

# 建築空間における人間の行動モデル

位 寄 和 久

## 1. 建築計画と行動モデル

建物を設計するうえでは、敷地の選定、建物の規模の決定、出入口の検討、さらには建物が完成してからの使われ方の予測など、多方面からの検討が必要である。

従来、設計者の経験や勘に頼っていたこれらの検討事項に対し、近年では客観的な裏づけが要求されるようになってきた。単にコストとか生産性といった評価ではなく、建物の利用者にとって使用上の問題がないかどうかをあらかじめ検討するための方法が必要になったわけである。

このような要求に対し、最近、人間の行動モデルを作成してシミュレーションを行ない、計画案を検討し、再び設計にフィードバックするという研究が進められるようになってきた。

ところが、これまでの行動モデルは、スタティックなものが多く、調査にもとづく統計資料から回帰式を導き出して一意的に解を求めるものが大部分であった。たとえば、ある事務所に働く人員から便器の数や階段幅員を算出するといったものである。

これに対し、人間の行動に見られる傾向を確率によって表現し、集団としての人間の行動特性を考慮したモデルも提案されているが、ここでは1

人1人の人間の個性は失われ、画一化した人間の平均的な行動しか扱うことができなかった。

そこで、行動する人間の主体性を反映し、刻々と変化する空間の状況に応じて行動を決定する過程を表現した行動モデルを提案する。

## 2. 展示会場における観客の行動予測モデル

### 2.1 モデルの考え方

このモデルは、従来のように空間での人間の行動を、交通量とか待ち行列の長さといった数値で表わすのではなく、自己の欲求を充足するためにどのような空間を選択するかという人間の主体的行動のプロセスを表現することによって、人間と空間(=計画案)との関係を予測するものである。モデルの基本的な考え方と範囲は、以下のとおりである。

このモデルは、公的施設における個人の行動を対象としている。したがって、行動主体としての個人と、施設および個人の行動に制約を与える複数の他人を含む空間を要素とするシステムを考えた。

ある空間における個人の行動要因には精神的、心理的、生理的因子が考えられるが、モデルでは後述の展示会場にみられる欲求の充足を行動の要因としてとりあげた。

また、一般に人間は欲求充足のために空間を改変する行動を示すが、ここでは空間を公的施設に限定しているので、個人は空間に対する改変操作を行なわないと仮定した。

このモデルで扱う空間の例として、いくつかの部屋から構成される展示会場をとりあげた。その理由は、

- i) 会場に来る観客の行動が、展示物の見学や共用施設（食堂、トイレなど）の利用であり、欲求状態の変化と空間選択行動の関係を端的に表現できる。
- ii) 多数の利用者の1人1人の欲求状態によってさまざまな行動パターンが見られる。
- iii) 会場の空間計画は観客の欲求充足とそれに付随する流動を第1の設計条件とする。
- iv) 単に展示室だけでなく、共用施設を含めた会場の適正な規模、配置計画が特に必要である。

などである。

このモデルは、展示会場の構成を、各展示室がノードに対応するネットワークで表現する。そこに来場する観客は個人を単位としてモデル化し、会場に到着する以前に決定した展示物に対する見学欲求と、食事をしたい、トイレに行きたい、休みたいといった展示会場内で発生する生理的欲求を有する。これらの欲求を充足するために、観客は部屋から部屋へ移動、もしくは滞在するという欲求充足行動を行なう。

