

平面型の電算処理に関する研究

太田利彦
佐藤庄一

§ 1. はじめに

1.1 本論は建築空間に対する考え方を、実際の設計にどのように適用させていくかという、設計方法に関する研究の一環をなすものであり、すでに報告した“動線計画の数学的解析”^{1,2)}をさらに発展させ、設計条件の論理化、演算化と、ある条件の下での平面型の追求を、もれなく行なうための手段として電算処理を試みたものである。

1.2 建築分野における電算機の利用は、早くから構造的力学的解析あるいは積算、工程計画などの分析などに使われていたが、これらは主として数値解析の利用であった。

建築計画においては、電算機を統計処理に使うことはあっても設計手法の一助として利用する例は少なかった。しかし近年、人間の視覚に絵や図で直接訴えるところのグラフィックディスプレイ装置の開発により、平面図、立面図を与える透視図を描く装置などが完成され、設計の道具としての利用開発が行なわれるようになってきた。さらに、これら装置に加えて単に製図機械としてだけでなく電算機の創造的利用の研究が進められている。

1.3 元来、電算機の利用方法は次のように2大別することができる。ひとつは従来、人間が行っていた計算を、迅速、正確に行なうための機械としての利用であり、数値計算や透視図を描く装置はこれに含まれよう。他は、電算機の記憶容量の増大により、従来、人間がおび得なかった思考方法を発生させる機械としての利用であるが目下、開発途上と考えられる。もちろん、原理的には後者も前者からの延長と考えられるが、人間の行なってきた手法により、ただ演算を代行させることは本質的に利用の意味が違うと考えてよい。

1.4 ここでは、こうした視点にたつて電算機の記憶量

と演算速度を利用することにより、ある条件の下での平面型の可能性の追求を行なったものである。すなわち、従来は限られた条件に適応する解答を得るにも、経験や勘によって、もれも多く、飛躍的な解決を期待できない場合が多かったが、電算機により条件に適合する解答を網羅し、より客観的な思考の展開を期待したものである。

§ 2. 平面型検討の意義

2.1 電算処理の対象となる設計行為は、種々考えられるが、ここでは動線計画の一環として、平面型を検討する局面での適用を試みた。これは平面型の検討が設計過程の中で重要な設計行為であり、体系的な設計方法の確立が要求されていると同時に、目下考えられる電算機の利用方法として最も有効と考えられるからである。

2.2 一般に設計過程は大きく3段階にわかれ、そのうち基本設計段階が全体の設計行為に大きな影響を与える⁵⁾。さらにその中で、与えられた条件から次第に建築的解決に至る過程で、始めて具体的な形を問題とする平面型の検討は解答の結果を大きく左右する。したがって、この局面における設計行為の体系化は、さまざまな角度から追求することが望まれることになる。

2.3 従来、平面型の検討は、設計過程では必ず何らかの形で行なわれるが、その位置づけとか手法などは全く設計者の主観的なものであったといつてよい。その設計過程の中での位置づけは別稿にゆずるが、ここでは、ただ手法だけを問題とし、どのように平面型を求めて行くかを考えることとする。

平面型の検討は、何らかの条件が整うと、要求される空間の結びつきを求めて、どのような空間構成が考えられるか追求することになる。しかし往々にして設計者の経験的な空間と類似な構成とか、思いつきの発想で幾

つかの型が得られても、一定の条件に適う適正な型が尽くされているとは限らない。ここに電算処理の対象として考える意義がある。

§ 3. 平面型追求の手法

3. 1 平面上に描かれる図形の認識は、図形の内部の形がその対象となっている。したがって、その表現方法には次の2つが考えられる。

a. 図形の内部の点集合による表現

b. 図形の内部と外部を区別する境界線による表現

aを幾何学的に表現するには、図形内部に格子を考え、この格子面の位置マトリックス(i, j)の集合または、 n 次式線分の集合と格子面の条件式との積集合として表わされる。またbは、境界線を点(x, y)の集合または n 次式の線分の和集合として表わせる。仮りに、aを格子状マトリックス方式、bを直交座標方式と呼ぶことにする。

3. 2 一般に、平面型を追求する方法には、ある機能をもったユニット平面をつなぎ合わせて行く連結法と、与えられた平面を必要な大きさで機能をもった平面に区画して行く分割法とがある。

