

第1回(昭和45年度)研究奨励金 受賞研究の概要

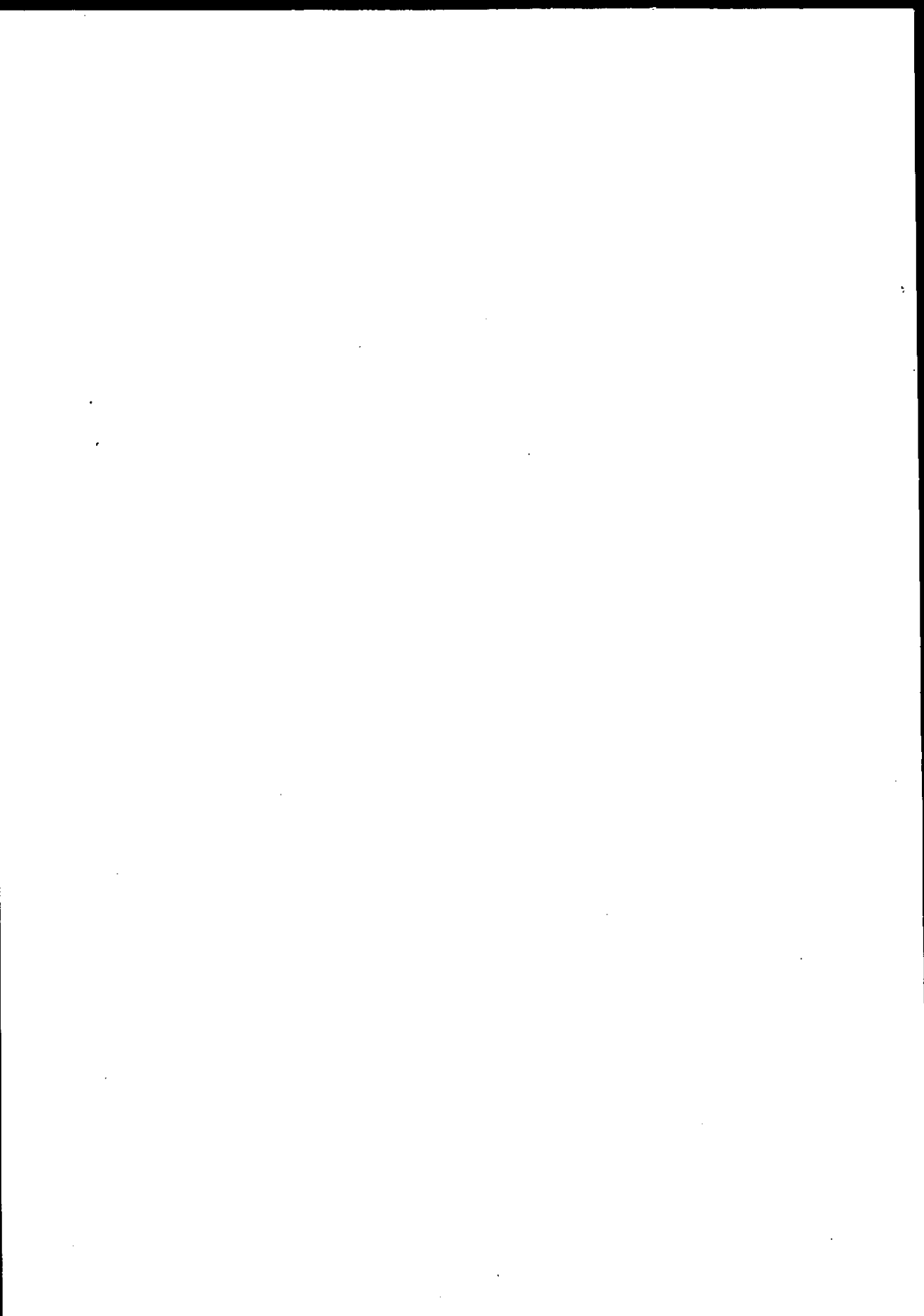
QUINT

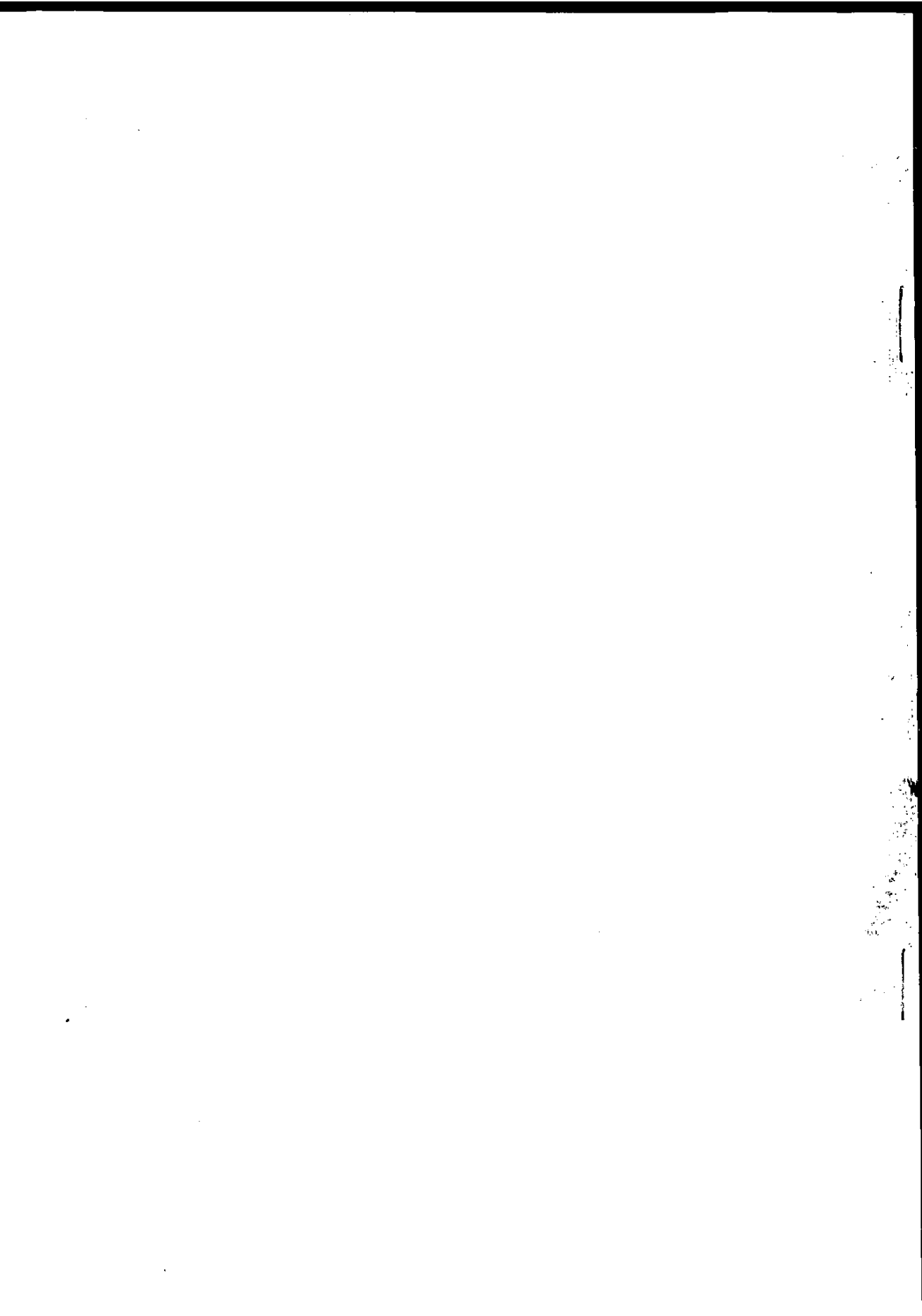
昭和46年1月

財団法人

日本経営情報開発協会







この研究奨励金制度は、本協会に対する民間の寄附金の一部をもって基金を創設し、その果実を

- (1) 電子計算機の高度利用に寄与する技術と知識に関する研究
- (2) 電子計算機の適用分野の拡大開発に寄与する技術と知識に関する研究

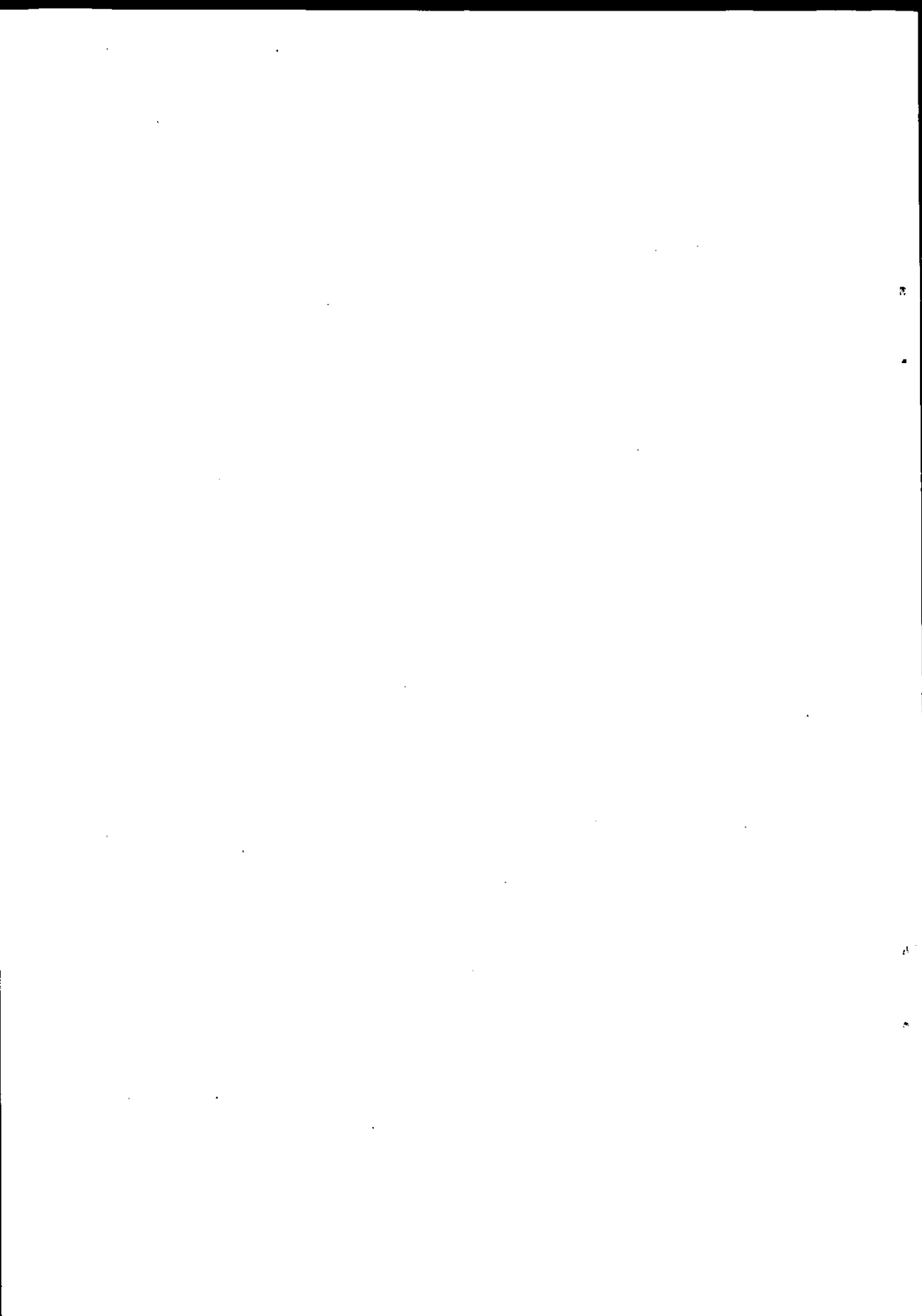
のうち優れたものに対し、研究奨励金として交付することを目的としている。

公募は、年1回行なうことになっており、本協会の依頼した大学、研究機関、関連団体および本協会役員等の推薦人（機関）を通して推薦を受けることとしている。

審査は研究奨励金審査委員会において厳正公平に行なうことになっている。

目 次

I	推薦および審査のあらまし	1
	◦ 推薦状況	1
	◦ 選考方針および選考の経緯	2
	◦ 選考の結果	2
	◦ 研究発表会	3
II	授与式における植村会長の挨拶	5
III	受賞研究の概要	7
1.	映像論郭の計算機による追跡とその特徴の抽出およびパターン認識に関する研究	東京大学教授 磯部 孝 他 3 名
2.	計算機に数学の定理の証明を行なわせる研究	東京教育大学教授 西村敏男 他 6 名
3.	慶応義塾大学研究・教育情報センターにおける情報資料管理システム	慶応義塾大学本部事務室長代理 福留孝夫 他 4 名
4.	LURAPの開発	東京大学助教授 伊藤 滋 他 4 名
5.	音声による計算機入出力装置の開発	明治大学教授 小川康男 他 2 名
6.	対話型計算方式の開発研究	名古屋大学教授 福村晃夫 他 2 名
7.	電子計算機を利用した地域健康管理方式の開発に関する研究	東京大学教授 榎田良精 他 5 名



I 推薦および審査のあらまし

○ 推 薦 状 況

今回は、本協会が依頼した推薦人（273人）から71件の推薦があった。機関別の推薦状況は次の通りである。

大 学	46件
会 社	17
その他	8
計	71

なお、研究テーマの種類は次の通りである。

パターン認識に関するもの	9件
コンピュータ教育に関するもの	6
医療に関するもの	6
情報管理・検索に関するもの	5
オンライン、タイム・シェアリングに関するもの	5
数学、ORに関するもの	5
人出力、周辺装置に関するもの	4
ソフトウェアに関するもの	4
経営、管理に関するもの	4
都市に関するもの	4
その他	19
計	71

○ 選考方針および選考の経緯

選考は審査委員会において厳正に行なわれた。選考に当っては近い将来利用に供せられる可能性の大きなもの、各種の専門分野にまたがる共同研究等を優先的に考慮した。

なお、民間の企業や研究機関の研究についてもできるだけ広く採り上げるよう配慮したが、今回は大学関係の推薦が圧倒的に多く、民間関係の推薦が少なかつたために、偶々、結果的には大学だけとなった。

○ 選 考 の 結 果

選考の結果次の通り決定した。

件 名	担 当 者	奨励金交付額 千円
映像輪郭の計算機による追跡とその特徴の抽出およびパターン認識に関する研究	東京大学教授 磯部 孝 他 3 名	2,000
計算機に数学の定理の証明を行なわせる研究	東京教育大学教授 西村敏男他 6 名	2,000
慶応義塾大学研究・教育情報センターにおける情報資料管理システム (KULIC SYSTEM)	慶応義塾大学本部事務室長代理 福留孝夫他 6 名	1,500
LURAP の開発	東京大学助教授 伊藤 滋他 4 名	1,500
音声による計算機入出力装置の開発	明治大学教授 小川康男他 2 名	1,000
対話型計算方式の開発研究	名古屋大学教授 福村晃夫他 2 名	1,000
電子計算機を利用した地域健康管理方式の開発に関する研究	東京大学教授 榎田良精他 5 名	1,000
計 7 件		10,000

○ 研 究 発 表 会 の 開 催

今回の交付対象となった研究は、いろいろの専門領域に分れているが、電子計算機の高度利用という点では強く結びついている。

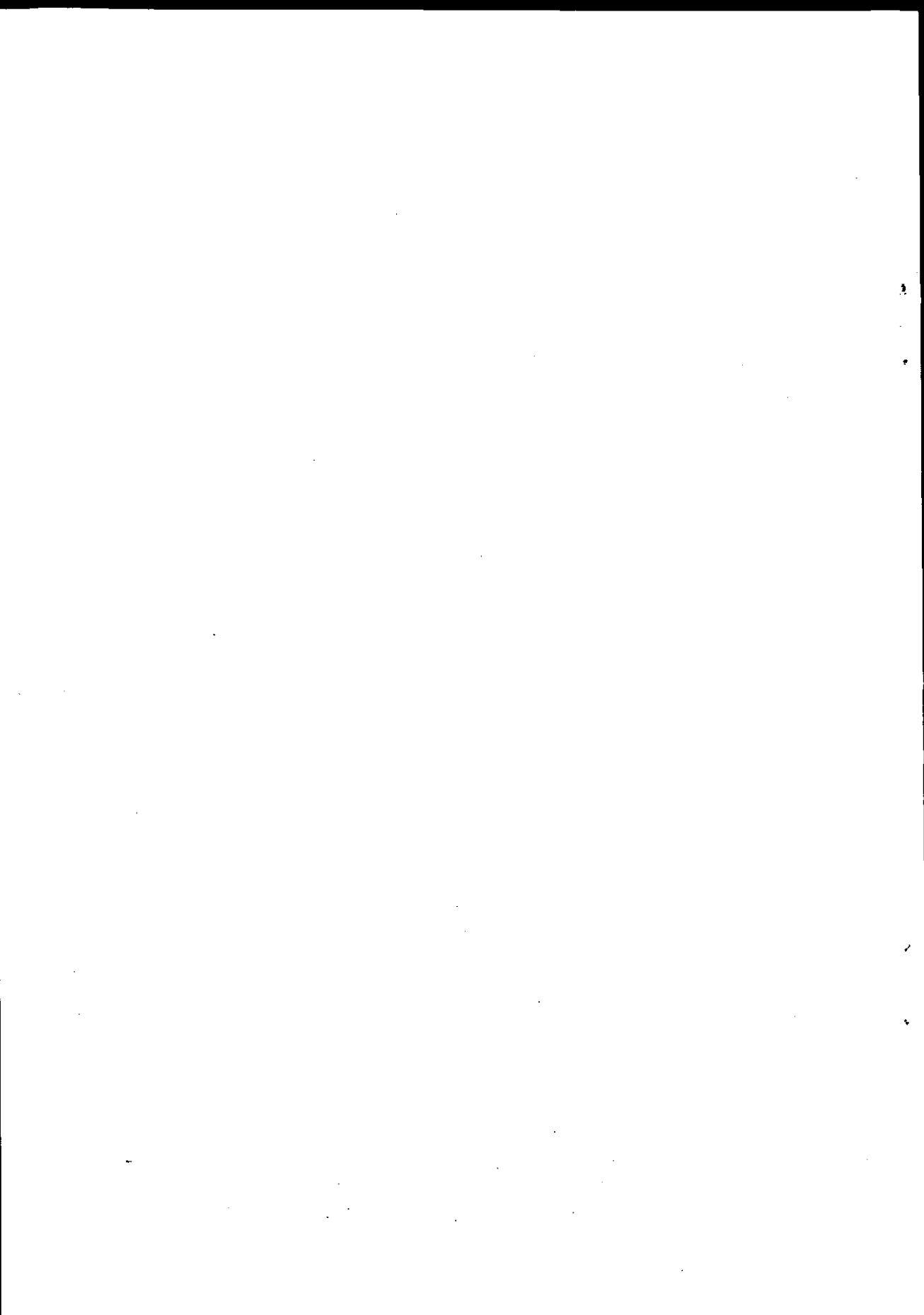
一般にこのような優れた研究はそれぞれの専門領域では発表されているが、他の専門領域の研究者に広く知らされる手段が欠けており、しかも、最近の学術研究は異種の専門領域にまたがるものや、各専門の境界領域に位置するものが多くなっている。そこで本協会は研究奨励金の交付を機会に、これら各領域の研究を一堂において発表し、他部門の研究者に広く周知していただき、電子計算機を媒介として知識や技術の交流を促進することを企画した。

