

都市鉄道整備における費用負担割合検討のための 応用都市経済モデルによる 帰着便益の計測に関する研究

奥ノ坊 直樹¹・山下 良久²・岩倉 成志³・白井 貴士⁴・堀 真大⁴

¹正会員 社会システム株式会社 都市・地域交通グループ (〒150-0013 東京都渋谷区恵比寿1-20-22)

E-mail:n_okunobo@crp.co.jp

²正会員 社会システム株式会社 都市・地域交通グループ (〒150-0013 東京都渋谷区恵比寿1-20-22)

E-mail:yamashita@crp.co.jp

³正会員 芝浦工業大学 土木工学科 (〒135-8584 東京都江東区豊洲3-7-5)

E-mail:iwakura@shibaura-it.ac.jp

⁴非会員 元芝浦工業大学 土木工学科 (〒135-8584 東京都江東区豊洲3-7-5)

都市鉄道プロジェクトでは、その整備費用の一部を国及び自治体が負担する補助スキームが用いられている。そのうち自治体負担分については、主体や負担割合は明確に定められておらず、プロジェクトごとに異なっているものの、整備箇所を含む沿線自治体が負担するケースが多い。しかし、都市鉄道プロジェクトの効果は沿線自治体以外にも広域に波及するため、沿線自治体とその他の効果を受取る自治体とで不公平が生じる可能性がある。

そこで本研究では、応用都市経済モデルを用いて、各自治体における家計・企業等に対する都市鉄道プロジェクトによる帰着便益を計測することで、世帯及び企業等の便益が広域に帰着することを確認した。

Key Words : *Urban Railway, Computable Urban Economic Model, Benefit Evaluation*

1. はじめに

我が国の都市鉄道整備事業では、その整備費用の一部を国や地方自治体が負担する補助スキームが用いられている。例えば、現在事業中である神奈川東部方面線に適用された都市鉄道利便増進事業では、国と地方自治体が事業費の1/3ずつを負担するスキームとなっている。

地方自治体負担分については、負担する主体や負担割合は明確に定められておらず、プロジェクトごとに異なっているものの、整備箇所が含まれる自治体が負担しているケースが多く見られる。しかし、都市鉄道プロジェクトの効果は整備区間だけでなく広域に波及するため、整備区間とその他周辺自治体とで不公平が生じる可能性がある。

また、プロジェクトの費用対効果を計測する際に一般的に用いられる利用者便益の考え方では、主に鉄道利用者に与える効果しか把握することができない。

そこで本研究では、都市鉄道を対象として家計や企業

の便益を算出できる応用都市経済モデルを構築し、東京圏を対象とした都市鉄道整備による各自治体の便益を計測することで、都市鉄道利便増進事業における費用負担の検討に向けた応用都市経済モデルの有効性を検証することを目的とする。

2. 既往研究

山崎ら¹⁾は、東京圏を対象として応用都市経済モデルを用いた様々な交通施策に関する分析を行い、施策ごとのCO2排出量及び便益を算出している。応用都市経済モデルを用いることで、誘発交通を考慮した施策の効果を分析可能としている。

堤ら²⁾の研究では、地主による土地供給において開発者の行動を導入し、建物市場を考慮した新型の応用都市経済モデルを構築している。また、立地行動において住宅・業務建物の床面積を用いていることが特徴である。

3. 分析方法

(1) 応用都市経済モデルの全体構成

本研究で用いる応用都市経済モデルの全体構造を図-1に示す。

応用都市経済モデルは、立地行動モデルと交通行動モデルの2つのモデルで構成されている。立地行動モデルでは、「世帯」、「企業」、「不在地主」の3主体が想定される。

本研究では、世帯・企業の立地選択行動については、既存の統計調査結果等を用いてパラメータ推定を行う。次に、夜間人口・従業人口のうち移動層に立地選択モデルから算出された市区町村別立地選択確率を乗じることによって新たな夜間人口・従業人口を推計する。また、不在地主は世帯及び企業に対して利用可能な土地を提供して地代収入を得るため、土地需要の均衡による地代の変化に応じて土地供給量を決定する。

