

地方都市圏における市街化過程のマクロ均衡モデル*

A Macro-Model on Process of Urbanization by Equilibrium Theory
in Land Market

青山 吉隆**

Yoshitaka AOYAMA

大橋 健一***

Kenichi OHASHI

近藤 光男****

Akio KONDO

A lot of land use models have been developed since early 1970's in Japan. However, many of them considered only the conditions of demand side in land market. Unless the conditions of supply side are considered, estimation values out of the models are not stable. In this study, we developed a macro-model to be able to describe the process of urbanization by the equilibrium theory in land market. Especially, we applied the utility maximization theory to the behavior of land suppliers in modelling. As a result, we proved that the model could explain the mechanism of the rise of land price and the process of urbanization by the application of the model to urban area.

1. 序

土地利用に関して従来から数多くのモデル化が試みられているが、供給側の条件を考慮することが難しいため、主に需要側の条件によってモデルが構築される場合が多く、供給側の条件が変化したときに予測値が不安定となり、長期の予測や動学的適用には問題を残している。地価については¹⁾²⁾³⁾、供給側の行動をモデル化したものもみられるが、これらは地価の変動を分析することが中心であり、土地利用予測の実用化を目指したものではない。そこで本研究は⁴⁾⁵⁾⁶⁾、比較的供給メカニズムが簡単な地方都市圏において、土地が市街化されていく過程をマ

クロなレベルで記述することを目的として、土地の需要と供給の均衡をモデル化する。特に、土地供給者の行動を明示的にモデル化することに重点を置き、土地と一般財からなる供給者の効用関数を仮定し、これを最大化することによって供給者の行動をモデル化し、同時に将来における土地の値上りに対する不確実性を考慮している。

2. 市街化過程のモデル化

土地の売買は土地市場における複数の需要者と供給者によって行われ、そこで土地価格が形成されるものと考えられる。ところが、一般財と比較して、

* キーワーズ : 市街化、効用、需要、供給、均衡、地価

** 正会員 工博 徳島大学助教授 工学部建設工学科 (〒770 徳島市南常三島町2-1)

*** 正会員 工修 明石工業高専助教授 土木工学科 (〒674 明石市魚住町西岡679)

**** 正会員 工修 徳島大学助手 工学部建設工学科 (〒770 徳島市南常三島町2-1)

土地はあらゆる種類の活動にとって必要不可欠な活動空間を提供しており、用途間の転用は可能であるが全体としての供給可能量は固定的であることから、土地に対する希少性は極めて高くなっている。このように財としての土地の特殊性から、本モデルでは、土地と一般財を貨幣単位で結合した総資産とか利潤などの最大化を行動規範とするのではなく、これら2つの財は市場価格を通して結合できるものの異質なものとみなし、土地と一般財からなる効用を仮定して、土地の需要者と供給者の効用をそれぞれ最大化したときに求められる需要式と供給式を別々に求め、これら両者を均衡させることによって市街化面積と地価を同時に決定する。

このような市街化過程のマクロモデルを作成する前提として、次のような3つの基本的仮定を設けている。

(1) 都市圏の可住地を非市街地(田、畑、山林、原野等)と市街地(住宅、商業、工業等)に2分する。(2) 都市全体のマクロな需給量を対象としており、空間分布は取扱わない。(3) 土地全体の総供給量である可住地面積は外生的に与える。したがって、海面の埋め立てなどによる可住地面積の増加は先決変数として扱う。

以上の仮定に基づき、都市圏内部の非市街地が市街化されていく過程を記述する。したがって既成市街地や宅地需要の全くない農地山林等はモデルの対象ではない。また、空間分布は扱っていないが、その対象地は市街化が進行しつつある非市街地と市街地の接する限界地である。

3. 土地需要行動のモデル化

都市経済学で一般的に使用されている所得制約下での家計の効用最大化の消費者行動理論に基づき、土地需要者の行動をモデル化する^{7) 8) 9)}。ただし、土地を市街化していく行動主体には、住宅、商業、工業等が考えられるが、これらを一括して土地需要者とする。そして、家計や企業部門からなる土地需要者が、彼等の総資産を土地と一般財にどのように配分するかという視点から行動仮説を設ける。

