住宅地の状態変化モデルに関する研究

正会員	位	寄	和	久 ^{*1}
正会員	池	原	義	朗 ^{*2}
正会員	中	島	高	史 ^{*3}
正会員	中	村	良	三 ^{*4}
正会員	渡	辺	仁	史 ^{*4}

1. 研究目的

本研究の目的は、都市内のある住宅地を想定し、そこに新たな道路や公園の建設といった、環境を変化させるインパクトが与えられたと仮定するとき、住宅の居住状態がどのように変化し、住民がどのような行動をとるかを予測するためのモデルを、オートマタ理論^{注1)}を適用して開発し、シミュレーションによって検討を行うことである。

住環境のように、定量的な表現が困難な事象を考える上で、人間の定性的状態や行動をモデル化し、計画に反映させる手法は、近年ますます必要になってきたと考えられる。

2. 住宅地の状態変化モデルの概要

2.1 モデル化のための仮定

本モデルで想定した地域は一戸建の専用住宅^{注2)}によって構成される住宅地であり、各住宅の居住世帯を1つのオートマタとして扱った。

環境変化のインパクトとしては、新しい地域間幹線道路の建設および公園の設置の2つを考えた。道路の建設は、住民にとってプラスの要因としての面や、マイナス要因としての面を併せ持っているが、本モデルでは道路は騒音、交通事故の増加等のマイナス要因のみが表われてくるものとして扱った。一方、公園の設置は、このモデルでは住民にとってプラスの要因と仮定した。

次に、住宅の居住状態としては、快適な状態、平均的な状態、不快な状態の3段階を設定したが、道路が住宅の周囲に新設され環境が悪化すると、快適な居住状態が不快なものになるとか、公園ができて環境が良くなると、不快な状態が平均的なものになるといった状態の推移が起ると仮定した。

又、例えば住宅が不快な居住状態にあつて、環境からマイナスのインパクトが働くと、今まで住んでいた人々

は別の地域に引越し、そこが店舗やガソリンスタンド等の商業施設^{注3)}に建て替えられるものと仮定した。この用途変更が行なわれ、住宅以外の用途になった所は、道路と同様にマイナスの要因として周囲の住宅に影響を及ぼすものと仮定した。

本モデルは、以上の様な仮定の下に、道路建設や公園の設置といった都市計画行為によって、住宅が居住状態を変化させ、用途の変更を行なっていく、住宅地の変化の過程を扱っている。

2.2 モデルの構成

本モデルで対象とする住宅地は、例えば図-1に示すように、一つの区画に一軒の住宅が建っているものとする。住宅地全体を R とすると、 R は $m \times n$ 個 (m 行

図-1 区画をオートマタで表わした住宅地の例

*1 早稲田大学 大学院生

*2 早稲田大学 教授

*3 カナダ・ラバール大学 準教授・工博

*4 早稲田大学 講師・工博

(昭和54年11月30日日本稿受理・討論期限昭和55年11月末日)

n 列)の区画から成る。この際、生活道路は住宅地内に適当に分布しているものとし、本モデルでは現われていない。

住宅地 R を構成している区画を r_{ij} で表わし、これをオートマトン A と一対一で対応させる。オートマトンは、次の様に定義される。

$A: (I, O, Q, \lambda, \delta)$

● I (インプット): インプットの集合は、 I_1, I_2 により定義される。

I_1 : 図-2 のように、

隣接する周囲 8 つの区画の状態を A に対する環境のイ

図-2 隣接 8 メッシュ

ンプットとする。この中にある道路や住宅以外の施設に -1 、公園に $+1$ 、住宅には 0 の得点を与え、その合計点によって周囲の環境状態を次の様に規定する。

$$I_1 = \begin{cases} i_1: -5 \sim -8 & \text{非常に悪い} \\ i_2: -3 \sim -4 & \text{悪い} \\ i_3: -1 \sim -2 & \text{やや悪い} \\ i_4: 0 & \text{普通} \\ i_5: +1 \sim +2 & \text{やや良い} \\ i_6: +3 \sim +4 & \text{良い} \\ i_7: +5 \sim +8 & \text{非常に良い} \end{cases}$$

I_2 : 住宅が建設されてからの年数(老朽度)を住宅内部からのインプット I_2 とする。これは、住宅が建設されてからおおむね 25 年が耐用期間であり、それ以上の年数が経つと建替えるか、不快さを忍んで住み続けるかの選択が必要なことを表現している。

$$I_2 = \begin{cases} i_8: \text{住宅が建設されて 25 年以内} \\ i_9: \text{住宅が建設されて 25 年を過ぎた (老朽化した)} \end{cases}$$

