

我が国の国際海上コンテナ貨物の経路選択モデル構築

(正) 佐々木友子 (国土技術政策総合研究所) , (正) 赤倉康寛 (国土技術政策総合研究所)

(正) 渡部富博 (国土技術政策総合研究所)

1. はじめに

企業の海外進出の進展や経済連携協定の締結などによる我が国の産業・貿易構造の変化や、輸送の効率化を目指した超大型コンテナ船の就航増、新パナマ運河の供用開始などをはじめとして、我が国の国際海上コンテナ貨物輸送を取り巻く状況は大きく変化している。このような状況の中、より効率的な港湾の計画・整備を行うためには、今後想定されるこれらの状況変化を的確に踏まえたより精度の高い港湾貨物の需要予測が必要である。

我が国の輸出入コンテナ貨物の流動モデルに関わる研究の一例としては、井山ら¹⁾が国土交通省港湾局が5年に1度実施している全国輸出入コンテナ貨物流動調査(以下「コンテナ流調」とする)の平成20年度調査結果を用いて、アジア、基幹航路別・輸出入別にモデルを構築したものがあがるが、北米との輸出入の経路としてロサンゼルス港を利用する経路のみを設定しており、パナマ運河を経由して北米東岸の港湾を利用する輸送経路が設定されていないため、新パナマ運河の供用開始などにより輸送費用や輸送時間が変化した場合の分析が行えないといった課題がある。またその後、平成25年度にコンテナ流調が実施され、最新のコンテナ流調データを用いることが可能になっている。

そこで、我が国とアジア・欧米地域とのコンテナ貨物輸送について、新パナマ運河の供用開始や船舶の大型化、国内における輸送の効率化などにも対応できる経路選択モデルを、平成25年度コンテナ流調結果を用いて輸出入別に構築した。

2. 経路選択モデルの構築

2.1 犠牲量モデルの概要

本分析では経路選択モデルの構築にあたり、犠牲量モデルを用いた。犠牲量モデルは、輸送ルートを選択肢ごとに時間と費用で表現される総犠牲量(=輸送費用+輸送時間×貨物の時間価値)を設定し、その選択肢集合の中から総犠牲量が最も小さくなるルートが選択されるとするものであり、変数が時間と費用のみであるため、サービス水準の設定が容易であり扱いやすいという利点がある。

犠牲量を用いたルート選択の考え方を図-1に示す。図-1の上のグラフは縦軸を総犠牲量 S 、横軸を貨物の時間価値 α としたものであり、ルートの選択肢は3種類あると仮定すると、各ルートの総犠牲量はそれぞれ S_1, S_2, S_3 の3本の直線で表現される。図-1の下のグラフは縦軸を確率密度関数 $f(\alpha)$ 、横軸を時間価値 α としたものであり、例えば貨物の時間価値が0から α_{12} までの確率 P_1 は、ルート1が選択される確率と等しくなる。ルート毎の選択確率の実績値は平成25年度コンテナ流調の実績値から求めることができるため、各ルートの総犠牲量 S から求められた境界時間価値と、ルート毎の選択確率の実績値を用い、実際の貨物流動をよりよく再現できる時間価値の分布を推計することとなる。

なお、樋口ら²⁾が正規分布を用いたコンテナ貨物の時間価値分布の推計精度は対数正規分布を用いたものより適合度が悪かったとの分析結果を報告していることや、青山ら³⁾が都市交通における時間価値分布の確率密度関数として正規分布は適用できなかったと報告していることを参考に、今回の分析においては時間価値の分布形として対数正規分布を用いることとした。対数正規分布の確率密度関数 $f(x)$ は式(1)のように表される。

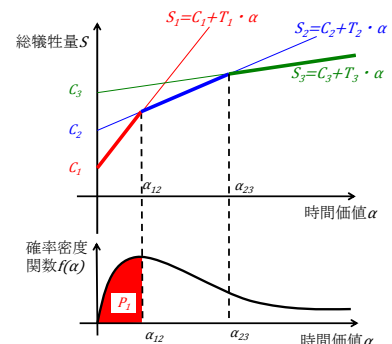


図-1 犠牲量モデル概念図

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(x) - \mu}{\sigma} \right)^2 \right] \quad (1)$$

