

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トモデルの構築

A Logit Model of Cargo Flow of International Ferries and RORO ships between Japan and Korea/Northern China

佐々木 友子*・渡部 富博**
Tomoko SASAKI and Tomihiro WATANABE

要旨：本分析では，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，種々の説明変数の導入可能性が高く，隣接港湾の区別も可能であるロジットモデルを相手地域・輸出入別に構築した．さらに新規国際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た．

その結果，費用・輸送時間だけでなく荷役方式ROROダミーや航路便数に関する説明変数も用いたモデルを構築でき，国際フェリー・RORO船貨物量については生産・消費地方別にみると再現が十分ではない結果も一部あるが，国際フェリー・RORO船・コンテナ船といった船種別のコンテナ貨物量を，国内船積・船卸港別にある程度再現できた．また新規国際RORO船航路が開設された場合の分析においても，構築したモデルが有用であることなどを確認した．

キーワード：国際フェリー，国際 RORO 船，ロジットモデル，貨物流動

1. はじめに

東アジア地域等との経済の結びつきが強まるなか，速達性やシームレス輸送といった特徴を持つ国際フェリー・RORO 船による貨物輸送のニーズが高まっている．この高まる需要への対応策として費用，時間，輸送頻度などのサービス水準の向上や新規航路の開設などが想定され，それに伴う貨物量推計も必要となるが，国際フェリー・RORO 船貨物量がどのように変化するかを予測できるモデル開発は十分とは言えない状況にある．

我が国に就航する国際フェリー・RORO 船を対

象とした貨物流動モデル開発例としては，柴崎ら¹⁾が既存の国際コンテナ貨物流動モデルを拡張し，北部九州・下関と韓国・中国を結ぶ国際フェリー・RORO 船航路を含めたモデルを構築しているが，我が国の地域が北部九州・下関と限定されたものとなっている．また野田ら²⁾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 船による貨物輸送の状況を推計できるモデルを犠牲量モデルにより検討しており，大阪湾や北部九州地域の国際フェリー・RORO 船貨物量にある程度再現可能なモデルを構築している．ただ

* 正会員 国土技術政策総合研究所 港湾研究部，** 非会員 国土技術政策総合研究所 港湾研究部 港湾システム研究室

し、野田らの開発した各経路の輸送時間に貨物の時間価値を乗じたものと費用を加えた総犠牲量が最小の経路が選択されるとする犠牲量モデルでは、説明変数は各経路の費用と輸送時間に限定され、フェリー・RORO 船とコンテナ船の荷役方式の違いや輸送頻度を直接説明変数にできない。加えて、費用・輸送時間ともに他の経路よりも大きな経路が選択されている状況については再現することが難しいため、港湾の設定としては隣接港を区別せずに京浜港、阪神港、北部九州といった設定をしたモデルとなっている。

そこで本分析では、我が国と韓国、中国との間において、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 年度全国輸出入コンテナ貨物流動調査(国土交通省港湾局、以下「H20 年度コンテナ流調」という)の結果を用いて、種々の説明変数の導入可能性が高く、隣接港湾の区別も可能であるロジットモデルを相手地域・輸出入別に構築する。さらに新規国際 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う。なお既に我が国と中国中部地域との間を対象としたモデルは構築済み³⁾であり、本分析は対象地域を韓国、中国北部地域としてモデルを構築するものである。

2. 国際フェリー・RORO 船貨物流動推計モデルの構築

2.1 分析対象地域とデータ

2.1.1 対象とする相手地域

H20年度コンテナ流調が実施された平成20年11月現在の我が国の国際フェリー・RORO船航路の状況を図-1に示す。国際フェリー航路は韓国・中国・ロシアとの航路が11航路、国際RORO船航路は中国との航路が1航路存在していた。

また、H20年度コンテナ流調データは平成20年

11月の1ヶ月間に通関申告が行われたコンテナ貨物が対象ではあるが、我が国の国際フェリー・RORO船貨物量を仕向国・原産国別にみると、輸出入合計で最も多いのは中国貨物で約77千トン(約41%)であり、次いで韓国貨物が約54千トン(約29%)と、中国・韓国貨物が大半を占めている。

上記の航路や貨物の状況、さらには北東アジアにおけるシームレス輸送へのニーズも高まっていることなどから、韓国、中国の貨物を対象としたモデル構築を考えることとした。ただし中国については図-1に示したとおり、平成20年11月現在で我が国との国際フェリー・RORO船航路があるのは中国北部地域、中国中部地域であること、また我が国と中国とのフェリー・RORO船による貨物量約77千トンを中国の地域別にみると、中国北部地域が約37%(約28千トン)、中国中部地域が62%(約48千トン)とこの両地域で中国全体のほとんどを占めることを考慮し、中国中部地域とのモデルについては構築済み³⁾であることから、中国北部地域をモデル構築の対象とすることとした。

2.1.2 我が国の生産・消費地区分

本分析では、野田ら²⁾の既報の分析で設定している全国を207区分とする生活圏区分を、国内の貨物の生産・消費地として分析を行うこととした。

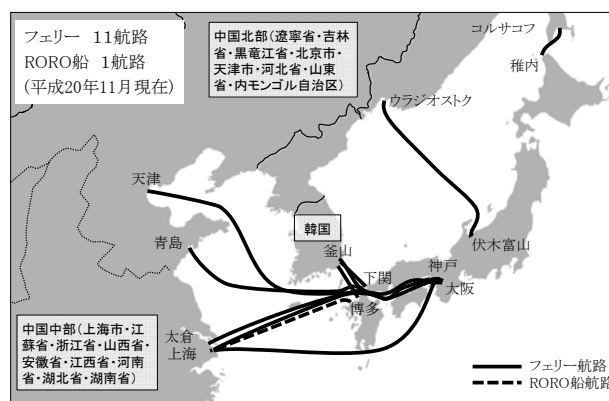


図-1 我が国の国際フェリー・RORO 船航路(平成 20 年 11 月現在)と対象地域の位置図

2.1.3 分析対象データと貨物流動実績の整理

本分析では、H20年度コンテナ流調データを用いて、相手地域(韓国、中国北部)・輸出入別に、我が国の207生活圏と相手地域港湾との貨物流動実績を、トレーラー、はしけ・船舶・フェリー、貨車といった国内輸送手段別、国内船積・船卸港別、コンテナ船・フェリー・RORO船といった仕向・仕出港までの船種別、直送・トランシップ別で分類して整理し、貨物流動モデルの構築に用いることとした。貨物流動実績の整理のイメージは図-2に示すとおりであり、例えばA生活圏から韓国への輸出貨物についてデータを整理した場合のイメージを表-1に示す。なお各生活圏において実績の選択確率が1%未満であった経路はモデル構築においては対象外とした。

