

多地域応用一般均衡モデルに用いる交易係数について*

Modelling of Trade coefficient in Multi-regional Applied General Equilibrium Model

宮城俊彦**, 本部賢一***, 大橋謙一****, 井上恵介*****

By Toshihiko MIYAGI**, Kenichi HONBYU***, Kenichi OOHASHI****, Keisuke INOUE*****

1. はじめに

高速道路は、地域連携のための重要なインフラと考えられており、現在、第2東名、第2名神をはじめ数多くの高速道路整備計画が立てられている。過去に東北自動車道が完成したときには、効果として技術先端型業種の増加、人口の層化、観光客の増加が報告された¹⁾。また、高速道路の施設効果のメカニズムとして高速道路の開通によって工業立地が進み、産業活動が活発になり、所得水準が向上し、人口が定着することにより地元自治体の税収が増加していくとまとめられている。

こうした高速道路整備による施設効果を地域別に計測する方法として、一般均衡理論を基礎とした多地域間一般均衡モデル²⁾がある。大橋は、宮城・本部によって構築された多地域間一般均衡モデルを高速道路整備に伴う経済効果の実証分析応用し、次のような結果を得ている³⁾。

①全国9地域の地域間産業連関表をほぼ完全な形で再現できる。

②中部圏ブロックを5つの県に分割し、その5県+8ブロックの13地域間産業連関表を求める方法と9ブロックから中部地方の地域内産業連関表を求め、それを基準均衡データとして5県の地域間産業連関表を求める方法とでは、同様の県間産業連関表をつくることができる。

③地域での各産業の産出量についてはほぼ完全なかたちで再現できるが、地域間交易量については推定精度がかなり低い。

本研究では、③の問題を解決するために新たな地域間交易量の修正法を検討する。

次の節では、まず、宮城・本部による多地域間一般均衡モデルのフレームと地域間交易係数を誘導について述べ、次に本研究で提案するモデルを示す。

2. 空間均衡モデルの概要

本研究で用いる経済主体は企業・交易者・世帯の3部門のみである。政府部門や輸出入は、モデルを簡便にするため取り扱っていないが導入は可能ではある。

本研究では、以下に各経済主体の主要式のみ掲載し詳細な説明は省く。詳しくは、参考文献[2]を参照されたい。ただし、本研究では文献[2]で記述した式とはパラメータの定義に置いて若干異なっている。変更した点は、各パラメータがシェア・パラメータとなるように和が常に1になるように定義し直した点と、その制約のため不足する未知変数を補うために新規パラメータを各経済主体のCES関数の前に付加した点の2点である。モデルの大まかな構造については、なんら異なる点は無い。

1) 企業の費用構造式

$$p_s^j = \sum_{i=1}^I \alpha^{ij} q_s^i + \alpha^{j+1j} w_s^j \left(\sum_{i=1}^{I+1} \alpha^{ij} = 1 \quad \forall j \right) \quad (1)$$

$$w_s^j = \frac{1}{\eta^j} \left[\sum_{k=1}^K \left\{ \gamma^{kj} \right\}^{\sigma_j^j} \left\{ w_s^k \right\}^{1-\sigma_j^j} \right]^{\frac{1}{1-\sigma_j^j}} \left(\sum_{k=1}^K \gamma^{kj} = 1 \quad \forall j \right)$$

2) 交易者の費用構造式

$$q_s^i = \frac{1}{e^i} \left[\sum_{r=1}^R \left\{ \theta_r^i \right\}^{\sigma_i^i} \left\{ p_r^i (1 + T_{rs}^i) \right\}^{1-\sigma_i^i} \right]^{\frac{1}{1-\sigma_i^i}} \left(\sum_{r=1}^R \theta_r^i = 1 \quad \forall i \right) \quad (2)$$

