

国内地域間輸送と港湾・空港関連産業を 明示した開放経済多地域応用一般均衡モデル

石倉 智樹¹木村 祐太²

¹正会員 首都大学東京 准教授 (〒 192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1)

E-mail: iskr@tmu.ac.jp

²非会員 パシフィックコンサルタンツ株式会社 (〒 530-0004 大阪市北区堂島浜一丁目 2 番 1 号 新ダイビル)

本研究は、港湾や国際空港が立地する都市と、その後背地都市の産業構造の異質性を明示的に考慮し、国際交通政策と国内交通政策の両方を同時に評価可能な空間的応用一般均衡 (SCGE) モデルを構築する。本モデルでは、輸出入に関連する産業が、港湾や国際空港に近接するという立地特性を明示的に考慮されるとともに、国内の都市間・地域間輸送における輸送コストも扱われている。また、実産業連関表から、本モデルのキャリブレーションが可能な基準均衡データ作成する方法例についても提案し、東京都産業連関表を用いた数値シミュレーションにより、モデル出力の挙動について分析した。

Key Words: open economy, spatial computable general equilibrium model, international transport industry

1. はじめに

交通社会基盤整備による多地域経済・多国経済システムへの影響を、ミクロ経済理論と統合的な枠組みで評価するための手法として、空間的応用一般均衡 (SCGE) モデルが代表的なものとして挙げられる。近年の SCGE モデルの基本的枠組みは、Shoven and Whalley¹⁾、Whalley²⁾ によって構築されたものであるが、運輸交通政策への SCGE モデルの適用は、SCGE モデルにおいて輸送を明示的に導入した Buckley³⁾、宮城ら⁴⁾、Bröcker⁵⁾ の貢献に負うところが大きい。運輸交通政策への適用を念頭においた SCGE モデルの発展については、Bröcker and Mercenier⁶⁾ に詳しい。また、土木計画分野における最近の発展動向については、小池ら⁷⁾ も参照されたい。

輸送を明示的に扱った SCGE モデルの一般的な特徴は、モデル内で分割された地域間の輸送において、生産地価格と需要地価格の差として、輸送費が表現されるという点である。すなわち、一国多地域経済システムにおける地域間交易や、多国経済システムにおける国際貿易における輸送費が、モデルにおいて考慮される。しかし、一国多地域経済における国際貿易に関しては、これまでほとんど目を向けられてこなかった。例えば、港湾整備や空港整備のような国際輸送社会基盤整備は、国際貿易だけではなく国内地域間交易にも影響を与えうるが、通常の SCGE モデルでは、これを評価可能な枠組みとなっていない。同様に、国内の地域間交通整備によって、港湾や空港へのアクセス環境が改善され

ると、国際貿易における価格体系や貿易量にも影響すると考えられるが、こちらも標準的な SCGE モデルでは対応できない。これは、一国多地域 SCGE モデルが分析対象地域全体を閉鎖経済として扱っていることと、多国 SCGE モデルにおいて一国を一地域として扱っていることに起因する。

また、港湾や空港は、国際物流において必要となる社会基盤施設であり、国際輸送サービスに関わる多くの産業が、港湾や空港の近隣に立地するという特徴がある。例えば、港運、倉庫、荷役、パンニング、船舶や航空機の修理・整備などを行う業種は、明らかに港湾・空港の周辺に集中して立地している。近年の国際物流政策では、港湾や空港の施設面の整備だけでなく、手続きのシングルウィンドウ化など、ソフト面施策も重視されており、これは上記のような産業の生産効率性の改善に寄与する。

石倉ら⁸⁾ は、これらの問題意識の下、港湾都市とそれ以外の都市との非対称性に着目し、国際物流サービス産業を明示的に扱った開放経済型多地域 SCGE モデルを構築した。石倉ら⁸⁾ では、数値例により、港湾都市と後背都市の規模によって、港湾整備がそれぞれの地域にもたらす効果のパターンが大きく異なることを示した。さらに、港湾整備が必ずしも港湾立地都市の厚生改善に寄与するとは限らないことも示唆している。石倉ら⁸⁾ では、国内地域が複数に分割されているものの、それらの間の国内地域間輸送が扱われていない。したがって、国内交通整備による国際貿易への影響が分

析できない体系となっている。この課題を受けて、木村ら⁹⁾は、石倉ら⁸⁾のモデル体系と整合的に、国内地域間輸送を組み込んだ SCGE モデルを構築している。

しかし、石倉ら⁸⁾、木村ら⁹⁾のいずれにおいても、港湾・空港関連産業の中間投入が考慮されていないという点と、国内経済主体の意思決定により決定される輸入が外生条件となっており、港湾・空港整備による効果が評価できないという点に課題を抱えている。また、実際の産業関連表とモデルが前提とする基準均衡データの整理方法が異なるが、これらの関係性やデータ作成方法について言及されていない。そこで本研究は、石倉ら⁸⁾、木村ら⁹⁾のモデルを発展させ、港湾・空港関連産業の中間投入を考慮し、輸入決定のメカニズムを内生化した SCGE モデルを構築するとともに、実産業関連表からキャリブレーション可能な基準均衡データ作成する方法例についても提案する。

2. モデル

(1) モデルの前提条件

本研究では、港湾・空港関連産業が立地する港湾・空港都市を他都市と明示的に区別し、かつ地域間輸送を考慮した SCGE モデルとして、空間経済をモデル化する。

本モデルでは、 n 個の都市から構成される開放経済を想定する。この経済には、一箇所の港湾・空港都市 ($s = 1$, s は都市番号のラベルを表す) と複数の後背地都市 (都市 $s \neq 1$) が存在するものとする。

生産要素として労働と資本を考え、これらは各都市の家計によって保有されており、生産要素市場は各都市で閉じている。財の種類としては海外へ輸出される輸出財、海外から輸入される輸入財、その他全ての財を集想的に考えた合成財の 3 種類を考え、これらの財の市場は都市外へ開放されており、地域間交易が可能である。

各都市には合成財の生産を行う合成財企業と家計が立地し、港湾・空港都市 ($s = 1$) にはこれらに加えて、海外との輸出入を行う港湾・空港関連企業が立地する。港湾・空港関連企業は更に、海外向け輸出財を生産する輸出企業と国内向け輸入財を生産する輸入企業に分類される。

後背地都市 (都市 $s \neq 1$) は、直接的に海外との貿易 (輸出と輸入の両方) を行うことができず、貿易はすべて港湾・空港都市 ($s = 1$) に立地する港湾・空港関連企業を介して行われるものとする。図-1 に後背地都市が 2 都市、合計 3 都市である場合の本モデルの概観を示す。

また、先述の通り財の都市間交易は可能であるが、国内各都市間の財の取引には輸送費が必要となる。この

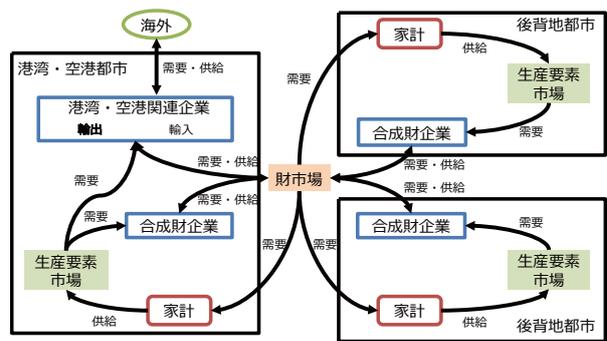


図-1 モデルの枠組み (3 地域の例)