交通行動モデルでは、立地行動モデルで推計された人口分布等を用いて発生交通量を推計する。次に、目的地選択モデルによって導出された目的地選択確率を各ゾーンの発生交通量に乗じることによって、各目的地のゾーン間OD交通量を求める。そして、算出されたOD交通量を用いて交通機関選択を行い、交通行動モデルから出力されたOD交通量とログサム変数を用いて一般化費用を更新し、再び立地行動モデルに入力するという構造となっている。なお、交通機関選択においては、実際に都市鉄道プロジェクトの予測に用いられている需要予測システムを用いて計算を行う。

以後、地代、一般化費用、人口等が収束するまで繰り返し計算を行った上で、出力されたデータを用いて地域別の帰着便益を推計する構造となっている。

(2) 分析対象

本研究の対象地域は東京都市圏パーソントリップ調査の調査範囲（東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県、茨城

県南部）とし、分析対象ゾーンは、東京圏を市区町村別に分割した269ゾーンとする。

(3) 立地行動モデル

a) 世帯の行動

世帯の効用最大化行動は、山崎らの研究¹⁾を参考に式(1)で定式化する。効用関数は線形対数型にて特定化し、時間を金銭換算した一般化費用を考慮している。また堤らの研究²⁾を参考に、土地の消費量ならびに住宅地代を延床ベースとする。

$$V_i^H = \max_{z_i, a_i, x_i} [\alpha_z \ln z_i + \alpha_a \ln a_i + \alpha_x \ln x_i] \quad (1a)$$

$$s.t. \quad z_i + r_i a_i + q_i^p x_i^p = w_i T - q_i^w x_i^w - q_i^s x_i^s \quad (1b)$$

ただし、 V_i^H :世帯の効用、 z_i :価格を1とした合成財の消費量[万円]、 a_i :住宅建物床面積消費量[m²]、 r_i :住宅建物賃料[万円/m²]、 w_i :賃金率[万円/h]、 T :総利用可能時間[h]、 q_i :トリップ一般化費用[万円]（私事・通勤・通学）、 x_i :トリップ消費量[トリップ]（私事・通勤・通学）である。

式(1)をラグランジュの未定乗数法を用いて解くと、以下の式が得られる。

$$z_i = \alpha_z I_i \quad (2a)$$

$$a_i = \frac{\alpha_a I_i}{r_i} \quad (2b)$$

$$x_i^p = \frac{\alpha_x I_i}{q_i^p} \quad (2c)$$

$$I_i = w_i T - q_i^w x_i^w - q_i^s x_i^s \quad (2d)$$

$$V_i^H = \ln I_i - \alpha_a \ln r_i - \alpha_x \ln q_i + \alpha_z \ln \alpha_z + \alpha_a \ln \alpha_a + \alpha_x \ln \alpha_x \quad (3)$$

ただし、 $\alpha_z, \alpha_a, \alpha_x$:分配パラメータ ($\alpha_z + \alpha_a + \alpha_x = 1$) である。

次に、世帯の立地選択確率 P_i^H をロジットモデルを用いて以下のように定式化する。

$$P_i^H = \frac{\exp(\theta_1 V_i + \theta_2 H_i + \sum \theta_k D_k)}{\sum_i \exp(\theta_1 V_i + \theta_2 H_i + \sum \theta_k D_k)} \quad (4)$$