2.2 構築モデルの概要

2.2.1 ロジットモデルの概要

本分析では、多くの説明変数を取り扱うことが

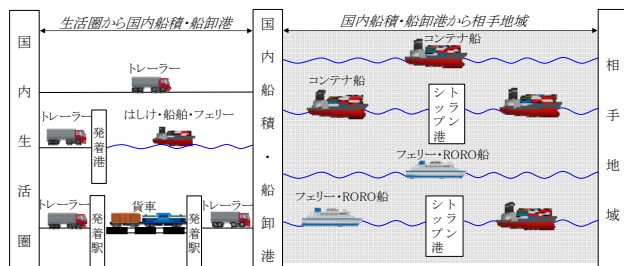


図-2 貨物流動実績の整理のイメージ

表-1 データ整理イメージ(A生活圏から韓国への輸出貨物)

生産地	主な国内輸送手段			国内船積港	船種	直送orトランシップ	仕向港	貨物量 (百トン)
		発港or駅	着港or駅					
A生活圏	トレーラー	-	-	東京港	コンテナ船	直送	釜山港	17.1
					コンテナ船	トランシップ	台中港	2.0
				横浜港	コンテナ船	直送	釜山港	25.2
				名古屋港	コンテナ船	直送	釜山港	0.7
				大阪港	コンテナ船	直送	釜山港	16.9
					フェリー	直送	釜山港	2.4
				下関港	コンテナ船	直送	釜山港	2.8
					フェリー	直送	釜山港	3.9
				博多港	フェリー	直送	釜山港	0.7
	はしけ・船舶・フェリー	東京港	横浜港	横浜港	コンテナ船	直送	釜山港	1.6
	貨車	東京駅	下関駅	下関港	フェリー	直送	釜山港	1.5

できること、確率的選択モデルであるため再現精度の向上が期待でき、隣接港などもモデルに導入可能であることから、ロジットモデルを用い、207の各生産・消費地 z の各輸送経路 i の貨物量を再現する集計ロジットモデルを構築することとした。今回の分析で構築する集計ロジット型のモデルについて、生産・消費地 z の輸送経路の選択肢集合 J_z の中から選択肢 i を選ぶ確率 P_{iz} は式(1)、効用の確定項 V_i は式(2)となる。

$$P_{iz} = \frac{\exp(V_i)}{\sum_{j \in J_z} \exp(V_j)} \quad (1)$$

$$V_i = \alpha X_i + \beta Y_i + \dots \quad (2)$$

ここに、

$\alpha, \beta, \dots$: パラメータ

$X_i, Y_i, \dots$: 説明変数

2.2.2 サービス水準の設定

2.1.3で整理した貨物流動実績の各経路について、時間、費用、寄港航路便数といったサービス水準データを作成した。サービス水準データの設定概要については表-2に示す。

なお国際フェリー・RORO船・コンテナ船や、国内輸送においてはしけ・船舶・フェリーを利用した場合については、航路便数に基づく平均待ち時間を式(3)により算出し、設定することとした。

$$T_w = \frac{7day \cdot 24hr}{F} \cdot \frac{1}{2} \quad (3)$$

ここに、

T_w : 待ち時間

F : 航路便数(便/週)

ただし国際フェリー・RORO船はより急ぐ貨物が輸送経路を選択していると考えられ、式(3)の平均待ち時間がかかる場合は実際には他の経路を利用することが想定されるため、野田ら²⁾を参考に、待ち時間の上限は48時間となるよう設定することとした。なお国際フェリー・RORO船・コンテナ船に関わる港湾諸時間については、上述の寄港

表-2 サービス水準データの設定概要

	項目	対象	設定概要
時間	国内輸送時間	トレーラー	陸上輸送距離とトレーラーの走行速度（一般道路 34.5km/h, 高速道路 73.1km/h） ⁴⁾ を元に算出。長時間輸送の場合は休憩時間 ⁵⁾ を考慮して設定。
		はしけ・船舶・フェリー	海上輸送距離と内航コンテナ船の航行速度 ⁴⁾ を元に、ヒアリング等による搬入締切時間、荷役時間、横持ち時間のほか航路便数 ⁶⁾ に基づく待ち時間も考慮して設定。
		貨車	JR 貨物各支社コンテナ列車時刻表をもとに、走行時間のほか、発着駅における待ち時間も考慮して設定。
	海上輸送時間	国際フェリー・RORO 船	文献 6)を元に設定。
		国際コンテナ船	Lloyd's データによる国内各港と相手地域港湾との航行時間の実績を元に設定。
	港湾諸時間	国際フェリー・RORO 船・コンテナ船	ヒアリング等による荷役時間、通関手続き時間 ⁷⁾ 、便数 ⁸⁾⁹⁾ に基づく待ち時間を設定。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 ⁴⁾ も考慮して設定。
費用	国内輸送費用	トレーラー	20FT コンテナの料金 ⁴⁾ を実勢運賃も考慮して設定。
		はしけ・船舶・フェリー	ヒアリング結果や輸送距離を元に算出し、横持ち費用 ⁹⁾ も考慮して設定。
		貨車	輸送距離と距離別賃率表を元に算出し、発送料や到着料等も考慮して設定 ¹⁰⁾ 。
	海上輸送費用	国際フェリー・RORO 船	ヒアリングによる各々の航路の実勢料金を元に設定。
		国際コンテナ船	輸送時間をもとに 1TEU の輸送費用を算出 ⁴⁾ し、ヒアリングなどを元に実勢運賃を考慮して設定。
	港湾諸費用	国際フェリー・RORO 船・コンテナ船	ヒアリングを元に港湾荷役費用等を考慮して設定。トランシップ貨物の場合はトランシップ港における港湾諸費用 ⁴⁾ も考慮して設定。
寄港航路便数	寄港航路便数	国際フェリー・RORO 船	文献 6)を元に設定。
		国際コンテナ船	地方港外貿定期コンテナ航路一覧 ⁹⁾ や各港ホームページなどを元に設定。