【1】土地需要者の行動仮説

土地需要に対する一般的アプローチでは、消費財

は土地と土地以外のすべての消費財を含めた一般財からなるとし、土地需要者は、総資産をこれら2つの財に配分して効用を最大化すると仮定される。そして、ある総資産のもとで地価が与えられたとき、需要者の取り得る行動軌跡と効用の無差別曲線の接点が効用の最大点となり、土地の需要量が求まる。

【2】土地需要関数

効用関数として色々なものが考えられるが^{10) 11)}、ここではコブ・ダグラス型の関数を特定化すると、需要者の行動は次に示す最適化問題となる。

〔目的関数〕

$$U = \alpha \ln Q_d + \beta \ln Y \quad \rightarrow \quad \text{Max} \quad (1)$$

〔制約条件〕

$$Q_d \cdot \gamma + Y = X \quad (2)$$

ただし、U: 土地需要者の効用

Y: 一般財の需要量 Q_d : 土地の需要量

γ : 地価

X: 土地需要者の総資産

α, β : 土地と一般財の効用の重みパラメータ

効用の重みパラメータ α, β はともに非負で、 $\alpha + \beta = 1.0$ を満たすものとする。需要者は式(2)の制約条件のもとで効用Uを最大化するために、この問題をラグランジェの未定乗数法を用いて解くと、次式で表わされる Q_d と Y が効用の最大値を与える。

$$Q_d = \frac{\alpha X}{\gamma} \quad (3)$$

$$Y = \beta X \quad (4)$$

式(3)、(4)は、総資産を効用の重み α と β に比例して土地と一般財に配分すれば効用が最大となることを意味している。また、総資産の土地への投資額 αX は地価の高低にかかわらず決まっており、そのときの地価 γ によって需要量 Q_d が変化するのである。式(3)の土地需要関数は、地価の上昇に伴って減少する右下りの曲線となっている。

4. 土地供給行動のモデル化

地方都市圏における土地供給者は一般に農地、山

林等の地主であり、地主の土地供給行動をモデル化する。地主の総資産は土地と一般財の2つからなるものとして、変動する地価に対して供給者は土地と一般財をどのような割合で配分するかを導くことにより、土地供給量を算出する。

【1】土地供給者の行動仮説

供給者の行動にも企業と同様に生産関数を設定し利潤最大化のもとに土地供給をモデル化することも考えられるが、現実の供給は必ずしも利潤の最大化とはなっていない。供給者は長期的な効用を最大化するように少しずつ土地を供給しているものと思われる。このため、供給者においても、土地と一般財からなる効用を最大化するように土地を供給するという行動仮説を設ける。また、この行動仮説は不確実性の視点からも説明できることを5章で明らかにする。

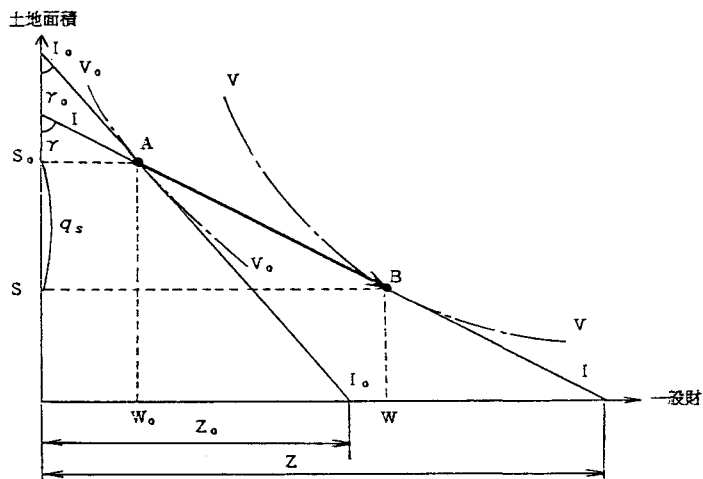


図-1 土地供給行動

図-1において、横軸に一般財をとり縦軸に土地面積をとると、地価は傾き γ で与えられる。ある供給者は現時点Aにおいて、地価 γ で土地 S_0 と一般財 W_0 を所有して効用を最大化していると仮定する。そして、直線 I_0-I_0 は地価が γ_0 のときの総資産一定のもとでの供給者の所有可能な資産配分を表わし、曲線 V_0-V_0 は土地と一般財からなる供給者の効用の無差別曲線である。すなわち、点Aは直線 I_0-I_0 と曲線 V_0-V_0 との接点である。次に地

