

デベロッパーの行動にもとづいた市街地変化モデル

A Model of Urban Land Development Focusing on Developers' Behavior

文 世 一

By Se-il Mun

An operational model of urban land development is developed. The model focuses on developers' behavior, and describes the process of new development, redevelopment, and choice of land use and intensity. A characteristic feature of the model is that the choice of land use and intensity are formulated as mixed discrete/continuous choice model. The parameter values of the model have been estimated and fitness of the model to actual land use changes have been tested by using the data in Osaka Prefecture.

1. はじめに

都市の土地利用変化は、空き地や農地の新規開発ばかりでなく、既成市街地の再開発によっても生じる。近年では、宅地開発の外縁化が限界近くまで達したことなどにより、新規開発よりも再開発の比重が増加するとともに、土地の高度利用化も進行している（たとえば、文・吉川他(1988)¹⁾における図-1）。それにともない、都市政策においても、再開発の重要性がこれまで以上に大きくなることが予想される。

再開発に関する政策手段としては、公共主体が自ら行なう再開発事業とともに、民間の自発的な再開発活動に対する誘導・規制が大きな役割を果たす。

本研究は、デベロッパーの建設活動に着目することにより、再開発や高度利用化などを含む多様な市

街地変化プロセスを記述するとともに、再開発の誘導・規制に関する政策分析にも応用可能な土地利用モデルの開発を目的としている。

土地利用モデルは、土地利用の形成変化課程に関わる政策手段の影響を定量的に分析するために研究開発が行われてきた。ところが既存の土地利用モデルは、世帯や企業の立地を主たる対象としており、上述の問題を分析するためには適当でない。なぜなら再開発を誘導・規制するための政策手段は、開発や建設活動に携わっている地主やデベロッパーらの行動に直接影響を及ぼすものだからである。既存の活動立地モデルにおいて土地や床の供給は、外生的に与えられた容量制約として取り扱われる場合が多い。一部の大規模モデル^{2) 3) 4)}は、土地や床の供給を内生的に求めているが、これらのモデルにおいても、主眼は活動立地や、地代の決定にあり、既成市街地における再開発や新市街地における土地開発のメカニズムを十分に考慮したものではない。

正会員 工博 東北大学助手、応用情報学研究センター
(〒980 仙台市青葉区片平2丁目1-1)

これに対して、青山・大橋・近藤(1985)⁹⁾、吉川・春名・屋井(1986)⁶⁾においては、地主やデベロッパーの行動に着目して用途規制や開発規制の効果分析を試みている。しかし、前者は空間を考慮しておらず、また両者とも既成市街地の再開発を分析の対象とはしていない。

一方、建物の再開発を考慮した土地利用モデルに関する研究は、最近になっていくつか行われるようになった(たとえば、安藤(1988)⁷⁾、柏谷(1988)⁸⁾、筆者ら(1987, 1988, 1989)¹⁾ 9) 10) 11))。しかし、これらは再開発に関わる主体の行動に関する考察が不十分である。

ところで、上述のような土地利用モデルの発展には、都市経済学の成果が多く反映されているが、Alonso以来、都市経済学における土地利用の理論はほとんどが静学モデルに関するものであった。ところが1970年代後半に入って、より現実的な都市現象を表現するため、モデルの動学化に関する研究が活発に行われるようになった(たとえばAnas¹²⁾、Brueckner¹³⁾、Wheaton¹⁴⁾、Fujita¹⁵⁾、Akita and Fujita¹⁶⁾、田淵¹⁷⁾、など)。これらの動学モデルは、デベロッパーの役割を重視しており、特に建物ストックの耐久性とその変更に必要な費用、デベロッパーによる将来への期待などが考慮されている。このような動学的都市経済モデルの考え方は、計量的土地利用モデルにおいても有用と考えられる。

これに関連して、Fujita and Kashiwadani(1989)は、首都圏の近郊、郊外を対象として上述の動学的都市経済モデルを適用し、デベロッパーの完全予見を仮定したモデルが、長期的な土地開発過程と地価の変化に対して、どの程度適合するかについて検証を試みた¹⁸⁾。しかし、このモデルは最適問題として解かれる都合上、単純化のために多くの制約的仮定を置いている。たとえば、再開発や用途間の転用、さらには容積率の変動などがすべて無視されている。

本研究は、以上の検討をふまえて、これまで行われた筆者らの研究¹⁾ 9) 10) 11))を発展させる。具体的には、デベロッパーの行動仮説にもとづいて、モデルを用いて定式化するとともに、大阪府のデータを用いて実証分析を行い、モデルの適用性を検証する。

