

住宅立地行動の動学的モデルに関する研究

Dynamic Analysis Model of Residential Location Behaviour

東 原 紘 道^{*}

橋 本 泰 成^{**}

By Hiromichi Higashihara and Yasunari Hashimoto

Dynamic process of residential location is studied mathematically. The demand-supply equilibrium theory of land use has shown that the function describing the behavior of suppliers had to be of a nonholonomic form with respect to the land prices. One of the most natural ways of satisfying this requirement is realized by introducing the effect of the time derivatives of the land price. This is the aim of the present paper. Nonlinear ordinary differential equations are derived which explicitly specify the change in time of the land prices. The fundamental equations are investigated numerically by means of Runge-Kutta method and some interesting results are presented.

第1章 研究の目的

住宅立地は現象それ自体としても興味深く、住宅立地現象に対する種々の調査研究や理論研究がなされている。一方、公共土木計画の立案や推進に携わる人々にとっては、住宅立地は将来推計における基本指標となる夜間人口を与えるものであるため、特に関心の深いことがらである。特に、都市交通計画では、トリップ発生量推定に夜間人口は欠かせない要素であり、そのために土地利用モデルが必要となる。事実、住宅立地予測モデルの多くは、都市交通計画のための土地利用モデルの一環として開発されてきた。

さて、土地利用モデルの使命は基本的には立地分布の予測にある。このような予測の手法のうち

* 正会員 工博 東京大学助教授 地震研究所

(〒113 文京区弥生1-1-1)

** 正会員 パシフィックコンサルタンツ(株)

最もよく利用されるものは、要因分析と回帰分析によるものであろう。しかしこの方法は首都圏の住宅立地の予測には概して成功しておらず、本来的に不適合ではないかと考えられる。それは次のような事例から説明できる。首都圏において一般に鉄道駅が新設されると、駅周辺の土地の利便性が向上する。しかしそれと同時に地価が上昇する。理論的には、それは当該地が立地者にとって他の地域よりもほとんど有利とはいえない程度にまで上昇する。したがって駅新設に伴う効用の上昇つまり立地の動機づけは、地価上昇によってほぼ完全に相殺されてしまう。このため立地量は、交通整備による利便性の向上によっては規定されつくせない。特に立地量を当該地の利便性の指標の関数とすることは正しくないことになる。数学的にも、このような相殺的な構造を有する関係の同定はill-conditionedになる。この結果、回帰分析の結果は定まらず、信頼できる結論を引き出せない。

いのは当然ということになる。

このように利便性の向上と立地量との関係、すなわち立地のメカニズムを定式化するためには正しい因果関係を見いだす必要がある。このような問題は均衡メカニズムを有するシステムの分析には常に存在するものであり、特に経済現象ではプライスメカニズム一般に他ならない。

このバランスの中で、地価と立地量が同時に決定される。この構造を追求する中で上述の ill-conditioned な定式化を回避することができる。このバランスを観念上の一つの極限状態として言わば静的にとらえたものが均衡理論である。しかし、現実の過程はもちろん均衡状態にはない。したがって、現実の現象をそのまま表現するには動学化が必要となるわけである。特に前述のように複雑に絡み合った土地利用の相互の連鎖機能を十分に反映させるためには、モデルは時間軸にそって動的に組み立てられる必要がある。しかしながら、その動学化は、しっかりとした均衡理論のフレームを媒介として実現されるべきものであろう。

本研究は、このことを踏まえた上で、土地利用の動学理論の構築の第一段階として、家計の立地行動に対する数学モデルを提案するものである。

このために、供給関数の非ホロノーム性を手かりにして、論理的に自然な形で、動学的要素を導入することを試みる。

第2章 研究の概要

均衡理論によれば、立地量と地価は、土地の需要と供給が均衡するという条件によって同時に決定される。これは現実には動的な立地プロセスを漸近的な状態で近似するものである。特にもし需要と供給がそれぞれ価格の関数として与えられるならば、均衡条件は立地量と地価を完全に決定することができる。このうち需要関数が存在することは、個々の主体のミクロレベルの効用最大条件を用いて証明することができる。

これと対照的に、土地の供給関数は存在しないことが証明されている。すなわち、もし供給関数が存在するならば、均衡条件によって、立地量は地価の関数として定まる筈である。しかし他方で、

