

アジア北米間基幹航路を対象とした 荷主の経路選択行動のモデル化

堂前 光司¹・竹林 幹雄²

¹学生会員 神戸大学大学院海事科学研究科（〒658-0022 兵庫県神戸市東灘区深江南町5-1-1）

E-mail:125w314w@stu.kobe-u.ac.jp

²正会員 神戸大学大学院海事科学研究科（〒658-0022 兵庫県神戸市東灘区深江南町5-1-1）

E-mail:takebaya@kobe-u.ac.jp

本研究は、アジア北米間基幹航路のコンテナ輸送市場を取り上げ、基幹航路のコンテナ輸送における荷主の行動分析をもとに基幹航路輸送市場のモデル化を目的とする。基幹航路を対象とするにあたり、2008年度データをもとにし、アジア主要港湾から北米向けの貨物を対象に荷主の輸送経路選択を分析し荷主の経路選択行動の要因について検討した。モデル1では荷主の経路選択は詳細な経路情報をもとし、モデル2では荷主は限定された情報をもとに港湾選択までを行うとして、精度などに関して比較分析を行った。

Key Words : container transport, shippers' route choice

1. はじめに

近年アジア諸国の経済成長が著しく、港湾の整備も充実し、その結果基幹航路の本船寄港の頻度が増加した。その一方で、アジアの主要港湾に対する日本の港湾の相対的な地位が低下している。日本の港湾を基幹航路の積み出し港として利用していた日本の荷主が東アジア諸港湾、とりわけ釜山港を積み出し港として選択するようになったことが指摘されている。このように基幹航路の寄港頻度が低下すれば、わが国の荷主に対する海上輸送サービスが低下することが懸念されると同時に、中長期的には産業構造そのものへの影響も懸念される。国際競争力が低下したわが国の港湾での集荷能力を向上させるためには、まず基本となる荷主の輸送経路選択を詳細に分析する必要がある。

海上コンテナ貨物輸送に関しては、従来から多くの研究蓄積が存在する。代表的なものはMalchow and Kanafani¹⁾であり、太平洋航路に関する積み出し港選択の構造分析を行っている。ここではロジット型の経路選択モデルを採用している。Malchowらは港湾選択までを荷主が選択するものとして分析を行っている。

一方、柴崎ら²⁾は、国際コンテナ貨物輸送市場において、荷主は貨物輸送コストの最小化行動を行うとしている。すなわち、荷主の行動では、個別の貨物ごとに、各

外航船社グループが提示する輸送方面別運賃、所要時間、費用などの要因を一般化費用とし一般化費用が最小となるように輸出入時の利用港湾や海上輸送における外航船社を選択するとしている。また、貨物フローは基本的に船社のマターとされており、荷主は限定的な情報のもとに動くと仮定されている。柴崎らのモデルでは、船社、荷主ともに「リンク（港湾間）」でのみ輸送を考慮する形式となっており、「航路」の概念は船社、荷主ともに考慮されていない。

一方竹林ら³⁾は荷主の行動は純粹に経路選択行動であるとしたモデルをいくつか提案している。、石原ら⁴⁾は西日本をそれぞれ地域別に分析対象とし、集計ロジットモデルを用いた荷主の経路選択行動を分析した。特に、石原らのモデルでは荷主は経路そのものの情報を利用する、すなわち、船社、航路、港湾の全てを選択するという構造となっているが、近海輸送に限定した分析を行うにとどまっており、基幹航路は含まれていない。

このように従来から検討されてきた荷主の経路選択行動では①港湾に関する情報を中心としたモデル、②経路情報そのものの利用を仮定したモデル、の大きく2種類に大別されることがわかる。しかし、いずれのモデルがより説明力があるか、構成している要素が大きく異なるため、統一した評価が難しい。また、bi-levelモデルのようにネットワークモデルに拡張する場合、いずれのモデ

リングの方がより再現性が高く、また操作性が高いか、また港湾政策を検討する上でより望ましい性能を有しているか、を評価する必要がある。

以上のような背景のもと、本研究では基幹航路を対象として荷主の経路選択を詳細に分析し、荷主の経路情報利用構造を前述のように構成別に明確化するとともに、港湾政策を評価する上でいずれのモデリング我より適合していると考えられるか、について考究する。