μ：平均
σ：標準偏差

2.2 対象地域等の設定 以降では欧米とのコンテナ貨物輸送モデル構築について記載する。欧米モデルの対象地域はアメリカ、カナダ、EU(キプロス除く)、ロシア(極東ロシア以外)ほか17ヶ国・地域であり、対象地域の貨物量と、設定した代表地・代表港を表-1に示す。なお貨物量は平成25年度コンテナ流調の実績値より整理したものであり、調査期間の平成25年11月の1ヶ月間に捕捉できた貨物量であることを注記する。輸出モデル構築にあたっては、欧州・北米西部・北米中西部・北米東部・北米南部の地域に区分した。輸入モデル構築にあたっては、北米中西部貨物、北米東部貨物はそれぞれ北米輸入全体の約2%に過ぎなかったため、これら2地域の貨物を北米南部貨物に算入し、北米東南部とした。北米の代表港については、米国西部貨物だけでなく、米国南部貨物や米国中西部貨物も米国西岸港湾の利用が多いという分析結果⁴⁾を参考に、北米中西部、北米東部、北米南部、北米東南部は、東岸港だけでなく西岸のロサンゼルス港も代表港とした。なお、北米において自地域以外の港湾を利用する場合は、内陸鉄道輸送を利用して利用港湾までの輸送を行うこととした。以上の北米における設定概要について、輸出を例として図-2に示す。

表-1 欧米モデルの地域区分別貨物量と代表地・代表港

輸出/輸入	地域区分	貨物量 [千FT/月]	代表地	代表港
輸出	欧州	617	ロッテルダム港	ロッテルダム港
	北米西部	351	LA港	LA港
	北米中西部	209	シカゴ	LA港, NY/NJ港, サバンナ港
	北米東部	84	NY/NJ港	LA港, NY/NJ港, サバンナ港
	北米南部	205	サバンナ港	LA港, サバンナ港
	合計	1,466		
輸入	欧州	941	ロッテルダム港	ロッテルダム港
	北米西部	794	LA港	LA港
	北米東南部	141	サバンナ港	LA港, サバンナ港
	合計	1,876		

注)LA港・・・ロサンゼルス港
NY/NJ港・・・ニューヨーク/ニュージャージー港



図-2 北米輸出における設定概要

海外フィーダー港は、我が国の輸出入コンテナ貨物流動において主要な積み替え港である、釜山港、光陽港、上海港、香港港、寧波港、深セン港、厦門港、基隆港、高雄港、台中港、シンガポール港、タンジュンペラパス港の12港を設定した。

国内の代表港については、東京湾、伊勢湾、大阪湾、北部九州の4地域はそれぞれ、京浜港、名古屋港、阪神港、博多港を設定した。それ以外の地域には各都道府県に1港を設定することとし、同一都道府県に複数の港湾がある場合は、コンテナ貨物の取扱量が多い港湾を代表港として設定した。以上のことから、国内の代表港としては合計35港を設定した(図-3)。



図-3 国内代表港位置図

我が国の貨物の生産・消費地の設定は、47都道府県とした。ただし生産・消費地と国内代表港との陸上輸送距離については、まず、全国を207に区分した生活圏(第5回(2010年度)全国幹線旅客純流動調査(国土交通省総合政策局)において設定)別に生産・消費貨物量を集計し、同一都道府県内の生活圏を対象に、各生活圏と国内代表港との距離を各生活圏の貨物量で重み付けを行った上で設定した。

2.3 サービス水準の設定 時間、費用のサービス水準データの設定概要について、表-2に示す。なお本分析における輸送費用は個数ベースで設定することとし、文献⁷⁾よりコンテナタイプの比率は20フィートの個数：40フィートの個数=10：12であることから、例えばコンテナ1個あたりの海上輸送費用は、(1TEUあたりの海上輸送費用×10+1FEUあたりの海上輸送費用×12)÷(10+12)により算定した。また、平成25年度コンテナ流調はフレートトン(以下「FT」とする)ベースで集計されているが、上述のとおり輸送費用をコンテナ1個あたりと設定することから、貨物量もコンテナ1個あたりに換算する必要があるため、文献⁷⁾のコンテナタイプ別の個数比率とコンテナタイプ別の1個あたり

