

港湾間競争と航路再編成：寡占市場モデルを用いた分析*

Competition between Ports and Liner Shipping Route Formation : An Analysis by Model of Oligopoly market*

岩井孝真**・竹林幹雄***・黒田勝彦****・宮本葉月*****

By Takamasa IWAI**・Mikio TAKEBAYASHI***・Katsuhiko KURODA****・Haduki MIYAMOTO*****

1. はじめに

アジアでは中国を中心として国際物流が非常に活況であり、貿易の規制緩和によりその傾向はますます顕著になりつつある。一方で、各国の主要港湾は集荷効率・経済性など、様々な点に関して同じレベルでの競争が行われるようになってきている。このような激化する港湾間競争の中、入超・高コストの港湾を抱えるわが国の港湾運営手法は大きく方向転換しつつある。こういった流れの中で、港湾の政策変更がわが国港湾のポジショニングにどのように反映されるのかについて検討することは重要であるが、ネットワークレベルで検討されているものは非常に少なく、またその中でも航路再編まで含めて議論したものはほとんどない。

本研究では海上コンテナ輸送市場を航路編成まで含めたネットワークデザイン問題としてとらえ、モデル化することを提案するものである。そして、アジア太平洋路線を取り上げ、シナリオ分析を通じて今後の方向性について検討する。

2. モデル

本モデルは既往研究¹⁾を基礎としているため、基本的な部分は、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) 航路再編

本モデルの最大の特徴は航路の決定を内生としたことにある。まず、この航路の決定問題について前提条件と定式化を述べる。

*キーワード：港湾計画，物資流動

**学生員，神戸大学自然科学研究科

(神戸市灘区六甲台町1-1，

TEL 078-881-1212)

***正員，神戸大学自然科学研究科

****フェロー員，神戸市立工業高等専門学校

(神戸市西区学園東町8-3，

TEL 078-795-3311，FAX 078-795-3314)

*****学生員，神戸大学自然科学研究科

a) 前提条件

- 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。

b) 定式化

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。

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

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

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

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

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

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

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

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

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 n 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。

(2) 荷主の貨物配分

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モデルでは、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を示す。

a) 前提条件

- 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。

b) 定式化

$$Object : \min Z = \sum_n \sum_{k \in K} \sum_{rs \in RS} U_k^{n,rs} \cdot x_k^{n,rs} + \frac{1}{\theta} \sum_n \sum_{k \in K} \sum_{rs \in RS} x_k^{n,rs} (\ln x_k^{n,rs} - 1) \quad (10)$$

$$subto. \sum_n \sum_{k \in K} x_k^{n,rs} = X^{rs} \quad (11)$$

$$\sum_{rs} \sum_k \delta_{rs,n,k}^{j,l} \cdot x_k^{n,rs} \leq V_{l,j}^n \quad (12)$$

$$x_k^{n,rs} \geq 0 \quad (13)$$

$$U_k^{n,rs} = \tau_p \cdot p_k^{n,rs} + \tau_T \cdot T_k^{n,rs} + \tau_{HC} \cdot HC_k^{n,rs} + \tau_V \cdot V_k^{n,rs} + \tau_\delta \cdot \delta_{rs,n,k}^j \cdot \psi_r^{j,final} + d_k^{n,rs} \quad (14)$$

(10)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。

(11)式は、OD貨物量の保存式で X^{rs} はOD貨物量を表す。

(12)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。(13)式は、経路貨物量の非負条件である。また、(14)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。

