

土地利用交通マイクロシミュレーションモデルの課題*

The Fundamental Issues on Urban Microsimulation Models Extracted from the Overview of Their Current Progress*

李昂**・西井和夫***・佐々木邦明***・松尾和将****

By Ang LI**, Kazuo NISHII***, Kuniaki SASAKI*** and Kazumasa MATSUO****

1. はじめに

土地利用と交通の間には相互関係があり、これらを解明するとともに交通施設整備の影響を的確に評価することが交通計画や都市計画において求められている。また近年では、都市環境・住環境問題が深刻化し、さらに少子高齢化やライフスタイルの多様化により都市に要求される機能や構造も複雑化してきている。これらに対応するためには、ハードな交通施設整備だけではなく、TDM手法に代表されるソフトな交通政策、地区計画レベルのより細やかな施策の導入、さらには環境税導入といった環境施策の検討などが必要となってきた。このため、土地利用と交通の統合モデルの構築においても、これら多様な施策による影響を的確に評価できることが重要な要件の一つといえる。

本論文では、土地利用交通モデル研究で近年注目されているマイクロシミュレーションモデルを取上げ、その政策評価ツールとしての有効性と実際への適用可能性に関する基本的課題の抽出と課題解決に向けたいくつかの対応方策について論じる。具体的には、近年の当該分野のレビュー論文(Wegener(2003)³)をベースに、従来型の空間相互モデル(MEPLAN¹など)、ランダム効用モデル(RURBAN²など)、そしてマイクロシミュレーションモデル(UrbanSim⁴)の相互比較から、今何故マイクロシミュレーションモデルに注目するか、その一般的な有効性を示す。次いで、具体的なモデルとしてのUrbanSimの基本構造を確認するとともに、これと統合する交通モデルとの関係を踏まえながら、どのような政策評価にとって、

どのようなマイクロシミュレーション型の土地利用交通モデルが有効かという視点に立ち、モデル開発に向けて取り組むべき課題を抽出する。最後に、現在取り組んでいるこれら課題解決のための対応方策の事例を報告する。

2. 土地利用—交通モデルの再考

(1) 都市システムの基本的捉え方

ここでは、土地利用交通モデルの比較を行う前に、それらが対象となる都市システムについて、土地利用と交通の両面での諸機能を整理する。Wegener(2003)は、8種類の主要な都市のサブシステムを提案している。これによると、都市システムは図-1に示すように交通、土地利用及び環境の3つのサブシステムにおける変化速度レベルによって4段階に区分できる。

まず最も変化速度の遅い変化として、都市の交通網、情報通信網などのネットワーク(networks)①の変化と大規模な土地利用立地と配置の変化がある。これらは、長期にもわたる社会基盤プロジェクトによって整備がなされる。また、土地利用(land use)②における変化は、一般に拡大方向である。

次に遅い速度段階では、事業所施設(workplaces)③そして住宅施設(housing)④の変化がある。

一方変化速度の早いのは、従業者数(employment)⑤、世帯(households)⑥の変化がある。これらは、職場としての会社の設立、閉鎖や拡張、移転を行う。また、都市の人口動態としての発生、成長、衰退を経て最終的には消滅する。

最後に最も早い変化として、物資輸送と交通が挙げられる。人と物との両者に関する交通(goods transport and travel)⑦⑧は、人々の社会経済活動の派生需要として引き起こされる。これらの相互作用は、都市の空間的な発展のもとで混雑の変化や需要の変動に対して、数分から数時間単位の短時間のうちに順応するプロセスをもつことが特徴である。

(2) 土地利用—交通モデルの比較分析

* キーワード：土地利用交通モデル、マイクロシミュレーション

** 学生員、山梨大学大学院 自然機能開発専攻
(〒400-8511 甲府市武田4-3-11、
E-mail: g05mn035@ccn.yamanashi.ac.jp)

*** 正員、工博、山梨大学大学院
(〒400-8511 甲府市武田4-3-11)

**** 正員、三重県県土整備部
(〒513-0809 鈴鹿市西条5-117)

表-1は、本論文で取上げる3つのタイプのモデルの比較をWegenerのレビュー論文の中で提案しているいくつかの評価視点にもとづき一覧表にまとめにものである。

a) MEPLANモデル (M Echenique他 (1986, 1994))

MEPLANは、80年代後半以降適用実績が多いモデルである。LUS (土地利用モジュール)、TAS (交通需要モジュール)、FRED (土地利用-交通インタフェースモジュール) からなる疑似動的プロセスで、FREDでは、地域間産業連関分析 (I/O分析) からの地域間交易流動量をトリップ変換して、OD分布量を求めるのと、次期の土地利用モデルへのインプットとしての交通モデルからのサービス水準変数 (ゾーン間所要時間) の諸値を求める。このモデルは、従来の集計的な空間相互モデルの中でその操作性の高さが特徴的である。

b) RURBANモデル (宮本他 (1992))