2. 市街地変化の定義

本研究において、都市の市街地変化は、田畑などの非市街地から市街地への新規開発、既成市街地における再開発を目的とする既存建物の除却、そして当該敷地上への建物の建設、というプロセスによりとらえる。また市街地は、住宅、商業などのように、用途に対応していくつかのカテゴリーに分類される。図-1には、ある地区*i*にある用途*k*の土地について、*t*年～*t*+1年の間に生じた市街地変化を図示している。図における各変数間の関係は次のように表される。

$$LA_{ki}^t = LA_{ki}^{t+1} - CA_{ki}^t + NA_{ki}^t + RA_{ki}^t \quad (1)$$

$$\sum_k CA_{ki}^t = \sum_k RA_{ki}^t \quad (2)$$

$$\sum_k NA_{ki}^t = \sum_k LA_{ki}^{t+1} - \sum_k LA_{ki}^t = TNA_i^t \quad (3)$$

ここに

LA_{ki}^t : *i*ゾーンにおける*t*期の*k*用途土地面積

CA_{ki}^t : *k*用途の既存建物が除却される土地面積

NA_{ki}^t : *k*用途として新規に開発される土地面積

RA_{ki}^t : *k*用途として再開発の行われる土地面積

TNA_i^t : 新規開発により市街化された総土地面積

なお、上述の諸変数の内、 LA_{ki}^t のようにストックを示す変数において、時間を示す添え字*t*は、*t*年の初頭を示しており、 CA_{ki}^t 、 RA_{ki}^t 、 NA_{ki}^t のようにフローを示す変数における添え字*t*は、*t*年の初頭から翌年、*t*+1年の初頭までの期間を示すものとする。この取扱は以下の記述においても同様である。

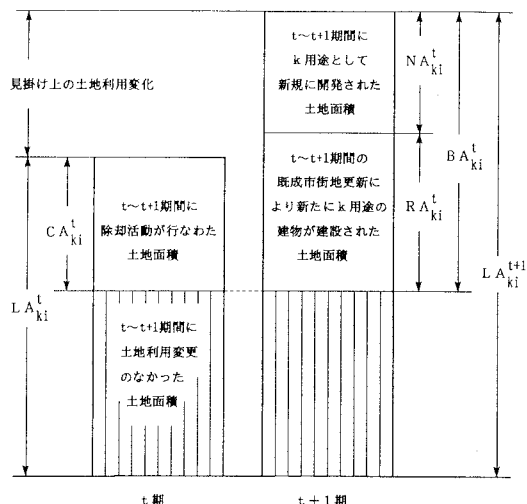


図-1 市街地変化の定義

図-1において、 CA_{ki}^t と RA_{ki}^t は、再開発の後で用途間の転用があるので一致しないが、(2)式に示すように、すべての用途について合計したものの値は一致する。

上の式は、土地面積間の関係を示しているが、床面積間の関係は、土地面積に関する変数に容積率を乗ずることにより、次のように表される。

$$FA_{ki}^t = H_{ki}^t \cdot LA_{ki}^t, \quad FA_{ki}^{t+1} = H_{ki}^{t+1} \cdot LA_{ki}^{t+1} \quad (4)$$

ここに

FA_{ki}^t : iゾーンにおけるt期のk用途床面積

H_{ki}^t : t期に現存するk用途の建物の容積率

$$FA_{ki}^{t+1} = FA_{ki}^t - CFA_{ki}^t + BFA_{ki}^t \quad (5)$$

$$CFA_{ki}^t = H_{ki}^t \cdot CA_{ki}^t \quad (6)$$

$$BFA_{ki}^t = I_{ki}^t \cdot BA_{ki}^t = I_{ki}^t \cdot (NA_{ki}^t + RA_{ki}^t) \quad (7)$$

ここに

CFA_{ki}^t : t~t+1期間に除却されるk用途床面積

BFA_{ki}^t : t~t+1期間にk用途として建設される床面積

I_{ki}^t : 同期間にk用途として建設される建物の容積率

(6)式は、除却される建物の容積率が当該地区の平均容積率に等しいと仮定している。現実には地区内の容積率は均一でなく、低い容積率の建物ほど除却が行われやすいが、実績データが得られないためこのような取扱いとせざるを得ない。

3. デベロッパーの行動モデル

(1) デベロッパーの行動仮説

デベロッパーは、土地を開発して建てた建物の床を世帯や企業に賃貸することにより家賃収入を得る。本研究では、デベロッパーの選択変数として、土地の開発あるいは再開発の時期、新たに建てる建物の用途、および容積率を考慮することとする。デベロッパーは、その土地から得られる家賃収入の合計から、建物の建設費や土地の開発・再開発に要する費用などを減じた、純家賃収入の現在価値(PVN)を最大化するように、上述の変数の最適な組合せを選択すると仮定する。