## 2.2 モデルの構造

以上の考え方にしたがって構成した展示会場における観客の行動モデル  $S$  は次のとおりである。

$$S=(A, K, C)$$

$A$ : ある1人の観客を表現する観客モデル

$K$ : 会場および  $A$  以外の来場者集団を表現する展示会場モデル

$C$ :  $A$  と  $K$  の関係を示す結合

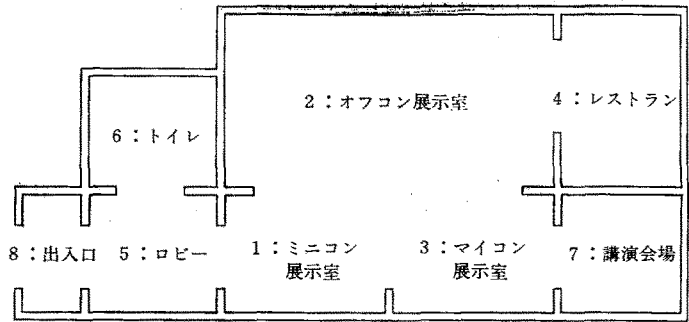


図1 展示会場

## 2.3 展示会場モデル( $K$ )

対象とする展示会場は図1に示すものである。

展示会場モデルでは、会場をネットワーク  $L$  で表現する。

$$L(V, \Phi)$$

$$V=(v_1, v_2, \dots, v_8)$$

$$\Phi=(\varphi_{11}, \varphi_{12}, \dots, \varphi_{18})$$

$v_i$  は会場を構成する  $i$  番目の部屋を表現するノードであり、 $\varphi_{ij}$  は部屋  $i$  と部屋  $j$  の関係を表わし、

$$\varphi_{ij} = \begin{cases} 1: \text{直接移動可能なとき} \\ 0: \text{直接移動可能でないとき} \end{cases}$$

である。

ネットワーク表現した会場を図2に、インデンスマトリクスを図3に示す。

展示会場モデル  $K$  は、各展示室または共用施設  $K_i$  の状況を表示する。すなわち

$$K=(K_1, K_2, \dots, K_8)$$

$$K_i=(k_{i1}, k_{i2}, k_{i3}), i=1, 2, \dots, 8$$

$k_{i1}$ :  $i$  番目の部屋  $K_i$  の展示室または共

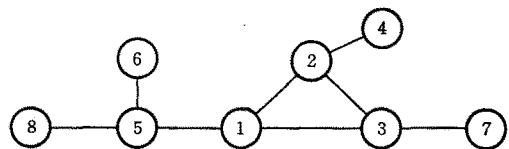


図2 ネットワーク表現した会場

1: ミニコン展示場 2: オフコン展示場 3: マイコン展示場 4: レストラン 5: ロビー 6: トイレ 7: シンポジウム会場 8: 出入口

FROM\TO	1	2	3	4	5	6	7	8	FROM\TO	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1.0	0.5	0.5	0.33	0.5	0.33	0.33	0.33
2	1	1	1	1	0	0	0	0	2	0.5	1.0	0.5	0.5	0.33	0.25	0.33	0.25
3	1	1	1	1	0	0	0	1	3	0.5	0.5	1.0	0.33	0.33	0.25	0.5	0.25
4	1	0	1	0	1	0	0	0	4	0.33	0.5	0.33	1.0	0.25	0.2	0.25	0.2
5	1	1	0	0	0	1	1	0	5	0.5	0.33	0.33	0.25	1.0	0.5	0.25	0.2
6	1	0	0	0	0	1	1	0	6	0.33	0.25	0.25	0.2	0.5	1.0	0.2	0.33
7	1	0	0	1	0	0	0	1	7	0.33	0.33	0.5	0.25	0.25	0.2	1.0	0.2
8	1	0	0	0	0	1	0	0	8	0.33	0.25	0.25	0.2	0.5	0.33	0.2	1.0

図3 インシデンスマトリクス

図4 近接度

用施設の種類

$k_{i2}$ : 混雑度(定員以上の観客が  $K_i$  に居れば0, そうでなければ1の値をとる)

$k_{i3}$ : 近接度( $K_i$  から他の部屋への近さの程度, 値が大きいほど近いことを示す. 図4)

である.

#### 2.4 観客モデル(A)

観客モデルは図5に示すように, 自己の欲求状態と空間の状況によって行動様式を決定する部分(深層構造)と, その行動様式にもとづいて具体的な行動を表示する部分(表層構造)によって構成される. 深層構造は行動環境としての空間の状況に応じて変化する欲求状態を記述する. この部分は有限確定オートマトンに, 生理的欲求の発生と充足の時間間隔を決定するモデルをつけ加えて表現した.

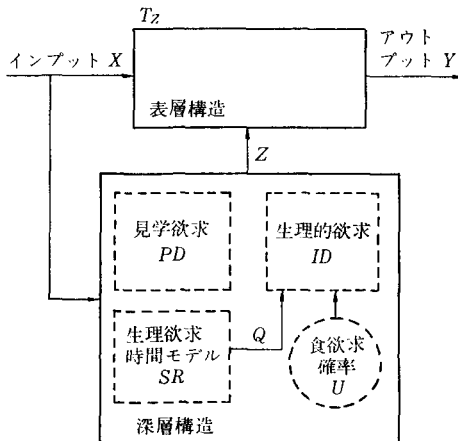


図5 観客モデルの構造

このモデルの数学的型式は次のようになる.

