

土地利用交通統合モデルを用いた都市形態変化の評価

岐阜大学大学院 ○ 澤田 理
岐阜大学地域科学部 宮城 俊彦

1 はじめに

都市形態の形成には都市交通網が大きな影響を及ぼす。したがって、土地利用計画を立案する際には都市交通需要予測も同時に検討し、必要ならば新規に交通混雑の緩和を促す交通計画を行わなければならない。あるいはそれは逆もいえることである。そして、その波及効果として都市全体が活性化し、人口の増加や産業の生産量の増加、また、それに伴う地価の上昇や物価の低下が都市システムに多大な影響を及ぼす¹⁾。そこで、近年では都市分析を行う際は土地利用と交通を統合し、その相互作用が反映されるモデルを用いるようになった。

本稿では、交通行動と市場競合を考慮した立地選択行動を一般均衡問題として捉え、土地利用モデルと交通モデルを統合する。そして、単純な仮想都市を対象に本モデルを適用し、交通形態を変化させたときの立地状況や地価変動等を分析する。さらに、経済分析を行い、都市システム全体の評価を行う。

2 一般均衡理論を基礎とした土地利用交通統合モデル²⁾

各主体は、産業、開発者、世帯の3部門、市場は土地、労働、合成財、交通の4市場が存在する。トリップを行う際は、世帯の非効用の形で交通が含まれる。紙面の都合上詳細は略すが、上記のような各市場の需要と供給が均衡する状態を市場均衡とする。

2.1 企業の行動

各企業は利潤最大化行動を行うと仮定し、以下のよう定式化する。

$$\hat{\Pi}_{lni} = \Pi_{lni}(p_{2k}, w_{li}, R_{ni}) + \eta_{lni} \quad (1)$$

ただし、

- p_{2k} : k ゾーンの合成財価格
- w_{li} : i ゾーンに立地する l 産業の賃金率
- R_{ni} : i ゾーンに立地するビル種 n の地価
- η : 定式化不可能な粗効用(以降 ξ , ϵ は記載略)

したがって、企業の立地選択確率は以下のロジットモデルで定式化する。

$$F_{lni} = \frac{\exp(\hat{\Pi}_{lni})}{\sum_{mj} \exp(\hat{\Pi}_{lmj})}, \forall (n, i) \quad (4)$$

2.2 開発者の行動

開発者は土地開発による利潤最大化行動を行うと仮定し、以下のよう定式化する。

$$\hat{\Phi}_{ni} = \Phi_{ni}(R_{ni}) + \xi_{ni} \quad (5)$$

$$\Phi_{0i} = r_{0i} - d_{0i} \quad (6)$$

ただし、 $n=0$ は未開発地域を表し、その地価は r_{0i} 。つまり、利潤は土地歳入から固定資産税等 d_{0i} を差し引いたものとなる。したがって、企業や世帯に割り当てられる土地は以下のロジットモデルで定式化する。

$$Q_{ni} = \frac{\exp(\Phi_{ni})}{\exp(\Phi_{0i}) + \sum_{m=1}^M \exp(\Phi_{mi})} \quad (8)$$

2.3 世帯の行動

世帯は効用を最大化する行動を行うと仮定し、以下のよう定式化する。

$$\hat{U}_{mj, kp_2}^{lip_1} = U_{mj, kp_2}^{lip_1}(w_{li}, p_{2k}, R_{ni}, t, c) + \varepsilon_{mj, kp_2}^{lip_1} \quad (9)$$

ここで、添字の意味は j ゾーンに立地する m タイプの住宅の世帯主が i ゾーンに立地する l 企業に雇用され、 p_1 経路を選択して出勤トリップを行う。また、 k ゾーンに立地する商店へ p_2 経路を選択してトリップを行う。また、 t, c は所要時間関数、所要費用関数である。

以上より、世帯の立地選択確率は以下のよう定式化する。

$$P_{mj, kp_2}^{lip_1} = \frac{\exp(U_{mj, kp_2}^{lip_1})}{\sum_{abcdeg} \exp(U_{abcdeg}^{lip_1})}, \sum_{abcdeg} P_{abcdeg}^{lip_1} = 1 \quad (10)$$

2.4 交通流

道路ネットワーク上のリンク h 交通流は2つに分けて考える。出勤等のピーク時の交通流を f_{1h} 、ショッピングや余暇等のオフピーク時の交通流を f_{2h} として表現することで、より現実的な交通行動が表現可能となる。

$$N \sum_{ijklmp_1 p_2} \delta_{hijp_1} P_{mj, kp_2}^{lip_1} - f_{1h} = 0, h=1, \dots, H \quad (12)$$

$$N \sum_{ijklmp_1 p_2} \delta_{hijp_2} P_{mj, kp_2}^{lip_1} t_2 - f_{2h} = 0, h=1, \dots, H \quad (13)$$