第1回の研究発表会は下の要領で開催する。

日 時 昭和46年1月28日～29日

(9 : 3 0 ~ 1 7 : 0 0)

場 所 霞が関ビル1階 プラザホール



Ⅱ 授与式における植村会長の挨拶

第1回の研究奨励金を受賞される栄誉を担われた皆様に対しまして、心からお祝いを申し上げます。

当協会は、広くコンピュータユーザーの立場から、多方面にわたる事業活動を行なって参りましたが、本日の研究奨励金交付は、その最も重要な、独自の事業と申すことができると存じます。

コンピュータ利用に関する研究は、極めて広範囲にわたり、いまさらのように、コンピュータ利用技術の奥深さと、高度利用の難しさを感じるのであります。

アメリカにおけるコンピュータ利用水準が、他の国に比較してとび抜けている理由として、研究開発費の比率が、数十倍に達しているということがあげられております。宇宙開発その他の利用に対する研究開発費をみましてもその差は当然のようにも思われまじょうが、人間の知識は、金額で換算されるものではないと思います。当協会の研究奨励金は、もとより金額としては僅かなものであり、研究者の皆様の研究費をカバーするには、余りにも少ないかも知れません。しかしながら、これがコンピュータ利用に関する研究を促進する、「一粒の種子」となり、その成果を相互に交流するための一助ともなって、わが国の利用水準を高めるこ

とができるならば、私どもの念願は、達成されるのであります。

受賞者の皆様が、今後ますます研究に精進されいよいよ立派な成果をあげられて私どもの期待に応えて下さるように心からお願い申し上げてお祝いの言葉といたします。

昭和45年12月25日

Ⅲ 受賞研究の概要

映像輪郭の計算機による追跡とその特徴 の抽出及びパターン認識に関する研究

東京大学工学部教授 磯部 孝

国立がんセンター病院内科医長 高谷 治

東京大学宇宙航空研究所助教授 石井 泰

東京大学工学部助手 赤塚 孝雄

1. はじめに

人には簡単に行なえることでも、機械で実現しようとするとは困難な問題にパターン認識がある。この優れた機能を機械で実現させる為に既に多くの研究が行なわれ、方法も一般的に明らかにされ、文字識別などについては既に実用化された機器がある。たとえば、手書き文字の読取りによる郵便物の区分け機械などは代表的な例であろう。医用の分野ではX線像について、三・三の試みがあるが、実用化されたものはない。顕微鏡によるがん細胞の識別に細胞の核の大きさを判別する自動装置が、ある程度は実用化されている。

これらのパターン識別の技術が適用されるさまざまな分野において、個々の具体的な方法については未開拓の点が多い。研究者らは数年来手書き文字を識別の対象として、その方法を追求し、各種の方式の装置を試作し、いくつかの成果を上げた。これらの研究成果をもとにして、ここでは医学研究機関と工学研究機関との協同研究として、識別対象に医

用X線写真の影像を選び、主としてその輪郭線に着目して、診断に用いられる特徴点などを自動的に検出し識別する方法について基礎的事項を解明し、実用的な装置を作ることを目的として研究を進めようとするものである。

かような機械が実現するならば、影像の客観的情報処理を施した資料が得られ、機械の正確な動作を以てして高度な医学的診断に援助を与えることができ、多量・迅速な処理能力の活用によって、集団検診等に役立つのみならず、各種影像の特徴抽出、分類等にも役立ち得るものと考ええる。

2. 臨床診断のための影像の輪郭に含まれる情報

臨床診断に用いられるX線写真像とか細胞像の輪郭線では、その形状とぼけ具合の程度の二つに意味がある。胃のレントゲン写真には、胃の中一ぱいに、造影剤のバリウムを満して撮す充盈像と、空気を一緒に入れて撮る二重造影法とがあるが、充盈像についてはまさに輪郭線の変形とぼけの程度とから診断が行なわれている。

胃は柔かい袋のようなもので、潰瘍や癌が生じるとこれに硬い部分がついたものとなる。X線像ではこの部分は縦方向から見れば直線部分となり、横方向から見れば、ぼけの少ない、明暗のコントラストの強い図形となり、これによって硬い部分があると診断され、何らかの病変が推測される。このような判断の積重ねが癌や潰瘍の診断につながっている。

さらに詳しくみれば、胃の内面からみたとき突出した部分は輪郭線の上でも突起として現われ、これが潰瘍だと考え、その形の性質から良性

のものか悪性のものかが判断される。又、陥没した部分では、胃の内壁に向かって何かが増生したものと判断され、がんである可能性が検出され、良性か悪性かの区別はその表面の特性によることとなる。二重造影法になるとひだの作るパターンが問題になり、複雑な識別が必要となるが、ひだの検出自身非常に難しい問題となろう。ここでは充盈像のみに着目し、これを確実に処理する機械を目標とした。

3. 輪郭線追跡装置の試作

影像からの特徴抽出、識別を行なう一つの試みとしてその輪郭線に着目し、第一歩として輪郭線追跡装置の試作を行なった。この場合影像全体を走査して計算機に読み込み、計算機内部で処理する方法がまず考えられるが記憶容量、演算時間等から得策でない。そこで前処理装置によって直接輪郭線だけを取り出し、取出した輪郭線のぼけの程度、方向変化率等の特徴を抽出する方法をとることにした。

3-1 追跡装置の動作原理

ブラウン管上の輝点をフィルム上に結像させ、透過光を光電管で受けていれば、輝点がフィルムの明-暗の境界を通った瞬間に検出される。方向性なく走査するために輝点は円を描くようにし、その中心が境界に沿って動くように追跡制御する。この時、走査中のフィルムの濃度変化の様子から輪郭線のぼけの程度がわかる。全体の装置の構成を Fig-1 に示した。図には計算機(PDP-12)が結合された形が示してあるが、目下試作されたのは前処理装置までである。境界線を一定濃度で定義することにして構成した装置のブロックダイアグラムが Fig-2 である。

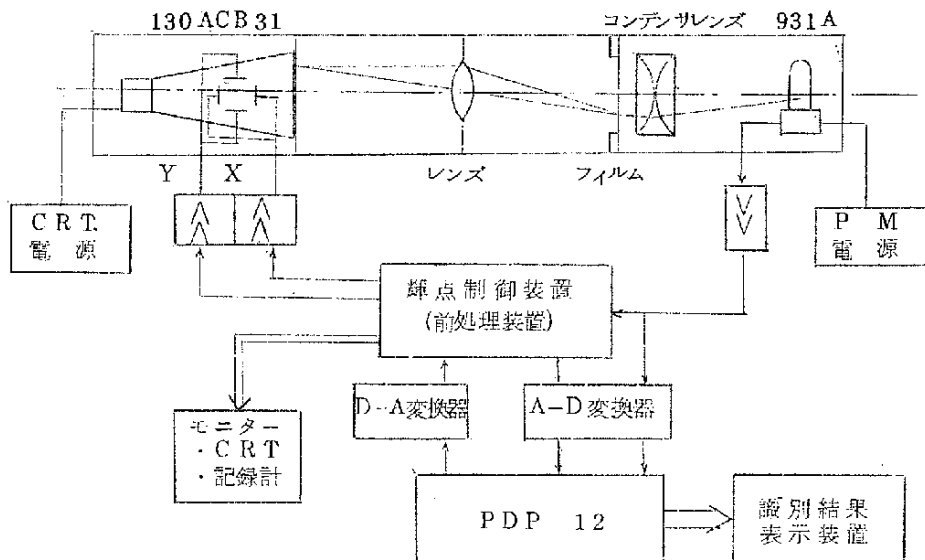


Fig-1 輪郭追跡識別装置

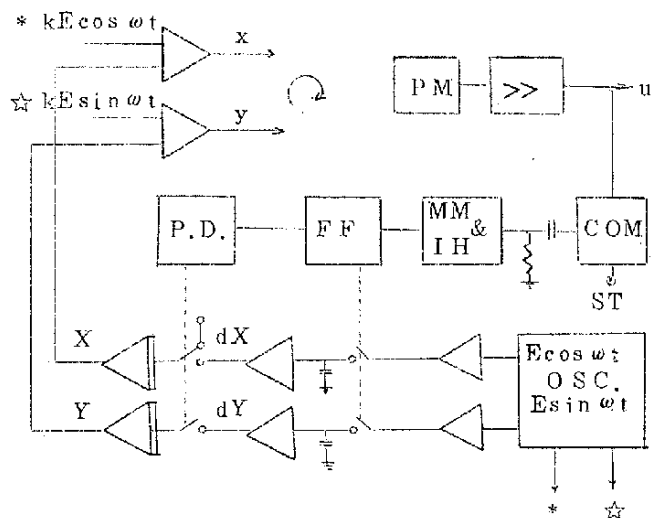


Fig-2 輝点制御装置

濃度勾配が最も急に変化するところを輪郭と考えるならば、光電管の出力信号から濃度変化最大のところを検出する回路をつけ加えればよく、実際の装置では両方のモードで動作できるようになっている。

境界検出の様子を詳しく示したのがFig-3で、輝点が境界を通る瞬間に発生するパルスによって走査小円を合成している正弦波・余弦波をサンプルし、ホールドして、これから方向ベクトルBが求められる。これを積分すると円の中心の軌跡(X, Y)が定まる。図形が小円にくらべて細くなったり、他の線が入りくんだりしている時でも方向を見失わぬよう、追跡方向±45度をまず探し、ここに境界がないときに全方向をみるような機能を持たせた。(Fig-2とFig-3のIH)

このとき、追跡速度は、 $v = kfr$ (k :定数, f :小円の回転走査周波数, r :小円の半径)となり、分解能は r で定まる。試作装置では $k \approx 1$, $f = 100 \text{ Hz}$ とした。 r はブラウン管、光電管の性能によるが、目下 0.5 mm で使用している。ブラウン管の残光時間は $40 \mu\text{s}$ であるが、 1 kHz で走査した時、角度にして6度のおくれを生ずる。これ等の特性はフライングスポットスキャナ用のブラウン管を使用することにすれば、はるかに改善でもよう。

3-2 追跡結果

胃や食道のX線充盈像では必要な情報が輪郭線の形にある。実際のX線写真で実験した結果の一例がFig-4である。(a)がもとのX線写真、(b)は追跡結果のX-Y記録計による再現であり、(c)は小円の中心座標(X, Y)及び方向ベクトルBのx, y成分(dX, dY)の連続記録である。Fig-4には示さなかったが、輪郭線のぼけの程度も光電管出力信号の振巾の絶対値をとって連続記録ができており、これらから、各場所(X,

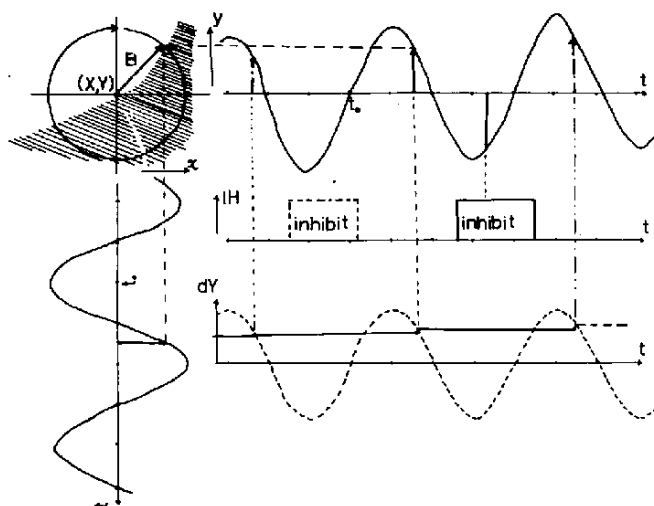
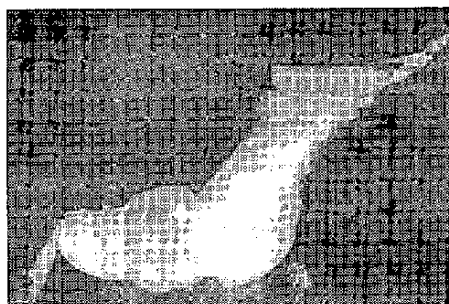


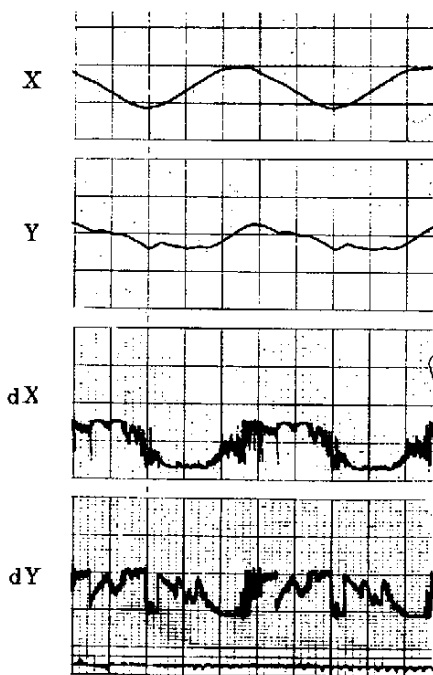
Fig-3 輪郭線の方向検出



(a) X線写真



(b) (a)の追跡結果



(c) 追跡によって検出された各パラメータ

Fig-4 輪郭追跡例 (胃の充盈像)

Y)に対応する方向の変化率と輪郭線のぼけの程度がわかる。

明暗の比較的是っきりした図形の追跡は容易であったが、骨とか血管が重なっている写真では十分な追跡が行なえなかった。このような雑音と必要な図形とをはっきり区別するには、より高度な判断機能を持った機械が必要であるように思われる。

4. 今後の研究

前処理部で検出した信号を計算機に入れて識別・判断を行なわせる。より確実な追跡を行なう為、この前処理部も計算機で制御できねばならない。(Fig-1) Fig-5にこの系の概念的構成を示した。追跡した輪郭図形について、標準的な特徴を参照して、胃の写真であるか、食道の写真であるか、写した方向はどういう方向なのか等をまず判別する。この判別を行ってから再度もとの図形を詳しく見直すなら、より確実な追跡ができ、分解能力も向上させ得よう。このような系を設計するには、対象図形についての十分な解析が不可欠である。確実な輪郭の検出が最も重要な点で、これなくしては後の処理も意味がなくなる。X線写真では像の汚れなどの雑音に相当するものがあるだけでなく、骨や血管などの観測の目的でないものの像が重なって現われることがあるから、それらを分離しなくてはならない。その為には、目的のものも目的でないものもそれぞれ固有の特徴、図形の構造があるから、これを抽出しつつ不必要なものを消し、必要なものを拾い出す操作がいる。このために、光学的前処理、形状追跡、二次元的特徴抽出、計算機による論理的判断を併用して解決してゆきたい。

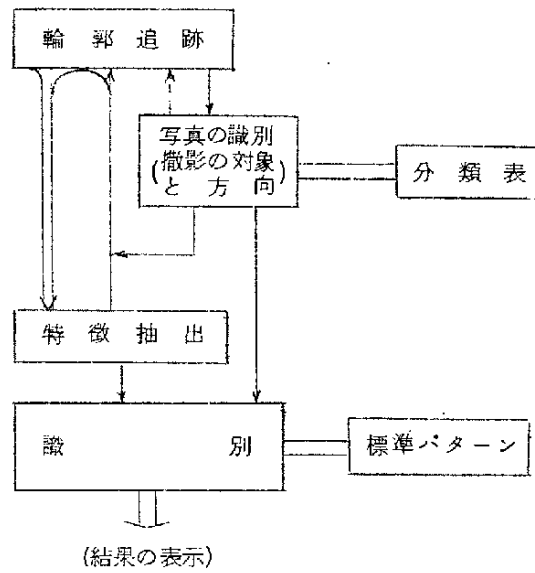


Fig-5 輪郭の特徴抽出と識別

計算機に数学の定理の 証明を行なわせる研究

東京教育大学理学部教授 西村 敏男

” ” 講師 木村 泉

” ” 助手 井出 修

” ” 助手 高橋 正子

名古屋大学教養部助教授 難波 完爾

九州大学理学部講師 上江洲忠弘

” ” 助手 大矢 建正

ここで取り扱うのは、昭和 41 年の初期に、東京教育大学で、HIPAC
103 によって行なった定理の証明の実験についてである。プログラム作
成は、当時学部 3 年であった 4 名の学生諸君がコーディングを、これら
の諸君の直接の指導と指揮に当ったのは伊大知紀子さん（現永島夫人）
であった。

この方法は、いわゆる、発見的方法ではない。証明すべき定理と、その証明
に必要ないくつかの前提を与えて、いろいろのメカニズムに従って、そ
れから証明を導きだしていく方法である。メカニズムの構成には、数理
論理学のいくつかの定理を前提とするが、それには触れないことにする。
また、アルゴリズムの全体系をここで述べることはとてもできないので、
その一部に止める。実行例としては、初等幾何のみをとりあげたが、そ
の他にも、ごく簡単な代数的な問題や、集合論の簡単な問題なども扱っ
た。しかし、ここでは省略する。

1つの実行例をあげ、これを追跡しながら、解説的に進める。

この例は、所要時間2分10秒で証明を完成したものである。

1. 問題の形式化

初等幾何のつぎの問題を考える。

「図のような4辺形 $abcd$ が与えられたとき、 $ad = bc$ かつ $ad \parallel bc$ ならば、 $ab = cd$ でかつ $ab \parallel cd$ である」。

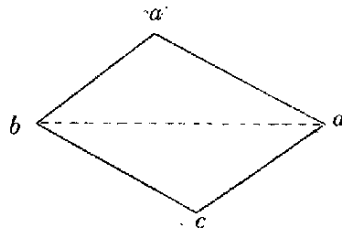
この問題の証明には、第1図のような補助線を用いて証明するのがふつうである。われわれのプログラムも、同様の補助線を用いて証明を完成する。

さて、問題を計算機にかけるには、問題を形式化しなければならない。

それには、述語論理の体系が援用される。われわれは問題を、対象と、対象間の関係として形式的に記述し、それらを論理操作で結合する。

$ad = bc$ 、 $ad \parallel bc$ はいずれも4つの対象 a, b, c, d の間の関係を示している。また、 $\angle abc < \angle def$ とか $\angle abc = \angle def$ は、6つの対象 a, b, c, d, e, f の間の関係を示し、それらの関係を表わす述語は、それぞれ $\angle*** < \angle***$ 、 $\angle*** = \angle***$ である。

問題の中にある“図のような4辺形 $abcd$ ”といったものも、形式的に



第 1 図

記述しなければならない。これは、4点 a, b, c, d の位置関係を示すものであり、たとえば、線分 ac と bd が交わると表現して示すことができる。これを $Cacbd$ と書くことにしよう。

