

交通・立地分析モデルによる鉄道新線整備の影響分析*

Transport-Location Model for Impact Analysis of Railway Project*

上田 孝行**・中村 英夫***・赤土 大介****・Hasib M. AHSAN*****

By Takayuki UEDA**, Hideo NAKAMURA***, Daisuke AKATSUCHI**** and Hasib M. AHSAN*****

1. はじめに

都市整備による諸影響の定量的分析手法として、従来から様々な交通・立地分析モデルの研究が行われてきた。その中で、ワルラス的な他市場同時均衡論に基づいた交通・立地分析モデル¹⁾は理論的構造は明確であり、広島都市圏への適用により、その有効性は確認されている。しかし、適用地域が広範になるほど膨大かつ多様なデータ処理が必要となり、また、データ量の増大に伴って均衡解の算出過程も複雑になることなど、数多くの課題が残されていると言える。一方、多くの都市基盤整備において、とりわけ、鉄道新線整備の場合などは、その影響の主要な部分は整備地域において顕在化すると考えられる。従って、その影響分析においては、都市域全体のデータを収集してモデルを適用することは必ずしも効率的ではない。そこで本研究では、整備地域での影響を重点的に分析するためにモデルの改良を行い、モデルを効率的に適用する方法を開発した。

2. モデルの全体構成

本研究で構築するモデルの全体構成は図1に示す通りである。

以下にモデルの特徴を列挙する。

- 1) 先述の通り、整備地域の重点的分析に適したモデルの構築を行うため、立地選択行動を2段階で捉え、Nested Logit Modelで記述している。
- 2) 土地と建物が別個に取引されている我が国の状況に即し、下位モデルの中では財市場として、建物市場と土地市場の2つを明示化して考える。
- 3) 従来の多くの土地利用モデルで用いられてきた「付け値」の概念ではなく、ワルラス的な多市場同時均衡に基づき、各市場における取引量と価格が内生的に決定

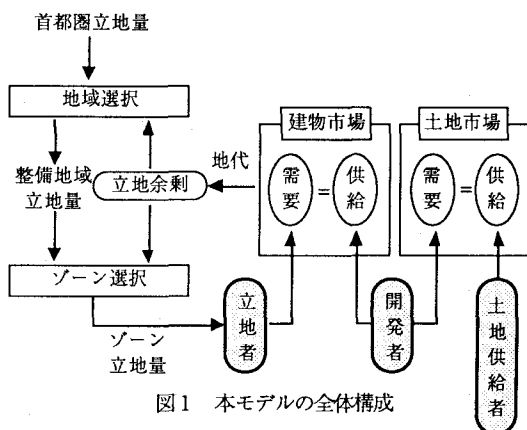


図1 本モデルの全体構成

される。

- 4) 主体として立地者（住宅立地者、商業・業務立地者の2つに区分）、開発者、土地供給者の3つを考えている。
- 5) 立地者は開発者から土地を賃貸し、そこで居住あるいは商業・業務活動を行う。開発者は土地を賃貸してその上に建物建て立地者に賃貸する。土地供給者は開発者に土地を賃貸する。このように各期において土地・建物の賃貸借、即ちサービス取引のモデルである。
- 6) 各主体の行動をすべて最適化行動として捉える。立地者は立地余剰を最大化、開発者は建物供給による利潤を最大化するように行動する。土地供給者は賃貸・保有の選択行動によって生じる余剰を最大化するように行動する。

3. 各主体の行動

(1) 立地者

本モデルは上位計画あるいはモデルにより立地者の総数で与えられた上でこれを配分する、配分モデルである。立地者の行動は財・サービスの消費量と立地場所に関する効用により決定される。まず、立地の魅力度を表わす指標として「立地余剰」¹⁾という概念を用いる。