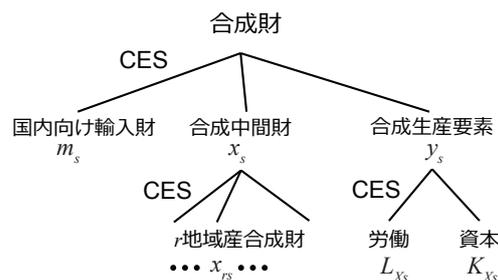


図-2 合成財の生産技術

国内地域間輸送費については、輸送費相当分の負担が財の追加的消費として表される、Iceberg 型輸送費用を仮定する。図-1 に後背地都市が 2 都市、合計 3 都市である場合の本モデルの概観を示す。

(2) 合成財企業

合成財企業は、各都市において自都市内の労働・資本、各都市の合成財企業が生産した合成財、及び輸入企業が生産した国内向け輸入財を投入し、国内合成財の生産を行う。生産要素間の代替、合成財の生産地域間の代替、及び国内向け輸入財・合成財・合成生産要素間の代替について図-2 に示すような Nested-CES 型技術 (生産ツリー) を仮定する。

生産ツリーの最下層では、労働・資本の投入による合成生産要素の生産、及び各地域産合成財の投入による合成財中間投入の生産が行われる。それぞれにおいて CES 型生産技術を仮定し、単位生産あたりの費用最小化問題を考える。

$$\min_{L_{X_s}, K_{X_s}} w_s L_{X_s} + r_s K_{X_s} \quad (1a)$$

$$s.t. \quad y_s =$$

$$A_{Y_s} \left(\alpha_{L_s} L_{X_s}^{\frac{\sigma_{Y_s}-1}{\sigma_{Y_s}}} + \alpha_{K_s} K_{X_s}^{\frac{\sigma_{Y_s}-1}{\sigma_{Y_s}}} \right)^{\frac{\sigma_{Y_s}}{\sigma_{Y_s}-1}} \quad (1b)$$

$$\min_{x_{rs}} \sum_{r=1}^n p_{rs} x_{rs} \quad (2a)$$

$$s.t. \quad x_s = A_s \left(\sum_{r=1}^n \beta_{rs} x_{rs} \frac{\sigma_{Rs}-1}{\sigma_{Rs}} \right)^{\frac{\sigma_{Rs}}{\sigma_{Rs}-1}} \quad (2b)$$

これらの費用最小化問題を解くと、各投入物の派生需要関数は以下のように得られる。

$$L_{X_s} = \left(\frac{\alpha_{L_s}}{w_s} \right)^{\sigma_{Y_s}} \frac{Z_{Y_s}}{A_{Y_s}} y_s \quad (3)$$

$$K_{X_s} = \left(\frac{\alpha_{K_s}}{r_s} \right)^{\sigma_{Y_s}} \frac{Z_{Y_s}}{A_{Y_s}} y_s \quad (4)$$

$$x_{rs} = \left(\frac{\alpha_{r_s}}{p_{rs}} \right)^{\sigma_{R_s}} \frac{Z_{R_s}}{A_s} x_s \quad (5)$$

ただし、

$$Z_{Y_s} = \left(\alpha_{L_s}^{\sigma_{Y_s}} w_s^{1-\sigma_{Y_s}} + \alpha_{K_s}^{\sigma_{Y_s}} r_s^{1-\sigma_{Y_s}} \right)^{\frac{\sigma_{Y_s}}{1-\sigma_{Y_s}}} \quad (6)$$

$$Z_{R_s} = \left(\sum_{r=1}^n \beta_{rs}^{\sigma_{R_s}} p_{rs}^{1-\sigma_{R_s}} \right)^{\frac{\sigma_{R_s}}{1-\sigma_{R_s}}} \quad (7)$$

である。ここで、 s は生産が行われる都市のラベルを、 r は投入される財の生産都市のラベルを表す。

全ての生産技術において、規模に関して収穫一定であることを前提としているので、合成生産要素 y_s の価格 p_{Y_s} と合成中間投入財 x_s の価格 pp_s が、それぞれの単位生産量あたりの費用と等しく、

$$p_{Y_s} = w_s L_{X_s}^0 + r_s K_{X_s}^0 \quad (8)$$

$$pp_s = \sum_{r=1}^n p_{rs} x_{rs}^0 \quad (9)$$

となる。ここで、上付きスクリプトが 0 である変数は、費用最小化問題における制約条件において、生産量を 1 とした場合の解、すなわち単位生産量あたりの値であることを示すものであり、以下でも同様の表記を用いる。

合成財生産に係る変数とパラメタについては、 L_{X_s} と K_{X_s} はそれぞれ労働投入と資本投入を、 w_s と r_s はそれぞれ労働価格と資本価格を表す。 x_{rs} は、都市 r 産合成財の中間投入であり、 p_{rs} は、都市 r 産合成財の価格である。 A_{Y_s}, A_s は、付加価値生産と合成中間財生産の技術パラメタである。 $\alpha_{L_s}, \alpha_{K_s}, \beta_{rs}$ はシェアパラメタを表し、 $\sigma_{Y_s}, \sigma_{R_s}$ は代替弾力性パラメタである。

同様に、輸入財・合成財中間投入・合成生産要素の投入による合成財の生産においても、CES 型生産技術を仮定し、単位生産あたり費用最小化問題を考える。

$$\min_{x_s, m_s, y_s} \quad pp_s x_s + p_{M_s} m_s + p_{Y_s} y_s \quad (10a)$$

$$s.t. \quad X_s = B_s \left(\gamma_s x_s \frac{\sigma_s-1}{\sigma_s} + \gamma_{M_s} m_s \frac{\sigma_s-1}{\sigma_s} \right)^{\frac{\sigma_s}{\sigma_s-1}} \quad (10b)$$

$$+ \gamma_{Y_s} y_s \frac{\sigma_s-1}{\sigma_s} \Big)^{\frac{\sigma_s}{\sigma_s-1}}$$

これを解くと、以下のように各投入物の派生需要関数が導出される。

$$x_s = \left(\frac{\gamma_s}{pp_s} \right)^{\sigma_s} \frac{Z_s}{B_s} X_s \quad (11)$$

$$m_s = \left(\frac{\gamma_{M_s}}{p_{M_s}} \right)^{\sigma_s} \frac{Z_s}{B_s} X_s \quad (12)$$

$$y_s = \left(\frac{\gamma_{Y_s}}{p_{Y_s}} \right)^{\sigma_s} \frac{Z_s}{B_s} X_s \quad (13)$$

ただし

$$Z_s = \left(\gamma_s^{\sigma} pp_s^{1-\sigma} + \gamma_{M_s}^{\sigma} p_{M_s}^{1-\sigma} + \gamma_{Y_s}^{\sigma} p_{Y_s}^{1-\sigma} \right)^{\frac{\sigma_s}{1-\sigma_s}} \quad (14)$$

である。生産には規模に対して収穫一定の技術を仮定しているため、各生産物価格は、合成財の単位生産量あたりの費用として、次のように表される。

$$p_s = pp_s x_s^0 + p_{M_s} m_s^0 + p_{Y_s} y_s^0 \quad (15)$$

なお、各種の変数とパラメタは、 m_s : 輸入財投入、 p_{M_s} : 輸入財価格、 X_s : 合成財生産量、 p_s : 都市 s での合成財生産地価格、 B_s : 生産効率性パラメタ、 $\gamma_s, \gamma_{M_s}, \gamma_{Y_s}$: シェアパラメタ、 σ_s : 代替弾力性、を表す。