2. 荷主の経路選択行動のモデル化

基幹航路での荷主の経路選択行動を分析するために、米国商務省発行のPIERSの2008年通年データを用いる。東アジアの港湾は日本、韓国、中国、台湾、マレーシア、フィリピン、インドネシアの主要港湾を対象とし、北米(西海岸)は貨物取扱量が多い6港湾を対象とする。基幹航路の重要性からアジア-北米間を対象としているが、データの制約上アジア港湾から北米港湾への輸出貨物のみを扱う。

(1) 荷主の経路選択モデルの構築

国際海上輸送市場での荷主の経路選択行動について2つのモデル化の考え方について説明する。なお、ここで検討するいずれのモデリングにおいてもロジット型の経路選択行動を仮定している。

モデル1は、荷主が貨物を船社に委託して輸送する際、輸送する経路まで選択しているという仮定をして行っているものである。つまり、経路Iと経路IIは同一船社の同一港湾間での本船を用いた輸送であっても異なる航路を利用している場合は経路は異なっていると考えられるものである。換言するとモデル1では輸送経路そのものを選択することになる。図1に示すように経路Iと経路IIは同じ船社が同一港湾間を本船で輸送している経路であるが、荷主は経路Iと経路IIが異なる航路で輸送される場合は弁別できる、すなわち荷主は船社、仕出し・仕向け港、航路までということになる。

モデル2は、荷主が貨物を船社に委託して輸送する際、船社および仕出し・仕向け港を選択しているが、航路までは考慮していないと仮定している。すなわち荷主は経路選択する際、輸送時間や輸送費用などを考慮して経路を決定するが、その諸費用は船社のサービスによってきまるものである。荷主に与えられる情報は頻度でどの航路を使った経路で輸送されるかは荷主は情報を持たないと考えるものである。言い換えると、モデル2はモデル1と比べて経路情報が集計化されたものを用いていると考えるものである。モデル2では荷主の経路選択行動モデルは、荷主は船社および仕出し・仕向け港まで選択すると考えるものである。概念図を図2に示す。

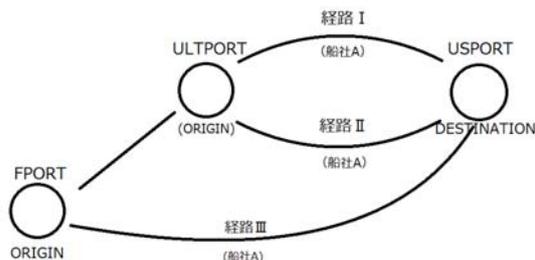


図1-モデル1概念図

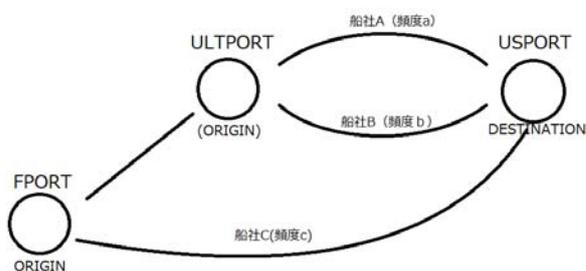


図2-モデル2概念図

(2) 説明変数

ここではモデルを設計する際、どのような要因が結果に影響をどれだけ及ぼしているか判断するための説明変数の取り扱いについて以下に示す。

・ 寄港頻度(回/週)

国際輸送ハンドブック⁹⁾より定期船で北米航路に就航している一つの港湾のローテーションの中から一週間での寄港頻度に着目し、これを入力項目とした。ほとんどのローテーションがウィークリーサービスであり、その場合は寄港頻度を1としている。赤湾港、蛇口港、深セン港、新港については4つで一つの深セン港とみなし集計した。ただし、東アジア-北米間の定期船航路のローテーションを参照しているため、今回使用したPIERSのデータは東航のみだが、国際輸送ハンドブックより得られる寄港頻度のデータは東航と西航のデータの併せたデータとなるため、ローテーションの中でも東アジア港湾から北米港湾へ向かう部分のみを抜き出して寄港頻度とした。そのため、西航の各港湾の寄港頻度は含まれないものとなる。本研究で取り扱うモデル1には適用できない説明変数である。

・ 海上輸送日数(日)

国際輸送ハンドブックをの掲載データを用いることで寄港頻度と同じように、寄港した港湾の隣に数

値が掲載されており、出発した港湾から到着する港湾までに要する日数が算出できる。さらに、東航の海上輸送日数のデータのみをとった点も、寄港頻度と同様である。複数の経路やループを持つ船社の輸送日数は平均輸送日数で扱った。本研究で取り扱うモデル1には航路ごとに海上輸送日数の平均を、モデル2には船社の発着港湾ごとの平均輸送日数を使用している。

