to each other in order of key. The B<sup>+</sup>-tree supports both low-cost random access operation and low-cost sequential access operation. B<sup>+</sup>-tree are very suitable for database systems.

This paper describes a new variant of B<sup>+</sup>-tree especially well suited for use in a concurrent database system. The leaves on the variant can be accessed bidirectionally. This is called a *DL-B<sup>+</sup>-tree*. The structure improves the storage and update speed of database systems, because an index of the structure can be used as the reverse-order index. Moreover, the bidirectional access of reader is more useful for interactive access to databases.

In view of multiprocessing and multiuser environ-

ments in computer systems, it is unnatural and inefficient to restrict large databases to sequential operation. But if concurrent operations are allowed, many common problems associated with parallel computation will arise. Samadi [8] solved the concurrency problem on the B-tree. Bayer and Schkolnick [2] proposed a schema for concurrent access to B<sup>+</sup>-trees. Ellis [4] extended the work of Bayer [2]. Kwong and Wood [6,7] classified concurrency control mechanisms and proposed a new solution. The concurrency control mechanism of one-way lists isn't so difficult. But the concurrency control mechanism of two-way lists introduce problems such as deadlock. Because bidirectional links are used, usual concurrency control mechanisms aren't applicable. In order to maintain the correctness of this system, a new concurrency control mechanism is introduced. The locking mechanism integrates non-leaf locking schema and leaf locking schema. The distinctive feature of the mechanism is "*side lock*". Side locks keep readers off updated leaves. Side locks also keep the updater free from deadlock.

---

\* The 6th Laboratory, Software Research Center

## 2 Definition

**Definition 1** *DL-B<sup>+</sup>-tree (Doubly Linked B<sup>+</sup>-tree)*

Each node has at most  $2k+1$  keys. Each node except for the root and the leaves has at least  $k-1$  keys. When a non-leaf node has  $n$  keys, the node has  $n+1$  sons. The root has at least two sons, or else the root is a leaf. All leaves have at least one key. All the leaves lie on the same level. The keys of all of the data in the tree are stored in the leaves. The keys appear in the leaves in ascending order when read from left to right. All leaves (except the leftmost and rightmost leaves) have two sequential links. The links point to the left-side and right-side leaves.

**Definition 2** *i-safe, d-safe*

A node is *i-safe* if the node has less than  $2k+1$  keys. A node is *d-safe* if the node has more than  $k-1$  keys.

**Definition 3** *Current position*

*Current position* is set on a key on a leaf of DL-B<sup>+</sup>-tree. A sequential reader can access keys in leaves from the current position in order.

**Definition 4** *DL-insert*

Non-leaf node operation.

DL-insert is the same as for a B<sup>+</sup>-tree, with the addition of preparatory splitting, and balancing on non-leaf nodes. A non-leaf node is changed if the node has  $2k+2$  sons.

Leaf node operation.

If the leaf has  $2k+1$  keys, the leaf is split into two leaves. The sequential links on the leaf in question and its right-side leaf are relinked.

**Definition 5** *DL-delete*

Non-leaf node operation.

DL-delete is also the same as for a B<sup>+</sup>-tree, with the addition of preparatory operations on non-leaf nodes. A non-leaf node is changed if the node has  $k$  sons.

Leaf node operation.

If the leaf has only one key and the key is to be deleted, the leaf will be deleted and the sequential links on the right-side and left-side leaves are relinked.

**Definition 6** *DL-search, DL-movenext, DL-moveprev, DL-readcurrent*

**DL-search**

If the key is found on the DL-B<sup>+</sup>-tree, set current position on the key.

**DL-movenext**

Reader moves one position to the right. If the current position is the rightmost on the leaf, the right-side is read by using sequential link. That is the current position is moved to the leftmost key on the right-side leaf.

**DL-moveprev**

Reader moves one position to the left. This operation is the reverse of DL-movenext.

**DL-readcurrent**

Return key value on the current position.

## 3 Concurrency Algorithm

### 3.1 Lock type

This solution uses four types of locks:  $\rho$ -lock,  $\sigma$ -lock,  $\alpha$ -lock and  $\xi$ -lock.  $\rho$ -lock is the read lock.  $\sigma$ -lock is the read sequential link lock.  $\alpha$ -lock is the "side lock", i.e. the update sequential link lock.  $\xi$ -lock is the write lock. The compatibility of these locks is shown in Fig. 1.

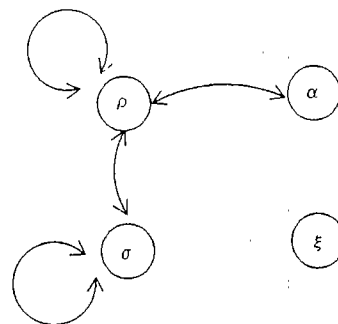


Figure 1 : Compatibility graph



### 3.2 Search algorithm

The search algorithm is the same as when searching on ordinary B<sup>+</sup>-tree. The searcher places a  $\varrho$ -lock on nodes from root to leaf. The lock on the father node is released after the lock on the son is placed. If the key found, searcher sets its current position to the found key and releases all locks except that on the leaf which includes the found key. After the search is completed, searcher may become the reader.

### 3.3 Deletion algorithm

On deletion, both side locks follow the ordinally update lock. The algorithm is as follows.

```

place  $\xi$ -lock on the root.
set root to current node.
if (root is leaf) {
    delete. (all node of DL-B+-tree is  $\xi$ -locked)
    return.}
LOOP:
if (the son of current node is leaf)
    goto LEAF.
place  $\xi$ -lock on son
if (son isn't d-safe) {
    place  $\xi$ -lock on appropriate-side brother of son.

```

```

    balance or merge sons
    release  $\xi$ -lock on the brother.}
if (son is rightmost on the current node) {
    if ( $\alpha$ -lock exists on the right-side uncle) {
        place  $\alpha$ -lock on leftmost son of the uncle.
        release  $\alpha$ -lock on the uncle. (See Fig. 2)}
    } else {
        if ( $\alpha$ -lock exists on the right-side uncle) {
            release  $\alpha$ -lock on the uncle.}
        place  $\alpha$ -lock on the right-side node of son.}
if (son is leftmost on the current node) {
    Similar to right most.}
release  $\xi$ -lock on current node
set son to current node.
go to Loop
LEAF:
place  $\varrho$ -lock on son.
If (key count in the son > 1) {
    place  $\xi$ -lock on son.
    delete.
    release all locks.
    return.}
place  $\alpha$ -lock on the right-side leaf. (See Fig. 3)
place  $\alpha$ -lock on the left-side leaf.
(the both-side leaves are the sons of current node or the

```

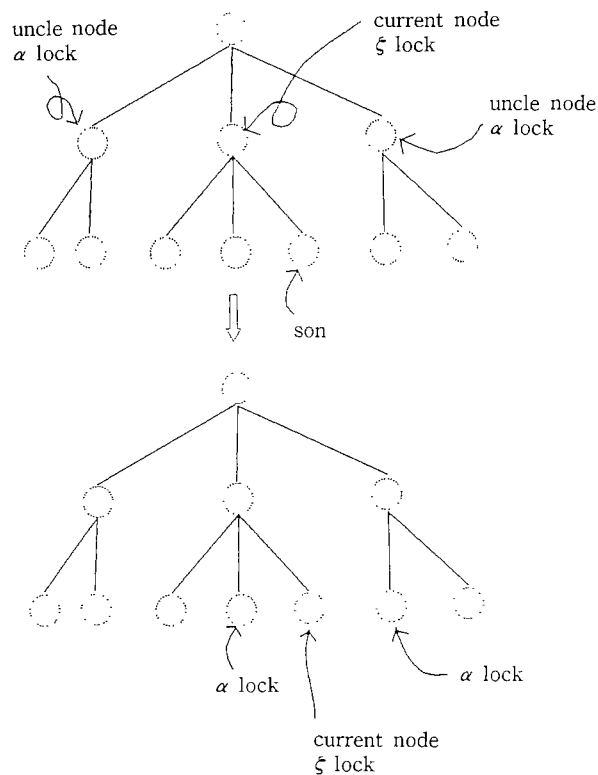


Figure 2 : Deletion on non-leaf nodes

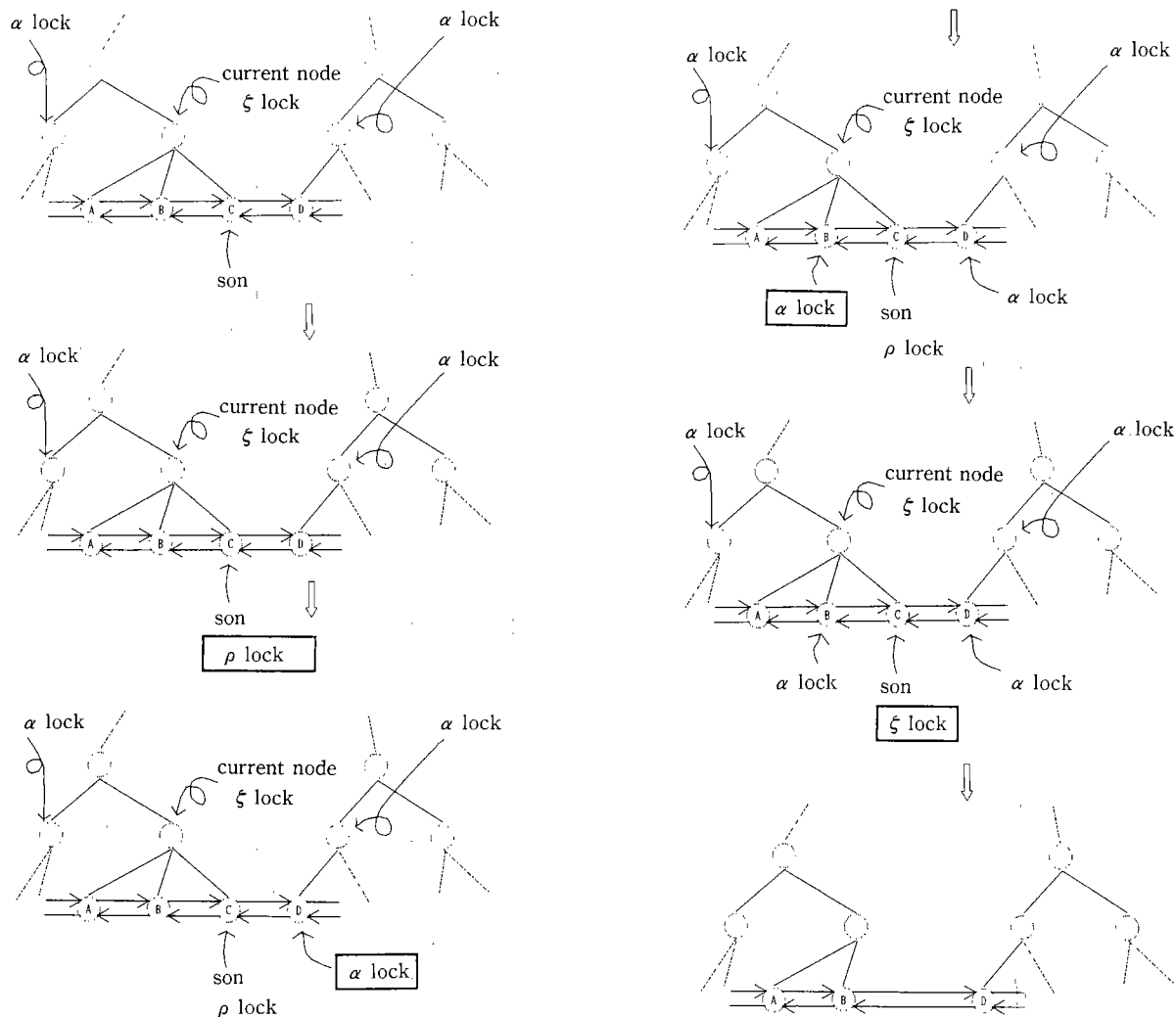


Figure 3 : Deletion on leaf nodes

sons of uncle nodes on which  $\alpha$ -lock is placed.)  
 place  $\xi$ -lock the son of current node.  
 delete the current node.  
 Relink sequential links on the both-side leaves.  
 release all locks.  
 return.

### 3.4 Insertion Algorithm

This algorithm is similar to deletion algorithm. See SRC technical report [10].

## 4 Correctness

Obviously, each operation preserves the properties of the DL-B<sup>+</sup>-tree when only one process operates. In order to prove the correctness of the system, the two following properties are needed.

1. Freedom from deadlock
2. Correctness of interaction

These two properties are proved in SRC technical report [10].

## 5 Implementation

The DL-B<sup>+</sup>-tree is already used in G-BASE. G-BASE has an entity called cursor, which is related to current position on the DL-B<sup>+</sup>-tree. Each tuple in a relation can be read in index order and in reverse order. G-BASE uses a reduced version of the concurrency control mechanism in this paper. In G-BASE,  $\alpha$ -lock and  $\xi$ -lock become  $\xi$ -lock,  $\rho$ -lock and  $\sigma$ -lock become  $\sigma$ -lock. The mechanism works with lower concurrency, but the sequential reader increases its speed.

## 6 Concluding remarks and future work

### 6.1 Concluding remarks

A new modified B<sup>+</sup>-tree called *DL-B<sup>+</sup>-tree* has been introduced. Its sequential reader can access bidirectionally. The concurrency control mechanism has the property that only a constant number of locks needs to be used by any process at any time. The mechanism also integrates the locks on index part and sequence set part on B<sup>+</sup>-tree and thus become free from dead-lock. The mechanism uses a new locking strategy called "*side lock*". Side lock prevents the sequential reader from entering leaves being updated.

### 6.2 Future work

In this paper, there is no discussion of a process that has two or more current positions. Even if such process is allowed, it works correctly according to the mechanism, but it may cause deadlock. How to adapt freedom from deadlock and high concurrency is an open problem.

## 7 Acknowledgements

The author would like to express his gratitude to Dr. Hideko Kunii for her invaluable suggestions. The author is grateful to Messrs. Katsumi Kanasaki, Atsushi Iizawa, Takuji Hosoi, Nobuhiro Ajitomi and Hiroshi Itoh for their helpful assistance and kind criticism.

## References

- [1] Bayer, R. and McCreight, E.: Acta Inf., (1) 1972, P.173-180.
- [2] Bayer, R. and Schkolnick, M.: Acta Inf. (9), 1977, P.1-21.
- [3] Comer, D.: Comput. Surveys, 11 (2), 1979, P.121-137.
- [4] Ellis, C. S.: Acta Informatica, 14 (1), 1980, P.63-86.
- [5] Knuth, D.E.: *The Art of Computer Programming*, (Addison-Wesley, 1973)
- [6] Kwong, Y. S. and Wood, D.: *Proc. ACM SIGMOD, International Conference on Management of Data*, (1980), P.207-213.
- [7] Kwong, Y. S. and Wood, D.: IEEE TSE., 8 (3), 1982, P.211-222.
- [8] Samadi, B.: Info. Process Letters, 5 (4), 1976, P.107-112.
- [9] Wedekind, H.: On the selection of access paths in a data base system, *Data Base Management*, (1974), P.385-397.
- [10] Kurose, H.: RICOH Software Research Center Technical Report, SRC-TR-87-02, 1987.

# RETEアルゴリズムの拡張とその形式的な記述

An Enhanced RETE Algorithm and Its Formal Description

安次富 伸浩\*  
Nobuhiro Ajitomi

## 要 旨

データの個数をかぞえる計数ノードを持ち、限量記号 ( $\forall$ ,  $\exists$ ) を含む論理式を扱うことができる拡張された RETE アルゴリズムについて報告する。このアルゴリズムの開発にあたっては、論理式と RETE ネットワークの中間言語にあたる『N 式』を考案し、N 式で表現した RETE アルゴリズムを変形するという方法をとった。本論文では、N 式の体系のもとでこの拡張 RETE アルゴリズムを記述し、その正当性をしめす。

## ABSTRACT

This paper presents an enhanced RETE algorithm, which is based on 'counter' nodes that count the number of data, and capable of handling formulas containing quantifiers ( $\forall$  and  $\exists$ ). To develop this algorithm, we first introduced 'N-expression', an intermediate language between logical formulas and RETE networks, then modified the RETE algorithm written in N-expression. In this paper, the enhanced RETE algorithm is described formally and its validity is proved under the system of N-expression.

## 1. はじめに

RETE アルゴリズムは、原子論理式の判定をするノード、トークンの流れを合流させるノード、およびトークンの流れを分岐させるノードを組み合わせてルールの条件部を評価するためのネットワークを構成する手法である。この RETE ネットワークの機能または性能を向上させる方法として新種のノードを導入するというアプローチがあり、判定ノードの否定を出力をもちいた高速化<sup>2)</sup>、ソートするノードによる記述力の向上<sup>3)</sup>などが試みられている。

文献<sup>1)</sup>の RETE ネットワークが扱う論理式は原則として原子論理式を  $\wedge$  (AND) で結んだものに限り、限量記号 ( $\forall$ ,  $\exists$ ) は極めて限られた形でしか使用できない。我々は、数をかぞえる『計数ノード』を導入することにより、限量記号 ( $\forall$ ,  $\exists$ ) を含む論理式を評価するネットワークの構成を可能とした。本論文ではこの拡張された RETE アルゴリズムを紹介する。

今回の拡張をおこなうにあたって、我々は論理式とネットワークのいわば中間にあたる記法『N 式』を考案し、N 式の体系のもとで拡張された RETE アルゴリズムを記述した。N 式は数学的な意味がはっきりと定義されていて変形規則の導出などがおこないやすい。また N 式とネットワークとの間には自然な対応関係が存在する。

以下、2 章では論理式および N 式に関する基本的な定義をおこない、3 章で N 式とネットワークの対応関係を述べる。4 章では計数ノードと忘却ノードを導入し、我々の拡張 RETE アルゴリズムを N 式の体系のもとで記述する。

## 2. N 式の定義

Univ をデータ全体の集合、Var を変数の集合とする。 $U \subset \text{Univ}$ ,  $V \subset \text{Var}$  に対し  $V$  から  $U$  への関数全体の集合を  $VA(V, U)$  であらわし、この元を  $V$  の上の代入という。特に  $U = \text{Univ}$  のときはこれらを  $VA(V)$  と書くことにする。 $W \subset V \subset \text{Var}$ ,  $x \in VA(V)$  のとき、 $x$  の定義域を  $W$  に制限して得られる代入を  $x/W \in VA(W)$  であらわす。また、 $V, W \subset \text{Var}$ ,  $V \cap W = \{\}$  のとき、

\* ソフトウェア研究所 第六研究室

The 6th laboratory, Software Research Center

$x \in VA(V)$  と  $y \in VA(W)$  に対し,  $(x \cdot y) \in VA(V + W)$  を

$$(x \cdot y) / V = x, (x \cdot y) / W = y$$

で定義する。

論理式  $\phi$  に対して,  $\phi$  のなかに自由にあらわれる変数全体の集合を  $FV(\phi)$  であらわすことにする。個々の述語記号  $p$  とデータ  $u_1, \dots, u_m \in U$  に対してその解釈

$$\text{Eval}(p(u_1, \dots, u_m)) = \text{True or False}$$

があたえられていると, 代入  $x$  における  $\phi$  の評価  $\text{Eval}(\phi, x, U)$  を次のように定義することができる。(ただし  $V = FV(\phi)$ ,  $x \in VA(V, U)$ ) なお, ここでは論理式を構成する論理記号として  $\wedge, \vee, \exists$  の3種のみを考えている。

- (1)  $\phi$  が原子論理式  $p(a_1, \dots, a_m)$  のとき:  $\text{Eval}(\phi, x, U) = \text{Eval}(p(a'_1, \dots, a'_m))$ 。ただし,  $a_i \in \text{Var}$  ならば  $a'_i = x(a_i)$ , さもなくば  $a'_i = a_i$ 。
- (2)  $\phi$  が  $\phi_1 \wedge \phi_2$  のとき:  $\text{Eval}(\phi_1, x, U), \text{Eval}(\phi_2, x, U)$  がともに True のとき  $\text{Eval}(\phi, x, U) = \text{True}$ 。さもなくば  $\text{Eval}(\phi, x, U) = \text{False}$ 。
- (3)  $\phi$  が  $(\forall W : \phi') \phi'$  のとき ( $W \subset \text{Var}, V \cap W = \{\}$ ): 『 $\text{Eval}(\phi', x \cdot y, U) = \text{True}$  ならば  $\text{Eval}(\phi, x \cdot y, U) = \text{True}$ 』が任意の  $y \in VA(W, U)$  に対し成り立つならば  $\text{Eval}(\phi, x, U) = \text{True}$ 。さもなくば  $\text{Eval}(\phi, x, U) = \text{False}$ 。
- (4)  $\phi$  が  $(\exists W : \phi') \phi'$  のとき ( $W \subset \text{Var}, V \cap W = \{\}$ ): 『 $\text{Eval}(\phi', x \cdot y, U) = \text{True}$  かつ  $\text{Eval}(\phi', x \cdot y, U) = \text{True}$ 』を満たす  $y \in VA(W, U)$  が存在するならば  $\text{Eval}(\phi, x, U) = \text{True}$ 。さもなくば  $\text{Eval}(\phi, x, U) = \text{False}$ 。

以上の定義から明らかなように,  $\phi$  が  $\forall, \exists$  を含まないならばその解釈は  $U$  に存在しない。このとき,  $\text{Eval}(\phi, x, U)$  のかわりに  $\text{Eval}(\phi, x, *)$  と書くことがある。

$\phi$  を真ならしめる代入の集合を  $\phi \langle U \rangle$  と書くことにする。すなわち:

$$\phi \langle U \rangle = \{x \in VA(FV(\phi), U) \mid \text{Eval}(\phi, x, U) = \text{True}\}$$

データの集合  $U$  を論理式  $\phi$  により検索することは, この記法のもとでは  $U$  から  $\phi \langle U \rangle$  を求めることに相当する。任意のデータを代入できる仮想的な変数  $u_b$  を考え  $V_b = \{u_b\}$  とおくと,  $U$  は  $VA(V_b, U)$  と同一視できる。あきらかに  $\phi \langle U \rangle$  は,  $VA(FV(\phi), U)$  の部分集合であるから,  $U$  から  $\phi \langle U \rangle$  を求めるという操作,  $\lambda U. \phi \langle U \rangle$  は  $VA(V_b)$  のべき集合から,  $VA(FV(\phi))$  のべき集合への関数とみなすことができる。このような考え方

に基づいて N 式を導入する。

【N 式】  $V_i, W \subset \text{Var}$  のとき,  $X_i \subset (V_i)$  に対し  $Y = R(X_1, \dots, X_m) \subset VA(W)$  をあたえるような関数  $R$  を入力チャネル  $V_1, \dots, V_m$ , 出力チャネル  $W$  の Network 式, あるいは単に N 式と呼ぶ。また  $U \subset \text{Univ}$  に対して

$$R \langle U \rangle = R(VA(V_1, U), \dots, VA(V_m, U))$$

と定義し, これを  $R$  による検索の結果と言う。任意の  $U \subset \text{Univ}$  に対し  $R \langle U \rangle = \phi \langle U \rangle$  が成り立つとき,  $R$  は  $\phi$  を評価するための N 式であると言う。

### 3. N 式と RETE ネットワーク

$R$  を  $m$  引数の N 式,  $r$  を  $m$  本の入力と 1 本の出力がある RETE ネットワークとする。 $r$  の各入力にそれぞれ集合  $X_i$  をトークン列にしてあたえると常に  $r$  の出力として  $R(X_1, \dots, X_m)$  をトークン列で表現したものが得られるとき,  $r$  を N 式  $R$  に対応するネットワークという。以下,  $R$  に対応するネットワークもやはり  $R$  であらわすことにする。

RETE には 2 種の基本的なノード, 判定ノードと合流ノードが用意されているが, これら基本ノードに対応する N 式を考えてみる。図1は原子論理式  $\omega$  のための判定ノードであるが, これに対応する N 式  $[\omega]$  は条件  $\omega$  による制限,

$$\begin{aligned} Y &= [\omega](X) \\ &= \{x \in X \mid \text{Eval}(\omega, x, *) = \text{True}\} \\ &(X, Y \in VA(V)) \end{aligned}$$

である。また図2のような合流ノードに対応する N 式  $[\text{join}]$  は natural-join の演算そのものになる。

$$\begin{aligned} Y &= [\text{join}](X_1, X_2) \\ &= \{y \in VA(V_1 \cup V_2) \mid y / V_1 \in X_1, y / V_2 \in X_2\} \\ &(X_i \in VA(V_i), W \in VA(V_1 \cup V_2)) \end{aligned}$$

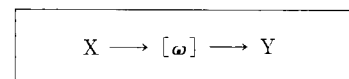


図1 判定ノード

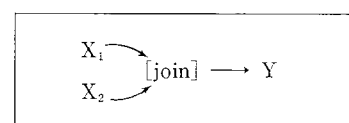


図2 合流ノード

次に図3のように  $R_i$  の出力を  $Q$  につないで作ったネットワークを考える。この N 式は

$$\lambda \langle a, b \rangle . Q(R_1(a), R_2(b)) = Q(R_1, R_2)$$

と書ける。このように、ネットワークの合成は N 式の(関数としての)合成に対応している。また、図4のように分岐を持つネットワークは、

$$\lambda a. Q(R_1(a), R_2(a))$$

と書ける。ここで、 $R_1 = R_2 = R$  であるならば、このネットワークは図5のようになる。これに対応する N 式は

$$\lambda a. ((\lambda b. Q(b, b))(R(a))) = (\lambda b. Q(b, b))(R)$$

である。(実際には、 $R_1$  と  $R_2$  が変数の置き換えを除いて等しい場合も類似の変形が可能である。)

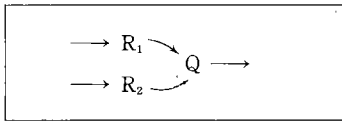


図3 ネットワークの合成 (その1)

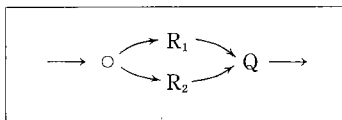


図4 ネットワークの合成 (その2)

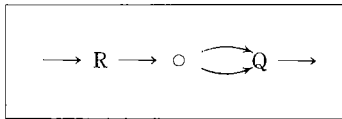


図5 ネットワークの合成 (その3)

図3→図4→図5のような変形, すなわちネットワークの縮約は, N 式においては  $\lambda$  記法を用いて重複する引数の共通部分式を消去するという操作になる。N 式の記法のもとで縮約アルゴリズムを記述することが可能である。

RETE アルゴリズムは基本的な2種のノード  $[\omega]$ ,  $[\text{join}]$  を組み合わせて論理式  $\phi$  を評価する ( $\phi \langle U \rangle$  を求める) ネットワークを構成する方法である。これは, N 式の体系では, 2種類の基本関数族  $[\omega]$  と  $[\text{join}]$  の合成として論理式を評価する N 式を求めることにあたる。

【構成法1】 $\omega_i$  が原子論理式でかつ  $FV(\omega_i)$  がすべて等しいとき,

$$[\omega_m](\dots([\omega_2](\omega_1)))$$

は,  $\omega_1 \wedge \omega_2 \wedge \dots \wedge \omega_m$  を評価するための N 式である。

【構成法2】 $Q_i$  が  $\phi_i$  を評価するための N 式であると

き,  $[\text{join}](Q_1, Q_2)$  は  $\phi_1 \wedge \phi_2$  を評価するための N 式である。

以上みてきたように, N 式と RETE ネットワークの間には自然な対応関係が存在し, 論理式  $\phi$  を評価する N 式の構成法という形で RETE アルゴリズムを記述することができる。得られた N 式を RETE ネットワークに翻訳するには, 判定, 合流の基本関数を基本ノードに, 関数の合成をノード間の結合に,  $\lambda$  記法を分岐ノードによるデータの分配にそれぞれ置き換えればよい。

#### 4. 拡張された RETE アルゴリズム

まず計数ノードと忘却ノード (の N 式) の定義をあたえる。

【計数ノード】 $V, W \subset \text{Var}, V \cap W = \{\}$ ,  $w \in \text{Var} - (V + W)$  のとき  $W$  に関する集計をおこなう計数ノード  $[w \leftarrow \# W]$  を

$$\begin{aligned} [w \leftarrow \# W](X_1, X_2) &= \{y \in \text{VA}(V + \{w\}) \mid \\ &y/V \in X_2, y(w) = \text{count}(X_1, y/V)\} \\ (X_1 \subset \text{VA}(V + W), X_2 \subset \text{VA}(V)) \end{aligned}$$

により定義する。ただし,

$$\begin{aligned} \text{count}(X_1, x_2) &= \text{card}(\{x_1 \in X_1 \mid x_1/V = x_2\}) \\ \text{card}(X) &= X \text{ の元の個数} \end{aligned}$$

【忘却ノード】 $V \subset \text{Var}, w \in \text{Var} - V$  とする。

$w$  に関する情報を消すための忘却ノード  $[w \leftarrow *]$  を

$$\begin{aligned} [w \leftarrow *](X) &= X/V \\ &= \{x/V \mid x \in X\} \\ (X \subset \text{VA}(V + \{w\})) \end{aligned}$$

と定義する

次に拡張 RETE アルゴリズムを N 式の構成法の形であたえる。

【構成法3】 $V$  と  $W$  は互いに素,  $V'$  と  $W$  は互いに素,  $w$  は  $V \cup V' \cup W$  に属さない変数,  $V + W = FV(\phi)$ ,  $V' + W = FV(\phi')$  とする。  $R_1, R_2, J_1, J_2$  を

$R_1 = (\phi' \text{ を評価する N 式})$

$R_2 = (\phi' \wedge \phi \text{ を評価する N 式})$

$C_1 = (\text{入力チャネル } V' + W, V', \text{出力チャネル } V' + \{w\} \text{ の計数ノード } [w \leftarrow \# W])$

$C_2 = (\text{入力チャネル } (V \cup V') + W, V \cup V', \text{出力チャネル } (V \cup V') + \{w\} \text{ の計数ノード } [w \leftarrow \# W])$

とくと,

$$Q = [w \leftarrow *](\text{join}(C_1(R_1, []), C_2(R_2, [])))$$

は論理式 $(\forall W : \phi') \phi$ を評価するN式である。

ただし $[]$ は恒真述語のための判定ノード(すなわち素通しのノード)をあらわすものとする。ここでは厳密な証明のかわりにごく簡単な説明をおこなう。定義に基づいて計算すると条件 $y \in Q \langle U \rangle$ と『 $\phi'$ を真ならしめる $y \cdot z$ の個数と $\phi' \wedge \phi$ を真ならしめる $y \cdot z$ の個数が等しい』は同値になる。これはさらに『 $\phi'$ を真ならしめる $y \cdot z$ はすべて $\phi' \wedge \phi$ を真ならしめる』ということと同値であり、結局

$$\text{Eval}((\forall W : \phi') \phi, y, U) = \text{True}$$

を意味している。

【構成法4】 $V$ と $W$ は互いに素、 $w$ は $V, W$ に属さない変数、 $V + W = \text{FV}(\phi' \wedge \phi)$ とする。 $R, C$ を

$$R = (\phi' \wedge \phi \text{ を評価する N 式})$$

$$C = (\text{入力チャンネル } V + W, V, \text{出力チャンネル } V + \{w\} \text{ の計数ノード } [w \leftarrow \# W])$$

とおくと、

$$Q = [w \leftarrow *][w \geq 1][C(R, [])]$$

は論理式 $(\exists W : \phi') \phi$ を評価するためのN式である。定義に基づいて計算すると、条件 $y \in Q \langle U \rangle$ と『 $\phi' \wedge \phi$ を真ならしめる $y \cdot z$ が(1個以上)存在すること』とは同値であるが、これはさらに

$$\text{Eval}((\exists W : \phi') \phi, y, U) = \text{True}$$

と言い直すことができる。

この拡張RETEアルゴリズムを実際にインプリメントするためには、トークン列を入出力とし計数/忘却ノードの機能をはたすようなオートマトンを作成することが必要だが、これは比較的容易である。実際にこのアルゴリズムを用いた試作エキスパートシステム<sup>4)</sup>が稼動している。

## 5. おわりに

計数ノード、忘却ノードの2種のノードを導入することにより、 $\forall, \exists$ を含む論理式の評価をおこなうネットワークを構成できることを示した。また、論理式とRETEネットワークの中間にあたる記法、N式を考案し、その体系のもとで前記の構成法を記述し、その正当性を証明することができた。

### 参考文献

- 1) Forgy, C.L.: Artificial Intelligence, (19), 1982, p.17
- 2) 荒谷, 百原, 田町: 情報処理学会論文誌, 7(28), 1987, p.768
- 3) Schor, M.I., Daly, T.P., Lee, H.S., and Tibbitts, B.R.: AAAI-86, 1986, p.226
- 4) 黒瀬, 安次富: 情報処理学会研究報告, 88-DBS-65-1, 1988



# 証明図を用いたプログラム変換

## A Program Transformation Method Based on Proof Transformation

中山 秀明\*

Hideaki Nakayama

### 要 旨

証明図の変換を利用するプログラム変換技法を開発した。この技法での変換操作は次のように進む：

1. プログラムを構成する個々の手続きを表わす証明図を作る。
2. 手続きの証明図を組み合わせることで、プログラム全体を表わす証明図を作る。
3. 証明図を変換し、変換後の証明図からプログラムを得る。

この技法の利点は、証明図を調べることで、変換操作によりプログラムの効率が上がるかどうかを、また、どのように変換操作を進めるべきかを、簡単に知ることができる点にある。

### ABSTRACT

A new program transformation method based on proof-transformation is proposed. In this method, the transformation process proceeds as follows:

1. Proofs representing sub-programs are constructed.
2. A proof of an entire program is constructed by combining the proofs of its subprograms.
3. The proof obtained by step 2 is transformed, and a resultant program is extracted from the transformed proof.

The advantages of this method are that by analyzing the proof of a program we can easily tell whether the program is transformed into an efficient one and determine how the transformation on the proof should proceed.

## 1. はじめに

プログラムの備えるべき性質として、分かりやすさと実行時の効率が良いことが挙げられるが、経験上、この2つの性質は相反することが多い。そのため、理解が容易だが効率の悪いプログラムを書き替えて効率を上げることが目的として、unfold/fold変換<sup>1)</sup>に代表されるプログラム変換の技法が提案され、実用規模のプログラムへの応用も試みられている<sup>2)</sup>。

しかし、現実のプログラムにプログラム変換を適用しようとする、「効率の良いプログラムに変換できるか」、

「変換できる場合、どのように変換規則を適用すればよいか」、を前もって知ることは困難であり、実際に変換規則を適用し、試行錯誤をせざるを得ない。

この問題の解決をめざすために、以下では、プログラムの持つ性質の証明を用いたプログラム変換技法を提案する。この技法は、あらかじめ、プログラムを構成する手続きが決まっている場合に、プログラムが変換できるかどうかの判定手段を与えるものである。また、変換できる場合、どのように変換操作を行えば良いかも知ることができる。

この技法の概略を述べると次のようになる：

1. プログラムを構成する個々の手続きの入出力の性質の証明図を作っておく。
2. プログラム全体の入出力の性質を、手続きの証明図を組み合わせてつくる。

\* ソフトウェア研究所 第六研究室

The 6th Laboratory, Software Research Center

3. 証明図を変換し、変換後の証明図からプログラムを復元する。

証明図が変換できるかどうか、また、どのように変換を行えばよいかは、証明図を調べることにより、実際に変換規則を適用することなく、簡単に知ることができる。

この論文では、以上述べた変換操作のうち、証明図の変換操作に焦点を当てることにする。証明図からプログラムを復元する技法については、例えば、文献4), 7)を参照されたい。

## 2. 論理体系

プログラム、手続きの入出力の性質を述べるための論理体系としては、論理体系  $ID^8)$  と同等の体系を用いる。この体系の推論規則は、次のような形をしており、

$$\frac{F_1 \dots F_n}{F}$$

論理式  $F_1, \dots, F_n$  が証明されれば  $F$  が証明されることを表わす。証明図 (演繹) は推論規則を積み重ねたもので、木構造になる。 $F, \dots, G$  を仮定し、 $H$  を導く証明図を以下に示されるように書くことにする：

$$\begin{array}{c} F \dots G \\ \downarrow \\ H \end{array}$$

推論規則は、論理記号に関する推論規則とプロダクションに関するものからなる。論理記号に関する推論規則は、直観主義論理  $NJ^9)$  と同じものを使う。プロダクションとは、次の形をしたものであり、

$$\frac{P_1(p_1) \dots P_n(p_n)}{P(p)}$$

(ただし、 $P_1, \dots, P_n, P$  は述語記号、 $n \geq 0$  とする。) プロダクションに関する推論規則には、プロダクション導入とプロダクション除去がある。プロダクション導入とは、プロダクションのインスタンスである。プロダクション除去は、数学的帰納法に対応する推論規則であり、次の形をしている：

$$\frac{\text{minor}}{P(p) \text{ deductions}} \frac{P(p)}{\Phi_P(p)}$$

ただし、各述語記号  $P$  に論理式  $\Phi_P(x_p)$  ( $x_p$  は異なる変数の列) が対応づけられており、minor deductions は、各プロダクション

$$\frac{Q_1(q_1) \dots Q_n(q_n)}{Q(q)}$$

に対する次のような演繹からできているとする：

$$\Phi_{Q_1}(q_1) \dots \Phi_{Q_n}(q_n)$$

↓

$$\Phi_Q(q)$$

なお、上の演繹において、各  $\Phi_{Q_i}(q_i)$  をプロダクション除去によって消去される仮定と呼ぶ。

この論理体系の性質として、次のことが挙げられる<sup>5)</sup>。

- 素論理式  $P(t)$  が証明されたとすると、その証明図を正規化することにより、プロダクション導入だけからなる  $P(t)$  の証明図を得ることができる。
- $\exists x F(x)$  が証明されたとすると、その証明図を正規化することにより、 $F(s)$  が証明できるような項  $s$  を得ることができる。

これらの性質により  $\forall x (F(x) \supset \exists y G(x, y))$  という論理式の証明図を、正規化によって、入力が  $x$  で出力が  $y$  であるプログラムとして実行することができる。また、文献4)のような方法により直接実行可能なプログラムを得ることもできる。このように証明図とプログラムを対応させると、プロダクション除去はループ、あるいは、関数の再帰呼び出しと見なすことができる。

## 3. 証明図の変換

この節では、証明図の中のプロダクション除去の数を減らす変換方法について述べる。従って、前節で述べたように証明図をプログラムに対応させると、この変換はループや再帰呼び出しを減らすことによってプログラムの効率化を行なうプログラム変換と見なすことができる。変換の対象となるのは次のような証明図である：

$$\frac{\begin{array}{c} \downarrow_1 \text{ minor} \\ P(p) \text{ deductions}_{s_1} (\dagger) \\ \Phi_P(p) \\ \downarrow_2 \\ Q(q) \end{array}}{\Psi_Q(q) \text{ minor deductions}_{s_2} (\ddagger)}$$

ただし、 $P, Q, R$  は述語記号であり、 $(\dagger)$ ,  $(\ddagger)$  の印が付いている所で用いられている推論規則は、プロダクション除去であり、 $\downarrow_2$  は、プロダクション導入もプロダクション除去も用いられていない演繹を表わしているとする。 $\downarrow_1$  で表わされている証明図が正規化されているとすると、上の証明図の正規化は、

(1)  $Q(q)$  を end formula とする証明図の正規化、

(2)  $\Psi_Q(q)$  を end formula とする証明図の正規化、

という2つの操作を、この順に行うか、(1), (2)の正規化の手続きを適当に組み合わせて行うことになる。

しかし、この変換過程には、無駄がある。つまり、(1)の操作により、 $Q(q)$  の正規化された証明図を得ても、結局は(2)の操作により別の正規化された証明図に変換されてしまう。この様子を詳しく調べてみると、 $Q(q)$  の正規

化された証明図の中のプロダクション導入は, *minor deductions*<sub>1</sub>の中に現れるプロダクション導入により生じたものであり, そのプロダクション導入は, (‡)のプロダクション除去の *minor deduction* に置き換えられて  $\Psi_Q(q)$  の正規化された証明図に変換されることがわかる。したがって, *minor deductions*<sub>1</sub> 中のプロダクション導入を (‡) のプロダクション除去の *minor deduction* に置き換えればプロダクション除去を1つにまとめることができる。

具体的には, 次のようにすれば, 上に示したような2つのプロダクション除去を1つにまとめることができる。まず, 論理式  $F$  に対し,  $F^*$  を次のように定義する:

- $P$  が述語記号のとき,  $P(p)^*$  は  $P(p) \wedge \Psi_P(P)$
- $\diamond$  が,  $\wedge, \vee$  のとき,  $(F \diamond G)^*$  は  $(F^*) \diamond (G^*)$
- $(F \supset G)^*$  は  $F \supset (G^*)$
- $Q$  が,  $\forall, \exists$  のとき,  $(Qx F)^*$  は  $Qx (F^*)$

次に, 述語記号  $A$  に論理式  $\Phi_A(x_A)^*$  が対応づけられたプロダクション除去を以下のように作る:

(†) のプロダクション除去の *minor deduction* の1つを

$$\begin{array}{c} \Phi_{A1}(a_1) \dots \Phi_{Am}(a_m) \\ \downarrow \\ \Phi_A(a) \end{array}$$

とする。この演繹の end formula である  $\Phi_A(a)$  を  $\Phi_A(a)^*$  で置き換え, これに伴い *minor deduction* の下から上に向かって論理式  $F$  を  $F^*$  に置き換えて行く。すると, 次の3つの場合を除くと正しく推論規則が適用された演繹を得る:

1. プロダクション導入

$$\frac{B_1(b_1) \dots B_l(b_l)}{B(b)}$$

の  $B(b)$  が  $B(b)^*$  に置き換えられたために,

$$\frac{B_1(b_1)^* \dots B_l(b_l)^*}{B(b)^*}$$

になってしまった場合。

2. プロダクション除去で消去される仮定  $F$  が  $F^*$  に置き換えられない場合。
3.  $\supset$ -導入規則によって消去される仮定  $F$  が  $F^*$  に置き換えられた場合。

これらの3つの場合は, 以下のようにすることにより解決することができる:

1. この場合は, プロダクションに対応する演繹が (‡) のプロダクション除去の *minor deduction* 中にあるので, これを用いて

$$\begin{array}{c} B_1(b_1)^* \dots B_l(b_l)^* \\ \downarrow \\ B(b)^* \end{array}$$

という演繹を作ればよい。

2.  $F^* \supset F$  が証明できるので, これにより解決ができる。
3. 論理式の構造に関する帰納法により,  $F \supset F^*$  が証明できるので,  $\supset$ -導入規則で消去される仮定を  $F$  にすることができる。

以上の操作により, この節の最初の部分に示した証明図は,

$$\begin{array}{c} \downarrow_1 \quad \text{minor} \\ \frac{P(p) \text{ deductions}_3}{\Phi_P(p)^*} \\ \downarrow_2' \\ \Psi_Q(q) \end{array}$$

という証明図に変換される。ただし,  $\downarrow_2'$  は  $\downarrow_2$  の演繹中の  $Q(q)$  を  $Q(q)^*$  に置き換え,  $\wedge$ -除去規則を付け足して得られる演繹とする。

以上の変換操作において, *minor deductions*<sub>1</sub>,  $\downarrow_2$  中の置き換えの対象となる論理式の位置は, パス<sup>8)</sup>によって定義でき, これは (†) のみに依存する。従って, パスを調べておくことにより, 変換操作の進め方を前もって知っておくことができる。また,  $F \supset F^*$  の証明には, プロダクション除去を使う必要があるので, 変換によってプロダクション除去の数が減る場合は, 上で述べた3の場合が発生しない時である。したがって, 変換によって効率上がるかどうか, 実際に変換操作を行なう前に知ることができる。

## 4. 応用例

Freytag は, データベースをレコードのストリームで表現し, 関係代数の演算を, 和, 直積, 選択, 射影に制限した場合には, 関係代数の式を計算するプログラムは必ず効率のよいものに変換できることを示した<sup>2)</sup>。これを, 証明図の変換の見地から説明すると Freytag の行なった議論よりも簡単に行なえる。

まず, db という述語により, レコードの集合をリストとして定義する:

$$\frac{}{db([])} \quad \frac{db(s) \text{ record}(a)}{db([a.s])}$$

厳密には, db, record という述語記号は, データベースごとに用意しなければならないが, そうするのは, 煩わしいので, どのデータベースに対しても同じ述語記号を使うことにする。

join( $s, t, u$ ) により,  $s$  と  $t$  の直積が  $u$  であることを意味する:

$$\begin{array}{c} \frac{}{\text{join}([], t, [])} \quad \frac{\text{join}(s, t, v) \text{ join2}(a, t, v, u)}{\text{join}([a.s], t, u)} \\ \frac{}{\text{join2}(a, [], v, v)} \quad \frac{\text{join2}(a, t, v, u) \text{ app}(a, b, c)}{\text{join2}(a, [b.t], v, [c.u])} \end{array}$$

ただし,  $\text{app}(a, b, c)$  は, レコード  $a$  と  $b$  の接続が  $c$  になることを表わし, 次の論理式が証明されているとする:

$$\forall a \forall b (\text{record}(a) \supset \text{record}(b) \supset \exists c (\text{app}(a, b, c) \wedge \text{record}(c)))$$

このようなプロダクションを用いると, 直積を求める手続きの性質として次の式を証明することができる:

$$\forall s \forall t (\text{db}(s) \supset \text{db}(t) \supset \exists u (\text{join}(s, t, u) \wedge \text{db}(u)))$$

この論理式の証明には, 述語記号  $\text{db}$  に

$$\Phi_{\text{db}}(x_{\text{db}}) \equiv \exists u (\text{join}(x_{\text{db}}, t, u) \wedge \text{db}(u))$$

を対応付けた次のプロダクション除去が用いられる:

$$\frac{\begin{array}{c} [\text{db}(t)] \\ \text{minor} \\ \text{db}(s) \text{ deductions} \end{array}}{\exists u (\text{join}(s, t, u) \wedge \text{db}(u))}$$

ただし,  $[\text{db}(t)]$  は, *minor deductions* の中に別のプロダクション除去があることを示している (一般に直積は 2 重ループで計算されるが, このようなプロダクション除去の入れ子が 2 重ループに対応している)。

この直積に関する証明図の *minor deduction* のパスを調べると, このような証明図が直列に並んだ証明図に前節の変換操作を施すとプロダクション除去が減ることがわかる。例えば, 3 つのデータベースの直積は, 直積を 2 回施すことで求められるが, これを証明図に表わすと, 上に示した証明図を 2 つ組み合わせた

$$\frac{\begin{array}{c} [\text{db}(t)] \\ \text{minor} \\ \text{db}(s) \text{ deductions} \end{array} \quad \begin{array}{c} [\text{db}(v)] \\ \text{minor} \\ \text{db}(u) \text{ deductions} \end{array}}{\exists u (\text{join}(s, t, u) \wedge \text{db}(u)) \quad \downarrow \quad \begin{array}{c} \text{db}(u) \\ \text{minor} \\ \text{db}(v) \text{ deductions} \end{array}}{\exists w (\text{join}(u, v, w) \wedge \text{db}(w))}$$

という証明図になり, これに前節の変換を適用するとプロダクション除去が 1 つ減り, 3 つのプロダクション除去が入れ子になった証明図を得る。

説明を, 直積の演算のみに限ったが, 和, 選択, 射影の演算についても同様に証明図を作ることができ, 同様な議論を進めることができる。データベースの問い合わせをそのような証明図の組み合わせで表わし, 変換操作を施すことにより, プロダクション除去が入れ子になった証明図が得られ, このような証明図から, 効率良く問い合わせを処理するプログラムを得ることができる。

## 5. まとめ

証明図の変換を応用したプログラム変換の技法を提案した。この技法の特長は, プログラムが, 変換が可能か, どう変換するかを証明図から判定できることである。

もちろん, ここに示した変換技法によってあらゆるプログラムに対処できる訳ではない。今後は, 更にどのような変換操作が可能であるかを追及して行きたい。

### 参考文献

- 1) Burstall, R.M., and Darlington, J.: *J. ACM*, 24(1), 1977, p.44
- 2) Freytag, J.C.: *Lecture Notes in Computer Science*, 261, (Springer-Verlag, 1987)
- 3) Hagiya, M., and Sakurai, T.: *New Generation Computing*, 2(1), 1984, p.59
- 4) Hayashi, S.: *Publ. RIMS, Kyoto Univ.*, 19, 1983, p.169
- 5) Martin-Löf, P.: *Proc. 2nd Scandinavian Logic Symposium*, (North-Holland, 1970) p.179
- 6) Prawitz, D.: *Natural Deduction*, (Almqvist and Wiksell, 1965)
- 7) 後藤: 情報処理, 28(10), 1987, p.1305
- 8) 中山: 情報処理学会研究報告 88-DBS-65-7, 1988
- 9) 吉田: プログラム変換 (共立出版, 1987) p.151

# Dempster-Shafer理論を用いたエキスパート・システム

An Expert System based on Dempster-Shafer Theory

松田 透\*

Toru Matsuda

## 要 旨

Dempster-Shafer 理論を用いたエキスパート・システムを試作し、現在は推論機構等の改良及びシェル（汎用エキスパート・システム・ツール）化を行なっている。

Dempster-Shafer 理論は、“信用”のモデルを取り扱う理論であり、個々の情報から得た“信用”を整合的に合成する手段を与えている。また、そのモデルは情報不足による決定保留を表現できる。そのため、曖昧さを含んだ知識や情報を扱うのに適している。

一般に、Dempster-Shafer 理論に対応した知識記述は困難とされているが、我々は2種類の表で記述する事で、容易化を図った。また、情報を求めるための質問の有効性の尺度の算出式を考案し、それを基に常に最適な質問を選択する機構をシステムに組み込んだ。

本システムのシェルを用いれば、限られた範囲ではあるが、曖昧な知識の利用が可能である。

## ABSTRACT

An experimental expert system was constructed based on Dempster-Shafer theory. Its inference mechanism and other parts are currently being improved in conjunction with the construction of a general-purpose expert system tool.

The Dempster-Shafer addresses the manipulation of “belief” models using a technique for combining possible beliefs from individual pieces of information. The model enables representation of the degree of reservation of making a decision based on insufficient information.

Although it is generally considered difficult to represent knowledge in accordance with the Dempster-Shafer theory, a method is proposed utilizing two types of tables. A formula is presented to evaluate the effectiveness of questions intended to elicit pertinent information. A system has been built which incorporates a function to select the most suitable question based on that formula.

Thus, this system allows the use of ambiguous knowledge within a limited framework.

