

寄港パターンを考慮した港湾整備の経済効果分析

Economic effects analysis of the port improvement considering the calling pattern

北海道大学工学部環境社会工学科 ○学生員 中村雄貴 (Yuki Nakamura)
 (株) ドーコン 正会員 杉木直 (Nao Sugiki)
 北海道大学大学院工学研究院 フェロー 田村亨 (Toru Tamura)

1. はじめに

海に囲まれた日本において、港湾は海外や国内との貨物輸送の拠点として重要な施設である。しかし、北米路線や欧州路線の船舶が数多く寄港していた国内主要港湾も、近年東アジアや東南アジア各国の港湾整備が進んだことから便数は減少し、国際競争力は落ちてしまっている。主要航路の寄港船舶数の減少は輸送コストの増大など国内産業に与える影響が大きい。国としても国際戦略港湾に京浜、阪神を指定して新たな政策が検討されている。さらに、国際拠点港湾や国際バルク港湾などの指定も主要港湾に対して行っており、道内では苫小牧港と釧路港が指定を受けている。これらの指定港湾には継続的な公共投資が予想される。港湾施設に公共投資を行うことは、新たな寄港需要を生み出すだけでなく周辺地域にも追加的な経済効果をもたらす。特に北海道では、道内近海を通過する東アジアと北米を結ぶルートでの片荷問題があるので、効率的な投資を行うことによって新たな新規寄港船舶を獲得し、道内製品の輸出の増加と地域経済を活性化することは十分可能である。そのため、新規寄港船舶を獲得するための港湾機能への公共投資による効果を経済効果分析で示し、公共投資の重要性を示していく必要がある。

本研究では港湾機能を公共投資によって変化させた際に船社の運行パターンや荷主の経路選択がどのように変化するかを分析可能な SCGE モデル（応用一般均衡モデル）を仮想地域条件下において構築し、公共投資の経済効果を分析する。また、船社の行動は港湾機能の影響を考慮できるような最適化モデルで表現する。

2. 表現方法

SCGE モデルを用いた既存研究としては石黒^{1),2),3)}や石倉⁴⁾らがそれぞれ輸送需要を考慮したモデル構築し、国際貿易を対象とした分析を行っている。近年では、分析の精度が向上するとともに、財生産と財消費から輸送需要を独立してモデル化することで複数種類の輸送行動を組み込むことが可能となっている。しかし、分析に用いる産業連関データについては、国内地域間ではある程度整備されているが国際地域間の分析ではデータ自体が存在しないため特定地域のみを対象に分析することが難しく、今後の整備が期待されている。また、公共投資を評価したものもあるが条件として与えているだけである。そのため、港湾施設の変化による船社行動の変化とそれ

らの地域経済への波及を同時に取り扱った研究はほとんどなされていない。

次に船社や荷主の行動を対象とした最適化モデルは、竹林^{5),6)}らによって国際コンテナ貨物船舶を対象にした輸送経路選択モデルが既に構築されている。船社と荷主の行動モデルには港湾機能を考慮した効用関数も含まれており、港湾政策の評価も可能になっている。ただ、阪神や京浜といった国策で国際競争力の増強を目指している港湾のみを国内港湾の代表として扱っており、将来的に新規需要があまり見込めない内航貿易を対象にしたモデルはあまり取り扱われていない。

本研究では、北海道の港湾に対する公共投資の効果や地域経済への便益分析を将来的に可能とするために、仮想地域を対象として港湾機能を考慮した船社行動の最適化モデルの構築を行う。次に経済分析を行うために輸送機関の行動も組み込んだ SCGE モデルを構築し、最適化モデルで構築した船社行動を輸送機関の行動として組み込みこみ、港湾への公共投資が船社の寄港パターンや対象地域にどのような経済効果をもたらすのかを分析していく。

3. モデル

本研究では図-1 のような仮想地域を対象としてモデル構築を行う。各地域には、同数の産業とただ1つの港湾施設が存在するものとする。また、地域間の財の移動は船舶によってのみ行われるとする。モデル構造は SCGE モデルと船社行動の最適化モデルが単位運賃 C を介した階層構造となるように設計する。以下に、SCGE モデルおよび船社行動モデルの定式化を示す。