航路便数による待ち時間と、コンテナヤード搬入締切時間も考慮した通関・荷役等にかかる時間とを比較して長い方を用いることとした。

2.2.3 説明変数の検討

ロジットモデルの効用の確定項 V_i の説明変数候補は、船種によらずパラメータを共通とする船種共通変数と、船種ごとに固有のパラメータを求めることとなる船種固有変数を考えた。これらの説明変数候補の組み合わせを検討した上でパラメータ推定を行うこととした。例えば、

$$V_i = \alpha_1 \cdot (\text{総時間}) + \alpha_2 \cdot (\text{総費用}) + \alpha_3 \cdot (\text{国際航路寄港航路便数}) + \alpha_4 \cdot (\text{荷役方式ROROダミー})$$

といった説明変数候補の組み合わせや、

$$V_i = \beta_1 \cdot (\text{国際コンテナ船利用時の総時間}) + \beta_2 \cdot (\text{国際フェリー利用時の総時間}) + \beta_3 \cdot (\text{総費用}) + \beta_4 \cdot (\text{国際航路寄港航路便数の逆数})$$

などの組み合わせを考えた。

なお国際航路寄港航路便数あるいはその逆数を説明変数とする際は、国際航路寄港航路便数による平均待ち時間は港湾諸時間の算定にあたり考慮しないこととした。

2.3 モデルの検討結果

2.1.3で整理した我が国の207生活圏と相手地域である韓国、中国北部との貨物流動実績と2.2.2で設定したサービス水準データを用い、2.2.3で検討した説明変数候補の組み合わせにより、相手地域(韓国、中国北部)・輸出入別にパラメータを推定した。それらの中から、パラメータの符号条件、t値、尤度比(1に近いほどモデルの適合度がよく、0.2~0.4のときには十分高い適合度をもつと判断してよい¹¹⁾)を考慮して、採用するモデルを決定することとした。なおパラメータの符号条件は、時間、費用、寄港航路便数の逆数の各パラメータについてはマイナス、寄港航路便数、荷役方式ROROダミーの各パラメータについてはプラスとした。荷役方式ROROダミーの符号条件をプラスとした理由は、振動などを嫌う貨物は水平荷役方式である国際フェリー・RORO船を偏好する傾向が強いと考えられるためである。

以下に相手地域(韓国、中国北部)・輸出入別にパラメータを推定した結果や、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。

2.3.1 韓国への輸出に関するモデル

我が国から韓国へ輸出されたコンテナ貨物を対象としてモデル構築を行った結果を以下に示す。

対象とした生活圏は韓国への輸出貨物があった173の生活圏であり、貨物量は約221千トン、うちフェリー約21千トン、コンテナ船約200千トンである。パラメータ推定を行った結果、採用することとしたモデルのパラメータは表-3に示すとおりであり、総時間(国際航路寄港航路便数から算出される待ち時間は非考慮)、総費用、国際航路寄港航路便数の逆数を説明変数としたモデルとなった。なおこの結果から算定される貨物の時間価値は528円/(h・TEU)となった。

採用したモデルを用いて推計した港湾別・船種別貨物量の現況再現値とその実績値の比較を図-3に示す。コンテナ船貨物量がやや過小・過大に再現された港湾があるが、フェリー貨物量はおおむね再現できた。

また国際フェリー貨物の取り扱いがあった大阪

表-3 韓国輸出のパラメータ推定結果

説明変数	パラメータ	t値
総時間* (時間)	-0.0136	-2.41**
総費用(万円/TEU)	-0.257	-7.29***
国際航路寄港航路便数(便/週)の逆数	-1.98	-2.77***
尤度比	0.217	

※国際航路寄港航路便数から算出される待ち時間は非考慮

***, **: 有意水準1%, 5%で有意

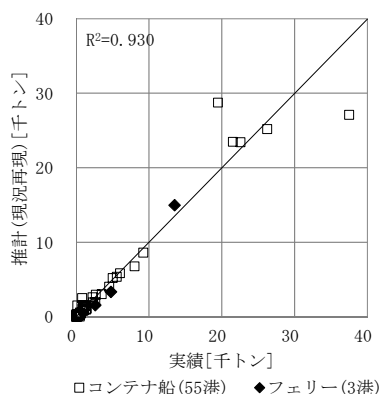


図-3 港湾別・船種別貨物量の実績値と推計(現況再現)値(韓国輸出)

港、下関港、博多港における船種別貨物量の実績値と推計(現況再現)値を比較した結果を図-4に示す。フェリー貨物量は大阪港で実績約13.5千トンに対し現況再現では約15.0千トンとやや過大推計、下関港で実績約4.8千トンに対し現況再現では約3.4千トンとやや過小推計、博多港で実績約2.6千トンに対し現況再現では約1.6千トンとやや過小推計となったが、おおむね各港の船種別貨物量を再現できた。

次に、国際フェリー貨物取扱実績のあった上記3港について生産地別フェリー貨物量の実績値と推計(現況再現)値を比較した結果を図-5、図-6、図-7に示す。大阪港フェリー貨物量は近畿地方発の貨物が実績約12.4千トンに対し現況再現では約13.4千トンとやや過大推計、下関港フェリー貨物量は中国地方発の貨物が実績約2.0千トンに対し現況再現では約1.0千トンと過小推計、博多港フェリー貨物量は九州地方発の貨物が実績約1.8千トンに対し現況再現では約1.5千トンと過小推計となったが、おおむね生産地別フェリー貨物量

