

国際コンテナ輸送における荷主の港湾・ルート選択モデル

～ 日本－北米西岸貨物について ～

A Route Choice Model for Domestic Shippers in Container Cargo Distribution
between Japan and West Coast of North America

渡部 富博* 樋口 直人** 森川 雅行***
Tomihiro WATANABE Naoto HIGUCHI Masayuki MORIKAWA

1. はじめに

世界経済のグローバル化が一層進展する中、物流コストの削減などを旨とした効率的な物流体系の構築や財政改革等を背景に効率的・効果的な社会資本整備が求められている。

近年その貨物量増大が著しい国際海上コンテナ輸送に関して言えば、船社は一層のサービス向上やコスト削減を目指し、コンテナ船の大型化、コンソーシアム（企業連合）の再編、寄港港湾の集約化など、運航の迅速化や安定化などを図っているほか、荷主はジャストインタイム輸送、低廉かつ信頼性の高い輸送を求め等、輸送へのニーズを高度化・多様化させている。

また、香港・シンガポール等のアジアの主要港湾での国際コンテナ貨物取扱量の増大や大水深コンテナターミナルの整備、我が国の地方港湾における相次ぐ国際コンテナ航路の開設やフィーダー輸送の進展、内航海運における規制緩和など、国際海上コンテナ輸送をとりまく環境は大きく変化している。

このような状況下で、より効率的・効果的に港湾の計画や整備を進めるには、コンテナ貨物流動を従来以上にグローバルに捉え、コンテナ船の寄港地やルート形成など船社の行動分析や、荷主の利用港湾・ルート等に関わる検討などを進め、船社と荷主の双方の挙動等を考慮した国際コンテナ貨物流動・航路体系の分析が不可欠であり、船社の寄港行動と荷主の港湾・ルート選択行動分析をリンクさせたより精度の高い国際コンテナ流動モデルを構築する必要がある。

これまで筆者等¹⁾は、船社の寄港行動に着目し、日本を含む東アジア地域でのコンテナ貨物の流動状況を国・地域間といったマクロな視点で捉え、アジア域内でのフィーダー輸送状況や、主要国への大型コンテナ船の寄港頻度などを予測するモデル構築を行っている。

そこで本分析では、荷主の挙動に焦点をあて、荷動き量が大きく大型コンテナ船による輸送が行われている日本と北米西岸間の貨物に関して、荷主の港湾・ルート選択モデルの構築を行うものである。

2. 荷主の港湾選択等に関わる既往研究と本分析の概要

(1) 既往の研究

これまででも、国際海上コンテナ輸送に関わる国内荷主の港湾・ルート等の選択に関しては、多くの研究が実施されてきているが、課題も多い。

渡辺ら²⁾は、輸出入コンテナ貨物の陸上輸送において、輸送料金、品目特性、倉庫業者数などを説明変数とするロジットモデルを構築しているが、対象が陸上輸送における一貫輸送と、積み替え輸送の選択に限定されている。

木村³⁾や黒田ら⁴⁾は、国内輸送費用、寄港頻度や輸送時間に起因する貨物の在庫費用（在庫金利）、港湾諸費用の合計を最小とする荷主の港湾選択モデルを品目別等に検討しているが、海上フィーダー輸送も考慮してはいるものの、現在その利用が多くなっている国内の地方港湾から海外のハブ港湾へのフィーダー輸送などがモデルに取り入れられていない。

稲村ら⁵⁾は、家田ら⁶⁾が都市間貨物輸送機関分担モデルにおいて明らかにした流動ロットサイズと商品の価格が機関選択に大きな影響を及ぼすことを国際コンテナ輸送において考慮し、海上フィーダー輸送も考慮した国内でのルート選択の検討を行っているが、分析対象としているフィーダー輸送は国内輸送に限られている。