連結法の場合には、ある平面型を得るためにはユニットの機能と形・大きさが明確でなければならない。さらに通路のように特定の形・大きさをもたないユニット平面が含まれる場合には、これをどのように扱うかといった問題がある。

分割法は、与えた平面を適当に分割して平面型を作り、その平面型が求める条件に適合するかどうかを判定し、条件に適合しなければ情報のフィードバックによって始の平面型を修正し、条件に適合できるように分割の位置を変えていくことになる。この方法は与えられた平面の形が限られた場合には有効であるが、判定の規準が明確でなければならないなどの検討すべき点が挙げられる。

3. 3 実際の平面計画では、スケールの大きい配置計画などは、連結法がよく使われ、またある程度、規模も形も決まり、そこに所要の空間をおさめる詳細な計画などでは分割法が使われることが多い。しかし電算処理を前提として考える場合、分割法によると、その分割線のとり方が無限に考えられ、処理時間も長くなり扱い難くなる。したがって、ここでは連結法による平面型の追求を

行なうこととした。

§ 4. 具体例その1

——格子状マトリックス方式——

4. 1 平面型の追求を電算処理するに当たって、その手続きを明らかにするために住宅を例にとって記してみる。

たとえば設計条件として敷地ならびに、家族構成などから必要な各部屋の規模、形が決定したと仮定する。こうして限られた敷地の中に要求される各部屋のユニットを全て含む平面型にはどのようなものがあるかを電算機によって追求するものとする。

4. 2 前節に記したように連結法により、ユニットの組合わせを行なう。まず与えられた敷地と部屋ユニットを同一のモジュール寸法による格子状に分割し、各々の格子面には縦方向に i 、横方向に j の番号を付して位置を表わすことにする。たとえば敷地は

$$\text{敷}(i, j) \quad \text{ただし } i=i_{\min} \sim i_{\max}, j=j_{\min} \sim j_{\max}$$

のマトリックスで表示できる。

部屋ユニットには任意の番号 $K \neq 0$ を与え、敷地の上に配列するに当たっての優先順位を任意に定めておく。すなわち部屋は、

$$\text{部屋}(i, j) = K$$

で表わし、優先順位は寝室を1、居間を2などと決めておく。なお敷地の番号は0とする。すなわち

$$\text{敷}(i, j) = 0$$

次に各部屋ユニットの図形について i, j の交換および図形の裏返しによって得られる転置図形を尽くしておき、それにも順番をつける。

4. 3 こうして、敷地のマトリックスの上に、部屋ユニットを順次配列して可能な平面型を尽くすことになるが、うまくおさまるまで部屋ユニットをマトリックスに沿って平行移動させるので、その移動方向を、 i, j いずれか優先方向を決めておく。

電算処理の手続きとしては、優先順位1の部屋ユニットを敷地マトリックスの上に置く。置かれた位置の敷地マトリックスを値0からユニットの持つ値Kに変える。

すなわち、敷地マトリックスで0の部分は何も置かれておらず、0以外の部分はすでに部屋ユニットが置かれていることを表わす。

4. 4 次に配列すべきユニットは優先方向にしたがっ

て、敷(1.1)から格子面を1駒ずつ平行移動し、敷地マトリックスの値が0の所を探し、そのユニットの大きさ・形が入り得る0の(i, j)があれば、その敷地マトリックスをユニットのもつ番号Kと置きかえる。

こうして、あるKに相当する敷地マトリックスがなければ、さらに格子面を1駒ずつ移動し、未確認の格子が残らなくなるまで繰り返す。他の部屋ユニットも同様の操作により優先順位にしたがって、1~Kまで敷地マトリックスの上に置かれる。もし敷地マトリックスの上に部屋ユニットを全て配置することができなければ、このような順列による配置では条件を満足させる平面型は存在しないことになる。

4.5 こうして、ある平面型が得られたならば、次にその変化を求めることになる。始に得られた平面型で部屋ユニットのおさまられた順に番号をつける。仮りに最後の部屋ユニットのおさまった順番をM番目として逆に