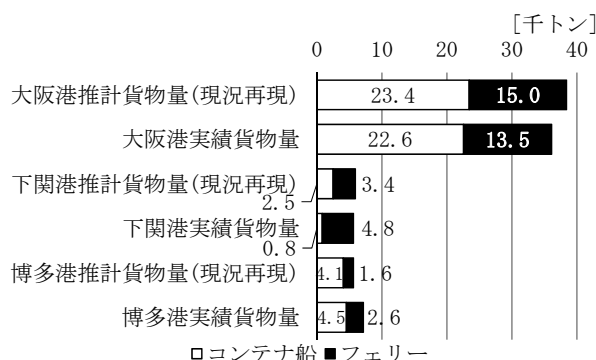


図-4 国際フェリー貨物取扱実績のあった港湾における船種別貨物量の実績値と推計(現況再現)値(韓国輸出)

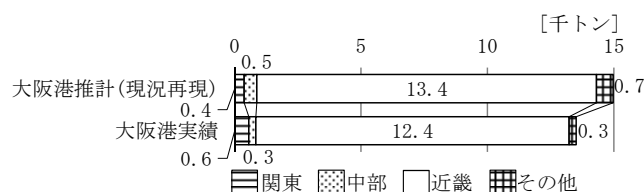


図-5 生産地別大阪港フェリー貨物量の実績値と推計(現況再現)値(韓国輸出)

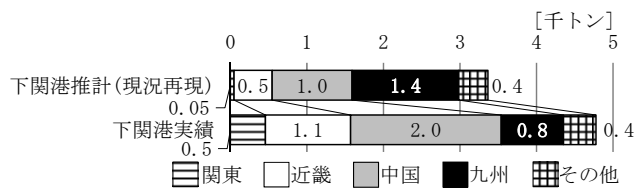


図-6 生産地方別下関港フェリー貨物量の実績値と推計(現況再現)値(韓国輸出)

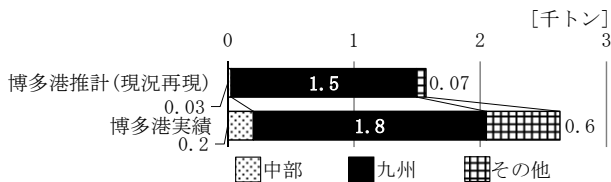


図-7 生産地方別博多港フェリー貨物量の実績値と推計(現況再現)値(韓国輸出)

を再現できた。

2.3.2 韓国からの輸入に関するモデル

韓国から我が国へ輸入されたコンテナ貨物を対象としてモデル構築を行った結果を以下に示す。

対象とした生活圏は韓国からの輸入貨物があった181の生活圏であり、貨物量は約350千トン，うちフェリー約29千トン，コンテナ船約322千トンである。パラメータ推定を行った結果，採用することとしたモデルのパラメータは表-4に示すとおりであり，総時間(国際航路寄港航路便数から算出される待ち時間を考慮)，国際コンテナ船利用時の海外費用，国際フェリー利用時の海外費用，国内費用，荷役方式ROROダミーを説明変数としたモデルとなった。なお国際コンテナ船利用時の海外費用と荷役方式ROROダミーのt値は10%水準において有意ではなかったが，国内費用や国際フェリー利用時の海外費用だけでなく国際コンテナ船利用時の海外費用も経路選択において基本的かつ重要な説明変数であること，また荷役方式ROROダミーのt値は10%水準(ここでは1.65)に近いことから，これらの説明変数を含む本モデルを採用することとした。

採用したモデルを用いて推計した港湾別・船種別貨物量の現況再現値とその実績値の比較を図-8

表-4 韓国輸入のパラメータ推定結果

説明変数	パラメータ	t値
総時間 [*] (時間)	-0.0211	-1.74 [*]
国際コンテナ船利用時の海外費用(万円/TEU)	-0.203	-0.99
国際フェリー利用時の海外費用(万円/TEU)	-1.41	-1.99 ^{**}
国内費用(万円/TEU)	-0.309	-7.41 ^{***}
荷役方式ROROダミー	11.1	1.54
尤度比	0.273	

※国際航路寄港航路便数から算出される待ち時間を考慮

***, **, *: 有意水準1%, 5%, 10%で有意

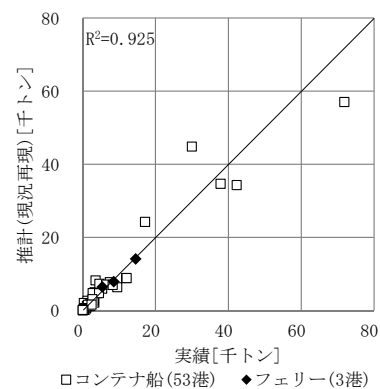


図-8 港湾別・船種別貨物量の実績値と推計(現況再現)値(韓国輸入)

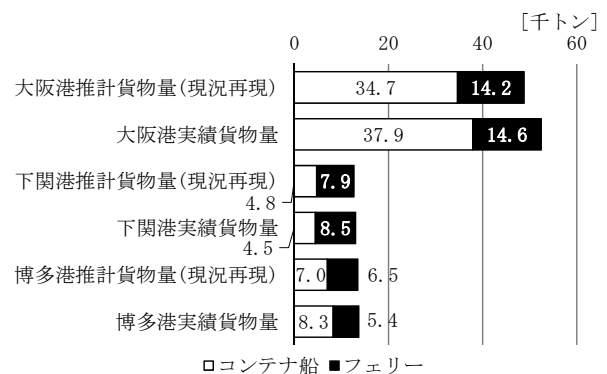


図-9 国際フェリー貨物取扱実績のあった港湾における船種別貨物量の実績値と推計(現況再現)値(韓国輸入)

