

船社の費用構造と運賃決定メカニズムを考慮した国際海上コンテナ貨物需要予測モデル

Development of International Container Cargo Flow Prediction Model Considering Carriers' Costs and Tariff

石黒 一彦*, 稲村 肇**

by Kazuhiko ISHIGURO and Hajime INAMURA

1. はじめに

地域間分析に広く適用されるようになってきた空間一般均衡モデルは、外的変化の影響を企業、家計、その他諸々の主体の行動変化を通し、地域的波及を考察できる。従来貿易予測に用いられてきた計量経済モデル等と異なり、影響が及ぶ範囲が全地域の全主体に拡大され、より理論的に整合性の高いモデルとなっている。国際コンテナ貨物需要予測の基礎となる各国間貿易量の予測にも適用が期待でき、また実際の適用例も数多く報告されている。¹⁾

近年、少数の船社が急速に成長し、世界貿易の輸送の大部分を占めるに至っている。多時点の国際産業連関表の技術係数を見ても、船社の成長過程が確認できる。大規模船社は現在もその規模を拡張しているため、中小規模の船社は世界規模の輸送において生き残ることは困難である。大規模船社は輸送需要に対して非常に敏感であり、運賃を頻繁に上下させる。世界の主要港の港湾施設も急速に整備が進むなど、船社を取り巻く環境も随時変化している。

以上に鑑みると、貿易予測を行うに当たっては、船社は積極的な行動主体として取り扱う必要があり、船社間の競争状態を反映した運賃もモデルに導入されるべきである。しかしながら従来の空間応用一般均衡モデルでは、輸送に関する取扱が非常に雑であり、運賃に関しても派生的に考慮されているのみであるため、船社の行動変化や港湾施設整備の影響を考察するには適さない。そこで本研究では一般均衡理論の枠組みを利用し、船社の行動、特にその投入構造と運賃競争を考慮した貿易予測モデルを定式化する。更に日米 EU アジアの4地域間貿易量予測に適用することにより、モデルの挙動を観察する。

2. 本研究の考え方

(1) 空間応用一般均衡モデル

従来の多くのモデルと同様、多地域における企業、家計、政府の各行動を定式化し、加えて国際交通企業（船社）の行動も定式化する。地域間輸送に関しては輸送費を考慮する。今回は国際産業連関表のデータを基に計算を行うため、計算の簡単化のために企業の生産関数や家計の効用関数には Cobb-Douglas 型関数を採用する。

(2) 船社の行動

一つの国際交通企業が対象地域全体の国際輸送及び国内輸送を一手に担うと考える。国際産業連関表及び大規模船社の損益計算書から国際交通企業の投入構造及び提供サービスを産出し、独立した主体として取り扱う。国際輸送運賃に関しては、ある時点の標準的な運賃を与えるが、需要の多い区間ほど競争が激しくなり、運賃が低下すると考え、競争状態に応じた運賃となるように設定する。

3. モデル構築

(1) モデルの仮定

地域間における空間経済を考慮した一般均衡体系によって、安藤(1996)²⁾のモデルを主に参考にしながらモデル化を行う。モデル作成に当たり、前章の考慮点の他に以下のような仮定を置く。

- ・国際運賃・保険を国際交通企業の項目とする。
- ・各地域は港湾を一つだけ持つ。各地域の間には相互に財取引が行われる。
- ・生産要素は労働と資本を考える。生産要素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はできない。
- ・国際交通企業に対する需要は派生需要からなる。
- ・政府は法人税、所得税、間接税を徴収し、それを

Keywords : 港湾計画, 物資流動, 貿易予測

*正会員 修(情報) 東北大学大学院助手 情報科学研究科

**7E0-会員 工博 東北大学大学院教授 情報科学研究科

(〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 06

TEL 022-217-7496; FAX 022-217-7494)

源泉として政府支出を行う。

- ・同一財であっても生産地が異なれば別の財と見なす。(Armington 仮定)
- ・各地域間の輸送費は需要に応じた競争状態を考慮した運賃算定式によって与えられる。モデルにおいては国際輸送費が価格の絶対水準を決定するニューメレールの役割を果たす。
- ・地域内での輸送費は、国際交通企業の利潤が0となるように調整され決定される。
- ・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、在庫純増を考える。
- ・国際交通企業と R.O.W.の生産の変化は産業間の投入比率を固定して、投入構造を示す国際交通企業の項目と輸出の項目へ振り分けられる。
- ・間接税、在庫純増、統計誤差は額を固定する。
- ・R.O.W.の価格は1に固定する。
- ・価格は為替レートを含んだ価格として考える。

