

ISSN 1346-7328

国総研資料 第801号
平成 26 年 7 月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.801

July 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

野田 巖・岩崎 幹平・渡部 富博・井山 繁・佐々木 友子

An Estimation of Cargo Flow of International Ferries and RORO ships based on a Sacrifice Model

Iwao NODA, Kanpei IWASAKI, Tomihiro WATANABE, Shigeru IYAMA, Tomoko SASAKI

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

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

野田 巖*・岩崎 幹平**・渡部 富博***・井山 繁****・佐々木 友子**

要 旨

アジア経済とのつながりが益々深まり、国際海上コンテナ輸送に比べて、より高速で効率的な輸送が可能な国際フェリー・RORO 船による輸送へのニーズも高まっている。我が国と近隣の中国や韓国等との間では、国際フェリー・RORO 船による航路の開設や航路ネットワークの拡充なども相次いでいるほか、韓国と中国、日本と韓国との間においては、貨物を積載したシャープが港湾での積み替え無しに両国の国内輸送もできるシャープの相互通行が、まだ一部の航路や貨物に限定はされているものの近年始まっている。

このような背景を踏まえ、本資料は、既報の全国輸出入コンテナ貨物流動調査を用いた国際フェリー・RORO 船貨物の流動状況を分析したデータ等をもとにして、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犠牲量モデルにより検討したものである。

コンテナ船での輸送に比べて貨物量シェアが小さい国際フェリー・RORO 船の輸送貨物量の再現や、個別の輸送経路別の貨物量などについては一部再現性が十分とは言えない部分もあるが、所要時間の貨幣換算分と費用を加えた総犠牲量が最小となる経路が選択されるとする犠牲量モデルで、大阪湾や北部九州地域の国際フェリー・RORO 船貨物量のある程度再現可能なモデルが構築できた。また、構築したモデルを用いて既存の航路ネットワークの拡充や、シャープの相互通行の導入などによる国際フェリー・RORO 船輸送の輸送サービス条件の変化が、貨物流動などにどのように影響を及ぼすかを定量的に分析できた。さらに、国際フェリーや RORO 船による輸送を選択している貨物は、費用と時間だけではなく、振動や衝撃が少ない輸送経路を選択することも多いことなどを、犠牲量モデルで今後どのように考慮していくべきかについても考察も加えた。

キーワード：国際フェリー，国際 RORO 船，犠牲量モデル，貨物流動

* 国土交通省近畿地方整備局神戸港湾空港技術調査事務所 所長（元港湾研究部 主任研究官）

** 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

**** 国土交通省航空局航空ネットワーク部近畿圏・中部圏空港政策室 課長補佐（元港湾研究部 主任研究官）

〒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：046-844-5028 Fax：046-844-6029 e-mail: iwesak-k2s5@ysk.nilim.go.jp

An Estimation of Cargo Flow of International Ferries and RORO ships based on a Sacrifice Model

Iwao NODA*

Kanpei IWASAKI**

Tomihiro WATANABE***

Shigeru IYAMA****

Tomoko SASAKI**

Synopsis

Economic relations with Asian countries have increasingly developed, and a demand for international ferries/RORO(Roll on and Roll off) ships, which are capable of faster and more efficient transport than international maritime container ships, is growing. Between Japan and its neighboring countries such as China and South Korea, new international ferry/RORO ship routes have opened and the route network has expanded. On specific routes between South Korea and China/Japan, in recent years, the chassis loaded with specific cargoes can run in each country without transshipment at ports.

Based on these backgrounds, we have developed a sacrifice model to estimate the cargo flow of international ferries and RORO ships between Japan and South Korea/China, based on the data from National Survey on Import/Export Container Cargo Flow.

Although the model doesn't reproduce the small volume of international ferry/RORO and some cargo flow of each route in detail, we have developed a sacrifice model that reproduces cargo flow of international ferries and RORO ships at Osaka bay and in the northern Kyushu area. And we have quantitatively analyzed how cargo flow changes according to the condition of transport by international ferries and RORO ships. We have also considered how to take account of the possibility that routes of international ferries and RORO ships are often selected based not only on cost and time but also on shock and vibration in the sacrifice model in the future.

Key Words: International Ferry, International RORO Ship, Sacrifice Model, Cargo Flow

- * Director-General, Kobe Research and Engineering Office for Port and Airport, MLIT (Ex-Senior Researcher of Port and Harbor Department)
 - ** Senior Researcher of Port and Harbor Department
 - *** Head of Port Systems Division, Port and Harbor Department
 - **** Deputy Director for Airport Policy in Kinki and Chubu Area, Airport Department, Civil Aviation Bureau, MLIT (Ex-Senior Researcher of Port and Harbor Department)
- 3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan
Phone : +81-46-844-5028 Fax : +81-46-844-6029 e-mail:iwasaki-k2s5@ysk.nilim.go.jp

目 次

1. はじめに	1
2. 国際フェリー・RORO 船輸送を取り巻く近年の動向	1
2.1 東アジア地域の国際フェリー・RORO 船航路の動向	1
2.2 日中韓のシャーン相互通行の動向	3
3. 国際フェリー・RORO 船輸送貨物の流動モデルの概要とモデル構築のための各種設定	4
3.1 犠牲量モデルの概要	4
3.2 モデル構築に用いるデータ	5
3.3 対象地域と貨物	6
3.4 輸送経路設定	7
3.5 時間・費用等の犠牲量設定に用いた各種データ	10
4. 時間価値分布の推計結果	12
4.1 韓国貨物の時間価値分布	12
4.2 中国貨物の時間価値分布	13
5. モデルの再現性	14
5.1 韓国貨物のモデル再現性	14
5.2 中国貨物のモデル再現性	20
5.3 モデルの再現性に関わる考察	26
6. 構築モデルを用いたシミュレーション分析	27
6.1 航路ネットワークの拡充等に関わる分析	27
6.2 輸送環境変化に関わる分析	28
7. おわりに	30
謝辞	30
参考文献	30
付録	32

1. はじめに

アジア経済とのつながりが益々強まり、中国や韓国をはじめとする近隣諸国との国際物流においても、定時性、速達性、輸送頻度等の様々な点で国内物流と同水準のサービスが求められるようになってきている。このため、国際海上コンテナ輸送に比べて、より高速で効率的な輸送が可能な国際フェリー・RORO船による輸送へのニーズも高まっている。

我が国と近隣の中国や韓国等との間では、筆者らが既報¹⁾において整理してあるとおり、国際フェリー・RORO船による航路数は、この10年程度では、新規航路の開設や休止などもあり、日韓航路は微増、日中航路はほぼ横ばいの状況ではあるが、船舶の大型化等を背景にその輸送能力は増加している。また、ここ最近では、新規航路の開設や既存の国際フェリー・RORO船航路ネットワークの拡充などのニュースも相次いでいるほか、韓国と中国、日本と韓国との間においては、貨物を積載したシャーシが港湾での積み替え無しに両国の国内輸送もできるシャーシの相互通行が、まだ一部の航路や貨物に限定はされているものの始まっている。

このように国際フェリー・RORO船輸送を取り巻く輸送環境が変化しているなか、より一層効率的で効果的な港湾施策の企画・立案およびその評価等に資するため、国際フェリー・RORO船による輸送動向の把握及び将来予測等に資する分析が必要になっている。

以上の背景を踏まえ、本資料は、既報¹⁾の全国輸出入コンテナ貨物流動調査を用いた国際フェリー・RORO船貨物の流動状況を分析したデータ等をもとにして、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するとともに、構築したモデルを用いて既存の航路ネットワークの拡充や、輸送費用・時間などの国際フェリー・RORO船輸送の輸送サービス条件の変化が、貨物流動などにどのように影響を及ぼすかを定量的に分析するものである。

以下、本分析では、まず2章において、国際フェリー・RORO船輸送を取り巻く最近の動向について整理する。次に3章において、国際フェリー・RORO船輸送による輸送経路のルート選択モデルとして用いた犠牲量モデルの概要、モデル構築に用いた貨物流動データ、対象地域や各輸送経路の時間や費用の設定方法などについて述べる。4章では、犠牲量モデルにおいて輸送経路別の貨物量の再現性などに大きく影響する貨物の時間価値分布の推計結果を、5章ではその時間価値分布を用いて算定した国際フェリー・RORO船貨物量などの再現性について述べるとともに、今回

構築したモデルでコンテナ輸送との分担で特に再現性が低い輸送経路に関して、その原因などについて分析をした結果を示す。最後に6章では、構築した犠牲量モデルを用いて、航路ネットワークの拡充やシャーシの相互通行による輸送時間の短縮などの場合にどのような貨物流動変化がおきるかを定量的に分析した結果を述べる。

2. 国際フェリー・RORO 船輸送を取り巻く近年の動向

本章では、2.1で最近の我が国の国際定期フェリー航路やRORO船の航路を巡る動きについて、また2.2では日中韓で動き出している国際フェリー・RORO船輸送におけるシャーシの相互通行を巡る動きについて述べる。

2.1 東アジア地域の国際フェリー・RORO 船航路の動向

我が国と近隣の韓国や中国との国際定期フェリー航路の歴史を振り返ってみると、1970～80年代にかけては、1970年に下関港～釜山港間の航路、1980年に下関港～青島港間の航路、1985年に大阪港・神戸港～上海港間の航路が開設された程度であった。それが1990年代にはいると、1990年に博多港～釜山港間の航路、神戸港～天津港間の航路の2航路が開設されたのをはじめ、いくつかの航路が開設され、1990年で5航路であった我が国の国際定期フェリー航路は、2000年には10航路にまで増えている。

その後、2000年以降は、新規国際フェリー航路の開設や既存航路の休止など、航路の入れ替わりなどもあったものの、2003年に博多港～上海港を結ぶ貨物を専用運ぶRORO船の航路が開設されたのをはじめとして、いくつかの国際定期RORO船航路も開設され、2013年3月現在では、国際フェリー航路が8航路、国際RORO船航路が6航路となっている。2000年と2013年3月現在の日本寄港の国際定期フェリー・RORO船航路を図-1、図-2、表-1に示す。

また、韓国と中国間の国際フェリーについては、韓国の仁川港や平澤港などと、中国の黄海沿岸諸港などを結ぶ航路が多くなっており、2000年に6航路であったものが、2013年3月には15航路となっている。2000年と2013年の韓国と中国間の定期フェリー航路を図-3、図-4、表-1に示す。

2013年3月以降の我が国の国際フェリー・RORO船航路の動向をみると、さらに幾つかの動きがある。

2013年12月には、カメララインが博多～基隆間のRORO船の新規航路を開設している。就航船舶は「アジア・イノベーター」で、15,380総トン、コンテナ積載能力は120TEUである。運航頻度は週1便で博多→基隆の所要時間は42時間、基隆→博多の所要時間は50時間である²⁾。

表-1 東アジア地域における国際フェリー・RORO 船航路概要 (2013年3月現在)

航路	船種	寄港地	船名	寄港頻度 (便/月)	建造年 (年)	国際 総トン数 (GT)	船長 (m)	満載喫水 (m)	旅客定員 (人)	積載能力 (TEU, 台)	平均所要 時間(h)
日本～ロシア	フェリー	コルサコフ-稚内	アインズ宗谷	5～9	1997	2,628	76.7	3.80	223	トラック18	5.5
	RORO船	ウラジオストク-伏木富山	FESCO Uelen	5	1990	7300	109.1	5.85	-	コンテナ52	30.0
	RORO船	ウラジオストク-浜田(注)	FESCO Ulan-Ude *	2～	1985	6974	96.9	5.98	-	コンテナ128	36.0
日本 ～ 中国	フェリー	上海-大阪・神戸	新鑑真	4	1994	14,543	156.7	6.27	345	コンテナ250	45.5
	フェリー	上海-大阪	蘇州号	4	1992	14,410	154.7	6.02	272	コンテナ130	45.5
	RORO船	上海-博多	上海スーパーエクスプレス	8	1991	16,350	145.6	6.52	-	コンテナ242	28.8
	フェリー	青島-下関	ゆうとびあ	8	1987	26,906	184.5	6.78	350	コンテナ265	32.3
	RORO船	太倉-下関	ゆうとびあIV	8	1992	14,250	145.6	6.25	-	コンテナ143	34.0
日本 ～ 韓国	RORO船	釜山新港-大阪-釜山新港- 大阪-釜山新港-金沢-敦賀- 馬山-釜山新港	サンスタートリーム	大阪 8 金沢 4 敦賀 4	1995	11,820	149.6	6.70	-	コンテナ258	敦-釜21.0 大-釜18.8 金-釜21.0
	RORO船	釜山新港-金沢-敦賀- 釜山新港	スターリンクワン	4	1997	7,097	153.6	6.99	-	コンテナ200	敦-釜19.0 金-釜21.0
	フェリー	釜山-大阪	パンスタートリーム	12	1997	21,535	160.0	6.07	680	コンテナ220	18.8
	フェリー	釜山-下関	はまゆう 星希	28	1998 2002	16,187 16,875	162.0	5.60	460 564	コンテナ140 コンテナ140	13.0 12.0
	フェリー	釜山-博多	ニューかめりあ	28	2004	19,961	170.0	6.00	522	コンテナ220	6.5
日本～ 韓国～ロシア	フェリー	ウラジオストク-東海-境	イースタンドリーム	4	1993	11,478	140.0	6.15	410	コンテナ130	ウ-東20.0 境-東14.5
中国 ～ 韓国	フェリー	仁川-威海	NGB II	12	1990	26,463	186.5	6.92	731	コンテナ280	15.5
	フェリー	仁川-青島	NGB V	12	1997	29,554	196.0	6.70	660	コンテナ325	17.8
	フェリー	仁川-大連	大仁	12	1988	12,365	134.6	5.72	508	コンテナ142	15.5
	フェリー	仁川-天津	天仁	8	1990	26,463	186.5	6.87	800	コンテナ274	26.3
	フェリー	仁川-丹東	東方名珠II	12	1986	10,648	126.2	5.54	599	コンテナ120	17.0
	フェリー	仁川-煙台	香雪蘭	12	1996	16,071	150.5	7.15	392	コンテナ293	15.8
	フェリー	仁川-石島	華東明珠VI	12	1988	19,534	174.5	6.18	910	コンテナ252	15.0
	フェリー	仁川-營口	紫丁香	8	1996	12,304	148.2	6.19	290	コンテナ228	25.5
	フェリー	仁川-秦皇島	郁金香	8	1995	12,304	148.2	6.10	348	コンテナ228	24.0
	フェリー	仁川-連雲港	紫玉蘭	8	1995	16,071	150.5	6.85	392	コンテナ293	24.5
	フェリー	平澤-日照	RI ZHAO DONG FANG	12	1992	24,946	170.0	6.72	660	トラック100	16.0
	フェリー	平澤-龍眼	YONG XIA	12	1989	25,151	178.0	6.54	720	コンテナ267	12.0
	フェリー	平澤-連雲港	C-K STAR	8	1989	14,991	160.0	6.32	668	コンテナ192	21.3
	フェリー	平澤-威海	Grand Peace	12	1991	24,112	185.5	6.65	750	コンテナ214	14.7
フェリー	群山-石島	Shidao	12	1989	17,022	147.2	5.51	750	コンテナ203	15.0	

資料: 船社HP, Lloyd'sデータ等を基に国総研港湾研究部作成。表中網掛けはRORO船。

注)ウラジオストク-浜田航路は、国内外の他港に寄港することもある。船名欄の*印は複数就航船舶のうちの1隻のみを表記している。

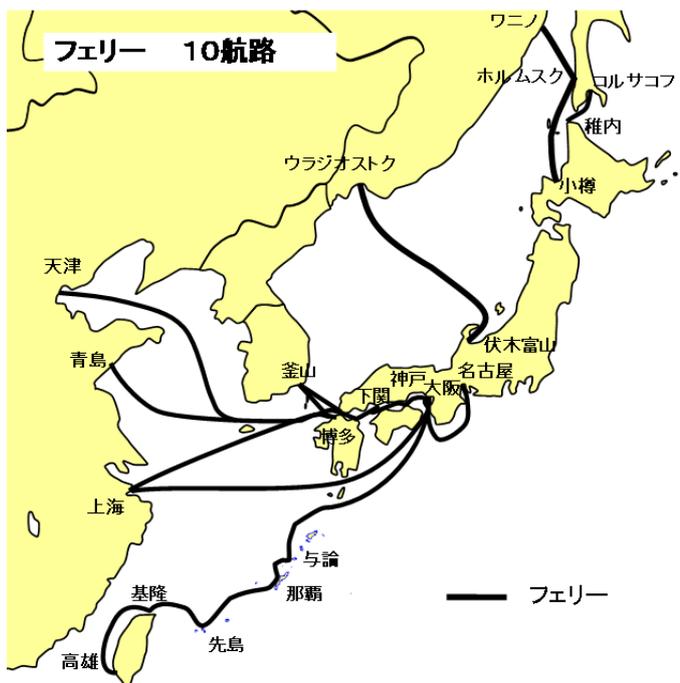


図-1 日本寄港の国際定期フェリー・RORO 船航路(2000年)

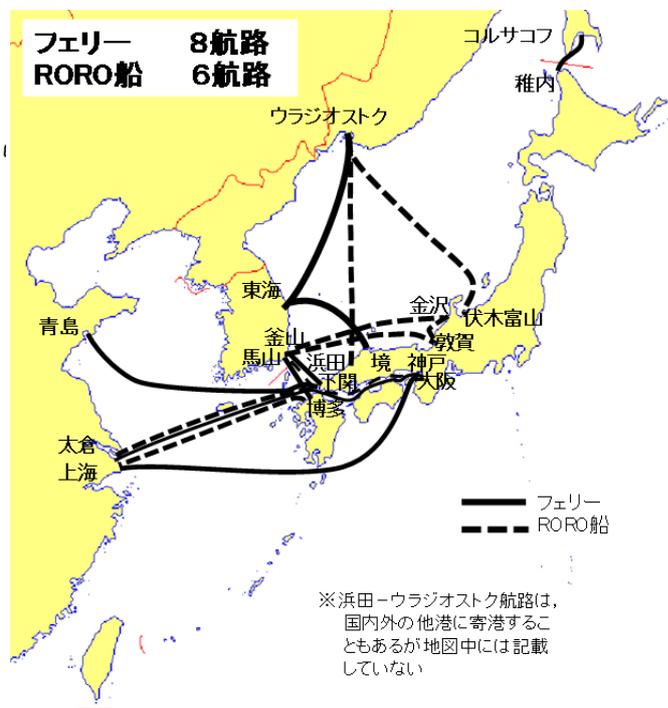


図-2 日本寄港の国際定期フェリー・RORO 船航路(2013年)

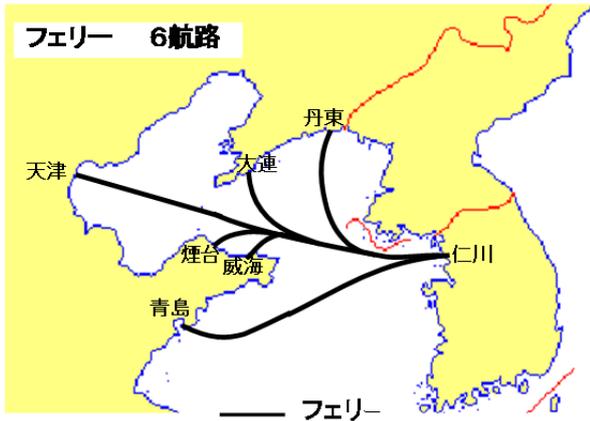


図-3 韓国～中国間の国際定期フェリー航路(2000年)



図-4 韓国～中国間の国際定期フェリー航路(2013年)

またパンスターラインが、従前釜山を起点に金沢・敦賀に寄港していた「スターリンクワン」(コンテナ積載能力184TEU, トレーラー92台)による航路を2013年9月に拡大し、東京港と釜山新港間のRORO船航路運航を開始している。運航頻度は週1便で東京→釜山の所要時間は37時間、釜山→東京の所要時間は32時間である³⁾。

加えて、今後の航路開設などの予定として、下関港と韓国の済州島を結ぶフェリー航路⁴⁾の計画や、九州-沖縄と台湾の高雄港を結ぶRORO船航路⁵⁾の計画も報じられている。

2.2 日中韓のシャーシ相互通行の動向

シャーシ(動力をもたない被牽引車両)相互通行は、通例は図-5に示すように国際フェリー・RORO船の輸送において、それぞれの港湾とその背後圏との輸送にはそれぞれの国で通行が可能なシャーシを用いて輸送し、海上輸送部分では船舶専用のシャーシを用いて輸送しているものを、両国の背後輸送と海上輸送部分を両国での通行が可能な共用のシャーシを用いて行うというものである。通例の方式では、両国の港湾において船舶専用のシャーシに貨物を積み替えるなどの作業が発生するため、シャーシの相互通行が実現すると積み替え回数が減り、衝撃や振動などを嫌う貨物などにとってはより魅力のある方式となる。

中国と韓国の間では、2010年10月以降、中国の6港湾(煙台港, 威海港, 龍眼港, 石島港, 青島港, 日照港)と韓国の3港湾(仁川港, 平澤港, 群山港)との間の7つの航路で、このシャーシの相互通行が行われている。

日本と韓国との間については、北東アジアにおけるシームレス物流、環境にやさしい物流の実現に向けた物流分野における協力・連携の推進を目的として、平成24年7月に釜山で開催された「第4回日中韓物流大臣会合」において、シームレス物流の実現に向けて、日韓でシャーシの相互通

行に関わるパイロットプロジェクト実施に向けて相互協力を行うことなどを盛り込んだ共同声明が発表されている⁶⁾。

それを受けて、平成24年10月からは、日本のシャーシの韓国国内の通行が開始されたほか、平成25年3月からは韓国のシャーシの日本国内通行がパイロットプロジェクトとして開始されている⁷⁾。このパイロットプロジェクトは、釜山近郊の自動車製造拠点から、釜山～下関航路を経由して韓国製自動車部品を九州の自動車工場まで輸送するもので、日韓両国のシャーシの相手国国内通行については、相手国の関係法令がそれぞれ適用されている⁷⁾。