に示す。コンテナ船貨物量がやや過小・過大に再現された港湾があるが，フェリー貨物量はおおむね再現できた。

また国際フェリー貨物の取り扱いがあった大阪港，下関港，博多港における船種別貨物量の実績値と推計(現況再現)値を比較した結果を図-9に示す。フェリー貨物量は大阪港で実績約14.6千トン

に対し現況再現では約14.2千トンとやや過小推計，下関港で実績約8.5千トンに対し現況再現では約7.9千トンとやや過小推計，博多港で実績約5.4千トンに対し現況再現では約6.5千トンとやや過大推計となったが，おおむね各港の船種別貨物量を再現できた。

次に，国際フェリー貨物取扱実績のあった上記3港について消費地方別フェリー貨物量の実績値と推計(現況再現)値を比較した結果を図-10，図-11，図-12に示す。大阪港フェリー貨物量は関東地方着の貨物が実績約3.8千トンに対し現況再現では約0.3千トンと過小推計，下関港フェリー貨物量は関東地方着の貨物が実績約1.2千トンに対し現況再現では約0.1千トンと過小推計，博多港フェリー貨物量は九州地方着の貨物が実績約4.4千トンに対し現況再現では約5.7千トンと過大推計となったが，おおむね消費地方別のフェリー貨物量を再現できた。

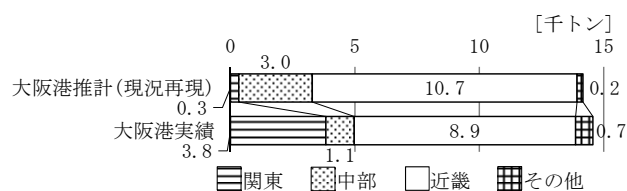


図-10 消費地方別大阪港フェリー貨物量の実績値と推計(現況再現)値(韓国輸入)

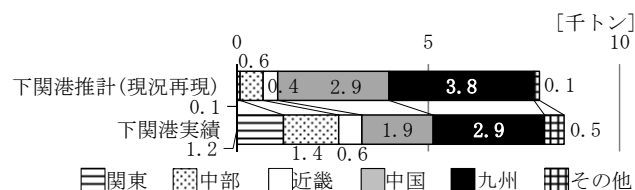


図-11 消費地方別下関港フェリー貨物量の実績値と推計(現況再現)値(韓国輸入)

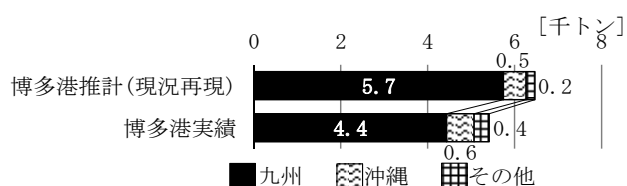


図-12 消費地方別博多港フェリー貨物量の実績値と推計(現況再現)値(韓国輸入)

2.3.3 中国北部への輸出に関するモデル

我が国から中国北部地域へ輸出されたコンテナ貨物を対象としてモデル構築を行った結果を以下に示す。

対象とした生活圏は中国北部地域への輸出貨物があった179の生活圏であり，貨物量は約267千トン，うちフェリー約3千トン，コンテナ船約264千トン，また中国北部地域とのRORO船航路は無いものの，中国中部地域とのRORO船航路を利用した貨物が約0.02千トンあった。パラメータ推定を行った結果，採用することとしたモデルのパラメータは表-5に示すとおりであり，総時間(国際航路寄港航路便数から算出される待ち時間は非考慮)，海外費用，国内費用，国際航路寄港航路便数の逆数を説明変数としたモデルとなった。なお総時間のt値は10%水準において有意ではなかったが，基本的かつ重要な説明変数であると判断した。また尤度比は0.165と，十分高い適合度をもつモデルであると判断できる0.2～0.4よりやや低いものの，以下に述べるように本モデルは現況再現性がおおむね良いことから本モデルを採用することとした。

採用したモデルを用いて推計した港湾別・船種別貨物量の現況再現値とその実績値の比較を図-13に示す。コンテナ船貨物量，フェリー貨物量，RORO船貨物量ともにおおむね再現できた。

また国際フェリー・RORO船貨物の取り扱いがあった神戸港，下関港，博多港における船種別貨物量の実績値と推計(現況再現)値を比較した結果

表-5 中国北部輸出のパラメータ推定結果

説明変数	パラメータ	t値
総時間* (時間)	-0.00526	-0.83
海外費用(万円/TEU)	-0.103	-1.93*
国内費用(万円/TEU)	-0.245	-6.09***
国際航路寄港航路便数(便/週)の逆数	-0.965	-2.05**
尤度比	0.165	

※国際航路寄港航路便数から算出される待ち時間は非考慮

***, **, *: 有意水準1%, 5%, 10%で有意

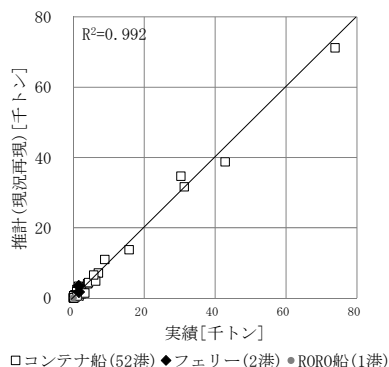


図-13 港湾別・船種別貨物量の実績値と推計(現況再現)値(中国北部輸出)

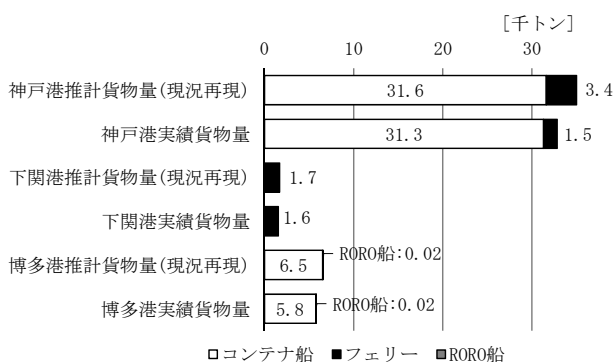


図-14 国際フェリー・RORO 船貨物取扱実績のあった港湾における船種別貨物量の実績値と推計(現況再現)値(中国北部輸出)

