

# 振り子型輸送を考慮した国際海上コンテナ輸送市場モデルの開発

Analysis of International Maritime Container Transport Market by Concerning Pendulum Transport Service<sup>\*</sup>

金井仁志<sup>\*\*</sup> 竹林幹雄<sup>\*\*\*</sup> 黒田勝彦<sup>\*\*\*\*</sup> 藤田智喜<sup>\*\*\*\*\*</sup>

By Hitoshi KANAI<sup>\*\*</sup>, Mikio TAKEBAYASHI<sup>\*\*\*</sup>, Katsuhiko KURODA<sup>\*\*\*\*</sup> and Tomoki FUJITA<sup>\*\*\*\*\*</sup>

## 1. はじめに

近年東アジア各国はその低廉な労働力と高い生産性を背景に世界の工場へと変貌し、輸出量を著しく増加させてきた。それに伴う企業の国際分業の進展によって、従来の先進国間の取引を主流とした貿易構造も、東アジアを含めたより複雑な多地域間貿易構造へと変化しており、東アジアを中心とした国際物流を担う船社は荷主の物流に対する多様かつ重層的なニーズに対応すべく、変革を迫られてきた。

従来から船社は貨物を効率的に輸送するため、企業連合を形成し、複数の港湾に寄港する定期的な輸送航路(定期航路)を組んでサービスを提供してきた。しかし、船型の大型化など規模の経済性に備えた巨額の投資に対する負担を1社で担うことは事実上不可能で、加えて低価格、多頻度、高い利便性など荷主のニーズも多様化している。このような情勢のもと、船社の包括提携が進み、世界規模で高頻度なサービスを提供するメガアライアンスが誕生した。

これにより国際海上物流市場の寡占化が進み、港湾政策に対する船社の影響力は一層増している。とりわけアジア域内では、各港湾間で価格やサービスの効率性を武器に、激しい船社の獲得競争が繰り広げられており、船社はより割安な港湾へと寄港先を移し続けている。この国際的な物流網から排除されることは、国際的な物流コストの上昇や、国際物流拠点の移転による情報収集力の低下、人的資源の流出を意味し、我国の国際競争力の低下にもつながる。

従って船社の港湾選択行動は港湾政策に大きな影響を及ぼすと考えられ、船社の行動を詳細に分析することが、今

後の港湾政策を企画・立案する上で重要である。

よって本研究では、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

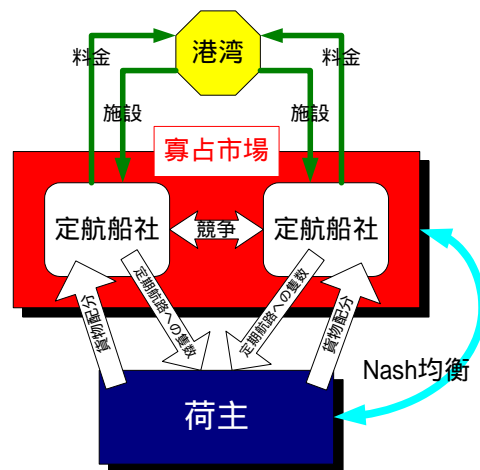


図-1 モデルの概念図

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。

まず、本研究で構築するモデルの概念図を図-1に示す。本モデルでは、定期航路運航船社(以下、定航船社)は各定期航路に投入する隻数を戦略とし、提供する輸送サービス量を制御する。また荷主は各定航船社のサービスレベルから輸送経路の選択を行うとした。システムの特徴としては、船社間には、スペース供給量による量的競争が発生すると仮定し、Cournot型の競争均衡の存在を仮定している。また、船社の行動と荷主の経路選択に関しては、船社間の競争によるスペース供給量およびそれに伴う価格が、荷主の選択

<sup>\*</sup> Keywords 寡占市場 振り子型輸送

<sup>\*\*</sup> 学生会員 神戸大学大学院自然科学研究科  
(〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1, TEL078-803-6017)

<sup>\*\*\*</sup> 正会員 神戸大学工学部建設学科

<sup>\*\*\*\*</sup> フェロー会員 神戸大学工学部建設学科

<sup>\*\*\*\*\*</sup> 正会員 五洋建設

行動に影響を与え、その結果が船社の行動に波及することから、通常の Nash 均衡の存在が仮定される。

以下、本モデルにおける前提条件を示し、定式化を行う。

### (1) 市場

まず、市場に関する主な前提条件を以下に示す。

- 1) 市場は複数の船社および複数の荷主によって構成されるものとする。各船社は特定のグローバル・アライアンスに加盟しているものとし、以下船社の行動はこのアライアンスの行動と同一視するものとする。
- 2) 船社間の競争はスペース供給量による量的競争である。
- 3) OD 貨物量は港湾間 OD を対象とし、市場のサービスレベルにかかわらず一定であるとする。
- 4) 国内輸送による貨物輸送は考慮しないものとする。

