

SCGEによる土地利用／交通統合モデルの一般化に関する研究*

Spatial Computable General Equilibrium Approach to Generalized Land Use / Transportation Modeling*

宮城俊彦**・本部賢***

By Toshihiko MIYAGI** and Kenichi HONBU***

1. はじめに

本研究の目的は、SCGEモデル¹⁾を土地利用／交通統合モデルとして再構成し、より一般化したモデル（GLUTE = Generalized Land Use/Transportation Equilibrium model）を提案することにある。

土地利用／交通統合モデルにSCGEの概念を導入する際、以下に示すような2つの問題が生じる。

第1の問題は、土地（または住宅）を市場において取引される商品の1つとして取り扱わなければならないという点である。

土地の区画は、地理学上の空間においてただ1つに決定されるため、移動不可能な商品であるとみなせ、移動可能な他の商品と区別する必要がある。またこうしたことから、各世帯の土地の選好は、強い意味での非凸性を示すことになる²⁾。しかし、SCGEモデルでは完全競争の状況を想定しており、こうした状況下での均衡を保証するためには、通常、土地の選好に対し凸性を仮定しなければならない。

そこで本モデルでは、まず新たに住宅産業部門を想定し、土地は投入財の1つとして住宅産業部門のみによって消費されるものと仮定する。また土地は、世帯が所有する基本財産の1つとして、すべて世帯に帰属するものと仮定する。したがって、純粋な住宅立地問題を取り扱うのではなく、住宅産業部門による土地の面積（または住宅の床面積）の需要の問題として取り扱う。また、世帯の立地は与えられており、世帯は住宅のサイズやタイプを選択するものと仮定する。

第2の問題は、空間の記述の問題である。伝統的

な都市経済モデルでは、空間は連続的なものとして取り扱われてきた。またこれらのモデルでは、すべての取引が行われるような中心的1市場空間に限定して企業等の立地理論が展開されてきた³⁾⁴⁾⁵⁾。

これに対し、土地利用／交通統合モデルは主に交通現象の解析を行う必要生から、空間を離散的に取り扱う必要がある。したがって本モデルでは、住宅立地に関しては不連続な市場空間を対象とし、また企業立地に関しては複数の中心的な市場空間を対象とするために多地域モデルとして定式化する。

2. モデルの基本構造

（1）土地利用を考慮したSCGEモデル

SCGEモデルは、1つの閉じた経済空間を仮定し、さらにこうした空間を複数のゾーンに分割し、各ゾーン間の財の移動を仮定している。そして各ゾーンに対して、生産者としての企業、消費者としての世帯、そして企業が生産した財のゾーン間の輸送を行う輸送業者といった3つの経済主体を想定し、これらの最適化行動を2レベルのネスティッドCES関数を用いて定式化している¹⁾。

SCGEモデルでは1個の産業部門（企業）を想定していたが、本モデルでは新たに住宅産業部門を想定し、これを1+1番目の企業として取り扱う。この点に注意すれば、企業及び輸送業者の行動の定式化については、SCGEモデルと同様に行うことができるのでここでは省略する。

しかし、新たに土地を世帯が所有する基本財産の1つとして取り扱うために、世帯の行動については以下のように再定式化する必要がある。

世帯の行動

世帯の効用には2種類あり、1つは商品の消費に対する通常の効用 u^0 であり、もう1つは地域 r に立地することにより得られる効用 u^1_r である。した

* キーワーズ：土地利用，地域計画，交通行動分析

** 正員 工博 岐阜大学教授 工学部土木工学科

(〒501-11 岐阜県岐阜市柳戸1番1 TEL 058-230-1111
FAX 058-230-1528)

*** 正員 工修 岐阜大学大学院 博士後期課程

がって、世帯の効用を、これら2種類の効用の和で表わす。

$$u_r = u_r^0(d_r) + u_r^1(d_r^h, t_r) \quad (1)$$

また、世帯の予算制約は次式で表される。

$$Y_r = \sum_{i=1}^I q_r^i d_r^i + q_r^h d_r^h + \sum_{s=1}^S t_{rs} c_{rs} \quad (2)$$