3) 世帯の支出構造式

*キーワード：地域計画，SCGEモデル

** 正員 工博 岐阜大学教授 地域科学部
(〒501-11 岐阜県岐阜市柳戸1-1 Tel058-230-1111)

*** 正員 工博 岐阜総合研究所

**** 名古屋土木局

***** 学生員 岐阜大学大学院工学研究科

多地域応用一般均衡モデルに用いる交易係数について*

Modelling of Trade coefficient in Multi-regional Applied General Equilibrium Model

宮城俊彦**, 本部賢一***, 大橋謙一****, 井上恵介*****

By Toshihiko MIYAGI**, Kenichi HONBYU***, Kenichi OOHASHI****, Keisuke INOUE*****

1. はじめに

高速道路は、地域連携のための重要なインフラと考えられており、現在、第2東名、第2名神をはじめ数多くの高速道路整備計画が立てられている。過去に東北自動車道が完成したときには、効果として技術先端型業種の増加、人口の層化、観光客の増加が報告された¹⁾。また、高速道路の施設効果のメカニズムとして高速道路の開通によって工業立地が進み、産業活動が活発になり、所得水準が向上し、人口が定着することにより地元自治体の税収が増加していくとまとめられている。

こうした高速道路整備による施設効果を地域別に計測する方法として、一般均衡理論を基礎とした多地域間一般均衡モデル²⁾がある。大橋は、宮城・本部によって構築された多地域間一般均衡モデルを高速道路整備に伴う経済効果の実証分析応用し、次のような結果を得ている³⁾。

①全国9地域の地域間産業連関表をほぼ完全な形で再現できる。

②中部圏ブロックを5つの県に分割し、その5県+8ブロックの13地域間産業連関表を求める方法と9ブロックから中部地方の地域内産業連関表を求め、それを基準均衡データとして5県の地域間産業連関表を求める方法とでは、同様の県間産業連関表をつくることができる。

③地域での各産業の産出量についてはほぼ完全なたちで再現できるが、地域間交易量については推定精度がかなり低い。

本研究では、③の問題を解決するために新たな地域間交易量の修正法を検討する。

次の節では、まず、宮城・本部による多地域間一般均衡モデルのフレームと地域間交易係数を誘導について述べ、次に本研究で提案するモデルを示す。

2. 空間均衡モデルの概要

本研究で用いる経済主体は企業・交易者・世帯の3部門のみである。政府部門や輸出入は、モデルを簡便にするため取り扱っていないが導入は可能ではある。

本研究では、以下に各経済主体の主要式のみ掲載し詳細な説明は省く。詳しくは、参考文献[2]を参照されたい。ただし、本研究では文献[2]で記述した式とはパラメータの定義に置いて若干異なっている。変更した点は、各パラメータがシェア・パラメータとなるように和が常に1になるように定義し直した点と、その制約のため不足する未知変数を補うために新規パラメータを各経済主体のCES関数の前に付加した点の2点である。モデルの大まかな構造については、なんら異なる点は無い。

1) 企業の費用構造式

$$p_s^j = \sum_{i=1}^I \alpha^{ij} q_s^i + \alpha^{I+1j} W_s^j \quad \left(\sum_{i=1}^{I+1} \alpha^{ij} = 1 \quad \forall j \right) \quad (1)$$

$$W_s^j = \frac{1}{\eta^j} \left[\sum_{k=1}^K \left\{ \gamma^{kj} \right\}^{\sigma_j^j} \left\{ W_s^k \right\}^{1-\sigma_j^j} \right]^{\frac{1}{1-\sigma_j^j}} \quad \left(\sum_{k=1}^K \gamma^{kj} = 1 \quad \forall j \right)$$

2) 交易者の費用構造式

$$q_s^i = \frac{1}{e^i} \left[\sum_{r=1}^R \left\{ \theta_r^i \right\}^{\sigma_i^i} \left\{ p_r^i (1 + T_{rs}^i) \right\}^{1-\sigma_i^i} \right]^{\frac{1}{1-\sigma_i^i}} \quad \left(\sum_{r=1}^R \theta_r^i = 1 \quad \forall i \right) \quad (2)$$

