

ランダム効用と付け値分析に基づく土地利用モデル (R U R B A N) の検討と改良
Some Improvements on A Land-Use Model Based on Random Utility / Rent Bidding Analysis

宮本和明**・天野 昇***・野網孝之****
By Kazuaki MIYAMOTO**, Noboru AMANO*** and Takayuki NOAMI****

1. はじめに

都市活動の地域内分布を計量的に予測するモデル、すなわち土地利用モデルの一つに R U R B A N (Random Utility/Rent-Bidding Analysis model)がある。このモデルは基本的には、閉鎖都市を対象に、都市圏に対して与えられた土地利用主体(立地主体グループと呼ぶ)別の立地需要を、小区画の分析単位(ゾーンと呼ぶ)に土地条件をもとに配分するモデルである。立地配分の考え方は、新都市経済学における立地行動および都市構造を説明する理論モデルに基づいている。R U R B A N では、立地主体グループに着目した立地ゾーンの選択行動をランダム効用モデルで表現し、また、ゾーン内の立地主体グループの立地割合をランダム付け値モデルを用いて求めている。R U R B A N の特徴は、ランダム効用とランダム付け値を同時に考えることにより、土地市場における異なる立地主体の混在状況を表現しているところにある。

2. R U R B A N の基本方程式

R U R B A N は、以下の基本方程式から構成される。この基本方程式の未知数は、 U_{is} 、 B_{is} 、 q_{is} 、 L_{is} 、 U^*_i 、 B^*_s であり、その総数は $(4I \cdot S + I + S)$ 個となる。そして独立な方程式の数は、上記の式群から同数であることが確認される。

$$U_{is} = \alpha_i X_{is} - \beta_i B^*_s \quad (1)$$

$$q_{is} = \theta_i \exp(-B^*_s) \quad (2)$$

$$L_{is} = A_s / q_{is} \quad (3)$$

*キーワード：土地利用モデル、ランダム効用モデル、ランダム付け値モデル

**正員 工博 横浜国立大学助教授 工学部建設学科
(〒240 横浜市保土ヶ谷区常盤台 TEL045-335-1451)

***学生員、横浜国立大学大学院工学研究科

****正員 工修 首都高速道路公団

$$B_{is} = \{\alpha_i X_{is} - U^*_i\} / \beta_i \quad (4)$$

$$U^*_i = (1/\mu) \cdot$$

$$\ln \sum \exp(\mu U_{is} + \ln L_{is} + \ln V_{is}) \quad (5)$$

$$B^*_s = (1/\omega) \cdot$$

$$\ln \sum_i \exp(\omega B_{is} + \ln N_i + \ln V_{is}) \quad (6)$$

I : 立地主体グループ

S : ゾーン

U_{is} : 立地主体グループ I のゾーン S におけるランダム効用の確定項

B_{is} : 立地主体グループ I のゾーン S におけるランダム付け値の確定項

q_{is} : 立地主体グループ I のゾーン S における土地区画占有単位面積

X_{is} : 立地条件(地代を除く)

α_i : 立地主体グループ I のパラメーター

L_{is} : 立地主体グループ I のゾーン S における立地可能件数

U^*_i : 立地主体グループ I の効用水準

B^*_s : ゾーン S の代表地代

μ : 効用関数のパラメーター

ω : 付け値地代関数のパラメーター

N_i : 立地主体グループ I に属する個々の立地主体の数

A_s : ゾーン S の土地利用可能面積

V_{is} : グループ内の立地者及びゾーン内の区画のばらつきに起因する補正項

θ_i : 立地主体グループ I のパラメータ

3. 解釈

(1) R U R B A N の構造

R U R B A N は先に示した基本方程式の解を、図1に示す収束過程から算出していると解釈できる。すなわち、R U R B A N には2つの均衡部分がある。一つは最大効用理論に基づく立地主体グループの立地ゾーンの選択であり、もう一つは付け値地代最大化理論に基づくゾーンに着目した立地主体の選別である。前者の立地ゾーンの選択においては、各立地主体グループの効用値を算出するために、全ゾーンにおける地代が所与である必要があり、また、後者の各ゾーン

