

神戸大学工学部 学生会員 ○福本 守
 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 フェロー会員 黒田 勝彦

1. はじめに

本研究では、従来開発してきた寡占型国際海上コンテナ輸送モデルを拡張し、湾レベルから港レベルのコンテナ輸送モデルを開発する。同時に、港の直接の背後地となる地域に関しては2次生活圏レベルまでゾーニングを詳細化し、貨物流動を再現することを可能とすることを目的とする。

2. 統合型国際海上コンテナ輸送市場モデル

本研究では、港レベルでの背後地推計を可能にし、なおかつ背後圏を2次生活圏レベルまで詳細化することによる貨物フローの再現性の向上を目指すことから、モデルの構造を①ミクロ輸送、②マクロ輸送の2層に分割する。①は国内における荷主の本船積み港湾選択モデルとなり、本研究で新たに開発されるモジュールである。②は黒田ら¹⁾により先行的に開発された港湾間レベルの寡占型国際海上コンテナ輸送市場モデル（以後、Cモデル）を採用し、両者を統合することによりフルモデルとする。

本モデルの主体は、荷主および船社（ともに複数）としているが、船社の行動については完全にCモデルに従うため、詳細は紙面の都合上省略する。以下に本モデル内の市場および荷主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を以下に示す。

- 1) 国際海上定期コンテナ物流市場および日本国内内陸輸送市場を対象とする。
- 2) 参加主体は船社および荷主とする。
- 3) OD 貨物量は国内ゾーンー海外港湾間および海外港湾ー海外港湾間を扱い与件とする。
- 4) 地域間輸送は日本国内においてのみ、トラックによる陸送を考慮する。
- 5) 陸送では道路の混雑は考慮せず、内陸輸送においては平均旅行時間を用いる。
- 6) 定航船社の市場は価格構成で Cournot-Nash 均

衡が成立する寡占市場とする。このとき、船社は発着港湾間でのスペース供給を行うものとする。

- 7) 海上輸送においては、貨物を特定の経路に集中させることによる海上リンクの混雑を考慮する。

荷主の行動は以下のように設定した。荷主はコンテナ貨物を輸出する際に要する一般化費用が最小になるように行動する。ただし、既往研究にしたがひ、荷主の効用にはランダム効用理論が適用できるものと仮定している。また、国内荷主に関しては、湾レベルで評価される京浜港、中京港、関門港と港レベルで評価される神戸港、大阪港、堺泉北港の合計6港と、異なるレベルが設定されている。このため、港湾選択における認知レベルの違いを考慮し Nested Logit 型の港湾選択を国内荷主にのみ適用することとした。すなわち、まず選択対象として同じレベルである京浜港、中京港、関門港および阪神港という4大港湾ゾーンを選択し、その後で本船積み港湾および海上経路を選択していると考ええる。以上のことから、荷主の行動には2段階 Nested Logit モデルを適用し、海上経路に関してはSUE/FDを、また国内港湾選択レベルでは通常確率配分を適用する。最終的には、均衡状態は海上交通部の確率的利用者均衡を反映することとなるので、システム全体としては確率的利用者均衡が実現することになる。

国内荷主、外国荷主に共通の前提条件を以下に示す。

- 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。行動にはランダム効用理論が導入されるものとする。
- 2) 荷主間および船社との提携は行われないものとする。
- 3) 海上輸送において、荷主は船社の経路運賃に加え、荷役料金、所要時間、サービス頻度を

考慮して各海上経路への貨物配分を行う。
次に国内荷主に特有の前提条件を示す。

4) 内陸輸送はトラックによる陸上輸送のみとする。ただし沖縄県のみは地理的条件から内航船による輸送とする。

5) 内陸輸送において、荷主は陸上輸送に伴う費用及び所要時間、さらにその先の海上平均一般化費用を考慮して 4 大港湾ゾーンへの貨物配分を行う。

2) については、日本国内におけるコンテナ貨物の輸送手段の 9 割をトラックによる輸送が占めていることにより設けた。

以上の前提条件から荷主の行動は以下のように定式化される。

$$x_k^{n,h,b,rs} = x_b^{rs} \frac{\exp(-\theta_1 C_k^{n,h,b,rs})}{\sum_{h \in H_b} \sum_{n \in N_{ho}} \sum_{k \in K_n^{ho}} \exp(-\theta_1 C_k^{n,h,b,rs})}, \quad (1)$$

