

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.943

January 2017

我が国とアジア・欧米地域との 国際海上コンテナ貨物流動に関わる経路選択モデルの構築

佐々木友子・赤倉康寛・渡部富博

A Route Selection Model of Japanese International Maritime Container Cargo Flow
with Asia and Europe / North America

Tomoko SASAKI, Yasuhiro AKAKURA, Tomihiro WATANABE

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

我が国とアジア・欧米地域との 国際海上コンテナ貨物流動に関わる経路選択モデルの構築

佐々木友子*・赤倉康寛**・渡部富博***

要 旨

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。

そこで本分析では、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犠牲量モデルを、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の平成25年度調査結果を用いて、より実際に近いサービス水準を設定して相手地域・輸出入別に構築するとともに、推計された時間価値分布をもとに貨物の平均的な時間価値の推計を行った。

その結果、生産・消費地別や経路別にみると再現が十分ではない結果も一部あるが、我が国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モデルが構築でき、貨物の平均的な時間価値についても推計することができた。

キーワード：国際海上コンテナ貨物，犠牲量モデル，時間価値

*港湾研究部主任研究官

**港湾研究部港湾システム研究室長

***港湾研究部長

〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 国土交通省国土技術政策総合研究所

電話：046-844-5019 Fax：046-842-9265 e-mail：ysk.nil-kikaku@ml.mlit.go.jp

目 次

1. はじめに	1
2. 輸出入コンテナ貨物に関わる分析	2
2.1 我が国の輸出入コンテナ貨物取扱量の変遷	2
2.2 我が国の輸出入コンテナ貨物流動に関する分析	2
3. 経路選択モデルの構築	5
3.1 犠牲量モデルと他のモデル	5
3.2 犠牲量モデルの構築概要	5
3.3 モデルの設定条件	7
3.4 モデルの検討結果	12
4. おわりに	24
謝辞	24
参考文献	24
付録	26

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としては、以下のようにいくつかの例がある。

例えば、ロジットモデルによる最近のものとしては、石原ら¹⁾は、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年度データを用いて、東アジア主要港貨物を対象に、近畿・中国・四国・九州の地方別に国内港選択のロジットモデルを構築し、さらに寄港頻度を変動させた感度分析を行っている。また茅野ら²⁾は、配船スケジュールを考慮し、平成20年度コンテナ流調データを用いて集計ロジットモデルにより東北・中国・四国地方の輸出入コンテナ貨物の荷主の港湾選択行動分析を行っている。佐々木ら³⁾は、我が国と韓国、中国北部地域との間において、国際フェリー・RORO船・コンテナ船により輸送される船種別コンテナ貨物流動について、平成20年度コンテナ流調データを用いてロジットモデルを相手地域・輸出入別に構築し、新規国際RORO船航路が開設された港を対象として、構築したモデルの適用に関する分析を行っている。

次に、犠牲量モデルによる最近のものとしては、井山ら⁴⁾が平成20年度コンテナ流調データを用いてアジア、基幹航路別・輸出入別に犠牲量モデルを構築し、コンテナ貨物の時間価値の試算を行ったものがある。さらに井山ら⁵⁾は、既報⁴⁾に関して我が国と東アジア地域に焦点を当て、国内外のフィーダー輸送の考慮による輸送ルートの多様化、アジアの分析対象地域の拡大等の改善を行った犠牲量モデルを構築し、さらに船舶積卸量の導入による船社の寄港行動も考慮可能な計算フローに拡張し、それに伴う輸送ルート変化の分析を可能としたモデルを構築している。また野田ら⁶⁾は、我が国と韓国・中国との間の国際海上輸送について、フェリーやRORO船による貨物量輸送の状況を推計できるモデルを平成20年度コンテナ流調データを用いて犠牲量モデルにより検討している。

このように輸出入コンテナ貨物流動モデルに関わる研究としては多くのものがあるものの、既往研究³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾にお

いては、便宜上、全てのコンテナが20フィートコンテナで輸送されたとの設定のもとで輸送費用が設定されているが、2.2において詳述するように、平成25年度コンテナ流調結果によると40フィートコンテナでの輸送が多いため、コンテナサイズも考慮した輸送費用の設定が必要となる。

さらに既往研究³⁾においては、便宜上、陸上輸送はトレーラーのみによって輸送されたとの設定のもとで輸送費用・輸送時間が設定されているが、3.3(4)において詳述するように、平成25年度コンテナ流調結果によると、トレーラーとは輸送ロット・輸送費用の異なるトラックで輸送された区間も少なからず存在するため、トレーラー輸送だけでなく、トラック輸送ロットを考慮したトラックによる輸送時間・輸送費用の設定が必要となる。またトラック輸送区間とトレーラー輸送区間を設定することにより、例えばインランドデポ(輸出入貨物の通関機能と保税機能を併せ持つほか、貨物の保管や集配などが行われる港湾、空港以外の内陸部にある貿易貨物輸送基地)⁷⁾の活用や、輸出コンテナと輸入コンテナの空コンテナのマッチングなどにより国内輸送の効率化が進展するなど、トラック輸送区間とトレーラー輸送区間の比率が変化した場合の感度分析も可能なモデルとなる。

また既往研究⁴⁾においては、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。岩崎ら⁸⁾によると、平成25年度コンテナ流調結果では米国との輸出入貨物は、米国西部の港湾だけでなく、米国南部の港湾や米国北東部の港湾も、輸出・輸入のいずれにおいても2割程度の量の貨物が利用しており、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をモデルに設定すると、より現実に即したモデルとなる。さらに、パナマ運河経由の経路を設定することにより、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感度分析も可能なモデルとなる。

これらのことから、本分析においては、コンテナ流調の平成25年度データを用いて、我が国とアジア・欧米地域との国際海上コンテナ貨物流動について、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、より実際に近いサービス水準を設定して相手地域・輸出入別に構築するとともに、推計された時間価値分布をもとに貨物の平均的な時間価値の推計を行う。なお後に詳述するが、犠牲量モデルは経路選択にあたって重要な要素である時間と費用を考慮しつつ、計算や構成がシンプルであるとい

う利点があるため、構築するモデルは犠牲量モデルによるものとする。

2. 輸出入コンテナ貨物に関わる分析

2.1 我が国の輸出入コンテナ貨物取扱量の変遷

ここでは、我が国の輸出入コンテナ貨物量の変遷について、港湾統計(国土交通省)をもとに述べる。

2000年以降のコンテナ貨物量推移(トンベース)を図-1に、2000年以降のコンテナ個数推移(TEUベース)を図-2に示す。なおいずれもトランシップ貨物量は除き、コンテナ個数は実入りのみの個数である。2008年9月に起きたリーマン・ブラザーズ破綻の影響もあり、2009年のコンテナ貨物量は輸出入ともに大幅に減少しているが、それを除けばおおむね増加傾向にあり、2014年にはトンベースで輸出約98百万フレートトン(以下「FT」とする)、輸入約154百万FT、個数ベースで輸出約5.6百万TEU、輸入約8.3百万TEUであった。

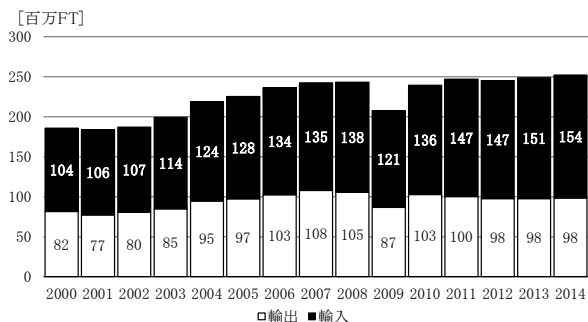


図-1 我が国の輸出入コンテナ貨物量推移

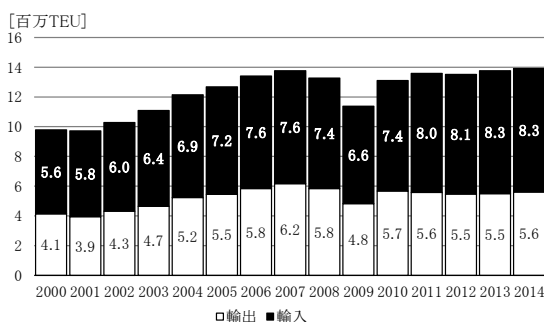


図-2 我が国の輸出入コンテナ個数(実入りのみ)推移

2.2 我が国の輸出入コンテナ貨物流動に関する分析

本分析で使用するコンテナ流調について述べる。コンテナ流調は、国際海上コンテナ貨物の流動を把握することにより、効率的な物流体系を構築するための港湾政策の企画立案、港湾整備計画の検討等に活用することを目的とし、国土交通省港湾局が5年に1度実施しているもの

である。

最新の調査は2013年(平成25年)11月に実施した調査であり、調査範囲は国際海上コンテナ貨物の流動実態で、輸出は国内の生産地から海外の仕向国までの流動実態、輸入は海外の原産国から国内の消費地までの流動実態である。調査期間は2013年(平成25年)11月1日から30日までの1ヶ月間、調査対象は上記期間中に通関申告が行われる海上コンテナ貨物全量(ただし、空コンテナの流動は含まない)である。

以下では、平成25年度コンテナ流調データを用いて、我が国の輸出入コンテナ貨物の流動に関する分析を行う。なお本節における地域名は平成25年度コンテナ流調における地域名(表-1)であり、後述するモデル構築の際の地域名とは異なることに注意されたい。また、先述のとおり平成25年度コンテナ流調の調査期間は2013年(平成25年)11月の1ヶ月間であり、以降に示す貨物量は当該期間に捕捉できた貨物量であることをここに注記する。

平成15年度、平成20年度、平成25年度の各コンテナ流調データをもとに、輸出入コンテナ貨物量の仕向・原産地域別割合推移を図-3に示す。輸出入コンテナ貨物量全体で見ると、平成15年度は約1,469万FT、平成20年度は約1,334万FT、平成25年度は約1,791万FTと、平成20年度に一度落ち込んだものの、増加傾向である。仕向・原産地域別にみると、アジア州との輸出入が最も多く、平成15年度は約66%、平成20年度は約69%、平成25年度は約74%と徐々にそのシェアを増加させている。次いで北アメリカ州との輸出入が多く、平成15年度は約17%、平成20年度は約14%、平成25年度には約12%と、徐々にそのシェアを減少させているものの、平成25年度においても1割強を占めており、ヨーロッパ州と合わせた欧米で約2割を占めている。

さらに、平成15年度、平成20年度、平成25年度の輸出入コンテナ貨物申告価格の仕向・原産地域別割合推移を図-4に示す。輸出入コンテナ貨物申告価格全体で見ると、平成15年度は約3.1兆円、平成20年度は約3.4兆円、平成25年度は約4.5兆円と、貨物量の傾向とは異なり、平成20年度に落ち込むことなく増加傾向である。仕向・原産地域別にみると、アジア州との輸出入が最も多く、平成15年度は約56%、平成20年度は約64%、平成25年度は約68%と徐々にそのシェアを増加させている。次いで北アメリカ州との輸出入が多く、平成15年度は約23%、平成20年度は約16%、平成25年度には約15%と、徐々にそのシェアを減少させているものの、平成25年度においても2割弱を占め、ヨーロッパ州と合わせた欧米で3割弱を占めている。

次に、輸出コンテナ貨物量の仕向地域別割合推移を図

-5に示す。輸出コンテナ貨物量全体で見ると、平成15年度は約616万FT、平成20年度は約507万FT、平成25年度は約692万FTと、平成20年度に一度落ち込んだものの、増加傾向である。仕向地域別にみると、アジア州への輸出が最も多く、平成15年度は約61%、平成20年度は約61%、平成25年度は約69%と、平成15年度から平成20年度にかけては横ばいであったが、平成20年度から平成25年度にかけてはシェアを増加させている。次いで北アメリカ州への輸出が多く、平成15年度は約20%、平成20年度は約16%、平成25年度には約14%と、徐々にそのシェアを減少させているものの、平成25年度においても1割強を占めており、ヨーロッパ州と合わせた欧米で2割強を占めている。

さらに、輸出コンテナ貨物申告価格の仕向地域別割合推移を図-6に示す。輸出コンテナ貨物申告価格全体で見ると、平成15年度は約1.8兆円、平成20年度は約1.7兆円、平成25年度は約2.3兆円と、平成20年度に一度落ち込んだものの、増加傾向である。仕向地域別にみると、アジア州への輸出が最も多く、平成15年度は約50%、平成20年度は約58%、平成25年度は約62%と徐々にそのシェアを増加させている。次いで北アメリカ州への輸出が多く、平成15年度は約28%、平成20年度は約21%、平成25年度には約20%と、徐々にそのシェアを減少させているものの、平成25年度においても約2割を占め、ヨーロッパ州と合わせた欧米で3割強を占めている。

次に、輸入コンテナ貨物量の原産地域別割合推移を図-7に示す。輸入コンテナ貨物量全体で見ると、平成15年度は約852万FT、平成20年度は約823万FT、平成25年度は約1,098万FTと、平成20年度に一度落ち込んだものの、増加傾向である。原産地域別にみると、アジア州からの輸入が最も多く、平成15年度は約70%、平成20年度は約74%、平成25年度は約77%と徐々にそのシェアを増加させている。次いで北アメリカ州からの輸入が多く、平成15年度は約15%、平成20年度は約12%、平成25年度には約10%と、徐々にそのシェアを減少させているものの、平成25年度においても約1割を占めており、ヨーロッパ州と合わせた欧米で2割弱を占めている。

さらに、輸入コンテナ貨物申告価格の原産地域別割合推移を図-8に示す。輸入コンテナ貨物申告価格全体で見ると、平成15年度は約1.2兆円、平成20年度は約1.6兆円、平成25年度は約2.1兆円と、貨物量の傾向とは異なり、平成20年度に落ち込むことなく増加傾向である。原産地域別にみると、アジア州からの輸入が最も多く、平成15年度は約64%、平成20年度は約69%、平成25年度は約74%と徐々にそのシェアを増加させている。平成25年度時点で見ると、次いでヨーロッパ州からの輸入が多く、平成15

年度は約14%、平成20年度は約12%、平成25年度には約12%と、平成15年度から平成20年度にかけてはシェアを減少させたものの、平成20年度から平成25年度にかけては横ばいである。また平成25年度においては、北アメリカ州と合わせた欧米で見ると2割強を占めている。

次に、平成25年度コンテナ流調のデータをもとに、船積・船卸港別輸出入コンテナ貨物量を図-9に、船積港別輸出コンテナ貨物量を図-10に、船卸港別輸入コンテナ貨物量を図-11に示す。輸出入では東京港が最も多く約24%を占めており、次いで名古屋港が約18%である。輸出では名古屋港が最も多く約23%を占めており、次いで横浜港が約18%である。輸入では東京港が最も多く約29%を占めており、次いで名古屋港が約15%である。

また、平成25年度コンテナ流調のデータをもとに、コンテナのサイズ別個数について、輸出入合計は図-12に、輸出は図-13に、輸入は図-14に示す。輸出入合計では40フィートが約49%と最も多く、次いで20フィートが約36%である。輸出でも40フィートが約57%と最も多く、次いで20フィートが約35%、輸入でも40フィートが約44%と最も多く、次いで20フィートが約36%であった。このように、コンテナのサイズ別個数で見ると、40フィートコンテナを用いた輸送が最も多いことがわかる。