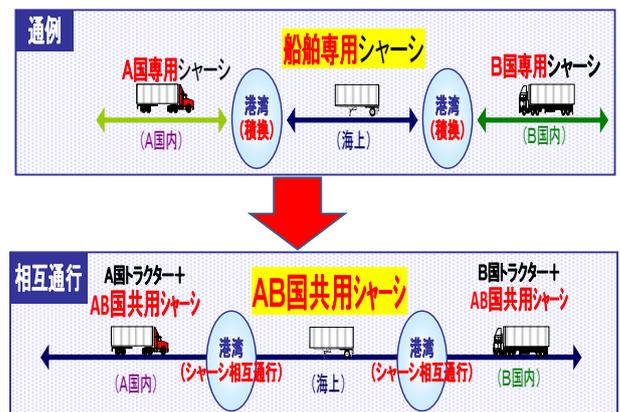


図-5 シャーシの相互通行(イメージ図)

3. 国際フェリー・RORO船輸送貨物の流動モデル概要とモデル構築のための各種設定

本章では、3.1で国際フェリー・RORO船輸送貨物の流動モデル構築にあたり考えることとした犠牲量モデルの概要を、3.2ではモデル構築にあたり使用した貨物流動データの概要を述べる。また3.3では犠牲量モデル構築にあたり設定した分析対象国・地域や貨物について、3.4では、日本の各生産・消費地の区分や輸送経路の設定について述べる。さらに3.5では、各輸送経路を利用する際の時間や費用の設定方法などについて述べる。

3.1 犠牲量モデルの概要

(1) 犠牲量モデルの概念⁸⁾

犠牲量モデルは、輸送ルート選択にあたり、選択者は時間と費用から構成されるルート毎の総犠牲量が最も小さくなるルートを選択すると考えるモデルである。輸送ルート毎の総犠牲量は式(1)で表現され、ルート r の総犠牲量 S_r は時間 T_r と時間価値 α の積にルート毎に要する費用 C_r を足したものとなる。

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

S_r : 総犠牲量, C_r : 費用, α : 時間価値, T_r : 時間

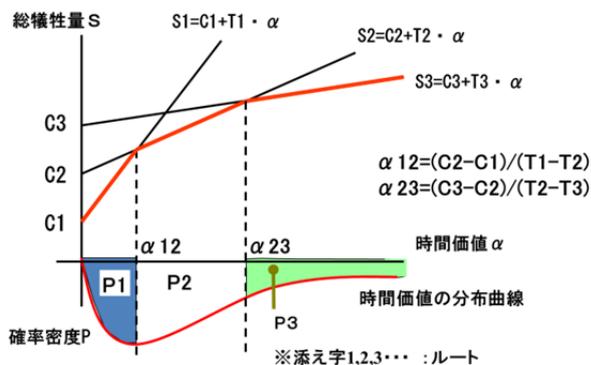


図-6 犠牲量モデル概念図

犠牲量を用いたルート選択の考え方を図にあらわしたものが図-6である。ここで、縦軸は総犠牲量、横軸は時間価値であり、3本の直線はルートの犠牲量であり、その総犠牲量がそれぞれ S_1 , S_2 , S_3 で表わされる。

貨物の時間価値によって総犠牲量が最小になるルートが異なり、ルート1とルート2の交点を α_{12} 、ルート2とルート3の交点を α_{23} とすると、時間価値0から α_{12} まではルート1、時間価値 α_{12} から α_{23} まではルート2、 α_{23} より時間価値の大きいところではルート3の経路の総犠牲量が最も小さいルートとなり、貨物は時間価値によってそれぞれのルートを経由することとなる。

ルートの総犠牲量 S はルート毎の陸上・海上輸送の距離や輸送スピード、積み替え、運航頻度などから要する費用、時間を算出し、設定することとなり、直線の交点からルートが変わる境界となる時間価値を求めることができる。

一方で、各ルートの選択確率は図-6の P_1 , P_2 , P_3 で表わされ、この選択確率は各ルートの貨物量の比で表わされる。発地Aから着地Bまでのルートが3つあると仮定し、ルート1、ルート2、ルート3それぞれの貨物の全体に占める割合が仮に0.3, 0.4, 0.3であるとすると $P_1=0.3$, $P_2=0.4$, $P_3=0.3$ となる。ルート毎の貨物量はコンテナ貨物流動調査の実績値から分かっているので、各ルートの総犠牲量から求められた境界時間価値 α と貨物量の比から算出されたルート毎の選択確率を比較し、実際の貨物比率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。

(2) 時間価値推計方法⁸⁾

時間価値の分布形については、正規分布や対数正規分布など、各種の分布形を設定することが想定されるが、コンテナ貨物の時間価値を推計した樋口ら⁹⁾及び都市交通の時間価値分布の分析を行った青山ら¹⁰⁾の見解を参考にした。すなわち、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、今回の分析においても時間価値の分布形は対数正規分布を用いることとした。

時間価値分布を対数正規とする場合の具体的な時間価値分布の推計手順は以下のとおりである。

まず対数正規分布の場合は、 x の対数をとった $\ln(x)$ が正規分布に従う分布と考えるので、対数正規分布の確率密度関数 $f(x)$ は式(2)のとおりとなる。

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

μ , σ はそれぞれ正規分布の平均, 標準偏差

ここで確率 x までの累積密度関数を P とすると、式(3)となる。

$$P(X \leq x) = \int_{-\infty}^x f(x) dx \quad (3)$$

次に $s = \frac{\ln x - \mu}{\sigma}$ とおくと

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

$$= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\frac{\ln x - \mu}{\sigma}} e^{-\frac{1}{2}S^2} ds = \Phi\left(\frac{\ln x - \mu}{\sigma}\right) \quad (4)$$

(Φ は標準正規累積分布関数)

さらに、式(4)の逆関数をとると以下の式(5)が導かれ、貨物の比率である確率Pが分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xの対数值 $\ln(x)$ 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、平均 μ 、標準偏差 σ のパラメータを求めることができることとなる。

$$\Phi^{-1}(P(X \leq x)) = \frac{\ln x - \mu}{\sigma} \quad (5)$$

式(5)の左辺の確率Pについては、各生産・消費地別に貨物の輸送経路別の貨物量が実績としてわかっている場合、上述のとおりその標準正規累積分布関数の逆関数をとって求められる。一方、右辺の $\ln(x)$ については、設定されたルート上の最も小さい犠牲量に関わる交点(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-7)。

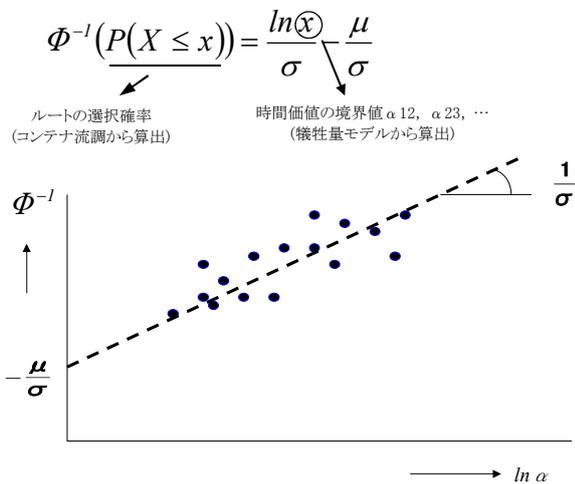


図-7 パラメータの推計

この両者から最も貨物のルート選択の実績の再現性が良くなるように、最小二乗法により図-7の直線の傾きである $1/\sigma$ と、切片である $-\mu/\sigma$ を算出し、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 を算定

する。

なお、時間価値の代表値算出の際には、他の値と大きく乖離した値の影響を小さくできる対数正規分布の中央値が式(6)で、また平均値は式(7)を用いて算出することができる。

$$\text{中央値 } m = \exp(\mu) \quad (6)$$

$$\text{平均値 } a = \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right) \quad (7)$$

3.2 モデル構築に用いるデータ

本節では、国際フェリー・RORO 船輸送に関わる輸送経路選択モデルの構築にあたり用いることとした平成20年の全国輸出入コンテナ貨物流動調査¹¹⁾の概要とデータ概要について述べる。

(1) 分析に用いたデータと調査対象貨物

本分析でのモデル構築においては、後藤らによる既報¹⁾の分析と同様に、平成20年に実施された全国輸出入コンテナ貨物流動調査のデータを用いて、モデル構築を行うこととした。

全国輸出入コンテナ貨物流動調査は、我が国の国際海上コンテナ貨物の流動実態を把握し、効率的な国際海上コンテナ輸送体制を確立するための基礎資料を得ることを目的として、国土交通省が主体となって実施している調査である。昭和45年以降、およそ5年毎に調査が実施され、最近では、平成20年11月、平成25年11月に調査が実施されている。今回の国際フェリー・RORO船貨物輸送に関わるモデル構築にあたっては、平成20年11月調査のデータを活用することとした。

全国輸出入コンテナ貨物流動調査の調査対象貨物は、その期間中(1か月間)に全国の税関において輸出入申告された海上コンテナ貨物である。ただし、少額貨物(1品目20万円以下)、軍関係貨物、コンテナ本体及びその付属品等の貨物は調査の対象から除外されている。

したがって、輸送船舶がコンテナ船の場合は勿論のこと、国際フェリーやRORO船において輸送される場合でも、その荷姿がコンテナ貨物であれば、この調査の対象となる。国際フェリーや国際RORO船において、船専用シャーンに載せられて輸送されるコンテナ貨物や船の船倉に直接置かれて輸送される(直置き)コンテナ貨物は、この調査の対象となっている。しかしながら、国際フェリーや国際RORO船で輸送される貨物の中には、生きたまま魚を運ぶ活魚車や荷物室の側部が広く開閉するウイングトレーラー、船専用

のシャーシに載せられたり船の船倉に直接置かれるコンテナに入っていない直置きのパラ貨物などもある(写真-1参照)。これらの非コンテナ貨物については、今回用いることとした全国輸出入コンテナ貨物流動調査の調査対象とはなっていないことに留意が必要である。

なお、国際フェリーやRORO船によるコンテナ貨物と上記の非コンテナ貨物の比率を、平成24年度に国土交通省港湾局が実施したユニットロード貨物流動調査のデータをもとに分析すると、調査対象が平成24年11月の1か月の就航航路のうちの任意の4航海であるなどの調査データではあるが、その荷姿の比率は図-8のとおりとなる。すなわち、国際フェリー航路7航路、国際RORO船航路5航路の調査結果であるが、国際フェリーの場合、輸出では約1/4が非コンテナ貨物、輸入では約1割が非コンテナ貨物、国際RORO船の場合、輸出では約1/3が非コンテナ貨物、輸入では非コンテナ貨物はほとんど無いという状況である。



写真-1 国際フェリー・RORO船の非コンテナ貨物例

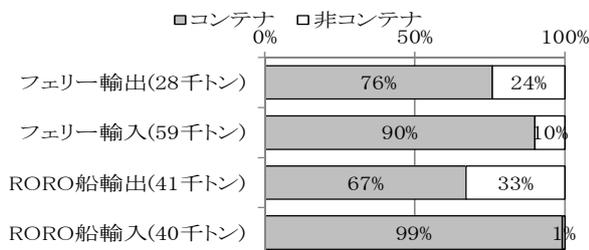


図-8 国際フェリー・RORO船輸送の貨物の荷姿比率

(2) 分析に用いたデータの調査項目

全国輸出入コンテナ貨物流動調査の調査項目は、コンテナ貨物の流動状況、利用港湾やルートなどが把握できるように、生産地・消費地の市町村、コンテナ詰め場所・取出場所、船積港・船卸港、仕向港・仕出港、仕向国・仕出(原産)国などが設定されているほか、輸送した貨物の貨物量(フレートトン)、品目、申告価格(円)、国内での輸送手段などの項目が設定されている。

コンテナ貨物流動調査で把握できるルートの情報を大まかに示すと、輸出、輸入のそれぞれについて、以下のとおりとなる(図-9)。

・輸出コンテナ貨物

国内生産地→コンテナ詰め場所(輸送機関)→国内船積港→海外仕向港→最終船卸港→仕向国

・輸入コンテナ貨物

仕出(原産)国→最初船積港→海外仕出港→国内船卸港→(輸送機関)→コンテナ取出場所→国内消費地

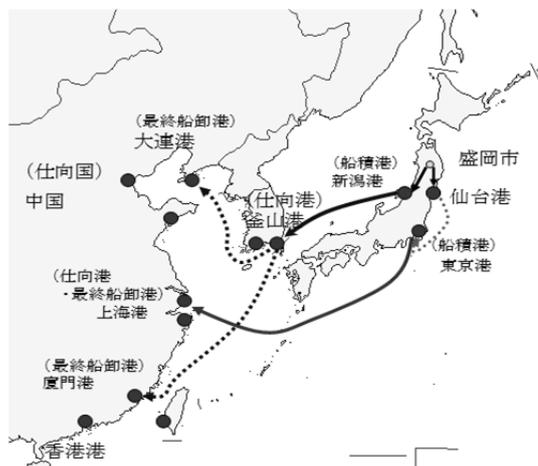


図-9 輸出コンテナの調査対象経路(イメージ)

したがって、輸出入コンテナ貨物の相手国・地域別、輸出入別、我が国の貨物の生産・消費地別などに、国内の生産・消費地と国内利用港湾までの輸送手段(トレーラー、内航海運、鉄道)や海外との輸送に関わる船に積み込んだ港(国内船積港)あるいは貨物を卸した港湾(国内船卸港)、海外の利用港湾など、輸送経路別の貨物量等を分析できる。

なお、海外との輸送がコンテナ船利用か国際フェリーやRORO船利用かなどについても、輸送船舶が国際フェリーであるかRORO船であるかを船の諸元などのデータであるLloyd'sデータを併用することにより区別して分析することが可能であることから、国際フェリーやRORO船による輸送か、コンテナ船による輸送かを区別して分析が可能である。

3.3 対象地域と貨物

国際フェリー・RORO船輸送貨物に関わる貨物流動モデルの構築にあたっては、上記で述べた全国輸出入コンテナ貨物流動調査のデータを活用して行ったが、我が国と中国や韓国とを結ぶ国際フェリー航路や国際RORO船の定期航路が、2章の図-1、図-2や後藤らの既報¹⁾をみても、韓国や台湾、中国の上海以北の港湾と展開されてきていることを考慮し、今回分析対象とする相手国・地域の候補としては、韓国のほか、表-2と図-10に示す中国中部エリア以北の地域とした。なお、中国についてはその地域が広範囲であることから、表-2と図-10に示すとおり中国北部エリアと中

国中部エリアに区分して検討することとした。台湾については、今回用いることとした平成20年の全国輸出入コンテナ貨物流動調査を実施した平成20年11月時点では、我が国との国際フェリー・RORO船航路がないことから、今回は除外して考えることとした。

なおこの中国の区分に関しては、(財)国際東アジア研究センターの中国経済の地域間産業連関分析によれば7地域(東北地域、華北地域、華東地域、華南地域、華中地域、西北地域、西南地域)に、またJETRO資料によれば6エリア(東北エリア、中部エリア、西部エリア、華北エリア、華東エリア、華南エリア)に区分されている。本分析での中国の地域区分にあたっては、中国経済の地域間産業連関分析(財)国際東アジア研究センター)を参考に、当該センターの区分上の東北地域と華北地域をあわせた地域を中国北部エリア、華東地域と華中地域をあわせた地域を中国中部エリアなどとした。

ここで、韓国、中国北部エリア、中国中部エリアとの全国輸出入貨物流動調査データにおける貨物量を、輸出入別、船種別(コンテナ船、フェリー、RORO船)にみると表-3、表-4のとおりとなる。韓国、中国北部エリア、中国中部エリアのそれぞれの国・地域別の国際フェリーやRORO船による輸送貨物量は、全体の1%~10%程度であり、コンテナ船による輸送に比べるとまだまだ僅かなシェアである。

また国際フェリー・RORO船による輸送貨物量は、輸出入別には、韓国、中国北部エリア、中国中部エリアのいずれにおいても、輸出に比べて輸入貨物の方が量が多くなっており、中国北部エリア・中国中部エリア貨物では、輸入貨物量に比べて輸出貨物量が少なくかなりのインバランスとなっている。輸入貨物の国際フェリー・RORO船貨物量は、韓国貨物が3.2万トン/月、中国中部エリア貨物が4.0万トン/月、中国北部エリア貨物は2.5万トン/月となっている。

以上のことから、以下のモデルの検討に際しては、韓国貨物と、中国貨物については、貨物量が多く国際フェリー航路と国際RORO船航路の双方が就航している中国中部エリアとの間の輸送について、モデルの構築を行うこととした。

表-2 分析候補の地域区分

国名	地域の内訳	
中国	北部エリア	遼寧・吉林・黒竜江・北京・天津・河北・山東・内モンゴル
	中部エリア	上海・江蘇・浙江・山西・安徽・江西・河南・湖北・湖南
韓国	—	

表-3 各国・地域との船種別貨物量(輸出)

		コンテナ船		フェリー		RORO船		合計
		(トン/月)						
韓国		201,461	90.3%	21,684	9.7%	0	0.0%	223,145
中国	北部エリア	259,062	98.7%	3,395	1.3%	0	0.0%	262,457
	中部エリア	479,399	98.5%	4,658	1.0%	2,433	0.5%	486,490

表-4 各国・地域との船種別貨物量(輸入)

		コンテナ船		フェリー		RORO船		合計
		(トン/月)						
韓国		326,101	91.0%	32,271	9.0%	0	0.0%	358,372
中国	北部エリア	1,036,980	97.7%	24,882	2.3%	0	0.0%	1,061,862
	中部エリア	1,711,209	97.7%	29,824	1.7%	10,571	0.6%	1,751,604



図-10 本分析での中国の地域区分

3.4 輸送経路設定

本節では、輸送経路別の貨物量実績などをもとに犠牲量モデルを構築して輸送経路別の貨物量推計などを行うにあたり、国内の生産・消費地の区分や港湾の設定、生産・消費地と港湾との輸送手段の設定、さらには海外港湾とのコンテナ船や国際フェリー・RORO船などの船種別の航路サービスなど、輸送経路の設定について述べる。

(1) 国内の生産・消費地の区分と港湾の設定

a) 国内の生産・消費地の地域区分

国内の生産・消費地については、井山らが犠牲量モデルを用いて構築した国際海上コンテナ貨物の流動モデル⁸⁾では、北海道4地域と46都府県の合計50地域区分でモデルを構築しているが、50地域区分では、国際フェリー・RORO船とコンテナ船との船種別の利用の違いなどを分析するにあたっては、輸送時間や輸送費用などの違いを反映した分析が難しいことが想定される。

そこで、今回のモデル構築にあたっては、後藤ら¹⁾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。なお、207 区分の詳細は**付録 A**に示す。

b) 国内の港湾の設定

韓国や中国との貨物は、国内の各生産・消費地と海外の港湾との間を、国内のいずれかの港湾を経由して輸送される。この際、実際にコンテナ貨物が経由する国内の港湾は、国際海上コンテナ定期航路や国際フェリー・RORO 船航路などがある港湾であるが、モデルの構築にあたって、東京湾、伊勢湾、大阪湾、北部九州の 4 地域に港湾を設定することとしたほか、この 4 つの港湾が存在しない道府県に 1 港の代表港湾を設定することとし、合計 35 港を配置することとした（**図-11**）。

なお、当該道府県に国際定期コンテナ航路や国際フェリー・RORO 船航路などが就航する港湾が複数存在するため、代表港の設定においては、各道府県の実績と設定する代表港との輸送距離などができるだけ実際の平均輸送距離などに近くなるように、①コンテナ貨物の取扱量の多い港湾、②道府県内の各地域からの輸送距離に大きな偏りが生じない港湾（道府県内の中央部に近い港湾）の 2 つの要素を考慮して設定することとした。

c) 海外フィーダー港湾の設定

今回の分析対象貨物は、韓国、中国（中部エリア）との輸出入コンテナ貨物であるが、直接これらの国・地域の港湾に海上輸送されるのではなく、海外の他の国・地域の港湾で積み替えられて輸送される貨物も存在する。このように海外の港湾で積み替えられる貨物を、海外フィーダー貨物と呼び、積み替えられる海外の他の国・地域の港湾を海外フィーダー港と呼ぶこととすると、輸送経路別の貨物量を推計するモデル構築にあたっては、この海外フィーダー港を設定する必要がある。

したがって、モデルの構築にあたっては、東アジア地域での我が国の国際海上コンテナ貨物の積み替え実績や今後のモデルの拡張可能性なども勘案し、釜山港、上海港、高雄港、香港港の 4 港湾を海外フィーダー港湾として設定することとした。

(2) 輸送経路の設定

a) 国内の輸送手段

海外との貨物を積み卸しする国内の港湾と国内の生産・消費地との間の主な輸送機関としては、トレーラー

などによる陸上輸送、鉄道利用、国内の内航海運を利用した海上輸送が想定される。

国際フェリーや RORO 船を利用する輸出入コンテナ貨物について、国内の船積港湾／船卸港湾と、背後の生産・消費地との間の主要な輸送手段を国際フェリー、国際 RORO 船について分析したのが**表-5**である。

RORO 船で輸送される輸入貨物の国内輸送手段は、内航海運が 32%、鉄道が 8%のシェアとなっているものの、フェリーの輸出および輸入貨物や国際 RORO 船で輸送される輸出貨物の国内輸送手段についてはそのほとんどがトレーラー輸送である。よって、国内の輸送手段をトレーラーのみにすることも考えられるが、より環境に優しい内航海運や鉄道などの利用促進が今後も増大する可能性があることや、現在進められている国際コンテナ戦略港湾施策などにおいても、内航海運を活用した集荷策などが展開されていることなどを勘案して、国内の内航海運を利用した輸送（以下「国際フィーダー輸送」と呼ぶ）についても、モデル構築にあたりその輸送手段として考慮することとした。

表-5 港湾との主要な輸送手段

	輸出貨物				輸入貨物			
	フェリー		RORO船		フェリー		RORO船	
トレーラー	53,592	99.43%	2,500	98.08%	113,367	98.91%	6,403	60.57%
内航海運	105	0.19%	49	1.92%	823	0.72%	3,370	31.88%
鉄道	201	0.37%	0	0.00%	432	0.38%	798	7.55%
合計	53,898	100.00%	2,549	100.00%	114,622	100.00%	10,571	100.00%