前記の問題を形式的に記述すると

$$(ad = bc \wedge ad \not\parallel bc \wedge Cacbd) \supset (ab = cd \wedge ab \not\parallel cd)$$

となる。ここで、“ $\wedge$ ”は“そして”、“ $\supset$ ”は“ならば”を表わす論理演算である。この論理式は

$$\neg ad = bc \vee \neg ad \not\parallel bc \vee \neg Cacbd \vee (ab = cd \wedge ab \not\parallel cd)$$

と同値である。“ $\vee$ ”は“あるいは”を、“ $\neg$ ”は“否定”の論理演算である。このように、もっとも外側の論理演算として“ $\vee$ ”しか含まない式では、“ $\vee$ ”のかわりに“,”を書いて

$$\neg ad = bc, \neg ad \not\parallel bc, \neg Cacbd, (ab = cd \wedge ab \not\parallel cd)$$

と書くこともある。また、

$$ad = bc, ad \not\parallel bc, Cacbd \rightarrow ab = cd \wedge ab \not\parallel cd$$

と書くこともある。この場合は、矢印“ $\rightarrow$ ”は“ならば”の意味であり、その左辺の“,”は“そして”、右辺の“,”は“あるいは”を表わす。矢印“ $\rightarrow$ ”のない式は、その式のもっとも左側に“ $\rightarrow$ ”がついていて、左辺が空なものとして理解すればよい。

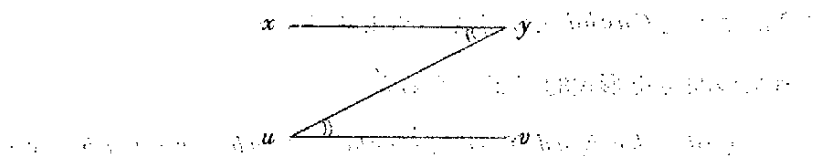
2. 証明に必要な前提

1. で与えた問題の証明には、初等幾何の若干の定理が必要である。つきに列挙してみよう。

$$(1) (x)(y) xy = yx$$

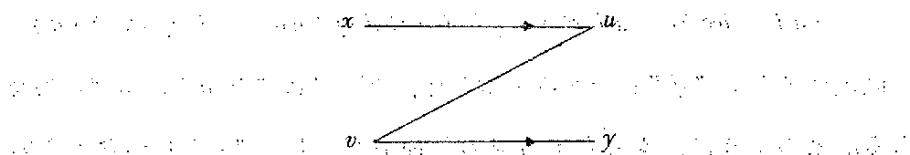
$$(2) (x)(y)(u)(v)(s)(t)(\neg xy = uv \vee \neg uv = st \vee xy \neq st) \quad (1.1.1)$$

$$(3) (x)(y)(u)(v)(\neg xy \parallel uv \vee \neg Cxyuy \wedge \neg uyx \neq yuv) \quad (1.1.2)$$



第 2 図

$$(4) (x)(y)(u)(v)(\neg \angle xuv = \angle yvu \vee \neg Cxyuv \vee \neg xu \parallel yv) \quad (1.1.3)$$



第 3 図

$$(5) (x)(y)(z)(u)(v)(w)(\neg xy \neq uv \vee \neg \angle zy \neq uv \vee \neg \angle zyx \neq \angle wvu \vee (xz = uv \wedge \angle xzy = \angle uwb)) \quad (1.1.4)$$

“2 辺と夾角が等しければ 2 つの三角形は合同”である。

(1), (2), (3), (4), (5) に現われる (x) とか (y) というのは, “すべての x に対して”, “すべての y に対して” という意味である。したがって, これらの x, y, z, u, v, w, s, t には, われわれの問題に与えられている a, b, c, d のどれが代入されてもよいわけである。また, (1), (2), (3), (4), (5) には x, y など同じ文字が用いられているが, たとえば, (1) の x と (2) の x とは同じものを表わしているわけではない。(1) の x に a が代入されたとき, (2) の x に対して a が代入されようと b が代入されようとかまわない。これは相違が当然である。この相違が問題である。

われわれが (1) ~ (5) を前提として問題の証明をしようというとは, (1) ~ (5) を無条件に正しいものと仮定して証明を行なおうということである。

われわれのプログラムでは、いろいろの形での Input が可能であるが、説明の都合上、(1), (2), (3), (4) の前に、それぞれ

Theorem 1., Theorem 2., Theorem 3., Theorem 4. と書いて並べておくものとする。そうして、

Problem.

と書いたあとに

$$\begin{aligned} & (x)(y)(z)(u)(v)(w)((xy = uv \wedge zy = vw \wedge \angle zyx = \angle wvu) \supset \\ & \quad (xz = uw \wedge \angle xzy = \angle uww)), \\ & ad = bc, ad \not\parallel bc, Cacb d \rightarrow (ab = cd \wedge ab \not\parallel cd) \end{aligned}$$

と書くものとする。

3. 分 解

われわれの Problem には種々の論理演算の記号が含まれている。これらの記号を分解していったって、Problem の論理式を加法標準形に変換していく過程が分解の過程である。

Problem のなかにある、“ $\rightarrow$ ”の左辺の $(x), (y), (z), (u), (v), (w)$ は、これらに a, b, c, d のうちの適当なものを代入する場所であることを、計算機の記憶装置にとどめて、省いてしまうことにする。また、 x, y, z, u, v, w という文字は、Theorem 中のそれらの文字と混同するといけなないので、 i, j, k, l, m, n と書きかえることにする。すると、Problem はつぎの式になる。

$$\begin{aligned} & (ij = lm \wedge kj = nm \wedge \angle kji = \angle nml) \supset ik = ln \wedge \angle ikj \\ & = \angle lnm), ad = bc, ad \not\parallel bc, Cacb d \rightarrow ab = cd \wedge ab \not\parallel cd \end{aligned}$$

さらに、 i, j, k, l, m, n には a, b, c, d のなかの適当なものが代入されるのだという情報が付属することになる。

“ $\rightarrow$ ”の左辺の“,”は $\wedge$ のことであり、“ $\rightarrow$ ”は“ならば”の意であるから、これを加法標準形に変換することは容易であろう。われわれのプログラムでは、この変換にも特殊なメカニズムが用いられるが、それは変換速度をきわめて迅速にする効力はあるが、本質的ではないので省略する。

標準形への変換の結果、Problemの論理式が、つぎの8つの式を“ $\wedge$ ”で結合したものと同値であることがわかる。

- (1) $ij = lm, \neg ad = bc, \neg ad \parallel bc, \neg Cacbd, ab = cd$
- (2) $kj = nm, \neg ad = bc, \neg ad \parallel bc, \neg Cacbd, ab = cd$
- (3) $\angle kji = \angle nml, \neg ad = bc, \neg ad \parallel bc, \neg Cacbd, ab = cd$
- (4) $\neg ik = ln, \neg \angle ikj = \angle lnm, \neg ad = bc, \neg ad \parallel bc, \neg Cacbd, ab = cd$
- (5) $ij = lm, \neg ad = bc, \neg ad \parallel bc, \neg Cacbd, ab \parallel cd$
- (6) $kj = nm, \neg ad = bc, \neg ad \parallel bc, \neg Cacbd, ab \parallel cd$
- (7) $\angle kji = \angle nml, \neg ad = bc, \neg ad \parallel bc, \neg Cacbd, ab \parallel cd$
- (8) $\neg ik = ln, \neg \angle ikj = \angle lnm, \neg ad = bc, \neg ad \parallel bc, \neg Cacbd, ab \parallel cd$

4. Trueかどうかの判定

われわれのProblemは前節の(1)~(8)の各式を“ $\wedge$ ”でつないだものと同値であることがわかったとすると、(1)~(8)の各式がTrueであると

き、われわれの Problem も True になることがわかる。ところで、われわれは、Theorem 1, …… , Theorem 4 を無条件に True なものと仮定しているわけである。したがって、(1)~(8)の各式が、Theorem 1 …… , Theorem 4 のどれかの特別の場合になっていればよい。ところで、われわれが、無条件に True なものとして仮定しているものには、これらの Theorem の他に、排中律という論理の法則がある。排中律とは、“ $\vee$ ”のみで結合された式のなかに、ある論理式 A と $\neg A$ とが含まれていればその式は True であるということである。

そこで、(1)~(8)の各式の i, j, k, l, m, n のそれぞれに、 a, b, c, d のうちから適当なものを代入したとき、それぞれの式が、排中律であるか、Theorem 1, …… , Theorem 4 のどれかの特別の場合になっているかをしらべることになる。

(1)が排中律を含むのは、

$$i := a, j := d, l := b, m := c$$

のときである。このとき(1)は

$$ad = bc, \neg ad = bc, \neg ad \neq bc, \neg Cacb d, ab = cd$$

となり、たしかに排中律を含む。 i, j, l, m に対して他の代入をしても排中律を含むことはない。

(1)が Theorem 1 から True になるのは、

$$i := m, j := l$$

の場合のみである。このとき(1)は

$$ml = lm, \neg ad = bc, \neg ad \neq bc, \neg Cacb d, ab = cd$$

となり、 $ml = lm$ が Theorem 1 の特別の場合で True になる。

また、たとえば(3)を例にとると、(3)は排中律を含むことはない。また、

(3)では“=”を述語とするものは、

$$ab = cd$$

であり、これは Theorem 1 の特別の場合ではないから、Theorem 1 によって True になることもない。Theorem 2 は “ $\neg ** = **$ ” の形のものが 2 つと “ $** = **$ ” の形のものが 1 つ含まれている。しかし (3) には “ $\neg ** = **$ ” の形のものが 1 つしかないから、Theorem 2 によっても True にはなり得ない。Theorem 3 では

$$\neg xy \parallel uv, \angle Cxvy, uyx = yuv$$

があり、(3)の部分集合で対応するものをとると

$$\neg ad \parallel bc, \neg Cacb d, \angle kji = \angle nml$$

がある。そこで

$$i := a, j := d, k := b, l := c, m := b, n := d$$

とすると、

$$\neg ad \parallel bc, \neg Cacb d, \angle bda = \angle dbc$$

となり、Theorem 3 の特別の場合となる。したがって、この代入で (3) は Theorem 3 により True になる。

この方式で (1), (2), (3) が True になる条件を表にしてみると、つぎのようになる。

	i	j	k	l	m	n
(1)	$\left\{ \begin{array}{l} a \\ m \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} d \\ l \end{array} \right.$		$\left\{ \begin{array}{l} b \\ c \end{array} \right.$		
(2)		$\left\{ \begin{array}{l} d \\ n \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} a \\ m \end{array} \right.$		$\left\{ \begin{array}{l} c \\ b \end{array} \right.$	
(3)	$\left\{ \begin{array}{l} a \\ d \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} b \\ c \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} b \\ d \end{array} \right.$			

(1)と(2)は、上段の代入でも下段の代入でもよいことを示している。空欄は、 a, b, c, d のどれを代入してもよいことを示している。

(3)から、

$$i := a, j := d, k := b, l := c$$

でなければならないことがわかる。したがって、(1)の上段の代入では $l := b$ であるから、(1)では下段の代入でなければならないことがわかる。とすると

$$(1) \text{ 中 } i := m, j := l$$

であり、(3)から

$$(2) \text{ 中 } j := d, l := c$$

となる。 l に d という異なったものが代入されることになるので、(1),

(2), (3)を同時に True にする代入は存在しないことになる。したがって

このことから、われわれの Problem は、Theorem 1, ..., Theorem 4 によっては True にはならない。

しかし、これから直ちに Problem が False だと結論することはできない。

5. 三段論法

三段論法というのは

$$\frac{A \quad A \rightarrow B}{B} \quad \text{とか} \quad \frac{A \rightarrow B \quad B \rightarrow C}{A \rightarrow C}$$

とか定式化されるが、上のものは、“ $\rightarrow$ ”を省いてかけば、

$$\frac{A \quad \neg A, B}{B} \quad \text{あるいは} \quad \frac{\neg A, B \quad \neg B, C}{\neg A, C}$$

とも書ける。これを一般化すれば、つぎのようになる。

$$\frac{\#_1 A_1, \dots, \#_i A_i, C, \#_{i+1}, \dots, \#_n A_n,}{\#_1 A_1, \dots, \#_n A_n,} * \\
* \frac{\varepsilon_1 B_1, \dots, \varepsilon_j B_j, \neg C, \varepsilon_{j+1} A_{j+1}, \dots, \varepsilon_n A_n}{\varepsilon_1 B_1, \dots, \varepsilon_n B_n}$$

ここで $\#_k, \varepsilon_k$ は, " $\neg$ " であるか空である。

三段論法の2つの前提が True であれば, その結論もまた True である。

さて, われわれは, Theorem 1, ..., Theorem 4 を True なものと仮定した。とすると, これらの Theorem から三段論法で得たものもまた True ということになる。Theorem の間で三段論法で得られるものとはどういうものか, Theorem 1 と Theorem 2 に三段論法を適用して説明する。

Theorem 2 の x, y, u, v, s, t になにを代入してもよいものであった。したがって u に y を, v に x を代入してみると, Theorem 2 の特別の場合として,

$$\neg xy = yx, \neg yx, = st, xy = st$$

となる。これと Theorem 1 とで三段論法を用いると

$$\neg yx = st, xy = st$$

がでてくる。われわれはこれを Lemma 1 とよぼう。

また同様に, Theorem 2 の s に v を, t に v を代入すると

$$\neg xy = uv, \neg uv = vu, xy = vu$$

となり, これと Theorem 1 の x に u , y に v を代入した

$$uv = vu$$

とから三段論法により,

$$\neg xy = uv, xy = vu$$

が得られる。これを Lemma 2 とよぼう。

この要領で、Theorem 1, ..., Theorem 4 から、一度三段論法を適用して、かなりの数の Lemma が得られることになる。

こうして得られた新しい Lemma を True なものの集団に加えて、前節で行なったように、(1), ..., (8) が True になるかどうかを調べるわけである。これでまだ (1), ..., (8) のすべてを True にする代入が見つからなければ、Theorem, Lemma を含めて、第 2 回の三段論法によって、新たに Lemma を生産することになる。

われわれの Problem は、第 1 回目の Lemma について調べることにより、つぎの代入で (1), ..., (8) のすべてが True になる。

$$i := a$$

$$j := d$$

$$k := b$$

$$l := c$$

$$m := b$$

$$n := d$$

(1), ..., (8) はそれぞれつぎのようになる。

$$(1) \neg ad \not\parallel bc, \neg ad = bc, \neg Cacb d, cb = cd, ad = cb$$

true by Lemma 2

$$(2) \neg ad \not\parallel bc, \neg ad = bc, \neg Cacb d, ab = cd, bd = db$$

true by Theorem 1

$$(3) \neg ad \not\parallel bc, \neg ad = bc, \neg Cacb d, \angle bda = \angle dbc, ab = cd$$

true by Theorem 3

- (4) $\neg ab = cd, \neg \angle abd = \angle cdb, \neg ad = bc, \neg ad \parallel bc$, true by logical axiom
- (5) $\neg ad \parallel bc, \neg ad = bc, \neg Cacbd, ad = cb, ab \parallel cd$, true by Lemma 2
- (6) $\neg ad \parallel bc, \neg ad = bc, \neg Cacbd, bd = db, ab \parallel cd$, true by Theorem 1
- (7) $\neg ad \parallel bc, \neg ad = bc, \neg Cacbd, \angle bda = \angle dbc, ab \parallel cd$, true by Theorem 3
- (8) $\neg ad \parallel bc, \neg ab = cd, \neg ad = bc, \neg Cacbd, \neg \angle abd = \angle cdb, ab \parallel cd$, true by Theorem 4

6. 補助線

いま扱われてきた問題は，補助線 bd を引いて証明をするのがふつうであり，またここでも，補助線 bd を引いて証明しているのである。それは，前提(5)，“2辺と夾角が等しければ2つの3角形は合同である”という定理を，3角形 adb と3角形 cdb に適用したことにあたるわけである。実際， i, j, k, l, m, n にそれぞれ a, d, b, c, b, d を代入した結果(5)を書いてみると，

$$\begin{aligned} ad = cb, bd = db, \angle bda = \angle dbc &\Rightarrow ab = cd \\ \angle abd = \angle cdb &\Rightarrow ab = cd \wedge \angle abd = \angle cdb \end{aligned}$$

となるであろう。

このように，補助線を探したり引いたりすること，これらの i, j, k, l, m, n に a, b, c, d のなかのなにを代入すべきかを探し，また

TheoremによってどういうLemmaがつくれ、それがどう適用されてProblemがTrueになるかを調べる操作のなかに含まれていることになる。

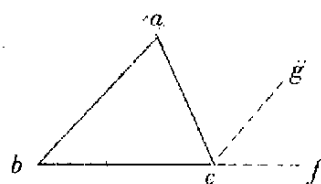
補助線を要するもう1つの問題「3角形の内角の和は2直角に等しい」をとりあげてみる。

これは第4図のような補助線を引いて証明される。補助線 f は

$(x)(y)(\exists z) Bxyz$ $Bxyz$ は、 y は x と z の間にあるの意という前提を、 x, y としてそれぞれ b, c をとったときに引かれたことになる。また補助線 g は、

$$(x)(y)(u)(\exists v) xy \not\parallel uv$$

という前提を、 x, y, u としてそれぞれ a, b, c として適用したとき、自動的に補助線 g が引かれたことになるのである。



第 4 図

このように、いままで与えてきた方法を初等幾何の証明に適用すれば、補助線を引くという操作も、特別の操作ではなくなるわけである。

7. 実行例

7.1 「2等辺3角形の両底角は相等しい」

前提(1) $xy = uv, xz = uw, \angle yxz = \angle vuw \rightarrow \angle xyz = \angle uvw$

(2) $\angle yxz = \angle zxy$

$$(3) \quad xy = uv \rightarrow uv = xy$$

の下で, $ab = ac \rightarrow \angle abc = \angle acb$ を証明する。

Theoremとして(1)のみを用い, (2), (3)をProblemに入れたとき, 所要時間は7秒。

Theoremとして(1), (2), (3)を用いると, 13ヶのLemmaをつくり出す。所要時間は33秒。

いずれの場合も, 裏がえしにして重ねるとぴったり合うから, という証明方法であった。

7.2 「3角形 abc において, $\angle abc < \angle acb$ ならば $ac < ab$ である」

前提(1) $uv < xy, uv = xy, xy < uv$

$$(2) \quad \neg \angle xyz = \angle uvw, \neg \angle xyz < \angle uvw$$

$$(3) \quad \neg \angle xyz < \angle uvw, \neg \angle uvw < \angle xyz$$

$$(4) \quad xy = xz \rightarrow \angle xzy = \angle xyz$$

$$(5) \quad xy < xz \rightarrow \angle xzy < \angle xyz$$

これらのもとで

$$\angle abc < \angle acb \rightarrow ac < ab$$

を証明する。

Theoremとして(1), (2), (3)を, (4), (5)をProblemに入れると, 所要時間12秒。

Theoremとして(1), (2), (3), (4), (5)を用いると, 73ヶのLemmaをつくり出し, 所要時間10分30秒でTrue, いずれの場合も, 背理法にあたる証明であった。