$$\forall k \in K_n^{ho}, n \in N_{ho}, h \in H_b, b \in B, r \in R, s \in S$$

$$x_b^{rs} = X_{rs} \frac{\exp[-\theta_2 (C_b^{rs} + S_b^{rs})]}{\sum_{b \in B} \exp[-\theta_2 (C_b^{rs} + S_b^{rs})]}, \quad (2)$$

$$\forall b \in B, r \in R, s \in S$$

$$\text{Sub to.} \quad \sum_{b \in B} x_b^{rs} = X_{rs} \quad (3)$$

$$\sum_{h \in H_b} \sum_{n \in N_{ho}} \sum_{k \in K_n^{ho}} x_k^{n,h,b,rs} = x_b^{rs} \quad (4)$$

$$x_b^{rs} \geq 0 \quad (5)$$

$$x_k^{n,h,b,rs} \geq 0 \quad (6)$$

ここで、

$$S_b^{rs} = -\frac{1}{\theta_1} \ln \left[\sum_{h \in H_b} \sum_{n \in N_{ho}} \sum_{k \in K_n^{ho}} \exp(-\theta_1 C_k^{n,h,b,rs}) \right] \quad (7)$$

(海上経路選択に関する期待最小費用)

$x_k^{n,h,b,rs}$: 海上経路別貨物量 (TEU/year), x_b^{rs} : 国内 4 大港湾ゾーン別貨物量 (TEU/year), X_{rs} : OD ペア rs 間の OD 貨物量 (TEU/year), R : 国内生産地集合 or 海外仕向港集合, S : 海外仕出港集合 or 国内消費地集合, K_n^{ho} : 港湾 ho 間の船社 n の有効経路集合, N_{ho} : 港湾 ho 間に経路を持つ船社集合, H_b : ゾーン b 内の国内仕出 (向) 港集合, B : 国内仕出 (向) 港ゾーン

集合 (京浜港, 中京港, 阪神港, 関門港), θ_1, θ_2 : パラメータ, $C_k^{n,h,b,rs}$: 海上経路選択に要する一般化費用, C_b^{rs} : 国内港湾ゾーン選択に要する一般化費用, である。また、各一般化費用について、

$$C_k^{n,h,b,rs} = (p_k^{n,ho,rs})^{\alpha_1} + (T_k^{n,ho,rs})^{\beta_1} + (V_k^{n,ho,rs})^{\gamma_1} \quad (8)$$

$$C_b^{rs} = (p^{ib})^{\alpha_2} + (T^{ib})^{\beta_2} \quad (9)$$

ここで、 $p_k^{n,ho,rs}$: 海上経路運賃 (US ドル), $T_k^{n,ho,rs}$: 海上経路所要時間 (日), $V_k^{n,ho,rs}$: 船社 n の港湾 ho 間の供給可能サービス容量 (TEU/year), p^{ib} : 内陸輸送費用 (千円/year), T^{ib} : 内陸輸送所要時間 (時間), $\alpha_1 > 0, \beta_1 > 0, \gamma_1 < 0, \alpha_2 > 0, \beta_2 > 0$ となるパラメータ, である。

3. 数値計算

2000 年の国内ゾーンー海外港湾間および海外港湾ー海外港湾間の OD データ, 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、結果の詳細は講演時に発表する。本モデルで対象とする港湾は日本においては、京浜、中京、関門、神戸、大阪、堺泉北の 6 港 (湾レベルでは京浜、中京、阪神、関門) で、外国においては、釜山、基隆、高雄、大連、天津、青島、上海、広東、香港、シンガポール、タンジュンプリオク、ポートケラン、マニラ、レムチャパン、米東海岸、米西海岸、地中海、欧州の 18 港, である。また、対象とする船社一覧を下表に示す。

表-1 船社一覧

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 Yangming	K-Line	COSCO	Yangming	
Maersk Sealand	Maersk	SeaLand		
Evergreen/Lloyd-Triestio	Evergreen	Lloyd-Triestio		

本モデル中のパラメータは 2000 年の PIERS データを用いて推計した。国内ゾーンー海外港湾間の OD データについては平成 10 年度の全国輸出入コンテナ流動調査を用いて算出した。海外港湾間 OD データについては、2000 年の PIERS データに基づき推計を行った。

【参考文献】

- 1) 黒田勝彦, 竹林幹雄, 藤田智喜, 金井仁志: 航路設定を内生化した国際海上コンテナ輸送市場のモデル化とその適用, 土木計画学研究・講演概要集, 2003.