

国際貿易における港湾・空港関連産業を 考慮した多地域応用一般均衡モデル

木村 祐太¹・石倉 智樹²・小根山 裕之³

¹学生非会員 首都大学東京 都市環境科学研究科 都市基盤環境学域 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)

E-mail: kimura-yuta@ed.tmu.ac.jp

²正会員 首都大学東京 都市環境学部 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)

E-mail: iskr@tmu.ac.jp

³正会員 首都大学東京 都市環境学部 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)

E-mail: oneyama@tmu.ac.jp

社会基盤整備や貿易ショックによる国内市場と海外との経済的な相互影響を観測するための手法として、国際貿易拠点となる港湾・空港都市の産業構造を考慮した空間経済モデルが挙げられるが、従来型モデルの特性として海外への便益の流出が発生し、相互影響を考慮した適切な結果を得ることができない。本研究では輸入量を内生的に扱うことで、相互影響の分析が可能な新たなモデルを構築する。また、実都市の産業連関データを用いたシナリオ分析を行い、モデル出力について考察する。

Key Words : *Open Economy, Spatial Computable General Equilibrium Model, Trade Gateway City*

1. はじめに

近年の産業のグローバル化に伴い、国際貿易の重要性が高まっている。その影響は国内での諸経済活動においても無視できないものとなっており、国内における港湾・空港整備や地域間交通整備など。社会基盤整備に関する政策評価を行う上でも、国際貿易による影響を考慮するニーズが高まっている。

こうした社会基盤整備に関する経済的影響を分析するツールとして SCGE(Spatial Computable General Equilibrium)モデルが存在する。SCGE モデルは多地域経済の均衡状態をモデル上で再現するもので、政策実施前の基準均衡状態と、政策実施後の均衡状態における各種変数を比較することにより定量的に政策評価を行う事ができる。

このような SCGE モデルによる分析対象として挙げられる公共政策に交通整備政策があるが、交通整備政策を経済的インパクトとして与えるには、対象地域間の輸送についてモデル内で明示的に扱う必要がある。このように地域間輸送を対象とした SCGE モデルについては、宮城・本部(1996)¹⁾をはじめとして様々な研究がなされている。

一方、国際貿易に関する SCGE モデルとしては、港

湾・空港都市の産業構造に関する研究がなされている。島嶼国である我が国では、海外との貿易は船舶もしくは航空機を利用して行われ、国際港湾・空港がその拠点となっている。一方で、国内地域間輸送ではトラックや貨物列車などを用いた陸送が主な輸送手段となっているため、港湾・空港周辺では海外との貿易に伴い荷役の積み替えやラベリング、梱包・開梱、コンテナ化など、空間的距離に依存しないサービスが必要となる。このようなサービスを提供する企業(国際物流関連企業)が多く立地する港湾・空港都市では、貿易需要変化や港湾・空港整備がもたらす経済的インパクトが、後背地都市と比較して大きな影響を受けるものと考えられる。石倉ら(2012)²⁾はこのような港湾・空港都市の産業構造、および貿易を明示的に扱った SCGE モデルを構築し、港湾・空港都市と後背地都市の2都市からなる経済に関する空間経済分析手法として提案した。

このような国内地域間輸送と国際貿易の両方について明示的に扱った研究として、木村ら(2013)³⁾は港湾・空港都市の産業構造と国内地域間輸送の両方を考慮した SCGE モデルを構築した。しかしながら、このモデルでは輸入量を外生値として扱っているため、国内で発生した便益の海外への流出が発生してしまい、国内市場と海