このタイプのモデルは、離散型選択モデルを土地利用における立地選択行動に適用した典型的な非集計型土地利用交通モデルである。ここで土地利用変化に関するモデル表現には、需要者側の地代と供給者側の付け値との均衡条件に基づく立地選択モデルが用いられている。

c) UrbanSimモデル (Waddell他 (1998, 2000))

マイクロシミュレーションモデルは、Orcutt et al. (1961)によって社会科学の分野で用いられたが、都市構造や空間分析の分野での適用は実験的レベルにとどまっている。1970-80年代にかけて、数多くの研究者が都市

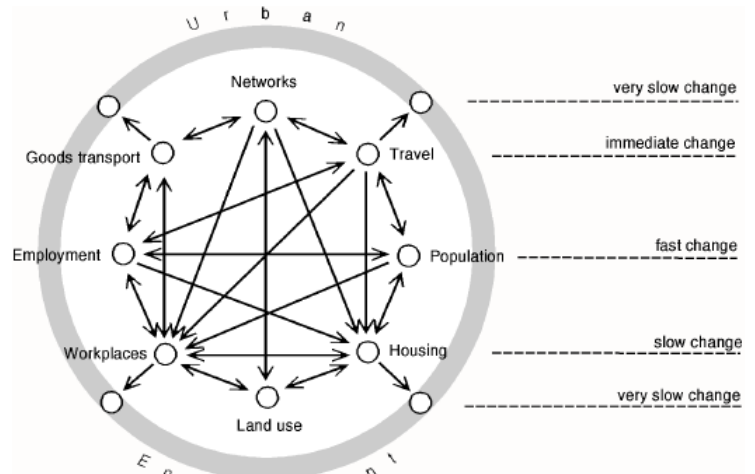


図-1 都市のシステム (参考文献3より)

拡散 (spatial diffusion) や都市開発、交通行動、人口動態・世帯発生 of 動的挙動、住宅選択に関してトライしてきている。90年代に入り、交通行動分析モデル研究者の多くが徐々にマイクロシミュレーション研究にシフトしてきたことに呼応して、土地利用交通モデルに関してもこの接近法が台頭してきた。その中でUrbanSimは、次章でその基本構造を詳述するが、表-1に示すように、個人 (世帯あるいは従業者) の土地市場における立地行動 (移動及び場所選択) に関する意思決定プロセスをシミュレーションモデルによって表現することを最大の特徴としている。

表-1 土地利用-交通統合モデルの比較

比較項目	MEPLAN	RURBAN	UrbanSim
モデルのタイプ	地域間 I/O 投入産出連関モデル	市場均衡モデル	マイクロシミュレーションモデル
モデル構造	一体型	一体型	複合型
包括性	有	有	有
交通モデルとの結合	空間的相互関係から直接交通需要を与える	既存の交通モデルに依存	既存の交通モデルに依存
交通モデルへの入出力	空間的相互関係に基づく交通需要 アクセシビリティ	土地利用分布 交通容量	土地利用予測 アクセシビリティ
依拠する基本概念・理論	ランダム効用理論	ランダム効用理論 ランダム付け値理論	離散選択理論
土地市場の表現	各期における内生的価格で表現	ランダム効用理論及びランダム付け値理論の混合モデル	土地市場理論 或いは付け値理論に基づく不均衡な価格調整過程による価格で表現
空間分析単位	センサス地域への集計ゾーン	ゾーン	グリッドセル
予測時間周期	5年(10年)	数年	1年
動学性	準動学的	準動学的	動学的

3. マイクロシミュレーション型土地利用交通モデルの課題

(1) UrbanSimの基本構造

UrbanSimの構造と過程の順序を図-2に示す。

UrbanSimは、世帯、事業者、開発者、行政、それらの不動産といった都市システムの土地市場に関わる意思決定主体間の相互関係を表わすサブモデルを有する。また経済変動・人口動態モデルは、集計モデルであり、外因的なマクロ経済変化と結び付いた非空間モデルである。これに対して立地選択のような他のサブモデルは、離散選択モデルであり、トップダウン的な選択を行う。また土地 (不動産) 開発モデルは、ボトムアップ的視点を採用している。

UrbanSimモデルでは、立地選択行動を、立地主体を世帯及び従業者としてそれぞれモデル化している。従業者の立地選択行動は、経済変動モデル、従業者の立地意向モデル、従業者の立地場所選択モデルで表現され、世帯の立地選択行動は人口動態モデル、従業者の従業地の立地意向モデル、世帯の居住地意向モデルによって表現されている。このように、UrbanSimでは、立地選択行動を