を図-14 に示す。フェリー貨物量は神戸港では実績約 1.5 千トンに対し現況再現では約 3.4 千トンと過大推計となったが、おおむね各港の船種別貨物量を再現できた。

次に、国際フェリー・RORO 船貨物取扱実績のあった上記 3 港のうちフェリー貨物量の多い神戸港、下関港について生産地別フェリー貨物量の実績値と推計(現況再現)値を比較した結果を図-15、図-16 に示す。神戸港フェリー貨物量は近畿地方発の貨物が実績約 0.7 千トンに対し現況再現では約 2.5 千トンと過大推計となったが、中部地方発の貨物は実績約 0.5 千トンに対し現況再現でも約 0.5 千トンと再現できた。また下関港フェリー貨物量は近畿地方発の貨物が実績約 0.2 千トンに対し現況再現では約 0.1 千トンとやや過小推計、中国地方発の貨物が実績約 1.2 千トンに対し現況

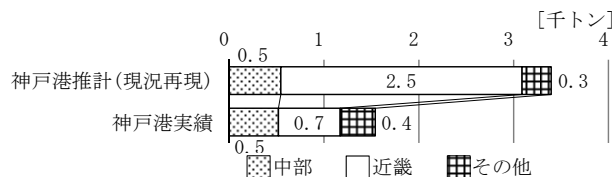


図-15 生産地別神戸港フェリー貨物量の実績値と推計(現況再現)値(中国北部輸出)

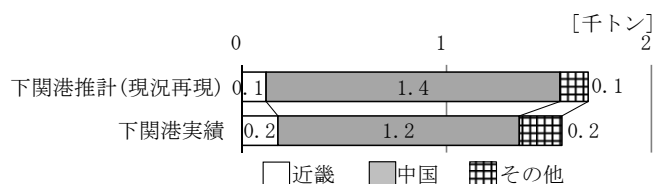


図-16 生産地別下関港フェリー貨物量の実績値と推計(現況再現)値(中国北部輸出)

再現では約 1.4 千トンとやや過大推計となったが、おおむね生産地別のフェリー貨物量を再現できた。

2.3.4 中国北部からの輸入に関するモデル

中国北部地域から我が国へ輸入されたコンテナ貨物を対象としてモデル構築を行った結果を以下に示す。

対象とした生活圏は中国北部からの輸入貨物があつた 191 の生活圏であり、貨物量は約 1,039 千トン、うちフェリー約 20 千トン、コンテナ船約 1,019 千トンである。パラメータ推定を行った結果、採用することとしたモデルのパラメータは表-6 に示すとおりであり、総時間(国際航路寄港航路便数から算出される待ち時間は非考慮)、海外費用、国内費用、国際航路寄港航路便数の逆数を説明変数としたモデルとなった。

採用したモデルを用いて推計した港湾別・船種別貨物量の現況再現値とその実績値の比較を図-17 に示す。コンテナ船貨物量がやや過小・過大に再現された港湾があるが、フェリー貨物量はおおむね再現できた。

また国際フェリー貨物の取り扱いがあつた神戸港、下関港における船種別貨物量の実績値と推計(現況再現)値を比較した結果を図-18 に示す。フェ

表-6 中国北部輸入のパラメータ推定結果

説明変数	パラメータ	t値
総時間* (時間)	-0.0104	-1.76*
海外費用(万円/TEU)	-0.170	-4.47***
国内費用(万円/TEU)	-0.379	-7.40***
国際航路寄港航路便数(便/週)の逆数	-2.02	-3.05***
尤度比	0.315	

※国際航路寄港航路便数から算出される待ち時間は非考慮

***, *: 有意水準1%, 10%で有意

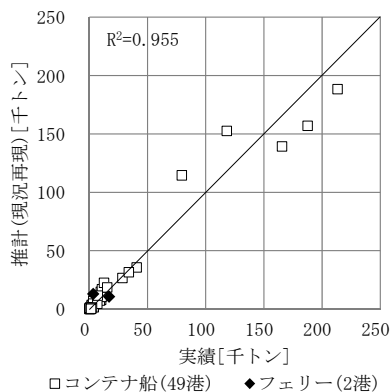


図-17 港湾別・船種別貨物量の実績値と推計(現況再現)値(中国北部輸入)

リー貨物量は神戸港で実績約 3.4 千トンに対し現況再現では約 13.0 千トンと過大推計, 下関港で実績約 17.0 千トンに対し現況再現では約 10.8 千トンと過小推計となった。本モデルは尤度比も高く, 図-17 においても全体の再現性は良い一方でフェリー貨物の再現性が低くなった要因としては, 先に示したように中国北部輸入はコンテナ船の実績貨物量が約 1,019 千トンと非常に多いことからコンテナ船貨物量の再現に重心をおいたモデルとなったと考えられ, そのためフェリー貨物の経路選択の再現性が低くなったものと推察される。

次に, 国際フェリー貨物取扱実績のあった上記 2 港について消費地方別フェリー貨物量の実績値と推計(現況再現)値を比較した結果を図-19, 図-20 に示す。神戸港フェリー貨物量は近畿地方着の貨物が実績約 2.0 千トンに対し現況再現では約 11.3 千トンと過大推計, 下関港フェリー貨物量は関東地方着の貨物が実績約 3.9 千トンに対し現況再

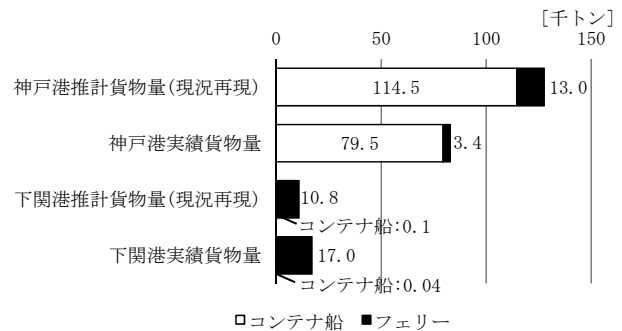


図-18 国際フェリー貨物取扱実績のあった港湾における船種別貨物量の実績値と推計(現況再現)値(中国北部輸入)