(a) 立地余剰（ここでは住宅立地者についてのみ触れる）

住宅立地者にとっての立地余剰は、建物に関する消費

* キーワーズ：交通・立地分析モデル、一般均衡
 ** 正員 工博 東京大学 助教授 工学部土木工学科
 (東京都文京区本郷7-3-1, Tel.03-3812-2111, Fax.03-3812-4977)
 *** 正員 工博 東京大学 教授 工学部土木工学科
 **** 学生員 東京大学大学院工学系研究科土木工学専攻
 ***** 学生員 工修 東京大学大学院工学系研究科土木工学専攻

者余剰に立地場所に依存した効用である粗効用を加えた形で定義される。

$$v_i = f(R_i) + W_i \cdot \dots \quad (1)$$

v_i : ゾーン i ($i = 1, \dots, m$) での立地余剰

$f(R_i)$: 建物に関する消費者余剰

R_i : ゾーン i での建物地代

W_i : ゾーン i での粗効用

建物に関する消費者余剰は、建物需要関数を (3) 式と仮定することにより、(2) 式のように定義できる。

$$f(R_i) = \int_{R_i}^{\infty} \max\{0, q_d(R_i)\} \cdot \dots \quad (2)$$

$$q_d(R) = c - d \cdot R \cdot \dots \quad (3)$$

$q_d(R)$: 立地者 1 人当たりの建物需要関数

c, d : パラメータ

(b) 立地選択行動

立地者は都市整備が重点的に行われた地域 (地域 A) かそれ以外の地域 (地域 B) を選択し、その後、地域 A 内でさらにゾーン 1 ~ m を立地選択するとの仮定をもとにネストを組み^{2) 3) 4)}、地域 A 内の立地量予測モデルを構築する。

各立地者はそれぞれのゾーンの立地余剰水準を所与として、高い余剰レベルを達成できる地域への立地を選択する。この時、立地選択において達成される立地余剰の期待値最大値は以下ようになる。

$$S(V_A) = \frac{1}{\theta} \cdot \ln \left[\sum_m \exp(\theta \cdot v_m) \right] \cdot \dots \quad (4)$$

$S(V_A)$: 満足度関数

θ : 地域 A 内のゾーン選択におけるガンベル分布分散パラメータ

v_m : 地域 A 内のゾーン m における立地余剰

この時、地域 A の立地選択確率は立地者属性 k に関わる閾値 δ_k を導入すれば、地域 A への立地選択確率は、

$$P_{A(k)} = \frac{\exp[\alpha \cdot s(V_A)]}{\exp[\alpha \cdot s(V_A)] + \exp[\alpha \cdot \{s(V_B) + \delta_k\}]} \cdot \dots \quad (5)$$

$P_{A(k)}$: 地域 A への立地選択確率

α : 地域選択におけるガンベル分布分散パラメータ

ここで、地域 B に対する最大期待立地余剰 $S(V_B)$ を定数とおけば、(5) 式は

$$P_{A(k)} = \frac{1}{1 + C_k \cdot \exp[-\alpha \cdot s(V_A)]} \cdot \dots \quad (6)$$

C_k : パラメータ

さらに、地域 A が既知でゾーン m に立地選択する条件

付き確率 $P_{(m|A)}$ は、

$$P_{(m|A)} = \frac{\exp[\theta \cdot v_m]}{\sum_m \exp[\theta \cdot v_m]} \cdot \dots \quad (7)$$

$P_{(m|A)}$: ゾーン m に立地選択する条件付き確率

地域 A における立地者属性 k の立地量は (6) 式から

$$N_{A(k)} = N(k) \cdot P_{A(k)} \cdot \dots \quad (8)$$

地域 A 内のゾーン m における立地量は (7) 式から、

$$N_{Am} = N_A \cdot P_{(m|A)} \cdot \dots \quad (9) \text{ 但し、 } N_A = \sum_k N_{A(k)}$$

$N_{A(k)}$: 地域 A での立地量 (立地者属性 k)

$N(k)$: 全地域における総立地量 (立地者属性 k)

