

企業の機能に着目した応用一般均衡型土地利用・交通モデル*

CGE TYPE LAND-USE TRANSPORT MODEL CONSIDERING FUNCTIONS OF FIRMS*

佐藤 徹治**・樋野 誠一***

By Tetsuji SATO** and Seiichi HINO***

1. はじめに

土地利用・交通モデルは、近年、ミクロ経済学（行動理論、均衡理論）をベースに取り入れた応用都市経済モデル（CUE: Computable Urban Economic Model）、空間的応用一般均衡モデル（SCGE: Spatial Computable General Equilibrium Model）として発展を遂げている。

空間的応用一般均衡モデルは、経済主体の合理的行動およびすべての市場における均衡を考慮した経済学の原点とも言うべき一般均衡モデルを空間的に拡張し計算可能としたものであり、主として全国レベルや地域ブロックレベルの大規模交通施設整備の評価に用いられている^{2) 3)}。一方、応用都市経済モデルは、均衡市場は土地市場に限定されるものの、細かいゾーンレベルに対応した分析が可能という長所を有し、上田らの研究⁴⁾をはじめとして、都市圏レベルでの多くの実用モデルが開発されている。

既存の実用モデルには、産業別に企業を分類してモデル化したものも一部みられる。しかし、実際の企業の立地行動（土地利用）や交通行動（業務、財輸送）を考えると、その行動パターンは、産業別というよりも、むしろ、管理（本社）、財生産（工場）、財輸送（物流施設）、財販売（小売店）、サービス提供（サービス店）といった企業の機能（施設）によって大きく依存すると考えられる。

本稿では、企業をこれらの機能別にモデル化することにより、既存モデルよりも現実的で信頼性の高い一般均衡型の土地利用・交通モデルを提案する。

また、首都圏を対象とした実証モデルを構築し、東京都心部におけるロードプライシングの影響を計測することによって実証分析の例を示す。

2. モデル

(1) 仮定

本モデルでは、一般均衡の仮定に加え、簡単化のため、以下のような基本的な仮定をおく。

- ・分析対象地域の世帯数は固定とする。都市圏以外地域からの人口流入は考えない。
- ・世帯は一単位の労働供給を行うものとする。各ゾーンの労働供給は世帯数と等しくなる。
- ・土地、交通運賃からの余剰は全家計に等しく分配される。地主主体を明示的に取り上げない。

(2) 家計の経済行動

家計は、所得制約の下で効用最大化を行うとする。効用の要素としては、財消費量、サービス消費量、住宅面積に加え、買い物先（財・サービスの消費地域）における財・サービスの多様性を考える。

$$\max. u(c_g^{ij}, c_s^{ij}, h^i, A^j) = a_g \ln c_g^{ij} + a_s \ln c_s^{ij} + (1 - a_g - a_s) \ln h^i + A^j \quad (1)$$

$$\text{s.t. } w + IR = p_g^{ij} c_g^{ij} + p_s^{ij} c_s^{ij} + p_h^i h^i \quad (2)$$

ここで、 i, j （上付き）は居住地ゾーン、買い物先ゾーン、 g, s （下付き）は財、サービスを表す。 c は財・サービス消費量、 h は住宅面積、 A^j は買い物先における財・サービスの多様性である。 IR は交通費・土地収入の均等分配所得を表す。 $p_{g,s}^{ij}$ は交通費・課金込みのcif価格であり、生産地価格（FOB価格）に移動に要する費用（交通費用、通行料金、時間費用）を加えたものである。

上記の効用最大化問題を解くと、下式の需要関数が導出される。

*キーワード：公共事業評価法，人口分布

**正員，修(情)，(財)計量計画研究所
(〒162-0845 東京都新宿区市ヶ谷本村町2-9，
TEL:03-3268-9966，E-mail:tsato@ibs.or.jp)

***非会員，修(情)，(財)計量計画研究所
(〒162-0845 東京都新宿区市ヶ谷本村町2-9，
TEL:03-3268-9740，E-mail:@ibs.or.jp)

$$c_g^{ij} = a_g \frac{w + IR}{p_g^{ij}}, \quad c_s^{ij} = a_s \frac{w + IR}{p_s^{ij}} \quad (3)$$

$$h^i = (1 - a_g - a_s) \frac{w + IR}{p_h^i} \quad (4)$$

買物先 j ゾーンへ行く居住地 i ゾーンの間接効用関数 (V^{ij}) は次式で得られる。

$$V^{ij} = \ln(w + IR) - a_g \ln p_g^{ij} - a_s \ln p_s^{ij} - (1 - a_g - a_s) \ln p_h^i + A^j + D \quad (5)$$