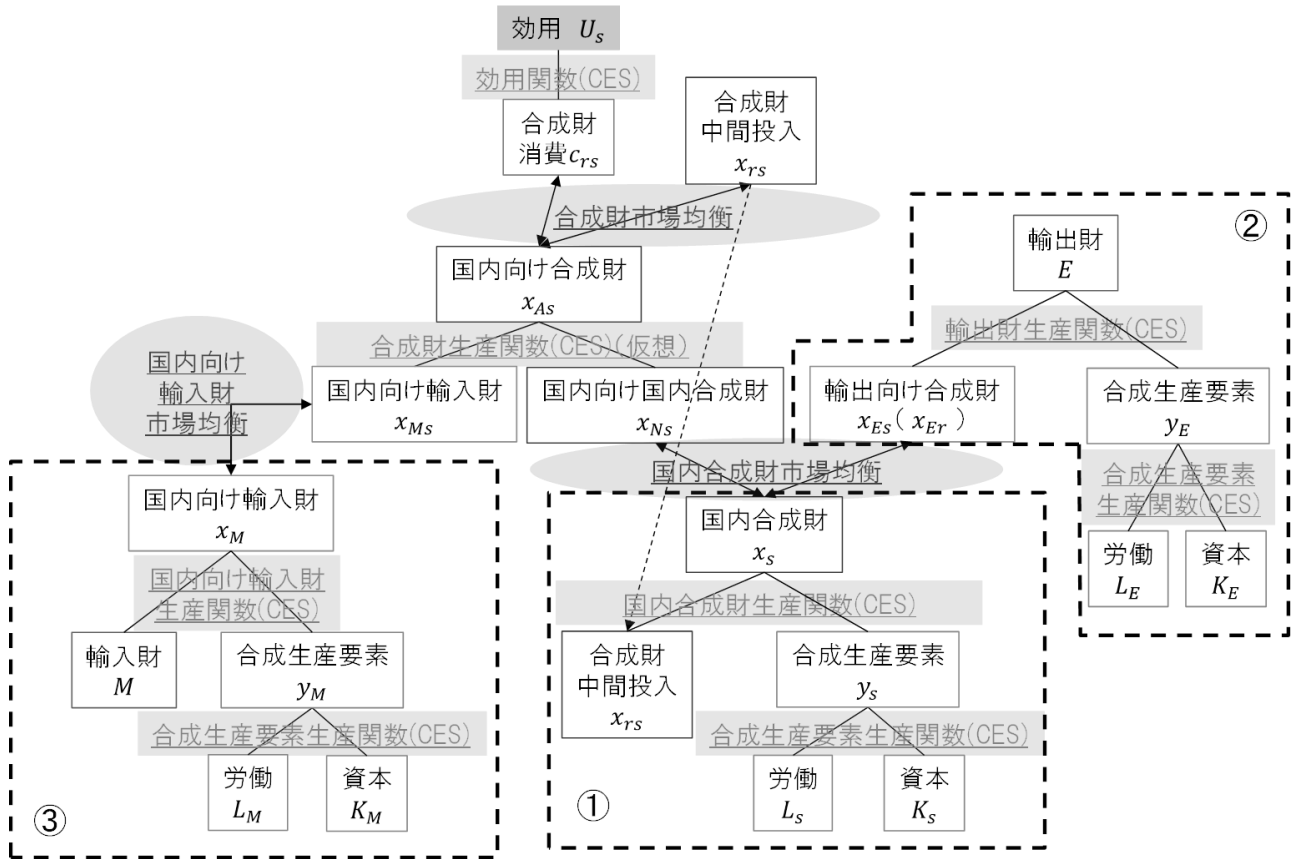


図-1 モデルの俯瞰図

外との経済的な相互影響を適切に評価できない。

本研究では港湾・空港都市の産業構造と国内地域間輸送の両方を明示的に扱い、輸入量を内生的に扱った新たなモデルの定式化を行い、その枠組みを示す。また、モデルの実都市への適用可能性を示すため、東京都産業連関表を用いた数値実験を行い、その出力について分析および考察を行うとともに、必要なデータの作成についてまとめる。

2. モデル

(1) モデルの前提条件

本研究では、国際物流関連企業が立地する港湾・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、一つの港湾・空港都市（都市1）と複数の後背地都市（都市 $i=2,3,\dots,n$ ）の n 都市からなる開放経済を想定する。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、要素市場は各都市内で閉じている。各都市には合成財企業と家計が存在し、港湾・空港都市（都市1）にはそれらに加え海外との貿易を行う国際物流関連企業が立地する。

国際物流関連企業には輸出のみを行う輸出企業と、輸入のみを行う輸出企業の2種類が存在する。後背地都市

（都市 i ）は直接的に海外とは貿易活動を行わず、貿易はすべて港湾・空港都市（都市1）の国際物流関連企業を通して行うものとする。

国内各都市間の財の取引には輸送費を考慮し、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。

海外からの輸入財については固定国際価格とみなし、海外への輸出財に対する需要は、自己価格弾力性一定の需要関数を持つものとしてモデル化する。

(2) モデルの俯瞰図

モデルにおける財の生産構造、および各市場均衡の状況を俯瞰したものを、図-1に示す。各主体の行動については、以下で述べていく。

(3) 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を投入し、国内合成財の生産を行う（図-1内①）。第1段階として合成生産要素の代替を考え、第2段階として合成財の生産を考える。生産要素間、各合成財と合成生産要素の間の代替にはそれぞれにCES関数を想定する。以上より、都市 s 合成財企業の単位生産あたり費用最小化問題を考えると、以下のようになる。

$$\begin{aligned} & \min(w_s L_s + r_s K_s) \\ \text{s.t. } & y_s = A_{Ys} \left(\alpha_{Ls} L_s \frac{\sigma_{Ys}-1}{\sigma_{Ys}} + \alpha_{Ks} K_s \frac{\sigma_{Ys}-1}{\sigma_{Ys}} \right)^{\frac{\sigma_{Ys}}{\sigma_{Ys}-1}} \\ & = 1 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} & \min\left(\sum_{r=1}^n p_{rs} x_{rs} + p_{ys} y_s\right) \\ \text{s.t. } & x_s = A_s \left(\sum_{r=1}^n \beta_{rs} x_{rs} \frac{\sigma_s-1}{\sigma_s} + \beta_{Ys} y_s \frac{\sigma_s-1}{\sigma_s} \right)^{\frac{\sigma_s}{\sigma_s-1}} \\ & = 1 \end{aligned} \quad (2)$$