N_A : 地域 A での立地量

本研究では、以上の配分を立地者タイプ k ごとに行い、各タイプは世帯主年齢と通勤地を属性として設定した。

(2) 開発者の行動

開発者はゾーンごとに、每期利潤を最大化するように土地需要面積及び建物床供給面積を決定する。

$$\pi_i = \max_{Q_i} [R_i \cdot Q_i - C(Q_i)] \cdot \dots \quad (10)$$

$$C(Q_i) = \min_{L_i, K_i} (P_i \cdot L_i + I \cdot K_i) \cdot \dots \quad (11)$$

$$\text{s.t. } Q_i = A \cdot L_i^a \cdot K_i^b \cdot \dots \quad (12)$$

π_i : ゾーン i での開発者の利潤

Q_i : ゾーン i での開発者の建物生産面積

$C(Q_i)$: ゾーン i での開発者の建物生産費用

P_i : ゾーン i での土地地代

L_i : ゾーン i で開発者に供給された土地面積

I : 土地以外の資材価格

K_i : 土地以外の資材投入量

a, b, A : パラメータ

(10) ~ (12) の最適化問題を解くと利潤関数は次のようになる。

$$\pi_i = \varphi_1 \cdot R_i^{\frac{1}{1-a-b}} \cdot P_i^{-\frac{a}{1-a-b}} \cdot \dots \quad (13)$$

この時、(10) 式の最大化問題の一階条件から得られた最適建物生産面積は建物供給関数になっている。

$$Q_{si} = \varphi_2 \cdot R_i^{\frac{a+b}{1-a-b}} \cdot P_i^{-\frac{a}{1-a-b}} \cdot \dots \quad (14)$$

土地需要関数 L_{di} は (13) 式の利潤関数にホテリングの補題を適用し、

$$L_{di} = \varphi_3 \cdot R_i^{\frac{1}{1-a-b}} \cdot P_i^{-\frac{1-b}{1-a-b}} \cdot \dots \quad (15)$$

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$: パラメータ

(3) 土地供給者の行動

今期のゾーン内での総土地供給面積を前期までの土地供給面積と非都市的土地利用用地（農地）からの転用である新規土地供給面積の和で定義する。

(a) 新規土地供給面積

土地供給者は保有・賃貸に関する選択を行うものと考え、その選択行動を確率論に立脚し、ロジット・モデルで表現する。その効用項は以下のように定義する。

$$\begin{aligned} & (\text{保有することによって得られる効用 } [1 \text{ m}^2 \text{ 当たり}]) \\ & = (\text{今期の予想地代}) - (\text{今期の予想固定資産税額}) \\ & (\text{賃貸することによって得られる効用 } [1 \text{ m}^2 \text{ 当たり}]) \\ & = (\text{今期の地代}) - (\text{今期の固定資産税額}) \end{aligned}$$

$$L_s^a = \frac{\exp[\eta \cdot (P_i - \tau \cdot LP_i)]}{\exp[\eta \cdot (P_i - \tau \cdot LP_i)] + \exp[\eta \cdot \{(P_i - \tau \cdot LP_i) + X_i\}]} \cdot L_i^a$$

$$= \frac{L_i^a}{1 + \exp\left[\eta \cdot \left\{\left(1 - \frac{\tau}{i + \tau}\right)(P_i - P_i) + X_i\right\}\right]} \cdots (16)$$

L_s^a : 新規土地供給面積

L_i^a : t 期の農地面積

P_i : t-1 期までの地代の外挿によって得られる t 期の地代

LP_i : t-1 期までの地代の外挿によって得られる t 期の地価

P_i : t 期の地代

LP_i : t 期の地価

X_i : t 期での地代以外の効用項

τ : 固定資産税率

i : 利子率

η : パラメータ

(b) 今期土地供給面積

今期の土地供給面積は前期までの土地供給面積と新規土地供給面積の和で求められる。

$$L_{st} = L_{st-1} + L_s^a \cdots (17)$$

L_{st} : t 期の土地供給面積

L_{st-1} : t-1 期の土地供給面積

4. 均衡条件

各主体は各ゾーンの建物・土地の市場で需要・供給を行い、各ゾーン・主体別の立地量が固定された状態で考えると、各市場で集計された需要と供給がバランスし、市場が清算されるところで市場均衡価格が決定される。これがいうまでもなく市場均衡状態であり、清算条件は以下ようになる。