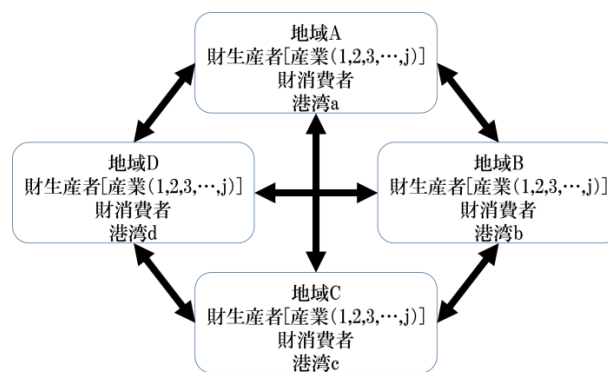


図-1 仮想地域図

3.1 SCGE モデル

先に述べた船社以外の財生産者、財消費者の行動を定式化し、船社の行動も含めた均衡体系を導く。なお財生産者、財消費者の行動モデルと3者の均衡体系を構築するために、以下の前提条件を設定した。

- ・生産関数の生産要素を資本、労働、中間投入財とした一次同次 Cobb-Douglas 型関数を採用する
- ・家計の効用関数は各最終消費財の一次同次 Cobb-Douglas 型関数として扱う
- ・地域間で相互に財の取引を行う
- ・資本と労働の地域間移動は考えない
- ・労働の地域内の移動は認めるが資本の地域内移動は認めない
- ・政府支出は法人税、所得税、間接税を財源とする
- ・生産地の異なる同一財は異なる財として扱う (Armington 仮定)
- ・最終需要項目は家計消費支出、政府支出、固定資本形成の3つを考える
- ・R.O.W の生産を一定とし、価格と間接税の額は固定
- ・運賃は航路の費用とは別にマークアップを外生的に与える
- ・船社の収入と費用の差は移転所得として消費者に配分される

(1)財生産

$$X_i^r = \sum_j \sum_s \frac{\alpha_{ij}^{rs} (p_j^s X_j^s - IT_j^s)}{p_i^r + c_{ij}^{rs}} + \sum_k \sum_s \frac{\beta_{ik}^{rs} W_k^s}{p_i^r + c_{ik}^{rs}} + \frac{\alpha_{ii}^r IT^r}{p_i^r} + E_i^r \quad (1)$$

$$\sum_i X_i^R = \sum_i \left(\sum_j \sum_s \frac{\alpha_{ij}^{Rs} (p_j^s X_j^s - IT_j^s)}{1 + c_{ij}^{Rs}} + \sum_k \sum_s \frac{\beta_{ik}^{Rs} W_k^s}{1 + c_{ik}^{Rs}} \right) \quad (2)$$

$$p_j^s = \frac{1}{\eta_j} \prod_i \prod_r \left(\frac{p_j^s + c_{ij}^{rs}}{\alpha_{ij}^{rs}} \right)^{\alpha_{ij}^s} \left(\frac{\rho_j^s}{\alpha_{ij}^{rs}} \right)^{\alpha_{ij}^s} \left(\frac{\omega^s}{\alpha_{Lj}^s} \right)^{\alpha_{Lj}^s} \quad (3)$$

(2)要素

$$\rho_j^s K_j^s = \alpha_K^s (p_j^s X_j^s - IT_j^s) \quad (4)$$

$$\omega^s \sum_j L_j^s = \sum_j \alpha_{Lj}^s (p_j^s X_j^s - IT_j^s) \quad (5)$$

(3)財消費

$$W_1^s = (1 - \sigma^s) \left[(1 - \tau_K^s) \sum_j \rho_j^s K_j^s + (1 - \tau_L^s) \omega^s \sum_j L_j^s + TR^s \right] \quad (6)$$

$$W_2^s = \tau_K^s \sum_j \rho_j^s K_j^s + \tau_L^s \omega^s \sum_j L_j^s + \sum_j IT_j^s \quad (7)$$

$$W_3^s = \sigma^s \left[(1 - \tau_K^s) \sum_j \rho_j^s K_j^s + (1 - \tau_L^s) \omega^s \sum_j L_j^s + TR^s \right] \quad (8)$$