(2) 生産

企業の生産関数は一次同次 Cobb-Douglas 型生産関数を採用する。

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

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

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

α : パラメータ

財の需要には輸送費の負担が伴うので、s 地域における財の価格は需要者価格と供給者価格の2種類が考慮される。式(1)の Cobb-Douglas 型生産関数の下で企業の最適化行動は要素価格と所在地域 s の財の需要者価格の下での利潤の最大化行動として定式化される。

$$\max \pi_j^s = p_j^s X_j^s - \sum_i q_i^{rs} x_{ij}^{rs} - \rho_j^s K_j^s - \omega^s L_j^s \quad (2)$$

p_j^s : s 地域産 j 財の生産者価格

q_i^{rs} : r 地域産 i 財の s 地域における需要者価格

π_j^s : s 地域 j 産業の利潤

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

式(2)に対する一階の条件は式(3)のようになる。

$$\alpha_{ij}^{rs} = \frac{q_{ij}^{rs} x_{ij}^{rs}}{p_j^s X_j^s}, \alpha_{Kj}^s = \frac{\rho_j^s K_j^s}{p_j^s X_j^s}, \alpha_{Lj}^s = \frac{\omega^s L_j^s}{p_j^s X_j^s} \quad (3)$$

次に費用関数を求める。費用関数は一単位の産出量を生産するための費用を最小化する以下の問題を解くことで求まる。

$$\min C_j^s = \sum_i \sum_r q_{ij}^{rs} x_{ij}^{rs} + \rho_j^s K_j^s + \omega^s L_j^s \quad (4)$$

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

η_j^s : 比率パラメータ

この問題を解くと式(5)のようになる。

$$p_j^s = \frac{1}{\eta_j^s} \prod_i \prod_r \left(\frac{q_{ij}^{rs}}{\alpha_{ij}^{rs}} \right)^{\alpha_{ij}^{rs}} \left(\frac{\rho_j^s}{\alpha_{Kj}^s} \right)^{\alpha_{Kj}^s} \left(\frac{\omega^s}{\alpha_{Lj}^s} \right)^{\alpha_{Lj}^s} \quad (5)$$

ここで p_j^s は単位費用関数であり、比率パラメータは基準点での諸価格 q_i^{rs} , ρ_j^s , ω^s を代入したときに p_j^s が1になるように設定する。

(3) 消費

最終需要項目である家計消費、政府消費、固定資本形成の各財の消費量は、消費量に依存する効用を最大化された結果であるものとする。したがって、最終需要者行動は所得制約の下での効用最大化行動として定式化できる。ここでも効用関数は Cobb-Douglas 型関数を採用すると、最終需要者の行動は以下のように定式化できる。

$$\max U_k^s = \prod_i \left(\prod_r (y_{ik}^{rs})^{\beta_{ik}^{rs}} \right) \quad (6)$$

$$\text{s.t. } \sum_i \sum_r q_{ik}^{rs} y_{ik}^{rs} \leq W_k^s$$

$$\sum_i \sum_r \beta_{ik}^{rs} = 1$$

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, 4:在庫純増)

β : パラメータ

仮定より在庫純増は外生的に与えられるが、家計消費、政府消費、固定資本形成は式(6)を解くことにより求まる。

$$y_{ik}^{rs} = \frac{\beta_{ik}^{rs} W_k^s}{q_{ik}^{rs}} \quad (7)$$

s 地域が他地域から受け取る移転所得を TR^s とす

れば、s 地域内で最終需要として支出できる金額の総和 G^s は間接税を IT_j^s として以下のように表せる。

$$G^s = \sum_j \rho_j^s K_j^s + \omega \sum_j L_j^s + \sum_j IT_j^s + TR^s \quad (8)$$

・家計消費支出

資本は企業によって保有される場合もあるが、すべての企業が家計によって保有されていると考えるならば、 G^s から間接税をひいた残りが s 地域に居住する家計の所得となり、これからさらに資本所得と賃金に対する税を引いた残りが可処分所得となる。移転所得には税が課されないとすると、s 地域の家計の可処分所得は次のように書ける。

$$W^s = (1 - \tau_k^s) \sum_j \rho_j^s K_j^s + (1 - \tau_L^s) \omega \sum_j L_j^s + TR^s \quad (9)$$

W^s : s 地域の家計の可処分所得

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)

可処分所得から貯蓄を引いた分が実際の消費となるため、家計消費支出は式(10)で表される。ここで統計上の取扱として、在庫純増分を比例配分によって調整する。

$$W_1^s = (1 - \sigma^s) W^s - \gamma_1^s W_4^s \quad (10)$$

σ^s : s 地域の家計の貯蓄率

γ : 比例配分パラメータ

・政府消費支出

政府は各税を徴収し政府消費支出を行う。政府の消費可能額は式(11)で表される。

$$W_2^s = \tau_k^s \sum_j \rho_j^s K_j^s + \tau_L^s \omega \sum_j L_j^s + \sum_j IT_j^s - \gamma_2^s W_4^s \quad (11)$$