表－2 サービス水準データの設定概要

項目	対象	設定内容	
時間	国内輸送時間	トラック・トレーラー	コンテナ詰め・取出地の経由とトラック・トレーラー輸送比率を考慮した陸上輸送距離と、走行速度 ⁵⁾ をもとに、長時間輸送の場合は休憩時間を考慮して設定。
		海外フィーダー	海上輸送距離と船舶の航行速度 ⁶⁾ をもとにした海上輸送時間のほか、積み卸し時間 ⁷⁾ 、航路便数 ⁹⁾ [便/週]に基づく平均待ち時間(=7日×24時間+航路便数+2)も考慮して設定。
	海上輸送時間	直航・国際フィーダー	海上輸送距離 ⁸⁾ とコンテナ船の航行速度 ⁷⁾ をもとにした海上輸送時間のほか、積み卸し時間 ⁷⁾ 、航路便数 ⁹⁾ [便/週]に基づく平均待ち時間(=7日×24時間+航路便数+2)も考慮して設定。また運河を通航する場合は、文献 ¹⁰⁾¹¹⁾ をもとに通航時間も設定。
	港湾諸時間	直航・国際フィーダー・海外フィーダー	第10回輸入通関手続の所要時間調査(2012年)の結果 ¹²⁾ や各社HP、プレスリリース資料などをもとに、通関手続き、荷役時間を設定。トランシップ貨物の場合はトランシップ港におけるコンテナ滞留時間 ⁷⁾ も考慮して設定。
	北米内陸輸送時間	北米内陸輸送	鉄道会社HPをもとに北米代表港と北米代表地間のダブルスタックトレイン輸送時間を設定。
費用	国内輸送費用	トラック・トレーラー	コンテナ詰め・取出地の経由とトラック・トレーラー輸送比率を考慮した陸上輸送距離から、文献 ⁷⁾ などをもとに算出し、高速道路利用費用 ⁷⁾ も考慮して設定。
		海外フィーダー	海上輸送距離と船舶の航行速度 ⁶⁾ をもとにした海上輸送時間から文献 ⁷⁾ をもとに算出し、横持ち費用 ¹³⁾ や実勢運賃も考慮して設定。
	海上輸送時間	直航・国際フィーダー	海上輸送距離 ⁸⁾ と船舶の航行速度 ⁷⁾ をもとにした海上輸送時間から文献 ⁷⁾ をもとに算出し、実勢運賃も考慮して設定。また運河を通航する場合は、文献 ¹⁴⁾ をもとに通航料も設定。
	港湾諸費用	直航・国際フィーダー・海外フィーダー	ヒアリング等の結果を基に設定し、トランシップ貨物の場合はトランシップ港における港湾諸費用 ⁷⁾ も考慮して設定。
北米内陸輸送費用	北米内陸輸送	鉄道会社HPをもとに北米代表港と北米代表地間のダブルスタックトレイン輸送費用を設定。	

の貨物量を用い、コンテナ1個あたりの貨物量を23.3FT/個と設定した。

さらに国内陸上輸送費用、国内陸上輸送時間の設定の前提となる国内陸上輸送距離の設定にあたっては、各生産・消費地と船積・船卸港との間のコンテナ詰め地の経由を考慮し、当該距離を輸出は1.07倍、輸入は1.05倍¹⁵⁾とした。

また平成25年度コンテナ流調データより、国内の生産・消費地と国内の船積・船卸港間の、トラックでの輸送距離とトレーラーでの輸送距離に占めるトラックでの輸送距離比率の全国平均を算出すると、輸出では0.57、輸入では0.25であったため、先述の国内陸上輸送距離のうち、トラック輸送される距離とトレーラー輸送される距離をそれぞれ設定した。なお距離は、帰り荷が無いと仮定し、それぞれ往復距離を設定した。