表-1 平成25年度コンテナ流調における各地域と構成国

地域	国
アジア州	韓国, 中国, 台湾, 香港, ベトナム, タイ, シンガポール, マレーシア, フィリピン, インドネシア, インド, パキスタン, スリランカ, イラン, サウジアラビア, オマーン, アラブ首長国連邦, その他
ヨーロッパ州	ノルウェー, スウェーデン, デンマーク, イギリス, オランダ, ベルギー, フランス, ドイツ, スペイン, イタリア, フィンランド, ロシア, オーストリア, トルコ, その他
北アメリカ州	カナダ, アメリカ, メキシコ, その他
南アメリカ州	コロンビア, エクアドル, ペルー, チリ, ブラジル, アルゼンチン, その他
アフリカ州	モロッコ, エジプト, 南アフリカ, その他
大洋州	オーストラリア, ニューージーランド, その他

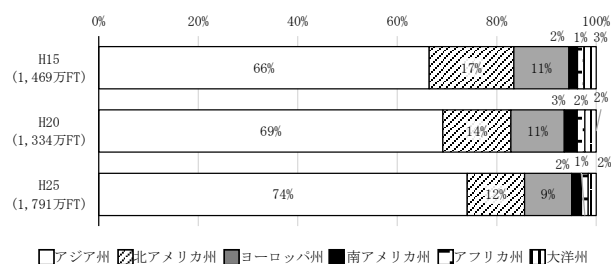


図-3 輸出入コンテナ貨物量の仕向・原産地域別割合推移

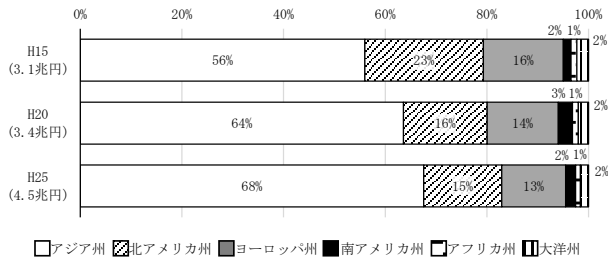


図-4 輸出入コンテナ貨物申告価格の仕向・原産地域別割合推移

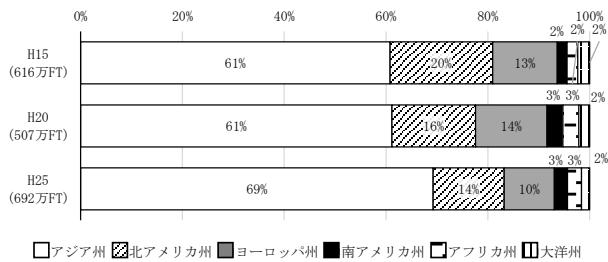


図-5 輸出コンテナ貨物量の仕向地域別割合推移

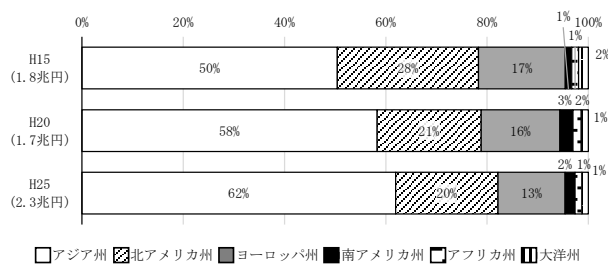


図-6 輸出コンテナ貨物申告価格の仕向地域別割合推移

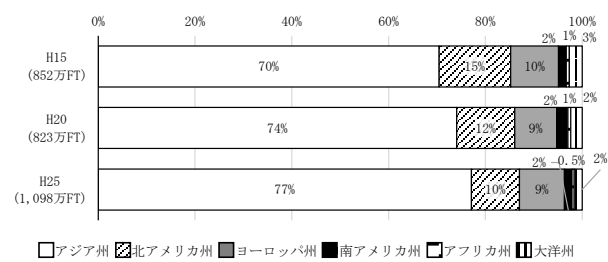


図-7 輸入コンテナ貨物量の原産地域別割合推移

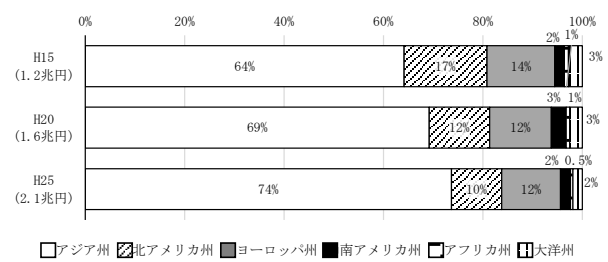


図-8 輸入コンテナ貨物申告価格の原産地域別割合推移

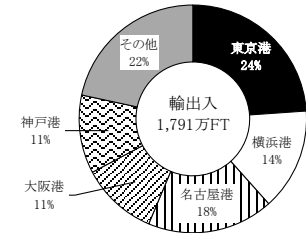


図-9 船積・船卸港別輸出入コンテナ貨物量 (平成25年度)

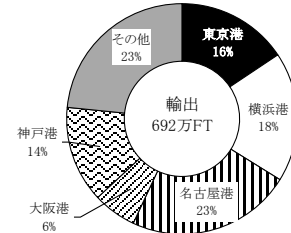


図-10 船積港別輸出コンテナ貨物量 (平成25年度)

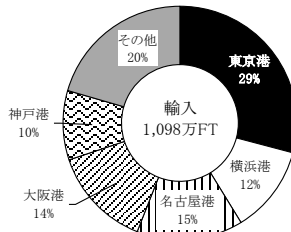


図-11 船卸港別輸入コンテナ貨物量 (平成25年度)

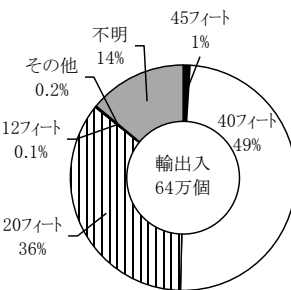


図-12 輸出入コンテナのサイズ別個数 (平成25年度)

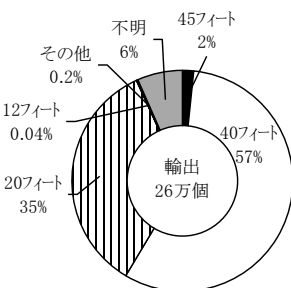


図-13 輸出コンテナのサイズ別個数 (平成25年度)

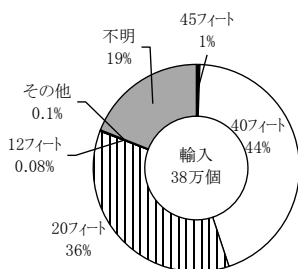


図-14 輸入コンテナのサイズ別個数 (平成25年度)

3. 経路選択モデルの構築

3.1 犠牲量モデルと他のモデル

犠牲量モデルは、輸送ルートの選択肢ごとに時間と費用で表現される犠牲量を設定し、その選択肢集合の中から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る。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。

貨物の配分モデルには、犠牲量モデルのほか、輸送ルートの効用の大小で経路選択確率が変化するロジットモデルなども存在するが、ロジットモデルは多くの政策変数を取り扱うことができるといった長所がある一方で、モデル構築に必要な基礎データが膨大となることや、確率的選択モデルであるため、非現実的な経路を含む全ての経路に貨物が配分されてしまうといった短所もある。

そこで本分析では、経路選択にあたって重要な要素である時間と費用を考慮しつつ、計算や構成がシンプルで種々の条件変化に対応できる犠牲量モデルを用いたモデル構築を行うこととした。

3.2 犠牲量モデルの構築概要

(1) 犠牲量モデルの概要

あるルート r の総犠牲量 S_r は式(1)に示すように、ルート r で要する時間 T_r と貨物や旅客の特性に応じて決まる時間価値 α の積に、ルート r で要する運賃や輸送費などの費用 C_r を足したものとなる。

$$S_r = C_r + T_r \cdot \alpha \quad (1)$$

ここに、

S_r : ルート r の総犠牲量

C_r : ルート r の費用

T_r : ルート r の時間

α : 時間価値

犠牲量を用いたルート選択の考え方を図-15 に示す。

図-15 の上のグラフは縦軸を総犠牲量 S 、横軸を時間価値

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、式(1)を用いてそれぞれ S_1 、 S_2 、 S_3 の 3 本の直線で表現される。犠牲量 S_1 で表現されるルート 1 と犠牲量 S_2 で表現されるルート 2 の交点の時間価値を α_{12} 、ルート 2 とルート 3 の交点の時間価値を α_{23} とすると、貨物の時間価値が 0 から α_{12} まではルート 1、時間価値が α_{12} から α_{23} まではルート 2、 α_{23} より時間価値が大きいとルート 3 の経路が犠牲量最小のルートとなり、貨物は貨物毎の特性に由来する時間価値によっていずれかのルートを経由することとなる。

図-15 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、ルート 2、ルート 3 のうち、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。

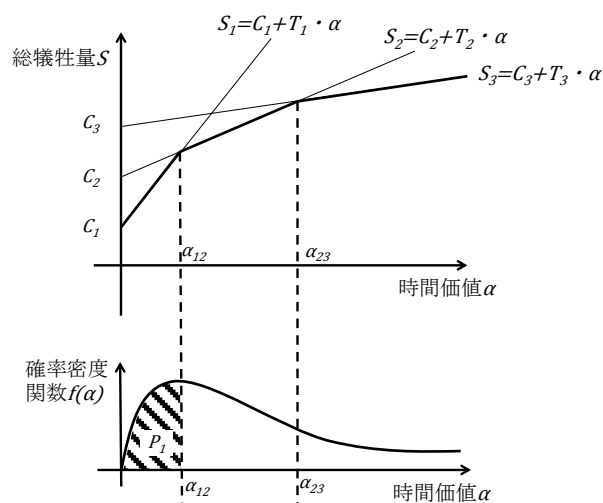


図-15 犠牲量モデル概念図

(2) 時間価値推計方法

時間価値推計方法について文献⁵⁾を参照して以下に述べる。樋口ら⁹⁾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¹⁰⁾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、今回の分析に用いた時間価値の分布形は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(2)のように表される。

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

ここに、

μ : 平均

σ : 標準偏差

従って、時間価値 α までの確率 $P(x \leq \alpha)$ は式(3)と表される。

$$P(x \leq \alpha) = \int_{-\infty}^{\alpha} f(x) dx \\ = \int_{-\infty}^{\alpha} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma x} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x) - \mu}{\sigma}\right)^2\right] dx \quad (3)$$

ここで、式(4)のように置くと、式(5)も導かれ、式(3)は式(6)のようになる。

$$s = \frac{\ln(x) - \mu}{\sigma} \quad (4)$$

$$\frac{ds}{dx} = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{1}{x} \quad (5)$$

$$P(x \leq \alpha) = \int_{-\infty}^{\frac{\ln(\alpha) - \mu}{\sigma}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma x} \exp\left[-\frac{1}{2}s^2\right] \sigma x \cdot ds \\ = \int_{-\infty}^{\frac{\ln(\alpha) - \mu}{\sigma}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}s^2\right] ds \quad (6)$$

次に、標準正規分布の確率密度関数 $f(s)$ は式(7)のように表されることから、式(6)は式(8)のようになる。

$$f(s) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}s^2\right] \quad (7)$$

$$P(x \leq \alpha) = \int_{-\infty}^{\frac{\ln(\alpha) - \mu}{\sigma}} f(s) ds \quad (8)$$

さらに、標準正規分布の累積分布関数を $\Phi(s)$ とすると、 $s = \{\ln(\alpha) - \mu\}/\sigma$ における累積分布関数 $\Phi(\{\ln(\alpha) - \mu\}/\sigma)$ は式(8)の右辺に等しくなることから、式(9)が導かれる。

$$P(x \leq \alpha) = \Phi\left(\frac{\ln(\alpha) - \mu}{\sigma}\right) \quad (9)$$

式(9)の逆関数をとると以下の式(10)が導かれ、ルート毎の選択確率 P がわかればその標準正規累積分布関数の逆関数値が時間価値 α の対数値 $\ln(\alpha)$ と比例関係となるため、それぞれの値を直線回帰することで、 μ 、 σ のパラメータを求めることができる。

$$\Phi^{-1}(P(x \leq \alpha)) = \frac{\ln(\alpha) - \mu}{\sigma} \\ = \frac{1}{\sigma} \ln(\alpha) - \frac{\mu}{\sigma} \quad (10)$$

式(10)の左辺の P については、各生産・消費地別のコンテナ貨物のルート別の貨物量が平成25年度コンテナ流調よりわかっているため、各ルートの選択確率を算出することができ、上述のとおりその標準正規累積分布関数の逆関数をとることで求められる。一方、右辺の $\ln(\alpha)$ については、設定されたルートの最も小さい犠牲量に関する交点(境界時間価値)を計算し、その対数をとることにより算出される。

図-16はこれらをプロットしたものであり、最小二乗法によりパラメータ $1/\sigma$ と $-\mu/\sigma$ を推定し、対数正規分布の分布形を決めることとなる平均 μ 、標準偏差 σ を算出する。

なお、時間価値の代表値算出の際は、中央値は式(11)により、平均値は式(12)により算出することができる。

$$\text{中央値 } m = \exp(\mu) \quad (11)$$

$$\text{平均値 } \alpha = \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right) \quad (12)$$

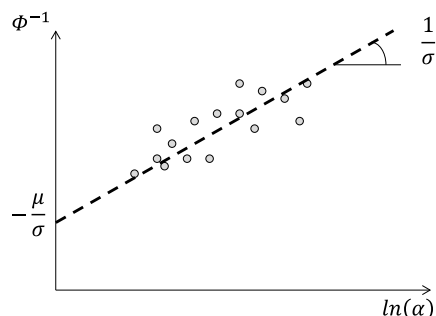


図-16 パラメータの推定

(3) モデル構築フロー

モデルの構築にあたっては、図-17に示すフローに従った。

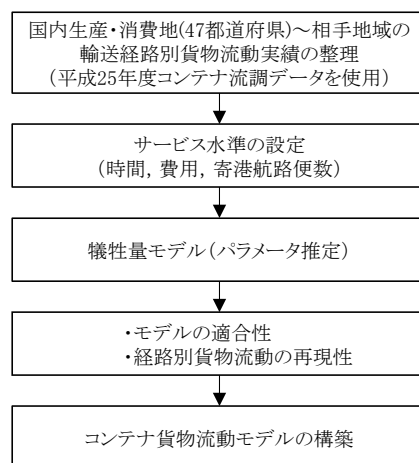


図-17 モデル構築のフロー

まず平成25年度コンテナ流調データを使用して国内の生産・消費地と相手地域の港湾の間の経路別にコンテナ貨物流動実績を整理する。なお本分析では、47都道府県を、国内の貨物の生産・消費地とする。次に時間、費用、寄港航路便数といったサービス水準を設定し、犠牲量モデルによりパラメータを推定する。そしてパラメータ推定で最小二乗法を用いた際の相関係数などによるモデルの適合性や経路別貨物流動の再現性を確認し、モデルを構築する。

3.3 モデルの設定条件

モデルの設定条件の説明にあたり、以降の用語を定義する。

まず以降に記述する輸出・輸入は、それぞれ我が国から見たものとする。例えば「アジア輸出」とは、我が国からアジアへの輸出を示す。また「相手地域」とは、輸出の場合は仕向国、輸入の場合は原産国の存在する地域とする。「代表港」とは、我が国あるいは相手地域において、貨物の船積・船卸が行われる港湾として輸送経路上に設定する港湾とする。