## 1. 背景と目的

機械が賢くなれば、操作者の意図をある程度推測できるようになるので、操作者の負担を軽減できる。製品を賢くして、より使い易くすることが、リコーの人工知能

\* 中央研究所能工学研究センター

Artificial Intelligence Research Center, Research and Development Center

研究の目的である。そのためには、人間が普段取り扱っている曖昧な情報を、機械も取り扱えるようになる必要がある。しかし、これはかなり困難なことである。

計算機で曖昧さを取り扱う方法として、確率理論を用いたもの、CF（確信度）を用いたもの、ファジィ集合理論を用いたもの、Dempster-Shafer 理論（以下 DS 理論）を用いたものなどがあるが、一長一短でどれも決定的ではない。これらのうち、DS 理論は、曖昧さを含んだ知識

や情報を扱うのに他のものよりも適しているが、知識記述の困難さ、大量の時間・空間（メモリ）資源の消費という大きな欠点も持っている。また、DS理論を用いた従来のシステムでは、情報を得るために用意された質問全てに対して回答をもらっていたが、用意された質問の中には途中で無意味になるものもあり、全ての質問の回答を求めるのは、情報提供者に無用の苦行を強いることになるという問題点もある。

そこで、2-3節で述べるように2種類の表によって知識を表現することで知識記述の容易化と計算の効率化を図り、2-4節で述べるように質問の有効性の尺度の新たに考案した算出式を基に常に最適な質問を選択する機構を組み込んだエキスパート・システムを試作して、DS理論の利用可能性を探索した。

エキスパート・システムは、従来プログラム中に混在していた推論メカニズムと問題解決用知識を分離して知識をデータとみなし、この知識データを当該分野の専門家らの手で作成、拡充、洗練することによって、プログラム化が困難であった問題に適用しようというもので、現在までの人工知能研究の成果である。本来は、エキスパート・システム自体の実用性が非常に重要であるが、試作の目的がDS理論の利用可能性の探索だったので、実用性はないが知識収集が比較的容易と思われた“動物（哺乳類）当て”を題材として選んだ。なお、このシステムは、最初ミニコン上に作成されたが、その後パソコン上に移植された。

本稿ではDS理論を簡単に紹介し、試作システムの概要を述べる。

## 2. 技術の特徴

### 記法の約束

条件  $P$  を満たす  $x$  の和を  $\Sigma(x|P)$  と書く。

条件  $P$  を満たす  $x$  の最大値を  $\max(x|P)$  と書く。

集合  $X$  の補集合を  $\sim X$  と書く。

集合  $X$  の要素の個数を  $\#(X)$  と書く。

### 2-1 DS理論と協和性の仮定

#### 2-1-1 確率, CF, ファジィ集合

まず、DS理論以外の方法について簡単に触れる。

本稿では、計算機による曖昧さの取扱を、ある未知数値を、特定の候補集合の中から決定していく過程でその候補集合の要素などに重み付けをする形に限定して考える。CFを用いる方法以外は、その候補集合の存在を強く意識しなければならない。以下、その候補集合を  $\Theta$  と表す。本節では  $\Theta = \{\text{ウシ}, \text{ウマ}\}$  を例にとる。

確率は、理論体型がしっかりしていて、また他のものよりは分かりやすいため、かなり好まれているが、実は

その使用に際して大きな問題を持っている。 $\Theta$  の部分集合  $X$  中に求める値がある確率を  $P(X)$  と表すとき、

$$P(\{\text{ウシ}\}) + P(\{\text{ウマ}\}) = 1$$

をみたすように  $P(\{\text{ウシ}\})$  と  $P(\{\text{ウマ}\})$  の値を定めなければならないが、初期値の与え方に困る。一見、両方とも0.5にするのが無難と思われるが、ウシ、ウマは実は要素でなく類であり、これらを不用意に均等に扱っていると、サイコロを投げたとき1の目が出るか出ないか2つに1つだから1の目が出る確率は0.5である、というような間違いを起こすことになる。初期値だけなら例外扱いする事もできるが、 $\Theta = \{\text{イヌ}, \text{ウシ}, \text{ウマ}\}$  の場合に、「ヒツメがある」ということが分かったとき、全く同じ状況になる。

CFは、-1（完全に否定）から1（完全に肯定）までの値(CF値)で、「それはウシである」のような主張に対する信用を表そうとするもので、候補集合を特に考慮しない。処理が比較的簡単で、また分かりやすいため、これまかなり利用されている。しかし、候補集合を考慮しないことは、処理の手軽さを生む反面、「ウシ」が完全に否定されたのに「ウマ」が肯定されていないとか、その両者が共に完全に肯定されてしまうとかの、整合性を欠く結果を招く危険性を持っている。

ファジィ集合は、0から1までの帰属度(メンバシップ値)を全体集合の各要素に対して与えることにより、「大きい」、「高い」などの境界のはっきりしない述語を、集合理論に似た枠組みで扱おうとするものである。情報の合成は、ファジィ部分集合の共通部分を求めることに対応するが、その算出方法については理論の中では大まかに規定されているだけなので、多くのものが提案されている。その中で、最もよく用いられているのは、各メンバシップ値を比較して小さい方を採る方法であるが、これは候補の絞り込みに関してあまり有効とはいえない。問題がそれだけなら、共通部分の適当な算出方法を選べば事足りるが、ファジィ集合だけでは、情報不足の程度や情報間の部分的矛盾の程度を表せないという問題もある。

#### 2-1-2 DS理論における“信用”のモデル

DS理論では、全体集合  $\Theta$  の冪集合( $\Theta$  の部分集合を全て集めた集合族)から空集合を除いたもの上の確率分布で、“信用”を表現する。その確率密度関数を  $m$  とするとき、 $m(X)$  は、 $X$  が1つの要素だけから成るときはその要素に対して割り当てられた“信用”を、 $X$  が複数の要素から成るときは  $X$  内での個々の要素や  $X$  よりも小さい部分集合に対する割り振りを保留してとりあえず  $X$  全体に割り当てられた“信用”を表す。例えば、 $\Theta = \{\text{ウシ}, \text{ウマ}\}$  の場合、 $m(\{\text{ウシ}\})$  はウマではなくウシであると信じている度合、 $m(\{\text{ウシ}, \text{ウマ}\})$  はウシかウマかの決定を保留している度合を表す。 $m$  は  $\Theta$  の冪集合

(から空集合を除いたもの)上の関数なので、様々な組合せの決定保留を表現できる。また、確率を直接用いる場合と異なり、 $\Theta$ の各要素が実際には類であってもかまわない。なお、決定保留がない特別なケースは、確率を直接用いる場合と本質的に同じになる。

上の確率密度関数  $m$  を  $\Theta$  上の基本確率割り当て (basic probability assignment, 以下 BPA) または  $\Theta$  上の確率質量分布と呼ぶ。BPA が基本データであるが、これを人が見ても意味を把握しにくいので、次の2つの補助的な指標を用いる。

確度 (lower probability, degree of belief, degree of credibility)

$$Cr(X) = \sum (m(Y) | Y \subset X)$$

尤度 (upper probability, degree of plausibility)

$$Pl(X) = \sum (m(Y) | Y \cap X \neq \phi, \phi \text{ は空集合})$$

確度  $Cr(X)$  は求める未知数の値が  $X$  の中にあることに対する信用の度合、尤度  $Pl(X)$  はその値が  $X$  の中にある尤らしさを表す。また、それらの差  $Pl(X) - Cr(X)$  はその値が  $X$  内にあるかどうかを判定するための情報が不足している程度 (degree of ignorance), 補集合の確度  $Cr(\sim X)$  はその値が  $X$  内にないことに対する信用の度合 (degree of dubiety), 尤度  $Pl(\sim X)$  はその値が  $X$  内にあることに対する信用の欠如の度合 (degree of lack of belief, degree of lack of credibility) を表す。これらを線分図に表すと図1のようになる。

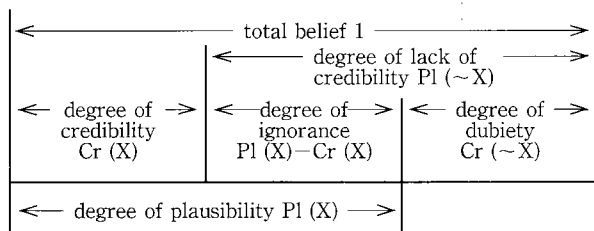


図1 確度、尤度などの関係

### 2-1-3 Dempster 合成

ある情報に基づく BPA  $m1$  と、別の独立な情報に基づく BPA  $m2$  は、次の式で表される Dempster の合成則により合成できる。

$$m1 \oplus m2(X)$$

$$= \sum (m1(Y) \cdot m2(Z) | Y \cap Z = X) / (1 - J)$$

$$\text{ただし, } J = \sum (m1(Y) \cdot m2(Z) | Y \cap Z = \phi).$$

本稿で計算例は挙げないが、この合成演算は、CF の合成やファジィ集合の共通部分演算と同様に交換律、結合律を満たす上に、整合的であり、絞り込み効果も大きい。また、 $J$  の値が部分的矛盾の程度を表している。

### 2-1-4 協和性の仮定

候補集合  $\Theta$  が  $n$  個の要素から成るとすると、その部分

集合は  $2$  の  $n$  乗個あるため、 $n$  がある程度大きければ、BPA  $m$  を定めるのは困難である。そこで、次のことを仮定した。

#### 協和性の仮定

個々の情報から得られる BPA は協和的 (consonant) である。すなわち、 $\Theta$  のどのような部分集合  $X$  についても1個の情報から  $Cr(X)$  と  $Cr(\sim X)$  が同時に正の値を得ることはなく、かつ、このことは  $\Theta$  をどの様に制限しても成り立つ。式を用いて言えば、

$\Theta$  の任意の部分集合  $X, Y$  について、

$$Cr(X \cup Y) = Cr(Y) \text{ または } Cr(\sim X \cup Y) = Cr(Y).$$

協和的な BPA は、1個の要素から成る部分集合全てについての尤度を与えれば一意に定まることが知られているので、協和性の仮定の下では、BPA を定めるには  $n$  個の値を指定すればよい。

協和的な場合には、確度を必然性の度合 (degree of necessity), 尤度を可能性の度合 (degree of possibility) ともいう。

## 2-2 システムの機能

### 2-2-1 基本的な流れ

我々のシステムは、質問とそれに対する回答の対の形で情報を得る。具体的には、「動物(哺乳類)当て」試作システムは、人間の出題者に思い浮かべてもらった哺乳類を言い当てるべく、「その動物は他の動物(虫や魚を含む)を主に食べますか」などと、その哺乳類の性質に関する質問を發して、出題者またはその代理人である情報提供者から得た回答を入力情報として、推論を進める。

推論実行時の基本的な流れは図2のようになる。具体的には、

①用意された全ての質問の中から効率よく候補を絞り込みそうな質問があればそれを選択する。もし有効な質問がなければ推論を終了する。

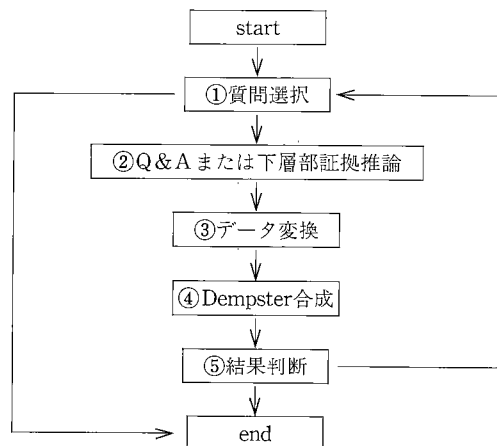


図2 推論実行時の流れ

②情報提供者にその質問を発して回答を得る。または、ここで述べている推論と同じ形の推論をその回答を求めるために行なう(下層部証拠推論)。

③データ変換により BPA を算出する。

④今までの情報から求めていた BPA と③で求めたものを合成する。このとき中間結果として、例えば図3のようなグラフを用いた表示を行なう。

⑤合成結果を見て証拠が十分に揃っていると判断すれば推論を終了し、そうでなければ①に戻ってこの過程を繰り返す。

③と④については次節で、①についてはさらにその次の節で、少し詳しく述べる。

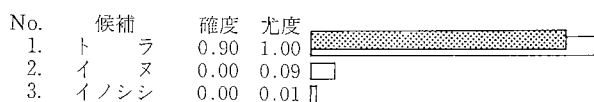


図3 中間結果の表示例

## 2-2-2 周辺機能

周辺機能としては、次のものがある。

①システムが選んだ質問に答えにくい場合などに、質問を他のものに換える機能。

②回答を入力し間違えたことに気付いた場合などに、以前の質問に戻る機能。(what if 機能)

③入力された回答と、各候補について期待された回答を比較表示して、それぞれの候補がなぜ有力候補として残っているか、あるいはなぜ有力でなくなったかを示す結果理由説明機能。(how 機能)

④質問の回答によって区別されることが期待される候補群の一部を表示して、その質問を選んだ理由を示す質問理由説明機能。(why 機能)

⑤候補や質問を解説する解説機能。(what 機能)

## 2-3 知識表現と DS 演算

### 2-3-1 2種類の表

協和性の仮定により、BPA を定めるのに必要なデータ数が2の  $n$  乗 - 2 (空集合は除かれており、また総和が1であることから最後の1つは指定する必要がない) から  $n$  になったが、まだ実際問題としては多すぎる。1個の情報で各候補を細かく差別することに必要性も有用性もないので、情報項目ごとに候補集合をいくつかの類に類別し、その類ごとに可能性値を与えることにした。

その結果、知識データは、候補の類別を与える表と、各類に対して尤度を与える表の2種類の表で表されることになった。表1と表2にそれらの例を示す。

候補類別表において、類を“?”とすることにより、その候補が未分類またはその情報項目に無関係であることを示すことができる。類“?”は、疑似可能性導出表

表1 候補類別表の例 (の一部)

情報項目 \ 候補	カモノハシ	コアラ	カンガルー
食性 (食べ物は何か) ◎: 動物だけ, ○: 主に動物 △: 動物も植物も ×: 主に植物, ☼: 植物だけ	◎	☼	☼
サイズ (人間と比べて) ◎: 特に大, ○: 大きい △: ほぼ同じくらい ×: 小さい, ☼: 特に小	☼	☼	△

中には存在しないが、常に最大の可能性値を得る。

協和性の仮定の下では、回答ごとの可能性の値の最大値、すなわち表2の各行の最大値は1になるはずであるが、次節で述べる質問選択での必要もあり、表中の値は可能性の値と回答の重みの積と考えて、0から1までのどの値でも良いことにした。(ただし、値の微妙な差に意味はないので、1%刻みで指定する。また、質問選択からの要請で、この表の列ごとの和は1以上である必要がある。)それゆえ、表2を疑似可能性導出表と呼んでいる。この疑似可能性導出表は、本来質問項目ごとに用意すべきものであるが、多くの場合共通のもので事足りる。実際、“動物(哺乳類)当て”試作システムでは、2個しか用いていない。

表2 疑似可能性導出表の例 (値は%)

情報項目: 食性

質問文: 「その動物は、他の動物(虫や魚を含む)を主に食べますか」

回答 \ 類	◎	○	△	×	☼
はい	100	99	75	10	0
いいえ	0	20	90	99	100
どちらともいえない	12	91	92	91	12
わからない	49	50	51	50	49

### 2-3-2 データの変換と DS 演算

質問が選ばれ、それに対する回答が得られれば、前節で述べた2種類の表を参照することにより、候補集合  $\Theta$  の各要素に疑似(最大値が1とは限らないので)可能性を対応付けることができる。疑似可能性の値をメンバシップ値とみなすことにより、 $\Theta$  のファジィ部分集合を作るとみなすこともできる。実際には、推論実行時間の短縮のためにメモリを犠牲にして、推論開始前に全ての質問と回答の組合せについて、このファジィ部分集合作成を行っている。

BPA の算出手順は以下の通りである。ここで、②、③の手順は、Prade らの発案によるものである。



### ①ファジィ集合の正規化

疑似可能性値が0でない各候補の疑似可能性値に適当な値を一律に加えて最大値を1にすることにより、可能性値を得る。値が0の候補を例外扱いするのは、その候補は可能性がないからであり、最大値を1にするために適当な値を乗ずるのではなくて加えるのは差を保存するためである。

### ②協和列の生成

候補集合を可能性の値によって類別する。このときにできる類は、候補類別表で指定されたものか、そのいくつかを統合したものになる。その類と対応する可能性値の対を可能性値の高い順に並べた列を作った後、その列の各項の類の部分でそれより前にある項の類の部分全てとの合併集合に置き換える。こうして作った列を、以下では協和列と呼ぶ。

### ③BPAの割り当て

協和列の各項に現われる集合に対し、その次の項との可能性値の差を基本確率として割り当てる。ただし、協和列の最後の項の集合にはその項の可能性値自身を割り当てる。そして、協和列中に現われない集合には0を割り当てる。

Dempster 合成や確度、尤度の算出は、基本的には2-1節の計算式通り行なうが、基本確率や基本確率の積の和を求める際、正の基本確率が割り当てられた集合(焦点要素, focal element)以外は無視してよい。またそれゆえ、焦点要素とそれに割り当てられた基本確率以外は、BPAのデータとして必要ない。上の手順で得たBPAやそれらの合成結果の焦点要素はそれほど多くないため計算量もメモリ使用量も比較的少なくて済む。

## 2-4 質問選択

### 2-4-1 確率モデルの使用

質問の有効性を正確に評価することは非常に困難であるが、真に最適な質問でなくても適度に有効な質問を選べば推論は順調に進む。質問選択が必要なのは情報提供者が人間だからであるが、情報提供者が人間だからシステムが選んだ質問が最適でないと思えば別の質問に換えて軌道修正することもできる。それゆえ、適度に有効な質問を“最適”と評価するような、近似的な有効性評価ができれば十分である。

確率による信用モデルは、2-1節で述べたように問題があるが、質問選択で用いるモデルは近似的なものでよいので、確率を援用している。

### 2-4-2 エントロピー

「その動物は水に浮かんで石でお腹に乗せた貝を割って食べますか」という質問は、最初の方の質問としてはあまり良いものではない。肯定されればラッコであることが分かり結論が出てしまうが、否定されて単にラッコが除外されるだけの方が圧倒的に多いと考えられるから

である。

この例のような、回答によって候補集合の明確な分割が得られる質問は、分割のエントロピーによって評価できる。候補集合が  $n$  個の類  $\{C_i\}$  に分割され、類  $C_i$  の持つ確率が  $p_i$  であるとき、ある情報により類  $C_i$  が選択されるならばその情報の持つ情報量は  $-\log(p_i)$  であり、したがってこの分割のエントロピー、すなわち情報量期待値は  $-\sum(p_i \cdot \log(p_i) | i=1, \dots, n)$  である。より大きいエントロピーを持つ分割を与える質問が、より大きい情報量が期待できる質問、すなわちよりよい質問といえる。

類別でなく、いくつかのファジィ部分集合への分割、すなわち各要素のメンバシップ値の和を全て1にするようなファジィ部分集合族にも、分割のエントロピーは適用できるので、そのような分割を与える質問もエントロピーによって評価できる。

### 2-4-3 疑似エントロピー

明確な分割を与える質問ばかりなら、何もDS理論など使わなくてもよいのであり、実際には分割を与えない質問が多い。そのような質問に対しては、個々の情報量をより低く見積るように修正を施すことによって対応できる。すなわち、 $p_i \leq P_i \leq 1$  なる  $P_i$  も用いて、

$$-\sum(p_i \cdot \log(P_i) | i=1, \dots, n)$$

を評価式とすればよい。この式で算出される値を、仮に疑似エントロピーと呼ぶ。 $p_i$ ,  $P_i$  の与え方はいろいろ考えられるが、現在我々は次のものを採っている。

確率密度関数を  $p$ 、個々の回答に対応するファジィ集合のメンバシップ関数を  $\mu_i$  とするとき、

$$p_i = \sum(p(x) \cdot \mu_i(x) / M(x) | x \in \Theta)$$

$$P_i = \sum(p(x) \cdot \mu_i(x) | x \in \Theta) + S_i \cdot (1 - M_i)$$

$$\text{ただし、} M(x) = \sum(\mu_i(x) | i=1, \dots, n),$$

$$S_i = \sum(p(x) | \mu_i(x) > 0),$$

$$M_i = \max(\mu_i(x) | p(x) > 0),$$

### 2-4-4 質問選択機構

我々のシステムでは、各質問に、回答コストレベルというデータを持たせている。コストレベル0の質問は有効、無効に拘らず必ず最初にする質問、コストレベル1の質問は回答コストの低い質問、コストレベル2の質問は回答コストの高い質問、コストレベル3の質問は回答コストの非常に高い質問である。ここで、回答コストとは、回答するために必要な労力の程度を表すもので、例えば、回答を出すために長時間かかる検査を必要とするような質問はコストの高い質問といえる。

質問選択手順は、以下の通りである。

①最初の質問の場合のみ、もしコストレベル0の質問があれば、それらを全て選択し、以下の手順を無視する。

②その時点のBPA  $m$  から、式

$$p(x) = (m(X) / \#(X)) | X \ni x$$

により、近似的な確率密度関数  $p$  を求める。

③質問回数に制限がある場合の最後の質問のときは残っている全ての質問、有力候補が2個しかない場合は残っているコストレベルが2以下の全ての質問、その他の場合は残っているコストレベル1の全ての質問の1つ1つについて、疑似エントロピーを計算する。その際、回答に対応するファジィ集合は、候補類別表と疑似可能性導出表を参照して得られた正規化前のファジィ集合に、その時点の尤度  $PI(\{x\})$  がある閾値  $\alpha$  未満であるような要素  $x$  のメンバシップ値を0にする修正を施したものを用いる。

④ある閾値  $\beta$  以上の疑似エントロピー値を持つ質問があれば、そのうち最大の値を持つ質問を選択する。閾値  $\beta$  以上のものがない場合は、まだコストレベルが高い質問を調べてなければ、それらを同様に調べる。それでも閾値  $\beta$  以上のものがない場合は、有力候補を区別するのに有効な質問がないということになるが、その場合は有力候補を確認する質問を捜すために、閾値  $\alpha$  を小さくして、残っている全ての質問を再度調べる。それでも閾値  $\beta$  以上のものがない場合は、もはや有効な質問は残っていないと判断する。

## 2-5 実験

知識ベースを作ってみることに、それを使ってシステムを動かしてみることが実験であり、前者で調べるのは、知識の記述し易さ・修正し易さ、後者で調べるのは、推論と質問選択の妥当性と知識ベースの完成度を表す(準)正解率、および実行速度である。ただ、このうち実行速度以外は、その性質上、客観的な評価をしにくいものである。

知識ベース作成実験としては、“動物(哺乳類)当て”システム試作後、“中小企業経営相談”システムの作成を行った。“動物(哺乳類)当て”の知識記述は比較的容易であったが、“中小企業経営相談”ではやや困難であった。その理由は次節で述べる。しかし、知識記述が十分可能であるという感触は得られた。知識エディタの作成が遅れたこともあり、残念ながら、知識修正は容易とはいえなかった。

“動物(哺乳類)当て”実行実験の結果は以下の通りである。“中小企業経営相談”については、本稿執筆時点では、まだ十分な実行実験を行っていない。なお、“動物(哺乳類)当て”システムでは、質問数に8回という制限がある。

正解率： 最終結論が出て、それが正解であった率。

約95%(正しい知識による回答入力の場合)。

約90%(概ね妥当な回答入力の場合)。

約30%(誤解や思い込みもある回答入力の場合)。

準正解率：正解が最終的に有力候補に残った率。

100%(正しい知識による回答入力の場合)。

100%(概ね妥当な回答入力の場合)。

約50%(誤解や思い込みもある回答入力の場合)。

実行速度：

Dempster 合成1回当たり平均1秒以下。

質問選択1回当たり平均約1秒。

## 2-6 考察

“中小企業経営相談”での知識記述が、“動物(哺乳類)当て”に比べて困難であったのは、以下の理由による。

①“動物(哺乳類)当て”では、候補は哺乳類であり、既存の分類があるので、それを統合・分割したり、知名度などによって取捨選択することによって、候補集合を作ることができたが、“中小企業経営相談”では、1つ1つの結論候補を専門家の知識から引き出す必要があった。

②“中小企業経営相談”は本質的に、結論が複数ある問題であり、それをこのシステムの枠組みで取り扱うためには、制限をつける必要があった。

③“動物(哺乳類)当て”では、話題の一貫性を軽視しても良かったが、“中小企業経営相談”では、情報提供者の回答し易さの点から、質問発生に脈絡がある必要があり、それを実現するために、下層部証拠推論を多用する必要があった。

④専門家は質問の流れを重視して、相談者の内面から情報を引き出そうとしているようであるが、それはこのシステムの表面的な質問有効性による質問選択過程とは必ずしも一致せず、専門家が実際に行なっている質問は表面的な有効性は低いものが多かった。そのため、新たな質問を作る必要があった。

以上の問題には、完全ではないが一応の対策が施されている。どのような知識表現でも、専門家の知識を完全に記述することは不可能であり、現段階では、エキスパート・システムができたということ自体を評価してもよいと思われる。ただ、他の知識表現を併用した方が、記述が容易になるであろう。

知識の修正については、知識エディタの完成にともない、容易化されるはずである。現時点では、知識が表の形であるために一覧性があるので、修正内容の管理はし易いということしかいえない。

人間には誤解や思い込みが付きものであり、それから生ずる誤回答が正解率を低くする原因となった。誤回答を救済することは、質問回数に制限をつけてその中で正解を出そうという思想とは両立しないが、DS理論とはあいれぬものではなく、疑似可能性導出表の匙加減次第で十分可能である。

実行速度に関しては、人間との対話により情報を得る現在の形で用いる限りは、十分であるといえる。

### 3. 成果

2つのエキスパート・システムが得られ、DS理論による証拠推論が、一応実用可能であることが分かった。

### 4. 今後の展開

“中小企業経営相談”システムのような本来の意味でのエキスパート・システムでの利用を図るとともに、システムの大部分をなすユーザ・インタフェース・モジュールと質問選択部や実行制御部を除いたDS演算部を、他のシステムの一部として利用することも図りたい。

#### 謝辞

本研究を始めるに当たり有益な助言を頂いた東大生産研の石塚満教授、動物当てシステムの知識ベース作成などに協力して頂いた国立科学博物館の吉行瑞子先生、経営相談システム作成に尽力して頂いた(株)コムエンジニアリング研究所の大山先生、(株)ITEXの方々、プログラム作成に協力して頂いた(株)ISPの方々、(株)リコー中央研究所旧451研究室の皆様、実験に協力して頂いた多数の皆様に深く感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) Dempster : Annals of Math. Statistics, **38**, 1967, p.325-339
- 2) Shafer : *A Mathematical Theory of Evidence* (Princeton Univ. Press, 1976)
- 3) Lowrance, Garvey : Int. Conf. on Cybernetics and Society, 1982, p.6-9
- 4) Prade : IEEE PAMI, **7**(3), 1985, p.260-283
- 5) 石塚 満 : 電気通信学会誌, 1983, p.900-903
- 6) Bayse : Philosophical Transactions of Royal Society, **53**, 1763, p.370-418
- 7) Shortliffe : *Computer-based Medical Consultations MYCIN*, (Elsevier, 1976)
- 8) Zadeh : Inform. Contr., **8**, 1965, p.338-353
- 9) Shannon : Bell System Tech. J., **27**, 1948, p.379-423 ; 623-656
- 10) 松田, 矢野, 荒井 : 第4回ファジィシステムシンポジウム, 1988, p.193-198

# 文節発声による日本語文章音声認識システム

Recognition of Japanese Sentences Spoken in Isolated Phrases

室井 哲也\* 小松 順子\*  
Tetsuya Muroi Junko Komatsu

## 要 旨

文節単位で発声された日本語の文章を認識するシステムを構築した。入力された音声は、仮説生成部で、音節単位でパターンマッチングを行なわれ、文節内の文法を満たすような文節候補列が生成される。次に、言語検証部で、文節間の係受けや格関係から文節候補列を検証し、日本語として正しい文章を出力するようになっている。

小学校中学年程度の文章を評価文として、認識実験を行ない、文節認識率83.0%を得た。

## ABSTRACT

A system which recognizes Japanese sentences, spoken in isolated phrases (Bunsetsu) has been developed. In a hypotheses generator, isolated phrases are input and CV (Consonant-Vowel) templates are pattern-matched and Bunsetsu candidates which satisfy inner Bunsetsu form are generated. In a linguistic verifier, Bunsetsu candidates are verified using linguistic knowledge such as case grammar etc., then an appropriate sentence is obtained. This system was evaluated using elementary school level Japanese sentences, and an 83.0% Bunsetsu recognition rate was obtained.

## 1. はじめに

音声により、人間から機械への高度な意志伝達を行なう場合、その媒体となる音声は、人間にとって負担の少ないものであることが望ましい。そのため、文章を入力するときは、音声認識装置は、音節（かな文字に対応）や単語などの離散発声ではなく、発声単位の長い連続音声を認識できる性能が要求される。

日本語の文章において、文節は、意味的な切れ目にもなっており、文節ごとに区切って発声しても、さほど不自然な発声にはならない。そこで、文節ごとに発声された日本語の文章を認識するシステムの構築を目指した。

連続音声の認識は、①音と音の境界が不明確になる、②先行、あるいは後続する音の影響を受けて音声パターンが変形する、などの理由で、かなり難しいものになっている。そのため、連続音声の認識では、音響的な処理

だけでは十分な認識率が得られず、文法や意味などの言語的な知識を利用して、音響的にあいまいな部分を補うことが不可欠になっている。

そこで、文節内の文法については、品詞と品詞とが接続するか否かをオートマトンで表現し、日本語としてありえない品詞列を排除することにより文節認識率の向上をはかった。さらに、知識工学的手法を用いて文節候補列から日本語として正しい文を探索する言語検証部を付加することによって、文節内の文法のみではチェックしきれない助詞の認識誤りなどの改善も試みた。

## 2. システムの概要

入力された音声は、まず、特徴抽出部でLCPケプストラムの時系列に変換される。仮説生成部では、音節単位でパターンマッチング（音節スポッティング）、形態素スポッティング、文節候補列作成の順で処理が行なわれ、文節内の文法を満たした仮説（文節候補列）が言語検証部へ送られる。言語検証部では、係受けや格関係などの文節間の関係から文節候補列の整合性をチェックし、日

\* 中央研究所 情報エレクトロニクス研究センター  
Information Processing & Electronics Research Center,  
Research & Development Center

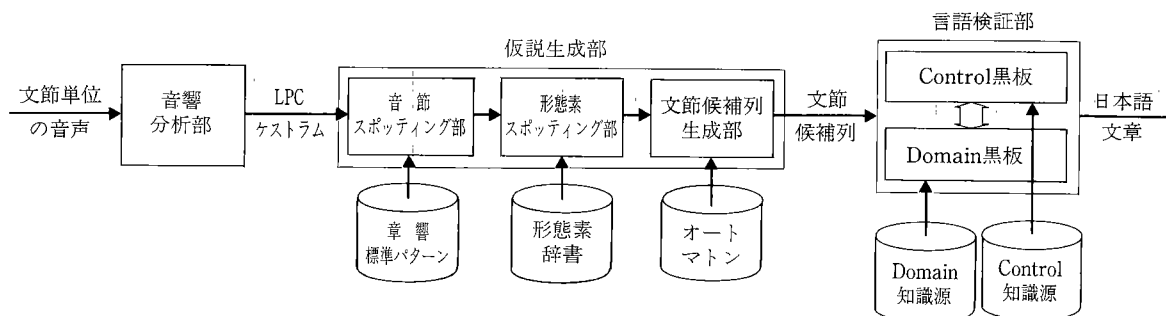


図1 連続音声認識システムの構成

本語として正しい文章を出力するようになっている。

### 3. 仮説生成部

#### 3-1 音節スポッティング部

日本語の文章はすべて仮名文字で表現できることからわかるように、音節の組合せによって表現することが可能である。又、音節の種類も100種類程度と少ない。そこで、認識（パターンマッチング）の単位を音節とした。

音節スポッティングのアルゴリズムは、拡張連続 DP<sup>1)</sup>を採用した。このアルゴリズムは、入力フレームに同期して処理が行なえ、しかも演算量が少ないという特徴がある。

音節スポッティングを行なって出力される結果は、音節ラティス（図2）と呼ばれるもので、「音節  $n$  が、入力音声の  $i$  フレームを終端としてスポッティングされた時の、照合距離とスポッティング開始フレームとの組」を全ての  $n$  と  $i$  について求めたものである。

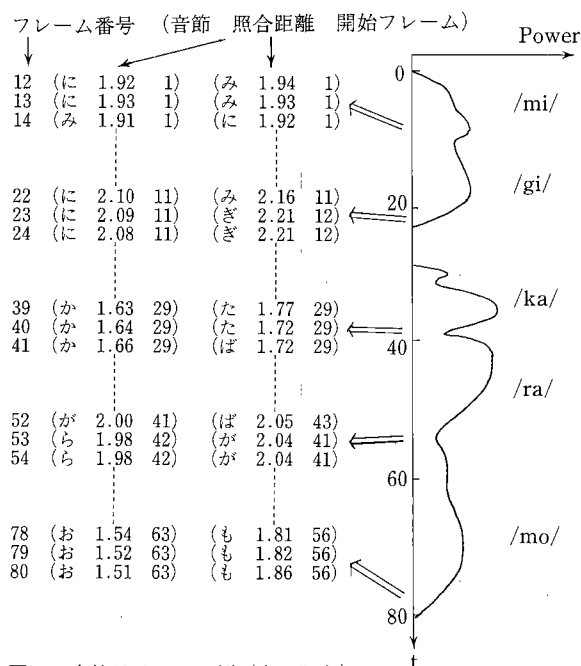


図2 音節ラティスの例（右からも）

#### 3-2 形態素スポッティング部

今回のシステムでは、自立語75語、付属語80語を登録している。しかし、形態素としては、活用語尾や特殊な活用をする助動詞の各活用形をも登録する必要がある、全部で252形態素を登録した。

形態素スポッティング部では、形態素の音節記号列を辞書、音節ラティスを入力として、時間的整合性をチェックしながら照合を行ない、形態素ラティス（図3）を生成する。形態素ラティスは、音節ラティスとまったく同様のものである。

フレーム番号	(形態素	照合距離	開始フレーム)
12	(に	1.92	1)
13	(に	1.93	1)
14	(み	1.91	1)
22	(に	2.10	11)
23	(に	2.09	11)
24	(に	2.08	11)
39	(か	1.63	29)
40	(か	1.64	29)
41	(か	1.66	29)
52	(が	2.00	41)
53	(から	1.91	29)
54	(から	1.91	29)
78	(を	1.54	63)
79	(を	1.52	63)
80	(を	1.51	63)

図3 形態素ラティスの例（右からも）

#### 3-3 文節候補列生成部

文節内の文法は、品詞接続リストから自動生成されたオートマトンで記述されている。なお、助詞、助動詞については、一部を除いて、それぞれ独立の品詞であると定義した。このとき、オートマトンのノード数は171、1つのノードに入るアークの数は平均8.8になった。

このオートマトン上で形態素ラティスを接続して文節候補列を生成し、スコア順に並べ（図4）、言語検証部へ送る。

入力 音声	右からも		左からも		仲間が		集まって		きました	
	右からを	93	左からも	95	田から	93	集まって	100	きました	94
文	右からも	92	左からを	94	田からは	92	集まった	98	しました	93
節	右からは	92	左からで	93	目から	92	集まったり	97	:	
ラ	右からでも	92	左からでも	93	葉から	91	集まっても	96		
テ	:		:		目からは	91	:			
ィ					葉からは	91				
ス					田からが	91				
					仲間が	91				

文節候補のスコア

図4 文節ラティスの例

## 4. 言語検証部

言語検証部の目的は、これらの文節候補列から最適と考えられる文（文節列）を求めることである。

ところが、ここで考えられる全ての文節列について文法的、意味的な整合性を調べたのでは、組合せの数が爆発的に増加してしまう。そこで、本システムではスコアの良い文節候補から、各々の文法的、意味的なつながりを調べ、文の概要をつかんだ後に、細部の検証を行なうことによって、効率的に文候補を探索する方式をとっている。また、正解の文節候補の順位が非常に低い場合や、正解の文節が文節ラティスの中に含まれていない場合でも精度を低下させることなくように考慮した。

上記のような柔軟な処理を実現するために、本システムでは黒板モデルを用いている。黒板モデルとは、黒板と呼ばれるワークエリアを通して、種々の独立な知識源が情報交換をしながら問題を解決していく推論モデルの一種である<sup>2)3)</sup>。

言語検証部は、Domain 黒板と Control 黒板の2つの黒板と、各々の黒板に対応するいくつかの Domain 知識源と Control 知識源、および問題解決の基本的なサイクルを回すメタ知識から構成されている<sup>4)</sup>。

Domain 知識源には、格文法を用いて文節候補間の格関係を見つける知識源や文節候補間の表層的なつながりを見つける知識源などがあり、各々の担当する分野の仮説を Domain 黒板に書き込んでいく。そして、最終的に Domain 黒板に全ての音声区間をカバーする文を表わす仮説が書き込まれたところでそれを正解とし、処理を終了する。

一方、Control 知識源には、競合する知識源の優先順位決定法を設定したり変更したりする知識源や、問題解決の各時点で注目するものを指示したりする知識源などがあり、問題解決の状態に応じて各々の担当する制御知識を Control 黒板に書き込んでいく。このように Control 黒板を設けたことによって、わかる所から解析し、文の概略を把握してから細部を検証するような動きをさせることができる。

## 5. 認識実験

### 5-1 音声資料

評価文は、小学校中学年程度の文章<sup>5)</sup>を修正した比較的単純な文章で、21文章（97文節）からなる。表1に評価文の各構成要素を示す。

この評価文は、フレーム周期10msの14次のLPCケプストラムに変換され、仮説生成部に入力される。

音節標準パターンは、評価用の話者と同じの男性話者4名の音節パターンから作られており、クローズドな不特定話者用の標準パターンになっている。

表1 評価文の各構成要素

	平均	最小	最大
1文あたりの文節数	4.62	3	6
1文節あたりの形態素数	2.30	1	5
1文節あたりの音節数	5.30	2	9

### 5-2 仮説生成部の出力

文節候補は、1つの文節について、スコア順に20位までが出力され、言語検証部へ送られる。このときの、文節候補列の認識率を表2に示す。

表2 文節候補列の精度

順位	累積認識率 (%)
1	67.8
~3	85.1
~5	90.5
~10	95.4
~20	96.9
候補外	3.1

入力された文節が候補外（20位以下）となる致命的なエラーのほとんどは、DP マッチングの傾斜制限（1/2～2）の範囲を越えて、音節が激しく伸縮していることが原因であった。

### 5-3 言語検証部の出力

言語検証後の文節認識率は、検証前より約15%向上し、システムとしての最終的な文節認識率は、平均83.0%となった。また、正解文節が文節候補内に含まれていなかった場合でも34.5%については不明部分を正しく指摘し、部分解を得ることができた。

## 6. おわりに

文節で発声された音声を認識する連続音声認識システムを構築した。本システムは、主に、仮説生成部と言語検証部とから成っている。仮説生成部では、拡張連続 DP を用いて音節単位でパターンマッチングを行なった後、形態素スポッティングを行ない、最後に、文節候補列を生成し、出力する。言語検証部では、この文節候補列を受け、黑板モデルを用いて、文節候補間の関係を調べ、最適とされた文を出力する。

小学校程度の文章を評価文として、クローズドな不特定話者の認識実験を行ない、文節認識率83.0%を得た。

今後は、多くの語彙や複雑な表現にも耐えられるようにシステムを拡張するとともに、さらに認識率の向上をはかっていく予定である。具体的には、①音声の伸縮をより柔軟に行なえるようなパターンマッチング手法、②文脈やタスクの知識などのより高度な知識の活用法、等について検討を加える予定である。

### 参考文献

- 1) 中川：信学論 (D), J67-D (10), 1984, p.1242
- 2) H. Penny Nii : The AI Magazine, Summer, 1986, p.38
- 3) H. Penny Nii : The AI Magazine, August, 1986, p.82
- 4) Barbara Hayes-Roth : Artificial Intelligence 26, 1985, p. 251
- 5) 文化庁：外国人のための日本語読本—初級—(大蔵省印刷局, 1974)

# 超音波非線形パラメータCT

Acoustical Nonlinear-parameter Computed Tomography

中川 義克\*

Yoshikatsu Nakagawa

米山 正秀\*

Masahide Yoneyama

## 要 旨

超音波医療診断の分野で注目されてきている非線形パラメータの映像化法を提案する。本方法は、従来の超音波CTの原理を非線形パラメータトモグラフィに 응용しているため、非線形パラメータ分布像のみならず、減衰分布像や音速分布像を得ることも可能と考えられる。本論文では、非線形パラメータトモグラフィの原理について述べるとともに、トモグラム測定の基本実験結果を示し、また本方法の問題点について検討する。

## ABSTRACT

A technique for imaging the acoustical nonlinear parameter is proposed. This nonlinear parameter is potentially significant in ultrasonic medical diagnosis. Since this technique is based on conventional ultrasonic computed tomography, not only a nonlinear-parameter image but an attenuation image and a sound-speed image can be reconstructed by this technique. We show experimental results and discuss quality of this imaging technique.

## 1. はじめに

近年、超音波医療診断の分野における非線形音響現象が注目されている。特に、媒質の二次の非線形の大きさを表わす非線形パラメータは生体組織識別のための有力なパラメータとなることが期待されている。このパラメータは、組織の構造<sup>1)</sup>、組織中の水と脂肪の含有率<sup>2)</sup>、もしくは組織中の自由水と結合水の含有比率<sup>3)</sup>との関係が深いことが知られてきており、癌細胞などの異常細胞の識別に役立つものと思われる。

このような理由から、非線形パラメータの *in vivo* での測定、特に非線形パラメータの映像化を目的としたシステムが提案されている<sup>4)5)6)7)8)</sup>。

我々は従来の超音波CTの原理を非線形パラメータの映像化に 응용している<sup>5)6)</sup>。媒質中に有限振幅音波が伝播すると、その振幅および媒質の非線形性にともなって音波の各部分での音速が変化し波が歪む（二次波成分の発生）。二次波の大きさは媒質の非線形パラメータの大きさ

に依存し、媒質が非線形パラメータ分布を持つ場合、それは非線形パラメータ分布を音波の伝播経路に沿って線積分した形として表わされる。従って、二次波成分をもとにして得られた投影データからCTアルゴリズムを用いて非線形パラメータ分布像が得られることになる。

本論文では二次波として第二高調波を用いる場合と差周波数波を用いる場合についての映像化法を提案するとともに、ゼラチンファントムを用いたトモグラム再構成実験の結果を示す。また、音波の屈折に伴う再構成像の画質劣化についての検討をおこなう。

本法は従来の超音波CTの応用であることから、非線形パラメータのみならず、減衰分布、音速分布と三種類の分布像が同時に得られることが期待されるところに、他の映像法にみない利点がある。

## 2. 非線形パラメータトモグラフィの原理

図1に非線形パラメータ映像化のシステム図を示す。第二高調波を用いる場合は、単一周波数の一次波を送波すればよいが、図1では差周波数波を使う場合を考えて一次波は二つの異なる周波数( $\omega_1, \omega_2$ )を持っているとし

\* 中央研究所 情報エレクトロニクス研究センター

Information Processing and Electronics Research Center,  
Research & Development Center



ている。我々は、二次の非線形性により生じる差周波数波（二つの一次波の周波数の差： $\omega_d = \omega_1 - \omega_2$ ）と第二高調波（ $\omega_h = 2\omega_1$ ）に注目する。

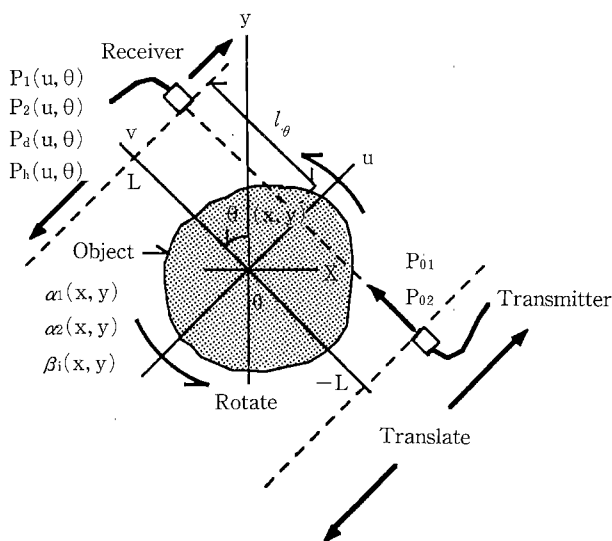


図1 非線形パラメータ映像システム

受波器で測定される二次波の音圧振幅はそれぞれ式(1)と式(2)で与えられる。

$$P_d(u, \theta) = \frac{\omega_d}{2} P_1(u, \theta) P_2(u, \theta) \int_{-L}^L \beta_i(x, y) \exp \left[ \int_v^L \{ \alpha_1(x, y) + \alpha_2(x, y) - \alpha_d(x, y) \} d\xi \right] dv \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$P_h(u, \theta) = \frac{\omega_h}{4} P_1^2(u, \theta) \int_{-L}^L \beta_i(x, y) \exp \left[ \int_v^L \{ 2\alpha_1(x, y) - \alpha_h(x, y) \} d\xi \right] dv \quad \dots\dots\dots(2)$$

ここで、式(1)は差周波数波、式(2)は第二高調波の音圧振幅である。 $P_1$ 、 $P_2$ は受波された一次波の音圧振幅を示し式(3)と式(4)で与えられる。

$$P_1(u, \theta) = P_{01} \exp \left[ - \int_{-L}^L \alpha_1(x, y) dv \right] \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$P_2(u, \theta) = P_{02} \exp \left[ - \int_{-L}^L \alpha_2(x, y) dv \right] \quad \dots\dots\dots(4)$$

また、 $\beta_i$ は式(5)で与えられる。

$$\beta_i = \frac{\beta}{\rho_0 C_0^3} \quad \dots\dots\dots(5)$$

生体軟部組織においては、非線形パラメータの変化が音速  $C_0$  や密度  $\rho_0$  の変化よりも大きく<sup>4)</sup>、したがって  $\beta_i$  は非線形パラメータ  $\beta$  をほぼ反映しているとみなしてよい。

式(1)、(2)からわかるように  $P_d$ 、 $P_h$  はそれぞれ  $\beta_i$  を伝播

経路上で線積分した形となっていることがわかる。したがって、送受波器を走査することにより被検体のまわり  $180^\circ$  にわたって得られる投影データから、非線形パラメータ分布を再構成できる。実際には、投影データとして、水のみで得られたデータ ( $P_{dw}$ ,  $P_{hw}$ ,  $P_{01}$ ,  $P_{02}$ ) によって補正された  $Q_d$ 、 $Q_h$  (式(6)、(7)) を用いる。

$$Q_d(u, \theta) = \frac{2}{\omega_d} \left\{ \frac{P_d(u, \theta)}{P_1(u, \theta) P_2(u, \theta)} - \frac{P_{dw}}{P_{01} P_{02}} \right\} \\ \approx \int_{-L}^L \{ \beta_i \exp \left[ \int_v^L (\alpha_1 + \alpha_2) d\xi \right] - \beta_{iw} \} dv \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$Q_h(u, \theta) = \frac{4}{\omega_h} \left\{ \frac{P_h(u, \theta)}{P_1^2(u, \theta)} - \frac{P_{hw}}{P_{01}^2} \right\} \\ \approx \int_{-L}^L \{ \beta_i - \beta_{iw} \} dv \quad \dots\dots\dots(7)$$

我々は、被検体として、その減衰係数が、周波数に比例する生体軟部組織を対象としており、式(6)(7)では、 $\alpha_1 + \alpha_2 \gg \alpha_d$ 、 $2\alpha_1 \approx \alpha_h$  としている。ここで、 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$  は一次波の減衰係数、 $\alpha_d$  は差周波数波の減衰係数、 $\alpha_h$  は第二高調波の減衰係数である。

図2に非線形パラメータモグラム再構成のフローチャートを示す。投影データの形からわかるように、得られる分布像は、被検体の  $\beta_i$  と水の  $\beta_{iw}$  との差を表わすことになる。差周波数法では、一次波の減衰の影響を補正する必要がある。我々は、一次波の減衰分布データを利用するMCM法<sup>9)</sup>を適用した。

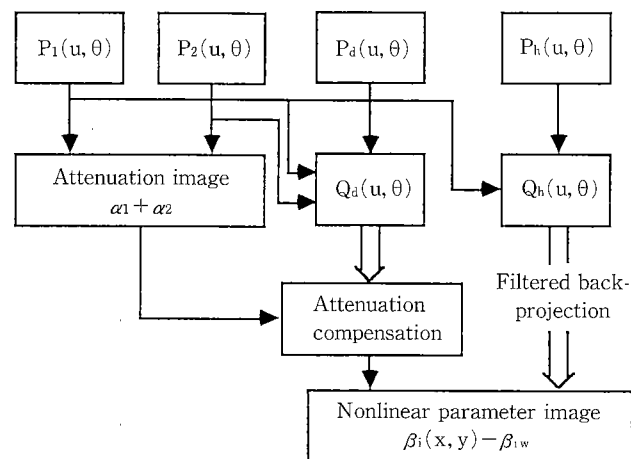


図2 非線形パラメータモグラム再構成のフローチャート

### 3. 実験および検討

我々は基礎実験としてゼラチンで構成されたファントムのモグラム測定を行った。実験システムを図3に示す。送波器は0.5inch 径、Panametrics 製 V306、受波器は0.5mm 径 Nelson Towney Research 製広帯域ニードルタイプハイドロフォンを用いた。一次波の周波数は

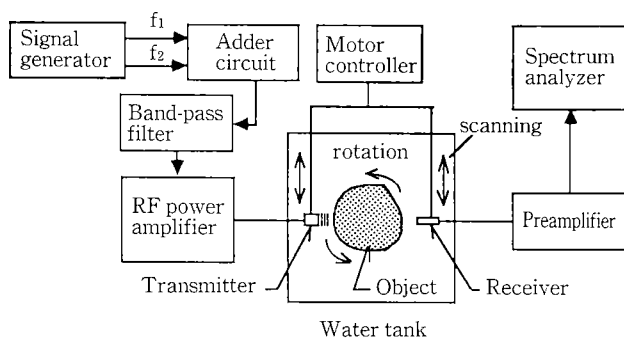


図3 実験システム

5 MHz と 6 MHz, 測定した二次波の周波数は1.0MHz と10.0MHz である。投影データは 3 mm ごと37のサンプル点, 5° ずつ36方向から測定した。一次波の初期音圧はそれぞれ約0.08W/cm<sup>2</sup>であった。被検体は4.5%のゼラチンでできた71mm 径のシリンダーであり, 内側に2.3%のゼラチンでできた25mm 径のシリンダーが入っている。

図4に実験結果を示す。再構成像は, 74×74画素からなり, 1画素は1.5mm×1.5mm である。明るい画素は大きい再構成値を示している。各非線形パラメータ像は, 水の値で正規化した  $(\beta_i - \beta_{iw}) / \beta_{iw}$  の分布を示している。