表層構造:  $T_z(X) = Y$

深層構造:  $f_1(X, PD_t, ID_t) = z$

$f_2(X, PD_{t-1}) = PD_t$

$f_3(X, Q, U, ID_{t-1}) = ID_t$

生理欲求:  $SR(X, Q_{t-1}, ID_{t-1}) = Q_t$

時間モデル

観客モデルは上記5つの関数の合成

$$A = (T_z, f_1, f_2, f_3, SR)$$

で表示される.

各変数および関数は次のとおりである.

1) インプット:  $X = (X_1, X_2, X_3)$

インプットは展示会場モデルで表示される部屋の状況である. 観客は, ある時点に居る部屋  $K_i$  から直接移動可能な部屋群  $K'$  の状況をインプットとして受けとる.

$X_1$ : 部屋の種類

$X_2$ : 混雑度

$X_3$ : 近接度

2) アウトプット:  $Y = (K_i, \underline{K}_i) (i=1, 2, \dots, 8)$

$K_i$ : 部屋  $K_i$  を欲求充足のために利用する

$\underline{K}_i$ : 部屋  $K_i$  を通過空間として利用する

3) 欲求状態

観客の欲求状態は, 会場に到着する以前から有る, 展示物に対する見学欲求  $PD$  と, 会場内で発生する生理的欲求  $ID$  との2つの欲求状態によって規定される.

i) 見学欲求( $PD$ ): 見学欲求の対象としてミニコン展示室, オフコン展示室, マイコン展示室, 講演会場の4つの部屋を考えた.

見学欲求の状態は、これらの部屋における見学時間の程度によって次のように表わした。

$$PD = (P_{i0}, P_{i1}, \dots, P_{in}),$$

$$i = 1, 2, 3, 7$$

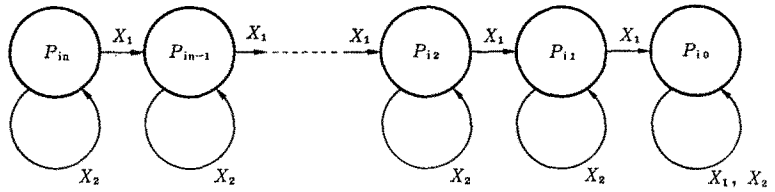


図 6 見学欲求の状態推移

$P_{i0}$ :  $i$  番目の部屋につ  $X_1$ : 卓越する PD 充足空間に居る  $X_2$ : 卓越する PD 充足空間に居ない

いて見学欲求がまったくない状態

$P_{i1}$ :  $i$  番目の部屋について見学欲求の強度が 1 単位時間の状態

$P_{in}$ :  $i$  番目の部屋について見学欲求の強度が  $n$  単位時間の状態

ii) 生理的欲求 (ID): 生理的欲求は 1-排泄欲求, 2-食欲求, 3-休息欲求の 3 つを考えた。欲求状態は以下のように 3 つに共通の記述を行なった。

$$ID = (R_{i0}, R_{i1}, R_{i2}), i = 1, 2, 3$$

$R_{i0}$ :  $i$  番目の生理的欲求がまったくおこっていない状態

$R_{i1}$ :  $i$  番目の生理的欲求が多少おこっている状態

$R_{i2}$ :  $i$  番目の生理的欲求ががまんできない状態

また、生理的欲求の充足空間としては

排泄欲求—トイレ

食欲求—レストラン

休息欲求—ロビーまたはレストラン

のように対応させた。

4) 行動様式変数:  $z = (z_1, z_2, \dots, z_9)$

行動様式変数は、深層構造から表層構造に対してどのような行動をとるかを指示する変数である。 $z_1 \sim z_8$  は添え字に示す部屋へ向かって移動する行動を指示し、 $z_9$  は観客が居る部屋にそのまま留まる行動を指示する。

5) 出力関数:  $T_{xi}(X) = Y$

出力関数は具体的な行動を表示する関数である。(4)に示したように、出力関数には 9 つの種類がある。 $T_{21} \sim T_{28}$  は添え字に示された部屋へ最

短経路で向かうものであり、 $T_{29}$  は今居る部屋に留まるものである。なお、見学欲求を充足する場合 ( $T_{21} \sim T_{23}, T_{27}$ ) は、混雑した部屋を避けて移動するとした。