立地量が地価と何らかの相互関係を結んでいることは間違いないとしても、通常の意味の関数ではありえないことが分かっている³⁾。この矛盾は言うまでもなく、供給関数の存在を仮定したために生じたものである。

この結果、供給関数はホロノームな関数ではありえないということになる。したがって土地問題における均衡条件は、数理経済学において一般的に用いられる需要関数と供給関数の単純な等置によつては定式化されえない。この未だ知られていない特別なメカニズムの解明こそは、土地理論にとって最も重要な課題と称して過言ではない。

この課題へのアプローチの理論操作の本質は、数学的には非ホロノームな関数をどのように導入するかという問題と見なすことができる。そのための可能な方途として考えられるのはさしあたり次の2つである。

(1) 均衡メカニズムの定式化

前述のように供給関数がホロノームでない以上関数等置型式の均衡条件を考える余地はない。おそらく供給関数なるものは、土地の需給に関する複雑な均衡メカニズムの中で発現ものであろう。すなわち、供給行動の規範はこのメカニズムによって直接に規定されるものであって、ホロノームな型とは異なる表現ををもつものなのではないかと考えられるのである。この観点からの考察は既に試みている³⁾。

(2) 不均衡プロセスそのものの陽的定式化

現象に関与する諸要因の相互依存性の全体像を分析する点で、均衡モデルはきわめて有効なツールである。しかし現在の我国の土地法政のもとでの大都市の土地利用の変容のプロセスでは、均衡モデルでは本質的に理想化されえないメカニズムが支配的である可能性がある。そこで均衡モデルとは別個にこれと併行して、不均衡プロセスを明示的に扱う手法を検討する必要がある。不均衡プロセスには当然に時間変数が加えられ、供給および需要の行動規範は一般に変化率の形で与えられることになる。したがってこのプロセスは時間に関する微分方程式の形で記述されるわけである。この場合には、特別なケースを除いてホロノームな供給関数は存在しない。したがって非ホロノ-

ムなモデルを探すという当初の目的に沿うものである。

この非ホロノームな関係を静学的にとらえるには、土地市場を取りまく社会経済に立脚した土地の需給均衡を考えねばならない。これは今だ体系化されておらず不可能であるが、このような困難さは静学的に現象を捉えようとしているから生じるのである。そこで、この土地供給行動を地価のみならず、その時間変化率に依存するとした動学的モデルを考えるならば、この問題は生じない。

第3章 基本方程式の誘導

まず、主体カテゴリーλの家計が、地価 p_k 、属性ベクトル Z_k のゾーンにおいて面積 a の土地を取得した場合の効用を $U_{\lambda k}$ で表わす。ここで1つのゾーンは属性ベクトルを共通にするものとした。

$$U_{\lambda k} = U_{\lambda}(p_k, a; Z_k) \quad (1)$$

ここで、 $U_{\lambda k}$ は時間変数 t を陽には含まないものとする。

立地者はその効用を最大にするように行動するものとする。この条件のために、家計λがゾーン k で取得する代表面積 $a_{\lambda k}$ が次式で定まる。

$$\left(\frac{\partial U_{\lambda}}{\partial a} \right) a = a_{\lambda k} \quad (2)$$

式(2)を解くことにより、次の関係を考えることができる。

$$a_{\lambda k} = a_{\lambda k}(p_k) \quad (3)$$

したがって、次の関係も成立する。

$$u_{\lambda k} = u_{\lambda k}(p_k) \quad (4)$$

次に単位時間内に着目する地域全体に立地する家計λの総数を n_{λ} 、これがゾーン k を選択する確率を $\Phi_{\lambda k}$ と書くと

$$\sum_{\lambda} n_{\lambda} a_{\lambda k} \Phi_{\lambda k} = S_k \quad (5)$$

ここに S_k はゾーン k における土地供給量である。

供給法則を土地放出確率 Ψ を用いて次のように表わす。

$$S_k = A_k \Psi_k \quad (6)$$

ここに A_k はゾーン k における供給可能な土地の総量である。

前述のとうり、一般に Ψ_k は p_k のホロノームな関数ではありえないので、なるべく一般化された表現が必要である。この際に我々が採るべきアプローチは、なるべく簡単なものから出発し、そのモデルが現象を説明する能力をよく見極め、本質的に不可欠と考えられる要因のみを厳選してモデルに付加してゆくことである。