※相手港湾は釜山港、青島港、太倉港、上海港、天津新港

b) 輸送経路の設定

また、韓国や中国（中部エリア）の各港湾への海上輸送手段としては、船種別にコンテナ船、国際フェリー、国際 RORO 船の 3 つを想定し、それぞれの船種の輸送頻度や所要時間などの輸送サービス水準の設定詳細は次節 3.5 で述べるが、分析に用いた全国輸出入コンテナ貨物流動調査が実施された平成 20 年 11 月の航路ネットワークやサービス水準などを参考に設定することとした。すなわち、大阪湾や北部九州地区では国際フェリーや RORO 船航路を、コンテナ船による輸送とは別に輸送経路として設定することとした。

以上をもとに、想定した国内の港湾や海外のフィーダー港湾、国内の輸送手段や海外との海上輸送経路の例などを**図-11**に示す。

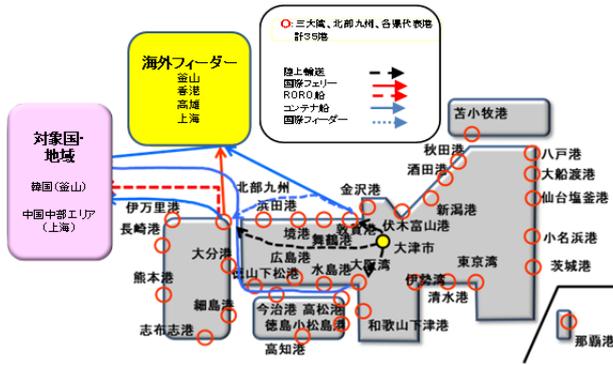


図-11 代表港湾の設定と経路設定例

また、表-6には、輸出の場合の今回分析する輸送経路の概要を示す。なお表-6は、国内での内航による国際フィーダー輸送と海外の釜山港などへの海外フィーダー輸送の双方が同時に行われることがない場合、つまり国内あるいは海外とのフィーダー輸送が1回あるいは無しの場合を考えたものである。

貨物が最初に積み込まれる港湾をファーストポート（1st ポート）、また貨物が海外の対象国の港湾まで運ばれる船（本船）に積み込まれる港湾をセカンドポート（2nd ポート）とすると、生産地である207生活圏ごとに、ダイレクト輸送の場合、海外フィーダー輸送される場合、国際フィーダー輸送の場合のそれぞれで輸送経路をどのように設定したかを表-6では示している。なお、今回のモデル構築では、海外へのコンテナ船輸送と、国際フェリー・RORO船輸送を区別して設定することとしており、国際フェリー・RORO船航路は、大阪湾や北部九州港湾等のような航路の存在する港湾がn港（nは整数）であるとしている。

ダイレクト輸送の場合は、コンテナ船の本船に積み込まれる港湾の候補が、コンテナ船の航路のある35港と国際フェリー・RORO船の航路のあるn港となるので、合計35+n通りの設定となる。なお、国際フェリー・RORO船の就航港湾とコンテナ船の就航港湾が同じ可能性もあるが、本分析では、国際フェリー、RORO船、コンテナ船の船種を区別した分析をすることとしているので、同じ港湾であっても船種が違えば、港湾数としては別のものとしてカウントすることとしたので、上記の経路数は35+n通りとしている。また、ダイレクト輸送の場合は、最初に貨物が船に積み込まれる港湾である1stポートと、本船に積み込まれる港湾である2ndポートは同じとなる。

海外の釜山港などまで輸送されたのちに海外の港湾で対象国港湾までの本船に積み込まれる海外フィーダー輸送の場合は、国内の207生活圏から、海外へのコンテナ船

の航路がある可能性がある35港と国際フェリー・RORO船が就航する港湾n港の合計35+n港が1stポートとなり、さらにそれらの港湾から今回検討する韓国貨物や中国貨物の海外の積み替え港湾先として設定する4港（釜山港、上海港、高雄港、香港港）へ輸送されそこで本船に積み込まれることとなるので、海外4港が2ndポートとなる。よって、海外フィーダー輸送の場合は、 $(35+n) \times 4$ 通りの経路が候補として設定されることとなる。

さらに、207生活圏から陸送で国内のA港へ輸送され、そこから内航船で国内で貨物を本船に積み込むこととなる港湾に輸送される国際フィーダー輸送の場合は、2ndポートである本船積み込み港湾がコンテナ船の航路がある35港と国際フェリー・RORO船の航路のあるn港の合計35+n港あり、1stポートはこれらの本船積み込み港湾への輸送を内航船で行う場合の貨物の積み込み港湾であるA港の候補数であるので、本船積みする港湾を除いて考え35港マイナス1港の34港となる。

以上のダイレクト輸送、海外フィーダー輸送、国際フィーダー輸送のそれぞれの設定経路数を合計すると、 $39 \times (35+n)$ となり、国際コンテナ船・RORO航路が就航する港湾数のnが2であれば、207の生活圏のそれぞれについて、 39×37 で計算されることとなり、1295経路が候補として考えられることとなる。

同様に、海外からの輸入の場合の輸送経路の設定を、表-7に示す。輸出の場合は、貨物が最初に積み込まれる港湾をファーストポート（1st ポート）、貨物が海外の対象国の港湾まで運ばれる船（本船）に積み込まれる港湾をセカンドポート（2nd ポート）としたが、輸入の場合は、海外の対象国から本船で輸送され本船から最初に本船から卸される港湾を1stポート、国内の最終の船卸港湾を2ndポートとしている点が異なるが、国際フェリー・RORO船の航路の就航する港湾をn港とすると、207生活圏ごとの設定航路数の合計は、ダイレクト輸送、海外フィーダー輸

表-6 輸送経路の設定（輸出の場合）

	発地	1stポート (最初に貨物が船に積み込まれる港湾)		2ndポート (本船に積み込まれる港湾)		着地	備考 (生産地あたりの設定経路数)
対外輸送	国内207生活圏	→ (陸送) コンテナ船 35港 国際フェリー・RORO船 n港	→	コンテナ船 35港 ①1st2ndは同一 国際フェリー・RORO船 n港	→	対象国港湾	$35+n$ 通り
海外フィーダー輸送	国内207生活圏	→ (陸送) コンテナ船 35港 国際フェリー・RORO船 n港	→	海外フィーダー港 4港 (外航)	→	対象国港湾	$(35+n) \times 4$ 通り
国際フィーダー輸送	国内207生活圏	→ (陸送) コンテナ船 34港	→	コンテナ船 35港 (内航) 国際フェリー・RORO船 n港	→	対象国港湾	$34 \times (35+n)$ 通り

※国際フィーダー輸送の1stポートは、国内の本船積み込み港湾への輸送であるので輸送先候補数はコンテナ港35港-1港=34港としている
※発地の207生活圏ごとの設定航路数は、備考欄の合計となり $(35+n) \times (1+4+34) = 39 \times (35+n)$ 通りとなる

表-7 輸送経路の設定（輸入の場合）

	発地		1stポート (本船から卸される港湾)		2ndポート (最終の船卸港湾)		着地	備考 (生産地あたりの 設定経路数)
ダイレクト 輸送	対象国港 湾	→ (本船)	コンテナ船 35港	→ ※1st&2nd は同一	コンテナ船 35港	→ (陸送)	国内 207生活圏	35+n通り
			国際フェリー・RORO船 n港		国際フェリー・RORO船 n港			
海外フィー ダー輸送	対象国港 湾	→ (本船)	海外フィーダー港 4港	→ (外航)	コンテナ船 35港	→ (陸送)	国内 207生活圏	4×(35+n)通り
			国際フェリー・RORO船 n港		国際フェリー・RORO船 n港			
国際フィー ダー輸送	対象国港 湾	→ (本船)	コンテナ船 35港	→ (内航)	コンテナ船 34港	→ (陸送)	国内 207生活圏	(35+n)×34通り
			国際フェリー・RORO船 n港					

※国際フェリー輸送の2ndポートは、国内の本船から卸される港湾からの輸送であるので、輸送先候補数はコンテナ港湾35港-1港=34港としている
※発地の207生活圏ごとの設定経路数は、備考欄の合計となり (35+n)×(1+4+34) = 39×(35+n)通りとなる

送，国際フィーダー輸送の合計で $39 \times (35 + n)$ 港) となり，輸出の場合と同様となる。

これらの輸出や輸入の場合の，各輸送経路候補に関して，それぞれの経路の貨物輸送の実績値や輸送にかかる時間，費用など，各経路の総犠牲量を算定することとなる。

3.5 時間・費用等の犠牲量設定に用いた各種データ

犠牲量は3.1の図-6で示したとおり，グラフの横軸を時間価値 α とした時，費用(C)を定数項，時間(T)を傾きとする時間価値 α の1次関数であり，各経路の直線の交点である時間価値を求め，時間価値分布を推計するにあたっては，3.4で述べた各輸送経路の候補に関して，ルートごとの時間と費用を設定する必要がある。

そこで，各輸送経路の費用や所要時間などの設定にあたっては，「港湾投資の評価に関する解説書2011」¹²⁾の輸送コストや輸送時間に関わる設定式などを用いることを基本としたが，輸送経路の選択においては，実勢の荷役料やコンテナ船の海上輸送費用などがいくらかが大きな経路の選択要因であると思料されることから，輸送コストを算定した文献12の費用などをそのまま引用するのでは，実勢の料金などとの乖離が懸念された。このため今回のモデル構築では，時間，費用の設定に関わるヒアリングや各種資料等を利用して，費用や時間などを更新して用いることとした。

また，今回推計しようとしている国際フェリーや国際RORO船で輸送される貨物については，通常のコンテナ船とは要する時間や費用等は異なっており，航路便数，海上速度，港湾諸時間については，国際フェリーや国際RORO船のサービス水準は，コンテナ船とは区別して設定することとした。以下に，時間や費用の設定について述べる。

(1) 時間の設定

図-12に示すとおり，輸送における所要時間は，我が国の生産・消費地と港湾まではトレーラーで輸送され，当該

港湾から海外の港湾まで直接輸送されるダイレクト輸送，国内の港湾から海外の積み替え港湾に一旦輸送されそこで本船に積み込まれる海外フィーダー輸送，さらには国内の生産消費地から国内港湾に輸送されたあと，国内の本船積み込みされる他の港湾まで内航海運にて海上輸送される国際フィーダー輸送の場合で，その構成が異なることとなる。なお，いずれの輸送経路においても，所要時間は大きく分けて，①陸上輸送時間，②海上輸送時間，③港湾における諸時間，④船舶の待ち時間から構成されることとなる。以下に，それぞれの設定について述べる。

まず①の陸上輸送時間については，国土交通省が構築したシステムである総合交通分析システムNITASを利用し，全国207生活圏のそれぞれにおいて，コンテナ貨物の輸出入量が多い市町村をその生活圏の代表地点とし，そこから前述の国内35の港湾までの距離を算出した上で，その距離を文献12をもとに一般道34.3km/h，高速道74.5km/hの平均速度で除して算出した。

②の海上輸送時間については，設定した国内の35の港湾から行先の港湾までの(国際フィーダーであれば国内の輸送先の港，海外フィーダーであればトランシップ港湾，ダイレクト輸送であれば海外の相手国・地域の代表港までの)距離を算定し，それぞれの航路の代表的な船舶(韓国貨物は500TEU，中国貨物は1000TEUの船舶，国際フィーダー船は1000DWTのコンテナ船)の平均的な運航速度で除して算出することとした。

国際フェリー・国際RORO船の速度は，定期運航がされており所要時間がダイヤの資料をもとに設定できるため，実際の輸送時間にかかる所要時間を設定した。

③の港湾における諸時間は，通関時間，本船荷役時間，フィーダー輸送の際の積卸時間等から構成される。通関時間については，財務省関税局が定期的に輸入コンテナ貨物について入港から搬入，申告，通関終了までの所要時間の調査を行っており，その調査結果である文献17を参考に輸入コンテナについては概ね2日程度として48時間を設定し，また輸出コンテナについては，コンテナヤードへの搬入締め切り時間が前日夕方であることが多いことから24時間程度を設定した。また，国際フィーダー輸送(内航)の港湾諸時間については，文献12を参考に，フェリーで1時間，RORO船・コンテナ船で2時間とされている貨物積卸時間の平均をとって1.5時間を設定，海外フィーダーの場合はトランシップに要する総時間として，24時間を設定した。

④の船舶の待ち時間については，国際フィーダー(内航)，海外フィーダー(外航)，海外とのコンテナ本船や国際フェリー・RORO船輸送については，それぞれの港湾での航路便数を文献16や文献18などをもとに算出し，以下の式によ

り平均待ち時間を算出した。

$$\text{待ち時間} = \frac{7 \text{ day} \times 24 \text{ hr}}{\text{航路便数 (便/週)}} \times \frac{1}{2} \quad (8)$$

ただし、国際フェリー、RORO 船の場合には、より急ぐ貨物が輸送経路を選択しているとされており、式(8)の平均待ち時間がかかるのでは、実際には他の経路を利用することが想定されるため、運航頻度が高い場合には式(8)で算定される平均待ち時間を用いるが、週1便の場合には式(8)で算定される84時間ではなく、2~2.5日程度(48~60時間程度)を設定することとした。

以上の時間などの設定において用いた資料などについては、表-8に示すとおりである。

(2)費用の設定

時間と同様に、費用についても、ダイレクト輸送、海外フィーダー輸送、国際フィーダー輸送の場合でその構成が異なり、図-12に示した費用から構成されることとなる。なお、いずれの輸送経路においても、費用は大きくは、①陸上輸送費用、②海上輸送費用、③港湾諸費用に分けられる。

①の陸上輸送費用については、陸上輸送時間の場合と同様にNITASで距離を算出し、一般道及び高速道路のそれぞれの利用の場合の費用を実勢運賃も考慮して算出した。高速道路利用率については、2005年の全国貨物純流動調査¹³⁾の輸出コンテナの規格別高速道路状況を参考に約2割と設定した。

②の海上輸送費用については、時間設定の場合と同様に主要港湾間距離を設定し、韓国貨物は500TEU、中国貨物は1,000TEUのコンテナ船の輸送費用により算出した。国際フェリー・国際RORO船については、タリフ及び業者ヒアリングよりその輸送費用を設定した。また、国際フィーダー輸送についても、1,000DWTのコンテナ船の輸送費用や業者ヒアリング等を元に設定した。

さらに、③の港湾諸費用は、国内ならびに海外での港湾荷役費用、THC(ターミナルハンドリングチャージ)、BAF(燃料油割増)を考慮して設定することとしたほか、海外港湾での積み替えについては、積み替えに関わる港湾諸費用を、業者ヒアリングや文献14、文献15等をもとに設定した。

輸送費用の各種の設定については、表-8に示すとおりである。

○ダイレクト輸送 (日本の港湾で本船積み卸し)

時間 T	①陸上輸送時間	③港湾における諸時間、④船舶の待ち時間 (注1)	②海上輸送時間 (コンテナ船・国際フェリー・RORO船)	③港湾における諸時間 (海外港湾)
費用 C	①陸上輸送費用	③港湾諸費用 (国内港湾、外航船)	②海上輸送費用 (コンテナ船・国際フェリー・RORO船)	③港湾諸費用 (海外港湾)

○海外フィーダー輸送 (釜山港などの海外フィーダー港湾で積み替えをして船積み卸し)

時間 T	①陸上輸送時間	③港湾における諸時間、④船舶の待ち時間 (注2)	②海上輸送時間 (海外F船)	③港湾における諸時間 (海外F港)	②海上輸送時間 (海外F港-海外目的港)	③港湾における諸時間 (海外港湾)
費用 C	①陸上輸送費用	③港湾諸費用 (国内港湾、外航船)	②海上輸送費用 (海外F船)	③港湾諸費用 (海外F港)	②海上輸送費用 (海外F港-海外目的港)	③港湾諸費用 (海外港湾)

○国際フィーダー輸送 (国内主要港へ国際フィーダー輸送 (内航輸送) して本船積み卸し)

時間 T	①陸上輸送時間	③港湾における諸時間、④船舶の待ち時間 (注1)	②海上輸送時間 (国際F船)	③港湾における諸時間 (内航船)	③港湾における諸時間 (注1)	②海上輸送時間 (コンテナ船・国際フェリー・RORO船)	③港湾における諸時間 (海外港湾)
費用 C	①陸上輸送費用	③港湾諸費用 (国内港湾、内航船)	②海上輸送費用 (国際F船)	③港湾諸費用 (内航船)	③港湾諸費用 (国内港湾、外航船)	②海上輸送費用 (コンテナ船・国際フェリー・RORO船)	③港湾諸費用 (海外港湾)

(注1) 所要時間は、本船の寄港頻度から設定する待時間と通関・貨物の本船への積み込み時間のうち、長い方の時間を設定

(注2) 所要時間は、海外フィーダー船の寄港頻度から設定する待時間と通関・貨物の海外フィーダー船への積み込み時間のうち、長い方の時間を設定

図-12 時間・費用の各種設定項目概要

表-8 費用と時間の各種設定項目と設定概要

	項目	対象船舶	設定概要	備考
費用	陸上輸送費用	—	20FTコンテナの料金を実勢運賃も考慮して設定。高速道路利用率も考慮。	文献12, 文献13
	海上輸送費用	外航船 (コンテナ)	500TEUコンテナ船舶での1 TEUの輸送費用, 実勢運賃などを元に設定	文献12, 関係者ヒアリング等をもとに設定
		国際フェリー・RORO船	各々の航路の実勢料金を元に設定	タリフ, 業者ヒアリング, 船社のHP等をもとに設定
	港湾諸費用	内航船	1000DWTコンテナ船の輸送費用を元に設定	文献12
外航船 (全船種)		国内ならびに海外での港湾荷役費用, THC(ターミナルハンドリングチャージ), BAF(燃料油割増)を考慮して設定 ※海外港湾での積み替えについては, 積み替えに関わる港湾諸費用を計上	業者ヒアリングや文献14, 文献15等も参考に設定	
内航船				
時間	陸上輸送時間	—	陸上輸送距離とトレーラーの走行速度(一般道路34.3km/h, 高速道路74.5km/h)を元に算出。長時間輸送の場合は, 休憩・休息時間を考慮。	文献12等をもとに設定
	海上輸送時間	外航船 (コンテナ)	海上輸送距離及び500TEUコンテナ船の航行速度を元に算出し, 途中の寄港地等も考慮して1~2日程度を加算	文献12等を元に設定
		国際フェリー・RORO船	既存航路のダイヤから実時間を設定	船社のHP, 文献16等を元に設定
	港湾諸時間	内航船	海上輸送距離と1000DWTコンテナ船の航行速度を元に算出	文献12等を元に設定
		外航船 (全船種)	通関手続き・荷役時間を設定	文献17等を元に設定
			海外でのトランシップに係る総時間	文献12等を元に設定
	船舶待ち時間	内航船	荷役や積み込みなどの手続きに関わる時間を船種(RORO船・フェリー・コンテナ船)毎に設定	文献12やヒアリング等を元に設定
		外航船 (コンテナ)	航路便数に基づき平均待ち時間を設定	文献18, 日本海事新聞等を元に設定
		国際フェリー・RORO船	航路便数に基づき平均待ち時間を設定。ただし週1便は約2日程度と想定	文献16, 各船社のWEBなどを元に設定
		内航船	航路便数に基づき平均待ち時間を設定	文献16, 文献19を元に設定

4. 時間価値分布の推計結果

本章では, 韓国, 中国(中部エリア)との輸出入コンテナ貨物の経路選択に関して, 犠牲量モデルで我が国の各生産・消費地のコンテナ貨物流動調査の対象貨物の各輸送経路(コンテナ船, 国際フェリー, 国際RORO船などを利用したそれぞれの輸送経路)の選択確率の実績を最も再現できるように, 時間価値分布の分布形を決めるパラメータを推計した結果を, 韓国貨物については4.1で, 中国貨物(中部エリア)については4.2で述べる。

4.1 韓国貨物の時間価値分布

(1) 韓国貨物(輸出)

韓国への輸出貨物について, 3.1で述べた時間価値推計方法に従い, 犠牲量より求められた境界時間価値の値とルート上の貨物量の比率から求められた標準正規累積分布関数の逆関数の値をプロットし, 3.1の図-7で示したように直線回帰した。その結果は図-13のとおりであり, 算出された直線の傾きや切片から, 平均値 μ と標準偏差 σ を算出し, 確率密度関数の分布を描いたものを図-14に示す。

図-13の回帰分析に用いたサンプル数, すなわち輸送経路毎の総犠牲量を描いた3.1の図-6に示した α_{12} や α_{13} などの交点の数は128, 直線のあてはまり具合を示す決定係数 R^2 は0.20, 相関係数 R は0.44, 正規分布の平均 μ は4.11, 標準偏差2.32となった。パラメータ推計のために行った重回帰分析の相関係数は0.44であり, 中程度の相

関があるという結果となった。

また, 図-14で示した対数分布形の時間価値の中央値と平均値を3.1で示した式(6)と式(7)を用いて算出した結果, 中央値が61円/h・TEU, 平均値が899円/h・TEUとなった。

(2) 韓国貨物(輸入)の時間価値分布

韓国からの輸入貨物についても, 輸出貨物と同様に, 犠牲量より求められた境界時間価値の値とルート上の貨物量の比率から求められた標準正規累積分布関数の逆関数の値をプロットし, 3.1の図-7で示したように直線回帰した。その結果は図-15のとおりであり, 算出された直線の傾きや切片から, 平均値 μ と標準偏差 σ を算出し, 確率密度関数の分布を描いたものを図-16に示す。

図-15の回帰分析に用いたサンプル数, すなわち輸送経路毎の総犠牲量を描いた3.1の図-6に示した α_{12} や α_{13} などの交点の数は183, 直線のあてはまり具合を示す決定係数 R^2 は0.41, 相関係数 R は0.63, 正規分布の平均 μ は4.81, 標準偏差1.55となった。パラメータ推計のために行った重回帰分析の相関係数は0.63であり, かなり高い相関があるという結果となった。

また, 図-16で示した対数分布形の時間価値の中央値と平均値を3.1で示した式(6)と式(7)を用いて算出した結果をみると, 中央値が123円/h・TEU, 平均値が408円/h・TEUとなった。