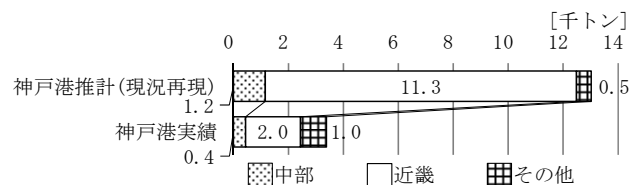


図-19 消費地方別神戸港フェリー貨物量の実績値と推計(現況再現)値(中国北部輸入)

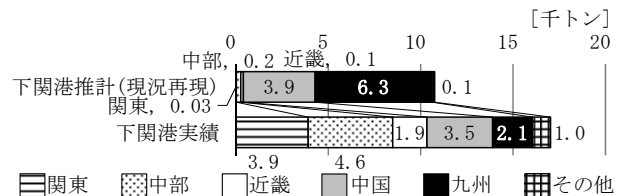


図-20 消費地方別下関港フェリー貨物量の実績値と推計(現況再現)値(中国北部輸入)

現では約 0.03 千トンと過小推計, 中部地方着の貨物も実績約 4.6 千トンに対し現況再現では約 0.2 千トンと過小推計となった。

3. 新規航路開設へのモデル適用に関する分析

2. で構築したモデルの新規航路開設に関わる適用について検討するために, 平成 25 年 9 月に開設された釜山港から東京港への RORO 船航路¹²⁾に関する貨物について分析することとした。なお平成 25 年 11 月の 1 ヶ月間に通関申告が行われたコンテナ貨物を対象とした平成 25 年度全国輸出入コンテナ貨物流動調査が実施されており, 調査結果には東京港 RORO 船の実績貨物量も含まれることから, 貨物流動実績は H25 年度コンテナ

流調の結果を用いて推計結果の検証に活用することとした。

3.1 新規航路開設に関わる分析の概要

分析の対象は我が国と韓国とのコンテナ貨物輸出入量を勘案し、貨物量の多い輸入貨物とした。貨物の国内消費地域は、釜山港から東京港への RORO 船航路が新規開設された場合に、韓国との輸送経路に変化が及ぶと想定される地域(図-21 の太線内に示す新潟県・長野県・静岡県以東の生活圏)を対象とした。

使用したモデルは 2.3.2 において構築した韓国からの輸入モデルであり、モデル構築時に設定した経路に加えて、新たに開設された東京港 RORO 船航路を利用する経路を各生活圏に設定したほか、モデル構築時からの航路便数の変化や為替レートの変化も反映させたサービス水準表を作成した。

それらを用いて、平成 25 年の東京港 RORO 船に関する推計(現況再現)を実施したほか、東京港 RORO 船航路が開設されなかった場合も想定し、貨物量の推計を行った。

3.2 新規航路開設に関わる貨物の分析結果

東京港における船種別貨物量の実績値と推計(現況再現)値、また東京港 RORO 船航路が開設されなかったと想定した場合の推計値を比較した結果を図-22 に示す。RORO 船貨物量は実績約 4.6



図-21 分析対象とした貨物の国内消費地域

千トンに対し現況再現では約 5.8 千トンとやや過大ではあるが、おおむね再現できた。さらに東京港 RORO 船航路が開設されなかったと想定した場合は東京港コンテナ船貨物量は約 85.0 千トン、東京港 RORO 船航路が開設されている現況再現では東京港コンテナ船貨物量は約 82.1 千トンと推計されたことから、東京港 RORO 船航路が開設したことにより、コンテナ船貨物が約 3 千トン減少することとなった。ただしコンテナ船と RORO 船の貨物量を合計した東京港全体のコンテナ貨物量でみれば、現況再現時は約 87.9 千トンと、東京港 RORO 船航路が開設されなかったと想定した場合の約 85.0 千トンよりも多くなった。

次に、消費都道県別 RORO 船貨物量の実績値と推計(現況再現)値を比較した結果を図-23 に示す。神奈川県着の貨物は実績は無いが現況再現では約 1.0 千トンと過大推計、埼玉県着の貨物が実績約 0.3 千トンに対し現況再現では約 1.0 千トンと過大推計となったが、おおむね消費都道県別の RORO 船貨物量を再現できた。

さらに、東京港に RORO 船航路が開設されなかったと想定した場合と現況再現時を比較し、ROR

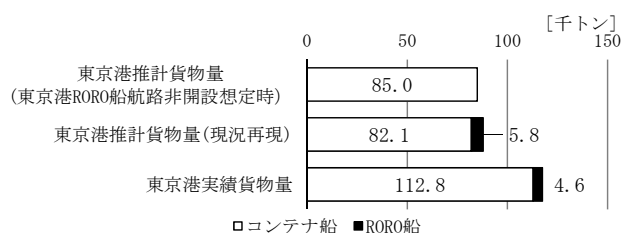


図-22 東京港における船種別貨物量の実績値・推計(現況再現)値・東京港 RORO 船航路非開設想定時推計値

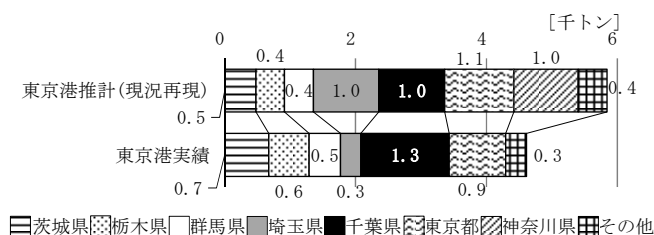
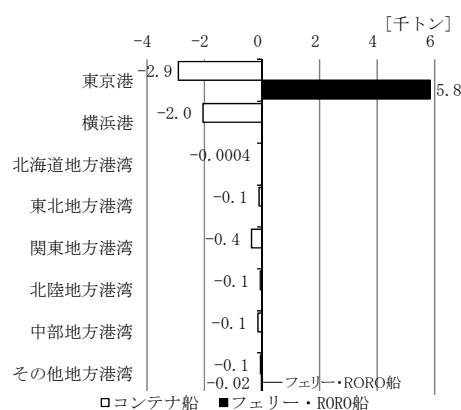