6) 状態関数:  $(f_2, f_3)$

状態関数は  $t-1$  時点の観客の欲求状態を  $t$  時点の欲求状態に推移させる関数である。

i) 見学欲求の状態関数:  $f_2(X, PD_{t-1}) = PD_t$   
 見学欲求の推移は図 6 に示すものである。

ここで、卓越する PD とは、観客の居る部屋から各展示室への近接度と、観客の見学欲求の積が最大となる見学欲求である。

ii) 生理的欲求の状態関数:

$$f_3(X, Q, U, ID_{t-1}) = ID_t$$

生理的欲求の状態関数は排泄欲求, 食欲求, 休息欲求の 3 つの ID の推移を扱う。排泄欲求の推移を例として説明する。

排泄欲求は、観客が会場にある時間  $Q$  滞在すると発生の方に状態が推移するとした。またトイレにある時間  $Q'$  居ると、状態が  $R_0$  に推移するとした。 $Q$  の値は  $SR$  によって決定される。排泄欲求の推移を図 7 に示す。

休息欲求も同様の考え方で推移を決定した。また、食欲求は、 $R_0 \rightarrow R_1$  の推移が時刻によってきまる (昼時と 3 時頃に発生しやすい) 確率  $U$  にしたがっておこる。

7) 生理欲求時間モデル:  $SR(X, Q_{t-1}, ID_{t-1}) = Q_t$

生理欲求時間モデルは、観客の生理的欲求の発生と充足時間における個体差を表現するため、これらの時間を中心値と分布確率に対応する乱数に

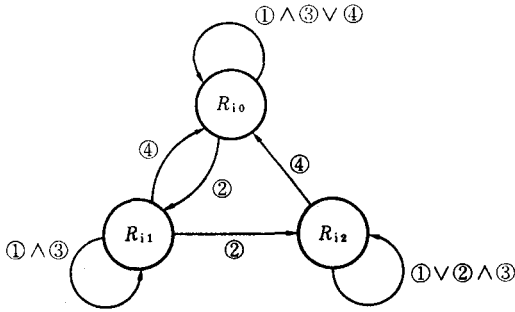


図 7 排泄欲求の推移

- ①: 同一の状態が  $Q_1$  時間継続していない
- ②: 同一の状態が  $Q_1$  時間継続した
- ③: トイレに  $Q_2$  時間居ない
- ④: トイレに  $Q_2$  時間居た

よって決定するものである。その分布は既往の行動調査にもとづいて決定した [1~4]。

8) 行動様式決定関数:  $f_1(X, PD_t, ID_t) = z$

行動様式決定関数は  $t$  時点の観客の状態 ( $PD_t, ID_t$ ) とインプット ( $X$ ) から、行動様式 ( $z$ ) を決定する関数である。

行動様式  $z$  は、 $f_1$  の次のような段階によって決定される。

- i) 観客が生理的欲求を充足中はその部屋に留まる。すなわち

$$\left. \begin{array}{l} (R_2 \in ID_t) \vee ((R_1, R_1, R_1) = ID_t) \\ \text{かつ} \\ X_1 = \text{対応する共用施設に居る} \end{array} \right\} \rightarrow z_9$$

である。

表 1 生理的欲求の状態と行動様式

IDの種類	排泄 食事 休息	排泄 食事 休息	排泄 食事 休息
IDの状態	$R_2 \ R_2 \ R_2$		
行動様式	$Z_6$		
IDの状態	$R_2 \ R_2 \ R_1$	$R_1 \ R_2 \ R_2$	$R_2 \ R_1 \ R_2$
行動様式	$Z_6$	$Z_4$	$Z_6$
IDの状態	$R_2 \ R_1 \ R_1$	$R_1 \ R_2 \ R_1$	$R_1 \ R_1 \ R_2$
行動様式	$Z_6$	$Z_4$	$Z_6$
IDの状態	$R_1 \ R_1 \ R_1$		
行動様式	$Z_6$		

- ii) 観客の生理的欲求の状態が表1のいずれかに該当する場合、対応する行動様式を選択する。

- iii) 観客が  $PD$  を充足中はその部屋に留まる。すなわち

$$\left. \begin{array}{l} P_{in} \in PD_t \\ \text{かつ} \\ X_1 = \text{対応する展示室に居る} \end{array} \right\} \rightarrow z_9$$