これらの費用最小化問題から、各投入物の派生需要関数は以下ようになる。

$$L_s = \left(\frac{\alpha_{Ls}}{w_s} \right)^{\sigma_{Ys}} \frac{1}{A_{Ys}} \left(\alpha_{Ls} \sigma_{Ys} w_s^{1-\sigma_{Ys}} + \alpha_{Ks} \sigma_{Ys} r_s^{1-\sigma_{Ys}} \right)^{\frac{\sigma_{Ys}}{1-\sigma_{Ys}}} \quad (3)$$

$$K_s = \left(\frac{\alpha_{Ks}}{r_s} \right)^{\sigma_{Ys}} \frac{1}{A_{Ys}} \left(\alpha_{Ls} \sigma_{Ys} w_s^{1-\sigma_{Ys}} + \alpha_{Ks} \sigma_{Ys} r_s^{1-\sigma_{Ys}} \right)^{\frac{\sigma_{Ys}}{1-\sigma_{Ys}}} \quad (4)$$

$$x_{rs} = \left(\frac{\beta_{rs}}{p_{rs}} \right)^{\sigma_s} \frac{1}{A_s} \left(\sum_{r=1}^n \beta_{rs} \sigma_s p_{rs}^{1-\sigma_s} + \beta_{Ys} \sigma_s p_{ys}^{1-\sigma_s} \right)^{\frac{\sigma_s}{1-\sigma_s}} \quad (5)$$

$$y_s = \left(\frac{\beta_{Ys}}{p_{Ys}} \right)^{\sigma_s} \frac{1}{A_s} \left(\sum_{r=1}^n \beta_{rs} \sigma_s p_{rs}^{1-\sigma_s} + \beta_{Ys} \sigma_s p_{ys}^{1-\sigma_s} \right)^{\frac{\sigma_s}{1-\sigma_s}} \quad (6)$$

また、規模に関して収穫一定の技術を考え、各生産物価格は次のように表される。

$$p_{ys} = w_s L_s + r_s K_s \quad (7)$$

$$p_s = \sum_{r=1}^n p_{rs} x_{rs} + p_{ys} y_s \quad (8)$$

なお、

- y_s : 合成財生産に投入する合成生産要素
- p_{Ys} : 合成生産要素価格
- x_s : 国内合成財の生産, p_s : 国内合成財の価格
- L_s : 労働投入, K_s : 資本投入
- w_s : 労働価格, r_s : 資本価格
- x_{rs} : r 産合成財投入, p_{rs} : r 産合成財価格
- A_{ys}, A_s : 生産効率性
- $\alpha_{Ls}, \alpha_{Ks}, \beta_{rs}, \beta_{Ys}$: シェアパラメータ
- σ_{Ys}, σ_s : 代替弾力性

であり、下付きの s は需要地を表す。

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。

$$\tau_{rs} = \begin{cases} 1 & (r = s) \\ 1 + t_{rs} & (r \neq s) \end{cases} \quad (9)$$

(t_{rs} : 地域 r から地域 s までの輸送マージン)

つまり、(2),(5),(6),(8)における合成財の消費地価格 p_{rs} は、

$$p_{rs} = p_r \cdot \tau_{rs} \quad (10)$$

(p_r : 都市 r 産合成財の生産地価格, p_{TM} : 国内向け輸入財の生産地価格)

となっており、輸送費分が上乘せされた価格となっている。以下、 r 地域産 s 地域着財に関して同様に表現する。

(4) 国際物流関連企業

a) 輸出企業

輸出企業は港湾・空港都市 (都市 $s=1$) のみに立地するものとする。輸出企業は、自都市の労働・資本と輸出向け合成財を投入し、輸出財を生産する (図-1内②)。輸出企業に関しても合成財企業と同様に、第1段階として合成生産要素の代替 (CES型) を考え、第2段階として輸出財の生産 (CES型) を考える。これらについて単位生産あたり費用最小化問題を考えると、以下のようになる。

$$\begin{aligned} & \min(w_s L_E + r_s K_E) \\ \text{s.t. } & y_E = A_{YE} \left(\alpha_{LE} L_E \frac{\sigma_{YE}-1}{\sigma_{YE}} + \alpha_{KE} K_E \frac{\sigma_{YE}-1}{\sigma_{YE}} \right)^{\frac{\sigma_{YE}}{\sigma_{YE}-1}} \\ & = 1 \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} & \min\left(\sum_{r=1}^n p_{r1} x_{Er} + p_{YE} y_E\right) \\ \text{s.t. } & E = A_E \left(\sum_{r=1}^n \beta_{Er} x_{Er} \frac{\sigma_E-1}{\sigma_E} + \beta_{YE} y_E \frac{\sigma_E-1}{\sigma_E} \right)^{\frac{\sigma_E}{\sigma_E-1}} \\ & = 1 \end{aligned} \quad (12)$$

