

第IV部門

わが国主要港湾における料金政策の変更が船社の航路設計に与える影響分析

神戸大学自然科学研究科 学生会員 ○岩井 孝真
 神戸大学自然科学研究科 正会員 竹林 幹雄
 神戸大学自然科学研究科 学生会員 宮本 葉月
 神戸工業高等専門学校 フェロー会員 黒田 勝彦

1. はじめに

本研究では、国際海上コンテナ輸送市場を考究するにあたり、特に荷主の貨物配分行動と定期航路船社の航路決定行動に着目する。昨年の黒田らの国際コンテナ輸送市場モデル¹⁾を基礎モデルとし、荷主の行動に確率的利用者均衡配分を適応、さらに航路決定を考慮した国際コンテナ輸送市場モデルを構築する。またモデルを用いさまざまな政策の変更が市場に与える影響を分析する。

2. モデル

本モデルは既往研究¹⁾を基礎としているため、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、文献 1)との変更点のみ簡単に述べる。

- 1) 船社は基幹航路に必ずウィークリーサービスを提供する。

次に、船社の航路決定問題についての前提条件と定式化したものを示す。

- 1) 定航船社が航路を構成する時、同じ寄港数で航路を形成するのであれば、できる限り大量輸送できる航路を採用する。
- 2) 定航船社は過去の航路で輸送経験のあるリンクのみで新たな航路を構成する。
- 3) 定航船社が所有する航路内のリンクの輸送貨物量、投入船型は与件とする。
- 4) 定航船社の各船型の保有隻数は与件とする。
- 5) 船社が航路へ投入する船型は、2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000TEU 積みのいずれかとする。
- 6) 定期航路の寄港数は 6 以上 15 以下とする。
- 7) 定航船社の航路決定は基幹航路のみとし、各航路で必ず北米港、または、欧州港に寄港する。
- 8) 定航船社は各航路内において同じ港湾に 3 回以上寄港しないこととする。

- 9) 定航船社は船を自社の保有隻数内で航路に投入する。

- 10) 定航船社はコスト最小化を目的に航路の構成を決定する。

- 11) 定航船社は新たに決定された航路においても必ずウィークリーサービスを提供する。

船社は過去の航路で輸送経験のあるリンク l で仮航路候補集合 PJ を設定し、これに含まれる仮航路候補 j' を前提条件 1)により絞る。この際輸送能力を以下の式を用いて算出する。

$$V_{j'}^n = \min \min(x_l^n, 4 \cdot A_l^{n, \max}) \quad (1)$$

ここで、 x_l^n は、リンク l の貨物量、 $A_l^{n, \max}$ は、

航路 j' 内のリンク l 上での最大船型とする。

さらに、 PJ で各港湾 i 、各寄港数 m 個の航路それぞれのなかで最大輸送量を与える航路候補を j^* とし、これらの集合を航路候補集合 CJ とする。そして CJ 内の j^* に関して以下の 0-1 のナップサック問題を解き、船社 n の最適な航路集合とそれらの航路に投入する船型を決定する。

$$Obj : \min \sum_a \sum_{j^*} C_{aj^*}^n \cdot \delta_{aj^*}^n \quad (2)$$

$$Subto. \sum_a \delta_{aj^*}^n = 1 \quad (3)$$

$$\sum_a LF_{j^*}^n \delta_{aj^*}^n = PF_a^n \quad (4)$$

$$\delta_{aj^*}^n \in \{0,1\} \quad (5)$$

$$C_{aj^*}^n = RC_{j^*}^n(a, T_{j^*}^n) + PC_{j^*}^n(a) \quad (6)$$

$$RC_{j^*}^n(a, T_{j^*}^n) = 52 \cdot \beta_0 \cdot \{A\}^{\beta_A} \cdot T_{j^*}^n \quad (7)$$

$$PC_{j^*}^n(a) = \sum_i \delta_{n,j^*}^i \cdot PC_i(a) \cdot FR = \sum_i 4 \cdot \delta_{n,j^*}^i \cdot \{\eta_i(a) + \eta_{i0}\} \quad (8)$$