ここで、合成財の生産に掛かる費用について考える。合成財企業は生産要素の他に中間財として各都市産の合成財を投入するが、これらの需要地価格は財を生産する企業の立地する都市 r から、投入財として需要する合成財企業の立地する都市 s までの輸送費を加えた価格となる。ここで、発地 r から着地 s までの輸送マージンに関して、係数 τ_{rs} を以下のように定義する。

$$\tau_{rs} = \begin{cases} 1 & (r = s) \\ 1 + t_{rs} & (r \neq s) \end{cases} \quad (16)$$

上式において t_{rs} は、地域 r から地域 s までの輸送マージン率を表す。したがって、都市 r 産合成財の都市 s における需要地価格 p_{rs} は、

$$p_{rs} = p_r \cdot \tau_{rs} \quad (17)$$

のように、輸送費に相当する分が課された価格となっている。

(3) 港湾・空港関連産業

a) 輸出企業

輸出企業は港湾・空港都市 ($s = 1$) のみに立地するものとする。輸出企業は、自都市内の労働・資本、及び各都市の合成財企業が生産した合成財を投入し、海外向け輸出財の生産を行う。生産要素間の代替、合成財の生産地域間の代替、及び合成財・合成生産要素間の代替について図-3 に示すような Nested-CES 型技術を仮定し、輸出財生産技術の階層構造を考える。

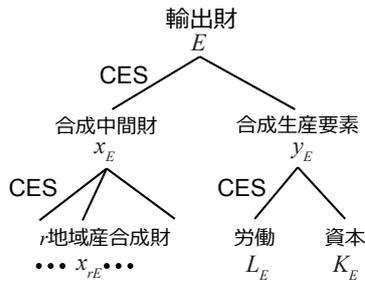


図-3 輸出企業の生産技術

最下層では、労働・資本の投入による合成生産要素の生産、及び各地域産合成財の投入による合成財中間投入の生産が行われる。それぞれにおいて CES 型生産技術を仮定し、単位生産あたりの費用最小化問題を考える。合成生産要素の投入については、

$$\min_{L_E, K_E} w_1 L_E + r_1 K_E \quad (18a)$$

$$s.t. \quad y_E = A_{YE} \left(\alpha_{LE} L_E^{\frac{\sigma_{YE}-1}{\sigma_{YE}}} + \alpha_{KE} K_E^{\frac{\sigma_{YE}-1}{\sigma_{YE}}} \right)^{\frac{\sigma_{YE}}{\sigma_{YE}-1}} \quad (18b)$$

の最適化問題の解より、

$$L_E = \left(\frac{\alpha_{LE}}{w_1} \right)^{\sigma_{YE}} \frac{Z_{YE}}{A_{YE}} y_E \quad (19)$$

$$K_E = \left(\frac{\alpha_{KE}}{r_1} \right)^{\sigma_{YE}} \frac{Z_{YE}}{A_{YE}} y_E \quad (20)$$

として、各投入要素の派生需要関数が導出される。同様に、合成財中間投入についても、費用最小化問題

$$\min_{x_{rE}} \sum_{r=1}^n (p_{rE} x_{rE}) \quad (21a)$$

$$s.t. \quad x_E = A_E \left(\sum_{r=1}^n \beta_{rE} x_{rE}^{\frac{\sigma_{RE}-1}{\sigma_{RE}}} \right)^{\frac{\sigma_{RE}}{\sigma_{RE}-1}} \quad (21b)$$

を解くと、

$$x_{rE} = \left(\frac{\beta_{rE}}{p_{rE}} \right)^{\sigma_{RE}} \frac{Z_{rE}}{A_{rE}} x_E \quad (22)$$

のように、合成財中間投入の需要関数が導出される。ただし、

$$Z_{YE} = (\alpha_{LE}^{\sigma_{YE}} w_1^{1-\sigma_{YE}} + \alpha_{KE}^{\sigma_{YE}} r_1^{1-\sigma_{YE}})^{\frac{\sigma_{YE}}{1-\sigma_{YE}}} \quad (23)$$

$$+ \alpha_{KE}^{\sigma_{YE}} r_1^{1-\sigma_{YE}})^{\frac{\sigma_{YE}}{1-\sigma_{YE}}} \quad (24)$$

$$Z_{rE} = \left(\sum_{r=1}^n \beta_{rE}^{\sigma_{RE}} p_{rE}^{1-\sigma_{RE}} \right)^{\frac{\sigma_{RE}}{1-\sigma_{RE}}} \quad (25)$$

である。なお、各変数とパラメタの定義については、 L_E : 輸出企業の労働投入、 K_E : 輸出企業の資本投入、 x_{rE} : 都市 r 産合成財中間投入、 p_{rE} : 都市 r 産合成財価格、 y_E : 輸出企業の合成生産要素投入、 x_{rE} : 輸出企業の合

成財中間投入、 A_{YE}, A_E : 生産効率性、 $\alpha_{LE}, \alpha_{KE}, \beta_{rE}$: シェアパラメタ、 σ_{YE}, σ_{rE} : 代替弾力性である。

輸出企業の生産において投入される、合成生産要素価格 p_{YE} と合成中間投入の価格 pp_E はそれぞれ、単位生産（投入）量あたりの費用と等しく、

$$p_{YE} = w_1 L_E^0 + r_1 K_E^0 \quad (26)$$

$$pp_E = \sum_{r=1}^n p_{rE} x_{rE}^0 \quad (27)$$

と表される。

上位階層である、合成中間投入と合成生産要素投入についても、CES 型生産技術が仮定されている。したがって、費用最小化問題、

$$\min_{x_E, y_E} pp_E x_E + p_{YE} y_E \quad (28a)$$

s.t.

$$E = B_E \left(\gamma_E x_E^{\frac{\sigma_E-1}{\sigma_E}} + \gamma_{YE} y_E^{\frac{\sigma_E-1}{\sigma_E}} \right)^{\frac{\sigma_E}{\sigma_E-1}} \quad (28b)$$

を解くと、以下のように各投入物の派生需要関数が導出される。

$$x_E = \left(\frac{\gamma_E}{pp_E} \right)^{\sigma_E} \frac{Z_E}{B_E} E \quad (29)$$

$$y_E = \left(\frac{\gamma_{YE}}{p_{YE}} \right)^{\sigma_E} \frac{Z_E}{B_E} E \quad (30)$$

なお、

$$Z_E = (\gamma_E^{\sigma_E} pp_E^{1-\sigma_E} + \gamma_{YE}^{\sigma_E} p_{YE}^{1-\sigma_E})^{\frac{\sigma_E}{1-\sigma_E}} \quad (31)$$

$$+ \gamma_{YE}^{\sigma_E} p_{YE}^{1-\sigma_E})^{\frac{\sigma_E}{1-\sigma_E}} \quad (32)$$

である。

規模に対して収穫一定技術が仮定されているので、輸出財の FOB 価格は、単位生産量あたりの費用と等しく、次のように表される。

$$p_E = pp_E x_E^0 + p_{YE} y_E^0 \quad (33)$$

b) 輸入企業

輸入企業もまた、港湾・空港都市 ($s=1$) のみに立地するものとする。輸入企業は、自都市内の労働・資本、海外からの輸入財、各都市の合成財企業が生産した合成財、及び自都市で生産された国内向け輸入財を投入し、国内向け輸入財の生産を行う。生産要素間の代替、合成財の生産地域間の代替、及び輸入財（海外からの輸入財及び国内向け輸入財）・合成財・合成生産要素間の代替について、図-4 に示すような Nested-CES 型技術を仮定する。

最下層では、労働・資本の投入による合成生産要素の生産、及び各地域産合成財の投入による合成財中間投入の生産が行われる。それぞれに、費用最小化問題を考えることで投入需要関数が得られる。