非ホロノームな関数のうちで最も単純なものは次のものである： Ψ_k は通常関数であるが、それは p_k のみならず時間による導関数にも依存する。

そこで以下ではこの拡張によって問題を定式化する。その結果として非常に複雑な非線形の連立常微分方程式が得られる。すなわち

$$\frac{\frac{d}{dt} \left(\sum_{\lambda} n_{\lambda} \Phi_{\lambda k} a_{\lambda k} \right)}{\sum_{\lambda} n_{\lambda} \Phi_{\lambda k} a_{\lambda k}} = -\Psi_k + \frac{d\Psi_k}{\Psi_k} \quad (7)$$

ここで $\Psi_k = \Psi_k(p_k, \dot{p}_k)$ とすると

$$\begin{aligned} & \frac{\sum_{\lambda} \frac{dn_{\lambda}}{dt} \Phi_{\lambda k} a_{\lambda k} + n_{\lambda} \sum_{\lambda} \frac{\partial \Phi_{\lambda k}}{\partial p_j} \frac{dp_j}{dt} a_{\lambda k} + n_{\lambda} \Phi_{\lambda k} \frac{da_{\lambda k}}{dp_k} \frac{dp_k}{dt}}{\sum_{\lambda} n_{\lambda} \Phi_{\lambda k} a_{\lambda k}} \\ & = -\Psi_k + \frac{\frac{\partial \Psi_k}{\partial p_k} \frac{dp_k}{dt} + \frac{\partial \Psi_k}{\partial \dot{p}_k} \frac{d^2 p_k}{dt^2}}{\Psi_k} \quad (8) \end{aligned}$$

($k=1, 2, \dots, K$)

式(8)の中で未知関数は、 $\{p_k(t)\}$ であるからこれは2階の準線形微分方程式である。

式(8)は強い非線形性を有する微分方程式であり非ホロノームな関係であることからこれを解析的に解くことは不可能である。そこで直接積分法による数値計算によらなければならない。

式(8)が非常に複雑であるので、この目的のためには強く理想化した場合を考察しなければならない。

特に主体カテゴリーが唯一の場合には式(8)は次のようになる

$$(na_k \Phi_k)^{-1} \left(\dot{n} a_k \Phi_k + n \sum_j \dot{p}_j a_k \frac{\partial}{\partial p_j} \Phi_k + n \dot{p}_k \Phi_k - \frac{d}{dt} a_k \right) + \Psi_k + \Psi_k^{-1} \dot{p}_k \frac{\partial}{\partial p_k} \Psi_k + \Psi_k^{-1} \dot{p}_k \frac{\partial}{\partial p_k} \Psi_k = 0 \quad (9)$$

$$(k=1, 2, \dots, K)$$

さらに対象地域が一様と見なせるときは次のようになる

$$\frac{\dot{n}}{n} + \frac{1}{a_k} \frac{da_k}{dp_k} \dot{p}_k + \Psi_k + \frac{1}{\Psi_k} \frac{\partial \Psi_k}{\partial p_k} \dot{p}_k + \frac{1}{\Psi_k} \frac{\partial \Psi_k}{\partial p_k} \dot{p}_k \quad (10)$$

一般に主体もしくは客体が複数個ある場合には、これらの間に緩衝効果が生じるため、これらが唯一の場合よりも穏やかなふるまいをする解をもつと考えられる。したがって式(10)の考察は意味をもっている。

ここで効用関数を特定する。文献²⁾に従って次のように表わす。

$$U_{jk} = \log \frac{a_k - \alpha_{jk}}{\beta_{jk}} - \frac{1}{\gamma_{jk}} p_k a_k \quad (11)$$

ここに α 、 β 、 γ はパラメータであって時間的に一定である。この時、式(2)～(4)によって効用と取得面積は次のように定まる。

$$\alpha_k = \alpha_{jk} + \frac{\gamma_{jk}}{p_k} \quad (12)$$

$$U_{jk} = \log \frac{\gamma_{jk}}{\beta_{jk}} - \log p_k - \frac{\alpha_{jk}}{\gamma_{jk}} p_k - 1 \quad (13)$$

最後に放出率 Ψ を特定化する。そのために以下ではまず $\Psi = \Psi(p)$ の場合を考える。より具体的に言えば引き数としては $(\bar{p} - \bar{p})$ の形が適切であろう。ここに $\bar{p}$ は当該社会の代表的な利子率ないしは利潤率である。便宜上これを単純投機モデルと呼ぶ。これは専ら価格変動による収益に着目した行動だからである。つぎに $\Psi = \Psi(\bar{p})$ の場合を考