7.3 「3角形 abc の辺 ab, bc, ca の垂直2等分線は1点に会する」

(外心) (第5図)

前提(1) $Bxyz, xy = zy, Ru yx \rightarrow xu = zu$

(2) $xy = uv \rightarrow uv = xy$

(3) $xu = zu, xy = zy, Bxyz \rightarrow Ru yx$

(4) $xy = uv, uv = st \rightarrow xy = st$

のもとで,

$Bbdc, Bcea, Bafh, af = bf, bd = cd \quad cc = ae,$

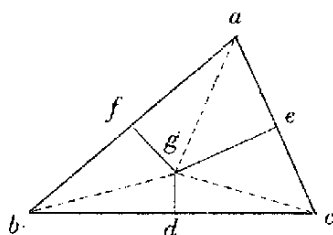
$Rgfa, Rgdb \rightarrow Rgec$

を証明する。ここで

$Bxyz$: 点 y は点 x と点 z の間にある

$Rxyz$: $\angle xyz = \text{直角}$

8 つの Lemma をつくり, 所要時間 9 分 55 秒で True。



第 5 図

7.4 その他の実行例

「3 角形の内角の和は 2 直角に等しい」

35 秒 ~ 1 分 32 秒で True

「3 角形 abc の $\angle a$ の 2 等分線が辺 bc を 2 等分するならば $ab = ac$ 」

所要時間 1 分 30 秒

「2 等辺 3 角形 abc の底辺 bc の中点を d とすると, ad は頂角 a を 2 等分する」

所要時間 15 秒

8. 問題点

ここでとり上げてきた例では、証明を完成するのに必要な、ほぼ最小限の前提を、あらかじめわれわれが選定している。したがって、証明を見つけることが比較的容易であった。それでも、Theoremの数が多くなると、それからつくり出されるLemmaの数が多くなる。一回三段論法を行なうと、Lemmaの数は、もとのものの2乗ないし3乗程度にふえる。したがって、三段論法の適用回数が増加すると、とても扱いきれなくなる。また、前提をTheoremの方からProblemの方にまわすと、前の例の i, j, k, l, m, n に当るものが急増して、これに対する代入条件が指数関数的な増加を来し、たちまち扱いきれなくなる。

この辺の条件の集合をうまくさばくアルゴリズムを見出すことが必要と思われる。

定理の証明に対する試みはあまり多くはない。論理計算を行なわせる程度の簡単なものは、あちこちで成功している。その後あまり大きな進展はなかったようであるが、ここ数年、いくつかの論文を散見するようになった。筆者のここで用いた、Theoremや三段論法を用いてLemmaをつくり出す方法に近いものも現われだしたようである。数多くの実験例が出てきて、数学の証明の難易の型が統計的にでも測れるようになると、数学の証明に止まらず、広く応用の分野が開けてくるかもしれない。

慶応義塾大学研究教育情報センターに於ける
情報資料管理システム (KULIC SYSTEM)

慶 応 義 塾 大 学

本部事務室長代理 福 留 孝 夫

本部事務室係主任 孫 福 弘

三田情報センター

パブリックサービス部長代理 安 西 郁 夫

三田情報センター

収 書 課 係 主 任 渡 川 雅 俊

医 学 図 書 館 裏 田 和 夫

図 書 館 情 報 学 科

大学院修士課程 渡 部 満 彦

全 上 小 沢 彌

慶応大学は地理的に四つのキャンパスから成る。従って図書館組織も人文・社会科学系を中心とする三田本館；一般教養課程を対象とする日吉の藤山図書館；医学図書館；工学図書館がある。その他に特に三田及び日吉キャンパスでは各研究室や諸研究所がかなりの図書資料を擁し、それぞれ個々に機能して来た。このように拡散した組織を一つの有機体として再編成するための計画が、本大学に於ける「情報センター」構想であり、45年4月をもって従来の図書館も「研究教育情報センター」(Keio University Libraries & Information Centers)なる名称の下に包括されることになった。この構想の実現は目下進行中と

いう形であるが、その過程で当然生れて来たのが業務のシステム化である。このKULIC SYSTEMは、単なる実験やテストではないし、また高等なるプログラム開発を意図するものでもない。大学図書館の近代化を実現するための手段であり、そのシステムは日常の業務や情報サービスの多様化に対して、常に更新・維持されうるものでなければならない。

図書館界に於ける機械化には大きく二つの傾向に分けられる。一つは、利用者の便宜のためのものであり、例えば文献の機械検索とか、冊子体の目録を編成して広く配布することなどが試みられて来ている。二つには、日常の図書館業務そのものの機械化である。即ち目録カード作成、注文及び会計処理、雑誌受入管理、貸出記録のコントロール等である。後者は図書館技術（＝ドキュメンテーション）の生産性という面で著しく重要なステップである。我々のシステムもこの後者を主にして進められているものである。以下、各サブシステムに就いて各担当者から具体的に紹介することにした。

I 資料予算管理システム（B I C C）

大学において学術研究用資料の購入にあてられる年間予算は、数千万から数億にのぼるのが普通である。さらにこれは、学部、学科、研究所、専攻分野、研究領域等々といった単位ごとに細分化されて金額が割りあてられているのが実状である。

ところでそれらの各单位ごとに資料管理上独立的な縦割りのシステムが採られていれば、各单位ごとの予算管理そのものはさして大変な業務とは考えられない（その反面、このような旧来のシステムの弊害は、資

料管理・資料提供サービス面では致命的なものである)。しかしこれを、収集・受入・整理といったテクニカル・サービス面を一元化する方向に進めれば、これに伴って、資料予算の管理はきわめて煩瑣な業務とならざるを得ない。

そのうえ、多くの大学では、研究者個人単位で年間一定の金額を研究用図書・資料購入のための費用として予算化するといった制度も見られる。このような個人向けの資料予算をもあわせて管理することになれば、研究者の数だけの細目管理が必要となり、龐大な作業量となる。

このため、これら各单位ごとの資料予算の消費状況と、これに伴って発生する支払関係業務の管理を、可能なかぎり機械化しようとするのが、本システム (Budget Information Control on Computer) である。

本システムの内容は、大きく下記の三つのジョブに区分できる。

1. 業者別支払内容表、月別支払内訳表、部門別予算管理表、月別購入統計等を作成するためのメイン・ジョブ (入力時におけるフォーマット・エラーの検出ジョブを含む)。
2. マスターテープの変更修正を行なうアプリケーション・ジョブ (仮支払等による差額の修正その他)
3. 国庫補助金等のための実績報告書作成ジョブ。

II 資料収集管理システム (A I C C)

「資料収集」という業務は、大学図書館 (慶応義塾大学の場合は「情報センター」) の場合、通常、図書資料の選定、受入、登録、および支

私の4つの機能をはたすための作業を含んでいる。このうち図書選定を除く他の機能に必要な作業は比較的機械的なデータ処理が中心となっている。したがってこのA I O C (Acquisitions Information Control on Computer) では、①受入図書資料速報、②各種のオンラインプロセスファイル、③受入図書台帳のファイルおよびリストの編成をメインジョブとする。このシステムは、入力モジュール(データの形式的エラーをチェックし、トランザクション・ファイルを作成する、可変長のデータを扱うことができる)。編集モジュール(トランザクションとマスターのマージを主体とする)、および編集モジュールから成る。

A I O Cは、昨年7月から、システム設計にかゝり、12月に第一段階の実験が行なわれた。初期の実験では、いわゆる単行書(洋書)を中心としたデータをインプットし、上記①～③のアウトプットを作成した。今後、P I O Cの対象となる定期刊行物以外のすべての形態の図書資料を含む作業ができるよう第一段階のシステムを検討していく。

従来、「収集」は、情報サービスの一連の業務のうち、導入部分の仕事と考えられており、そうした考えにもとづいて業務が慣習的に形成されてきた。しかし、それは結果として、図書資料そのものを次のステップへ廻すということが中心になっており、作業上必要なデータを伝達するという考えには到らなかった。収集の段階で処理するデータは、現在の図書館における文献サービスの最も重要な「書誌データ」であり、これは「収集」という一つのプロセスにおいてのみ必要なものではなく、次の段階にある図書資料の組織のための「整理」および文献と情報の「利用」の全般にわたるプロセスに必要となる。

Ⅲ 資料収集管理システム (P I C C)

全学的レベルにおける逐次刊行物記録の総合的管理を行なうシステムである。主旨は情報提供サービスそのものではないが、その目的を遂行するための基底となる house keeping での省力化である。この種のシステムの開発は既にアメリカでは実施を見ることが出来るが我が国において当システムのような総合的な記録管理システムは初めてである。

P I C C (Periodical Information Control on Computer) は現行雑誌の全学的な収集状況の編集、日常の受入作業の機械化、最新の所蔵巻号を一覧し得る総合雑誌目録の編集の 3 つのサブシステムに区別されている。全システムを通じ、入力はカード、外部記憶ファイルは磁気テープ、LP によりリストとして出力される。

1) 現行雑誌所在目録の編集に関するサブシステム：現在入手中の雑誌名を主とした目録の編集を行なう。次のデータ・エレメントを有し、それぞれがソートキーとなり、かつ更新ルーチンにより常時新しい情報の目録を編集することが可能である。誌名（出版地）、言語、頻度、配置場所（全学から学科資料室の単位までを含む）、業者、価格、簡略化した所蔵状況。

2) 逐次刊行物受入作業に関するサブシステム：日常の受入作業を行なうもので、毎日・毎月の受入雑誌リスト、統計表の作成、未着巻号の検出、製本の準備通知の各セグメントを有する。こゝで作成されたファイルに累積された受入巻号データは次のサブシステムへの更新用データとして使用される。

3) 総合所蔵目録の編集に関するサブシステム：所蔵巻号を含んだ、全

学の総合目録から各学科資料室単位までの目録を多面的に編集する。(2) のサブシステムにより累積されたファイルの巻号データは、このサブシステムのファイルへ更新ルーチンにより移行され、最新の所蔵巻号での目録の編集を可能としている。

IV 文献情報提供システム (D I C C)

文献情報の提供サービスは、retrospective searchとcurrent awareness の二つに大別される。前者は、累加的に蓄積された文献情報の中から、特定の主題に関するものを過去に遡って探索し、その結果を提供するサービスであり、後者は、最新の文献情報を周期的に提供するサービスである。

電子計算機によるcurrent awareness サービスとしては、KWIC索引やKWOC索引などが知られているが、この種の索引はいわばレディー・メードであり、研究者はそこから必要と思われるものを自分で選択しなければならない。

これに対して、オーダー・メードともいうべき性質のcurrent awareness がSDI (Selective Dissemination of Information・情報の選択提供) と呼ばれて、注目を集めつつある。

D I C Cシステムは、これら2種類のcurrent awareness サービスの提供を意図し、次のサブシステムによって構成される。

- (1) 各分野の重要雑誌掲載論文の標題等を入力データとし、KWIC索引、KWOC索引、著者索引、KWOC索引と著者索引の混合であるWADEXのいずれをも、指定により作成する。キーワードの処理に

については，キーワード指定方式，ストップ・ワード指定方式のいずれをも指定することが可能である。

- (2) 近年大学においても学部・学科の壁を越えたグループ研究が漸増しつつあり，これらの研究グループに対して有効な文献情報を提供することが今後の大学図書館に課される重要な任務の一つと考えられる。このサブシステムでは，各研究グループのインタレストをキーワード形式で登録するプロフィールを作成しておき，選別的なKWIC形式またはKWOC形式の索引を作成し，研究グループに対して個別的に提供する。

LURAP の 開 発

東京大学工学部助教授 伊 藤 滋

助 手 山 田 学

助 手 腰 塚 武 志

大学院博士課程 月 尾 嘉 男

大学院修士課程 岡 部 篤 行

はじめに — LURAPの開発の一素材について

都市計画の領域で、計算機を単なるデータ処理の道具としてではなくて、都市構造の分析のための装置として考えられるようになったのはそれほど古いことではない。

しかしながら最近では、都市の経済構造の分析や、交通計画に関して数々の注目すべき研究が見うけられるようになった。又土地利用の変化を計量的な観点から検討を加えてゆく試みも、ここ4・5年来特に米国で盛んになってきた。

今回、研究を組織化してゆこうとする、LURAPの開発は、これ迄断片的にまとめられてきたこれ等の分析手法を総合化し、やゝもするとあいまいな判断にゆだねられる部分が多かった都市計画の骨格を、客体視しうるものと、主観的評価を必要とするものに整理しようとするものであ

る。この結果計画家の意図とその成果がクイックレスポンスによって、実質性のある対話が可能となり、そのために本来の意味でのフィードバックシステムが都市計画の計画手法のなかに完成されることが期待されている。

ここでは、まずその研究の初めにあたって、都市計画の一素材となる土地利用解析の事例を紹介する。そしてこのような素材をどう結びつけて、かつ無駄な計算操作をはぶきながら、都市の変化を正しく予測してゆけるかの論議の材料に供したい。

土地利用モデルの試案

1. モデルの概要

ここにいう、いわゆる戸田モデルは大都市近郊の小都市における将来人口予測を、土地利用、交通条件、地価といういわば三位一体的なものの相互関連から行なうというものである。

住宅立地は需要者側と供給者側の行動によって決定されるわけであるが、それが静的関係に於て、いわば二曲線の交点から求められるというよりは、むしろ計画地域内相互の関連及び同地域とその周囲との関連で捉えてゆこうとするのがこのモデルの主旨である。

まず始めに、ある期の市全域の人口等から推定を行ない、その人口を交通機関への接近度、人口密度等を説明変数として更に各地区に配分する。その配分された地区別人口は、別に宅地供給函数を媒体として求められた地区別の宅地供給量と結びつけられ、これが説

明変数として組込まれた地価函数によって各地区の宅地価格が決められる。そしてこの地区別宅地価格は、全市1本の平均宅地価格に換算されて市外の地価水準と比較チェックされ、市全域の人口総量を変動させるひとつの要因になる。ここで、地区別地価→市全域人口→各地区別人口→地区別地価→……という繰返し演算を必要とするループが設定され、この演算は市全域の人口がある一定の変動範囲に収斂するまで実施される。

ここでアウトプットされるものは、各年次別・各地区別の地価、人口、宅地供給量の3指標となる。

なお、上記のモデルは連続的に変化する人口流入を予め想定しているので、不連続な形で定着する公団住宅団地のような計画的人口配分は、別な動きとして考慮しておく必要がある。例えば、ある年次に6万人の住宅団地が計画されたとしても、実際の入居は3年後から毎年2万人ずつとなるといったような特別の条件が生じるということである。

また、タイムラグを伴った推定値を説明変数として、他の指標を説明しようとする試みも考えられている。例えば1期前の地価を考慮しながら、今期の宅地供給量が農地から生みだされるであろうし、前期の人口増分は今期の人口増分に大きく影響するであろうなどの条件である。

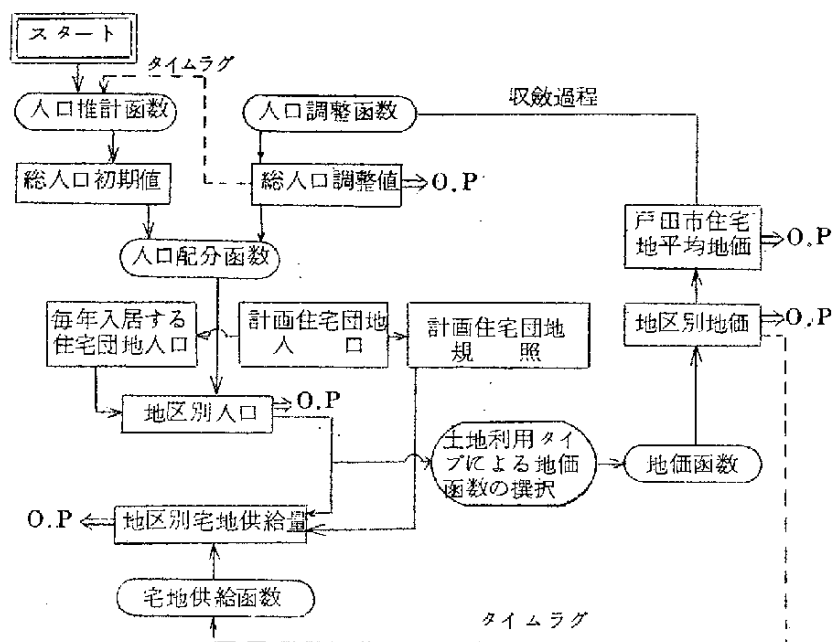


図-2 戸田市における土地利用モデルのブロックダイアグラム

2. 各ブロックにおける函数の組立て方

(1) 市全域の人口について（初期値）

t 期における戸田市全域の夜間人口は、 $t-1$ 期の同市夜間人口と、 t 期における戸田市周辺都市群の昼間人口で説明されると考える。なお、ここで周辺都市群というのは、練馬、板橋、北、足立の4区と、浦和、川口、大宮、草加、蕨、朝霞、与野、鳩ヶ谷、大和の埼玉南部9市である。

$$P_t^0 = aP_{(t-1)} + bQ_{(t-1)}^0 \dots \dots \dots (1)$$

ここで P_t^0 : t 期の戸田市夜間人口の初期値

$P_{(t-1)}$: t-1 期の戸田市人口で、これは t-1 期に算出

された第 2 ブロック (後述) の値を使用する。

$Q_{(t-1)}^0$: t-1 期の周辺都市群昼間人口 (外生値)

a, b : 常数

(2) 市全域の人口について (調整値)

第 1 ブロックで求められた市全域人口は、更に地価の変化によって変動するものと考えられる。即ち戸田市内部の地価が周辺都市群の地価に比べて高すぎるのであれば、同市の住宅地を求めるのに比較して相対的に狭小な面積しか購入できず、従ってこの結果が累積してゆくのならば、戸田市の人口密度は周辺都市よりも高くなるであろう。ここでは推定式として下記のものを想定した。

$$\frac{P_t}{A} - \frac{Q_t}{B} = c(L_{vt} - M_{vt}) \dots\dots\dots (2)$$

ここで、

P_t : 調整後の戸田市夜間人口 (t 期)

A : 戸田市の市域面積

Q_t : 周辺都市群の t 期の夜間人口 (外生値)

B : 周辺都市群の市域面積の合計値

L_{vt} : t 期における戸田市全域の平均地価

M_{vt} : t 期における周辺都市全域の平均地価 (外生値)

c : 常数

(3) 各地区に対する人口配分

第 2 ブロックで求められた戸田市全域人口の調整値は、更に戸

田市を構成する6地区に配分される。ここでの配分手法の基本的な考え方は、在来の重力モデルタイプのポテンシャル函数は本市のような小規模地域には適当でないと考えて、全市人口に対する各地区人口の配分比率が、当地区までのアクセシビリティ、前期の人口配分比率、前期の宅地利用可能面積に支配されると考えた。

$$\frac{p_{i,t}}{P_t} = d \frac{p_{i,(t-1)}}{P_{(t-1)}} + e \frac{a_{c i t}}{\sum_i a_{c i t}} + g \frac{F_{i,(t-1)}}{\sum_i F_{i,(t-1)}} \dots\dots (3)$$