$$LF_{j^*}^n = T_{j^*}^n / 7 \quad (9)$$

ここで、(3)は船社 n が採用された航路 j^* に必ず1船型を投入しなければならない制約式、(4)式は保有している各船型 a をすべて使用しなければならないことを表す制約式である。ただし、 a は船社が保有している各船型、 $\delta_{aj^*}^n$ は船社 n が船型 a を航路 j^* に投入する場合1、そうでない時0のバイナリー変数、 PF_a^n は船社 n の船型 a の保有隻数である。ここで、 $C_{aj^*}^n$ は船社 n 、船型 a を航路 j^* に投入したときのコストである。 PC_j^n は船社 n の定期航路 j^* で一年間に必要な港湾料金、 δ_{n,j^*}^i は船社 n の定期航路 j^* が港湾 i に寄港しているとき1、そうでないとき0となるクローネッカデルタである。また、 $LF_{j^*}^n$ は船社 n が航路 j^* でウィークリーサービスを提供するために必要な隻数である。また、 $T_{j^*}^n$ は船社 n 航路 j^* の周回時間である。

次に、荷主の貨物配分について説明する。文献1)では、配分に確率的配分を用いているが本研究では、確率的利用者均衡配分を用いる。このとき荷主は一般化費用最小化を目的に行動する。以下に前提条件と定式化したものを示す。

- 1) 1TEU当り1荷主の存在を仮定する。
- 2) 荷主は一般化費用を最小化することを目的とする。
- 3) 荷主同士や船社との提携は考えないものとする。
- 4) 荷主の行動を記述する手法として確率的利用者均衡配分を適用する。
- 5) 一般化費用には輸送運賃、輸送時間、荷役料金、輸送容量、中継港が目的地の最終寄港地であるかどうかの5項目を採用する。

$$\text{Object: min } Z = \sum_n \sum_{k \in K} \sum_{rs \in RS} U_k^{n,rs} \cdot x_k^{n,rs} \quad (9)$$

$$+ \frac{1}{\theta} \sum_n \sum_{k \in K} \sum_{rs \in RS} x_k^{n,rs} (\ln x_k^{n,rs} - 1)$$

$$\text{subto. } \sum_n \sum_{k \in K} x_k^{n,rs} = X^{rs} \quad (10)$$

$$\sum_{rs} \sum_k \delta_{rs,n,k}^{j,e} \cdot x_k^{n,rs} \leq V_{l,j}^n \quad (11)$$

$$x_k^{n,rs} \geq 0 \quad (12)$$

$$U_k^{n,rs} = \tau_p \cdot p_k^{n,rs} + \tau_T \cdot T_k^{n,rs} + \tau_{HC} \cdot HC_k^{n,rs} + \tau_V \cdot V_k^{n,rs} + \tau_\delta \cdot \delta_{rs,n,k}^j \cdot \psi_r^{j,final} + d_k^{n,rs} \quad (13)$$

(9)式は第1項の荷主の費用の総計の最小化と第二項のエントロピー関数の最大化という二種類の目的関数を調和させたものである。ここで、 $U_k^{n,rs}$ はOD

ペア rs 間の船社 n の経路 k の効用、 $x_k^{n,rs}$ は貨物量を表す。(10)式は、OD貨物量の保存式で X^{rs} はOD貨物量を表す。(11)式は、リンクの容量制約で、 $\delta_{rs,n,k}^{j,l}$ は、ある港湾間ODペア rs での船社 n の経路 k が定期航路 j のリンク l を利用しているとき1、そうでないとき0とするクローネッカデルタである。 $V_{l,j}^n$ は、船社 n の定期航路 j のリンク l の容量であり、船社 n の定期航路 j においてはすべて同じ値をとる。(12)式は、経路貨物量の非負条件である。また、(13)は荷主の一般化費用を表す式である。 $p_k^{n,rs}$ 、 $T_k^{n,rs}$ 、

$HC_k^{n,rs}$ 、 $V_k^{n,rs}$ はそれぞれ、経路 k の輸送運賃、輸送時間、荷役料金、輸送容量であり、 $\delta_k^{n,rs}$ は経路 k に航路 j が含まれていれば1そうでなければ0とするクローネッカデルタ、 $\psi_r^{j,final}$ は、中継港 r が目的地までの最終寄港地であれば1そうでなければ0とするバイナリー変数である。

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、各港湾の取扱貨物量および定期航路の構成さらに新規航路構成後の各港湾の取扱貨物量について分析した。また、わが国の主要港湾の料金政策の変更による影響の分析も行った。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: 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: 修士論文, 2005.2