建物市場においては

$$N_i(R_i) \cdot q_d(R_i) - Q_s(R_i) = 0 \quad (\text{for all } i) \cdots (18)$$

土地市場においては

$$L_d(P_i) - L_s(P_i) = 0 \quad (\text{for all } i) \cdots (19)$$

(18)(19)式から得られる解と(8)(9)式を用いて得られる立地量分布が収束するまで繰り返し計算される。すなわち、立地と市場の同時均衡状態を求める。

5. モデルの適用

(1) 対象地域

本研究では、首都圏での鉄道新線整備を例として影響分析を行った。

対象地域では、新線整備にあわせて各種の都市基盤整備が行われるものと想定した。以下、この地域を新線エリアと呼ぶ。

また、立地者属性k [→(6)式] については世帯主年齢を考え、さらに通勤地別の総立地量を与えることで通勤地・年齢別の立地選択確率及び立地量を予測した。

世帯主年齢は、15～34歳・35～54歳・55歳以上の3区分を考え、通勤地は以下の6地域に分割した。

東京都区部

川崎市・横浜市

南西部（東京市郡部、川崎・横浜を除く神奈川県）

北西部（新線エリア以外の埼玉県、茨城県の一部）

東部（新線エリア以外の千葉県、茨城県の一部）

新線エリア

(2) パラメータ推定

1990年において、立地均衡・市場均衡状態を仮定し、重回帰分析によって各パラメータを決定した。以下にその結果の一部を示す。

(a) 立地者 [→(1)(3)(6)(7)式] (表1・2)

但し、紙面の都合上、通勤地が東京都区部の場合に限定する。

なお、(1)式における粗効用は、鉄道利便性・買物利便性・通勤利便性・生活環境インフラ整備水準の線型和で定義され、以下のように定式化する。

$$W_i = \gamma_d \cdot \ln(D_i) + \gamma_a \cdot \ln(A_i) + \gamma_z \cdot Z_i + \gamma_t \cdot \ln(T_i) \cdots (20)$$

D_i : 鉄道利便性

A_i : 買物利便性

Z_i : 下水道普及率

T_i : 通勤時間

$\gamma_d, \gamma_a, \gamma_z, \gamma_t$: パラメータ

(b) 開発者 [→(12)式] (表3)

(c) 土地供給者 [→(16)式] (表4)

表1 立地者に関するパラメータ (1) [(1)(3)(20)式]

パラメータ	推定値 (t値)	相関係数
θ	0.925(25.8)	0.997
$\theta \cdot \gamma_d$	0.555(48.8)	
$\theta \cdot \gamma_a$	$3.07 \cdot 10^{-2}$ (2.8)	
$\theta \cdot \gamma_z$	$1.70 \cdot 10^{-2}$ (18.3)	
$\theta \cdot \gamma_t$	-3.31(-33.3)	
c	$3.26 \cdot 10^{-2}$ (20.8)	0.996
d	$1.60 \cdot 10^{-4}$ (-4.9)	

表2 立地者に関するパラメータ (2) [(6)式]

世帯主年齢	パラメータ	推定値
15～34	α	1.79
	$\ln(C_k)$	$7.86 \cdot 10^{-2}$
35～54	α	0.787
	$\ln(C_k)$	0.123
55～	α	0.663
	$\ln(C_k)$	0.159

表3 開発者に関するパラメータ [(12)式]