また、輸送経路について、「直航」とは、我が国の最初船積港・最終船卸港と相手地域代表港との間で積み替え無しで輸送されることを示す。「国際フィーダー」（あるいは「国際F」）とは、我が国の最初船積港・最終船卸港と相手地域代表港との間において、我が国港湾で積み替えて輸送されることを示す。なおその際、積み替えが行われる我が国港湾を「国際フィーダー港」（あるいは「国際F港」）と示す。「海外フィーダー」（あるいは「海外F」）とは、我が国の最初船積港・最終船卸港と相手地域代表港との間において、我が国以外の港湾で積み替えて輸送されることを示す。なおその際、積み替えが行われる我が国以外の港湾を「海外フィーダー港」（あるいは「海外F港」）と示す。「国際フィーダー+海外フィーダー」（あるいは「国際F+海外F」）とは、我が国の最初船積港・最終船卸港と相手地域代表港との間において、我が国港湾での積み替えに加えて、我が国以外の港湾でも積み替えて輸送されることを示す。輸出の場合を例とした直航・フィーダー輸送のイメージについて図-18に示す。

(1) 対象とする相手地域の設定について

2.2に述べたように、わが国の輸出入コンテナ貨物はアジア、欧米貨物が大半を占めていることから、アジア、欧米を相手地域とすることとした。さらに、アジア地域は日本全国多数の港湾に航路がある一方、北米・欧州地域は長距離で大型コンテナ船の就航が多く、航路が比較

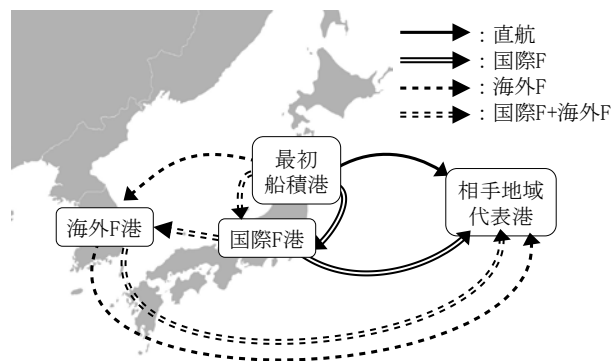


図-18 直航・フィーダー輸送のイメージ(輸出)

的大きな港湾に集約されているなど特徴的な差異があること、井山ら⁴⁾においてもアジアと欧米では時間価値推計結果が異なり、欧米の時間価値はアジアの時間価値と比較して高く推計されていることなどを踏まえ、本分析ではアジア、欧米の貨物についてそれぞれモデル構築を行うこととした。

なおモデル構築の際は、アジア、欧米の各地域内において貨物の発着地域をさらに細分化した。

アジアについては、対象地域を中国北部・中国中部・中国南部・台湾・韓国・タイ・フィリピン・東南アジア北部・東南アジア南部に細分化した。アジアの対象地域と相手地域代表港、海外F港の位置図を図-19に、地域区分別貨物量と代表港を表-2に、アジアの詳細な構成については付録-A 表-A.1に示す。

欧米については、まず輸出では対象地域を欧州・北米西部・北米中西部・北米東部・北米南部に細分化した。欧米輸出の対象地域と相手地域代表港の位置図を図-20に、地域区分別貨物量と代表港を表-3に、欧米の詳細な構成については付録-A 表-A.2に示す。北米については、岩崎ら⁸⁾による、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を参考に、北米中西部、北米東部の代表港はロサンゼルス港(以下「LA港」とする)、ニューヨーク/ニュージャージー港(以下「NY/NJ港」とする)、サバンナ港とし、北米南部はLA港、サバンナ港を代表港とすることとした。また各地域の代表地点を、北米西部はLA港、北米中西部はシカゴ、北米東部はNY/NJ港、北米南部はサバンナ港と設定した。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。以上の北米輸出における設定概要について図-21に示す。

一方欧米の輸入については、輸出と異なり、対象地域を欧州・北米西部・北米東南部に細分化することとした。

欧米輸入の対象地域と相手地域代表港の位置図を図-22に、地域区別貨物量と代表港を表-4に示す。輸出と輸入で北米内の地域区分を変えた理由としては、図-23に示すとおり、北米輸出貨物を地域別にみると、北米西部貨物が約41%、北米中西部貨物が約25%、北米東部貨物が約10%、北米南部貨物が約24%と概ね分散しているのに対し、北米輸入貨物は北米西部貨物が約85%、北米南部貨物が約11%と、この2地域で9割以上を占めており、北米中西部貨物、北米東部貨物はそれぞれ約2%に過ぎない。従って北米輸入については、輸出と同様に4地域に細分化したままではモデル構築に支障を来す恐れがあることから、北米中西部貨物と北米東部貨物を北米南部貨物に算入して、北米を北米西部と北米東南部の2つに細分化することとした。北米西部の代表地、代表港はLA港とし、北米東南部の代表地はサバンナ港、代表港はLA港ならびにサバンナ港とした。なお、北米東南部貨物が自地域以外の港湾であるLA港を利用する場合は、内陸鉄道輸送を利用してサバンナからの輸送を行うこととした。以上の北米輸入における設定概要について図-24に示す。

海外フィーダー港については、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。各港の位置は図-19に示したとおりである。

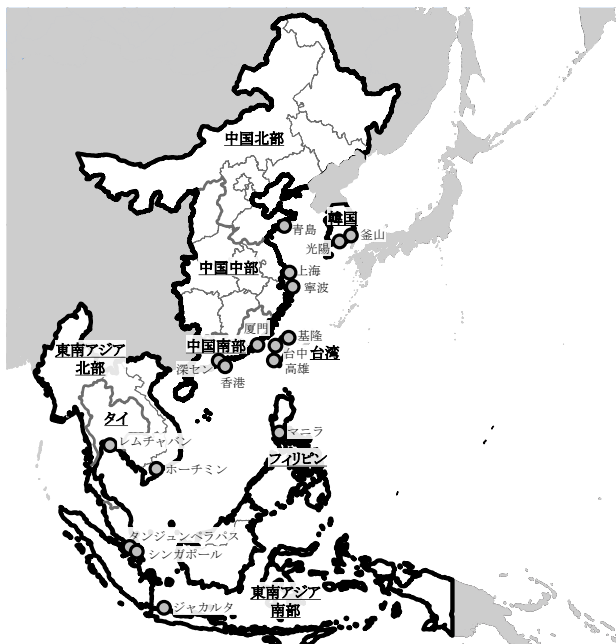


図-19 アジアの対象地域と相手地域代表港，海外F港

表-2 アジアの地域区別貨物量と代表港

地域区分	貨物量[千FT]		代表港
	輸出	輸入	
中国北部	398	1,512	青島港
中国中部	1,002	2,538	上海港
中国南部	609	1,464	香港港
台湾	386	340	基隆港
韓国	349	546	釜山港
タイ	481	593	レムチャバン港
フィリピン	129	179	マニラ港
東南アジア北部	257	430	ホーチミン港
東南アジア南部	567	646	ジャカルタ港
合計	4,178	8,249	

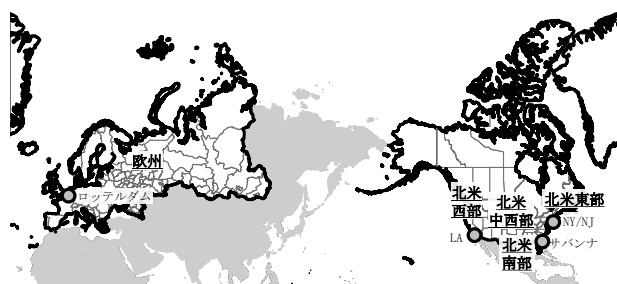


図-20 欧米輸出対象地域と相手地域代表港

表-3 欧米輸出の地域区別貨物量と代表港

地域区分	貨物量 [千FT]	代表地	代表港
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		



図-21 北米における設定概要（輸出の場合）

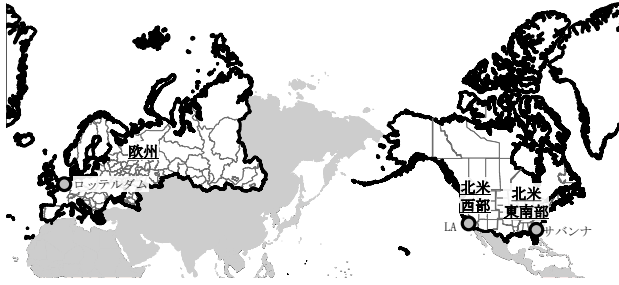


図-22 欧米輸入対象地域と相手地域代表港

表-4 欧米輸入の地域区別貨物量と代表港

地域区分	貨物量 [千FT]	代表地	代表港
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		

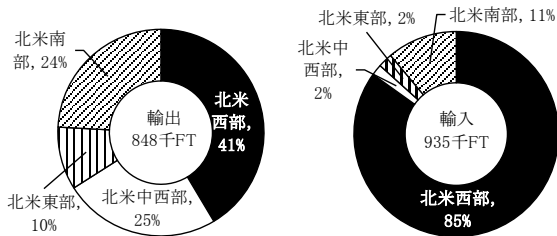


図-23 北米の地域別貨物量(輸出入別)



図-24 北米における設定概要(輸入の場合)

(2) わが国の設定について

先に述べたように本分析では、47都道府県を国内の貨物の生産・消費地とする。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、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)において設定されている、全国を207に区分した生活圏別に生産・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の大小で重み付けを行った上で設定した。

国内の代表港については、井山ら⁵⁾と同様に、東京湾、

伊勢湾、大阪湾、北部九州の4地域は大規模な港湾が近距離にあるため、時間、費用で設定される犠牲量に差が出ていくことから、一括して扱うこととしている。代表港としてはそれぞれ、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港を設定することとした。国内の代表港の位置図について、図-25に示す。

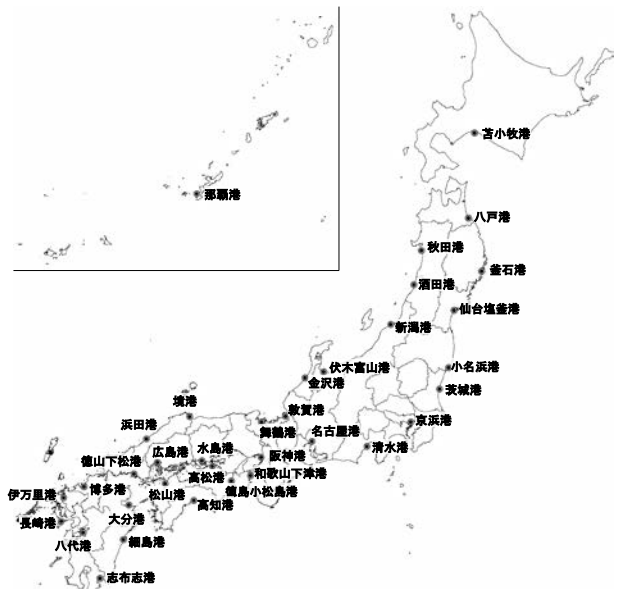


図-25 国内代表港位置図

(3) 貨物流動実績の整理

平成25年度コンテナ流調の結果を用いて、相手地域・輸出入別に、わが国の47都道府県と相手地域との貨物流動実績を、最初船積・最終船卸港別、国際フィーダー港・海外フィーダー港別で分類して整理した。貨物流動実績の整理のイメージは図-26に示すとおりであり、例として関東地方から韓国への輸出貨物についてデータを整理した結果を表-5に示す。なお分析にあたっては47都道府県を生産・消費地としたが、表-5では関東地方としてまとめて表示している。

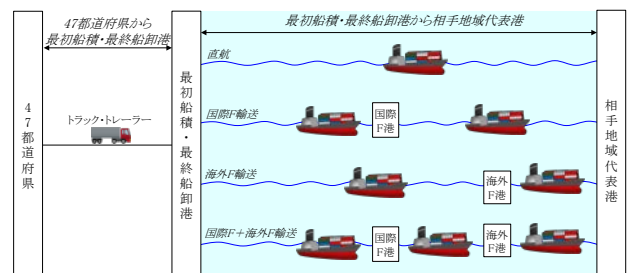


図-26 貨物流動実績の整理のイメージ

表-5 データ整理例(関東地方から韓国への輸出貨物)

[千FT]

生産地	最初船積港	直航or フィーダー	国際F 港	海外F 港	貨物 量
関東 地方	苫小牧港	直航	-	-	1
	茨城港	直航	-	-	0.1
	京浜港	直航	-	-	81
		国際F	阪神港	-	0.007
		海外F	-	上海港 基隆港	0.05 0.007
	新潟港	直航	-	-	0.08
	清水港	直航	-	-	0.3
	名古屋港	直航	-	-	1
	阪神港	直航	-	-	4
	和歌山下津港	直航	-	-	0.05
	水島港	直航	-	-	0.008
	広島港	直航	-	-	0.1
	浜田港	直航	-	-	0.001
	徳山下松港	直航	-	-	0.2
	高松港	直航	-	-	0.2
博多港	直航	-	-	0.6	
伊万里港	直航	-	-	0.1	

(4) サービス水準の設定

時間，費用，寄港航路便数といったサービス水準データの設定概要について，表-6 に示す。

輸送費用の設定については，既往研究³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾においては20フィートコンテナの輸送料金を設定している。これは，便宜上，モデルにおいては，全てのコンテナが20フィートコンテナで輸送されたとの設定になるが，2.2に示したとおり，平成25年度コンテナ流調の結果によると，40フ

ィートコンテナでの輸送が多い。20フィートコンテナと40フィートコンテナでは輸送や荷役の費用は異なり，例えば40フィートコンテナで輸送された場合においては，40フィートコンテナの費用が20フィートコンテナの費用の2倍とは限らないため，40フィートコンテナで輸送された場合の費用が実際の費用と乖離することとなる。このことから，本分析における輸送費用の設定は，20フィートコンテナの輸送費用ではなく，20フィートコンテナと40フィートコンテナの個数の比率をもとに，個数ベースで輸送費用を設定することとした。コンテナ1個あたりの陸上輸送費用算定式を式(13)，コンテナ1個あたりの海上輸送費用算定式を式(14)に示す。なお算定の際，文献¹¹⁾をもとに，コンテナタイプ別の個数比率は20フィートコンテナ：40フィートコンテナ=10：12とした。

$$C_{Land-1unit} = \frac{C_{Land-1TEU} \times 10 + C_{Land-1FEU} \times 12}{10 + 12} \quad (13)$$

$$C_{Sea-1unit} = \frac{C_{Sea-1TEU} \times 10 + C_{Sea-1FEU} \times 12}{10 + 12} \quad (14)$$