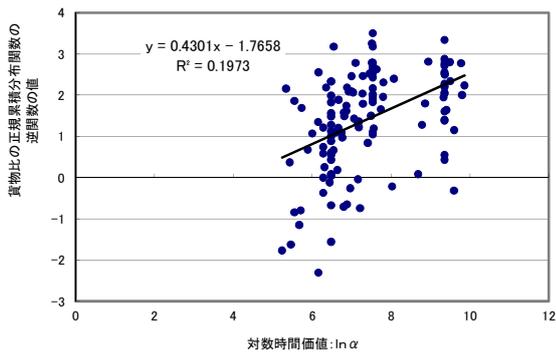


図-13 韓国(輸出)の回帰分析結果

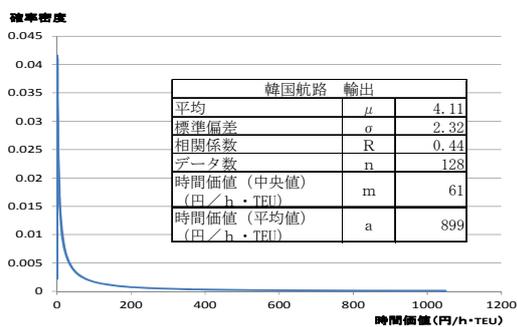


図-14 韓国(輸出)の時間価値の確率密度関数

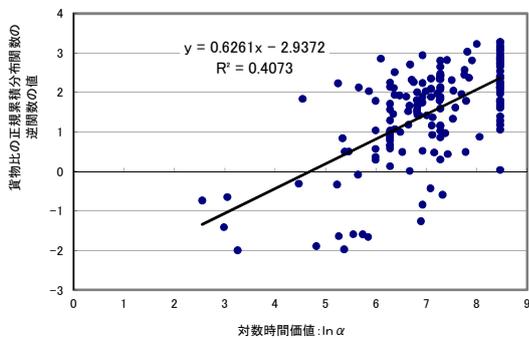


図-15 韓国(輸入)の回帰分析結果

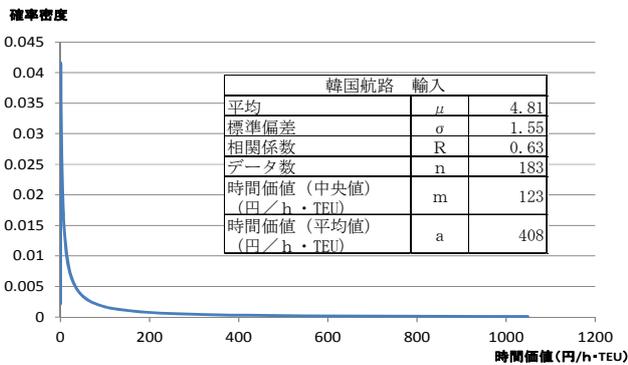


図-16 韓国(輸入)の時間価値の確率密度関数

4.2 中国貨物の時間価値分布

3.3 で述べたとおり、中国貨物については、中部エリアとの貨物輸送を対象としてモデル構築を検討することとした。その時間価値分布の推計結果を以下に示す。

(1) 中国貨物(輸出)の時間価値分布

中国貨物の中部エリアへの輸出貨物について、3.1 で述べた時間価値推計方法に従い、犠牲量より求められた境界時間価値の値とルート上の貨物量の比率から求められた標準正規累積分布関数の逆関数の値をプロットし、3.1 の図-7 で示したように直線回帰した。その結果は図-17 のとおりであり、算出された直線の傾きや切片から、平均値 μ と標準偏差 σ を算出し、確率密度関数の分布を描いたものを図-18 に示す。

図-17 の回帰分析に用いたサンプル数、すなわち輸送経路毎の総犠牲量を描いた 3.1 の図-6 に示した $\alpha 12$ や $\alpha 13$ などの交点の数は 147、直線のあてはまり具合を示す決定係数 R^2 は 0.52、相関係数 R は 0.73、正規分布の平均 μ は 6.00、標準偏差 1.52 となった。パラメータ推計のために行った重回帰分析の相関係数は 0.73 であり、高い相関があるという結果となった。

また、図-18 で示した分布形の時間価値の中央値と平均値を 3.1 で示した式(6)と式(7)を用いて算出した結果、中央値が 403 円/h・TEU、平均値が 1,281 円/h・TEU となった。

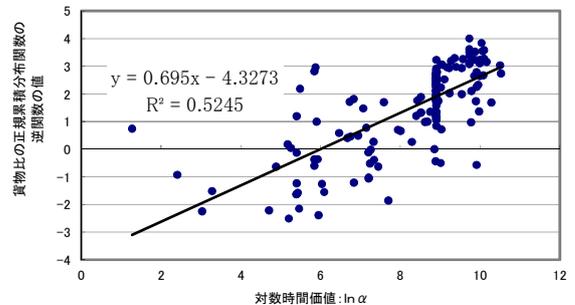


図-17 中国(中部:輸出)の時間価値確率密度関数

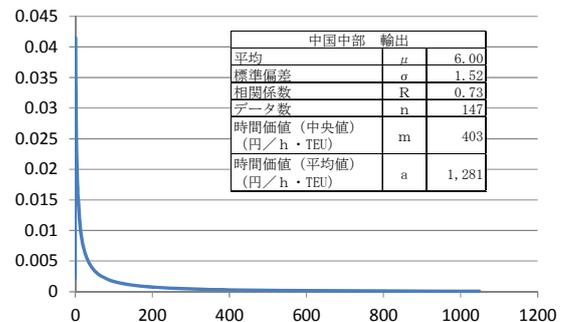


図-18 中国(中部:輸出)の時間価値確率密度関数

(2) 中国貨物(輸入)の時間価値分布

中国貨物の中部エリアからの輸入貨物について、犠牲量より求められた境界時間価値の値とルートの貨物量の比率から求められた標準正規累積分布関数の逆関数の値をプロットし、3.1の図-7で示したように直線回帰した。その結果は図-19のとおりであり、算出された直線の傾きや切片から、平均値 μ と標準偏差 σ を算出し、確率密度関数の分布を描いたものを図-20に示す。

図-19の回帰分析に用いたサンプル数、すなわち輸送経路毎の総犠牲量を描いた3.1の図-6に示した $\alpha 12$ や $\alpha 13$ などの交点の数は211、直線のあてはまり具合を示す決定係数 R^2 は0.58、相関係数 R は0.73、正規分布の平均 μ は5.99、標準偏差1.37となった。パラメータ推計のために行った重回帰分析の相関係数は0.73であり、高い相関があるという結果となった。

また、図-20で示した対数分布形の時間価値の中央値と平均値を3.1で示した式(6)と式(7)を用いて算出した結果、中央値が399円/h・TEU、平均値が1,021円/h・TEUとなった。

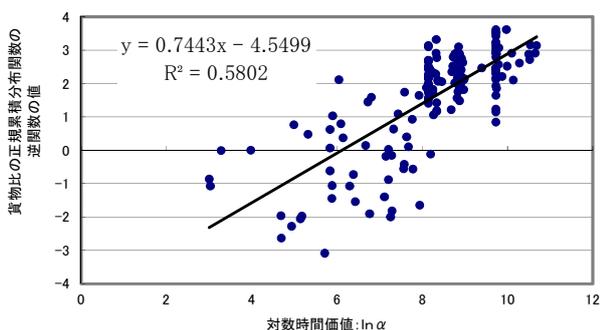


図-19 中国(中部:輸入)の時間価値確率密度関数

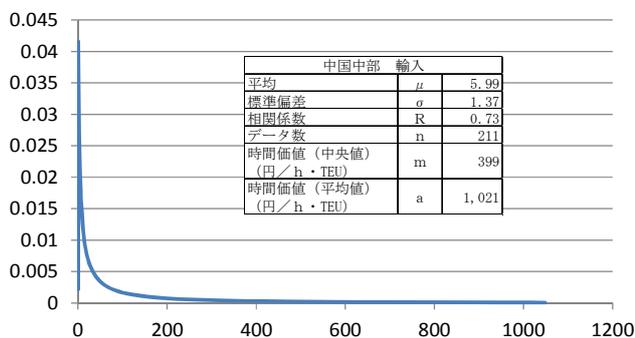


図-20 中国(中部:輸入)の時間価値確率密度関数

5 モデルの再現性

本章では、我が国の生産・消費地別の韓国や中国(中部エリア)との貨物量を、犠牲量が最も小さくなる輸送経路に、4章で推計した時間価値分布に基づき経路選択確率を算出して配分し、利用港湾別の国際フェリー・RORO船利用貨物量や国際海上コンテナ貨物量などのモデルの再現性を検証する。以下、5.1では韓国貨物に関わるモデルの再現性について、5.2では中国貨物(中部エリア)に関わるモデルの再現性について検討した結果を述べる。

5.1 韓国貨物のモデル再現性

(1) 韓国貨物(輸出)のモデル再現性

韓国貨物の国際フェリー・RORO 船輸送については、モデル構築に用いた全国輸出入コンテナ貨物流動調査が実施された時期には、大阪湾の港湾から韓国への国際フェリー航路と北部九州の下関港や博多港から韓国への国際フェリー航路が存在したが、他の港湾や国際RORO船航路は存在していない。

したがって、貨物の輸送経路別の再現性を港湾の国際フェリー・RORO 船輸送に着目して検討するにあたっては、国際フェリー航路がある大阪湾と北部九州の2つの港湾について、取扱量やコンテナとの分担関係、貨物の背後圏、さらには生産地別の経路選択状況の再現性を検討することとした。

a) コンテナ船と国際フェリーの分担

表-9は、大阪湾の港湾と北部九州の港湾のそれぞれについて、韓国への輸出貨物のうち、コンテナ船での輸送および国際フェリーでの輸送貨物量の実績値と、4.1で推計した貨物の時間価値分布を用いて犠牲量モデルで推計したそれらの現況再現値を示したものである。

国際フェリーが就航する大阪湾の港湾では、取扱貨物量が実績では58千トン、推計値では55千トンで概ね再現ができていたほか、コンテナ船と国際フェリー利用貨物のシェアについても、実績で国際フェリーが24%のところ、推計では28%と若干過大ではあるが、ほぼ国際フェリーと海上コンテナ輸送の取扱の分担状況を再現できた。また同じく韓国との間で国際フェリーが就航する北部九州地区の港湾では、取扱量実績が23千トンのところが18千トンと若干過小推計となっているものの、コンテナ船と国際フェリー利用のシェアについては実績が35%のところ、推計でも39%と概ねそのシェアを再現できた。

表-9 国際フェリー就航港湾での船種別取扱量

		実績値		推計値	
		貨物量	シェア	貨物量	シェア
大阪湾の港湾 で本船積み の貨物	コンテナ船	44,419	76.2%	39,695	72.1%
	国際フェリー	13,876	23.8%	15,395	27.9%
	合計	58,295	100.0%	55,090	100.0%
北部九州の港 湾で本船積み の貨物	コンテナ船	14,789	65.4%	10,857	61.5%
	国際フェリー	7,808	34.6%	6,809	38.5%
	合計	22,597	100.0%	17,666	100.0%

b) 国際フェリー貨物量とその背後圏

大阪湾と北部九州の港湾における国際フェリー貨物について、全国10地域別と貨物量が多い都道府県の貨物量の実績と推計値を、大阪湾の国際フェリーに関しては表-10、図-21に、また北部九州の国際フェリーに関しては表-11、図-23に示す。さらに大阪湾と北部九州の背後圏の広がり具合を、207生活圏ベースで実績値と推計値で比較した結果を、大阪湾については図-22に、北部九州については図-24に示す。なお、全国10地域区分の詳細については、付録 表-A.1に示すとおりである。

港湾における国際フェリー貨物の取扱量を見ると、大阪湾では実績が14千トンのところを推計では16千トン、北部九州では実績が8千トンのところを推計では7千トンと、大阪湾のフェリー貨物量の推計値が若干過大、北部九州のフェリー貨物量の推計値が若干過小ではあるものの、概ね取扱貨物量は再現が良好であった。

ただし、全国10地域別の背後圏貨物量別に実績と推計値を比較すると、大阪湾フェリーでは、近畿地方の貨物が実績に比べて推計が4割程度過小推計であるのに対して、関東地方や中部地方の貨物は実績値は少ないものの、かなり過大推計となった。近畿地方の貨物の過小推計については、表-10から滋賀県の貨物がかなり過小推計されていることに大きく起因していることがわかる。

北部九州のフェリーの背後圏貨物量は、主要な背後圏である九州地方、中国地方の貨物が若干過小推計、近畿地方の貨物が過小推計ではあるものの、概ね実績を再現できた。

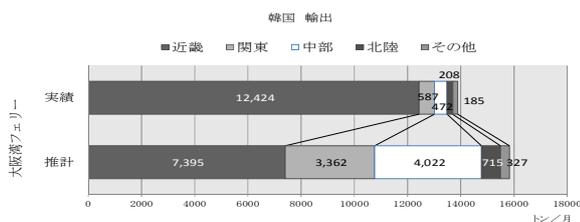


図-21 大阪湾国際フェリー貨物の背後圏別取扱量

表-10 大阪湾の国際フェリー貨物の背後圏別取扱量

		実績		推計	
		貨物量	シェア	貨物量	シェア
近畿	滋賀県	8,686	62.6%	2,052	13.0%
	大阪府	2,240	16.1%	3,064	19.4%
	兵庫県	1,198	8.6%	1,482	9.4%
	その他	300	2.2%	798	5.0%
	小計	12,424	89.5%	7,395	46.7%
関東		587	4.2%	3,362	21.2%
中部		472	3.4%	4,022	25.4%
北陸		208	1.5%	715	4.5%
中国		77	0.6%	4	0.0%
四国		53	0.4%	53	0.3%
東北		34	0.2%	270	1.7%
九州		21	0.2%	-	0.0%
北海道		-	0.0%	-	0.0%
沖縄		-	0.0%	-	0.0%
計		13,876	100%	15,821	100%

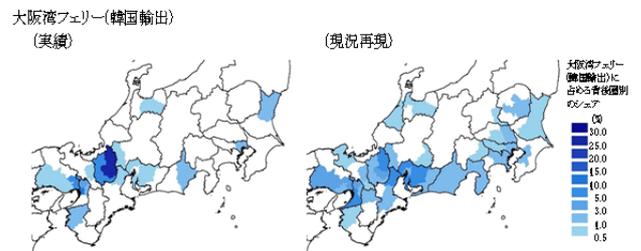


図-22 大阪湾国際フェリー貨物の背後圏別取扱量

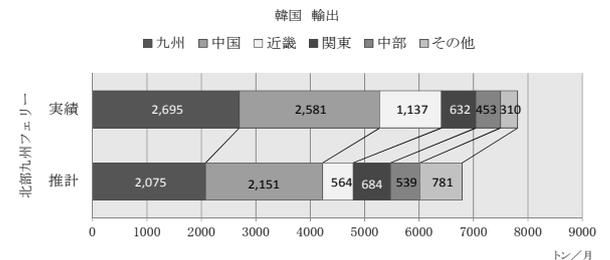


図-23 北部九州の国際フェリー貨物の背後圏別取扱量

表-11 北部九州の国際フェリー貨物の背後圏別取扱量

		実績		推計	
		貨物量	シェア	貨物量	シェア
九州	福岡県	1,576	20.2%	1,279	18.8%
	熊本県	824	10.6%	144	2.1%
	その他	295	3.8%	652	9.6%
	計	2,695	34.5%	2,075	30.5%
中国	山口県	1,932	24.7%	1,272	18.7%
	広島県	591	7.6%	591	8.7%
	その他	58	0.7%	289	4.3%
計	2,581	33.1%	2,151	31.7%	
近畿		1,137	14.6%	564	8.3%
関東		632	8.1%	684	10.1%
中部		453	5.8%	539	7.9%
北陸		164	2.1%	165	2.4%
四国		76	1.0%	505	7.4%
東北		57	0.7%	110	1.6%
北海道		12	0.2%	0	-
沖縄		1	0.0%	0	0.0%
計		7,808	100%	6,794	100%

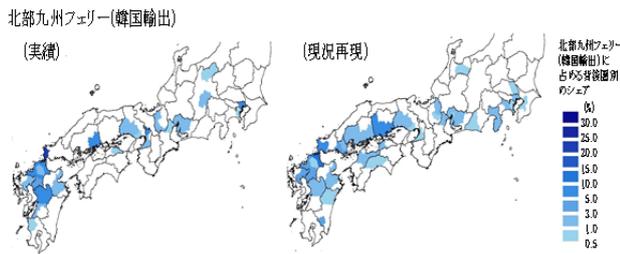


図-24 北部九州の国際フェリー貨物の背後圏別取扱量

c) 主要背後圏の経路選択に関する再現性

大阪湾フェリーの主要な背後地域である近畿地方の府県別の韓国貨物（輸出）の利用港湾と船種（フェリー，コンテナ船）の実績と推計を表-12および図-25に示す。また，北部九州のフェリーの主要な背後地域である九州地方と山口県の県別の韓国貨物（輸出）の利用港湾と船種（フェリー，コンテナ船）の実績と推計を表-13および図-26に示す。

近畿地方の韓国貨物（輸出）の利用港湾と船種をみると，実績では大阪湾の国際フェリーが23%，大阪湾のコンテナ船利用が68%に対して，推計では国際フェリーが14%，コンテナ船利用が73%となっており，国際フェリー利用貨物が過小推計，逆に国際コンテナ利用が若干過大推計とはなっているものの，概ねの再現性は確保できている。ただし，府県別に利用港湾と船種をみると，近畿地方の府県の中では最も韓国へのフェリーでの輸出貨物量が多い滋賀県の貨物において，実績では60%が大阪湾のフェリー利用であるのに対して，推計では14%とかなり過小評価となっており，大阪湾のコンテナ船利用が逆に実績が27%に対して推計が45%と過大となっている。この滋賀県貨物が実績と推計で乖離が大きいことについては，5.3で少し考察を加える。

九州地域および隣接する山口県の韓国貨物（輸出）の利用港湾と船種をみると，実績では北部九州の港湾の国際フェリーが19%，北部九州のコンテナ船利用が55%に対して，推計では国際フェリーが14%，北部九州のコンテナ船利用が44%と，国際フェリー利用貨物が若干過小推計，逆に国際コンテナ利用が若干過大推計となったものの，概ねの再現性は確保できている。

ただし，近畿地方と同様に，県別に利用港湾と船種をみると，多くの県で概ね北部九州フェリーの利用率が実績と推計で概ね再現されているものの，熊本県では実績が70%に対して北部九州フェリーの推計値が12%とかなり過小推計になっているほか，宮崎県のコ

ンテナ利用についても，実績では75%が北部九州のコンテナ利用であるのに対して，推計では他の港湾，より近傍の港湾からのコンテナ船利用が90%という推計となっている。

表-12 近畿地方の貨物の輸送経路実績と推計

実績値	フェリー		コンテナ						合計						
	大阪湾	北部九州	大阪湾	和歌山下津港	敦賀港	伊勢湾	その他港湾								
大阪府	2,240	10.7%	704	3.4%	17,251	82.2%	0	0.0%	0	0.0%	95	0.5%	703	3.3%	20,993
滋賀県	8,686	60.2%	123	0.9%	3,836	26.6%	0	0.0%	391	2.7%	1,377	9.5%	8	0.1%	14,421
京都府	133	4.5%	29	1.0%	2,736	91.6%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	90	3.0%	2,988
兵庫県	1,198	9.3%	281	2.2%	10,668	82.5%	0	0.0%	1	0.0%	331	2.6%	456	3.3%	12,935
奈良県	16	1.0%	0	0.0%	1,642	98.8%	0	0.0%	0	0.0%	2	0.1%	2	0.1%	1,662
和歌山県	151	16.1%	0	0.0%	601	64.1%	183	19.5%	0	0.0%	0	0.0%	2	0.2%	937
近畿合計	12,424	23.0%	1,137	2.1%	36,734	68.1%	183	0.3%	392	0.7%	1,805	3.3%	1,261	2.3%	53,936
推計値	大阪湾	北部九州	大阪湾	和歌山下津港	敦賀港	伊勢湾	その他港湾								
大阪府	3,064	14.6%	152	0.7%	17,777	84.7%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	20,993
滋賀県	2,052	14.2%	157	1.1%	6,525	45.2%	0	0.0%	5,421	37.6%	266	1.8%	0	0.0%	14,421
京都府	421	14.1%	37	1.2%	2,240	75.0%	0	0.0%	290	9.7%	0	0.0%	0	0.0%	2,988
兵庫県	1,482	11.5%	197	1.5%	11,213	86.7%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	43	0.3%	12,935
奈良県	241	14.5%	14	0.8%	1,407	84.7%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	1,662
和歌山県	136	14.6%	7	0.8%	110	11.8%	683	72.9%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	937
近畿合計	7,395	13.7%	564	1.0%	39,273	72.8%	683	1.3%	5,711	10.6%	266	0.5%	43	0.1%	53,935

