

# マルチスケール空間における交通政策評価 のための空間的応用一般均衡モデル

石倉智樹<sup>1</sup>・岡本信広<sup>2</sup>・石川良文<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 東京大学大学院工学系研究科 (〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1)

E-mail: ishikura@csur.t.u-tokyo.ac.jp

<sup>2</sup>非会員 大東文化大学 国際関係学部 (〒355-8501 埼玉県東松山市岩殿560)

E-mail: okamoton@ic.daito.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 南山大学 総合政策学部 (〒489-0863 愛知県瀬戸市せいれい町27)

E-mail: yishi@ps.nanzan-u.ac.jp

多地域システムにおける計量的な便益評価の代表的手法である空間的応用一般均衡 (SCGE) モデルは、標準的な定式化においては、基準均衡データとして国際産業連関表または地域間産業連関表を用いるが、それがモデルにおける地域分割の制約となっていた。一方、産業活動がグローバル化した現在においては、一国内の地域を細分化した枠組みでの交通政策評価ニーズが高まっている。こうした状況に対し、近年、異なる空間スケールを整合的に扱った国際地域間産業連関表の整備が進んでいる。本研究は、国際地域間産業連関表のフォーマットを前提として、国内・国際輸送のシステム改善の評価を整合的に分析可能な SCGEモデルの標準形を構築する。

**Key Words :** *Transnational Interregional Input-Output Table, SCGE model, Transport*

## 1. はじめに

標準的な空間的応用一般均衡 (SCGE) モデルでは、産業連関表の整備状況にモデルの適用対象が強く依存する。産業連関表の地域分割が細分化されることは SCGE モデルの応用分析範囲も広げることとなる。交通システム改善等による地域間交通抵抗の変化と地域間交易係数との関係を整合的にモデル化した宮城・本部(1996)、Bröcker(1998)は、地域分割されていない産業連関表を前提としながら、多地域システムにおける地域間交通整備の経済効果評価を可能とした先駆的研究であり、その後の SCGEモデル発展に大きな影響を与えた。

SCGEのモデリング技法発展の一方で、基準均衡データ自身である産業連関表の整備においても作成技術が進歩し、従来の一国一地域を前提とする国際産業連関表と、一国を対象とする多地域産業連関表を接合した、国際地域間産業連関表が誕生しつつある (石川(2008)、IDE(2007))。特に、港湾や空港など国際輸送インフラ整備の効果は、一国のどの地域におけるインフラ整備であるかによって変わりうるものであり、同様にどの地域へどのような効果が及ぶのかも変わりうる。事実、国際地域間産業連関表のデータからも、同じ国内であっても、地域が異なれば産業連関構造や他国との交易パターンが異なることが示されている (石川(2008))。また、国内

道路網や鉄道ネットワークなど、国内輸送インフラ整備も国際貿易に影響を及ぼしうる。こうした分析においてはスケールの異なる空間分割単位を整合的にリンクした、マルチスケール空間を対象とする手法が必要となる。

水谷ら (2006) では、国際間産業連関表と地域間産業連関表を利用して国際地域間 SCGE 分析を行っているが、各々の産業連関表が整合しておらずアドホックな基準均衡データとなっていること、地域分割されているのが特定の一国 (日本) のみであることという課題がある。米本ら (2008) は、IDE(2007)の国際地域間産業連関表を基準均衡データとして用いているので産業連関表としての整合性は保証されているが、SCGEモデルの枠組みとして輸送マージンを明示的に扱えない GTAPモデルを採用しており、輸送費用低下を輸送生産性の変化によって表現している。このため、輸送費用や輸送時間の低下率などを生産性変化へと変換する際に、恣意的な扱いがなされうるという課題がある。

そこで本研究は、マルチスケール空間における基準均衡データとして国際地域間産業連関表を用いることを前提とした、国内および国際輸送システム改善による輸送マージン低下の経済効果評価へ適用可能な SCGEモデルの標準形を構築する。さらに、国際地域間産業連関表のフォーマットを前提として、輸送マージン率等の簡便な設定方法についても提案する。

## 2. 国際地域間産業連関表の輸送マージン

国際産業連関表および国際地域間産業連関表では、一般的に、内生部門において、各国（各地域）の運輸産業（Transportation sector）が産業部門として扱われる。また、国際輸送・保険(International Freight & Insurance)および関税・輸入税(Duties & import commodity taxes)については、各国各産業部門別、各国各最終需要項目別に、内生部門の行の下に記載される。本研究の第一の狙いは、SCGEモデルへの適用が容易となるように、これらの、独立した行の情報として与えられる輸送マージンを、各国各地域各産業の中間投入需要や最終需要と関連付け、いかなる地域間産業間の取引にどれだけの輸送マージンが内包されているかを明示的に表現できるデータを作成することである。

