

産業主体別の行動に着目した応用都市経済モデルの開発 *

Construction of Computable Urban Economic Model focused on Producing Behavior of Each Industrial Sector *

武藤慎一**・伊藤聖晃***

By Shinichi MUTO**, Toshiaki ITO***

1. はじめに

これまで、交通均衡と立地均衡とを統合的に扱ったモデル分析に係わる研究が積極的に実施されてきた。筆者らも応用都市経済(Computable Urban Economic: CUE)モデルおよび、立地均衡を考慮した応用一般均衡モデルの開発とその便益評価への適用に係わる研究に取り組んできた。特にCUEモデルは交通と立地の同時均衡モデルである。それらは、従来、交通解析の分野で開発が進められてきた交通需要予測モデルをベースとし、それに居住者や企業の経済活動を統合的に導入したものである。特に、交通行動もミクロ経済学的行動モデルに基づき定式化したことにより、立地選択行動も含めた経済行動と交通行動との整合性が保たれている点に特徴がある。しかし、これまで筆者らが開発を行ってきた立地均衡を考慮した応用一般均衡モデルでは、産業立地行動の部分が不十分であった。そのため、本研究ではその部分を補完するためにCUEモデルにより複数産業の立地行動をモデル化してゆく。

2. 本研究のCUEモデル

(1) 前提条件

本 CUE モデルは、産業区分として基幹産業(第一次産業, 第二次産業), サービス産業(対事務所), 商業部門, 運輸部門に分類する。これは、特に基幹産業とサービス産業とでは、立地行動が異なるであろう点を明示的に扱おうと考えたことと、商業部門は、基幹産業より生産財を搬入して家計に販

売するという、生産財の産業から家計への流通を中継する役割を果たしていることに注目し、更にそれが商業部門の立地にどのような影響を与えているかを示そうと考えたためである。

なお、CUE モデルの基本的な構造は既存のものと同様であるため、ここでは省略する。

(2) 産業の行動モデル

a) 基幹産業の費用最小化行動

基幹産業は労働、土地そして旅客および貨物運輸サービスを投入して財を生産する。それらの行動モデルは費用最小化の枠組みで構築することとする。まず、労働、土地、旅客運輸サービスの投入量を決定する。

$$c_j^m = \min_{L_j^m, A_j^m, X_j^m} wL_j^m + h_j^F A_j^m + q_{Xji} X_j^m + p_T T_j^m \quad (1a)$$

$$\text{s.t.} \quad pc_j^m = \eta_j^m L_j^{\alpha_m^L} A_j^{\alpha_m^A} X_j^{\alpha_m^X} (=1) \quad (1b)$$

$$\sum_f \alpha_m^f = 1 \quad f: \text{生産要素}$$

c_j^m : 生産費用, L_j^m : 労働投入量, A_j^m : 土地投入量, X_j^m : 旅客運輸投入量, T_j^m : 貨物運輸投入量, w : 賃金率, h_j^F : 業務地代, q_{Xji} : 旅客運輸の一般化価格, p_T : 貨物運輸価格, pc_j^m : 生産容量, η_j^m : 効率パラメータ

そして、式(1)を解くことにより、単位生産容量に対する生産要素需要量が以下のように求められる。

$$D_{Lj}^m = \frac{1}{\eta_j^m} \left[\frac{\alpha_m^L h_j^F}{\alpha_m^A w} \right]^{\alpha_m^A} \left[\frac{\alpha_m^L q_{Xji}}{\alpha_m^X w} \right]^{\alpha_m^X} \quad (2a)$$

$$D_{Aj}^m = \frac{1}{\eta_j^m} \left[\frac{\alpha_m^A w}{\alpha_m^L h_j^F} \right]^{\alpha_m^L} \left[\frac{\alpha_m^A q_{Xji}}{\alpha_m^X h_j^F} \right]^{\alpha_m^X} \quad (2b)$$

*キーワード:

** 正会員 博(工) 大阪工業大学工学部都市デザイン工学科
(大阪市旭区大宮 5-16-1, TEL: 06-6954-4203,

FAX: 06-6957-2131, E-Mail: muto@civil.oit.ac.jp)

*** 学生員 大阪工業大学大学院工学研究科都市デザイン工学専攻

$$D_{Xj}^m = \frac{1}{\eta_j^m} \left[\frac{\alpha_m^X w}{\alpha_m^L q_{Xji}} \right]^{\alpha_m^L} \left[\frac{\alpha_m^X h_j}{\alpha_m^A q_{Xji}} \right]^{\alpha_m^A} \quad (2c)$$