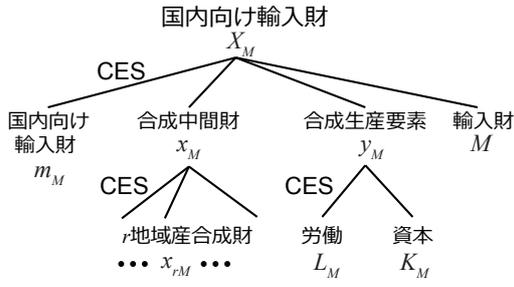


図-4 輸入企業の生産技術

付加価値投入については,

$$\min_{L_M, K_M} w_1 L_M + r_1 K_M \quad (34a)$$

$$s.t. \quad y_M = A_{YM} \left(\alpha_{LM} L_M^{\frac{\sigma_{YM}-1}{\sigma_{YM}}} + \alpha_{KM} K_M^{\frac{\sigma_{YM}-1}{\sigma_{YM}}} \right)^{\frac{\sigma_{YM}}{\sigma_{YM}-1}} \quad (34b)$$

より,

$$L_M = \left(\frac{\alpha_{LM}}{w_1} \right)^{\sigma_{YM}} \frac{Z_{YM}}{A_{YM}} y_M \quad (35)$$

$$K_M = \left(\frac{\alpha_{KM}}{r_1} \right)^{\sigma_{YM}} \frac{Z_{YM}}{A_{YM}} y_M \quad (36)$$

である.

中間投入については,

$$\min_{x_{rM}} \sum_{r=1}^n (p_{rM} x_{rM}) \quad (37a)$$

$$s.t. \quad x_M = A_M \left(\sum_{r=1}^n \beta_{rM} x_{rM}^{\frac{\sigma_{rM}-1}{\sigma_{rM}}} \right)^{\frac{\sigma_{rM}}{\sigma_{rM}-1}} \quad (37b)$$

より,

$$x_{rM} = \left(\frac{\beta_{rM}}{p_{rM}} \right)^{\sigma_{rM}} \frac{Z_{rM}}{A_{rM}} x_M \quad (38)$$

である. これまでと同様の議論により, 輸入企業における合成生産要素投入価格 p_{YM} および, 合成中間投入価格 pp_M は, それぞれの単位生産費用として,

$$p_{YM} = w_1 L_M^0 + r_1 K_M^0 \quad (39)$$

$$pp_M = \sum_{r=1}^n p_{rM} x_{rM}^0 \quad (40)$$

のように記述できる.

なお, 各変数とパラメタの定義については, L_M : 輸入企業の労働投入, K_M : 輸入企業の資本投入, x_{rM} : 都市 r 産合成財中間投入, p_{rM} : 都市 r 産合成財価格, y_M : 輸入企業の合成生産要素投入, x_M : 輸入企業の合成財中間投入, A_{YM}, A_M : 生産効率性, $\alpha_{LM}, \alpha_{KM}, \beta_{rM}$: シェアパラメタ, σ_{YM}, σ_{rM} : 代替弾力性である.

海外からの輸入財, 国内向け輸入財, 合成財中間投入, 合成生産要素の投入による, 国内向け輸入財の生

産においても, CES 型生産技術が仮定されている. この単位生産あたり費用最小化問題を考える.

$$\min_{x_M, y_M, m_M, M} pp_M x_M + p_{YM} y_M + q_M M + p_M m_M \quad (41a)$$

s.t.

$$X_M = B_M \left(\gamma_{xM} x_M^{\frac{\sigma_M-1}{\sigma_M}} + \gamma_{YM} y_M^{\frac{\sigma_M-1}{\sigma_M}} + \gamma_M M^{\frac{\sigma_M-1}{\sigma_M}} + \gamma_{mM} m_M^{\frac{\sigma_M-1}{\sigma_M}} \right)^{\frac{\sigma_M}{\sigma_M-1}} \quad (41b)$$

これを解くと, 以下のように, それぞれの投入に関する派生需要関数が得られる.

$$x_M = \left(\frac{\gamma_{xM}}{pp_M} \right)^{\sigma_M} \frac{Z_M}{B_M} X_M \quad (42)$$

$$y_M = \left(\frac{\gamma_{yM}}{p_{yM}} \right)^{\sigma_M} \frac{Z_M}{B_M} X_M \quad (43)$$

$$M = \left(\frac{\gamma_M}{q_M} \right)^{\sigma_M} \frac{Z_M}{B_M} X_M \quad (44)$$

$$m_M = \left(\frac{\gamma_{mM}}{p_{mM}} \right)^{\sigma_M} \frac{Z_M}{B_M} X_M \quad (45)$$

ここで,

$$Z_M = \left(\gamma_{xM}^{\sigma_M} pp_M^{1-\sigma_M} + \gamma_{yM}^{\sigma_M} p_{yM}^{1-\sigma_M} + \gamma_M^{\sigma_M} q_M^{1-\sigma_M} + \gamma_{mM}^{\sigma_M} p_{mM}^{1-\sigma_M} \right)^{\frac{\sigma_M}{1-\sigma_M}} \quad (46)$$

である. 規模に関して収穫一定の技術であるので, 輸入企業の生産する国内向け輸入財の FOB 価格は,

$$p_M = pp_M x_M^0 + p_{yM} y_M^0 + q_M M^0 + p_{mM} m_M^0 \quad (47)$$

となる. なお, M : 海外からの輸入財投入, q_M : 輸入財国際価格, m_M : 国内向け輸入財投入, x_M : 国内向け輸入財の投入, p_M : 国内向け輸入財価格, B_M : 生産効率性パラメタ, $\gamma_{xM}, \gamma_{yM}, \gamma_M, \gamma_{mM}$: シェアパラメタ, σ_M : 代替弾力性である.

本モデルでは石倉ら⁸⁾と同様に, 対象(国)経済内における地域間取引のみを扱い, 国際貿易における空間的輸送については明示的に表現せず, この港湾・空港関連企業の付加価値内に組み込まれ, 空間的輸送以外の物流費用と差別化せず扱うものとする.

(4) 家計

各都市の家計は, 各都市の合成財企業が生産した合成財および, 輸入企業による供給を介した輸入財, すなわち国内向け輸入財を消費することにより効用を得る. 効用関数として, 財の部門間の代替関係と, 生産地域間の代替が階層化された構造をもつ, Nested-CES 関数を仮定する.

まず, 下層の生産地域間合成財消費の合成について考える. 単位合成財消費あたり費用最小化問題は, 以

下のように表される．

$$\min_{c_{rs}} \sum_{r=1}^n p_{rs} c_{rs} \quad (48a)$$

$$s.t. \\ c_s = \left(\sum_{r=1}^n \delta_{rs} c_{rs} \frac{\sigma_{cs}-1}{\sigma_{cs}} \right)^{\frac{\sigma_{cs}}{\sigma_{cs}-1}} \quad (48b)$$

これを解くことにより，費用最小化問題に付随するラグランジュ定数の逆数より，需要地 s での消費合成財価格指数 PF_s と，生産地別生産地別消費財需要量 c_{rs} が導出される．

$$PF_s = \left(\sum_{r=1}^n \delta_{rs} \sigma_{cs} p_{rs}^{1-\sigma_{cs}} \right)^{\frac{1}{1-\sigma_{cs}}} \quad (49)$$

$$c_{rs} = \left(\frac{\delta_{rs}}{p_{rs}} \right)^{\sigma_{cs}} PF_s^{\sigma_{cs}} c_s \quad (50)$$

ここで， c_s ： s 地域家計の合成消費合成財， c_{rs} ： r 地域産の s 地域消費合成財， PF_s ： s 地域での消費合成財の価格指数， p_{rs} ： r 地域産消費合成財の s 地域での需要地価格， δ_{rs} ：シェアパラメータ， σ_{cs} ：代替弾力性，である．