• 運賃('000USD)

Drewry社のContainer Freight Insight⁶⁾より2009年10月の実績運賃が得られた。これは地域から地域への運賃のデータ（例えばJapan-US Westなど）であるため各港湾の運賃は得られないが、港湾の属する地域の運賃を適用すれば地域ごとの運賃の差別化ができる。ただし、Container Freight Insightは各船社の運賃データではないため、船社の保有する定期船航路のローテーションの中から、Container Freight Insightの情報に対応した地域の運賃データを抜き出して、各船社の寄港する港湾に当てはめなければならない。また、トランシップ費用については一律の料金を港湾投資の評価に関する解説書⁷⁾での値を用いることとした。

• 船舶容量(TEU)

船舶容量は国際輸送ハンドブック記載情報を用いた。船舶ごとに容量 (TEU) が記載されており、船社別平均船舶輸送容量や航路別平均船舶輸送容量を計算から求めることができる。本研究で取り扱うモデル1には航路ごとの平均輸送容量を、モデル2には船社の発着港湾ごとの平均輸送容量を使用している。

• フィーダー輸送ダミー変数

フィーダー利用が荷主の選択要素として考えられるためこれに対応するダミー変数を用いた。このダミー変数は、フィーダー輸送である場合を1、そうでない場合をゼロとしたバイナリー変数である。フィーダー輸送すると荷主の目的港湾とは異なる港湾を一回以上経由することになるため、その輸送費が上昇することがある。このことを荷主が考慮しているか判断するものである。

3. 推定結果と考察

本研究ではモデル1とモデル2を考えるため、実験計画的に変数の組合せを発生させ、モデル1ならびにモデル2でそれぞれ再現性の比較的良好な説明変数の組み合わせを抽出し、その結果から基幹航路選択モデルとしての適切性を検討していく。

(1)パラメータ推定結果

まず、モデル1のパラメータ推定結果の符号条件を確

認すると、モデル1-2の輸送容量の符号を除いて整合している。モデル1-1, 1-2のt値については運賃、輸送日数共に2.0以上で説明力があると考えられるが、モデル1-3でフィーダー輸送ダミーを説明変数として組み込んだところ輸送日数のt値が0.78まで低下した。しかし、フィーダー輸送ダミーのt値は大きく、説明力のある変数と考えられ、輸送日数と輸送容量の両方の変数を入れると相関係数が良好な値を示すため、モデル1-3の説明変数の組み合わせがモデル1を表す最も適切なものと判断した。

モデル2でパラメータ推定を行った結果、説明変数の運賃と頻度の符号条件が整合しなかった。モデル1の荷主が航路を選択するという仮定では地域間の運賃は適用できるが、モデル2では同じ経路を持つ船社選択の場合、運賃はその発着港湾によって決まるため、運賃によって船社のサービスを差別化できない。実際には同じ港湾間でも異なる運賃が設定されている可能性があるが、本研究ではデータの制約上これ以上の分析は不可能である。ゆえに船社ごとの運賃を考慮したモデル化は今後の課題とし、運賃および同様に符号条件の整合しない頻度を説明変数から除外し分析を行った。相関係数の値に関してはモデル2のいずれも再現性において大差がない。そのため、フィーダー輸送ダミー、輸送容量、輸送日数の組み合わせのモデル2-1をモデル2を表す適切なモデルとして考えこととした。

表-1 モデル1のパラメータ推定結果

	相関係数	運賃 ('000USD)	輸送日数 (日)	輸送容量 (TEU)	フィーダー輸送ダミー	t値
モデル1-1	0.645	-21.548 -0.037	2.745 0.134			t値 係数
モデル1-2	0.646	-21.398 -0.037	2.815 0.146	-0.682 0.000		t値 係数
モデル1-3	0.784	-4.134 -0.009	0.781 0.033	0.229 0.000	-18.286 -5.922	t値 係数

表-2 モデル2のパラメータ推定結果

	相関係数	フィーダー輸送ダミー	輸送容量 (TEU)	輸送日数 (日)	頻度 (回/週)	運賃 ('000USD)	t値
モデル2-1	0.897	-56.398 -7.029	4.690 0.000	-3.089 -0.123			t値 係数
モデル2-2	0.901	-55.838 -6.925	6.072 0.000	-3.077 -0.121	-5.399 -1.563		t値 係数
モデル2-3	0.902	-52.970 -7.075	6.250 0.000	-2.684 -0.106	-5.051 -1.465	2.935 0.005	t値 係数