ここに，

$C_{Land-1unit}$ ：コンテナ1個あたりの陸上輸送費用

$C_{Land-1TEU}$ ：1TEUあたりの陸上輸送費用

$C_{Land-1FEU}$ ：1FEUあたりの陸上輸送費用

$C_{Sea-1unit}$ ：コンテナ1個あたりの海上輸送費用

$C_{Sea-1TEU}$ ：1TEUあたりの海上輸送費用

$C_{Sea-1FEU}$ ：1FEUあたりの海上輸送費用

表-6 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 ¹²⁾ をもとに，長時間輸送の場合は休憩時間 ¹³⁾ を考慮して設定。
		海外F	海上輸送距離と船舶の航行速度 ¹⁴⁾ をもとにした海上輸送時間のほか，積み卸し時間 ¹¹⁾ ，航路便数 ¹⁴⁾ に基づく待ち時間も考慮して設定。
	海上輸送時間	直航・国際F	海上輸送距離 ¹⁵⁾ とコンテナ船の航行速度 ¹¹⁾ をもとにした海上輸送時間のほか，積み卸し時間 ¹¹⁾ ，航路便数 ¹⁶⁾ に基づく待ち時間も考慮して設定。また運河を通航する場合は，文献 ¹⁷⁾¹⁸⁾ をもとに通航時間も設定。
	港湾諸時間	直航・国際F・海外F	第10回輸入通関手続の所要時間調査(2012年)の結果 ¹⁹⁾ 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 ¹¹⁾ も考慮して設定。
	北米内陸輸送時間	北米内陸輸送	文献 ²⁰⁾ 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 ¹¹⁾ などをもとに算出し，高速道路利用費用 ¹¹⁾ も考慮して設定。
		海外F	海上輸送距離と船舶の航行速度 ¹⁴⁾ をもとにした海上輸送時間から文献 ¹¹⁾ をもとに算出し，横持ち費用 ²¹⁾ や実勢運賃も考慮して設定。
	海上輸送時間	直航・国際F	海上輸送距離 ¹⁵⁾ と船舶の航行速度 ¹⁴⁾ をもとにした海上輸送時間から文献 ¹¹⁾ 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 ²²⁾ をもとに通航料も設定。
	港湾諸費用	直航・国際F・海外F	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 ¹¹⁾ も考慮して設定。
	北米内陸輸送費用	北米内陸輸送	文献 ²³⁾ 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。

また、平成25年度コンテナ流調はトン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。そこでコンテナ1個あたりの貨物量については、文献¹¹⁾において、コンテナタイプ別の個数比率が20フィートコンテナ：40フィートコンテナ=10：12、コンテナ1個あたりの貨物量が20フィートコンテナ1個当たり18.3FT、40フィートコンテナ1個当たり27.5FTであることから、式(15)により算出し、23.3FT/個とした。

$$FT_{1unit} = \frac{FT_{1TEU} \times 10 + FT_{1FEU} \times 12}{10 + 12}$$

$$= \frac{18.3 \times 10 + 27.5 \times 12}{10 + 12} \cong 23.3 \quad (15)$$

ここに、

- FT_{1unit} : コンテナ1個あたりの貨物量
- FT_{1TEU} : コンテナ1TEUあたりの貨物量
- FT_{1FEU} : コンテナ1FEUあたりの貨物量

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、(2)で述べたとおり、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の大小で重み付けを行った距離をベースにし、さらに玉井ら²⁴⁾による、平成25年度コンテナ流調を用いた分析結果を考慮する。玉井ら²⁴⁾は生産・消費地と船積・船卸港との間のコンテナ詰め・取出地の経由を考慮した距離の、コンテナ詰め・取出地を考慮しない距離に対する比率を分析しており、その概念を図-27に示す。分析結果によると、コンテナ詰め・取出地を考慮した距離の、コンテナ詰め・取出地を考慮しない距離に対する比率は、輸出で1.07倍、輸入で1.05倍であるとされており、本分析においてはこの結果を考慮し、各生産・消費地と船積・船卸港との間のコンテナ詰め・取出地の経由を考慮しない距離に対して、輸出は1.07倍、輸入は1.05倍とした距離を輸送距離として用いることとした。

さらに平成25年度コンテナ流調データでは、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も把握できることから、生産・消費地別のトラックでの輸送距離を、トラック+トレーラーの輸送距離で割ることにより、トラック輸送距離比率を算出した。その概念を図-28に示す。全国平均は、輸出では0.57、輸入では0.25であった。これを用いて、先述の輸送距離のうち、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。

また、ヒアリング結果を踏まえ、トラックサイズは輸出時を10t車、輸入時を4t車とし、フレートトンとメトリックトンの換算係数を0.919MT/FT¹¹⁾と設定すると、トラック輸送される際のコンテナ1個あたりの必要トラック台数は式(16)、(17)により算出され、輸出時は約3台、輸入時は約6台となる。コンテナ1個あたりのトラック輸送費用は、トラック1台あたりの輸送費用にこれらの必要トラック台数をかけたものとして設定した。

$$N_{truck-ex} = \frac{23.3}{10 \times 0.919} \cong 3 \quad (16)$$

$$N_{truck-im} = \frac{23.3}{4 \times 0.919} \cong 6 \quad (17)$$

ここに、

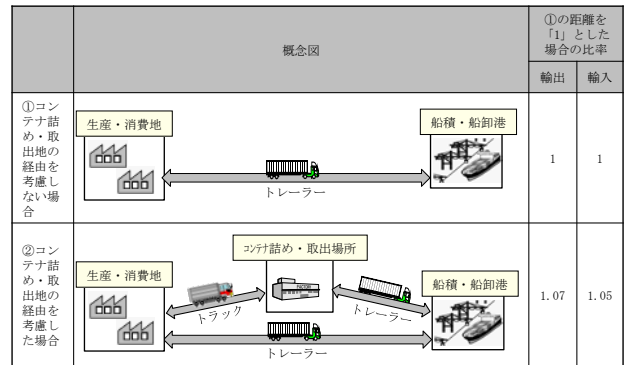
- $N_{truck-ex}$: 輸出時のコンテナ1個あたり必要トラック台数
- $N_{truck-im}$: 輸入時のコンテナ1個あたり必要トラック台数

また航路便数に基づく待ち時間については、式(18)により算出し、設定した。

$$T_w = \frac{7day \cdot 24hr}{F} \cdot \frac{1}{2} \quad (18)$$

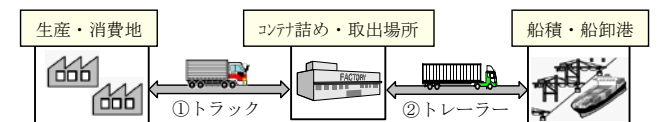
ここに、

- T_w : 待ち時間
- F : 航路便数(便/週)



資料)玉井ら²⁴⁾をもとに作成

図-27 詰め・取出地の経由を考慮した距離比率の概念



$$\text{トラック輸送距離比率} = \frac{\text{①トラックの輸送距離}}{\text{①トラックの輸送距離} + \text{②トレーラーの輸送距離}} \text{の全国平均}$$

$$= (\text{輸出})0.57, (\text{輸入})0.25$$

図-28 トラック輸送距離比率の概念

3.4 モデルの検討結果

3.3(3)で整理したわが国の47都道府県と相手地域であるアジア、欧米との貨物流動実績と3.3(4)で設定したサービス水準を用い、相手地域(アジア、欧米)・輸出入別にパラメータ ($1/\sigma$, $-\mu/\sigma$) を推定した。なお推定したパラメータによりモデルの適合性を検討する際、最小二乗法により回帰した際の相関係数も考慮した。

以下に相手地域(アジア、欧米)・輸出入別にパラメータを推定した結果やモデルの適合性、さらに推定したパラメータを用いてモデルの現況再現性を検討した結果を示す。

(1) アジア輸出

わが国からアジアへ輸出したコンテナ貨物を対象として分析を行った。モデル構築に用いた貨物量は、表-2に示したとおり4,178千FTである。

3.2で述べた時間価値推計方法に従い、生産地別コンテナ貨物の各ルートを選択確率の標準正規累積分布関数の逆関数と境界時間価値の対数をプロットし、最小二乗法で回帰したものを図-29に、推定されたパラメータ ($1/\sigma$, $-\mu/\sigma$) ならびにそれらから算出される平均値 μ と標準偏差 σ 、相関係数を表-7に、確率密度関数を描画したものを図-30に示す。

図-29、表-7に示すとおり、最小二乗法で回帰した結果、切片 $-\mu/\sigma$ は-4.41、傾き $1/\sigma$ は0.573となり、従って図-30で示した時間価値の確率密度関数の平均 μ は7.70、標準偏差 σ は1.74となる。なお最小二乗法の回帰直線のあてはまり具合を示す相関係数Rは0.750であり、かなり高い相関がある²⁵⁾という結果となった。また回帰分析に用いたデータ数、すなわち輸送経路毎の総犠牲量を描いた3.2の図-15に示した α_{12} や α_{23} などの交点の数は647であった。

さらに時間価値の中央値と平均値を、3.2で示した式(11)と式(12)を用いて算出した結果、中央値は2,210円/(h・個)、平均値は10,121円/(h・個)となった。なおTEU単位に換算すると、中央値は1,734円/(h・TEU)、平均値は7,943円/(h・TEU)である。TEU単位への換算にあたっては、3.3(4)においてコンテナ1個あたりの貨物量を23.3FT/個と設定したこと、またその際、1TEU当たりの貨物量は18.3FT/TEUと設定していたことから、1個あたりから1TEUあたりへの換算係数を $18.3/23.3 \approx 0.785$ と算出し、この換算係数を1個あたりの時間価値算出結果にかけることでTEU単位への換算を行った。

構築したモデルを用いて推計した生産地別・経路別貨物量の実績値とその現況再現値の比較を図-31に示す。例

えば静岡県で直航貨物の実績値約218千FTに対して現況再現値は約202千FTと過小に、一方海外フィーダー貨物は実績値約11千FTに対して現況再現値は約27千FTと過大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、最初船積港別・経路別貨物量の実績値とその現況再現値の比較を図-32に示す。京浜港では直航貨物の実績値約1,428千FTに対して現況再現値は約1,226千FTと過小に、一方海外フィーダー貨物は実績値約46千FTに対して現況再現値は約59千FTと過大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。さらに、最初船積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図-33に示す。相関係数は0.996であり、かなり高い相関がある²⁵⁾という結果となった。なお貨物量の多い京浜港、名古屋港、阪神港を除いて相関係数を算出すると、図-34に示すとおり相関係数は0.976であり、貨物量の多い港湾を除いてもかなり高い相関がある²⁵⁾という結果となった。

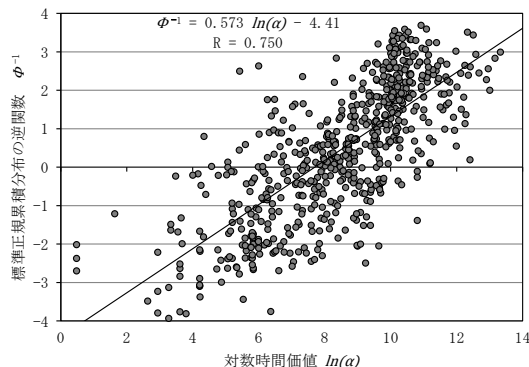


図-29 アジア輸出の回帰分析結果

表-7 アジア輸出のパラメータ推定結果

切片	$-\mu/\sigma$	-4.41
傾き	$1/\sigma$	0.573
平均	μ	7.70
標準偏差	σ	1.74
相関係数	R	0.750
データ数	-	647

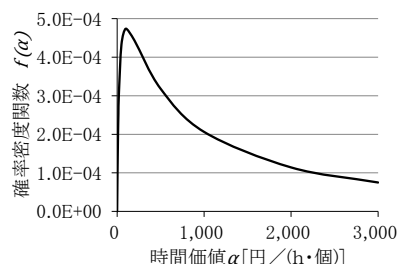


図-30 時間価値の確率密度関数(アジア輸出)

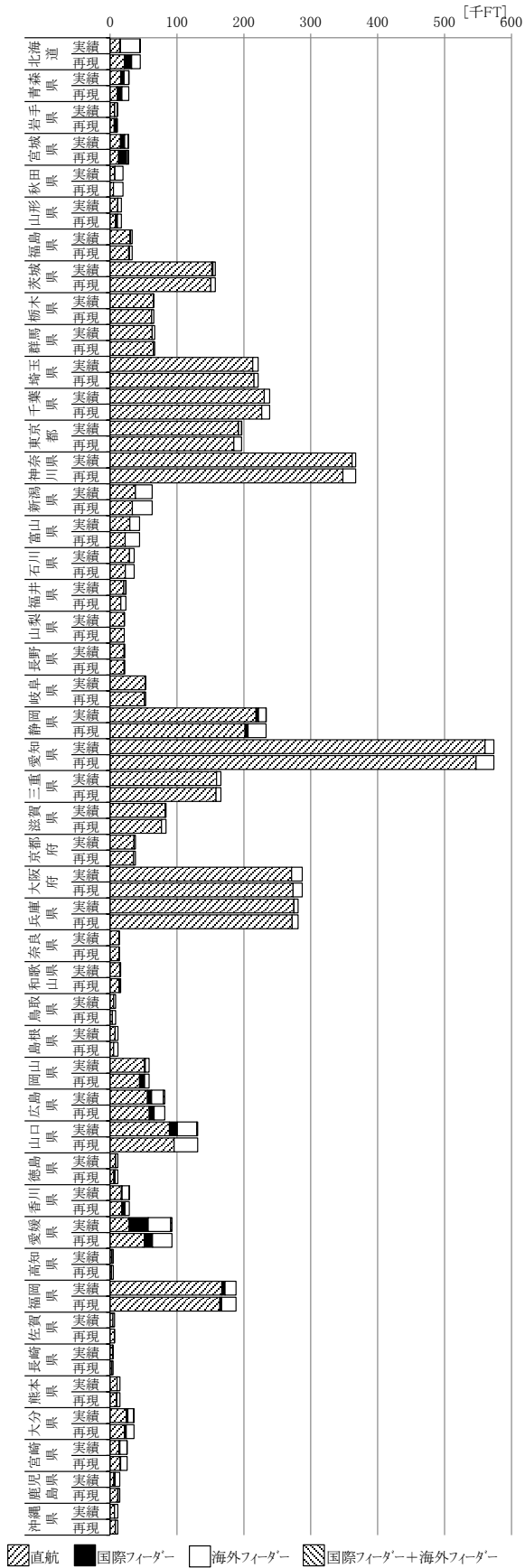


図-31 生産地別・経路別貨物量の実績値と現況再現値（アジア輸出）

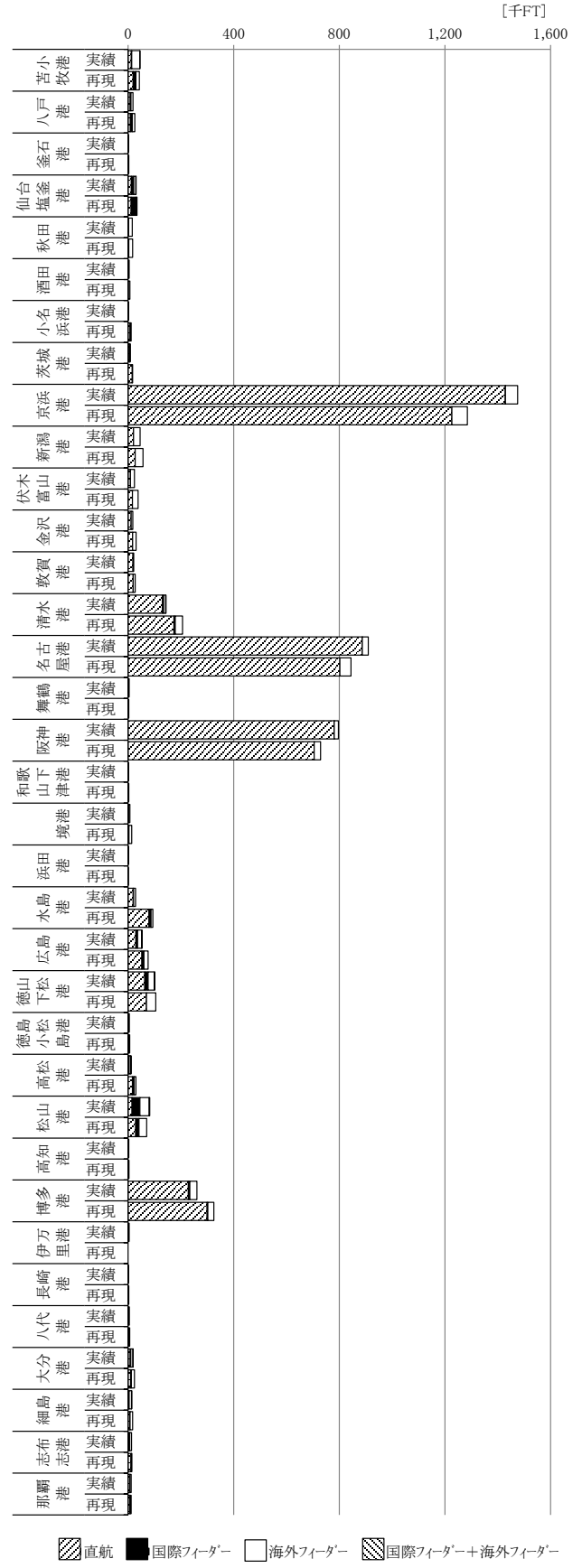


図-32 最初船積港別・経路別貨物量の実績値と現況再現値（アジア輸出）

さらに、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、中国北部・中国中部・中国南部については図-35に、それ以外については図-36に示す。中国中部においては海外フィーダー貨物の実績値約74千FTに対して現況再現値は約45千FTと過小に、東南アジア南部においては海外フィーダー貨物の実績値約92千FTに対して現況再現値は約186千FTと過大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。