図4(a)は一次波の投影データより得られた減衰分布像を示す。図4(b), (c)は図2の手順にしたがって得られた非線形パラメータ像である。図4(d)と(e)は減衰の影響が無いと仮定して二次波の投影データより再構成された像である。

図4(b), (c)には明かなアーチファクトが見受けられる。水とゼラチンの境界において特に大きな再構成値が示されている。アーチファクトは, 図4(d)と(e)においても非常に小さい再構成値として水とゼラチンの境界において見受けられる。また, 減衰像図4(a)にも同様なアーチファクトがある。このことは減衰補正の前に二次波の投影データに誤差が含まれており, さらに一次波の投影データを用いた減衰補正の過程で, 再構成像の画質が乱されていると予想される。

#### 4. 屈折による画像劣化の補正法

我々のシステムは, 従来の超音波 CT と同様の投影データ収集法を用いているため, 超音波 CT の持つ問題点屈折, 回折および反射の影響が主たる画質劣化の要因と考えられる。我々の実験システムでは, 広帯域にわたっての受信の必要性から市販のニードルタイプハイドロフォンを用いたが, この場合, 音波が屈折によりその伝播経路を変えた場合音波の多くのエネルギーを受け損ねてしまうことになる (図5 参照)。

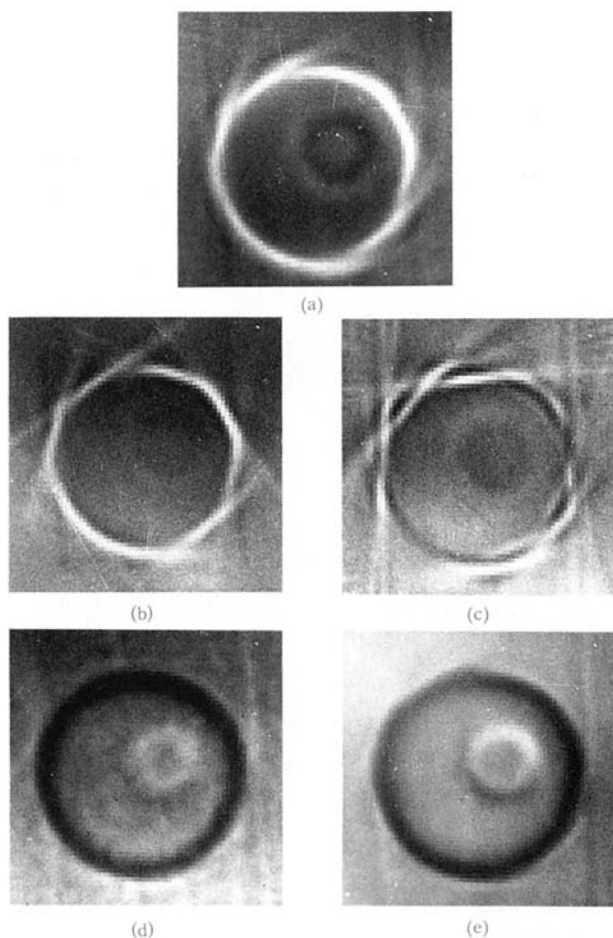


図4 実験結果: (a)減衰分布像, (b)差周波数波から再構成した非線形パラメータ分布像, (c)第二高調波から再構成した非線形パラメータ分布像, (d)差周波数波のみから再構成した像, (e)第二高調波のみから再構成した像

この受波ロス, 従来の超音波 CT においても大切な検討課題であり, その対策として広口径で位相インセンシティブな受波器の使用が試みられ, 再構成像の画質向上が達成されている<sup>10)11)</sup>。

この方法は, 我々の非線形パラメータトモグラフィにも応用できるものと考えられる。我々はニードルタイプハイドロフォンを使って, 広口径受波器を模擬するため,

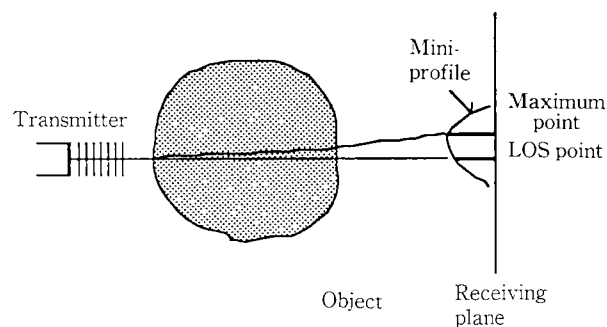
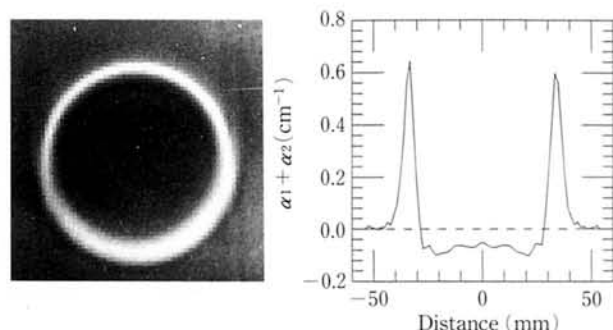


図5 超音波ビームの屈折による影響

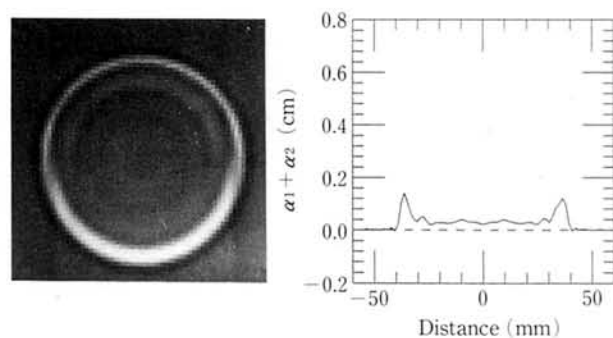
投影データの各サンプル点において、ハイドロフォンを送波器と独立に走査し、音場のミニプロファイルを測定した。Pan らは、この方法を超音波 CT に適用し、ミニプロファイルの平均値、自乗和もしくは最大値をもとに投影データを構成して再構成像を得、いずれの場合にも画質の向上を得ている<sup>12)</sup>。我々は簡単のためにミニプロファイルの最大値をもとに非線形パラメータ像を再構成した。

図5のように受波器をミニプロファイル上の最大点まで走査し、その音圧を測定する。データは一次波、二次波各々について測定した。実験システムは、図3のシステムの受波端のみを改良して用いた。被検体には、4.5%ゼラチンでできた71mm 径シリンダーを用いた。被検体は対称性を持つため、トモグラムは一つの投影データから再構成した。比較のため前回の実験でのデータ収集法 (Line-of-sight 法) による測定も行った。

図6, 7, 8に再構成像とそのプロファイルを示す。図6は減衰分布像、図7と図8はそれぞれ差周波数波、第二高調波からの非線形パラメータ像である。いずれの場合も、LOS 像でみられる被検体の端でのアーチファクトが最大値からの像では顕著に小さくなっており、画質の改善が明らかである。

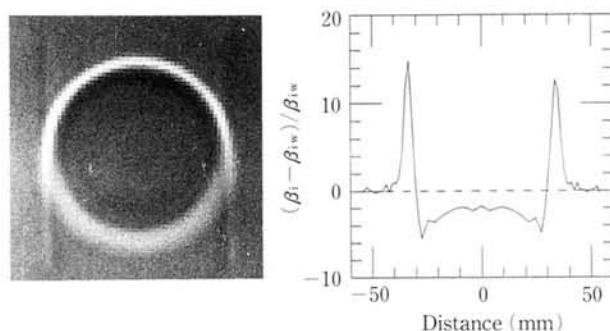


(a)

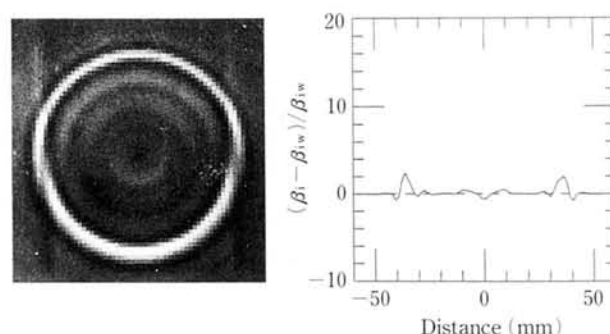


(b)

図6 減衰分布像とそのプロファイル：(a)LOS値からの再構成像、(b)最大値からの再構成像

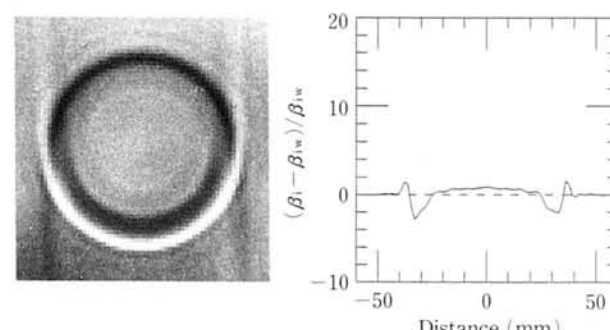


(a)



(b)

図7 差周波数波からの非線形パラメータ分布像とそのプロファイル：(a)LOS値からの再構成像、(b)最大値からの再構成像



(a)

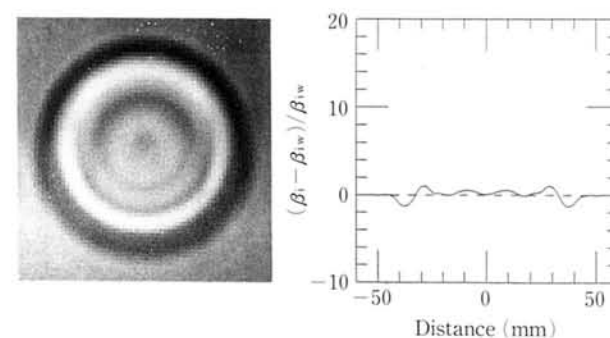


図8 第二高調波からの非線形パラメータ分布像とそのプロファイル：(a)LOS値からの再構成像、(b)最大値からの再構成像

LOS データからの非線形パラメータ像では、差周波数法の場合により大きなアーチファクトがみられる。これは、指向性の違いによるものと思われる。差周波数波(1 MHz)の指向性は第二高調波(10MHz)のそれに比べ広いため、投影データでの屈折によるロスが小さい。一方、第二高調波の屈折によるロスは、一次波のロスと同じように大きい。しかしながら、再構成の過程で行われる除算の結果、差周波数の投影データは一次波の屈折による影響を大きく受けるのに対し、第二高調波の場合は、そのロスが一次波のロスと打ち消し合うため、差周波数法からの再構成像に比べアーチファクトが小さくなったと考えられる。

最大値からの像では、両者ともにアーチファクトが小さくなっており、この実験で行った屈折の補正法が非線形パラメータトモグラフィに効果的であることがわかる。実験に用いた4.5%ゼラチンゲルは水の含有率が非常に高いため、水に非常に近い非線形パラメータを持つと考えられる。本実験結果では、最大値からの再構成像で、被検体内での再構成値が水に近い値となっており妥当な結果と言えよう。しかし、その精度は、水とゼラチンの違いを明確にするには至っていない。

しかしながら、この実験結果から、本システムにおいて広口径位相インセンシティブな受波器を用いることがより定量的な非線形パラメータ像の測定に有用であることが示唆された。

## 5. おわりに

本報告では、新しい超音波医療診断を目的とした超音波非線形パラメータトモグラフィを提案し、その原理と基礎実験結果について述べた。本法は、従来の超音波 CT

のシステムの簡単な改良で実現でき、非線形パラメータだけでなく、減衰分布、音速分布を得ることが可能である。今後の課題としては、広口径位相インセンシティブな受波器を用いたシステムの改良と、そのシステムの生体への適用が考えられる。

最後に、本研究にあたりご指導いただいた慶応義塾大学理工学部中川正雄助教授に感謝致します。

## 参考文献

- 1) Law, W.K., Frizzell, L.A. and Dunn, F. : *Ultrasound Med. Biol.*, **11**, 1985, pp.307
- 2) Sehgal, C.M., Brown, G.M., Bahn, R.C. and Greenleaf, J.F. : *Ultrasound Med. Biol.*, **12**, 1986, pp.865
- 3) Yoshizumi, K., Sato, T. and Ichida, N. : *J. Acoust. Soc. Am.*, **82**(1), 1987, pp.302
- 4) Ichida, N., Sato, T., Miwa, H. and Murakami, K. : *IEEE Trans. Son. Ultrason.*, **SU-31**(6), 1984, pp.635
- 5) 中川, 中川, 米山, 菊池 : 電子通信学会論文誌, **J69-D**(8), 1986, pp.1215
- 6) Nakagawa, Y., Hou, W., Cai, A., Wade, G., Nakagawa, M. and Yoneyama, M. : *Trans. IEICE Japan*, (accepted for publication)
- 7) Yamakoshi, Y., Shimizu, T. and Sato, T. *Proc. IEEE Ultrasonics Symposium*, 1986, pp.881
- 8) Cain, C.A. : *J. Acoust. Soc. Am.*, **80**(1), 1986, pp.28
- 9) 諸角, 中島, 尾川, 油田 : 電子通信学会論文誌, **J66-D**(10), 1983, pp.1130
- 10) Klepper, J.R., Brandenburger, G.H., Mimbs, J.W., Sobel, B. E. and Miller J.G. : *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, **BME-28**(2), 1981, pp.186
- 11) Schmitt, R.M., Meyer, C.R., Carson, P.L., Chenevert, T.L. and Bland, P.H. : *IEEE Trans. Son. Ultrason.*, **SU-31**(4), 1984, pp.251
- 12) Pan, K.M. and Liu, C.N. : *IBM J. Res. Develop.*, **25**(1), 1981, pp.71

# 最適差分ビット伝送方式による音声圧縮符号化

Differential Companding PCM by Using Optimum Differential Bit

内山 博喜\*  
Hiroki Uchiyama

鈴木 政光\*  
Masamitsu Suzuki

志村 浩\*\*  
Hiroshi Shimura

山田 和作\*  
Wasaku Yamada

## 要 旨

差分 PCM に準瞬時圧伸を組み合わせた音声符号化方式を提案する。これは、差分データに準瞬時圧伸を施した際求まる圧縮差分データをサンプル点毎に順次復号し、原信号値と比較することで圧縮ビット数内での誤差が最小となるように補正する方式である。セグメンタル SNR を評価尺度として行った計算機シミュレーションの結果、同一ビットレート的一次固定予測型 ADPCM (ADPCMf) より SNR の高い音声品質が得られた。また、本方式をもちいた音声圧縮ボードを 8 ビット CPU を用いて設計、製作し良好なる結果を得た。

## ABSTRACT

A digital transmission system combining NIPCM (Nearly Instantaneous Companding Pulse Code Modulation) with DPCM (Differential Pulse Code Modulation) is proposed in this paper. In this method, the transmission bits are modified, which are obtained by differential companding, in order to minimize the difference between original data and decoded compressed data at every sampling point. A computer simulation shows that the segmental SNR of this method is higher than that of the corresponding ADPCMf bit rate. And that, we have built a prototype voice encode and decode circuit board.

## 1. はじめに

ボイスメールなどの音声蓄積や音声信号伝送のために音声信号符号化(圧縮)方式が各種研究されている。これら音声符号化方式は、CCITT 勧告の ADPCM 方式<sup>1)2)</sup>、予測符号化を行う APC-AB (Adaptive Prediction Coding with Adaptive Bit Allocation) 方式<sup>3)</sup>、マルチパルス方式<sup>4)</sup>などに代表される波形符号化方式と LSP (Line Spectrum Pair) 方式<sup>5)</sup>などに代表される分析合成方式に大別される。一般に前者はハード構成の簡便さに、後者はその高圧縮率に特徴があり、どちらも低

ビットレートで高品質な音声を得るためには、複雑な符号化、復号化の処理が必要である。最近では、DSP (Digital Signal Processor) とよばれるデジタル信号処理専用の LSI の普及により、高品質な音声圧縮装置も出現しているが高価格である。一方、放送衛星用の高品位な PCM 音声伝送方式の一つに準瞬時圧伸方式<sup>6)</sup>がある。この符号化処理は簡単であるが圧縮率は十分ではない。このため圧縮率を向上させる一つの手段として『差分 PCM 方式と準瞬時圧伸の結合』が試みられている<sup>7)</sup>。この方式は、高品質な放送用音声の再生を目的としたものであり 14 ビット原データを 8 ビット程度に圧縮し伝送するものであった。

筆者らは、

- 1) 低ビットレート (1 サンプル当たり 2 ビット ~ 4 ビットに圧縮) で
- 2) 簡単な処理 (ハード量小) により
- 3) 高品質な音声 (耳障りなノイズの少ない音声) を

\* 中央研究所情報エレクトロニクス研究センター

Information Processing and Electronics Research Center,  
Research & Development Center

\*\* 中央研究所応用技術開発センター

Technology Transfer Center, Research & Development  
Center

再現する

を目的として差分 PCM 方式と準瞬時圧伸を組み合わせた音声符号化方式の検討を行った。<sup>8)</sup>

本報告では、方式の原理、計算機シミュレーションによる検討、および 8 ビット CPU を用いて製作した音声圧縮ボードについて述べる。

## 2. 符号化方式

### 2-1 準瞬時圧伸と差分 PCM

準瞬時圧伸の概略、差分 PCM 方式に準瞬時圧伸を適用した場合の問題点について述べる。

準瞬時圧伸で 12 ビットの音声データを 3 ビットに圧縮する場合は、PCM データを例えば 1 ブロック 8 サンプルごとに分割し、このブロックの中から最大値を見つけ出し（正でも負でも良い）、この最大値の示すビットパターンの有効上位桁から下位へ 3 ビットだけ伝送する（最上位ビットは符号を示している）。8 個のサンプルから構成される 1 ブロック内の伝送ビットの位置は同一であり、この位置をスケール値としてブロックの先頭に付加して伝送する。

復号時には、スケール値を基準に圧縮差分データの伸長を行ない切り捨てビットの位置には 0 を、伝送ビットより上位のビット位置には符号ビットを挿入する。この準瞬時圧伸を差分 PCM に適用した場合の様子を図 1 に示す。まず送信側で図 1(a)に示した音声信号（実線）に対し、隣合うサンプル間での差分値を求め（図 1(b)の細線（#1～#8））、これに準瞬時圧伸を適用すると図 1(b)の太線になる。ここでは、8 サンプルで 1 ブロックを構成する差分データ（12 ビット信号）に準瞬時圧伸を施し 3 ビットに圧縮する場合を示している。このとき各サンプル値は、下位ビット成分が切り捨てられ①～⑧（太線）となっている。

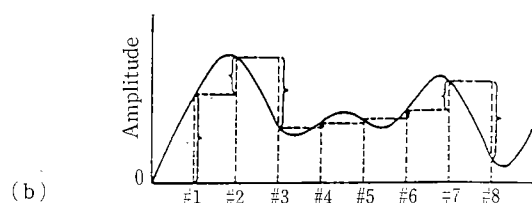
受信側で図 1(b)に示した圧縮差分データ（①～⑧）を用い、スケール値をもとに圧縮差分データを伸長し、順次前の差分データとの加算により復号を行うと音声信号は図 1(c)の一点鎖線の様になる。従って受信側では、符号時の欠落ビットに起因した負の DC シフトが生じ信号は正確に再生できない。

筆者らは差分 PCM 方式に準瞬時圧伸を適用することを基本とし、波形的には復号波形が原波形のまわりにまわりつくように考慮して、サンプル点での誤差が最大でも伝送ビットの量子化幅の 1/2 以下となるような低ビットレート、かつ簡単な処理（ハード量小）により比較的高品質な音声を提供する音声信号符号化方式を考案した。

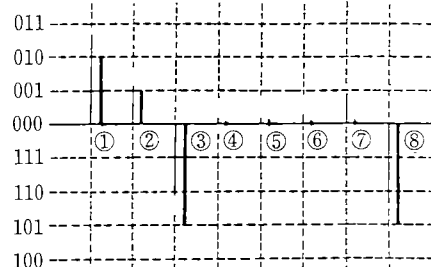
### 2-2 方式の原理

準瞬時圧伸には次の様な特徴がある。

(a)



(b)



(c)

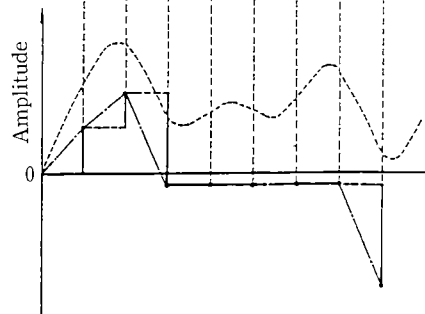


図 1 差分PCMと準瞬時圧伸  
(a) 原信号と差分データ  
(b) 差分データの圧縮  
(c) 原信号と復合信号

- (1) ブロック内伝送ビットの量子化ステップはスケール値により決定される。
- (2) 各サンプル点での伝送ビットの値は一律に小さい方の量子化値をとる。

そこで以上の(1)(2)を考慮し次のような補正法を考案した。図 2 に方式の原理を示す。サンプル点 #0 を基準としてサンプル点 #1, #2, #3 の差分値をそれぞれ 12 ビットで形成し準瞬時圧伸により 3 ビットに圧縮する場合を考える。この場合の差分値の絶対値はサンプル点 #1 が最大となり、3 ビットの圧縮差分データはこのサンプル #1 を基準に形成される。スケール値は #1 のビットパターンの最上位桁の桁位置を示す。各々のサンプル #1, #2, #3 の値は、この量子化幅で表現可能なデータに置換される。ここでの処理は、全て 2 の補数表現にて行なっている。例えば、サンプル #1 の圧縮差分データは実際の値  $P_{11}$  よりも下の値  $P_{12}$  ( $= (010)$ ) となる。ところで、この量子化幅で表現できるデータのうち、 $P_{12}$  よりも 1LSB だけ大きな値  $P_{13}$  ( $= (011)$ ) に対応した復号データの方がよりサンプル #1 の実際の値  $P_{11}$  に近い。そこで、この  $P_{13}$  をサンプル #1 の圧縮差分データとすれば復号化したときの音声信号の誤差を小さくすることができる。

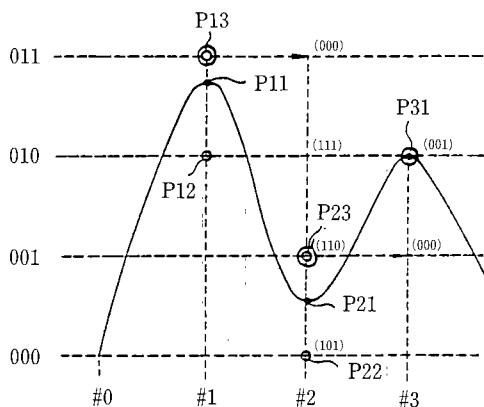


図2 方式Iの原理

- サンプル点
- 準瞬時圧伸により圧縮された点
- ◎ 補正された点

この時の復号値の誤差は、最大でもこの圧縮差分データの量子化幅の1/2に抑えることができる。

同様にサンプル#2、#3についても、その復号値が符号化前の信号の値（サンプル#2ではP21、サンプル#3ではP31）にもっとも近くなる圧縮差分データを選択すればよい。この場合、サンプル#2の差分値としては、P21よりも小さい値P22に基づいた復号値に比べてP21よりも大きいP23に基づいた復号値の方がよりP21に近いので、サンプル#1の復号値であるP13とP23との差分（= (110)）を設定する。サンプル#3についてもP23とP31の差分（= (001)）を圧縮差分データに設定する。このようにして元の音声信号に対する追従性が向上した圧縮差分データを復号することができる。このための操作としては、復号値と原信号値との誤差が小さくなるように圧縮差分データにそのLSBを加減算する操作を繰り返し行う。

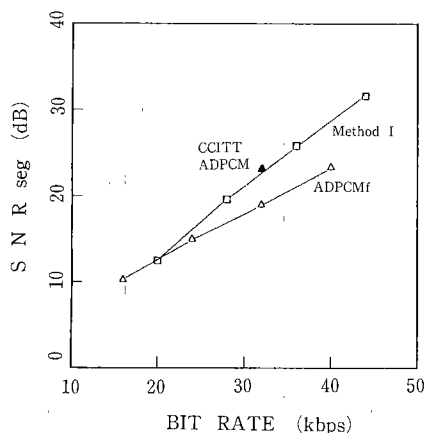
また、差分データの変化が大きくサンプル点での差分値が上述の3ビットでは表現できないほど大きい時には伝送する3ビットで表現できる最大値(011)を送って代用する。同様にマデナス側でこのようなことが生じた時には負の最大値(100)を送って代用するものとする。なお、この場合その点での誤差は、伝送ビットの1/2以内に保障されないが、スケール値を変更して計算をやり直すよりこの方が演算がはやくなるためこのように対処した。また、ブロック間における欠落ビットの発生に対しては、前ブロックの最後のサンプル点での復号値を用いて、次のブロックの先頭の前信号値との間で差分値を計算することで対処した。

### 3. 方式検討

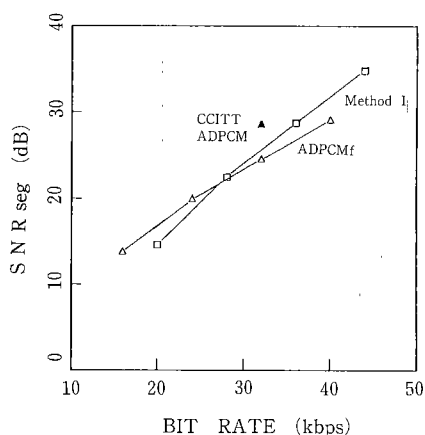
#### 3-1 計算機シミュレーション

音声信号符号化方式の有効性を検討するため計算機シミュレーションを行った。対象とした音声信号は、男女各3名の音声「爆音が銀世界の高原に広がる」を8 KHz サンプリングで12ビット直線量子化したものである。

比較対象には、乗算器が必要な分だけ本方式よりハード量は多くなるが、処理が比較的簡単とされる一次固定予測型のADPCM（以下これをADPCMf）<sup>9)</sup>を用いた。図3に音声品質の評価尺度として、時間領域の評価尺度であるセグメンタルSNR<sup>10)</sup>を用いた結果を示す。ここで、1ブロック当りのサンプル数は8であり、男女各3名の各音声サンプルについて行った実験結果を図3(a)、(b)に示す。各プロットは男女各々3名の話者のセグメンタルSNRの平均値である。男女によりまた各話者により結果は多少異なるものの、本方式の場合20kbps～26kbpsでADPCMfとほとんど変わらなくなるが、それ以上のビット数では1～3dB程度SNRsegが高く良好な



(a) Male



(b) Female

図3 伝送ビットレートとセグメンタルSNR

音質を示している。また参考までに CCITT 勧告の ADPCM の結果も図 3 中に示した。なお、数名の試聴実験の結果でも、本方式の 3 ビット伝送は、ADPCM の 4 ビットに近いものであるという良好なる結果を得た。ここで、ビットレートは以下の式にて求めた。

$$\text{Bit Rate} = (\text{TB} + \text{SB}/\text{NS}) \times \text{Fs} \dots\dots\dots(1)$$

TB : 1 サンプル当りの伝送ビット数  
SB : スケール値を表すビット数  
NS : 1 ブロック当りのサンプル数  
Fs : サンプル周波数

## 4. 音声圧縮ボード

本圧縮方式は、加減算等の比較的簡単な演算で処理できるため DSP 等のデジタル信号処理専用 LSI を使わずに音声圧縮ボードを実現できる。本ボードは小規模、低価格を目標として 8 ビット CPU、D/A、A/D コンバータ、ローパスフィルタより構成され、音声の圧縮、伸張は全てソフトウェアにて対処している。さらに使用時の便宜のため音声区間検出、音声データの管理等の機能も持っている。

### 4-1 ボードの構成

図 4 に、音声圧縮ボードの構成を示す。CPU には、Z80、音声入出力用に 8 ビットの A/D、D/A コンバータ、音声格納用に 2M バイトの RAM、作業用エリアとして 32K バイトの RAM と 8K バイトのプログラム ROM を使用した。また、コントロール用 I/O として双方向 8 ビットパラレルポートを付加している。

録音及び再生処理は次の手順で行う。録音時にマイクより入力された音声を、ローパスフィルタに通した後 A/D コンバータにより 8 ビットのデジタル信号に変換し取り込む。取り込みは、8KHz の割り込みクロックに

同期して行なう。CPU は圧縮処理を行い、RAM へ圧縮データを格納し録音を終了する。再生時には、CPU が、RAM から圧縮データを読み出し、伸張後、D/A コンバータに出力する。D/A コンバータは音声をアナログ信号に変換しスピーカより再生する。なお、表 1 に音声圧縮ボードの仕様を示す。

### 4-2 音声圧縮ボードの機能

音声圧縮ボードの主な機能は以下の通りである。

#### 1) 符号化ビット可変

再生音の質と圧縮後の音声データ量（メモリー容量）は圧縮ビットレートに依存し、使用目的に応じて変えられることが望ましい。このため本ボードでは 1 サンプル当りの符号化ビット数を 2, 3, 4 ビットと変更可能にした。なお、この際のスケール値に 4 ビットを用い、1 ブロックあたりのサンプル数は 8 とした。

#### 2) 圧縮時の音声区間の検出

録音時の話者の便宜とメモリーの節約を考慮し音声区間の自動切り出し機能を設けた。これは、入力信号中から音声区間の語頭を検出した後に圧縮操作を開始して、語尾を検出すると処理を終了する機能である。試作機上での CPU が音声区間の切り出し及び圧縮処理に要した時間は、音声録音時間の 75～86% で実時間処理が可能である。

#### 3) 音声データの管理

データの記憶処理は通常バイト単位にて行われる。ところで、圧縮後のデータはバイト長単位ではないため、このまま記憶するのは効率的ではない。そこで、圧縮データをバイト単位に並べ変えてデータの記憶が行えるようにしている。また、音声削除・更新に伴うメモリーの再割当等のメモリー管理も全て同一の CPU にて行えるようにした。

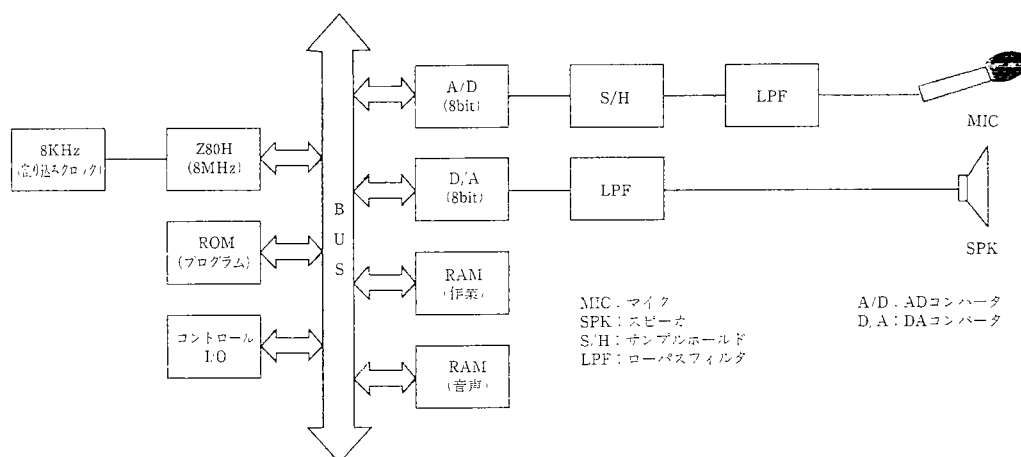


図 4 ハード構成図



#### 4) 高速再生機能

短時間に多くの録音された音声を聞くため（早聞き用）に再生速度を上げる機能を付加した。ここでは、1 割り込み処理中に 2 サンプル分の伸張をして高速再生をすることにした。試作機上での CPU が、1 サンプル分の伸張処理に要する時間は、音声再生時間の約 25% であり、倍速再生する時間的余裕が十分あることが確認できた。ここで、再生速度は、3/2 倍速を最高に 4/3、5/4 倍の設定が可能である。

今回の試作では、8 ビット CPU を用いたが、16 ビット CPU を使用すれば 12 ビット A/D、D/A を用いてさらに音声品質の高い音声圧縮ボードが可能である。

表 1 音声圧縮ボードの仕様

CPU	Z80 (クロック 8MHz)
標本化クロック	8KHz
A/D, D/A コンバータ	8 ビット (linear)
ビットレート	36, 28, 20Kbps (可変)
ローパスフィルタ	5 次アクティブフィルタ カットオフ 3.6KHz
高速再生機能	3/2, 4/3, 5/4 倍等 (可変)
録音時間	466 秒 (4 ビット圧縮時) 621 秒 (3 ビット圧縮時) 838 秒 (2 ビット圧縮時)

#### 5. まとめ

低ビットレートかつ簡単な処理によって音声信号を圧縮する方式について検討を加えた。本方式は、差分 PCM 方式に準瞬時圧伸を適用するものであり、ブロック内のサンプル点毎に圧縮データを順次復号し、原信号値と比較することで圧縮ビット数内での誤差が最小となるように補正するものである。符号化処理は ADPCMf よりも簡単であり、セグメンタル SNR を評価尺度として行った計算機シミュレーションの結果、26Kbps 以上で同一ビットレートの ADPCMf より SNR の高い音声品質が得られた。さらに本方式の特徴を生かして、8 ビット CPU を用いて実時間処理が可能な低価格、高品質な音声圧縮ボードの試作を行った。

本方式によれば、パーソナルコンピュータ等の CPU を利用している装置では、わずかなソフトウェアと周辺回路を追加するだけで低価格でかつ高品質な音声圧縮再生機能を実現できる。今後は、さらに高品質な音声圧縮アルゴリズムの研究を行なっていく予定である。

#### 参考文献

- 1) CCITT Recommendation G. 721, "32kbit/s ADAPTIVE DIFFERENTIAL PULSE CODE MODULATION (ADPCM)", CCITT Red Book, Fascicle III.3, 1984
- 2) 八塚：信学誌, 70(4), 1987, p.392-400
- 3) 中田：音声の高効率符号化 (森北出版, 1986) p.107
- 4) Atal, et. al.: Proc. ICASSP 82, 1982, p.614-617
- 5) 菅村, 板倉：信学論(A), J64-A(8)1964, p.599-606
- 6) 宇野：放送技術, 5, 1983, p.428-433
- 7) 高橋, 田中, その他：信学論(B), J67-B(10), 1967, p.1033-1039
- 8) 内山, 山田, 鈴木：信学論(A), J71-A(5), 1988, p.1091-1099
- 9) P.Cummiskey and N.S.Jayant: B.S.T.J., 52(7), 1973
- 10) 渡辺, 伊藤, 北脇：音響学音声研資, S82-48, 1982

# 技術紹介

EXPLANATION ON TECHNOLOGY

# バリフォーカルレンズの制御システム

## A Varifocal Lens Control System

大野 好美\*  
Yoshimi Ohno

菊地 修一\*\*  
Shuichi Kikuchi

畑 大介\*  
Daisuke Hata

畑瀬 貴之\*  
Takayuki Hatase

### 要 旨

レンズの持つ各種の情報、駆動系を演算処理及び駆動制御し、バリフォーカルレンズでも、ズームレンズ並の使い勝手が得られるシステムを開発したので紹介する。

このシステムは、レンズ系の位置情報を演算処理して、被写体距離を出力する機能と、結像位置を一定に保つようレンズ群の位置制御をする機能をもつ。

### ABSTRACT

A new system which enables a varifocal lens to be used as easily as zoom lenses has been developed by processing various information the lens obtains with a microcomputer unit and controlling the driving systems of the lens.

The system has two functions. One is to output the distance between camera and subject while processing the information on the positions of the lenses by microcomputer. The other one is to control the position of the lens group to keep the image formation position constant.

## 1. はじめに

バリフォーカルレンズはズームレンズに比べ、小型、軽量という長所を持っており、今後の高変倍レンズ化動向には有望であるが、次の2つの欠点を持っている。

- ① 変倍動作時、結像位置を一定に保つためには、焦点位置調整用レンズ群(フォーカシングレンズ群)を補正制御する必要がある。
- ② ズームレンズでは、フォーカシングレンズ群の位置のみで一義的に被写体距離が決まるが、バリフォーカルレンズ群では、変倍レンズ群位置とフォーカシングレンズ位置の両方の位置関係から被写体距離が決まる。

この欠点を、レンズと鏡枠という2つの構成要素内で解決する案も報告されているが、この場合、鏡枠内のカ

ムが複雑にならないよう、レンズ設計上の配慮が必要となる。

筆者らは、上記2構成要素にレンズの位置を電氣的に制御するという電気制御カムを導入することにより、バリフォーカルレンズの長所を最大限に発揮できると考えた。

更に、本システムを開発する上で、レンズを電氣的に位置制御するには、一般的にはレンズの位置情報、駆動部、制御部等の情報及び要素が必要となるが、それらはフルオートフォーカスカメラの場合、内蔵されるものがほとんどである。即ち、新たな制御要素なしで、上記電気制御カムを達成出来るという技術的背景があった。

今回開発したシステムは、変倍レンズ群の位置情報( $Z_p$ )、フォーカシングレンズ群の位置情報( $F_p$ )の2情報と、モータを含む変倍駆動メカニズム( $Z_m$ )、モータを含むフォーカシング駆動メカニズム( $F_m$ )、外部表示用液晶( $E_F$ )の3要素から構成され、内蔵のCPUにより制御されている。

本稿では、まずバリフォーカルレンズそのものの特性を検討し、その最適化条件から式を導きだす。

3.で35mm一眼レフカメラ「MIRAI」用に開発した

\* 光学事業部光学設計部

Photo-Products Design Department, Photo Products Division

\*\* 画像技術開発本部光学開発センター

Optics Development Center, Image Technology Development Division

制御式とシステムについて紹介する。

## 2. バリフォーカルレンズ

### 2-1 バリフォーカルレンズの特性

一般にバリフォーカルレンズとは変倍時に結像位置が変化するレンズである。ここでは、その中でも無限合焦時には全変倍域で結像位置は一定であるが、被写体が近距離の場合、変倍時にフォーカシング移動量が変化するバリフォーカルレンズについて説明する。

一般的な  $f=35\sim135\text{mm}$  程度のズームレンズの群構成の基本は正・負・正の3群構成で、フォーカシング方式は第1群のみが移動するフロントフォーカシング方式である。このズームレンズで第1群と第2群の合成系をフォーカシングレンズ群とすると、その焦点距離は変倍によって変化する。従って、このレンズは変倍時にフォーカシング移動量が変化するバリフォーカルレンズとなる。

このバリフォーカルレンズは、第1群のみでフォーカシングを行うフロントフォーカシング方式のズームレンズと比較して、次のような特性を持つ。

- 望遠側に比べて、広角側のフォーカシング移動量は小さくなる。
- フォーカシングレンズ群の必要有効径は、広角側の近距離でもあまり大きくならない。
- 広角側でフォーカシングレンズ群に要求される停止位置精度は高くなる。

以上のように、このバリフォーカルレンズは変倍時にフォーカシング移動量の制御が行なわれれば、ズームレンズと同等の機能を持ちながら前玉径を小型にできる。

### 2-2 バリフォーカルレンズの制御条件

フロントフォーカシングの場合、被写体距離 ( $R$ ) とフォーカシング移動量 ( $\Delta$ ) について、

$|R| \gg |\Delta|$ 、 $|R| \gg |fx|$  の時は、下式が成り立つ。但し、 $fx$  はフォーカシングレンズ群の焦点距離である。

$$R^2 \times \frac{\partial \Delta}{\partial R} \propto f x^2 \quad \dots\dots\dots(1)$$

一方、前記3群バリフォーカルレンズでは第1群と第2群の合成の焦点距離と全系の焦点距離の関係が決まると、任意の焦点距離における各群の位置関係が決まる。

第1群と第2群の合成の焦点距離、即ちフォーカシングレンズ群の焦点距離と全系の焦点距離 ( $f$ ) の関係を変化させ、望遠端における全長、必要有効径、フォーカシング移動量、フォーカシングレンズ群に要求される停止位置精度等が最適になるような関係を求めると、次の比例式となる。

$$f x^2 \propto f \quad \dots\dots\dots(2)$$

よって、式(1)及び式(2)を満足するバリフォーカルレン

ズは、フォーカシング移動量について被写体距離が充分大きいとき、次式が成り立つ。

$$R^2 \times \frac{\partial \Delta}{\partial R} \propto f \quad \dots\dots\dots(3)$$

近似的に式(3)を満足するように上記バリフォーカルレンズのフォーカシング移動量を制御すれば、ズームレンズと同等の機能を持つ前玉径の小型なレンズが実現できる。

これをもとに開発された一眼レフカメラ用 F4.2~5.6/35~135mm バリフォーカルレンズを図1に示す。このレンズは、至近距離が1.2mで最大レンズ径が  $\phi 45\text{mm}$  (従来の第1群フォーカシングでは  $\phi 55\text{mm}$  程度) と小型になっている。

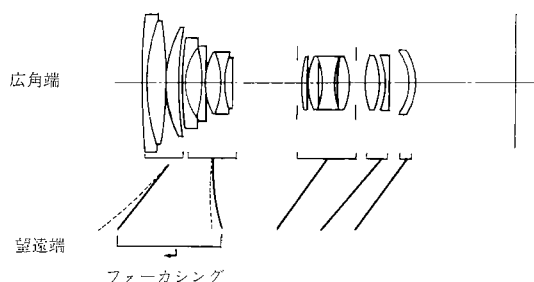


図1 F4.2~5.6/35~135mmバリフォーカルレンズ

## 3. MIRAIでのバリフォーカル制御式及びシステム

### 3-1 制御式

カメラが、変倍用モータを内蔵し、外部のスイッチ等の操作部材で自動的に変倍するようになっている場合、変倍時間に対して画角の変化が、直線的であるのが、視覚的に自然である。

変倍時間は、モータの回転に比例しており、モータの回転に応じて直線的に変化するような変倍レンズ群位置検出器 ( $Z_{pm}$ ) を設け、その出力を  $Z_p$  とした場合、画角は全系の焦点距離の逆数に略々比例するので、前述の視覚的条件は次式で表わすことができる。

$$\frac{1}{f} \propto Z_p \quad \dots\dots\dots(4)$$

式(3)、(4)より

$$R^2 \times \frac{\partial \Delta}{\partial R} \propto \frac{1}{Z_p} \quad \dots\dots\dots(5)$$

となる。

フォーカシング移動量 ( $\Delta$ ) と、フォーカシングレンズ群位置検出器 ( $F_{pm}$ ) の出力  $F_p$  が比例するよう構成すると、式(5)は

$$F_p = \frac{1}{R} \times \left[ \frac{C_{11}}{Z_p + C_{12}} + C_{13} \right] \quad \dots\dots\dots(6)$$

式(6)が MIRAI 用バリフォーカルレンズの制御式の基本となっている。即ち変倍動作時、結像位置を一定に保つということは式(6)において、 $R$  が一定になるよう  $Z_p$  に対して  $F_p$  (又は  $F_p$  に対して  $Z_p$ ) を制御することであり、一方、被写体距離 ( $R$ ) は、 $Z_0, F_0$  から求められる。

パリアフォーカル制御式(6)をカメラに実装できるように展開し、MIRAIで実現した。以下で、そのシステムについて駆動系と演算系に分けて説明する。

図2において、レンズは第1群(a)、第2群(b)、...、第5群(e)の5群により構成され、a、bでフォーカシングレンズ群を、a、b、c、d、eをもって変倍レンズ群を構成している。

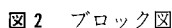
フォーカシングレンズ群はフォーカシングモータを含むフォーカシングメカニズム ( $F_m$ ) により駆動され、

### 3-2-2 演算系

そこで演算時間およびプログラム量の増加を防ぐために CPU 内の演算は 8 bit 整数の加減乗除にのみ限定している。

$$F_p = \frac{C_{fp}}{255} \times \left[ \frac{C_{11}}{Z_p + C_{12}} + C_{13} \right] \dots \dots \dots (7)$$

この式(7)が中心になってバリフォーカルレンズの制御と被写体距離表示が行なわれることになる。



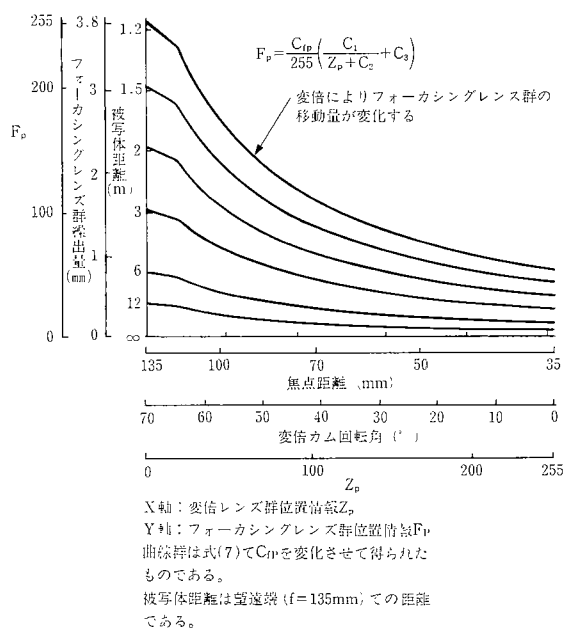


図3 変倍動作に対するフォーカシングレンズ群繰出量

まず、バリフォーカルレンズ制御について図2、図4をもとに説明する。変倍スイッチによって変倍動作開始を知った駆動制御部は、制御を開始する直前の初期値として変倍方向と  $F_{pm}$  の値  $F_{p0}$ 、 $Z_{pm}$  の値  $Z_{p0}$  を読み込む (図4のA地点)。そして  $C_{fp0}=255$  として式(7)から  $Z_{p0}$  における最至近の  $F_{pm}$  の値  $F_{px0}$  を最大繰出量演算部で計算する。つまり

$$F_{px0} = \frac{C_{11}}{Z_{p0} + C_{12}} + C_{13} \quad \text{.....(8)}$$

である。この  $F_{px0}$  と読み込んだ  $F_{p0}$  から比例定数  $C_{fp0}$  を比例定数演算部で計算する。式(7)、(8)から

$$C_{fp0} = \frac{F_{p0} \times 255}{F_{px0}} \quad \text{.....(9)}$$

となる。この初期値  $C_{fp0}$  を用いて、式(7)より

$$F_p = \frac{C_{fp0}}{255} \times \left[ \frac{C_{11}}{Z_p + C_{12}} + C_{13} \right] \quad \text{.....(10)}$$

が常に成立する様  $F_p$  と  $Z_p$ 、つまりフォーカシングレンズ群と変倍レンズ群を制御すれば結像位置が一定に保たれることになる。

$C_{fp0}$  が求められた後に初めて変倍モータが変倍制御部により駆動される。それに従い  $Z_{pm}$  の値  $Z_p$  が変化する。この変化量がある一定に達した後、変倍モータは停止し再び  $F_{pm}$  の値  $F_{p1}$ 、 $Z_{pm}$  の値  $Z_{p1}$  が読み込まれる (図4のB地点)。この時点で変倍モータのみ動いているので結像

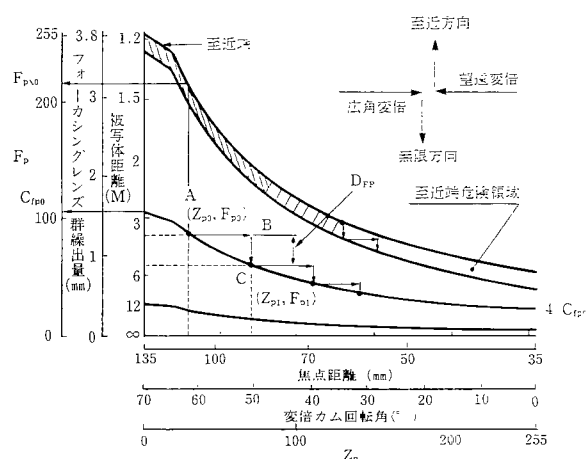


図4 実際のバリフォーカル制御

位置は変化している。

$Z_{p1}$  を用いて式(10)から  $F_p$  が求められ、この  $F_p$  と  $F_{p1}$  の差

$$D_{FP} = F_p - F_{p1} \quad \text{.....(11)}$$

だけ補正するよう変倍望遠端方向の時無限側に、又広角端方向の時至近側にフォーカシングレンズ群を動かす。

この計算は合焦補正演算部で行なわれる。駆動制御部はフォーカス制御部、変倍制御部をコントロールし、合焦補正演算部の結果を受けてフォトインタラプターのパルス数 ( $D_{fcd}$ ) に変換して、 $D_{fc}$  が  $D_{fcd}$  に一致するまでフォーカシングレンズ群を制御する。そして、補正後に得られる  $F_{pm}$  の値  $F_p$ 、 $Z_{pm}$  の値  $Z_p$  は、式(10)を満足しているので結像位置の変化はない (図4のC地点)。

この様にこの動作を変倍スイッチが押されている間中繰り返すことで結像位置を一定に保ったままの変倍動作を可能としている。

またフォーカシングレンズ群が至近端にある時に、広角端へ変倍しようとした場合、至近端のストッパーカムに食い込み変倍動作ができない。逆に望遠端へ変倍した場合、フォーカシングレンズ群が至近端のストッパーカムに食い込む可能性がある。

そこで、式(9)の  $C_{fp0}$  からフォーカシングレンズ群が至近端付近にあると判断した場合には、フォーカシングレンズ群を無限端方向に一定量動かして至近端付近のストッパーカムに食い込む危険領域から脱出した後に変倍動作を実行する。変倍スイッチが離された時点で、フォーカシングレンズ群を再び至近端へと駆動している。

これらのきめ細かな制御を行うことで使用感の向上を狙っている。

次に、被写体距離表示について述べる。式(9)で求められた  $C_{fp0}$  は、式(6)→(7)の変形から分かる様に被写体距離の情報を含んでいる。

図2ブロック図内の外部表示用液晶に示す様に12コのLCDのドットで距離表示を行なっているので、

$$D_{ot} = \text{INT} \left[ \frac{(267 - C_{fp0}) \times 11}{255} \right] + 1 \dots\dots\dots (12)$$

INT (x) は x の整数部を返す関数

を撮影距離演算部で計算して得られる被写体距離表示数  $D_{ot}$  分だけドットを点灯することで被写体距離表示が行なわれている。

この様に鏡枠のカム構造等のメカニズムでは困難な被写体距離表示が、バリフォーカルレンズ制御方式と同一原理を用いることで容易に実現されている。

## 4. 結果

本システムによるバリフォーカルレンズ制御の精度を測定した。

測定条件は、制御誤差が発生しやすい至近端 ( $C_{fp} = 255$ ) とし、望遠端→広角端→望遠端の駆動を10サイクルとした。精度の測定は、線図から求まる  $Z_p$  に対する  $F_p$  と、10回の  $F_p$  の実測値の平均値との差 ( $E_{rr1}$ ) と、繰返し  $F_p$  のばらつき〔標準偏差〕( $E_{rr2}$ ) を測定した。その結果、

$$E_{rr1} \div 0$$

$$E_{rr2} = 1$$

となった。

$E_{rr2}$  を結像位置ずれに変換すると、

$$E_{rr2} = 0.074 \text{ (mm)} \text{ [望遠端]}$$

$$E_{rr2} = 0.019 \text{ (mm)} \text{ [広角端]} \quad \text{となる。}$$

この値は、望遠端で  $1 \sigma = 5.6 / 0.074 = 75 \text{ 本/mm}$  の解像本数で位置制御がされていることを示しており、実用上充分であることがわかる。

又、この制御による視覚的違和感のない事も、試作機により確認された。

## 5. 今後の展開

本システムの開発により、鏡枠を複雑にすることなくバリフォーカルレンズが使用できるようになった。

これはレンズ設計の自由度を増加させ、小型、軽量化、更には、レンズ材料のコスト低減を可能にする。

今回の検討は主に、レンズの最適化から進められてきた。今後は、レンズ、鏡枠、制御方法の3者間での最適化が検討されることになり、一層の小型、軽量化、及びコストダウンが計られることになると思われる。

最後に、本稿作成にあたり御指導、御協力を戴いた関係の方々に深く感謝致します。

# 利用者が状態遷移を記述できるかな漢字変換モジュール

A Kana-to-Kanji Conversion Module Having User-defined Man-machine Interface

塩田 憲行\*

Noriyuki Shiota

## 要 旨

日本語入力時のユーザインターフェースを一部変えることのできるかな漢字変換モジュールを試作した。このモジュールは入力モードなどの状態遷移を Lisp-like なユーザインターフェース記述言語により記述し、キー入力に応じてこれを解釈実行するものである。これにより、ユーザインターフェースの評価や個人の好みに応じたインターフェースが簡単に実現できるようになる。

## ABSTRACT

A Kana-to-Kanji conversion module has been developed, which interprets the state transition table in which the man-machine interface is described by a Lisp-like interface descriptive language. The module permits a user to define the man-machine interface of Kana-to-Kanji conversion and supports to evaluate its usability.