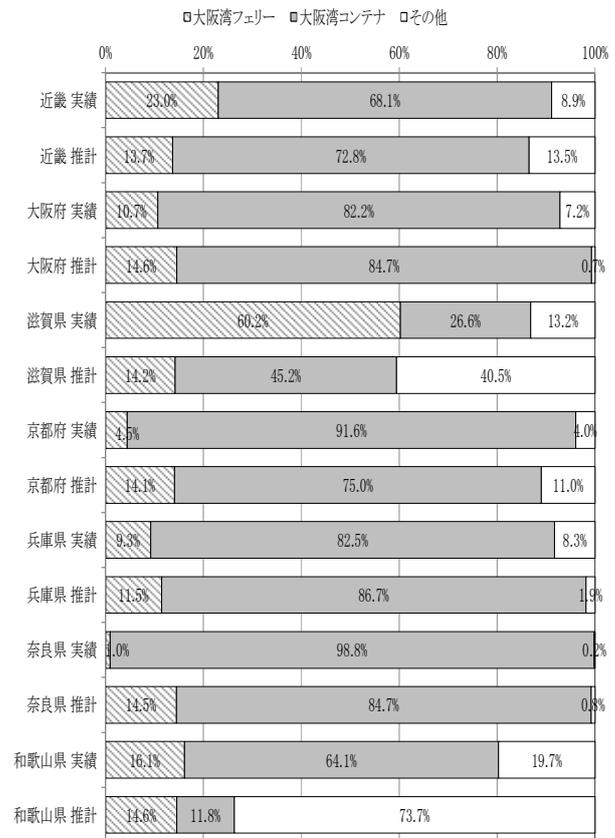


図-25 近畿地方の貨物の輸送経路実績と推計

表-13 九州地域・山口県貨物の輸送経路実績と推計

実績値	フェリー				コンテナ				合計
	北部九州		大阪湾		北部九州		その他港湾		
	トン	%	トン	%	トン	%	トン	%	
福岡県	1576	18.6%	20	0%	5,989	70.8%	876	10.4%	8,461
佐賀県	141	11.3%	1	0%	1,064	85.2%	43	3.4%	1,249
長崎県	4	8.2%	-	0%	25	51.0%	20	40.8%	49
熊本県	824	69.6%	-	0%	126	10.6%	234	19.8%	1,184
大分県	80	12.1%	-	0%	79	11.9%	504	76.0%	663
宮崎県	10	0.3%	-	0%	2,269	74.7%	759	25.0%	3,038
鹿児島県	60	20.7%	-	0%	46	16.5%	172	61.9%	278
山口県	1,932	20.7%	-	0%	3,751	40.3%	3,634	39.0%	9,317
合計	4,627	19.1%	21	0%	13,349	55.1%	6,263	25.8%	24,239
推計値	フェリー				コンテナ				合計
	北部九州		大阪湾		北部九州		その他港湾		
	トン	%	トン	%	トン	%	トン	%	
福岡県	1,279	15.1%	0	0%	7,182	84.9%	0	0.0%	8,461
佐賀県	217	17.4%	0	0%	1,011	80.9%	21	1.7%	1,249
長崎県	7	13.9%	0	0%	0	0.0%	42	86.1%	49
熊本県	144	12.2%	0	0%	0	0.0%	1,040	87.8%	1,184
大分県	85	12.8%	0	0%	2	0.2%	577	87.0%	663
宮崎県	314	10.3%	0	0%	0	0.0%	2,724	89.7%	3,038
鹿児島県	28	10.2%	0	0%	0	0.0%	250	89.8%	278
山口県	1,272	13.6%	0	0%	2,486	26.7%	5,560	59.7%	9,317
合計	3,346	13.8%	0	0.0%	10,680	44.1%	10,213	42.1%	24,239

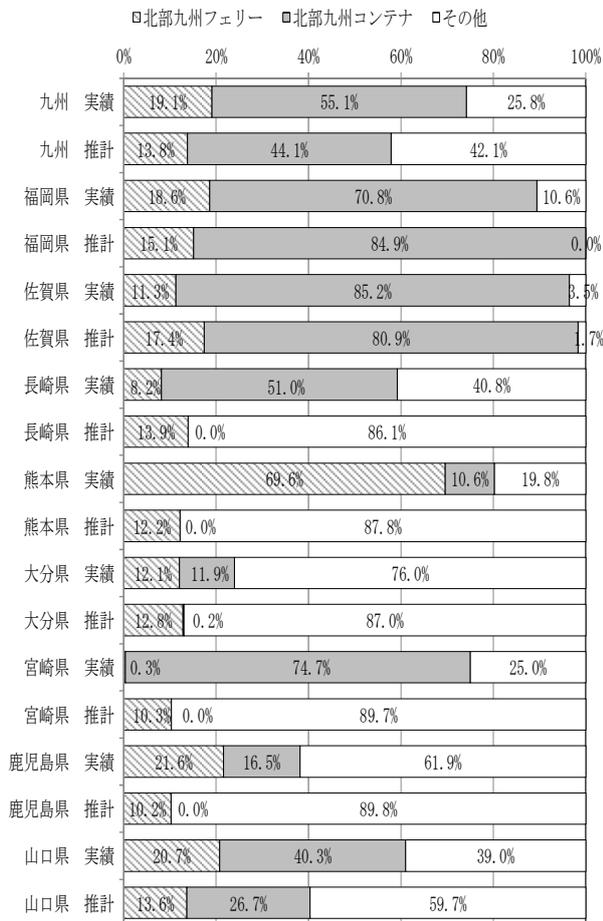


図-26 九州地域・山口県貨物の輸送経路実績と推計

(2) 韓国貨物(輸入)のモデル再現性

韓国貨物(輸入)のモデルの再現性については、(1)の韓国(輸出)と同様に、国際フェリー航路が就航してい

る大阪湾と北部九州の2つの港湾について、取扱量やコンテナとの分担関係、貨物の背後圏、さらには生産地別の経路選択状況の再現性を検討することとした。

a) コンテナ船と国際フェリーの分担

表-14は、大阪湾の港湾と北部九州の港湾のそれぞれについて、韓国からの輸入貨物のうち、コンテナ船での輸送および国際フェリーでの輸送貨物量の実績値と、4.1で推計した貨物の時間価値分布を用いて犠牲量モデルで推計したそれらの現況再現値を示したものである。

国際フェリーが就航する大阪湾の港湾では、取扱貨物量が実績では71千トン、推計値では72千トンでほぼ再現ができています。ただし、コンテナ船と国際フェリー利用貨物のシェアについては、実績で国際フェリーが21%のところ、推計では30%と若干過大となった。また、同じく韓国との間で国際フェリーが就航する北部九州地区の港湾では、取扱量実績が43千トンのところが34千トンと若干過小推計となっているものの、コンテナ船と国際フェリー利用のシェアについては実績が40%のところ、推計でも40%とほぼそのシェアを再現できている。

表-14 国際フェリー就航港湾での船種別取扱量

		実績値		推計値	
		トン	%	トン	%
大阪湾の港湾 で本船積み の貨物	コンテナ船	56,147	79.0%	50,468	70.3%
	国際フェリー	14,940	21.0%	21,271	29.7%
	合計	71,087	100.0%	71,739	100.0%
北部九州の港 湾で本船積み の貨物	コンテナ船	26,051	60.1%	20,326	59.6%
	国際フェリー	17,331	39.9%	13,788	40.4%
	合計	43,382	100.0%	34,114	100.0%

b) 国際フェリー貨物量とその背後圏

大阪湾と北部九州の港湾における国際フェリー貨物について、全国10地域別と貨物量が多い都道府県の貨物量の実績と推計値を、大阪湾の国際フェリーに関しては表-15、図-27に、また北部九州の国際フェリーに関しては表-16、図-29に示す。さらに大阪湾と北部九州の背後圏の広がり具合を、207生活圏ベースで実績値と推計値で比較した結果を、大阪湾については図-28に、北部九州については図-30に示す。

港湾における国際フェリー貨物の取扱量をみると、大阪湾では実績が15千トンのところを推計では21千トン、北部九州では実績が17千トンのところを推計では14千トンと、大阪湾のフェリー貨物量の推計値が若干過大、北部九州のフェリー貨物量の推計値が若干過

小となった。また、全国10地域別の背後圏貨物量別に実績と推計値を比較すると、大阪湾フェリーでは、近畿地方の貨物はほぼ再現できているが、関東地方は推計が2割程度過大推計であるのに対して、中部地方の貨物の実績値は少ないものの、かなり過大推計となった。

北部九州フェリーでは、九州地方の貨物は実績値に比べ推計値が2割程度過小推計されているのに対し、中国地方の貨物は3割程度過大推計となった。また、中部地方と四国地方の貨物はどちらも実績に比べ過小推計であるが、関東地方の貨物は若干の過小推計となった。

表-15 大阪湾の国際フェリー貨物の背後圏別取扱量

		実績		推計	
		貨物量	シェア	貨物量	シェア
近畿	大阪府	6,521	43.6%	5,726	26.9%
	滋賀県	582	3.9%	1,212	5.7%
	兵庫県	849	5.7%	1,657	7.8%
	その他	7,479	50.1%	7,004	32.9%
	小計	8,910	59.6%	9,873	46.4%
関東		4,009	26.8%	4,829	22.7%
中部		1,260	8.4%	5,546	26.1%
北陸		345	2.3%	639	3.0%
中国		371	2.5%	35	0.2%
四国		1	0.0%	96	0.5%
東北		1	0.0%	253	1.2%
九州		43	0.3%	-	0.0%
北海道		-	0.0%	-	0.0%
沖縄		-	0.0%	-	0.0%
計		14,940	100%	21,271	100%

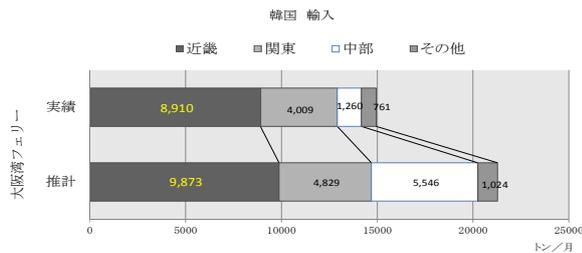


図-27 大阪湾国際フェリー貨物の背後圏別取扱量

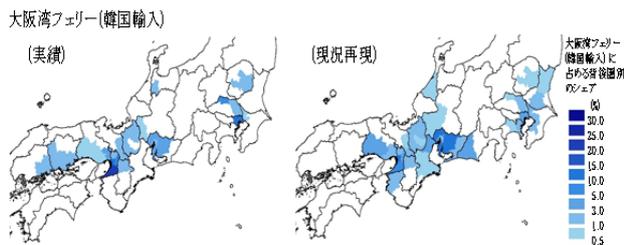


図-28 大阪湾の国際フェリー貨物の背後圏別取扱量

表-16 北部九州の国際フェリー貨物の背後圏別取扱量

		実績		推計	
		貨物量	シェア	貨物量	シェア
九州	福岡県	5,515	31.8%	4,007	29.1%
	熊本県	1,058	6.1%	331	2.4%
	その他	973	5.6%	1,524	11.1%
	計	7,546	43.5%	5,861	42.5%
中国	山口県	977	5.6%	1,052	7.6%
	広島県	640	3.7%	640	4.6%
	その他	526	3.0%	1,098	8.0%
	計	2,143	12.4%	2,790	20.2%
中部		1,964	11.3%	1,138	8.3%
四国		1,963	11.3%	1,156	8.4%
関東		2,000	11.5%	1,558	11.3%
近畿		747	4.3%	819	5.9%
沖縄		632	3.6%	161	1.2%
東北		144	0.8%	157	1.1%
北陸		171	1.0%	148	1.1%
北海道		21	0.1%	0	-
計		17,331	100%	13,788	100%

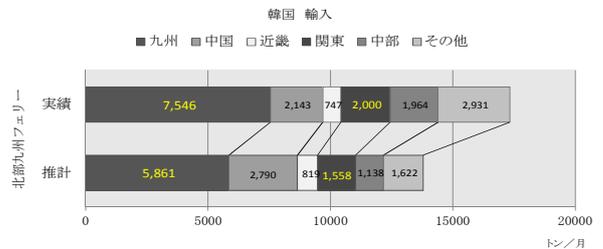


図-29 北部九州の国際フェリー貨物の背後圏別取扱量

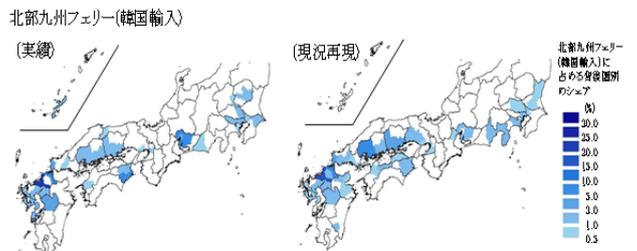


図-30 北部九州の国際フェリー貨物の背後圏別取扱量

c) 主要背後圏の経路選択に関する再現性

大阪湾フェリーの主要な背後地域である近畿地方の府県別の韓国貨物（輸入）の利用港湾と船種（フェリー，コンテナ船）の実績と推計を表-17および図-31に示す。また、北部九州のフェリーの主要な背後地域である九州地方と山口県の県別の韓国貨物（輸入）の利用港湾と船種（フェリー，コンテナ船）の実績と推計を表-18および図-32に示す。

近畿地方の韓国貨物（輸入）の利用港湾と船種をみると、実績では大阪湾の国際フェリーが14%，大阪湾のコンテナ船利用が76%に対して、推計では国際フェ

リーが15%、コンテナ船利用が76%となっており、国際フェリー、国際コンテナ利用貨物とも概ね再現性は確保できている。また、府県別に利用港湾と船種をみてもほぼ再現できているが、近畿地方の府県の中では最も韓国への輸出貨物量が多い大阪府の貨物において、実績では18%が大阪湾のフェリー利用であるのに対して、推計では16%と若干過小推計となっているが、滋賀県の貨物は実績では8%が大阪湾のフェリー利用であるのに対して推計が16%と若干過大推計されている。

九州地域および隣接する山口県の韓国貨物（輸入）の利用港湾と船種をみると、実績では北部九州の港湾の国際フェリーが22%、北部九州のコンテナ船利用が58%に対して、推計では国際フェリーが18%、北部九州のコンテナ船利用が53%と、国際フェリー利用貨物、国際コンテナ利用貨物とも若干過小推計とはなっているものの、概ねの再現性は確保できている。ただし、県別に利用港湾と船種をみると、多くの県で北部九州フェリーの利用率の実績が推計では概ね再現されているものの、熊本県では実績が45%に対して北部九州フェリーの推計値が14%とかなり過小推計になっているほか、山口県のコンテナ利用についても、実績では56%が北部九州の港湾を利用するのに対して、推計では北部九州の港湾のコンテナ船利用が32%という推計となっている。

表-17 近畿地方の貨物の輸送経路実績と推計

実績値	(ト/月)								
	フェリー				コンテナ				合計
	大阪湾		北部九州		大阪湾		その他港湾		
大阪府	6,521	18.4%	425	1.2%	26,968	76.3%	1,452	4.1%	35,366
滋賀県	582	7.8%	16	0.2%	5,010	67.0%	1,875	25.1%	7,483
京都府	526	18.2%	85	2.9%	1,960	67.9%	316	10.9%	2,887
兵庫県	849	5.6%	214	1.4%	13,841	90.9%	325	2.1%	15,229
奈良県	390	19.8%	1	0.1%	1,578	80.1%	1	0.1%	1,970
和歌山県	42	1.4%	6	0.2%	888	29.2%	2,105	69.2%	3,041
近畿合計	8,910	13.5%	747	1.1%	50,245	76.2%	6,074	9.2%	65,976
推計値									
大阪府	5,726	16.2%	323	0.9%	29,316	82.9%	0	0.0%	35,366
滋賀県	1,212	16.2%	68	0.9%	3,135	41.9%	3,068	41.0%	7,483
京都府	466	16.1%	28	1.0%	2,334	80.8%	59	2.1%	2,887
兵庫県	1,657	10.9%	354	2.3%	12,911	84.8%	307	2.0%	15,229
奈良県	319	16.2%	18	0.9%	1,633	82.9%	0	0.0%	1,970
和歌山県	492	16.2%	28	0.9%	507	16.7%	2,014	66.2%	3,041
近畿合計	9,873	15.0%	819	1.2%	49,836	75.5%	5,448	8.3%	65,976

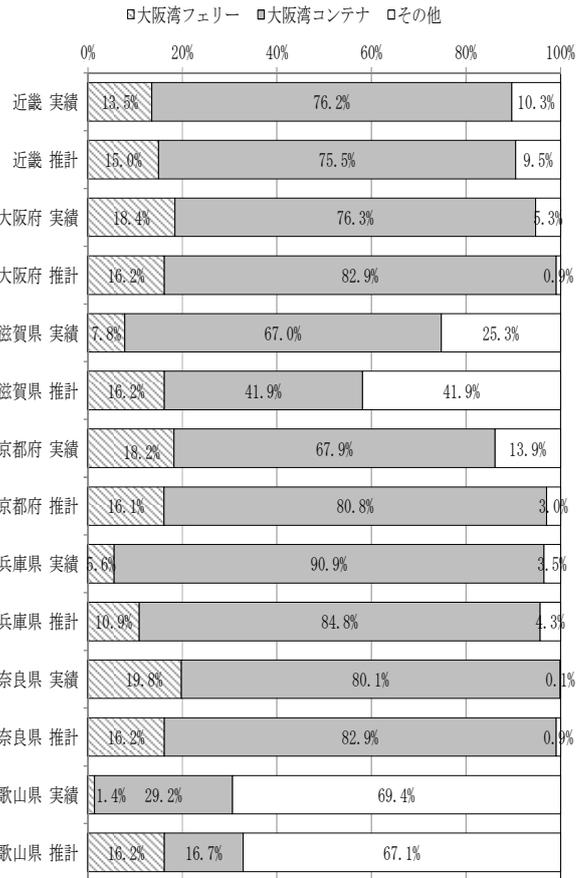


図-31 近畿地方の貨物の輸送経路実績と推計

表-18 九州地域・山口県貨物の輸送経路実績と推計

実績値	(ト/月)								
	フェリー				コンテナ				合計
	北部九州		大阪湾		北部九州		その他港湾		
福岡県	5,515	27.6%	27	0%	14,073	70.4%	364	1.8%	19,979
佐賀県	302	17.4%	-	0%	1,277	73.4%	160	9.2%	1,739
長崎県	469	33.5%	6	0%	199	14.2%	727	51.9%	1,401
熊本県	1,058	44.8%	10	0%	706	29.9%	588	24.9%	2,362
大分県	83	3.2%	-	0%	2,012	78.2%	477	18.5%	2,572
宮崎県	73	2.4%	-	0%	134	4.3%	2,877	93.3%	3,084
鹿児島県	46	6.7%	-	0%	37	5.4%	600	87.8%	683
山口県	977	15.5%	-	0%	3,540	56.1%	1,791	28.4%	6,308
合計	8,523	22.4%	43	0%	21,978	57.6%	7,627	20.0%	38,128
推計値									
福岡県	4,007	20.1%	0	0%	15,972	79.9%	0	0.0%	19,979
佐賀県	378	21.8%	0	0%	1,158	66.6%	203	11.7%	1,739
長崎県	228	16.3%	0	0%	0	0.0%	1,173	83.7%	1,401
熊本県	331	14.0%	0	0%	0	0.0%	2,031	86.0%	2,362
大分県	504	19.6%	0	0%	1,197	46.5%	871	33.9%	2,572
宮崎県	337	10.9%	0	0%	0	0.0%	2,747	89.1%	3,084
鹿児島県	76	11.2%	0	0%	0	0.0%	607	88.8%	683
山口県	1,052	16.7%	0	0%	1,998	31.7%	3,258	51.6%	6,308
合計	6,913	18.1%	0	0%	20,326	53.3%	10,889	28.6%	38,128

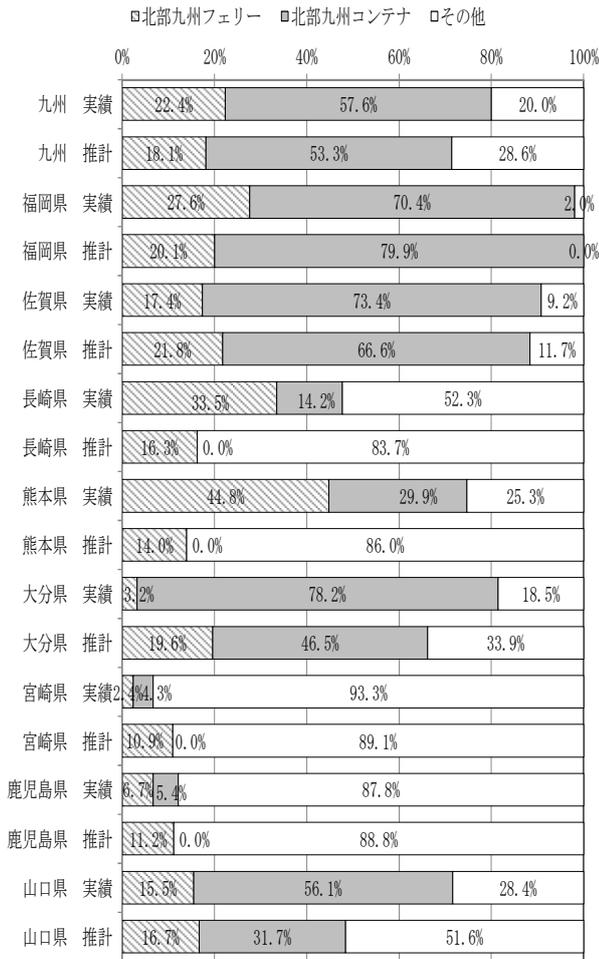


図-32 九州地域・山口県貨物の輸送経路実績と推計

5.2 中国貨物のモデル再現性

(1) 中国貨物(中部エリア)の輸出貨物のモデル再現性

中国貨物(中部エリア)の輸出貨物の国際フェリー・RORO 船輸送については、モデル構築に用いた全国輸出入コンテナ貨物流動調査が実施された時期には、大阪湾の神戸・大阪港から上海港への国際フェリー航路と北部九州の博多港から上海港への国際 RORO 船航路及び下関港から太倉港への国際フェリー航路が存在したが、他の港湾からの航路は存在していない。

したがって、貨物の輸送経路別の再現性を港湾の国際フェリー・RORO 船輸送に着目して検討するにあたっては、国際フェリー航路がある大阪湾、国際フェリーと国際 RORO 船航路がある北部九州の2つの港湾について、取扱量やコンテナとの分担関係、貨物の背後圏、さらには生産地別の経路選択状況の再現性を検討することとした。

a) コンテナ船と国際フェリー・国際RORO船の分担

表-19 は、大阪湾の港湾と北部九州の港湾のそれぞれについて、中国中部エリアへの輸出貨物のうち、コンテナ船での輸送および国際フェリー・国際 RORO 船での輸送貨物量の実績値と、4.2 で推計した貨物の時間価値分布を用いて犠牲量モデルで推計したそれらの現況再現値を示したものである。

国際フェリーが就航する大阪湾の港湾では、取扱貨物量が実績では 118 千トン、推計値では 92 千トンで若干過小推計ではあるが、コンテナ船と国際フェリー利用貨物のシェアについては、実績で国際フェリーが 3.9%のところが、推計では 4.3%と、ほぼ国際フェリーと海上コンテナ輸送の取扱の分担状況を再現できた。また同じく中国中部エリアとの間で国際 RORO 船が就航する北部九州の港湾では、取扱量実績が 29 千トンのところが推計でも 31 千トンと再現できているが、コンテナ船と国際 RORO 船利用のシェアについては実績が 8.3%のところ、推計でも 12.1%と若干過大推計となっていた。