また、貨物運輸サービス投入は中間投入財の投入に際し、その投入量を調達先の時間距離に依存して決定されるとして定式化を行う。

$$C_j^m = \min_{pc_j^m, z_j^{m-m'}} \left[tc_j^m \cdot pc_j^m + \sum_{m'} \sum_k \left[\left\{ p_{m'} + p_T \mu^{Tm'} \left(\frac{t_{kj}}{t_{jj}} \right)^{\sigma_T} \right\} \Pr_{kj}^{Fm'} z_j^{m-m'} \right] \right] \quad (3a)$$

$$\text{s.t. } y_j^m = \min \left[\frac{pc_j^m}{a_m^0}, \dots, \frac{z_j^{m-m'}}{a_m^{m'}} \right] \quad (3b)$$

ただし、 $z_j^{m-m'}$ ： m' 財の中間投入量、 t_{jk} ：ゾーン $j-k$ 間の交通所要時間、 $\Pr_{ji}^{Fm'}$ ：中間投入財の投入先選択確率、 $\mu^{Tm'}$ ：貨物マージン(単位中間投入財輸送のために必要な貨物サービス投入量)、 p_T ：貨物サービス価格、 $p_{m'}$ ： m' 財価格、 y_j^m ：生産量、 a_m^0 ：生産容量比率、 $a_m^{m'}$ ：中間投入係数、 tc_j^m ：生産容量の単位費用、 C_j^m ：生産費用。

式(3)を解くと以下の解が得られる。

$$pc_j^m = a_m^0 y_j^m, \quad z_j^{m-m'} = a_m^{m'} y_j^m \quad (4)$$

基幹産業の生産量は需要量に応じて決定されるとする。なお、生産財価格は1で固定とする。その結果、利潤は以下より得られる。

$$\pi_j^m = p_m y_j^m - C_j^m \quad (5)$$

π_j^m ：企業利潤

b) サービス産業の消費最小化行動

サービス産業は基本的な生産行動モデルの枠組みは基幹産業と同様である。ただし、サービス産業はその産業において、旅客運輸投入が特に重要となると考え、そのモデル化を行う。

その場合、同業のサービス産業同志の間での業務トリップが最も重要視されると本研究は考えた。すなわち、同業者間での情報交換が生産性向上に寄与すると考えたものである。

具体的なモデル化としては、旅客運輸投入において目的地を選択する際、目的地の魅力度にサービス業の従業人口を入れた。これにより、サービス業については、業務トリップ消費を介して規模の経済性が働くことになる。

モデルとしては、旅客運輸の目的地選択確率を以下よりもとめる。

$$P_{Xij} = \frac{\xi_j (-q_{Xij} + \theta E_j^S)}{\sum_k \xi_k (-q_{Xik} + \theta E_k^S)} \quad (6)$$

P_{Xij} ：業務トリップの目的地選択確率、 θ ：パラメータ、 E_j^S ： j ゾーンの商業の従業人口 S ：商業の添え字

c) 商業の消費最小化行動

商業は家計が必要とする基幹産業の財を貨物輸送コストをかけて入手する。そして、財の価格に商業マージンを付加して家計に提供し、その付加分の利益を得るのである。ここで、貨物輸送コストを時間距離に依存すると仮定すると、商業はできるだけ基幹産業の近辺、または交通の便のよいところに立地して貨物コストを抑え、利潤を高めたいと考える。しかし、家計にとってみれば商業施設は居住地から近い方がよい。なぜなら、商業施設で財を消費するときその施設までの移動コストが生じ、時間距離が長ければそのコストが膨らみ効用が低下するためである。その結果、効用が低下する商業施設の利用機会が減少する。そのため、商業は貨物輸送コストの小さいところ、そして、家計の自由トリップの消費時間ができるだけ小さくなる場所に立地することになる。

以上の商業モデルの定式化は以下のようなものとなる。

$$C_j^m = \min_{pc_j^m, X_m^H} \left[tc_j^m \cdot pc_j^m + \sum_{m'} \sum_k \left[\left\{ p_F \mu^{Tm'} \left(\frac{t_{kj}}{t_{jj}} \right)^{\sigma_T} \right\} \Pr_{kj}^{Tm'} \frac{X_m^H}{E^S} \right] \right] \quad (7)$$

なお、 X_m^H は家計の財 m の j ゾーンでの総需要量である。そして、その際に商業が支払う貨物費用は、当該財の生産地から消費地である i ゾーンまでの距離分の費用である。

