

ミクロ行動理論に基づく交通—立地モデルの開発*

Transportation and Land Use Modeling in the Context of Microeconomic Behavior Theory*

岐阜大学 上田孝行**・小池淳司***・小森俊文****

By Takayuki UEDA**, Atsushi KOIKE***, Toshifumi KOMORI****

1. はじめに

立地均衡モデルは土木計画学の分野においては土地利用モデルの名の下に発展してきた。近年、その発展のひとつの方向は上田¹⁾の研究のようにワルラス的な多市場同時均衡論に基づいて理論的フレームを再構築し、モデル自体の理論的根拠を明確化するものがある。一方、従来理論的根拠が乏しいと言われていた交通需要予測モデルにも森杉・上田^{2) 3)}らによって交通モデルそのものをミクロ経済学的行動理論から導き出した研究もなされている。そこで、同じミクロ経済学的行動理論から導き出される土地利用モデルと交通需要予測モデルを同一のフレームでモデル化することが本研究の目的である。

このような立地均衡モデルと交通需要予測モデルを同時にモデル化する試みとしては、宮城⁴⁾らの土地利用—交通統合モデル、溝上⁵⁾、奥田⁶⁾にみられる応用一般均衡モデルを拡張したモデルなどがあげられる。しかし、前者は都市内モデルを基本としているため、国土構造に変化を及ぼすような大規模な交通整備に十分対応しきれない。また、後者のように応用一般均衡分析のフレームでモデル化を行うと、データが産業連関表の整備水準に依存することとなり、計画者の意図する空間的スケールに十分対応した形での結果を得ることを困難にしている。特に、地域間での通勤圏の拡大などは現在までのモデルでは表現し得ない。すなわち、近年の増加してきた高速交通網整備の効果の一つとしてあげられる、

地域間通勤の可能性とその効果を的確に捉えることの出来るモデルの開発が十分に行われていない。

そこで、これらの問題意識の下、本研究ではミクロ経済学的行動モデルを基本に多市場同時均衡モデルのフレームで立地均衡モデルと交通需要モデルを統合化することで、従来のモデルで捉え切れなかった大規模な交通整備による都市間通勤への効果を計測することに主眼をおいてモデル化を行う。本研究のモデルの特徴は以下のようにまとめられる。

- ・交通需要モデルはミクロ行動から導き出される自由トリップ・業務トリップそして通勤トリップをモデル化する。
- ・居住地分布・従業地分布から通勤行動を捉え、従来のモデルにない地域間通勤の予測を可能とする。
- ・モデルにおける空間単位は市町村レベルに対応できることを目指し、そのレベルで利用可能なデータを用いたシミュレーションを念頭に置く。

2. モデルの全体構成

本論文で構築するモデルの全体構成は図-1に示す通りである。以下にモデルの特長を列挙する。

- 1) 主体は、同一の選考をもつ世帯、業種・職種別の就業者一人当たりで捉えた企業、そして、不在地主のみを考えている。
- 2) 世帯は効用最大化行動に従って立地選択を行うものとし、その結果から居住地が決定する。
- 3) 企業は利潤最大化行動に従って立地選択を行い、その結果から各ゾーンの労働需要量、すなわち、世帯にとっての就業地が決定する。
- 4) 市場は、居住地・業務地の土地市場に加え、居住地と就業地間の調整を行うという労働市場を考慮する。