以下では、まず既成市街地における再開発時期の選択、次に新市街地の開発時期の選択、そして開発後に建てられる建物の用途・容積率の選択行動につ

いて述べる。

(2) 既成市街地の再開発

あるデベロッパーが地区iにある既存の建物をt期に除却し、ただちに再開発しようと計画するとき、t=1において評価したPVNは、次式のように書ける。

$$\begin{aligned} PVN_{koi}^t(k, I_{ki}^t) &= \sum_{t=1}^{t-1} \frac{R_{koi}^t \cdot H_{koi}^1}{(1+r)^{t-1}} + \sum_{t=t}^T \frac{RR_i^t(k, I_{ki}^t)}{(1+r)^{t-1}} \\ &\quad - \frac{CB_i^t(k, I_{ki}^t) + d_{ko} \cdot H_{koi}^1}{(1+r)^{t-1}} + \varepsilon_{ki}^t + \varepsilon_{koi}^t \end{aligned} \quad (8)$$

ここに

$RR_i^t(k, I_{ki}^t)$: t期に得られる家賃収入

$CB_i^t(k, I_{ki}^t)$: 用途k、容積率 I_{ki}^t の建物の建築費用

R_{koi}^t : iゾーンにおけるt期のk用途の家賃

d_{ko} : 建物の単位床面積当り除却費用(定数)

$\varepsilon_{ki}^t, \varepsilon_{koi}^t$: 確率的変動項

すなわち、第1項は、除却が行われる前に、既存の建物から得られる収入の合計であり、第2項は、新たに建設する建物から得られる収入の合計である。第3項は、新たな建物の建設費用、第4項は、除却費用のそれぞれ現在価値を意味する。第5、6項は、以上の要因とは独立に変動する確率項であるが、上記のように、再開発後の建物の内容に依存して変動する部分 ε_{ki}^t と、無関係に変動する部分 ε_{koi}^t から成るものと仮定する。

なお、t=1においてデベロッパーは、将来の家賃収入を知らないで、何らかの予想に基づいてPVNを評価せざるを得ない。本研究では、Kain and Appar¹⁹⁾と同様、図-2のように、デベロッパーが過去から現在にいたる家賃のトレンドのみを考慮して将来家賃の予想値を定めるものと仮定する。確率変動

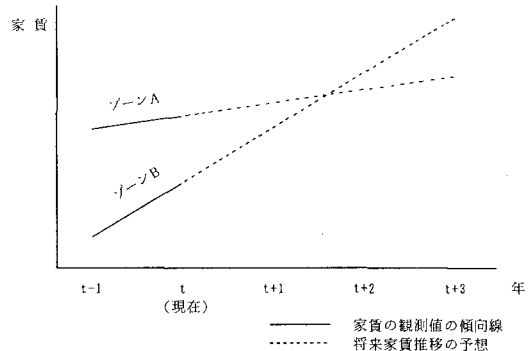


図-2 将来家賃の予想

項は、個々のデベロッパーが行う予想の異質性を表現すると解釈できる。

いま、デベロッパーが、地区*i*の土地にある用途*k*₀、容積率*H*_{k₀*i*}の建物をτ年に除却し、新たに用途*k*、容積率*I*_{k*i*}の建物を建設すると計画した場合を想定する。このような意志決定が行われる条件を、デベロッパーの行動仮説に従って書くと

$$\begin{aligned} P V N_{k o i}^{\tau}(k, I_{k i}^{\tau}) &> P V N_{k o i}^{\tau'}(k', I_{k' i}^{\tau'}), \\ \text{for all } \tau' \neq \tau, 1 \leq \tau, \tau' \leq T+1, k' \neq k, I_{k' i}^{\tau'} \neq I_{k i}^{\tau} \end{aligned} \quad (9)$$

なお、τ = T+1の場合は、対象とする期間内に再開発が行われないことを意味する。

(8)式は次のように、除却後に建設される建物の内容に依存する部分と、依存しない部分とに分解できるので、次のように書き改められる。

$$P V N_{k o i}^{\tau}(k, I_{k i}^{\tau}) = P V B_{i}^{\tau}(k, I_{k i}^{\tau}) + P V E_{k o i}^{\tau} + \epsilon_{k o i}^{\tau} \quad (10)$$

ここに

$$P V B_{i}^{\tau}(k, I_{k i}^{\tau}) = \sum_{t=\tau}^T \frac{R R_{i}^t(k, I_{k i}^{\tau})}{(1+r)^{t-1}} - \frac{C B_{i}^{\tau}(k, I_{k i}^{\tau})}{(1+r)^{\tau-1}} + \epsilon_{k i}^{\tau} \quad (11)$$

$$P V E_{k o i}^{\tau} = \sum_{t=1}^{\tau-1} \frac{R_{k i}^t H_{k o i}^1}{(1+r)^{t-1}} - \frac{d_{k o i} H_{k o i}^1}{(1+r)^{\tau-1}} \quad (12)$$