である。

- iv) 観客が見学欲求を充足するための行動様式を選択する。すなわち

$$P_{in} \in PD_t$$

のとき、観客が居る部屋から直接移動可能な各部屋の展示室に対する近接度、混雑度と見学欲求の強さの積が最大となる  $i$  番目の展示室に向かう行動様式  $z_i$  を選択する。

- v) 観客が入場前にもっていた各展示室に対する見学欲求がすべて充足された場合、出口 ( $K_8$ ) へ向かう行動様式を選択する。すなわち

$$P_{in} \notin PD_t \rightarrow z_8$$

である。

## 2.5 結合

観客モデル  $A$  と展示会場モデル  $K$  の結合  $C$  は、観客から展示会場への働きかけと、展示会場から観客への働きかけの2種類がある。しかし、

モデルで扱う観客の行動は空間に対する改変操作を含まないとしたため、観客から展示会場への結合はない。このモデルでは、展示会場から観客への結合、すなわち会場の状況が観客に働きかける結合のみ考えた。

## 3. 展示会場における観客の行動予測

### 3.1 シミュレーションの初期条件

シミュレーションの初期条件は以下である。

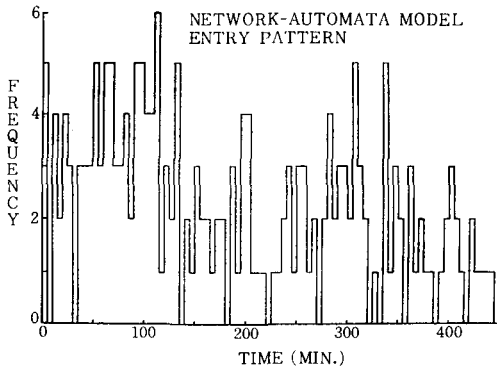


図 8 観客の来場分布

見学欲求の分布と観客の来場分布は、それぞれ展示内容と会場の立地に関わるものとして想定した。

- i) シミュレーションは単位時間を  $\Delta t = 1$  分とし、9時から17時までの8時間=480分行なった。
- ii) 講演会は第1回が10時から11時、第2回が14時から15時に行なわれるとした。
- iii) 200人の観客が図8に示す来場分布で入場するものとした。
- iv) 欲求状態の分布

- ① 見学欲求は4つの部屋の内容のうち、1種類の見学欲求をもつ観客40%、2種類30%、3種類20%、4種類10%とした。見学欲求の強度は、 $P_{10} \sim P_{40}$ (10分~40分)の間のいずれかを乱数によって与えた。
- ② 生理的欲求について、食欲求は $R_0$ 、排泄欲求と休息欲求には $R_0$ と $R_1$ をランダムに与えた。

### 3.2 シミュレーション結果

#### 1) 滞在者数について

会場内に滞在する観客数のピークは11時頃にあり、そのときの滞在者数は52人であった。延200人の来場者であるから、25.1%の集中率である。この値は、会場の規模計画の目安となる。