パラメータ	推定値 (t値)	相関係数
a	0.586(46.7)	0.749
b	0.317(9.0)	

表4 土地供給者に関するパラメータ [(16)式]

パラメータ	推定値 (t値)	相関係数
η	0.173(9.3)	0.724
X_i	21.1(53.7)	

(3) 将来予測

2000・2010・2020年の3時点において、プロジェクトありと無しの場合の将来予測を行った(写真1・2)。

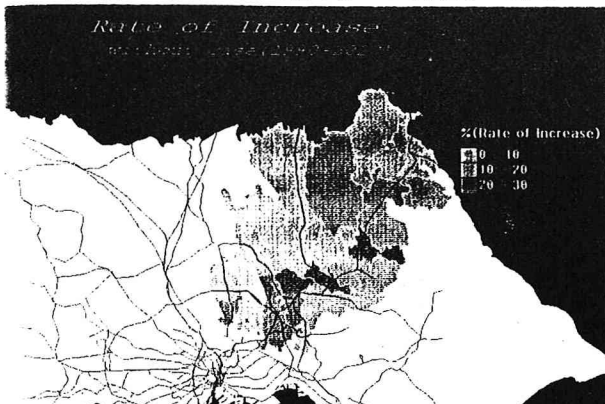


写真1 新線が建設されなかった場合の住宅立地量増加率 (1990～2020年)

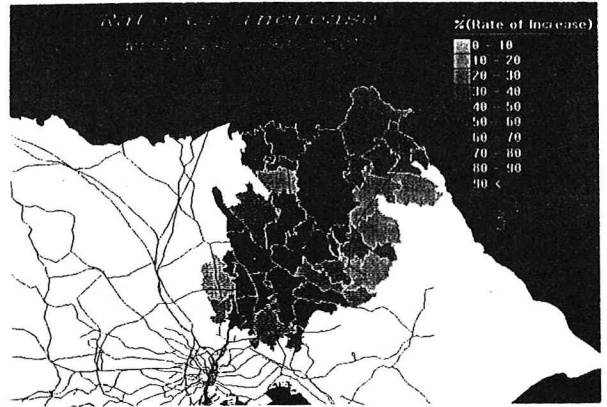


写真2

新線が建設された場合の住宅立地量増加率 (1990～2020年)

6. おわりに

(1) 本研究における成果

本研究では、ワルラス均衡型の交通・立地分析モデルの改良により、

- 1) 広域都市圏での都市鉄道整備による沿線での影響を重点的に分析するための効率的な手法を開発した。
- 2) データ収集・処理の作業量を軽減することが可能になった。

(2) 今後の課題

本研究では、影響が主に出現すると考えられる新線エリアだけに焦点を当てた分析を行ったが、均衡解の算出は依然として多くの労力を要する。また、外的条件の設定に対して、均衡解がどの程度センシティブであるかを十分には検討していない。これらの点について今後も取り組んでいきたい。

謝辞

本研究を進めるに当たって、岩城 徹氏・岩村 武史氏の両氏を始めとする東京大学工学部土木工学科測量研究室の各氏、及び、データ整備に関しては、鉄建公団東京支社の皆様から多大な協力を頂いた。ここに記して感謝したい。

参考文献

- 1) 平谷・中村・上田：土地と建物の他市場同時均衡に基づく土地利用モデル, 土木計画学研究・講演集No.16(1), pp545-552, 1994
- 2) 原田 昇：Nested Logitモデルの理論と適用に関する研究のレビュー, 土木学会論文集, 第353号/IV-2, pp.32-44, 1985
- 3) 原田 昇：非集計行動モデルによる多次元行動選択の分析, 土木計画学研究・論文集No.4, pp.15-27, 1986
- 4) 森杉 壽芳：大規模交通プロジェクトの便益計測手法に関する研究, 平成3・4年度科学技術研究費補助金総合研究 (A) 研究成果報告書, pp.17-22, 1993