3) 世帯の支出構造式

*キーワード：地域計画，SCGEモデル

** 正員 工博 岐阜大学教授 地域科学部
(〒501-11 岐阜県岐阜市柳戸1-1 Tel058-230-1111)

*** 正員 工博 岐阜総合研究所

**** 名古屋土木局

***** 学生員 岐阜大学大学院工学研究科

各生産地から商品を購入する際に、供給する消費地を考慮して中間マージンをとる。中間マージンは商品 1 単位当たりの生産地価格 p_r^i に対する価格上昇分として定義し、中間マージンの比率を T_{rs}^i で定義する。 T_{rs}^i には、当然のことながら輸送費も含まれている。このとき、消費地価格 v_{rs}^i は次式で表される。

$$V_{rs}^i = p_r^i (1 + T_{rs}^i) \quad (11)$$

今、同じ商品でも生産された地域が異なれば、異なる質の生産物とみなす。Armington の仮定を認める。また、交易業者は CES 技術によって交易活動を行うものと仮定する。このとき、交易業者の行動は、次の利潤最大化問題として定式化できる。

$$\max_M q_s^i z_s^i - \sum_{r=1}^R v_{rs}^i M_{rs}^i \quad (12a)$$

$$\text{s.t. } z_s^i = \varepsilon^i \left[\sum_{r=1}^R \theta_r^i \{M_{rs}^i\}^{\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}} \right]^{\frac{\sigma_i}{\sigma_i-1}} \quad (12b)$$

$$\left(\sum_{r=1}^R \theta_r^i = 1, \forall i \in I \right)$$

z_s^i : 消費地 s での商品 i の総需要量

M_{rs}^i : 消費地 s 商品 i の生産地 r に対する需要量

σ_i : 交易業者の商品 i の購入地 r に対する代替弾力性

θ_r^i : シェアパラメータ

ε^i : 制約式 $\sum_r \theta_r^i = 1$ のために導入されたパラメータ

このとき、単位消費量 ($z_s^i = 1$) に対する費用最小化問題を解くと、

$$M_{rs}^i = \varepsilon_i (\theta_r^i)^{\sigma_i} (\lambda_s^i)^{\sigma_i} (v_{rs}^i)^{-\sigma_i} \quad (13)$$

を得る。ここに、 λ_s^i は式(12b)式に対応したラグランジュ乗数である。 λ_s^i は式(12b)式を利用して求めることができ、

$$\lambda_s^i = \varepsilon_i^{-\frac{2}{\sigma_i}} \left[\sum_{r=1}^R (\theta_r^i)^{\sigma_i} (v_{rs}^i)^{1-\sigma_i} \right]^{\frac{1}{1-\sigma_i}} \quad (14)$$

で与えられる。また、消費地価格 q_s^i は次式で与えられる。

$$q_s^i = c_s^i (v_{rs}^i, z_s^1 = 1; \theta^i, \varepsilon^i) \quad (15)$$

$$= \frac{1}{\varepsilon_i} \left[\sum_{r=1}^R (\theta_r^i)^{\sigma_i} (v_{rs}^i)^{1-\sigma_i} \right]^{\frac{1}{1-\sigma_i}}$$

交易業者が消費地 s で供給する商品を 1 単位プールするとき、各生産地からどのように購入するかを表す係数を交易係数 t_{rs}^i と定義すると、 t_{rs}^i は単位費用関数 Ct_s^i を p_r^i で偏微分して求められる。すなわち、

$$t_{rs}^i = \frac{\partial Ct_s^i}{\partial p_r^i} = \frac{(\theta_r^i)^{\sigma_i} (v_{rs}^i)^{1-\sigma_i}}{\sum_{r=1}^R (\theta_r^i)^{\sigma_i} (v_{rs}^i)^{1-\sigma_i}} \cdot \frac{q_s^i}{p_r^i} \quad (16)$$

このとき、1 次同次関数に関するオイラー公式が成立している。

$$\sum_r \frac{\partial Ct_s^i}{\partial p_r^i} p_r^i = Ct_s^i \rightarrow \sum_r p_r^i t_{rs}^i = q_s^i \quad (17)$$