における立地主体グループごとの付け値地代を求めるためには、全立地主体グループのいわゆる効用水準が与件である必要がある。

RURBAN においては、効用水準は効用分析から、地代は付け値地代分析からそれぞれ導かれる構造になっている。収束過程においてはそれらは暫定値であり、最終的に求められる効用の均衡水準と均衡地代は2つの均衡部分間の繰り返し計算後の収束値として得られる。そして、それが対象地域の土地市場での一般的均衡状態とみなすことができる。

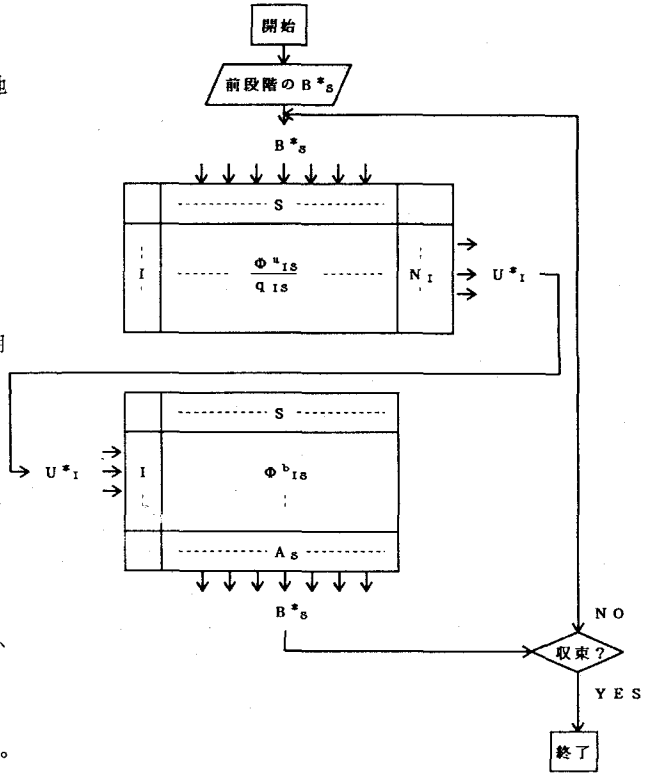
なお、RURBAN においては効用関数として間接効用関数を用いていることから、付け値関数は基本的には効用関数の表現を変えたものにすぎない。そのため、効用水準か地代のどちらかの均衡値が得られているとするならば、図1の上下の2つの配分は同一のものとなる。いいかえると、効用水準か地代のどちらか一方の均衡値が与えられると、自ずと他方も求められることとなる。

しかるに、一般に土地利用モデルを用いる場合は、将来の経済フレームワークの前提のもとに、交通施設整備等の効果分析を行うことを目的としており、その場合は、均衡地代も均衡効用水準も未知である。RURBAN において、最終的には等価になるランダム効用モデルとランダム付け値モデルを用いる理由は、地代と効用水準を内生的に求める必要性からである。

図1に示したように、RURBAN の構造は2種類の片側制約のエントロピーモデルから構成されるとみることでもできる。均衡地代と均衡効用水準が求められた段階において、RURBAN は両側制約のエントロピーモデルとなると解釈できる。

(2) 効用分析と付け値分析の必要性

付け値関数は、本質的には、効用関数の別の表現にすぎない。そのため、先に述べたように、ゾーンにおける他の立地主体との競合に基づく価格決定を考えない分析においては、通常の効用分析のみで十分である。あるいは、主体グループ内の個々の主体の総数を単なる制約として用いる分析においては、付け値分析だけでゾーンにおける主体別の立地量を決定することもできる。しかるに、そのような取扱においては、各ゾーンの面積あるいは都市内の各グループの主体数といった制約条件を最終的に満たすために、比例配分計算等の単なる調整計算を行う必



ϕ^b_{IS} : IOSにおける土地供給量 ϕ^u_{IS} : IOSにおける土地需要量

(他の記号は本文参照のこと)

図1 RURBAN における収束計算過程

要がある。その場合、市場均衡過程における意味付けが不明であり、価格調整機能を介しての市場均衡システムを表現していることにはならない。

RURBAN においては、土地市場均衡を、各主体グループの効用水準と各ゾーンの地代を介して求めることにより、各種の主体のゾーン内での混合立地をモデル化しており、わが国の都市圏のように小区画において各種の土地利用が混在している形態をも表現できるところに特色がある。

