

神戸大学工学部	学生会員	○原 進悟
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、特に定期航路船社の航路再編行動に着目する。そして、昨年の黒田らの国際コンテナ輸送市場モデル¹⁾を利用し、抜港、定期航路の集約など航路の再編を考慮した国際コンテナ輸送市場モデルを構築する。

2. モデル

本モデルは既往研究に倣い¹⁾、船社の航路再編行動を利潤最大化を目的とした定期航路の集約と仮定する。以下に船社行動における抜港の取り扱いについて述べる。本モデル内の市場および各主体について、基本的な前提条件は、文献1)と同様であるため省略し、本研究独自の部分のみ簡単に述べる。

- 1) 抜港は定期航路の集約によりなされるものとする。
- 2) 新規港湾への寄港は抜港がなされた後に行われるものとする。
- 3) 抜港対象港湾はアジア域内の港湾とし、端点の北米、欧州港湾は考慮しない。
- 4) 各定航船社の定期航路の中で類似した航路をグループ分けし、定期航路の集約を考える。
- 5) 定期航路は類似した航路のグループ内で定期航路から得られる利潤が最大の航路に集約し、それ以外の航路は廃止する。
- 6) 定期航路内の寄港地が2港の場合、定期航路の集約は考慮しない。
- 7) 類似したグループ内の定期航路に投入されている船舶は同一船型とする。

船社は航路の設定を決定する δ_j^i および航路上の運行便数 F_j^n を明示的な操作変数として利潤を最大化する。定航船社の直面する利潤最大化問題 $Z^n(F_j^n, \delta_j^i) \rightarrow \max$ は次のように定式化される。

$$\begin{aligned} \text{Obj: } Z^n(F_j^n, \delta_j^i) = & \sum_{rs} \sum_k (p^{rs} \cdot x_k^{n,rs}) \\ & - \sum_j RC_j^n \cdot FR_j^n - \sum_j \sum_i \delta_j^i \cdot PC_i \cdot FR_j^n \rightarrow \text{Max} \end{aligned} \quad (1)$$

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

$$\sum_j \delta_j^a \cdot F_j^n \leq RF^{n,a} \quad (3)$$

$$F_j^n \geq 1 \quad (4)$$

$$x_k^{n,rs} = \text{arc max} \{H(F, \delta)\} \quad (5)$$

$$FR_j^n = \frac{365}{T_j^n / F_j^n} \quad (6)$$

$$RC_j^n = T_j^n \cdot (MFO^a + CA^a) \quad (7)$$

$$p^{rs} = (d^{rs})^a \cdot (V^{rs})^b \quad (9)$$

$$V_k^{n,rs} = \min_j \delta_k^j \cdot FR_j^n \cdot A_j^n \quad (10)$$

$$\begin{aligned} V^{rs} = & \sum_n V_k^{n,rs} \\ = & \sum_n \sum_k \Gamma_k^i V_k^{n,rs} = \sum_n \sum_k \Gamma_k^i \cdot \min_j \delta_k^j \cdot FR_j^n \cdot A_j^n \end{aligned} \quad (11)$$

ここで、 F_j^n : 船社 n が定期航路 j に投入する隻数(隻)、 δ_j^i : 定期航路 j 内の港湾 i に寄港するとき1、そうでないとき0となるクロネッカーデルタ、 FR_j^n : 船社 n の定期航路 j の各港湾に期間内に寄港する隻数(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 を運行する費用(米ドル)、 PC_i : 港湾 i での港湾料金(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), 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 間の経路 k の供給可能サービス容量(TEU), δ_k^i :経路 k がリンク i 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, Γ_i^l :リンク i 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定式化される。前提条件は文献1)と同様なので省略する。

$$p_{feeder}^{rg} = d^{rg} \cdot fp \quad (12)$$

$$p_k^{n,rs} = \delta_k^{rg} p_{feeder}^{rg} + \delta_k^{gh} p^{gh} + \delta_k^{hs} p_{feeder}^{hs} \quad (13)$$

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)の行動は以下のように定式化される。前提条件は文献1)と同様なので省略する。

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

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

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

ここで, $U(p_k^{n,rs}, V_k^{n,rs}, T_k^{n,rs}, (HC_r + HC_s))$: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. 定期航路の集約

本研究では定期航路の集約は, 各船社が自己の定期航路内で類似航路の抽出を行い, グループ分けを行うことで評価を行うこととした。これは膨大な計算量を削減するとともに, 市場の動向を分析した結

果現在設定されている航路から短期的には大きく変化することはないと考えられたためである。グループ分けの結果は, 講演時に発表する。グループ内で定期航路の集約が成立するのは次に示す条件を満たす場合である。

- 1) 定期航路の集約を行った船社の利益から既存の定期航路, つまり, 集約を行わない場合の利益を差し引いたとき, その値が正である。
- 2) 類似航路グループ内で集約を行ったときの利益と行わない場合の差が最も大きい。

ここで, 2)については各航路 j でのコスト, つまり, 運航コスト, 港湾利用料金の差を最大化することを目的と考えてよい。定期航路の集約についての定式化を以下に示す。

$$\text{Obj: } Z_j^n(\delta_j^i(t)) = \sum_j RC_j^n \cdot FR_j^n + \sum_j \sum_i \delta_j^i \cdot PC_i \cdot FR_j^n - \left(\sum_j RC_j^n \cdot FR_j^n + \sum_j \sum_i \delta_j^i \cdot PC_i \cdot FR_j^n \right) \quad (14)$$

$$\text{sub.to } \sum_i \delta_j^i - \sum_i \delta_j^i = 0 \quad (15)$$

ここで, t :港湾の組み合わせの数, である。式(14)は航路 j に着目して, その再編成により増加する Z_j^n を港湾の組み合わせ t を選んで最大化するという意味である。式(15)は必ず定期航路で寄港する港湾があることを示す。

4. 数値計算

モデルを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, 抜港, 新規港湾への寄港, そして定期航路の集約について分析した。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)金井仁志, 竹林幹雄, 黒田勝彦, 藤田智喜: 振り子型輸送を考慮した国際コンテナ輸送市場モデルの開発, 土木計画学研究・講演集 Vol.28, 2003.11