なお、北部九州の国際フェリーは、貨物が 50 トンと少ないこともあり、推計値は 0 で再現ができなかった。

表-19 国際フェリー・RORO 船就航港湾での船種別取扱量

港湾	船種	実績値 (トン/月)		推計値 (トン/月)	
		取扱量	シェア (%)	取扱量	シェア (%)
大阪湾の港湾 で本船積みの 貨物	コンテナ船	113,720	96.1%	88,319	95.7%
	国際フェリー	4,608	3.9%	4,003	4.3%
	合計	118,328	100.0%	92,322	100.0%
北部九州の港 湾で本船積み の貨物	コンテナ船	26,905	91.6%	27,025	87.9%
	国際フェリー	50	0.2%	0	0.0%
	国際RORO	2,433	8.3%	3,719	12.1%
	合計	29,388	100.0%	30,744	100.0%

b) 国際フェリー貨物量とその背後圏

大阪湾と北部九州の港湾における国際フェリー・RORO船貨物について、全国10地域別と貨物量が多い都道府県の貨物量の実績と推計値を、大阪湾の国際フェリーに関しては表-20、図-33に、また北部九州の国際フェリーに関しては表-21、図-35に示す。さらに大阪湾と北部九州の背後圏の広がり具合を、207生活圏ベースで実績値と推計値で比較した結果を、大阪湾については図-34に、北部九州については図-36に示す。

港湾における国際フェリー・RORO船貨物の取扱量を見ると、大阪湾では実績が4.6千トンのところを推計では4.0千トン、北部九州では実績が2.4千トンのところを推計では3.7千トンと、大阪湾のフェリー貨物量の推計値が若干過小、北部九州のフェリー貨物量の推計値が約1.5倍と少し過大ではあるものの、ある程度

取扱貨物量は再現された。

全国10地域別の背後圏貨物量別に実績と推計値を比較すると、大阪湾フェリーでは、中部地方の貨物が実績に比べて推計が3割強過小推計であるのに対して、近畿地方貨物は実績の1.8倍と過大推計となっていた。中部地方の過小推計は、表-20から三重県の貨物がかなり過小推計されていることに起因していることがわかる。

北部九州のフェリーの背後圏別の貨物量では、実績値があまり多くない関東地方、近畿地方、中部地方、中国地方などの貨物が過大推計となっている一方で、九州地方の貨物は、その太宗を占める宮崎県の貨物が推計ではかなりの過小推計となるなど、地域別の再現性には少し課題が残った。

表-20 大阪湾の国際フェリー貨物の背後圏別取扱量

	実績		推計		
	貨物量	シェア	貨物量	シェア	
中部	三重県	1,179	25.6%	501	12.5%
	岐阜県	490	10.6%	140	3.5%
	愛知県	384	8.3%	641	16.0%
	その他県	104	2.3%	155	3.9%
	小計	2,157	46.8%	1,437	35.9%
近畿	大阪府	481	10.4%	965	24.1%
	兵庫県	355	7.7%	557	13.9%
	その他県	261	5.7%	501	12.5%
	小計	1,097	23.8%	2,023	50.5%
関東	神奈川県	573	12.4%	38	1.0%
	その他県	128	2.8%	0	0.0%
	小計	701	15.2%	38	1.0%
北陸	516	11.2%	505	12.6%	
中国	87	1.9%	-	0.0%	
四国	39	0.8%	-	0.0%	
東北	6	0.1%	0	0.0%	
九州	3	0.1%	-	0.0%	
北海道	2	0.0%	-	0.0%	
沖縄	-	0.0%	-	0.0%	
計	4,608	100.0%	4,003	100.0%	

中国中部 輸出

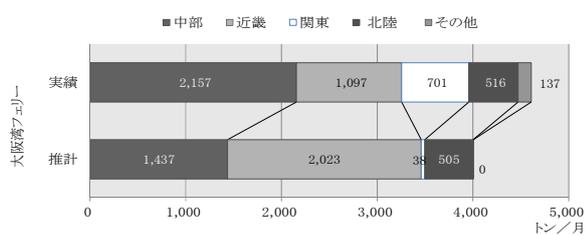


図-33 大阪湾国際フェリー貨物の背後圏別取扱量

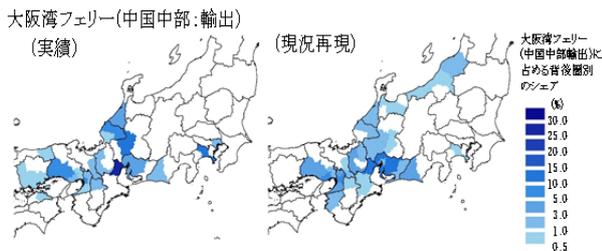


図-34 大阪湾の国際フェリー貨物の背後圏別取扱量

表-21 北部九州の国際RORO船貨物の背後圏別取扱量

	実績		推計		
	貨物量	シェア	貨物量	シェア	
九州	宮崎県	1,015	41.7%	60	1.6%
	福岡県	237	9.7%	556	14.9%
	その他県	292	12.0%	205	5.5%
	小計	1,544	63.5%	821	22.1%
関東	263	10.8%	671	18.0%	
近畿	243	10.0%	453	12.2%	
東北	199	8.2%	75	2.0%	
四国	78	3.2%	248	6.7%	
北陸	73	3.0%	173	4.7%	
中部	10	0.4%	701	18.8%	
中国	23	0.9%	577	15.5%	
北海道	0	0.0%	0	0.0%	
沖縄	0	0.0%	0	0.0%	
計	2,433	100.0%	3,719	100.0%	

中国中部 輸出

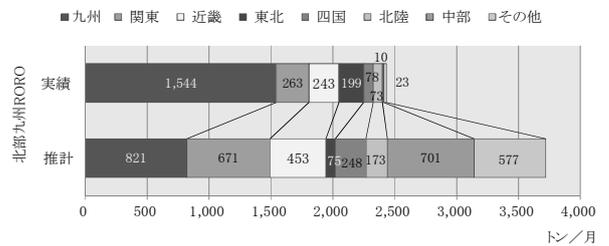


図-35 北部九州の国際 RORO 船貨物の背後圏別取扱量

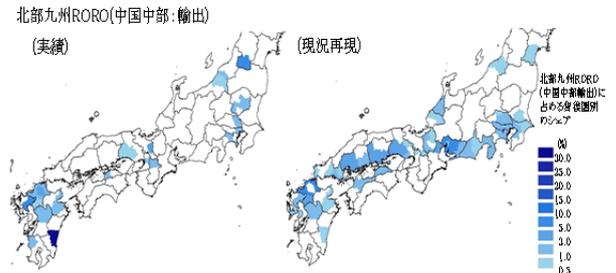


図-36 北部九州の国際RORO船貨物の背後圏別取扱量

c) 主要背後圏の経路選択に関する再現性

大阪湾フェリーの主要な背後地域である近畿地方の府県別の中国の中部エリアとの輸出貨物の利用港湾と船種（フェリー、コンテナ船）の実績と推計を表-22および図-37に示す。また、北部九州のフェリーの主要な背後地域である九州地方と山口県の県別の中国の中部エリアとの輸出貨物の利用港湾と船種（RORO船、コンテナ船）の実績と推計を表-23および図-38に示す。

近畿地方の中国中部貨物（輸出）の利用港湾と船種をみると、実績では大阪湾の国際フェリーが1.2%、大阪湾のコンテナ船利用が93%に対して、推計では国際フェリーが2.2%、コンテナ船利用が94%となっており、国際フェリー利用貨物が若干過大推計ではあるが、国

際コンテナ利用貨物はほぼ再現されており、概ねの再現性は確保できている。また、府県別に利用港湾と船種をみても大阪湾のフェリー利用貨物は、実績で0.2～4.4%のこころ、推計では1.8～2.7%と、量の少ない実績値をある程度は再現できた。ただし、コンテナの利用港湾では、滋賀県の貨物の28%と京都府の貨物の7%がその他港湾のコンテナ利用であるのに対して、推計ではそれぞれ22%と0.1%と過小推計、また実績では和歌山県の貨物のその他港湾のコンテナ利用が0.5%であるのに対して、推計では15%と過大推計となった。

九州地域および隣接する山口県の中国中部貨物（輸出）の利用港湾と船種をみると、実績では北部九州の港湾の国際RORO船が3.4%、北部九州のコンテナ船利用が55%に対して、推計では国際RORO船が2.1%、北部九州のコンテナ船利用が52%と、ともに若干過小推計ではあるが概ねの再現性は確保できている。ただし、県別に利用港湾と船種をみると、多くの県で国際RORO船貨物は若干の過小推計や過大推計はあるものの、ある程度再現できているが、宮崎県では実績が49%、佐賀県では実績が11%に対して、推計値がともに2.9%とかなり過小推計になった。長崎県のコンテナ利用についても、実績では91%が北部九州の港湾を利用するのに対して、推計では北部九州の港湾のコンテナ船利用が35%、熊本県のコンテナ利用についても、実績では66%が北部九州の港湾を利用するのに対して、推計では北部九州の港湾のコンテナ船利用が33%という過小推計となっており、長崎県、熊本県とも近傍のその他港湾のシェアが過大推計となった。

表-22 近畿地方の貨物の送経路実績と推計

実績値	フェリー		RORO		コンテナ		合計				
	大阪湾	北部九州	北部九州	大阪湾	その他港湾						
	実績	推計	実績	推計	実績	推計		実績	推計		
大阪府	481	1.3%	-	0.0%	52	0.1%	35,054	95.3%	1,191	3.2%	36,778
滋賀県	66	0.6%	-	0.0%	3	0.0%	7,532	71.6%	2,916	27.7%	10,517
京都府	137	1.9%	9	0.1%	121	1.7%	6,410	89.7%	466	6.5%	7,143
兵庫県	355	1.2%	4	0.0%	16	0.1%	29,706	96.9%	568	1.9%	30,649
奈良県	50	4.4%	-	0.0%	51	4.4%	1,008	87.9%	38	3.3%	1,147
和歌山県	8	0.2%	-	0.0%	0	0.0%	3,759	99.3%	18	0.5%	3,785
合計	1,097	1.2%	13	0.0%	243	0.3%	83,469	92.7%	5,197	5.8%	90,019
推計値	フェリー		RORO		コンテナ		合計				
	大阪湾	北部九州	北部九州	大阪湾	その他港湾						
	実績	推計	実績	推計	実績	推計		実績	推計		
大阪府	965	2.6%	-	0.0%	64	0.2%	35,749	97.2%	0	0.0%	36,778
滋賀県	220	2.1%	-	0.0%	74	0.7%	7,925	75.4%	2,298	21.9%	10,517
京都府	151	2.1%	-	0.0%	44	0.6%	6,941	97.2%	7	0.1%	7,143
兵庫県	557	1.8%	-	0.0%	262	0.9%	29,744	97.0%	86	0.3%	30,649
奈良県	29	2.6%	-	0.0%	3	0.2%	1,115	97.2%	0	0.0%	1,147
和歌山県	101	2.7%	-	0.0%	5	0.1%	3,098	81.8%	581	15.4%	3,785
合計	2,023	2.2%	-	0.0%	453	0.5%	84,571	93.9%	2,973	3.3%	90,019

表-23 九州地域・山口県貨物の輸送経路実績と推計

実績値	フェリー		RORO		コンテナ		合計				
	北部九州	大阪湾	北部九州	北部九州	その他港湾						
	実績	推計	実績	推計	実績	推計		実績	推計		
福岡県	-	0.0%	-	0.0%	237	1.2%	15,635	81.2%	3,390	17.6%	19,262
佐賀県	-	0.0%	-	0.0%	153	10.8%	1,171	82.3%	99	7.0%	1,423
長崎県	-	0.0%	-	0.0%	4	0.4%	921	91.1%	86	8.5%	1,011
熊本県	-	0.0%	3	0.1%	40	1.8%	1,446	65.7%	711	32.3%	2,200
大分県	-	0.0%	-	0.0%	32	1.9%	1,005	58.4%	684	39.7%	1,721
宮崎県	11	0.5%	-	0.0%	1,015	48.7%	287	13.8%	773	37.1%	2,086
鹿児島県	-	0.0%	-	0.0%	63	8.5%	233	31.5%	444	60.0%	740
山口県	15	0.1%	-	0.0%	6	0.0%	4,617	26.3%	12,895	73.5%	17,533
合計	26	0.1%	3	0.0%	1,550	3.4%	25,315	55.1%	19,082	41.5%	45,976
推計値	フェリー		RORO		コンテナ		合計				
	北部九州	大阪湾	北部九州	北部九州	その他港湾						
	実績	推計	実績	推計	実績	推計		実績	推計		
福岡県	-	0.0%	-	0.0%	556	2.9%	18,706	97.1%	-	0.0%	19,262
佐賀県	-	0.0%	-	0.0%	41	2.9%	1,186	83.3%	196	13.8%	1,423
長崎県	-	0.0%	-	0.0%	29	2.9%	349	34.5%	633	62.6%	1,011
熊本県	-	0.0%	-	0.0%	63	2.9%	715	32.5%	1,422	64.6%	2,200
大分県	-	0.0%	-	0.0%	50	2.9%	1,214	70.5%	457	26.6%	1,721
宮崎県	-	0.0%	-	0.0%	60	2.9%	656	31.4%	1,370	65.7%	2,086
鹿児島県	-	0.0%	-	0.0%	21	2.9%	178	24.1%	540	73.0%	740
山口県	-	0.0%	-	0.0%	167	1.0%	978	5.6%	16,388	93.5%	17,533
合計	-	0.0%	-	0.0%	988	2.1%	23,982	52.2%	21,006	45.7%	45,976

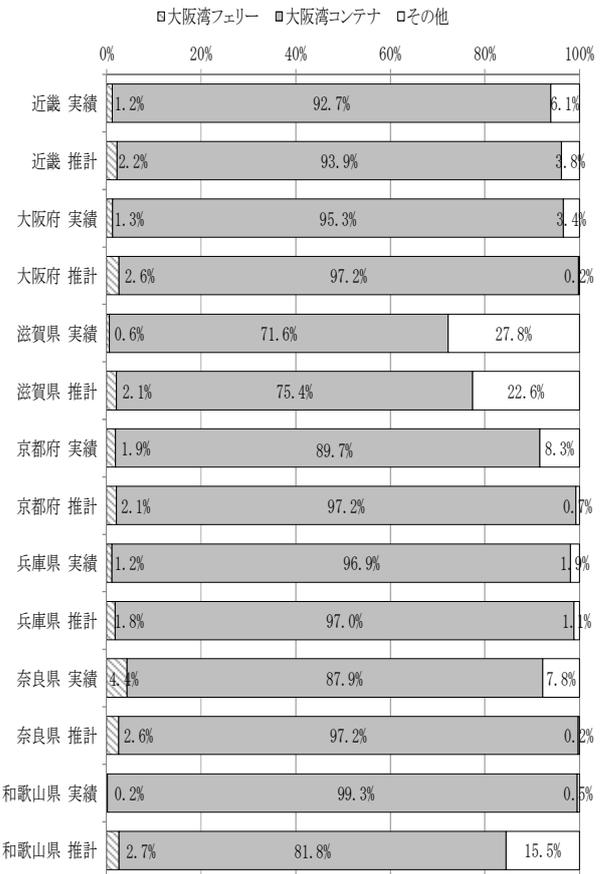


図-37 近畿地方の貨物の輸送経路実績と推計

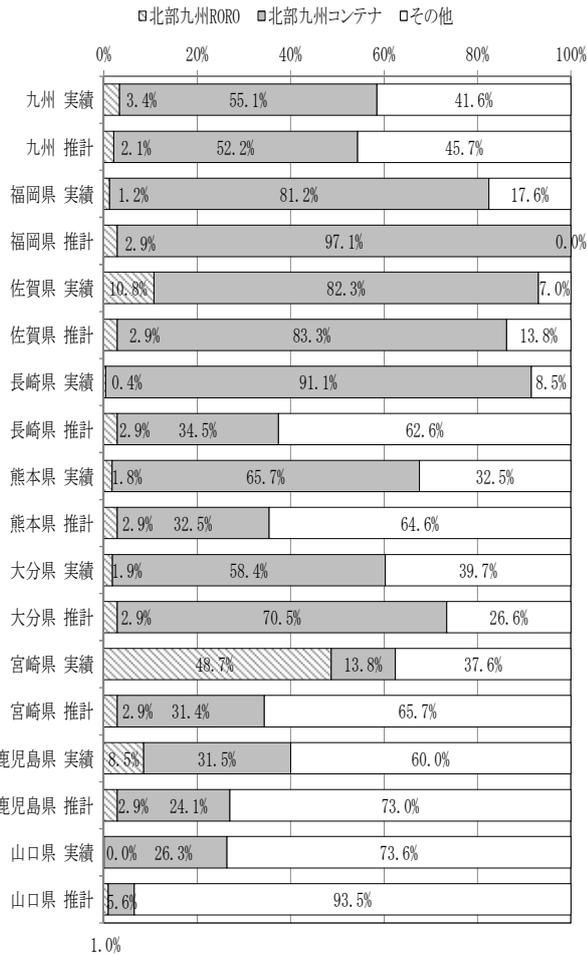


図-38 九州地域・山口県貨物の輸送経路実績と推計

(2) 中国貨物(中部エリア)の輸入貨物のモデル再現性

中国貨物の中部エリアとの輸入貨物のモデル再現性については、(1)の中国貨物(中部エリア)の輸出と同様に、国際フェリー航路がある大阪湾、国際RORO船航路がある北部九州の2つの港湾について、取扱量やコンテナとの分担関係、貨物の背後圏、さらには生産地別の経路選択状況の再現性を検討することとした。

a) コンテナ船と国際フェリー・国際RORO船の分担

表-24は、大阪湾の港湾と北部九州の港湾のそれぞれについて、中国中部への輸入貨物のうち、コンテナ船での輸送および国際フェリー・国際RORO船での輸送貨物量の実績値と、4.2で推計した貨物の時間価値分布を用いて犠牲量モデルで推計したそれらの現況再現値を示したものである。

国際フェリーが就航する大阪湾の港湾では、取扱貨物量が実績では541千トン、推計値では520千トンで概ね再現ができた。ただし、コンテナ船と国際フェリー利用貨

物のシェアについては、実績で国際フェリーが5.4%のところ、推計では10.5%と、国際フェリーの分担率が過大推計となった。また同じく中国中部エリアとの間で国際RORO船が就航する北部九州地区の港湾では、取扱量実績が95千トンのところが88千トンと概ね再現できているものの、コンテナ船と国際RORO船利用のシェアについては、国際RORO船のシェアの実績が11%のところ、推計では21%と過大推計となった。北部九州の国際フェリーについては、取扱実績が849トン、シェアで0.9%しかないので、再現できなかった。

表-24 国際フェリー・RORO船就航港湾での船種別取扱量

		実績値		推計値	
		(トン/月)	(%)	(トン/月)	(%)
大阪湾の港湾 で本船積み の貨物	コンテナ船	511,777	94.6%	465,932	89.5%
	国際フェリー	28,975	5.4%	54,520	10.5%
	合計	540,752	100.0%	520,453	100.0%
北部九州の港 湾で本船積み の貨物	コンテナ船	83,505	88.0%	69,246	78.9%
	国際フェリー	849	0.9%	0	0.0%
	国際RORO	10,571	11.1%	18,480	21.1%
合計	94,925	100.0%	87,727	100.0%	

b) 国際フェリー・RORO船貨物量とその背後圏

大阪湾と北部九州の港湾における国際フェリー貨物について、全国10地域別と貨物量が多い都道府県の貨物量の実績と推計値を、大阪湾の国際フェリーに関しては表-25、図-39に、また北部九州の国際フェリーに関しては表-26、図-41に示す。さらに大阪湾と北部九州の背後圏の広がり具合を、207生活圈ベースで実績値と推計値で比較した結果を、大阪湾については図-40に、北部九州については図-42に示す。

港湾における国際フェリー貨物の取扱量をみると、大阪湾では実績が29千トンのところを推計では55千トン、北部九州では実績が11千トンのところを推計では18千トンと、大阪湾のフェリー貨物量の推計値が約1.9倍、北部九州のフェリー貨物量の推計値が約1.7倍と、ともに過大推計となった。

全国10地域別の背後圏貨物量別に実績と推計値を比較すると、大阪湾フェリーでは、近畿地方・中部地方・関東地方・北陸地方ともに実績に比べて過大推計ではあるが、総量に占める地域別のシェアは、実績で近畿地方41%、中部地方32%、関東地方20%に対して、推計では近畿地方51%、中部地方28%、関東地方14%と、若干の過大推計や過小推計ではあるものの、ある程度再現ができた。

北部九州のRORO船の背後圏貨物量については、関東

地方の実績が5千トンのところを推計では6割以上減となる1.7千トン、また、中部地方と近畿地方は過小推計、九州地方や中国地方は過大推計など再現性があまり良くなかった。なお、関東地方の再現性が悪い原因としては、関東の貨物の大半を占める実績貨物が、中国中部エリアから国際RORO船を利用して北部九州に輸送され、国際フィーダー船に積み替えて東京港経由で千葉のある生活圏へ輸送される電算機類（約3千トン）であったため、ある特定荷主の特定の輸送経路である可能性が高く、モデルではうまく再現できなかったものと思料される。

表-25 大阪湾の国際フェリー貨物の背後圏別取扱量

(トン/月)

	実績		推計	
	貨物量	シェア	貨物量	シェア
近畿				
大阪府	8,958	30.9%	17,171	31.5%
兵庫県	2,104	7.3%	5,547	10.2%
その他県	862	3.0%	4,994	9.2%
小計	11,924	41.2%	27,713	50.8%
中部				
岐阜県	5,101	17.6%	3,147	5.8%
愛知県	3,512	12.1%	7,361	13.5%
その他県	708	2.4%	4,616	8.5%
小計	9,321	32.2%	15,124	27.7%
関東				
東京都	2,611	9.0%	1,090	2.0%
埼玉県	1,374	4.7%	1,510	2.8%
その他県	1,801	6.2%	5,249	9.6%
小計	5,786	20.0%	7,849	14.4%
北陸	786	2.7%	3,374	6.2%
中国	448	1.5%	-	0.0%
東北	389	1.3%	462	0.8%
四国	275	0.9%	-	0.0%
九州	46	0.2%	-	0.0%
北海道	-	0.0%	-	0.0%
沖縄	-	0.0%	-	0.0%
計	28,975	100.0%	54,520	100.0%