える。これをホロノーム近似と呼ぶ。もちろんこの形式は前述した供給行動則に反しているので、計算結果に実際上の意義はない。しかしこの近似がもつ数学的な意味を明らかにしておくことは、供給行動の非ホロノーム性を理解するうえで重要な意味をもつ、最後に一般の場合として $\Psi = \Psi(p, \bar{p})$ の場合を考える。

$$B = \psi_1 + \frac{\psi_2}{\psi_0} + \frac{\gamma}{\alpha p_0^2 + \gamma p_0} \quad (14)$$

$$C = \psi_2 \quad (15)$$

$$Q = \frac{n}{n} + \psi_0 - \frac{\gamma}{\alpha p_0^2 + \gamma p_0} q_0 \quad (16)$$

このとき

$$p = p_0 + q_0 t + \frac{Q}{C} \left[\frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} [\exp(\lambda_1 t) - 1] - \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} [\exp(\lambda_2 t) - 1] \right] \quad (17)$$

ここに λ_1 と λ_2 は次の2次方程式の根である。

$$A x^2 - B x + C = 0 \quad (18)$$

以上によって、ごく理想化された場合には基本方程式は数学的に解をもつこと、さらにこの解は立地現象として十分に納得できる性質を有していることは既に確認されている。

本研究では n 元の連立常微分方程式の数値積分のためにRunge-Kutta法を適用する。以下に1区間を進める際のアルゴリズムを示す。

初期値: $x_1, t_{11}, t_{21}, \dots, t_{n1}$

各区間の幅: h

進めようとする区間の始まりの番号: k

とすると

$$x_{k+1} = x_k + h \quad (19)$$

$$t_{k+1} = t_k + \frac{1}{6} (S_{1k} + S_{2k} + S_{3k} + S_{4k}) \quad (20)$$

$$(i=1, 2, \dots, n)$$

となる。ここで各 S の値は

$$\left. \begin{aligned} S_{1i} &= hf_i(x_{1i}, t_{1i}, \dots, t_{ni}) \\ S_{2i} &= hf_i\left(x_{1i} + \frac{h}{2}, t_{1i} + \frac{S_{1i}}{2}, \dots, t_{ni} + \frac{S_{1i}}{2}\right) \\ S_{3i} &= hf_i\left(x_{1i} + \frac{h}{2}, t_{1i} + \frac{S_{2i}}{2}, \dots, t_{ni} + \frac{S_{2i}}{2}\right) \\ S_{4i} &= hf_i\left(x_{1i} + \frac{h}{2}, t_{1i} + S_{3i}, \dots, t_{ni} + S_{3i}\right) \end{aligned} \right\} (21)$$

となるが、まず S_{1i} を $i=1,2,\dots,n$ について求めてから S_{2i} を計算しなければならない。 S_{3i} および S_{4i} についても同様である。このようにして求めた $S_{1i}, S_{2i}, S_{3i}, S_{4i}$ ($i=1,2,\dots,n$)を式(15)の右辺に代入して区間一つについての計算が終了する。したがって以上の計算を区間の数だけ繰り返すことにより前区間にわたる解が得られることになる。

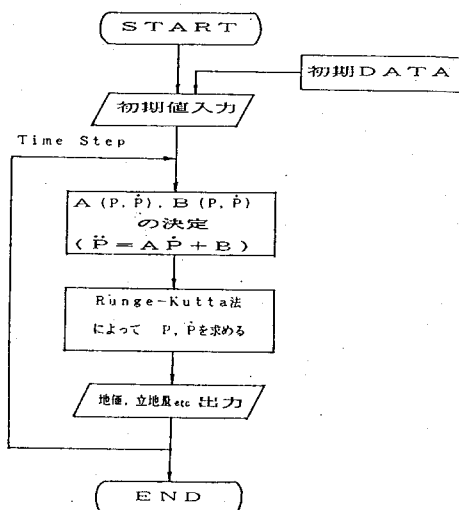


図1 モデルのフロー

第4章 シミュレーションの概要

図1に示したフローチャートに従って、数値計算を行なうことにより、地価、変化率、ゾーン選択確率、土地放出率、立地量、立地者数、土地残量、土地供給率などが逐次求められる。