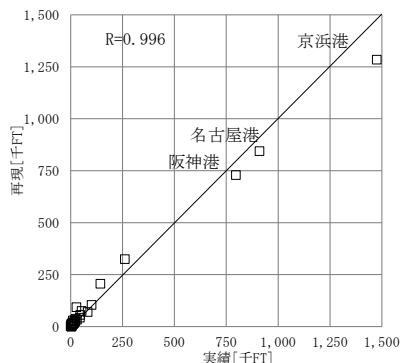


図-33 最初船積港別貨物量の実績値と現況再現値
(アジア輸出)

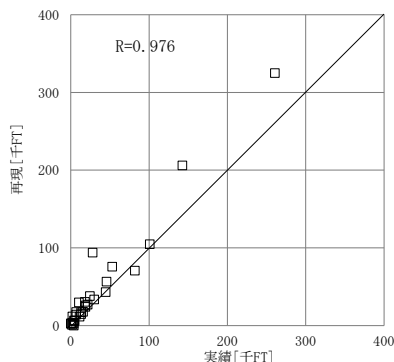


図-34 最初船積港別貨物量の実績値と現況再現値
(アジア輸出：京浜港・名古屋港・阪神港以外)

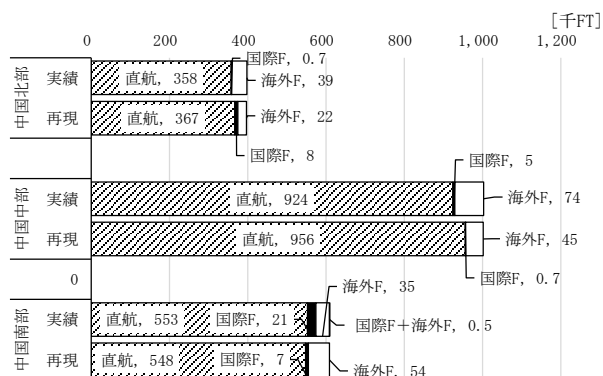


図-35 相手地域別・経路別貨物量の実績値と現況再現値
(アジア輸出：中国北部・中国中部・中国南部)

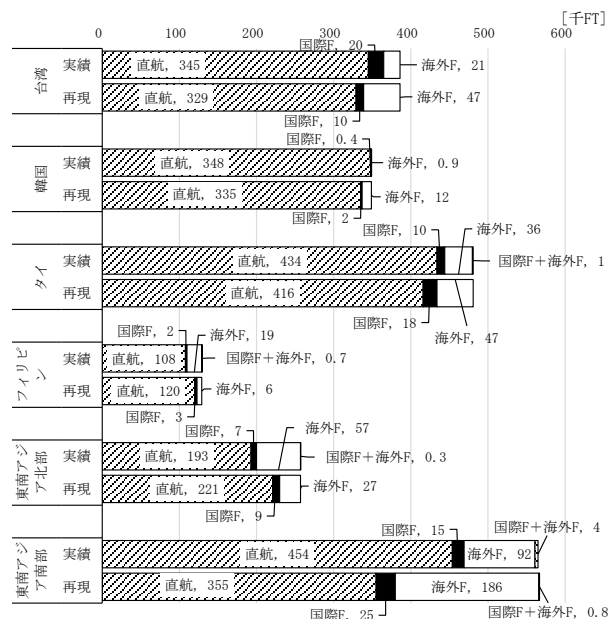


図-36 相手地域別・経路別貨物量の実績値と現況再現値
(アジア輸出：中国北部・中国中部・中国南部以外)

(2) アジア輸入

わが国がアジアから輸入したコンテナ貨物を対象として分析を行った。モデル構築に用いた貨物量は、表-2に示したとおり8,249千FTである。

3.2で述べた時間価値推計方法に従い、消費地別コンテナ貨物の各ルートを選択確率の標準正規累積分布関数の逆関数と境界時間価値の対数をプロットし、最小二乗法で回帰したものを図-37に、推定されたパラメータ ($1/\sigma$, $-\mu/\sigma$) ならびにそれらから算出される平均値 μ と標準偏差 σ , 相関係数を表-8に、確率密度関数を描画したものを図-38に示す。

図-37, 表-8に示すとおり、最小二乗法で回帰した結果、切片 $-\mu/\sigma$ は-4.60, 傾き $1/\sigma$ は0.610となり、従って図-38で示した時間価値の確率密度関数の平均 μ は7.53, 標準偏差 σ は1.64となる。なお最小二乗法の回帰直線のあてはまり具合を示す相関係数Rは0.735であり、かなり高い相関がある²⁵⁾という結果となった。また回帰分析に用いたデータ数、すなわち輸送経路毎の総犠牲量を描いた3.2の図-15に示した α_{12} や α_{23} などの交点の数は641であった。

さらに時間価値の中央値と平均値を、3.2で示した式(11)と式(12)を用いて算出した結果、中央値は1,862円/(h・個), 平均値は7,128円/(h・個)となった。なおTEU単位に換算すると、中央値は1,462円/(h・TEU), 平均値は5,594円/(h・TEU)である。

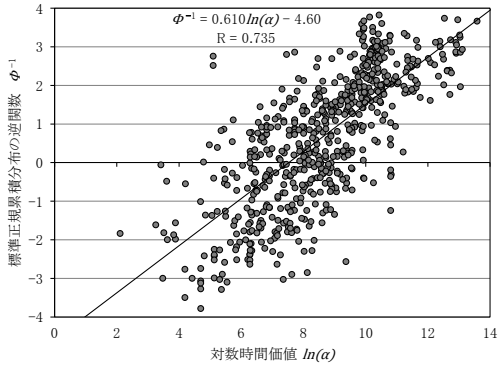


図-37 アジア輸入の回帰分析結果

表-8 アジア輸入のパラメータ推定結果

切片	$-\mu / \sigma$	-4.60
傾き	$1 / \sigma$	0.610
平均	μ	7.53
標準偏差	σ	1.64
相関係数	R	0.735
データ数	-	641

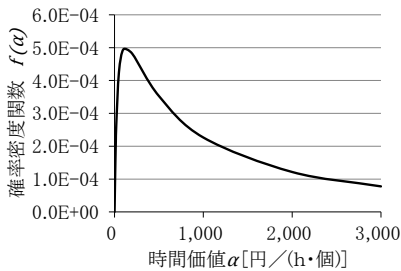


図-38 時間値の確率密度関数(アジア輸入)

構築したモデルを用いて推計した消費地別・経路別貨物量の実績値とその現況再現値の比較を図-39に示す. 例えば神奈川県で直航貨物の実績値約616千FTに対して現況再現値は約588千FTと過小に、一方海外フィーダー貨物は実績値約23千FTに対して現況再現値は約51千FTと過大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、最終船卸港別・経路別貨物量の実績値とその現況再現値の比較を図-40に示す. 京浜港では直航貨物の実績値約3,134千FTに対して現況再現値は約2,802千FTと過小に、一方海外フィーダー貨物は実績値約138千FTに対して現況再現値は約230千FTと過大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. さらに、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図-41に示す. 相関係数は0.999であり、かなり高い相関がある²⁵⁾という結果となった. なお貨物量の多い京浜港、名古屋港、阪神港を除いて相関係数を算出すると、

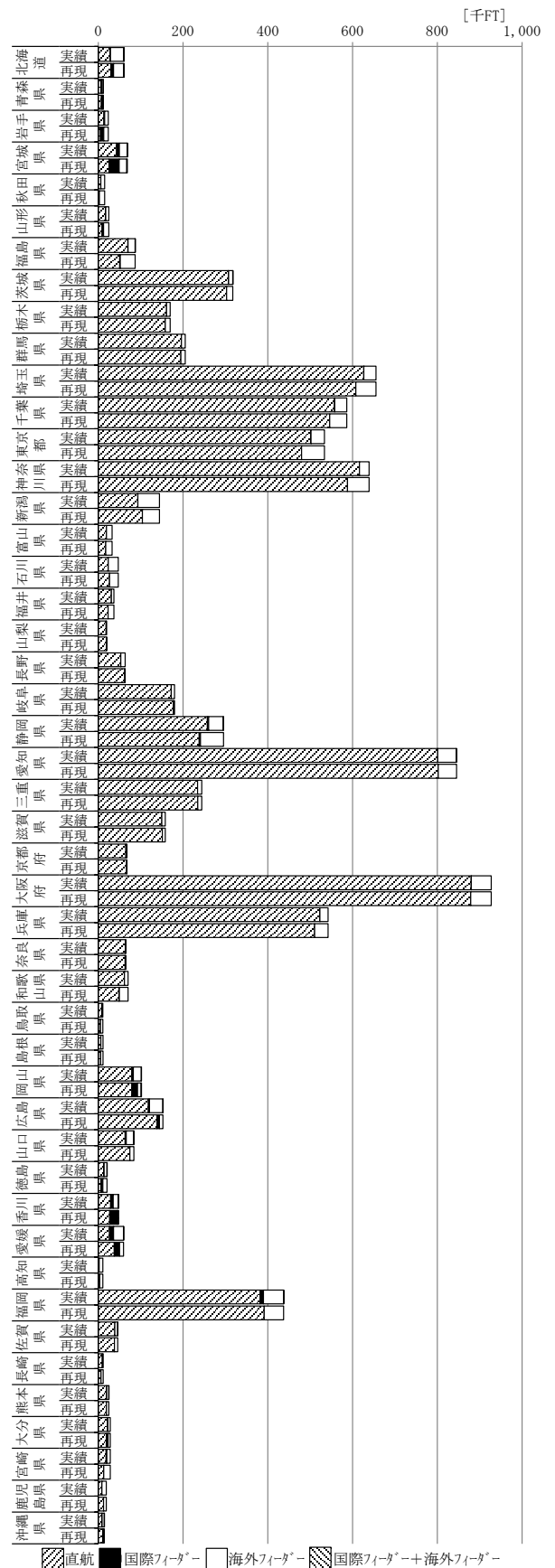


図-39 消費地別・経路別貨物量の実績値と現況再現値 (アジア輸入)

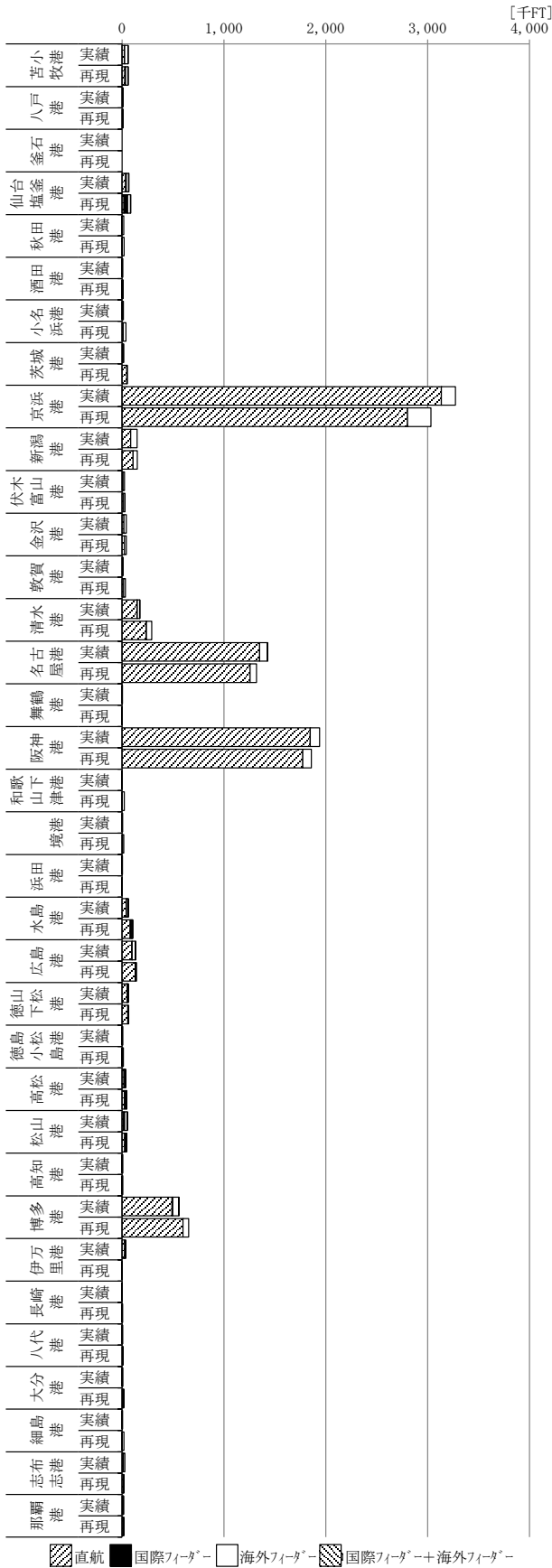


図-40 最終船卸港別・経路別貨物量の実績値と現況再現値 (アジア輸入)

図-42に示すとおり相関係数は0.985であり、貨物量の多い港湾を除いてもかなり高い相関がある²⁵⁾という結果となった。

さらに、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、中国北部・中国中部・中国南部については図-43に、それ以外については図-44に示す。中国北部においては海外フィーダー貨物の実績値約152千FTに対して現況再現値は約76千FTと過小に、一方中国中部においては海外フィーダー貨物の実績値約76千FTに対して現況再現値は約165千FTと過大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。

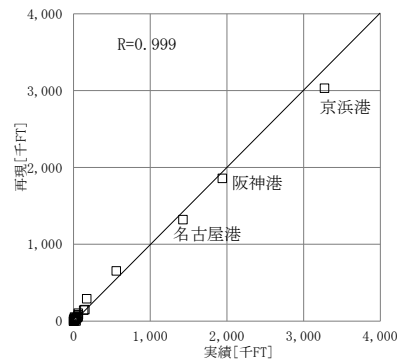


図-41 最終船卸港別貨物量の実績値と現況再現値 (アジア輸入)