図-23 消費都道県別東京港 RORO 船貨物量の実績値と推計(現況再現)値



注)関東地方港湾の貨物量は東京港、横浜港の貨物量を除いた貨物量である。

図-24 東京港 RORO 船航路非開設想定時からの現況再現時港湾別貨物変化量

○ 船航路非開設時からの各港の貨物量の変化について図-24 に示す。東京港の RORO 船貨物量は現況再現時では約 5.8 千トンであるが、東京港 RORO 船航路非開設時の推計から、これらの貨物は主に東京港や横浜港のコンテナ船からのシフトであると推計された。具体的には約 2.9 千トン(東京港コンテナ船貨物量の現況再現値約 82.1 千トンの約 4%)が自港の東京港のコンテナ船、約 2.0 千トン(横浜港コンテナ船貨物量の現況再現値約 61.2 千トンの約 3%)が横浜港のコンテナ船からのシフトであったと推計された。

4. おわりに

本分析は、H20 年度コンテナ流調データを用いて我が国と韓国、中国北部との間において、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、ロジットモデルを相手地域・輸出入別に構築したものである。

国際フェリー・RORO 船貨物量については生産・消費地方別にみると再現が十分ではない結果も一部あるが、国際フェリー・RORO 船・コンテナ船といった船種別のコンテナ貨物量を、既往研究²⁾では区別できなかった国内の隣接港を区別し、国内の港湾別にある程度再現できるロジットモデルが構築できた。また既往研究と同様に説明変数

が費用・輸送時間のみであるモデルも検討したが、韓国輸出・輸入、中国北部輸出・輸入のいずれにおいても、費用・輸送時間の変数に加え、荷役方式 RORO ダミーや航路便数に関する変数も用いたモデルが採用されることとなった。

さらに釜山港から東京港への新規国際 RORO 船航路を対象として分析を実施し、その貨物流動をおおむね再現できたことから、本モデルは新規国際 RORO 船航路が開設された場合の分析においても有用であることを確認した。また東京港に RORO 船航路が就航されなかったと想定した場合との比較を行い、東京港 RORO 船航路非開設時には東京港や横浜港などのコンテナ船を利用していた貨物が東京港 RORO 船航路にシフトしたと考えられることも定量的に分析できた。

なお今回のモデル構築にあたり船種の選択や国内船積・船卸港の選択などを段階的に考えるネステッドロジットモデルも検討したが、良好な結果が得られなかった。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、今回構築したモデルの更なる精度向上を目指し、モデルの拡充・高度化を図ることが必要であると考えている。

引用・参考文献

- 1) 柴崎隆一・藤原利久：マルチモード国際物流モデルを用いた国際フェリー・RORO 船利用促進施策のシミュレーション ～北部九州を例に～，土木計画学研究・講演集，Vol.43，2011.5
- 2) 野田徹・岩崎幹平・渡部富博・井山繁・佐々木友子：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.801，2014.7
- 3) 佐々木友子・渡部富博：我が国と中国中部地域との国際フェリー・RORO 船貨物流動に関

わるロジットモデルの構築, 土木学会平成 27 年度全国大会第 70 回年次学術講演会講演概要集, 2015.8

- 4) 港湾事業評価手法に関する研究委員会編：港湾投資の評価に関する解説書 2011, 2011.7
- 5) 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>, 2014.8
- 6) 内航ジャーナル株式会社:2009 年版 海上定期便ガイド, 2009.2
- 7) 財務省：第 10 回輸入手続の所要時間調査, https://www.mof.go.jp/customs_tariff/trade/facilitation/ka20120921.htm, 2012.9
- 8) 日本海事新聞社：日本海事新聞, 2009.1.29
- 9) 日本内航海運組合総連合会：国内コンテナ・フィーダーに関する研究, http://www.e-nai-ko.com/kaiun_data/rprt-feeder201110all.pdf, 2011.10
- 10) 公益社団法人鉄道貨物協会：2013 JR 貨物時刻表, 2013.3
- 11) 社団法人土木学会：非集計行動モデルの理論

と実際, 1995.5

- 12) 日本海事新聞社：日本海事新聞, 2013.10.1

著者紹介

佐々木 友子（正会員）

国土交通省国土技術政策総合研究所(神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1), 平成 18 年 3 月九州大学大学院工学府都市環境システム工学専攻修了, 同年 4 月国土交通省入省, 平成 23 年 9 月より国土技術政策総合研究所勤務, 現在同研究所港湾研究部主任研究官, 土木学会会員.

E-mail: sasaki-t92y2@mlit.go.jp

渡部 富博

国土交通省国土技術政策総合研究所, 昭和 63 年 3 月東京工業大学大学院理工学研究科土木工学専攻修了, 同年 4 月運輸省入省, 平成 17 年 6 月より国土技術政策総合研究所港湾研究部港湾システム研究室長, 土木学会会員.

E-mail: watanabe-t2w3@mlit.go.jp

A Logit Model of Cargo Flow of International Ferries and RORO ships between Japan and Korea/Northern China

Tomoko SASAKI and Tomihiro WATANABE

ABSTRACT : In this analysis, we developed a logit model to estimate the cargo flow of international ferries and RORO ships between Japan and Korea/Northern China by each region and export/import. Although the model doesn't reproduce some regional cargo flow of international ferries and RORO ships, we developed a logit model that reproduces cargo flow of international ferries and RORO ships. And we confirmed that this model is useful to analysis of the cargo flow when a new international RORO ship line was opened.

KEYWORDS : *International Ferry, International RORO Ship, Logit Model, Cargo Flow*