したがって、デベロッパーが、*i*ゾーンにおいて、τ期に再開発を行う条件は、次のように書ける。

$$\begin{aligned} \max_{k, I_{k i}} \{P V N_{k o i}^{\tau}(k, I_{k i}^{\tau})\} &> \max_{k, I_{k i}} \{P V N_{k o i}^{\tau'}(k, I_{k i}^{\tau'})\}, \\ \text{for all } \tau' \neq \tau, 1 \leq \tau, \tau' \leq T+1 \end{aligned}$$

ここに

$$\begin{aligned} \max_{k, I_{k i}} \{P V N_{k o i}^{\tau}(k, I_{k i}^{\tau})\} &= \max_{k, I_{k i}} \{P V B_{i}^{\tau}(k, I_{k i}^{\tau})\} + P V E_{k o i}^{\tau} + \epsilon_{k o i}^{\tau} \\ &= E[\max_{k, I_{k i}} \{P V B_{i}^{\tau}(k, I_{k i}^{\tau})\}] + \epsilon_i^{\tau*} + P V E_{k o i}^{\tau} + \epsilon_{k o i}^{\tau} \\ &= M P V B_{i}^{\tau} + P V E_{k o i}^{\tau} + \delta_{k o i}^{\tau}, \end{aligned} \quad (13)$$

$$M P V B_{i}^{\tau} = E[\max_{k, I_{k i}} \{P V B_{i}^{\tau}(k, I_{k i}^{\tau})\}], \quad (14)$$

$$\delta_{k o i}^{\tau} = \epsilon_i^{\tau*} + \epsilon_{k o i}^{\tau}.$$

$\epsilon_i^{\tau*}$ は $\epsilon_{k i}^{\tau}$ の*k*に関する最大値の確率変動を表す。またM P V Bの具体的な形については、後に述べる。いまδ_{k*o**i*}がパラメータ(−γ/Ω₁, Ω₁)のガンベル分布(ここにγ=オイラー定数)に従って独立に

分布すると仮定すると、デベロッパーがτ期に再開発を行う確率は次のように表される。

$$\begin{aligned} P C_{k o i}^{\tau} &= \text{Prob}[M P V B_{i}^{\tau} + P V E_{k o i}^{\tau} + \delta_{k o i}^{\tau} \\ &> M P V B_{i}^{\tau'} + P V E_{k o i}^{\tau'} + \delta_{k o i}^{\tau'}, \\ &\text{for all } \tau \neq \tau', 1 \leq \tau, \tau' \leq T+1] \\ &= \frac{\exp \Omega_1 \{M P V B_{i}^{\tau} + P V E_{k o i}^{\tau}\}}{\sum_{\tau'} \exp \Omega_1 \{M P V B_{i}^{\tau'} + P V E_{k o i}^{\tau'}\}} \end{aligned} \quad (15)$$

(3)新市街地の開発

デベロッパーが、地区*i*にある農地をτ年に開発した後、ただちに用途*k*、容積率*I*_{k*i*}の建物を建設する場合のP V Nは、前節と同様の論理により、次のように書ける。

$$P V N_{i}^{\tau}(k, I_{k i}^{\tau}) = P V B_{i}^{\tau}(k, I_{k i}^{\tau}) + P V V_{i}^{\tau} + \epsilon_i^{\tau} \quad (16)$$

ここに

$$P V V_{i}^{\tau} = \sum_{t=1}^{\tau-1} \frac{R a^t}{(1+r)^{t-1}} - \frac{C N^{\tau}}{(1+r)^{\tau-1}}, \quad (17)$$

Ra^τ: 農地地代(定数)

CN^τ: 土地造成、整地費用(定数)

(16)式の第1項は再開発の場合に定義したものと同じであり、確率変動項に関する取り扱いも同様である。(17)式の第1項は、開発するまでの間、農地として利用することによって得られる地代収入であり、第2項は土地の造成、整地などに要する費用である。

再開発の場合と同様、確率変動項が、パラメータ(−γ/Ω₂, Ω₂)のガンベル分布に従うと仮定することにより、デベロッパーがτ期に新規開発を行う確率は次のように表される。

$$P N_{i}^{\tau} = \frac{\exp \Omega_2 \{M P V B_{i}^{\tau} + P V V_{i}^{\tau}\}}{\sum_{\tau'} \exp \Omega_2 \{M P V B_{i}^{\tau'} + P V V_{i}^{\tau'}\}} \quad (18)$$

(4)用途・容積率の選択

ここで考慮する選択変数のうち、用途は離散変数である一方、容積率は連続変数である。したがって、離散・連続混合選択行動^{20) 21)}として定式化される。

(10)式、および(16)式に示したP V Nにおいて、用途と容積率に係る部分は、(11)式より定義されたP V Bのみである。従って、P V Bを最大化するような用途と容積率の選択を考慮すればよい。