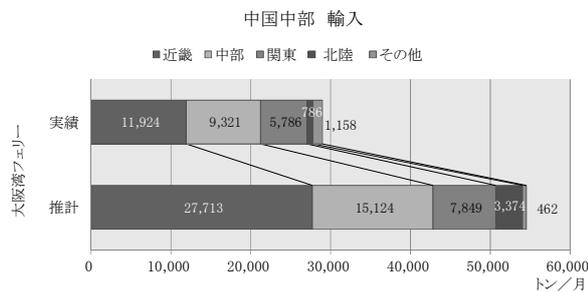


図-39 大阪湾国際フェリー貨物の背後圏別取扱量

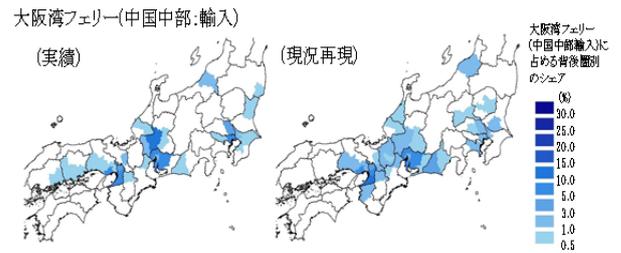


図-40 大阪湾国際フェリー貨物の背後圏別取扱量

表-26 北部九州の国際RORO船貨物の背後圏別取扱量

(トン/月)

	実績		推計	
	貨物量	シェア	貨物量	シェア
関東				
千葉県	3,658	34.6%	249	1.3%
埼玉県	488	4.6%	376	2.0%
神奈川県	447	4.2%	329	1.8%
その他県	454	4.3%	756	4.1%
小計	5,047	47.7%	1,710	9.3%
中部				
三重県	839	7.9%	121	0.7%
岐阜県	717	6.8%	236	1.3%
その他県	362	3.4%	892	4.8%
小計	1,918	18.1%	1,249	6.8%
九州				
福岡県	1,366	12.9%	1,740	9.4%
その他県	271	2.6%	7,131	38.6%
小計	1,637	15.5%	8,871	48.0%
近畿				
大阪府	701	6.6%	157	0.8%
その他県	716	6.8%	719	3.9%
小計	1,417	13.4%	876	4.7%
中国	398	3.8%	4,518	24.4%
北陸	83	0.8%	235	1.3%
四国	36	0.3%	929	5.0%
東北	29	0.3%	92	0.5%
北海道	6	0.1%	-	0.0%
沖縄	-	0.0%	-	0.0%
計	10,571	100.0%	18,480	100.0%

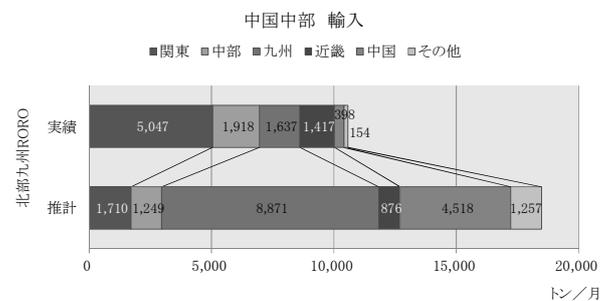


図-41 北部九州RORO船貨物の背後圏別取扱量

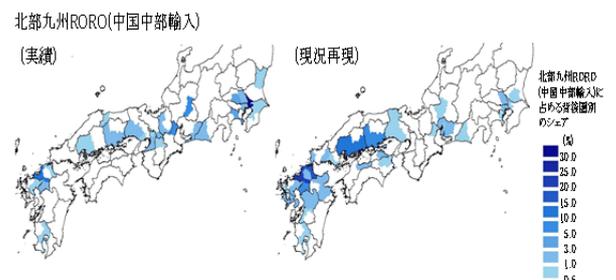


図-42 北部九州の国際RORO船貨物の背後圏別取扱量

c) 主要背後圏の経路選択に関する再現性

大阪湾フェリーの主要な背後地域である近畿地方の府県別の中国の中部エリアからの輸入貨物の利用港湾と船種（フェリー、コンテナ船）の実績と推計を表-27および図-43に示す。また、北部九州のRORO船の主要な背後地域である九州地方と山口県の県別の中国の中部エリアからの輸入貨物の利用港湾と船種（フェリー、RORO船、コンテナ船）の実績と推計を表-28および図-44に示す。

近畿地方の中国貨物の中部エリアとの輸入貨物の利用港湾と船種をみると、実績では大阪湾の国際フェリーが2.4%、大阪湾のコンテナ船利用が94%に対して、推計では国際フェリーが5.6%、コンテナ船利用が93%となっており、利用率の低い国際フェリー利用貨物のシェアは過大推計であるが、国際コンテナ利用貨物のシェアは概ね再現できている。府県別に利用港湾と船種をみると、各府県とも大阪湾フェリーの利用率が実績0.3~3.0%に対して、推計では5.2~5.7%といずれも大きめのシェアとなってしまうが、コンテナ船の利用については、滋賀県のその他港湾のシェア実績が34%のところ、推計では28%などと多少過小推計や過大推計はあるものの、概ね再現ができています。

九州地域および隣接する山口県の中国中部エリアとの輸入貨物の利用港湾と船種をみると、実績では北部九州の港湾の国際RORO船が1.8%、北部九州のコンテナ船利用が83%に対して、推計では国際RORO船が10%、北部九州のコンテナ船利用が71%と、シェアでみると国際RORO船利用貨物シェアがかなりの過大推計、逆に

国際コンテナ利用シェアが若干の過小推計となった。県別のRORO船のシェアもいずれも推計で10%程度となり、実績に比べて過大であり課題を残した。

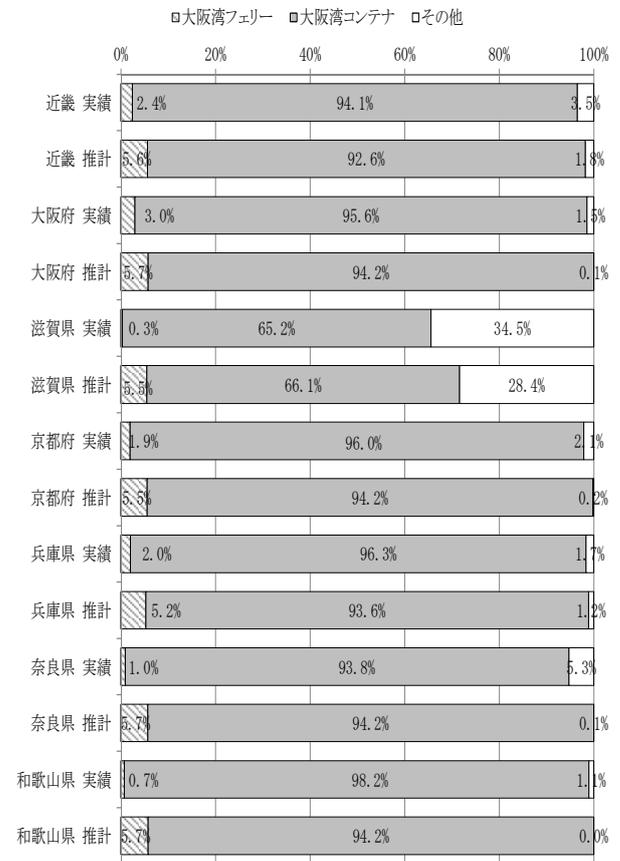


図-43 近畿地方の貨物の輸送経路実績と推計

表-28 九州地域・山口県貨物の輸送経路実績と推計

表-27 近畿地方の貨物の輸送経路実績と推計

実績値	フェリー		RORO		コンテナ			合計			
	大阪湾		北部九州	大阪湾	その他港湾						
	大阪湾	北部九州	北部九州	大阪湾	その他港湾	合計					
大阪府	8,958	3.0%	45	0.0%	701	0.2%	286,017	95.6%	3,611	1.2%	299,332
滋賀県	78	0.3%	-	0.0%	152	0.6%	17,412	65.2%	9,045	33.9%	26,687
京都府	444	1.9%	-	0.0%	207	0.9%	22,264	96.0%	286	1.2%	23,201
兵庫県	2,104	2.0%	8	0.0%	247	0.2%	101,933	96.3%	1,555	1.5%	105,847
奈良県	242	1.0%	11	0.0%	99	0.4%	23,689	93.8%	1,225	4.8%	25,266
和歌山県	98	0.7%	-	0.0%	11	0.1%	13,716	98.2%	144	1.0%	13,969
合計	11,924	2.4%	64	0.0%	1,417	0.3%	465,031	94.1%	15,866	3.2%	494,302
推計値	フェリー		RORO		コンテナ			合計			
	大阪湾		北部九州	大阪湾	その他港湾						
	大阪湾	北部九州	北部九州	大阪湾	その他港湾	合計					
大阪府	17,171	5.7%	-	0.0%	157	0.1%	282,004	94.2%	0	0.0%	299,332
滋賀県	1,462	5.5%	-	0.0%	83	0.3%	17,644	66.1%	7,498	28.1%	26,687
京都府	1,288	5.5%	-	0.0%	55	0.2%	21,858	94.2%	0	0.0%	23,201
兵庫県	5,547	5.2%	-	0.0%	554	0.5%	99,070	93.6%	675	0.6%	105,847
奈良県	1,442	5.7%	-	0.0%	21	0.1%	23,803	94.2%	0	0.0%	25,266
和歌山県	802	5.7%	-	0.0%	6	0.0%	13,160	94.2%	0	0.0%	13,969
合計	27,713	5.6%	-	0.0%	876	0.2%	457,539	92.6%	8,174	1.7%	494,302

実績値	フェリー		RORO		コンテナ			合計			
	北部九州		大阪湾	北部九州	北部九州	その他港湾					
	北部九州	大阪湾	北部九州	北部九州	その他港湾	合計					
福岡県	338	0.6%	44	0.1%	1,366	2.2%	57,985	95.4%	1,044	1.7%	60,777
佐賀県	-	0.0%	-	0.0%	76	1.7%	4,005	87.9%	473	10.4%	4,554
長崎県	-	0.0%	-	0.0%	2	0.0%	2,452	52.2%	2,243	47.8%	4,697
熊本県	-	0.0%	-	0.0%	13	0.3%	2,904	59.4%	1,972	40.3%	4,889
大分県	-	0.0%	2	0.0%	59	1.0%	3,809	64.3%	2,058	34.7%	5,928
宮崎県	1	0.1%	-	0.0%	37	2.2%	938	55.0%	731	42.8%	1,707
鹿児島県	20	1.0%	-	0.0%	84	4.4%	529	27.7%	1,277	66.9%	1,910
山口県	182	1.7%	6	0.1%	106	1.0%	6,230	59.5%	3,952	37.7%	10,476
合計	541	0.6%	52	0.1%	1,743	1.8%	78,852	83.1%	13,750	14.5%	94,938
推計値	フェリー		RORO		コンテナ			合計			
	北部九州		大阪湾	北部九州	北部九州	その他港湾					
	北部九州	大阪湾	北部九州	北部九州	その他港湾	合計					
福岡県	-	0.0%	-	0.0%	6383	10.5%	54,394	89.5%	-	0.0%	60,777
佐賀県	-	0.0%	-	0.0%	478	10.5%	3,501	76.9%	575	12.6%	4,554
長崎県	-	0.0%	-	0.0%	493	10.5%	1,118	23.8%	3,085	65.7%	4,697
熊本県	-	0.0%	-	0.0%	513	10.5%	1,139	23.3%	3,236	66.2%	4,889
大分県	-	0.0%	-	0.0%	623	10.5%	4,220	71.2%	1,086	18.3%	5,928
宮崎県	-	0.0%	-	0.0%	179	10.5%	355	20.8%	1,173	68.7%	1,707
鹿児島県	-	0.0%	-	0.0%	201	10.5%	310	16.3%	1,399	73.2%	1,910
山口県	-	0.0%	-	0.0%	834	8.0%	2,692	25.7%	6,950	66.3%	10,476
合計	-	0.0%	-	0.0%	9705	10.2%	67,730	71.3%	17,504	18.4%	94,938

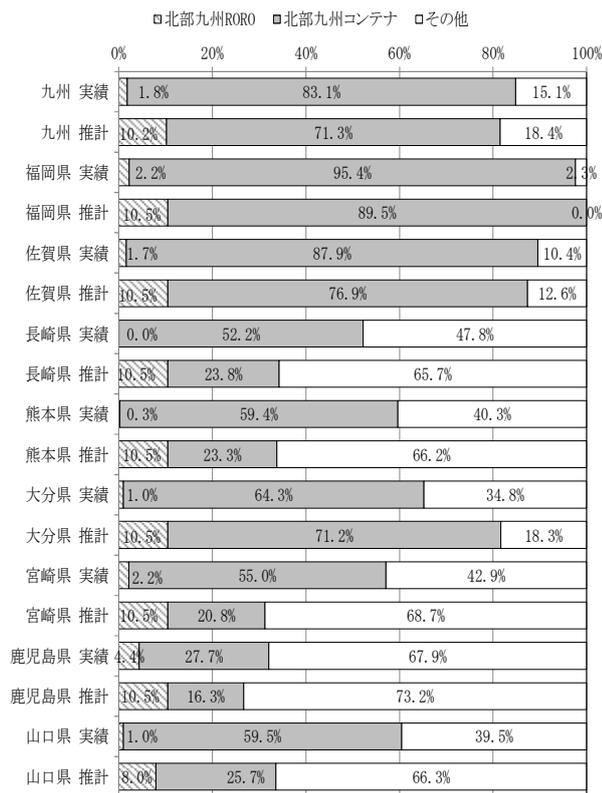


図-44九州地域・山口県貨物の輸送経路実績と推計

5.3 モデルの再現性に関わる考察

本節では、5.1～5.2のモデルの再現性に関して、各経路の輸送費用と輸送時間の貨幣換算額の合計である総犠牲量が最小となる経路を選択とする犠牲量モデルにおいて、国際フェリーやRORO船に関わる輸送量が特に再現できていない韓国貨物(輸出)の滋賀県の貨物に関して、考察を加える。

韓国貨物(輸出)の実績とモデルでの再現性について背後の生産地別に見た結果は、5.1の表-12、図-25に示したとおりであり、滋賀県の発生貨物14千トン/月のうち、実績では60%が大阪湾のフェリーを利用、27%が大阪湾のコンテナ船利用であるのに対して、モデルによる現況再現値では、大阪湾のフェリー利用が14%、大阪湾のコンテナ利用が45%と、大阪湾のフェリー貨物がかなり過小推計となっている。

ここで、滋賀県の3つの生活圏(大津、近江八幡、彦根)別の貨物の輸送実績をみると表-29のとおりとなっており、大阪湾フェリーの利用貨物が多いのは、生活圏の近江八幡と彦根地区であり、近江八幡地区は、発生する貨物の93%が大阪湾のフェリー利用の貨物となっている。

よって、ここでは滋賀県の貨物のうち、近江八幡地区の

貨物についてモデルの現況再現性について考察を加えることとした。

具体的には、近江八幡地区の貨物の輸送経路の実績とモデルでの再現値の比較をするのに加えて、フェリー貨物がコンテナ船利用などを行うとなると、積み替えによる振動や衝撃などを嫌う貨物では梱包を厳重にするなどして費用が追加的にかかるとして、モデルの再現性を再検討することとした。

つまり、近江八幡地区の韓国貨物(輸出)は実績ではそのほとんどがフェリー利用貨物であることから、フェリー利用貨物が振動や積み替えによる衝撃などを嫌う貨物が多いこと、またコンテナ船で輸送するよりもより短い輸送時間で輸送をしたい貨物が多いことが想定される。輸送時間については、犠牲量モデルにおいても、輸送時間と輸送費用が各輸送経路の選択確率の算定に大きくかわることから考慮がされているものの、フェリーやRORO船は、港湾においてシャーンなどを使って輸送がされるため、ガントリークレーンなどによる荷役がされるコンテナに比べて振動や衝撃が少なく済むという輸送特性が十分にモデルには考慮されていないと史料される。なお、衝撃や振動に関しては、文献20によると、ガントリークレーンによって貨物が積みおろしされるコンテナ船輸送の場合には、積み卸しをする際のオペレーターの熟練度にもよるが、20～50Gの加速度が加わるような大きな衝撃を与えてしまうことがあるとの記述がある。

よって、フェリー貨物利用の多い近江八幡地区の貨物を仮にコンテナ船で輸送する場合には、振動や衝撃対策として梱包費用が余計にかかるという想定をおいて、モデルの再現性を再検証することとした。

コンテナ貨物の梱包については、木枠梱包、強化段ボール梱包、クッション材利用など様々な方法があり、木枠梱包などでは貨物1m³あたり1万円程度の梱包費は少なくともかかるのが通例となっている。

このような状況を勘案して、近江八幡地区のフェリー利用がほとんどであるコンテナ貨物が、仮に大阪湾やその他の港湾(敦賀港や伊勢湾など)のコンテナ船を利用する場合には、通例のコンテナ船輸送費用に加えてさらに3万円/TEUの輸送コストがかかるとして、モデルの再現性を検討することとした。

その結果を、実績値、梱包費を特に考慮していないモデルの再現値とともに表-30、図-45に示す。

梱包費を考慮しない現況再現値では、実績で93%であった大阪湾のフェリー利用貨物がわずかに14%であり、

再現ができていなかったが、コンテナ利用の場合には振動や衝撃に弱い貨物を運ぶとなると通例のコンテナ船による輸送費用に加えてさらに梱包費が3万円/TEUかかるとした場合には、大阪湾フェリーの利用貨物は41%となり、まだ過小推計ではあるが、国際フェリーの利用割合の再現値を実績値に近づけることができたことがわかる。

通例のコンテナ船でも衝撃や振動などを嫌わない貨物であり特に余計な梱包費用がかからない貨物もあることから、今回のモデル構築にあたっては、近江八幡地区の貨物のようにフェリーでの輸送が多い貨物ばかりかどうかの判断が難しいために、梱包費をコンテナ船輸送の際に考慮していないが、犠牲量モデルにおいてもこの梱包追加費用をどの程度の発生貨物について考慮しておくべきかなどを考慮できれば、さらにモデルの現況再現性が高まるものと思料される。この点については、今後の課題として検討していきたいと考えている。

表-29 滋賀県生活圏別の韓国貨物(輸出)の輸送経路

	大阪湾フェリー		大阪湾コンテナ		伊勢湾コンテナ		その他		合計	
	トン	(%)	トン	(%)	トン	(%)	トン	(%)	トン	(%)
大津	1,008	39.2%	1,294	50.3%	145	5.6%	125	4.9%	2,572	100%
近江八幡	4,033	93.4%	254	5.9%	31	0.7%	0	0.0%	4,318	100%
彦根	3,645	48.4%	2,288	30.4%	1,201	15.9%	397	5.3%	7,531	100%
滋賀県合計	8,686	60.2%	3,836	26.6%	1,377	9.5%	522	3.6%	14,421	100%

表-30 梱包費を考慮した輸送経路の分析結果

(生活圏)	大阪湾フェリー		大阪湾コンテナ		北部九州フェリー		伊勢湾コンテナ		合計	
	トン	(%)	トン	(%)	トン	(%)	トン	(%)	トン	(%)
近江八幡	4,033	93.4%	254	5.9%	0	0.0%	31	0.7%	4,318	100%
実績値	4,033	93.4%	254	5.9%	0	0.0%	31	0.7%	4,318	100%
現況再現値	617	14.3%	3,657	84.7%	44	1.0%	0	0.0%	4,318	100%
コンテナ梱包費(3万円/TEU)考慮	1,760	40.8%	2,514	58.2%	44	1.0%	0	0.0%	4,318	100%

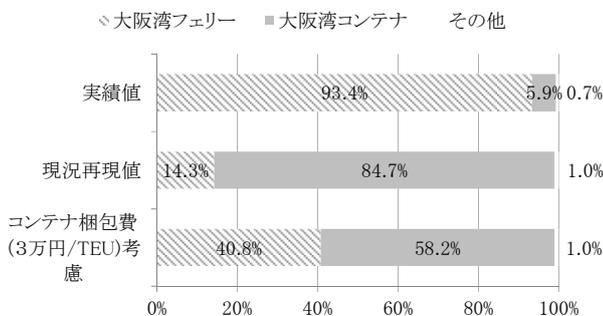


図-45 梱包費を考慮した輸送経路の分析結果

6. 構築モデルを用いたシミュレーション分析

本章では、構築した犠牲量モデルを用いて、2章で述べた最近の国際フェリーやRORO船輸送に関して、国際フェリー・RORO船の航路ネットワークが拡充されて新規に輸送経路などができた場合にどのような貨物流動変化が発生するかについてを6.1で、またシャーシの相互通行などの輸送環境変化によりどのような貨物流動変化が起こるかを6.2で分析した。

6.1 航路ネットワークの拡充等に関わる分析

2.1で述べたとおり、2013年秋から従来の国際RORO船航路の寄港地が拡充され、東京港と釜山港を結ぶ国際RORO船ルートができています。

このような航路の開設などにより、どの程度の貨物がどのエリアから集荷できるか、また既存のどの経路からの貨物が新規の航路などにシフトしてくるかなどの分析を行う。

ここでは、本分析で構築した韓国貨物(輸入)の犠牲量モデルを用いて、航路ネットワークの変化が、どのように貨物流動変化などを及ぼすかを分析することとした。

具体的には、東京湾と韓国(釜山港)に、国際RORO船航路が週1便就航したケースを想定し、貨物流動の変化を分析した。関東地方の1都7県の貨物が、実績としてどの輸送経路を使用していたか、新規の航路が就航前のモデルの輸送経路別の貨物量の再現値がどうなっていたか、さらに新規に東京港と釜山港に国際RORO船航路が週1便就航した場合に、その利用経路がどのようになったかを、表-31、図-46には関東地方の合計貨物量で、表-32には都府県別に示す。