対象とする産業連関表の国・地域分類について、財の生産国の集合を $R$ （産業部門の場合は $S$ と表記、 $R$ と同一集合）、その要素を $r$ （産業部門の場合は $s$ ）により表し、 $r$ 国内に属する生産地域の集合を $M_r$ （産業部門の場合は $N_s$ 、 $M_r$ と同一集合）、その要素を $m$ （産業部門の場合は $n$ ）とする。同様に、財部門の集合を $I$ （産業部門の場合は $J$ 、 $I$ と同一集合）、その要素を $i$ （産業部門の場合は $j$ ）とする。

まず、運輸産業部門については、その運輸サービスが供給されている地域を生産地とする財の需要に対して要する輸送マージンと見なす。これを、同生産地域からの財別需要額に応じて按分し、それぞれの財部門の需要に内包される地域内輸送マージンとして扱う。したがって、全ての $r, m, s, n, i, j$ について、

$$ti_{rmsnij} = \frac{x_{rmsnij}}{\sum_{i \in I} x_{rmsnij}} ti_{rmsnj} \quad (1)$$

$$tf_{rmsni} = \frac{f_{rmsni}}{\sum_{i \in I} f_{rmsni}} tf_{rmsn} \quad (2)$$

となる。 $ti_{msvij}$ は $r$ 国内 $m$ 地域産 $i$ 財の $s$ 国内 $n$ 地域 $j$ 産業の中間投入需要にかかる地域内輸送マージン額、 $tf_{msvi}$ は $r$ 国内 $m$ 地域産 $i$ 財の $s$ 国内 $n$ 地域における最終需要にかかる地域内輸送マージン額である。 $ti_{msvij}$ は $s$ 国内 $n$ 地域 $j$ 産業による $r$ 国内 $m$ 地域で供給される運輸部門の中間投入需要額、 $tf_{msvi}$ は $s$ 国内 $n$ 地域の家計により需要される $r$ 国内 $m$ 地域産運輸部門サービスの最終需要額であり、元の産業連関表から得られる値である。 $x_{msvij}$ と $f_{msvi}$ はそれぞれ、対応する中間投入額と最終需要額（最終需要項目は区別していない）である。このように、供給元の国・地域が明示化されている運輸部門のサービスは、国際輸送サービスと

は差別化し、供給地あるいは需要地における地域内輸送にかかる輸送として考える。

関税と国際貨物輸送は、中間投入や付加価値と区別された行に示されるので、これを国際輸送にかかるマージンと考えて、国際地域間輸送マージンへと変換する。これらは、国内取引には生じず、国際貿易の場合にのみかかることに注意が必要である。

$$ti_{rmsnij}^F = \begin{cases} 0 & (r = s) \\ \frac{x_{rmsnij}}{\sum_{r \neq s} \sum_{m \in M_r} \sum_{i \in I} x_{rmsnij}} ti_{snj}^F & (r \neq s) \end{cases} \quad (3)$$

$$tf_{rmsni}^F = \begin{cases} 0 & (r = s) \\ \frac{f_{rmsni}}{\sum_{r \neq s} \sum_{m \in M_r} \sum_{i \in I} f_{rmsni}} tf_{sn}^F & (r \neq s) \end{cases} \quad (4)$$

$$ti_{rmsnij}^{tax} = \begin{cases} 0 & (r = s) \\ \frac{x_{rmsnij}}{\sum_{r \neq s} \sum_{m \in M_r} \sum_{i \in I} x_{rmsnij}} ti_{snj}^{tax} & (r \neq s) \end{cases} \quad (5)$$

$$tf_{rmsni}^{tax} = \begin{cases} 0 & (r = s) \\ \frac{f_{rmsni}}{\sum_{r \neq s} \sum_{m \in M_r} \sum_{i \in I} f_{rmsni}} tf_{sn}^{tax} & (r \neq s) \end{cases} \quad (6)$$

$ti_{msvij}^F$ と $ti_{msvij}^{tax}$ はそれぞれ地域産 $i$ 財の $s$ 地域 $j$ 産業の中間投入需要にかかる国際輸送マージン額および輸入税、 $tf_{msvi}^F$ と $tf_{msvi}^{tax}$ はそれぞれ地域産 $i$ 財の $s$ 地域の最終需要にかかる国際輸送マージン額および輸入税である。地域内輸送マージンと同様に、 $x_{msvij}$ と $f_{msvi}$ はそれぞれ、対応する中間投入額と最終需要額である。 $ti_{msvij}^F$ と $ti_{msvij}^{tax}$ は、それぞれ $s$ 地域 $j$ 産業の中間投入需要にかかる国際輸送マージン額および輸入税であり、 $tf_{msn}^F$ と $tf_{msn}^{tax}$ はそれぞれ地域産 $i$ 財の $s$ 地域の最終需要にかかる国際輸送マージン額および輸入税であるが、これらはいずれも元の産業連関表から得られる情報である。