(4)輸送

$$\sum_j \sum_k \sum_s \sum_i \sum_r (c_{ij}^{rs} x_{ij}^{rs} + c_{ik}^{rs} y_{ik}^{rs}) = CX_T \quad (9)$$

$$c_{ij}^{rs} = m_i^r d^{rs} C \mu^{rs} \quad (10)$$

X_i^r	:r 地域 i 産業の生産量
p_j^s	:s 地域 j 産業の生産者価格
X_j^s	:s 地域 j 産業の生産量
IT_j^s	:s 地域 j 産業に対する間接税額
p_i^r	:r 地域 i 産業の生産者価格
c_{ij}^{rs}	:s 地域 j 産業における r 地域産 i 財の投入に要する輸送費
W_k^s	:s 地域最終需要項目 k の消費可能額 (k=1:家計消費支出,2:政府消費支出, 3:固定資本形成)
c_{ik}^{rs}	:s 地域最終需要項目 k における r 地域産 i 財の投入に要する輸送費
E_i^r	:r 地域 i 産業の R.O.W への輸出量
X_i^R	:ROW の i 産業の生産量
c_{ij}^{Rs}	:s 地域 j 産業における R.O.W の i 産業の投入に要する輸送費用
ρ_j^s	:s 地域 j 産業の資本の賃貸料
ω^s	:s 地域の労働者の賃金
K_j^s	:s 地域 j 産業の資本投入量
L_j^s	:s 地域 j 産業の労働投入量
σ^s	:s 地域の家計の貯蓄率
τ_K^s	:資本所得に対する税率 (法人税)
τ_L^s	:賃金に対する税率 (所得税)
TR^s	:s 地域の純移転所得
x_{ij}^{rs}	:s 地域 j 産業の r 地域産 i 財の投入量
y_{ik}^{rs}	:r 地域産 i 財の s 地域最終需要項目 k の消費量
X_T	:船社の輸送サービス生産量
C	:単位運賃
m_i^r	:r 地域産 i 財の単位量あたりの重量
d^{rs}	:rs 間の距離
μ^{rs}	:rs 間輸送における運賃マークアップ
$\alpha, \beta, \delta, \eta$	:パラメーター

3.2 船社行動モデル

前出のように、本研究では船社の行動を港湾への公共投資を考慮できるような最適化モデルによって表現する。また、SCGE モデルへの適用を前提としているため、船社サービス生産量が増加すると利潤が増えるような構造とする。そのため、船社は利潤最大化行動をとる運航ルートを図-2 のような複数の経路の中から選択するものとした。

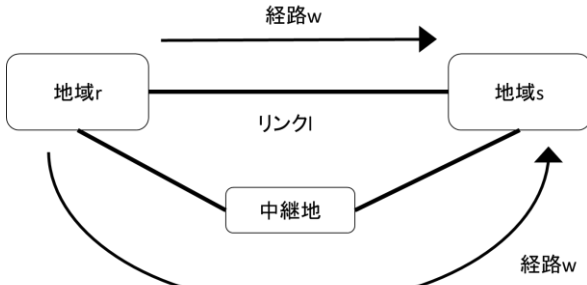


図-2 経路の設定

また、以下のような前提条件を設定した。

- ・ 輸送ネットワークは船社と荷主（財生産者）によって構成される
- ・ 仮想地域内には船社はただ1つのみ存在してすべての地域間輸送を行う
- ・ 港湾では寄港による混雑が発生すると想定する
- ・ 同一リンクにおける往復船舶数は同一である
- ・ トランシップ貨物は中継港で積み替えを行う全ての貨物とする

$$\max \pi_{x_T} = CX_T - \sum_i \sum_r p_i^r x_{ir}^r - \rho_T K_T - \rho_{\bar{K}} \bar{K}_T \quad (11)$$

$$X_T = v_T \left[\sum_l \sum_T (a_{ir}^r x_{ir}^r)^{(\sigma_T-1)/\sigma_T} + (K_T + \bar{K}_T)^{(1-\sigma_T)/\sigma_T} + L_T^{(1-\sigma_T)/\sigma_T} \right]^{1-\sigma_T/\sigma_T} \quad (12)$$

s.t.

$$CX_T = \left(\sum_r \sum_s \sum_w \frac{x_w^{rs}}{x_{total}^{rs}} \delta_w^{rs} C_w \right) X_T \quad (13)$$

$$x_{total}^{rs} = \sum_r \sum_s x^{rs} = \sum_l x_l \quad (14)$$

$$C_w = \sum_l \delta_w^l \frac{C_l}{x_l} \quad (15)$$

$$C_l = \sum_m \left\{ T_l (MFO_m + CA_m) + PC_l \right\} f_l^m \Phi_h(f_l^m) + \sum \delta_l^{h,out} x_l CW_h \quad (16)$$

$$\Phi_h(f_l^m) = \alpha \left(\frac{\sum_l \delta_l^h \varepsilon_l^m f_l^m}{VC_h} \right)^\beta \quad (17)$$

