

第 部門

基幹航路およびフィーダー輸送の市場特性を考慮した国際海上輸送市場モデルの構築

神戸大学工学部 学生会員 ○宮本 葉月
 神戸大学工学部 正会員 竹林 幹雄
 神戸大学大学院 学生会員 金井 仁志
 神戸大学大学院 学生会員 原 進悟
 神戸大学工学部 F10-会員 黒田 勝彦

1. はじめに

本研究では、国際海上物流市場を考究するにあたり、アライアンスを形成する定期航路運航船社（定航船社）が定期航路を用いて輸送サービスを行う基幹航路とアジア域内でのフィーダー輸送の市場特性に着目した。そして寡占競争理論に基づき航路別スペース数を戦略とした競争均衡モデルを提案する。

2. 国際海上輸送市場モデル

本モデルは取扱貨物量が多く、船社間の貨物の獲得競争が激しいアジアの貨物物流を分析することを目的に構築する。以下に本モデルの市場および各主体について、前提条件を示し、定式化を行う。

まず、市場全体の前提条件は以下の通りである。

- 1) アジア - 北米間、アジア - 欧州間は寡占市場、アジア域内は完全競争市場とする。
- 2) 市場は定航船社が量的寡占競争を行っている基幹航路市場と、域内船社が完全競争を行っている域内市場からなる階層性を有する。
- 3) 市場は複数の定航船社、無数の域内船社および多数の荷主によって構成されるものとする。各定航船社は特定のアライアンスに属し、その行動はアライアンスの行動と同一視される。
- 4) 港湾間 OD 貨物量は与件とする。
- 5) 内陸輸送・内航フィーダー輸送は考慮しない。

次に基幹航路市場での定航船社の行動について、以下のような条件で設定されるものとする。

- 1) 定航船社は複数存在し、市場への参入および退出は考慮しない。
- 2) 欧州 - アジア間、アジア - 北米間を結ぶ定期航路を用いて輸送サービスを提供する。ただし、定期航路は各船社ごとに与件とする。
- 3) 船社間競争をスペース供給量による量的競争とし、船社は各定期航路への供給スペース数

を戦略に利潤最大化を図る。

- 4) 船社は各定期航路の供給スペース数を満たす運航頻度と投入船型を決定する。ただし、運航頻度は毎週、月 3 回、隔週、毎月、とする。
- 5) 各航路には同一船型のみ投入可能とする。
- 6) 船社は、配分された貨物を運ぶことができる供給スペース数を確保しなければならない。
- 7) 定航船社は、自社の航路から経路を組むことができる OD ペア間のみ輸送サービスを行う。定期航路が就航しない港湾の貨物はアジア域内船社がフィーダー輸送を行う。
- 8) 基幹航路同士の貨物のトランシップは考慮しない。また、アジア域内輸送と基幹航路の間のトランシップは 1 回のみと仮定する。
- 9) 経路の冗長を防ぐため、各港湾 OD ペア間について、各定期航路のみで提供される経路は最短の経路のみとする。
- 10) 船社同士、また荷主との提携は考慮しない。
- 11) 船社が自社ターミナルを持たない港湾に寄港する際は船待ち時間を考慮する。

このような条件の下で各アライアンス下の定航船社の直面する利潤最大化問題 $Z^n(V_j^n) \rightarrow \max$ は以下のように定式化される。

$$\text{Obj} : Z^n(V_j^n) = \sum_{rs} \left\{ p^{rs}(V_j^n) \cdot \sum_k x_k^{n,rs} \right. \\ \left. - \sum_j RC_j^n(FR_j^n, A_j^n, T_j^n) - \sum_j PC_j^n(FR_j^n, A_j^n) \right. \\ \left. - \sum_j \sum_i \varepsilon_{Cgt} \cdot \delta_{n,j}^{i,op} \cdot Cgt_i(PF_i^{op}) \right\} \rightarrow \max \quad (1)$$

$$\text{Subject to} : x_k^{n,rs} \leq V_k^{n,rs} \quad (2)$$

$$\max_l \sum_{rs} \sum_k \delta_{n,rs,k}^{j,l} \cdot x_k^{n,rs} \leq V_j^n \quad (3)$$

$$\Psi_{n,j}^i \cdot D_j^n(A_j^n) \leq PD_i^n \quad (4)$$

$$V_j^{n,*} = \arg \{ \max Z^n(V_j^n) \} \quad (5)$$

$$A_j^n = V_j^n / FR_j^n \quad (6)$$

$$FR_j^n \quad LFR_j^n \quad (7)$$

$$V_k^{n,rs} = \sum_j \delta_{n,rs,k}^j \cdot V_j^n \quad (8)$$

$$p^{rs}(V_j^n) = (d^{rs})^{\alpha_d} \cdot (V^{rs})^{\alpha_V} \cdot (X^{rs})^{\alpha_X} \quad (9)$$

$$V^{rs} = \sum_n \sum_k V_k^{n,rs} \quad (10)$$

$$RC_j^n(FR_j^n, A_j^n, T_j^n) = \beta_0 \cdot \{A_j^n\}^{\beta_A} \cdot T_j^n \cdot (52/4) \cdot FR_j^n \quad (11)$$