これらの費用最小化問題から、各投入物の派生需要関数は以下ようになる。

$$\begin{aligned} L_E &= \left(\frac{\alpha_{LE}}{w_1} \right)^{\sigma_{YE}} \\ & \cdot \frac{1}{A_{YE}} \left(\alpha_{LE} \sigma_{YE} w_1^{1-\sigma_{YE}} + \alpha_{KE} \sigma_{YE} r_1^{1-\sigma_{YE}} \right)^{\frac{\sigma_{YE}}{1-\sigma_{YE}}} \end{aligned} \quad (13)$$

$$K_E = \left(\frac{\alpha_{KE}}{r_1} \right)^{\sigma_{YE}} \cdot \frac{1}{A_{YE}} \left(\alpha_{LE}^{\sigma_{YE}} w_1^{1-\sigma_{YE}} + \alpha_{KE}^{\sigma_{YE}} r_1^{1-\sigma_{YE}} \right)^{\frac{\sigma_{YE}}{1-\sigma_{YE}}} \quad (14)$$

$$x_{Er} = \left(\frac{\beta_{Er}}{p_{r1}} \right)^{\sigma_E} \cdot \frac{1}{A_E} \left(\sum_{r=1}^n \beta_{Er}^{\sigma_E} p_{r1}^{1-\sigma_E} + \beta_{YE}^{\sigma_E} p_{YE}^{1-\sigma_E} \right)^{\frac{\sigma_E}{1-\sigma_E}} \quad (15)$$

$$y_E = \left(\frac{\beta_{YE}}{p_{YE}} \right)^{\sigma_E} \cdot \frac{1}{A_E} \left(\sum_{r=1}^n \beta_{Er}^{\sigma_E} p_{r1}^{1-\sigma_E} + \beta_{YE}^{\sigma_E} p_{YE}^{1-\sigma_E} \right)^{\frac{\sigma_E}{1-\sigma_E}} \quad (16)$$

また、規模に関して収穫一定の技術を考え、各生産物価格は次のように表される。

$$p_{YE} = w_1 L_E + r_1 K_E \quad (17)$$

$$p_E = \sum_{r=1}^n p_{r1} x_{Er} + p_{YE} y_E \quad (18)$$

なお、

y_E : 輸出財生産に投入する合成生産要素

p_{YE} : 合成生産要素価格

E : 輸出財の生産, p_E : 輸出財の価格

L_E : 労働投入, K_E : 資本投入

w_1 : 都市1労働価格, r_1 : 都市1資本価格

x_{Er} : r 産輸出向け合成財投入

p_{r1} : r 産輸出向け合成財価格

(= r 産合成財の都市1での価格)

A_{YE}, A_E : 生産効率性

$\alpha_{LE}, \alpha_{KE}, \beta_{Er}, \beta_{YE}$: シェアパラメータ σ_{YE}, σ_E : 代替弾力性

であり、下付きの r は生産地を表す。

b) 輸入企業

輸入企業もまた港湾・空港都市（都市1）のみに立地するものとする。輸入企業は、自都市の労働・資本と、他国からの輸入財を投入し、国内向け輸入財を生産する（図-1内③）。先述の各企業と同様、生産要素の合成（CES型）と、国内向け輸入財の生産（CES型）の2段階に分けて考える。これらについて単位生産あたり費用最小化問題を考えると、以下のようになる。

$$\min(w_1 L_M + r_1 K_M) \quad (19)$$

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

$$\min(q_M M + p_{YM} y_M) \quad (20)$$

$$s.t. \quad x_M = A_M \left(\beta_M M^{\frac{\sigma_M-1}{\sigma_M}} + \beta_{YM} y_M^{\frac{\sigma_M-1}{\sigma_M}} \right)^{\frac{\sigma_M}{\sigma_M-1}} = 1$$

