

神戸大学工学部 学生会員 ○金井 仁志
 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 藤田 智喜
 神戸大学工学部 フェロ-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、特にアライアンスを形成する定期航路船社の配船行動に着目する。そして寡占競争理論に基づき航路別配船数を戦略とした競争均衡モデルを提案する。

2. 国際海上コンテナ輸送市場モデル

本モデルは取扱貨物量が最も多く、船社間の貨物の獲得競争が激しいアジアを発着する貨物物流を分析することを目的に構築する。以下に本モデル内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) 船社の提供する運賃においては Cournot-Nash 均衡が成立するものとする。
- 2) 国内の内陸輸送および内航フィーダーは考慮しないものとする。
- 3) 参加主体は船社および荷主とする。
- 4) OD 貨物量は港湾間のみを扱い与件とする。

次に定期航路船社（以下、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) 船社は複数存在し、欧州-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。
- 2) 自己の利潤を最大にするように保有している船舶を各定期航路に配分する。
- 3) 1 定期航路に投入できるコンテナ船の船型は 1 種類とし与件とする。
- 4) 船社は貨物を輸送するのに十分な最低限の隻数を投入しなければならず、最低 1 隻は投入し輸送サービスを保証する。
- 5) 市場への参入および退出は考慮しない。
- 6) 船社間および荷主との提携は行われないものとする。
- 7) 定期航路が就航していない港湾についてはフ

ィーダーサービスが提供されるものとし、フィーダー貨物のトランシップは最大 2 回、定期航路同士のトランシップは 1 回のみとする。

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 $Z^n(F_j^n) \rightarrow \max$ は以下のように定式化される。

$$\text{Obj: } Z^n(F_j^n) = \sum_{rs} \sum_k (p^{rs} \cdot x_k^{n,rs}) - \sum_j RC_j^n \cdot FR_j^n - \sum_{rs} \sum_k PC_k^{n,rs} \rightarrow \text{Max} \quad (1)$$

$$\text{Subto. } \sum_{rs} \sum_k \delta_k^j \cdot x_k^{n,rs} \leq \sum_j \delta_j^i \cdot FR_j^n \cdot A_j^n \quad (2)$$

$$FR_j^n = \frac{365}{T_j^n / F_j^n} \quad (3)$$

$$RC_j^n = T_j^n \cdot (MFO^a + CA^a) \quad (4)$$

$$PC_k^{n,rs} = \sum_i \delta_k^i \cdot \Phi_i^j \cdot pc_i + \sum_i \delta_k^i \cdot \Psi_i^j \cdot tc_i \quad (5)$$

$$p^{rs} = (d^{rs})^\alpha \cdot (V^{rs})^\beta \quad (6)$$

$$V_k^{n,rs} = \min_j \delta_k^j \cdot FR_j^n \cdot A_j^n \quad (7)$$

$$V^{rs} = \sum_n V^{n,rs} = \sum_n \sum_k \Gamma_k^i V_k^{n,rs} = \sum_n \sum_k \Gamma_k^i \cdot \min_j \delta_k^j \cdot FR_j^n \cdot A_j^n \quad (8)$$

ここで、 F_j^n : 船社 n が定期航路 j に投入する隻数(隻)、 FR_j^n : 船社 n の定期航路 j の各港湾に 1 年間に寄港する隻数(隻/年)、 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 の定期航路 j を運行するコスト(米ドル)、 $PC_k^{n,rs}$: 船社 n が港湾 rs 間の経路 k を運行したときの港湾コスト(米ドル)、 A_j^n : 船社 n が定期航路 j に投入している船の船型(TEU)、 T_j^n : 船社 n の定期航路 j を 1 回周回する時の所要時間(日)、 MFO^a : 船型 a の船で航行する時の燃料費(米ドル)、 CA^a : 船型 a の船で航行する時の船費(米ドル)、