ここでは、問題を具体的に解くため、P V Bにおける家賃収入、建設費用を以下のように特定化する。

$$RR_i^t(k, I_{ki}^t) = R_{ki}^t \cdot I_{ki}^{t\alpha} \quad (19)$$

$$CB_i^t(k, I_{ki}^t) = c_0 \cdot I_{ki}^t \quad (20)$$

したがって、PVBは下のように書き改められる。

$$PVB_i^t(k, I_{ki}^t) = PR_{ki}^t \cdot I_{ki}^{t\alpha} - c_0 I_{ki}^t (1+r)^{1-\tau} + \varepsilon_{ki}^t \quad (21)$$

ここに

$$PR_{ki}^t = \sum_{t=\tau}^T \frac{R_{ki}^t}{(1+r)^{t-1}} \quad (22)$$

容積率の選択に関する条件について述べる。容積率の選択にあたって、都市計画による容積率規制の条件を満たさねばならない。すなわち

$$I_{ki}^t \leq IL_{ki} \quad (23)$$

ここに

IL_{ki} : iゾーンのk用途地域における法定容積率
デベロッパーによって解かれる問題は、(23)式の制約のもとで、(21)を最大化する I_{ki} を選択することである。最大化のための一階の条件は、

$$\frac{d(PVB_i^t(k, I_{ki}^t))}{d I_{ki}^t} = 0, \quad I_{ki}^t \leq IL_{ki} \quad (24a)$$

$$\frac{d(PVB_i^t(k, I_{ki}^t))}{d I_{ki}^t} > 0, \quad I_{ki}^t = IL_{ki} \quad (24b)$$

(24a)の条件を具体的に解くと、最適な容積率 I_{ki}^{t*} は、内点解の場合、次のように表される。

$$I_{ki}^{t*} = \left(\frac{c_0 k (1+r)^{1-\tau}}{\alpha PR_{ki}^t} \right)^{\frac{1}{\alpha-1}} \quad (25)$$

なお、(24b)の場合は $I_{ki}^{t*} = IL_{ki}$ である。

さらに、PVBは I_{ki}^{t*} において、極大となる必要がある。次の二階の条件を満たさなければならない。

$$\frac{d^2(PVB_i^t(k, I_{ki}^{t*}))}{d I_{ki}^{t*2}} = \alpha(\alpha-1) PR_{ki}^t I_{ki}^{t* \alpha-2} < 0 \quad (26)$$

ここで価格 $PR_{ki} > 0$ 、容積率 $I_{ki} > 0$ であることより、パラメータ α は、 $0 < \alpha < 1$ の範囲になければならない。

さて、式(24)を満たす I_{ki}^{t*} を式(21)に代入する、

$$\begin{aligned} \max_{I_{ki}} \{PVB_i^t(k, I_{ki}^t)\} &= PVB_i^t(k, I_{ki}^{t*}) \\ &= PVB_{ki}^{t*} + \varepsilon_{ki}^t \end{aligned} \quad (27)$$

ここに

PVB_{ki}^{t*} : I_{ki}^t について最大化されたPVB

すると、このモデルは用途選択に関する通常の離散選択モデルとして取り扱うことができる。すなわち、用途kが選択される条件は

$$PVB_{ki}^{t*} + \varepsilon_{ki}^t > PVB_{li}^{t*} + \varepsilon_{li}^t, \text{ for all } l \neq k \quad (28)$$

いま、式(21)において確率項がガンベル分布に従うと仮定すると用途選択確率は、次のようなロジットモデルとなる。

$$PU_{ki}^t = \frac{\exp \Omega_3 \{PVB_{ki}^{t*}\}}{\sum_l \exp \Omega_3 \{PVB_{li}^{t*}\}} \quad (29)$$

以上より、(14)式によって定義された $MPVB_i^t$ は、次のように特定化される。

$$MPVB_i^t = \frac{1}{\Omega_3} \ln \sum_k \exp \{PVB_{ki}^{t*}\} \quad (30)$$

4. 市街地変化モデルの計算プロセス

上で定式化した、デベロッパーの行動モデルを用いることにより、t年～t+1年の間の市街地変化が、次のように計算される。

ここで、初期条件として与えられるものは、t年の初頭における用途別土地面積 LA_{ki}^t 、及び空閑地面積 VA_i^t 、そして建物ストックの容積率 H_{ki}^t である。