*キーワード：交通行動分析，土地利用，人口分布

**正員 工博 岐阜大学助教授 工学部土木工学科
(岐阜市柳戸1-1, TEL:058-293-2447, FAX:058-230-1248)

***正員 工修 岐阜大学助手 工学部土木工学科
(岐阜市柳戸1-1, TEL:058-293-2445, FAX:058-230-1248)

****学生員 岐阜大学大学院 工学研究科

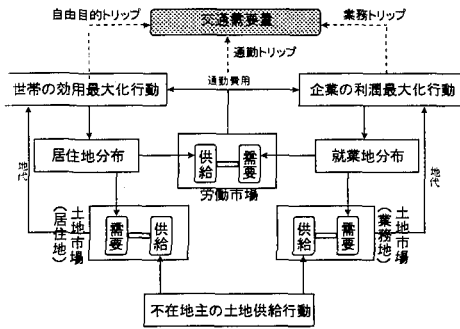


図-1 本モデルの全体構成

3. 各主体の行動モデル

(1) 世帯の行動モデル

k 地域に居住する世帯の間接効用関数を以下のように仮定する。

$$V_k(P_k, r_k, I_k^m, N_k) = \sum_{i \in I} \int_{I_k^m} \exp(\alpha N_i - \beta s_{ki}) ds_{ki} + \int_{I_k^m} \exp(-\gamma s_k) ds_k + \delta + N_k^\varepsilon \quad (1)$$

ただし、

P_{ki} : $k-i$ 地域間の一般化交通費用
 r_k : k 地域の居住地代
 I_k^m : k 地域に居住し m 業種 n 職種に就業する世帯所得
 N^k : k 地域に居住する世帯数
 $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$: パラメータ

また、 k 地域に居住し m 業種 n 職種に就業する世帯所得は m 業種 n 職種の就業者の平均賃金、 k 地域に居住することで得られる資産 y_k 、通勤時間の時間損失の貨幣価値の合計値で表され、以下のように定式化する。

$$I_k^m = \frac{\sum_k w_k^m E_k^m}{E^m} + y_k - \lambda \frac{\sum_{i \in I} n_{ki} t_{ki}}{N_k} \quad (2)$$

ただし、

w_k^m : k 地域にある m 業種 n 職種企業の就業者1人あたりの賃金

E^m : m 業種 n 職種の総就業者数

n_{ki} : k 地域に居住し i 地域に就業する世帯数

t_{ki} : $k-i$ 地域間の交通所要時間

λ : 時間価値

以上の間接効用関数にロワの恒等式⁷⁾を適用することにより各種財の需要関数を得る。まず、世帯の自由目的トリップについての総交通需要は以下のようになる。

$$X_k(P_k, r_k, I_k, N_i) = \frac{\sum_{i \in I} \exp\left(\alpha N_i - \beta \frac{P_{ki}}{I_k}\right)}{\sum_{i \in I} \frac{P_{ki}}{I_k} \cdot \exp\left(\alpha N_i - \beta \frac{P_{ki}}{I_k}\right) + \frac{r_k}{I_k} \cdot \exp\left(-\gamma \frac{r_k}{I_k}\right)} \quad (3)$$

ただし、

X_k : k 地域へ居住する世帯の総交通需要量

、

そして、 k 地域から i 地域への自由目的交通需要シェアは以下のようになる。

$$x_{ki}(P_{ki}, I_k, N_i) = \frac{\exp\left(\alpha N_i - \beta \frac{P_{ki}}{I_k}\right)}{\sum_{i \in I} \exp\left(\alpha N_i - \beta \frac{P_{ki}}{I_k}\right)} \quad (4)$$

ただし、

x_{ki} : k 地域から i 地域への交通需要シェア

また、土地の需要関数は以下のようになる。

$$l_k(P_k, r_k, I_k, N_i) = \frac{\exp\left(-\gamma \frac{r_k}{I_k}\right)}{\sum_{i \in I} \frac{P_{ki}}{I_k} \cdot \exp\left(\alpha N_i - \beta \frac{P_{ki}}{I_k}\right) + \frac{r_k}{I_k} \cdot \exp\left(-\gamma \frac{r_k}{I_k}\right)} \quad (5)$$

ただし、

l_k : k 地域の土地需要関数

以上のように k 地域に居住する世帯の間接効用関数を定義することで、世帯の立地選択行動を以下のような Logit モデルで捉えることが出来る。

$$N_k = \frac{\exp(\theta V(N_k))}{\sum_{k \in I} \exp(\theta V(N_k))} N \quad (6)$$