## 1. 背景と目的

日本語入力時におけるかな漢字変換のユーザインターフェースは、かな漢字変換に用いるアルゴリズムと共に日本語文章の入力効率に大きな影響を与えるものである。しかしそのユーザインターフェースについての評価は入力する文章の種類や個人の好みなどに依りて大きく異なっているのが現状である。このようなユーザインターフェースに関する問題を解消するための1つの方法として、ユーザの好みに応じてユーザインターフェースを変えられるようにしたシステムが最近作られている。この方法を日本語入力に応用した例として Wnn<sup>1)</sup> などがあり、エディタでは Emacs などがユーザインターフェースを変えられるシステムとして有名である。

今回作成したかな漢字変換モジュールは、ユーザインターフェース記述言語を用いて状態遷移を記述し、キー入力に応じてこれを解釈実行する有限状態オートマトンとして実現されている。このかな漢字変換モジュールを使用することにより、どのようなユーザインターフェースが利用者にとって使い易いかの評価が容易に行え、個

人の好みに応じて簡単にユーザインターフェースを変えることができるようになる。この技術紹介では今回作成したかな漢字変換モジュールで用いられているユーザインターフェースの記述方法について述べる。

## 2. 技術の特徴

かな漢字変換のユーザインターフェースを可変にするためには、かな漢字変換を行うモジュールに、何等かの方法でその動作を規定するための情報を与えなければならない。しかし、かな漢字変換のすべての動作を1種類のテーブルによって記述しようとする、その記述テーブルが膨大なものとなり、インターフェース記述テーブルの変更や管理も困難になってくる。また逆に、動作の記述を簡単なものにする、ユーザインターフェースを変えられる部分が限定されたものになり、ユーザの要望に柔軟に対応することができなくなってしまう。

そこで、今回のかな漢字変換モジュールでは、ユーザインターフェースの変更が可能な部分を

- (1) ローマ字変換の動作
- (2) 漢字変換の状態遷移
- (3) 画面のインターフェース

という3種類に分離し、それぞれの動作をテーブルによ

\* ソフトウェア研究所第4研究室

The 4th laboratory, Software Research Center



り記述するという方法をとった。

(1)のローマ字変換の動作の記述については、インターフェースの記述用の特別な言語を使用せず、ローマ字表記と変換文字列を並べただけのローマ字テーブルにより記述する。

(2)の漢字変換の状態遷移については lisp-like な記述言語を用い、状態遷移とその際に実行すべき処理を記述する。

(3)の画面とのインターフェースについては、ウィンドウ管理などを行う画面制御モジュールで行うべき内容であり、かな漢字変換モジュールで行うべきではないと考えられるので、今回作成したモジュールには含まれていない。

以下に、(1)のローマ字変換用のテーブルと(2)の漢字変換の状態遷移記述テーブルの記述方法について述べる。

## 2-1 ローマ字変換テーブル

ローマ字変換については図1に示すような単純なローマ字変換テーブルによってその動作を記述するようになっている。

>	a	i	u	e	o
	あ	い	う	え	お
>	ka	ki	ku	ke	ko
	か	き	く	け	こ
>	sa	si	su	se	so
	さ	し	す	せ	そ
>	dha	dhi	dhu	dhe	dho
	でゃ	でい	でゅ	でえ	でよ
			...		
>	ricoh	src			
	リコー	ソフトウェア研究所			

図1 ローマ字テーブル

ここで、'>'で始まっていない行はローマ字表記を表す行であり、'>'で始まる行は、ローマ字変換後の文字列を表す行である。全く同じローマ字表記に別の変換文字列を対応させることはできないが、ローマ字表記の一部が違っていても一部同じ表記が含まれていてもよい。また、最後の例のようにローマ字として普通使わない表記をタイピングを減らすために用いることもできる。

かな漢字変換モジュールはこのテーブルを初期化時に読み込み、木構造として保持する。別の変換文字列に同一表記を割り当ててしまったときは、このテーブルの読み込み時にエラーが出力される。実行時には入力に応じてこの木をたどることによってローマ字変換が行なわれる。

## 2-2 漢字変換の状態遷移の記述

かな漢字変換の動作を記述することは、その状態遷移を記述することである。例えば、英数字モード、全角ひ

らがなモード、候補選択モードなどの入力モードを状態とすると、各状態において、変換キー、無変換キーなどのキー入力に対する状態遷移とその際に実行すべき処理を記述すれば、かな漢字変換の動作を記述したことになる。表1に実際に動作を状態遷移表で記述した例を示す。これは候補モード（変換候補が表示された状態）の記述であり、すべてのモードについてこのような状態遷移表を記述する必要がある。表1において、[]で囲まれているのはキーの名前、<>で囲まれているのは状態名を示している。

表1 <候補>モードの状態遷移表

キー入力	次の状態	処理
[半/全]	<半英>	候補を確定
[全英]	<全英>	候補を確定
[変換]	<候補>	次の候補を表示 (候補があるとき)
	<全ひら1>	読みを表示 (その他の場合)
[無変換]	<全ひら1>	読みを表示
[カナ変換]	<全ひら>	読みをカタカナにして確定
[音訓変換]	<音訓>	最初の音訓候補を表示 (候補があるとき)
	<全ひら1>	読みを表示 (その他の場合)
[句点変換]	<全ひら1>	読みを表示
[ERASE]	<全ひら>	読みを消去 (読みが1文字のとき)
	<全ひら1>	読みを1文字消去し表示 (その他の場合)
[KILL]	<全ひら>	読みを消去
[other]	<全ひら1>	候補を確定し、ローマ字かな変換をし、読みとして表示

このような状態遷移表は、実際には以下で説明する記述言語を用いて記述する。この記述言語は構文的には lisp で使われる S 式の形をしているが、扱えるデータの型が string 型, state 型, buffer 型, boolean 型のみに限られているものである。この言語によって記述される状態遷移表は以下の4つの部分から成っている。

### ●変換キーの定義部 (define-key)

一状態遷移記述部で参照する変換キーの名前を定義するための式の並び。

(例)

(define-key Scale “^w”)

(define-key Conv “^p”)

(define-key NoConv “^n”)

...

●状態名の宣言部 (declare-state)

一状態遷移記述部で定義するすべての状態名を宣言するための式の並び。

(例)

```
(declare-state half-alpha full-hira
  full-hiral kouho onkun kuten
  full-alpha full-alphal full-kata
  full-katal)
```

●初期状態の宣言部 (initial-state)

一状態遷移記述部で定義するどの状態が初期状態であるかを指定する。

(例)

```
(initial-state half-alpha)
```

●状態遷移記述部 (define-state)

一各状態においての入力に対する状態遷移先と、その際に実行するアクションを記述する式の並び。

(例)

```
(define-state half-alpha ()
  (Scale full-hira)
  (Conv half-alpha)
  ...
)
```

...

最初の変換キーの定義は、状態遷移記述部において使用される変換キーの名前とその値を定義する。最初の例では、全角/半角切替えキーを<sup>^</sup>w(CTRL-W)に割り当てて、状態遷移の記述部ではScaleという名前で参照することを示している。

状態名の宣言部では、状態遷移記述部で定義する状態の名前を宣言する。ここで宣言した状態は、状態遷移記述部ですべて定義されなければならない。

初期状態の宣言部は、かな漢字変換モジュールが最初にどの状態になるべきかを宣言する。かな漢字変換モジュールが初期化されたときはここで宣言された状態になる。

状態遷移記述部は、このテーブルの中で最も重要な部分である。ここでは、キー入力に対して次にどの状態に遷移するか、またその際にどのような処理を行えばよいかを記述する。状態遷移記述部は以下のような式の並びから成る。

```
(define-state STATE (INITIAL_FORM...)
  (KEY_1 FORM_1 ... NEXT_STATE_1)
  (KEY_2 FORM_2 ... NEXT_STATE_2)
  ...
  (KEY_n FORM_n ... NEXT_STATE_n))
```

...

この1つの式でSTATEという状態名の状態遷移が定義される。この形式は、STATEという状態においてKEY<sub>i</sub>という入力があった場合には、FORM<sub>i</sub>...というアクションを実行した後に、NEXT\_STATE<sub>i</sub>という状態に移ることを表している。また、他の状態から状態STATEに遷移してきたときに実行されるアクションとしてINITIAL\_FORM...を書くこともできる。FORM<sub>i</sub>..., INITIAL\_FORM...等のアクションは省略可能であり、状態遷移だけを行えばよい場合には省略することができる。以下に実際の記述の一部を示す。

```
(define-state full-hiral ()
  ...
  (Conv (put-special-prefix)
    (cond ( (conv)
      (display-candidate)
      kouho)
    (t (put-number-prefix)
      (cond ( (conv)
        (display-candidate)
        kouho)
      (t (flash)
        full-hiral))))))
  ...
)
```

これは、full-hiralという状態の定義の一部である。

full-hiralという状態は、全角ひらがなの入力モードにおいて、すでに読みとして1文字以上入力されている状態を表している。上に示したのはこの状態において、変換キー(Conv)が入力された場合の記述であり、以下のようなことを記述したものである。

『変換キーが入力された場合は、まず(put-special-prefix)により先頭の特種記号を確定した後に、(conv)により漢字変換を行う。変換に成功した場合は(display-candidate)により候補を表示して状態kouhoに移る。変換が失敗した場合には、(put-number-prefix)により先頭の数字を確定し、読みから取り除いてもう一度漢字変換を行う。成功した場合は、同様に(display-candidate)により候補を表示して状態kouhoに移る。この漢字変換も失敗した場合には、画面をフラッシュさせて失敗したことを示し、状態はfull-hiralのまま変わらない。』

かな漢字変換モジュールはこの記述言語で書かれた状態遷移表を読み込み、キー入力によってこれを解釈実行するような有限状態オートマトンとして実現されている。そして、次の状態に変化する時に、状態遷移表に書かれているアクションを実行し、このアクションの中ですべての漢字変換の処理が行われていく。

### 3. 成果

このような形でユーザインターフェースを変えることができるかな漢字変換モジュールをAT&T 3B2/400(Unix System V Release 3.0)の上で実現した。また、通常で使用するレベルのユーザインターフェースを記述するための状態遷移記述テーブルの大きさは300行程度であった。

### 4. 今後の展望

今回作成したかな漢字変換モジュールの動作記述方法で、ユーザインターフェースのある程度の変更には応じることができると思われる。しかし、動作記述に用いる

処理関数の種類が少ない、仕様が練られていないなどの理由から、記述能力が十分とは言えないのが現状である。これを解決するためには、この方法で多くのユーザインターフェースを記述し、処理関数の仕様を固めていくことが必要である。

また、現在使用している漢字変換のアルゴリズムは複合文節変換であり、現在の主流である連文節変換等のアルゴリズムには対応していない。これらのアルゴリズムを使用したインターフェースに対応することも今後の課題である。

#### 参考文献

- 1) 桜川貴司：開かれた日本語入力システム Wnn, bit, 19(3), 1987, pp.13-23

# テクスチャマッピングの現状

## Survey of Texture Mapping Methods

今野 晃市\*      香川 正明\*  
Kouichi Konno    Masaaki Kagawa

### 要 旨

テクスチャ・マッピングは、物体の持つ質感や物体の表面の凹凸を表現し、よりリアルな画像を生成するために提案された技法である。

マッピング技法には、表面マッピングとソリッド・テクスチャがある。表面マッピングは、物体の表面にテクスチャ（模様、凹凸など）をマッピングする手法である。表面マッピングは、テクスチャの色情報だけでなく法線ベクトル、シェーディング・パラメタなど様々なものをマッピングできる。しかし物体の形状によってはマッピングしたテクスチャが歪んだり、不連続になることがある。この問題を解決するために、ソリッド・テクスチャが提案された。

ソリッド・テクスチャでは、物体の表面だけでなく内部まで考慮してテクスチャをマッピングする手法である。ソリッド・テクスチャは、表面マッピングのようにマッピングしたテクスチャが歪んだり、不連続になったりしないが、テクスチャごとにそれを表現する関数を用意しなければならないぶんだけ、テクスチャマッピングに手間がかかる。

これらのマッピング技法をソリッドモデラ DESIGNBASE に組み込み、リアリスティックな画像生成上の有効性を確認した。

### ABSTRACT

Texture mapping is a method which makes a computer synthetic image more realistic. Texture mapping allows the representation of any pattern, including bumps, onto the surface of an object.

There are two mapping methods. One is surface mapping and the other is solid texturing. Surface mapping maps some texture pattern onto any surface of an object. Some attributes of a texture includes color, normal vector and some shading parameters. The problem with surface mapping lies in the mapping to curved surfaces. Distortion of the texture pattern occurs on curved surfaces and also there are problems with the continuity of the mapping. To overcome these problems, solid texturing was proposed.

Solid texturing maps the texture pattern not only according to the surface but also to the inner space of the object. This method handles curved surfaces accurately, but the range of patterns is bound by the number of texture definition functions prepared.

We have implemented some mapping methods in the solid modeler DESIGNBASE, and found them useful in increasing the realism of displayed images.

### 1. はじめに

近年、物体をリアルに描く様々な手法が研究されている<sup>1)</sup>、この手法の代表的なものにスキャンライン法や光

\* ソフトウェア研究所 第三研究室  
The 3rd Laboratory, Software Research Center

線追跡法がある。これらの表示技法を用いて生成されたイメージ画像は非常にリアルであるが、これらの技法だけでは、物体の質感や物体表面の凹凸を表現することができない。そこで、テクスチャ・マッピングと呼ばれる技法を用いて物体の質感や凹凸を表わすことにより、さらにリアルな画像を得ることが可能となる。

マッピング技法には、物体の表面にテクスチャ(模様、凹凸など)をはりつける表面マッピングとソリッド・テクスチャがある。各マッピング技法では、物体の色をマッピングによって与えるだけでなく、法線ベクトル、反射、屈折などのシェーディング・パラメタなどもマッピングすることが可能である。表面マッピングは、テクスチャから面へのマッピングであるので、二次元から二次元へのマッピングと考えられる。このときに、マッピングしたテクスチャが歪んだり、空間的に不連続になったりすることがある。この問題を解決するために、ソリッド・テクスチャと呼ばれる手法が提案された。ソリッド・テクスチャは、物体の表面だけでなく内部まで考慮してマッピングする方法である。以下に各マッピング技法についての説明を行う。

## 2. 表面マッピング

### 2-1 テクスチャ・マッピング

テクスチャマッピングは、1974年に Catmull によって提案された手法である<sup>2)</sup>。これは、写真やスキャナから読み込んだ二次元のイメージ画像を物体の表面にマップする手法である。二次元のイメージ画像を、三次元の物体の表面にマップするとき、テクスチャが歪まないように注意する必要がある。つまり、空間的、時間的に連続で、マップしたテクスチャの密度が一定となるようにマッピングすることが望ましい<sup>3)</sup>。

マッピングの方法は次のようにする。三次元物体の表面上に、ある基準点をつくり、それに対してローカルな二次元座標系を定義する。定義した二次元座標とテクスチャ上の二次元座標の間でマッピングを行う。

[アルゴリズム]

物体を定義してあるワールド座標値を  $(x, y, z)$ 、物体の表面上にローカルに定義した二次元座標値を  $(u, v)$ 、テクスチャ上の座標値を  $(s, t)$  とする。

ステップ 1

ワールド座標値をローカル座標値に変換する。

$$(u, v) = f(x, y, z)$$

ステップ 2

ローカル座標値をテクスチャ座標値に変換する。

$$s = g(u, v) \quad t = h(u, v)$$

関数  $g()$ 、 $h()$  は、通常線型変換によって表わされる。

物体上のある点の座標値  $(x, y, z)$  が与えられたときには、関数  $f()$ 、 $g()$ 、 $h()$  を使って、その点に対応するテクスチャ上の色パラメタを、とってくればよい(図 1)。一般に、ある物体上でローカルに座標系を定義することは非常に困難な場合が多い。そこで、まず簡単な二次曲面や平面にテクスチャをマップした後、物体の法線とマップされた曲面との交点の色を取ってくる Two Part Texture Mapping と呼ばれる手法もある(図 2)<sup>4)</sup>。この手法によって、ローカルな二次元座標系  $(u, v)$  を定義することが困難な場合にも、物体の表面にテクスチャをマップできる。また、二次曲面や平面にテクスチャをマップした後、 $u$  方向、 $v$  方向を別々にマップする方法もある<sup>5)</sup>。

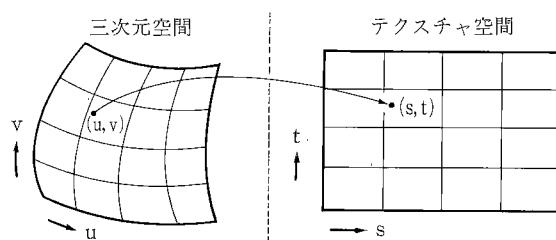


図 1 テクスチャ・マッピング

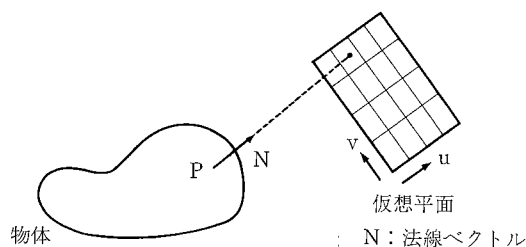


図 2 Two Part Texture Mapping

図 3 はテクスチャ・マッピングを使って、テレビの画面にイメージをマッピングした例である。また、図 4 は Two Part Texture Mapping で、球の表面に文字をマッピングした例である。



図 3 マッピング例  
(テクスチャ・マッピング)



図 4 マッピング例  
(ツーパート・テクスチャ・マッピング)

## 2-1-1 バンプ・マッピング

さきに紹介した Catmull の方法では、面にあるイメージをはりつけるときには有効な手法であるが粗い面を表示するには不十分である。そこで、1978年に J.F.Blinn は粗い面を表示する手法を提案した<sup>6)</sup>。この手法はバンプ・マッピングと呼ばれる。以下で、バンプ・マッピングについて説明する。

スキャンライン法や光線追跡法で作られたイメージは、滑らかすぎるため表示が人工的になってしまう。実際の物体は、表面に細かい凹凸があると考えられる。しかし物体に凹凸を付けることは、非常にめんどろである。そこで、物体の表面法線に疑似的にゆらぎをあたえると、あたかも凹凸しているようにみえる。法線にゆらぎを与える方法として、適当な関数を使う方法と、ゆらぎのパターンをテクスチャとして与える方法がある (図5)。

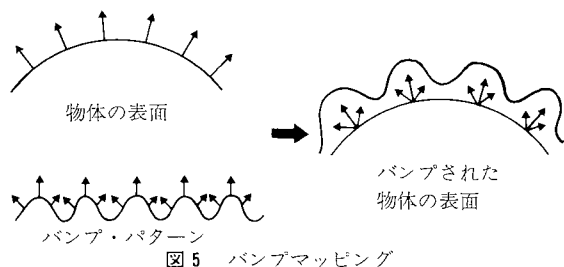


図5 バンプマッピング

これらの手法によって、物体の表面に疑似的に凹凸を付けることができるが、実際には物体の輪郭は変化しないという現象が生じる。そこで、バンプ・マッピングで揺らぎを与えた面に対して、自然な影をつける方法も提案されている<sup>7)</sup>。しかし、物体の大きさに対して凹凸の割合が十分小さければ、凹凸は物体の大きさから見るとほとんど無視できる大きさであるので、違和感を感じない。この手法は、ざらざらした壁や、砂地などを表現するのに使われる。

[アルゴリズム]

滑らかな面に対して、その面の法線にゆらぎを与えることを考える。法線を摂動させる関数を使って、面にゆらぎを与える。法線摂動の関数は、物体上のなめらかな面と、不規則な面の差から定義される。そこで、この関数を  $P(u, v)$  と表すとゆらぎを与えた面の法線  $\mathbf{N}'$  は、次のように、表わされる (図6)。

$$\mathbf{N}' = \mathbf{N} + \frac{P_u(\mathbf{N} \times \mathbf{F}_v)}{|\mathbf{N}|} + \frac{P_v(\mathbf{F}_u \times \mathbf{N})}{|\mathbf{N}|}$$

ただし、 $\mathbf{N}$  は物体上の点の法線ベクトルで、 $\mathbf{F}_u, \mathbf{F}_v$  は、もとの面の法線を面上のローカル座標成分に分解したベクトルとする。 $\mathbf{N}'$  は摂動された法線ベクトルで、単位ベクトル化してからシェーディングで使う。関数  $P()$  は、バンプ関数と呼ばれ、この関数によって物体表面の凹凸

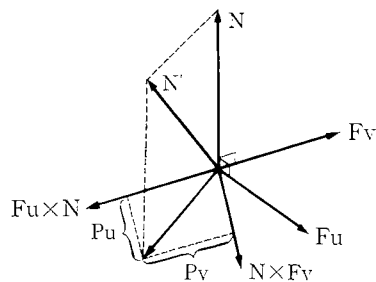


図6 法線ベクトルの摂動

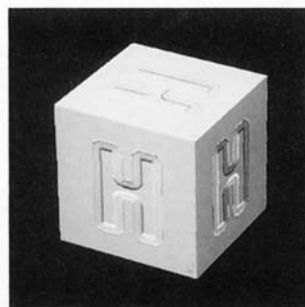


図7 マッピング例  
(バンプマッピング)

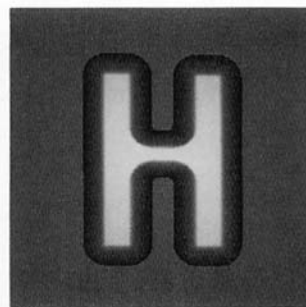


図8 バンプパターン  
(バンプマッピング)

を変えることができる。この関数には、二変数多項式、二変数フーリエ級数、フタクトルなどを使うが、もっと簡単に二次元のテーブルを使ってもよい。

図7はバンプ・マッピングを使って、図8に示されるイメージの濃淡から面の法線ベクトルを摂動させた例である。

## 2-1-2 リフレクション・マッピング

テクスチャ・マッピングやバンプ・マッピングは、物体の表面に模様をはりつけて質感をだす手法であるが、これを応用することによって様々な物体を表示することができる。例えば、金属の表面のような反射の要素が大きい物体があったときにこの物体への映りこみを表示するためには、光線追跡法を使わなければならない。しかし、光線追跡法は多くの時間を必要とするので、スキャンライン法でこの映りこみを計算する手法が研究された。この手法は、リフレクション・マッピングと呼ばれ、1976年に J.F.Blinn と M.E.Newell によって発表された<sup>8)</sup>。

[アルゴリズム]

ステップ1

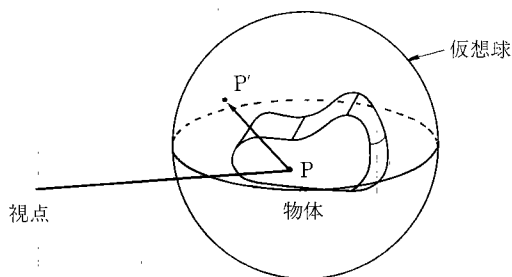
物体を覆うような仮想立体 (球か立方体) を考え、その仮想立体の表面に映りこませたいテクスチャをマップする。

ステップ2

視線ベクトルと物体との交点を求め、その交点での反射ベクトルを求める。

ステップ3

物体上の点から反射ベクトルと仮想立体との交点を求め、その交点で指定された色を、物体上の点の色とする。または、物体の中心からその反射ベクトルを伸ばし、そのベクトルと仮想立体との交点を、物体上の点の色とする（図9）。



点P'の色を点Pにマッピングする

図9 リフレクション・マッピング

この手法によって、物体の表面への映りこみを疑似的に求めることができる。しかも、時間のかかる交点計算をしないので、短時間で画像を生成できる。仮想立体には、風景や模様をマップしてもよいが、単に金属感をだしたいときには各種のグラデーションを使ってもよい。

図10はリフレクション・マッピングを使って金属への映りこみを表わした例である。



図10 マッピング例  
(リフレクションマッピング)

### 2-1-3 リフレクション・マッピング

リフレクション・マッピングは、反射方向にあるものをマッピングする手法であった。これと同様に、物体の屈折方向にあるものをマッピングして、透明感をだすことが可能である。この手法は、リフレクション・マッピングと呼ばれる<sup>9)</sup>。

[アルゴリズム]

ステップ1

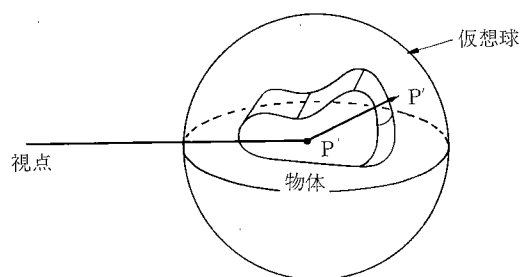
物体を覆うような仮想立体（球か立方体）を考え、その仮想立体の表面に映りこませたいテクスチャをマップする。

ステップ2

視線ベクトルと物体の交点を求め、その交点での屈折ベクトルを求める。

ステップ3

物体上の点から屈折ベクトルと仮想立体との交点を求め、その交点で指定された色を、物体上の点の色とする。または、物体の中心からその屈折ベクトルを伸ばし、そのベクトルと仮想立体との交点を、物体上の点の色とする（図11）。



点P'の色を点Pにマッピングする

図11 リフレクション・マッピング

この手法によって、物体の透明感を疑似的に、しかも短時間で求めることができる。

図12はリフレクション・マッピングを使って、ガラスの質感を表わした例である。

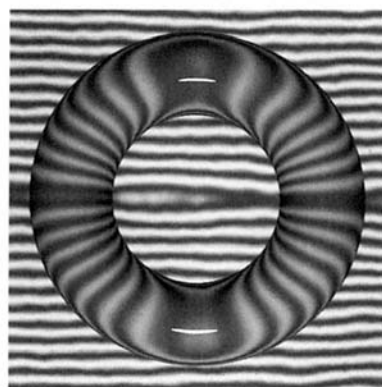


図12 マッピング例  
(リフレクションマッピング)

## 3. ソリッド・テクスチャ

これまでに説明したマッピング手法は、二次元のテクスチャを二次元で定義されたローカル座標にマップする手法である。これらの手法では、マッピング時にテクスチャが歪まないようにすることが非常に困難である。これ

は、一般にある物体に対してローカルな二次元座標系を定義することが非常に困難なためである。もし物体上のローカル座標系を定義できたとしても、物体の表面形状に依存したマップになるために、歪みを持ったマップになることが多い。例えば、マップされる物体が球のとき赤道付近と極付近では密度が違う。またリフレクション・マッピングで仮想立体に立方体を選んだときには、立方体の面と面との境界で不連続になる場合がある。そのために、物体には不連続なテクスチャがマップされる。これらの欠点を解決した手法とソリッド・テクスチャがある。

ソリッド・テクスチャでは、物体の三次元座標値の関数として色などが決定される。従って、マッピングは三次元座標値から三次元座標値へのマッピングとなるため、テクスチャが歪むことなく、面と面との境界で不連続になることもない。しかし、テクスチャごとに関数を用意しなくてはならないので、手軽にテクスチャを生成できないところに問題がある。よく行われるものとして、縞模様や大理石や木目などの表示があるが、それだけではなく、雲や水、火、クリスタルガラスなどの質感を出すテクスチャ関数<sup>10)</sup>も提案されている。

図13はソリッド・テクスチャを使って、大理石模様を表わした例である。

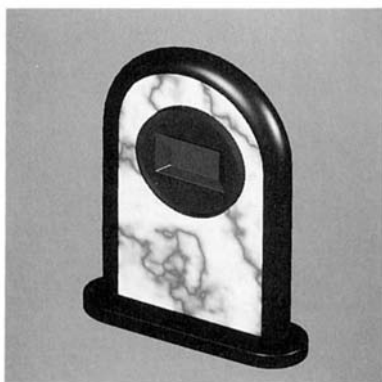


図13 マッピング例  
(ソリッドテクスチャ)

## 4. まとめ

物体をリアルに描く手法として、レンダリングにではなくてはならない手法であるテクスチャ・マッピングについて説明した。ソリッドデモラ DESIGNBASE の持つスキャンライン法によるシェーディング・プログラムに上述の各種のテクスチャ・マッピングを組み込み、その有効性を確認した。デザインした物体に対してロゴをいれたり、映りこみを現すことで物体の質感の表現に、大変有効な手段であることがわかった。

DESIGNBASE では、自由曲面や非四辺形パッチが簡単に生成されるので、自由曲面や、非四辺形パッチへのマッピングを行う手法の検討、また複数面への連続なマッピング、テクスチャのアンチ・エイリアシングの問題などもあり、さらに研究していく必要がある。

## 参考文献

- 1) Rogers, D.F. : *Procedural Elements for Computer Graphics* (McGraw-Hill, 1985)
- 2) CATMULL, E.: *A Subdivision Algorithm for Computer Display of Curved Surfaces* (PhD thesis, Univ. of Utah, 1974)
- 3) 塚田 利夫 : 日経 CG, 1987, pp.154-157
- 4) Bier, E.A. and Slan Jr., K.R. : IEEE CG & A, 1986, pp.40-53
- 5) Smith, A.R. : Computer Graphics (PROC. SIGGRAPH 87), 21(4), 1987, p.263-272
- 6) BLINN, JAMES F : Computer Graphics (PROC. SIGGRAPH78), 12(3), 1978, p.286-292
- 7) NELSON, L.MAX : *Advanced Computer Graphics Tokyo '86*, (Kunii TL/ed) pp145-156
- 8) BLINN, J.F. and NEWELL, M.E. : Comm. ACM, 19(3), 1976, pp.456-461
- 9) 太田 大 竹内 : 応用グラフィックス (アスキー出版局, 1986), p.165
- 10) Perlin, K. : Comm. ACM, 19(3), 1985, p.287-296



# 電子部品統合データベースとリンクした電気回路図入力システム

RICENS=Ricoh Circuit Entry System

小林 史洋\*

Fumihiko Kobayashi

## 要 旨

グラフィック表示機能を持ったワークステーション上で動作する電気回路図入力システムを開発した。本システムは、対話型 CAD システムとして高速な応答性(従来システムとの比で2~10倍)を実現し、またワークステーションとホストとなるコンピュータとの間のネットワークを介して、ホスト側で管理している電子部品データベースの情報を、リアルタイムに得ることを可能とした。

## ABSTRACT

We have developed an electric circuit entry system for a graphic workstation. This system is an interactive CAD system which enables a user quickly to get a response. Information of the electronics parts data base is obtained immediately through a computer network system.

## 1. 背景と目的

近年、プリント基板を作成するための接続データの生成を主な用途として、CAD を利用した電気回路図入力システムの需要が増加してきている。

そこで、多数のユーザーが同時に使用しても応答性を悪化させないために、コンピュータの負荷を分散できるワークステーション形式を採用し、かつ入力データを一元的に管理できる電気回路図入力システム(システム名称: RICENS, 以降 RICENS で呼称)を開発した。

RICENS は、DEC 社のデスクトップ型ワークステーションである VAX station 2000 上で動作する。

一方で、これらワークステーション(以降 WS と略す)で入力された回路図データや、電子部品データベースを統合し、管理するためにホストとなるコンピュータとして、DEC 社の VAX8800 を使用し、各 WS とはネットワークを通じ、有機的にリンクさせている。

以降に RICENS のシステムの概略を述べる。

## 2. 技術の特徴

### 2-1 ソフトウェアの位置付け

現在、我々が運用している電気系の設計支援に関連するソフトウェアには、下記のものがある。

RICENS (回路図入力システム)

●回路図の入力、編集、出力

EPARTS (電子部品統合システム)

●電子部品の検索

●電子部品データベースの維持・管理

EDEN (図面管理システム)

●図面の登録、貸し出し、返却

SCRIPT (ドキュメント作成システム)

●部品リストの作成、自動部番検索、空きゲート計算

SCICARDS\* (プリント基板設計システム)

●プリント基板の配置・配線レイアウト

RICAM (PCB の生産準備システム)

●工程設定表の作成

●インサータ用データの作成

各ソフトウェアの関連を図1に示す。

\* ファクシミリ事業部 技術管理部 DA センター

DA Center, Technology Administration Department,  
Facsimile Division

\* SCICARDS は、SCIENTIFIC CALCULATION 社の登録  
商標

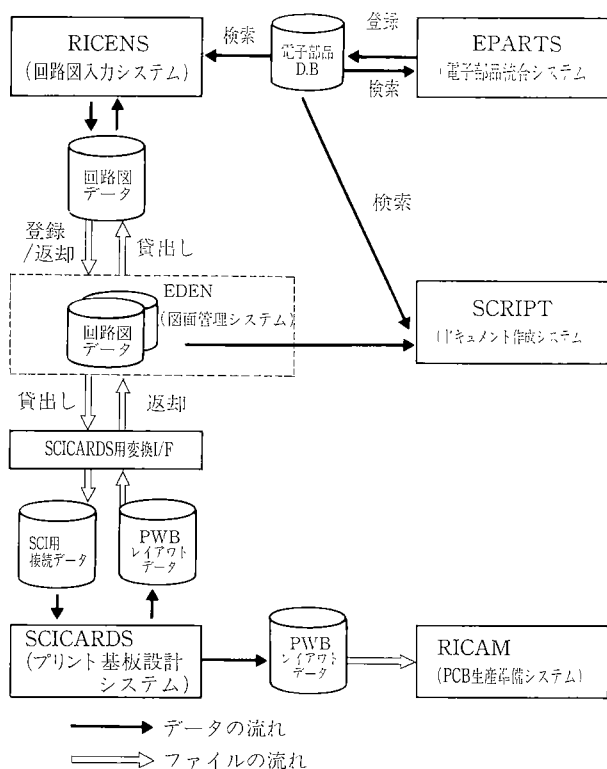


図1 各ソフトウェア関連

## 2-2 ハードウェア構成

RICENS の基本ハードウェア構成は図 2 のようになっている。

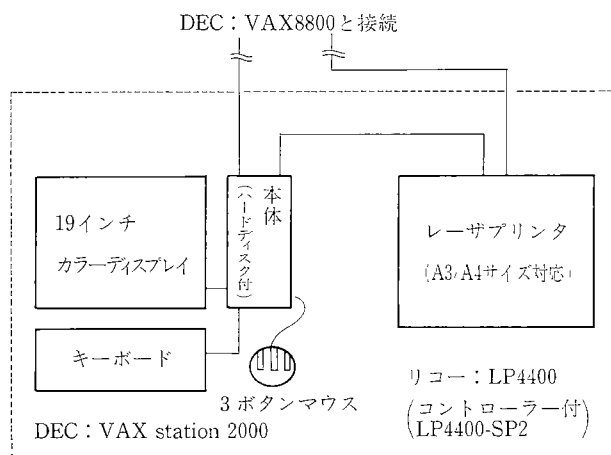


図2 基本ハードウェア構成

### 2-3 RICE の特徴

RICENS は一般的な回路図入力システムの機能の他に、次のような特徴を持っている。

a) UNDO 機能

誤操作等により意図しないコマンドを実行してしまっ

た時に、そのコマンドを実行する前の状態に回復させる。

## b) 日本語入力機能

日本語による注釈の入力を、ローマ字から漢字への変換機能を用いて行なえる。

c) ドラッグ表示

回路図の部品シンボル（以降シンボルと略す）を配置する時にシンボル形状をドラッグ表示する。

d) ラバーバンド表示

信号線を入力する時に信号線の経路をラバーバンド表示する。

e) ユーザー定義シンボルメニューの作成

使用頻度の高いシンボルをユーザーが独自に選択し、シンボルメニューとして簡単な操作で画面上及びファイルに保存できる。

f) チェック機能

シンボルの領域の重複チェックや、同一信号線に異なる複数の信号名入力の禁止等のチェックを、リアルタイムに実行し、入力ミスを防止している。

g) 操作回復機能

停電等、不測の事故により入力した回路図をファイルに保存できなかった場合でも、操作記録ファイルにより自動的に事故前の状態の回路図に復元できる。

#### h) プリント基板設計システムとのリンク

プリント基板設計システム (SCICARDS) により設計された基板の部品配置情報 (アドレス番号・ピン番号) を回路図の中に反映させることができる。

### i) 電子部品データベースの検索

ネットワークを介してコンピューターの間のデータ通信を行なうことにより、電子部品データベースを検索することができる。ユーザーは検索したデータベース情報から部品を選択することができ、さらにその部品に相当するシンボルを自動的に得ることができる。

j) ファイル管理

ホストコンピュータ上のデータを使用しているという環境を、ユーザーが意識しないで操作を行なえるようなファイル管理を行なっている。

### k) 高速アクセス

シンボルのライブラリーファイルのアクセスや、ダイナミックチェックを行なう際のデータのアクセスには高速応答性が要求されるので、データへのアクセス回数を最小限に押さえ、高速応答性を確保している。

次項以降で、i) データベース検索・j) ファイル管理及び、k) 高速アクセスについて詳細処理内容を述べる。

## 2-4 電子部品データベースの検索

ホストコンピュータ側で管理している電子部品データベースを検索するために、RICENSでは図3に示すような手順を使用している。

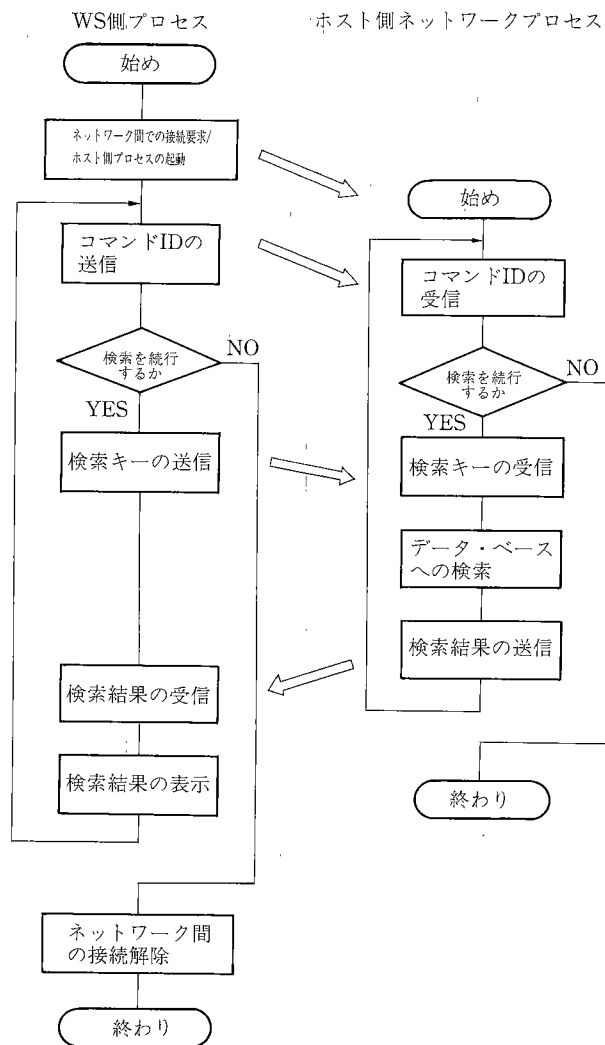


図3 ネットワーク間での検索の手順

処理内容は下記の通りである。

- ①まず、ネットワークを介してホストコンピュータに対して論理接続要求を行ない、ネットワークプロセス(以降ホスト側プロセスと略す)を起動させる。
- ②ホスト側プロセスに対してコマンドを送信する。コマンドには、新規検索・継続検索・終了の3種類があり、ホスト側プロセスにそれぞれの処理を実行させる。
- ③検索を実行する時には、ホスト側プロセスに対して検索キーを送信する。
- ④ホスト側プロセスで、データベース検索を行ない、その検索結果をWS側プロセスへ送信する。
- ⑤WS側プロセスで検索結果を受信し、それを表示する。
- ⑥検索終了の時には、ホスト側プロセスへそのコマンドを送信し、ホスト側プロセスを終了させる。また、WS側プロセスでは、ネットワーク間の論理接続の解除を行ない、処理を終了する。

## 2-5 ファイル管理

RICENSでのファイル(データ)の流れの概要を図4に示す。

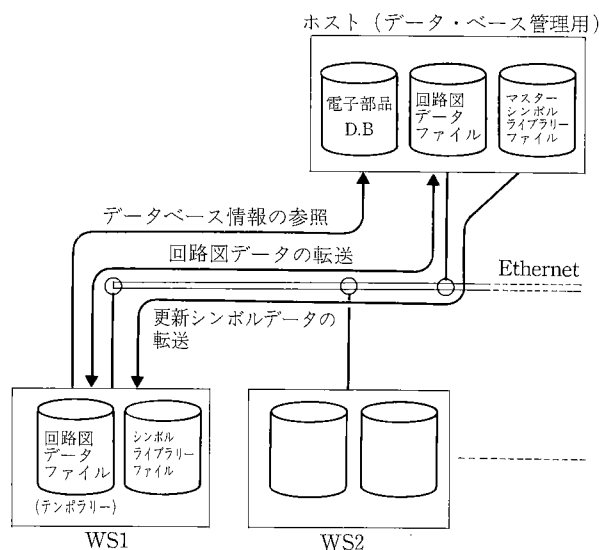


図4 ファイル(データ)の流れ

回路図データファイルは、常に一元的に管理できるようにホストコンピュータ側のディスク上で管理・保存し、使用する際に各WSの方へデータ転送を行なう。

但し、常時データ転送を行なう方法だと転送時間がかかるので、WS側のディスクに回路図データをテンポラリーファイルとして置き、WS側とホスト側の回路図データファイルのヘッダー部に記録されているバージョン番号(更新時刻:年月日時分秒)を比較し、ホスト側のデータの方が新しい場合のみ、データ転送を行なうようにしている。

また、回路図入力作業が終了すると、元のホストコンピュータのディスク上へ、そのデータを書き込むようにしている。これによりユーザーは、異なるどのWSで作業してもファイル転送を意識することなく、同一の回路図データベース内の回路図を編集できる。さらに、回路図編集中は、その回路図データファイルのヘッダー部に使用中であるという記録をし、他ユーザーの使用を禁止しているので、同一回路図を複数のユーザーが同時に編集してしまうというミスの発生を未然に防いでいる。

この場合、どこのユーザーがその回路図を使用しているのかを知ることでもある。

一方、回路図シンボルのライブラリーファイルは、各WSのハードディスク上に格納し、高速アクセスを可能としている。また、ライブラリーデータの追加・更新の際は、まずホストコンピュータ上のマスターシンボルライブラリーファイルに対してデータの追加を行ない、そ

の追加分のデータを各 WS のディスクに転送することで、各 WS のライブラリーデータの同期を取っている。

## 2-6 高速アクセス

次に、RICENS での高速アクセス手法の一例を示す。

回路図入力の操作中に、グラフィック画面上でマウスによりシンボルやシンボルが持っているピン端子を指示した時に、瞬時にそのオブジェクトを認識できるように、各オブジェクトをブロック（単位領域）毎に管理している。ブロック管理の概念を図 5 に示す。

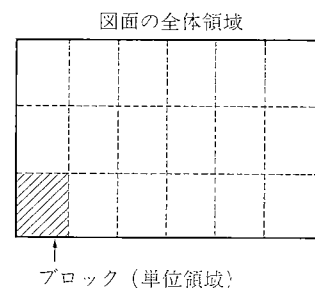


図 5 ブロック（単位領域）管理

この方法を使用すると、ソートされていない無秩序な並びのデータを単純に順次アクセスする場合と較べて、下記に示すようにアクセス回数を削減することができる。

順次アクセスの場合の平均アクセス回数  $F(N)$  は、式(1)で求められる。

$$F(N) = \frac{N+1}{2} \dots\dots\dots(1)$$

また、ブロック管理を使用した場合、データが各ブロックに均等に分布しているときの平均アクセス回数  $G(N, k)$  は式(2)で求められる。

$$G(N, k) = \frac{1}{2} k + 1 + \frac{N}{2k} \quad (k \geq 2) \dots\dots\dots(2)$$

$N$  : データ数  $k$  : ブロック数

ブロック数と平均アクセス回数の関係を図 6 に示す。

ここで、 $G(N, k)$  を最小にする条件は、 $k = \sqrt{N}$  であり、RICENS における平均的なデータ数は

$N1 = 120$  (シンボル数)

$N2 = 320$  (ピン端子数)

であるから、 $N2$  の方をデータ数として採用すると、

$$k \approx 18$$

となるので、ブロック数は 18 に設定する。図 7 にデータ数と平均アクセス回数の関係を示す。

$N$  が 320 の時の平均アクセス回数は

$$F(320) = 160.5$$

$$G(320, 18) = 18.9$$

となり、約 8.5 倍の高速処理が実現できる。

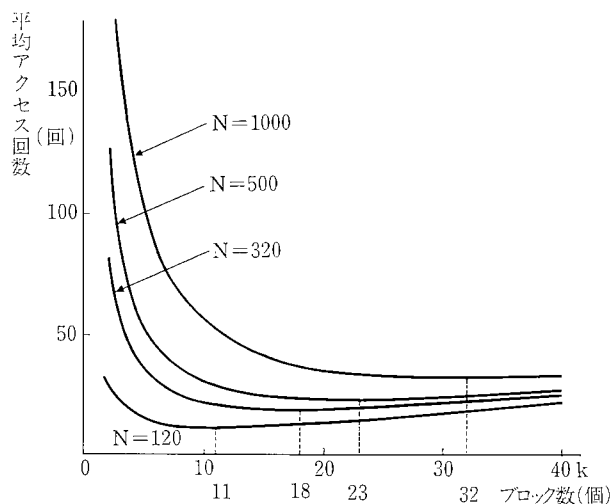


図 6 ブロック数と平均アクセス回数

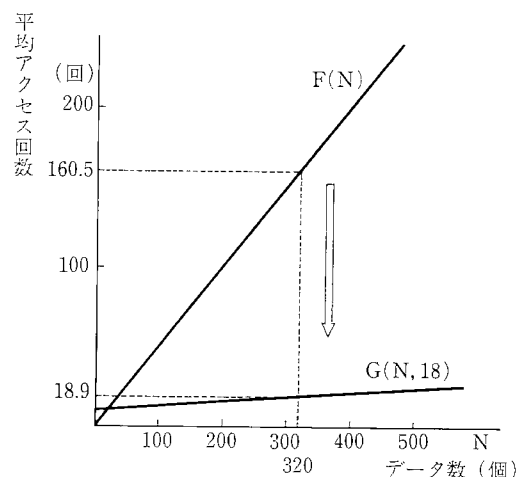


図 7 データ数と平均アクセス数

## 3. 成果

多数のユーザーが同時使用しても、高速応答性（従来のシステムとの比で 2 ～ 10 倍）を保てる回路図入力システムを作成できた。また、回路図入力作業中に、他のコンピューターが管理する電子部品データベースの情報を検索することも実現できた。

## 4. 今後の展開

今回作成したシステムでは、高速な応答性に重点を置き使用に耐えうる速度の応答性を得られたが、他方で CAD システムにとって重要な課題となる操作性の面では、まだ改善の余地がある。

今後は、マンマシンインターフェイスの面で改善を計り、初めて使用する人でも操作手順がわかるようなシステムとしていきたい。

# LANを使い設計と生産を統合化した金型システムについて

Integration of Mold Die Design and Manufacturing Process by Means of a Local Area Network

浅田 一生\*

Kazuo Asada

## 要 旨

CAD/CAM システムを中核としたネットワークを使い、金型の設計と生産を統合化したコンピュータシステムを開発した。本システムは Unix ベースの CAD/CAM システムをサーバーとし、そこで作られたデータを入力とした各システムで構成されている。これらのシステムはネットワーク上でワークステーションとして働き、生産のためのデータを出力するものである。本システムにより、生産部門における CIM システム(コンピュータによる統合生産)のアプリケーションのベース及びソフトウェア環境が整ってきたと言える。

## ABSTRACT

The study deals with development of a computer system to unify mold die design processes and manufacturing processes by utilizing a local area network (LAN). The system is composed of several subsystems, which are linked with LAN and commonly use product data generated by UNIX-based CAD/CAM system. The subsystems, running on workstations, can produce data necessary for manufacturing activities. The system is proved to have the potential of offering the environment and application fundamentals to construct computer integrated manufacturing systems (CIM).