さらにヒアリングをもとにトラックサイズを設定し、文献⁷⁾などをもとにコンテナ1個あたりの必要トラック台数を算出すると、輸出時は10t車3台、輸入時は4t車6台であり、トラック1台あたりの輸送費用にこの必要トラック台数をかけてコンテナ1個あたりのトラック輸送費用を設定した。

2.4 モデルの検討結果 欧米モデルの検討結果を示す。モデル構築に用いた実績貨物量は2.2に示したとおり輸出は1,466[千FT/月]、輸入は1,876[千FT/月]である。推定された確率密度関数を描画したものを図-4に示す。輸出では式(1)の確率密度関数の平均 μ は8.00、標準偏差 σ は2.33、輸入では μ は7.87、 σ は1.84となった。

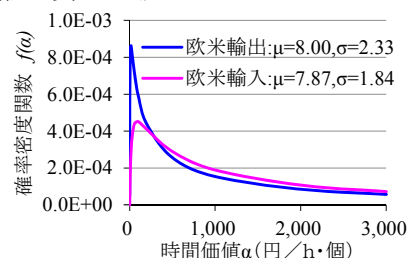


図-4 時間価値の確率密度関数推定結果(欧米輸出・欧米輸入)

最初船積・最終船卸港別貨物量について実績値を横軸、現況再現値を縦軸にしてプロットしたものを輸出は図-5、輸入は図-6に示す。相関係数は輸出は0.995、輸入は0.997であり、いずれもかなり高い相関がある¹⁶⁾という結果となった。

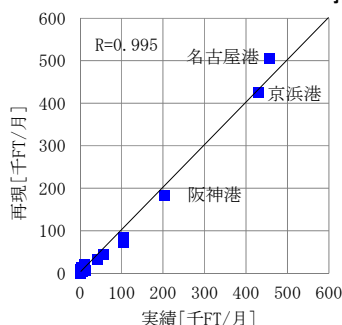


図-5 最初船積港別貨物量の実績値と現況再現値(欧米輸出)

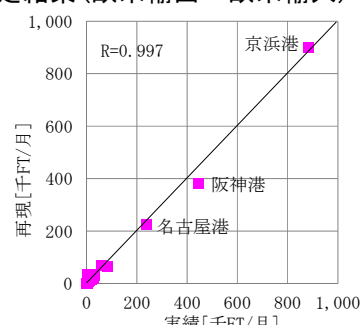


図-6 最終船卸港別貨物量の実績値と現況再現値(欧米輸入)

さらに、欧米輸出の相手地域別・経路別貨物量の実績値と現況再現値について、図-7に示す。欧州においては国際フィーダー貨物の実績値約28[千FT/月]に対して現況再現値は約16[千FT/月]と過小に、また北米西部においては国際フィーダー貨

物の実績値約29[千FT/月]に対して現況再現値は約0.3[千FT/月]と過小に推計されるなどしたが、直航・海外フィーダーなどの経路別貨物量をおおむね再現できた。

また、欧米輸出モデルにおいて、経路として西岸経由(ロサンゼルス港利用)航路と、パナマ運河経由(ニューヨーク/ニュージャージー港, サバンナ港利用)航路を設定した北米中西部, 北米東部, 北米南部について、相手地域別・航路別貨物量の実績値と現況再現値を図-8に示す。北米中西部においてはパナマ運河経由航路が実績約14[千FT/月]に対して現況再現値は約1[千FT/月]と過小に、北米南部においてはパナマ運河経由航路が実績約72[千FT/月]に対して現況再現値は約47[千FT/月]と過小に推計されるなどしたが、西岸経由航路とパナマ運河経由航路の航路別貨物量をおおむね再現できた。

3. まとめ

本分析において、我が国とアジア・欧米との輸出入コンテナ貨物量を、港湾別にある程度再現できる犠牲量モデルが構築でき、これにより我が国の港湾政策の効果を定量的に把握可能となった。今後は、2016年に新パナマ運河が商用での供用を開始したことを受け、新パナマ運河供用による影響分析などを引き続き行うこととする。