(M-1).....1番目とする。

まずM番目の部屋ユニットのKを敷地マトリックスからはずし、この部屋ユニットに転置図形がある場合には、これを入れて、敷地マトリックスに配置されるかどうかを確かめる。もし配置されたならば新しい平面型を得たことになる。

こうしてM番目の部屋ユニットのあらゆる転置図形の入替えが試行され終ったならば、次は(M-1)番目の部屋ユニットの入替えを行なう。この際、(M-1)番目の転置図形が入替わる度に、M番目の部屋ユニットの転置図形による試行を繰り返す。すなわち図-1のような順列による組合せの手続きを行なうことになる。

4.6 さらに平面型を尽くすためにM番目と(M-1)番目の部屋ユニットを入れ替え同様の手続きを繰り返す。さらにその後、始に得られた原平面型において(M-2)番目の部屋ユニットの転置と、その各場合に対応する(M

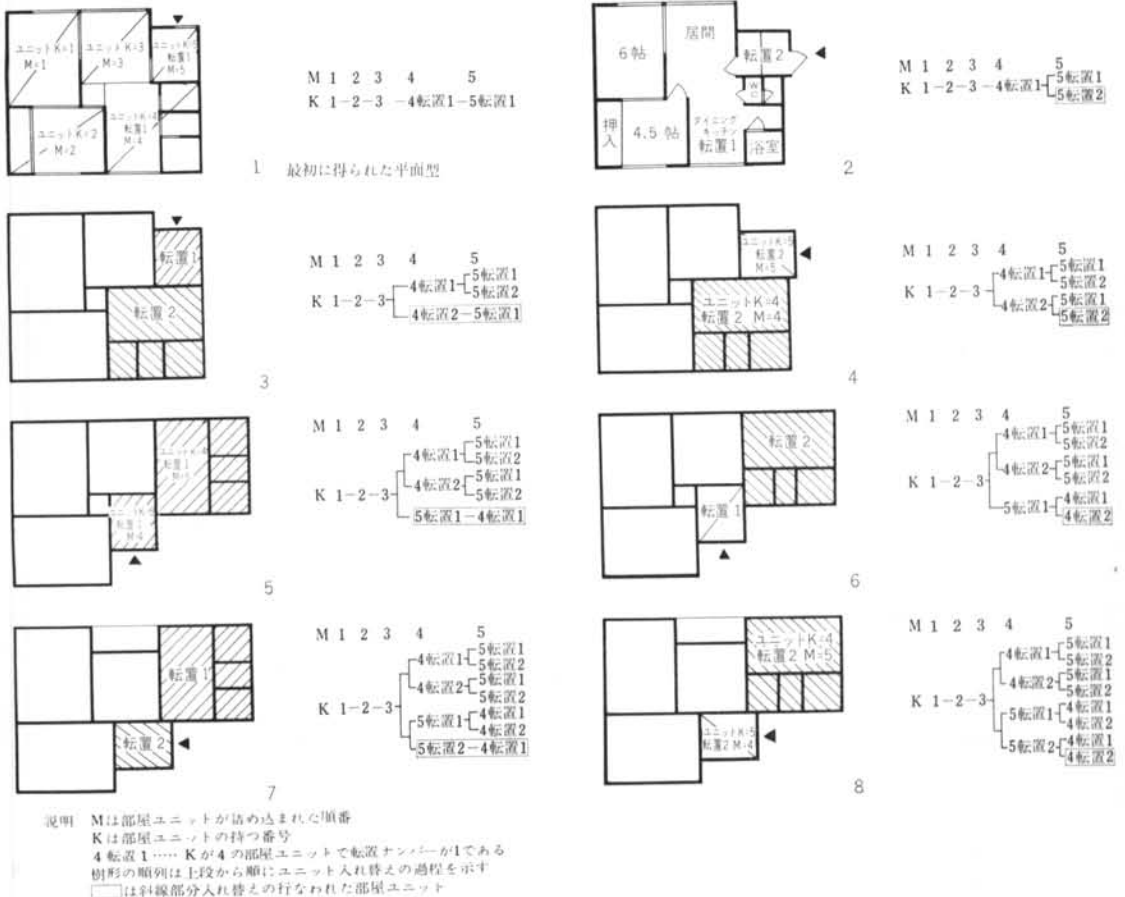


図-1 部屋ユニット入れ替えの手続きとその順列組合せ

一1), M番目の部屋ユニットの変化を前と同様な手続きによって求めて行く。以下, 表-1 に示すような順列による組み合わせによって転置図形の入れ替えを行なってゆく。こうして1番目の部屋ユニットが番号Kになるまで, 入れ替えを行ない, それに対する各ユニットの転置が行なわれるとすべての平面型が得られたことになる。