これらの費用最小化問題から、各投入物の派生需要関数は以下のようになる。

$$L_M = \left(\frac{\alpha_{LM}}{w_1} \right)^{\sigma_{YM}} \cdot \frac{1}{A_{YM}} \left(\alpha_{LM}^{\sigma_{YM}} w_1^{1-\sigma_{YM}} + \alpha_{KM}^{\sigma_{YM}} r_1^{1-\sigma_{YM}} \right)^{\frac{\sigma_{YM}}{1-\sigma_{YM}}} \quad (21)$$

$$K_M = \left(\frac{\alpha_{KM}}{r_1} \right)^{\sigma_{YM}} \cdot \frac{1}{A_{YM}} \left(\alpha_{LM}^{\sigma_{YM}} w_1^{1-\sigma_{YM}} + \alpha_{KM}^{\sigma_{YM}} r_1^{1-\sigma_{YM}} \right)^{\frac{\sigma_{YM}}{1-\sigma_{YM}}} \quad (22)$$

$$M = \left(\frac{\beta_M}{q_M} \right)^{\sigma_M} \cdot \frac{1}{A_M} \left(\sum_{r=1}^n \beta_M^{\sigma_M} q_M^{1-\sigma_M} + \beta_{YM}^{\sigma_M} p_{YM}^{1-\sigma_M} \right)^{\frac{\sigma_M}{1-\sigma_M}} \quad (23)$$

$$y_M = \left(\frac{\beta_{YM}}{p_{YM}} \right)^{\sigma_M} \cdot \frac{1}{A_M} \left(\sum_{r=1}^n \beta_M^{\sigma_M} q_M^{1-\sigma_M} + \beta_{YM}^{\sigma_M} p_{YM}^{1-\sigma_M} \right)^{\frac{\sigma_M}{1-\sigma_M}} \quad (24)$$

また、規模に関して収穫一定の技術を考え、各生産物価格は次のように表される。

$$p_{YM} = w_s L_M + r_s K_M \quad (25)$$

$$p_M = q_M M + p_{YM} y_M \quad (26)$$

ここで、

y_M : 輸入財生産に投入する合成生産要素

p_{YM} : 合成生産要素価格

x_M : 国内向け輸入財の生産

p_M : 輸入財の価格

L_M : 労働投入, K_M : 資本投入

w_1 : 都市1労働価格, r_1 : 都市1資本価格

M : 海外からの輸入財投入

q_M : 輸入財国際価格
 A_{YM}, A_M : 生産効率性
 $\alpha_{LM}, \alpha_{KM}, \beta_M, \beta_{YM}$: シェアパラメータ
 σ_{YM}, σ_M : 代替弾力性

である。

(17),(18)式および(25),(26)式は、輸出入のいずれにおいても、貿易財の価格には生産地価格に加えて国際物流関連企業の付加価値分が含まれるということを意味している。

なお、本モデルでは石倉ら(2012)²⁾と同様に、対象経済内における地域間交易のみを扱い、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、この国際物流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に扱うものとする。

(5) 国内向け合成財の扱い

国内向け合成財は、国内向け国産合成財と国内向け輸入財を合成して構成される。この生産関数にはCES関数を想定し、他の企業同様、以下のような費用最小化問題を考える。

$$\min(p_{Ms}x_{Ms} + p_sx_{Ns})$$

$$s.t. \quad x_{As} = A_{As} \left(\gamma_{Ms} x_{Ms} \frac{\sigma_{As}-1}{\sigma_{As}} + \gamma_{Ns} x_{Ns} \frac{\sigma_{As}-1}{\sigma_{As}} \right)^{\frac{\sigma_{As}}{\sigma_{As}-1}} \quad (27)$$

なお、国内向け輸入財価格 p_{Ms} についても(9)式に示すような国内輸送マージンを考慮するため、以下のようになっていることに注意する。

$$p_{Ms} = p_M \cdot \tau_{1s} \quad (28)$$

この費用最小化問題より、各投入物の派生需要関数が以下のように求められる。

$$x_{Ms} = \left(\frac{\gamma_{Ms}}{p_{Ms}} \right)^{\sigma_{As}} \cdot \frac{1}{A_{As}} \left(\gamma_{Ms}^{\sigma_{As}} p_{Ms}^{1-\sigma_{As}} + \gamma_{Ns}^{\sigma_{As}} p_s^{1-\sigma_{As}} \right)^{\frac{\sigma_{As}}{1-\sigma_{As}}} \quad (29)$$

$$x_{Ns} = \left(\frac{\gamma_{Ns}}{p_s} \right)^{\sigma_{As}} \cdot \frac{1}{A_{As}} \left(\gamma_{Ms}^{\sigma_{As}} p_{Ms}^{1-\sigma_{As}} + \gamma_{Ns}^{\sigma_{As}} p_s^{1-\sigma_{As}} \right)^{\frac{\sigma_{As}}{1-\sigma_{As}}} \quad (30)$$