参考文献

- 1) 井山繁・渡部富博(2010):犠牲量モデルを用いたコンテナ貨物の時間価値に関する一考察, 国土技術政策総合研究所資料, No.589
- 2) 樋口直人・渡部富博・森川雅行(2001): 国際海上コンテナ貨物の時間価値分布に関する研究, 港湾技研資料, No.0987
- 3) 青山吉隆・西岡敬治(1980): 交通計画における時間価値研究の系譜, 土木計画学研究発表会講演集, 第2回, pp.61-70
- 4) 岩崎幹平・渡部富博・佐々木友子(2015): 我が国の海上コンテナ貨物の米国における流動状況に関する分析, 国土技術政策総合研究所資料, No.851
- 5) 国土交通省: 平成22年度道路交通センサス
- 6) 内航ジャーナル株式会社(2013): 2013年版 海上定期便ガイド
- 7) 港湾事業評価手法に関する研究委員会編(2011): 港湾投資の評価に関する解説書 2011
- 8) IHS Fairplay: Ports and Terminals Guide 2011-2012
- 9) (株)オーシャンコマース(2013): 国際輸送ハンドブック 2014年版
- 10) 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構(2014): パナマ運河拡張とニカラグア大運河計画, http://oilgas-info.jogmec.go.jp/pdf/5/5337/1409_out_1_ni_pa_canal.pdf, 2016年11月11日アクセス
- 11) 在エジプト日本国大使館 HP http://www.eg.emb-japan.go.jp/j/egypt_info/basic/sangyou.htm, 2016年11月11日アクセス
- 12) 財務省: 貿易の円滑化, http://www.mof.go.jp/customs_tariff/trade/facilitation/index.html, 2016年11月11日アクセス
- 13) 日本内航海運組合総連合会(2011): 国内コンテナ・フィーダーに関する研究, http://www.e-naiko.com/kaiun_data/rprt-feeder201110all.pdf, 2016年11月11日アクセス
- 14) 日本海事センター(2014): パナマ運河通航料と北米東岸向けコンテナ輸送, <http://www.jpmac.or.jp/img/research/pdf/B201440.pdf>, 2016年11月11日アクセス
- 15) 玉井和久・佐々木友子・渡部富博(2016): 輸出入海上コンテナの我が国の地域別貨物量とその流動に関する一考察, 国土技術政策総合研究所資料, No.898
- 16) 岩永雅也・大塚雄作・高橋一男(2001): 社会調査の基礎, 財団法人放送大学教育振興会

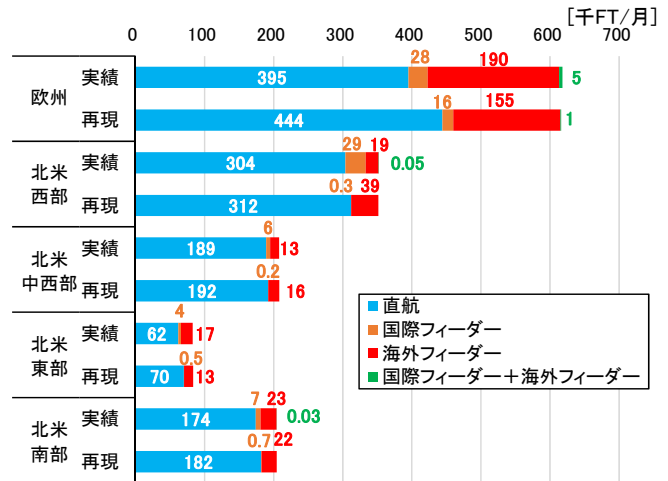


図-7 相手地域別・経路別貨物量の実績値と現況再現値(欧米輸出)

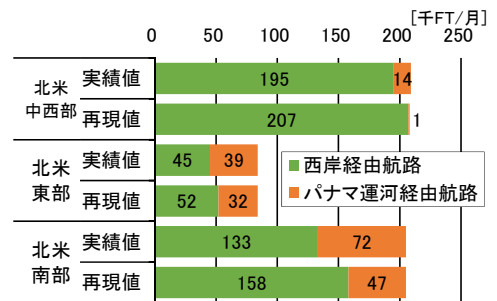


図-8 相手地域別・航路別貨物量の実績値と現況再現値(欧米輸出)

※講演原稿に一部ミスがありました。本稿は修正後のものですので、講演原稿と一部異なります。