各展示室および共用施設の利用状況を見ると、

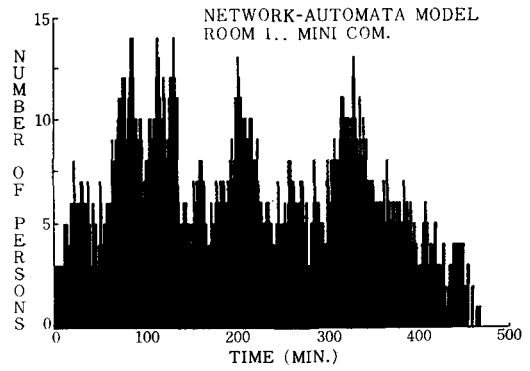


図 9 ミニコン展示室の滞在者の時刻変動

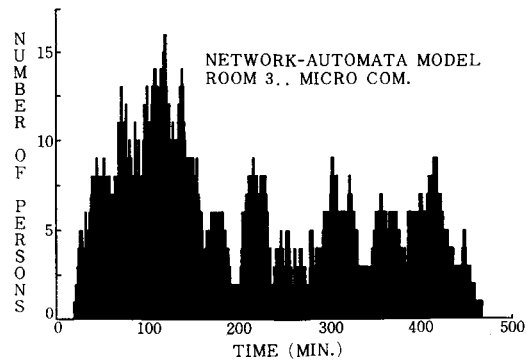


図 10 マイコン展示室の滞在者の時刻変動

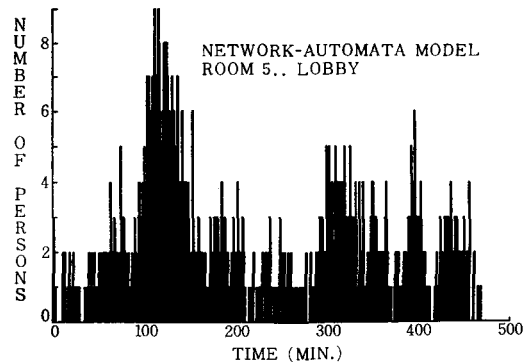


図 11 ロビーの滞在者の時刻変動

各展示はそれに付属している共用施設や講演会場の利用の影響を強く受けることがわかる。この変動は各部屋の配置計画や会場の運営計画の検討に役立つものである。図9~図11にミニコン展示室、マイコン展示室、ロビーの滞在者の時刻変動を示す。

また、図12にミニコン会場の滞在者、利用者と

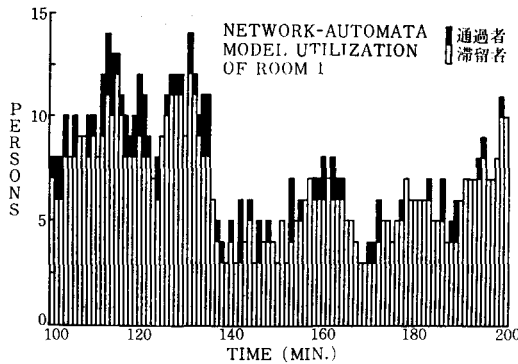


図 12 利用者と通過者の時刻変動(ミニコン会場)

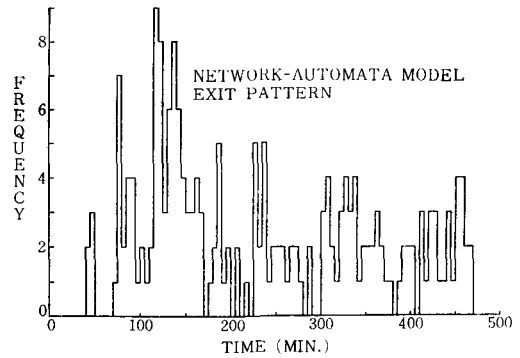


図 13 退出者の時刻変動

通過者のうちわけの時刻変動を示す。これは、部屋の中の動線部分と展示部分の割合を検討する資料となる。

2) 退出者の分布について

退出者の時刻変動は図13となった。ピークは11時から11時30分の間であり、午後には認められない。退場分布は来場分布とあわせて検討することにより、会場への輸送計画の資料となる。

3) 会場内の移動について

観客の部屋から部屋への移動を遷移表として集計したものが表2である。この表は会場内の動線計画や通路幅の検討に役立つものである。また、この表を通過者のみ集計したものは、全移動の9.7%であった。この値が大きくなるほど、部屋の配置に問題があると考えられる。

6) 観客の欲求状態の推移について

ある観客の欲求状態の推移を図14に示す。図中の文字(1, 2, 7)は見学欲求の状態, (T, R)はそれぞれ排泄欲求, 休息欲求の状態を表わしてい

る。

この観客は初めにミニコンを見学し、次に講演を聞いて、オフコンを見学しているうちに排泄欲求ががまんできなくなってトイレに行き、またオフコン展示室にもどって見学を続け、疲れたのでロビーで休んで帰った。帰りには排泄欲求がややおきていたという内容が図から読みとれる。