## 1. はじめに

当社における技術系コンピュータの利用の歴史としては、約10年前に当時の複写機事業部が3次元ワイヤフレームモデルによるコピーマシンの設計を行ったのが最初である。その後、ソフトウェア研究所においてソリッドモデラやデータベース・システムという、商品としてのシステム開発が始まり、それに続いて他の事業部でも、自分達の仕事に応じたシステムの開発と利用を手掛けるようになった。

当部門においては、約5年前にパソコンを使ってプレス金型の設計・製作を支援するソフトウェアを開発したのを手始めに、1年後には市販のプレス金型専用 CAD/CAM システムを導入し、パソコンをつなげてカスタム化した。その後、パソコン上でベーシックなところから

プレス金型専用 CAD/CAM システムを作り上げ、関連会社に導入した。さらに、2年半前には3次元モデリングシステムを導入し、そのシステム上にソフトウェアを開発、プレス金型専用 CAD/CAM システムならびにプラスチック金型専用 CAD/CAM システムを作り上げた。

現在では LAN を設置し、Unix ベースの CAD/CAM システムを中核とした CIM システムの構築を行っており、世の中の流れと同様、当部門における CAD/CAM システムも、CIM システムを意識したものに移り変わってきている。

本稿では、以下、設計と生産を統合化するには、LAN 上に何をどのように構築すべきかを、当社の事例を通して紹介する。

## 2. 設計・生産統合化の条件

CAD/CAM システムのアプリケーションソフトの開

\* 生産本部・第2技術部

The 2nd Engineering Department, Production Division.

発を行っていた頃には、コンピュータ上でデザインされた幾何学的モデルから、そのモデルを製作するデータをオートマチックに出力するにはどうしたらよいかという点に、開発のポイントを置いていた。しかし、システムが拡張され、機能が向上していくに従い、ネットワークを介して設計と生産を統合化するためにはどうすべきかという方向に視野が広がっていった。

そこで、ここではまず、設計と生産の統合化に当たって整備すべき基本的な条件について、当社の考え方をまとめておく。

- 1) LAN が、情報の共有能力とシステム・リソースへのアクセス共有能力を迅速にかつ正確に提供してくれること。
- 2) LAN の中核をなす CAD/CAM システムが他の各システムの要求するデータを限りなくオートマチックに作成できること。 (“限なくオートマチックに”は、“オペレーションの工数をできる限り少なくする”を意味する)。
- 3) CAD/CAM システム以外の各システムは、I/O が明確で、LAN 上のデータの流に適合するものであること。
- 4) LAN 上には、歴史的背景から、複数の OS とプログラミング言語が存在してしまうケースが多い。OS については、システムにより良い環境を提供してくれること。また、プログラミング言語については、移植性が高く、共通のライブラリーとして資産に成り得るものであること。
- 5) LAN 上には、目的・用途に応じて複数のモデルが存在する。これらのモデルが作成する図形データが、各システム間で正確にトランスレートされること。
- 6) LAN 上には、アプリケーションで使われるデータ・ファイルが複数、存在する。これらが、入力時にデータ・ベース・システムを介して入力され、きちんと維持、管理されていること。

### 3. LAN の構築

従来はコミュニケーションの手段として、RS-232C を利用してターミナルを接続するのが一般的であった。しかし、ワークステーションやミニコンの世界標準的な OS である Unix が出現して以来、イーサネットを使用する傾向が強くなってきた。イーサネットは、RS-232C に比べて数十倍から数百倍近くもの高速伝送が可能であることから、現時点における通信方式の主流であることは疑いのないところである。

#### 3-1 LAN の機能

当社でも異機種間のネットワークに TCP/IP プロトコルのイーサネットを採用している。以下に当社におい

て、実行可能なネットワーク機能を示す。

- telnet : Internet プロトコルを使用した LAN 上のあるマシンから別のマシンへログインする。異なる OS のマシンに対してログインする時、この機能を使用する。
- rlogin : LAN 上の Unix マシンから別の Unix マシンへログインする。
- ftp : TPC プロトコルを使用した LAN 上のあるマシンと別のマシンでファイル 1 個単位のやりとりをする。オプションが多く、コピーの時のトラブルも少ない。
- rcp : TPC プロトコルを使用した LAN 上の Unix マシン同志でのファイルのやりとりをする。ディレクトリ全体のコピーも可能である。
- NFS : NFS (ネットワークファイルシステム) は、種類の異なるシステム、OS あるいはネットワークの環境においてファイルを共有するシステムである。ユーザーからは、ネットワーク全体が論理的に 1 つのファイルとして見え、各ファイルのネットワークアドレスをいちいち知らなくとも自分の望むファイルを得ることができる。これは、米国サン・マイクロシステムズ社が開発し、業界標準に強く推しているものである。

ftp や rcp といった、ファイルのやりとりをする機能は、NFS が業界で広まるにつれ消滅していく感がある。LAN 上に、物理的に 2 つ以上のファイルが存在することは、ファイルの維持・管理の面から見て良いことではない。

#### 3-2 現時点における LAN の機能の問題点

現時点における LAN の機能の問題点としては、次の 2 点をあげることができる。1 つは、LAN 構築の歴史的背景から、LAN 上にローカル性の強い OS を搭載したマシンが存在することである。当社でも ftp のみしかサポートしないマシンがあり、LAN 上で運用していく上で不便さを感じる。

もう 1 点は、パソコンの OS である MS-DOS がマルチタスクをサポートしていないため、パソコンをワークステーションとして使う場合とサーバーとして使う場合の切り換えが自動的にできない点である。したがって、システム立ち上げ時にワークステーションとして使うか、サーバーとして使うかの指定が必要となる。通常 EWS やミニコンをサーバーとし、パソコンをワークステーションとして運用するが、そうすると、サーバー側から LAN 上のワークステーションにファイルを送ることができない。

図 1 は当社で構築した LAN の構成図である。これは主に金型部門に使われており、まだ小規模だが、設計と生産をトータルにカバーしたシステムであることを特徴とする。

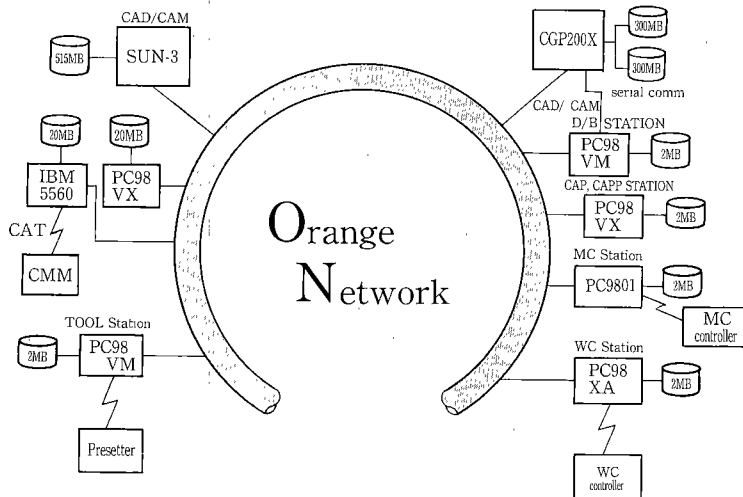


図1 LAN構成図

## 4. CAD/CAM システム

ここでは、LAN の中核をなす CAD/CAM システムについて、当社の考え方ならびに開発の現状をみていく。

### 4-1 市販システムの問題点

図2は市販されているプラスチック金型専用 CAD/CAM システムの設計・製作フロー図を抜粋したものである。

このタイプのシステムを実際に使ってみて感じることは、各ステップごとにオペレーションの工数がかかりす

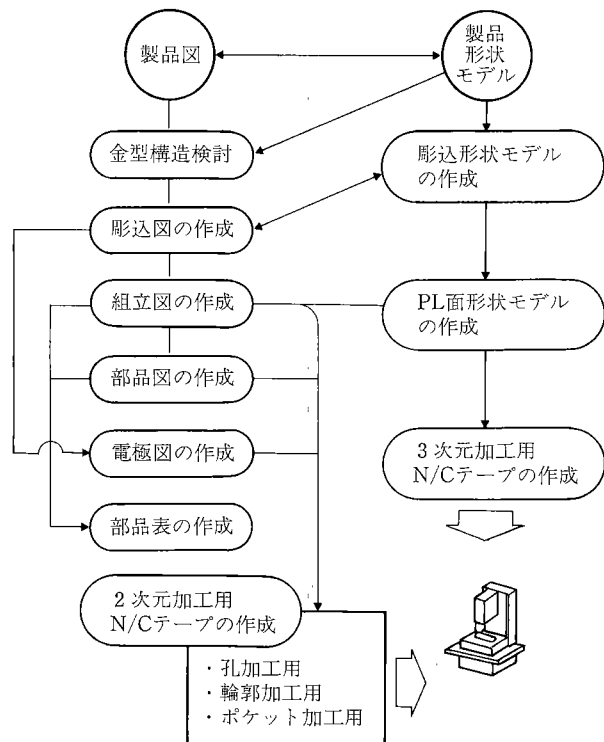


図2 プラスチック金型専用市販CAD/CAMシステムの設計・製作フロー

ぎることである。局所的には、曲面の生成やカッターパスの演算等、高速処理が可能な部分もあるが、トータル的に見ると、ドラフタと自動プログラミングマシンを使って設計・製作した時と比べて大きな高率化は望めない。

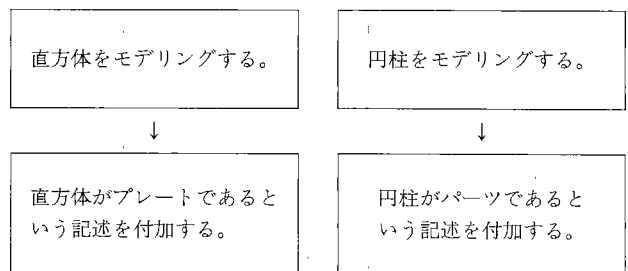
その理由は、設計者がコンピュータ上に作成したモデルが幾何学的な意味しか持たず、加工のためのデータや、部品を購入するためのデータを出力するには、各ステップで多くの入力（オペレーション）が要求されるからだと考え

える。

### 4-2 ソフトウェア

設計と生産のトータルな流れの中で有効なソフトウェアとはどんなものかと考えた場合、それは実行時にオペレーションの工数が少なく、人に依存する部分が少ない、より完成されたソフトウェアだといつてよい。

オペレーションの工数を少なくするためには、実行時に、必要なデータが既にコンピュータ内に存在し、それが一定のアルゴリズムに従って処理され、限りなくオートマチックに出力が成される必要がある。では、コンピュータ内にはどんなデータが存在している必要があるか。これについて金型のプレートとパーツを例に示した



〈直方体がプレートであるという記述〉

- プレートのサイズ、名称、材質は何か
- プレートが3次元空間のどこに位置しているか(組付状態) etc.

〈円柱がパーツであるという記述〉

- パーツは内作するのか、購入するのか、購入して追加工するのか、購入だが常備してあるものか
- 購入の場合は購入先、及び購入コードは何か
- パーツが組み込まれる部分の仕上げ加工はどういう工法にするか、粗加工はどういう工法にするか
- それらはどのようなマシンでどのようなツールで加工するのか、またその順番は、etc.

図3 図形が金型のプレート、パーツを表現するための記述

のが図3である。

これらの情報があれば、プレート・パーツの購入・加工に必要な出力は、限りなくオートマチックに成される。したがって我々は、これらの情報が幾何情報と共に設計時に入力されるべきものとして考え、モデラにこの部分を組み込んだ。

何々専用という CAD/CAM システムは、多かれ少なかれ前述のようなソフトウェアの開発を行っている。しかし、アルゴリズムの拘束のままプログラムを書いてしまっているものが多く、各プログラムがモジュール化されていない感がある。

この部分をモジュール化すると、図4のような構造になる。この構造がしっかりして各モジュールの I/O が明確であれば、例えば、図形を作る部分に今より良いものがあれば入れ換えるというように、各システムの入れ換えがスムーズにできる。

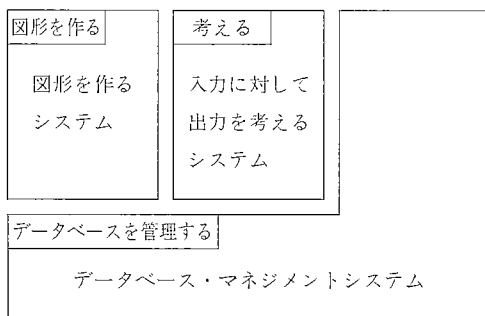


図4 体系化されたソフトウェアの構造

そこで、設計と生産というトータル的な流れの中で有効なソフトウェアとは、図4のような構造を持ち、LAN上の各システムが要求するデータを限りなくオートマチックに作成できるものとまとめることができよう。

#### 4-3 システムの開発

現時点における CAD/CAM システムの開発状況を以下に記す。

##### ●図形を作る

Input：製品図形情報（IGES ファイル及び当社独自の中間ファイルもサポートしている）

Output：モデルデータ、設計ファイル

現在は、モデラとして Computer Vision 社の Designer-VX を採用している。このシステム上に Output としてモデルデータと設計に関する情報ファイルを同時に作成するモデラを開発している。モデラは今のところワイヤフレームが主体で必要に応じてサーフェスを作成しているが、当社の研究所で開発したソリッドモデラである DESIGNBASE を使い、稜線データの作成の効率化を行

うことを検討している。

##### ●考える

Input：モデルデータ、設計ファイル、データベース

Output：加工情報、購入情報 etc.

現在はモデルデータと設計ファイルよりデータベースを参照しながら、必要な Output を出力するアプリケーションを開発している。このシステムに、データだけでなくルールの構築ができるような枠組みを与えてくれる AI システムの検討も行っている。

##### ●データベースを管理する

Input：検索、作成のキーとなるデータ

Output：データベース

このシステムは LAN 上のパソコンの上に載せ、CAD/CAM システム上には載せていない。何故ならば、アプリケーションの実行時に、現在の DBMS だと処理効率はかなり低下するからである。DBMS は目的・用途に応じて色々なものを使っているが、今のところ RBASE5000 を最も多用している。現在はまだ検索程度のことしかできないが、今後はデータベースの作成に重きを置くことを計画している。

これらのシステムは個々にはまだ根が浅いが、システムとしての大きな枠組みが変わることはないと考えられる。図5にプレートとパーツに関する部分のデータの構造を示す。

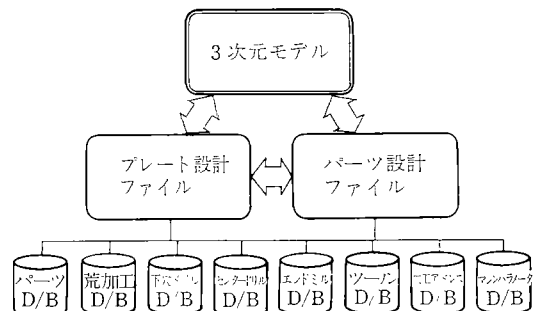


図5 幾何モデルとそれらが何を表現しているかを表すデータ群との関係

#### 4-4 システムの実現

表1に従来のプロセスと現在のプロセスを比較したものの一例を示す。オペレーションの工数が減ること、当社で必要とする Output が十分に出力できることに注目して頂きたい。

図6はシステムの機能とフローを示したものである。ASSY-PART に設計・製作に関わるデータが集約され、そこから限りなくオートマチックに、要求される出力が成される仕組みになっている。



表1 設計・製作に関するプロセス比較 (例)

	従来のプロセス	現在のプロセス		従来のプロセス	現在のプロセス
CAD	プレートデザインする INS LIN PROJ ENT	プレートデザインする DESIGN PLATE	CAM	カッターパスを生成する INS MPOC INS MPTP	NC 情報を作る PROCESS PARTS
	パーツをデザインする INS CIR INS LIN TRANS ENT COPY	パーツをデザインする DESIGN PARTS		NC 情報を作る MAKE CLFILE POST PROCESS	
	ポケットをデザインする INS LIN PROJ ENT	ポケットをデザインする DESIGN POCKET	OUT PUT	NC 情報 TOOL 情報 購入品情報	

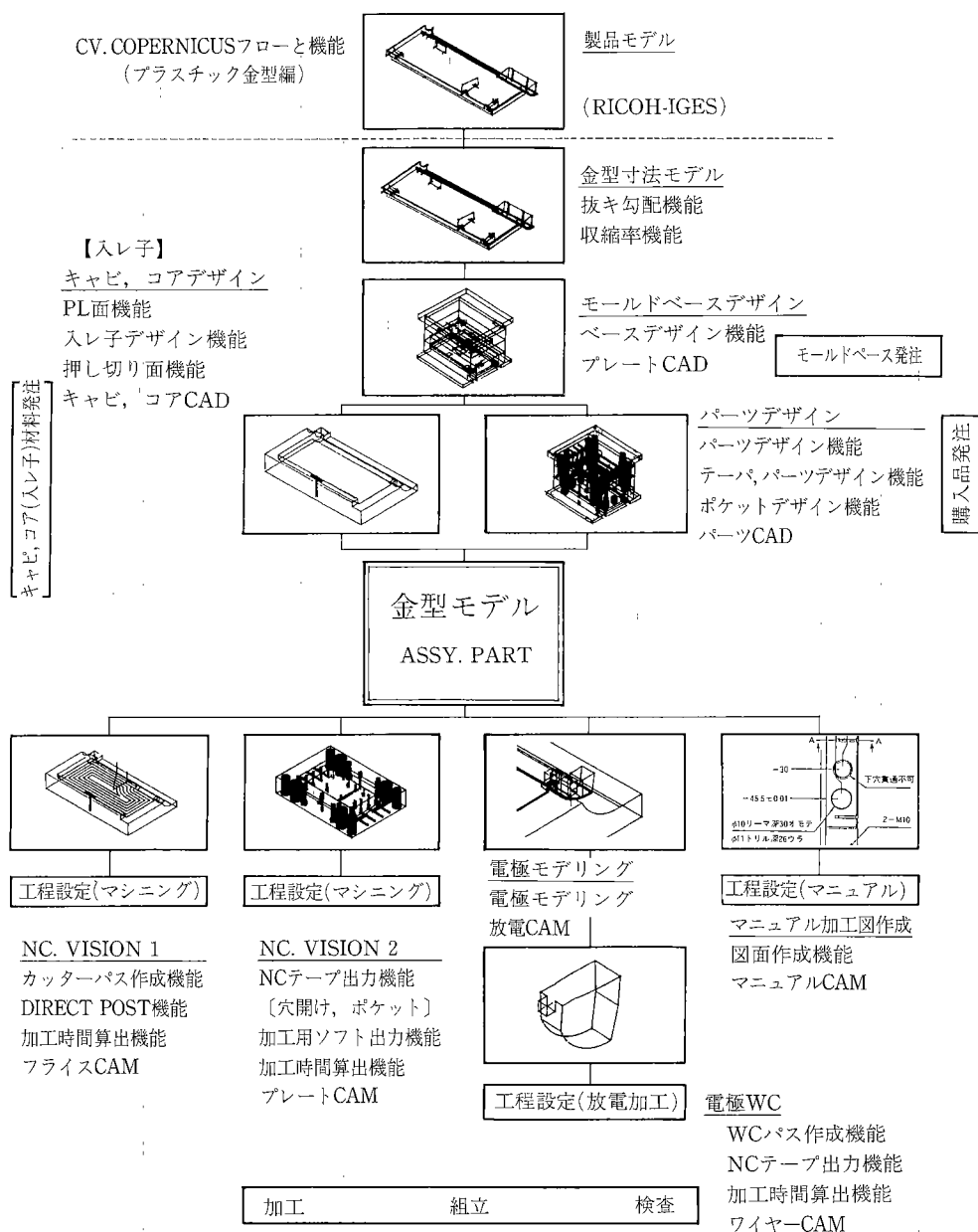


図6 CV. COPERNICUSフローと機能 (プラスチック金型)

## 5. LAN 上の各システム

### 5-1 DNC システム

図 7 に DNC システムの構成を示す。本システムは、加工に必要な NC 情報、Tool 補正情報 etc. を高速に NC コントローラに送り込むことと、マクロ、固定サイクル、加工テーブル etc. の NC マシンにとって標準的なプログラムやデータを管理することを目的とする。

機能としては以下のようなものがある。

- CAD/CAM システムで作成された NC 情報をサーバー側から get し、NC コントローラに put する。パソコンの NFS を使う場合は、ファイルの実体をパソコンに持つことなく NC コントローラに送り込める。
- Tool Station で作成された Tool 補正情報をサーバーを介して get し、NC コントローラに put する。
- NC マシンにとって標準的なマクロ、固定サイクル、加工テーブル等を管理し、加工時にセレクトされたものを NC コントローラに put する。

本システムはプログラマ的に見ればかなり完成度が高い。しかし、古い NC マシンがインターフェースボードを持たず接続できないのが問題点となっている。

### 5-2 CAT システム

図 8 にシステムの構成を示す。本システムは、測定機のプローブを動かすためのパートプログラムを 2 次元の CAD システム上で作成することと、測定結果を CAD システム上に持ってきて評価することを目的とする。

機能としては以下のようなものがある。

- PC98VX 上に持ってきた 2 次元図面情報から簡易的な 3 次元モデルを作成する。(PC98VX 上には AutoCAD が搭載されている。) このモデルを使い測定パスを作成する。その測定パスをポストプロセッシングし、作成された CNC パートプログラムを測定機のコントローラに送り込み、プローブを動かし 3 次元測定を行う。

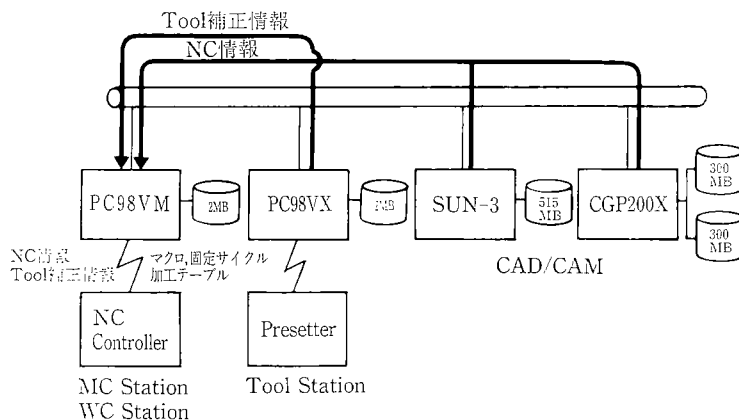


図 7 DNCシステムの構成

- 測定機で作成された測定結果ファイルを CAD システム上に持ってくる。そこで設計値と測定値の比較を行い、測定検査表として測定結果を図面に表す。また、これらの値を統計的手法により評価する。

従来、我々は設計と生産の統合化を CAD/CAM システムに依存し過ぎていた。そのため、CAD システム上で設計されたデータを基に、加工のためのデータを流すダウンロードにばかり目をとられていた。しかし、本システムにより、製作されたものが CAD システム上の何%を満足したものなのかを確かめることができ、下流からデータを流すアップロードが確立できるようになった。

言い換えれば、CAT システムにより、設計と生産のデータ流路が双方向になり、作ったものを評価する仕組みが整ったわけで、CIM システムの実用化に一步近づいたといえよう。

## 6. 今後の展望

LAN 上に必要なシステムをレイアウトして見ると、今までスタンド・アローンでうまく動いていたものが LAN 上のデータの流れに馴染めなくて、“こうあるべきだ”という既にでき上がっているシステムの思想が変えられてしまうことがある。これは設計と生産を統合化する

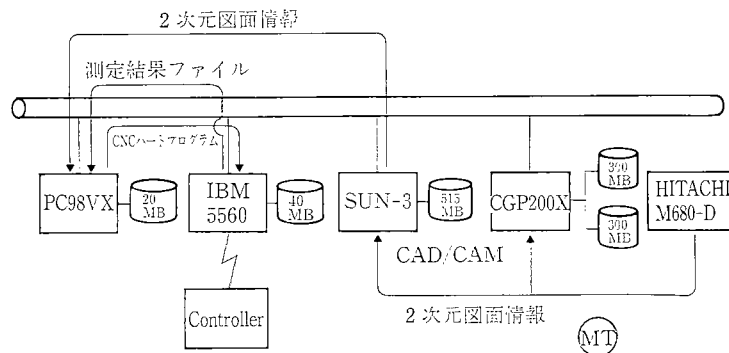


図 8 CATシステムの構成

るという大きな視野で見た時、今まで見えなかったものが見えてくるからであろう。システムは大方、構築していくべきものであり、最初から見通せるものばかりではないと考える。特にこれから5年～10年先はコンピュータ業界はどういう時代を迎えるのかは、想像もつかない。しかし、CIMシステムの構築という大きな枠組みにおける開発を行う以上、新しい技術を敏感に感じその技術に臨機応変に対応し、大きなベクトルを間違わないようにしなければならない。そういう観点に立って現時点における今後の方針を以下に示す。

- 1) Unix 色, C 色を中心にソフトウェア環境を統一していく。
- 2) LAN 上のアプリケーションで中核をなすモデルを、エンドユーザーに使い易いということだけでなく、全ての下位のアプリケーションに柔軟に対応できるものに統一していく。
- 3) 当部門にとっての新分野（ロボット、解析関係）に着手し、全体としてより統合化された枠組みを構築

していく。

- 4) アプリケーションの I/O を明確にした上で、データベース・マネジメントシステムにより一層理論付けられたデータベースを扱い、人に依存する部分を少なくしていく。
- 5) アプリケーションの I/O を明確にした上で、今まで人が考えてきた部分を構築できるような AI の枠組みを作り、ルールとして表現できるノウハウを構築していく。

#### 関連発表資料

- 1) 浅田：'87CIM/CAD/CAM 全国大会（日本能率協会，1987）A. 7-1～A.7-18
- 2) 浅田：JMA PRODUCTION MANAGEMENT, APR., 1988, P.12-17
- 3) 浅田：生産分野におけるパソコンの活用（精密工学会，1988）P.7-12
- 4) 10th Annual Computervision User Conference, OCT., 1988, P.10-28

# 光ディスクを用いたコードデータファイリングシステム

Code Data Filing System Using Optical Disks

山田 秀和\*  
Hidekazu Yamada

吉田 伸子\*  
Nobuko Yoshida

山本 倫子\*  
Noriko Yamamoto

入野 祥明\*  
Yoshiaki Irino

## 要 旨

光ディスクはその大容量性、単位記憶当りのコストの低さからコストパフォーマンスの高い記憶装置として注目されている。本稿ではコードデータ記録用光ディスク応用システムについて概説した後、追記型光ディスクをどのように UNIX へ組み込むかについて述べている。次に、インプリメント時に問題となるアクセス時間の短縮方式について検討した。その結果、プリフェッチ方式を採用することで、数倍から十倍程度高速化できることがわかった。

## ABSTRACT

Optical disks have attracted wide attention for their high cost performance storage, enormous capacity and extremely low bit cost. This paper presents an optical disk application system handling coded data, and describes four implementation methods to use write once optical disks in UNIX environment. In addition, the fast access method of optical disks is discussed. This method, ultimately, can reduce access time by two to ten times using a pre-fetch method.

## 1. はじめに

現代の高度化する情報社会において、我々の取扱う情報量は飛躍的に増加し、これらの膨大な情報を処理し、保存、利用するために、記憶容量が大きくかつ取扱いの容易な記憶装置が強く望まれている。特に計算機システムにおける記憶装置の価格は、全体の価格の半分以上を占めるのが一般的であるため、記憶装置の低廉化、高速化、大容量化、高信頼化を目的とした各種記憶技術の研究、開発が行われ、多くの成果を挙げている。

計算機システムの構成素子については、真空管から超 LSI へ、放電管メモリから半導体メモリへと変化している。しかし、補助記憶は一貫して磁気記録を原理としたものが使用されてきた。近年この補助記憶の記録方式の分野において、光を用いた情報の記録、再生方式が注目を集めている<sup>1)2)</sup>。

光ディスク装置は、回転する光ディスクに直径  $1\ \mu\text{m}$

程度のレーザ光を照射することによって、所望の信号を非接触かつ高密度に記録、再生（あるいは再生のみ）を行う装置であり、再生専用型、追記型および書き換え型に分類される。光ディスクの性能、信頼性は近年非常に向上し、ビット誤り率も  $10^{-12}$  程度となり、磁気テープやフロッピーディスクと同程度となっている。このため、従来イメージ情報の格納が主であった光ディスクの応用分野はさらに広がり、コード情報記録媒体としても注目されている<sup>3)~5)</sup>。この場合問題になるのは、従来の OS にどのように光ディスク（特に追記型）を組み込むかである。

本稿ではまず、コードデータ記録用光ディスク応用システムについて概説する。次に UNIX 環境下において、どのように追記型光ディスクを扱うかについて、4 種類に分類し、それぞれについて実現方法を述べる。そして、これらの方式をインプリメントする際の問題点について検討する。

\* ソフトウェア研究所 第 5 研究室  
The 5th Laboratory, Software Research Center

† UNIX は AT & T が開発し、ライセンスしています。

## 2. コードデータ記録用 光ディスク応用システム

### 2-1 光ディスク応用分野

光ディスクの応用分野は、従来の磁気ディスク分野だけにとどまらず、それ以下の記憶階層をも代替する可能性がある。大容量・低価格といった光ディスクの利点を生かすことによって、光ディスクはメモリとして非常に広範囲な分野で使うことが可能となる。

特に情報処理分野においては、光ディスクは個人ファイルからセンタファイルまで広く用いられるようになると思われる。個人ファイルにおいて、光ディスクは現在のフロッピーディスク、小型ウィンチェスタディスクおよび磁気テープと競合する。一方センタファイルとしては、アクセス時間やデータ転送速度の問題点がある程度解決されると、磁気ディスクと競合する。磁気テープやMSS (Mass Storage System) 等の階層においては、現在でも十分競合可能である。

### 2-2 コードデータ記録用追記型光ディスク応用システム

大容量・消去不可という追記型光ディスクの特徴を生かす応用システム分野としては、現在以下のようなものが考えられている。

#### (1) データベース分野

大容量の光ディスクを用いることによって、大規模なデータベースシステムを安価に構築することができる。現在は、CD-ROMによる電子出版が主流であるが、追記型光ディスクを用いることでカスタマイズ可能なデータベースを構築できる。

#### (2) 時系列情報記録分野

消去不可という特徴を生かし、計算機システムのログ情報等、時系列データを蓄積する分野に応用することができる。オンラインシステムやデータベースシステム等のログ記録、観測データや実験データ等の記録、各種ファイルのバックアップ等への応用が考えられる。

しかし、コード情報記録に十分なカタログ性能を持つ追記型光ディスク装置はすでに多数発表されているにもかかわらず、これを用いたコードデータ記録用応用システムはほとんど発表されていない。この理由には以下のような事項が考えられる。

#### (1) コードデータ記録時の信頼性の問題

イメージデータの場合と異なり、コードデータ記録において1ビットの誤りは致命的である。現在では、ビット誤り率 $10^{-12}$ 以下、寿命は10年以上という性能を出しているが、これらの数値は実験室レベル、加速試験レベルの結果であり、実際の使用時に関するデータは無い。

#### (2) 統一規格が無い

現在光ディスクの分野における統一規格は、CD-ROMにおけるフォーマットが制定されただけである。各団体・機関においてフォーマット制定の動きもあるが、追記型および書き替え型光ディスクについては、各社独自の規格を用いている。

#### (3) 書き替え型光ディスクの動向

計算機システムに組み込む光ディスク装置としては、書き替え型が理想的である。データ転送速度やアクセス時間等の問題がある程度解決されれば、現在の磁気ディスクに取って代わる計算機システムの主力補助記憶装置になる可能性が高い。現在この書き替え型光ディスク装置は、サンプル出荷が開始されており、ある程度満足する性能が得られている。

#### (4) OSがサポートしていない

特に追記型光ディスクの場合、追記という特性を持つ補助記憶装置は従来無かったため、OS (特にファイル管理部)は何のサポートも行っていない。このため、光ディスクを特殊デバイスとして扱い、その管理はアプリケーションプログラムが行う場合が多い。

## 3. UNIX環境下における 追記型光ディスク

追記型光ディスクをUNIXでどのように扱うかは、鈴木<sup>9)</sup>が述べているように大きく分けて4段階に区別される。本章では、これら4つの方式についてその具体的な実現方法を述べる。

### 3-1 メディアレベルでのサポート

ファイルシステム単位またはドライブ単位でハードディスクの内容をデッドコピーし、Read Onlyのファイルシステムとしてマウントする方式である。この方式は、光ディスクに対して基本的な(セクタ単位の)read/writeができれば実現可能である。この場合、両者のセクタサイズが異なる場合には、ブロッキング・デブロッキング等の処理が必要となる。当然のことながら、Read Onlyのファイルシステムなので、ファイルの作成・更新・削除等は行なう事はできない。

一方このような物理レベルのコピーに対し、論理レベルにおけるコピー方式も存在する。この方式は、トリー上のファイルシステムにおいて、ある任意のサブトリーを一つのファイルシステムとして扱い、これにあったようなメディアフォーマットに展開し、光ディスクに書き込む方式である。このような方式をとることによって、意味のあるサブトリーを一つのファイルシステムとしてまとめる事ができ、さらにRead Onlyでマウントが可能となるため、物理レベルでのコピーに比べ、ファイルシ

システムの管理が容易になる。

### 3-2 デバイスドライバレベルでのサポート

追記型という属性をデバイスドライバで吸収するために、論理セクタ番号と物理セクタ番号のマッピングテーブルをデバイスドライバ内で持つ方式である。しかしこの方式は、テーブルサイズが比較的大きくなり、このマッピング情報が失われると、ファイルシステムの復旧が困難である等の問題点を持っている。

### 3-3 ファイル管理レベルでのサポート

一般的に、UNIXのようなマルチユーザ・マルチタスクのオペレーティングシステムを変更し、追記型光ディスク用のファイルシステムを作成する事は、大きな労力を必要とし、危険ですらある。ところが、ネットワーク技術の発達によって、独自のファイルシステムを比較的容易に追加することのできるファイルシステムが開発された。SUNのNFS (Network File System)はその代表的なものである。<sup>7)</sup>このNFSアーキテクチャのブロック図を図1に示す。

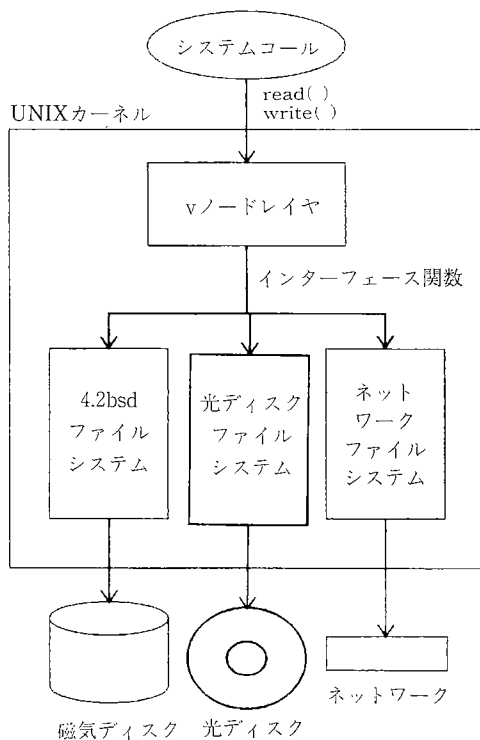


図1 NFSアーキテクチャ

NFSではUNIXのファイルシステムを、個々のファイルシステムの型に依存しない部分（この部分をvノードレイヤと呼ぶ）と依存する部分とに分割しており、vノードレイヤでは、全てのファイル（デバイスファイルを含む）を一意に扱い、read/write等で個々のファイルシステムごとに異なる処理は、vノードレイヤより下のレベルで実行するという階層構造を持つ。

vノードレイヤと個々のファイルシステムとの間は、呼び出し関係が定義されているインターフェース関数で接続されており、ファイルへのデータ入出力の際にはvノードレイヤから、そのvノードが表わすファイルが属している下位のファイルシステムが、そのインターフェース関数を通じて呼び出され、個々のファイルシステムに固有の処理が実行される。

このNFSが組み込まれているUNIXカーネルに、新しいファイルシステムを追加することは比較的容易であり、追加しようとするファイルシステム用のインターフェース関数を定義に従って作成し、その関数群へのポインタをNFSのエントリーテーブルに登録するだけで良い。このNFSを用いれば、UNIXという既存のOSに大幅な変更を加えることなく光ディスクファイルシステムを追加でき、ユーザは光ディスクと磁気ディスクとを意識して区別する必要なく、簡単に扱うことができるようになる。

### 3-4 アプリケーションレベルでのサポート

アプリケーション・ライブラリプログラムによって光ディスクを管理し、ユーザにはファイルシステムが存在するように見せる方式である。<sup>8)~10)</sup>NFS等が搭載されていないUNIXでは、必然的にこの方式をとることになる。この方式の利点は、各アプリケーションで最適なメディア使用方法を採用する事ができるため、使用効率、応答速度等を向上させる事ができることである。

## 4. 問題点

本章では、UNIX環境下における光ディスクの組み込み方法について今回主に、ファイル管理レベルにおける組み込み実験を行なった結果、明らかになった問題点について検討を行なう。

### 4-1 実験環境

今回実験を行なうに当たって使用した環境は、以下のとおりである。

#### ホストマシン

SCSIインターフェースを持ち、OSとして4 BSDが走りさらに、NFSを搭載している必要があったため、今回はソニー製NEWSワークステーションを用いた。

#### 光ディスクドライブ

複数台を接続した場合のテストも行なう必要があったため、RO-5040WLを内蔵した光ディスクサブシステムRS-9200Fを3台使用した。

#### ソフトウェア

光ディスクを動作させるために必要なデバイスドライバと、簡単なNFS環境下での光ディスク用ファイルシステムを作成し、カーネルに組み込んだ。こ

の他に、ライブラリ形式で実現したファイルシステムも用意した。

#### 4-2 アクセス時間

光ディスクのアクセス時間は、ドライブのファームウェアのバージョン等によっても多少異なるため、細かい実験データは省略するが、アクセスタイムに関する実験データを図2、3に示す。光ディスクの平均アクセス時間(データ転送時間を含む)は、200ms程度であるため、ランダムなアクセスを行なうと、10KB/sec程度の実効転送レートしか得られない。しかしながら、数十セクタ単位で連続領域へread/writeを行なうと、1回転でread/writeできるセクタ数が増加するため、その実効転送レートは数十から百KB/sec程度にまで向上する。一方メディアの使用方法を見てみると、3-1のデッドコピーの場合を除き、端から順番に消費される場合が多い。これは、メディアの空き領域の管理を容易に行なう事ができるためである。

以上の事から、光ディスクに対するread/writeは、数十セクタをまとめて行なう事によって、現在よりも数倍から十倍程度高速化ができる事がわかる。しかし、UNIXのカーネル内(特にファイル管理部)においては、ディスクドライブに対するread/writeはセクタ単位に行なわれる。この制約事項のため、UNIXのファイルシステムとして組み込んだ場合、その実効転送レートはランダムアクセスの場合と同様に10KB/secとなってしまう。

これを解決する方法としては、ディスクキャッシュを導入し、プリフェッチ方式による制御が考えられる。この方式は、キャッシュの位置によって以下の3方式に分類される。

##### (1) デバイスドライバ内部

ホストマシンのデバイスドライバ内にキャッシュを持ち、ホスト側のプログラムによって制御を行なう方式である。しかしカーネル内においては、あまり大きな領域をとることができず、カーネル自体のサイズも増加するため、あまり望ましい方式とはいえない。

##### (2) 専用ハードウェアの使用

ホストマシンと光ディスクとの間に、専用のディスクキャッシュを接続する。独立したハードウェアを作成することになるが、比較的容易にキャッシュサイズや管理アルゴリズムを変更できるため。最適な方式を実験的に求めることができると思われる。

##### (3) 光ディスクドライブ内のバッファを利用

光ディスクドライブ内部には、100KB程度のバッファが内蔵されている。このバッファをキャッシュとして利用する方式である。この場合、付加ハードウェアは不要であるが、光ディスクドライブ内部のコントロールソフトを変更する必要がある。

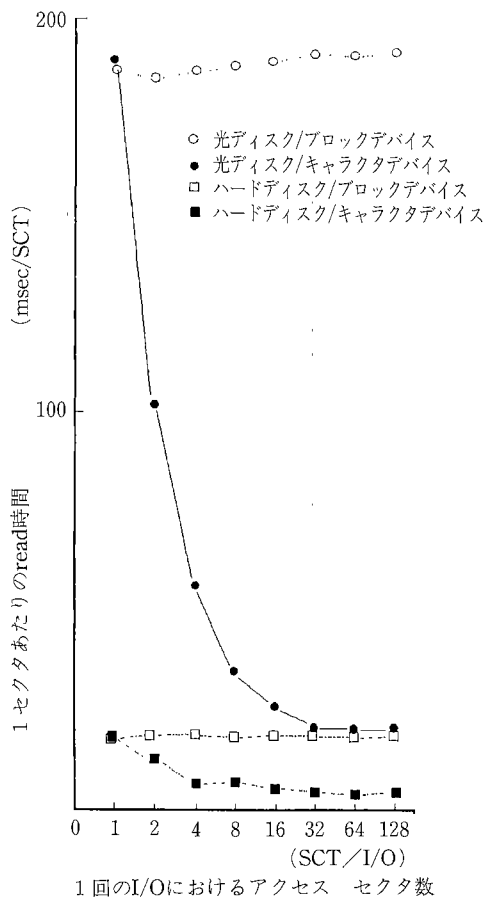


図2 光ディスクreadスピード

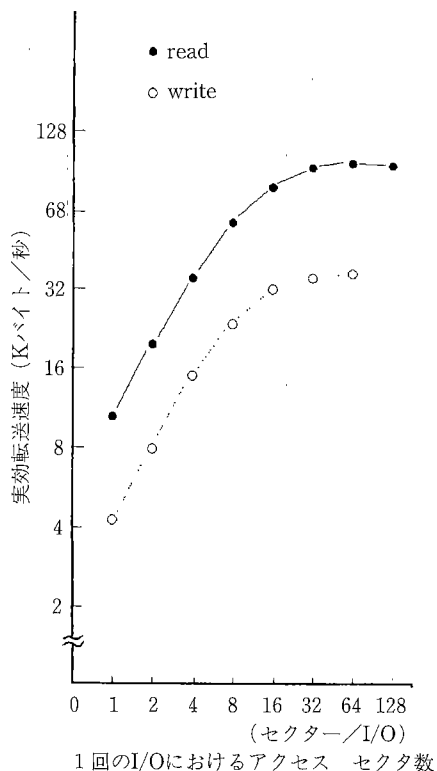


図3 光ディスク実効転送速度

このため、上記(2)の方式で求めたキャッシュサイズと管理アルゴリズムを光ディスクドライブ内部に組み込み、一体化されたドライブができると望ましい。

#### 4-3 信頼性

現在ホスト側のデバイスドライバにおいては、特にエラー訂正のためのルーチンは入っていないが、最近のドライブ・メディアに関しては、外部にエラーの発生を報告したことは皆無である。したがって、光ディスクに対するコードデータの記録は、ほとんど問題がないと思われる。経年変化による信頼性の低下に関しては、まだ結論は出せる段階ではない。

## 5. まとめ

光ディスクはその大容量性、単位記録当りのコストの低さからコストパフォーマンスの高い記憶装置として注目されている。また近年光ディスクの性能、信頼性は非常に向上し、イメージ情報だけではなくコード情報の記録媒体としても応用可能となってきた。

本稿ではまず、コード情報記録応用システムについて概説した後、UNIX への追記型光ディスクの組み込み方式について述べた。どの方式も一長一短があるが、ユーザから見ると、追記型光ディスクをハードディスクと同等に扱える NFS 方式が現在では望ましいといえる。

次に、実際にインプリメントした場合に問題となる、アクセス時間の問題について実験を行ない検討を行なった。その結果、プリフェッチ方式を用いてデータのキャッシュを行なうことによって、数倍から十倍程度アクセスを高速化できる可能性があることがわかった。また、現段階においてはエラーも皆無であり、信頼性に関しては問題はほとんど無いといえる。

追記型光ディスクは、その容量だけではなく、消去不可という点に大きな特徴がある。この点を生かすことによって、重要データの保存や自動履歴管理等の分野において、大きな役割を果たすと考えられる。今後、このようなアプリケーションを開発し、より使い易い光ディスク応用システム環境を構築したいと考えている。

#### 参考文献

- 1) J.R.Dulude : BYTE, 1986, p.193-202
- 2) 吉田 : 電子通信学会誌, 67(11), 1984, p.1215-1222
- 3) P.S.Kivlowitz : USENIX, 1984, pp.297-311
- 4) J.S.Vitter : acm Trans. on Database Systems, 10(2) 1985, p.129-162
- 5) 柳田 : 日経エレクトロニクス, (399), 1986.
- 6) 鈴木, 深海 : 第33回情処全大, 6Y-1, 1986, p.2001-2002
- 7) S.R.Kleiman : USENIX Summer, 1986, p.238-247
- 8) 山田・吉田 : 信学技報, OS87-6, 1987, p.33-37
- 9) 山田・吉田 : 第35回情処全大, 4Ff-8, 1987, p.2777-2778
- 10) 吉田・山田, 第35回情処全大, 4Ff-9, 1987, p.2779-2780



# G-BASEのNFS対応

Adapting G-BASE for NFS

平岡 昭夫\*      飯沢 篤志\*  
Akio Hiraoka      Atsushi Iizawa

## 要 旨

データベース管理システム G-BASE をネットワーク・ファイル・システム (NFS) の作る分散ファイルシステムに対応させることで、簡単な分散データベース環境を実現した。この環境によってコンピュータ間にデータベースを分散させた場合の性能評価を行った結果、更新の多いデータをローカルに移し共用データをサーバで管理すれば、この環境でも実用的な性能が得られることが分かった。本稿では NFS および G-BASE を紹介するとともに、NFS 対応のために改良したデータ定義管理、同時実行制御、データ形式について述べる。

## ABSTRACT

A simple distributed database environment is realized by adapting G-BASE (database management system) to Network File System (NFS). We evaluated access performance for the environment where multiple databases are distributed among a few computers. The results show that the above environment has a high enough performance for practical use. When data with frequent updates are placed on a local host and shared data are on the server machine. We introduce NFS and G-BASE, and describe G-BASE's enhancements on data definition facility, concurrency control and data representation required for the adaptation of G-BASE to NFS.