ここで D はゾーン間で不変の定数項である。

間接効用関数から、ゾーン i 居住者、買物先 j の家計の立地選択確率 (Pr_h^{ij}) は、ロジットタイプの下式となる。

$$\text{Pr}_h^{ij} = \frac{\exp(V^{ij})}{\sum_{i', j'} \exp(V^{i'j'})} \quad (6)$$

(3) 企業の経済行動

企業による生産は、各機能の生産がコブダグラス型で合成され、最終財となると仮定する。一方、サービス財は合成されないと仮定した。

$$\max. p_g Y_g - \sum_{f=1}^4 p_f Y_f \quad (7)$$

$$\text{s.t. } Y_g = \prod_{f=1}^4 (Y_f)^{r_f} \quad (8)$$

$$Y_f = r_f p_g Y_g / p_f \quad \forall f \quad (9)$$

$$Y_s = Y_5 \quad (10)$$

ここで、 Y_f : 機能 f ($f = 1$: 管理, 2 : 財生産, 3 : 財輸送, 4 : 財販売, 5 : サービス販売) の都市圏総生産を表す。 r_f ($\sum_{f=1}^4 r_f = 1$) は分配シェアパラメータである。これより財価格 p_g が導出される。

ゾーン i に立地する機能 f は、生産技術制約下で生産量 y_f^i に対して要する付加価値の費用を最小化すると考える。

$$\min. w L_f^i + p_h^i K_f^i \quad (11)$$

$$\text{s.t. } y_f^i = (L_f^i)^{a_f} (K_f^i)^{1-a_f} (ACC_f^i)^{b_f} \quad (12)$$

ここで、 w は賃金率、 p_h^i はゾーン i 地代水準、 L_f^i はゾーン i 機能 f の従業者数、 K_f^i はゾーン i 機能 f の土地面積、 y_f^i はゾーン i 機能 f の生産を表す。ACC $_f^i$ はゾーン i 機能 f アクセシビリティであり、他地域への一般化費用の機能 f の従業者数による重み付け平均の逆数で定義する。

費用最小化問題を解くと、下式のゾーン i 要素需要関数が導出される。これより p_f^i が導出される。

$$L_f^i = \left(\frac{(1-a_f)w}{a_f p_h^i} \right)^{-(1-a_f)} (ACC_f^i)^{-b_f} y_f^i \quad \forall f, i \quad (13)$$

$$K_f^i = \left(\frac{a_f p_h^i}{(1-a_f)w} \right)^{-a_f} (ACC_f^i)^{-b_f} y_f^i \quad \forall f, i \quad (14)$$

企業の立地選択行動は、単位費用 (生産者価格) が小さいゾーンを選択する。 z^i を単位費用以外に立地選択に影響を及ぼす確率的要因と仮定すると、下式の関係が得られる。このとき、ゾーン i はゾーン i' よりも立地選択確率が高い。

$$p_f^i + z^i < p_f^{i'} + z^{i'} \quad \forall f, i \quad (15)$$

z^i はガンベル分布に従うと仮定して、機能 f のゾーン i への立地選択確率 (Pr_f^i) は、ロジットタイプの下式となる。

$$\text{Pr}_f^i = \frac{\exp(-p_f^i)}{\sum_{i'} \exp(-p_f^{i'})} \quad \forall f, i \quad (16)$$

ゾーン i 機能 f の生産額は下式で求められる。

$$y_f^i = \text{Pr}_f^i Y_f \quad \forall f, i \quad (17)$$

(4) 市場均衡

一般均衡の仮定より、土地市場、労働市場、

財市場について，以下の市場均衡が成立する．

$$B^i \bar{H}^i = N^i h^i + \sum_f K_f^i \quad (18)$$

$$\bar{N} = \sum_{f,i} L_f^i \quad (19)$$

$$Y_{f'} = \sum c_{f'}^{ij} + \bar{I}_{f'} + \bar{G}_{f'} + (\bar{E}_{f'} - \bar{M}_{f'}) \quad (20)$$