このようにして分解された各種マージン額が、元のマージンを含まない中間需要および最終需要の一定比率であると仮定する。さらに、国際輸送マージンおよび輸入税は、国内輸送マージンとは独立にかかると仮定して考える。そうすることで、各種マージン率を算出することができる。

$$\tau_{ti\_rmsnij} = \frac{ti_{rmsnij}}{x_{rmsnij}} \quad (7)$$

$$\tau_{tf\_rmsni} = \frac{tf_{rmsni}}{f_{rmsni}} \quad (8)$$

$$\tau_{ti^F\_rmsnij} = \frac{ti_{rmsnij}^F}{x_{rmsnij}} \quad (9)$$

$$\tau_{tf^F\_rmsni} = \frac{tf_{rmsni}^F}{f_{rmsni}} \quad (10)$$

$$\tau_{ti^{tax}\_rmsnij} = \frac{ti_{rmsnij}^{tax}}{x_{rmsnij}} \quad (11)$$

$$\tau_{tf^{tax}\_rmsni} = \frac{tf_{rmsni}^{tax}}{f_{rmsni}} \quad (12)$$

ここで、 $\tau_{ti\_rmsnij}$ 、 $\tau_{tf\_rmsni}$  はそれぞれ、中間投入と最終需要に対応する国内輸送マージン率、 $\tau_{ti^F\_rmsnij}$ 、 $\tau_{tf^F\_rmsni}$ 、 $\tau_{ti^{tax}\_rmsnij}$ 、 $\tau_{tf^{tax}\_rmsni}$  は、順に、中間投入と最終需要に対応する国際輸送マージン率、中間投入と最終需要に対応する輸入税率である。また、国内輸送マージンと国際輸送および輸入税のマージン率が独立であ

るので、輸送にかかるマージンを含まない取引額と輸送マージンを含む取引額との関係は、以下のように表される。

$$x_{rmsnij}^t = \left(1 + \tau_{ti^F\_rmsnij} + \tau_{ti^{tax}\_rmsnij}\right) \cdot \left(1 + \tau_{ti\_rmsnij}\right) x_{rmsnij} \quad (13)$$

$$f_{rmsni}^t = \left(1 + \tau_{tf^F\_rmsni} + \tau_{tf^{tax}\_rmsni}\right) \cdot \left(1 + \tau_{tf\_rmsni}\right) f_{rmsni} \quad (14)$$

さらに、ROW (Rest of the World) との貿易について、元のデータでは、ROWへの輸出は最終需要項目の最終列に、ROWからの輸入は国際貨物輸送や輸入税と同様に付加価値の上の行に記載されている。本研究ではROWとの貿易関係についてはSCGE分析の明示的な対象としないため、これを簡便化して扱うために、ROW産の財については競争輸入型となるように集計し、最終需要項目において純輸出額として扱った。以上の処理で生じた、需給バランスの誤差は、列方向の統計誤差として処理することとした。

このように、本研究では、産業連関表の中間投入需要および最終需要における、実需要とそれらに内包される輸送マージンを分割して取り扱うことが可能なように、産業連関表のデータを加工した(表-1、表-2)。本研究

表-1 元の国際地域間産業連関表のひな形

	s国 n 地域 j 産業	s国 n 地域最終需要	ROW への輸出	統計誤差	生産額
r国 m 地域 i 産業 (運輸以外)	$x_{rmsij}$	$f_{rmsij}$	...	...	$X_{mi}$
r国 m 地域運輸産業	$t_{msij}$	$tf_{msij}$	...	...	$T_m$
国際貨物輸送	$t_{sij}^F$	$tf_{sij}^F$			
輸入税	$t_{sij}^{tax}$	$tf_{sij}^{tax}$			
ROWからの輸入	...	...			
付加価値	$V_{sij}$				
生産額	$X_{sij}$				

表-2 加工後の国際地域間産業連関表のひな形

	s国 n 地域 j 産業	s国 n 地域最終需要	ROW への純輸出	統計誤差	生産額
r国 m 地域 i 産業 (運輸以外)	$\left(1 + \tau_{ti^F\_rmsnij} + \tau_{ti^{tax}\_rmsnij}\right) \cdot \left(1 + \tau_{ti\_rmsnij}\right) x_{rmsnij}$	$\left(1 + \tau_{tf^F\_rmsni} + \tau_{tf^{tax}\_rmsni}\right) \cdot \left(1 + \tau_{tf\_rmsni}\right) f_{rmsni}$	...	...	$X_{mi}$
付加価値	$V_{sij}$				
生産額	$X_{sij}$				