## 1. はじめに

最近のワークステーション (WS) は、CPU の性能や、グラフィックス機能が強化され、実用に堪えるものが低価格で入手できるようになってきた。しかし、個々の WS に実装できる二次記憶装置 (磁気ディスク装置) に関しては、まだまだ十分とは言えない。

そのため、LAN 上の複数のワークステーションや、ミニ・コンピュータの間でファイルを共有したり、複数のサイトにデータを分割して管理する機能が必要となり、多くのシステムが商品化されている。

ソフトウェア研究所で開発されたデータベース管理シ

ステム G-BASE<sup>1),4)</sup> に対しても、分散化の要望が高まっている。ところが、現在の G-BASE は単一のホスト上でのみ動作するように設計されており、他のホストの資源を利用することはできない。

G-BASE だけで本格的な分散データベース環境を提供できるように改良するには、解決しなければならない問題点が多く、現状では困難である。そこで、我々は NFS (Network File System)<sup>7),9)</sup> を使用した分散環境に G-BASE を適応させるための改良を行なった。この改良により、簡単な分散データベース環境を実現できるようになった。我々は、今回の改良を G-BASE 分散化の第一ステップと考えている。

本稿では NFS が作る分散環境を紹介し、G-BASE の改良、実用性の評価について述べる。

\* ソフトウェア研究所 第一研究室

The 1st Laboratory, Software Research Center

## 2. NFS

NFS はバークレー系の UNIX (4.3bsd) の OS 内に組みこまれた機能で、ネットワークに接続されている他のマシン (ホスト) のディスク上にあるファイルに対して、通常のファイル操作を可能にする。

たとえば、ホスト A のディレクトリ a を、他のホスト (B) の任意のディレクトリ (b) にマウントすることができる。ホスト B からは、あたかも自分のマシンのディレクトリ b の下にホスト A のディレクトリ a のファイルがあるように見える。この機能をリモートマウントと呼ぶ。

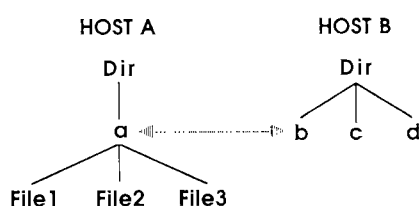


図1 リモートマウント

これにより、ホスト B で b ディレクトリの file を操作することは、すなわちホスト A の file2 を操作することに等しい。さらに、ディレクトリ b にファイルを移すことは、ホスト A にファイルを転送することになる。

NFS は (米) サンマイクロ・システムズが開発し自社のワークステーションに採用した。その後、オープンシステム (開放型システム) の概念が受け入れられ、現在では多くの UNIX ワークステーションに採用され、業界標準になりつつある。

ファイルの実体をもっているホストをサーバと呼び、リモートマウントしているホストをクライアントと呼ぶ。リモートマウントを行なうためには、サーバ側で共有すべきファイルが格納されているファイルシステム (ディスク上の論理的な単位) をクライアントに対して公開しておかなければならない。クライアントは自分に対して公開されているファイルシステム上のディレクトリであれば、自ホスト上の任意のディレクトリにリモートマウントすることができる。

ディスク容量の多いマシン上に共有ファイルを集め、他のワークステーション等から、それらのファイルをリモートマウントするだけで簡単な分散ファイルシステム環境を提供できる。この環境では、従来のソフトウェアに全く手を加えずに分散処理が可能になる。つまりファイルをサーバに置き他のワークステーションから NFS を使って使用することで、サーバマシンの CPU 負荷を分散することができる。

NFS にもいくつか運用上の問題点がある。たとえばマシンごとに異なる可能性のあるユーザ ID の問題や、内部時計のずれ、システム障害時の処理等が問題となる。また、サーバマシンの性能に対して、サービスできるクライアントマシンの数がどのくらいなら実用に堪えるかは、NFS の仕様からはわからない。現状では、これらの問題を応用ソフト側で解決しなければならない。

## 3. G-BASE

G-BASE はグラフ・データ・モデル<sup>2,3)</sup> をデータモデルとして採用した UNIX 上の本格的データベース管理システム (DBMS) で 87 年 10 月からバージョン 1.0 が出荷されている。現在のバージョンは集中型のシステムで、1 つのホストの内部のみで動作するように設計されている。

G-BASE は UNIX 上の複数のプロセスで構成されている。本体はデータマネージャ (DM) と呼ばれるプロセスである。データ管理/データ操作等、DBMS の本質的な処理はすべてこの DM で行なわれる。ユーザが書いたアプリケーションプログラム (AP) や、提供されるユーティリティ・プログラムは個々にこの DM を別プロセスとして起動する。(逆に DM プロセスから AP が起動される場合もある)

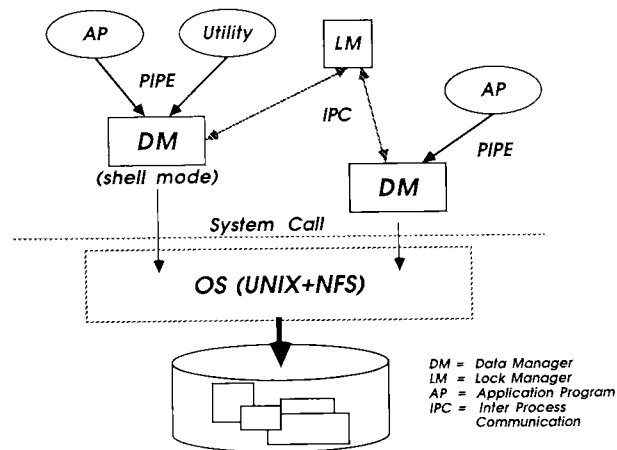


図2 G-BASEのシステム構成

1 つのデータベースに対して複数の DM が同時に操作できるように、DM 間の同時実行制御を行なうプロセスとしてロックマネージャ (LM) プロセスが存在する。LM は複数の DM からのロック要求をデータベースの整合性を保つように調停する。

UNIX 上のユーザプログラムとして実現されている DM プロセスは各種の処理を行なった結果、最終的には UNIX に管理されたファイルに対するシステムコールを実行する。データベースのデータ実体が格納されてい

るのは、UNIX で管理されたファイルである。したがって、このファイルを NFS を使ってホスト間で共有することで、簡単な分散データベースの環境ができる。

たとえば、大量の共有データベースをディスク容量の多いサーバマシン上のファイル・システムに格納し、ネットワークに接続された他のマシンに公開する。それぞれのマシンでは、自分のローカルなディスク上にあるデータベースと共に、サーバマシンから提供されるデータにもアクセスすることができるようになる。

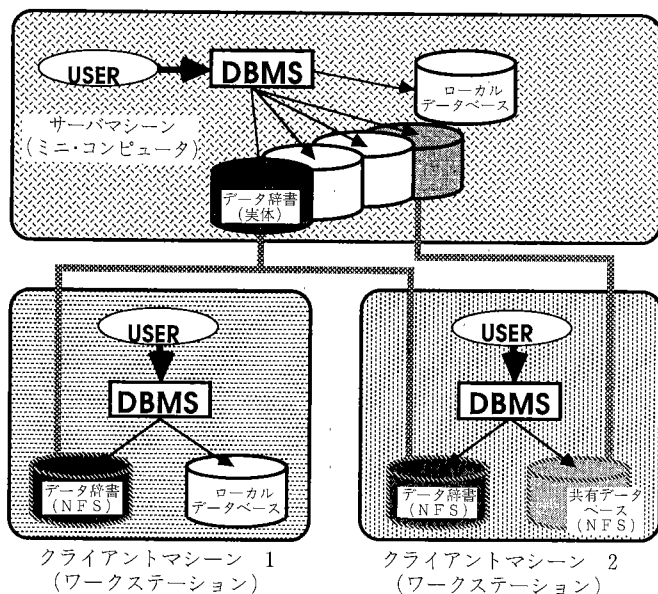


図3 分散データベース環境

従来の G-BASE に対して、いくつかの点で改良を行うことで、上で述べた NFS 上での分散化を実現することができる。これらの改良により、G-BASE の持つ本来の機能を損なうことなく、データ実体を複数のホストに分散させることが可能になる。

以下に主要な改良点として、データ定義管理、同時実行制御、データ表現形式についてそれぞれ記述する。

#### 4. データ定義管理<sup>6)</sup>

G-BASE はデータ辞書 (DD) と呼ばれる特別なデータベースを内蔵している。DD にはユーザが設計したデータベースに関するデータ定義情報 (スキーマ情報) や、アクセス権情報、システム情報等が格納されている。物理的には他のデータベースと同じ形をしているが、システム全体で1つしか存在しないデータベースである。したがって、NFS を使って G-BASE を分散させる場合にもデータ辞書だけは関連するすべてのホストから参照できるようにファイル・システム上に格納しておかなければならない。

ばならない。

DD の存在するホストがサーバとして起動されていない場合、クライアントのホストでは、たとえデータベースがローカルなディスク上にあっても使用できないというのは問題点の1つである。これは今後解決しなければならない課題であるが、現段階ではシステム運用で回避することで実用上の問題はないと考えている。

DD に格納されている G-BASE のスキーマ情報は図4のような階層構造を持っている。

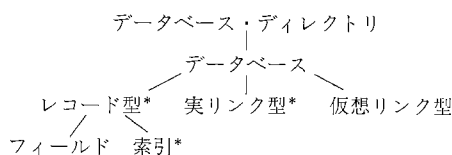


図4 論理オブジェクトの階層構造

図の中で、\*印が付いている論理オブジェクトが実際に物理ファイルを持っている。これらのオブジェクトについては『エリア指定』という方法で UNIX 上のディレクトリを指定し、物理ファイルの格納場所を指定することができる。データベースを他のマシンに公開するのであれば、このディレクトリを NFS で公開されたファイルシステム上のディレクトリに設定してやればよい。

ところが、それぞれのホストが公開されたディレクトリ (G-BASE ではエリアと呼ぶ) を勝手に自分のディレクトリにマウントすると、ホストによって、ディレクトリの位置が違って見えるようになる。例えば、ホスト A の /a/DB というディレクトリにデータベースのファイルを格納して、このファイル・システムを公開したら、ホスト B が /b/DB というディレクトリにリモート・マウントしてしまった場合、ホスト B ではこのデータベースは見えない。

この問題を解決するために、G-BASE のそれぞれのエリアが各ホスト上ではどのディレクトリに対応しているかを表す情報を、新たにデータ辞書の中に追加するように変更した。この情報をエリアマップと呼ぶ。各ホストはエリアマップから実際のデータが格納されている自分のホスト上のディレクトリのパス名を知る。

さらに、ホストに関する情報を格納できるようにデータ辞書を拡張した。エリア情報についても、実体が存在するホストと、そのエリアを使用できるホストの集合を記述できるように拡張した。

各ホスト上の DM が、あるデータベースにアクセスできるかどうかは、そのデータベースのファイルが置かれているエリアすべてに NFS を通してアクセスできるかどうかによって決まる。

あるホスト上の DM が、あるデータベースのファイル

の置かれているエリアすべてをアクセスできるならば、その DM はそのデータベースにアクセス可能である。エリアが他のホスト上に存在する場合は、データベースのオープン時にエリアの実体が存在するホストが稼動していて、そのエリアに NFS を通してアクセスできることをチェックする機能が必要となる。今回、DM にこのチェック機能を追加した。

## 5. 同時実行制御<sup>5)</sup>

G-BASE では、複数の AP から起動された DM が同時に同じデータベースにアクセスできることを保証している。複数の DM が同じデータ実体にアクセスする際の同時実行制御をロックマネージャで行なう。

各 DM は他から変更されたくないデータについて、ロック要求をだす。要求が承認されない限りデータの更新を行なうことは出来ない。ロックの対象(オブジェクト)はシステム全体から 1 レコードの単位まで種々雑多で、期間も一定してない。LM は内部では、どのプロセスがどのオブジェクトのロックが解除されるのを待っているかを表す wait-for-graph を保持していて、一定時間ごとにデッドロックの検出を行なっている。

LM はシステム起動時に管理者によって起動され、各 DM はプロセス間通信によって LM にリクエストを送り結果を得る。今回の改良では、LM 本来の機能はそのままネットワーク上の他のホスト上で起動された DM からのリクエストを受け付けるようにした。主な変更点は以下の 3 点である。

- a. 従来ホスト内部に限っていたプロセス間通信に対して、ホストにまたがるプロセス間通信を可能にした。実際にはバークレー系 UNIX に標準装備されているソケットインターフェースを持った DARPA インターネットプロトコルを使用した。
- b. 通信方式を仮想通信路(ストリーム)方式から、パケット(メッセージ)方式に変更した。ネットワーク上の無数の DM からの要求を処理するため、以前のように各 DM との間に通信路を設定してはサービスできる DM の数に制限ができてしまう。そこで、LM の指定ポートに DM から要求メッセージを送り、メッセージごとに LM から応答メッセージを受ける方式に変更した。

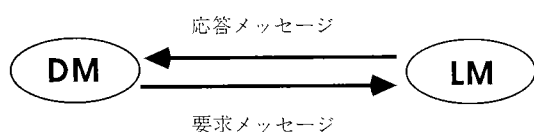


図 5 メッセージ方式

c. ホストにまたがるプロセス間通信を行なうため、LM 側/DM 側それぞれで相手ホストの障害の検出/回復方法を改良した。基本的には、一定時間アクセスのない相手プロセスはダウンしたものとして、それぞれの管理テーブルから除くというタイムアウト方式を採用した(LM に一定時間アクセスしない DM は生存確認メッセージを LM に送り自分の存在を LM 内で維持する)。さらに、相手プロセスの認識にはホスト・アドレス、プロセス ID と起動時間を利用する。

原理的には、各ホストからアクセスできるホスト上であれば、どこで LM が起動されても構わない。今回の NFS 対応では DD が存在するホストが稼動していないと、すべてのデータベースへアクセスできない。そこで、DD が存在するホスト上で LM を動かしておくことが運用上望ましい。

## 6. データ表現形式の差異

ディスク容量が多く、CPU の性能も高いマシンをサーバとし、低価格で異機種のマシンをクライアントとして運用することは自然に考えられる。この場合、マシン間のデータ表現形式の差異(データ長や、ビットの並び)が共用データについては問題になる。

G-BASE では、元々データベース内部に格納されるデータについてはそのデータ表現を統一するように設計されているので問題ない。しかし、データファイルの形式に一部マシン依存の箇所があったので、マシンのタイプに依存しない形式に変更した。

DM-LM 間のプロセス間通信でもマシン間のデータ表現の違いが問題になる。ここでは、データ表現の違いを吸収するため、(米)サンマイクロ・システムズの XDR ライブラリ<sup>6)</sup>を使用した。

## 7. 性能評価

前章までに記述した改良を行なった後、以下のような条件で G-BASE の性能測定を行なった。

- サーバに VAX8650<sup>\*</sup>、クライアントとして VS2000<sup>\*</sup>を使い 2 つのマシン間に NFS によるファイル共有環境を作った。
  - \* VAX8650 はスーパー・ミニコンピュータ、VS2000 はエンジニアリング・ワークステーションで、共に (米) DEC 社の製品である。VS2000 に対して VAX8650 は約 6 倍の性能を持つ。
- DM は VS2000 で起動し、DB、DD、LM、がそれぞれ VAX8650 側 (Remote) にある場合と、VS2000 側 (Local) にある場合の処理時間を計測した。

- 182バイトのレコード1000件のデータに対して検索,更新,挿入,削除を行なった<sup>10)</sup>。

性能測定の結果, 検索についてはDBがローカルにあっても, リモートにあってもあまり処理時間が変わらないことが分かった。VAX8650に比べVS2000の性能が劣るため,DB/DD/LMをすべてローカルに置くよりも, いずれかをVAX8650上に移した方がむしろ速い場合が多かった。更新, 挿入に関してはファイルへのアクセスが非常に多いためか, DBをローカルに置いたほうが処理時間が短かった。

今回は, VAX8650にはあまり負荷がかかっていない状態で, 1つのVS2000にだけサービスするという条件で性能測定を行なったので, VS2000上では実用上問題のない性能が得られた。しかし, 1台のサーバマシンに複数のクライアントが依存している場合およびサーバとクライアントの性能差があまりない場合での性能評価も行なう必要がある。

## 8. まとめ/今後の課題

集中型のDBMSであったG-BASEをNFSで作られる分散環境に対応させることで, 簡単な分散化を試みた。また, 性能評価によってサーバがクライアントに対して十分な性能を持つ場合は実用に堪えることが分かった。

今回の改良では, データ辞書の存在するホストが立ち上がっていることが必要で, 各サイトの独立性が全く保たれていない。また, データベースが大きくなりユーザ(つまり, DM)が増えた場合, データ辞書/LMへのアクセスが集中することが問題となると考えられる。

今後はデータ辞書の一部(または, 全体)を関連サイトに分散させることで, それぞれのサイトが独立して稼働できるように改良する。同様に, 処理が集中するLMプロセスを分割し, 場合によっては複数のホストに処理を分散する方向で実現を検討する。データ実体についても, さらに細かい分散化を検討していく。

分散化については研究をはじめたばかりで, 今後も実際に使いながら, 実用になる性能を実現できるように研究していく計画である。

## 参考文献

- 1) 金崎: RICOH TECHNICAL REPORT, (15), 1986, P.49
- 2) 国井: RICOH TECHNICAL REPORT, (16), 1987, P.90
- 3) H. Kuniti: *Graph Data Language*, (Univ. of Texas, 1983)
- 4) (株)リコー編: G-BASE システムマニュアル
- 5) 平岡: 情報処理学会, 第36回全国大会講演論文集, 1, 1988, p.457
- 6) 飯沢: 情報処理学会 第36回全国大会講演論文集, 1, 1988, p.455
- 7) R.Sandberg, et.al.: USENIX Summer, 1985, p.563
- 8) Sun Microsystems: *External Data Representation Protocol Specification*
- 9) Sun Microsystems: *Network File System Protocol Specification*
- 10) D.Bitton, D.J.DeWitt, C.Turbyfill: Proceedings of the VLDB conference, 1983, p.8-19

○VAXは米DEC社の登録商標です。

○NFSはSunMicrosystems社が開発し, ライセンスしています。

○UNIXはAT&Tのベル研究所が開発し, AT&Tがライセンスしています。

# 製品技術解説

EXPLANATION ON PRODUCTS



# NEW CONCEPTカメラ リコー「MIRAI」

New Concept Camera RICOH「MIRAI」

榎本 恵治\*  
Keiji Enomoto

井口 進\*  
Susumu Iguchi

石野 勲雄\*  
Tokio Ishino

皆川 佳久\*\*  
Yoshihisa Minakawa

## 要 旨

リコー「MIRAI」は、一眼レフカメラとレンズシャッターカメラの長所を備えた次世代カメラとして開発されたフルオートカメラであり、特徴は以下のとおりである。

- 1 ズームレンズ\*1とフラッシュ内蔵で、しかも携帯性、操作性のよいデザイン
- 2 高倍率（約4倍）35mm～135mm ズームレンズを内蔵
- 3 自社開発による TTL オートフォーカスシステム
- 4 1のデザインを可能にした小型化の技術
  - 1) バリフォーカル電子制御ズームレンズ
  - 2) 光学系を傾けた一眼レフファインダー
  - 3) 多機能表示 LCD の採用
  - 4) フロントポップアップ方式フラッシュ

## ABSTRACT

Ricoh MIRAI has been developed as the "Next Generation Camera" with the advantages of both an SLR and a compact camera, which has the following features.

1. Built-in zoom lens and electronic flash, designed for carrying comfort and easy operation.
2. High powered zoom lens of 35～135mm zooming range. (about 4 times)
3. TTL Auto Focus System developed by Ricoh.
4. New technology incorporating power-zoom, easy operation and carrying comfort.
  - 1) Electronically controlled variable focal zoom lens.
  - 2) TTL finder with a tilted optical system.
  - 3) Multi-function LCD display.
  - 4) Unique Front-Pop-Up electronic flash system.

\* 光学事業部 光学設計部

Photo-Products Design Department, Photo-Products Division

\*\* 経営企画室 工業デザインセンター

Industrial Designing Center, Corporate Planning Office

## 1. 背景と目的

一眼レフカメラは、撮影意図に合った各種の交換レンズが使える反面、大きく重いため需要が伸び悩んでいる。これに対して、コンパクトカメラは、小型で携帯性が

良く自動化が進み誰にでも簡単に写せるため、広く普及しているが、撮影レンズは、広角レンズを採用しているため望遠機能の付加が望まれていた。この要求に応えるため、近年2焦点カメラやズームレンズ内蔵のカメラが各社から発売されているが、依然望遠機能は物足りないものであった。

MIRAIは、一眼レフとコンパクトカメラの中間に位置する新しいジャンルのカメラとして、全自動でしかも高倍率ズームレンズを内蔵し、コンパクトカメラ並の携帯性、操作性を備えるデザインを追求して開発された。

## 2. 製品の概要

### 2-1 仕様

表1に本機の仕様を示す。

### 2-2 表示部

図1に外部LCD表示

図2にファインダー内表示を示す。

表1 MIRAI仕様

型 式	35mm ニューコンセプト一眼レフカメラ
レンズ	焦点距離 $f=35\text{mm}\sim 135\text{mm}$ 口径比 $1:4.2\sim 1:5.6$ 最短撮影距離 $1.2\text{m}$ (マクロ時 $0.49\text{m}$ ) マクロ 可 $1:4.9$ 以上 構成 13群15枚構成 フィルターサイズ $52\text{mm}$ 収納 収納時 $7.8\text{mm}$ 沈胴
ファインダー	タイプ TTL 倍率 $0.8$ 倍 ( $f=50\text{mm}$ ) 視野率 縦横 $87\%$
測光	タイプ TTL 開放測光 1. 中央重点平均測光 2. オートバックライトコントロール 露出補正 露出補正装置 (+4~-4Ev, 1/3ステップ) AE ロック機構有り 測光範囲 Ev4~20 (ISO100)
測距	タイプ パッシブ方式 (TTL による位相差検出方式) AF 範囲 $1.2\text{m}\sim\infty$ フォーカスエイド マクロ時 測距輝度範囲 Ev4~19 (ISO100) マニュアルフォーカス 可能 補助光 到達距離 $5.5\text{m}$ 低輝度 (Ev4~6 以下) で自動点灯
撮影モード	シフト付インテリジェントプログラム 自動日中シンクロプログラム
フィルム感度範囲	ISO25~5000 (DX フィルム自動設定) DX コードなし時 ISO100にセット
フィルム装填	リコーオートロード方式 裏蓋を閉じるにより一枚目まで自動空送り停止
フィルム巻き上げ	電動モータによる S (1枚撮り), C (連続: 秒2コマ) の切り換え可
フィルム巻き戻し	フィルム終了時自動巻き戻し (途中巻き戻し可)
フラッシュ	内蔵, フロントポップアップ方式 タイプ 電子式フラッシュマチック方式 ガイドナンバ 15 (ISO100・m) 日中シンクロ 可能 (日中シンクロボタンによる) 調光確認 プレ調光機能 (光が届くかリリース半押しで確認可)
専用フラッシュ連動	専用シューに接続 (SL-301M) ガイドナンバ 30 (TTL ダイレクト調光) プログラム日中シンクロ プレ調光機能有り
シャッター	縦走行フォーカルプレーン電子シャッター $1/2000$ 秒~32秒
ファインダー・スクリーン	ニューアキュブライトマツ 中央測距ゾーン表示付
表示部	外部LCD, ファインダー内LCD・LED 図1, 図2参照
セルフタイマ	作動時間10秒
リモコン	リモコン端子付
データ機構	裏蓋交換により可 (データバック DB-5M)
電源	リチウム電池 CR-P2 単4 アルカリ電池 4本 ニカド電池不可
大きさ	$134.8$ (幅) $\times$ $80.5$ (高さ) $\times$ $125.5$ (奥行)
重量	$1010\text{g}$ (電池無し)

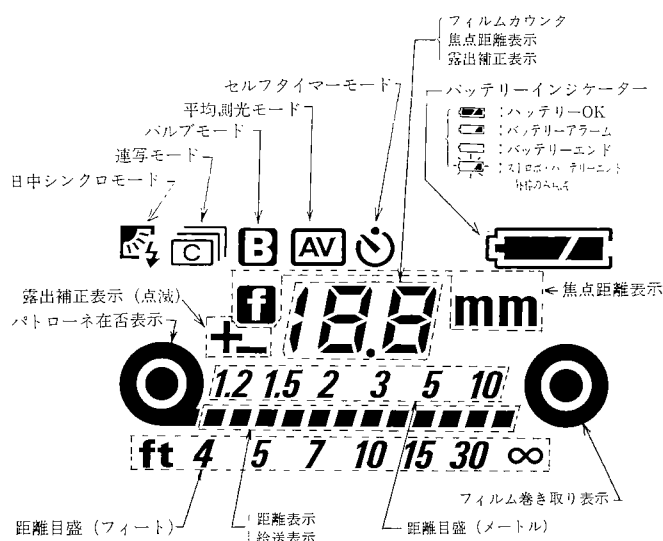


図1 外部LCD表示

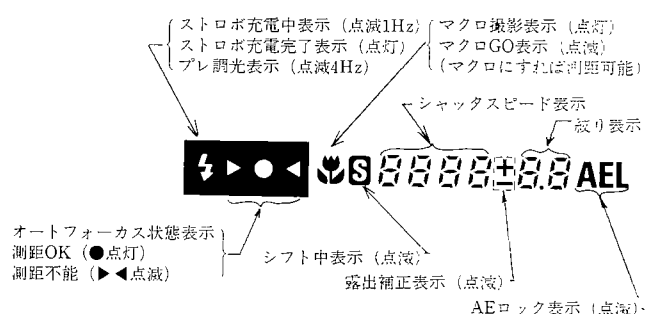


図2 ファインダー内表示





図3 ラフモデル

### 3 デザインの変遷

#### 3-1 携帯性と構え易さの展開

第一ステップとして既存のカメラデザインにとらわれることなく自由な発想で携帯性、操作性を向上させ、しかも構えやすいデザインをラフモデルをもちいて展開した。(図3(a)~(e))

#### 3-2 レイアウトの決定

大まかな企画仕様が次のように決まった。

- ①オートフォーカスとストロボ内蔵で全自動
- ②35-135mm ズームレンズ内蔵 (最短撮影距離1.2m)
- ③35mm フルサイズ

これを受けて第一ステップで展開したラフモデルの設計検討を行なった。(a)は最も小型化できるタイプであるが、ハーフサイズのため見送られた。(c)の収納式モデルは、内部機構を組み込むスペースがあまりにも少ないため不採用となった。(d)は一眼レフタイプの基本レイアウトを採用することで企画仕様に満足できる可能性があり、第二ステップとして(d)タイプを基本に図4に示す一次モデルを製作した。

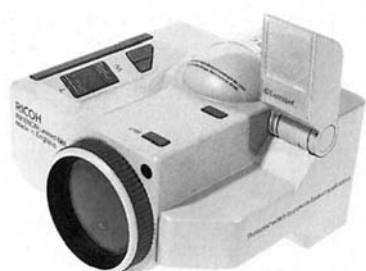


図4 一次モデル

#### 3-3 設計の具体化

一次モデルのディメンジョンを目標に設計を行なった。

既存の方式では、幅、高さ、奥行寸法とも満足できないため、数々のアイデアが出され検討を行なった。その中のいくつかについて述べる。

##### ①撮影光学レンズおよび鏡胴

i) レンズの外径を小さくするため、前玉の径を小さくできるバリフォーカルレンズを採用した。バリフォー

カルレンズは焦点距離を変えると、ピントも変化するというものであるが、電子コントロール\*2によりピント補正を行ない、一般のズームレンズと変らない操作性を実現した。

さらに、焦点距離などの表示リングを廃止して、全てLCDで表示することにより外径寸法を小さくすることができた。

技術課題としては、フォーカシング時に、1・2群が、そのズーム間隔を保ったまま移動する機構が必要である。そのため、1・2群を光軸方向へ規制しているカム枠を、ズーム時には、ズームモータにより回転駆動し、また、フォーカス時には、フォーカスモータにより直進移動させて、カム枠部品のみで1・2群間隔を高い精度に保つ機構にした。

ii) 次にレンズの全長を短くするため、レンズ構成を正・負・正・正・負の5群構成とし、従来よりも大きいパワーのレンズを採用した。このためレンズ間には高精度な同軸度が必要になった。なかでも、画像性能に対して特に影響力の大きい①3・4群の相対位置精度と②2群の光軸に対する倒れについて述べる。

①は、3・4群を他のズーム系と切り離して、3群内に4群を入れ込む機構を採用し、偏心や倒れを最小限に押えるようにした。

②は、2群枠を組立工程内で反射偏心によるチェックおよび調整ができる構造を採り入れて解決した。

さらに、1・2群と3群の間隔を詰めて全長を縮める収納モードを設けることにより、携帯時には、一次モデルの寸法を満足することができた。

表2にRIKENON ZOOM 35-135mmとの比較を示す。

表2 RIKENON ZOOM 35-135mmとの比較

	RIKENON 35-135	MIRAI
全長 (フィルム面より)	TELE 160.5mm	147.2mm
	WIDE 140mm	127.8mm
		収納 (120)
フィルタ径	M58	M52
最短撮影距離	1.4m	1.2m

図5にレンズ構成と各群の移動模式図を、図6に焦点距離とフォーカス繰り出し量の関係を示す。

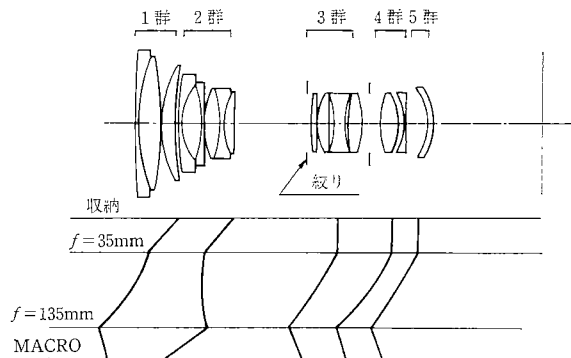


図5 レンズ配置および各群の移動図

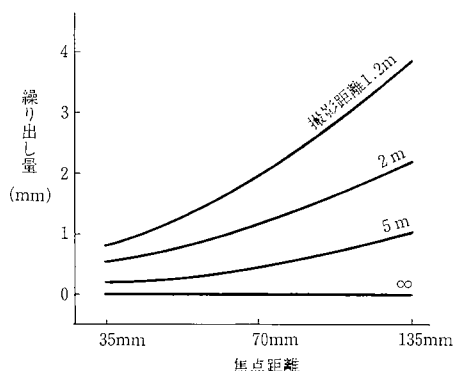


図6 各焦点距離における $\infty$ よりの繰り出し量変化図

## ②ファインダ光学系

ファインダ光学系は、パララックスがなく、画角と焦点合わせがダイナミックにわかる一眼レフタイプを採用した。ただし従来通りのペンタプリズムの使用では、デザインイメージの基本となっている接眼レンズから撮影レンズに至る滑らかなフォルムを損なうことになる。デザインイメージを達成するためには、高さを押える必要があり、そのためのアイデア出しが行われた。

その結果ペンタプリズムを傾ける案が出された。

シャッター上部がファインダ光束をけらないこと。一次モデルの高さを満足すること。ファインダを自然に覗き込めること。の3項目の最適化を行ない、ファインダ光学系の傾きは8度とした。

以上の結果により、従来のカメラに対して7mm低い49mmという高さが実現された。

## ③表示

被写体距離、焦点距離、絞りの各々の表示は、従来回転または、光軸方向へ移動するレンズのリング上に印刷して表示していた。これらを全て他の撮影情報と一緒に

LCDに表示することにより、情報の集中とカメラ全体の小型化を図った。

LCDはファインダー内と、カメラ上部前方の2箇所に配置した。LCDの表示内容を図1と図2に示す。

被写体距離と焦点距離は、外部の大型LCDに表示した。被写体距離は12個のドットでバークラフ形式で表示する。目盛は、バーの上にメートル、下にフィートとし、見やすさを考慮して、大きめの数字にデザインした。

なお、ドットはフィルム給送表示も兼ねており、フィルムが確実に送られたとき左から右へとドットが流れるように移動する。

焦点距離は、フィルムカウンタと兼用であり、普段は撮影枚数を表示しているが、ズーム操作をしたときには、35~135mmまでを5mm間隔で表示するようにした。絞りは、ファインダー内にシャッター秒時と並べて表示した。

## ④フィルム給送

カメラの横幅を満足させるために、XR-Xで開発された、光電素子を利用したスプロケットレス給送方式の性能をさらに改良して採用した。

図7に構成を示すように赤外LEDとフォトトランジスタをフィルムのパーフォレーションと同一ピッチに配置し、さらにフィルムを挟んでこれらに対向して、プリズムを設けた構造にした。LEDから出た光はフィルムの2箇所まで遮られるため、光の透過性の大きいフィルムに対してもSNが向上し製造過程の調整の簡略化に役立っている。

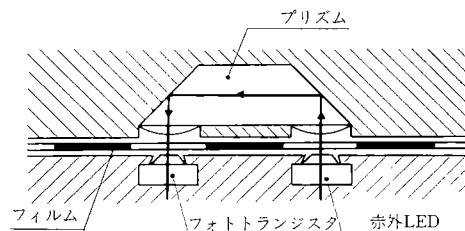


図7 パーフォレーション検出部

## ⑤自由曲面のCAD・CAM化

外観には多くの自由曲面が用いられた。その中でも特に目をひくカメラ上部のキャノピー部の自由曲面をCADでモデリングをした。(図8(a))

モデリングしたCADデータをNCデータに変換しマシニングセンターで切削加工した。(図8(b)(c))

その結果デザインのイメージを正確に表現したモデルで評価を行なうことができた。

図9にカメラの断面を示す。

## 3-4 グリップの採用と操作性

カメラの幅を狭くすると、構えた時のホールディングが問題になってきた。ビデオカメラのようなグリップの

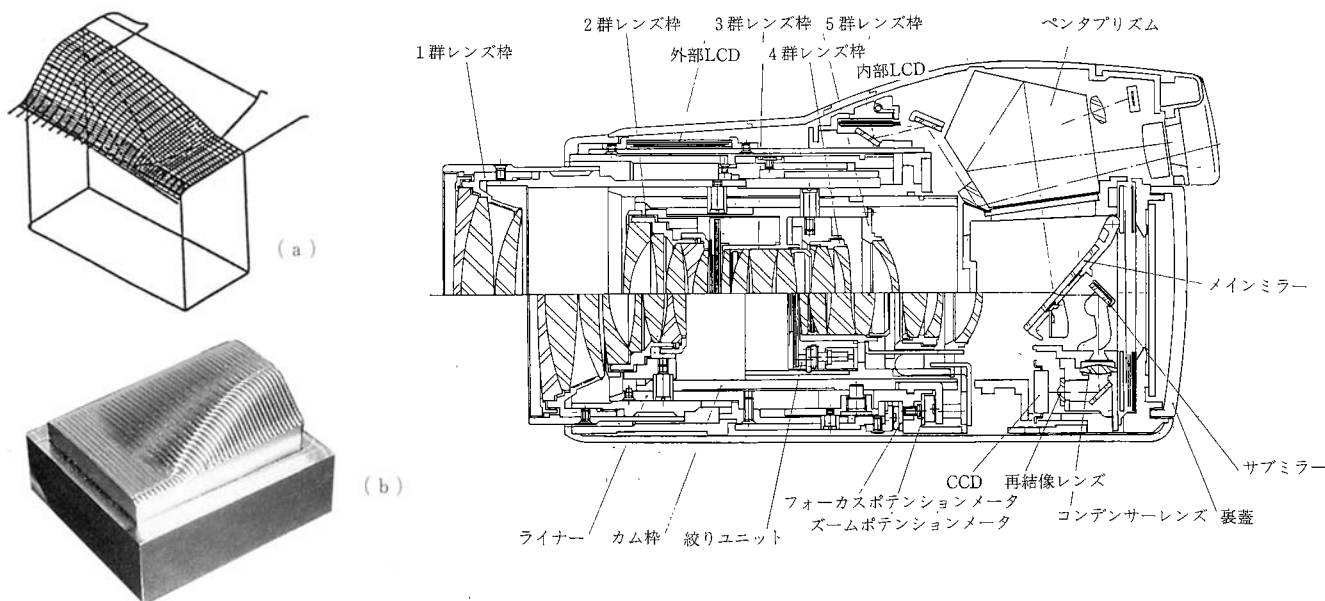


図9 カメラ断面

大きさも得られないことから見送られた。

またXR-Xの専用フラッシュであるスピードライト-PXのように発光部を90度倒す方式をMIRAIに応用すると、フラッシュ使用時には本体に大きな穴が開いてしまい非常に見苦しいものとなる。さらに格納したとき発光部が本体表面に露出しているのもデザイン上、強度上好ましいことではない。

そのため、MIRAIでは収納時は本体内に発光部を全て納め、使用するとき本体前面よりスライドさせてからポップアップするという方式を採用した。

図8 キャノピー部の自由曲面モデリング

採用を検討したがレンズに平行させたグリップだと手とファインダーの関係が不自然になり、構え難いことがわかった。長年の蓄積で築きあげられたカメラのホールド性を得るため、グリップの方式検討が行なわれた。ホールド時には、傾斜を持たせた可変グリップ案がだされ、第三ステップで二次モデルに反映させた。操作性の面では、二次モデルから細部に及ぶフォルムの展開と操作部を機能別に分類し、最良の位置にくるようにセッティングした。(図10)

### 3-5 フラッシュ

コンパクトカメラ並の使い易さを得るため内蔵フラッシュでは最大の光量を持つGNo.15のフラッシュを内蔵した。しかも撮影距離を更に延ばせるようにGNo.30の専用フラッシュが使える専用シューも設けた。

内蔵フラッシュは赤目防止のため、出来るだけ撮影レンズの光軸から遠ざけることが望ましいが、カメラの高さ、幅ともデザイン上極めて小さく押さえられているためポップアップ方式を採用せざるを得ない。普通用いられている上下にスライドする方式では補助光を配置するスペースが取れず、発光部を充分高く持ち上げるだけの



図10 二次モデル

図11に使用状態と収納状態のフラッシュの様子を示す。この方法は MIRAI のように奥行の長いカメラには有効な方式である。発光部を縦長にしてカメラの横幅を狭くすることができ、さらにポップアップしたときの高さも確保できた。発光部内の余った空間にはトリガ回路が収納できたため高圧のトリガコードの引き回しが無くなりカメラの信頼性が向上し、絶縁対策が楽になった。

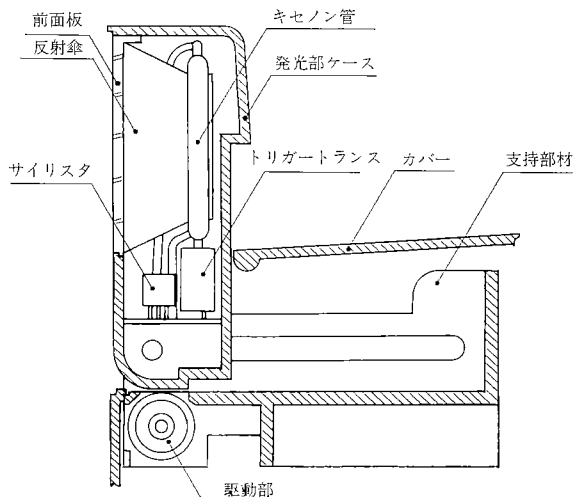


図11 A：使用状態

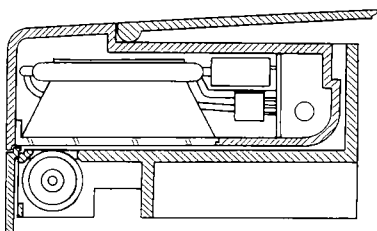


図11 B：収納状態

### 3-6 最終デザイン

穏やかな中にも高いクオリティを感じさせるブラックメタリックカラーの仕上を施した。またズーミング操作を容易にしたダイヤルレバーを採用し、角度可変式グ

リップの内部には電池を収納した。電池はリチウム電池だけではなく乾電池（単4×4）も使えるシステムにした。

LCD の位置もより見やすい位置を求めてボディ上部に配置した。

ペンタ部は流れるようなエアロフォルムを形造り、新しいジャンルのカメラにふさわしい NEW イメージを打ち出した。(図12)



図12 最終モデル

## 4. 今後の展望

MIRAI のデザインはこのようにして完成した。形の展開はデザイン試案も含め幾つかの変遷があったが、この中でカメラの造形的特徴はというと、一貫して全体のもつ機能的なスタイルに自由な面を配したことにある。ゆるやかな曲面を内包したボディに今迄とは異なったカメラの息吹を求めたためである。この新鮮な流れをより活性化して今後の製品化にあたってゆきたい。

- \* 1 本稿では、変倍レンズを含めズームレンズと称する。
- \* 2 本号の技術紹介「バリフォーカルレンズの制御システム」参照



# イマジオ320/320F

IMAGIO 320/320F

太田 清高\*      林 正幸\*  
Kiyotaka Ohta    Masayuki Hayashi  
黒川 純二\*\*  
Junji Kurokawa

## 要 旨

イマジオ320は、画像編集機能やファクシミリとの複合化などを可能にした汎用型デジタルインテリジェントシステムであり、次の様な特長を有している。

- 1) マーカー指定による外消去、内消去や白黒反転、中抜き、さらに縦横独立変倍等の編集機能といったデジタル特有のインテリジェント機能を備えている。
- 2) 画質は400dpiと高解像度で、写真などのハーフトーンは64階調で再現。
- 3) ファクシミリとの複合化、電子ファイルシステムの入出力機への拡張を実現。

## ABSTRACT

The IMAGIO 320 is a highly versatile image processing system which incorporates an advanced digital intelligence system. The major features are ;

- 1) The system has intelligent functions which are unique for digital technology such as designated area image processing by a marker, positive/negative reverse, outline and directional magnification.
- 2) The system has 400 d.p.i. resolution and can reproduce original photos, by up to 64 halftone gradation.
- 3) The system has the capability of being incorporated with a digital input device such as facsimile or electrical filing system.

## 1. はじめに

今日、複写機の普及率は高く、多機能化も一段落し、市場としては成熟期を迎えている。このような状況の中で、複写機はデジタル化することにより、画像編集などの面においても新規機能の搭載を可能にし、さらに、従来は単体で利用されてきた複写機に、他の機器との融合

化が可能になるという新しい利用形態が生まれてくる。

そうした背景の中、イマジオ320は低価格化を実現することにより、現在の複写機市場の拡大及び新たな市場の開拓を目的として企画、開発されたデジタルインテリジェントシステムである。

## 2. 製品概要

イマジオ320は、高密度のCCD、レーザダイオード、独自に開発した小型光学レンズ、画像処理ASICの採用により、機能の高度化、コンパクト化、コストダウンを実現した汎用型デジタルインテリジェントシステムであ

\* 画像技術開発本部 デジタル機器開発部

Development Department, Imaging Technology Division

\*\* 画像技術開発本部 画像技術研究所

Imaging Technology Research Center, Imaging Technology Division

る。

さらに、複写機との共通化をはかり、長年にわたり蓄積された複写技術を取り入れることにより、高信頼性、低価格化を達成した。

また、機能面では、多彩な画像編集機能を備えることにより、さらにマーカーペンでの領域指定による編集機能を合わせ持つことにより、広く一般オフィスへの普及を可能にした。

そして、もう一つの特徴である、ファクシミリとの複合化により、オフィスにおける省スペース化を可能にした。

表-1にイマジオ320の基本仕様を示し、以下特徴ある技術の紹介を行う。

### 3. 全体構成

イマジオ320の全体構成概略図を図-1に示す。

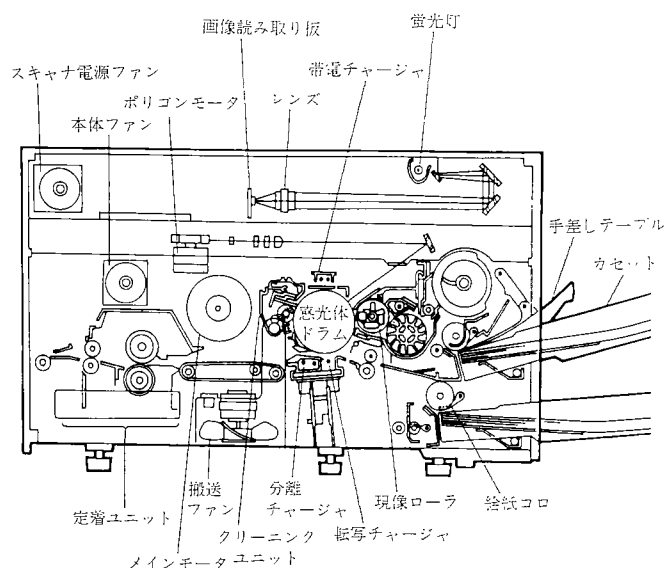


図1 イマジオ320全体構成概略図

特徴としては、紙搬送系は、一般の複写機とほぼ共通構成となっており、右から、給紙、転写、分離、搬送、定着、排紙の各ユニットが配置されている。

そして、作像系のうち、現像、感光体ドラム、帯電、除電、クリーニングの各ユニットがその上部に配置されており、これも一般の複写機とほぼ共通の構成をとっている。

通常はさらに上部に原稿を照明し、その光をレンズ・ミラーを通して感光体ドラムへ導く光学系が配置されるが、本機はレーザーダイオード、ポリゴンモータ、シリンドレンズ、fθレンズ、ミラー等で構成される書き込み系が配置されている。

表1 イマジオ320基本仕様

項 目	仕 様
名 称	イマジオ320
形 式	デスクトップ
複 写 方 式	乾式静電転写方式
原 稿 種 類	ブック・シート
原 稿 サ イ ズ	最大 A3
複 写 サ イ ズ	A3～A6 (官製ハガキ)
複 写 倍 率	(標準) 1 : 1, 1 : 0.93, 1 : 0.87, 1 : 0.82, 1 : 0.71, 1 : 0.61, 1 : 0.50, 1 : 0.25, 1 : 1.15, 1 : 1.22, 1 : 1.41, 1 : 2.00, 1 : 4.00 (ズーム) 25%～400%
複 写 速 度	20枚/A4, 13枚/B4, 11枚/A3
連 続 複 写	1～99枚
ウォームアップタイム	2分30秒
ファーストコピータイム	7.5秒/A4
画 素 密 度	400dot/inch
給 紙 方 式	2段カセット (給紙量250枚)+手差し
帯 電 方 式	スコロロン方式
読 み 取 り 方 式	CCDによる一次元固体走査
照 明 光 源	アパーチャタイプ蛍光灯 (緑色)
書 き 込 み 方 式	レーザービーム一次元走査
露 光 光 源	半導体レーザ
現 像 方 式	磁気ブラシ現像
転 写 方 式	コロロン方式
分 離 方 式	除電分離、爪補助型
定 着 方 式	ヒートロール方式
ク リ ー ニ ン グ 方 式	ブレードクリーニング方式、PCC+ブラシ+バイアスローラ補助
除 電 方 式	光照射方式
制 御 方 式	マイクロコンピュータ制御方式
コ ピ ー 濃 度 調 整 方 式	(自動濃度時) 地肌濃度追従方式 (マニュアル時・文字モード) スレッシュホルドレベル制御方式 (マニュアル時・写真モード) 濃度入出力特性制御方式
オ ー ト ク リ ア	コピー終了後60秒(∞, 180秒に切り換え可)
自 己 診 断	有 (23種)
使 用 電 源	100V 50Hz/60Hz (共通)
最 大 消 費 電 力	1.5KW
最 大 重 量	幅700mm×高さ423mm×奥行708mm 約80kg
付 加 機 能	マーカー指定による外消去/内消去 白黒反転、中抜き 縦横独立変倍 ダブルコピー 自動用紙選択、用紙指定変倍

さらに、その上に照明光源、ミラー、レンズ、画像読み取り板、画像処理装置等で構成される読み取り系が配

置されている。しかし、読み取り系は、それ以外のユニットとの位置関係に、特別な制約はなく配置することが可能となっている。

#### 4. 読み取り系

読み取り系は図-2に示すスキャナ光学系でわかるように、機械的には従来のフラットベッドタイプの複写機と同じである。また、主走査変倍を電気的に行っているためレンズを移動する必要がなく、よりシンプルな構成になっている。

イマジオ320の特徴の1つは、この電気変倍によってスペースメリットを生かしつつ25%~400%までの縦横独

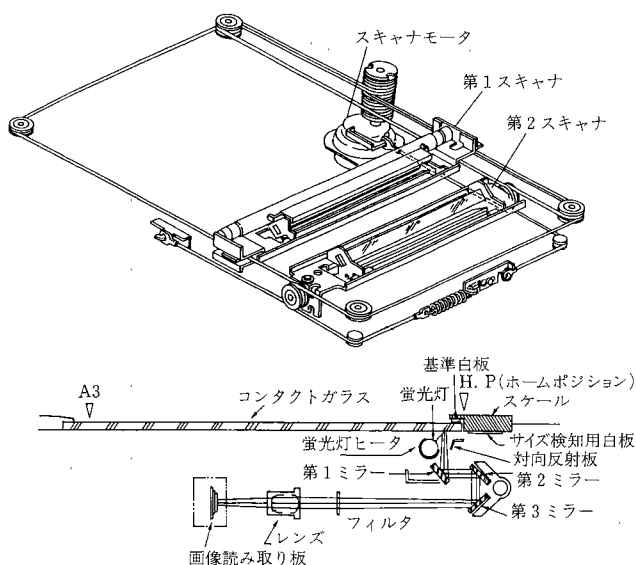


図2 スキャナ光学系

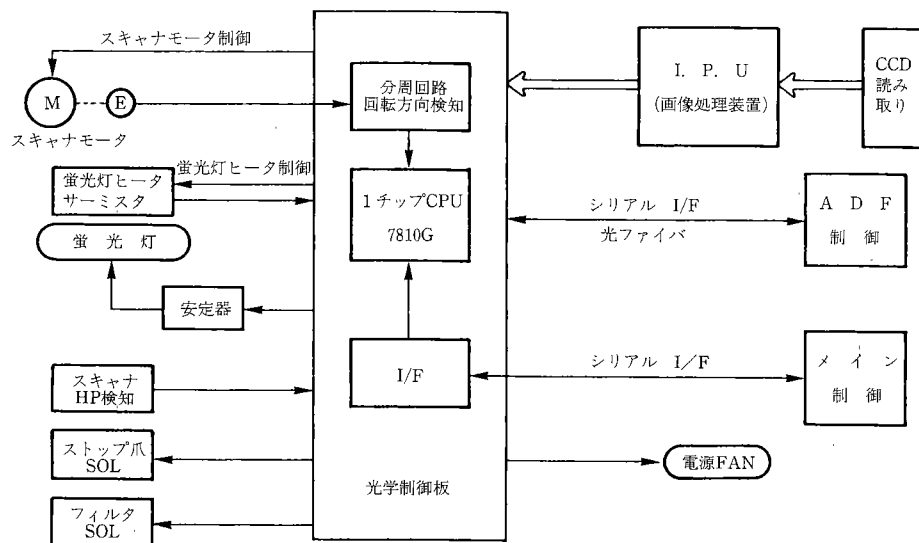


図3 スキャナ制御ブロック図

立変倍を実現していることである。

副走査方向はスキャン速度を可変にすることで変倍しているが、従来より広い速度範囲を得るため、ギヤ付サーボモータを採用している。

スキャナ制御に関しては、図-3に示すようにスキャン動作について光学制御板が、画像信号についてはIPUが制御しており、イマジオ320のスーパーバイザであるメイン制御板は、シリアルI/Fによるコマンド/ステータス信号でADFを含め読み取り系を制御している。

#### 5. 書込み系

書込み系は従来のレーザプリンタと同じようにCD（コンパクトディスク）に多用されている安価なレーザダイオード（LD）を使ったレーザ書込み系である。

イマジオ320の書込み系の特徴は、図-4で見えるように $f\theta$ レンズをアナモフィックなレンズ系とすることにより、従来必要だった感光体近くの長尺のシリンダレンズをなくし、LDユニット、ポリゴンミラー、 $f\theta$ レンズを1つのブロックとして構成していることである。

読み取り系のIPUから出力された画像信号は、メイン制御板上のカスタムLSI化された1ラインバッファを通し、ポリゴンミラーに同期してLDユニットに供給される。

オートレーザパワーコントロール（APC）や現像剤のトナーコントロールのために必要なPセンサパターンの発生は、一般の複写機のタイミングコントローラと同じ役割をはたすシーケンスCPUが制御しており、コストパフォーマンスを重視した設計となっている。

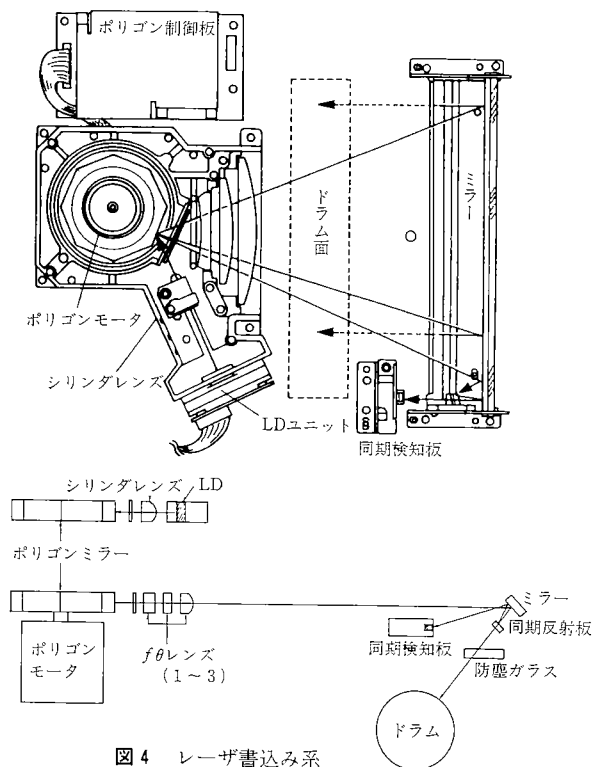


図4 レーザ書込み系

## 6. IPU の構成

イマジオ320の特徴である画像処理, 加工機能のほとんどを, このIPUで行っている。

IPUのブロック図を図-5に示す。

6ビットでAD変換された画像データはシェーディング補正された後に3ラインメモリに蓄えられ, 平滑フィルターを通した写真データとMTF補正フィルターを通した文字データの, 2つのデータになる。

その2つのデータは, それぞれ主走査変倍回路で変倍

される。この変倍回路は1%きざみのズーム変倍を行うため, CPUで計算した倍率制御データをRAMに書込む方式をとっている。

副走査方向の変倍は, 原稿スキャナの走査速度を可変することで行っており, 独立に設定できる。

変倍回路からの写真データはディザ回路を通して, また, 文字データは固定閾値で2値化される。

同時に文字写真分離, マーク検出用の画像レベルデータがそれぞれの閾値を基に得られる。

文字写真判別はレベルデータから一定範囲以上の特定の濃度領域か網点領域を写真領域として判定している。マーク検出回路は, 原稿にマーカーペンで書いた領域を検出する回路である。マークの検出は, 一定濃度範囲のデータが一定面積以上連続していることを, リアルタイムで判定することで行っている。

以上の処理回路の仕様を表-2に示す。

## 7. 作像系

イマジオ320作像システム設計の狙いは

- (1) レーザダイオード (LD), 有機感光体 (OPC) 使用によるシステムのコンパクト化, 低コスト化。
- (2) 高密度2値書込み, イメージ露光方式と微粒径コートキャリア2成分現像剤を使用したネガポジ現像方式による高画質化であり, 当社独自の電子写真技術を駆使してこの実現に成功を収めた。

