

貨物流動の実態を踏まえた応用一般均衡型土地利用・交通モデル*

CGE TYPE LAND-USE TRANSPORT MODEL CONSIDERING ACTUAL FREIGHT TRANSPORT*

佐藤 徹治**・樋野 誠一***

By Tetsuji SATO** and Seiichi HINO***

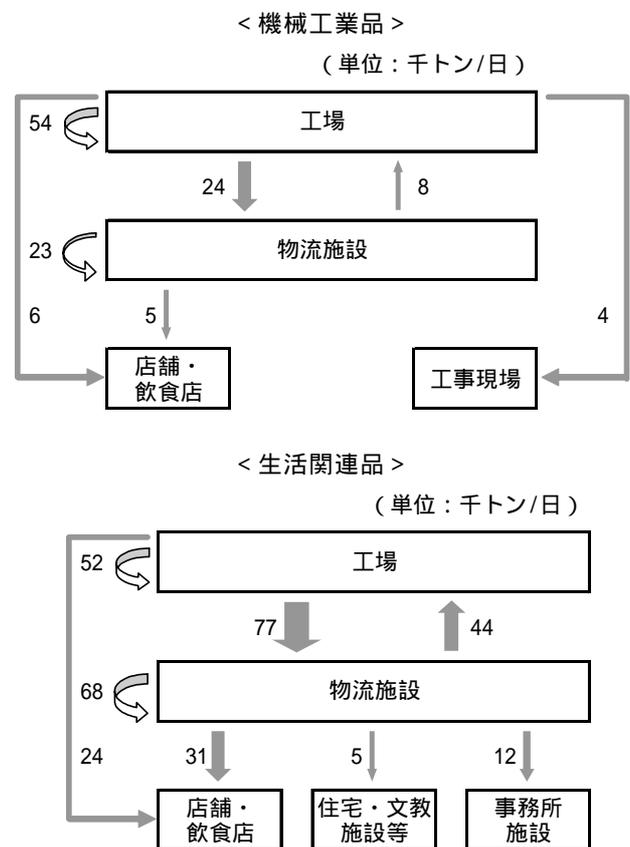
1. はじめに

経済主体の合理的行動、各ゾーンでの土地市場の均衡を仮定した土地利用・交通モデル、すなわち、応用都市経済モデルや応用一般均衡型土地利用・交通モデルとしては、これまで多くの実証モデル^{例えば、^{1) 2)}}が提案されており、近年では、実際の交通施策評価にも用いられ始めている。しかし、従来のモデルにおいては、道路混雑や地球環境に及ぼす影響が極めて大きい貨物流動（貨物の発生、目的地選択、経路選択等）があまりに単純化されており、実態との乖離が大きいと考えられる。また、貨物が発生する工場や物流施設等の企業の施設立地、家計の立地については、従来モデルでは用途地域の規制が考慮されていないために、非現実的なシミュレーション結果が得られている可能性がある。

本稿では、第4回東京都市圏物資流動調査（2003）³⁾の公表データ等に基づき、貨物の施設間流動等の実態を把握した上で、実態に即した貨物の目的地選択モデルを構築し、これを応用一般均衡型土地利用・交通モデルの一部として組み込むことにより、従来と比較して信頼度の高い価モデルを提案する。また、実証分析の例として、構築したモデルを用い、東京主要部におけるロードプライシングが土地利用、経済、交通等に及ぼす影響を計測する。なお、実証分析においては、用途地域の規制を考慮する場合と考慮しない場合のシミュレーション比較を行い、用途地域規制を考慮することの意義を検証する。

2. 貨物流動の実態

東京都市圏の品目別の施設間流動に着目すると、機械工業品については、工場間、工場から物流施設、物流施設間の流動がほとんどとなっている。一方、生活関連品（農水産品、食料工業品、日用品）については、工場間、工場から物流施設、物流施設間、物流施設から店舗・飲食店の流動が比較的多い。



出典) 第4回東京都市圏物資流動調査データより作成

図 - 1 施設間流動量（純流動ベース）

次に、工場から物流施設への流動の発生集中地域をみると、発生地域は、郊外の放射方向の高速道路沿線地域が多く、集中地域は、東京湾臨海部（横浜～東京～千葉）および放射方向の高速道路沿線地域が多くなっている。