Y_r ; 地域 r に居住する世帯が得られる総収入（外生的に与えられる）

d_r^i ; 地域 r に居住する世帯による商品 i の総需要量

d_r^h ; 地域 r における住宅サービス（住宅の床面積）の需要量

t_{rs} ; 地域 r s 間のトリップ数

q_r^i ; 地域 r における商品 i のCIF価格

q_r^h ; 地域 r における住宅サービスの価格

c_{rs} ; 地域 r s 間の交通費用

世帯は、こうした予算制約の下で効用の最大化を図るものとする。

CES関数の特徴から、CES型支出関数は世帯の効用とCES型単位費用関数の積に等しくなる⁹⁾。したがって、支出関数はネスティッドCES型構造を採用することによって、次式のように定義することができる。

$$ch_r = u_r \left[\{z_r\}^{1-\sigma} + \{l_r\}^{1-\sigma} \right]^{\frac{1}{1-\sigma}} \quad (3a)$$

$$z_r = \left[\sum_i \delta^i \{q_r^i\}^{1-\sigma_i} \right]^{\frac{1}{1-\sigma_i}} \quad (3b)$$

$$l_r = \left[\delta^h \{q_r^h\}^{1-\sigma_L} + \sum_s \kappa_s \{c_{rs}\}^{1-\sigma_L} \right]^{\frac{1}{1-\sigma_L}} \quad (3c)$$

z_r ; 商品 i の消費に関する支出

l_r ; 地域 r に立地することにより生じる支出

σ ; 支出と支出との間の代替弾力性

σ_i^1 ; 最終消費財 i 間の代替弾力性

σ_L ; 住宅サービス購入費用と交通費用との間の代替弾力性

$\delta^i, \delta^h, \kappa_s$; シェア・パラメータ (>0)

(3a)式の逆関数を求めることによって間接効用関数 V_r を求めることができる。

$$V_r(q_r, q_r^h, c_r, Y_r) = Y_r \left[\{z_r\}^{1-\sigma} + \{l_r\}^{1-\sigma} \right]^{\frac{1}{1-\sigma}} \quad (4)$$

世帯は、自らが所有する基本財産（外生的に与えられる）を生産投入要素として企業に売ることによって収入を得るので、均衡状態における所得は、次式のように生産投入要素の価格 w_s^k と量 F_{rs}^k を用いて表

される。

$$Y_r = \sum_k \sum_s \bar{F}_{rs}^k w_s^k \quad (5)$$

ここで、 $\bar{F}_{rs}^k$ は地域 r に居住する世帯が所有する基本財産（生産投入要素）量を表す。また、生産投入要素のうち、 $k=1$ 、すなわち労働力については、 $F_{rs}^k > 0$ という条件が成り立ち、そして、 $k=2, 3$ すなわち資本及び土地については $F_{rs}^k = 0$ ($r \neq s$) という条件が成り立つ、すなわち労働力については地域間移動を認め、資本及び土地については地域間移動を認めないものと仮定する。

ロウの定理より、各生産投入要素の需要関数が得られる。

$$d_r^i = - \left(\frac{\partial V_r}{\partial q_r^i} \right) / \left(\frac{\partial V_r}{\partial Y_r} \right) = - \left(\frac{\delta^i \{q_r^i\}^{1-\sigma_i}}{\sum_i \delta^i \{q_r^i\}^{1-\sigma_i}} \right) \left(\frac{\{z_r\}^{1-\sigma}}{\{z_r\}^{1-\sigma} + \{l_r\}^{1-\sigma}} \right) \left(\frac{Y_r}{q_r^i} \right) \quad (6a)$$

$$d_r^h = - \left(\frac{\partial V_r}{\partial q_r^h} \right) / \left(\frac{\partial V_r}{\partial Y_r} \right) = - \left(\frac{\delta^h \{q_r^h\}^{1-\sigma_L}}{\Gamma_r} \right) \left(\frac{\{l_r\}^{1-\sigma}}{\{z_r\}^{1-\sigma} + \{l_r\}^{1-\sigma}} \right) \left(\frac{Y_r}{q_r^h} \right) \quad (6b)$$

$$t_{rs} = - \left(\frac{\partial V_r}{\partial c_{rs}} \right) / \left(\frac{\partial V_r}{\partial Y_r} \right) = - \left(\frac{\kappa_s \{c_{rs}\}^{1-\sigma_L}}{\Gamma_r} \right) \left(\frac{\{l_r\}^{1-\sigma}}{\{z_r\}^{1-\sigma} + \{l_r\}^{1-\sigma}} \right) \left(\frac{Y_r}{c_{rs}} \right) \quad (6c)$$

$$\text{ただし、} \Gamma_r = \delta^h \{q_r^h\}^{1-\sigma_L} + \sum_s \kappa_s \{c_{rs}\}^{1-\sigma_L}$$

また、オイラーの定理より次式が成り立つ。

$$ch_r = \sum_{i=1}^I d_r^i q_r^i + d_r^h q_r^h + \sum_{s=1}^S t_{rs} c_{rs} \quad (7)$$