ここで、

$p_{i,t}$: t期の戸田市内i地区の夜間人口

$a_{c i t}$: t期の戸田市内i地区の交通接近係数(外生値)

$F_{i,(t-1)}$: t-1期の戸田市内i地区の宅地転用可能面積

d, e, g : 常数

なおここで $a_{c i t}$ は資料の関係から、次のように定義する。

$$a_{c i t} = D_{i,t}^1 + h D_{i,t}^2 \dots\dots\dots (4)$$

ここで、

$D_{i,t}^1$: 戸田市中心市街地にi地区から向うバスの1日平均運転回数

$D_{i,t}^2$: i地区から都心方向に向う通勤的・性格の強いバスの1日平均運転回数

h : 常数

(4) 宅地供給量の推定

各地区の毎年の宅地供給量は、宅地利用可能面積、1期前の地価、農家所得、農家金融資産残高で説明されるであろう。この

函数形はいろいろ試みられているが、一般的には、おおよそ次のように考えられる。

$$E_{it} = k \cdot F_{it(t-1)} + n \cdot l_{vi(t-1)} + q \cdot Y_{it} + r \cdot J_{it} \dots \dots (5)$$

ここで、

$l_{vi(t-1)}$: $t-1$ 期の i 地区の平均宅地価格

Y_{it} : t 期の i 地区の平均農家所得 (外生値)

J_{it} : t 期の i 地区の平均農家金融資産 (外生値)

E_{it} : t 期の i 地区の農地転用面積

k, n, q, r : 常数

なお、

$$F_{it(t-1)} = F_{it_0} - \sum_{t_0}^{t-1} E_{it} \dots \dots \dots (6)$$

ここで、 t_0 : 調査資料を時系列的に整理した際の原点となる年次。

(5) 地価函数について

一般的に考えるならば、戸田市内各地区の地価は、その地区に残存する農地面積 (又は宅地転用可能面積) が多ければ多いほどその上昇率は押えられるであろうし、又一方当地区に転入してくる人口量が増えれば増えるほど、その土地利用タイプが高度の都市的土地利用に転移してゆき、結果として地価をつりあげてゆくであろう。更に戸田市周辺地域の地価の上昇傾向に大きく支配されることはいうまでもない。

実際の資料操作の際、戸田市内 6 地区はその土地利用タイプが、

すなわち、既成市街地域（上戸田，下戸田）と，市街化進行地域（美女木，新曾，下笹目，惣右エ門）に大きく分けられ，時系列的な地価の上昇傾向が異なることが観察された。したがってこの2地区についてそれぞれ常数項 u, v, w の値が異なる次の様な推定式を想定した。

$$l_{vit} = u_x \frac{E_{it}}{A_{it}} + v_x \frac{p_{it}}{DID_{it}} + w_x \frac{l_{vi}(t-1)}{M_v(t-1)} + (\text{地区ダミー}) \quad (7)$$

ここで l_{vit} は t 期 i 地区における住宅地の地価，

u_x, v_x, w_x : $x = 1$ (都市型)，又は 2 (農村型) でそれぞれ異なる常数

l_{vit} : t 期 i 地区における住宅地の地価

DID_{it} : t 期 i 地における連担した人口集中地域の面積

以上各記号の値は，「国勢統計」及び「建設省統計」から算出された。

3. 各函数相互の結びつき

上記の函数関係を再整理するならば，まず(1)式によつて，戸田市の総人口の初期値 P_t^0 が与えられ，それをもとにして，(3)式から地区別人口 p_{it} が求まる。 p_{it} を(7)式に入れ，一方で(5)(6)式から F_{it} を求め，同じく(7)式に入れて， l_{vit} が求まり，結果として L_{vt} が求まる。この値は(2)式に組込まれて，調整後の第1回の値として P_t が算出される。このループは，数回繰返された後に， P_t がある許容範囲内に落ち着いたときに， t 期の総人口 P_t ，地区人口 p_{it} ，地区別宅地価格 l_{vit} ，地区別宅地供給面積 E_{it} が定まることにな

る。

4. 実際の演算に使用した推定式

(1) 総人口初期値を求める人口推計函数

$$P_t^0 = 0935P_{(t-1)} + 0.0013Q_{(t-1)}^0 - 71984 \quad R=099$$

(2242) (3.96)

注 係数の下のカッコは t 値を示す。以下同じ

(2) 総人口調整函数

$$\left(\frac{Q_t}{B} - \frac{P_t}{A} \right) = 4873 - 0.407 (M_{vt} - L_{vt}) \quad R=084$$

(8.15) (-6.30)

注 $\frac{Q_t}{B} - \frac{P_t}{A}$ の単位：人/ha

M_{vt}, L_{vt} の単位：千円/坪

(3) 地区別人口配分函数

$$\frac{P_{it}}{P_t} = 0017 + 0.286 \frac{a_{cit}}{\sum a_{cit}} + 0.423 \frac{P_{i,t-1}}{P_{t-1}} + 0.008 \frac{E_{i,t}}{\sum E_{i,t}} + (\text{地区ダミー}) \quad R=0.99$$

(0.53)

地区ダミー (0.000) (0.000) (0.000) (0.000) (0.000) (0.000)

$$\left\{ \begin{array}{l} 2 \text{ 地区 } 0.138 \quad (4.47) \\ 3 \quad 0.017 \quad (0.72) \\ 4 \quad 0.044 \quad (6.89) \\ 5 \quad -0.023 \quad (-4.85) \\ 6 \quad 0.002 \quad (0.36) \end{array} \right\}$$

注1：1地区は戸田市全体である。

2：農地転用面積はha単位

(4) 宅地供給函数(転用率推計式)

種々の函数形を検討した結果、ここでは最終的に、

$$\text{転用率} = \frac{\sum_t \text{期農地転用面積}}{t_0 \text{期転用可能面積}} \quad (\text{但しここで } t_0 \text{ 期とは昭和25年}$$

を用いる。)と定義し、この転用率を求めることによって宅地供給面積を算出することにした。

すなわち、ここで宅地供給量は、戸田市の地形上の特殊条件から山林、荒地が殆どないために、農地からのみ創出されるものと考えた。

$$r_{i,t} = 72864 + 0.213Y_{i,t} - 0.426F_{i,t} + (\text{地区ダミー}) \quad R=0.97$$

(874) (535) (-1134)

$r_{i,t}$ = t 期, i 地区における農地転用率(%)

$$= \frac{\sum_t E_{i,t}}{F_{i,t_0}}$$

但し F_{i,t_0} : 昭和25年における i 地区の宅地転用可能面積

地区ダミー

2地区	-18.044	(-4.90)
3	-14.811	(-4.10)
4	22.719	(13.01)
5	-53.598	(-10.05)
6	-12.278	(-6.97)

註1 $Y_{i,t}$ の単位 (万円)

2 $F_{i,t}$ の単位 (ha)

(5) 地価函数

都市型地区 (2, 3地区)

$$l_{v i, t} = -5.3764 + 0.401 F_{i, t} + 0.088 d_{i, t} \\ (2.80) \quad (3.93)$$

$$+ 1.004 M_{v, t} + (\text{地区ダミー}) \quad R=0.98 \\ (9.83)$$

地区ダミー

(第2地区 2.071 (1.02))

農村型地区 (4~7地区)

$$l_{v i, t} = 19.543 - 0.120 F_{i, t} + 0.065 d_{i, t} \\ (2.05) \quad (-2.54) \quad (2.83)$$

$$+ 0.383 M_{v, t} + (\text{地区ダミー}) \quad R=0.98 \\ (17.29)$$

地区ダミー

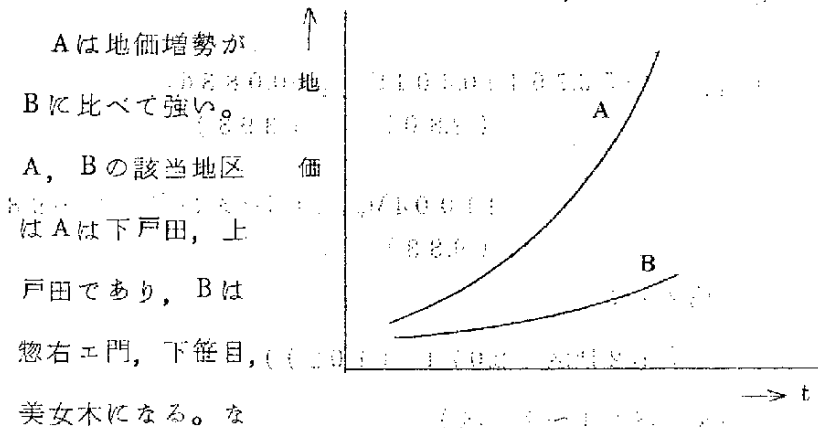
$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{第4地区} & 7.568 \quad (3.67) \\ 5 & -2.1357 \quad (-3.86) \\ 6 & -2.668 \quad (-1.38) \end{array} \right.$$

$$\text{但し } d_{i, t} = \text{市街地人口密度人/ha} = \frac{P_{i, t}}{DID_{i, t}}$$

$DID_{i, t}$ は住宅地面積を充当した。

5. 地区函数におけるシフトの問題

戸田市6地区の地価については下図のように、2つの型がまとめられた。



お新曾は、A、Bのほぼ中間的な性格を示す。また、A、B地区では、地区ダミーの有効さが異なっている。そのため地価推計式では、6地区をA型、B型の2つに分け、2本の式によって推計を行なった。A型には下戸田、上戸田を考え、ここでは都市型と呼び、B型にはその他4地区を考え農村型と呼ぶ。

予測期間に対しては、農村型から都市型への移行を考え、人口密度によって、B式からA式へシフトするものと想定した。計算過程の中で、各年の計算された人口密度と、外生的に与えられるシフト用人口密度の比較が行なわれ、その結果、B式→A式のシフトが自動的に行なわれる。シフトによる t 期の地価の過分な増加は $t-1$ 期のA、B曲線の地価の差によって調整を行ない、移行過程を円滑なものとした。

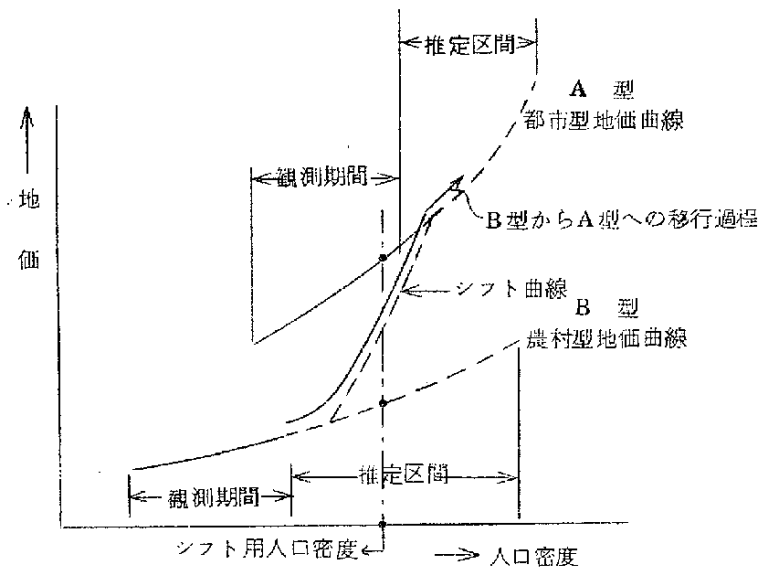


図-2 土地利用タイプによる地価函数のシフトについて

6. 農地転用面積と増加人口の調整

モデルに使用した宅地供給函数では、

$$\text{転用率} = f((\text{農家所得}), (\text{利用可能面積})) \dots\dots\dots (a)$$

であったために、配分増加人口と農地転用面積に相互関連が生れる保障がなかった。このために、畿つかの地区で、農転面積が配分増加人口に比して過大となり、増加宅地面積の人口密度が20人/ha、30人/haという値が生じ、必ずしも住宅地人口密度の実態にそぐわない面も生じてきた。

この解決策として、次の2つが考えられる。

- i) 宅地供給函数に地区人口(増)を説明変数として加える。

ii) (a)式は土地供給側のみの説明変数によっているから、転用率を転用希望圧力と考えると配分人口から転用面積をチェックする。

データ期間 (S 3 5 ~ S 4 2) における転用面積には、住宅用転用面積ばかりでなく、工場その他の面積が加わるため、転用面積と増加人口の間に顕著な関係はみとめられない。(図-3参照)

このことから i) 案よりも ii) 案をとることの方が当面妥当であると考えられた。このプロセスはいわば事後調整として、計画団地を除く純粋な住宅宅地面積増分と計画地以外の人口増分の間の関係を人口密度によって調整することにより行なった。そしてこの場合、各地区について各年の農転面積と配分増加人口の比が $100 \text{人} / \text{ha}$ を下廻る場合には、 $100 \text{人} / \text{ha}$ に達するように、その年度の農転面積を減少させる方策をとった。

この結果内挿テスト段階では 5, 6, 7 地区での観測値との乖離がやや大きくなったものの、ケース I, II に於て、転用面積がここ数年の間に 0 となる程供給されるにもかかわらず、人口増がそれと関係なく、伸びがにぶいという矛盾が解消した。

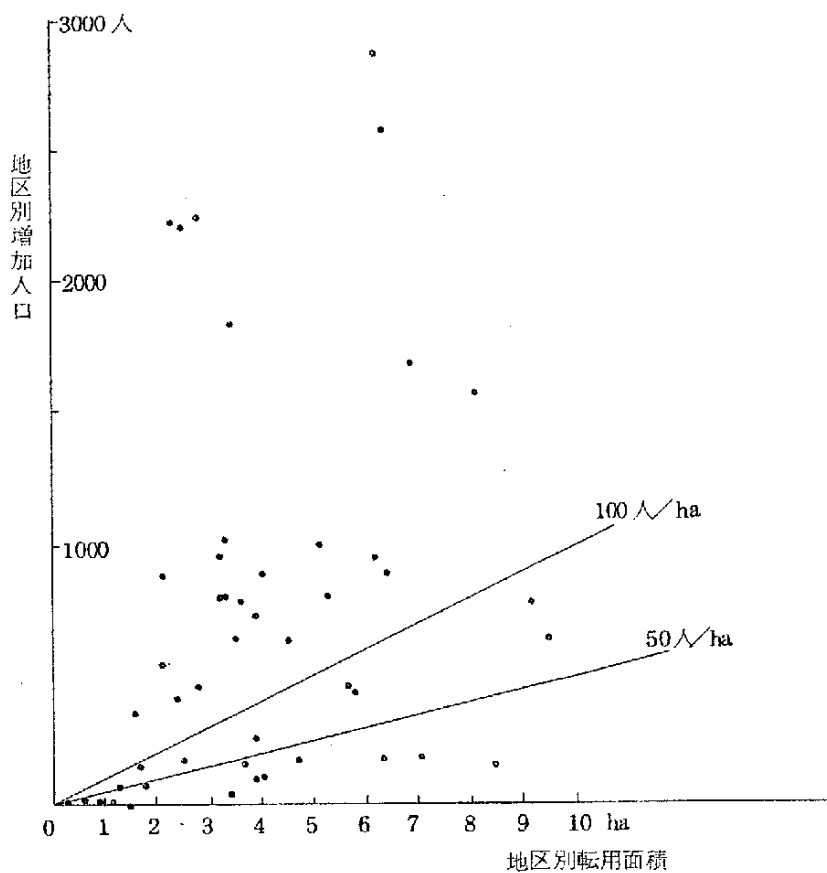


図-3：転用面積と人口増加
(各地区別に昭和35年から42年迄の値をプロットしたもの)

(図-3の説明)

註 農地の転用面積の用途は住宅のみならず、工場その他にも使われる。しかし、ここでは50人/ha以下のものは明かに住宅以外のものに用いられたとみるべきであろう。

住宅のみの用途であれば100人/ha以上のものとみなすことは差支えないであろう。

7. 事業計画について

この戸田市土地利用モデルでは外生的な数値としてコントロールしうるものに次のようなものがあった。(1)周辺部夜間人口、(2)周辺部昼間人口、(3)周辺部地価、(4)戸田市農家所得、(5)戸田市内各地区接近係数、(6)各地区の人口密度の上限値及び土地利用転換のためのシフト値、更に計画的な住宅団地を何年頃どの地区に配置するかという所謂、(7)大規模住宅団地建設の事業計画も外生的にコントロールしうる値であった。

ここでは、戸田市域に計画されている地域制案によりどこを求めながら、住宅団地、工場用地として次表のような順をおって用地の計画的買収が行われた際、それ以外の住宅地にどのような影響が出現するかを検討してみた。

表-1 戸田市における用地買収事業計画案

年度	地区	種類	買収面積	計画人口	入居開始	入居終了
43	6	1	5.0	—	—	—
44	4 3	1 2	4.0 2.0	— 300	— 44	— 44
45	6 2	1 2	4.0 2.0	— 350	— 45	— 45
47	6	1	5.0	—	—	—
48	4 4	1 2	3.0 5.0	— 10,000	— 49	— 51
49	4	1	3.0	—	—	—
50	4 6	1 1	2.0 15.0	— —	— —	— —
51	3	2	5.0	700	52	52
53	7	1	25.0	—	—	—
54	7	1	10.0	—	—	—
55	7 6 5	2 2 2	2.0 4.0 12.0	400 800 1200	56 56 56	56 57 58
56	4	1	10.0	—	—	—
57	6	2	24.0	4800	58	60
59	7	2	9.0	1800	60	61
60	—					

註 種類のうち 1 は、工業用地
2 は、住宅団地用地 をあらわす。

8. シミュレーション・ユニット

戸田土地用モデルを昭和43年から60年迄、計画モデルとして操作する場合、コントロールデータの組合せによって幾つかのシミュレーションユニットが考えられる。

ここでは、各地区別の上限人口密度を3種類、土地利用タイプシフト用人口密度を3種類、人口配分量から求められる農地転用面積算出の人口密度2種類、事業計画の有無を組合せて、8つのケースについてモデルの操作を行なった。

表-2 シミュレーションケース

シミュレーション ケース	上限人口密度(各地区別)							シフト用 人口密度	農地の転面 による人口調整	事業 計画
	1	2	3	4	5	6	7			
CASE I	200	300	300	200	200	250	200	100人/ha	なし	あり
II				} 以下同じ				"	なし	なし
III								"	100人/ha による	あり
IV								"	"	なし
V	200	250	250	200	200	250	200	80人/ha	"	あり
VI	"	"	"	"	"	"	"	"	"	なし
VII	200	300	300	200	200	250	200	50人/ha	"	あり
VIII	"	"	"	"	"	"	"	"	"	なし