ただし、 H_i :住宅利用延床面積[m²]、 D_k :地域ダミー変数である。

立地選択行動の結果として得られる夜間人口は、以下の式(5)によって求められる。

$$N_i = N_i^F + NT^V \cdot P_i^H \quad (5)$$

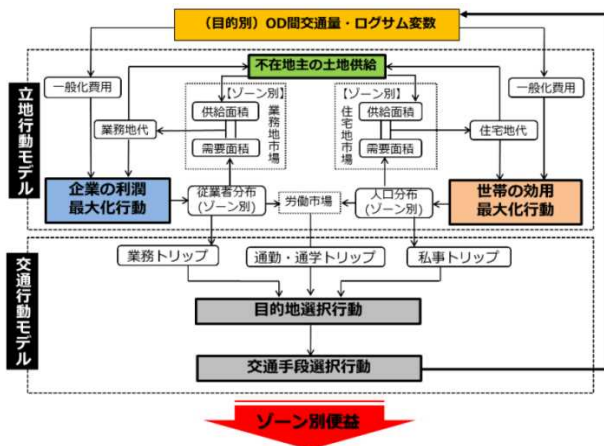


図-1 モデルの全体構成

ただし、 N_i :ゾーン*i*の夜間人口[人]、 N_i^F :ゾーン*i*の留保層[人]、 NT^V :東京圏全体の移動層[人]である。移動層の設定にあたっては国勢調査結果を用いる。

世帯の分配パラメータは、総務省家計調査における所得に対する各財の消費割合から算出する。1世帯当たりの年間支出金額のうち、「家賃地代」を戸土地消費、「交通」を私事トリップ消費とする。表-1に世帯の分配パラメータを示す。

表-2に立地選択モデルのパラメータ推定結果を示す。推定にあたっては、国勢調査による東京圏内の移動者数を用い、2項ロジットとして推定を行う。各変数のt値及びR²値より良好なモデルと言える。

b) 企業の行動

企業の利潤最大化行動を式(6)に示す。企業は土地と業務トリップを投入し、生産技術制約の中で利潤が最大となるよう生産を行っているものとする。生産関数はコブ・ダグラス型生産関数とする。

$$\Pi_i = \max_{A_i, X_i, Z_i} [Z_i - R_i A_i - Q_i X_i] \quad (6a)$$

$$s.t. \quad Z_i = G(E_i) A_i^{\beta_a} X_i^{\beta_x}, \quad G(E_i) = \eta_i E_i \quad (6b)$$

ただし、 Π_i :企業の利潤[万円]、 Z_i :市町村内総生産[万円]、 A_i :業務建物投入量[m²]、 R_i :業務建物賃料[万円/m²]、 Q_i :業務トリップ一般化費用[万円]、 X_i :業務トリップ投入量[トリップ]、 E_i :従業者数[人]、 η_i :生産効率パラメータ、 β_a, β_x :分配パラメータである。

式(6)をラグランジュの未定乗数法を用いて解くと、式(7)が得られる。

$$X_i = \frac{\beta_x Z_i}{Q_i} \quad (7a)$$

$$A_i = \frac{\beta_a Z_i}{R_i} \quad (7b)$$

$$\Pi_i = (1 - \beta_a - \beta_x) \eta_i E_i A_i^{\beta_a} X_i^{\beta_x} \quad (7c)$$

次に、企業の立地選択確率 P_i^B をロジットモデルを用いて以下のように定式化する。

$$P_i^B = \frac{\exp(\theta_1 \ln \Pi_i + \theta_2 \ln B_i + \sum \theta_k D_k)}{\sum_i \exp(\theta_1 \ln \Pi_i + \theta_2 \ln B_i + \sum \theta_k D_k)} \quad (8)$$

ただし、 B_i :業務利用延床面積[m²]、 D_k :地域ダミー変数である。

企業の立地選択行動の結果として得られる従業人口は、以下の式(9)によって求められる。

$$E_i = E_i^F + ET^V \cdot P_i^B \quad (9)$$

上記の式に基づき、世帯と同様に既存の統計調査結果を用いてパラメータ推定を行う。分配パラメータ及び立地選択モデルのパラメータ推定結果を表-3、4に示す。t値、R²値共に良好な結果であると言える。

(4) 交通行動モデル

a) 発生交通量

ゾーン別の発生交通量は、原単位法によって算出する。

表-1 分配パラメータ (世帯)