(18)式の左辺はゾーン*i*の容積率(B^i)を考慮した床面積総供給量である．右辺はゾーン*i*の床面積総需要量であり，企業の土地需要 K_f^i と家計の土地需要 $N^i h^i$ からなる．価格はゾーン値 p_h^i で算定される．(19)式は都市圏全体での労働需給均衡式である．(20)式において($f' = g, s$)， $\bar{I}_{f'}$ ， $\bar{G}_{f'}$ ， $\bar{E}_{f'}$ ， $\bar{M}_{f'}$ は都市圏の総固定資本形成，政府最終消費支出，移輸出，移輸入である．

(5) 交通行動

交通行動は，交通発生，目的地選択，交通手段選択，経路選択の4段階で行われるものとし，一般的な交通モデルを適用する．

なお，家計および企業の交通発生は，トリップ目的別(企業はさらに機能別)に設定する．

$$Q_o^i = unit_o N^i \quad (21)$$

$$Q_{f',o_f}^i = unit_{o_f} L_f^i \quad (22)$$

ここで， N^i はゾーン就業者数， L_f^i はゾーン従業者数， $unit$ ：交通発生原単位である． o はトリップ目的， f は企業の機能($f = 1$:管理， 2 :財生産， 3 :財輸送， 4 :財販売， 5 :サービス販売)を表す．

3. 実証分析

(1) 概要

以上のモデルについて，首都圏を対象とした実証モデルを構築し，東京都心部におけるロードプライシングが土地利用(人口・従業人口の移動)，経済および交通に及ぼす影響を計測することにより，実証分析の例を示す．

実証分析にあたり，モデルの外生変数である都市圏総人口，ゾーン面積および容積率，ゾーン間距離および所要時間は，東京都市圏パーソントリップ調

査(1998)のデータを用いた．パラメータについては，家計の経済行動における支出シェア(a_s, a_g)は家計調査(2000)より設定した．最終消費財の企業の各機能への分配シェア(r_f)は国勢調査(2000)における職能別従業人口より，生産要素への分配シェア(a_f, b_f)は既存研究の成果を用いた．

なお，東京都心部へのロードプライシングによって，すべての家計，企業が(6)式，(16)式の立地選択確率に従う立地変更の対象となるというのは現実的でないと考え，東京都市圏内々での1年あたり移転率分に相当する家計，企業を立地変更の対象とした．

(2) シミュレーションケース

シミュレーションのケースとして，Case0~2の3ケースを設定する．ここで，Case0は課金なしのケース，Case1は都心4区(千代田区・中央区・港区・新宿区)に対して500円/トリップの課金を行うケース，Case2を都心4区+文京区・台東区・品川区・目黒区・渋谷区・豊島区・北区・荒川区・中野区・板橋区に対して同様に500円/トリップの課金を行うケースとする．

(3) シミュレーション結果

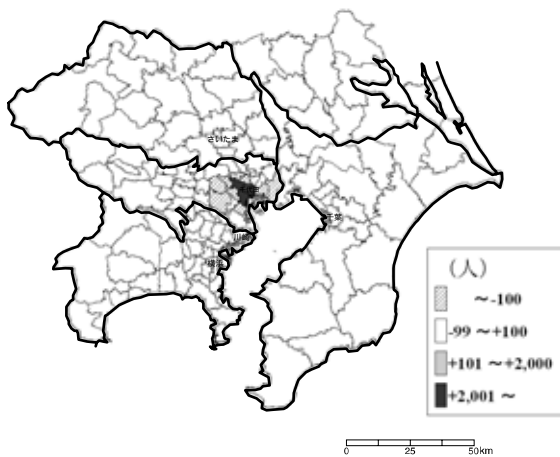
実証モデルによるシミュレーションの結果，東京都心部のロードプライシングが及ぼす影響について，主に以下の点が示された．