註 地区番号1は戸田全市

事業計画の内容は前掲の表-1による。

9. シミュレーションの結果の一般的考察

(a) ケース I, II について

1) 戸田市における人口増の勢いは圧倒的であり、それは現在比

較的市街化された所の隣接地（新曾）を中心とする農地転用の増勢によってまず第一に進行する。

- 2) 一方、下戸田、上戸田のように既に比較的市街化の進んでいる所でも相変らず人口増勢は強く、またコンスタントな増加が行なわれる。
- 3) この人口増に裏うちされた地価の値上りも著しい。しかも現在地価が高い場所は依然としてその上昇率も高い。
- 4) しかし人口の増勢及び地価の騰勢が、農地転用と無関係に進む（特に転用可能面積が0となった以後）点で、このケースについては再検討を要する。
- 5) 戸田市域内の事業計画は特にS47以降になるとかなり小規模なもので場所を選んだものを除き全く不可能である。
- 6) このような意味で事業計画の地価に与える影響は皆無に等しい。
- 7) 地価水準の高い所でも相変らず人口の増勢が強く、これは地価水準の地区別バラツキに余り影響されない。
- 8) 別の見方として、地価と人口が互いに相手を規制することなしに上向きに刺激し合うことは、市街地での地価騰勢がかなり高い水準の人口密度値まではやはりさけられないし、そのようなプロセスの内では、高地価が人口立地に対して阻害要因では必ずしもない。高地価水準が高い水準の便益を表わしているとすれば当然であり、市街地におけるいわゆる木賃アパートも説明出来る。

ケースⅠ、Ⅱの観測結果から生じてきた問題点として次のよう

なものがあげられる。

- ・地価の転用可能面積 (F) による制限効果が低い。
 - ・地価は人口密度増及び、周辺地価にひきつけられる。
 - ・戸田市平均地価と周辺地価の差がますます拡がる。
 - ・S 6 0 時点における地価及び人口密度の地区別差がありすぎる。
- これは人口密度の制限値を変える必要を示しているものと解したい。
- ・転用可能面積が 0 となる時期がバラツキすぎる。

(b) ケースⅢ、Ⅳについて

- 9) 事業計画による地価の動きがわずかながらみとめられる。この動きの小ささについては、地区人口増水準に比べて、計画人口規模があまり変わらないことによって説明出来るだろう。
- 1 0) 地価の一時的変動は、最終的には吸収されてしまう。即ちある地区の地価が事業計画等によって変動しても何年かの後には、その変動は無関係であるかのように調整される。云いかえれば、過去の事業計画が、現在又は将来の地価に影響を与えることはない。
- 1 1) 上に述べたことは、一時期のプラスのインパクトが、その時期の次の一定期間内では、マイナスのインパクトになることを意味するだろう。
- 1 2) 人口密度による地区別上限値を定めたことによる効果が制限にひっかかる地区の地価のみならず、その周辺地区の地価にとってもそれらを押しあげてゆくように作用する。また人口については、その地区を除く他の地区の人口が多くなるものの、全

体の人口はおさえられる。

(c) ケースⅦ,Ⅷについて

- 1 3) 都市型地区への移行を早い時期に設定すると地価の上昇は著しい。農村型地区, 都市型地区と分けて考えれば当然のことであろう。従って都市型地区間での地価のひらきは少くなる。
- 1 4) 地価が他ケースと比べて高いことは, 人口が他ケースより少ないことはねかえっている。
- 1 5) 都市型へ移行する時期の早かった地区ほど地価水準が結果的に高い。
- 1 6) 都市型への移行を早めた結果, 事業計画の有無によって人口及び地価に差が出来る。即ち事業計画が早いテンポで地価水準を上げ, その結果, 事業計画のないほうの結果的に地価は低く, 人口は多い。
- 1 7) 農村型にとどまる地区の地価を農地価格と考えるには, 高すぎる(他地区の半分以上)。従って住農混合と考えるべきだろう(転用可能面積も残っている)。一方このいみで, 都市型へシフトさせる人口密度としては 50人/ha 位がむしろ適当であろう。
(あるいはこれより小さい値)

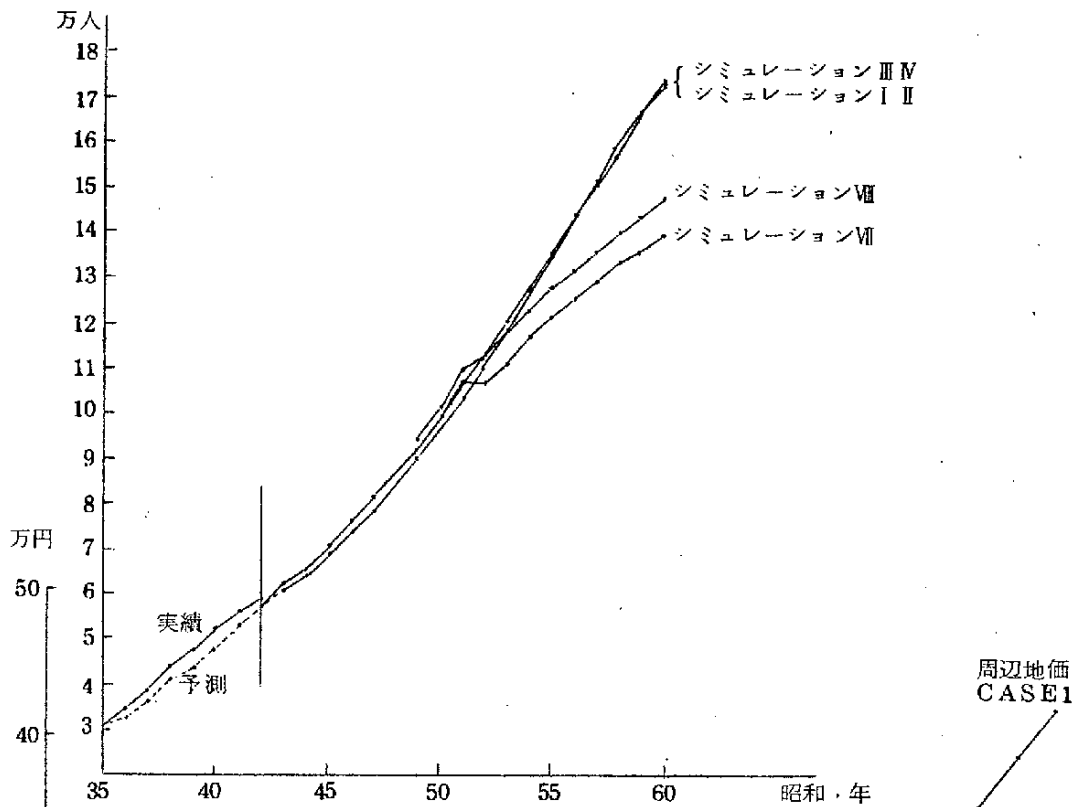


図-4：戸田市夜間人口

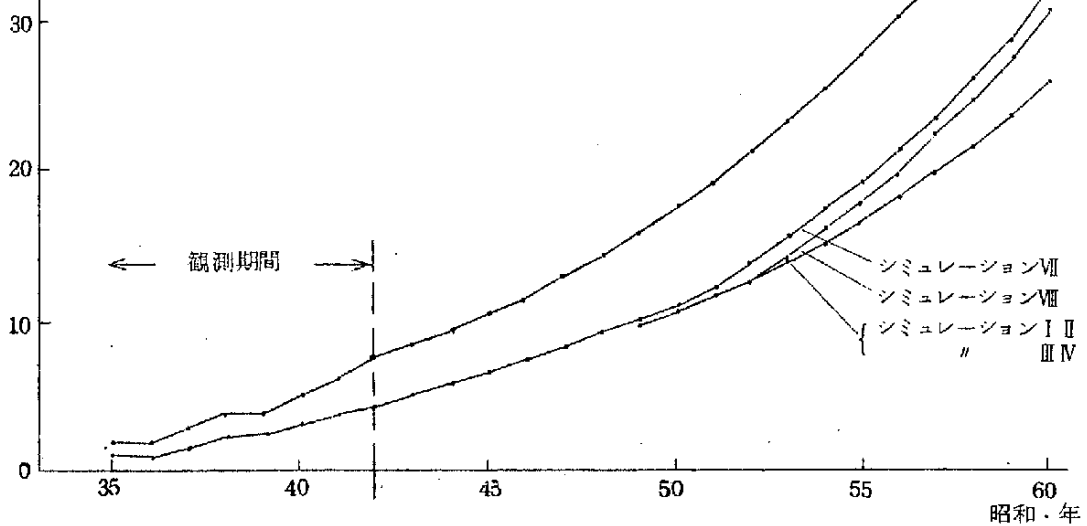


図-5：戸田市平均住宅地価

昭和25年から42年迄の各種の土地利用の情報を結びつけながら組立てたこのシミュレーションモデルは、過去の実態をできる限り忠実に追跡することよりも、当然のことながら、今後ある附与条件のもとでどのような土地利用の変化が生ずるであろうかと云う点に焦点のあてられた計画モデルとしての意味が大きいことはいふ迄もない。

ここにシミュレーション・ユニットとしてとりあげた8つのケースの特徴を要約するならば、始めのケース1、ケース2では極めて過去の動向のみを尊重した場合であり、それを或る程度、物的施設を取扱う都市計画家の計画常識によってすこしずつ改良をほどこしていったのがケース3、ケース4からケース7、ケース8迄の流れであるということができる。

したがって、ケース5、ケース6の組合せ、或いはケース7、ケース8の組合せから生れてきた予測値について比較的信頼性が高いものと考えてよいであろう。

この計画モデルの共通の関心は昭和42年を原点として、5年後、10年後、或いは15年後（昭和57年）の戸田市の地価がどのように変動してゆくか、又市域内部の各地でどのような地価の格差が生じてくるかということであった。

戸田市の住宅地平均地価は、ケース5、ケース6迄では、周辺地域の平均地価にそれほど接近してゆかず、むしろその格差が拡大する傾向がみられたが、ケース7、ケース8ではその点が修正され、周辺地価への接近性が明確に見出された。これは明かに人口密度50人/haをシフト点として農村的土地利用が都市的土地利用に変換した影響とみてよく、類似の傾向はケース6でも例えば地区6（下笹目）の54年と55年の間

の地価変動にも観察される。しかしながら当初から都市的土地利用タイプと考えられた下戸田の昭和57年における平均住宅地地価は、どのケースにおいてもほぼ31.3万円/坪と変化がみられない。

又、事業計画が地価をつりあげる影響は、ケースナンバーが高くなればなるほど明確にでてくる。しかしながら、裸地価格が6万から8万円/坪というところで実際に住宅団地の建設が可能なのかどうかは再検討を要しよう。

農地の転用可能面積は、事業計画がある場合にはやい地区では、(例えば新倉一地区番号4)昭和50年頃に0の値を示す。ケース5, 6迄の段階では、その他大部分の地区でも昭和57年頃迄に転用可能面積は0になる。ケース7, 8では地価の高騰が地区4から7迄でも観察されるため他のケースよりは残地の残りがたが大きい。

人口の各地区別分配では、昭和57年時点で下戸田地区が約5.6万人から5.7万人となり、人口密度が250人/haという過密状態になるが、その他の地区はいずれのケースでもほぼ110人/haから35人/haであり、地区全体からみるならば、特に過密という問題点は生じない。しかしながら実際の土地利用形態は、これらの農村型から都市型に転換する地区の土地利用が1戸建独立住宅で全部の住宅地面積をうめられると云うよりは、木賃アパート、狭少宅地割りの建売住宅、低賃の中層アパートが混在し、かつ未利用宅地が多量に散在する土地利用とみなすほうが妥当であろう。

音声による計算機入出力装置の開発

明 治 大 学

工 学 部 教 授 小 川 康 男

講 師 本 多 高

助 手 森 野 鉄 郎

大学院 工学研究科

修 士 課 程 石 田 義 久

全 上 中 野 毅

1. ま え が き

人間対機械間の能率的な情報の交換をはかるために、音声情報を情報交換の手段とした入出力装置の開発は極めて重要である。本報告は人間の聴覚機構に対応する音声認識装置、および発声機構に相当する音声合成装置の基礎研究に関するものである。

ところで、音声認識の分野では、音声の複雑な性質に加えて、パターン認識が不可避であり、更に学習機能に関しても考慮する必要があるため、極めて難しい研究分野である。したがって、現状では非常に限定された語彙の識別がようやく可能な段階であり、連続音声はもとより、個々の音韻に関しても十分な識別率を得ているとはいえない。一方、音声合成の分野では比較的研究が進み、多くの実用例もあるが、音声は複雑かつ多くの情報を含むため、良質な合成音を得るためには大容量の記憶

装置を必要とし、したがって特殊な用途に限定されている。

筆者らは、すでにアナログ演算要素を用いたダイナミック・アナログ方式の音声合成装置の試作を行ない、計算機制御により、長文の文章の実時間合成に成功したが、更に合成音声の自然性を向上させるため、合成パラメータおよびその制御方式に関して再検討を行なっている。一方、音声認識については、演算増幅器を用いて構成したフィルター群を試作し、各チャンネルの出力と音韻との相関、更に抽出された音声情報の個人差などについて基礎研究を進めている。

2. 音 声 合 成

従来研究されてきた音声合成の方法を大別すると、肉声の音片をつなぎ合わせて連続音声（文章）とする「編集による合成」と、音声の物理的な性質又は音声の生成過程における法則にもとづいて文章合成を行なうとする「法則による合成」とがある。

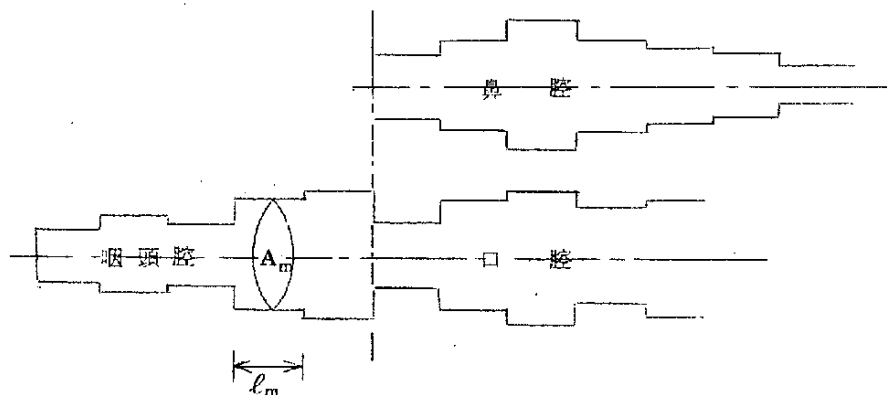
上述の「編集方式」は比較的音質が優れ、更に制御も簡単であるため、すでに実用の域にあるが、あらゆる言葉を合成するためには、非常に多くの情報量を必要とするために、必然的に用途が限定されるという難点がある。これに対して、「法則方式」は原理的に無限の言語の合成が可能であるが、音質を向上させるためには、現状では制御を複雑とする必要がある。

さて、筆者らは「法則方式」のうち特に音声の生成過程の法則化に注目し、声道内の波動の伝播をアナログ計算機で模擬する、いわゆる声道シミュレータを実現し、長文の文章合成および歌の合成等に成功したが、

次にこの研究の概要について述べる。

2-1 声道シミュレータの原理

声道は咽頭腔，口腔および鼻腔よりなり，一種の音響管を形成している。音声は，声帯の振動，声道の急激なせげめ，または開閉などによって生ずる気流（音源）が，この音響管内の空気を励振し，唇より輻射されたものである。また，声道の形状と音源，および，それらの時間的变化によって，さまざまな音韻が生成される。

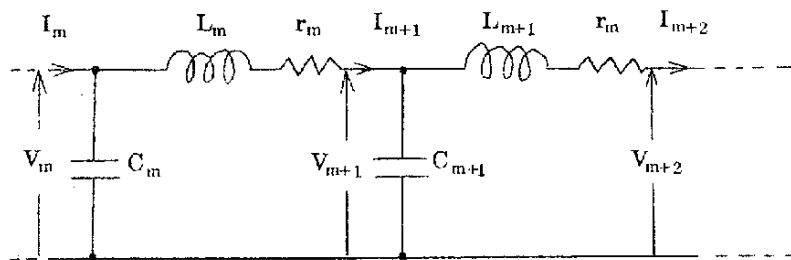


第1図 直円筒のカスケード接続による声道の近似

声道は極めて複雑な形状であるが，音声周波数領域では，これを第1図に示すように，いくつかの直円筒がカスケードに接続されたもので近似することができる。そこで，この音響管の等価回路を求めると，第2図のようになる。ただし， m 番目の直円筒の断面積および長さを A_m および l_m とすると，これに対応する等価回路のインダクタンス L_m ，抵抗 r_m ，およびキャパシタンス C_m は次式で示される。

$$L_m = \frac{\rho_0 l_m}{K A_m}, \quad C_m = \frac{K A_m l_m}{\rho_0 c^2}, \quad r_m = \frac{l_m (2\mu\omega\rho_0)^{\frac{1}{2}}}{K A_m a}$$

..... (1)



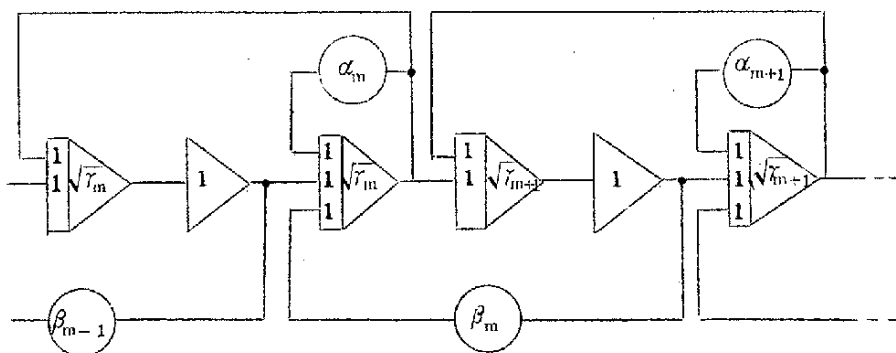
第2図 $m, m+1$ セクション目の等価回路

(c ; 音速, ρ_0 ; 空気の密度, K ; 定数, μ ; 空気の粘性係数, ω ; 角周波数, a ; 直円筒の半径)

次に、第2図に示す m および $m+1$ 番目のセクションについて、次のような方程式が成立する。

$$\left. \begin{aligned} C_m V_m &= \int (I_m - I_{m+1}) dt \\ L_m I_{m+1} &= \int (V_m - V_{m+1} - r_m I_{m+1}) dt \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

$$\left. \begin{aligned} C_{m+1} V_{m+1} &= \int (I_{m+1} - I_{m+2}) dt \\ L_{m+1} I_{m+2} &= \int (V_{m+1} - V_{m+2} - r_{m+1} I_{m+2}) dt \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$



第3図 アナログ計算機による声道の構成

従って、(2)～(3)式より第3図のようなアナログ計算機によるブロック図を構成することができる。ここで第1図に示す各直円筒の長さ ℓ_m を等しくとり第3図に示す α_m 、 β_m および r_m と音響系との対応を求めると

$$\left. \begin{aligned} \alpha_m &= \frac{r_m}{\sqrt{r_m} I_m} = \frac{\ell_m}{c a} \sqrt{\frac{2u\omega}{\rho_0}} \\ \beta_m &= \frac{\sqrt{r_m} C_m}{\sqrt{r_{m+1}} C_{m+1}} = \frac{A_m}{A_{m+1}} \\ r_m &= \frac{1}{I_m C_m} = \left(\frac{c}{\ell_m}\right)^2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

