

RURBAN型簡易シミュレーションモデルの構築

Development of a Simple Simulation Model based on Random Utility / Rent Bidding Analysis

宮本和明**・天野 昇***

By Kazuaki MIYAMOTO** and Noboru AMANO***

1. はじめに

交通プロジェクトや土地利用政策の効果予測分析を行うことを目的とした土地利用モデルの一つにRURBAN (Random Utility / Rent-Bidding Analysis model) がある。RURBAN は、土地利用あるいは都市活動の都市内分布を計量的に予測するものであり、ランダム効用および付値地代分析に基づいた小区画単位のシミュレーションモデルである。このモデルの特徴は、ランダム効用とランダム付値値を同時に考えることにより土地市場の均衡を表現し、これにより土地利用者と土地供給者の需給関係を明示的に表現しているところにある。しかし、このモデルは、数多くの変数を含む方程式で構成され、解析解が求められない構造になっている。また、RURBAN は2重制約の厳しい均衡条件を前提にしているが、初期時点において制約を満足する全変数の初期値を求めること自体、課題として残されていた。

そこで本研究では、RURBAN を簡単な仮想都市に適用することによって、モデルの基本的な考え方における問題点を明確にし、さらにパフォーマンスの再検討を行うことにより、モデルの改良を行うことを目的としている。さらに、現在、札幌とバンコクにのみ適用されているRURBAN をより一般化し、他の都市にも容易に適用できる土地利用モデルに拡張することを想定している。

2. 簡易シミュレーションの概要

本研究での簡易シミュレーションでは、2ゾーン、2経路（1交通機関）、4立地主体グループ（基幹産業、非基幹産業、住宅、都市的土地利用以外）によって構成される対象地域を想定し、RURBAN を簡略化することを試みている。

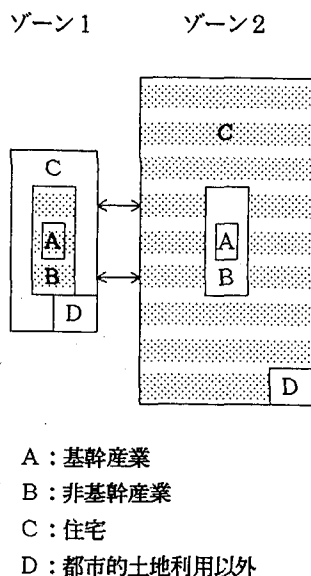


図1 簡易シミュレーション用の仮想都市

この簡易モデルは、ゾーン1を就業中心ゾーン、ゾーン2を住宅地ゾーンと特徴付け、新たな交通施設が整備され、各経路の交通（通勤）時間が短縮されたときの立地分布や関連する指標の変動を観測するものである。このモデルでは、簡単のため、ローリー型の立地関連を内生化している。ここで問題となるのは、仮想地域を対象とすることから、パラメータや変数の設定方法である。本研究では、パラメータの感度分析などを繰り返し行うことにより現実

*キーワード：土地利用モデル、ランダム効用モデル、ランダム付値値モデル

**正員 工博 東北大学教授 工学部土木工学科
(〒980-77 仙台市青葉区荒巻字青葉
TEL 022-217-7475, FAX 022-217-7477)

***学生員、横浜国立大学大学院工学研究科
(〒240 横浜市保土ヶ谷区常盤台156
TEL 045-335-1451, FAX 045-331-1707)

のものに近づけ、さらに理論上の矛盾点を解消しながらモデルの構築を試みている。

3. RURBAN の基本方程式

RURBAN 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。

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

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

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

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

$$U^*_i = (1/\mu) \cdot \ln \sum_s \exp(\mu U_{is} + \ln L_{is} + \ln w_{is}) \quad (5)$$

$$B^*_s = (1/\omega) \cdot \ln \sum_i \exp(\omega B_{is} + \ln N_i + \ln w_{is}) \quad (6)$$

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

w_{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

4. 簡易シミュレーションモデルの計算手順

簡易シミュレーションモデルの計算手順(1)～(9)を簡単に説明し、大まかな計算の流れ(フロー)を図2に示した。

(1)地価 B^*_s の初期値を設定する。

(2)基幹産業の立地配分を行う。(I=1)

(3)非基幹産業の立地配分を行う。(I=2)

立地主体グループ I=2 がゾーン(S')に商業業務トリップをするときにどのゾーン(S)に商業立地するのかを表現する効用関数を $U_{iss'}$ とする。

$$\mu U_{iss'} = \mu \alpha_{i1} X_{is'} + \mu \alpha_{i2} X_{iss'} \quad (\alpha_{i1} > 0, \alpha_{i2} < 0)$$