人口動態モデル及び経済変動モデルからの新規発生と、立地意向モデルからの現在の立地からの移動決定者が、立地場所選択モデルによって新たな立地場所を選択するといった2段階の推定が行われている。

UrbanSimの立地意向モデルでは、モンテカルロサンプリングプロセスによってt期におけるs部門の年移動率 $P(j, t)$ に基づき、t期におけるs部門の移動する事業所集合 M_{st} を定義する。0から1の間の乱数を発生させ、これと $P(j, t)$ を比較して、その乱数が $P(j, t)$ より大きいときにはt期において事業所jは移動すると仮定する。

$$M_{st} = \{j \in J_{st} | P(j, t)\} \quad (1)$$

M_{st} : 立地意向モデルによって移動が決まったt期s部門の事業所集合

$P(j, t)$: t期において職場jが移動するかどうかを決定するプロセス

(2) マイクロシミュレーション型モデルの課題への考察

本節では、これらの立地意向モデル化の妥当性を分析するために、実際のデータを用いた比較モデルを構築し、結果の比較を行う。

立地意向モデルとの比較モデルとして、二項ロジットモデルによる立地意向の有無を予測するモデルを構築する。二項ロジットモデルを用いることにより、事業所の意思決定を明示的に取り扱うことができることが期待される。

今回用いたデータは、平成12年に国土交通省奈良国道工事事務所が実施した「近畿圏における製造業立地条件に関する事業所意向調査」を使用した。データの概要を以下に示す。

- n 実施時期：平成12年1月7日
- n 調査対象：近畿圏に事業所のある製造業事業所
- n 質問内容：
 - 1) 事業所属性
 - 2) ①交通、②人材、③土地、④都市基盤、⑤行政、⑥都市的機能などの都市的機能の6項目に関する計26種類の立地条件について
 - a) 現在の立地条件の満足度
 - b) 立地条件の重要度
 - c) これらの立地条件を考慮した場合の総合最適地はどこであるか
- n 回収数：1023(回収率：32.5%)

事業所nが現在の立地場所から移動を選択する確率 P_{1n} は、次式で与えられる。

$$P_{1n} = \frac{\exp(V_{1n})}{1 + \exp(V_{1n})} \quad (2)$$

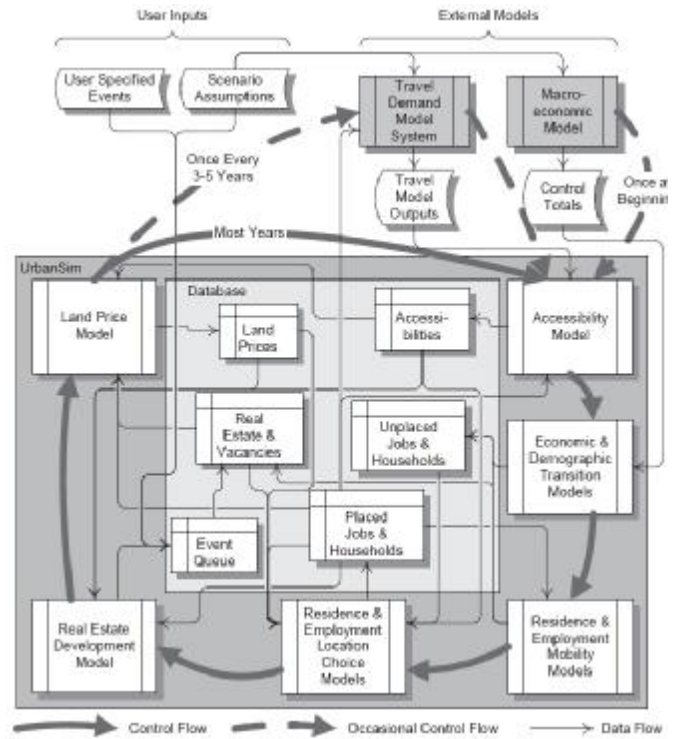


図-2 UrbanSimの基本構造 (参考文献4より)

P_{1n} : 事業所nが移動を選択する確率

V_{1n} : 移動の効用関数

$$V_{1n} = b_0 + b_1x_{1n} + b_2x_{2n} + b_3x_{3n} \quad (3)$$

b_i : i番目の要因に対するパラメータ

x_{in} : 事業所nのiの番目特性

以上より、パラメータ推定を行い、モデルによる移動の有無を再現した。パラメータ推定の結果を以下に示す。

表-2 二項選択ロジットモデルパラメータ推定結果

説明変数	パラメータ	T値
本社を併設していない事業所属性ダミー	0.1806	0.805
土地をリース・賃貸している事業所属性ダミー	-0.2807	-0.971
昭和50年代以降に立地した事業所属性ダミー	0.4677	2.150
$\ln(5.5m)$ 以上の改良済み道路容量/可住地面積	-0.4120	-1.122
$\ln(\text{第1種空港への時間})$	0.2249	1.060
分析データ数：399	$r^2 : 0.0837$	$\bar{r}^2 : 0.0824$