注1 [] : 入れ替えのサイクル
 2 [] : 図-1に示したサイクル

M	1	2	3	4	5
K=1	1	2	3	4	5
1	1	2	4	3	5
1	1	2	4	5	3
1	1	2	5	3	4
1	1	2	5	4	3
1	1	3	2	4	5
1	1	3	2	5	4
1	1	3	5	4	2
1	1	4	2	3	5
1	1	4	5	3	2
1	1	5	2	3	4
1	1	5	4	3	2
K=2	2	1	3	5	4
2	2	5	4	3	1
K=3	3	1	2	5	4
3	3	5	4	2	1
K=4	4	1	2	5	3
4	4	5	3	2	1
K=5	5	1	2	4	3
5	5	4	3	2	1

表-1 部屋ユニット入れ替えの順列

4.7 以上, 住宅を例にとって電算処理の手続きを記したが, 実際に演算するに当っては内部機能が明確な事務所建築の便所の平面型を例にとって解析してみた。実際の平面計画では, 一定の形, 面積が与えられて, そこに所要の便器, 手洗器, シンク等を配置する, いわば分割法によることが多い。しかし, ここではすでに触れたように連結法によった。すなわち, 敷地マトリックスとして3辺を固定し, その間へそれぞれの器具まわりの必要

スペースをユニットとした長方形を配列し, これらの組み合わせに外接する最小面積の長方形を逆に枠と考えた。

例にとった便所は男子用とし, 大便器2個, 小便器2個, 手洗器2個が設けられるものとした。各ユニットの器具配置および必要内法寸法は 図-2 のように仮定する(単位cm)。これらユニットを, 前項までに記した手続きに従って FORTRAN によってプログラミングをし, IBM 1620 MONITOR II システムによって演算を行ないプロッターに描かせてみた(図-3a)。

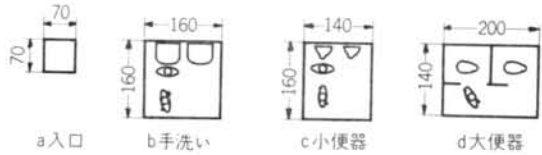
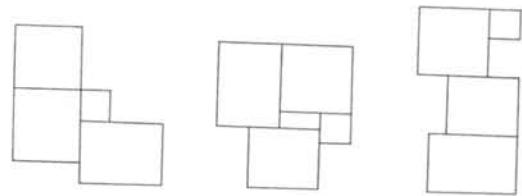
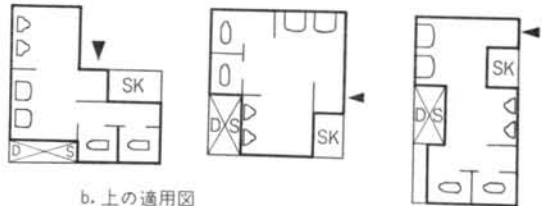


図-2 ユニットの器具配置および必要内法寸法



a. プロッターによる図



b. 上の適用図

図-3 平面型の例

4.8 こうして網羅された平面型は, 重複を除いて558個であった。しかし, これらから実際に使用できる平面型を得るには, この段階で電算機によって選択させることが困難で, 人間が描かれた平面型を見て, その判断を行なった。すなわち

- (1) ユニットの方向性により入口から, ある部分に到達できないもの
- (2) 大便器または小便器の前を通らなければ入口から手洗いに到達できないもの

を除いて, 一応, 実際のプランに適用できるものは220個であった(図-3b)。

4.9 この格子状マトリックス方式では, 各格子面の占

有の有無が明示できるので、ユニット内部の状況を判断するには有利である。

しかし、以上のような平面型追求の手法では次のような問題が残る。

- (1) 各ユニットの寸法差により、固定した3辺とユニットのある辺により、機能をもたない空隙が生ずる(図-4)。
- (2) 合同および裏返しの図形ができた場合に検図が困難である。
- (3) ユニットの中に独自に機能を満足し得るように通路面積まで含めておくと図-5のように通路部分に重複が生じる。