次に，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について考える．家計の効用最大化問題は以下のように定義される．

$$\max_{c_s, c_{Ms}} U_s = \\ \left(\varepsilon_s c_s^{\frac{\sigma_{us}-1}{\sigma_{us}}} + \varepsilon_{Ms} c_{Ms}^{\frac{\sigma_{us}-1}{\sigma_{us}}} \right)^{\frac{\sigma_{us}}{\sigma_{us}-1}} \quad (51a)$$

$$s.t. \\ PF_s c_s + p_{Ms} c_{Ms} \leq I_s \quad (51b)$$

これを解くことにより，合成消費財需要量 c_s と，国内向け輸入消費財の需要量 c_{Ms} が求まる．

$$c_s = \left(\frac{\varepsilon_s}{PF_s} \right)^{\sigma_{us}} \quad (52)$$

$$\cdot \left(\varepsilon_s \sigma_{us} PF_s^{1-\sigma_{us}} + \varepsilon_{Ms} \sigma_{us} p_{Ms}^{1-\sigma_{us}} \right)^{-1} I_s \quad (53)$$

なお， U_s ： s 地域家計の効用， c_{Ms} ： s 地域家計の消費輸入財， p_{Ms} ： s 地域の消費輸入財価格， I_s ：都市 s 家計の所得， ε_s ：シェアパラメータ， σ_{us} ：代替弾力性，である．

(5) 海外経済との関係

前提条件において述べたように，本モデルでは，海外向け輸出財の需要については，海外経済主体の行動を明示的にモデル化せず，自己価格弾力性一定型の需要関数を仮定する．具体的には，石倉ら⁸⁾と同様に，輸入財の国際価格に対する海外向け輸出財の相対価格に対して，弾力性一定の需要関数を想定する．

$$E = E_0 \left(\frac{p_E}{q_M} \right)^{-\sigma_E} \quad (54)$$

ここで， E_0 は，基準均衡における輸出量である．

対象経済と海外（外部都市）との間の収支バランスより，純輸出額 NX は以下ようになる．

$$NX = p_E E - q_M M \quad (55)$$

本モデルでは，対象経済の各都市における対外所得移転額は，短期的には変化しないと考え， NX は基準均衡時の値で先決された固定値と見なし，かつ，各都市の対外所得移転額 NX_s も固定されていることとする．したがって，各都市の家計の所得は以下のように表される．

$$I_s = w_s L_s + r_s K_s - NX_s \quad (56)$$

L_s ：都市 s の労働保有量， K_s ：都市 s の資本保有量）

(6) 市場均衡

以下では，本モデルで考慮される各市場の均衡条件を列挙する．

まず，都市 r で生産される合成財の需給均衡について，各都市の合成財生産の中間投入，輸出企業と輸入企業の中間投入，および各都市の最終需要の和が総需要となるので，以下のように表される．

$$X_s = \sum_{s=1}^n x_{rs} \tau_{rs} + x_{1E} \tau_{1s} \\ + x_{1M} \tau_{1s} + \sum_{s=1}^n c_{rs} \tau_{rs} \quad (57)$$

上式において，本モデルではIceberg型輸送費用を仮定しているため，需要地での需要量に加えて，輸送費用に相当する財消費量を加えた量が，生産地から供給される必要がある．このため，財需要の各項に輸送マージンに関する係数 τ_{rs} が乗じられている．

同様に，国内向け輸入財の市場均衡は以下のように表される．

$$X_M = \sum_{s=1}^n m_s \tau_{1s} + m_M + \sum_{s=1}^n c_{Ms} \tau_{1s} \quad (58)$$

各都市の要素市場均衡について，港湾・空港都市 ($s = 1$) では合成財企業，輸出企業，輸入企業において要素需要があり，それ以外の後背地都市 ($s \neq 1$) では，合成財企業によってのみ需要されるため，以下のように場合分けされる．労働市場の均衡条件は，

$$L_s = \begin{cases} L_{Xs} + L_E + L_M & (s = 1) \\ L_{Xs} & (s \neq 1) \end{cases} \quad (59)$$

であり，資本市場については，

$$K_s = \begin{cases} K_{Xs} + K_E + K_M & (s = 1) \\ K_{Xs} & (s \neq 1) \end{cases} \quad (60)$$

となる．

3. 東京都産業連関表を用いた数値シミュレーション

(1) 空港・港湾都市の条件設定

本章は、実データを用いた分析手順を整理するため、2005年東京都産業連関表¹⁰⁾を、空港・港湾都市とそれ以外の都市とから構成される地域間産業連関表と見なし、モデルを適用する。

2005年東京都産業連関表は、「東京都」と「国内その他地域」の2地域表として作成されたものであり、本章の分析例では、東京都を港湾・空港都市と見なし、国内その他地域(以下 ROJ: Rest Of Japan)を後背地都市であることを前提条件とする。これは、日本の国際貿易は全て、東京都に立地する輸出入企業を介さなければならない、ということの意味している。

2005年において、東京都内に所在する東京国際空港と東京港の貿易額の合計の対全国シェアは、輸出では7%、輸入では11%であり、隣接する神奈川県と千葉県の実港・港湾を含めた場合には、対全国シェアの値は、輸出では39%、輸入では46%となる¹⁴⁾。これらの値は、近年でも劇的には変化していない¹⁵⁾。したがって、東京都のみを日本の空港・港湾都市と見なす前提条件は、貿易の実態としては非現実的な想定であるが、本章では、実際に利用可能な地域間産業連関表を用いた分析手順を示すための素材として、東京都産業連関表を用いていることに注意されたい。

(2) 港湾・空港関連産業の特定化

本研究では港湾・空港都市に立地し、輸出入などの国際物流に携わる産業を、港湾・空港関連産業としてモデル内で明示的に定義している。本モデルを用いた分析を行うには、産業連関表の産業部門分類において、港湾・空港関連産業が他産業部門と差別化されている必要がある。しかし、このような産業部門分類がなされている産業連関表は存在しないため、本モデルを適用するためには、港湾・空港関連産業を特定化し、モデルのキャリブレーションが可能となるよう、産業連関表の形態を加工する必要がある。

港湾関連産業の概念について、中野ら¹¹⁾が、港湾開発に伴う経済効果計測を行う手法開発の過程において、港湾の利用によって経済効果が及ぶ産業という観点から、港湾関連産業と港湾依存産業という2種類のカテゴリーを提案している。このうち、港湾関連産業は「港湾及びその周辺に立地し、生産要素として利用する社会資本が主として港湾である産業」と定義されている。この考え方は、貿易を行うためには輸出入に係るサービスの投入を必要とする、という本研究の港湾・空港関連産業が果たす役割の概念と親和性がある。

中野ら¹¹⁾による港湾関連産業の定義は、港湾を生産要素として使用するという、投入産出構造の結びつきに着目した概念と言える。一方、本研究における港湾・空港関連産業は、港湾や空港に近接して立地し、貿易財のハンドリングに直接的に関わる産業を想定している。したがって、港湾や空港を生産活動において不可欠な要素とするという、投入産出面での結びつきに加え、空間的な近接性も要求する、地理的な結びつきも考慮した概念と言える。

中野ら¹¹⁾の定義では、港湾を生産要素としうる産業部門は全て港湾関連産業として位置づけられ、金融、小売など、港湾・空港都市への立地が必須とは限らない産業部門も含まれることとなる。そこで本研究では、中野ら¹¹⁾による港湾関連産業の概念に加え、空港関連産業を付加するとともに、その中から、即地的なサービスを供給する運輸部門に属する部門のみを港湾・空港関連産業として定義することとした。