ただし、

N : 総人口

(2) 企業行動モデル

企業は業種・職種別の就業者一人当たりの行動として捉えるものとする。すなわち、 k 地域に居住し l 地域の m 業種 n 職種の企業に就業する就業者の利潤関数は以下のように仮定する。

$$\pi_i^{mn} = Q^{mn} - R_i L^{mn} - \sum_{m' n'} B^{m' n'} \cdot \frac{1}{\eta^{m' n'}} \ln \sum_{i \in I} \exp \left[\eta (P_{ik} - \xi^{m' n'} E_i^{mn}) \right] - W_i^{mn} - p_{lh} \quad (7)$$

ただし、

π_i^{mn} : l 地域に立地する m 業種 n 職種の就業者一人当たりの利潤

Q^{mn} : m 業種 n 職種の就業者一人当たりの生産額

R_i : l 地域の企業地代

L^{mn} : m 業種 n 職種の就業者一人当たりの土地投入量

B^{mn} : m 業種 n 職種の就業者一人当たりの業務トリップ数

E_i^{mn} : i 地域の m 業種 n 職種の就業者数

W_i^{mn} : l 地域に立地する m 業種 n 職種の就業者一人当たりの賃金

p_{lh} : $l-h$ 地域間の料金交通費用

η, ξ^{mn} : パラメータ

また、企業の立地行動も、同様に就業者一人当たりで捉えることにより以下のように Logit モデルで捉えることが出来る。

$$E_i = \sum_m \sum_n \frac{\exp(\phi \pi_i^{mn})}{\sum_{i' \in I} \exp(\phi \pi_{i'}^{mn})} \cdot E^{mn} \quad (8)$$

ただし、

E^{mn} : 全国の m 業種 n 職種の総就業者数 ($N = \sum_m \sum_n E^{mn}$)

ϕ : パラメータ

4. 市場均衡条件

(1) 土地市場

土地は短期的には政策的に住宅地と居住地に分割されているものと仮定する。すなわち、 k 地域での土地市場の均衡条件は以下のように定式化できる。

$$\bar{I}_k = I_k \cdot N_k \quad (9)$$

$$\bar{L}_k = L_k \cdot E_k \quad (10)$$

ただし、

$\bar{I}_k$: k 地域での住宅地供給量 (短期的に一定)

$\bar{L}_k$: k 地域での業務地供給量 (")

(2) 労働市場 (居住地・就業地調整モデル)

労働市場は居住地と就業地の組み合わせを定式化することによって考慮される。すなわち、 k 地域に居住し l 地域に就業する世帯数という形で定式化できる。定式化にあたっては重力モデル(Gravity Model)⁸⁾を用いて以下のように定式化する。

$$q_{kl} = \exp \mu \frac{(N_k \cdot E_l)^\nu}{(p_{kl} + \lambda_{kl})^\rho} \quad (11)$$

ただし、

q_{kl} : k 地域に居住し l 地域に就業する世帯数

μ, ν, ρ : パラメータ

5. 交通整備の便益定義

以上のようなモデルのフレームに基づき、交通整備の便益定義を考える場合、企業利潤および地代収入の再分配方法により以下の3通りの便益定義が考えられる。

(1) 企業利潤・地代収入を全国の全世帯で一律に配分する場合

この場合、式(2)中 y_k は以下のように定式化できる。

$$y_k = y = \frac{\sum_m \sum_n \sum_k \pi_k^{mn} + \sum_k r_k \bar{I}_k + \sum_k R_k \bar{L}_k}{N} \quad (12)$$

この場合の交通整備による社会的純便益はすべて、世帯の効用水準の上昇として計上される。よって、等価的偏差 EV の概念を用いると交通整備の便益は

以下のように定式化できる。なお、世帯の便益定義に関しては純オプション価値を考慮したログサム関数による定義も可能である。

$$SNB = \sum_m \sum_n E^{mn} \cdot EV^{mn} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} & V_k \left(P^b, r_k^b, I_k^{mn^b}, N_k^b \right) \\ &= V_k^a \left(P^a, r_k^a, I_k^{mn^a} + EV^{mn}, N_k^a \right) \end{aligned} \quad (14)$$