3. 数値計算

本モデルを用いてシナリオスタディーを行う。シナリオは様々な想定できるがここでは、以下の三点を現状航路と航路再編後の航路それぞれで分析していく。

スーパー中樞港湾（京浜港、阪神港、中京港の港湾利用料金3割引）

京浜港の港湾利用料金3割引

阪神港の港湾利用料金 割引

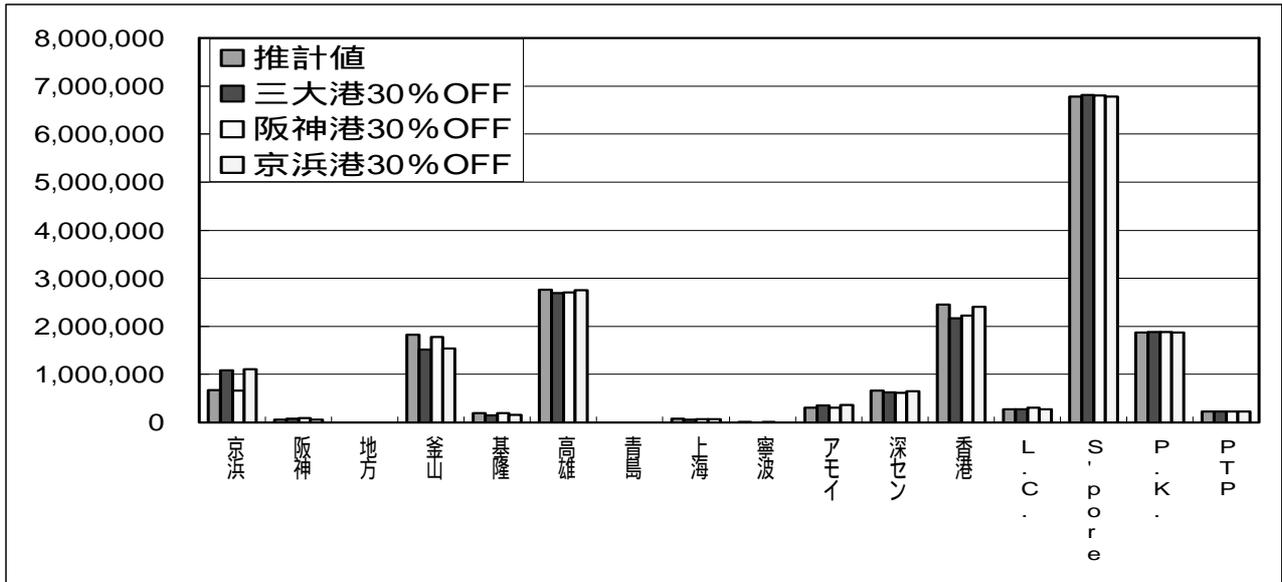


図-1 現状航路でのトランシップ貨物量の変化

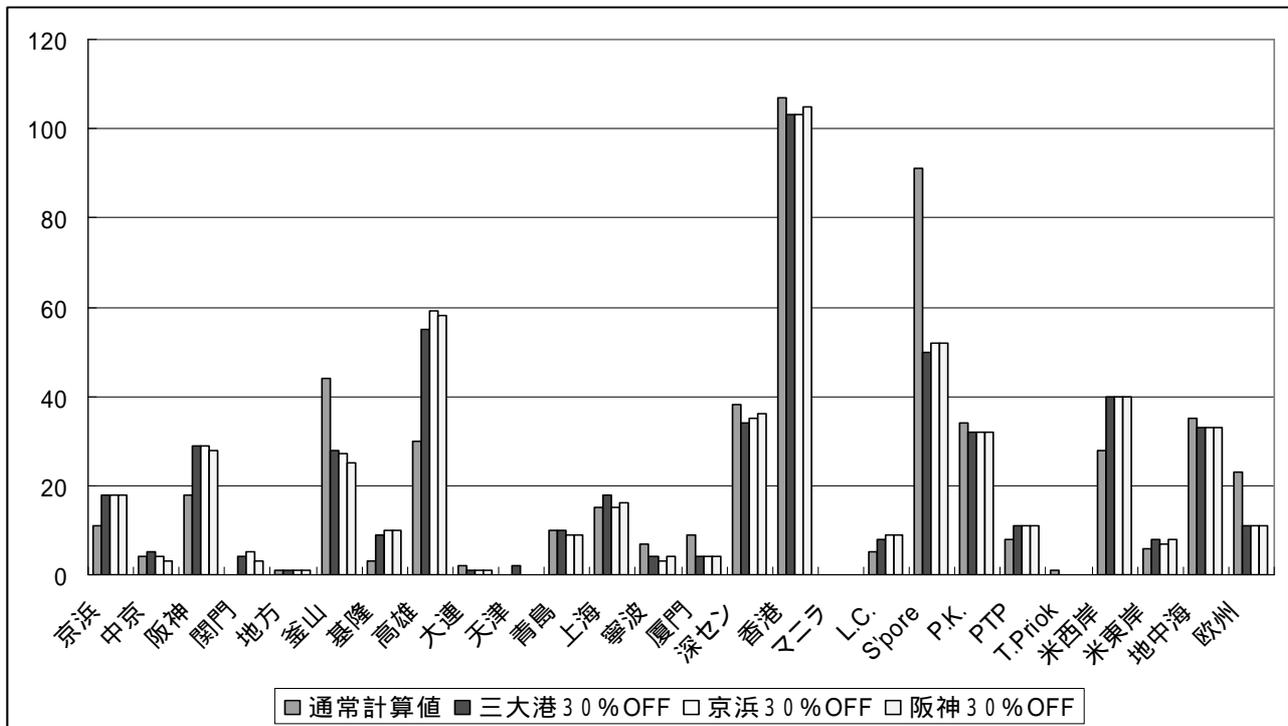


図-2 航路再編後の各港湾への入港数の変化

まず、現状航路での我が国の料金政策が各港湾に与える影響を図-1に示す。この結果でまず目を引くのが、三大港を割引いたときと、京浜港を割引いたときは京浜港の貨物量は大幅に増加しているが、阪神港を割引いても京浜港の貨物量はほとんど変化がない一方、阪神港はどの割引後も貨物量の変化は見られないという点である。この理由として、阪神港の港湾料金がもともと京浜港の1.5倍と割高であり、料金を根拠に挙動する荷主にとってはそれほど魅力的な港湾ではないためであると考えられる。またアジア他港湾の貨物量の変化も三大港を割引

いたときと、京浜のみを割引いたときとではほぼ同じ変化が確認される。このことは、我が国のスーパー中核港湾政策で三大港すべての港湾を30%割引く必要はなく、京浜のみを30%割引にすることで十分であることを示している。またアジアの他港湾を見ると、割引の影響を受ける港湾と影響のない港湾がはっきり分かれている。韓国、台湾、中国といった日本と比較的近距离の港湾は影響を受け、シンガポールやマレーシアなどの港湾は影響がないことがわかる。特に釜山の受けるマイナスの影響は大きく、我が国と最も競合している港湾であること