の輸送マージンの想定方法はad hocなものであり、また、データ加工の段階で産業連関表が本来保持していた経済構造の情報を喪失している部分もあり、産業連関データとして大きな課題を残すものである。しかし、こうした処理はSCGEモデルの基準均衡データとしての取り扱いを容易にすることを目的としたものであり、かつ国際地域間産業連関表以外の情報を用いずに処理することを前提としたものである。今後、後述するSCGEモデル設計とは独立に、より適切な産業連関データの加工方法を検討できる余地があるので、今後の研究課題としたい。

### 3. モデル

#### (1) モデルの概要と前提条件

本章では、前章に示したような国際地域間産業連関表が基準均衡データとして与えられたことを前提としたSCGEモデルを構築する。本モデルは、上田編著<sup>3)</sup>で示されるモデルと同様に、地域間の輸送マージンをIceberg型費用として扱った多地域多産業システムの標準的なSCGEモデルである。ただし、国際間の輸送マージンと国内輸送のマージンの両方が考慮されている。具体的には、下記のような前提条件を設けている。

- ・モデルの対象とする国の一部あるいは全部の国は、複数の地域に分割されている。明示的にモデルの対象とならない国はROW(Rest Of the World)として扱う。
- ・財・サービスの取引には輸送マージンを要する。同地域内の需要であっても例外ではなく、国内輸送マージンが必要とされる。輸送マージンは、Iceberg型費用として扱い、需要される財の生産費用の一定割合が輸送に要する費用となる。
- ・国内所得移転と国際所得移転の実質値は、基準均衡の状態に固定されていることとする。これらの貨幣価値がニューメレールとなる。

以下では、モデルの詳細について述べる。

#### (2) 生産者行動

生産技術の階層構造を図-1に示す。

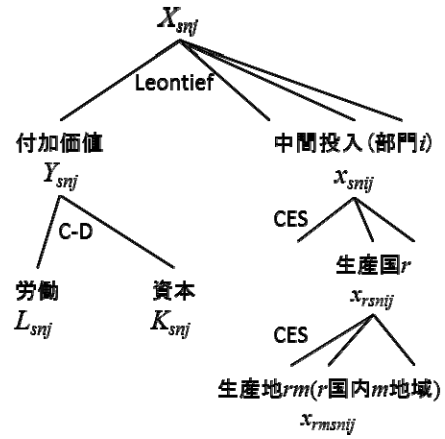


図-1 生産関数の階層構造

s国のn地域に立地する部門jの産業は、生産要素である労働と資本および中間財を投入して生産を行う。付加価値と財別の合成中間投入に関してはLeontief型技術を仮定する。生産要素は地域間移動不可能と想定し、それらの代替関係としてCobb-Douglas型技術を仮定する。それぞれの財部門別中間投入に関して、生産国間と各々の生産国内の生産地域間の代替について、Nested CES型技術を仮定する。

したがって、財の生産関数は、

$$X_{snj} = \min \left( \dots, \frac{x_{snij}}{a_{snij}}, \dots, \frac{Y_{snj}}{a_{Vsnj}} \right) \quad (15)$$

$$Y_{snj} = \eta_{snj} (l_{snj})^{\alpha_{snj}} (l_{snj})^{1-\alpha_{snj}} \quad (16)$$

$$x_{snij} = \phi_{snij} \left[ \sum_{r \in R} \left( \beta_{rsnij} \cdot x_{rsnij} \right)^{\frac{\sigma_{XR}-1}{\sigma_{XR}}} \right]^{\frac{\sigma_{XR}}{\sigma_{XR}-1}} \quad (17)$$

$$x_{rsnij} = \phi_{rsnij} \left[ \sum_{m \in M_r} \left( \beta_{rmsnij} \cdot x_{rmsnij} \right)^{\frac{\sigma_{XM}-1}{\sigma_{XM}}} \right]^{\frac{\sigma_{XM}}{\sigma_{XM}-1}} \quad (18)$$

として表される。ただし、

$$\sum_{i \in I} a_{snij} + a_{Ysnj} = 1 \quad (19)$$

$$\sum_{r \in R} \beta_{rsnij} = 1 \quad (20)$$

$$\sum_{m \in M_r} \beta_{rmsnij} = 1 \quad (21)$$

である。

ここで、各変数とパラメータの定義は、 $X_{snj}$ : s国n地域における産業jの生産、 $x_{snij}$ : s国n地域の産業jへの合成中間財iの投入、 $Y_{snj}$ : s国n地域の産業jへの付加価値投入、