ここでも、規模に関して収穫一定の技術を考え、合成財の価格は次のように表される。

$$p_{As} = p_M x_{Ms} + p_s x_{Ns} \quad (31)$$

ここで、

x_{Ms} : 国内向け輸入財投入

p_{Ms} : 国内向け輸入財価格
 x_{Ns} : 国内向け合成財投入
 p_s : 国内向け合成財価格
 x_{As} : 国内合成財生産、 p_{As} : 合成財価格
 A_{As} : 生産効率性、 γ_{Ms}, γ_{Ns} : シェアパラメータ
 σ_{As} : 代替弾力性

であり、下付きのsは需要地を表す。

(6) 家計の行動

各都市の家計は、各都市で生産される合成財の消費から得られる効用を最大化する。家計の効用関数にCES型を想定すると、都市sの家計の効用最大化問題は以下のようなになる。

$$\max U_s = \left(\sum_{r=1}^n \theta_{rs} c_{rs} \frac{\sigma_{us}-1}{\sigma_{us}} \right)^{\frac{\sigma_{us}}{\sigma_{us}-1}} \quad (32)$$

$$s.t. \quad \sum_{r=1}^n p_{rs} c_{rs} = I_s$$

これより、需要関数が以下のように得られる。

$$c_{rs} = \left(\frac{\theta_{rs}}{p_{rs}} \right)^{\sigma_{us}} \left(\sum_{r=1}^n \theta_{rs} \sigma_{us} p_{rs}^{1-\sigma_{us}} \right)^{-1} I_s \quad (33)$$

このとき、

c_{rs} : 都市r産合成財の都市sにおける消費

p_{rs} : 合成財価格、 I_s : 都市sの所得

θ_{rs} : シェアパラメータ、 σ_{us} : 代替弾力性である。

(7) 海外(外部都市)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、海外からの輸入財について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。

$$y_E = E_0 \left(\frac{p_{TE}}{p_M} \right)^{-\sigma_E} \quad (34)$$

対象経済と海外(外部都市)との間の収支バランスより、以下の関係が成立する。

$$NX = p_{TE} y_E - p_M M \quad (35)$$

(NX : 純輸出額)

ここで、各都市の対外所得移転を定義する必要があるが、本モデルでは、各都市の対外所得移転の相対的な比は短期的には変化しないと考え、

$$NX_s = \frac{NX_s^0}{\sum_{r=1}^n NX_r^0} NX \quad (36)$$

(NX_s : 都市 s の対外純輸出額, NX_s^0 : 基準均衡時における都市 s の対外純輸出額) の関係が成立すると仮定する. したがって, 各都市の家計の所得 I_s は, 以下のように表される.

$$I_s = w_s L_s + r_s K_s - NX_s \quad (37)$$

(L_s : 都市 s の労働保有量, K_s : 都市 s の資本保有量)

(8) 市場均衡

以上より, 都市 r で生産される合成財の需要均衡は, 以下のように整理される.

ここで, 本モデルではIceberg型交通費用を仮定しているため, 生産地での単位生産量あたり財需要の追加消費分として交通費用が上乘せられるので, 財需要を表した各項に輸送マージンに関する係数 τ_{rs} を乗じている.

$$x_{As} = \sum_{s=1}^n x_{rs} \cdot \tau_{rs} + \sum_{s=1}^n c_{rs} \cdot \tau_{rs} \quad (38)$$

同様に, 国内向け輸入財の市場均衡は以下ようになる.

$$x_M = \sum_{s=1}^n x_{Ms} \cdot \tau_{1s} \quad (39)$$

また, 国内合成財の市場均衡は以下ようになる.

$$x_s = x_{Ns} + x_{Es} \quad (40)$$

各都市の要素市場均衡は, 以下のように整理される. 港湾空港 (都市1) では,

$$L_1 + L_E + L_M = L_{A1} \quad (41)$$

$$K_1 + K_E + K_M = K_{A1} \quad (42)$$

であり, 後背地都市 (都市 i) では,

$$L_i = L_{Ai} \quad (43)$$

$$K_i = K_{Ai} \quad (44)$$

である (L_{Ai}, K_{Ai} : 都市 i の労働・資本保有量).

3 地域の場合でのモデルの均衡状態を産業連関表形式によって表現すると, 表-1 のように描かれる. ただし, 輸入については投入側に記述している. また, 消費地価格 p_{rs}, p_{Ms} は生産地価格 p_r, p_M と輸送マージンに関する係数 τ_{rs} の積として表している.

3. シミュレーション分析

前章で構築したモデルの挙動を確認するとともに, その出力結果の傾向を把握するため, シミュレーション分析を行う. また, 本モデルを用いた分析に適用可能な産業連関表の作成方法について検討する.