(3) 間接効用関数と付け値地代関数間の関係

先に述べたように、RURBAN の効用関数は間接効用関数である。よって、それは付け値地代関数の別表現となり、確定式としては式(7)として書くことができる。効用関数にランダム項を導入した式(8)をもとに付け値式に変換すると式(9)となる。

$$U_{1s} = \alpha_1 X_{1s} - \beta B_{1s} \quad (7)$$

$$U_{1s} = \alpha_1 X_{1s} - \beta B_{1s} + \varepsilon_{1s} \quad (8)$$

$$B_{1s} = \{ \alpha_1 X_{1s} - U_{1s} \} / \beta + \varepsilon_{1s} / \beta \quad (9)$$

式(9)から効用関数と付け値関数のそれぞれのランダム項間の関係が示される。この関係は、RURBANの基本方程式の導出において求められる、効用関数と付け値関数のそれぞれのロジットモデルのスケール・パラメータ間の関係と符合するものである。

さらに、式(5)(6)に示す効用水準とゾーンの代表地代を表すそれぞれのログサム関数は、同じく、効用分析と付け値分析のそれぞれによる配分結果が一致するという条件から求められる。それぞれ効用の最大値の期待値、地代の最大値の期待値としてその意味するところを解釈することができる。

(4) 供給主体のモデル化

RURBANでは付け値分析を通して、各ゾーンにおいて各立地主体が経済的に利用可能な面積を求めている。これは供給者行動を明示的に表現しているとはいえないが、他の競合主体が存在する場合における、仮想的な地主の供給モデルと見ることもできる。RURBANにおいては、モデルの複雑化を避けるために、新規のフローとしての土地や建物等の供給は明示的には表現しない。言いかえると、利用可能な全ての土地を供給量としてストック量を取り扱っている。一方、それに対する需要量として、留保需要を含めた全立地主体の需要を同じくストック量として取り扱っている。その理由は、RURBANは実用モデルを主眼としていることから、推定過程の複雑化による精度の劣化を避けることと、また、動的に不動産市場における新規の需要と供給を定義し計測することが非常に困難なことによる。そのため、RURBANにおいては、物理的には住宅が建設されていてもそこに居住者がいないような場合は、非都市的土地利用を総称する「農地」として扱われる。なお、RURBANでは地代の変化に伴う個々の主体の利用面積の変化、すなわち高地価地域における高層利用等を暗示的に示すことに関しては完全に内生化している。

4. パラメーター推定の改良

(1) パラメーターの推定方法

RURBANが効用モデルと付け値の2つのランダムモ

デルに基づいていることから、パラメーターの推定方法として、両モデルの同時推定と各モデルにおいてそれぞれ推定されたパラメーターを平均して求める方法について既に報告している。さらに、推定計算に関しては、通常のロジットモデルと同様の最尤推定によるものと、簡易計算のための回帰分析によるものがある。

最尤法による同時推定が論理的には最も理想的ではあるが、推定時間とそのデータ処理に多大な費用がかかり、また、安定性に問題がある。さらに、現実のデータの精度やモデルの再現精度を考慮すると、費用がかかりかつ安定性が低いこの方法を用いることの必要性は低いと考えられる。さらに、効用分析においては、ロジットモデルにおける選択肢の設定に問題があり、必ずしも安定した推定が出来るとは限らない、一方、ランダム付け値分析は安藤(1988)が示すように、選択肢が特定化でき、ゾーン数のサンプルが確保できることから、安定したパラメーターの推定が可能である。そこで本稿では、ランダム付け値分析において最尤推定されたパラメーターを効用関数にも適用する妥当性について検討している。

(2) ロジットモデルとプロビットモデル

RURBANの基本方程式の導出に際しては、ランダムモデルとしてロジットモデルを想定している。そのため、付け値分析の分散パラメーターを立地主体共通に設定していることとなる。先に示した基本方程式の μ と ω に立地主体の添字がついていないのはそのためである。しかるに、安藤(1988)が指摘するように、用途間では ω に差があり、従って、 μ にもグループ間に差があるのが自然である。本稿では、その影響について、ランダム付け値分析をプロビットモデルを用いて推定することとし、ロジットモデルの結果と比較している。またプロビットモデルで求めた各用途の ω についても考慮している。