$l_{snj}$ :  $s$ 国 $n$ 地域の産業 $j$ への労働投入,  $k_{snj}$ :  $s$ 国 $n$ 地域の産業 $j$ への資本投入,  $x_{rsnij}$ :  $s$ 国 $n$ 地域の産業 $j$ への $r$ 国産合成中間財 $i$ の投入,  $x_{rmsnij}$ :  $s$ 国 $n$ 地域の産業 $j$ への $r$ 国 $m$ 地域産中間財 $i$ の投入,  $a_{Ysnj}$ ,  $a_{Yrsnj}$ : 投入係数,  $\eta_j$ : 付加価値生産のスケールパラメータ,  $\phi_{snij}$ ,  $\phi_{rsnij}$ : 中間財合成のスケールパラメータ,  $\alpha_{snj}$ ,  $\beta_{rsnij}$ ,  $\beta_{rmsnij}$ : シェアパラメータ,  $\sigma_{XR}$ ,  $\sigma_{XM}$ : 代替弾力性である.

付加価値一単位あたりの生産費用最小化問題より, 単位要素需要関数は

$$cl_{snj} = \frac{1}{\eta_{snj}} \frac{\alpha_{snj}}{w_{snj}} \left( \frac{w_{snj}}{\alpha_{snj}} \right)^{\alpha_{snj}} \left( \frac{r_{snj}}{1 - \alpha_{snj}} \right)^{1 - \alpha_{snj}} \quad (22)$$

$$ck_{snj} = \frac{1}{\eta_{snj}} \frac{1 - \alpha_{snj}}{r_{snj}} \left( \frac{w_{snj}}{\alpha_{snj}} \right)^{\alpha_{snj}} \left( \frac{r_{snj}}{1 - \alpha_{snj}} \right)^{1 - \alpha_{snj}} \quad (23)$$

となる. なお,  $w_{sn}$ :  $s$ 国 $n$ 地域の労働価格,  $r_{sn}$ :  $s$ 国 $n$ 地域の資本価格である. また, 財別中間投入について, 下層の生産国別生産地域間中間財合成において, 単位合成財生産あたり費用最小化問題より, そのシャドウプライスとして合成価格指数 $PI_{rsnij}$ が得られる.

$$PI_{rsnij} = \frac{1}{\phi_{rsnij}} \quad (24)$$

$$\left[ \sum_{m \in M_r} (\beta_{rmsnij})^{\sigma_{XM}} \left( (1 + \tau_{rmsnij}) p_{rmi} \right)^{1 - \sigma_{XM}} \right]^{\frac{1}{1 - \sigma_{XM}}}$$

ただし,  $p_{rmi}$ :  $r$ 国 $m$ 地域産 $i$ 部門財の生産地価格である. さらに, 上位階層の財別生産国間中間財合成において, 単位合成財生産あたり費用最小化問題より, そのシャドウプライスとして合成価格指数 $PI_{snij}$ が得られる.

$$PI_{snij} = \frac{1}{\phi_{snij}} \left[ \sum_{r \in R} (\beta_{rsnij})^{\sigma_{XR}} (PI_{rsnij})^{1 - \sigma_{XR}} \right]^{\frac{1}{1 - \sigma_{XR}}} \quad (25)$$

以上より, 完全競争市場における,  $s$ 国 $n$ 地域の産業 $j$ が生産する財の価格 $p_{snj}$ について, 以下の方程式が得られる.

$$p_{snj} = a_{Ysnj} (cl_{snj} + ck_{snj}) + \sum_{i \in I} (a_{snij} PI_{snij}) \quad (26)$$

### (3) 家計行動

家計の効用関数として, 図-2に示す3階層のnested CES関数を仮定する.

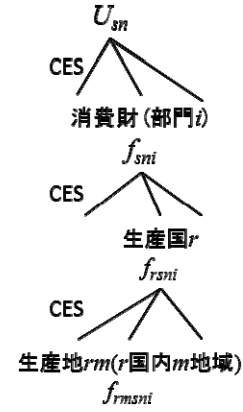


図-2 効用関数の階層構造

したがって,  $s$ 国 $n$ 地域の家計の効用関数 $U_{sn}$ は, 以下のよう

$$U_{sn} = \left[ \sum_{i \in I} \gamma_{snij} f_{snij}^{\frac{\sigma_{FI} - 1}{\sigma_{FI}}} \right]^{\frac{\sigma_{FI} - 1}{\sigma_{FI}}} \quad (27)$$

$$f_{snij} = \psi_{snij} \left[ \sum_{r \in R} \gamma_{rsnij} f_{rsnij}^{\frac{\sigma_{FR} - 1}{\sigma_{FR}}} \right]^{\frac{\sigma_{FR} - 1}{\sigma_{FR}}} \quad (28)$$