ここで、 $X_{is'}$: ゾーン S' の従業者数

$X_{iss'}$: ゾーン S から S' への交通条件

立地主体グループ I=2 がどのゾーン(S)に商業立地するのかを表現する効用関数を U_{is} とする。

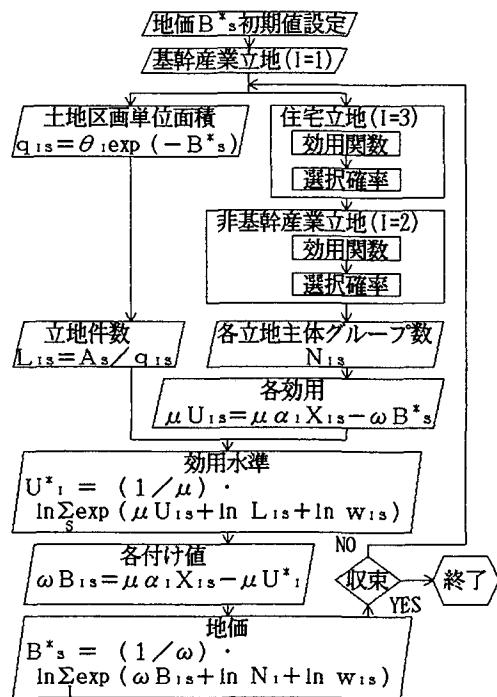


図2 簡易シミュレーションのフロー

$$U_{1s} = (1/\mu) \cdot$$

$$\ln \sum_{s'=1,2} \exp(\mu U_{1s'}) + \alpha_1 X_{1s} - \omega B^*_{1s}$$

ここで、 X_{1s} ：立地条件（ゾーン内昼夜間人口）

以上の効用関数を求め、ロジットモデルを用いて選択確率を計算し、立地主体数を求める。

(4)住宅立地配分を行う。(l=3)

立地主体グループl=3がゾーンのS'に通勤トリップをするときにどのゾーン(S)に住宅立地するかを表現する効用関数を U_{1s} とすると、非基幹産業の立地配分と同様に μU_{1s} を求めることができる。

立地主体グループl=3がどのゾーン(S)に住宅立地するかを表現する効用関数を U_{1s} とする。

$$U_{1s} = (1/\mu) \cdot$$

$$\ln \sum_{s'=1,2} \exp(\mu U_{1s'}) + \alpha_1 X_{1s} - \omega B^*_{1s}$$

ここで、 X_{1s} ：立地条件（ダミー条件）

以上の効用関数を求め、ロジットモデルを用いて選択確率を計算し、立地主体数を求める。

(5)都市的土地利用以外の立地配分を行う。(l=4)

都市的土地利用以外の立地主体数(l=4)：一定
付け値 $B_{4s} = B^*_{4s}$ ：一定

(6)各立地主体グループ(l=1、4)の主体数 N_{1s} が確定する。

(7)各効用 μU_{1s} を求め(l=1,2,3,4でそれぞれ異なる)、さらに効用水準 U^*_{1s} を求める。

$$\mu U_{1s} = \mu \alpha_1 X_{1s} - \omega B^*_{1s}$$

$$U^*_{1s} = (1/\mu) \cdot$$

$$\ln \sum_s \exp(\mu U_{1s} + \ln L_{1s} + \ln w_{1s})$$

(8)効用水準 U^*_{1s} をもとに付け値 B_{1s} (l=1,2,3,4(一定)でそれぞれ異なる)、代表地代 B^*_{1s} を求める。

$$\omega B_{1s} = \mu \alpha_1 X_{1s} - \mu U^*_{1s}$$

$$B^*_{1s} = (1/\omega) \cdot$$

$$\ln \sum_i \exp(\omega B_{1s} + \ln N_i + \ln w_{1s})$$

(9)求めた B^*_{1s} を手順1の初期値に代入して繰り返し計算を行い、収束解を求める。

5. シミュレーション結果

RURBAN 型簡易シミュレーションでは表1に示すような各ゾーンの特徴付けのもと、交通条件改善時の(1)ゾーン内の立地主体グループ数(N_{1s})、(2)代表地代(B^*_{1s})、(3)効用水準(U^*_{1s})、(4)地域全体における効果評価(代表地代 B^*_{1s} *ゾーン面積 A_s の変化量+対数効用の総立地者余剰の変化量)、の変化の4点についての変動状況を表にして結果としてまとめた。

各ゾーンの特色について以下の表にまとめた。それぞれゾーン1、2を就業中心、住宅地ゾーンに特徴付けるように各条件を設定した。

表1 ゾーンの特徴付け

ゾーン	ゾーン1	ゾーン2
特徴付け	就業中心	住宅地
面積	小(1)	大(4)
ダミー条件		
就業地	◎	○
住宅地	○	◎
都市的土地利用以外	等	等
農業地代	等	等
代表地代	高	低