(3) ランダム付け値関数と観測地価

RURBANにおいて算出される付け値はモデル内で決定される指標にすぎなく、実際の地価との関連についてはキャリブレーションの必要がある。キャリブレーションは、ゾーンの代表地代であるログサム関数と観測地価との相関分析により行うことが出来る。

5. パラメーターの推定結果と考察

(1) 対象地域と分析単位

RURBAN は主に札幌都市圏において適用してきている。ゾーンとしては標準3次メッシュを用い、立地主体グループは住宅、中心商業、近隣商業、工業、農業の5グループに分類している。なお、「農地」は一般の農地に加えて実際に都市的土地利用がなされていない利用可能な用地を含むものである。また、データは1986年を基準に最も近いものを用いている。

(2) 推定結果の比較

ロジットモデルとプロビットモデルによる付け値地代関数のパラメーターの推定結果を比較したところ、特に大きな差は見出せない。さらに、このパラメーターを用いたときの、ゾーンごとの土地利用面積の再現性について比較した結果、相関係数で小数点以下2桁で1~3程度の違いにすぎなかった。

これらの比較から判断すると、ロジットモデルとプロビットモデルの推定結果には大差は見いだせない。基本方程式の示すような、ロジットモデルを用いた場合の簡潔な表現とシミュレーションモデル構築の簡便性というロジットモデルの利点と、推定時間に多大な時間を要し、また、パラメーターの安定性に劣るプロビットモデルを比較すると、積極的にプロビットモデルを採用する理由は見あたらない。プロビットモデルの推定結果で示される分散パラメーターは 0.726~1.95 の間にあり、この程度の違いであれば、ロジットモデルによる近似で十分であると判断される。

(3) 観測地価とのキャリブレーション

観測地価の対数値とログサム関数により表される代表対数地代の推定値との相関を図2に示す。

この線形関係を式(10)のように回帰式で求めると、ログサム関数にかかる係数は、付け値分析の分散係数 ω の逆数と解釈することが出来る。これらの結果からログサム関数が十分現実の地価を表現していると判断される。

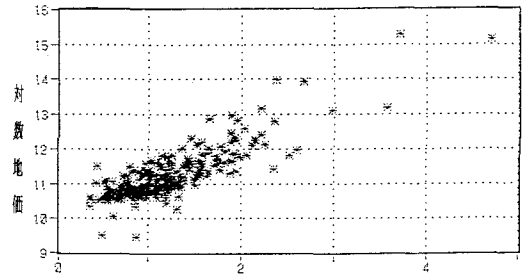
$$y = 1.065 \cdot x + 9.9497 \quad (10)$$

(23.75) (24.70)

$R^2 : 0.6990$ サンプル数 : 245

ここで、 y : 対数地価 (B^*)

$$x : \ln \sum_i \exp(\omega B_{is} + \ln N_i + \ln V_{is})$$



代表付け値 ($\ln \sum \exp \omega B_{is}$)

図2 代表対数地代と公示地価の対数値

(4) 効用分析に適用した場合の再現性

ランダム付け値分析から推定されたパラメーターをランダム効用モデルに適用し、ゾーンにおける立地量の再現性を調べた。ゾーン単位の相関係数で見ると、農地を除き、最低の工業で 0.60、最良の住宅で 0.87 と実用上問題がないと思われる再現性が確認できた。

5. おわりに

本稿においては、RURBAN の均衡過程をはじめとする解釈を進め、さらに、パラメーター推定に関するいくつかの点に関して改良を行った。現在、RURBAN の簡易モデルを用いて基本的な考え方およびパーホーマンスの再検討の他、パーソナルコンピューターを用いた支援システムの整備をさらに進めている。

参考文献

- 1) Wegener, M.: Operational Urban Models, State of the Art, 1993
- 2) Miyamoto, K. et al.: A Land-Use Model based on Random Utility/Rent-Bidding Analysis (RURBAN), 1990
- 3) Miyamoto, K. et al.: An evaluation method of transport projects with the aid of RURBAN Model, 1992
- 4) 安藤朝夫: 集計的立地・除去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、18、(1988)