まず(30)式により、各期の $MPVB_i^t$ ($t = t, t+1, \dots, T$) を計算し、これを(15)および(18)式に代入することにより、それぞれ、既成市街地の再開発確率 PC_{ki}^t 、および新市街地開発確率 PN_i^t を計算する。これを用いて、次式により総新規開発面積 TNA_i^t 、および再開発面積 $C A_{ki}^t$ が得られる。

$$CA_{ki}^t = LA_{ki}^t \cdot PC_{ki}^t \quad (31)$$

$$TNA_i^t = VA_i^t \cdot PN_i^t \quad (32)$$

ここに

VA_i^t : iゾーンにおけるt期の空閑地面積

そして、これらを用いて、t～t+1期間内にゾーンiで建設される用途別建物床面積 BFA_i^t が次式のように計算される。

$$BFA_{ki}^t = (TNA_i^t + \sum_{ko} CA_{ko}^t) \cdot PU_{ki}^t \cdot I_{ki}^{t*} \quad (33)$$

以上の計算により、一期間の市街地変化が求められるが、次の期の計算の初期条件を与えるため、以

下のように土地利用変数を更新する。

$$VA_i^{t+1} = VA_i^t - TNA_i^t \quad (34)$$

$$LA_{ki}^{t+1} = LA_{ki}^t - CA_{ki}^t + (TNA_i^t + \sum_{l=1}^L PU_{li}^t) \quad (35)$$

$$H_{ki}^{t+1} = \{(1 - PC_{ki}^t) LA_{ki}^t H_{ki}^t + BFA_{ki}^t\} / LA_{ki}^{t+1} \quad (36)$$

以上のプロセスを図-3にとりまとめて示す。

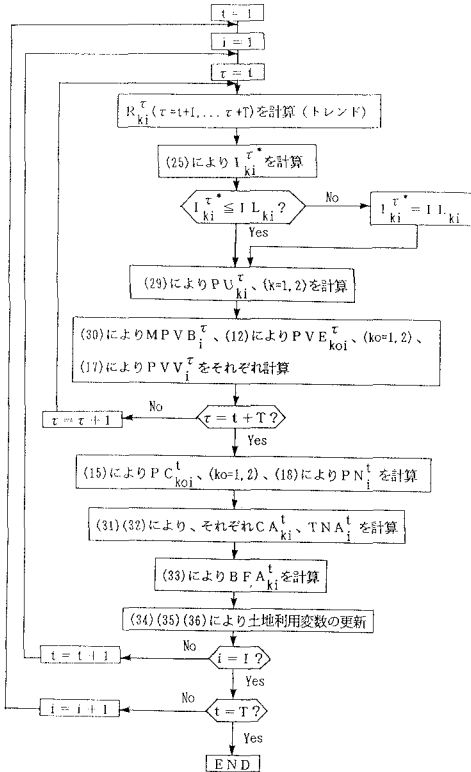


図-3 市街地変化モデルのフローチャート

5. 実証分析

(1) 与件事項、対象地域、データ

ここでは定式化されたモデルのパラメータを推定するとともに、モデルの適合性を検証する。

4. では、個々のデベロッパーの行動にもとづいてモデルを定式化したが、ここでは、データの入手可能性を考慮して、各ゾーン別の集計データを用いてパラメータ推定を行う。このことは、各ゾーン内の土地条件が等質であると見なすことを意味する。

都市内の土地利用分類は住宅、商業、工業の三区画とした。本モデルでは、工業用地の変化が外生的

に与えられるものとする。従ってモデル化の対象となる用途は住宅、商業の2つである。

対象地域は大阪府全域、ゾーンは市区町村単位とし、期間は1975～1980年とした。

用いたデータについて述べる。まず、用途別床面積のストック量は固定資産税の課税台帳、フロー量は建築統計年報における着工面積より求めた。そして用途別土地面積のストック量は、国土地理院の細密数値情報に基づく集計表から得た。以上のデータが得られれば、他の変数、すなわち新規開発面積、除却面積、フローに関する容積率、ストックの容積率、などは2. に示した定義式を用いて算定される。

住宅用途の家賃データは、住宅統計調査における民間借家の家賃を用いた。商業用途については、家賃のデータが存在しないので、次のように求める。いくつかの仮定のもとで、立地均衡下の家賃は次のように書ける(文・小林・吉川²²⁾における(8)式)。

$$\text{商業床家賃} = b \cdot \text{商業販売額} / \text{商業床面積} \quad (37)$$

商業販売額、床面積は商業統計表より得られ、bは定数であるが、他のパラメータと同時に推定される。

なお、農地地代は、ゼロと仮定した。また、割引率は10%に設定した。

(2) 既成市街地の再開発確率

既成市街地の再開発確率は、1975時点の既存建物の内、1975～1980年の間に除却される確率について推定される。これを推定するための尤度関数は、

$$L_1 = \prod_i \left(\sum_{t=1975}^{1979} PC_{ki}^t \right)^{N_k^1} \left(\sum_{t=1980}^T PC_{ki}^t \right)^{N_k^2} \quad (38)$$