$$f_{rsnij} = \psi_{rmsnij} \left[ \sum_{m \in M_r} \gamma_{rmsnij} f_{rmsnij}^{\frac{\sigma_{FM} - 1}{\sigma_{FM}}} \right]^{\frac{\sigma_{FM} - 1}{\sigma_{FM}}} \quad (29)$$

$$\sum_{i \in I} \gamma_{snij} = 1 \quad (30)$$

$$\sum_{r \in R} \gamma_{rsnij} = 1 \quad (31)$$

$$\sum_{m \in M_r} \gamma_{rmsnij} = 1 \quad (32)$$

ここで,  $f_{snij}$ :  $s$ 国 $n$ 地域での部門 $i$ の合成財消費,  $f_{rsij}$ :  $s$ 国 $n$ 地域での $r$ 国産部門 $i$ の合成財消費,  $f_{rmsij}$ :  $s$ 国 $n$ 地域での $r$ 国 $m$ 地域産部門 $i$ 財の消費,  $\psi_{snij}$ ,  $\psi_{rsij}$ : 消費財合成のスケールパラメータ,  $\gamma_{snij}$ ,  $\gamma_{rsnij}$ ,  $\gamma_{rmsnij}$ : シェアパラメータ,  $\sigma_{FI}$ ,  $\sigma_{FR}$ ,  $\sigma_{FM}$ : 代替弾力性である.

家計の所得制約は, 以下の式で定義される.

$$DI_{sn} = w_{sn} L_{sn} + r_{sn} K_{sn} + NY_{sn} + VROW_{sn} \quad (33)$$

ここで,  $DI_{sn}$ :  $s$ 国 $n$ 地域の家計消費に充当可能な可処分所得,  $L_{sn}$ :  $s$ 国 $n$ 地域における労働力保有量,  $K_{sn}$ :  $s$ 国 $n$ 地域における資本ストック保有量である. また,  $NY_{sn}$ は $ROW$ を除く地域外からの所得移転受取であり, 本分析では域際収支バランスを保持するために, これを基準均衡状態の値で固定し, 前提条件で述べたようにニューメ

レールの役割を果たす。\$NY\_{sni}\$は域内地域間のみの地域収支であるため、

$$\sum_{s \in S} \sum_{n \in N_s} NY_{sni} = 0 \quad (34)$$

の関係が成り立つ。\$VROW\_{sni}\$は、ROWからの所得移転受取額であり、\$r\$国\$m\$地域産\$i\$部門のROWへの純輸出額\$VROW\_{rmi}\$の和に負符号を付けた値と等しくなる。

$$VROW_{rmi} = -\sum_i VROW_{sni} \quad (35)$$

\$VROW\_{rmi}\$も\$NY\_{sni}\$と同じ価格単位において、基準均衡状態の値で固定されていることとして扱う。したがって、\$VROW\_{sni}\$も固定値となる。

家計の効用最大化問題は、段階的に解が導出される。まず、最下層の生産国別生産地域間消費財合成において、単位合成財消費あたり費用最小化問題より、そのシャドウプライスとして合成価格指数\$PI\_{Frnsni}\$が得られる。

$$PI_{Frnsni} = \frac{1}{\psi_{rnsni}} \cdot \left[ \sum_{m \in M_r} (\gamma_{rnsni})^{\sigma_{FM}} ((1 + \tau_{Frnsni}) p_{rmi})^{1 - \sigma_{FM}} \right]^{\frac{1}{1 - \sigma_{FM}}} \quad (36)$$

同様に、生産国間消費財合成において、単位合成財消費あたり費用最小化問題より、そのシャドウプライスとして合成価格指数\$PI\_{Frnsi}\$が得られる。

$$PI_{Frnsi} = \frac{1}{\psi_{rnsi}} \left[ \sum_{r \in R} (\gamma_{rnsi})^{\sigma_{FR}} (PI_{Frnsni})^{1 - \sigma_{FR}} \right]^{\frac{1}{1 - \sigma_{FR}}} \quad (37)$$

さらに、最上位階層の財部門間消費財合成における、効用最大化問題から、\$s\$国\$n\$地域家計の部門財の合成消費需要\$f\_{sni}\$が得られる。

$$f_{sni} = \left( \frac{\gamma_{sni}}{PI_{Fnsi}} \right)^{\sigma_{FI}} \cdot DI_{sn} \left[ \sum_{i \in I} (\gamma_{sni})^{\sigma_{FI}} (PI_{Fnsi})^{1 - \sigma_{FI}} \right]^{-1} \quad (38)$$

部門\$i\$の合成消費財1単位あたり生産国別合成消費財の需要\$cf\_{rnsni}\$は、

$$cf_{rnsni} = \left( \frac{\gamma_{rnsni}}{PI_{Frnsni}} \right)^{\sigma_{FR}} \psi_{rnsni}^{\sigma_{FR} - 1} PI_{Frnsi}^{\sigma_{FR}} \quad (39)$$