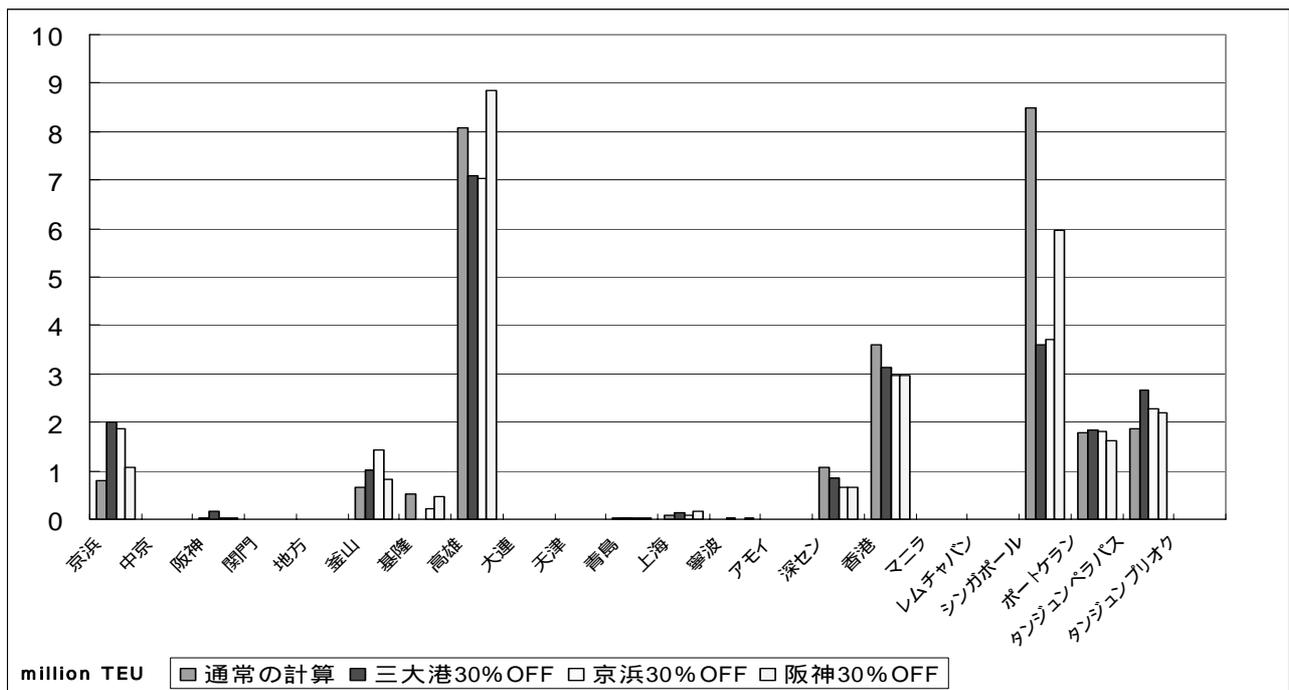


図-3 航路再編後のトランシップ貨物量の変化

が示されている。

次に、図-2であるが、これは現状航路で与えられた各シナリオでの取扱貨物量から航路が再編された後の各港湾への入港隻数を示したものである。ここでは、我が国の港湾利用料金の低減が船社の寄港誘致に効果があることがわかる。しかし、京浜港や阪神港それぞれで利用料金を低減しても3港同時に利用料金を低減しても船社の寄港誘致への効果は同じであることがわかった。これは、船社は日本に寄港する場合、各港湾一つ一つに寄港するよりも3港同時に寄港する傾向があるためだと考えられる。

さらに図-3についてであるが、これは図-2と同様に航路が再編された後の各シナリオでの各港湾でのトランシップ貨物量の変化を示したものである。ここでの特徴は、高雄港のトランシップ貨物量の増加と香港、シンガポール港の減少である。高雄港はどのシナリオ時でもほとんどの西海岸向け航路で最終寄港地となっており、大幅にトランシップ貨物量を増やしたと考えられる。我が国の港湾は、どのシナリオ時でもトランシップ貨物量を増やすことができていない。これは、欧州、北米への最終寄港地に我が国港湾がないためだと考えられる。したがって、船社の寄港をやみくもに誘致するだけでなく、北米や欧州航路の最終寄港地としての魅力と役割を果たせる港湾に成長しなければならないと考える。

また、現状航路と航路再編後の航路では大きな違いが見受けられる。シンガポールへの我が国の料金政策の影響であるが、現状航路ではほとんど影響がなかったのが航路再編後は料金政策で大きな影響を受けている。これ

は、我が国に寄港する航路の多くは北米に寄港するもので、シンガポールに寄港する航路の多くは欧州に寄港するものだからであると思われる。つまり、我が国とシンガポール両方に寄港する航路は少なく、我が国に寄港する航路が増えればシンガポールに寄港する航路は減少する。よってもともと航路の異なる我が国とシンガポールでは現状航路においてトランシップ貨物量に影響を及ぼしあわないと考えられる。

航路再編後の航路や現状再現性などは紙面の都合上、講演時に示すこととする。

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