また、アジア圏全体を考慮した国際コンテナ貨物流動モデルとしては、家田ら⁷⁾の研究があり、日本国内の陸上、海上フィーダー輸送も含めて、荷主の輸送コスト最小化や各船社グループ毎の総コスト最小化等を前提に、ネットワーク配分問題として分析しているが、コンテナ貨物の時間価値の設定など、分析にあたっての条件設定等に課題を残している。

(2) 本分析の概要

大型コンテナ船が就航している北米航路や欧州航路などの基幹航路においては、近年、アジア地域での貨物量の増大や国際ハブ港湾の整備、コンテナ船の大型化、船社の寄港地の集約化などを背景に、我が国へ寄港しない航路も形成されている。

また、我が国の地方の港湾における欧米との輸出入貨物については、東京湾や大阪湾への内航フィーダー輸送のみならず、アジア地域との航路を利用した香港や釜山港などへのフィーダー輸送も多くなっており、フィーダー先の港湾で基幹航路の大型コンテナ船に積み替えられ

キーワード：物資流動、経路選択、港湾計画

* 正会員：工修 運輸省港湾技術研究所 主任研究官
(〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 TEL/FAX 0468-44-5035)

** 正会員：工修 運輸省港湾技術研究所 計画基準研究室

*** 正会員：工修 運輸省港湾技術研究所 計画基準研究室長

る貨物も増えている。

このように基幹航路におけるコンテナ流動，特に荷主の港湾・ルート選択を考えるにあたっては，国内・海外とのフィーダー輸送も含めて考える必要がでてきているが，既存の研究ではこれら海外や国内の中核・中核国際港湾への海上フィーダー輸送も対象とした検討が十分とは言えない。

以下，3では我が国と北米西岸間のコンテナ貨物について港湾・ルート選択状況等の分析結果を，4ではコンテナ貨物流動調査データに基づく荷主の港湾・ルート選択モデルの検討結果を示す。

3. 我が国と北米西岸間のコンテナ貨物の流動分析

よって本分析では，今後の港湾整備に資するために，平成10年に運輸省が実施した「全国輸出入コンテナ貨物流動調査」⁸⁾の分析を行うとともに，この実態調査データをもとに国内荷主の港湾・ルート選択モデルの構築を検討した。

我が国の国際海上コンテナ貨物の利用港湾や流動状況等については，運輸省が数年に1度実施している1ヶ月間の貨物流動実態調査である「全国輸出入コンテナ貨物流動調査」によりその実態を把握できる。

荷主は，輸送料金や時間，利用港湾での本船の運航頻度，輸送する貨物の品目や価格，貨物ロット，輸送ルート毎の安全性や確実性など，多くの要因を考慮し利用港湾やルートを選択する。

平成5年および平成10年に実施されたその実態調査の結果⁸⁾⁹⁾をもとに，我が国と北米西岸間の貨物について，国内の生産・消費地別に，北米西岸との本船積卸港を整理した結果を表－1に示す。

したがって，荷主の港湾・ルート選択モデルの構築にあたっては，多くの説明変数を取り込み可能なロジット型のモデルも考えられるが，今回の検討では，品目毎あるいは貨物毎に異なると考えられる輸送時間に対する評価の違いを時間価値分布を考えることにより，容易にモデルに導入できる犠牲量モデル（輸送費用と輸送時間の貨幣換算分の合計である総犠牲量が最小となるルートが選択されるとするモデル）の構築を行うこととした。

輸出貨物について平成5年調査と平成10年調査を比較すると，北海道および東北地方からの貨物の本船積港については，地方港湾の比率が大幅増，北海道からの貨物については海外フィーダー比率も大幅増であり，三大湾（東京湾，伊勢湾，大阪湾）の比率が大幅減となり，苫小牧港，仙台港といった貨物の生産地に近い地方港湾での本船積み貨物や，海外フィーダー輸送貨物が増加している。