価が $\Delta\gamma$ だけ上昇して γ となったとき、点Aの効用と比較してより効用を増大させようとして q_s だけの土地が供給される。つまり、地価 γ で地主が所有できる資産配分の実行可能領域は直線 $I-I_0$ となり、効用の無差別曲線との接点はBに移り、土地 S と一般財 W の資産配分点Bが新しい効用最大点となる。このように変化する地価に対して供給者は効用を最大化するように土地と一般財を所有するものと仮定する。

【2】土地供給関数

図-1に示す供給者の行動を供給関数としてモデル化する。点Aにおける供給者の総資産 Z_0 は、

$$Z_0 = S_0 \gamma_0 + W_0 \quad (5)$$

であり直線 I_0-I_0 で示される。次に地価が $\Delta\gamma$ だけ上昇して γ となったとき、供給者は q_s だけ土地を売却し一般財を $q_s \gamma$ だけ増加させるとすれば、一般財資産 W と土地面積 S は、

$$W = W_0 + q_s \gamma \quad (6)$$

$$S = S_0 - q_s \quad (7)$$

となる。したがって、地価 γ での一般財資産 W と土地資産 $S\gamma$ を保有することのできる実行可能領域は、式(6)と式(7)より、次式(8)の直線 $I-I_0$ で示される。

$$W = W_0 + (S_0 - S) \gamma \quad (8)$$

なお、ここでは、簡単化のために土地供給時の税金などによる収入減少の問題は捨象しているが、税金などを考慮しても供給式の一般性は失われるものではない。

明らかに、地価が γ_0 から γ へと上昇することによって、供給者の総資産は $S_0(\gamma - \gamma_0)$ だけ増加し、 $Z = W_0 + S_0 \gamma$ になる。したがって、供給者が土地を供給(売却)して一般財を購入するか否かにかかわらず彼の総資産は Z に等しく一定であり、彼が土地を供給する動機は総資産によっては説明されない。彼が土地を供給し、つまり土地を減少させ、一般財

を増加させるのは、土地資産の効用が一般財の効用と異なるからに他ならないと考えられる。そこで、よく用いられるコブ・ダグラス型の関数を供給者の効用関数として特定化すると、式(9)のような土地資産と一般財からなる効用関数最大化となる。

[目的関数]

$$V = \alpha \ln(S \gamma) + b \ln(W) \\ \rightarrow \text{Max} \quad (9)$$

[制約条件]

$$W = W_0 + (S_0 - S) \gamma \quad (10)$$

ただし、 V ：地価が γ のときの供給者の効用

効用の重みパラメータ α 、 b はともに非負で、 $\alpha + b = 1.0$ を満たすものとする。よって、供給者は、式(10)の制約条件のもとで効用 V を最大化するために、この問題をラグランジェの未定乗数法を用いて解くと、次の式で表わされる S 、 W が効用の最大値を与える。

$$S \gamma = \alpha (W_0 + S_0 \gamma) = \alpha Z \quad (11)$$

$$W = b (W_0 + S_0 \gamma) = b Z \quad (12)$$

ゆえに、総資産 Z を効用の重みパラメータに比例して土地資産と一般財に分けて所有すれば、供給者の効用が最大となることを意味している。したがって、地価が γ から γ へと上昇したときの土地供給量 q_s は、式(13)で表わされる。

$$q_s = S_0 - S \\ = b S_0 \left(1 - \frac{K_0}{\gamma}\right) \quad (13)$$

ただし、 $K_0 = (\alpha W_0) / (b S_0)$

$$= \frac{\partial V_0}{\partial S_0} \bigg/ \frac{\partial V_0}{\partial W_0}$$

K_0 は、図-1の点Aにおける効用 V_0 の土地と一般財の限界効用の比であり、土地と一般財の限界代替率となっている。さらに、式(11)、(12)から、次式が導かれる。

$$\gamma = \frac{\alpha W}{b S} = \frac{\partial V}{\partial S} \bigg/ \frac{\partial V}{\partial W} = K \quad (14)$$

すなわち、図-1における点Bが効用の最大点であれば土地と一般財の限界代替率 K は地価 γ に一致することを意味しており、地価 γ_0 のときの効用の最大点Aにおいてもこの関係は成立する。

$$\gamma_0 = \frac{\alpha W_0}{b S_0} = \frac{\partial V_0}{\partial S_0} \bigg/ \frac{\partial V_0}{\partial W_0} = K_0 \quad (15)$$