であり、\$r\$国産部門\$i\$の合成消費財1単位あたり消費需要\$cf\_{rnsni}\$は、次のように導出される。

$$cf_{rnsni} = \left[ \frac{\gamma_{rnsni}}{(1 + \tau_{Frnsni}) p_{rmi}} \right]^{\sigma_{FM}} \psi_{rnsni}^{\sigma_{FM} - 1} PI_{Frnsi}^{\sigma_{FM}} \quad (40)$$

よって、\$s\$国\$n\$地域家計による、\$r\$国\$m\$地域産部門\$i\$の最終消費財需要\$f\_{msnij}\$は、

$$f_{rmsni} = cf_{rmsni} \cdot cf_{rnsni} \cdot f_{sni} \quad (41)$$

となる。

#### (4) 市場均衡

生産活動における中間投入財の費用最小化問題より、部門\$i\$の合成中間投入財1単位あたり生産国別合成中間投入財の需要\$cx\_{rsnij}\$と\$r\$国産部門\$i\$の合成中間投入財1単位あたり生産地域別中間投入財の需要\$cx\_{msnij}\$が得られている。

$$cx_{rsnij} = \left[ \frac{\beta_{rsnij}}{PI_{rsnij}} \right]^{\sigma_{XR}} \phi_{rsnij}^{\sigma_{XR} - 1} PI_{rsnij}^{\sigma_{XR}} \quad (42)$$

$$cx_{msnij} = \left[ \frac{\beta_{msnij}}{(1 + \tau_{msnij}) p_{rmi}} \right]^{\sigma_{XM}} \phi_{msnij}^{\sigma_{XM} - 1} PI_{rsnij}^{\sigma_{XM}} \quad (43)$$

したがって、\$s\$国\$n\$地域産業による、\$r\$国\$m\$地域産部門\$i\$の中間投入財需要\$x\_{msnij}\$は、

$$x_{msnij} = cx_{msnij} cx_{rsnij} a_{snij} X_{snj} \quad (44)$$

である。これらの関係より、財市場均衡は以下の式により表される。

$$X_{rmi} = \sum_{n \in N} \sum_{s \in S} \sum_{j \in J} \left[ (1 + \tau_{rmsnij}) x_{msnij} \right] + \sum_{n \in N} \sum_{s \in S} \left[ (1 + \tau_{Frmsni}) f_{rmsni} \right] + ROW_{rmi} \quad (45)$$

ただし、各国各地域における域際収支バランス条件のため、ROWへの純輸出の実物量\$ROW\_{rmi}\$は、各々の純輸出額（前提条件より固定値）を生産地価格で除した値として与えられることとする。

$$ROW_{rmi} = \frac{VROW_{rmi}}{p_{rmi}} \quad (46)$$

本モデルでは、規模に関して収穫一定の生産技術を仮定しているため、産業部門は財の需要に応じた生産を行うこととなり、財市場の均衡が常に満たされている。このため、市場の均衡条件として意味を持つのは、以下の要素市場の均衡のみであり、これらを満足する要素価格の組み合わせが、一般均衡の状態を表すこととなる。

$$L_{sn} = \sum_{j \in J} (cl_{snj} a_{Vnj} X_{snj}) \quad \forall sn \quad (47)$$

$$K_{sn} = \sum_{j \in J} (ck_{snj} a_{Vnj} X_{snj}) \quad \forall sn \quad (48)$$

## 4. 数値例：輸送マージン低下の影響評価

### (1) 利用データ

表-4 産業部門分類

集約前	⇒	集約後		
国(5カ国⇒5カ国)				
日本	→	日本		
中国	→	中国		
韓国&台湾	→	韓国&台湾		
ASEAN5	→	ASEAN5		
USA	→	USA		
地域(18地域⇒8地域)				
日本	北海道	→	東日本	日本
	東北			
	関東			
	中部	→	中部&西日本	
	近畿			
	中国			
	四国			
	九州			
中国	東北	→	沿岸部	中国
	華北			
	華中			
	華南			
	華東			
	西北			
	西南	→	内陸部	
韓国&台湾	→	韓国&台湾		
ASEAN5	→	ASEAN5		
USA	→	USA		
産業(10産業⇒3産業)				
農林水産業	→	一次産業		
鉱業	→	二次産業		
家庭向け製造業				
一次製造業				
二次製造業				
建設業				
商業	→	三次産業		
電気・ガス・水道				
サービス業				
運輸業	→	三次産業 or 運輸コスト		
消費主体(4主体⇒1主体)				
家計	→	(代表的)家計		
政府				
総固定資本形成				
在庫純増				