● O (アウトプット): アウトプットは次の 2 つの要素から成る。

$$O = \begin{cases} o_1: \text{住み続ける} \\ o_2: \text{引越す} \end{cases}$$

● Q (ステイト): 住宅の居住状態は次の 3 つの要素から成る。

$$Q = \begin{cases} S_1: \text{快適な居住状態} \\ S_2: \text{平均的な居住状態} \\ S_3: \text{不快な居住状態} \end{cases}$$

● λ (アウトプット関数): λ はインプットと状態から、アウトプットを決定する関数である。即ち、ある時点 t において、

$$O(t) = \lambda(I(t), Q(t-1))$$

である。

表-1 住宅オートマトンの出力関数: λ

インプット 状態	i_1 or i_2						
	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	i_6	i_7
S_1	Q_1	Q_1	Q_1	Q_1	Q_1	Q_1	Q_1
S_2	Q_2	Q_1	Q_1	Q_1	Q_1	Q_1	Q_1
S_3	Q_2	Q_2	Q_1	Q_1	Q_1	Q_1	Q_1

このモデルで用いたアウトプット関数を表-1 に示す。

この関数では、ある住宅の居住状態が“不快(S_3)”であり、周囲の環境が“やや悪い(i_3)”の時には“留まる(o_1)”がアウトプットとして選ばれるが、周囲の環境が“悪い(i_2)”の状態になると、“引越し(o_2)”することになる。

● δ (状態関数): δ はインプットと $t-1$ 時点の状態から、 t 時点の状態を決める関数である。即ちある時点 t において、

$$Q(t) = \delta(I(t), Q(t-1))$$

である。

このモデルで用いた状態関数を表-2 に示す。

表-2 住宅オートマトンの状態関数: δ

インプット 状態	i_1							i_9
	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	i_6	i_7	$i_1 \sim i_7$
S_1	S_3	S_2	S_2	S_1	S_1	S_1	S_1	S_3
S_2	S_3	S_3	S_2	S_2	S_1	S_1	S_1	S_3
S_3	S_3	S_3	S_3	S_3	S_2	S_2	S_1	S_3

表-2 は、住宅の $t-1$ 時点の居住状態が“快適(S_1)”なのに、周囲の環境が急に“非常に悪い(i_1)”になると、 t 時点の居住状態はいきなり“不快(S_3)”に変わるといったことを示している。

これらの関係を図示すると図-3 のようになる。

図-3 は、住宅の居住状態の遷移とアウトプットを同時に示しており、状態遷移を示す矢線に付した記号“/”の左側にインプットを示し、右側にアウトプットを示したものである。

このようにして設定したオートマトンを動かすためのモデルのフローチャートは、図-4 に示す通りである。

なお、道路の拡幅と公園の設置は政策決定事項であるため、モデルの外生値として与えるものとする。従って、シミュレーション進行中のどのステップにおいてもインパクトの設定が可能であり、モデルのアウトプットを検討しながら、インタラクティブに政策を変更することができるようモデルは構成されている。

3. 住宅地変化のシミュレーション

3.1 初期値の設定

このモデルの初期の状態を次の様に設定する。

対象とした住宅地の各々の住宅の老朽度は、10~25 年の間の値をランダムに設定し(図-5-a)、又、各々の

S_1 : 快適な居住状態, S_2 : 平均的な居住状態, S_3 : 不快な居住状態

図-3 住宅オートマンの状態遷移図

図-4 住宅地変化モデルのフローチャート

住宅の居住状態は S_1, S_2 の2つの状態のどちらかをランダムに設定した (図-5-b)。

3.2 シミュレーションの実行

本モデルでは、1ステップを一年としてシミュレーションを実行した。

初期値の状態 (図-5)注4)に、道路の建設、公園の設置といったインパクトを与えると図-6のようになる。

1年目 (ステップ=1) では、道路に面した住宅の状態が悪化し (図-7), 2年目 (ステップ=2) では、居住状態の良くない住宅は引越してしまい、それに替って

商店等の商業施設が現われる (図-8)。また、1年目では、公園の周囲の住宅には居住状態の向上しているものもみられる。

以下、年 (ステップ) を追って住宅は減少し、商業施設が急激に増加していく様子が見られる。そして5年後 (ステップ=5) には、商業施設が道路の両側を占め、公園の周囲にわずかに住宅が残っている (図-9)。