したがって、一般に、地価が γ_0 から γ に変化したときの土地供給量 q_s は、次式で示される。

$$q_s = b S_0 \left(1 - \frac{\gamma_0}{\gamma}\right) \quad (16) \\ (\gamma_0 < \gamma)$$

式(16)において、現在の地価 γ_0 、地価の上昇分を $\Delta \gamma_0$ とし、 $\gamma = \gamma_0 + \Delta \gamma_0$ とすれば

$$q_s = b S_0 \left(1 - \frac{\gamma_0}{\gamma_0 + \Delta \gamma_0}\right) \quad (17)$$

$$q_s = b S_0 \frac{1}{1 + \gamma_0 / \Delta \gamma_0} \quad (18)$$

となる。ゆえに供給 q_s は、図-2のように、 $\Delta \gamma_0$ を一定とすれば現在の地価 γ_0 に対しては減少関数であり、地価水準が高くなるほど土地の供給が手控えられることが説明される。

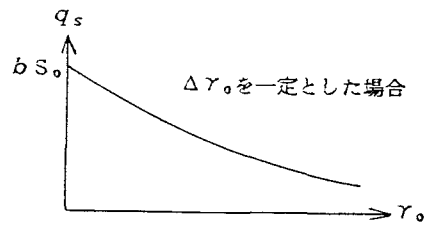


図-2 地価と土地供給量

また γ_0 を一定とすれば、地価の上昇分 $\Delta \gamma_0$ に対しては供給は増加関数であり、地価の上昇率 $\eta = (\gamma_0 + \Delta \gamma_0) / \gamma_0$ とすれば、上昇率に対しても次式のように増加関数である。

$$q_s = b S_0 \left(1 - 1/\eta\right) \quad (19)$$

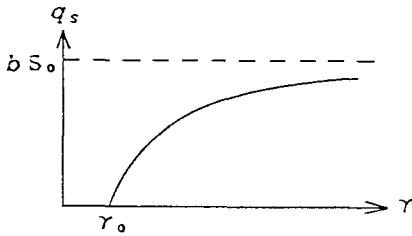


図-3 土地供給関数

そして、土地供給量 q_s は、図-3のように上昇した地価に対して、もちろん増加関数となっている。

このように供給者の土地供給行動は、現在所有している土地 S_0 。全てを供給対象とするのではなく、一般財に対する効用の重み b に比例する土地 bS_0 。を供給対象とし、この供給対象地から地価の上昇分に応じて土地を供給するという非常に簡単なモデルとして表現することができた。そして、供給者は不確かな将来に対して、現実には、土地資産と一般財からなる効用を最大化するように少しずつ土地を供給していると考えられる。

5. 需要、供給関数の不確実性による解釈

ここまで、需要関数と供給関数とを効用最大化理論に基づいて導いてきた。この仮説の妥当性は実証によって裏付けられなくてはならないが、ここではこの関数を別の角度から解釈してみよう。

需要者、供給者は共に、現在の地価 γ 。とは別に、その土地の将来の地価に関する不確実な予測に基づいて行動する。この予測値は当然行動主体によって異なるものであり、いま将来の地価変動を考慮にいられた現在の土地に対して支払ってもよいと考えている価格をつけ値と呼ぶことにすれば、このつけ値は確率変数とみなされる。

いま需要者のつけ値を λ とし、つけ値の確率密度関数を $g(\lambda)$ とすれば、地価 γ のときに需要する確率は

$$p_\gamma [\gamma \leq \lambda] = \int_\gamma^\infty g(\lambda) d\lambda = 1 - G(\gamma) \quad (20)$$

となる。ただし、 $G(\gamma)$ は地価が γ となったとき土地を需要しない確率を示しており、確率の分布関数となっている。一方、需要の最大値を D_0 。とけば、地価 γ のときの需要 $q_d(\gamma)$ は

$$q_d(\gamma) = D_0 [1 - G(\gamma)] \quad (21)$$

式(21)と式(3)より

$$\frac{\alpha X}{\gamma} = D_0 [1 - G(\gamma)] \quad (22)$$

$$\therefore G(\gamma) = 1 - \frac{1}{D_0} \frac{\alpha X}{\gamma} \quad (23)$$

$$\therefore g(\lambda) = \frac{1}{D_0} \frac{\alpha X}{\lambda^2} \quad (24)$$

すでに明らかなように、需要者は資産 X のうちの αX を土地に支払うから需要の最大量 D_0 。は地価の最低価格(たとえば農地、山林等の土地の生産性によって決まる最低の価格)を R とすれば $D_0 R = \alpha X$ が