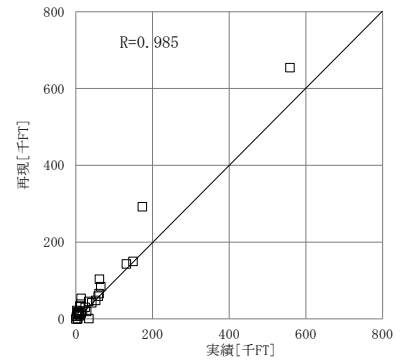


図-42 最終船卸港別貨物量の実績値と現況再現値 (アジア輸入：京浜港・名古屋港・阪神港以外)

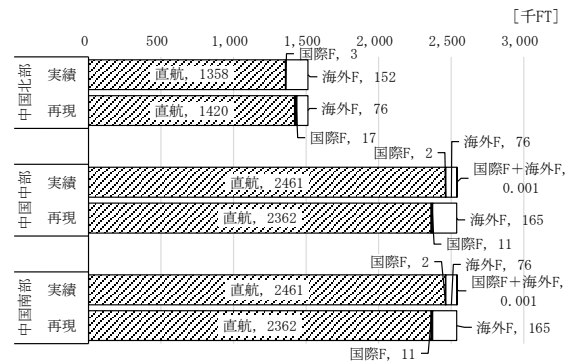


図-43 相手地域別・経路別貨物量の実績値と現況再現値 (アジア輸入：中国北部・中国中部・中国南部)

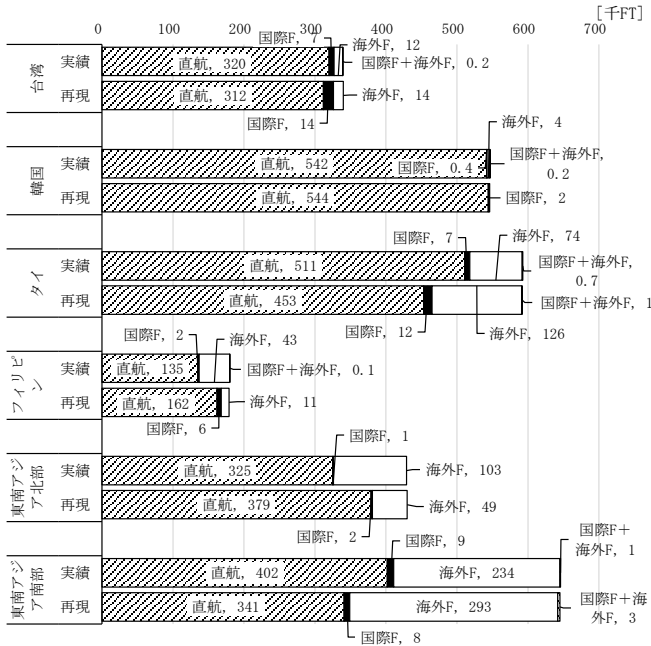


図-44 相手地域別・経路別貨物量の実績値と現況再現値
(アジア輸入：中国北部・中国中部・中国南部以外)

(3) 欧米輸出

わが国から欧米へ輸出したコンテナ貨物を対象として分析を行った。モデル構築に用いた貨物量は、表-3に示したとおり1,466千FTである。

3.2で述べた時間価値推計方法に従い、生産地別コンテナ貨物の各ルートを選択確率の標準正規累積分布関数の逆関数と境界時間価値の対数をプロットし、最小二乗法で回帰したものを図-45に、推定されたパラメータ(1/σ, -μ/σ)ならびにそれらから算出される平均値μと標準偏差σ, 相関係数を表-9に、確率密度関数を描画したものを図-46に示す。

図-45, 表-9に示すとおり、最小二乗法で回帰した結果、切片-μ/σは-3.65, 傾き1/σは0.451となり、従って図-46で示した時間価値の確率密度関数の平均μは8.09, 標準偏差σは2.22となる。なお最小二乗法の回帰直線のあたりはより具合を示す相関係数Rは0.735であり、かなり高い相関がある²⁵⁾という結果となった。また回帰分析に用いたデータ数, すなわち輸送経路毎の総犠牲量を描いた3.2の図-15に示したα₁₂やα₂₃などの交点の数は364であった。

さらに時間価値の中央値と平均値を、3.2で示した式(11)と式(12)を用いて算出した結果、中央値は3,252円/(h・個), 平均値は37,897円/(h・個)となった。なおTEU単位に換算すると、中央値は2,552/(h・TEU), 平均値は29,741円/(h・TEU)である。

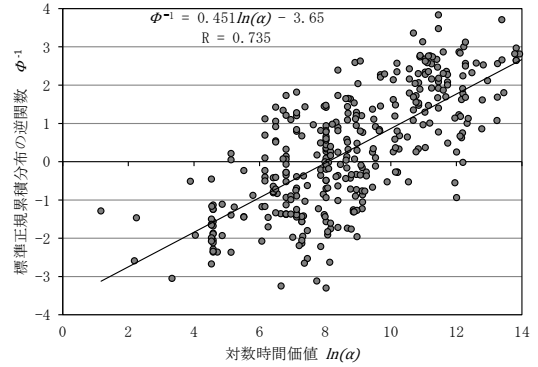


図-45 欧米輸出の回帰分析結果

表-9 欧米輸出のパラメータ推定結果

切片	-μ / σ	-3.65
傾き	1 / σ	0.451
平均	μ	8.09
標準偏差	σ	2.22
相関係数	R	0.735
データ数	-	364

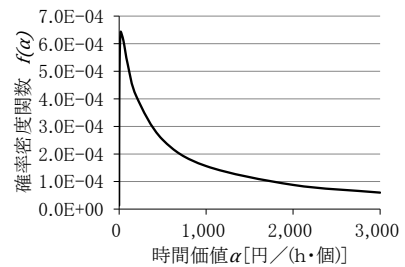


図-46 時間価値の確率密度関数(欧米輸出)

構築したモデルを用いて推計した生産地別・経路別貨物量の実績値とその現況再現値の比較を図-47に示す。例えば宮城県で直航貨物の実績値約26千FTに対して現況再現値は約44千FTと過大に、一方国際フィーダー貨物の実績値約23千FTに対して現況再現値は約6千FT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、最初船積港別・経路別貨物量の実績値とその現況再現値の比較を図-48に示す。仙台塩釜港では国際フィーダー貨物の実績値約24千FTに対して現況再現値は約7千FTと過小に、一方直航貨物は実績値約25千FTに対して現況再現値は約41千FTと過大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。さらに、最初船積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図-49に示す。相関係数は0.994であり、かなり高い相関がある²⁵⁾という結果となった。なお貨物量の多い京浜港, 名古屋港, 阪神港を除いて相関係数を算出すると、図-50

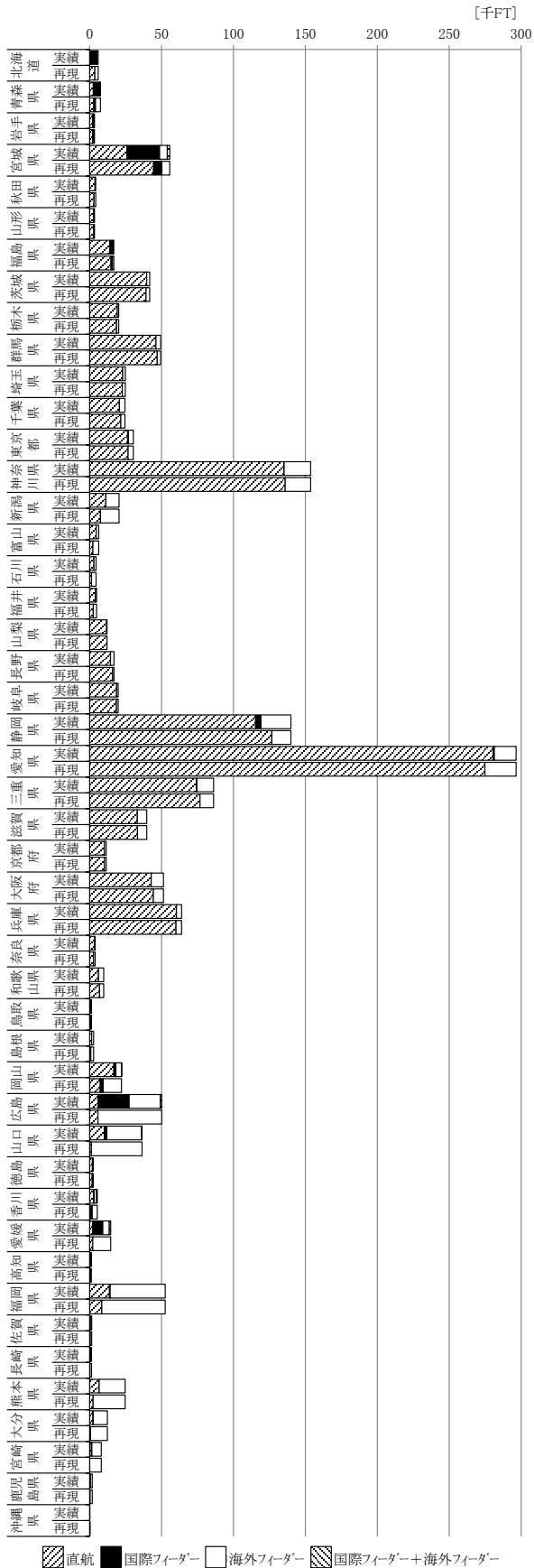


図-47 生産地別・経路別貨物量の
実績値と現況再現値（欧米輸出）

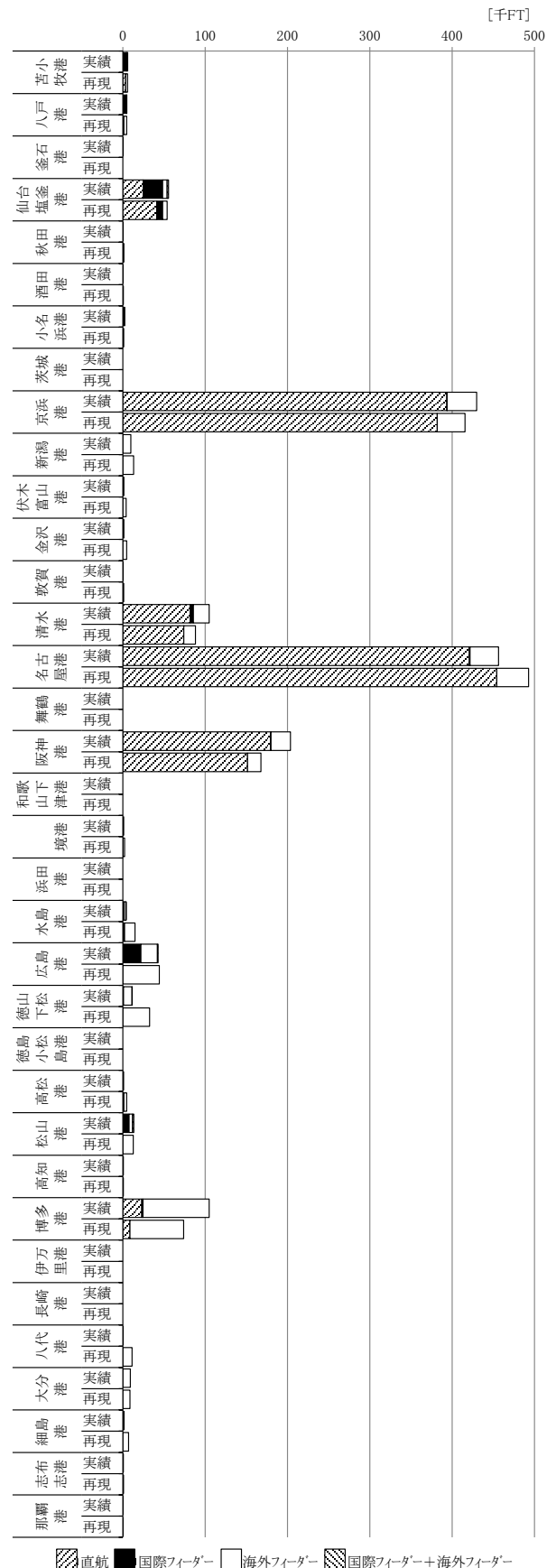


図-48 最初船積港別・経路別貨物量の
実績値と現況再現値（欧米輸出）

に示すとおり相関係数は0.968であり、貨物量の多い港湾を除いてもかなり高い相関がある²⁵⁾という結果となった。

さらに、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-51**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に対して現況再現値は約9千FT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に対して現況再現値は約0.2千FT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、経路として西岸經由（LA港利用）航路と、パナマ運河經由（NY/NJ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-52**に示す。北米中西部においてはパナマ運河經由航路が実績約14千FTに対して現況再現値は約0.9千FTと過小に推計されたが，北米東部や北米南部においては，西岸經由航路とパナマ運河經由航路の経路別貨物量をおおむね再現できた。

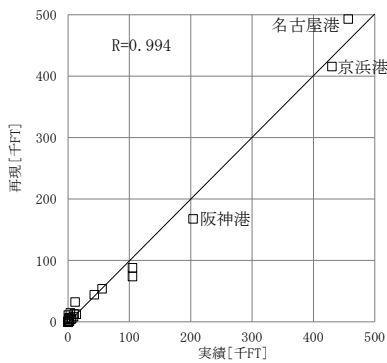


図-49 最初船積港別貨物量の実績値と現況再現値 (欧米輸出)

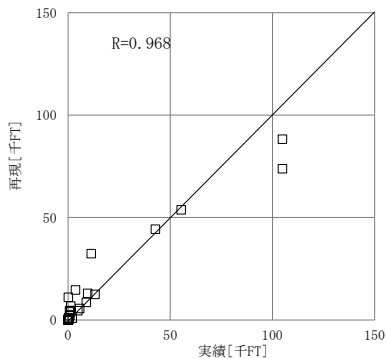


図-50 最初船積港別貨物量の実績値と現況再現値 (欧米輸出：京浜港・名古屋港・阪神港以外)

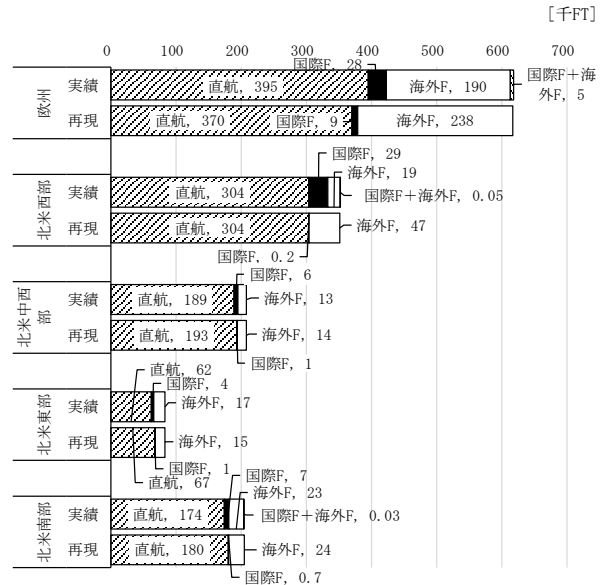


図-51 相手地域別・経路別貨物量の実績値と現況再現値 (欧米輸出)

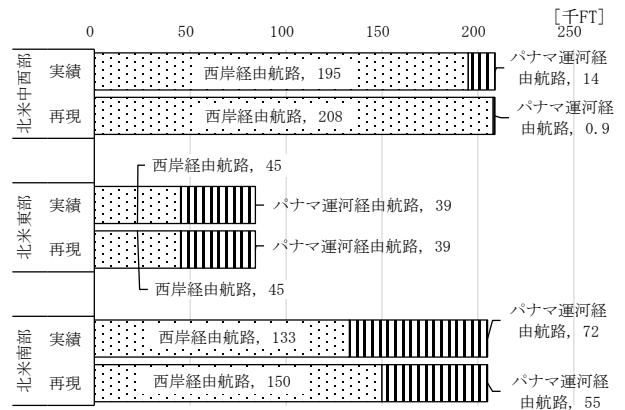


図-52 相手地域別・航路別貨物量の実績値と現況再現値 (欧米輸出)

(4) 欧米輸入

わが国が欧米から輸入したコンテナ貨物を対象として分析を行った。モデル構築に用いた貨物量は、**表-4**に示したとおり1,876千FTである。

3.2で述べた時間価値推計方法に従い，消費地別コンテナ貨物の各ルートの選択確率の標準正規累積分布関数の逆関数と境界時間価値の対数をプロットし，最小二乗法で回帰したものを**図-53**に，推定されたパラメータ ($1/\sigma$, $-\mu/\sigma$) ならびにそれらから算出される平均値 μ と標準偏差 σ ，相関係数を**表-10**に，確率密度関数を描画したものを**図-54**に示す。

図-53，**表-10**に示すとおり，最小二乗法で回帰した結果，切片 $-\mu/\sigma$ は-4.27，傾き $1/\sigma$ は0.542となり，従って**図-54**で示した時間価値の確率密度関数の平均 μ は

7.87, 標準偏差 σ は1.84となる. なお最小二乗法の回帰直線のあてはまり具合を示す相関係数Rは0.600であり, 高い相関がある²⁵⁾という結果となった. また回帰分析に用いたデータ数, すなわち輸送経路毎の総犠牲量を描いた3.2の図-15に示した α_{12} や α_{23} などの交点の数は184であった.