今回のシミュレーションでは、10年間にあたる変化をみたが、10年目にはかなりな部分の住宅が商店やアパートといった商業施設となり、初期の住宅地とは全く異なった様相となっている (図-10)。

4. モデルの検討

本モデルは、都市空間の中でも特に住宅地における施設計画の問題に、オートマ理論を適用して、計画の効果を予測できる新しい手法を開発しようとしたものであるが、このモデルの特徴は、システム全体を構成している個々の要素の量的な変化に加え、オートマトンとして表現された個々の区画の質的な状態の変化をも、シミュレートできることである。

つまり、個々の住宅等の区画が、一つのオートマトンとして扱われたことにより、その区画にある住宅が、周囲の環境の変化および老朽度の変化により行動決定していく状況を表現しえたこと、同時に区画同士が相互に影響しあう現象を表現しえたことが、このモデルの特徴といえる。

しかし、今回の報告においては、モデルの開発に研究の重点があり、モデルで設定した仮定や条件は、現況調査によって得られたものではないので、現実の都市空間とモデルをつき合わせ、仮定した条件、期間等に関する検討を行なうことは今後の課題である。

また、モデル化そのものについては、インパクトに対する居住者の反応に関して、次のような点での検討が今後必要であろう。

(i) 現在は各住宅の家族型を一様なものとしているが、家族構成による反応の差異を取り入れること。

ex.) 夫婦のみ、夫婦と幼い小供、老人と夫婦と子供 etc.

(ii) 現在、住宅以外の施設について、住宅に対する単一の影響しか考えていないが、施設の種類による周囲への影響の差異を導入すること。

16	25	16	21	12	15	25	22	11	15	25	17	17	13	22	11	14	12	13	22
13	20	25	17	16	25	19	20	10	11	25	15	18	23	20	19	24	19	17	10
15	18	10	11	12	16	19	19	20	22	16	14	16	17	19	12	22	17	14	21
19	11	23	11	24	17	16	18	11	21	12	14	20	18	11	19	13	12	20	14
24	15	12	10	13	25	10	12	14	15	13	14	11	19	16	18	24	16	18	25
19	23	14	17	22	10	24	23	24	25	19	14	24	15	17	13	23	23	23	13
25	23	19	12	11	15	20	11	20	22	19	23	16	25	22	11	11	24	20	20
10	22	22	20	21	12	21	16	18	13	11	10	11	15	11	17	12	21	25	17
14	25	25	16	25	12	10	11	21	19	18	12	17	20	16	23	23	15	23	24
24	21	16	22	19	19	19	13	12	20	17	21	19	14	21	18	21	19	15	15

(a) 各区画の住宅老朽度の初期値 (単位: 年)

***** STEP = 0 *****

	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
01																				
02																				
03																				
04																				
05																				
06																				
07																				
08																				
09																				
10																				

RESIDENCE: S1= 91 S2= 109 S3= 0
PARK= 0 COMMERCIAL= 0 ROAD= 0

LEGEND

S1 : WELL CONDITIONED RESIDENCE

S2 : STANDARD CONDITIONED RESIDENCE

S3 : POOR CONDITIONED RESIDENCE

PARK

COMMERCIAL FACILITIE

MAIN ROAD

(b) 各住宅の初期状態

図-5 シミュレーションの初期値

美其其其 STEP = 0 其其其其

RESIDENCE: S1= 79 S2= 93 S3= 0
PARK= 8 COMMERCIAL= 0 ROAD= 20

図-6 設定されたインパクト

美其其其 STEP = 1 其其其其

RESIDENCE: S1= 71 S2= 85 S3= 16
PARK= 8 COMMERCIAL= 0 ROAD= 20

図-7 1年後の各区画の状態

ex.) アパート, 日常品店と買廻品店, 飲食店,
小工場, 事務所 etc.

(iii) 公園も現在は一樣なものとして扱っているが,
種類によって周囲への影響の差異を導入すること。

ex.) 児童公園, 近隣公園, 都市公園 etc.