*キーワード：産業立地、物資流動

**正会員、博(工)、(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:shino@ibs.or.jp)

3. モデル

(1) 全体構成

モデルは、応用一般均衡型土地利用モデルと交通モデルで構成される。応用一般均衡型土地利用モデルは、都市圏全体での財市場および労働市場の均衡、各ゾーンでの土地市場の均衡を仮定し、各ゾーンにおける人口、従業人口、総生産等をアウトプットするものである。交通モデルは、交通目的（通勤、私事、業務、貨物輸送）別に交通の発生、目的地選択、交通手段選択をモデル化するものである。なお、貨物輸送については、交通手段は自動車のみと仮定し、手段選択を考慮しない。

(2) 交通モデル

交通発生

家計の交通発生は人口に、企業の交通発生は従業人口に比例すると仮定し、トリップ目的（通勤、私事、業務）別、さらに業務目的については、企業の機能（管理、財生産、財輸送、財販売、サービス販売）別に発生原単位を設定する。

目的地選択

ゾーン*i*における発生交通の目的地（ $j \neq i$ ）における部分効用*V*は、目的地*j*の従業者数および*i* *j*間の交通一般化費用に依存すると考える。

$$V_{ij} = a_0 + a_1 \cdot \ln(L_j) + a_2 \cdot \ln(P_{ij} + wT_{ij}) \quad (1)$$

ここで、*L* は従業者数、*P* は貨幣費用、*T* は所要時間、*w* は時間価値である。このとき、ゾーン*i*における発生交通の目的地*j*の選択確率（ Pr_{ij} ）は、ロジットモデルを用いて下式で表される。

$$\text{Pr}_{ij} = \frac{\exp(V_{ij})}{\sum_j \exp(V_{ij})} \quad (2)$$

貨物の目的地選択については、前述した貨物流動の実態を踏まえ、工場から物流施設等の施設間別にモデル構築を行う。

交通手段選択

通勤、私事、業務目的の交通手段選択については、一般的なロジットモデルを適用する。

(3) 応用一般均衡型土地利用モデル

家計

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。

$$\max. u(c_g^{ij}, c_s^{ij}, h^i, A^j) = a_g \ln c_g^{ij} + a_s \ln c_s^{ij} + (1 - a_g - a_s) \ln h^i + A^j \quad (3)$$

$$\text{s.t. } w + IR = p_g^{ij} c_g^{ij} + p_s^{ij} c_s^{ij} + p_h^i h^i \quad (4)$$

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 価格である。

上記の効用最大化問題を解き、導出される需要関数を(3)式に代入すると、買い物先*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、買い物先*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。

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

企業

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。

$$\min. wL_f^i + p_h^i K_f^i \quad (7)$$

$$\text{s.t. } y_f^i = (L_f^i)^{a_f} (K_f^i)^{1-a_f} (ACC_f^i)^{b_f} \quad (8)$$

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。を 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、ゾーン i 要素需要関数が導出され、これにより p_f^i が導出される。

$$p_f^i = a_f^{-a_f} (1-a_f)^{(1-a_f)} w^{a_f} p_h^i (1-a_f)^{b_f} ACC_f^i^{-b_f} \quad (9)$$

企業は、立地に際して、単位費用が小さいゾーンを選択すると仮定すると、機能 f のゾーン i への立地選択確率 (Pr_f^i) は、下式となる。

$$\text{Pr}_f^i = \frac{\exp(-p_f^i)}{\sum_i \exp(-p_f^i)} \quad \forall f, i \quad (10)$$

なお、財の生産は、各機能（管理、生産、輸送、販売）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。

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、市場均衡を仮定する。

4. 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、モデルのパラメータは、東京都市圏パーソントリップ調査（1998）、東京都市圏物資流動調査（2003）等のデータを用いて推定する。

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、(10)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する。

また、実証分析では、用途地域の規制を考慮する場合と考慮しない場合についてシミュレーションを実施し、比較を行う。用途地域の規制については、ここでは簡単のため、家計は低層・中高層住居専用地域および住居地域、企業の管理・財販売・サービス販売機能は商業・近隣商業地域および準住居地域、財生産・財輸送機能は工業・工業専用・準工業地域に限り新規立地が可能と仮定する。

(2) シミュレーションのケース

シミュレーションのケースとして、東京主要部（千代田区・中央区・港区・新宿区・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）に入ってくるトリップに対して500円/トリップの課金を行うケースを設定し、課金なしのケースとの比較を行う。