中野ら¹¹⁾の定義は、日本標準産業分類¹²⁾の部門分類を基に定められている。本研究で用いる2005年東京都産業連関表¹⁰⁾の産業分類は、2005年総務省産業連関表¹³⁾の産業分類に準拠しており、その部門分類については日本標準産業分類¹²⁾との対応表が存在する。本研究ではこれらの対応関係を整理し、2005年東京都産業連関表の産業部門のうち、表-1に示す部門を、港湾・空港関連産業としてとして扱うこととした。

(3) シミュレーション分析

本節では、構築したモデルを東京都産業連関表に適用し、仮想的な運輸社会資本整備シナリオのシミュレーション分析を行い、モデルの挙動について考察する。

モデルを適用するにあたり、モデルの枠組みと整合する形へと、当該産業連関表を加工する必要がある。前節で述べた港湾・空港関連産業の定義を用い、かつ輸出企業と輸入企業へと分離し、モデルのパラメタをキャリブレーションできるような産業連関表への加工手順の詳細は、付録にて説明を記述した。

以下では、基準均衡データが作成済みであることとして、論を進める。シミュレーション分析のシナリオとして、東京とROJとの間で国内交通施設整備がなされ、地域間輸送マージン率が5%削減される国内地域間交通整備シナリオ(Scenario 1)、港湾・空港が整備され、東京の港湾・空港関連産業、すなわち輸出および輸入企業の生産効率性が5%向上する港湾・空港整備シナリオ(Scenario 2)、およびこれらが同時に実施されるシナリオ(Scenario 3)の3シナリオを想定する。また、基準均衡時における国内地域間輸送に係るマージン率 $\tau_{r,s}$ は、1.5と設定した。以上のシナリオに採用した生産効率性変化の値、輸送マージン率は、本分析

表-1 港湾・空港関連産業

船舶修理
航空機修理
外洋輸送
沿海・内水面輸送
沿海・内水面旅客輸送
沿海・内水面貨物輸送
港湾運送
航空輸送
国際航空輸送
国内航空旅客輸送
国内航空貨物輸送
航空機使用事業
倉庫
こん包
水運施設管理
その他の水運付帯サービス
航空施設管理（国営）
航空施設管理（産業）
その他の航空付帯サービス
旅行・その他の運輸付帯サービス

表-2 シナリオ別都市別の便益

シナリオ	city	EV	EV/L
Scenario1	東京	1999	3.74%
	ROJ	3043	1.35%
Scenario2	東京	-378	-0.71%
	ROJ	2661	1.18%
Scenario3	東京	1626	3.05%
	ROJ	5718	2.54%

EV の単位は 10 億円

表-3 シナリオ別都市別価格変化率

シナリオ	都市	w_s	r_s	p_s
Scenario1	東京	0.60%	0.61%	0.07%
	ROJ	0.16%	0.16%	-0.08%
Scenario2	東京	-1.89%	-1.89%	-1.98%
	ROJ	-1.51%	-1.51%	-1.80%
Scenario3	東京	-1.29%	-1.29%	-1.91%
	ROJ	-1.36%	-1.36%	-1.88%

のために仮想的に設定したものであり、現実の政策との関連性について考慮したものではない。

表-2 に、各シナリオにおける便益 (EV) および、労働 1 単位あたり便益 (EV/L) を、表-3 に、価格変数の変化率を示す。

国内地域間交通整備シナリオ (Scenario 1) では、港湾・空港都市である東京と、後背都市に相当する ROJ の両方に正の便益が生じている。一人あたり便益の代替的な厚生変化指標として用いた EV/L については、東京での効果が大きい。これらの結果は、要素価格と財価格の変化率とも整合的である。財価格に比べて要素価格が高くなる方向に均衡状態が変化しており、家計にとって実質的な購買力が向上するような効果がもたらされている。国内地域間交通整備は、海外財に対する国内産財の価格競争力を高めるような政策であるため、本モデル分析でも、予想されうる方向の経済状態変化が導かれたと言える。

一方、港湾・空港整備シナリオ (Scenario 2) では、東京において負の便益が生じている。この結果は、石倉ら⁸⁾の分析における、後背地都市の規模が港湾・空港都市の規模に対して大きな状況下において、港湾・空港整備を行った場合の効果推定結果と整合的な特徴を示している。すなわち、港湾・空港整備は、産業規模が大きく海外との取引額も大きな後背地に対して大きな

		p_E	p_M
Scenario1	東京	-1.93%	0.00%
	ROJ		
Scenario2	東京	-6.49%	-4.81%
	ROJ		
Scenario3	東京	-8.29%	-4.82%
	ROJ		

効果をもたらし、港湾・空港が立地する都市に正の便益が生じない可能性があるということを示唆している。ただし、この傾向は、港湾・空港都市と後背地都市をどのように定義するかによって変わりうる⁸⁾のものであり、一般的な特性ではないことに注意が必要である。

政策を同時に実施したシナリオ (Scenario 3) では、各都市において、上述の 2 つのシナリオ適用時の便益の和と近い値の便益が計測されており、複合的な政策効果が (過大、過小にならず) 適切に評価されていることがわかる。すなわち、国内地域間交通整備政策と国際交通整備政策を組み合わせたパッケージ施策について、本研究で構築した手法が有効な評価手法であることを示している。

4. おわりに

本研究では、国内地域間輸送と港湾・空港都市の産業構造の両方を明示的に取り扱い、港湾・空港関連産業の中間投入を考慮し輸入量を内生化したモデルを新たに構築した。また、実都市データの作成手法を示した上でシミュレーション分析を通じたモデルの検証を行うことにより、SCGEモデルを利用した物流効率化施策の総合的評価が可能な新たな手法を提案した。

実都市データの作成においては、港湾・空港周辺に立地する産業形態を明らかにし、国・自治体レベルによって整備されている産業関連表における産業の枠組みで定義することで、港湾・空港整備における経済分析を行う上で今後の研究に利用可能なデータ作成手法について示した。また、モデル挙動確認のために行った分析結果から、本モデルが物流効率化施策の分析において適切なモデル挙動を取ることが示された。

本研究で定義した港湾・空港関連産業の示す産業の範囲については、範囲を変えた産業関連表を用いた分析を行いその結果比較を行ったが、施策によって傾向が異なり、慎重な検討が必要である。

また、本研究では東京都産業関連表（2地域表）を用い、日本の港湾・空港における全ての貿易活動が東京で行われたという仮定のもと産業関連表の作成を行ったが、実際には国際貿易が行われる港湾・空港は国内に複数存在し、企業はこれらの港湾・空港の選択行動を取るものと考えられる。産業関連表の正確性、および現状をよりよく表した結果を得るといった観点からも、複数の港湾・空港の選択行動を考慮したモデルの構築が今後望まれる。

謝辞： 本研究は、科学研究費補助金（課題番号25820245, 24360202, 24360207）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。

付録 I モデルと統合的な東京都産業関連表の作成方法

まず、2005年東京都産業関連表¹⁰⁾基本分類表を、表-4に示される、港湾・空港関連産業とその他の部門（合成財部門）の2部門表へと部門統合する。本研究では、港湾・空港関連産業は、港湾・空港都市として想定された、東京都にのみ立地していることと仮定されているので、東京都内にこれらの産業部門を設定する。さらに、地域内最終需要部門の項目を域内需要については、消費と投資、および公的支出を区別せず、域内の最終需要として統合して単一の需要項目として扱い、最終需要部門には、各地域内最終需要と輸出、輸入（控除）のみが表記されるよう加工する。以上の変形作業は、応