輸入については，北海道，北陸地方の貨物の本船積港に関しては，海外フィーダー比率が大幅増，東北地方の貨物については地方港湾比率が大幅増であり，三大湾の比率が大幅減となっている。なお，中国・四国，九州地方の輸入貨物については，地方港湾比率が大幅減となっているものの海外フィーダー比率が大幅増となっており，三大湾の比率に大きな変化はない。

さらに，国内の生産・消費地と三大湾の港湾間の輸送が，陸上輸送か，内航フィーダー船による海上輸送かをみると，輸出については，平成5年調査では北海

表－1 我が国と北米西岸間のコンテナ貨物の生産地・消費地域別の本船積港

	貨物の 生産・消費地域	平成10年度調査					平成5年調査					三大湾
		貨物量 (トン/月)	本船積卸港		海外 フィーダー	貨物量 (トン/月)	本船積卸港		海外 フィーダー	比率増減 (=①－②)		
			三大湾①				三大湾②					
			陸上輸送	海上輸送			陸上輸送	海上輸送				
輸 出	北海道	4,602	33.6%	2.8%	15.2%	48.4%	2,082	67.4%	29.7%	2.9%	0.0%	-60.7%
	東北	37,751	64.0%	0.1%	34.1%	1.8%	45,224	99.8%	0.1%	0.1%	0.0%	-35.9%
	関東	353,728	98.3%	0.5%	1.1%	0.1%	326,788	98.7%	0.0%	1.2%	0.1%	0.1%
	北陸	14,997	91.8%	0.0%	0.0%	8.2%	16,944	99.5%	0.0%	0.0%	0.5%	-7.8%
	中部・東海	410,320	84.0%	0.3%	15.7%	0.0%	451,978	82.0%	0.6%	17.4%	0.0%	1.7%
	近畿	176,868	99.6%	0.0%	0.1%	0.3%	185,600	99.9%	0.0%	0.0%	0.1%	-0.3%
	中・四国、九州	177,422	43.1%	29.1%	25.3%	2.5%	140,949	39.2%	39.9%	20.8%	0.0%	-7.0%
	合 計	1,175,688	83.7%	4.7%	10.8%	0.8%	1,169,565	85.3%	5.1%	9.6%	0.1%	-2.0%
輸 入	北海道	14,121	36.2%	9.5%	34.4%	19.9%	13,316	52.3%	11.6%	36.1%	0.0%	-18.2%
	東北	22,794	77.6%	1.8%	18.1%	2.5%	27,380	92.7%	7.1%	0.2%	0.0%	-20.3%
	関東	444,769	99.3%	0.0%	0.1%	0.6%	462,041	99.0%	0.0%	0.1%	0.9%	0.3%
	北陸	14,986	69.6%	0.0%	0.9%	29.5%	9,825	93.6%	0.0%	2.1%	4.3%	-24.0%
	中部・東海	205,264	91.3%	0.0%	7.9%	0.7%	192,338	91.3%	0.0%	8.4%	0.3%	0.0%
	近畿	210,307	99.5%	0.0%	0.0%	0.5%	248,293	99.2%	0.0%	0.0%	0.8%	0.4%
	中・四国、九州	130,474	41.8%	7.7%	36.7%	13.8%	149,373	38.3%	7.9%	52.4%	1.4%	3.3%
	合 計	1,042,715	88.8%	1.1%	7.0%	3.0%	1,102,566	88.7%	1.4%	9.1%	0.8%	-0.1%

注1) 表中の地方港湾とは、苫小牧港、仙台港、博多港など三大湾以外の国内港湾
注2) 沖縄は中・四国・九州に含む (参考文献 8) 9) により作成
注3) 表中の海外フィーダーとは釜山・基隆・高雄・香港・シンガポールを経由する貨物
注4) フェリーによる輸送が一部ある場合は陸上輸送扱い