(2)、(7)式より、世帯の総収入と総支出が一致することが分かる。したがって、総支出に占める商品消費に係る費用の割合が与えられると、(3)式より世帯の効用水準 u_r を求めることができる。また、(6)式より各需要量が求められる。このうち、最終需要 d_s^1 をSCGEモデルのI O方程式に代入することにより、

各商品の生産量 X_r^i が求められる⁷⁾。

均衡状態では、以下のような各生産投入要素市場の需給バランス式が成り立つ。

$$\bar{E}_r = \sum_{i=1}^{I+1} E_r^i = \sum_{i=1}^{I+1} c_r^{i1}(w_r^1) X_r^i, \quad r = 1, \dots, S \quad (8a)$$

$$\bar{K}_r = \sum_{i=1}^{I+1} K_r^i = \sum_{i=1}^{I+1} c_r^{i2}(w_r^2) X_r^i, \quad r = 1, \dots, S \quad (8b)$$

$$\bar{L}_r = L_r = c_r^{i3}(w_r^3) X_r^i, \quad r = 1, \dots, S \quad (8c)$$

$$\text{ただし, } \bar{E}_r = \bar{F}_r^1, \quad \bar{K}_r = \bar{F}_r^2, \quad \bar{L}_r = \bar{F}_r^3$$

各生産投入要素量 $\bar{E}_r, \bar{K}_r, \bar{L}_r$ は外生的に与えられるので、(8)式は各生産投入要素に対する超過需要システムを表す。また、粗付加価値係数 c_r^{i1} は、生産投入要素の価格 w_r^1 の関数として与えられるので⁷⁾、超過需要がゼロでない場合には、超過需要を満たすように w_r^1 の値が変化し、同時に c_r^{i1} の値も変化するので、また商品の価格 p_r^1, q_r^1 から求め直さなければならない(図-1参照)。こうした反復計算は、収束解が得られるまで繰り返される。もし、超過需要がゼロとなるような生産投入要素の値が求められれば、完全な一般均衡解が求められたことになる。

(2) 交通サブモデル

交通需要は旅客需要と貨物需要の2つに分けられる。これらの需要量はSCGEモデルのアウトプットとして求められるので、交通機関別地域間交通量及びネットワークフローは、従来の交通需要予測手法をそのままサブモデルとして適用することによって求められる。

3. モデルフロー

GLUTEモデルのフローを図-1に示す。本モデルは、大きく2つのパートから構成される。1つは土地利用を考慮したSCGEモデルで記述されるパートであり、もう1つは交通サブモデルである。

第1のパートは、基本的にSCGEモデルのフローそのものである。フローの概略については、2. モデルの基本構造の所で述べたのでここでは省略する。このパートでは、最終的に、商品のある生産量に対応した人及び貨物の地域間移動量がアウトプットさ

れる。

そして交通サブモデルでは、これらのアウトプットを基に、交通ネットワークを与えることによって、交通機関別地域間交通量及びネットワークフローが求められる。

4. 最後に

本研究では、土地利用/交通モデルをSCGEモデルのサブモデルとして位置付け、これらを整合的に統合することにより土地利用/交通統合モデルの一般化を試みた。

本モデルを用いることによって、一般均衡のフレームワークの中で、各地域における土地利用の効果を予測するだけでなく、旅客及び貨物の地域間移動量やネットワークフローも予測することができる。

本モデルでは、簡単化のために、地域間トリップを目的別に区別して取り扱っていないが、ネステッド構造を採用することによってこれらを区別し、より現実に近い形でモデル化することが可能である。

また本モデルでは、地域雇用を外生的に与えているが、これと地域内人口を共に地域間トリップと比例するものと仮定することによって、これらをモデルの中で内生的に決定することができるようになる⁷⁾。すなわち、本モデルを人口内生モデルに拡張することが可能である。このようにモデルを拡張した場合、交通サブモデルを含むすべてのモデルパラメータの値は、SCGEモデルで用いたカラブレーション手法では求めることができない。この場合は、地域間トリップと地域雇用の間、及び地域間トリップと地域内人口の間の2つの比例関係式を二重制約とし、これらを満たすような形でカラブレーション手法を適用することになる⁷⁾。紙面の都合上、こうした人口内生モデルについての記述は割愛する。

参考文献

- 1)宮城俊彦。本部賢一：SCGEモデルによる地域間交通量の推定法に関する研究，土木計画学研究・講演集，No.16(1)-2, pp.879-886, 1993.12.
- 2)Schweiger, U., Varaiya, P., and Hartwick, J. : General equilibrium and location theory, Journal of Urban Economics, 3, 285-303, 1976.