ここで δ_{hijp} は経路要素行列、 N は総世帯数である。

2.5 一般均衡モデル

均衡問題の未知変数はすべて価格変数であり合成財価格 p_{2k} 、基幹産業、サービス産業等雇用部門賃金率 w_{1j} w_{2h} 、ビル種別の地価 R_{ij} 、ネットワーク上の各リンクの所要時間 t_{ph} や所要費用 c_{ph} である。ただし、所要時間は時間価値を乗じて貨幣換算される。これらの記号は省略して均衡条件式を以下に示す。

$$\text{産業床面積} \quad \bar{y}_1 g_{1n} F_{1ni} + \bar{y}_2 g_{2n} F_{2ni} = \frac{S_n}{s_n} L_i Q_{ni}$$

$$\text{世帯床面積} \quad N \sum_{ikl p_1 p_2} g_{3m} P_{mj, kp_2}^{lip_1} = \frac{S_m}{s_m} L_j Q_{mj}$$

$$\text{基幹産業労働} \quad \bar{y}_1 \sum_n e_{1n} F_{1ni} = N \sum_{jkm p_1 p_2} P_{mj, kp_2}^{1ip_1}$$

$$\text{サービス産業労働} \quad \bar{y}_2 \sum_n e_{2n} F_{2ni} = N \sum_{jkm p_1 p_2} P_{mj, kp_2}^{2ip_1}$$

$$\text{財} \quad \bar{y}_2 \sum_n q_{2n} F_{2nk} = N \sum_{ijlm p_1 p_2} a_2 P_{mj, kp_2}^{lip_1}$$

$$\text{所要費用} \quad c_{ph} = \psi_h(f_{ph}), \quad p=1,2$$

$$\text{所要時間} \quad t_{ph} = x_h(f_{ph}), \quad p=1,2$$

ここで、

$\bar{y}_i$: 各セクター産業企業数

g_{ln} : 各セクタービル種n床面積

S_i/s_n : ビル種n容積率(床面積/敷地面積)

e_{ln} : 各セクタービル種n労働者数

q_{ln} : 各セクタービル種n生産量

t_2 : サービストリップ数

a_2 : 合成財購入量

L_i : i ゾーン総土地面積

3 適用事例

仮想都市は市場均衡が成立する 3 ゾーンの閉じた都市を設定する。外生的に与える主な都市要素を表 1 に示す。一般的に CBD では高層ビルが立地する。これを再現するため複数のビル種を設定し、ゾーン属性に適したビルがそこに立地するように各パラメータを与える。

表 1 都市要素

立地総数[万]		容積率[%]	
総世帯数	300	世帯	200
基幹産業	1	基幹産業	300
サービス産業	2	サービス産業(低層ビル)	500
総土地面積[ha]	114000	サービス産業(高層ビル)	800

CBD を構成するゾーン 1 は予めその特徴を付けるため、高層ビルサービス産業の立地の魅力を他のゾーンよりも大きく与える。そして、ここでは交通戦略³として自動車交通網を有する CBD 都市群に対して、鉄道を CBD からゾーン 3 に導入し、政策シ

ミュレーションを行う。ただし、このプロジェクトは 30 年間の耐用年数を見込んで費用便益分析を行っている。その結果を図 1 と表 2 に示す。

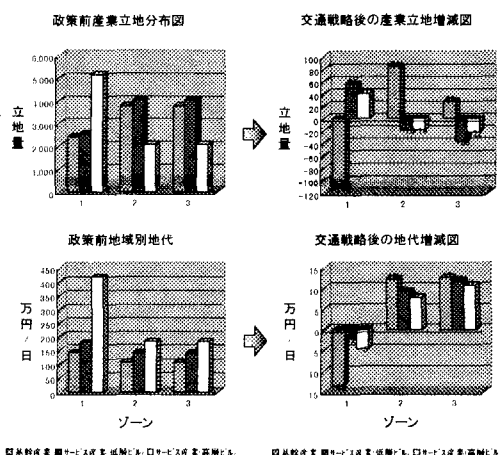


図 1 政策シミュレーション後の変化

表 2 便益帰着構成表[億円]

CBD 鉄道導入政策	交通企業	政府	世帯	基幹産業	サービス産業	開発者	合計
建設費	-150						-150
運営費	-17						-17
利用者便益(auto)			298				458
利用者便益(train)			159				39
自動車社会的費用			39				0
耐減便益			-35				75
料金収入	35						0
補助金		75					0
労働			LS	LD1	LD2		0
合成財			q2D	q1S	q2S		0
地代		d0	-RD	-RD1	-RD2	RSd	0
合計	-133	75+d0	461	0	0	RSd	405

4 結果

図 1 から都市に鉄道を導入すると高層ビルは今まで過密であった CBD から、他の地域へと分散する傾向がある。これは、政策によって他の地域への利便性が高まりその地域の土地の魅力が大きくなったことがいえる。また、地価については人11の分散に伴い CBD での地価は低下し、他の地域の地価が上昇した。その波及効果で低層ビルや基幹産業が CBD への立地を選好している。シミュレーションの拡張としてビル種を多く設定することは本モデルでは容易である。したがって、用途地域に従う容積率の規制をビル種として設定することで更に現実的なシミュレーションが可能となる。

参考文献

- 森杉壽芳・宮城俊彦：都市交通プロジェクトの評価。コロナ社、1996。
- A. Anas: Environment and Planning A, volume 16, pp.1489-1502, 1984
- M.J. Thomson: Great Cities and Their Traffic. Victor Gollancz, 1997.