ただし、

SNB : 社会的純便益

EV^{mn} : m 業種 n 職種の就業者の等価的偏差

a, b : プロジェクト有り無しを示す

(2) 企業利潤・地代収入を各地域別の全世帯で一律に配分する場合

この場合、式(2)の y_k は以下のように定式化できる。

$$y_k = \frac{\sum_m \sum_n \pi_k^{mn} + r_k^b \bar{I}_k + R_k \bar{L}_k}{N} \quad (15)$$

この場合も交通整備の社会的純便益はすべて、世帯の効用水準の上昇として計上され以下のように定義できる。

$$SNB = \sum_k \sum_m \sum_n EV_k^{mn} \cdot N_k \quad (16)$$

$$\begin{aligned} & V_k \left(P_k^b, r_k^b, I_k^{mn^b}, N_k^b \right) \\ &= V_k^a \left(P_k^a, r_k^a, I_k^{mn^a} + EV_k^{mn}, N_k^a \right) \end{aligned} \quad (17)$$

ただし、

EV_k^{mn} : k 地域に居住する m 業種 n 職種の就業者の等価的偏差

(3) 企業利潤・地代収入の配分をせず、便益として計上する場合

この場合の交通整備による社会的純便益の定義は、効用水準の上昇に、各企業利潤の増加分および地代収入の増加分を加えた形で以下のように定式化出来る。

$$\begin{aligned} SNB = & \sum_k \sum_m \sum_n EV_k^{mn} \cdot N_k + \sum_k \sum_m \sum_n \left[\left(\pi_k^{mn^b} - \pi_k^{mn^a} \right) \cdot E_k^{mn} \right] \\ & + \sum_k \left[\left(r_k^b - r_k^a \right) \bar{I}_k + \left(R_k^b - R_k^a \right) \bar{L}_k \right] \end{aligned} \quad (18)$$

6. おわりに

本研究では、ミクロ経済学的行動モデルによる立地均衡モデルと交通需要予測モデルを同一のフレーム内でモデルし、立地-交通均衡モデルを構築した。モデルの特長は立地均衡と同時に交通需要予測を自由トリップ・業務トリップそして通勤トリップという形で捉えることが出来ることにある。このモデル化により、新幹線通勤などに見られる地域間通勤の発生などの予測に適応が可能である。また、ミクロ経済学を基本にしていることにより、便益の定義・計測が容易に行えることも特徴のひとつである。今後はこのモデルを現実の交通整備に適応する必要がある。

【参考文献】

- 1) 上田孝行：拡張された立地余剰を用いた一般均衡モデル，土木計画学・論文集 12，pp.183-189，1992.
- 2) Morisugi, H., and Le, D.H. :Logit Model and Gravity Model in the Context of Consumer Behavior Theory, Journal of Infrastructure Planning and Management, No.488/IV-23, JSCE, pp111-119, 1994.
- 3) Morisugi, H., Ueda, T. and Le, D.H. :GEV and Nested Logit Models in the Context of Classical Consumer Theory, Journal of Infrastructure Planning and Management, No.506/IV-26, JSCE, pp129-136, 1994.
- 4) 宮城俊彦・渡辺正樹・加藤晃：土地利用-交通統合モデル化への確率選択理論の応用，第 18 回日本計画学会学術研究発表論文集，pp242-252，1983.
- 5) 溝上章志・林良嗣・中島康博：一般均衡分析による交通整備評価のための多地域計量モデル，土木計画学・講演集 18(1)，pp.217-220，1995.
- 6) 奥田隆明・林良嗣：高速道路の整備効果に関する一般均衡分析—CGE モデルを用いた実証分析—，地域学研究第 25 巻第 1 号，pp.45-56，1994.
- 7) Varian, H. R., 佐藤・三野訳：ミクロ経済分析，創草書房，1986.
- 8) 森杉壽芳・宮城俊彦編著：都市交通プロジェクトの評価—例題と演習—，コロナ社，1995.