### 7-1 感光体

イマジオ320で従来のHe-NeレーザをLDに置換えたのは, 当社がLD用に開発をすすめてきたOPCドラムが実用段階にあったからこそである。以下, その利点を列挙する。

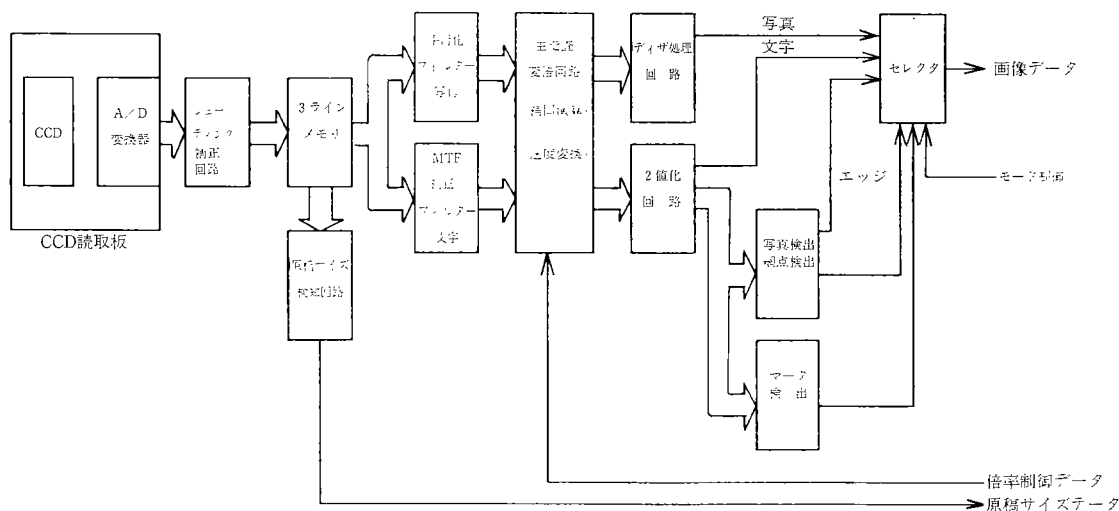


図5 IPUのブロック図



表2 IPU 処理回路の仕様

1. シェーディング補正回路
1.1 補正方式: 基準白板を使ったデジタル補正
1.2 補正画素: 全画素
2. 平滑化フィルター
2.1 フィルター種類: $5 \times 3$ 平滑化フィルター
2.2 フィルター係数: 11111
11211 ÷ 16
11111
3. MTF 補正フィルター
3.1 主走査方向補正: 周囲 2 近傍演算
3.2 副走査方向補正: 周囲 1 近傍演算 (4 段階可変)
4. 主走査変倍回路
4.1 変倍範囲: 0% ~ 512% 1% きざみ
4.2 補間方式: 三次元関数コンボリューション法
4.3 倍率制御: 制御データの内部 RAM へのローディング方式
4.4 変倍開始アドレス: 任意指定
5. デイザ処理回路
5.1 閾値: 外部 ROM 閾値
5.2 閾値マトリクス: $16 \times 16$ (2 パターン)
6. 2 値化回路
6.1 閾値: 固定閾値
6.2 閾値レベル: 64 レベル中の 7 レベルに設定
7. 写真領域検出
7.1 検出方式: 特定濃度範囲以上の画像が一定範囲以上あることを検出
7.2 検出濃度: レベル = 12/64
7.3 領域範囲: 7 画素以上
8. 網点領域検出
8.1 検出方式: パターンマッチ方式
8.2 検出パターン: 黒ドット = 3 種 白ドット = 2 種
9. マーク領域検出
9.1 検出方式: マーク濃度範囲の画像が一定範囲以上あることを検出
9.2 エラー補正: 白とぎれ = 0.3mm max. 黒とぎれ = 1.3mm max.
10. 原稿サイズ検出回路
10.1 検出方式: 原稿と圧板との濃度比較による検出
10.2 検出期間: 補色フィルター ON 時プレスキャン
10.3 圧板色: 黄色

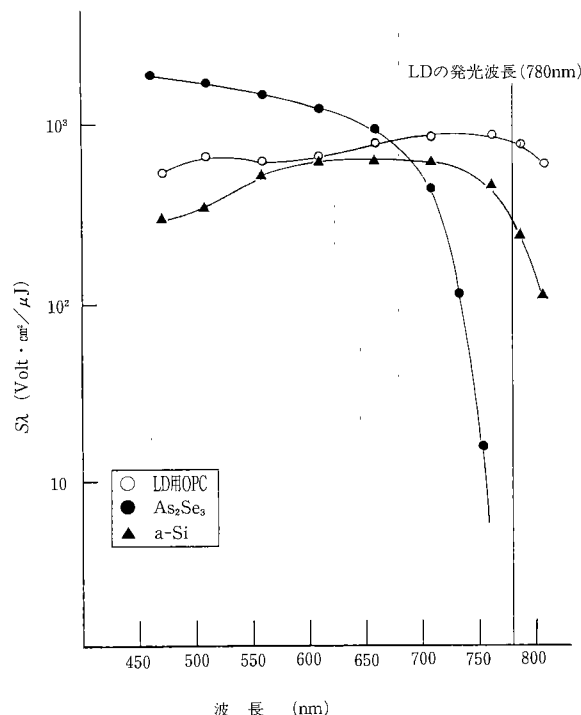


図6 分光感度

- (1) 図-6 に示す様に、LD (発光波長780nm) 感度が  $\text{As}_2\text{Se}_3$ 、 $\text{a-Si}$  よりもすぐれている。LD 用 OPC ドラムの像形成に必要な光量は  $1.6 \mu\text{J}/\text{cm}^2$  であり、これはイマジオ320仕様 (線速120mm/sec, 書込み密度400 dpi, LD パワー5mW, 光学系効率約25%) でドラム面に照射できる LD 光量の約半分に相当する。
- (2) 高帯電位 (800V) で繰り返し使用できるため、常に高コントラストの潜像形成が可能となる。

- (3) 表面の平滑性がすぐれており、ブレードクリーニング性能が抜群である。
- (4) 耐久性は  $\phi 80$  ドラムとして使用することにより、連続使用で A4 コピー 60K 枚を可能とした。
- (5)  $\text{As}_2\text{Se}_3$ 、 $\text{a-Si}$  ドラムよりはるかに低コストである。

## 7-2 画像形成

イマジオ320プロッター部の画像形成について述べる。レーザビームを走査する光書込みには、イメージ露光 (画像部の電荷を消去する) 方式と背景露光 (非画像部の電荷を消去する) 方式とがあり、いずれの場合もビーム径が画質に大きく影響する。一般に、レーザビーム径  $D$  は走査ムラを少なくするため、ドットピッチ  $P$  より大きく設定されている。従って、1 ドットライン幅はポジポジの場合はピッチ幅より小さく、ネガポジの場合は大きくなる。(図-7)

イマジオ320では、以下の理由によりイメージ露光方式を採用した。

- (1) イメージ露光の方が1 dot line の再現性がよい。レーザビーム径がピッチ幅 (400dpi では  $63.5 \mu \times 63.5 \mu$ ) より大きすぎると、イメージ露光ではラインが太り気味となるのに対し、背景露光ではラインが細り、キレギレとなる。
- (2) 露光ムラによる地汚れがない。ビーム径がピッチ幅より小さすぎると、イメージ露光ではベタ濃度の均一性が問題となる程度であるのに対し、背景露光では全面にピッチムラ地汚れが発

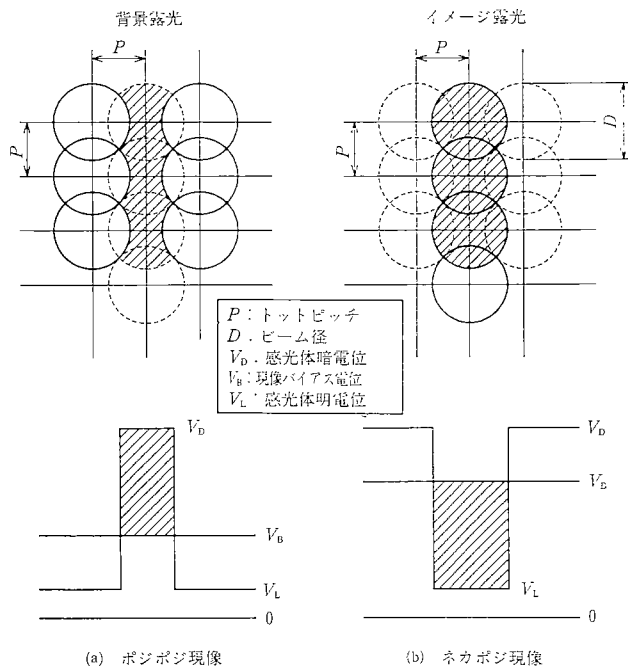


図7 露光、現像方式の比較

生する。

- (3) イメージ露光の方がLD点灯時間が短くて済み、また、伝達効率が良いため、余裕をもって光学系の設計ができる。
- (4) イメージ露光を行うと現像は当然ネガポジ現像となり、負帯電トナーが必要となるが、幸い当社複写機（正帯電  $As_2Se_3$  ドラム背景露光、ポジポジ現像）で使用され、市場実績のある現像剤が併用でき好都合である。

かくして、イマジオ320では、高帯電位のLD用OPCドラムに高密度2値書込みでイメージ露光を行い、静電コントラストの高い潜像を比較的低いトナー濃度の微粒

径コートキャリア2成分現像剤でネガポジ現像を行うことにより、「はっきりした」「コントラストの高い」「地肌のきれいな」高画質化を達成できた。

## 8. 複合化

イマジオ320の商品コンセプトとして、ファクシミリ、プリンター、電子ファイル等のデジタル機器との複合化がある。そのためシステムアーキテクチャーは、複合化機能のためのコントローラと矛盾なく整合することを目指して設計された。

そのひとつは、イマジオ320のデジタルインテリジェントシステムのリソースをいかに使いやすく提供するかということであった。

一般に複写機は、ADF、ソータ、大量給紙ユニット、両面ユニット等の多様な周辺機を持ち、その制御シーケンスは複雑にからみ合っている。

本機では、リソースをスキャナブロック、プリンターブロックの2つに分け、各々のブロックコントローラが周辺機のタイミングを制御し、スーパーバイザがなるべくタイミングコントロールから解放されるように構成している。

制御概念も以上の理由により、メイン制御板が他のスーパーバイザとなるコントローラにリソースを渡すとき、メイン制御板は信号を受渡すだけの機能になる。

例えば、図-9に示すイマジオ320F（ファクシミリ機能付）の場合、コピー動作中はメイン制御板がスーパーバイザになっており、コピーの複雑な制御モードをコントロールしているが、ひとたびFAXコントローラがスーパーバイザになった場合にはイマジオの制御は総てFAXコントローラが行うことになる。

このように、タイミングコントロールからスーパーバイザを開放しつつ、各コントローラがなるべく緻密な制御ができるようにしている。

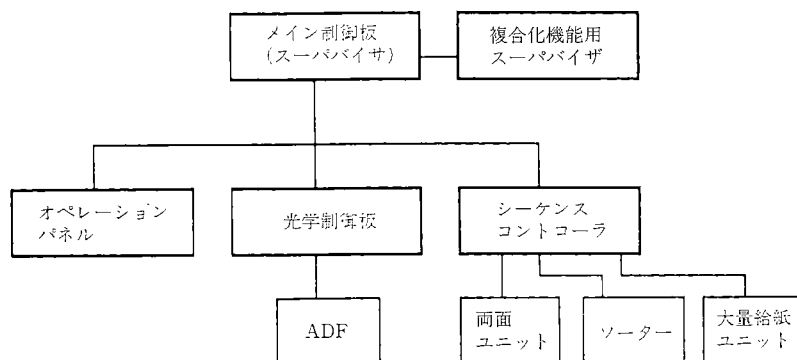


図8 イマジオ320制御系統図

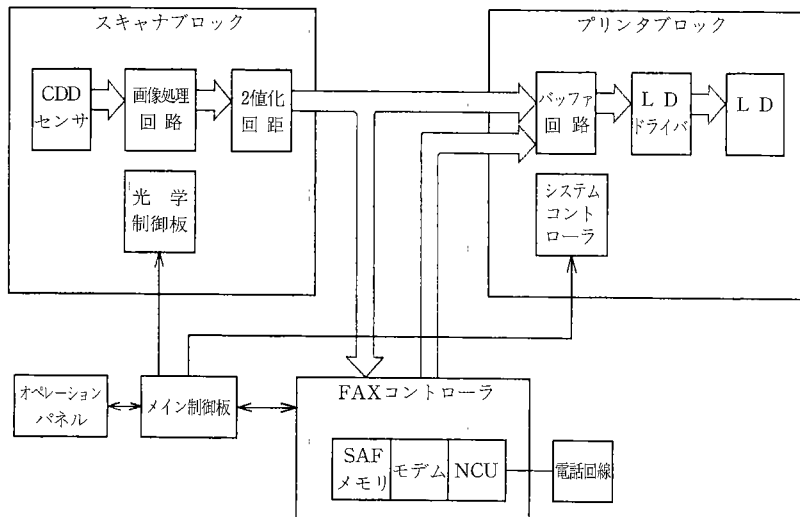


図9 イマジオ320F制御ブロック図

## 9. おわりに

以上イマジオ320の技術的特徴について述べた。本機は現在デザイン関係の業種を中心に需要が伸び、一般オフィスへも一部浸透してきており、新たな画像編集機能の開発、実現により飛躍的な普及を遂げることが予測される。また、ファクシミリとの複合も省スペース化への

ニーズともあいまって、市場を開拓してきた。この複合化に関しては、将来パソコン、電子ファイルシステムなど各種OA機器の入出力機への拡張を可能にすることにより、さらなる市場拡大が予測される。

最後に、本機の開発にあたり多くの方々に御指導、御協力をいただいたことに深く感謝します。



# ハンドヘルドコンピューター HWS-1000

Handheld Computer HWS-1000

山下 明\*  
Akira Yamashita

牧 洋一\*  
Youichi Maki

## 要 旨

ハンドヘルドコンピューター HWS-1000は、小型軽量でありながら、高性能なハンドヘルドコンピューターである。その特徴は以下の通りである。

- 1) 16ビット CPU の採用により高性能化をはかっている。
- 2) 最大512KB の大容量メモリを標準装備
- 3) EL バックライト160×100ドットの大型 LCD の採用
- 4) 256KB のメモリカードの装備が可能

## ABSTRACT

The HWS-1000 is a light-weight, compact, high performance, handheld computer. The machine has the following features:

- 1) A 16-bit microprocessor for optimized for super-performance.
- 2) A standard memory capacity of up to 512 kilobytes(KB).
- 3) A large(160×100dot), backlit, liquid-crystal display(LCD).
- 4) An optional 256KB memory card.

## 1. 背景と目的

近年ハンドヘルドコンピューター(以降 HHC と呼ぶ)はデータエントリーマシンとして普及がめざましく、オフコン、パソコンの入力端末として使用されている。

最近各社より発売された HHC はメモリの高容量化、

エンジンの高性能化(8ビット CPU → 16ビット CPU)等が図られている。

このような環境下で開発されたのが HWS-1000であり、HHC としては大型 LCD、16ビット CPU、最大768KB(メモリカード含む)のメモリー空間、光通信 I/F 等様々な特徴を備えている。

\* システム開発事業部第3開発部

The 3rd Development Department, System Development Division

## 2. 製品の概要

表1に仕様を、図1に構成図を掲載する。

表 1 仕様

項 目	仕 様	備 考
CPU	制御方式	マイクロプロセッサ方式
	使用素子	μPD70208G (V.40)
	データ長	内部16ビット, 外部 8 ビット
メモリ	ROM	64KB
	RAM	384KB/512KB (注1)
	漢字 ROM	256KB (JIS 第1・第2水準)
	外字 RAM	8 KB
ディスプレイ	表示方式	液晶ディスプレイ (LCD)
	表示文字数	10文字×5行 (漢字) 20文字×10行 (ANK) 26文字×10行 (ANK)
	表示文字種	漢字, ANK, 図形, 外字
	文字構成	横16×縦16ドット (漢字) 横 5×縦 7 ドット (ANK)
	バックライト	エレクトロルミネッセンス (EL)
	コントラスト	ボリューム調整
	キーボード	キー数 34キー
プリンター (プリンター付のみ)	印字方式	ドット・インパクト方式
	印字構成	9 桁 (漢字) 18桁, 24桁 (ANK)
	文字構成	横15×縦16ドット (漢字) 横 5×縦 7 ドット (ANK)
	印字文字種	漢字 JIS 第1, 第2水準, 図形 ANK 160文字, 外字 128文字
	印字速度	1.3~1.7行/秒
	印字紙	普通紙・ロール紙
	その他	ハードコピー機能あり, 反転印字可 横倍角印字可, 文字間・行間設定可
	その他	2 P 紙印字可
シリアル インター フェース	回線数	2 チャンネル (RS232C, CMOS)
	同期方式	調歩同期式
	伝送速度	300/600/1200/2400/4800/9600bps
	キャラクタ 構成	スタートビット 1ビット 情報ビット 7/8ビット ストップビット 1/2ビット パリティ あり/なし
バッテリ	メインバッテリ	Nicd 電池 4.8V・700mA
	サブバッテリ	Li 電池 3.0V・800mA
	バッテリニア アラウ検出	あり (ブザー警告)
	バッテリロウ 検出	あり
	リチウムロウ 検出	あり
	メモリーバ ックアップ	Nicd 約 70日間 Li 約160日間
環 境	動作時	0℃~40℃ 10~85%
	保存時	-10℃~60℃ 10~90%
大 き さ 重 さ	プリンター付	幅87/104×高41/72×長281mm 850g
	プリンターなし	幅87/91×高44×長226mm 750g

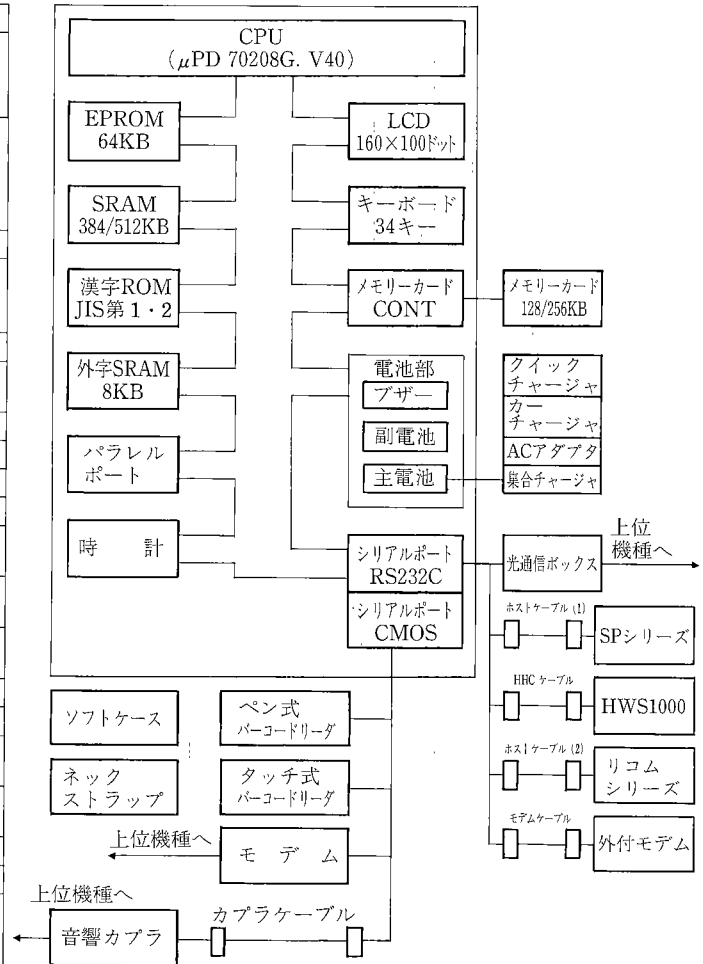
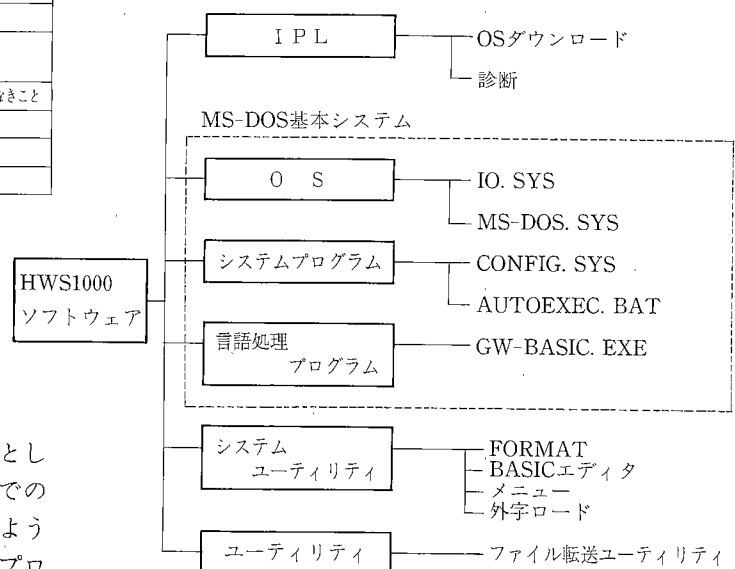


図 1 構成図

### (1)ソフトウェア体系



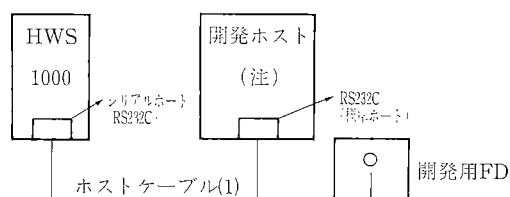
## 3. 技術の特徴

### 3-1 OS, 言語

OS には汎用的な MS-DOS, プログラミング言語としても一般的な GW-BASIC を採用し, 上位パソコンでのアプリケーションプログラムの開発が容易にできるようにした。ソフトウェア体系及びアプリケーション・プログラムの開発手順は, 次のようになっている。

## (2)アプリケーション・プログラムの開発

### ①開発環境



### メモリーカード

#### ●システムカード/プログラムセーブ用

(注) 開発するホストは、

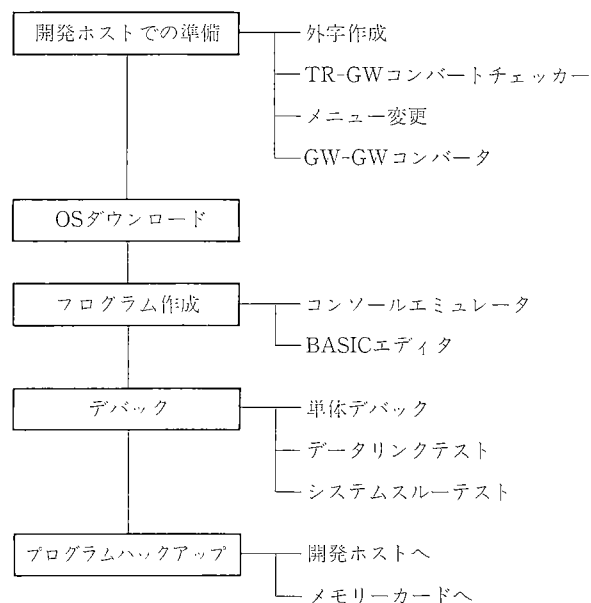
SP150, 150II

SP250, 250II

Mr. マイツール・Mr. マイツールII

SP350, 350IIである。

### ②開発手順

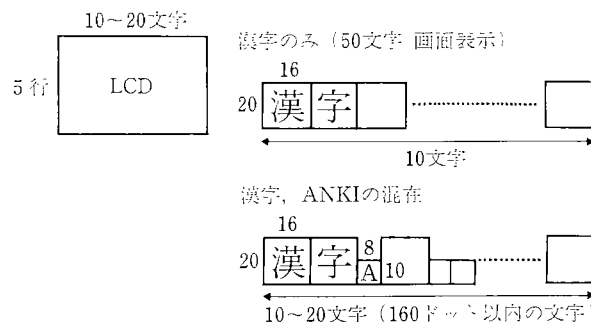


## 3-2 表示

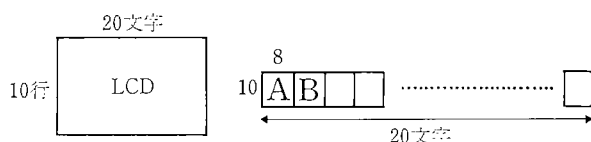
EL バックライト付の160×100ドットの大型液晶ディスプレイを採用し、このクラスで初めて漢字 JIS 第1・第2水準の表示も可能とした。又英数字、カナ、記号に加えて図形の表示も可能とした。以下に示す3種類(混在・ANK1・ANK2)のモードにより最適な画面レイアウトができる。

### 表示モード

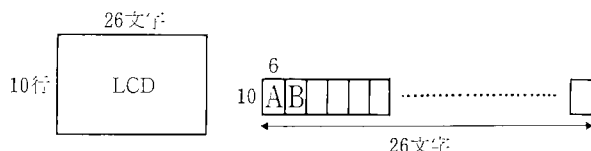
- 1) 混在モード(標準モード)……漢字とANK1が混在するモード



- 2) ANKモード1……ANK Iのみを表示するモード (200文字/画面表示)



- 3) ANK1モード2……ANK IIのみを表示するモード (260文字/画面表示)



## 3-3 外部記憶

128KB/256kbのメモリーカード(オプション)により、OS・アプリケーションプログラムのダウンロードを可能とし将来の業務拡張に対しても簡単に対応できるようになっている。

又、256KBのメモリーカードを本体に装備することにより、本体実装メモリーと合わせてハンドヘルドコンピュータとして最大の768KBのメモリー容量となる。

## 3-4 省電力

ハンドヘルドコンピュータは、電池により駆動されるため消費電力をいかにおさえるかが動作可能時間を大きく左右する為次のような省電力の工夫をしている。

- ①使用ICは、CMOSのみとした。
- ②RS232Cは、通信時のみICに電源供給しそれ以外は、電源をOFFとした。
- ③CPUは、キー入力待ちでは、スリープモードとして消費電力を押えた。

④ロジック系への電源供給は、電池直としてDC/DCコンバーターのロスをなくした。

⑤ロジック系のプルアップ、プルダウン抵抗定数も省電力を考慮して決めた。

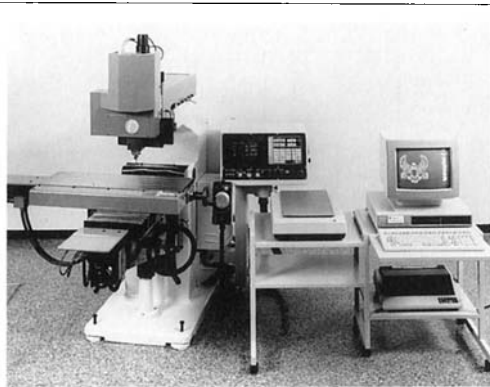
### 3-5 バッテリー電圧低下警告

バッテリー電圧があるレベル迄低下したら警告を出すようになっているが、負荷電流が大きく変動する（数十mA～4A）本システムでは、ハードウェア、ソフトウェアでさまざまな工夫をしてこれに対処している。

## 4. 今後の展望

冒頭で述べた様に、メモリーの高量化、エンジンの高性能化が進んできているが、小型軽量であるにもかかわらずますます高性能なデータ処理性能が求められると思われる。

今後、処理性能の向上と小型軽量化を図ってゆきたい。最後に、本機開発に当たり関係各セクションの方々の御協力、御指導を賜り誠にありがとうございました。



## 画像加工システム

The Image Based Machining System

中山 章広\*  
Akihiro Nakayama

### 要 旨

画像加工システムは、画像処理技術を利用した新しい工具軌跡生成法により高機能自動化を進めた NC データ作成システムで、特徴は以下の通りである。

- 1) 原画はイメージスキャナーで入力、図面は図面記述言語 (TPL と呼ぶ) で簡単に形状入力できる。
- 2) 加工領域を画素でとらえる工具軌跡生成技術とベクター変換技術により、あらゆる形状の加工データを作成する。
- 3) 平面加工の他、斜面や凸凹円筒面、斜面筒面、球面の加工データを作成する。
- 4) 適応性の高いポストプロセッサと I/O インターフェイスにより、各種コンピュータ制御の加工機械に連動できる。

### ABSTRACT

The Image Based Machining System is a NC Data Generating System which features improved function and automation bases on an original method of generating CL Data, employing Image Processing Technique.

It incorporates the following unique features.

- 1) Original image is inputted by image scanner, and drawings can easily be inputted with its mould by presentation language of drawing (called TPL).
- 2) Data for various areas and contours can be generated by Original Generation Method of CL Data and Vector Conversion Technique which define a cutting area by detecting picture element.
- 3) Cutting data can be drawn up for flat, slope, cylinder, slant cylinder and sphere surfaces.
- 4) It can be interlocked with various kinds of NC machines using Post Processor and input/output interface of high adjustability.

## 1. 背景と目的

近年、FA や FMS が広く提唱されて、これに対応した

※ この写真は、飯田製作所製「IES-65」図形入力彫刻システムで、本画像加工システムはこのデータ作成部を OEM 提供している。「IES-65 システム」はコンピュータ彫刻盤を一体化し、図形および図面から加工情報を入力し、原板を使わなくても自動的に彫刻加工ができる、これまでにない新しいシステムである。

\* ファクシミリ事業部 技術管理部 DA センター  
DA Center, Technology Administration Department, Facsimile Division

数値制御工作機械や自動化装置及び、これらを管理するシステムが発表されているが、加工の基本となる NC データの作成環境は、これに比べて旧態然としているのが現状である。原版ならいによる彫刻加工、板金図面の人手による展開作業、ディジタイザーによるプロット入力作業、マニュアル NC プログラミングなどが行なわれている。

本画像加工システムはこのような背景をもとに

- |         |        |
|---------|--------|
| 1. 多機能化 | 3. 高速化 |
| 2. 省力化  | 4. 汎用化 |



を目的に開発したシステムである。

## 2. 製品の概要

### 2-1 ハードウェア構成

図1にハードウェア構成図を示す。

### 2-2 仕様

表1に本システムの主な仕様を示す。

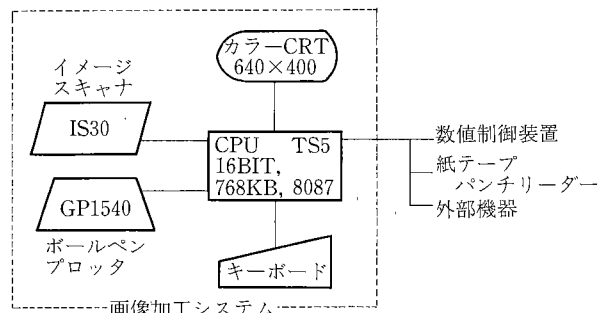


図1 ハードウェア構成図

表1 画像加工システムの主な仕様

入力部	スキャナー入力1	画素数21,000画素, 2値画像 A(540×400画素), B(640×320画素) タイプ	読み込み濃度3段切換 反転読み込み ミラー読み込み	配置指定	多数個取り(グリッド状)指定 20種最大100個まで指定 配置図作画機能	
	スキャナー入力2	200dpi/300dpi, 2値画像		同時3軸 NCデータ作成 (彫刻加工/ 切削加工)	切削断面の種類(平面/斜面/円筒面/ 斜円筒面/球面) 加工順指定(輪郭→サライ/サライ→輪郭 /輪郭のみ/サライのみ) 切削方法指定(アップカット/ダウンカット) サライ加工順設定 (内側→外側/外側→内側) 各工具別の送り速度指定 NCデータの出力種類指定(DNCデータ/ メインNCプログラム/ サブプログラム構成NCプログラム) NCデータの作画機能	NCプログラム 長制限, サブ プログラム長制限 による, NCプ ログラム自動分 割機能
	画像編集機能	画素追加, 削除 区画内外追加, 削除 自由形状(直線, 円弧, 自由曲線, 円作図)領域内外追加, 削除 孤立画素追加, 削除 追加(白画素→黒画素変換): 黒画塗り潰し 削除(黒画素→白画素変換): 白画塗り潰し 白黒画像反転 X軸/Y軸エラー 画像コピー		平面加工 NCデータ作成 (レーザー加工/ ウォーター ジェット/ ワイヤカット)	ON/OFF変数指定 切断速度設定 NCデータの出力種類指定(DNCデータ/ メインNCプログラム/ サブプログラム構成NCプログラム)	
	TPL入力	図面記述言語(コマンド数55), パターン登録機能, 自動展開機能 TPLエディター, 演算変数指定機能, 一筆書き形状出力 TPLコンパイラー, 公差指定機能, 切込み路指定		NCプログラム 構文登録	メインプログラムヘッダー部構文登録 メインプログラム終了構文登録 ON構文登録 OFF構文登録	
工具部	骨文字入力	JIS第1水準対応 外字登録 文字属性設定(縦, 横, ピッチ, スラント角) 文字配置(縦書き/横書き/円弧上配置)		NC装置条件設定	プログラムNOコード サブプログラムCALL構文 サブプログラム終了構文 プログラム長制限 サブプログラム制限数	
	工具軌跡生成1 (切削用)	スキャナー 入力1 原点位置指定(左下/中央) 倍率設定(X最大値/Y最大値/指定2点間寸法) 輪郭加工工具条件設定: 工具径, オーバーラップ, 刃先形状(エンドミル/ボールエンド) サライ加工工具条件設定: 工具径, オーバーラップ, 刃先形状 出力工具軌跡指定(領域加工/輪郭加工) 工具通過チェック機能 輪郭加工工具奇跡: 直線, 円弧, 円, Bezier曲線 (直線補間)スムージング サライ加工工具軌跡: 簡易直線スムージング		通信方式	RS232C	
		TPL入力 図形 輪郭加工工具条件: 工具径, オーバーラップ, 刃先形状(エンドミル/ボールエンド) サライ加工工具条件設定: 工具径, オーバーラップ, 刃先形状 サライ領域塗り潰し 輪郭加工工具軌跡: 数学的工具径補正 サライ加工工具軌跡: 簡易直線スムージング		NCデータ 入出力機能	紙テープパンチ/リーダー 数値制御装置メモリー転送 DNC運転によるオンライン制御 外部機器との接続	
	工具軌跡生成2 (切断用)	スキャナー 入力2 パラメータ設定: ノイズ領域大きさ, 誤差(1~100), 曲線性(1~100) スムージング(1次, 2次): 直線, 円弧 切断順決定(最内側形状からのソート) 工具補正: 数学的オフセット処理 (右側補正/左側補正/無し) 飛込み穴, 切出し路自動設定		NCプログラム 編集	FANUC6M担当のエディター 新規/編集(変更, 追加, 削除, サーチ)/表示	
軌跡生成部		TPL入力 図形 工具補正: 数学的オフセット処理 (右側補正/左側補正/無し)		機器構成設定	ポート(パンチ/リーダー/NC装置/外部機器/ボーレート/ ビット数/プロトコル) ブロックエンドコード(LF/CR) パンチコード(ISO/ANSI/ASCII)	
	工具軌跡編集機能	編集機能(直線, 円, 円弧, 自由曲線(円弧補間)) 開始点移動機能 コピー, X軸/Y軸ミラー, 回転, 原点移動(左下/中央) 個別マージ(工具軌跡個別配置指定) 円弧マージ(工具軌跡円弧配置指定)		適応数値制御装置	FANUC(OM/6M/10M/11M) 他は個別対応	
軌跡生成部				適応工作機械	彫刻機/CO <sub>2</sub> レーザー加工機/YAGレーザー加工機/ フライス盤/マシニングセンター/放電ワイヤー/ ウォータージェット/ナイフカット/溶断加工機/ レーザーパンチ複合加工機/その他	
				初期設定	自由曲線補間寸法 曲面円弧補間寸法	
共通部				ブロック作画	TPL形状作画 工具軌跡作画(全工具軌跡/輪郭/サライ) 4色ボールペン 補間毎(GO1/GO2/GO3)の色別作画	
				ファイル管理	ファイル出力, ディレクトリ, 合成, 削除, リネーム, ディスク→フロッピーコピー, フロッピー→ディスクコピー, フォーマット	

## 2-3 コンポシステムによるソフトウェア構成

本画像加工システムはコンポシステムにより客先の要求機能や加工目的及び加工機械に適合したソフトウェアを容易に組合せて製品化できる様にした点に特徴がある。コンポシステムの構成を図2に示す。

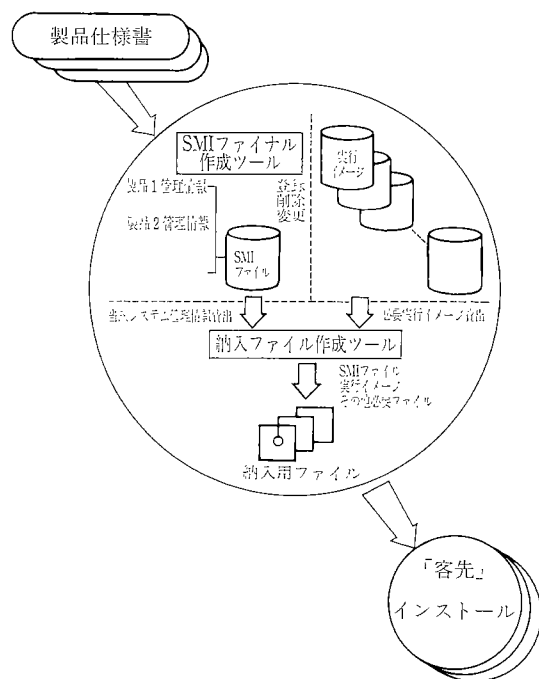


図2 コンポシステムの構成

コンポシステムは SMI (System Management Information) ファイル作成ツールと、納入ファイル作成ツールとから構成される。SMI ファイル作成ツールは、各機能に対応した実行イメージ群と客先の要求仕様を入力する機能を持っており、納入ファイル作成ツールは SMI ファイル情報から製品仕様に必要な実行イメージ群をフロッピーへ吸い上げる機能を持っている。コンポシステムによって作成された画像加工システムは専用のインストールツールによって容易に客先コンピュータへインストールできる。

## 2-4 画像加工システムによる作業の流れ

図3に画像加工システムの入力から加工までの作業の流れを示す。

形状入力方法は、スキャナー、TPL、文字書体の3方法があり、それらを複合して入力できる。次に、入力された形状データから、切削用もしくは切断用の工具軌跡データが生成される。その後、ホストプロセッサにより、加工機械に適合した NC データに変換され、加工機械の直接運転もしくは紙テープ等の媒体を介して加工される。

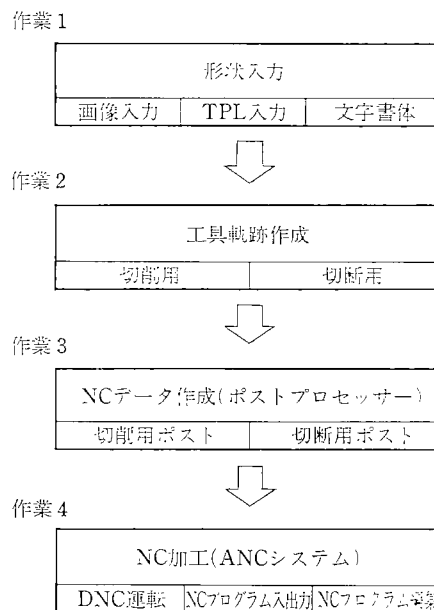


図3 画像加工システムの作業の流れ

## 3. 技術の特徴

一般のスキャナーを利用した入力システムは数メガバイトの画像メモリを搭載しているが、我々は本画像加工システムにおいて768キロバイトのメモリで、A4サイズ200dpi 読込みの画像に対するベクター変換(スミング)技術を開発した。

本システムの主な技術の概要を以下に説明する。

### 3-1 データの保持

スキャナーから200dpiもしくは300dpiで読込まれた画像は、1画素1ビットでメモリに保持され登録される。200dpiで最大A4サイズ、300dpiで最大A5サイズの情報が読み込める。

### 3-2 輪郭画像データの作成

読込み画像から輪郭を抽出するために、先づ、スキャナーから読込まれた画像データを黒画素にあたるまで走査し、黒画素を発見すると、その上下左右位置の画素のうち、どれかが白画素である場合、その黒画素を輪郭線上の画素と認識する。輪郭抽出例を図4に示す。

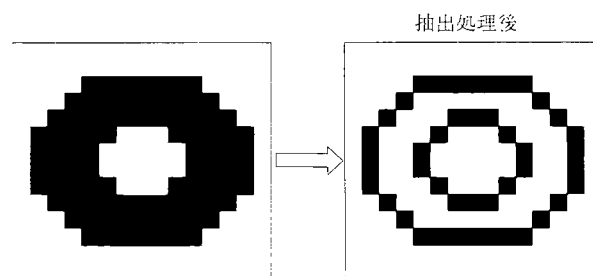


図4 輪郭抽出例

### 3-3 図形内外判定

このように作成された輪郭画像データと読み込み画像データから、各輪郭画像が内側輪郭か外側輪郭のいずれかであるかを判定する。

判定の方法を以下に示す。

輪郭画像データを走査し、黒画素を捜す。読み込み画像データ上でその黒画素の位置の真上(主走査1周期分前)画素の白黒をみる。もしその画素が黒画素であれば発見された黒画素から端を発する輪郭画像は内側輪郭であり、白画素であれば外側輪郭に相当する。

この様に内外を判定しながら全輪郭画像の8連結追跡によるチェインコードを形成し、追跡を終了した画素は輪郭画像データから消去される。

### 3-4 チェインコードの補正

チェインコードの補正では汚れ画像の除去とチェインコードの微小凹凸の平滑化を行なう。平滑化パターンは多岐にわたるが、その例を図5に示す。

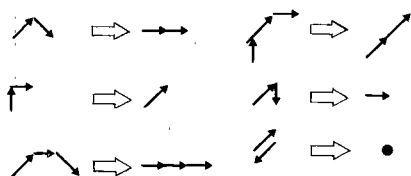


図5 平滑化パターンの例

### 3-5 第1次スムージング

補正されたチェインコードに、スムージングをかけて数値データを作成する。スムージングには第1次スムージングと第2次スムージングがあり、各々のスムージング条件は、操作する人が原画及び出力期待形状を基に任意に設定する。第1次スムージングは、チェインコードを直線、円弧に変換する処理で、指定する条件は近似誤差、曲線性の2つである。近似誤差は画像とあてはめる直線、円弧の許容量で、1~100の100段階で設定でき、1が最も精度が高く画像に忠実となり、100が最も精度が粗くなり、画像とのズレが大きいスムージングとなる。曲線性はあてはめる直線、円弧の優先度を表し、1~100の100段階で設定できる。値が小さいほど円弧の判定が優先され丸みの多いなめらかな形状となり、値が大きくなると直線の判定が優先され多角形近似の形状となる。

第1次スムージングは次の手順により行なわれる。チェインコードの変化パターンをみて近似区間を決定し、各チェインコードの中点座標を算出し、それら複数の点から式(1)で求められる直線、もしくは式(2)で求められる円の係数  $a$ ,  $b$ ,  $c$  を最小2乗法により決定する。

$$ax + by + c = 0 \dots\dots\dots(1)$$

$$x^2 + y^2 + ax + by + c = 0 \dots\dots\dots(2)$$

次に各ベクトルの頂点と式(1)で示される直線との距離、もしくは頂点と式(2)で示される円の中心

$$((-1/2)a, (-1/2)b)$$

との距離と半径

$$\sqrt{(1/4)a^2 + (1/4)b^2 - c}$$

との差を求め、誤差と比較し近似結果の正当性を評価する。

ここで差が誤差と比較して大きく不当と判定された場合、近似区間を短縮し正当性が認められるまで近似を繰り返す。最終的に近似曲線もしくは近似直線が不当であると判定された場合、数値データとしてベクトルの頂点座標が与えられる。

第1次スムージングは、誤差と曲線性の組み合わせ100×100通りで任意の形状が得られる。

### 3-6 第2次スムージング

チェインコードの各区間を第1次スムージングで個別に直線、円弧近似した結果は、近似区間では正当性が認められたが、実際にはスムーズな連続形状とはなっていない。各区間の判定に合わせて継ぎのスムージングをするために、第2次スムージングが行なわれる。第2次スムージングには水平垂直線強調機能と円弧間スムージングの機能がある。

水平垂直線強調機能は複数の線分頂点のX座標値、Y座標値に関するばらつき幅を許容値として入力し、1本の直線に近似する機能である。円弧間スムージング機能は円弧間の線分長を許容値として入力し、円弧間をなめらかに接続する機能である。

図6の原画を元に処理した結果を図7、図8に示す。

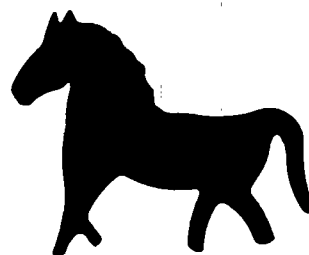


図6 原画

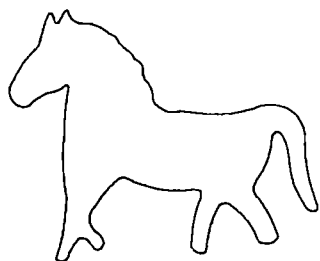


図7 プロッタ出力図

第1次スムージング条件  
 ・誤差 30  
 ・円弧性 1  
 第2次スムージング条件  
 ・直線許容値 0.5mm  
 ・円弧許容値 0.5mm  
 スムージング結果  
 ・直線数 2  
 ・円弧数 59  
 ・処理時間 40秒

#### 4. 今後の展開

スキャナーを利用したNCデータ作成システムは今後もニーズの高まりが予想される。今後は画像加工システムを32ビットパソコンへの移植により処理速度を高速化させるとともに、スムージング性能を向上させていきたい。

又フォントの多様化、編集機能の充実、A3スキャナーへの対応も今後の課題である。

最後に、本システムの開発にあたり御協力頂いた社内外の多数の方々の御協力に深謝致します。

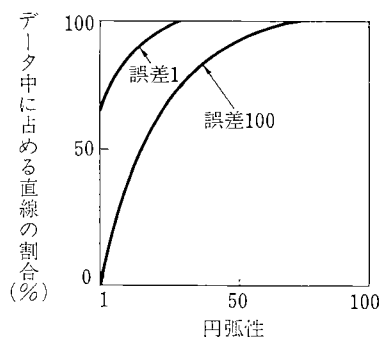


図8 近以誤差をパラメータとした時の円弧性と直線の割合との関係

# リコー工業所有権紹介

## 1 特許

(1987年1月～1987年12月登録分)

登録番号	公告番号	発明の名称	筆頭発明者
1356694	昭61-022300	電子写真用感光体	太田 正文
1356695	昭61-022301	電子写真用感光体	太田 正文
1356714	昭61-022299	電子写真用スクリーン感光体	石田 力
1356740	昭61-022899	ガス検出器	木村 光照
1356741	昭61-026619	電熱器の製造方法	木村 光照
1356757	昭61-022900	電熱器	木村 光照
1356828	昭61-025269	高密度画素予測復元方法	江尻 公一
1356829	昭61-025270	高密度画素予測復元法	江尻 公一
1356879	昭61-026063	変倍式複写機におけるレジストレーション補正方法	谷 達雄
1356890	昭61-022313	電子写真複写装置における転写装置	野口 浩一
1356891	昭61-022314	電子写真複写装置における転写ローラのクリーニング方法	野口 浩一
1356895	昭61-022309	コロナ帯電装置	田端 幸夫
1356897	昭61-026658	変倍複写機におけるレジストレーション調整方法	河野 正夫
1356911	昭61-022311	熱定着装置	東 裕一郎
1356912	昭61-024717	電子複写機等における現像兼クリーニング装置	梅原 正彬
1357943	昭61-022648	自動シート送り装置	魚住 修
1357945	昭61-016981	レーザーを用いた複写装置	瀬川 秀夫
1357953	昭61-023145	ソーター	赤松 啓行
1357964	昭61-023142	給紙装置	横山 竜三朗
1357972	昭61-023143	シート給送装置における補助テーブル	村吉 靖司
1357973	昭61-023144	シート載置台	佐藤 充弘
1357974	昭61-020850	レーザー走査装置	浜口 巖
1358089	昭61-024920	ステップモータの駆動制御方式	荒木 繁幸
1358090	昭61-025268	画情報処理方式	江崎 喬
1358099	昭61-022495	記録装置	江崎 喬
1358104	昭61-023706	画情報読取装置	不破 稜一
1358139	昭61-034471	シリアルインパクトプリンタ	福島 孝
1359307	昭61-027774	光乗算器	番島 信夫
1359392	昭61-024197	記録装置	富田 悟
1359474	昭61-025152	転写型電子写真複写機	矢野 隆志
1359569	昭61-029272	記録装置のドットずれ補正装置	佐藤 勉
1359923	昭61-027476	オフセット印刷版の製版方法	松本 和雄
1359947	昭61-027417	アゾ顔料の製造法	佐々木正臣
1360008	昭61-024715	ヒートパイプの故障検知方法	野口 浩一
1360013	昭61-022290	カラー複写機における露光方法	笠原 伸夫
1360017	昭61-024291	排出シートの仕分け方法	金子 環
1360023	昭61-024860	画像送信方式	池津 庸平
1360028	昭61-024866	ファクシミリ送受信兼用装置	原 和幸
1360030	昭61-025153	多モード記録装置	加藤 俊文
1360032	昭61-025875	蓋体の開閉装置	藤本 栄
1360033	昭61-022305	直接記録装置におけるトナー供給装置	野村 正明
1360036	昭61-026624	速度検出方法及びその装置	佐藤洋治郎
1360047	昭61-022306	トナー供給方法	野村 正明
1360048	昭61-023551	直接記録方式プリンターのドナードラム	野村 正明
1360049	昭61-026663	直接記録方式プリンターのトナー量制御装置	野村 正明
1360050	昭61-023552	ドナードラムのトナー除去装置	野村 正明
1360051	昭61-024285	シート収納カセットを用いた給紙装置	柳川 信之
1360081	昭61-019972	小型結像光学系	井口 敏之
1360953	昭58-030823	インクジェット記録装置のインク供給機構	山崎 博史
1361244	昭61-018240	異常検出警報装置	土谷 恵進
1361282	昭61-027704	電熱器及びその製造方法	木村 光照
1361507	昭61-029503	複数の複写モードを有する電子式複写機感光体の疲労補正装置	谷 達雄
1361513	昭61-030274	転写式電子写真装置の感光体クリーニング方法	坂本 康治