また、このとき地域間交易量 M_{rs}^i は次式で与えられる。

$$M_{rs}^i = t_{rs}^i z_s^i \quad (18)$$

式(16)、(18)より次式が成立する。

$$\sum_r M_{rs}^i p_r^i = q_s^i z_s^i \quad (19)$$

一方、市場均衡条件式として

$$X_r^i = \sum_{s=1}^S t_{rs}^i \left(\sum_{j=1}^I a_s^j X_s^j + d_s^i \right) \quad (20a)$$

あるいは、

$$\begin{aligned} p_s^i X_r^i &= \sum_{s=1}^S t_{rs}^i q_s^i \left(\sum_{j=1}^I a_s^j X_s^j + d_s^i \right) \\ &= \sum_{s=1}^S t_{rs}^i q_s^i z_s^i \end{aligned} \quad (20b)$$

が成立しなければならない。したがって、式(20)を満足するようにパラメータ θ_r^i を決定する。

(2) バランシング・ファクター法

前述の(1)で求めた交易係数によって求められる地域間交易额の推定は、現実の値と大きくかけ離れた値を推定する。そこで、ラグランジュ未定乗数

を式(14)によって陽表的に与えるのではなく、通常の交通分布モデルのようにバランシング・ファクターと考へて地域間交易量を求めるモデルを考へてみる。すなわち、式(13)を次のように変形する。

$$M_{rs}^i = a_r^i b_s^i \{v_{rs}^i\}^{-\sigma} \quad (21)$$

バランシング・ファクター $\{a_r^i, b_s^i\}$ は、式(19)、(20b)を満足するように求められる。すなわち、

$$\sum_r p_r^i M_{rs}^i = b_s^i \sum_{r=1}^R a_r^i p_r^i \{v_{rs}^i\}^{-\sigma} = q_s^i z_s^i$$

より、

$$b_s^i = \frac{q_s^i z_s^i}{\sum_{r=1}^R a_r^i p_r^i \{v_{rs}^i\}^{-\sigma}} \quad (22a)$$

また、

$$\sum_s p_s^i M_{rs}^i = a_r^i \sum_s b_s^i \{v_{rs}^i\}^{-\sigma} = p_r^i X_r^i$$

より、

$$a_r^i = \frac{X_r^i}{\sum_s b_s^i \{v_{rs}^i\}^{-\sigma}} \quad (22b)$$

一般均衡モデルの計算手順の中で、地域間交易量(額)を求めるまでには、既に $\{X_r^i, z_s^i\}$ 、 $\{p_r^i, q_s^i\}$ は決定されているので、ここでは $\{a_r^i, b_s^i\}$ のみを決定すればよい。この結果、交易パターンの変化に伴って、消費地価格と生産地価格 $\{q_s^i, p_r^i\}$ もまた変化するので、すべての変数が均衡するまで反復計算が実行される。

4. おわりに

現在のところ、

$$M_{rs}^i = a_r^i \varphi_{rs}^i \{v_{rs}^i\}^{-\sigma}$$

(φ_{rs}^i : 現在交易パターン係数)

という形で定義された地域間交易量推定モデルを用い、全国9地域の地域間産業連関表の現況再現を行っている。その結果、地域間交易額の現況再現性は、相関係数0.94と上昇したが、地域毎の生産額の推定値は0.95と下がってしまった。2重制約型の交易モデルの適用結果については発表時に報告する予定である。

【参考文献】

- 1) (財) 高速道路調査会：統計とグラフでみる高速道路，pp43-52，1989.
- 2) 宮城俊彦・本部賢一(1996)：応用一般均衡分析を基礎とした地域間交易モデルに関する研究，土木学会論文集，530/IV-30，pp.31-40
- 3) 宮城俊彦・大橋謙一(1997)：空間均衡モデルの開発と交通投資効果計測への応用，岐阜大学修士論文