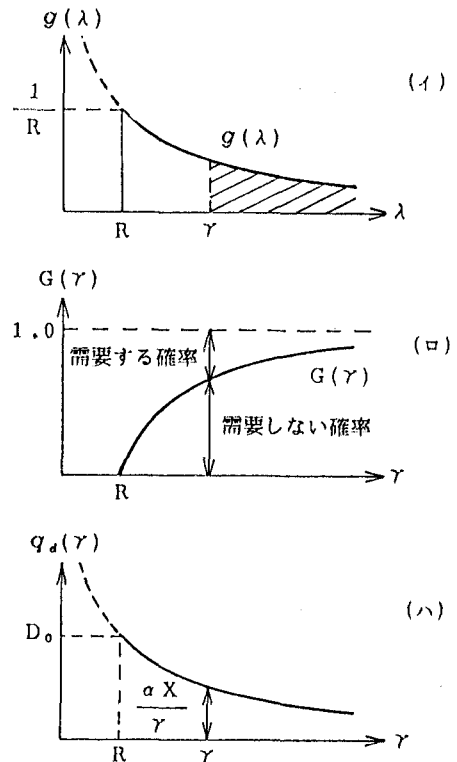


図-4 土地需要者のつけ値分布

成立している。

$$\therefore D_0 = \frac{\alpha X}{R} \quad (25)$$

$$\therefore g(\lambda) = \frac{R}{\lambda^2} \quad (26)$$

$$G(\gamma) = 1 - \frac{R}{\gamma} \quad (27)$$

$$q_d(\gamma) = D_0 [1 - G(\gamma)] = \frac{\alpha X}{\gamma} \quad (28)$$

ゆえに需要者が土地のつけ値を不確実性に基づいて評価しているとすれば、需要者のつけ値は図-4 (イ) のようにつけ値入の上昇とともに単調に減少する分布となっている。また、地価 γ で需要する確率は斜線部の面積に相当する。そして、地価 γ のときに需要が生じる確率は図-4 (ロ) に示す $1 - G(\gamma)$ で表され、土地需要関数は(ハ)のようになる。つまり、効用関数(1)、(2)の仮説は、需要者のつけ値入の確率密度関数を式(26)と仮定すると同義である。

また供給者が現在所有している土地をその価格でなら手放してもよいと考えている価格を供給者のつけ値と呼ぶことにすれば、このつけ値も確率変数とみなせる。そこでこのつけ値を μ 、確率密度関数を $f(\mu)$ とすれば、地価が γ_0 から γ になったときに供給者が土地を供給する確率は

$$P_\gamma [\mu \leq \gamma] = \int_{\gamma_0}^{\gamma} f(\mu) d\mu = F(\gamma) \quad (29)$$

となる。ただし、 $F(\gamma)$ は地価が γ となったとき土地を供給する確率を表わしており、確率の分布関数となっている。一方、すでに明らかにしたように、供給者は供給可能量 S のうち、 bS だけを供給の対象とするのであるから、供給量 $q_s(\gamma)$ は

$$q_s(\gamma) = bS \cdot F(\gamma) \quad (30)$$

式(30)と式(16)より

$$F(\gamma) = 1 - \frac{\gamma_0}{\gamma} \quad (31)$$

$$\therefore f(\mu) = \frac{\gamma_0}{\mu^2} \quad (32)$$

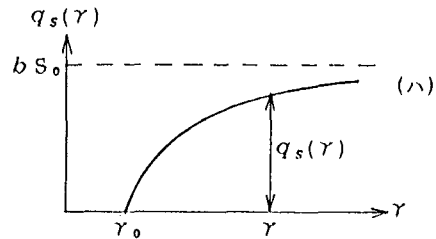
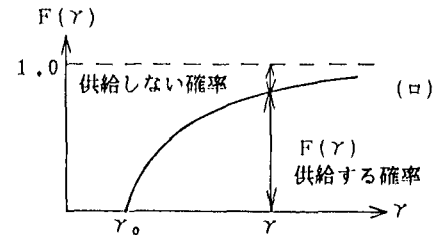
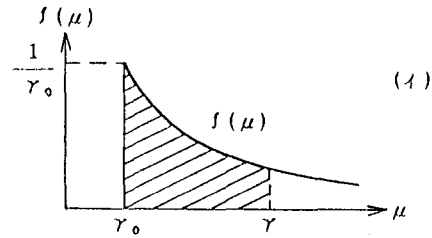