本研究では、2000年日中地域間アジア国際産業連関表(IDE(2007))を基準均衡データとして、国間ではなく、国内の一部地域同士の交通条件が変化した場合における国際地域間への経済的影響の分析を、モデルの数値実験として実施する。すなわち、本分析は現実の運輸政策を精緻に反映した政策シナリオを適用しているのではなく、概念的な外生シナリオを基に、モデルパフォーマンスの検討を目的としたものである。

分析結果を俯瞰しやすくするため、産業部門分類と地域分類については、表-3のように3産業部門、日本3地域、中国2地域へと集計化した。また、本モデルでは、最終需要項目と付加価値項目についても単純化されているので、これらについても表-3のとおり集計化している。

(2) 地域間輸送マージン率低下による経済影響の分析

数値分析のシナリオとして、九州地域において国際イ

ンフラ整備が実施されたこと等を想定し、九州地域と韓国&台湾、中国沿岸部との間の国際輸送マージンが、中間需要と最終需要の前産業部門において5%低下した状況を仮定する。代替弾力性の値は、中間需要と最終需要のどちらも、国間では2 ( $\sigma_{XR}$ ,  $\sigma_{FR}$ )、国内地域間では3 ( $\sigma_{XM}$ ,  $\sigma_{FM}$ ) とし、最終需要における部門間代替弾力性は0.8 ( $\sigma_{FI}$ ) とした。

表-3 国・地域別便益

国・地域	便益 (1000US\$)
東日本	15,233
中部&西日本	32,272
九州	79,174
中国沿岸部	34,841
中国内陸部	-1,777
韓国&台湾	27,346
ASEAN5	1,747
USA	-1,566

このシナリオを適用した場合における、各国各地域の便益を表-3に示す。輸送マージン減少が直接的に影響する九州、中国沿岸部、韓国&台湾においては正の便益が生じており、予想される結果となっている。また、東日本と中部&西日本、ASEAN5の各地域においても便益が正であり、九州地域における国際インフラ整備の恩恵を享受するであろうということを示唆している。一方で、中国沿岸部とUSAでは負便益が生じており、輸送環境変化によって他地域産財に対する価格競争力の相対的低下をもたらしたと考えられる。

これらの分析結果自体は、弾力性のパラメータ設定も政策シナリオの設定も仮想的なものであるため、大きな政策的含意を持つものではない。着目すべき点は、日本の3地域で便益がそれぞれ計測されていること、さらに中国においては沿岸部と内陸部で便益の正負さえも異なっていることから、一国内の地域を分割しない分析手法では得られなかった知見が導出されるということである。

5. おわりに

本研究は、国際地域間産業連関表のフォーマットを前提として、輸送マージン率等の簡便な設定方法と、国内輸送および国際輸送のシステム改善の評価を統合的に分析可能なSCGEモデルの標準形を提案した。

局地的な交通政策がそれぞれの地域に及ぼす影響を把握するにあたっては、国内地域間での経済構造の差異を無視すると、ミスリードを導く可能性がある。国際地域間産業連関表の存在は、単にそれぞれの地域の産業連関

構造を示すという役割だけではなく、よりきめ細かい政策効果分析の可能性を広げるという意味も持つ。

なお、本研究は、科学研究費補助金（基盤(C)22560538）による助成を受けたものである。ここに記して謝意を表したい。

#### 参考文献

- 1) 宮城俊彦,本部賢一：応用一般均衡分析を基礎にした地域間交易量モデルに関する研究, 土木学会論文集, No.530/IV-30, pp.31-40, 1996.
- 2) Bröcker, J.: Operational spatial computable general equilibrium modeling, *Annals of Regional Sciences* 32, pp.367-387, 1998.
- 3) 石川良文：統計情報を活用したアジア国際日本地域間産業連関表の作成手法, 南山経済研究, 第 22 卷, 第 3 号, pp93-107, 2008.
- 4) Institute of Developing Economies-JETRO: Transnational Interregional Input-Output Table between China and Japan 2000, AIO Series No.68 Institute of Developing Economies-JETRO, 2007.
- 5) 米本清, 柴崎隆一, 渡部富博: 日中地域間アジア国際産業連関表を用いた貿易・開発政策の地域別影響分析, 国土技術政策総合研究所資料, 第 451 号, 2008.
- 6) 水谷誠, 國田淳, 檜垣史彦, 蹴揚秀男, 太田隆史: 政策効果の分析システムに関する研究 III—空間経. 済学的手法を応用した国際物流需要予測モデルの開発—, 国土交通政策研究第 71 号, 2006.
- 7) 上田孝行編著: Excel で学ぶ地域・都市経済分析, コロナ社, 2010.