パラメータ	合成財	私事トリップ	土地消費
	α_c	α_x	α_a
	0.918	0.0212	0.0605

表-2 世帯の立地選択モデルのパラメータ推定結果

	パラメータ	t値
効用関数	0.313	12.63
ln(利用可能面積[m ²])	0.450	169
都心3区ダミー	1.56	48.8
副都心3区ダミー	2.12	66.8
他東京区部ダミー	2.45	94.0
多摩ダミー (立川・多摩・八王子)	2.31	72.1
横浜・川崎ダミー	2.25	92.2
さいたま市ダミー	1.90	74.4
千葉市ダミー	1.98	71.8
他市ダミー	1.53	65.4
他町ダミー	0.348	15.9
R ² 値	0.793	

表-3 分配パラメータ (企業) の推定結果

	パラメータ	t値	R ² 値
土地消費[m ²]	0.0392	15.4	0.862
業務トリップ消費	0.00967	25.9	0.711

表-4 企業の立地選択モデルのパラメータ推定結果

	パラメータ	t値
ln(利潤関数[万円])	0.885	216
ln(利用可能面積[m ²])	0.0258	7.01
都心3区ダミー	0.310	8.39
副都心3区ダミー	0.695	20.1
他東京区部ダミー	0.696	26.6
多摩ダミー (立川・多摩・八王子)	0.994	30.1
横浜・川崎ダミー	0.650	27.2
さいたま市ダミー	0.649	26.1
千葉市ダミー	0.568	20.6
他市ダミー	0.460	21.1
他町ダミー	0.00938	0.482
R ² 値	0.907	

ただし私事トリップについては、世帯の行動において求められた私事トリップ消費量から算出する。

b) 目的地選択モデル

国勢調査及びパーソントリップ調査によるOD交通量実績値を用いて、ロジットモデルによる目的地選択モデルを推定する。パラメータ等についてはここでは割愛する。

c) 交通手段選択モデル

交通手段選択モデルは、東京圏の都市鉄道プロジェクトの推計に用いられているモデル³⁾を使用する。

(5) 帰着便益

各ゾーンに帰着する便益は以下の式によって算出する。

$$ZCEV_i^H = \frac{I_{iw}}{\left(\frac{r_{iw}}{r_{io}}\right)^{\alpha_a} \left(\frac{q_{iw}^p}{q_{io}^p}\right)^{\alpha_x}} - I_{io} \quad (10a)$$

$$SNB_i^H = ZCEV_i^H \cdot \frac{N_{io} + N_{iw}}{2} \quad (10b)$$

$$SNB_i^B = \Pi_{iw} - \Pi_{io} \quad (10c)$$

$$SNB_i^L = \frac{(L_{io}^H + L_{iw}^H)(r_{iw} - r_{io})}{2} + \frac{(L_{io}^B + L_{iw}^B)(R_{iw} - R_{io})}{2} \quad (10d)$$

ただし、 $ZCEV_i^H$:人口1人あたり便益[万円],
 $SNB_i^{H,B,L}$:ゾーン*i*に帰着する世帯、企業、地主の便益[万円],

4. ケーススタディ

ケーススタディとして、首都圏新都市鉄道つくばエクスプレス（以下、TXと言う。）の東京駅延伸による各地域の帰着便益の算定を行う。

TXは2005年に秋葉原～つくば間（58.3km）で開業した路線であり、都心部と筑波研究学園都市を結ぶ役割を担っている。2000年の運輸政策審議会第18号答申では、秋葉原～東京間（約2km）の延伸がA2路線として位置づけられているものの、未だ事業着手には至っていない。

応用都市経済モデルの結果を用いて、TX延伸による地域別の総便益（世帯、企業、地主）を算出した結果を図-2、表-5に示す。

地域別の便益分布図を見ると、延伸区間である秋葉原～東京周辺だけでなく、千葉県、茨城県等のTX沿線地域にも広く便益が帰着していることが分かる。

また総便益92.6億円の都県別割合を見ると、千葉県、茨城県に帰着する便益は合わせて全体の5割以上を占め、整備区間である東京都よりも大きく、整備区間の自治体が整備費用を負担するという従来の考え方と、プロジェクトによる便益とが整合していないと言える。