- 3) Mills, E. S. : Studies in the structure of the urban economy, Baltimore, MD, Johns Hopkins University Press, 1972.
- 4) Henderson, J. V. : Economic theory and the cities, New York, Academic Press, 1977.
- 5) Fujita, M. : Urban economic theory, Cambridge University Press, Cambridge, 1989.
- 6) Varian, H. R. : Microeconomic Analysis (3rd edition),

Norton, New York, 1992.

- 7) Miyagi, T. : Spatial computable general equilibrium approach to generalized land use/transportation modeling, the Conference on Network Infrastructure and the Urban Environment Recent Advances in Land-Use/Transportation Modelling, Smandalaro Gard, Sweden, 1994.

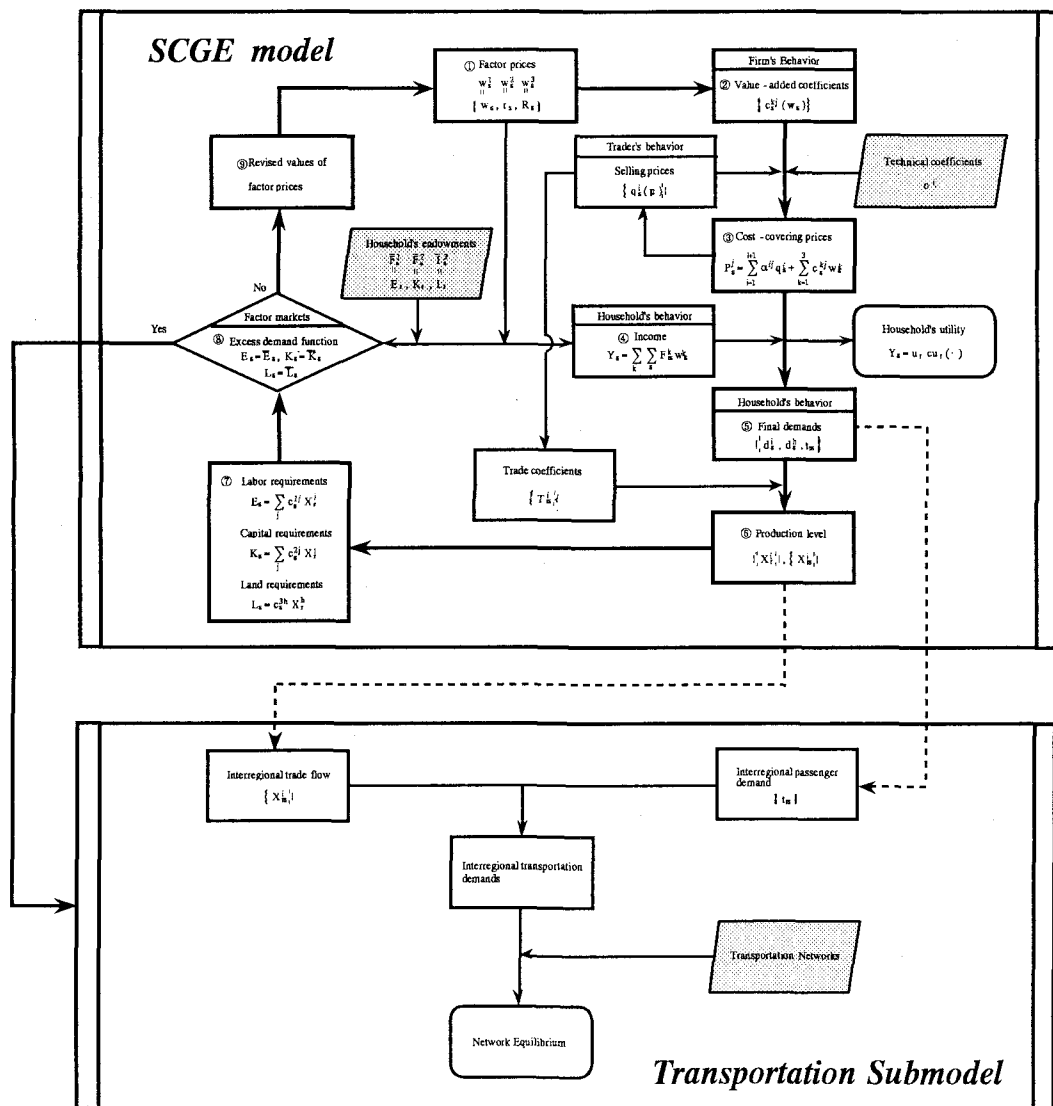


図-1 モデルフロー