これに基づき商業サービスの利用は以下のようになる。

$$\pi_j^m = p_m y_j^m - C_j^m \quad (8)$$

この結果、当該利潤は、家計が必要とする財の貨物輸

送コストが影響することがわかる．

なお，商業サービスの生産については，家計の商業サービス需要をまかなうように決定される．そのため，商業は家計にとってもアクセスのよい地域への立地を考えることになる．

(3) 産業の立地選択行動

産業は，ゾーンごとに交通条件，地代条件が異なるため，生産に伴う費用がゾーンごとに異なり，さらにその結果得られる利潤もゾーンごとで異なってくる．時節で詳述するが費用最小化行動により得られたゾーンごとの利潤を基に，立地選択を行うものとする立地選択は全ゾーンの従業者に対して，彼らがどこで生産するのかを決める枠組みとして定式化する．以下のような利潤を説明変数として，住宅地選択に対する効用関数をCES型で定義し，その最大化問題として定式化した．なお，立地選択行動の枠組みは全産業共通のものである．

$$\pi_j^{m*} = \max_{P_j^m} \left[\sum_j \xi_j^m \sigma_s^m (P_j^m \cdot \pi_j^m)^{\sigma_s^m} \right]^{\frac{1}{\rho_s^m}} \quad (9a)$$

$$\text{s.t. } \sum_j P_j^m = 1 \quad (9b)$$

ただし， P_j^m ：企業の立地選択確率， ξ_j^m ：分配パラメータ， σ_s^m ：代替弾力性パラメータ， $\rho_s^m = \frac{\sigma_s^m - 1}{\sigma_s^m}$ ．

式(9)を解くと，企業の立地選択確率が以下のように得られる．

$$P_j^m = \frac{\xi_j^m \{\pi_j^m\}^{\sigma_s^m - 1}}{\sum_i \xi_i^m \{\pi_i^m\}^{\sigma_s^m - 1}} \quad (10)$$

これより，ゾーン別産業別の従業人口数は以下のように求められる．

$$E_j^m = ET^m \cdot P_j^m \quad (11)$$

ただし， ET^m ：産業 m の総従業者数(固定)．

(4) 家計の立地選択行動

家計については基本的行動の枠組みは既存モデルと同様である．ただし，ここでは j ゾーンに勤務し， i ゾーンに居住する家計を考える．その効用最大化モデルは以下である．

$$V_i^H = \max_{z_i^H, a_i^H, x_i^H, s_i^H} U_i^H(z_i^H, a_i^H, x_i^H, s_i^H) \quad (12a)$$

$$\text{s.t. } z_i + h_i^H a_i + q_i x_i + w s_i = w \left[T - (\delta^B + \delta^S) \sum_{j \neq i} \frac{n_{ij}}{N_i} t_{ij} \right] \quad (12b)$$

V_i^H ：効用水準， U_i^H ：直接効用関数， z_i^H ：合成財消費量， x_i^H ：旅客消費量， s_i^H ：余暇消費量， x_i^A ：家計土地消費量(以上はすべて一人当たりの量である)， h_i^H ：居住地地代， q_i ：旅客の一般化価格， T ：総利用可能時間， δ^B ：家計一人当たり通勤トリップ時間， δ^S ：家計一人当たり自由トリップ時間， n_{ij} ： i ゾーンから j ゾーンへ通勤する家計人口， N_i ： i ゾーンの家計人口

式(12)をとくことにより土地消費量を求めることができる．

$$a_i = a_i(h_i^H, q_i, w) \quad (13)$$

なお，ここでは自由トリップの目的地選択確率において，一般化価格とともに目的地の商業サービスの価格により決定されることとする．なぜなら，ここでは，自由トリップを行った結果，商業サービスを消費すると想定するためである．これより決定される効用水準に応じて家計の立地を決定する．その立地選択行動モデルは以下である．

$$S_j^{H*} = \max_{P_{ji}^H} \left[\sum_i \xi_i^H \sigma_s^H (P_{ji}^H \cdot V_{ji}^H)^{\sigma_s^H} \right]^{\frac{1}{\rho_s^H}} \quad (14a)$$

$$\text{s.t. } \sum_i P_{ji}^H = 1 \quad (14b)$$

ただし， P_{ji}^H ：ゾーン j に勤務する家計のゾーン i の住宅地選択確率， V_{ji}^H ：効用水準， ξ_i^H ：分配パラメータ， σ_s^H ：代替弾力性を示すパラメータ， $\rho_s^H = \frac{\sigma_s^H - 1}{\sigma_s^H}$ ， S_j^{H*} ：最大期待効用値