関東地方の1都7県の貨物は、実績値では、東京湾のコンテナ船利用が89%とほとんどを占め、そのほかは、茨城港のコンテナが3%、大阪湾フェリーが4%、北部九州のフェリーが2%であるが、モデルの現況再現値では、東京湾のコンテナ船利用が82%、茨城港のコンテナが若干過大推計で11%、大阪湾フェリーが推計で4%、北部九州フェリーが1%などとなっている。茨城港のコンテナの現況再現性が少し悪いが、このモデルを用いて、新規に東京湾一韓国に国際RORO船航路が就航した場合にどのように貨物流動が変化するかを、分析することとした。モデルでの分析では、新規のRORO航路には関東の1都7県の貨物が8,585トンと新規航路貨物の96%を占め、残り4%は、東北地方(377トン)と北海道(6トン)からの貨物を集荷することとなった。よって、以下では、新規のRORO

船航路の開設について、主要な背後圏となる関東の1都7県の貨物について、貨物の利用経路をモデルの現況再現値と比較することとした。

新規航路開設の場合には、これまで東京湾のコンテナや大阪湾・北部九州地区のフェリーを利用していた関東地方の貨物の一部が、新規の東京湾－韓国RORO船航路にシフトすることにより、関東地方の韓国貨物（輸入）の8%程度がRORO航路を使うという結果となった。関東地方の新規のRORO航路を利用することとなる貨物についてシフト前の輸送経路を見ると、53%が大阪湾のフェリー船利用から、41%が東京湾のコンテナ船利用から、6%が北部九州のフェリー利用からのシフトとなっている。なお、都県別には、山梨県からの新規RORO船航路へのシフトはなかったものの、他の各都県では6～8%程度の貨物が新規のRORO航路にシフトとすることとなり、都県別に大きな差が現れなかった。さらに、これまで東京湾のコンテナ船を利用していた貨物は4%程度のRORO航路へのシフトであったが、大阪湾のフェリーを利用していた貨物ではそのほとんどが、北部九州フェリーを利用していた貨物は約3割の貨物が新規の東京湾－韓国RORO航路にシフトすることとなり、より消費地に近いRORO航路の開設により、多くの貨物がシフトすることが算定された。

表-31 関東地方貨物の輸送経路の変化分析
(東京湾－韓国の新規RORO航路開設の場合)

(トン/月)							
	東京湾コンテナ	茨城港コンテナ	その他港湾	大阪湾フェリー	北部九州フェリー	東京湾RORO船	合計
実績①	101,164	3,204	3,716	4,009	2,000	0	114,093
現況再現値②	93,149	12,497	2,060	4,829	1,558	0	114,093
新規(東京湾－韓国)RORO航路③	89,615	12,497	2,032	297	1,066	8,585	114,093
増減 ③－②	-3,534	0	-29	-4,531	-491	8,585	0
	東京湾コンテナ	茨城港コンテナ	その他港湾	大阪湾フェ	北部九州フェリー	東京湾RORO船	合計
実績①	88.7%	2.8%	3.3%	3.5%	1.8%	0.0%	100%
現況再現値②	81.6%	11.0%	1.8%	4.2%	1.4%	0.0%	100%
新規(東京湾－韓国)RORO航路③	78.5%	11.0%	1.8%	0.3%	0.9%	7.5%	100%
増減 ③－②	-3.1%	0.0%	0.0%	-4.0%	-0.4%	7.5%	0

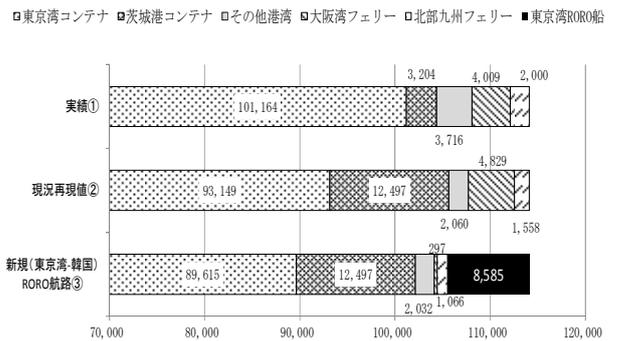


図-46 関東地方貨物の輸送経路の変化分析
(東京湾－韓国の新規RORO航路開設の場合)

表-32 関東地方の都県別の利用経路変化
(東京湾－韓国の新規RORO航路開設の場合)

		コンテナ利用			国際フェリー・RORO船			合計						
		東京湾コンテナ	茨城港コンテナ	その他港湾	大阪湾フェリー	北部九州フェリー	東京湾RORO船							
実績	茨城県	12,453	78.6%	2,951	18.6%	276	1.7%	62	0.4%	97	0.6%	-	0.0%	15,839
	栃木県	4,694	87.4%	60	1.1%	107	2.0%	283	5.3%	225	4.2%	-	0.0%	5,369
	群馬県	4,687	92.9%	36	0.7%	118	2.3%	15	0.3%	190	3.8%	-	0.0%	5,046
	埼玉県	17,074	87.1%	-	0.0%	553	2.8%	1,657	8.5%	325	1.7%	-	0.0%	19,609
	千葉県	18,626	93.4%	157	0.8%	716	3.6%	107	0.5%	334	1.7%	-	0.0%	19,940
	東京都	17,577	84.0%	-	0.0%	922	4.4%	1,866	8.9%	569	2.7%	-	0.0%	20,934
	神奈川県	25,482	95.6%	-	0.0%	968	3.6%	19	0.1%	178	0.7%	-	0.0%	26,647
	山梨県	571	80.5%	-	0.0%	56	7.9%	-	0.0%	82	11.6%	-	0.0%	709
計	101,164	88.7%	3,204	2.8%	3,716	3.3%	4,009	3.5%	2,000	1.8%	-	0.0%	114,093	
現況再現値	茨城県	5,513	34.8%	9,430	59.5%	0	0.0%	697	4.4%	199	1.3%	-	0.0%	15,839
	栃木県	2,564	47.8%	2,198	40.9%	313	5.8%	245	4.6%	49	0.9%	-	0.0%	5,369
	群馬県	4,658	92.3%	-	0.0%	110	2.2%	181	3.6%	97	1.9%	-	0.0%	5,046
	埼玉県	18,517	94.4%	-	0.0%	0	0.0%	764	3.9%	328	1.7%	-	0.0%	19,609
	千葉県	17,963	90.1%	869	4.4%	-	0.0%	926	4.6%	182	0.9%	-	0.0%	19,940
	東京都	19,771	94.4%	-	0.0%	0	0.0%	972	4.6%	191	0.9%	-	0.0%	20,934
	神奈川県	24,164	90.7%	-	0.0%	979	3.7%	1,027	3.9%	477	1.8%	-	0.0%	26,647
	山梨県	-	0.0%	-	0.0%	659	93.0%	17	2.4%	33	4.7%	-	0.0%	709
計	93,149	81.6%	12,497	11.0%	2,060	1.8%	4,829	4.2%	1,558	1.4%	-	0.0%	114,093	
新規に東京-韓国RORO航路開設ケース(推計値)	茨城県	5,023	31.7%	9,430	59.5%	0	0.0%	43	0.3%	145	0.9%	1,198	7.6%	15,839
	栃木県	2,411	44.9%	2,198	40.9%	294	5.5%	21	0.4%	49	0.9%	395	7.4%	5,369
	群馬県	4,505	89.3%	-	0.0%	102	2.0%	43	0.9%	46	0.9%	349	6.9%	5,046
	埼玉県	17,893	91.2%	-	0.0%	0	0.0%	41	0.2%	169	0.9%	1,506	7.7%	19,609
	千葉県	17,326	86.9%	869	4.4%	0	0.0%	12	0.1%	173	0.9%	1,559	7.8%	19,940
	東京都	19,102	91.2%	-	0.0%	0	0.0%	6	0.0%	177	0.8%	1,648	7.9%	20,934
	神奈川県	23,354	87.6%	-	0.0%	976	3.7%	114	0.4%	274	1.0%	1,929	7.2%	26,647
	山梨県	-	0.0%	-	0.0%	659	93.0%	17	2.4%	33	4.7%	-	0.0%	709
計	89,615	78.5%	12,497	11.0%	2,032	1.8%	297	0.3%	1,066	0.9%	8,585	7.3%	114,093	

6.2 輸送環境変化に関わる分析

2.2で述べたとおり、日韓でもシャーシの相互乗り入れがまだ一部の航路や荷主に限定されているがはじまっている。文献21によれば、シャーシの相互通行の利用により、従来の輸送よりもドアtoドアの輸送時間が1日ほど短縮されたとのことであることから、ここでは、国際フェリー・RORO船の輸送の輸送時間が、シャーシの相互通行の導入により、1日短縮される場合について分析を行うこととした。

具体的には、現在は、韓国と北部九州地区の国際フェリー航路を活用したシャーシの相互通行が実施されていることを考慮し、韓国貨物(輸入)の犠牲量モデルを活用して、北部九州と韓国との輸送時間が、国際フェリー航路の場合は現況よりも1日短縮される場合の貨物流動変化について分析を行うこととした。

北部九州の港湾における国際フェリーの利用貨物の主要背後圏がどこかについて、実績値、モデルの現況再現値、さらにはシャーシの相互通行により北部九州の国際フェリーのみ輸送時間が1日短縮されるとしたケースのそれぞれについて示したものが表-33、図-47である。

北部九州の国際フェリー利用がシャーシの相互通行の実現により輸送時間が短縮された場合の効果を、構築した犠牲量モデルを用いて分析するにあたっては、シャーシの相互通行がない場合の条件であるモデルの現況再現値と、シャーシ相互通行が北部九州のフェリーにのみ実施された場合を比較することとした。その結果、シャーシの相互通行により、北部九州フェリーの取扱貨物量が、約2.6倍となり、輸送時間の短縮により、さらに多くの貨物が国際フェリーを利用する可能性があることが定量的に示された。

また、シャーシ相互通行の実現により、どのような貨物が増加するかについてみると、背後圏別には、関東地方の貨物量が約6.1倍、中部地方の貨物が約5.3倍と大きく伸びることとなった。さらにそのほかの背後圏別の輸送経路の変化をみると、もともと実績で北部九州のフェリー貨物の主要な背後圏である九州地方の貨物は、25%の伸び、中国地方の貨物の北部九州のフェリー利用も35%と、関東地方や中部地方に比べるとその伸びはあまり大きくなかった。

なお、大きく伸びた関東地方や中部地方の貨物については、内航海運を利用して北部九州に輸送される貨物が大きく伸びたことによるものであった。具体的には、関東地方の9,436トンの北部九州のフェリーを利用する貨物の輸送手段をみると、トレーラーで運ばれるのはわずか数パーセントしかなく、他の貨物は、東京湾や清水港、大阪湾といった国内の港湾から北部九州の港湾まで内航船舶を使い輸送される貨物であった。中部地方の6,031トンの北部九州フェリーを利用する貨物の輸送手段についても、トレーラーで北部九州まで輸送される貨物はわずかに数パーセントであり、残りの貨物は清水港や大阪湾から内航船舶で北部九州に輸送される貨物であった。

より近傍の九州地方や中国地方の貨物が、北部九州の

国際フェリーの輸送時間が1日短縮することにより、遠方の関東地方などの貨物よりも大きくシフトすることが想定されるが、今回の犠牲量モデルを用いた分析では、関東地方や中部地方などのシフトが多くなった。これは、3.1の図-6に示したとおり、各輸送経路の交点の時間価値は経路1と経路2であれば、それぞれの経路の輸送費用C1とC2、輸送時間T1、T2を用いて $\alpha_{12} = (C2 - C1) / (T1 - T2)$ で表すことができるときに、北部九州の国際フェリーの輸送時間のみ1日短縮なので、北部九州の輸送経路を仮に経路1とすると、北部九州の国際フェリーの輸送経路に関わる交点を求める際の分母のT1-T2は、関東地方の貨物も、近隣の九州地方の貨物も同じく1日短くなるので同じであるものの、分子のコストの差分C2-C1が、韓国と近い九州地方に比べて関東地方などの遠方の貨物の方が、より大きい可能性が高く、交点の変動が大きくなり、利用率が大きくなることが考えられる。この利用率の変動の大きさと、関東地方や中部地方の韓国からの輸入貨物のほうが、近傍の九州地方や中国地方の貨物量よりもボリューム自体も大きいことが、関東地方などの遠方の貨物のほうが大きく増えた理由であると思料される。したがって、輸送時間の短縮により、時間をより重視する時間価値の高い貨物であれば、より広範囲から貨物集荷が期待できることとなる。

表-33 北部九州フェリー貨物量と背後圏 (韓国輸入)

		実績①		現況再現値②		シャーシ相互乗入(北部九州フェリー)③		倍率 (=③/②)
						(トン/月)		
九州	福岡県	5,515	31.8%	4,007	29.1%	5,027	14.1%	1.25
	熊本県	1,058	6.1%	331	2.4%	425	1.2%	1.28
	その他	973	5.6%	1,524	11.1%	1,881	5.3%	1.23
	計	7,546	43.5%	5,861	42.5%	7,332	20.5%	1.25
中国	山口県	977	5.6%	1,052	7.6%	1,335	3.7%	1.27
	広島県	640	3.7%	1,163	8.4%	1,562	4.4%	1.34
	その他	526	3.0%	575	4.2%	869	2.4%	1.51
	計	2,143	12.4%	2,790	20.2%	3,766	10.5%	1.35
中部		1,964	11.3%	1,138	8.3%	6,031	16.9%	5.30
四国		1,963	11.3%	1,156	8.4%	1,615	4.5%	1.40
関東		2,000	11.5%	1,558	11.3%	9,436	26.4%	6.06
その他		1,715	9.9%	1,285	9.3%	7,583	21.2%	5.90
計		17,331	100%	13,788	100%	35,764	100%	2.59

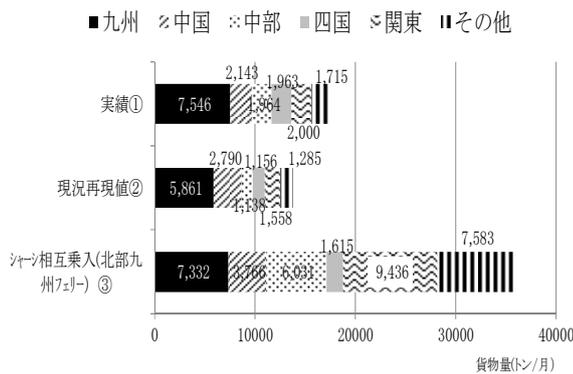


図-47 北部九州フェリー貨物量と背後圏（韓国輸入）

7. おわりに

本分析は、全国輸出入コンテナ貨物流動調査を用いて、国際フェリー・RORO船貨物の流動状況をコンテナ船輸送も含めた形で推計するモデル開発を行ったものであり、我が国と韓国、中国（中部エリア）との輸送について、輸出入別に貨物の時間価値分布を推計し、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開発した。

その結果、個別の輸送経路別の貨物量などについては一部再現性が十分とは言えない部分もあり、また特に中国の中部エリアとのモデルでは、コンテナ船での輸送に比べて貨物量やシェアが小さい国際フェリー・RORO船の輸送貨物量の再現に課題を残しつつも、所要時間の貨幣換算分と費用を加えた総犠牲量が最小となる経路が選択されるとする犠牲量モデルで、大阪湾や北部九州地域の国際フェリー・RORO船貨物量のある程度再現可能なモデルが構築できた。

また、構築したモデルを用いて既存の航路ネットワークの拡充や、シャーシの相互通行の導入などによる国際フェリー・RORO船輸送の輸送サービス条件の変化が、貨物流動などにどのように影響を及ぼすかを定量的に分析できた。

さらに、国際フェリーやRORO船による輸送を選択している貨物は、費用と時間だけではなく、振動や衝撃が少ない輸送経路を選択することも多いことなどを、犠牲量モデルで今後どのように考慮していくべきかについても考察も加えた。

今後は、今回構築した韓国や中国の中部エリアのモデルの更なる精度向上や、中国北部エリアのモデル構築をを目指して、設定する輸送経路別の費用や所要時間の更なる精査や、犠牲量モデルでは直接の導入が難しいフェ

リーやRORO船による振動や衝撃などが少ないといったメリットなどもモデルに導入した予測が可能となるような検討などを行い、今後モデルの拡充・高度化などを図ることが必要であると考えている。

(2014年6月2日受付)

謝辞

本分析を行うにあたっては、国土交通省港湾局、国総研港湾研究部など多くの方々にご助言や指導などを頂きました。末尾ながら、ここに示して深く感謝致します。

参考文献

- 1) 後藤修一，渡部富博，安部智久，井山繁：国際フェリー・RORO船による海上輸送の特性に関する基礎的分析，国土技術政策総合研究所資料，No. 707，2012年
- 2) 日本海事新聞社：日本海事新聞，2013年10月30日
- 3) 日本海事新聞社：日本海事新聞，2013年9月9日
- 4) 日本海事新聞社：日本海事新聞，2013年10月24日
- 5) 日本海事新聞社：日本海事新聞，2014年1月17日
- 6) 国土交通省総合政策局，第4回日中韓物流大臣会合共同声明の概要，2012
- 7) 国土交通省総合政策局・自動車局：プレスリリース「日韓間シャーシの相互通行のパイロットプロジェクトについて」，2013.3.25
- 8) 井山繁，渡部富博：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. 631，2011
- 9) 樋口直人，渡部富博，森川雅行：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. 0987，2001年
- 10) 青山吉隆，西岡敬治：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，1980年1月，pp. 61-70
- 11) 国土交通省：平成20年度全国輸出入コンテナ貨物流動調査
- 12) 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年7月
- 13) 全国貨物純流動調査：国土交通省，2005年

- 14) 貨物運賃と各種料金表：日本交通社，2010年
- 15) 国内コンテナ・フィーダーに関する研究：日本内航海運組合総連合会，2011年
- 16) 内航ジャーナル株式会社：2009年版海上定期便ガイド
- 17) 第9回輸入手続所要時間調査結果（財務省）
<http://www.mof.go.jp/jouhou/kanzei/ka210716.htm>
- 18) オーシャンコマース社：国際輸送ハンドブック 2008年
- 19) (株)日刊海事通信社：2009年フェリー旅客船ガイド
- 20) 日本興亜損保 物流ニュース NO.89，2011年8月
- 21) 日本海事新聞社：日本海事新聞，2013年10月29日

付録 A

表-A.1 国内の10地域区分と207生活圏

10地域区分	47都道府県	207生活圏	10地域区分	47都道府県	207生活圏	10地域区分	47都道府県	207生活圏	10地域区分	47都道府県	207生活圏	10地域区分	47都道府県	207生活圏	10地域区分	47都道府県	207生活圏															
北海道	北海道	札幌	東北	山形県	山形	関東	神奈川県	横浜	中部	静岡県	静岡	中国	鳥取県	鳥取	九州	福岡県	北九州															
		函館			米沢			川崎			浜松			米子			福岡															
		小樽			酒田			相模原			沼津			倉吉			久留米															
		旭川			新庄			小田原			名古屋			松江			飯塚															
		室蘭			福島			甲府			豊橋			浜田			佐賀															
		釧路			会津若松			富士吉田			豊田			出雲			唐津															
		帯広		郡山	斐崎		津	益田		伊万里																						
		北見		いわき	新潟		四日市	大田		長崎																						
		岩見沢		白川	長岡		伊勢	岡山		佐世保																						
		留萌		原町	三条		上野	津山		平戸																						
		苫小牧西		水戸	十日町	尾鷲	広島	厳原																								
		稚内		土浦	村上	大津	福山	石田(隠岐)																								
		滝川		下館	上越	彦根	三次	福江																								
		紋別		鹿島	両津	近江八幡	下関	熊本																								
		士別		宇都宮	富山	京都(京都市)	宇都	八代																								
		根室		足利	高岡	舞鶴	山口	人吉																								
		深川		小山	魚津	宇治	萩	本渡																								
		富良野		今市	砺波	亀岡	徳山	大分																								
		江差		大田原	金沢	京都	岩国	中津																								
		静内		前橋	七尾	大阪	徳島	日田																								
東北	青森県	青森	群馬県	桐生	福井県	福井	大阪府	堺	徳島県	阿南	香川県	愛媛県	高知県	宮崎県	宮崎	鹿児島県	鹿児島															
		弘前		沼田		敦賀		豊中		池田					丸亀		宇和島	八幡浜	新居浜	高知	安芸	須崎	那覇									
		八戸		渋川		武生		東大阪		高松					丸亀		宇和島	八幡浜	新居浜	高知	安芸	須崎	那覇									
		むつ		大宮		長野		神戸		高松					丸亀		宇和島	八幡浜	新居浜	高知	安芸	須崎	那覇									
		盛岡		川越		松本		姫路		松山					今治		宇和島	八幡浜	新居浜	高知	安芸	須崎	那覇									
	岩手県	埼玉県	川越	千葉県	千葉	長野県	上田	兵庫県	神戶	四国	愛媛県	高知県	九州	大分県	大分	宮崎県	延岡	鹿児島県	鹿児島													
			宮古		熊谷		秩父		尼崎						松山		今治		宇和島	八幡浜	新居浜	高知	安芸	須崎	那覇							
			釜石		秩父		千葉		洲本						豊岡		篠山		奈良	五條	和歌山	田辺(白浜)	新宮	和歌山	田辺(白浜)	新宮	和歌山	田辺(白浜)	新宮			
			釜石		秩父		千葉		洲本						豊岡		篠山		奈良	五條	和歌山	田辺(白浜)	新宮	和歌山	田辺(白浜)	新宮	和歌山	田辺(白浜)	新宮			
			釜石		秩父		千葉		洲本						豊岡		篠山		奈良	五條	和歌山	田辺(白浜)	新宮	和歌山	田辺(白浜)	新宮	和歌山	田辺(白浜)	新宮			
	宮城県	宮城県	仙台	東京都	東京	中部	岐阜県	岐阜県	岐阜	中部	岐阜県	岐阜県	中部	岐阜県	岐阜	中部	岐阜県	岐阜県	岐阜													
			石巻		東京				岐阜						岐阜				岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	
			古川		東京				岐阜						岐阜				岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜
			秋田		東京				岐阜						岐阜				岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜
			能代		東京				岐阜						岐阜				岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜
秋田県	秋田県	横手	東京	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜														
		大館	東京	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜	岐阜												

※10 地域区分は港湾の基本方針（国土交通省港湾局 平成 26 年 1 月）の区分。また 207 生活区圏は、第 5 回（2010 年度）全国幹線旅客純流動調査 207 生活圏ゾーン（国土交通省総合政策局）をもとに設定した区分。



図-A.1 207 生活圏の位置図

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 801

July 2014

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:046-844-5018