$$\sum_{rs} \sum_w \delta_{rs}^{w,l} x_w^{rs} = x_l \quad (18)$$

$$x_l \leq \sum_m \delta_l^m f_l^m A_m \quad (19)$$

$$\sum_m \delta_l^m f_l^m \leq F^m \quad (20)$$

$$\sum_l \sum_j x_{lj}^{rs} = \sum_w x_w^{rs} = x^{rs} \quad (21)$$

$$\sum_l \sum_m \delta_l^h \delta_l^m \varepsilon_l^m f_l^m \leq VC_h \quad (22)$$

p, ρ, ω	:投入財および生産要素の価格
x_{ir}^r	:船社の r 地域産 i 財の投入量
K_T	:船社の流動的資産投入量
$\bar{K}_T$	:船社の固定的資産投入量
L_T	:船社の労働投入量
σ_T, a_{ir}^r	:パラメーター
v_t	:生産性パラメーター
x_w^{rs}	:r から s の経路 w の貨物量
x_{total}	:地域内全体の総貨物量
δ_w^{rs}	:経路 w が地域 r から地域 s までのルートなら 1、そうでないなら 0
C_w	:経路 w の単位運賃
x_l	:リンク l の貨物量
C_l	:リンク l における海上コスト
δ_w^l	:経路 w にリンク l が含まれていたなら 1、含まれていなかったら 0
T_l	:リンク l の航行時間
MFO_m	:船型 m の航行時燃料費
CA_m	:船舶 m の船費
PC_l	:リンク l の到着港の港湾使用費
m	:投入可能船型数
f_l^m	:リンク l への m 型船舶の配分数
$\Phi_h(f_l^m)$	:港湾 h の港湾混雑関数
$\delta_l^{h,out}$	:港湾 h でリンク l の貨物の積み出し積み下ろしがあるとき 1、ないとき 0
CW_h	:港湾 h の荷役単価
δ_l^h	:h 港がリンク l に含まれるとき 1、含まれないとき 0
VC_h	:h 港の最大就航可能船舶数
ε_l^m	:リンク l に投入された船型 m によって変わるパラメーター
α, β	:パラメーター
$\delta_{rs}^{w,l}$	:r から s の経路 w でリンク l を通るとき 1、通らないとき 0
δ_l^m	:リンク l の投入船型が m のとき 1、異なるとき 0
A_m	:m 型船舶の 1 隻当たりの最大輸送貨物量
F^m	:仮想地域内の m 型船舶の総数

4. ケーススタディ

地域 A の港湾 a に対して公共投資を行った場合の船社の寄港パターンの変化と経済効果を以下の条件毎に分析する。

- 1) ソフト面の投資として港湾使用料や荷役料を行った場合
- 2) ハード面の港湾機能への公共投資としてバース数の増加を行い、大型船舶の寄港が可能になった場合
- 3) ソフト、ハードの両方に対して、つまり 1) と 2) を両方行った場合

なお、それぞれの結果と考察については講演時に発表をする。

5. 考察

本研究では、公共投資による港湾施設の利用変化を船社の行動モデルとして最適化し、それを SCGE モデルへ組み込むことで港湾施設投資の変化が地域経済に与える効果を把握できるモデルを構築した。

今後の課題は、仮想地域に限定した適用であるため今後、実データを用いて分析できるモデルへと改良する予定である。

参考文献

- 1)石黒一彦「多地域一般均衡貿易モデルにおける地域間輸送費用の取扱い方法の検討」：第 25 回土木計画学研究発表会・講演集, No204, 2002.
- 2)石黒一彦「多地域応用一般均衡モデルにおける海運政策の評価」：土木計画学研究・論文集, Vol.21, No.3, 2004.
- 3)石黒一彦「海運と空運の代替性を考慮した他地域一般均衡モデルによる貿易予測」：海運経済研究, No.40, pp.87-96, 2006.
- 4)石倉智樹「多国多地域型空間的応用一般均衡モデルによるコンテナ港湾整備政策の国別地域別効果分析」：運輸政策研究, Vol.17, No3, 2014.
- 5)竹林幹雄「港湾政策・開発が東アジア海上コンテナ貨物輸送市場に与える影響分析-ベトナム・ホーチミン港の場合」：土木計画学研究・論文集, Vol.20, No.3, 2003.
- 6)竹林幹雄「国際海上コンテナ輸送市場モデルの開発：定期航路におけるループの戦略的再編」：第 30 回土木計画学研究・講演会, 2004.
- 7)竹林幹雄「航路再編の影響を検討するための国際海上コンテナ貨物輸送市場モデルの構築」：第 32 回土木計画学研究発表会・講演集, 2005.