ここに

N_k^1 : 1975～1979年の間に除却された建物の数

N_k^2 : 1975～1979年の間に除却されなかった建物の数

推定結果は、住宅用途について表-1(a)、商業用途について表-1(b)に、それぞれ示している。

(3) 新市街地の開発確率

新市街地の開発確率は、1975年時点の空閑地の内、1975～1980年の間に市街化される確率について推定される。これを推定するための尤度関数は、再開発の場合と同様な形で定義される。推定結果を表-2に示す。

(4) 用途・容積率選択

3. では、用途と容積率の選択を離散・連続混合選択行動として定式化した。用途選択確率(29)式と、

表一 再開発確率のパラメータ推定結果

(a)住宅用途

パラメータ	推定値 (t 値)
Ω_1	0.0155 (6.66)
d	224.9 (276.2)
初期尤度	-326125
最終尤度	-249737
尤度比	0.234

(b)商業用途

パラメータ	推定値 (t 値)
Ω_1	0.0144 (2.932)
d	102.43 (33.89)
初期尤度	-88090
最終尤度	-80458
尤度比	0.087

表二 新規開発確率のパラメータ推定結果

パラメータ	推定値 (t 値)
Ω_2	0.1994 (86.33)
CN	2.687 (156.7)
初期尤度	-7872911
最終尤度	-5720540
尤度比	0.273

表三 用途・容積率選択式のパラメータ推定結果

パラメータ	推定値 (t 値)
Ω_3	0.2942 (403.0)
α	0.6 (-)
b	0.1081 (268.7)
c ₀	6.850 (280.0)
σ	0.6014 (804.9)
初期尤度	-1196888
最終尤度	-598444
尤度比	0.500

容積率推計式(25)式に含まれるパラメータの多くは、両式で共通なので、これらを別々に推定することはできない。たとえば、用途選択確率のみについて推定したパラメータを用いて(25)式により容積率を計算しても、その計算値が容積率の実績値と同じスケールを持つことの保証はない。

そこで、本研究では、このような問題に対処するため、次のような事象の確率密度を考える。

$$PVB_{ki}^{t*} + \epsilon_{ki}^t > PVB_{li}^{t*} + \epsilon_{li}^t, \text{ for all } l \neq k$$

and

$$I_{ki}^{t*} + \mu_{ki}^t = I_{ki}^t \quad (39)$$

ここに

 μ_{ki}^t : 容積率の推計誤差 I_{ki}^t : 容積率の観測値

ϵ_{ki} は、すでに述べたように、ガンベル分布に従うと仮定している。上式に対する尤度関数は次のようになる。

$$L_2 = \prod_i \prod_k [PU_{ki}^t \cdot f(I_{ki}^t - I_{ki}^{t*})]^{N_k^3} \quad (40)$$

ここに

 N_k^3 : k用途で建設された建物の数 $f(\cdot)$: μ_{ki}^t の確率密度関数

ここでは、 μ_{ki} がパラメータ(0, σ)の正規分布に従うと仮定する。なお、上記の尤度関数は、パラメータに対して大域的に凹ではない。そこで、ヘッセ行列が負値定符号でなくても収束が保証される準ニュートン法を用いて、パラメータの最尤推定値を得た。実際の計算には、富士通作成のSSL2サブルーチン(プログラム名:MING1)を適用した。

パラメータの推定結果を表一3に示す。ここで α については、尤度関数を直接最大化するために複雑な計算を要するので、次の方法で求めた。 α は、二階の条件、(26)式により、 $0 < \alpha < 1$ の範囲にあることに注目する。この条件を満たす範囲で逐次 α の値を与えたもとの、その他のパラメータを上述の準ニュートン法により求めた。そしてそれらのうち、最も尤度関数の高い組合せを採用することとした。

(5)モデルによる現象再現性

ここで推定したパラメータを、それぞれの推計式に代入し、4. に述べた手順により、1975-1980年の間に建設された用途別床面積を推計し、実績値と比較した。相関係数は住宅用途で0.764、商業用途で0.851であった。本モデルはデベロッパーの最も単純な行動仮説のみに基づいて構築されており、適合度を高めるために、経験的な変数を追加していない。このことを考慮すれば、以上の結果は、本モデルにおける行動仮説の妥当性を示すものといえよう。

6. おわりに

本稿では、デベロッパーによる建設活動のメカニ

ズムに着目して、市街地変化のプロセスを記述するモデルを定式化し、実証分析により、モデルの適用性を検証した。

本モデルの特徴は、次の通りである。

①既成市街地の再開発を考慮している。

②容積率を生内化しているの、土地利用の高度化を記述できる。

③用途と容積率の選択行動を離散・連続混合選択モデルとして定式化している。

1. でも述べたように、本モデルは、土地利用規制・誘導のための政策手段の効果分析へ適用が期待される。たとえばMun and Yoshikawa(1989)では、市街地変化モデルに交通モデルを連結することにより、土地利用規制が市街地変化を通じて交通需要に及ぼす影響を分析しているが、他にも種々の応用が考えられる。