となる。ここで、人間の発声時には声道の長さは多少変化するが、これを無視すれば、 r_m は一定値となり、一方、ダンピングファクターとして働く α_m は(4)式より周波数の関数となり制御が困難であるため、これを ω に無関係な定数とすれば、(Q が大であるためホルマント周波数にはほとんど影響を与えない。)制御パラメータは β_m のみとなる。すなわち、発声時における声道の変化は β_m のみを動的に制御することによって実現できることになる。

2-2 声道シミュレータの制御パラメータ

本研究では、連続音声の合成に当って、その最少単位を音節とし、各音節の合成に必要なパラメータを次のように定めた。

(1) 声道の形状を定めるパラメータ

- 1-1 定常子音部の形状 (β_c) とその持続時間 (T_{cc})
- 1-2 過渡子音部の移行時間 (T_{ct})
- 1-3 後続母音部の形状 (β_v)

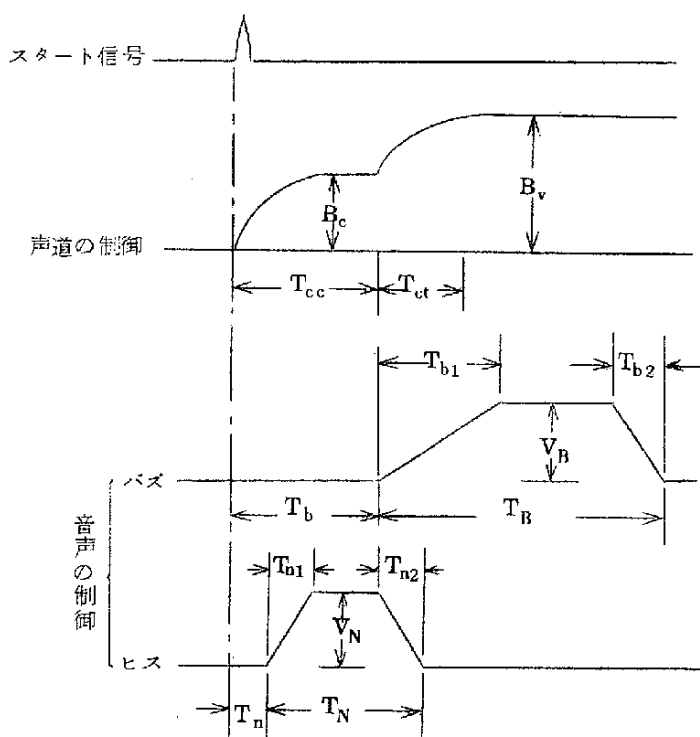
(2) 音源に関するパラメータ

2-1 発生時刻 (T_b , T_n) と持続時間 (T_B , T_N)

2-2 立上り時間 (T_{b1} , T_{n1}) と立下り時間 (T_{b2} , T_{n2})

2-3 音源の強さ (V_B , V_N)

これらのパラメータは、すべてハードウェアにより設定し、各音節を合成するための制御指令に応じて、各パラメータが選択され、声道シミュレータを制御し、音源が与えられて各音節の合成が行なわれる。第4図はこれらのパラメータのタイムチャートである。

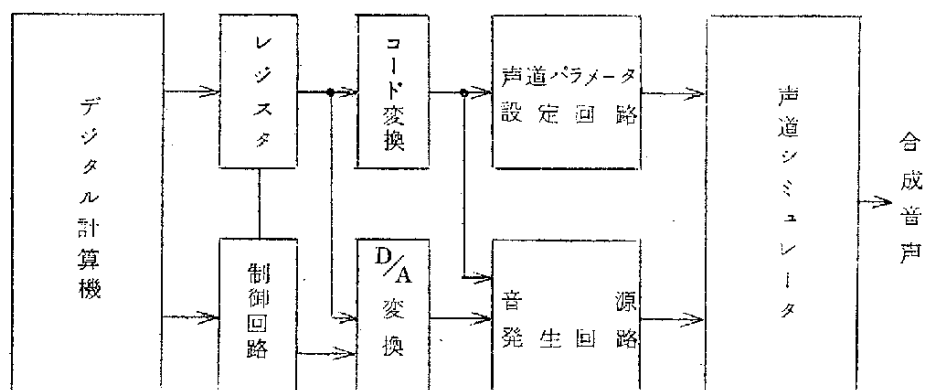


第4図 制御信号のタイムチャート

次に、連続音声の合成に必要な制御情報はデジタル計算機から与えられるが、これは次のようである。

- (1) 各音節の種類を指示する情報（7ビット）
- (2) 文章に高低アクセントを与える情報（4ビット）
- (3) 文章に強弱アクセントを与える情報（3ビット）
- (4) 各音節の発声時間を指定する情報（3ビット）
- (5) 音節間の間隔を指定する情報（3ビット）

上述の(1)はことばを構成するための基本的要素であり、(2)～(5)は、ことばに自然性を与える従属的要素である。なお、ビットの配分は、上述のように行ない、一音節の制御情報は20ビットであるが、合成実験によれば、この配分方法には未だ検討する余地があり、更に少なくすることも可能である。



第5図 音声合成システム

2-3 音声合成装置の構成

試作した合成装置のブロック図を第5図に示す。まず、テープ読取機で、合成すべき文章のプログラムテープを読み込む。例えば、「私はし

ャべる機械です」は、WA) TA) KU) SI) WA) /4/ SYA) BE) RU) /2/ KI) KA) I) /1/ DE) SU) /0/。のようにプログラムするが、アクセントは各語句ごとにピッチパターンの種類に従って、対応する番号を付しておく。デジタル計算機は、このプログラムを読み込みながら、各音節ごとに20ビットの制御情報に変換し、これらを一たん記憶する。次に合成開始の指令によって、各音節の制御情報が逐次合成装置へ送り込まれて、自動的に合成が実行される。なお、各音節の合成に必要なパラメータは、同図の「声道パラメータ設定回路」および「音源発生回路」にハードウェアであらかじめ設定されていて、制御情報に応じてこれらのパラメータが選択抽出されるため、デジタル計算機の記憶情報量は「編集方式」と比べて極めて少ないという特徴がある。

現在、合成音声に自然性を与えるために、ピッチ周波数の法則化について検討をこころみている。なお、本合成研究を基に、聾啞者用音声合成機の試作研究をも進めている。

3. 音 声 認 識

音声認識の研究は、現在各方面で研究が進み、これまでに種々の提案、実験がなされているが、それらを大別するとつぎのように分類することができる。

- (1) 音声のスペクトル分析による識別
- (2) 零交さ波情報による識別
- (3) さらに、話者の個人性に対処するために学習機能をもった識別などがある。

しかし、これらの識別方法のいずれがよいかは、音声の示す多様性から、一概には決めかねる問題であって、幅広い適応性を備えた識別機構の研究が、今後の課題となっている。

そこで、本研究はまず基礎的段階として、音声の基本的な情報要素であるホルマント周波数、ホルマント振幅およびピッチ周波数の抽出を行なっている。これをもとに入力音声の多様性をできるだけ軽減するための正規化の方法についても研究を進めている。

具体的には、アナログ演算要素を用いて構成した20チャンネルの能動フィルタによって入力音声をスペクトル分析し、このスペクトルパターンから特徴を抽出する一つの方法として、極大値抽出回路を用いたホルマント周波数の検出を行なっている。さらに、瞬時スペクトルの時間的变化を視覚表示するために、各フィルタの出力をブラウン管面に指示しうる直視機構も試作した。しかし、音声のように広範囲にその波形と所要周波数帯域が変化する場合には、分析フィルタの中心周波数、帯域巾などが問題になってくる。そこで、フィルタの中心周波数を話者のピッチ周波数によって制御する、いわゆるピッチ同期フィルタについて検討中である。

話者の個人性を表わす情報要素の一つとして、重要なピッチ周波数の抽出方法については、すでにアナログ的な処理により、比較的簡単な方式でその抽出に成功している。また、このピッチ周波数を基本とした音声の周波数領域における正規化とともに、識別過程を簡単化する上で重要な振幅レベルの正規化に対しては、高速度掛算器を用いたAGC (Automatic Gain Control) 回路によって、かなりよい結果が得られている。

さらに，零交さ波に含まれる周波数成分の周波数測定（この周波数測定については，全く新しい方法を開発中である）によって，ホルマント周波数を検出する方法についても研究を進めている。

4. む す び

本研究は，従来から行われている計算機による音声合成装置の特性改善と，I.Cの導入による装置の小型化に関する研究，および音声入力を機械に直接伝達する音声認識装置の基礎研究からなっている。

前者については，計算機と音声合成装置の結びつきの部分について，実用上，更に検討が必要であり，後者については，最も合理的と思われる音声解析装置を実現し，これを基に認識装置の開発を進める予定である。

主な発表論文

- (1) 昭40-11 超高速アナログ計算機に用いる帰還増巾器について
電気学会誌
- (2) 昭40 超高速アナログ計算機の設計上の研究
明大科学技術研究所紀要
- (3) 昭42-1 演算器方式を用いた新型高速度掛算器（割算器）
電気学会誌
- (4) 昭42 ダイナミックアナログ音声合成装置

- 明大科学技術研究所紀要
- (5) 昭42 音声合成装置の制御方式について
明大科学技術研究所紀要
- (6) " 声道シミュレータによる日本語50音節の合成
明治大学工学部研究報告
- (7) " 声道シミュレータにおける構成上の問題点
明治大学工学部研究報告
- (8) 昭43-7 アナログ計算機を用いた声道シミュレータについて
音響学会誌
- (9) 昭43-8 A Hybrid Control System of a Human
Vocal Tract Simulator ICA
- (10) " 声道シミュレータによる英語の合成
明大科学技術研究所紀要
- (11) " 音声合成のためのプログラミングについて
明大科学技術研究所紀要
- (12) " 発声パラメータの音質に及ぼす影響について
明大工学部研究報告
- (13) " 電子計算機による音声合成装置の研究
明大工学部研究報告
- (14) 昭44 音声認識の一方式について
音響学会講演論文集
- (15) " 音声認識装置の一方式について
明大工学部研究報告

- (16) 昭 4 5 嚙啞者用音声合成機の入力方式について
明大科学技術研究所紀要 (未刊)
- (17) " 声帯波形の音質に及ぼす影響について
明大工学部研究報告 (未刊)
- (18) " 子音における声道の伝達特性について
明大工学部研究報告 (未刊)
- (19) " 嚙啞者用音声合成機の構成
明大工学部研究報告 (未刊)
- (20) " 音声分析装置について
明大工学部研究報告 (未刊)

対話型計算方式の開発研究

名古屋大学工学部 教授 福村 晃夫

助手 阿部 圭一

助手 吉田 雄二

1 簡単な例題

この研究計画は、ORの最適化手法の一つである0-1計画法のアルゴリズムの改良を一つの典型的な対象としているが、以下、問題の起りを説明するために、問題の物理的な意味はぬきにした、ごく簡単な例題をあげてみよう。問題はつぎのようである。

「つぎの(a)のような、0あるいは1を要素とする行列が与えられたとき、この行列からいくつかの列を選んで部分行列をつくり、そのどの行にも少なくとも1個の1があるようにしたい。部分行列の列の数を最小

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}, (a_{ij} = 0, 1) \quad (a)$$

にする選び方はどのようなものであるか」

例題について考えよう。

〔例題1〕 与えられた行列が

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

のようであれば、一見して第1行のみを選べばよいことがわかる。

〔例題2〕 与えられた行列が

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

のようであれば、視察により、(第1行, 第2行)(第1行, 第3行)の組合せが問題の条件を満たし、しかも、いずれも列数2であるから、これらが最適解であることがわかる。

〔例題3〕 行列が

$$\begin{array}{ccc} & x_1 & x_2 & x_3 \\ y_1 & \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ y_2 & \\ y_3 & \end{array}$$

のようであっても、その大きさが小さいので、例題2と同じようにして視察で解をうることもできる。しかし、行列が大きくなると視察は無理になるので、機械的な手順を考えてみる。そのため、列に x_1, x_2, x_3 行に y_1, y_2, y_3 の名前をつける。

I 任意に x_1 を選ぶ。 y_1, y_3 に1があるから、これらの行は今後考慮する必要はない。そこで、行列から y_1, y_3 を消す。また、 x_1 は採用されたから、これも消してつぎの行列を得る。

$$\begin{array}{cc} x_2 & x_3 \\ y_2 & \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

II x_2 を選ぶと行列は消滅（全ての行に1が1個以上ある）。

解：(1, 1, 0), 列数：2

x_2 のかわりに x_3 を選ぶと、同じことがいえて、

解：(1, 0, 1), 列数：2

III はじめに戻り、まず、 x_2 を選ぶ。Iと同じようにして、

$$\begin{array}{cc} x_1 & x_3 \\ y_3 & \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

を得る。

IV x_1 を選ぶ。

解：(1, 1, 0), 列数：2

x_1 のかわりに x_3 を選ぶ。

解：(0, 1, 1), 列数：2

V はじめにもどり、まず、 x_3 を選ぶ。

以下、同様の手順を繰り返して、解 (1, 1, 0), (1, 0, 1),

(0, 1, 1)を得る。列数はいずれも2であるから、これらは全

て最適解である。

以上の手順は、結局は、あらゆる列の選び方を調べあげて、その中から、問題の条件を満たし、かつ最小の列数を与えるものを探す、いわゆるしらみつぶし法を、系統的に行なっているにすぎない。ORの問題に出てくる0-1計画問題の解法アルゴリズムは、このような系統的しらみつぶし法に訴えるのであり、いかにうまくしらみつぶしを行なうかが、

方法の有効さの決め手になるのである。

ここで、極端な例としての例題 1 にもどってみると、これは、人間にとっては解の候補を列挙してみる必要はなく、一見して最適解がわかる。これくらいのことであれば、計算機には、「全要素が 1 である列があれば、そのみを選べ。それが最適解である」という文をプログラム化して教えればよいであろう。この「一見して」という能力が、人間特有の大局的な情報を瞬時にして総合する能力であり、反面、計算機はなかなか備え難いものである。そこで、この人間の能力を、計算機のアルゴリズムの進行途次の随所に折り込んで、人間と計算機が対話を交わしながら問題を解くシステムを考えよう、というのが、この研究計画の発端なのである。

2 少し複雑な例題

いま少し複雑な例題について、問題の重要性を説明してみよう。

〔例題 4〕 与えられた行列はつぎのようである

$$\begin{array}{ccccc} & x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \\ \begin{array}{c} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ y_5 \end{array} & \left(\begin{array}{cccc} 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{array} \right) & (1)\end{array}$$

例題 3 の手順を若干変えてつぎのようにする。まず、列名 x_i を値 0, 1 をとる変数と考え、値 0 はその列を選ばないこと、値 1 は選ぶことを

意味することにする。このようにすると、 $x_1 \sim x_4$ の4個の変数に対する $2^4 = 16$ 通りの値の支え方の各々について、それらが問題の条件を満たすかどうか、もし満たせば選ばれている列の数は幾らかを調べあげることによってこの問題を解くことができる。これがすなわちしらみつぶしであるが、これを以下のように組織的行なう。なお、以下では、手順の任意の時点で選ばれている列数を f で表わす。

変数 x_1, x_2, x_3, x_4 の順に、逐次値 0, あるいは 1 を与えて前の例題同様行列を縮小していく。

$$\text{I} \quad x_1 = 1$$

$$\begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} & x_2 & x_3 & x_4 & \\ y_1 & \left[\begin{array}{ccc} 0 & 1 & 1 \end{array} \right] & & & \\ y_4 & \left[\begin{array}{ccc} 1 & 0 & 1 \end{array} \right] & & & \\ y_5 & \left[\begin{array}{ccc} 1 & 1 & 0 \end{array} \right] & & & \end{array} & (2) \\ x_1 = 1 \\ f = 1 \end{array}$$

$$\text{II} \quad x_2 = 1$$

$$\begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} & x_3 & x_4 & & \\ y_1 & \left[\begin{array}{cc} 1 & 1 \end{array} \right] & & & \end{array} & (3) \\ x_1 = x_2 = 1 \\ f = 2 \end{array}$$

$$\text{III} \quad x_3 = 1. \text{ 行列は消滅。 } x_4 \text{ は自動的に } 0$$

$$\text{解: } (1, 1, 1, 0)$$

$$f = 3$$

$$\text{III}' \quad x_3 = 0$$

$$\begin{array}{c} x_4 \\ y_1 \quad [1] \end{array} \quad (4)$$

$$x_1 = x_2 = 1, \quad x_3 = 0$$

$$f = 2$$

$$\text{IV} \quad x_4 = 1$$

$$\text{解: } (1, 1, 0, 1)$$

$$f = 3$$

$$\text{IV}' \quad x_4 = 0 \text{ は不能}$$

$$\text{II}' \quad \text{II} \text{ にもどり, 行列(2)において } x_2 = 0$$

$$\begin{array}{c} x_3 \quad x_4 \\ y_1 \left[\begin{array}{cc} 1 & 1 \end{array} \right] \\ y_2 \left[\begin{array}{cc} 0 & 1 \end{array} \right] \\ y_3 \left[\begin{array}{cc} 1 & 0 \end{array} \right] \end{array} \quad (5)$$

$$x_1 = 1, \quad x_2 = 0$$

$$f = 2$$

$$\text{V} \quad x_3 = 1$$

$$\begin{array}{c} x_4 \\ y_2 \quad [1] \end{array} \quad (6)$$

$$x_1 = x_3 = 1, \quad x_2 = 0$$

$$f = 2$$

$$\text{VI} \quad x_4 = 1, \text{ 行列は消滅}$$

$$\text{解: } (1, 0, 1, 1)$$

$$f = 3$$

$$\text{VI}' \quad x_4 = 0 \text{ は不能}$$

V' 行列(5)で $x_3 = 0$, 解不能。

I' I' にもどり, 行列(1)で $x_1 = 0$

$$\begin{array}{c}
 \\
 \\
 \\
 \\
 \\
 \end{array}
 \begin{array}{ccc}
 x_2 & x_3 & x_4 \\
 \left[\begin{array}{ccc}
 y_1 & 0 & 1 & 1 \\
 y_2 & 1 & 0 & 0 \\
 y_3 & 0 & 1 & 0 \\
 y_4 & 1 & 0 & 1 \\
 y_5 & 1 & 1 & 0
 \end{array} \right]
 \end{array}
 \quad (7)$$

$$\begin{array}{l}
 x_1 = 0 \\
 f = 0
 \end{array}$$

VII $x_2 = 1$

$$\begin{array}{c}
 \\
 \\
 \\
 \\
 \\
 \end{array}
 \begin{array}{ccc}
 x_3 & x_4 \\
 \left[\begin{array}{cc}
 y_1 & 1 & 1 \\
 y_3 & 1 & 0
 \end{array} \right]
 \end{array}
 \quad (8)$$

$$\begin{array}{l}
 x_1 = 0, x_2 = 1 \\
 f = 1
 \end{array}$$

VIII $x_3 = 1$, 行列は消滅

解: (0 , 1 , 1 , 0)