シミュレーションの結果は、ここに示さなかったものを含めて、既往の行動調査結果に照らして妥当性の高いものであった。

4. 考 察

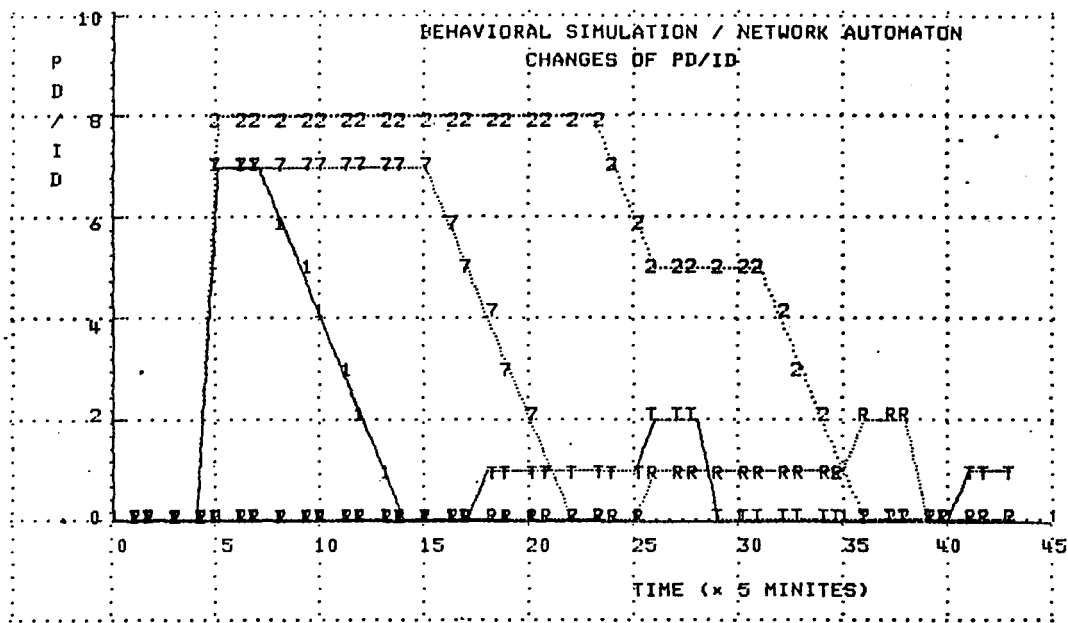
このモデルは、従来のように調査結果を数量的に再現するものではなく、計画案という未だ存在しない空間での人間の行動を、個人の状態の変化を含めて予測できる点に特徴がある。シミュレーションの結果も、計画案の検討に際して、人間と空間の不整合が個人の行動と状態にどのような影響を与えるかという内容を含み、総合的な資料を提供できることを示している。

なお、今後、以下のような点についてさらに検討が必要であると考えられる。

1) モデルでは、人間の心理的行動を刺激—反応系として扱っている。しかし、心理的行動は刺激(情報獲得)—イメージ形成

表 2 会場内の遷移表

FROM\TO	1	2	3	4	5	6	7	8
1	2284	100	112	.	228	.	.	.
2	102	2301	35	.	.	.	.	.
3	108	37	2431	.	.	.	31	.
4	.	13	.	363	.	.	.	.
5	228	.	.	.	473	9	.	200
6	.	.	.	.	9	17	.	.
7	.	.	31	.	.	.	783	.
8	.	.	.	.	200	.	.	0



HISTORY OF XACT NO.27 ENTRY TIME: 4

図 14 ある観客の欲求状態の推移

一反応(行動)系であることは一般に認められている[5~8]. そこでは、刺激—イメージ形成およびイメージ形成—反応の過程は直接に観察できないため、刺激—反応の系を観察することによって、イメージ形成の過程を類推することになる。

しかし、本報告の例のように、不特定多数を対象とした人間の行動を扱う場合、刺激—イメージ形成、イメージ形成—行動の過程を、個体差まで含めて考慮することは非常に困難である。

現状では、イメージ形成の過程を無視して、集団を観察することによって得られた特性値を、刺激—反応系における中心値と分布確率として扱い、個体の行動を記述せざるを得ないと考えた。

2)モデルでは、欲求構造を種類と強度について記述し、欲求処理を行なっている。

欲求構造には種類、水準、強度がある[7].(1)にのべたように、イメージ形成の過程を無視したモデルでは、水準の変動要因規定することは無理である。

現状では、欲求構造をその種類と強度で表現す

ることで満足せざるを得ないと考えた。

3)モデルでは、会場内で発生する欲求として、生理的欲求のみ扱っている。しかし、会場内で新たな見学欲求が誘発されることはよく経験する。しかし、イメージ形成の過程をモデルに導入するまでは、見学欲求が誘発される要因を記述できない。