(3) シミュレーション結果

シミュレーションの結果、東京主要部のロードプライシングが及ぼす影響および用途地域規制を考慮する影響について、以下のことが示された。

- ・家計（夜間人口）は、ロードプライシングにより、課金エリアから課金エリア外の都市圏全体に移転する。用途地域規制を考慮する影響は小さい。
- ・企業（従業人口）は、ロードプライシングにより、課金エリアから課金エリア外に移転する。ただし、用途地域規制を考慮する場合、考慮しない場合と比較して移転する従業人口はかなり少ない。
- ・地域内総生産は、用途地域規制を考慮する場合、ロードプライシングによりすべての地域で減少し、都市圏全体では約1兆1,700億円の減少となる。用途地域を考慮しない場合には、課金エリアでは減少、課金エリア以外では増加し、都市圏全体では約1,100億円の減少となる。
- ・交通発生トリップ数は、ロードプライシングにより、課金エリアを含む東京23区で減少する一方、

その他地域では増加する。トリップ数の減少は、用途地域を考慮する場合には約 10.0 万トリップ、用途地域を考慮しない場合には約 7.0 万トリップである。

- ・ 年間の課金収入は、用途地域を考慮する場合には約 1,670 億円、用途地域を考慮しない場合には約 1,620 億円となる。

< 用途地域規制を考慮 >



< 用途地域規制を考慮しない >

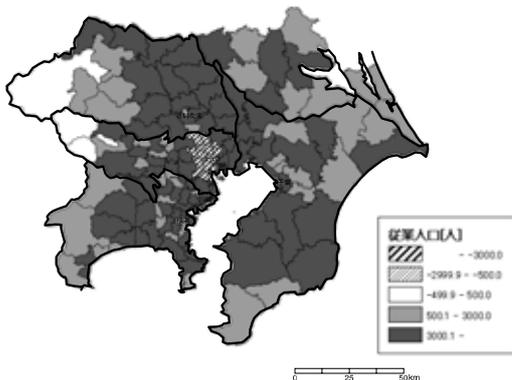


図 - 2 従業人口の変化

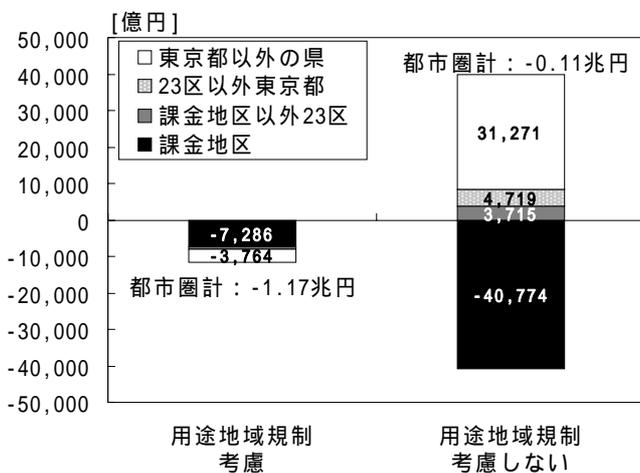


図 - 3 都市圏総生産の増加

4 . おわりに

本稿では、貨物の施設間流動の実態を把握した上で、施設間別の目的地選択モデルを推定し、これを組み込んだ応用一般均衡型土地利用・交通モデルを構築した。また、首都圏を対象とした実証モデルによるシミュレーションの結果、東京主要部におけるロードプライシングは、課金エリアの人口や従業人口を課金エリア外に移転させ、都市圏全体の総生産を減少させる一方で、課金エリアでの交通トリップの減少をもたらすこと、総生産の減少分以上の課金収入が得られる可能性があることが明らかになった。

また、用途地域の規制を考慮する場合と考慮しない場合では、土地利用や経済、交通に及ぼす影響が大きく異なることが示された。このことは、土地利用モデルにおける用途地域規制を考慮することの重要性を意味するとともに、土地利用モデルを施策評価に用いる際には、諸仮定を慎重に検討する必要があることを示唆していると言えよう。

本稿のモデルに交通量配分モデルを組み合わせることにより、ロードプライシングによる経路選択の変化（課金エリアの迂回等）に伴う渋滞解消、地域環境や地球環境の改善効果等の計測が可能となる。また、配分モデルを本稿のモデルにフィードバックさせることにより、道路サービスレベルの変化が家計・企業の立地や目的地選択、交通手段選択に及ぼす影響を考慮することができる。ただし、貨物輸送に特有なチェーントリップ等の貨物車行動をモデル化し、交通量配分モデルと組み合わせしていくことは今後の課題である。

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), pp.608-623, 2005
- 2) 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
- 3) 東京都市圏交通計画協議会：第4回東京都市圏物資流動調査、2003