交通条件が改善されたケース0~3について、どのゾーン間の交通所要時間がどの程度短縮されたのか、を以下に説明した。

0. 交通条件（ゾーン間所要時間の対数を取り、交通条件とする。）

ゾーン	1	2
1	30分	80分
2	80分	60分

1. ゾーン1から1への所要時間を30分から20分に短縮する。
2. ゾーン2から2への所要時間を60分から40分に短縮する。
3. ゾーン1から2への所要時間を80分から60分に短縮する。

交通所要時間の短縮に伴う効果予測のシミュレーション結果を以下の4通りで表現してみた。

表2 立地主体グループ数 N_{1s} の計算結果の比較

ケース	0	1	2	3
N_{21}	1698.0	1704.3	1638.0	1728.3
(変化量)	(0)	(+6.3)	(-60.0)	(-69.7)
N_{22}	302.0	295.7	362.0	271.7
(変化量)	(0)	(-6.3)	(+60.0)	(+69.7)
N_{31}	13268.3	13713.3	13316.6	12710.3
(変化量)	(0)	(+445.0)	(+48.3)	(-558.0)
N_{32}	16731.7	16286.7	16683.4	17289.7
(変化量)	(0)	(-445.0)	(-48.3)	(+558.0)

評価

ゾーン間交通所要時間が短縮されたゾーン内立地主体グループ数は増加し、逆にもう一方のゾーンのものは減少している、ということが確認できた。

ケース2においてゾーン1の立地主体グループ数が増加しているのは、代表地代の変化分が利便性の変化分を上回ったために起こったものである。

表3 代表地代 B^* の計算結果の比較

ケース	0	1	2	3
B^*_{11}	6.8410	7.1544	6.6012	6.7677
(変化量)	(0)	(+0.3134)	(-0.2398)	(-0.0733)
B^*_{22}	6.5666	6.4468	6.6332	6.5889
(変化量)	(0)	(-0.1198)	(+0.0666)	(+0.0223)

評価

ゾーン間交通所要時間短縮時の各ゾーンの地価上昇が確認できた。ケース3においては、交通条件の改善による立地条件の上昇分がゾーン1よりゾーン2の方が大きいために、代表地代に変化が起り、上表のような結果になった、と考えられる。これは、他の3つの場合にも見受けられるものである。

表4 効用水準 U^* の計算結果の比較

ケース	0	1	2	3
U^*_{11}	2.8717	2.8731	2.8699	2.8700
(変化量)	(0)	(+0.0014)	(-0.0018)	(-0.0017)
U^*_{22}	7.2381	7.5391	7.4816	7.3821
(変化量)	(0)	(+0.3010)	(+0.2435)	(+0.1440)
U^*_{33}	8.1933	8.2782	8.3797	8.5093
(変化量)	(0)	(+0.0849)	(+0.1864)	(+0.3160)
U^*_{44}	2.8679	2.8691	2.8661	2.8662
(変化量)	(0)	(+0.0012)	(-0.0182)	(-0.0017)

評価

ゾーン間交通所要時間短縮時の各立地主体グループの効用上昇が確認できた。

表5 地域全体における効果評価の計算結果の比較

ケース	0	1	2	3
$B^*_{11} \cdot A_1$	6.8410	7.1544	6.6012	6.7677
(変化量)	(0)	(+0.3134)	(-0.2398)	(-0.0733)
$B^*_{22} \cdot A_2$	26.2664	25.7873	26.5327	26.3554
(変化量)	(0)	(-0.4791)	(+0.2263)	(+0.0890)
地価合計	33.1074	32.9417	33.1339	33.1231
(変化量)	(0)	(-0.1657)	(+0.0265)	(+0.0257)
効用合計	32.0048	31.9981	32.0309	32.0321
(変化量)	(0)	(-0.0067)	(+0.0261)	(+0.0273)
地域合計				
(変化量)	(0)	(-0.1724)	(+0.0526)	(+0.0530)

評価

ゾーン間交通所要時間短縮時の各ゾーンの地価、効用上昇が確認できた。また、地域全体の合計値でも、ケース1を除いて、地域全体の地価の上昇が確認できた。ケース1はゾーン間の面積比が非常に大きいために、起こったと考えられる。

6. おわりに

このモデルの構築により、交通条件、土地条件などが改善され変化したときに、どのように立地や地価に影響を及ぼすのかを確認することができた。また、モデルの基本的な考え方およびパフォーマンスの再検討を行うための分析道具が作成された。今後、さらなる検討を踏まえ、理論上、また、実用上の問題点を明確化し、改良に続けていく予定である。さらに、今回は2ゾーンにおける簡略モデルであるが、多ゾーンにおける場合にも検証を行っている。

また、現在は交通条件を固定させて考えているが、将来的には RURBAN と同様、交通との統合をネステッドロジットモデルとして組み込み、土地利用と交通との相互作用を考慮にいたれた土地利用交通簡略モデルへ発展させる予定である。

参考文献

Miyamoto, K. et al.: An evaluation method of transport projects with the aid of RURBAN Model, 1992