登録番号	公告番号	発明の名称	筆 頭 発 明 者
1361518	昭61-027441	焼結部品の製造方法	三浦 真一
1361615	昭61-029504	電子写真複写機のプログラム制御装置	中村 功
1361616	昭61-029505	電子写真複写機のプログラム制御装置	中村 功
1361870	昭61-022312	圧力ローラ定着装置	田端 泰広
1362189	昭61-029275	静電記録方法	富田 悟
1362656	昭61-029497	電子写真用感光体	佐々木正臣
1362657	昭61-029498	電子写真用感光体	太田 正文
1362659	昭61-029499	電子写真用感光体	佐々木正臣
1362690	昭61-029184	記録装置	鎌田 健志
1362743	昭61-031014	給紙装置	金子 環
1362745	昭61-032146	シリアルプリンター用印字ホイールの取付装置	鈴木 高美
1362746	昭61-032147	印字装置用印字ホイール	鈴木 高美
1362751	昭61-031015	給紙装置	金子 環
1362914	昭61-019991	記録シートをトナー像担持体に接触させる方法	宮川 誠一
1362917	昭61-022302	電子写真複写機	里見 豊和
1362926	昭61-029006	位置決め装置	河 龍一
1363469	昭60-047118	プリンタ	福島 孝
1363521	昭61-029877	静電記録方法	富田 悟
1363527	昭61-032989	インクジェット記録装置の気泡除去装置	林 大川
1363540	昭61-031550	記録ヘッドの移動装置	安宅 久憲
1363551	昭61-031552	ディスク・ドライブ装置におけるダンピング機構	黒河 宏
1364069	昭61-032725	集積磁気ヘッドの選択駆動方法および装置	小出 博
1364455	昭61-030266	電子写真用感光材料	佐久間清一
1364456	昭61-030267	電子写真用感光材料	佐久間清一
1364551	昭60-031383	画像処理方法	関川 啓二
1364552	昭60-031384	画像処理方法	関川 啓二
1365232	昭61-028972	小型広角レンズ	藤陵 徹達
1365845	昭60-046709	ジャム処理を容易にした複写機	鈴木 稔
1365897	昭61-032218	シート給送制御装置	保坂 昌雄
1366325	昭61-017730	給紙カセット	須江 隆次
1366326	昭61-032151	ドットずれ防止装置	陣内孝一郎
1366327	昭61-026064	多数枚複写方法	小泉 豊
1366328	昭61-018163	レーザービーム変調方法	三浦 真治
1366329	昭61-029506	シート分離装置	田中 公夫
1366331	昭61-028568	給紙装置	佐藤 充弘
1366332	昭61-028569	シート給送装置	村吉 靖司
1366333	昭61-028570	シート給送装置	村吉 靖司
1366334	昭61-029296	シート給送装置	村吉 靖司
1366498	昭61-033186	記録方法	藤井 唯士
1366499	昭61-033187	画像記録装置	藤井 唯士
1366501	昭61-033188	ノンインパクト記録方式における対向電極	藤井 唯士
1366576	昭61-032660	電子複写における変倍スリット露光方法	里見 豊和
1366780	昭58-050374	ワード・プロセッサ	伊豆島正昭
1367253	昭61-036011	非水系樹脂分散液	津布子一男
1367287	昭61-033871	水性インク	佐久間清一
1367297	昭61-023553	複写機の露光装置	白井 幸雄
1367308	昭61-026208	両面複写機における複写方法	里見 豊和
1367312	昭61-031013	複写機のカセット着脱装置	渡辺 利雄
1367442	昭61-035754	画質調整回路	佐藤洋治郎
1367497	昭61-035551	電子写真感光体	榎本 孝道
1367499	昭61-036023	新規なジスアゾ化合物及びその製造法	佐々木正臣
1367500	昭61-035543	ジアゾ感光紙	松田 和雄
1367509	昭61-036223	積層型電子写真感光体	榎本 孝道
1367510	昭61-036231	電子写真用感光体	酒井 清
1367513	昭61-034657	マットフィルム	大澤 利幸
1367540	昭61-036225	電子写真感光体	太田 正文
1367583	昭61-032868	ファクシミリ装置	須江 隆次
1367584	昭61-032865	画情報処理方式	小川 睦夫
1367840	昭60-050692	給紙装置	藤本 栄
1368107	昭61-036425	画情報読取装置	神田 肇
1368218	昭61-032155	インパクト式プリンタ	菊地 英夫

登録番号	公告番号	発明の名称	筆頭発明者
1368223	昭60-037161	高精度焼結歯車の製造方法	三浦 真一
1368639	昭61-037665	高密度画素予測復元方法	関川 啓二
1368747	昭61-034990	用紙送給装置	坂野 幸男
1368811	昭61-032694	ワード・プロセッサ	阿部新太郎
1368950	昭61-037258	新規なブロムフルオレノン誘導体、その製造法及びそれを用いた電子写真用感光体	橋本 充
1369349	昭61-032150	インク粒子の位相検索荷電検出方法	堀家 正紀
1369496	昭61-033294	遅延回路	伊佐山拓郎
1369516	昭61-036228	電子写真用感光体	太田 正文
1370009	昭61-031459	転写シート案内装置	谷 達雄
1370012	昭61-027748	電子写真複写装置	里見 豊和
1370021	昭61-023118	記録装置における対向電極	藤井 唯士
1370024	昭60-058510	電子タイプライタ	阿部新太郎
1370041	昭61-034310	上部筐体の解放防止装置	藤本 栄
1370047	昭61-034146	定着ロール	並木 良一
1370048	昭61-035748	走査素子の取付角調整装置	横田 隆
1370069	昭61-027783	複写機の自己診断プログラム制御方法	林 正幸
1370362	昭61-028976	インミラー型レンズの焦点距離調節方法	川村 篤
1370729	昭61-037715	半導体メモリ	松岡 次弘
1371119	昭61-036224	電子写真感光体	橋本 充
1371251	昭61-039663	電子写真用キャリア材	牛山 尚之
1371252	昭61-039664	静電像現像剤用キャリア材	内田 充
1371256	昭61-039907	静電記録方法	富田 悟
1371258	昭61-041465	中間調処理方式	関川 啓二
1371382	昭61-040977	ジアゾ複写法	田村 宏
1371383	昭61-040978	ジアゾ複写法	田村 宏
1371384	昭61-040979	ジアゾ複写法	田村 宏
1371385	昭61-042321	磁気シート式録音再生機	古川五十一
1371399	昭61-040105	電子写真用感光体	酒井 清
1371402	昭61-040986	電子写真用感光体	乙村 哲史
1371405	昭61-039906	インクジェット用マルチノズルヘッド	掛布 定雄
1371449	昭61-040998	文字表示装置	多々良賀邦
1371630	昭61-039193	印字装置	菊地 孝夫
1371661	昭61-042324	シート式録音再生装置における磁気ヘッドの位置調整方法および治具	永山 治彦
1371884	昭61-040093	ジアゾ複写材料	松田 勉
1372298	昭61-032149	インク噴射ヘッドに駆動装置	伊佐山拓郎
1372321	昭61-040876	電磁弁	小玉 豊
1373403	昭61-040988	電子写真複写機の画像調整補正方法	辰巳 進
1373592	昭61-037684	磁気ヘッド調整方法	永山 治彦
1373600	昭61-035554	複写機等の温度検知装置	福島 一郎
1373612	昭61-036234	電子写真複写装置	矢野 隆志
1373614	昭61-036212	複写機の前稿搬送装置	永原 康守
1373725	昭61-039667	転写機の分離方法	西島 英世
1374283	昭61-034989	シリアル・インパクト・プリンタ	長谷川 隆
1374461	昭61-027705	電熱器	木村 光照
1374553	昭61-043853	テープキャリアの取替方法	菅野 修
1374728	昭61-041961	焼結部品製造方法	三浦 真一
1374737	昭61-043260	原稿搬送装置	後潟 義昭
1374803	昭61-040990	電子写真複写機のドナー像転写装置	梅原 正彬
1374805	昭61-040987	複写装置	小泉 豊
1375111	昭61-043695	交換レンズにおける絞りリングの製造方法	倉沢 誠
1375347	昭61-026904	新規なヒドラゾン化合物及びその製造法	酒井 清
1375588	昭61-044071	インクジェット記録ヘッド	伊佐山拓郎
1375817	昭61-040193	荷電偏向型インクジェットプロッタの偏向量検出装置	飴山 実
1376240	昭61-045825	カラー電子写真用トナー	井上 哲
1377047	昭61-045826	電子写真用キャリア材	牛山 尚之
1377407	昭61-044294	光制御デバイス	瀬川 秀夫
1377408	昭61-044295	光制御デバイス	瀬川 秀夫
1377413	昭61-044296	光ファイバ・デバイス	瀬川 秀夫
1377414	昭61-044297	光ファイバ・デバイス	瀬川 秀夫
1377830	昭61-045542	インクジェットヘッド	駒井 博道

登録番号	公告番号	発明の名称	筆 頭 発 明 者
1377982	昭61-045549	感熱記録方法	飯山 清高
1378192	昭60-044662	除電用帯電器	工藤 邦夫
1378193	昭61-041755	静電記録装置	唐沢 修一
1378194	昭61-037627	複写装置	里見 豊和
1378225	昭61-043255	シート給送装置	藤本 栄
1378229	昭61-043257	シート自動給送装置	横山 竜三朗
1378230	昭61-042694	シート載置台	佐藤 充弘
1378349	昭61-048730	多項目入力装置のデータ送出方式	丸山 寿朗
1378435	昭61-046874	光学情報処理装置	塚家 正紀
1378465	昭61-050546	複写装置	三浦 真治
1378509	昭61-049873	デジタルファクシミリ通信における濃度諸調処理方式	小川 睦夫
1378592	昭61-045957	サーマルヘッド装置	菅野 修
1379142	昭61-050301	黒色発色二次成分型ジアゾ複写材料	松田 勉
1379793	昭61-048429	プリンター	川尻 芳雄
1379797	昭61-048156	コロナ放電用ワイヤ電極	坂本 康治
1379822	昭61-045911	ファクシミリ等の操作パネル	吉浜 万蔵
1380353	昭61-045233	電子写真複写機の転写紙案内装置	三田 茂
1380354	昭61-042631	ドットずれ防止装置	陣内 孝一郎
1380355	昭61-039666	塗布剤塗布装置	並木 良一
1380372	昭61-044311	粉体コントログラフィにおけるドナー	富田 悟
1380375	昭61-045831	定着部発熱体制御装置	森 五郎
1380376	昭61-045811	多ビーム同時走査方式	浜口 巖
1380381	昭61-044310	記録方法	大沼 照行
1380393	昭61-046809	小型ズームレンズ	藤陵 敏達
1380921	昭61-051462	ファクシミリ伝送手順中断方法	小笠原文廣
1381005	昭61-052471	クリーニング液供給装置	加藤 俊文
1381136	昭61-052468	複写機の制御方式	保坂 昌雄
1381162	昭61-051343	カード挿入型録音再生機	永山 治彦
1381617	昭61-048694	光ファイバ・デバイス	瀬川 秀夫
1381924	昭61-053232	インクジェット記録装置	駒井 博道
1382371	昭61-023550	両面複写制御装置	保坂 昌雄
1383064	昭61-053236	インクジェット印写装置用マルチノズルヘッド	掛布 定雄
1383544	昭61-054227	複写機	富田 悟
1383621	昭61-046873	複写装置	三浦 真治
1383636	昭61-050311	画像情報プリンタの定間隔保持装置	富田 悟
1383653	昭61-049739	フロッピーディスクドライブ装置	藤本 栄
1383734	昭61-055108	圧力定着性トナー	島田 征人
1383778	昭61-054305	位相判定装置	山田 邦博
1383781	昭61-055544	インクジェット記録用インク組成物	藤井 唯士
1383782	昭61-055546	インクジェット記録用インク組成物	藤井 唯士
1383873	昭61-054560	定寸カット装置	桜井 徹男
1383874	昭61-051551	カラーインクジェット印写装置	駒井 博道
1383891	昭61-043269	コレクタにおける丁合方法	菊地 英夫
1383892	昭61-043270	コレクタにおける丁合方法	菊地 英夫
1384024	昭61-051820	シェーディング補正装置	井口 敏之
1384037	昭61-055355	直流モータ定位置停止装置	吉村 武裕
1384148	昭61-039669	感光体クリーニング方法	田極 泉
1384355	昭61-045555	平板印刷法	町田 元
1384505	昭61-056659	ファクシミリ装置	工藤 祥三
1384680	昭61-053718	電子写真用トナー転写装置	W. R. BUCHAN
1385898	昭61-049665	感光体クリーニング方法	小山 一
1385911	昭61-053231	インクジェット記録装置の目詰まり防止装置	駒井 博道
1385914	昭61-050290	光量調整方式	森 正昭
1385993	昭61-045230	静電記録装置	富田 悟
1385999	昭60-029947	多色電子写真用転写方法	井上 哲
1386005	昭61-050783	印字ホイール	岩田 信夫
1386009	昭61-051999	プリンター	若林 富夫
1386947	昭61-056514	感光体表面電位検出装置	小見 恭治
1386971	昭61-056497	電子写真複写機	大田 栄
1386974	昭61-055474	マルチインクジェットヘッド	永山 治彦
1386975	昭61-055475	マルチインクジェットヘッド	永山 治彦



登録番号	公告番号	発明の名称	筆 頭 発 明 者
1388071	昭61-052000	主走査型静電記録装置	江崎 喬
1388073	昭61-050788	静電記録回路	江崎 喬
1388220	昭61-059027	走査線密度自動選択方式およびその装置	小川 睦夫
1388336	昭61-059587	ファクシミリ装置におけるエラー検出方法	杉江 雅利
1388666	昭61-059500	二成分型ジアゾ複写材料	山口 至
1388668	昭61-059501	ジアゾ感光紙	松田 和雄
1388713	昭61-059589	画像予測復元方法	江尻 公一
1388725	昭61-059588	画像記録装置	宮下 隆明
1388732	昭61-058061	データ伝送方式	吉原 一郎
1388759	昭61-059030	画像読取装置	山口 晋五
1388934	昭61-060417	広角を含む小型高変倍ズームレンズ	藤陵 厳達
1388958	昭61-056559	データ収集方式	水田 利昭
1389086	昭61-058378	複写システム	清水 利雄
1389111	昭61-058313	ノンインパクトドットプリンタ用気泡発生方法	小夫 真
1389146	昭61-059508	乾式電子写真複写機の熱定着装置	並木 良一
1389558	昭57-019784	電子写真複写画像の適正維持方法	辰巳 進
1389589	昭61-045232	電子複写機の現像装置	村松 繁
1389590	昭61-048157	磁気ブラシ現像装置	丹沢 節
1389783	昭61-007623	複写装置	田端 泰広
1389784	昭61-057196	インク目づまり防止装置	江崎 喬
1389785	昭61-057617	複写機における冷却装置	寺田 良平
1389786	昭61-058909	磁気録音再生機の起動停止装置	伊藤 忠直
1389791	昭61-057749	レーザー記録変倍方法	森 正昭
1389795	昭61-057252	エアースリープシート給送装置におけるシート位置決め機構	村吉 靖司
1389799	昭61-057255	エアースリープ装置	藤本 栄
1389803	昭61-058036	カラー電子写真複写機用原稿照明装置	梶原 紀夫
1389804	昭61-057256	エアースリープシート給送装置	村吉 靖司
1389809	昭61-059026	画像読取記録装置	井口 敏之
1389912	昭61-036583	複写機のコピー枚数カウント制御方法	保坂 昌雄
1389918	昭61-057340	電子写真原紙用塩化ビニル系樹脂フィルム状成形物に使用する防臭剤	前田 正洋
1390016	昭61-060823	9-(4-N,N-ジベンジルアミノベンジリデン)フルオレン化合物及びその製造方法	佐々木正臣
1390345	昭61-060772	インクジェット印写装置用マルチノズルヘッド	掛布 定雄
1390779	昭61-061093	ジアゾ複写材料	白石 修平
1390855	昭61-059622	9-(4-N,N-ジベンジルアミノステリル)アントラセン化合物とその製造法	佐々木正臣
1391098	昭61-053750	インターフェイス装置	中村ハルカ
1391333	昭61-061108	磁気ブラシ現像装置	橋本 誠
1391344	昭61-061111	現像スリーブ装置	小林 一雄
1391386	昭61-061991	微小間隙維持装置	石川 忠二
1391403	昭61-061150	画像信号のサンプリング方法	江尻 公一
1391693	昭59-026152	ファクシミリ通信方式	小川 睦夫
1391795	昭61-061112	複写装置	矢野 隆志
1392642	昭59-045987	現像スリーブ	小林 一雄
1392701	昭61-056509	静電像現像用キャリア材	内田 充
1392742	昭61-056108	印字装置	中島 芳規
1392828	昭62-000623	ファクシミリにおける障害検出方式	加賀 充
1392858	昭61-051312	電子写真の画像転写装置	渡辺 洋男
1392980	昭62-000497	複写機の制御方式	保坂 昌雄
1393065	昭62-000505	電子写真複写機の感光体の疲労度検知装置	中村 功
1393071	昭60-015075	ベルト状記録体の接地装置	大沼 照行
1393072	昭62-000499	電子写真複写機の画質制御装置	池末 真澄
1393084	昭62-000495	2成分乾式現像剤用キャリア材	島田 勝
1393868	昭62-002310	静電像現像剤	宗宮 徳昌
1393869	昭62-002311	電子写真用乾式現像剤	内田 充
1393976	昭62-000501	現像剤有無検知装置	野口 浩一
1393983	昭62-000502	現像装置のトナー残量検出装置	森 隆博
1393991	昭60-020196	印字装置の用紙自動セット方法	川尻 芳雄
1394022	昭61-061390	ローラ加熱定着装置	木村 和弘
1394533	昭62-004902	書画情報送信装置	桂木 茂
1395041	昭62-004710	電子式複写機感光体の疲労補正装置	谷 達雄

登録番号	公告番号	発明の名称	筆頭発明者
1395050	昭62-003420	静電潜像の現像および定着方法	田端 幸夫
1395241	昭62-002501	記録装置	小川 睦夫
1395315	昭61-056512	転写型複写装置のコピー紙給送装置	中村 功
1395317	昭60-057590	給紙装置	柳川 信之
1395331	昭61-051184	移動体の駆動装置	大田 栄
1395423	昭61-016071	電子写真複写装置	田端 泰広
1395596	昭61-056929	固体センサの温度補正方法及びその装置	小林 清彦
1395939	昭62-000540	文章作成通信端末装置	山田 俊明
1396103	昭61-060423	複写機の露光量制御装置	伊藤 政司
1396486	昭62-004712	電子写真複写機	世古名知夫
1396494	昭62-004709	マイクロコンピュータによる複写機の制御方式	矢野 敬人
1396503	昭61-049208	複写機、印刷機等の給紙装置	金子 環
1396516	昭62-004728	シーケンス制御装置における制御方式	井上元一朗
1396590	昭62-003725	複写機等におけるシート挿入装置	池田 貴志
1396972	昭61-058826	静電写真用乾式トナー	池田 五男
1397070	昭60-007785	静電潜像現像法	望月 延雄
1397073	昭61-060430	定着ロール	並木 良一
1397080	昭62-000625	画像処理方法	加納 敏夫
1397086	昭61-061107	静電潜像現像装置	大沼 照行
1397088	昭55-009690	測光情報表示装置	高橋 彰
1397091	昭62-002314	電子複写装置の乾式現像装置	岡本 豊雄
1397095	昭62-000489	カラー電子写真複写機における原稿照明装置	砂金 光記
1397106	昭61-058632	揺動ユニットのソフトランディング機構	村吉 靖司
1397343	昭62-003729	ロール紙供給装置	富田 悟
1397345	昭62-003730	ロール巻シートの供給方法及びその実施装置	富田 悟
1397621	昭62-004904	シーケンス制御信号発生方式	金井 努
1397943	昭62-008985	高密度画素予測復元法	関川 啓二
1397960	昭62-005339	サーマルヘッドのテーブキャリア実装方法	阿部 秀郎
1398573	昭61-060433	転写型電子写真複写機における感光体供給装置	笠原 伸夫
1398577	昭52-059633	ドラム停止装置	柳川 信之
1398578	昭62-004896	PLLのロック方法	野口 浩一
1398579	昭61-060434	複数ホログラムの複製方法	安倍 通治
1398580	昭62-003421	複写機の制御方式	保坂 昌雄
1398582	昭62-003949	静電潜像の現像装置	大沼 照行
1398583	昭62-000504	オイル塗布型定着装置	山下 正
1398590	昭62-003057	シート給送装置	藤本 栄
1398591	昭62-006991	インク噴射装置	竹本 武
1398665	昭62-006371	PLLのロック方式	野口 浩一
1398790	昭62-004750	画像検索装置	金子 豊
1399826	昭62-000494	静電写真用マイクロカプセルトナー	牛山 尚之
1399895	昭62-002993	逐次印字型プリンター用活字ホイール	鈴木 高美
1400039	昭60-007790	静電潜像現像装置	望月 延雄
1400979	昭62-003859	非水系樹脂分散液	津布子一男
1401043	昭62-009897	電子写真圧力定着用転写紙	吾妻 敏明
1401370	昭61-060432	電子写真複写方法	宮川 誠一
1401371	昭61-028989	磁気ブラシ現像装置	田川 和明
1401372	昭61-060428	電子写真複写装置	遠藤 勝利
1401373	昭61-058831	ローラー過熱定着装置	並木 良一
1401374	昭60-048752	ロール保護層形成方法	並木 良一
1401376	昭60-042936	電子複写機	里見 豊和
1401377	昭61-058310	製版装置を具備する印刷機	持丸 英明
1401382	昭62-006995	印字マグネット駆動回路	菊地 英夫
1401412	昭62-006994	インクジェット記録装置	陣内孝一郎
1401784	昭62-008063	静電記録装置	高橋 修一
1402082	昭62-010430	記録装置の定着温度制御方法	鵜養 剛
1402563	昭62-007103	コレータ	鈴木 茂
1402568	昭62-009906	加熱ローラ定着装置	菊地 俊幸
1402614	昭62-007544	静電潜像現像装置	大沼 照行
1402615	昭62-007542	現像方法	大沼 照行
1402688	昭62-011544	書画情報送信装置	桂木 茂
1402778	昭62-003422	現像電極制御方法	江田 志弘

登録番号	公告番号	発明の名称	筆 頭 発 明 者
1403280	昭62-011343	電子写真複写機用ローラ	並木 良一
1403788	昭62-007092	給紙装置	金子 環
1404412	昭62-003423	トナー像転写方法	海老 豊
1404414	昭62-004236	印刷機の自動排版装置	金子 環
1404417	昭62-009899	複写機の安全装置	針生 一
1404418	昭62-007543	複写機	長谷部光雄
1404437	昭62-010069	画像読取信号基準値設定方法	三浦 真治
1404438	昭62-008378	複写機等の給紙装置	石井 泰明
1404539	昭62-015866	複写機における計数表示装置	野中 光弘
1404723	昭61-017119	異常検出器を具備したランプ調光装置	真鍋 吉晴
1404728	昭62-011378	フォーマット表示方式	葭葉 豊
1404729	昭62-011379	データエリア表示方式	葭葉 豊
1405096	昭62-015872	静電複写機用画質制御装置	山野辺耕治
1405598	昭62-013660	複写機の制御方式	小椋 正明
1405603	昭62-013741	カード挿入型録音再生機のカードセット機構	永山 治彦
1405828	昭62-013250	原稿案内装置	山田 寛
1405900	昭62-015139	アナログ電気信号保持回路	山内 佐敏
1406004	昭62-006233	磁気ブラシクリーニング装置	田端 泰広
1406010	昭62-011342	現像方法	大沼 照行
1406012	昭62-015858	2色画像形成方法	佐久間清一
1406013	昭62-015859	2色画像形成方法	佐久間清一
1406014	昭62-015860	2色画像形成方法	佐久間清一
1406017	昭62-011347	電子写真複写装置	広瀬 明
1406026	昭62-013659	電子写真画像形成法	酒井 捷夫
1406029	昭62-015861	2色画像形成方法	唐沢 修一
1406037	昭62-015862	2色画像形成方法	唐沢 修一
1406040	昭62-011346	静電潜像現像装置	大沼 照行
1406042	昭62-015874	シート状態による複写機又は印刷機の制御方法	原田 猛
1406043	昭62-009904	1成分トナーの現像装置	出水 広己
1406045	昭62-015863	2色画像形成方法	佐藤 勉
1406047	昭62-015864	2色画像形成方法	佐久間清一
1406048	昭62-015865	2色画像形成方法	吉川 雅夫
1406049	昭62-014583	新規なジスアゾ化合物及びその製造法	佐々木正臣
1406091	昭62-009038	感電記録体	田中 哲夫
1406106	昭62-013965	非水系樹脂分散液の製造方法	津布子一男
1407501	昭62-008774	電子シャッタにおける対数伸長積分回路	古川 雅通
1407502	昭62-008775	電子シャッタにおける対数伸長積分回路	古川 雅通
1407779	昭62-012711	ファクシミリ伝送方式	松下 洋
1407800	昭62-017227	静電記録装置の記録紙搬送装置	駒田 健弥
1407875	昭62-015954	センス回路	西面 宗男
1408145	昭62-016934	9-ビニリアントラセン誘導体の製造方法	佐々木正臣
1408235	昭62-017991	9, 10-ビススチリルアンスラセン誘導体の製造方法	岡崎 光雄
1408312	昭62-012026	活字ホイール	岩田 信夫
1408338	昭62-014448	給紙装置	橋本 秀夫
1408339	昭62-016982	新規なジスアゾ化合物及びその製造法	佐々木正臣
1408508	昭62-017228	記録電極駆動回路	江崎 喬
1408533	昭62-015356	サーマル・ヘッド	森 孝二
1408953	昭62-015871	光記録装置	櫻井 光一
1408957	昭62-012580	カード挿入式録音再生装置	永山 治彦
1408965	昭62-014828	電子写真複写機の給紙制御装置	有山 賢三
1408969	昭62-012915	立体電子写真方法	酒井 捷夫
1408970	昭62-016422	多数枚電子写真複写方法	佐藤 勉
1408976	昭62-012485	ホログラムスキャナー	金子 豊
1408979	昭62-012891	ホログラムスキャナー	金子 豊
1408980	昭62-012892	ホログラムスキャナー	金子 豊
1408981	昭62-012124	無端ベルト装置	柳川 信之
1408987	昭62-016820	インク濃度制御方法	水野 明德
1408998	昭62-013530	クラッチ装置	藤本 栄
1409068	昭62-013661	両面複写装置	里見 豊和
1409512	昭61-051406	電磁石駆動回路	河 龍一
1409594	昭62-018110	ファクシミリ受信装置の間引き縮小装置	渡井 万博

登録番号	公告番号	発明の名称	筆 頭 発 明 者
1411622	昭62-016905	原稿送り方法	富田 悟
1412389	昭62-017215	複写機用自動原稿給送装置	小泉 豊
1412401	昭62-017224	静電潜像現像方法	出水 広巳
1412415	昭62-017209	距離測定回路の電源スイッチ	古川 雅通
1412437	昭62-014456	コレータ	金子 環
1412445	昭62-016901	シート給送装置	梅沢 道夫
1412453	昭62-016903	ジャム検知装置	桜井 徹男
1412574	昭62-022304	符号化信号伝送装置	早川 誠二
1412579	昭62-015353	インクジェット印字におけるドットの時間的間隔の補償装置	陣内孝一郎
1412775	昭62-020535	レフレックスカメラにおける焦点板	堀米 博文
1412804	昭62-015814	等倍型光センサ	曾根 清
1413319	昭62-019736	電子写真用感光体	酒井 清
1413320	昭62-019737	電子写真用感光体	酒井 清
1413323	昭62-019738	電子写真用感光体	酒井 清
1413337	昭62-019739	電子写真感光体	橋本 充
1413339	昭62-019740	電子写真感光体	橋本 充
1413340	昭62-019743	電子写真用感光体	橋本 充
1413341	昭62-019744	電子写真用感光体	橋本 充
1413342	昭62-019745	電子写真用感光体	橋本 充
1413388	昭62-020755	光スターリピータ	金井 莞爾
1413469	昭62-021827	新規なジスアゾ化合物及びその製造法	佐々木正臣
1413471	昭62-019734	電子写真用感光体	佐々木正臣
1413472	昭62-019735	電子写真用感光体	佐々木正臣
1413476	昭62-019741	電子写真用感光体	佐々木正臣
1413477	昭62-019742	電子写真用感光体	佐々木正臣
1413478	昭62-019746	電子写真用感光体	佐々木正臣
1413542	昭62-019748	複写機のチャージワイヤ診断方式	保坂 昌雄
1414294	昭62-021306	画情報読取装置	山口 晋五
1414304	昭62-019750	乾式現像装置におけるトナー補給装置	近藤 史朗
1414546	昭62-022150	加熱定着ローラの製造方法	八田 利之
1415830	昭62-023353	中間調表示方法	江尻 公一
1415882	昭62-020587	電源投入時同期方式	小池 実
1416262	昭62-017231	乾式静電複写機における磁性トナーの供給装置	田端 幸夫
1416352	昭62-023310	反転現像方法	大沼 照行
1416355	昭62-018910	静電潜像現像装置	大沼 照行
1416361	昭62-019749	静電潜像現像装置	大沼 照行
1416368	昭62-022142	スリット露光型照明装置におけるシェーディング補正方法	砂金 光記
1416386	昭62-019329	給紙装置	藤本 栄
1416387	昭62-019333	給紙装置	藤本 栄
1416391	昭62-019331	シート給送装置	梅沢 道夫
1416393	昭62-020417	ワイヤ駆動方法	橋本 芳男
1416405	昭62-023687	複写装置	春原 出
1416725	昭62-024783	電子写真複写法における現像方法	今井 力
1416812	昭62-026224	文字パターン発生方式	山口 晋五
1416986	昭62-019753	複写機等におけるクリーニング装置のクリーニングブレード圧接力	池末 真澄
1416987	昭62-019752	複写機等におけるクリーニング装置のトナー集積装置	池末 真澄
1417033	昭62-023844	レーザー記録装置における反射体支持装置	船戸 広義
1417113	昭62-027381	ジアゾタイプ湿式複写機の現像装置	吉原 久雄
1417127	昭62-026020	モータの定位置停止装置	堀米 博文
1417210	昭62-027376	ジアゾ感光紙	長本 正伸
1417212	昭62-026352	新規なモノアゾ化合物及びその製造法	佐々木正臣
1417293	昭62-015919	データ収集方式	阿部 剛
1417307	昭62-026910	インクジェット記録装置用ポンプの圧力調整装置	掛布 定雄
1417308	昭62-026911	インクジェット記録装置のガター装置	古川 達也
1417482	昭62-026219	マルチタイラス静電記録方法	原 和幸
1417501	昭59-025422	ファクシミリ送信機	山口 晋五
1417509	昭61-002942	加熱装置	高橋 修一
1417776	昭62-026467	ファクシミリ受信機能付複写機	番場 信夫
1417783	昭62-024987	ドット画像形成方式	江尻 公一
1417893	昭62-027390	電子写真装置における感光体の疲労を補償するプログラム制御方法	矢野 隆志
1418366	昭62-024789	静電潜像現像装置	藤井 唯士

登録番号	公告番号	発明の名称	筆頭発明者
1418398	昭58-006958	ワード・プロセッサ	阿部新太郎
1418524	昭62-026634	カラー画情報処理方法	平田 俊敏
1418530	昭62-026635	カラー画情報処理方法	平田 俊敏
1418531	昭62-026636	カラー画情報処理方法	平田 俊敏
1418533	昭62-023670	多値偏向制御インクジェット記録における荷電レベル設定方法	堀家 正紀

## 2 実用新案

(1987年1月～1987年12月)

登録番号	公告番号	考案の名称	筆頭考案者
1376639	昭61-034525	フィルムバックカウンタ装置	金子 廣和
1664956	昭61-018517	自動給紙機構を有する複写機	石井 泰明
1664971	昭61-019022	印字装置	竹沢 譲
1664973	昭61-019021	活字ホイール	小山 雅晟
1665127	昭61-016692	薄板ホルダ	関谷 卓朗
1665666	昭61-019155	給紙装置	石井 泰明
1666772	昭61-020713	磁気記録再生機のモータ正逆転切換装置	馬庭 芳夫
1667158	昭61-015307	ローラ装置	並木 良一
1667843	昭61-023984	感震バルブ	市川 秀男
1667881	昭61-020594	ジアゾ複写機の現像加圧装置	石塚 隆
1667903	昭61-023404	印字装置	長谷川 隆
1667952	昭61-018493	集束性光伝送体アレイ	小椋 行夫
1667953	昭61-022913	給紙装置	大野 幸博
1667954	昭61-022912	フィードローラー	藤本 栄
1668362	昭61-023402	花卉形タイプホイール	菊地 孝夫
1669444	昭61-023405	記録装置の回転ドラム	駒井 博道
1670288	昭61-024534	原稿スタッピングトレイ	須江 隆次
1670289	昭61-024531	複写機の後処理装置におけるシート搬送装置	山崎 秀夫
1671031	昭61-024993	電子複写機	加藤 和行
1671414	昭61-024991	無端ベルトの脱落防止機構	大田 栄
1671437	昭61-024995	フラッシュ定着装置	今野 裕明
1671441	昭61-024996	温度切換表示回路	窪田 洋一
1671451	昭61-024517	原稿給紙装置	佐藤 充弘
1671490	昭61-024986	複写機の感光紙自動分離装置	高橋 靖弘
1672985	昭61-027873	給排紙装置	水野 克己
1685199	昭61-031585	プリンタ	竹本 武
1676181	昭61-028186	光電変換素子を有するカメラの上カバー構造	山賀 茂
1676421	昭61-034364	積載シート給送装置	河野 正夫
1676436	昭61-034362	シート給送装置	高橋 靖弘
1676670	昭61-034372	シートの種分け丁合装置	小泉 豊
1676993	昭61-032922	排紙装置	村田 圭佑
1677444	昭61-030998	複写装置用原稿自動搬送装置の原稿受け	河野 正夫
1677581	昭61-030996	シート給送テーブル	矢野 隆志
1678058	昭61-033671	ファクシミリ装置等の電子機器筐体	魚住 修
1679026	昭61-036792	液送り装置	梅田 新
1680543	昭61-034365	ドラムの紙押え装置	三戸 敏昭
1682508	昭61-037078	伝票台付入力装置	馬場 勝男
1682887	昭61-030066	熱交換装置	並木 良一
1682889	昭61-037005	電子写真複写機における分離装置	小泉 豊
1683772	昭56-053406	原稿自動供給装置	広瀬 明
1683933	昭61-036962	レンズ取付枠	渋澤 清和
1683946	昭61-036964	写真レンズのモールドヘリコイド	榎本 恵治
1684849	昭61-030852	小型オフセット印刷機における給水装置	水野 克己
1684953	昭61-039417	複写中断装置	金田 徳蔵
1685471	昭61-039411	カメラの巻上げストップ機構	前田 正洋
1685567	昭61-041087	集束性光伝送体の支持装置	柳川 信之
1685954	昭61-034701	IC 接続装置	黒瀬 守澄

登録番号	公告番号	考案の名称	筆頭考案者
1687370	昭61-041331	走査装置の電気リード線配設構造	陣内孝一郎
1687402	昭61-045029	半導体等の包装容器	茂木 俊男
1687456	昭61-043337	走査機構	竹本 武
1687457	昭61-043338	走査機構	竹本 武
1687639	昭61-039379	レンズ鏡胴における絞りリングのオート・マニュアル切換装置	榎本 恵治
1688104	昭58-042335	給紙装置	菊地 英夫
1688900	昭60-039868	加熱定着ローラー装置	朝比奈安雄
1689080	昭61-041334	ドラムのシート保持装置	江尻 公一
1689213	昭61-045052	エンドレスベルト支持装置	横田 隆
1689382	昭61-043717	容器	渡辺 博
1689875	昭61-034128	ドラム原稿押え装置	三戸 敏昭
1690029	昭61-046532	電子写真複写機における感光体シートの終端予知装置	山口 友行
1690494	昭61-045660	原稿幅検出装置	高橋 修一
1691544	昭61-041099	現像粉供給装置	森 隆宏
1691548	昭61-042654	位置決め装置付プレス用ポンチ	高橋 俊雄
1692536	昭61-044202	複写機	金田 徳蔵
1692541	昭60-022364	電子複写機等におけるクリーニング装置	丹沢 節
1692999	昭61-046534	ヒーター保護プレート	吉村 政則
1693000	昭62-002611	解除装置	大野 幸博
1693054	昭62-001154	シート給送装置	佐藤 充弘
1693154	昭62-004403	円筒状ワークのチャッキング装置	市川 憲一
1695039	昭62-002126	平版印刷機におけるクリーニング装置	岡 誠二
1695715	昭62-002676	卓上型入出力装置	中村ハルカ
1696057	昭62-002692	ハンディスキナー	海老 豊
1696063	昭61-045071	シート給送装置	巻田 信広
1696072	昭61-020604	電子複写機の帯電装置	河石 康則
1696078	昭62-006030	シート自動給送装置	村吉 靖司
1696115	昭62-005715	回動デスクを連結した処理装置のケーブル収納機構	渡辺三喜雄
1696405	昭62-002952	ヨーク構造	橋本 芳男
1697132	昭62-003236	印字装置のカセット型タイプホイール	松寿 鋼
1697350	昭62-005331	ワイヤドットプリンタ	横山 静男
1697356	昭62-005324	オフセット印刷機のエッチング装置	山中 正徳
1697362	昭62-005344	輪転謄写印刷機	小林 慎司
1698436	昭62-007502	リボンカートリッジを使用する印字装置	矢島 節夫
1698851	昭62-008534	ノイズシミュレータ	伊藤 健一
1699063	昭62-010745	カメラの裏蓋錠止装置	安藤 昭
1699527	昭62-010774	表示シート収納具	斉藤 泰弘
1700282	昭62-009587	フロッピーディスクドライブ装置	田辺 和美
1700400	昭62-007628	給紙装置	有山 賢三
1700525	昭62-006659	マグネット駆動回路	井口 進
1700563	昭62-008052	湿式転写型電子写真装置	赤松 啓行
1702870	昭62-010272	給紙切換装置	石井 泰明
1702872	昭62-010269	給紙トレイ自動出入装置	巻田 信広
1703553	昭62-012618	サーマルヘッド用マスクパターン	阿部 秀郎
1704211	昭62-013080	シート状体の巻き付け装置	山上 勉
1704216	昭62-011872	シート給送装置における補助テーブル	村吉 靖司
1704236	昭62-012602	オフセット印刷機の排紙ローラ系位置調整装置	新藤 雄吉
1704291	昭62-013817	エッチングプロセッサ	葛綿 正行
1705274	昭62-011880	ソータのシート搬送装置	日比 邦雄
1705282	昭62-013813	プリンタ	川井 光弘
1705435	昭62-011873	ロール紙保持装置	村中 政一
1706539	昭62-020298	印刷機における原紙保持装置	高野 正夫
1707799	昭62-017817	シート給送テーブル	矢野 隆志
1707801	昭62-015820	複写機の転写案内装置	後藤 一雄
1708803	昭62-010268	給紙装置における紙載台の分離ローラへの圧接力調整機構	横山 育三
1709251	昭62-013812	プリンタ	洲崎 正幸
1709261	昭62-018595	複写原稿自動給送装置	佐々木 治
1709319	昭62-018591	搬送装置	須江 隆次
1709779	昭62-020287	平版印刷機におけるクリーニング装置	山中 正徳
1710352	昭62-015817	トナー供給装置	馬見塚 満
1710440	昭62-017871	ジョイスティックユニット	桜井 彰

登録番号	公告番号	考案の名称	筆頭考案者
1710467	昭62-019634	ロール紙ホルダー	福岡 忍
1711485	昭62-018301	塗布装置	飯田 富保
1711510	昭62-022186	電池収納用ポケット付カメラケース	曾田 弘一
1711636	昭62-020846	湿式電子複写機における溶剤蒸気の除去装置	神田 悦男
1711823	昭61-007084	プリンタのキャリッジ装置	田中 義二
1711832	昭62-018587	歯車装置	日比 邦雄
1711834	昭62-022507	粉体、粒状体又はこれらの混合体を搬送するための装置	小泉 豊
1712067	昭62-025805	読取装置の移動方向規制装置	佐藤洋治郎
1712123	昭62-020847	コピー紙紙づまり検地素子の故障判別装置	伊藤 政司
1712310	昭62-024281	アンモニア水の流量制御装置	金田 徳蔵
1712328	昭62-018580	給紙トレイ	吉原 久雄
1712340	昭62-024288	コロナ放電器	永目 宏
1712358	昭62-022373	プリンタの記録紙送り装置	西脇 省二
1712359	昭62-022823	回転体表面の温度センサー	六平 政輝

## ●著者紹介

**高村 禎二** (たかむら ていじ)  
ソフトウェア研究所 第3研究室  
1982年 東京大学理学部情報科学科卒  
1983年 (株)リコー入社 三次元ソリッドモデラ DESIGN-BASEの開発に従事

**渡辺 澄夫** (わたなべ すみお)  
中央研究所 情報エレクトロニクス研究センター  
1987年 京都大学理学系大学院数理解析専攻中退  
1987年 (株)リコー入社 ニューラルネットの研究開発に従事

**石岡 恒憲** (いしおか つねのり)  
ソフトウェア研究室 第5研究室  
1984年 東京理科大学大学院修士課程工学研究科経営工学専攻修了  
1984年 (株)リコー入社 DBMS 応用システムの開発およびソフトウェア信頼度モデルの研究に従事

**黒瀬 博靖** (くろせ ひろやす)  
ソフトウェア研究所 第6研究室  
1982年 東京大学大学院理学系研究科情報科学専門課程修士課程修了  
1983年 (株)リコー入社 推論エンジンの研究開発に従事

**安次富 伸浩** (あじとみ のぶひろ)  
ソフトウェア研究所 第6研究室  
1982年 東京大学大学院理学系研究科情報科学専門課程修士課程修了  
1982年 (株)リコー入社 推論エンジンの研究開発に従事

**中山 秀明** (なかやま ひであき)  
ソフトウェア研究所 第6研究室  
1982年 東京大学大学院理学系研究科情報科学専門課程修士課程修了  
1982年 (株)リコー入社 知識処理の研究に従事

**松田 透** (まつだ とおる)  
中央研究所 知能工学研究センター  
1985年 東京大学理学系大学院相関理化学修士課程修了  
1985年 (株)リコー入社 人工知能関連の研究に従事

**室井 哲也** (むろい てつや)  
中央研究所 情報エレクトロニクス研究センター  
1985年 慶応義塾大学大学院修士課程修了 (電気工学)  
1985年 (株)リコー入社 音声認識の研究開発に従事

**小松 順子** (こまつ じゅんこ)  
中央研究所 情報エレクトロニクス研究センター  
1983年 東京大学工学部電子工学科卒  
1987年 (株)リコー入社 音声合成・音声認識の言語処理アルゴリズムの研究開発に従事

**中川 義克** (なかがわ よしかつ)  
中央研究所 情報エレクトロニクス研究センター  
1988年 慶応義塾大学大学院理工学研究科後期博士課程電

気工学専攻修了予定  
1986年 (株)リコー入社 超音波 CT, X 線 CT の研究開発に従事

**米山 正秀** (よねやま まさひで)  
中央研究所 情報エレクトロニクス研究センター  
1962年 慶応義塾大学工学部電気工学科卒 工学博士  
1982年 (株)リコー入社 パターン情報処理およびコンピュータモグラフィの研究開発に従事

**内山 博喜** (うちやま ひろき)  
中央研究所 情報エレクトロニクス研究センター  
1985年 慶応義塾大学大学院工学研究科修士課程修了  
1985年 (株)リコー入社 音声情報処理の研究に従事

**鈴木 政光** (すずき まさみつ)  
中央研究所 情報エレクトロニクス研究センター  
1984年 慶応義塾大学工学部電気工学科卒  
1984年 (株)リコー入社 音声の高効率符号化の研究開発に従事

**志村 浩** (しむら ひろし)  
中央研究所 応用技術開発センター-SWR 開発室  
1984年 カリフォルニア大学サンタバーバラ校電気工学修士課程修了  
1984年 (株)リコー入社 画像処理, 音声圧縮の研究開発に従事

**山田 和作** (やまだ わさく)  
中央研究所 情報エレクトロニクス研究センター  
1972年 慶応義塾大学大学院工学研究科修士課程修了  
1972年 (株)リコー入社 誤り訂正符号, 音声圧縮の研究開発に従事

**大野 好美** (おおの よしみ)  
光学事業部 光学設計部 設計1課  
1972年 早稲田大学理工学部物理学科卒  
1972年 (株)リコー入社 カメラの設計に従事

**菊地 修一** (きくち しゅういち)  
画像技術開発本部 光学開発センター レンズ設計課  
1980年 北海道大学工学部応用物理学科卒  
1980年 (株)リコー入社 レンズの設計に従事

**畑 大介** (はた だいすけ)  
光学事業部 光学設計部 設計2課  
1983年 芝浦工業大学工学部電子工学科卒  
1983年 (株)リコー入社 カメラの設計に従事

**畑瀬 貴之** (はたせ たかゆき)  
光学事業部 光学設計部 設計1課  
1985年 熊本大学大学院修士課程終了 (物理)  
1985年 (株)リコー入社 カメラの設計に従事



塩田 憲行 (しおた のりゆき)  
ソフトウェア研究所 第4研究室  
1985年 東京工業大学理工学研究科修士課程修了  
1985年 ㈱リコー入社 リアルタイム OS の研究開発に従事

今野 晃市 (こんの こういち)  
ソフトウェア研究所 第3研究室  
1985年 筑波大学第3学群情報学類卒  
1985年 ㈱リコー入社 3D-CAD の研究開発に従事

香川 正明 (かがわ まさあき)  
ソフトウェア研究所 第3研究室  
1984年 東京大学理学部情報科学科卒  
1984年 ㈱リコー入社 CAD の研究開発に従事

小林 史洋 (こばやし ふみひろ)  
ファクシミリ事業部 技術管理部 DA センター  
1984年 名古屋大学理学部物理学科卒  
1984年 ㈱リコー入社 CAD システムの開発に従事

浅田 一生 (あさだ かずお)  
生産本部 第2技術部 生産技術3課  
1981年 北海道大学工学部機械工学科卒  
1981年 ㈱リコー入社 CAD/CAM システムを中核としたネットワークシステムの研究開発に従事

山田 秀和 (やまだ ひでかず)  
ソフトウェア研究所 第5研究室  
1986年 東北大学大学院工学研究科博士課程修了  
工学博士 (情報工学)  
1986年 ㈱リコー入社 光ディスク応用システムの研究開発に従事

吉田 伸子 (よしだ のぶこ)  
ソフトウェア研究所 第5研究室  
1985年 お茶の水女子大学理学部物理学科卒  
1985年 ㈱リコー入社 光ディスク応用システムの研究開発に従事

山本 倫子 (やまもと のりこ)  
ソフトウェア研究所 第5研究室  
1985年 山梨大学工学部計算機科学科卒  
1985年 ㈱リコー入社 光ディスク応用システムの研究開発に従事

入野 祥明 (いりの よしあき)  
ソフトウェア研究所 第5研究室  
1987年 東北大学大学院工学研究科修士課程修了  
工学修士 (情報工学)  
1987年 ㈱リコー入社 光ディスク応用システムの研究開発に従事

平岡 昭夫 (ひらおか あきお)  
ソフトウェア研究所 第1研究室  
1982年 広島大学工学部第2類 (電気系) 卒  
1982年 ㈱リコー入社 データベース管理システム及び分散処理システムの研究開発に従事

飯沢 篤志 (いいざわ あつし)  
ソフトウェア研究所 第1研究室  
1982年 東京大学大学院理学系修士課程修了 (情報科学)  
1985年 ㈱リコー入社 データベース管理システムの研究開発に従事

榎本 恵治 (えのもと けいじ)  
光学事業部 光学設計部 設計1課  
1970年 明星大学理工学部機械工学科卒  
1980年 ㈱リコー入社 光学系セルの開発設計に従事

井口 進 (いぐち すずむ)  
光学事業部 光学設計部 設計2課  
1972年 中央大学理工学部電気工学科卒  
1972年 ㈱リコー入社 カメラの設計に従事

石野 勲雄 (いしの ときお)  
光学事業部 光学設計部 設計1課  
1980年 信州大学工学部機械工学科卒  
1980年 ㈱リコー入社 カメラの設計に従事

皆川 佳久 (みなかわ よしひさ)  
経営企画室 工業デザインセンター第2デザイン室  
1985年 千葉大学工学部工業意匠学科卒  
1985年 ㈱リコー入社 カメラのデザイン設計に従事

太田 清高 (おおた きよたか)  
画像技術開発本部 デジタル機器開発部 設計2課  
1970年 東京都立航空工業高等専門学校機械工学科卒  
1970年 ㈱リコー入社 デジタルインテリジェントシステムの開発設計に従事

林 正幸 (はやし まさゆき)  
画像技術開発本部 デジタル機器開発部 設計2課  
1975年 大阪電気通信大学工学部電子工学科卒  
1975年 ㈱リコー入社 デジタルインテリジェントシステムの開発設計に従事

黒川 純二 (くろかわ じゅんじ)  
画像技術開発本部 画像技術研究所 第1研究グループ  
1961年 東京理科大学理学部物理学科卒  
1961年 ㈱リコー入社 画像システムの研究開発に従事

山下 明 (やました あきら)  
システム開発事業部 第3開発部 開発8課  
1973年 早稲田大学理工学部電気工学科卒  
1973年 ㈱リコー入社 ハンドヘルドコンピュータのハードウェアの設計に従事

牧 洋一 (まき よういち)  
システム開発事業部 第3開発部 開発8課  
1975年 福岡工業大学電子工学科卒  
1975年 ㈱リコー入社 電子機器の基本ソフトの設計に従事

中山 章広 (なかやま あきひろ)  
ファクシミリ事業部 技術管理部 DA センター  
1985年 早稲田大学理工学部機械工学科卒  
1985年 ㈱リコー入社 CAD/CAM システムの研究開発に従事

---

## RICOH TECHNICAL REPORT

NO. 18, 1988 ●ソフトウェア特集号

1988年10月25日発行

発行所 株式会社 **リコー** 中央研究所  
〒223 神奈川県横浜市港北区新栄町16-1  
TEL. 045-593-3411(代)

発行責任者 尾 上 守 夫

印刷所 株式会社 細川活版所  
東京都中央区銀座6丁目4番1号

編集委員長 村山 登(中央研究所)

編 集 委 員 國 井 秀 子(ソフトウェア研究所)  
酒 井 清(画像技術開発本部)  
雨 宮 正(ファクシミリ事業部)  
川 村 栄 一(サプライ事業部)  
菅 野 忠 明(IO機器事業部)  
垣内徳三郎(光学事業部)  
久保田富雄(複写機事業部)  
洲 崎 正 幸(コンポーネント事業部)  
中 山 春 夫(電子デバイス事業部)  
番 場 信 夫(生産本部)  
伊 藤 忠 直(システム事業本部)

事 務 局 中央研究所管理部計画室  
(担当 谷口瑞香)

---