図-5 土地供給者のつけ値分布

すなわち、供給者が将来の地価の不確実性を考慮したときのつけ値 μ は図-5 (イ) のように前期地価 γ_0 からつけ値 μ が上昇するに連れて単調に減少する分布となっている。そして、地価 γ のときに、 bS_0 のうちの図-5 (ロ) に示す確率 $F(\gamma)$ だけ供給される。つまり、供給者の効用関数式(9)、(10)の仮説は供給者のつけ値 μ の確率密度関数式(32)の仮定と同義である。

6. 需要と供給の均衡

これまででは、需要者と供給者のいずれか一方に着目し、その行動をモデル化したが、これらの行動は潜在的なものであり、いずれも独立して存在し得る

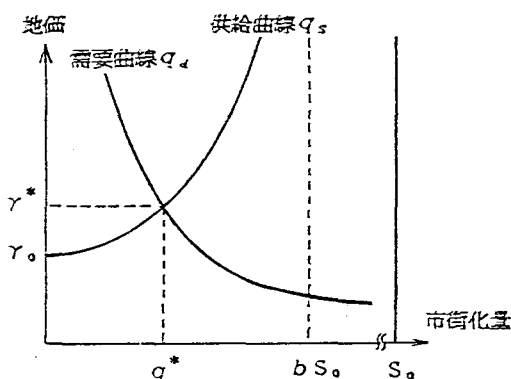


図-6 土地の需要と供給の均衡

ものではない。土地市場において相互に影響しながら土地の需給を行って顕在化するものである。需給の閉じた地域において、図-6に示すように需要者と供給者の行動を集計して均衡させることにより、市街地の増分と地価の上昇量が求まる。供給可能面積 S_0 、地価 γ_0 の地域に、需要者の総資産が X であるとき、土地の需要と供給の均衡式は、式(3)、式(16)より

$$q_s = q_d \quad (33)$$

となり、この均衡式から求められる均衡市街化量 q^* と均衡地価 γ^* は次のようになる。

$$q^* = \frac{\alpha X b S_0}{\gamma_0 b S_0 + \alpha X} \quad (34)$$

$$\gamma^* = \gamma_0 + \frac{\alpha X}{b S_0} \quad (35)$$

均衡式(34)は、地価 γ の上昇とともに市街化速度が低下することを意味している。また、均衡式(35)の右辺第二項は地価の上昇量 $\Delta \gamma$ を示している。この式より、供給者は土地を売り惜しみするため αX の土地への投資があれば地価は大きく上昇する構造となっており、総土地投資額 αX は、供給対象面積 $b S_0$ の総地価上昇額に等しい。更に αX の土地への投資により、 γ^* の地価で q^* の非市街地が市街化されたとき、土地市場では一期前

の地価が次の期の最低基準となるため、式(9)に示す効用関数のもとでは地価は常に上昇する。このように、土地の需給を均衡させることにより、市街化過程と地価上昇のメカニズムが明らかとなる。

7. 地方都市圏のデータによる実証例

本研究で提案したマクロ均衡モデルは市街化過程を単純化したものであり、多くの実証方法が考えられる。ここでは地域空間の可住地を住宅、商業、工業を含めた市街地と非市街地に限定し、一つの県の可住地を土地市場と仮定した場合の県別市街化過程をクロスセクション・データと時系列データの2種類の方法で実証的に研究する。土地はストックである総資産によって需要されるものであるが、総資産のデータ入手は非常に困難である。一方、県内純生産はフローであり土地需要と必ずしも対応しないが、都市圏において集計したマクロなレベルでは、県内純生産は県内総資産の代理変数とみなされる。このため、土地需要者の総資産として県民純生産を代用する。地価については、地価の調査地点が少ない県もあり、国土庁の都道府県別の地価データによる県全体の平均地価を用いる。また、公共用地は市街地から除外した。

まず、昭和52年から54年の大都市圏に含まれる地域(東京、神奈川、埼玉、千葉、愛知、大阪、京都、兵庫、奈良)を除いた38県の県民純生産 X 、地価 γ_0 、 γ 、可住地面積の非市街化面積 S_0 、市街化面積のフロー q のクロスセクション・データによって求めた市街化過程の需要式(3)、供給式(16)のパラメータと適合度を表-1に示す。また、これらの需給式を均衡させたときの相関係数は0.780で、供給式の相関係数は必ずしも高くはないが、需給を均衡させることによって精度が向上している。