用一般均衡分析と整合するような産業関連表の加工方法として標準的なものであり、詳細については石川¹⁶⁾を参照されたい。

なお、表中では港湾・空港関連産業を「港湾」部門と略している。また、表-4に示した各項目の変数の定義は、それぞれのセルに対応したものである。ただし、これらの変数の定義は、付録部分のみを範囲とするものであり、本文中のモデル定式化において用いられた変数とは独立のものであることに注意されたい。

本モデルでは、輸出企業部門と輸入企業部門を差別化された産業部門として扱っているため、モデルを適用する産業関連表も、これらを分離して作成することとなる。輸出企業の需要について、本研究の概念では、輸出企業の需要者は海外部門のみであるので、国内部門による需要はなく、日本からの輸出総額 $E = e_1 + e_t + e_2$ が、海外部門によって需要される。輸出企業の生産活動において、まず、国内合成財部門からの輸出額である e_1 および e_2 が、中間投入として需要される。これに加え、輸出サービスを行うための中間投入も必要とされるが、その扱いについては後述する。

輸入企業については、まず投入構造から考えると、理解しやすい。輸入企業は、海外からの輸入財 $M = m_1 + m_t + m_2$ を中間投入として需要し、これを国内向けに加工・輸送するために、生産要素および国内産の中間財を投入する主体である。

輸出企業と輸入企業の生産要素投入について、これらの付加価値生産技術が同一であると見なし、港湾・空港関連産業の生産要素投入 l_t, k_t を、総輸出額と総輸入額のシェアで案分することにより、それぞれの部門における生産要素投入額を算出する。

表-4の形式の産業関連表では、合成財の需要には輸入財も含まれており、輸入分は控除項目として最終需要側に記載されている。本モデルにおいては、国内合成財部門が生産する財を輸入財と差別化しているため、輸入財に相当する値を、国内取引から取り除く必要がある。しかし、合成財取引額のうち輸入財の占める割合についての情報を、需要項目別に得ることはできないので、中間需要と最終需要であるかを問わず、またいずれの都市での需要であるかを問わず、輸入財が含まれる割合が等しいと見なすこととする。

また、当初産業関連表の合成財取引額に含まれていた輸入額は、本モデルでは、輸入企業によって国内主体に供給される、国内向け輸入財として扱われる。

以上の手順に基づき加工された産業関連表を、表-5に示す。表-5の表記において、輸出企業と輸入企業の付加価値に記載されている s_e は輸出入総額に対する輸出額のシェアを、 s_m は同じく輸入額のシェアを表し、

表-4 変換前の産業連関表 (一般形)

単位：十億円			中間需要			消費		海外		生産計
			東京		ROJ	東京	ROJ	輸出	輸入	
			合成財	港湾	合成財					
中間投入	東京	合成財	x_{11}	x_{1t}	x_{12}	c_{11}	c_{12}	e_1	$-m_1$	X_1
		港湾	x_{t1}	x_{tt}	x_{t2}	c_{t1}	c_{t2}	e_t	$-m_t$	X_t
	ROJ	合成財	x_{21}	x_{2t}	x_{22}	c_{21}	c_{22}	e_2	$-m_{11}$	X_2
付加価値	労働		l_1	l_t	l_2					
	資本		k_1	k_t	k_1					
生産計			X_1	X_t	X_2					

表-5 輸出入企業を明示した産業連関表 (加工中のもの 1)

			中間需要				最終需要		海外	生産計 (列和)
			東京			ROJ	東京	ROJ		
			合成財	輸出	輸入	合成財				
中間投入	東京	合成財	$x_{11} - s_{i11}m_1$	e_1		$x_{12} - s_{c12}m_1$	$c_{11} - s_{c11}m_1$	$c_{12} - s_{c12}m_1$		$X_1 - x_{1t}$
		輸出							E	E
		輸入	$x_{t1} + s_{i1}m_1$		x_{tt}	$x_{t2} + s_{i2}m_2$	$c_{t1} + s_{c1}m_1$	$c_{t2} + s_{c2}m_2$		Z_m
	ROJ	合成財	$x_{21} - s_{i21}m_2$	e_2		$x_{22} - s_{i22}m_2$	$c_{21} - s_{c21}m_2$	$c_{22} - s_{c22}m_2$		$X_2 - x_{2t}$
海外					M					
付加価値	労働		l_1	$l_t s_e$	$l_t s_m$	l_2				
	資本		k_1	$k_t s_e$	$k_t s_m$	k_2				
行和			\tilde{Z}	\tilde{Z}_e	\tilde{Z}_m	\tilde{Z}_2				

表-6 輸出入企業を明示した産業連関表 (加工中のもの 2)

			中間需要				最終需要		海外	生産計
			東京			ROJ	東京	ROJ		
			合成財	輸出	輸入	合成財				
中間投入	東京	合成財	$x_{11} - s_{i11}m_1$	$e_1 + \delta_{1e}$	δ_{1m}	$x_{12} - s_{c12}m_1$	$c_{11} - s_{c11}m_1$	$c_{12} - s_{c12}m_1$		X_1
		輸出							E	E
		輸入	$x_{t1} + s_{i1}m_1$		x_{tt}	$x_{t2} + s_{i2}m_2$	$c_{t1} + s_{c1}m_1$	$c_{t2} + s_{c2}m_2$		Z_m
	ROJ	合成財	$x_{21} - s_{i21}m_2$	$x_{2e} + \delta_{2e}$	δ_{2m}	$x_{22} - s_{i22}m_2$	$c_{21} - s_{c21}m_2$	$c_{22} - s_{c22}m_2$		X_2
海外					M					
付加価値	労働		l_1	$l_t s_e$	$l_t s_m$	l_2				
	資本		k_1	$k_t s_e$	$k_t s_m$	k_2				
行和			\tilde{Z}_1	E	Z_m	\tilde{Z}_2				

それぞれ

$$s_e = \frac{E}{E + M} \quad (I.1a)$$

$$s_m = \frac{M}{E + M} \quad (I.1b)$$

である。

合成財部門の行に示される、各々の需要シェアの定義について、中間投入に関しては、

$$s_{i11} = \frac{x_{11}}{x_{11} + x_{12} + c_{11} + c_{12}} \quad (I.2a)$$

$$s_{i12} = \frac{x_{12}}{x_{11} + x_{12} + c_{11} + c_{12}} \quad (I.2b)$$

$$s_{i21} = \frac{x_{21}}{x_{21} + x_{22} + c_{21} + c_{22}} \quad (I.2c)$$

$$s_{i22} = \frac{x_{22}}{x_{21} + x_{22} + c_{21} + c_{22}} \quad (I.2d)$$

$$(I.2e)$$

であり、最終需要に関しては、

$$s_{c11} = \frac{c_{11}}{x_{11} + x_{12} + c_{11} + c_{12}} \quad (I.3a)$$

$$s_{c12} = \frac{c_{12}}{x_{11} + x_{12} + c_{11} + c_{12}} \quad (I.3b)$$

$$s_{c21} = \frac{c_{21}}{x_{21} + x_{22} + c_{21} + c_{22}} \quad (I.3c)$$

$$s_{c22} = \frac{c_{22}}{x_{21} + x_{22} + c_{21} + c_{22}} \quad (I.3d)$$

である。また、輸入企業部門の行に表記される s_{i1} と s_{i2} は、需要シェア変数の定義は、各都市で生産される

表-7 輸出入企業を明示した産業連関表 (最終形)