したがって、これらから、人間が判断して使用可能な平面型を選んだわけであるが、さらにこれらの電算処理可能な手続きを考える必要があろう。こうして人間の判断の基準となった設計条件をより演算可能な形に整理して次の直交座標方式を試みた。

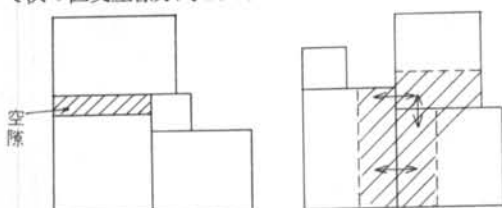


図-4

図-5

§ 5. 具体例その2

—直交座標方式—

5.1 前節と同様に事務所建築の便所を例にとり、4つ

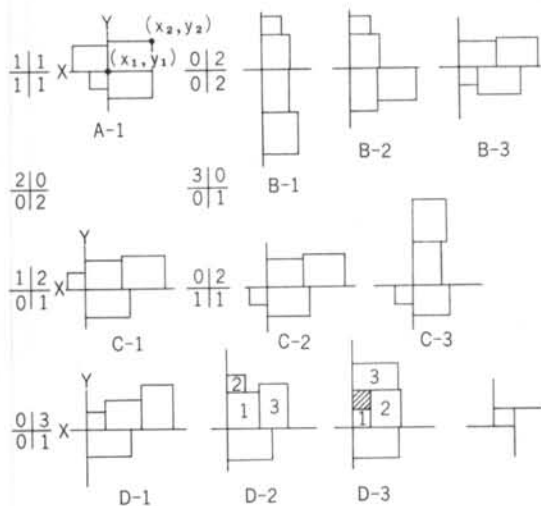


図-6 基本図形

のユニットの配列を連結法により追求するが、ここでは平面上にX軸、Y軸によって作られる4象限の直交座標を設定し、各軸に平行に、しかもなるべく原点に近く全象限に各ユニットを配列することとした。すなわち図-6のような最小ユニット数4の基本的な配置を考え、これらの変化を網羅する。こうすることによって、ユニットの辺あるいは枠によって囲まれて生ずる空隙部分(図-6、D-3斜線部分)は、前節の方法より少なくすることができる。

5.2 電算処理の手続きとしてユニットの表示は、対角線の両端の頂点の座標(x, y)による(図-6、A-1)。またユニットの番号Kを任意に定め、それぞれ優先順位を決めるとともに、ユニットの配置される象限の優先順位も定めておく。さらに各ユニットの転置図形も、ユニットごとに番号をつける。

そして、基本形に従い各象限にユニットKを1から順に座標上に配置し、最後に配置されたユニットから転置図形の入れ替えを行ない、さらに前節と同様な手続きにより、各型ごとにユニットの入れ替え、およびそれらの転置図形による変化を求める。

これを図-6における各基本形について行ない平面型を網羅するわけである。

この方式によると、順列の作成と座標変換を行なうだけでよく、格子状マトリックス方式に較べて演算時間が短かくてすみ、ユニット相互の結びつきが明らかなので動線の判断もし易いなどの利点がある。

5.3 図-6のように基本図形には7種類、さらにそれらに対応して、各変化は10種類の型が考えられる。各型についての変化は表-2の通りである。すなわち、ある種の型についての総数は192個であるがB-1型および

	A-1	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2	C-3	D-1	D-2	D-3
変化数	24	96	192	96	192	192	192	192	192	—
選 択 数	種類1	24	10	39	52	104	104	80	41	85
	2	24	10	38	56	108	106	82	43	77
	3	24	10	38	52	104	104	80	43	92
	4	24	10	39	54	116	112	72	51	66
	5	24	10	39	56	120	116	86	49	76
	6	24	14	40	34	120	116	80	49	80