これによって, 例えば, 年寄りで子供のいない夫婦の

場合, 日常サービスのための施設(タバコ屋, 食料品店
等)の建設は, 好ましい変化と考えられるし, 幼児のい
る若い夫婦には, 騒音や交通量の点で住環境が悪くなっ
たと考えることもできる。又, 児童公園の設置は, 老夫
婦には, 子供達の声がうるさくて負の要因だと考えられ
るが, 幼児を持った夫婦にとっては, 好ましい変化だと

STEP = 2

RESIDENCE: S1= 65 S2= 70 S3= 21
PARK= 8 COMMERCIAL= 16 ROAD= 20

図-8 2年後の各区画の状態

STEP = 5

RESIDENCE: S1= 41 S2= 48 S3= 34
PARK= 8 COMMERCIAL= 49 ROAD= 20

図-9 5年後の各区画の状態

受け取られること等が、モデル化できる。

更に、住宅から商業施設への変化だけでなく、商業施設内の他の業種へといった多様な変化もオートマトンの種類や状態を増加させることで、今後モデル化することも可能であろう。

5. あとがき

本モデルの発展としては、現在は都市内での変化のみを考えているが、これを既に形成されている変化だけではなく、農村部における過疎化の問題や、新たな市街地の発生過程の予測に適用すること等の利用範囲の拡大が考えられる。

尚、本モデルは、プログラミングが容易であり、又、

STEP = 10

図-10 10年後の各区画の状態

インタラクティブな扱いの楽な APL 言語で記述しているが、10~20 行程度のステートメントから成る 6 つの関数で構成されている。また、シミュレーションの実行にあたっては、ポータブルコンピュータを用いたが、今回シミュレートした 10 年間分の計算をするのに要した時間は、約 20 分であった。

注

- 1) オートマタ理論とは、ゲーム理論などと同様にある特定の現象を処理するための数学的概念である。これは、従来システムで扱う変数が定量的なものだけであったのに対し、定性的な状態の記述と演算を可能にしている。オートマトンは、オートマタが複数形なのに対し、単数形として扱っている。都市・建築計画へのこの理論の適用性に関しては、参考文献 3), 4) に述べられ、理論の解説に関しては、文献 5), 6) にある。尚、オートマトンについての数学理論は、オートマタ理論あるいは順序機械論あるいは数学機械論と呼ばれている。
- 2) 以下、単に住宅と呼び、アパートや併用住宅とは区別する。
- 3) 商業施設の内には、アパート、併用住宅を含み、一戸建専用住宅以外の施設を指すものとする。
- 4) これらのアウトプットは、ポータブルコンピュータで行ったシミュレーション結果を、東京大学大型計算機セン

ターに送信し、ALIS グラフィック・システム文11) を用いて処理を行ったものである。

参考文献

- 1) 池原, 中島, 中村, 渡辺, 位寄: 「オートマタ理論を用いた住宅地変化モデル」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 昭和 54 年 9 月
- 2) 池原, 中島, 中村, 渡辺, 位寄: 「APL の建築計画への応用」, 同上, 昭和 53 年 9 月
- 3) Nakajima, T.: "Application de la théorie de l'automate à la simulation de l'évolution de l'espace urban congrés CFAS, 1977
- 4) 渡辺仁史: 「建築計画におけるオートマトンモデル」, 日本建築学会論文報告集, 第 234 号, 昭和 50 年 8 月
- 5) アシュビー著, 篠崎(他) 訳: 「サイバネティクス入門」, 宇野書店, 昭和 42 年
- 6) 松田正一: 「システム理論序説」, オーム社, 昭和 46 年
- 7) 池原, 渡辺, 森, 位寄(他): 「メッシュシステムによる八王子土地利用計画策定に関する研究(その 1~その 7)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 昭和 52 年 10 月
- 8) 同上(その 8), 昭和 53 年 9 月
- 9) 同上(その 9), 昭和 54 年 9 月
- 10) 藤崎: 「ライフゲーム」, bit, 1975
- 11) 久保, 位寄: 「ALIS グラフィックプログラムの機能追加について」東京大学大型計算機センター, 1979

SYNOPSIS

UDC: 711.58

STUDY ON BEHAVIORAL MODEL FOR RESIDENTIAL PLANNING

by **KAZUHISA IKI**, Graduate Student of Waseda Univ., **YO-SHIRO IKEHARA**, Prof. of Waseda Univ., Dr. **TAKASHI NAKAJIMA**, Prof. of Laval Univ., Dr. **RYOZO NAKAMURA**, Lecturer of Waseda Univ., and Dr. **HITOSHI WATANABE**, Lecturer of Waseda Univ., Memberes of A.I.J.

The purpose of the study is to develop a model that enabel to simulate environmental change in a residential quarter of a city. The model constracted with the concepts of automata theory, provides a means to represent qualitative evolutions of urban area caused by certain environmental impacts, practically urban pollution factors.

The contents of this paper is as follows :

1. Purpose and scope of study
2. Modeling concepts
3. Simulation and results
4. Discussion on Modelling technique
5. Future development