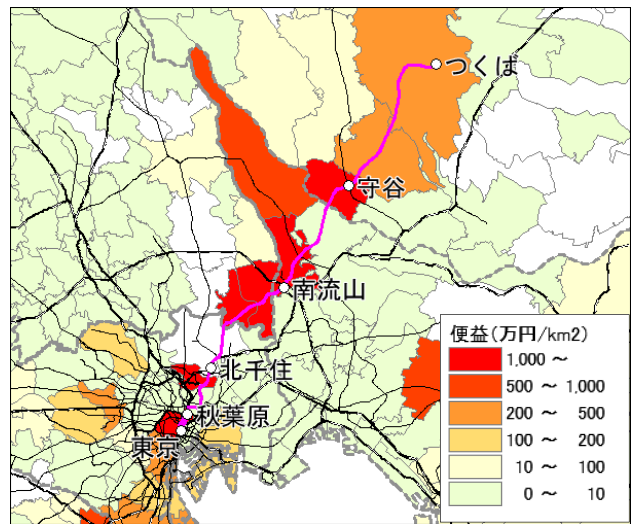


図-2 地域別総便益分布図

表-5 都県別帰着便益

	帰着便益[億円]	便益割合	整備延長割合
東京都	18.5	20.0%	100%
神奈川県	8.3	8.9%	0%
埼玉県	18.3	19.7%	0%
千葉県	27.0	29.1%	0%
茨城県	20.5	22.2%	0%
計	92.6	—	—

5. おわりに

本研究では、都市鉄道プロジェクトが地域にもたらす効果を応用都市経済モデルを用いて計測することで、世帯及び家計等の主体別便益が広域に帰着することを確認した。

2016年4月20日に出された交通政策審議会答申第198号⁴⁾では、国及び地方公共団体の厳しい財政状況を踏まえ鉄道整備財源確保の方策についても検討が必要とされており、本研究で示したような負担割合検討方策は、今後更なる検討が求められていると言える。

引き続きモデルの精度を高めつつ、様々なケースで便益算出を行い、モデルの信頼性を高めていくことが今後の課題である。

付録

立地行動、交通行動モデル構築に用いたデータ概要を以下に示す。

表-6 世帯の行動に関するデータ

データ	出典	年次	区分
人口	国勢調査	2010年	市区町村別
用途地域面積	国土交通省	2010年	市区町村別
容積率	国土数値情報	2010年	市区町村別
地価	土地情報センター	2010年	市区町村別
就業時間	国勢調査	2005年	市区町村別
総所得	住宅土地統計調査	2008年	市区町村別
家計支出割合	家計調査	2010年	関東地方
交通量データ	国勢調査 パートトリップ調査	2010年 2008年	市区町村別

表-7 企業の行動に関するデータ

データ	出典	年次	区分
従業人口	経済センサス	2009年	市区町村別
用途地域面積	国土交通省	2010年	市区町村別
容積率	国土数値情報	2010年	市区町村別
地価	土地情報センター	2010年	市区町村別
総所得	市町村民経済生産 付加価値額	2010年 2011年	市区町村別
交通量データ	国勢調査 パートトリップ調査	2010年 2008年	市区町村別

参考文献

- 1) 山崎清, 武藤慎一, 上田孝行, 助川康: 東京圏における応用都市経済モデルの適用, 土木計画学研究・講演集, Vol.31, 2005
- 2) 堤盛人, 宮城卓也, 山崎清: 建物市場を考慮した応用都市経済モデルの可能性, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.68, No.4, pp.333-343, 2012.
- 3) 鉄道・運輸機構: 相鉄・JR直通線, 相鉄・東急直通線付属資料, <http://jrtr.go.jp/01Organization/org/pdf/jk23-10-2.pdf>
- 4) 国土交通省交通政策審議会: 東京圏における今後の都市鉄道のあり方について, 2016