さらに時間価値の中央値と平均値を, 3.2で示した式(11)と式(12)を用いて算出した結果, 中央値は2,614円/(h・個), 平均値は14,299円/(h・個)となった. なおTEU単位に換算すると, 中央値は2,052/(h・TEU), 平均値は11,222円/(h・TEU)である.

構築したモデルを用いて推計した消費地別・経路別貨物量の実績値とその現況再現値の比較を図-55に示す. 例えば岡山県で国際フィーダー貨物の実績値約4千FTに対して現況再現値は約34千FTと過大に, 一方直航貨物は実績値約45千FTに対して現況再現値は約15千FT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.

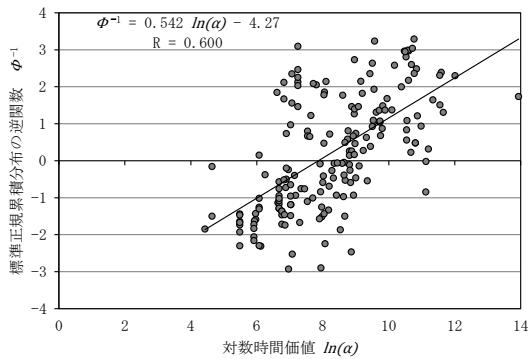


図-53 欧米輸入の回帰分析結果

表-10 欧米輸入のパラメータ推定結果

切片	$-\mu / \sigma$	-4.27
傾き	$1 / \sigma$	0.542
平均	μ	7.87
標準偏差	σ	1.84
相関係数	R	0.600
データ数	-	184

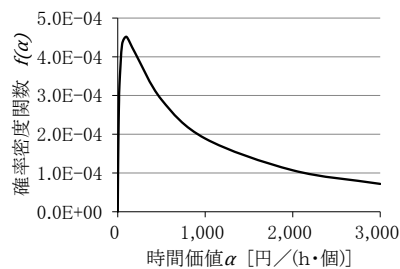


図-54 時間価値の確率密度関数(欧米輸入)

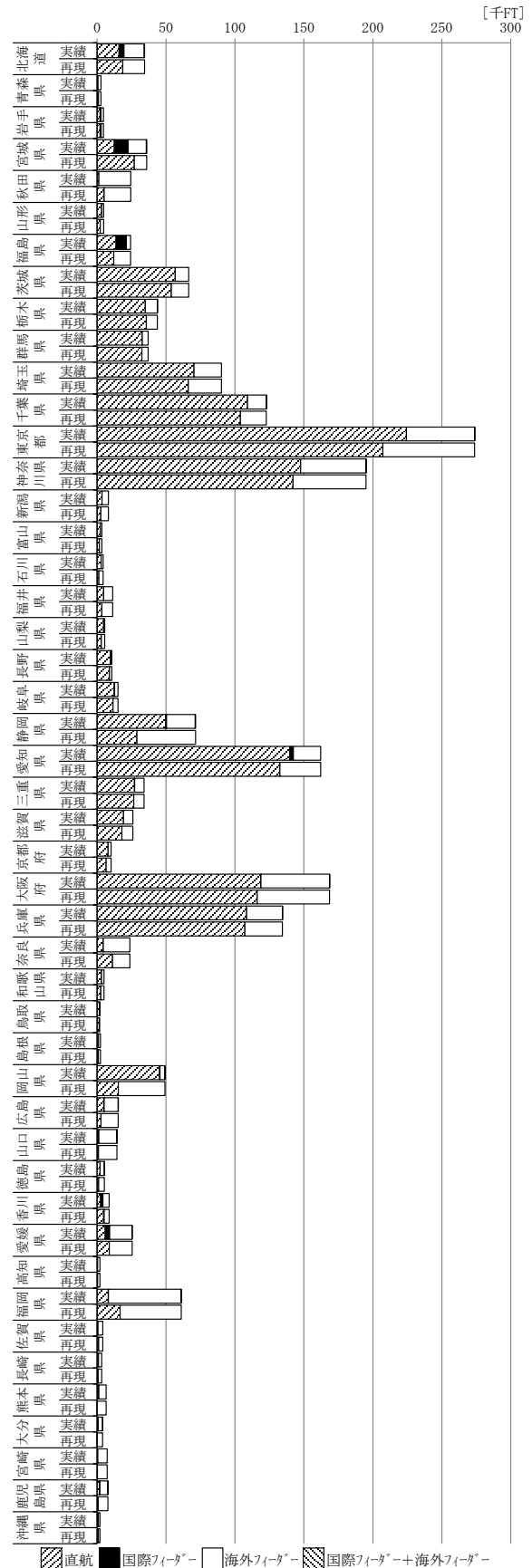


図-55 消費地別・経路別貨物量の実績値と現況再現値(欧米輸入)

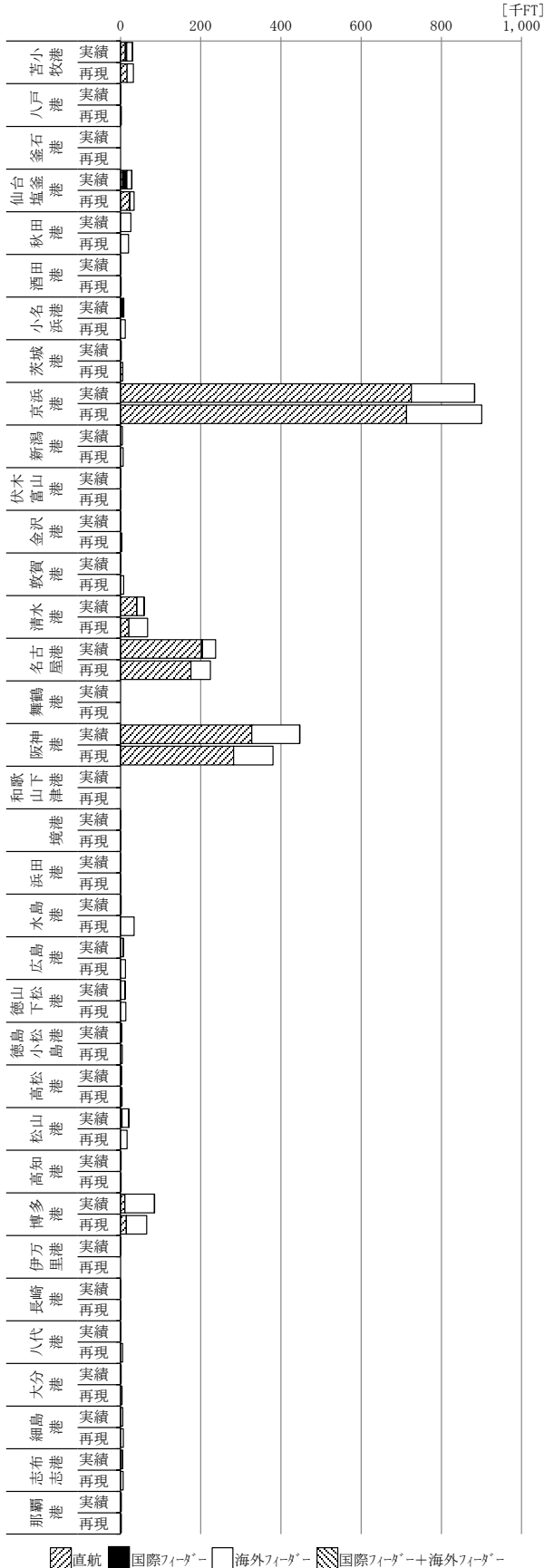


図-56 最終船卸港別・経路別貨物量の実績値と現況再現値（欧米輸入）

また、最終船卸港別・経路別貨物量の実績値とその現況再現値の比較を図-56に示す。阪神港では直航貨物の実績値約327千FTに対して現況再現値は約282千FTと過小に、また海外フィーダー貨物は実績値約119千FTに対して現況再現値は約98千FT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。さらに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図-57に示す。相関係数は0.997であり、かなり高い相関がある²⁵⁾という結果となった。なお貨物量の多い京浜港、名古屋港、阪神港を除いて相関係数を算出すると、図-58に示すとおり相関係数は0.921であり、貨物量の多い港湾を除いてもかなり高い相関がある²⁵⁾という結果となった。

さらに、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-59に示す。欧州においては海外フィーダー貨物の実績値約190千FTに対して現況再現値は約161千FTと過小に、また北米西部においては海外フィーダー貨物の実績値約66千FTに対して現況再現値は約52千FT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。

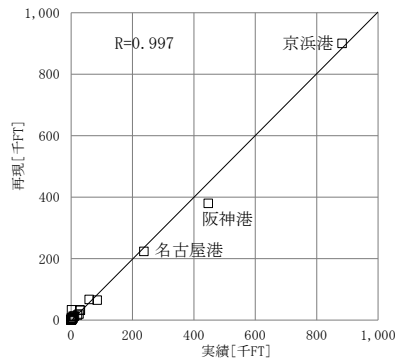


図-57 最終船卸港別貨物量の実績値と現況再現値（欧米輸入）

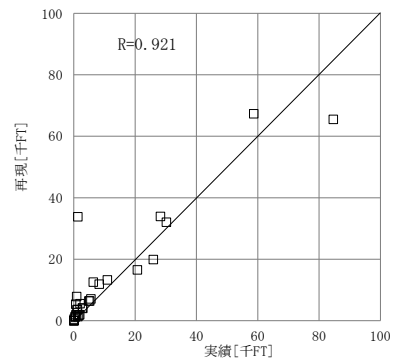


図-58 最終船卸港別貨物量の実績値と現況再現値（欧米輸入：京浜港・名古屋港・阪神港以外）

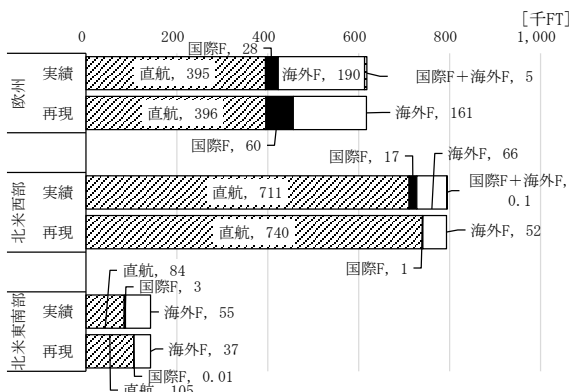


図-59 相手地域別・経路別貨物量の実績値と現況再現値 (欧米輸入)

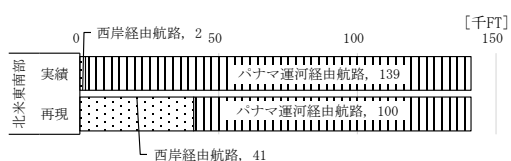


図-60 航路別貨物量の実績値と現況再現値 (欧米輸入・北米東南部)

また、経路として西岸經由（LA港利用）航路と、パナマ運河經由（サバンナ港利用）航路を設定した北米東南部について、航路別貨物量の実績値と現況再現値を図-60に示す。西岸經由航路が実績約2千FTに対して現況再現地は約41千FTと過大に推計された。

(5) 既往の時間価値推計結果との比較

(1)から(4)において推計した地域別・輸出入別のTEU単位時間価値の中央値と、既往研究⁴⁾(以下、本項における「既往研究」とは文献⁴⁾を指すものとする)における平成20年度コンテナ流調データを用いた推計結果との比較を図-61に示す。なお、本分析におけるアジアは図-19に示した地域が対象であるが、既往研究における「アジア」は貿易統計において我が国とのコンテナ貨物の輸出入額が多かった中国、台湾、韓国、タイを対象としている。また本分析における欧米は図-20、図-22に示した地域が対象であるが、既往研究では「基幹航路」として貿易統計において我が国とのコンテナ貨物の輸出入額が多かった米国、ドイツ、オランダ、フランス、イギリスを対象としている。このように既往研究における対象地域と本分析における対象地域は一部異なっているが、その前提を踏まえた上で、時間価値の変化について述べることにする。

本分析と既往研究の推計結果を比較すると、アジア輸出については、本分析における時間価値の中央値推計結

果は約1,734円/(h・TEU)であり、既往研究におけるアジア輸出の時間価値の中央値推計結果1,590円/(h・TEU)に比べてやや高くなった。アジア輸入については、本分析における時間価値の中央値推計結果は約1,462円/(h・TEU)であり、既往研究におけるアジア輸入の時間価値の中央値推計結果1,233円/(h・TEU)に比べてやや高くなった。欧米輸出については、本分析における時間価値の中央値推計結果は約2,552円/(h・TEU)であり、既往研究における基幹航路輸出の時間価値の中央値推計結果2,146円/(h・TEU)より高くなった。欧米輸入については、本分析における時間価値の中央値推計結果は約2,052円/(h・TEU)であり、既往研究における基幹航路輸入の時間価値の中央値推計結果1,963円/(h・TEU)よりやや高くなった。このように、本分析における時間価値の中央値の推計結果は、既往研究における推計結果と比べると欧米輸出においては高く、アジア輸出、アジア輸入、欧米輸入はやや高くなった。