pc_i : 港湾*i*での港湾料金(米ドル), tc_i : 港湾*i*での荷役料金(米ドル), d^{rs} : 港湾*rs*間の海上距離(海里), V^{rs} : 港湾*rs*間の供給可能サービス容量(TEU), $V_k^{n,rs}$: 船社*n*の港湾*rs*間の供給可能サービス容量(TEU), $V_k^{n,rs}$: 船社*n*の港湾*rs*間の経路*k*の供給可能サービス容量(TEU), δ_k^l : 経路*k*がリンク*l*を含んでいる時 1, 含んでいない時 0 となるクローネッカデルタ, Φ_l^i : リンク*l*が港湾*i*を発着港湾としている時 1, そうでない時 0 となるクローネッカデルタ, Ψ_l^i : リンク*l*が港湾*i*をトランシップ港湾としている時 1, そうでない時 0 となるクローネッカデルタ, Γ_l^i : リンク*l*が港湾*rs*間での経路集合で 2 回以上利用される時, 2 回目以降をゼロとするクローネッカデルタ, である。

続いてフィーダー船社の行動は以下のように設定される。

- 1) 定期航路が就航していない港湾について、最寄の港湾までの補完的な輸送サービスを提供するものとする。
- 2) 船社は無数存在し、運行は多頻度で、輸送容量は無限大とする。
- 3) 運賃は外生的に与えられるものとする。
- 4) フィーダー船による港湾の混雑は生じないものとする。

このように、フィーダー船社の行動は市場精算条件として導入され、以下のように定式化される。

$$p_{feeder}^{rg} = d^{rg} \cdot fp \quad (9)$$

$$p_k^{n,rs} = \delta_k^{rg} p_{feeder}^{rg} + \delta_k^{gh} p^{gh} + \delta_k^{hs} p_{feeder}^{hs} \quad (10)$$

ここで、 p_{feeder}^{rg} : 港湾*rg*間をフィーダー船社を用いて輸送したときの運賃(USドル), fp : 海上輸送距離あたりの固定運賃(USドル), $p_k^{n,rs}$: 港湾*rs*間で船社*n*の経路*k*を利用したときに荷主が支払う運賃(US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、一般化費用を最小化することを目的とする。ただし、行動にはランダム効用理論が導入されるものとする。

- 2) 荷主は船社の経路運賃をもとに、追加費用であるトランシップ料金、フィーダー運賃を考慮して貨物を配分する。
- 3) 貨物が集中することにより、輸送経路上の混雑が勘案されるものとする。
- 4) 荷主間および船社との提携は行われたいものとする。

ここで、2)に関しては、船社で競争運賃として成立するのは貨物が積載されている航路上での状態のみであることを意味する。荷主に提示される「価格」は、この競争価格分に2)で示したローディング等の費用が上乗せされている形式となる。すなわち荷主の行動は以下のように示される。

$$x_k^{n,rs} = \frac{\exp\{-\mu \cdot U(p_k^{n,rs}, V_k^{n,rs}, T_k^{n,rs})\}}{\sum_k \exp\{-\mu \cdot U(p_k^{n,rs}, V_k^{n,rs}, T_k^{n,rs})\}} X^{rs} \quad (11)$$

$$\text{Sub. to } \sum_n \sum_k x_k^{n,rs} = X^{rs} \quad (12)$$

$$U(p_k^{n,rs}, V_k^{n,rs}, T_k^{n,rs}) = (p_k^{n,rs})^\tau + (V_k^{n,rs})^\nu + (T_k^{n,rs})^\omega \quad (13)$$

ここで、 $U(p_k^{n,rs}, V_k^{n,rs}, T_k^{n,rs})$: 荷主の効用関数, X^{rs} : 港湾*rs*間の OD 貨物量, $T_k^{n,rs}$: 船社*n*の港湾*rs*間の経路*k*の輸送時間(日), である。

3. 数値計算

モデルを 1995 年および 2000 年の港湾間 OD データおよび各船社の定期航路データを用いて、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。

4. 結論

本モデルで得た主たる知見を整理する。

- 1) クールノー型量的競争市場を定期航路サービス市場に仮定し、寡占型国際海上コンテナ輸送市場モデルを構築した。
- 2) 船社間のアライアンスを明示的に考慮し、アライアンス内で供給される振り子型輸送によるサービスをネットワークとして構成した。
- 3) 1995 年、2000 年時点でのデータを用いてモデルの精度を検証し、出力の一部においては、 $R^2=0.9$ と高い再現性を得た。

以上のことから本モデルの高い再現性を確認した。