本研究では, 2005年度東京都産業連関表 (2地域7部門)⁴⁾を用いて分析を行う. 本表は, 「東京都」と「国内その他地域」の2地域に分かれており, ここでは, 東京都を港湾・空港都市, 国内その他地域を後背地都市とし, 本モデルの前提条件にあてはめる.

(1) 本モデルで必要となる産業連関表

本モデルでは輸出入を国際物流関連企業として扱うため, 必要となる産業連関表形式についても表-1に示したように産業の部分に輸出入の項目を付加したものとなる. 従って, 一般的な産業連関表を用いて分析を行う場合, 表-1のような形式に変形する必要が生じる. ここでは, 2005年度東京都産業連関表 (2地域7部門表を1部門に統合したもの)⁴⁾を基に変換方法の概略を説明する.

変形前の産業連関表を表-2に示す. ここで, 輸出入に

表-1 産業連関表 (モデル均衡状態)

都市	部門	1	1	1	2	3	1	2	3	海外	生産
		合成	輸出	輸入	合成	合成	家計	家計	家計	輸出	
1	合成	$p_1 \tau_{11} x_{11}$	$p_1 \tau_{11} x_{E1}$		$p_1 \tau_{12} x_{12}$	$p_1 \tau_{13} x_{13}$	$p_1 \tau_{11} c_{11}$	$p_1 \tau_{12} c_{12}$	$p_1 \tau_{13} c_{13}$		$p_1 x_{A1}$
1	輸出									$p_E E$	$p_E E$
1	輸入	$p_1 \tau_{11} x_{M1}$			$p_1 \tau_{12} x_{M2}$	$p_1 \tau_{13} x_{M3}$					$p_M M$
2	合成	$p_2 \tau_{21} x_{21}$	$p_2 \tau_{21} x_{E2}$		$p_2 \tau_{22} x_{22}$	$p_2 \tau_{23} x_{23}$	$p_2 \tau_{21} c_{21}$	$p_2 \tau_{22} c_{22}$	$p_2 \tau_{23} c_{23}$		$p_2 x_{A2}$
3	合成	$p_3 \tau_{31} x_{31}$	$p_3 \tau_{31} x_{E3}$		$p_3 \tau_{32} x_{32}$	$p_3 \tau_{33} x_{33}$	$p_3 \tau_{31} c_{31}$	$p_3 \tau_{32} c_{32}$	$p_3 \tau_{33} c_{33}$		$p_3 x_{A3}$
海外	輸入			$p_M M$							
	労働	$w_1 L_1$	$w_1 L_E$	$w_1 L_M$	$w_2 L_2$	$w_3 L_3$					
	資本	$r_1 K_1$	$r_1 K_E$	$r_1 K_M$	$r_2 K_2$	$r_3 K_3$					
	生産	$p_1 x_{A1}$	$p_E E$	$p_M M$	$p_2 x_{A2}$	$p_3 x_{A3}$					

関しては表右側に国外部門として扱われている。本モデルに適応可能な産業連関表とするためには、輸出入の項目を国際物流関連企業として扱う必要があるため、これらが産業部門として中間投入・中間需要（以下、内生部門とする）へ含まれるよう変形することとなる。

まず、内生部門に輸出企業、輸入企業の項目を設ける。モデルの前提条件より、これら輸出入企業は都市1のみに立地する。また、投入・需要側それぞれに海外の項目を設ける。次に、輸出企業の生産物に対する海外による需要へ、日本全国からの輸出額の集計値を記入する。各地域からの輸出額はそれぞれ、輸出企業への中間投入として扱う。また、海外からの輸入額は、輸入企業の投入需要として扱い、輸入需要額を合成財部門の中間投入額から差し引き、合成財部門の生産額のバランスを維持する（表-3）。

表-1で示した通り、本研究のモデルに整合する形での

データ作成のためには、輸出企業・輸入企業の粗付加価値（ここでは、労働と資本の投入量）についても定義する必要がある。本来ならば、輸出企業、輸入企業の投入技術構造を反映するデータから直接的に与えることが望ましいが、本研究では地域間産業連関表のデータのみから簡便に推定する方法を採用する。具体的には、東京都の合成財生産における粗付加価値を、東京都の合成財産業、輸出企業、輸入企業それぞれの中間投入需要額の割合で按分することにより、輸出企業と輸入企業の粗付加価値投入を算出した。以上までの作業を踏まえた変形後の産業連関表を表-4に示す。

輸出企業と輸入企業の粗付加価値額を加えたことにより、輸出企業の生産額が、海外への輸出額を超過することとなる。海外勘定においてこれらは一致しなければならないので、輸出企業による合成財の中間投入需要を調整する。ここでは、先の処理で輸出企業に加えた粗付加