次に、コンテナ流調では申告価格も把握していることから、平成25年度コンテナ流調データを用いて相手地域・輸出入別の単位重量当たりの申告価格を算出し、平成20年度コンテナ流調データを用いた既往研究における単位重量当たりの申告価格と比較した結果を図-62に示す。単位重量当たりの申告価格の推移をみると、アジア輸出については、本分析で用いた平成25年度コンテナ流調データでは単位重量あたり申告価格は約310千円/FTであり、既往研究におけるアジア輸出の単位重量あたり申告価格325千円/FTに比べてやや低くなった。アジア輸入については、本分析で用いた平成25年度コンテナ流調データでは単位重量あたり申告価格は約176千円/FTであり、既往研究におけるアジア輸入の単位重量あたり申告価格185千円/FTに比べてやや低くなった。欧米輸出については、本分析で用いた平成25年度コンテナ流調データでは単位重量あたり申告価格は約493千円/FTであり、既往研究における基幹航路輸出の単位重量あたり申告価格403千円/FTに比べて高くなった。欧米輸入については、本分析で用いた平成25年度コンテナ流調データでは単位重量あたり申告価格は約223千円/FTであり、既往研究における基幹航路輸入の単位重量あたり申告価格242千円/FTに比べてやや低くなった。

ここで、半期ごとに公表されている我が国の貿易取引通貨別比率(金額比率)²⁶⁾を見ると、図-63に示すとおり、平成25年度コンテナ流調が実施された2013年(平成25年)下半期においては、米ドルが輸出では53.4%、輸入では74.1%と、輸出入ともに米ドルによる取引が最も多い。また既往研究で用いている平成20年度コンテナ流調が実施

された2008年(平成20年)下半期においても、**図-64**に示すとおり、米ドルが輸出では49.8%、輸入では74.7%と、輸出入ともに米ドルによる取引が最も多い。そこで、単位重量あたりの申告価格について、貿易取引通貨別比率が最多のドルベースに変換した価格を算出することで、為替の変動を考慮した分析を行う。なお換算レートは、2013年は97.6円/ドル、2008年は103.3円/ドル²⁷⁾を用いた。

単位重量あたりのドルベースの申告価格の推移を**図-65**に示す。アジア輸出については、本分析で用いた平成25年度コンテナ流調データをもとに算出すると、単位重量あたり申告価格は約3,179ドル/FTであり、既往研究におけるアジア輸出の単位重量あたり申告価格約3,145ドル/FTに比べてやや高くなった。アジア輸入については、本分析で用いた平成25年度コンテナ流調データをもとに算出すると、単位重量あたり申告価格は約1,803ドル/FTであり、既往研究におけるアジア輸入の単位重量あたり申告価格約1,790ドル/FTに比べてやや高くなった。欧米輸出については、本分析で用いた平成25年度コンテナ流調データをもとに算出すると、単位重量あたり申告価格は約5,048ドル/FTであり、既往研究における基幹航路輸出の単位重量あたり申告価格約3,900ドル/FTに比べて高くなった。欧米輸入については、本分析で用いた平成25年度コンテナ流調データをもとに算出すると、単位重量あたり申告価格は約2,286ドル/FTであり、既往研究における基幹航路輸入の単位重量あたり申告価格約2,342ドル/FTに比べてやや低くなった。このように、本分析におけるアジア・欧米の単位重量あたりドルベース申告価格は、既往研究において算出された結果と比べると欧米輸出においては高く、アジア輸出、アジア輸入はやや高く、欧米輸入はやや低くなった。

以上をもとに、時間価値中央値推計結果と単位重量あたりの申告価格(ドルベース)の既往研究との比較を表-11に示す。アジア輸出、アジア輸入、欧米輸出においては、平成25年度コンテナ流調データを用いた本分析の時間価値の中央値推計結果と単位重量あたりドルベース申告価格の算定結果が、ともに平成20年度コンテナ流調データを用いた既往研究に比べて高くなった。欧米輸入においては時間価値の中央値推計結果は既往研究に比べてやや高い一方、単位重量あたりドルベース申告価格の算定結果は既往研究に比べてやや低くなった。このように、本分析の時間価値中央値推計結果と単位重量あたりドルベース申告価格の算定結果の既往研究からの変化は、欧米輸入においては傾向が異なったものの、アジア輸出、アジア輸入、欧米輸出においては、ともに増加傾向となった。

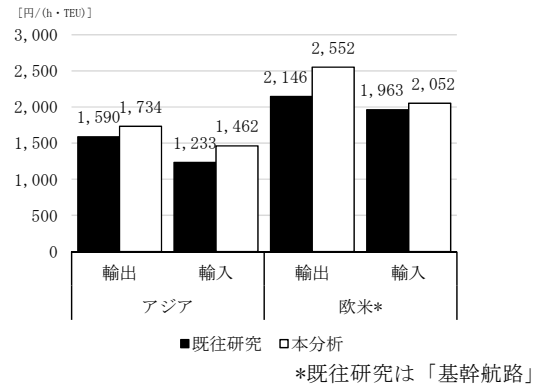


図-61 時間価値の中央値推計結果の比較

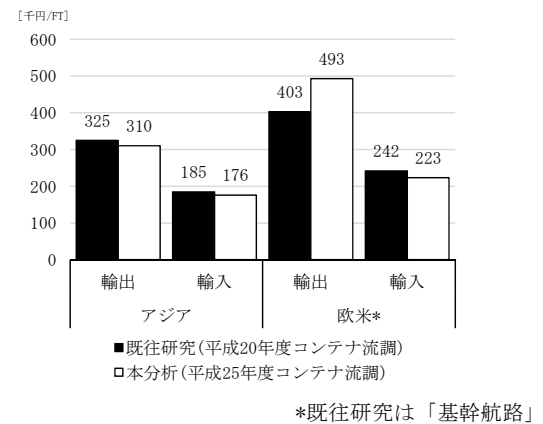


図-62 単位重量当たりの申告価格の比較

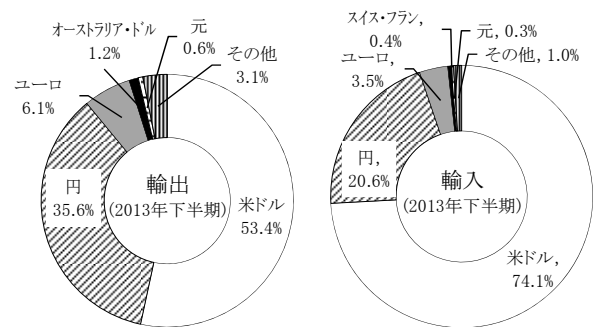


図-63 貿易取引通貨別比率(2013年下半期)

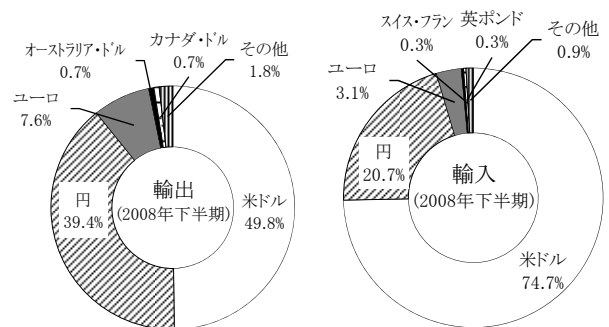
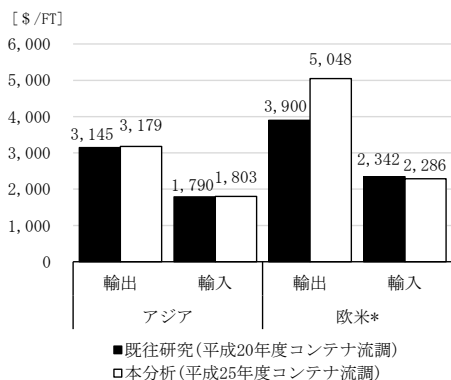


図-64 貿易取引通貨別比率(2008年下半期)



*既往研究は「基幹航路」

図-65 単位重量当たりの申告価格の比較 (ドルベース)

(2016年11月15日受付)

表-11 時間価値中央値推計結果と単位重量あたりの申告価格 (ドルベース)の既往研究との比較

		時間価値中央値推計結果 [円/(h・TEU)]		単位重量あたりの申告価格 [\$/FT]	
		既往研究 (平成20年度コンテナ流調)	本分析 (平成25年度コンテナ流調)	既往研究 (平成20年度コンテナ流調)	本分析 (平成25年度コンテナ流調)
アジア	輸出	1,590	1,734	3,145	3,179
	輸入	1,233	1,462	1,790	1,803
欧米*	輸出	2,146	2,552	3,900	5,048
	輸入	1,963	2,052	2,342	2,286

*既往研究は「基幹航路」

4. おわりに

本分析は、平成25年度コンテナ流調データを用いて、我が国とアジア、欧米との間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犠牲量モデルを、より実際に近いサービス水準を設定して相手地域・輸出入別に構築するとともに、推計された時間価値分布をもとに貨物の平均的な時間価値の推計を行ったものである。

生産・消費地別や経路別にみると再現が十分ではない結果も一部あるが、我が国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、貨物の平均的な時間価値についても推計することができた。

再現が十分ではなかった結果が一部あった原因としては、サービス水準の設定において、費用や時間についての現実に即したサービス水準データを入手することが困難であり、筆者らが各種資料を参考に想定した設定値であったこと、また、時間・費用が大きいかにも関わらずこれまでの商慣習をはじめとした各種要因により実績として選ばれている経路があることなどが挙げられる。今後

はサービス水準のさらなる精査や、経路選択行動をより再現できるようなモデルの構造を模索するなどして、更なる精度向上により今回構築したモデルの拡充・高度化を目指したい。

また本分析では、欧米モデルの構築において、パナマ運河経由経路と北米西岸経由経路を設定した。今回は平成25年度コンテナ流調データを用いてモデル構築を行ったが、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、今後は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。

謝辞

本研究をとりまとめるにあたり、国土交通省港湾局計画課の方々をはじめ、多くの方々にご助言を頂きました。末尾ながらここに記して深く感謝致します。

参考文献

- 1) 石原圭・竹林幹雄(2010)：近海コンテナ輸送市場における発着港湾選択，土木計画学研究・講演集Vol. 41 CD-R
- 2) 茅野宏人・石黒一彦(2014)：配船スケジュールを考慮した荷主の港湾選択行動分析，土木学会論文集D3 (土木計画学) Vol. 70, No. 5, ppI_789-I_799
- 3) 佐々木友子・渡部富博(2015)：我が国と韓国・中国北部地域との国際フェリー・RORO船貨物流動に関わるロジックモデルの構築，沿岸域学会誌Vol128 No. 3
- 4) 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
- 5) 井山繁・渡部富博(2011)：犠牲量モデルを用いた東アジア地域との海上コンテナ貨物流動分析の拡張，国土技術政策総合研究所資料，No. 631
- 6) 野田巖・岩崎幹平・渡部富博・井山繁・佐々木友子(2014)：犠牲量モデルによる国際フェリー・RORO船輸送の貨物流動推計，国土技術政策総合研究所資料，No. 801
- 7) 公益社団法人 日本港湾協会(2016)：2016年版 数字でみる港湾
- 8) 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
- 9) 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

- 10) 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
- 11) 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
- 12) 国土交通省 : 平成 22 年度道路交通センサス
- 13) 厚生労働省労働基準局 : トラック運転者の労働時間等の改善基準のポイント, <http://www.mhlw.go.jp/new-info/kobetu/roudou/gyousei/kantoku/dl/040330-10.pdf>, 2016年11月11日アクセス
- 14) 内航ジャーナル株式会社(2013) : 2013年版 海上定期便ガイド
- 15) IHS Fairplay : Ports and Terminals Guide 2011-2012
- 16) (株)オーシャンコマース(2013) : 国際輸送ハンドブック2014年版
- 17) 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
- 18) 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
- 19) 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
- 20) UP (Union Pacific) 社のホームページ, <http://www.uprr.com/customers/intermodal/calculator/index.shtml>, 2016年11月11日アクセス
- 21) 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
- 22) 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
- 23) CN (Canadian National Railway Company) 社ホームページ, <https://ecprod.cn.ca/velocity/POWIn termodalFrontend/public/english/GetIntermodalPrice>, 2016年11月11日アクセス
- 24) 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
- 25) 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
- 26) 財務省 : 貿易取引通貨別比率, <http://www.customs.go.jp/toukei/shinbun/trade-st/tuuka.htm>, 2016年12月8日アクセス
- 27) 日本銀行 : 時系列統計データ検索サイト, <http://www.stat-search.boj.or.jp/>, 2016年12月8日アクセス

付録-A

表-A.1 アジア地域の詳細

地域区分	構成
中国北部	遼寧省, 吉林省, 黒龍江省, 北京市, 天津市, 河北省, 山東省, 内モンゴル自治区
中国中部	上海市, 江蘇省, 浙江省, 山西省, 河南省, 湖北省, 湖南省, 安徽省, 江西省
中国南部	福建省, 海南省, 広東省, 香港, マカオ
台湾	台湾
韓国	韓国
タイ	タイ
フィリピン	フィリピン
東南アジア北部	カンボジア, ベトナム, ミャンマー, ラオス
東南アジア南部	インドネシア, シンガポール, ブルネイ, マレーシア, 東ティモール

表-A.2 欧米地域の詳細

地域区分	構成
欧州	オーストリア, オランダ, オーランド諸島, サーク島, スイス, ドイツ, フランス, ベルギー, モナコ, リヒテンシュタイン, ルクセンブルク, アイスランド, アイルランド, イギリス, エストニア, スウェーデン, デンマーク, ノルウェー, フィンランド, フェロー諸島, ラトビア, リトアニア, アルバニア, イタリア, ギリシャ, クロアチア, サンマリノ共和国, スペイン, スロベニア, セルビア, ボスニア・ヘルツェゴビナ, ポルトガル, マケドニア, マルタ, モンテネグロ, ウクライナ, スロバキア, チェコ, ハンガリー, ブルガリア, ベラルーシ, ポーランド, モルドバ, ルーマニア, ロシア (極東ロシア(サハ共和国, チェクチ自治管区, カムチャッカ地方, マガダン州, ハバフロスク地方, アムール州, サハリン州, ユダヤ自治州, 沿海地方)以外)
北米西部	アメリカ (アイダホ州, アリゾナ州, アラスカ州, オレゴン州, カリフォルニア州, コロラド州, ニューメキシコ州, ネバダ州, ハワイ州, モンタナ州, ユタ州, ワイオミング州, ワシントン州), カナダ (ブリティッシュコロンビア州, アルバータ州, サスカチュワン州, ユーコン準州, ノースウェスト準州, グリーンランド)
北米中西部	アメリカ (アイオワ州, イリノイ州, インディアナ州, ウィスコンシン州, オハイオ州, カンザス州, サウスダコタ州, ノースダコタ州, ネブラスカ州, ミシガン州, ミズーリ州, ミネソタ州)
北米東部	アメリカ (コネチカット州, ニュージャージー州, ニューハンプシャー州, ニューヨーク州, バーモント州, ペンシルベニア州, マサチューセッツ州, メイン州, ロードアイランド州), カナダ (ニューブランズウィック州, ノバスコシア州, ニューファンドランド・ラブラドール州, プリンセスエドワードアイランド州, ケベック州, マニトバ州, オンタリオ州, ヌナブト準州)
北米南部	アメリカ (アラバマ州, アーカンソー州, オクラホマ州, ケンタッキー州, コロンビア特別区, サウスカロライナ州, ノースカロライナ州, ジョージア州, テキサス州, テネシー州, デラウェア州, フロリダ州, バージニア州, ウェストバージニア州, ミシシッピ州, メリーランド州, ルイジアナ州, バーミュダ)

注) 欧米輸入においては、北米中西部・北米東部・北米南部の3地域を統合し、北米東南部地域とした。

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 943 January 2017

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写のお問い合わせは
〔〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1
管理調整部企画調整課 電話:046-844-5019〕
E-mail:ysk.nil-kikaku@ml.mlit.go.jp