(2) 船社貨物量再現結果

推定したパラメータを用いて各モデルについて、船社別の貨物量の再現を行った。使用したモデルのパラメータはモデル1-3とモデル2-1である。ただし、モデル1を評価する場合の情報量がモデル2よりも多いため、PIERSデータを用いても、採用できるデータがモデル1の方が限定される。このため船社の輸送実績値は異なることに注意が必要である。

a) モデル1再現結果

モデル1の再現結果は全体的な傾向はおおむね示せて

いるが、OOCLの実績値が推計値の約2倍ほど違っていて、過少推計となっているのが目立つ。また、APLの実績貨物量が少ないのは、説明変数の使用にあたって、元のデータからAPLのデータを省いたことによるものだと考えられる。

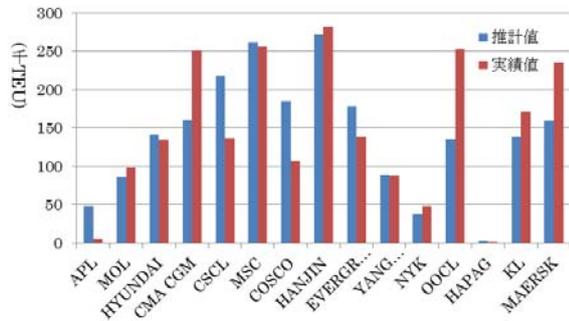


図-1 モデル1-3 船社別貨物量再現結果

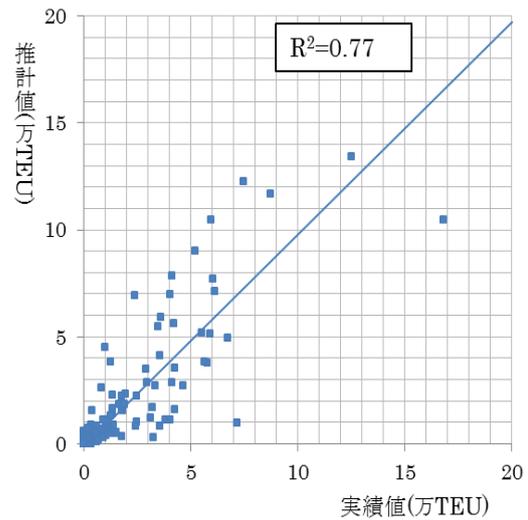


図-4 モデル2-1 実績値と推計値の分布

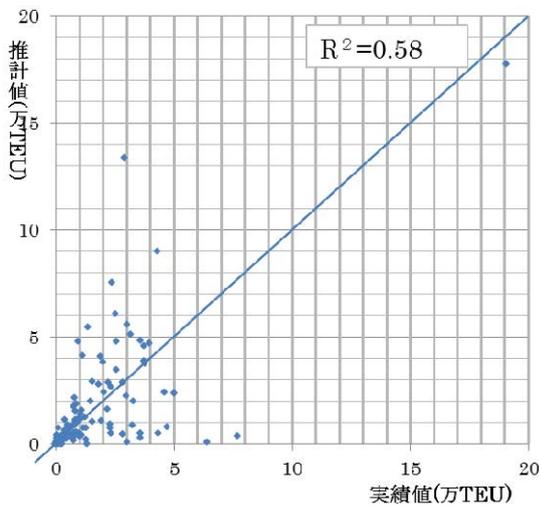


図-2 モデル1-3 実績値と推計値の分布

b) モデル2再現結果

モデル2の再現結果はCSCLとCMACGMの船社で過大推計となっている。CSCLの過大推計はデータを詳細に検討してみると深セン港発の貨物に多く見られる。推計値が過大となっていることから、経路の詳細情報に関して実勢よりも好条件の情報となっている可能性がある。