$$PC_j^n(A_j^n) = \sum_i \delta_{n,j}^i \cdot PC_i(A_j^n) \cdot FR_j^n \quad (12)$$

$$= \sum_i \delta_{n,j}^i \cdot \{ \eta_i(A_j^n) + \eta_{i0} \} \cdot FR_j^n$$

ここで、 V_j^n :船社 n の定期航路 (以下、航路) j での供給スペース数(TEU) p^{rs} :港湾 rs 間の輸送運賃(米ドル), $x_k^{n,rs}$:船社 n が港湾 rs 間の経路 k で輸送する年間貨物量(TEU), RC_j^n :船社 n の航路 j の運航費用(米ドル), PC_j^n :船社 n の航路 j での港湾料金費用(米ドル), Cgt_i :船社 n の航路 j の混雑費用(米ドル), FR_j^n :船社 n の航路 j の運航頻度(回/月), A_j^n :船社 n が航路 j に投入している船の船型(TEU), T_j^n :船社 n の航路 j の周回時間(日), $V_k^{n,rs}$:船社 n の港湾 rs 間の経路 k の供給スペース数(TEU), V_j^n :船社 n の航路 j の供給スペース数(TEU), D_j^n :船社 n の航路 j の運航コンテナ船の水深(m) PD_i^n :船社 n の港湾 i の入港可能水深(m), LFR_j^n :船社 n の航路 j の許容運航頻度(4 回/月), d^{rs} :港湾 rs 間の海上距離(海里), V^{rs} :港湾 rs 間の供給スペース数(TEU), $\delta_{n,rs,k}^j$:船社 n の港湾 rs 間の経路 k が航路 j のリンク l を利用している時 1, そうでない時 0 となるクローネッカデルタ, $\delta_{n,j}^i$:船社 n の航路 j が港湾 i に寄港している時 1, そうでない時 0 となるクローネッカデルタ, $\Psi_{n,j}^i$:船社 n の航路 j が港湾 i に寄港している時 1, そうでない時 0 となるバイナリー変数, $\alpha, \beta, \eta, \varepsilon$:パラメータ変数, である。

続いてアジア域内船社の行動を以下に示す。

- 1) アジア域内では、域内船社は域内全ての港湾間 OD で二点間輸送する。
- 2) 域内船社は、港湾 OD 間のローカル輸送貨物と、基幹航路へのフィーダー貨物を輸送する。
- 3) 域内船社はアジア域内の港湾間 OD ペアでのみ輸送サービスを担う。
- 4) 域内船社は多数存在し、運航は多頻度とする。

- 5) 域内運賃は外生的に限界費用で与えられ、域内船社はゼロ利潤でサービスを行う。この運賃は、域内サービスを提供している定航船社にも適用される。

このように、域内船社の行動は定義され、以下のように定式化される。

$$p_{intra}^{rs} = MRC_{intra} \cdot T_{intra}^{rs} \quad (9)$$

ここで、 p_{intra}^{rs} :港湾 rs 間の域内船社の輸送運賃(米ドル), MRC_{intra} :1 日当たりの限界費用(米ドル)である。

最後に荷主 (貨物) の行動について検討する。荷主は以下のような条件の下に行動するものとする。

- 1) 1TEU 当り 1 荷主の存在を仮定し、一般化費用の最小化を目的に行動する。ただし、行動にはランダム効用理論が適用される。
- 2) 荷主間および船社との提携は考慮しない。

以上のように荷主の行動は定義され、以下のように定式化される。

$$x_k^{n,rs} = \frac{\exp\{-\theta_r^s \cdot U_k^{n,rs}\}}{\sum_n \sum_k \exp\{-\theta_r^s \cdot U_k^{n,rs}\}} \cdot X^{rs} \quad (11)$$

$$U_k^{n,rs} = \tau_p \cdot p_k^{n,rs} + \tau_T \cdot T_k^{n,rs} + \tau_{HC} \cdot HC_k^{n,rs} + \tau_V \cdot V_k^{n,rs} \quad (12)$$

ここで、 $U_k^{n,rs}$:荷主の効用関数, X^{rs} :港湾 rs 間の OD 貨物量, $p_k^{n,rs}$:船社 n の港湾 rs 間の経路 k を利用したときに荷主が支払う運賃(US ドル), $T_k^{n,rs}$:船社 n の港湾 rs 間の経路 k の輸送時間(日), $HC_k^{n,rs}$:船社 n の港湾 rs 間の経路 k の荷役料金(米ドル), である。

3. 数値計算

モデルを 2000 年の港湾間 OD データ¹⁾および各船社の定期航路データ²⁾³⁾⁴⁾を用いて、モデルの再現性を検証した。紙面の都合上、モデルの精度および結果の詳細は講演時に発表する。

[参考文献]

- 1) The Journal of Commerce : Port Import Export Reporting Service : 2000
- 2) Containerisation International Yearbook 2002 : Informa UK Ltd
- 3) 国際輸送ハンドブック 1996-2003 : (株) オーションコマース
- 4) アジアの主要コンテナ港調査 : JETRO : 2003,3