・固定資本形成

固定資本形成 (投資) の源泉は貯蓄である。企業における内部留保はないとすると、s 地域の貯蓄額は $\sigma^s W^s$ であり、これがすべて固定資本形成に費やされる。貯蓄のなされた地域にすべて再投資されると考えると、固定資本形成は式(12)で表される。

$$W_3^s = \sigma^s W^s - \gamma_3^s W_4^s \quad (12)$$

(4) 輸送

国際交通企業に対する需要は式(13)の左辺で表される。右辺は国際交通企業他産業への投入額を表している。これは仮定より、基準年と将来の国際交通企業の生産額の変化分は投入額に反映され、式(14)のように比例配分されるものとする。

$$\sum_j \sum_k \sum_s \sum_i (c_{ij}^{rs} x_{ij}^{rs} + c_{ik}^{rs} y_{ik}^{rs}) = \sum_i T_{ii}^r \quad (13)$$

c_{ij}^{rs} : r 地域産 i 財 1 単位を r 地域から s 地域 j 産業へ輸送するための費用

T_{ii}^r : t 期における国際交通企業の r 地域 i 産業への投入 (t=1:基準年, 2:将来)

$$T_{ii}^r = (N_t - N_0) \delta_i^r + T_{0i}^r \quad (14)$$

N_t : t 期における国際交通企業の全産出額

δ : 分配パラメータ

R.O.W.への輸出も国際交通企業と同様に、仮定より基準年と将来の生産額の変化分が輸出の投入額に反映され、以下の式が成り立つものとする。

$$E_{ii}^r = (M_t - M_0) \varepsilon_i^r + E_{0i}^r \quad (15)$$

E_{ii}^r : t 期における r 地域 i 産業の R.O.W.への輸出量

M_t : t 期における R.O.W.の全産出量

ε : 分配パラメータ

競争状態を考慮した運賃は式(16)(17)で表される。競争による運賃低下は地域間輸送においてのみ起こり、その低下分を地域内輸送に転嫁することにより、国際交通企業の収支を合わせる。ここでは財毎に単位輸送費用は変わらないと仮定している。

$$c^{rs} = \text{Tariff}^{rs} - \phi \sum_j (x_{ij}^{rs} + y_{ik}^{rs}) \quad (r \neq s) \quad (16)$$

$$c^{rr} = \frac{\sum_j \sum_k (x_{ij}^{rr} + y_{ik}^{rr})}{\sum_j \sum_k \sum_s (x_{ij}^{rs} + y_{ik}^{rs})} (T - \sum_{r \neq s} c^{rs}) \quad (17)$$

Tariff^{rs} : コスト構造を考慮して与えた地域 rs 間の基準単位運賃

ϕ : 競争パラメータ

(5) 均衡

本モデルの均衡条件式は以下のようにまとめることができる。

(財生産)

$$X_i^r = \sum_j \sum_s \frac{\alpha_{ij}^{rs} (p_j^s X_j^s - IT_j^s)}{p_i^r + c_{ij}^{rs}} + \sum_k \sum_s \frac{\beta_{ik}^{rs} W_k^s}{p_i^r + c_{ik}^{rs}} + \frac{T_{ii}^r}{p_i^r} + E_{ii}^r + A_i^r + B_i^r \quad (18)$$

$$\sum_i X_i^R = \sum_i \left(\sum_j \sum_s \frac{\alpha_{ij}^{Rs} (p_j^s X_j^s - IT_j^s)}{1 + c_{ij}^{Rs}} + \sum_k \sum_s \frac{\beta_{ik}^{Rs} W_k^s}{1 + c_{ik}^{Rs}} + A_i^R \right) \quad (19)$$

$$p_j^s = \frac{1}{\eta_j^s} \prod_i \prod_r \left(\frac{p_j^s + c_{ij}^{rs}}{\alpha_{ij}^{rs}} \right)^{\alpha_{ij}^{rs}} \left(\frac{\rho_j^s}{\alpha_{kj}^s} \right)^{\alpha_{kj}^s} \left(\frac{\omega_j^s}{\alpha_{lj}^s} \right)^{\alpha_{lj}^s} \quad (20)$$

(要素)

$$\rho_j^s K_j^s = \alpha_{kj}^s (p_j^s X_j^s - IT_j^s) \quad (21)$$

$$\omega_j^s \sum_j L_j^s = \sum_j \alpha_{lj}^s (p_j^s X_j^s - IT_j^s) \quad (22)$$