シミュレーションに必要な初期入力Dataは

K : ゾーン総数

L : 立地主体カテゴリー数

ST : シミュレーションステップ数

P_K : 地価

AZ_K : 土地残量

H : ステップ間隔

$U_{\lambda K}$: ゾーン選択効用関数のパラメータ
($\alpha_{\lambda K}, \beta_{\lambda K}, \gamma_{\lambda K}, \delta$)

V_K : 土地放出効用関数のパラメータ
($C1_K, C2_K, C3_K$)

N_{λ} : 立地者数関数のパラメータ
($NX_{\lambda}, \rho 1_{\lambda}, \rho 2_{\lambda}$)

である。

これらの入力より前記の各値が算出される。

シミュレーションモデルが、基本的にどのような性質を有しているのかは、誘導された微分方程式の強い非線形性から予測が困難である。従って様々なシミュレーションを行い、そこから探っていく他はない。

はじめに、 $U = U_{\lambda K}(P_K)$ $V = V_K(P_K, \dot{P}_K)$ に含まれている各種のパラメータを $(K, L) = (1, 1), (2, 1), (1, 2), (2, 2)$ それぞれの場合において変化させ、その性質を探っていく。次に、それらの結果からケーススタディを考えてシミュレートし、モデルの性能を調べていくことにする。パラメータの変動させる値については、その持っている次元から、その意味を推測して、それに見合った値を与えることとする。以下にそれらのパラメータの推測される意味、基準値および変動値を表1に示す。

表1 各パラメータの意味及び値

パラメータ	次元	意味	基準値	変動値
$\alpha_{\lambda K}$	m^2	居住可能面積の下限	10	10 ~ 50
$\beta_{\lambda K}$	m^2	選好性	50	10 ~ 100
$\gamma_{\lambda K}$	万円	購入資金の余裕値	1000	100 ~ 10000
$C1_K$	—	利率に対する重み	-5	-8 ~ -2
$C2_K$	m^2 /万円	固定資産税等の税率	0.01	0.005 ~ 0.03
$C3_K$	—	土地の特質値	-1	-2 ~ 1

Ra	—	金利	0.03
δ	—	誤差変動の補正値	1

ゾーン選択効用：

$$U_{\lambda k} = \delta \left(\log \frac{\gamma_{\lambda k}}{\beta_{\lambda k}} - \log p_k - \frac{\alpha_{\lambda k}}{\gamma_{\lambda k}} p_k - 1 \right) \quad (22)$$

土地放出効用：

$$V_k = C_1 k \left(\frac{\dot{P}_k}{P_k} - Ra \right) + C_2 p + C_3 \quad (23)$$

第5章 シミュレーションの結果と考察

$U(p)$ と $V(p, \dot{p})$ の設定において導入した6パラメータ、および λ 、 k の他の関数値などへの影響は、次のとおりである。

(1) 立地主体カテゴリー： λ の複数化による影響は、選択効用関数中のパラメータにおいては、その違いが明白となった。すなわち、 λ_1 、 λ_2 同志の緩衝効果ともいえるべきものが表れたと考えてもよいだろう。つまり、ある物件に対して需要者の競合により価格が限りなくつり上がっていくという現象はみられなかった。むしろ α 、 β 、 γ については逆であったと考えてよい。一方、放出効用関数中のパラメータにおいては、影響はその逆で、やや競合による価格引き上げの傾向がみられた。

(2) パラメータの変化の影響が、そのゾーンにとどまるものではなく、場合によってはそれ以外のゾーンに与える反動の方が大きい場合すらあることがわかった。したがって、地価などの抑制政策として、本モデル内では、当該ゾーンのみを考えたものは危険を共なうであろう。特に、一般によくいわれている固定資産税等の税率のアップによる土地放出策は本モデルにおいては全く意味をなさず、むしろ逆の政策をとるべきだとの示唆をも与えている。

(3) k の複数化に対しては、 β の場合以外、パラメータの変動を与えたゾーンの変化が極だち、他のゾーンの影響がそれと比べて非常に小さいのがわかった。

(4) シミュレーションの結果から最も興味深いパラメータとして γ_{sk} (購入資金の余裕値)を挙げる事ができる。すなわち、地価がどうであれ γ が大きければ、購入可能なので、地

価に関係なく選択するであろうから、選択確率及び立地者数は変わることはない。その結果、供給側は極だった価格上昇が望めないので序々に放出量を増し始める。これにより地価はじりじりと下がり始めるのである。

