多地域応用一般均衡モデルにおける海運業の表現方法*

Expression of Ocean and Coastal Transport Sector in Spatial Computable General Equilibrium Model*

石黒一彦**・稲村肇***

By Kazuhiko ISHIGURO** and Hajime INAMURA***

１．はじめに

空間応用一般均衡（SCGE）体系は，生産要素や生産された財の市場における需給均衡点を求めることにより，多地域の各地域における生産，消費，政府行動等を推定するものである．各種税率や財の生産性，産業の技術構造はパラメータとして外生的に与えることが可能であるため，政策や技術変化の各地域への影響を計測することが可能である．また，結果として各地域間の財と金の動きも表現されるため，貿易予測や対外投資予測にも適用が可能である．

関税の削減や非関税障壁の緩和による各国経済への影響，交通施設の改善による各地域経済への影響を SCGE モデルで計測した例が数多く報告されている．分析者の関心が厚生変化や生産額変化にある場合には，論文中では貿易額，地域間交易額が示されていない場合もあるが，それらは計算結果としては必ず得られている．結果として貿易予測，地域間交易予測も行っていることになる．

SCGE モデルは貿易予測が可能な体系だが，輸送体系の変化が貿易に及ぼす影響予測が第一の目的となる場合には問題が発生する．既存のモデルでは輸送を氷塊輸送型で表現していることが多く，輸送サービス生産構造の変化を適切に表現することができない．輸送部門を明確に定義して，表現することが必要である．本研究では SCGE モデルにおける輸送部門の表現方法を整理し，それぞれの特徴を考察することを目的とする．

*キーワード：物流計画，港湾計画

**正員，修(情報)，神戸大学海事科学部

（神戸市東灘区深江南町 5-1-1，Tel 078-431-6314,

E-mail: ishiguro@maritime.kobe-u.ac.jp）

***フェロー，工博，東北大学大学院情報科学研究科

２．海運業の表現方法

（１）海運業の分類

日本は貿易量の 99%以上，貿易額の 7 割近くを海上輸送に頼っているため，本研究では海運業を中心に考える．SCGE モデルでは，各財の生産関数を仮定するが，その関数形によっては，パラメータを産業連関表から得ることが可能である．日本の産業連関表の基本分類では，海運関連は，外洋輸送，沿海・内水面輸送，港湾運送の 3 部門に分類されている．その他，倉庫，水運付帯サービス（公営），同（産業）も海運に関連すると考えられる．SCGE モデルでは，輸送は地域間輸送と地域内輸送の 2 つが定義される．想定する地域分割に応じて，上記各部門を地域間輸送部門と地域内輸送部門に統合すればよい．例えば，国単位の貿易を考える場合には，外洋輸送部門が地域間輸送部門となり，その他の部門が地域内輸送部門となる．以下では，地域分割を国単位とする場合を想定して，論点を整理する．

（２）国内輸送部門

SCGE モデルでは，地域間の影響が主な関心の対象となるため，地域内の輸送はあまり注目されず，考慮されないことすらある．地域内の輸送に関しては，氷塊輸送型で定義する場合，単一あるいは複数の輸送部門を定義する場合，また考慮しない場合が考えられる．

a) 氷塊輸送型

ある輸送マージン率を定数として外生的に与える．国内取引においては，その輸送マージン率分だけ財が減少する．各財の輸送のための輸送サービス生産が，財の生産と同じ構造を持っていると仮定していることになる．この方法は，輸送費を考慮しない場合と比較してもモデルがあまり複雑とはならないメ