### (2) 定航船社

次に定航船社の行動に関しては、以下のような条件を設定した。

- 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ものとする。
- 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輸送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定航船社の直面する利潤最大

化問題  $Z^n(F_j^n)$  max は以下のように定式化される。

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

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

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

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

$$PC_k^{n,rs} = \sum_l \delta_k^l \cdot \Phi_l^i \cdot pc_i + \sum_l \delta_k^l \cdot \Psi_l^i \cdot tc_i \quad (5)$$

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

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

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

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(US 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(US 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(US 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(US ドル)、 $CA^a$ : 船型  $a$  の船で航行する時の船費(US ドル)、 $pc_i$ : 港湾  $i$  での港湾料金(US ドル)、 $tc_i$ : 港湾  $i$  での荷役料金(US 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)、 $\delta_k^l$ : 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、 $\Phi_l^i$ : 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、 $\Psi_l^i$ : 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、 $\Gamma_l^i$ : 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。

### (3) フィーダー船社

フィーダー船社の行動を以下のように設定した。

- 1) 定期航路が就航していない港湾にて、最寄りの港湾へ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、輸送容量は無制限とする。

- 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。

#### (4) 荷主

荷主は以下のような条件の下に行動するものとする。

- 1) ITEU 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の他、トランシップ料金、フィーダー運賃をも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ないものとする。

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。

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

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

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

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. 数値計算結果

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<sup>12)</sup>を用いて、モデルの再現性を検証した。この時対象とした船社及び港湾を表-1、表-2 に示す。

表-1 対象船社及びアライアンス

アライアンス名	構成 船社			
The New World Alliance	MOL	Hyundai	APL	
Grand Alliance	NYK	Hapag-Lloyd	P&O Nedlloyd	OOCL
United Alliance	Hanjin	DSR-Senator	Choyang	
Cosco K-Line Yanming	K-Line	COSCO	Yangming	
Maersk Sealand	Maersk	SeaLand		
Evergreen/Lloyd-Triestio	Evergreen	Lloyd-Triestio		

表-2 対象港湾

港湾No.	1	2	3	4
代表港湾名	京浜港	中京港	阪神港	閩門港
略表記	京浜	中京	阪神	閩門
国・地域	日本			
港湾No.	5	6	7	
代表港湾名	釜山港	基隆港	高雄港	
略表記	釜山	基隆	高雄	
国・地域	大韓民国		台湾(中華民国)	
港湾No.	8	9	10	11
代表港湾名	華北港	上海港	香港港	シンガポール港
略表記	華北	上海	香港	S'pore
国・地域	中華人民共和国			シンガポール
港湾No.	12	13	14	15
代表港湾名	タンジュンプリオク港	ポートケラン	マニラ港	レムチャパン港
略表記	T.P.	P.K.	マニラ	R.C.
国・地域	インドネシア	マレーシア	フィリピン	タイ王国
港湾No.	16	17	18	19
代表港湾名	北米東海岸	北米西海岸	地中海	欧州北岸
略表記	米東岸	米西岸	地中海	欧州
国・地域	アメリカ合衆国			欧州連合

#### (1) 各定期航路への投入隻数の再現性

船社が各定期航路へ投入しているコンテナ船の隻数について、実際の投入隻数と本モデルを用いて計算した投入隻数を比較し、再現性を検討した。結果を図-2 (1995)、図-3 (2000) に示す。

まず 1995 年について考察すると、相関係数として  $R=0.752$  を得た。この時、推計値が実測値を上回った航路は、日本に寄港するアジア域内航路及び釜山、高雄に寄港する北米航路である。これは、95 年当時日本の港湾が依然としてアジアのゲートウェイ港として機能していたこと、ならびに韓国、台湾などの極東地域に北米仕向の製造拠点が集中していたことが影響していると考えられる。一方、推計値が実測値を下回った航路は日本、香港、シンガポールに寄港する欧州航路である。これらは複数の船社が類似の航路を重複して供給していたため、供給過剰となっていたと考えられる。

次に 2000 年については、両者の相関係数は  $R=0.961$  を得た。この時、過大に評価された定期航路は、主に中国の港湾に寄港するアジア域内航路、欧州航路であり、中国本土への製造拠点の集中による規模の経済性が働きやすいにもかかわらず、現在の市場構造から十分に発揮されていない可能性がある。逆に過小評価された航路は、主に日本の港湾に寄港する北米航路である。これらの航路については、景気低迷と産業の空洞化によって、日本の輸出入量が低迷しているものの、船社側での航路の対応が遅れ、依然として規模の経済性が働いている可能性がある。