次に、 $(\lambda, K) = (1, 1)$ の時、変化させるパラメータを単独ではなく2つ1組みとして変化させ、それ以外のパラメータは標準値とした時、それぞれの影響がどのような効果を発するかを調べた。その結果のうち p : 地価に対する効果を表 2 に示す。

表2 地価に対するパラメータの効果

		α		β		γ		C1		C2		C3	
		S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L
α	S							●			○		○
	L			x		○	x				x		
β	S		x				x		x	x			
	L							○			○		
γ	S		○					○			●		○
	L		x	x			#						
C1	S	●			○	○		○				○	#
	L			x									
C2	S			x								○	●
	L	○	x		○	●					○		
C3	S					○			○		●		
	L					○		#		●			

○：上昇させる力が比較的強い場合
 ◎： " 極めて強い場合
 ×：降下させる力が比較的強い場合
 #： " 極めて強い場合
 S：パラメータ変動の下限値
 L： " 上限値

図2a～図2fに示した結果は、 $(L, K) = (1, 2)$ の場合のC2を独立に変化させたものであるが、注目すべき点は、図2c、2dのA-Sのグラフにおける600～800stepのS：土地供給率についてである。

この現象の解釈は、 $C_{21}=0.03$ の時の p_1 が上昇しすぎたために K_1 を選択する確率がほぼゼロになり、逆にその減少分が、 K_2 へ移る。それにより K_2 の選択確率は K_1 のとは対称的に1になるのである。正にこれは、立地主体カテゴリー間相互作用に他ならない。そしてこの結果として、 p_1 に頭打ちが生じはじめたことを示すものと解釈される。