注：種類は表-3の器具数による組合せ

表-2 各型の変化数と条件による選択数

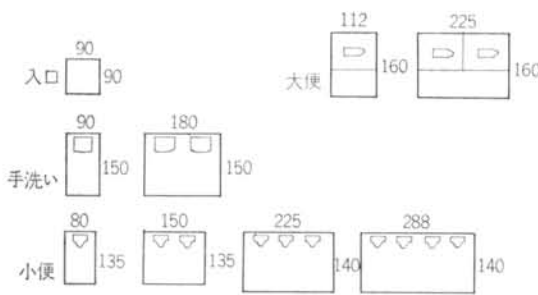


図-7 ユニット器具数による内法寸法

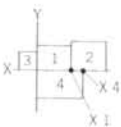
種類	1	2	3	4	5	6
入口	1	1	1	1	1	1
手洗い	1	1	1	2	2	2
小便	1	2	3	2	3	4
大便	1	1	1	2	2	2

表-3 器具数による組み合わせ

B-3型はX軸に対称なので96個である。またA-1型はX軸、Y軸および $x=y$ の直線に対して対称図形が考えられるので総数は24個である。なおユニット寸法はモジュールによって決定し(図-7)、このユニットの器具数による6つの組み合わせについて行なった(表-3)。

5.4 こうした手続きによって得られる便所の平面型から使用可能な平面型を選択するために図-8のような樹形による選択を行なう必要がある。まず各平面型が作成されることによって次の4つの情報が得られる。

1. 入口が図中1の位置にある…全て使用可能



キープラン
図中の番号Mは、部屋ユニットの詰めこまれた順番

2. 入口が図中2の位置にある
 - M=3が手洗いなら…使用不可能
 - M=3が手洗い以外なら…M=1番目の通路方向が
 - 方向2なら…M=4番目の通路方向が
 - 方向1なら…X1とX4の大きさを比べ
 - 方向1なら…使用可能
 - 方向2なら…使用不可能
 - 方向2なら…使用不可能
 - 方向1なら…使用不可能
 - X1+60>X4なら…使用不可能
 - X1+60≤X4なら…使用可能で…M=3番目の通路方向が方向2ならM=3をX方向に詰める

3. 入口が図中3の位置にある
 - M=2が手洗いなら…使用不可能
 - M=2が手洗い以外なら…M=1番目の通路方向が
 - 方向2なら…使用不可能
 - 方向1なら…使用可能

4. 入口が図中4の位置にある
 - X1とX4を比べ
 - X1+60<X4なら…使用可能で…M=1とM=3の通路方向が共に方向2ならM=3をX方向に詰める
 - X1+60≥X4なら…M=1の通路方向を調べ
 - 方向1なら…使用可能
 - 方向2なら…使用不可能



注 図-6のC-1についてのみ記す

図-8 平面型選択手続の樹形

- (1) 入口の位置
- (2) ユニットの機能
- (3) ユニットの転置の状態
- (4) ユニット相互の位置関係

これらの情報から、次の3条件を満足させることによって選択を行なう。

- (1) 入口から各ユニットへ到達可能であること
- (2) 機能面から見て各ユニットの結びつきが図-9に準ずること
- (3) ユニットとユニットは通路部分で60cm以上接していること(これは人間1人の通れる寸法であればそれらユニットは連絡されているものとみなすことを意味する)

ユニット	入口	手洗い	小便	大便
入口				
手洗い	0			
小便	0	260		
大便	0	285	270	

表-4 ユニットの組み合わせによる通路部分の適正寸法

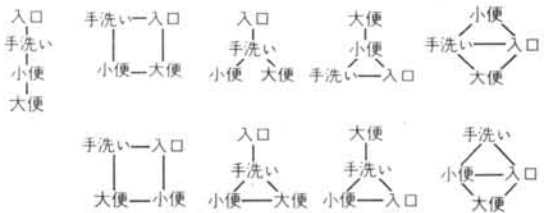


図-9 使用可能と考えられるユニットの結びつき

5.5 さらに、これらの条件を満たす過程で、前節で問題になった通路部分の重複がある場合は、各ユニットの組み合わせにより適正寸法まで、縮めるよう電算処理を行なわせる。その手続きは表-4のような各ユニットの組み合わせにより、寸法の調整を行なう。