なお，式(13)を解くと以下のように立地選択確率が得られ，それを式(1a)の目的関数に代入することにより期待効用に基づく効用水準 S_j^{H*} も求められる．

$$P_{ji}^H = \frac{\xi_i^H \{V_{ji}^H\}^{\sigma_s^H - 1}}{\sum_k \xi_k^H \{V_{jk}^H\}^{\sigma_s^H - 1}} \quad (15a)$$

$$S_j^{H*} = \left[\sum_i \xi_i^H (V_{ji}^H)^{\sigma_s^H - 1} \right]^{\frac{1}{\sigma_s^H - 1}} \quad (15b)$$

なお，式(15a)に示す目的関数は，CGEモデル等で効用関数形として用いられるCES型関数に基づき定式化したものである．すなわち，本関数によれば $\rho_s^H = 1$ すなわち $\sigma_s^H = \infty$ のとき，式(1a)は以下

のように単純な期待効用関数に書き換えられる．

$$S_j^{H*} = \max_{P_{ji}^H} \left[\sum_i (P_{ji}^H \cdot V_{ji}^H) \right] \quad (15a')$$

これを解くと，効用均等型の立地配分モデルが導出される．一方， $\rho_s^H = 0$ すなわち $\sigma_s^H = 1$ のとき，式(15a)は以下のようなコブ・ダグラス型関数となる．

$$S_j^{H*} = \max_{P_{ji}^H} \left[\prod_i (P_{ji}^H \cdot V_{ji}^H)^{\xi_i} \right] \quad (15a'')$$

これを解くと， $P_{ji}^H = \xi_i$ となり立地選択確率が変化しないケースとなる．こうして σ_s^H は立地選択確率が効用均等型配分から固定配分まで，その調整の役割を果たすパラメータとなっていることがわかる．(2a)より，ゾーン別家計数は以下のように求められる．

$$N_{ji} = E_j \cdot P_{ji}^H \quad (16)$$

N_{ji} : jゾーンからiゾーンに通勤する家計人口, E_j : 従業人口, なお, iゾーンの家計数は以下ようになる．

$$N_i = \sum_j N_{ji} \quad (17)$$

(5) 土地市場均衡条件

土地市場均衡条件は以下のとおりである．

$$\sum_m E_j^m a_j^m = AS_j^F \quad (18a)$$

$$N_j a_j^H = AS_j^H \quad (18b)$$

AS_j^F : 業務地供給面積, AS_j^H : 居住地供給面積

土地市場は業務地と居住地に分割して考える．業務地に関しては，あるゾーンの産業ごとの一人当たり土地投入量に産業別の従業人口を乗じたもののすべての産業の和が，業務地供給面積と等しくなる．また，居住地に関しても，あるゾーンの家計一人当たり土地消費量に家計人口を乗じたものが居住地面積に等しくなる．

3. おわりに．

本研究では，産業の性質の違いにより基幹産業，サービス産業，商業に分割しそれぞれの産業について詳細なモデル化を行った．特にサービス産業については，情報交換が生産性を向上させるためサービス産業同士が集積するという性質を，目的地選択確率の変数にサービス産業の人口を組み込むことによ

って表現できた．また，商業については家計の消費行動が商業の立地選択行動に大きく影響するという事実を，商業の貨物運輸消費量を家計の商業サービス消費量の関数にすることで表現できた．

今後は数値シミュレーションを行いモデルの挙動を確認し，実証分析を行う．そして，立地均衡を考慮した応用一般均衡モデルの立地行動への統合を図り不十分だった部分の補完を行う．

本研究は，科学研究費補助金・若手研究(B)[課題番号: 16760435]における研究成果の一部であり，この場を借りて関係各位に謝意を表する次第である．

参考文献

- 1) 武藤慎一，上田孝行，高木朗義，富田貴弘：応用都市経済モデルによる立地変化を考慮した便益に関する研究，土木計画学会・論文集 No.17, pp.257-266, 2000.
- 2) MUTO Shinichi, Taka UEDA, Katsuhiko YAMAGUCHI and Kiyoshi YAMASAKI: Evaluation of Environmental Pollutions Occurred by Transport Infrastructure Project at Tokyo Metropolitan Area, Selected Proceedings of 10th World Conference on Transport Research, CD-ROM, No.1152, 2004.
- 3) 武藤慎一，伊藤聖晃：都市交通に係わる環境政策評価のための立地均衡を考慮した応用一般均衡モデルの開発，環境システム研究論文集，Vol.33, pp.275-284, 2005.
- 4) 佐々木公明，文世一(2000)：都市経済学の基礎，有斐閣アルマ.