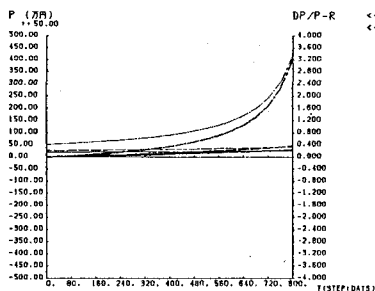


図 2 a

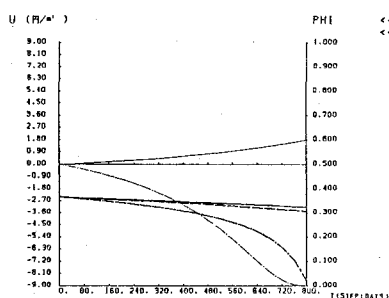


図 2 f

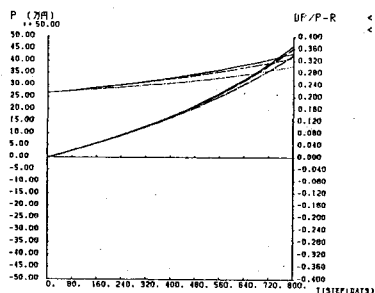


図 2 b

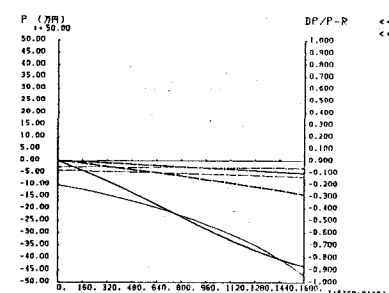


図 3 a

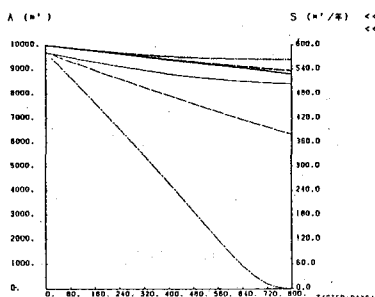


図 2 c

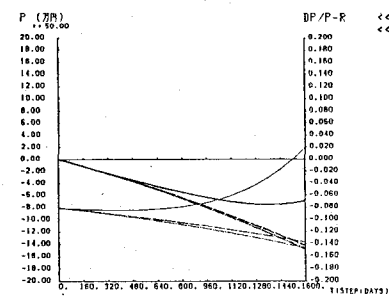


図 3 b

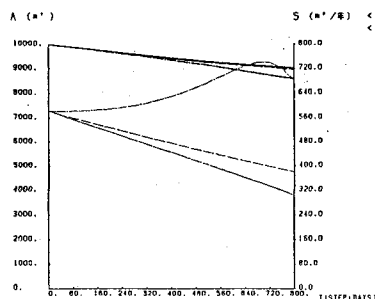


図 2 d

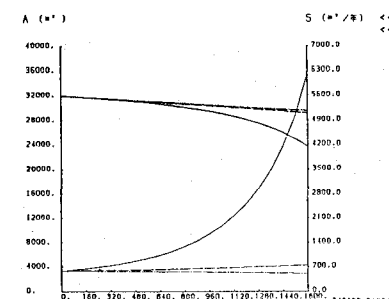


図 3 c

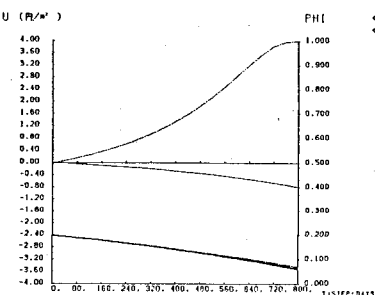


図 2 e

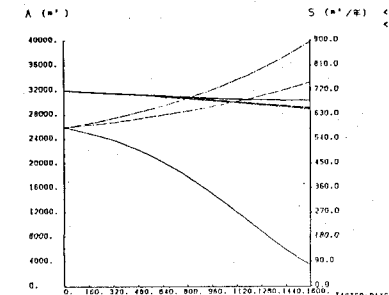


図 3 d

図3a～図3dは $\dot{p} < 0$ という場合でのK1、K2の間の相互作用を示したものであるが、ここでモデルの性質の説明のために $C1 = -2.0$ の場合について考察する。この図の中で、目につくのが、S：供給率の変動の激しさである。すなわちK1、K2とも地価がまだ降下しているにもかかわらず、放出を控えてしまっているのである。地価が下がると供給者はどのような行動に出るであろうか。本モデルでは、土地はあくまでも交換材と考えているので、地価すなわち価格が下がっていれば、その価格が落ちる前に売却してしまおうとするはずであるが、実際には前述のようにその売却を控えてしまうのである。つまりそれは、供給者がその物の価格の変化率でみているのではなく、その一階上の変化率、すなわち価格の時間による2階微分の(加速度)値によって行動しているということがいえるのではなかろうか。これにより、K1では $\dot{p} < 0$ なのでSが増大し、K2では $\dot{p} > 0$ なのでSが減少しているのである。

以上の事柄から、本モデルはその内部に仮定した効用関数の簡単さにもかかわらず、立地主体カテゴリ間・ゾーン間の相互作用を表現でき、各種パラメータを変えることによって、様々なパターンの現象をシミュレートできると思われる。

第6章 結 論

- (1) 本研究では、土地の需給均衡分析の結論として要求される土地供給行動則の地価に対する非ホロノーム性を導入する一つの試みとして、土地供給行動が地価のみならず、その時間変化率に依存するとした動学的モデルを提案した。すなわち時間とともに変化する地価を規定する非線形の連立常微分方程式を誘導した。
- (2) この微分方程式をプログラム化し、それをシミュレーションすることにより、そのモデルの性質や性能を求めた。その結果立地者間の相互作用や、ゾーン間の相互作用が捉えられていることがわかった。
- (3) 地価、立地量などを供給関数、需要関数を与えることなく、逐時求めていくことができ、短期的な現象から中長期的現象までも追って

いくことができることが明らかとなった。

- (4) 今後の課題としては、土地放出の効用関数の形が単純すぎて地価変化率などが発散する場合があるので、土地供給則のより現実的な形を見出して、それをこの関数の設定に反映させる必要がある。

参考文献

1. 東原紘道：居住地選択行動の定式化に関する一考察 — 均衡理論 —
土木計画学研究講演集7 pp 133-140、1985
2. 東原紘道：需給均衡理論にもとづいた居住地選択行動モデル
土木計画学研究講演集8 pp 467-474、1986
3. 東原紘道：住宅立地への均衡理論的アプローチ
土木計画学研究講演集9 pp 123-130、1986
4. マコーミック／サルバドリ 清水留三郎訳
数値計算プログラム サイエンス社 1982
5. 松山実：基礎数値解析 昭晃堂 1982
6. 天野光三・阿部宏史：広域都市圏を対象とした活動立地モデルに関する研究
土木計画学研究 論文集2 1985 pp 165-172
7. 太田勝敏、原田昇：非集計行動モデルとその応用(1) 交通工学 Vol.17