表-2 1部門に統合した2005年度東京都産業連関表

			中間需要		最終需要		国外				生産
			東京 合成	その他 合成	東京	その他	東京		その他		
							輸出	輸入	輸出	輸入	
中間投入	東京	合成	552939	538549	563361	109377	39626	-74340	13609	0	1743121
	その他	合成	251290	4079679	111347	4093773	2470	0	681982	-650492	8570049
粗付加価値	労働		533878	2247820							
	資本		405014	1704001							
	生産		1743121	8570049							

表-3 2005年度東京都産業連関表（変形途中）

			中間需要				最終需要		海外	生産
			東京			その他 合成	東京	その他		
			合成	輸出	輸入					
中間投入	東京	合成	478599	53235		538549	563361	109377		1743121
		輸出							737687	737687
		輸入	74340			650492				724832
	その他	合成	251290	684452		3429187	111347	4093773		8570049
海外					724832					
粗付加価値	労働		533878			2247820				
	資本		405014			1704001				
	生産		1743121	737687	724832	8570049				

表-4 2005年度東京都産業連関表（変形途中2）

			中間需要				最終需要		海外	生産
			東京			その他 合成	東京	その他		
			合成	輸出	輸入					
中間投入	東京	合成	478599	53235		538549	563361	109377		1743121
		輸出							737687	737687
		輸入	74340			650492				724832
	その他	合成	251290	684452		3429187	111347	4093773		8570049
海外					724832					
粗付加価値	労働		189417	173744	170717	2247820				
	資本		143697	131807	129510	1704001				
	生産		1137342	1043239	1025059	8570049				

表-5 分析で使用する 2005 年度東京都産業連関表

			中間需要				最終需要		海外	生産
			東京			その他	東京	その他		
			合成	輸出	輸入	合成				
中間投入	東京	合成	469857	31185		269114	563361	109377		1442894
		輸出							737687	737687
		輸入	105132			919927				1025059
	その他	合成	534792	400950		3429187	111347	4093773		8570049
	海外				724832					
粗付加価値	労働		189417	173744	170717	2247820				
	資本		143697	131807	129510	1704001				
	生産		1442894	737687	1025059	8570049				

価値額相当分を、輸出企業の合成財中間投入より減ずる（超過分は中間需要の割合で按分する）。ここで減少した合成財企業の需要額については、港湾が立地する東京地域の合成財企業への中間投入であるものと見なす。

同様に輸入についても、輸入企業による中間投入である海外からの輸入額は固定されているので、各地域の合成財企業による国内向け輸入財の中間投入額を調整して整合させる。本モデルでは、国内における輸入財利用においては海外から輸入された財に対して、輸入企業による付加価値が加わっていることとしているので、輸入企業の生産額に合うよう、輸入企業の生産物に対する、国内各地域の合成財産業による中間投入額を増加させて調整した。

以上により、本モデルで使用する産業連関表が作成される（表-5）。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。本研究では、以降の分析についてこの産業連関表を用いて進める。

(2) シナリオ分析

モデル特性の把握とモデルの実都市への適用可能性を示す事を目的とし、モデルを用いたシナリオ分析を行う。分析対象とするシナリオは、

《国内交通整備シナリオ》

輸送費50%減少（シナリオ1）

《港湾・空港整備シナリオ》

国際物流関連企業の生産効率性5%向上（シナリオ2）の2パターンである。分析の詳細や結果については、講演時に示す。

4. 結論、課題

本研究では、港湾・空港都市の産業構造と国内地域間輸送の両方を明示的に扱い、輸入量を内生的に扱った新たなモデルの枠組みを示した。また、東京都産業連関表を用いた数値実験を行い、モデルの挙動を確認するとともに、実都市への適用可能性を考察した。

データの作成については、産業連関表の輸出入項目の抽出に関する方法論をまとめ、適用可能性を示すことができた。ただし、国際物流関連企業の定義について、妥当性の面からも様々な観点から考えていく必要がある。

分析に関しては、本研究では捨象した、都市規模を考慮した追加分析や、港湾・空港都市が複数ある場合のモデル化などが今後の課題として挙げられる。また、既往研究との結果の比較検討によるモデル特性の考察も求められる。

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モデルに関する研究, 土木学会論文集, No.530IV-30, pp31-40, 1996
- 2) 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(土木計画学)(Web), 68 巻, 4 号, pp.310-315(J-STAGE), 2012.
- 3) 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, 第 47 回土木計画学研究発表会, 2013
- 4) 東京都の統計—東京都産業連関表 (<http://www.toukei.metro.tokyo.jp/sanren/sr-index.htm>)
- 5) 細江宣裕, 我澤賢之, 橋本日出男: テキストブック応用一般均衡モデリング プログラムからシミュレーションまで, 東京大学出版会, 2004
- 6) 上田孝行: Excel で学ぶ地域・都市経済分析, コロナ社, 2010