表-3 立地意向モデルサンプル数

事業所数	399
移動事業所数	145

以上より、2つのモデルの現況再現の結果を以下に示す。ランダムサンプリングモデルでは、的中率が移動

表-4 モデルによる現況再現

二項ロジットモデル		実績値			的中率
		移動	留まる	計	
モデル値	移動	24	23	47	16.55%
	留まる	121	231	352	90.94%
	計	145	254	399	63.91%
ランダムサンプリングモデル		実績値			的中率
		移動	留まる	計	
モデル値	移動	66	89	155	45.52%
	留まる	79	165	244	64.96%
	計	145	254	399	57.89%

する事業所、留まる事業所ともに近い値で安定しているのに対して、二項選択ロジットモデルにおいては留まる事業所については、約90%とかなり高い的中率を示したのに対して、移動する事業所については約15%と非常に低い的中率となっている。これは、分析データの多くが移動をしない結果となっているため、移動を過小評価するモデルとなってしまったためと考えられる。そこで、データのサンプル数を調整して、移動する事業所と留まる事業所の数を等しくして再度両モデルの構築を行い、結果を比較した。

サンプル数の調整に際しては、サンプル数399の内、移動する事業所145を残して、残りのサンプルから移動する事業所数と同数の145事業所を無作為に抽出した。

二項選択ロジットモデルのパラメータ推定結果を表-5に示す。また、表-6は、推定されたパラメータを用いて現況再現を行った結果である。

表-5 サンプル調整後の二項選択ロジットモデルパラメータ推定結果

説明変数	パラメータ	T 値
本社を併設していない事業所属性ダミー	0.3856	1.479
土地をリース・賃貸している事業所属性ダミー	-0.1963	-0.594
昭和 50 年代以降に立地した事業所属性ダミー	0.4633	1.860
Ln(5.5m 以上の改良済み道路容量/可住地面積)	-0.3286	-1.018
Ln(第1種空港への時間)	0.2370	1.080
分析データ数 : 290	$r^2 : 0.0346$	$\bar{r}^2 : 0.0339$

表-5より、サンプル数を調整することで、二項ロジットモデルの的中率を改善したが、パラメータの有効性を示すT値及びモデルの適応度を示す尤度比はいずれも低い。一方、ランダムサンプリングモデルでは、サンプル数及び実績値の移動の比率に大きな影響を受けること

なく、安定した的中率の予測値を得ることができた。

表-6 サンプル調整後のモデルによる現況再現

二項ロジットモデル		実績値			的中率
		移動	留まる	計	
モデル値	移動	85	64	149	58.62%
	留まる	60	81	141	55.86%
	計	145	145	290	57.24%
ランダムサンプリングモデル		実績値			的中率
		移動	留まる	計	
モデル値	移動	94	64	158	64.83%
	留まる	51	81	132	55.86%
	計	145	145	290	60.34%

4. 結論

マイクロシミュレーション型土地利用モデルの有効性は、UrbanSimの基本構造から見ても評価できる。しかしながら、包括的なモデルフレームであるために多くの、そして多様な意思決定に関するサブモデル構成を前提としており、個々のサブモデルの妥当性ととも全体システムのインターフェース機能の適合性などの基本的課題もある。本研究は、現時点ではこれらの基本的理解を深める段階であり、後半で示した Mbility model への考察もその一例である。もちろん、この Mbility model とそれに続く Location choice model は相互に直接的に関係するため、両者を一体的に捉えた分析が必要といえる。また、他のサブモデルでは、土地市場における床面積（空間スペース）に関する供給側の意思決定モデル表現の妥当性等の分析についても今後の課題といえる。

参考文献

- 1) Echenique M., The Practice of Modelling in Developing Countries. In *Advances in Urban Systems Modelling*, Bruce Hutchinson and Michael Batty (eds.), Elsevier Science Publishers, Netherlands, 1986, pages 275-297.
- 2) Miyamoto, K., Udomsri, R., An analysis system for integrated policy measures regarding land use, transport and the environment in a metropolis. In Hayashi, Y., Roy, J. (eds.) *Transport, Land Use and the Environment*, Kluwer, Dordrecht, 1996, pages 259-280.
- 3) Michael Wegener, Overview of land-use transport models. Invited Paper of the 8th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, CD-Rom, 2003.
- 4) Paul Waddell, Gudmundur Freyr Ulfarsson, Joel Franklin, John Britting, Incorporating Land Use in Transportation Planning. Under review, *Transportation Research Part A*, 2005.