図-8の樹形に示されるこれら手続きを前節同様FORTRANによってプログラミングをし、IBM 1620 MONITOR II システムによって演算を行なった。その結果、得られた使用可能な平面型は表-2の通りであった。

§ 6. まとめ

6.1 今回までの試行によって、限定された条件の下での試行錯誤的な平面型の追求には電算処理は有効なことが確かめられた。

元来、人間の思考過程は、個人によってそれぞれの傾向があり、飛躍的な思考を常にのぞむことは難しい。一般にこのように、はっきりした条件が決められた課題に対しても、極めて少数の解しか得られない。しかし電算処理は、人間と異なった平面の形成過程をたどるため、従来、設計者の到達し得なかった型の発見も容易である。

こうして、平面型の追求をある機能空間の組み合わせとして捉える場合には、相当な程度までの電算処理は可能であろう。

6.2 しかし、建築計画における問題は、生活機能を満

足する空間そのものの把握のしかたにあり、今回の方式が事務所建築の便所の平面型追求では有効であっても、どのような場合でも常に有効であるとは限らない。

つまり、この方式をさらに推し進めて一般的な平面計画の際の設計方法とするには、かなり設計対象は限られたものとなる。たとえば比較的、機能が明確に捉えられる病院とか学校については、電算機の演算速度が大きくなるにつれて、極めて有効な設計対象として考えることができる。

6.3 また、電算処理の技術上の問題として図形を扱うのに最も重要なパターン認識の技術が十分、実用的にならない限り、平面計画の電算処理の対象は当分限られたものとなる。しかし、これら問題点を合わせ考え、電算処理の範囲対象の拡大を推進するに当って、建築計画の考え方にも、さまざまな問題点を提示することができる。たとえば、設計条件をどのように論理化し、演算可能な対象として捉えることができるか、あるいは設計過程における意志決定をどのように論理化できるかなどということは、ひとつの大きな残された課題である。こうして、設計の自動化には多くの問題が横たわっているが、平面型の電算処理の試みは、設計条件の明確化を要求すると同時に、その論理化の過程を明らかにする課題を投げかけたものといつてよい。

したがって、今後は、設計過程のモデル化の追求を行なうと同時に、電算処理の対象としては具体的な単体建築の平面計画に移行して行く予定である。

<参考文献>

- 1) 太田利彦：“動線計画の数学的解析(第1報)” 所報1号 '62
- 2) 太田利彦：“動線計画の数学的解析(第2報)” 所報2号 '63
- 3) 太田利彦、佐藤庄一：“平面計画の電算処理に関する研究” 日本建築学会論報号外10月 '67
- 4) 太田利彦、佐藤庄一：“平面型の電算処理に関する研究” 日本建築学会大会学術講演梗概集(計画系)10月 '68
- 5) 太田利彦、荒木睦彦：“基本設計段階における設計行為の分析” 所報10号 '67
- 6) “An Approach to the Optimum Layout of Single-Storey Building” The Architect's Journal 17 June '64
- 7) Christopher F. Smith: “Graphic Systems for Computers” Computers and Automation Nov. '65
- 8) Roger L. Fulton: “Programming Graphic Devices” Computers and Automation Nov. '65
- 9) “An Experimental Program for Architectural Design” Computer Journal Vol. 9 No. 1 '66
- 10) “Design with Computers? It's what happening, Baby!” Progressive Architecture July '66
- 11) “The Computer Revolution: How does it affect architecture……” Architectural Record July '66
- 12) “Design Simulation by Computer” Architectural Review No. 838 '66
- 13) 三浦武雄：“計算機のえがくマンガ” 数学セミナー12月 '66
- 14) Edmund A. Bowles: “Computers in Humanistic Research” Prentice-Hall, '67
- 15) 研野和人：“コンピューター・アニメーション” 自然2月 '67

- 16) 沖野教郎：“コンピュータによる自動デザイン” 日刊工業新聞 '67
- 17) O. M. Agra, B. Whitehead：“Nuisance Restrictions in the Planning of Single-Storey Layouts” Building Science Vol. 2 p.p. 291~302 '68
- 18) David Campion：“Computers in Architectural Design” Elsevier Publishing Co. '68
- 19) G. Neil Harper：“Computer Applications in Architecture and Engineering” Mc Graw-Hill '68