- ・ロードプライシングにより，夜間人口，従業人口は，プライシングエリア外のゾーンから課金を避けるため課金エリア内に集積する．人口移転の影響は，課金エリアの隣接地域では従業人口が減少し，既存の集積地域(横浜市・千葉市・さいたま市等)では影響が微少もしくは微減，都市圏郊外部では減少の傾向が見られる．
- ・課金施策により従業人口が課金エリア内に集積することから，集積の経済効果が得られ，都市圏全体での総生産は増加する．課金エリアが広がるCase2では，集積効果が更に発現し，総生産の増加がCase1よりも大きくなる．
- ・地代水準は，夜間人口と従業人口の分布変化，および総生産変化の影響を受けて決定されるが，Case1・Case2ともに課金エリア内で増加する傾

向が見られる。

- ・自動車交通への影響については、交通課金エリア内の課金対象となる一般国道では交通量が減少し、高速道路へ転換する現象が見られる。これは、高速道路の走行条件が課金により相対的に一般道路より有利になると考えられることによる。また、課金エリアを通過することを避ける迂回交通も一部見られる。

<ケース1 - ケース0>



<ケース2 - ケース0>

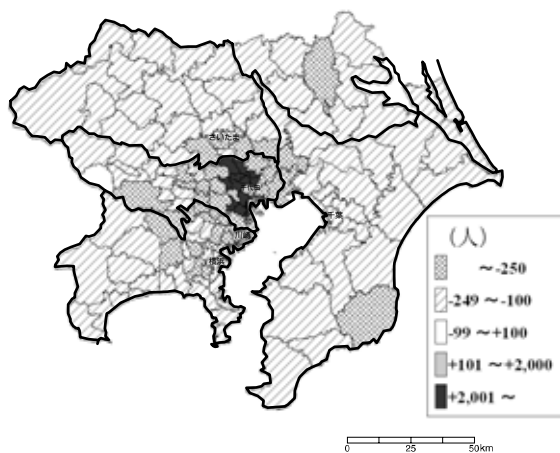


図 - 1 夜間人口の変化

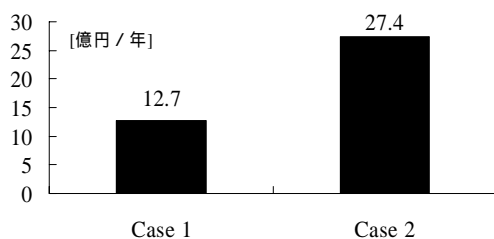


図 - 2 都市圏総生産の増加

4. おわりに

本稿では、企業の行動（立地、交通等）は、本社、財生産、財輸送、財販売、サービス販売といった機能に依存すると考え、企業を機能別にモデル化した一般均衡型の土地利用・交通モデルを提案した。また、首都圏を対象とした実証モデルを構築し、東京都心部におけるロードプライシングの影響を計測した。この結果、ロードプライシングは人口および従業員人口を課金エリア内に集積させ、集積の経済効果によって都市圏総生産は増加することが示された。

なお、本モデルは、課金施策の影響分析のみならず、環状道路等のネットワーク整備等、様々な都市交通施策の評価に適用可能である。ただし、本モデルのパラメータ設定等は更なる精査が必要であり、より精度の高い評価ができるよう改良を施す必要があると考える。

謝辞

本研究を進めるにあたり、東北大学 佐々木公明教授、早稲田大学 杉山雅洋教授、東北大学 河野達仁講師、(財)計量計画研究所 国久荘太郎シニアフェローおよび毛利雄一次長から多くのご示唆をいただいた。深く謝意を表したい。

参考文献

- 1) Tetsuji SATO and Seiichi HINO: A Spatial CGE Analysis of Road Pricing in the Tokyo Metropolitan Area, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.6 (CD-Rom), 印刷中, 2005
- 2) 横山真幸・上坂克巳・樋野誠一・吉田朗・林山泰久：福島西道路を事例とした応用一般均衡分析によるバイパス整備の経済評価，土木計画学研究・講演集，Vol.27 (CD-Rom)，2003
- 3) 文世一：地域間人口配分からみた交通ネットワークの評価，東北建設協会 建設事業の技術開発に関する助成（助成番号 95-06）研究成果報告書，1997
- 4) 上田孝行・武藤慎一・山口勝弘・山崎清：応用都市経済モデルによる交通環境政策の実証的評価，応用地域学会第17回研究発表会，2003