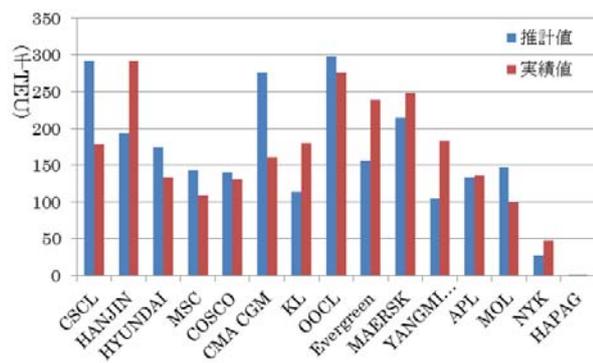


図-3 モデル2-1 船社別貨物量再現結果

(3) 考察

モデル1とモデル2で共通の説明変数の輸送日数と輸送容量はいずれのモデル場合でも統計学的に有意な値を示すため、荷主が経路選択の際には考慮する要因として適切であると判断できる。また、フィーダー輸送ダミー変数のt値はどちらのモデルでも影響の度合いが大きいことが推察される。これは、説明変数の輸送日数に対してフィーダー輸送日数を考慮していないため、フィーダー輸送ダミー変数の値まで影響したと考えられる。以上の結果から、個別経路の再現性の点で評価するとモデル2の方が決定係数が0.77とモデル1よりも精度の高い結果となった。船社別の貨物量再現結果は精度的には大差がないが、モデル2の方が貨物量の経路再現性は高いと言える。ただし、今回の分析では運賃に関する項目がモデル1では経路選択行動において有効なものの、モデル2では荷主の経路選択行動には影響していない、という結果を得ている。このため、運賃の影響を分析することはできないという問題点がある。これについては別途検討を加える必要がある。

なお、港湾での取り扱い貨物量に関する再現性に関しては講演時に行うこととする。

4. おわりに

本研究ではアジア北米間航路コンテナ貨物市場を対象に荷主の経路選択行動を二つのモデルを使い分析した。以下に得られた知見を示す。

- 1) アジア北米間基幹航路のコンテナ輸送において荷主は経路選択する際、船社の提供する輸送容量や輸送日数を考慮して経路を選択している可能性が高い。
- 2) 説明変数としてのフィーダ輸送ダミーの影響が大きいいため、フィーダー輸送を反映した輸送日数などの説明変数

を組み込んだモデルはより再現性の高いものになると考えられる。

- 3) モデル2, すなわち港湾選択までを行うモデルの方が経路再現性は高い。

参考文献

- 1) Malchow, M. Kanafani, A.: A disaggregate analysis of port selection: *Transportation Research Part E* 40(2004) 317-337
- 2) 柴崎隆一, 渡部富博: 東アジア圏を中心とした国際海上コンテナ貨物流動シミュレーションモデルの構築: 国土技術政策総合研究所研究報告, 第37号
- 3) Katsuhiko Kuroda, Mikio Takebayashi and Toshiaki Tsuji: International Container Transportation Network Analysis Considering the Post-Panamax Class Container Ship, Proc. of PIANC 2002, 1141-1155, Sydney, 2002. (CD-ROM)
- 4) 石原圭: 東アジアを対象とした近海コンテナ貨物輸送市場モデルの構築, 神戸大学修士論文, 2012.
- 5) 国際輸送ハンドブック, 2008年版: (株)オーシャンコマース
- 6) Drewry Inc.: *Container Freight Rate Insight* 2009年10月.
- 7) 港湾事業評価手法に関する研究委員会: 港湾投資の評価に関する解説書, みなと総研, 2010.
- 8) 竹林幹雄, 黒田勝彦, 金井仁志, 原進悟: グローバル・アライアンス間の競争を考慮した国際コンテナ貨物輸送市場モデルの開発とその適用, 土木学会論文集, 800, VI-69, 51-66, 2005.
- 9) Mikio Takebayashi, Hazuki Miyamoto and Takamasa Iwai: Port Rivalry and Its Future: in the sense of "Co-opetition", 2nd International Conference of Transport and Logistics 2007, Shenzhen, 2007. (CD-ROM)
- 10) Mikio Takebayashi: The runway capacity constraint and airlines' behavior: choice of aircraft size and network design, *Transportation Research E* 47, 390-400, 2011.

MODELING OF SHIPPERS' ROUTE CHOICE BEHAVIOR ON TRUNK LINES IN ASIA-PACIFIC CONTAINER TRANSPORT MARKET

Koji DOMAE and Mikio TAKEBAYASHI

This paper aims to describe the shippers' route choice behavior in Asia-Pacific container transport market. Especially, we compare two types of shippers' behavior model, Model I and II. Model I assumes shippers route choice depends on detailed route information, while Model II assumes shippers' route choice is determined by considering the aggregated route information. Through the statistical analysis, we evaluate the accuracy of the models and discuss which model assumption is more suitable for network analysis.