リットがある．輸送費が財価格と比較して十分小さいと見なせ，また輸送サービス生産構造の変化を議論しない場合に採用される．

b) 単一の輸送部門

輸送サービス生産構造の変化を議論する場合には，輸送部門を定義する必要がある．輸送サービス生産構造が輸送機関によらず同じであると見なせる場合には，単一の輸送部門を定義すれば十分である．

c) 複数の輸送部門

輸送機関分担をどのように定義するかが問題となる．財の特性により確定的に分担を決定することが最も簡単である．必要なデータが十分に得られるのであれば，財生産者あるいは消費者の効用関数を仮定して確率的に決定する方法も採用できる．

d) 考慮しない

国内取引に関する輸送費は 0 となる．

（3）国際輸送部門

SCGE モデルにおいて地域間輸送の表現は非常に重要であるため，これを考慮しないという選択肢は無い．その他は国内輸送部門と同様に考えられる．

a) 氷塊輸送型

輸送費が財価格と比較して十分小さいと見なせ，また輸送サービス生産構造の変化を議論しない場合に採用される．国際輸送はすべて財生産国の輸送部門により行われると仮定すると，労働と資本の分配率やエネルギー効率など，各国の平均的な生産構造の特徴が国際輸送に関しても表現されることになる．

b) 単一の輸送部門

国際輸送機関を海運業で代表させることを考える．海運業は自由に国際競争を行っており，国籍によりその生産構造に大きな相違がないとすると，唯一の海運業を定義すればよい．最近は大手船社によるアライアンス形成が進んだ結果，基幹航路においては寡占的な状況の中にありながらも各船社の特徴が現れにくくなっている．アライアンス間の相違を無視できる場合には，唯一の海運業を定義すれば十分である．しかし，かつて海運後発国の盟外船社が同盟の圧力に屈さずに成長した時には，船社によりコスト構造に差があるものと考えられるため，分析時期によっては複数の海運業を仮定する必要がある．

ここで，唯一の海運業がすべての国際輸送を行うと考える．海運業はいずれかの国から資本および労働を調達する．海運業における資本と労働への分配は，各地域への移転所得となる．海運業で使用する資本と労働の各国からの調達比率については，固定比率とするか，Cobb-Douglas 関数あるいは CES 関数により現状を踏まえた調達比率とするかのいずれかが現実的である．単純に費用最小化を行ってしまうと，レント，賃金が最も安い国からすべて調達することとなるため，現実的ではない．

複数の海運業を仮定する場合，生産関数の推定が難しい．海運業各社ごとの各地域間における輸送量がデータとして得られれば良いが，世界を網羅したそのような統計は存在しない．従って，海運業を唯一と定義することもやむを得ない．

地域ごとに固有の海運業を定義することもできる．この場合，資本と労働は各国の他産業と同様に扱うことができるため，モデル上は単純に表現可能であるが，現状において，各国海運業の各地域間における輸送量が不明であるため，生産関数の推定が困難である．各海運業は各国の輸出入のある一定比率を輸送するという仮定の下，その積み取り比率を適宜外生的に与えることになろう．

c) 複数の輸送部門

海運と航空など，複数の輸送部門を考慮する場合が最も複雑となる．ただし，航空輸送は海運とは異なり，各国とも市場が開放されているわけではないため，積み取り比率を外生的に与えたとしても，著しく説得力が低下するわけではない．

3．モデル

（1）モデル化における考え方

筆者らは，国際輸送部門として唯一の海運業が存在するものと仮定しながら，国内輸送部門に関する仮定を様々に変化させて，いくつかの SCGE モデルを開発してきた．本研究では，それらの成果を踏まえ，国際輸送部門として複数の海運業が存在する場合のモデル化の可能性を検討する．

（2）既存モデル

a) 仮定

本研究では，海運業も含めた各産業の生産関数お

よび家計の効用関数として，各財の価格変化による投入構造変化を比較的簡単な手法で考慮可能な一次同次 Cobb-Douglas 型関数を採用する．一般的に，生産関数においては生産要素投入の代替のみを考え，中間投入財間の代替は考慮しない．本研究では主に海運業の生産構造変化を通した財価格の変化の影響分析を主眼にモデル構築を行うため，安藤と同様に中間投入財間の代替も考慮している．生産関数を式(1)に示す．生産者は利潤最大化行動を行い，家計は所得制約下の効用最大化行動を行うものとする．