表-1 市街化モデルのパラメータと適合度

	効用の重みパラメータ		相関係数
	α	b	
県別クロスデータの需要式	0.0557	—	0.794
県別クロスデータの供給式	—	0.0409	0.622
徳島県時系列データの均衡式	0.0833	0.0460	0.709

なお、需要式と供給式はいずれも予測時点の地価を与件としているが、均衡モデルでは、市街化面積と地価を同時に予測している。このため、需給モデルと比較して均衡モデルの適合度もよくなっており、均衡モデルにより市街化過程が説明できるものと思われる。次いで、徳島県において、昭和43年から56年の13年間の市街化過程の時系列データによって、均衡式(34)、(35)より求めたパラメータも同様に表1に示す。このときの相関係数も0.709であり、本モデルの動的な市街化過程への適用も可能となっている。

効用の重みパラメータについては、 α は県民純生産に占める土地投資割合を示しており、 b は供給者が土地を供給対象とする割合を示している。純生産に占める土地投資割合は約6～8%であり、供給者の土地供給対象は約4～5%となっている。市街地周辺部において、土地の売り惜しみが指摘されているが、本分析からも、供給者は一部の土地しか供給対象としないことが明らかとなった。

8. 結 び

土地利用の需要者と供給者の行動を効用関数によりモデル化し、両者を均衡させることによって市街化過程を記述するモデルを作成した。本モデルは、土地の売り惜しみなどの定量化しにくい現実の供給者の行動を効用最大という仮説により、単純かつ合理的にモデル化しており、将来の市街化量や均衡地価を予測するためにも用いることができる。また、地方都市圏における市街化過程のクロスデータと時系列データに本モデルを適用したところ、有意な精度で市街化過程の予測が可能となっており、本モデルの有効性が示されたものと思われる。

なお本研究では、複雑な市街化現象をモデル化するための基礎的研究として都市空間を非常に単純化しているが、現実の市街化過程は市街化区域と市街化調整区域の線引きとか、用途指定などの法的な規制、あるいは土地税制に大きく影響されており、また地価においても、法的規制によって大きなギャップが生じている。このため、土地の供給可能地として市街化区域を考慮するとか、空間の異質性の考慮へと発展させることによって、現象の説明力も増し、

より実用的なモデルになるものと思われる。また、本モデルは市街化過程の動学化と線引きの効果測定に資することを主目的に開発したものであるが、これらへの応用については今後の課題とする。

最後に、本研究を進めるに当たり、徳島大学大学院生片岡功一君から多大な協力を得た。ここに記して感謝する次第である。

また、本研究を遂行するために要した研究費用の一部は、文部省科学研究費〔総合研究(A)「我が国に適した土地利用モデルの総合的研究」〕によるものである。

(参考文献)

- 1) 岩田規久男；土地と住宅の経済学，日本経済新聞社，1977。
- 2) 加瀬晋；地価総額GNP比に関する一考察（第1報），地域学研究，第9巻，1979。
- 3) 加瀬晋；地価総額GNP比に関する一考察（第2報），地域学研究，第10巻，1980。
- 4) 青山・大橋・近藤；市街化過程のマクロモデル，土木計画学シンポジウムNo.18，1984。
- 5) 青山・大橋・近藤；市街化過程のモデル化に関する基礎的研究，土木学会年次学術講演会概要集IV，1984。
- 6) 青山・大橋・片岡；土地供給の行動モデルに関する基礎的研究，土木学会年次学術講演会概要集IV，1984。
- 7) Alonso, W.; Location and Land Use, Harvard Univ. Press, 1964. (折下功訳：立地と土地利用，朝倉書店，1966.)
- 8) Richardson, H. W.; The New Urban Economics: and Alternatives, Pion Ltd., 1977。
- 9) 山田浩之；都市の経済分析，東洋経済新報社，1980。
- 10) 安藤朝夫；交通施設整備と費用負担の社会的効率性：線形都市における解析例，土木計画学研究論文集No.1，1984。
- 11) 森杉・岩瀬；住宅立地行動の予測と住環境の便益評価の総合手法の提案，土木計画学研究論文集No.1，1984。