			中間需要				最終需要		海外	生産計
			東京			ROJ	東京	ROJ		
			合成財	輸出	輸入	合成財				
中間投入	東京	合成財	$x_{11} + s_{i11}m_1$	$x_{1e} + \delta_{1e}$	δ_{1m}	x_{12}	c_{11}	c_{12}		X_1
		輸出							E	E
	ROJ	輸入	$x_{t1} + m_1 + \varepsilon_1$		x_{tt}	$x_{t2} + m_2 + \varepsilon_2$	c_{t1}	c_{t2}		\tilde{X}_m
	ROJ	合成財	x_{21}	$x_{2e} + \delta_{2e}$	δ_{2m}	x_{22}	c_{21}	c_{22}		X_2
海外					M					
付加価値	労働		l_1	$l_t s_e$	$l_t s_m$	l_2				
	資本		k_1	$k_t s_e$	$k_t s_m$	k_2				
生産計			X_1	E	\tilde{X}_m	X_2				

表-8 加工前の東京都産業連関表の値

単位：十億円			中間需要			消費		海外		生産計
			東京		ROJ	東京	ROJ	輸出	輸入	
			合成財	港湾	合成財					
中間投入	東京	合成財	53709	572	53214	56021	10881	4537	-6760	172175
		港湾	523	489	641	315	57	786	-674	2137
	ROJ	合成財	24705	424	407968	11135	409377	68445	-65049	857005
付加価値	労働		52959	428	224782					
	資本		40278	223	170400					
生産計			172175	2137	857005					

表-9 輸出入企業を明示した東京都産業連関表の値

単位：十億円			中間需要				最終需要		輸出	生産計
			東京			ROJ	東京	ROJ		
			合成財	輸出	輸入	合成財				
中間投入	東京	合成財	51621	4800	310	51145	53842	10457		172175
		輸出							73769	73769
		輸入	4495		489	33815	2917	32118		73834
	その他	合成財	22821	68640	229	376863	10286	378165		857005
輸入					72483					
付加価値	労働		52959	216	212	224782				
	資本		40278	113	111	170400				
生産計			172175	73769	73834	857005				

合成財の需要のうち、中間投入が占める割合、

$$s_{i1} = \frac{x_{11} + x_{12}}{x_{11} + x_{12} + c_{11} + c_{12}} \quad (I.4a)$$

$$s_{i2} = \frac{x_{21} + x_{22}}{x_{21} + x_{22} + c_{21} + c_{22}} \quad (I.4b)$$

であり、残りが最終需要のシェアであるので、

$$s_{c1} = 1 - s_{i1} \quad (I.5a)$$

$$s_{c2} = 1 - s_{i2} \quad (I.5b)$$

の関係が成立する。

表-5 では、行和と列和が一致せず、産業連関表としては不完全なデータとなっている。なぜなら、輸出企

業と輸入企業の生産活動へ中間需要として投入される合成財が考慮されておらず、表-4 の x_{1t} と x_{2t} が体系から抜けたままのためである。この不整合を修正するため、まず、輸出企業の行和と列和の差分 $D = \tilde{Z}_e - E$ を利用し、輸出企業の合成財中間投入を輸出企業と輸入企業へ按分するよう、修正値

$$\delta_{1e} = \frac{x_{1t}}{x_{1t} + x_{2t}} D \quad (I.6a)$$

$$\delta_{2e} = \frac{x_{2t}}{x_{1t} + x_{2t}} D \quad (I.6b)$$

および、輸入企業の合成財中間投入の修正値

$$\delta_{1m} = x_{1t} - \delta_{1e} \quad (\text{I.7a})$$

$$\delta_{2m} = x_{2t} - \delta_{2e} \quad (\text{I.7b})$$

を定義する。これらを用い、表-5の値を修正したものが、表-6である。ここでは、輸出企業と輸入企業の需要合計(列和)と投入合計(行和)が等しくなるよう、調整済みとなる。

ただし、合成財企業の需要合計(列和)と投入合計(行和)については、一致することが保証されていない。そこで最後に、合成財産業の需給バランスの不一致を、生産額計の値と行和 Z_s の差異 ε_s を、国内向け輸入財の中間投入に加算することで、モデルの体系に整合的な産業連関表への加工が完成する(表-7)。なお、 ε_s は以下のように定義されている。

$$\varepsilon_1 = X_1 - \tilde{X}_1 \quad (\text{I.8a})$$

$$\varepsilon_2 = X_2 - \tilde{X}_2 \quad (\text{I.8b})$$

なお、ここで示した産業連関表の変形方法については、モデルに整合する形式となることを第一義としたものであり、実際の国際物流取引の実態を反映して定めた方法ではない。特に、輸出入企業の定義や生産構造に関しては精査する必要があるが、今後の課題としたい。

以上のプロセスに基づき、東京都産業連関表を加工すると、オリジナルの産業連関表である表-8が、最終的には表-9のようになる。本文中のシミュレーション分析では、表-9を基準均衡データとして用いている。

参考文献

- 1) Shoven, J. B. and Whalley, J.: On the computation of competitive equilibrium on International markets

with tariffs, Journal of International Economics, Vol. 4, No. 4, pp. 341-354, 1974.

- 2) Whalley, J.: Trade Liberalization among Major World Trading Areas, The MIT Press, 1984.
- 3) Buckley, P.H.: A transportation-oriented interregional computable general equilibrium model of the United States, the Annals of Regional Sciences 26, pp.331-348., 1992.
- 4) 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モデルに関する研究, 土木学会論文集, No.530/IV-30, pp.31-40, 1996.
- 5) Bröcker, J.: Operational spatial computable general equilibrium modeling, Annals of Regional Sciences 32, pp.367-387, 1998.
- 6) Bröcker, J. and Mercenier, J.: General equilibrium models for transportation economics, in de Palma, A., Lindsey, R., Quinet, E. and Vickerman, R. ed., A Handbook of Transport Economics, Edward Elger, 2013.
- 7) 小池淳司, 石倉智樹, 堤盛人: 特集『土木計画における経済均衡モデル研究の最新動向: 応用一般均衡モデルと応用都市経済モデル』, 土木学会論文集 D3, vol.68, no.4, pp.285-290, 2012.
- 8) 石倉智樹, 坂井啓一: 港湾・空港都市における空間経済分析のための開放経済型多地域 CGE モデル, 土木学会論文集 D3, vol.68, no.4, pp.310-315, 2012.
- 9) 木村祐太, 石倉智樹, 小根山裕之, 鹿田成則: 国内地域間輸送を考慮した港湾・空港都市の空間経済モデル, 土木計画学研究・講演集, vol.47, CD-ROM, 2013.
- 10) 東京都: 平成 17 年 (2005 年) 東京都産業連関表, 2010.
- 11) 中野勉, 稲村肇: 港湾経済効果の計測手法, 港湾技術研究所報告, Vol.21, No.2, pp.261-314, 1982.
- 12) 総務省: 日本標準産業分類 (平成 25 年 10 月改定), 2013.
- 13) 総務省: 平成 17 年 (2005 年) 産業連関表, 2009.
- 14) 日本関税協会: 外国貿易概況, 2006.
- 15) 財務省: 積卸港別貿易額表 (平成 25 年 確定値), 2013.
- 16) 石川良文: 産業連関分析と経済統計, 上田孝行編著: Excel で学ぶ地域・都市経済分析, 2 章, コロナ社, 2010.

(2015. ?. ? 受付)

OPEN ECONOMY SPATIAL COMPUTABLE GENERAL EQUILIBRIUM MODEL FEATURING INTERNATIONAL TRANSPORT SYSTEM

Tomoki ISHIKURA and Yuta KIMURA

This paper builds a spatial computable general equilibrium model featuring international transport system. The model explicitly handles export industry and import industry, and furthermore domestic interregional transport. Furthermore we illustrate the methodology for converting from standard Input-Output table to benchmark data for our model and apply the methodology to Tokyo Metropolitan Input-Output Table.