今後の研究課題としては、次の点を指摘できる。

①本モデルにおいて、デベロッパーは過去から現在までのトレンドを考慮して将来家賃の予想を行うものと仮定した。しかし、このような予想が、後に顕在化する現実の家賃と一致するとは限らない。従って、デベロッパーは、新たな家賃の情報が得られると、自らの開発計画を修正するであろう。このような状況を表現するため、各時点における市場家賃を生内化するとともに、予想の修正をもモデル化する必要がある。

②上とも関連するが、デベロッパーの選択行動は、将来に対するものなので、不確実性を考慮しているものと思われる。このような問題の取扱が、本研究を進展させる上で重要な課題と考える。

本研究の実施に当たって、ご指導を賜った京都大学、吉川和広教授に感謝の意を表す。本研究における実証分析には、本田武志氏、亀井三郎氏の協力を得た。またデータ利用に際して、大阪府総務部地方課、及び大阪市財政局固定資産税課の皆様にはかっていたいただいた。さらに本論文の査読者より種々のご指摘をいただいた。ここに記して感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 文 世一・吉川和広・本田武志・亀井三郎：市街地変化にもとづいた用途別床面積供給量の推計手法、土木計画学研究・講演集11、pp.431-438、1988年

- 2) G.K.Ingram, J.F.Kain and J.R.Ginn :The Detroit Prototype of the NBER Urban Simulation Model, National Bureau of Economic Research, 1972
- 3) A.Anas : Residential Location Markets and Urban Transpotation, Academic Press,1982
- 4) M.Echenique : The Practice of Modelling in Developing Countries, in B.Hutchinson and M.Batty (eds.) : Advances in Urban Systems Modelling, North-Holland,1986
- 5) 青山吉隆・大橋健一・近藤光男：地方都市圏における市街化過程のマクロ均衡モデル、土木計画学研究・論文集2、pp173-180、1985年
- 6) 吉川和広・春名 政・屋井鉄雄：小規模な宅地の開発コントロールに関する分析、土木計画学研究・講演集9、pp313-320、1986年
- 7) 安藤朝夫：集計的立地・除却確率に基づく都市圏土地利用モデルについて、地域学研究第18巻、pp.187-204、1988年
- 8) 柏谷増男：滅失を考慮した住宅立地モデル、土木計画学研究・論文集6、pp.61-68、1988年
- 9) 文 世一・吉川和広・本田武志・亀井三郎：都市圏における市街地変化のモデル化に関する研究、土木計画学研究・講演集10、pp299-305、1987年
- 10) Seil Mun and Kazuhiro Yoshikawa : An operational model of urban land development, Paper for Presentation at 35-th North American Meetings of RSA, Toronto, Canada, 1988
- 11) Seil Mun and Kazuhiro Yoshikawa : The effects of land use policy on urban transportation, Paper for Presentation at 5-th WCTR, Yokohama, 1989
- 12) A.Anas :Short-run dynamics in the Spatial housing market,in G.J. Papagiorgiou(ed.): Mathematical Land Use Theory, pp.261-276, Lexington Books,1976.
- 13) J.K.Brueckner : Residential succession and land-use dynamics in a vintage model of urban housing, Regional Science and Urban Economics 10, pp.225-240, 1980
- 14) W.C.Wheaton : Urban spatial development with durable but replaceable capital, Journal of Urban Economics, vol.12, pp.53-67, 1982
- 15) M.Fujita : Urban spatial dynamics : A review, Sistemi Urbani 3, pp.411-475, 1983
- 16) T.Akita and M.Fujita : Spatial Development Process with Renewal in a Growing City, Environment and Planning A, Vol.14, pp.205-223, 1982
- 17) 田淵隆俊：企業と住宅の動学的立地モデル、日本都市計画学会学術研究論文集、pp.259-264、1987年
- 18) M.Fujita and M.Kashiwadani : Testing the efficiency of urban spatial growth : A case study of Tokyo, Journal of Urban Economics, Vol.25, pp.156-192, 1989
- 19) J.F.Kain and W.C.Apgar : Housing and Neighborhood Dynamics, Harvard University Press, 1985
- 20) R.B.Westin and D.W.Gillen :Parking location and transit demand : A case study of endogenous attributes in disaggregate mode choice model, Journal of Econometrics, Vol.8, pp.75-101, 1978.
- 21) E.J.Miller and S.R.Lerman : A Model of retail location, scale and intensity, Environment and Planning A, Vol.11, pp.177-192, 1979.
- 22) 文 世一・小林潔司・吉川和広：商業地再開発の規模と構成に関するモデル分析手法、土木学会論文集、No.401、pp.69-78、1989.