(財消費)

$$W_1^s = (1 - \sigma^s) \left[(1 - \tau_k^s) \sum_j \rho_j^s K_j^s + (1 - \tau_l^s) \omega_j^s \sum_j L_j^s + TR^s \right] - \gamma_1^s W_4^s \quad (23)$$

$$W_2^s = \tau_k^s \sum_j \rho_j^s K_j^s + \tau_l^s \omega_j^s \sum_j L_j^s + \sum_j IT_j^s - \gamma_2^s W_4^s \quad (24)$$

$$W_3^s = \sigma^s \left[(1 - \tau_k^s) \sum_j \rho_j^s K_j^s + (1 - \tau_l^s) \omega_j^s \sum_j L_j^s + TR^s \right] - \gamma_3^s W_4^s \quad (25)$$

(輸送)

$$c^{rs} = \text{Tariff}^{rs} - \phi \sum_j \sum_k (x_{ij}^{rs} + y_{ik}^{rs}) \quad (r \neq s) \quad (26)$$

$$c^{rr} = \frac{\sum_j \sum_k \sum_l (x_{ij}^{rr} + y_{ik}^{rr})}{\sum_j \sum_k \sum_l \sum_m (x_{ij}^{rr} + y_{ik}^{rr})} (T - \sum_{r \neq s} c^{rs}) \quad (27)$$

A_i^r は r 地域 i 産業の各地域の在庫純増の合計額を表し、 B_i^r は r 地域 i 産業の統計誤差を表す。添え字 R は R.O.W.を表す。財生産の式は一般企業の均衡式、R.O.W.での均衡式、企業の最適化行動による費用関数を示している。要素の式は資本と労働の需給均衡を示している。財消費の均衡式は家計消費支出、政府支出、投資支出に関する定義式である。輸送の式は地域間の輸送費の決定方法を示している。未知変数は $X_i^r (= X_j^s)$, p_j^s , ρ_j^s , ω_j^s , W_k^s , c^{rs} である。

4. 地域間貿易予測への適用

1990年日米EUアジア国際産業連関表(40分類)を用い、第一次産業、第二次産業、第三次産業の3分類で考える。貯蓄率、所得税率、法人税率は現実の値を基に推計した値を与えた。パラメータ α , β , γ , δ , ε は国際産業連関表から求めた。基準単位運賃は現実の値を基に図-1のように設定した。

ここでは競争パラメータ ϕ を変化させることによる変化を観察する。結果の一例として日本からアメリカへの全輸出額の変化を図-2に示す。日米間は貿易

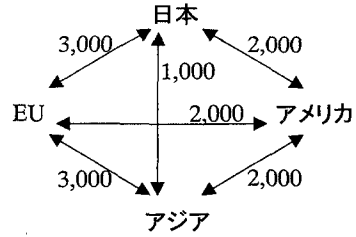


図-1. Tariff^{rs} の値 (\$/単位)

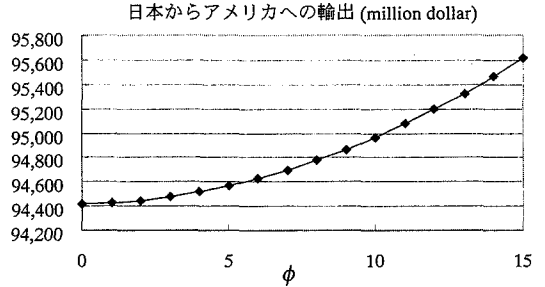


図-2. ϕ の変化に伴う貿易額変化例

易が盛んで運賃競争の影響により更に貿易が活発になることが確認されたが、それぞれの ϕ の値が現実のどのような状況に相当するのかが明確でないため、検証は不可能である。ただし、基準年のデータを与え、パラメータを徐々に変化させる方法により、モデルの安定性は確認できた。

5. 結論

一般均衡体系を基とした貿易予測モデルを定式化した。運賃競争を取り込んだため、解は一意には決まらないが、競争状態を徐々に変化させた場合、結果も徐々に変化し、安定した値に収束することが確認できた。今回計算に用いた競争パラメータの値が現実的であるのかは確認していないが、もし考えられる範囲で解が安定して求まれば、本モデルは十分適用が可能である。現実の予測に適用するに当たっては、多様な品目、関税・非関税障壁、海外直接投資を取り込んでいく必要があり、今後検討する。

参考文献

- Whalley, J.: Trade Liberalization among Major World Trading Areas, MIT Press, 1985. を端緒として多数。
- 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, 1997.