$f = 2$

VII で $f = 1$ であるから, $x_3 = 0$ は考える必要なし

VII' VII' にもどり, $x_2 = 0$

$x_3 \quad x_4$

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{ccc} x_1 & x_3 & x_4 \end{array} \\
 \begin{array}{l} y_1 \\ y_3 \end{array} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \\
 x_2 = 1 \\
 f = 1
 \end{array} \tag{10}$$

Ⅱ $x_3 = 1$ 行列は消滅

$$\text{解: } (0, 1, 1, 0)$$

$$f = 2$$

I で $f = 1$ であるから, $x_3 = 0$ は考える必要なし。

I' I にもどり, 行列(1)で $x_2 = 0$

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{ccc} x_1 & x_3 & x_4 \end{array} \\
 \begin{array}{l} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ y_5 \end{array} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \\
 x_2 = 0 \\
 f = 0
 \end{array} \tag{11}$$

Ⅲ $x_3 = 1$

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{cc} x_1 & x_4 \end{array} \\
 \begin{array}{l} y_1 \\ y_2 \end{array} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 x_2 = 0, x_3 = 1 \\
 f = 1
 \end{array} \tag{12}$$

以後手順を進めても f は 2 以上になる。打切る。

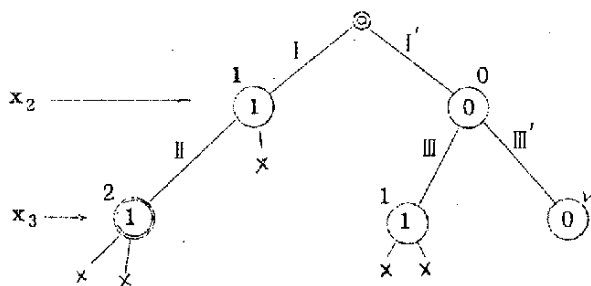
Ⅲ' 行列(11)で $x_3 = 0$

$$\begin{array}{c} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ y_5 \end{array} \begin{array}{cc} x_1 & x_4 \\ \left(\begin{array}{cc} 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{array} \right) \end{array} \quad (13)$$

解不能

Ⅳ 最適解: $(0, 1, 1, 0)$ として手順終了。

以上を図示すると図 2 のようである。



記号の意味は図 1 と同じ。

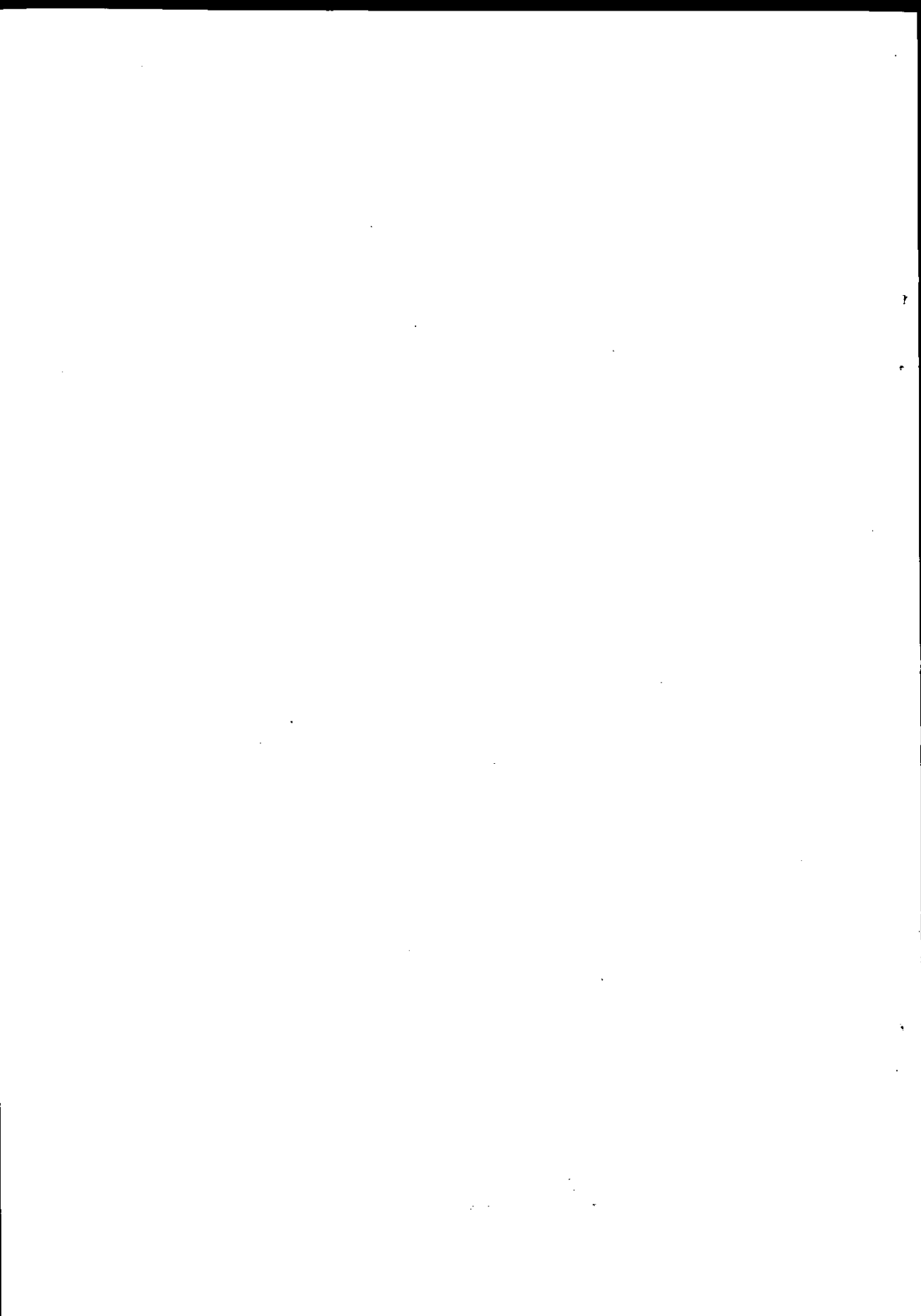
図 2

これら二つの手順の間に大きな計算時間の相違が生じた原因は、明らかに、着目する列の順序に相違があったことである。後者は、うまくやった、ということになる。そして、計算機にもうまくやらせることが重要になるのである。しかしながら、このようないやらせ方をアルゴリ

リズムミックに述べることは一般にはむずかしい。この例では、たとえば、「1 の数の多い列から選べ」という文を計算機に教えれば後者の手順がとられる。しかし、われわれの経験では、それだけでは十分ではないようである。(2) 逐次変化していく行列の構成の特徴をどのようにしてとらえていくか。それらはどのていど有効にアルゴリズム化できるか。ある場合にはこのような特徴を人間が抽出し、即時に計算機に教えるのが望ましいのではないか。これらのことから、われわれがこれから解こうとしている問題なのである。

文 献

- (1) 吉田, 稲垣, 福村: "Branch and Bound 法にもとづく擬似ブール計画法のアルゴリズム", 電子通信学会雑誌, 50 巻, p. 1955 (昭 42. 10)
- (2) 阿部, 福村: "最小被覆問題を解くアルゴリズム", 情報処理学会雑誌, 10 巻, p. 227 (昭 44. 4)



電子計算機を利用した地域健康管理 方式の開発に関する研究

東京大学

医学部	教授	櫻田良精
	教授	勝沼晴雄
	助教授	小泉明
工学部	助教授	石井威望
医学部	助手	豊川裕之
	助手	開原成允

1. 緒言

最近の医学の進歩は、医療および公衆衛生活動においてとり扱われる情報量を急激に増加させるに至った。それは、ある場合には例えば病院の臨床検査や病歴管理における情報処理の問題として、またある場合には例えば保健所でおこなわれる各種の地域保健サービスに関する情報処理の問題として、それぞれの機関においての莫大な情報処理能力を要求している。

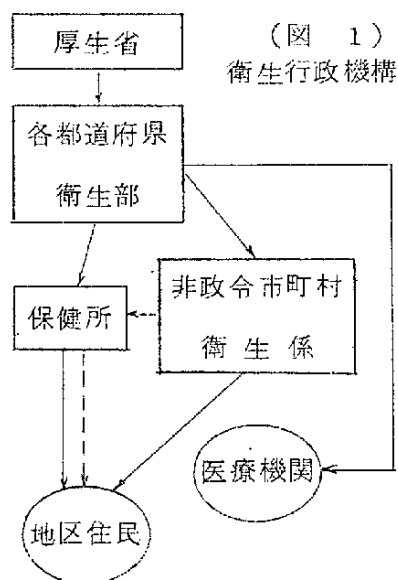
このような状況と時期を同じくして、電子計算機とその利用に関する技術は、最近また急速な発展をみせており、上記の情報処理に関する困難な課題を解決する最も有力な、そして恐らく唯一の手段になるものと考えられる。

さらに、個人の単一回の疾病に関する診療情報を同一人の過去における各種の健康情報と縦断的に結びつけ、さらに地域社会、学校、事業場などにおける集団健康管理のための情報として横断的に結びつけることができれば、国民の健康を増進させるために、その有効度は測り知れないものがあると考えられる。

2. 保健行政の現状と医療の地域性について

保健行政は図1に示すように厚生省、都道府県衛生部、保健所、非政令市町村衛生係などの機関を通して実施される。本研究のねらいは、その中の、保健所と区衛生係であって、保健行政の現状についても、その方向に焦点をしぼるが、将来、都道府県レベル、ないし厚生省レベルでも検討されるべきである。

保健所や区衛生係で担当している業務は極めて複雑多岐にわたってい



る。例えば統計報告の種類について述べると、人口動態、医療（施設・従事者）、伝染病（伝染病・食中毒患者数）、精神衛生、予防（予防接種、高血圧、がん）、結核、母子衛生、栄養、保健婦、環境衛生、食品衛生、乳、肉衛生、水道衛生、公害、薬事、麻薬毒劇物等々に関する調査および業務報告を行なっているのである。これらの事業の対象者の登

録は必ずしも統一されたものではなく、多年の慣行を尊重しながら運営実施されているのであって、記録の欠損・重複・その訂正の遅延などがあって、完璧な管理態勢にあるとはいえない。しかも、衛生行政機関は極めて多忙、煩雑な状況にある。

また地域医療の立場から見ると医療機関の多くは保健所や区衛生係と情報の交換を十分に行なっていない。また、地区住民の個人についてみても、その通院圏は行政区畫とは無関係であって、受信行為は予防接種も含めて単一ではない。したがって疾病統計についても情報源が多種多様であり、どの1つをとってもすべて網羅するものではないので、保健所と住民との関連や、衛生行政体と医療機関との提携は十分におこなわれていない。

3. 研究実施計画

現在自治体の中で電算機を所有し、その住民データの計算機による管理を実施又は計畫中の所は非常に多い。しかし、その中でも、中野区は既に5年間の実績を過去に有し、システムとしても、安定したものとなっており、かかる分野における先駆的なものとして、その評価はすでに高い。

中野区においては、その区民、約30万人の基本的なデータは既に、磁気テープ中に収められている。その入力は、区の住民異動届の窓口であって、ここから発生した、区民の異動すなわち出生、転出、転入、死亡、転居等のデータはすべて、半月毎に、磁気テープのメンテナンスを行なうことによって、新しいものに置き換えられ、最高半月の遅れで、す

べて把握されている。従って、これによって得られる利益は大きく、現在、住民税、国民健康保険、選挙、年金、各種行政資料等の為の区民宛の通知、統計がすべて、このデータから、得られているのである。

この中で、現在既に行なわれている健康管理に関する仕事は、予防接種及び各種の健康診断に関する区民への通知であって、これは本来、東京都が保健所を通じて行なっていたものを、区に委託した形で行なわれている。但し、この中の実際の健康診断に関しては、保健所が、実施することになっているので、これら予防接種や老人検診等は、検診の対象となる人々は計算機から抽出され、名簿はできているが、それらの結果については全く入力されず、健康管理の結果は保健所において、書類として累積されているのが現状である。

さて、区療用のデータバンクを作成するには、そのシステム設計上の最大の問題点は、如何に正確な入力データを得るかという問題である。医療用データバンクの最終的な目標は、健康管理の結果と共に、医療機関からのデータも入力し、その間の有機的な連なりを求めることにあることはいふ迄もない。しかし、現在、医療データの発生する場所は、前述した如く、地域と共に、職場・学校等があり、容易にはデータが得難いのも事実である。従って、われわれはまず第一歩として、保健所における保健管理のデータの入力を行ない、ついで、それを拡大していくという方法で研究を進める予定である。

前述した如く、保健所では現在すでに、多くの集団検診が行なわれており、これを、行政的な住民データとマッチさせるだけでも、そこから得られる利益は大きいと思われる。例えば、予防接種を例にとっても、現在は通知を行なうのみで、その接種の結果、更に副作用等は計算機には

入力されていない。従って、その結果が行政上に反映されることもなく、又利用されることも少ない。従って、接種の対象者に対し、その後、これが行なわれた場合、その日付、副作用の有無等を入力していくことが第一歩となる。

しかし、このような単純な作業に対しても、これを実施するにあたっては種々の問題が予想される。

その第一は行政上の問題である。特に東京都の特別区においては、住民の記録管理は特別区の仕事であり、健康管理は東京都の直轄下にある各保健所の仕事である。従って、この間にデータの交換を行なうには正式には、二つの行政体の間の事務委託に関するとりきめが必要である。このような問題は、実際に作業を進めるにあたって、更に多く明らかになることが予想され、これを如何に解決するかが今後の問題となる。

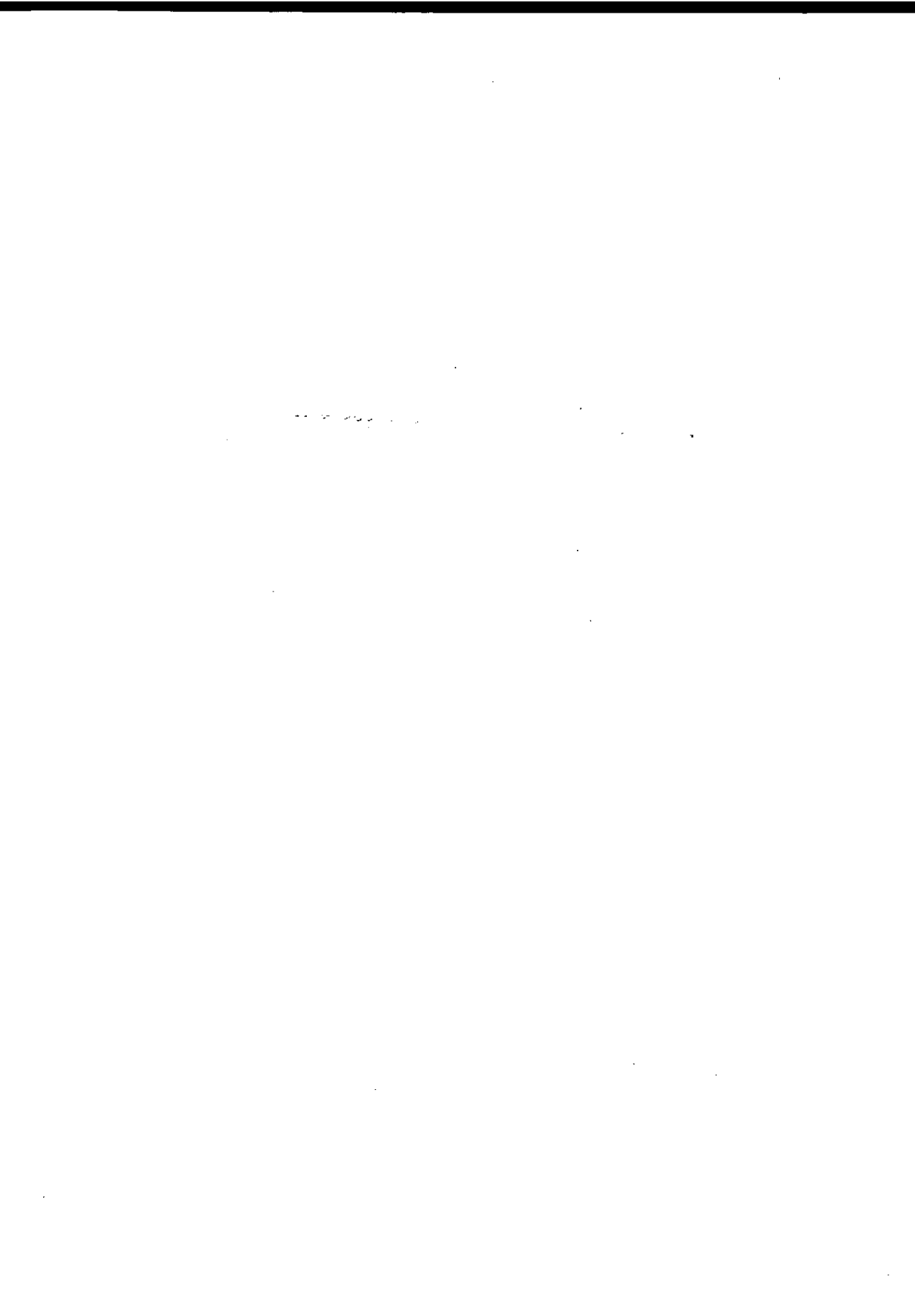
第2は、入力すべきデータの正確さに関する問題である。例えば、予防接種の場合、現在、医師会に委託して行なわれているが、無料で行なわれる集団接種の他に、個人的に医師から有料で受ける予防接種があり、これらの実態は現在全く不明である。このようなものを如何にして捕えるかは、医師会の協力による調査を行なうことが是非必要となってくるものと思われる。

この問題は、健康管理と医療機関における医療の実施の接点の問題として将来とも問題となるであろう。

以上の如く、第一歩は限られた範囲での医療データしか集積されないと思われるが、それでも、それによって得られる利益は大きいと思われる。現在、これらの検診の結果が、行政に反映されることの少ない点を考えるにつけても、このようなシステムの開発によってこれらのデータ

の利用価値がどの程度，拡大するかは今後検討の上認識を新たにする必要がある。

医療用データベースへの医療機関からの入力については，制度上，技術上共に，殆どが今後に残された課題である。現在前述した受診圏の範囲を考えても，大きな困難が予想され，ある程度大きな地域でのデータベースを作る必要が予想される。この意味で行政管理庁が計画中の国民に番号を付ける計画は，将来の医療データベースの上からも役に立つかも知れない。



請求 番号		経 45-19		登録 番号	
著者名 日本経営情報開発協会					
書名 第1回(昭和45年度)研究奨励会 受賞研究の概要					
所属	帯出者氏名	貸出日	返却 予定日	返却日	

Japan Computer Usage Development Institute

財団法人 日本経営情報開発協会

東京都千代田区霞ヶ関 3 丁目 2 - 5 霞ヶ関ビル 30 階 TEL 581 - 6 4 0 1 (代)