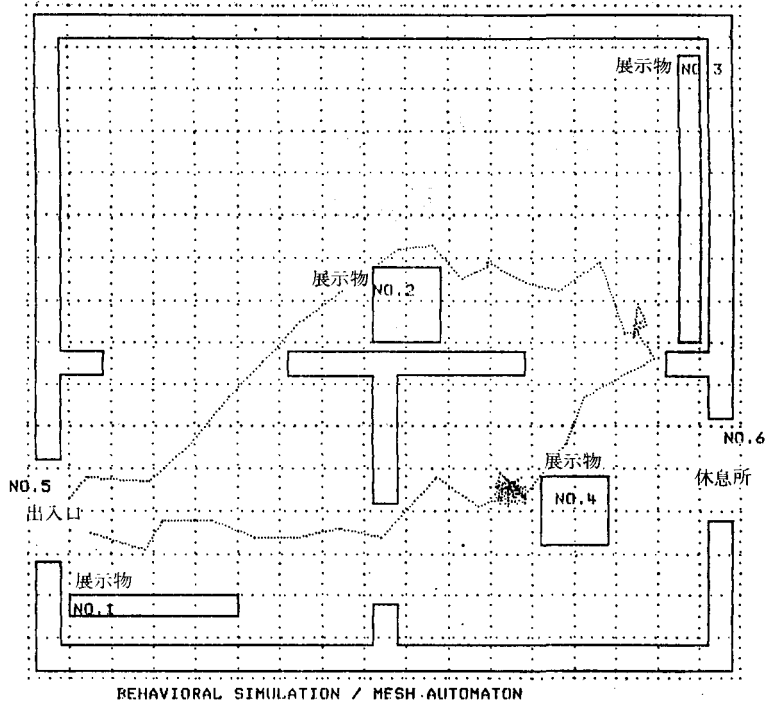
ここでは、会場内で誘発される見学欲求についてもあらかじめ与えられているものとした。

また、このモデルの発展として、計画案のインテリアの構成を検討するため、本報告では1つのノードとして表現した空間を、さらにメッシュに分割して表現するモデルを作成した。これは、ある部屋の中の壁面や柱、具体的な施設の位置、待ちの発生箇所や待ち行列が他の人間の行動に与える影響などの記述が可能なモデルである。このモデルを、本報告で用いた展示会場の中から主な展示室をぬき出して適用した例を図15に示す。

空間をメッシュで表現するモデルは、災害時の避難行動の予測など、空間要素の詳細な状況が行



図 15 メッシュで空間を表現したモデルの例



動に大きな影響を与える場合に適用する有効性が高いと考えられる。

参 考 文 献

- [ 1 ] 岡田光正(他)：建築計画学12，施設規模，丸善，1970
- [ 2 ] 吉武泰水：建築計画の研究，鹿島出版会1974
- [ 3 ] 田中靖政：行動科学，筑摩書房
- [ 4 ] 阿久津邦男：歩行の科学，不昧堂書店
- [ 5 ] 松田正一：人間の行動モデルⅠ 早大システム科学研究所紀要 No. 6，1975，1-23
- [ 6 ] 松田正一：人間の行動モデルⅡ 早大システム科学研究所紀要 No. 9，1978，1-13
- [ 7 ] 松田正一：人間の行動モデルⅢ 早大システム科学研究所紀要 No. 10，1979，17-33
- [ 8 ] 南 博：体系社会心理学Ⅰ パーソナリティの科学，光文社，1979
- [ 9 ] 位寄和久(他)：人間一空間系の研究，日本建築学会論文報告集 No. 298，1980，89-98

●ミニ●ミニ●

●OR●

宮沢明子とミケランジェリ

ピアニストというのは、自分の楽器を演奏会場へ持ち運ぶことができないという意味で、重大な制約を負った職業であると言える。

宮沢明子(めいこ)は、旅行先であてがわれたピアノがどんなにボロでも、愛情をこめて「よろしく頼むわよ」と念じながら演奏すると言う。

ミケランジェリは、旅行先に自分の楽器を何台か運搬させ、いちばん気に入った器械を会場に持ち込むという凝りようで有名だが、先日来日したときは、楽器の管理が悪いと主催者に文句を言い、演奏会をスッポかしてしまった。

音楽とは「心」である。楽器と自身とともに最高の条件においた上で納得のいく音楽を提供したいという心と、楽器という物体を愛し、その性能の範囲でできる限りの音楽作りを目ざす心と、あなたならいずれの採るだろうか。(小野勝章)