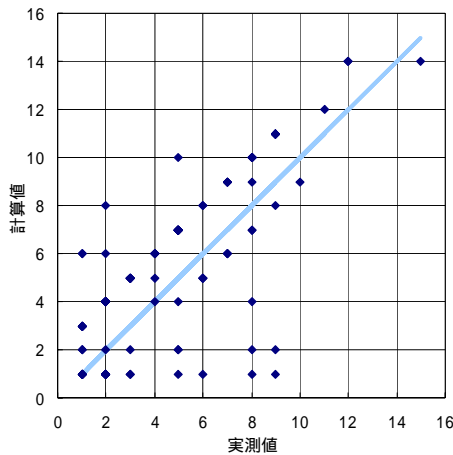


図-2 各定期航路への投入隻数の再現性(1995年)

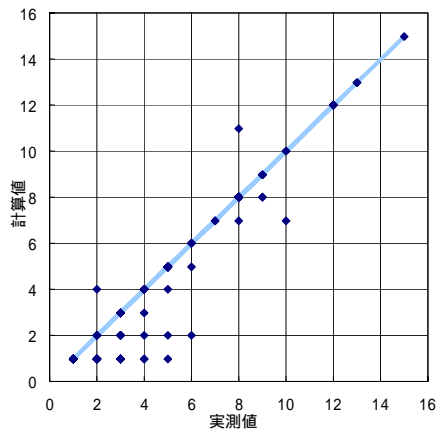


図-3 各定期航路への投入隻数の再現性(2000年)

両年の結果を比較すると、2000年の相関係数が向上していることがわかる。これは船社自体の合従連衡が進み、供給される定期航路の整理・統合が進んだためと考えられる。

### (2) 各港湾別のコンテナ貨物取扱量の再現性

次に、各港湾別のコンテナ貨物取扱量について2000年のデータをもとにその再現性を検討した。実際の取扱量と本モデルでの計算値を比較した結果を図4に示す。

日本の各港湾では  $R=0.995$ 、東アジア地域の各港湾で  $R=0.981$ 、東南アジア地域の各港湾についても  $R=0.818$  と高い再現性が得られた。しかし、幾つかの港湾において、トランシップ貨物量に関して十分な再現性を得ることができなかった。特にシンガポール、高雄、釜山の各港湾についての再現性が低いという結果となった。これらの港湾の特徴として、フィーダー輸送を活用して周辺地域からコンテナ貨物を多数集貨している、また統計値が再輸出定義で二重に統計値に加えられている可能性があることなどが挙げられる。

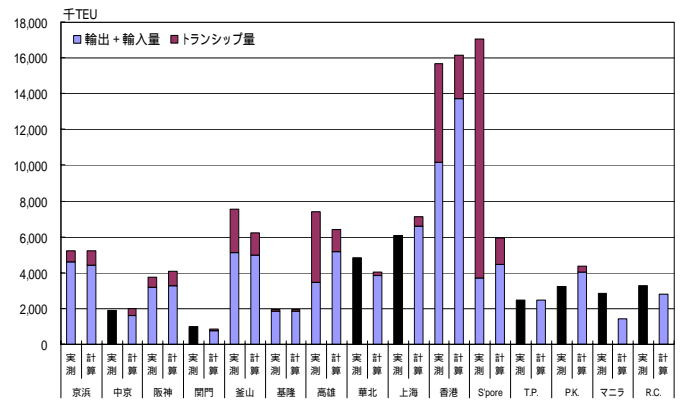


図-4 各港湾別コンテナ貨物取扱量の再現性(2000年)

しかし、近隣からの集貨作業に関しては、本モデルではフィーダー輸送を「補完的な輸送サービス」と限定しており、本来アジア域内において活発且つ積極的に貨物を輸送しているフィーダー輸送が機能しなかったためと考えられる。

## 4. おわりに

本研究では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。

本研究で構築したモデルは高い現状再現性を有する一方、トランシップ面との再現性など幾つかの欠点も明らかになった。

本研究の課題を以下に簡単に述べる。

- 1) 定航船社の定式化において簡略化した船社の投入隻数の変化が船社に混雑を介して影響するように定式化を再考する。
- 2) トランシップ貨物量の再現性の低い港湾について、データの整合性などを再検討し、再現性を向上させる。
- 3) 港湾の特性について詳細に分析する手段を有していないため、今後は港湾の集貨率、収益性などに着目して投資効果について分析する事を検討する。

### [参考文献]

- 1) 国際輸送ハンドブック 1997 (株)オーシャンコマース
- 2) 国際輸送ハンドブック 2002 (株)オーシャンコマース