$$X_j^s = \eta_j^s \prod_i \left(\prod_r (x_{ij}^{rs})^{\alpha_{ij}^{rs}}\right)(K_j^s)^{\alpha_{Kj}^s}(L_j^s)^{\alpha_{Lj}^s} \qquad (1)$$

$$\sum_i \sum_r \alpha_{ij}^{rs} + \alpha_{Kj}^s + \alpha_{Lj}^s = 1$$

X_j^s ：s 地域 j 産業の生産量

x_{ij}^{rs} ：s 地域 j 産業の r 地域産 i 財の投入量

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

η_j^s ：生産性パラメータ

α ：分配パラメータ

財の輸送主体として，外航海運業と内航海運業を考慮する．国際輸送はすべて外航海運業が行い，国内輸送はすべて各国の内航海運業が行うものとする．内航海運サービスの貿易はないものとする．国際輸送を唯一の輸送業者が担うと仮定している点は GTAP モデルと同様だが，本研究では金額だけでなく物理量の表現を明確にしながらモデル構築を行っている点が異なる．外航海運業の資本量および労働量は外生的に与えられる．資本のレントおよび労働の賃金は，それぞれ外生的に与えられる一定の比率で各地域に移転される．

その他，以下の仮定を置く．

- 資本と労働の地域間の移動は考えない．労働は産業間を自由に移動できるが，資本は産業間の移動もできない．
- 政府は法人税，所得税，間接税を徴収し，それを財源として政府支出を行う．政府も家計と同様に効用最大化行動を行うものとし，効用関数形は Cobb-Douglas 型とする．
- 法人税率および所得税率は各地域において外生的に与えられる．間接税額は各地域各産業において外生的に与えられる．
- 最終需要項目としては家計消費支出，政府支出，固定資本形成を考慮する．
- 同一財でも生産地が異なれば別の財と見なす．
- ROW 産財の生産者価格は一定とする．
- 各地域産各財の ROW への輸出量は一定とする．

b) 均衡体系

外航海運業および内航海運業は与えられた輸送需要に対して輸送サービスを供給する際に費用最小化行動を行い，結果として運賃が決定されるものとすると，他の産業と同様の定式化が可能となる．海運業，生産者，消費者の行動を定式化することにより，以下の均衡体系が導かれる．

（財生産）

$$X_i^r = \sum_j \sum_s \frac{\alpha_{ij}^{rs}(p_j^s X_j^s - IT_j^s)}{p_i^r + c_{ij}^{rs}} + \sum_k \sum_s \frac{\beta_{ik}^{rs} W_k^s}{p_i^r + c_{ik}^{rs}} + \frac{\alpha_{iT_0} p_{T_0} X_{T_0}}{p_i^r} + E_i^r \qquad (1)$$

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

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

（要素）

$$\rho_j^s K_j^s = \alpha_{Kj}^s (p_j^s X_j^s - IT_j^s) \qquad (4)$$

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

（財消費）

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

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

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

（国際輸送）

$$\sum_j \sum_k \sum_s \sum_i \sum_r (c_{ij}^{rs} x_{ij}^{rs} + c_{ik}^{rs} W_{ik}^{rs}) = p_{To} X_{To} \qquad (r \neq s) \qquad (9)$$

$$c_{ij}^{rs} = m_i^r d^{rs} p_{To} \qquad (r \neq s) \qquad (10)$$

$$p_{To} = \frac{1}{\eta_{To}} \prod_i \prod_r \left(\frac{p_i^r}{\alpha_{iTo}^r} \right)^{\alpha_{iTo}^r} \left(\frac{\rho_{To}}{\alpha_{KTo}} \right)^{\alpha_{KTo}} \left(\frac{\omega_{To}}{\alpha_{LTo}} \right)^{\alpha_{LTo}} \qquad (11)$$

（国内輸送）

$$\sum_j\sum_k\sum_i (c_{ij}^{ss}x_{ij}^{ss}+c_{ik}^{ss}W_{ik}^{ss})=p_{Tc}^{s}X_{Tc} \quad (12)$$

$$c_{ij}^{ss}=m_i^s d^{ss} p_{Tc}^{s} \quad (13)$$

$$p_{Tc}^{s}=\frac{1}{\eta_{Tc}}\prod_i\prod_r\left(\frac{p_i^r+c_{ij}^{rs}}{\alpha_{iTc}^{r}}\right)^{\alpha_{iTc}^{r}}\left(\frac{\rho_{Tc}}{\alpha_{KTc}^{s}}\right)^{\alpha_{KTc}}\left(\frac{\omega_{Tc}}{\alpha_{LTc}^{s}}\right)^{\alpha_{LTc}} \quad (14)$$

X_j^s：s 地域 j 産業の生産量

X_{To}：外航海運の輸送サービス生産量

X_{Tc}^s：内航海運の輸送サービス生産量

x_{ij}^{rs}：s 地域 j 産業の r 地域産 i 財の投入量

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

p_j^s：s 地域産 j 財の生産者価格

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

p_{To}：外航海運の単位重量距離あたり運賃

p_{Tc}^s：内航海運の単位重量距離あたり運賃

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

y_{ik}^{rs}：r 地域産 i 財の s 地域最終需要項目 k の消費量

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）

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）

IT_j^s：s 地域 j 産業に対する間接税額

σ^s：s 地域の家計の貯蓄率

TR^s：s 地域の純移転所得

E_i^r：r 地域 i 産業の R.O.W.への輸出量

m_i^r：r 地域産 i 財の単位量あたりの重さ

d^{rs}：rs 間の距離

α，β，η：パラメータ

（３）国際輸送部門が複数存在する場合

最近は，船社の生産要素や中間投入が母国からのみ調達されているわけではなく，特に基幹航路においては,国籍による差は顕著ではないと考えられる．国籍よりも個別の船社やアライアンスの戦略による差の方が大きいとすれば，国籍別に船社を考慮する必要はない．

船舶の大型化を積極的に進める船社と現状の船型の船舶を使用し続ける船社とを比較する．この場合は，船社の生産関数が異なると考えられる．労働と資本の分配率やエネルギー効率が異なるはずである．それぞれ生産関数の形が同じで，パラメータが異なるだけであれば，均衡体系において問題ないと考えられる.輸送実績に関するデータが得られるならば，その他必要なデータは，各船社の営業報告書や財務諸表から得られ，生産関数の推定が可能となる．

複数の国際輸送部門が競合している場合，荷主の選択問題が加わる．確定的に選択を決定させるか，あるいは荷主の効用関数の中で複数の国際輸送部門を考慮すればよい．

４．まとめ

これまでに構築したモデルの更なる拡張可能性を考察した結果，現状に即し，複数の海運アライアンスの競合関係がモデル化できる可能性が示唆された．今後はデータ入手の可能性を検討し，モデルの拡張と計算を行うとともに，様々な輸送部門の表現方法それぞれの計算結果の比較考察を行う．

参考文献

1) 安藤朝夫：価格差を考慮した多地域計量モデルによる交通基盤整備プロジェクト評価システムの開発, 文部省科学研究費補助金研究成果報告書，1996.
2) Hertel, T. W., Global Trade Analysis, Cambridge University Press, 1997.
3) 石黒一彦，稲村肇：多地域応用一般均衡モデルによる海運政策の評価，土木計画学研究・講演集，Vol.27，CD-ROM，2003.
4) Ishiguro, K., T. Ishikura, S. Hanaoka and H. Inamura : Development of Multi-regional Computable General Equilibrium Model Taking Account of Ocean Carriers' Behavior and Scale Economy, Journal of the EASTS, Vol.5, pp2733-2742, 2003.
5) Ishiguro, K. and H. Inamura : Development of Ocean Carriers' Behavior Model Focusing on Their "Cost and Tariff" Based on the Spatial General Equilibrium, Maritime Policy and Management, Vol.28, No.3, pp251-264, 2001.
6) Whalley, J. : Trade Liberalization among Major World Trading Areas, MIT Press, 1985.