道と中国・四国，九州地方に関しては海上輸送が30～40％程度となっている．平成10年調査では，中国・四国，九州地方の貨物は約30％が海上輸送であるが，北海道については海上輸送は約3％と大幅減となっている．これについては，北海道の貨物の約50％が，釜山港などへ海外フィーダー輸送されるようになったためと考えられる．

輸入に関しては，平成5年調査，平成10年調査とも，北海道，中国・四国，九州の貨物の約10％が内航フィーダー船による海上輸送となっている．

また，平成10年調査におけるコンテナ貨物の品目構成を表－2に示す．北米への輸出の72％が金属機械工業品，15％が雑工業品，9％が化学工業品となっており，この主要3品目で全体の96％を占める．また輸入については，特殊品が24％，農水産品が20％，軽工業品が17％，化学工業品と雑工業品がそれぞれ12％などとなっており，輸出と輸入で品目構成が大きく異なる．

表-2 我が国と北米西岸間の品目別コンテナ貨物(平成10年調査)

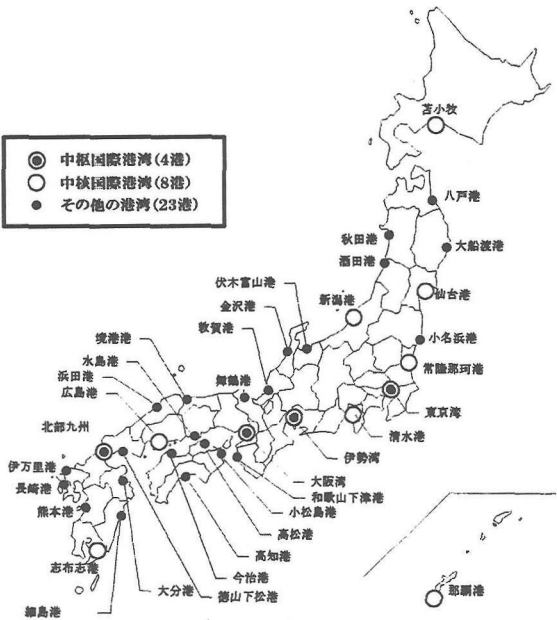
品 目	輸 出		輸 入	
	貨物量 (ト/月)	構 成 比	貨物量 (ト/月)	構 成 比
農水産品	3,752	0.3%	205,006	19.7%
林産品	0	0.0%	69,207	6.6%
鉱産品	469	0.0%	17,107	1.6%
金属機械工業品	846,029	72.0%	81,385	7.8%
化学工業品	109,066	9.3%	121,638	11.7%
軽工業品	28,960	2.5%	179,875	17.3%
雑工業品	176,328	15.0%	120,082	11.5%
特殊品	11,084	0.9%	248,415	23.8%
合 計	1,175,688	100.0%	1,042,715	100.0%

4. 荷主の港湾・ルート選択モデルの検討

(1)モデル概要

我が国と北米西岸間のコンテナ貨物を対象に，生産地・消費地別の貨物が，国内のどの港湾・ルートを経由して北米まで運ばれるかを，国内での海上フィーダー輸送，釜山港などとの国際海上フィーダー輸送なども含めて検討し，より精度の高い荷主の港湾・ルート選択モデルの構築を行う．

国内の荷主（生産地・消費地）については47都道府県別とし，また国内の港湾としては，高規格で大規模水深の国際コンテナターミナル群を有する中枢国際港湾4地域（東京湾・伊勢湾・大阪湾・北部九州），中枢国際港湾を補完し地域のコンテナ輸送にも対応した国際コンテナターミナルを有する中核国際港湾（8港湾）のほか，中枢・中核国際港湾や海外への海上フィーダー輸送を検討するために，中枢・中核国際港湾のない都道府県には，港湾を1港設定した（図－1参照）．なお，海外への海上フィーダー輸送を考えるにあたっては，東アジア地域の主要な国際ハブ港湾である釜山港（韓国）・高雄港（台湾），香港，シンガポール港の4港を海外フィーダー輸送の分析対象として設定した．

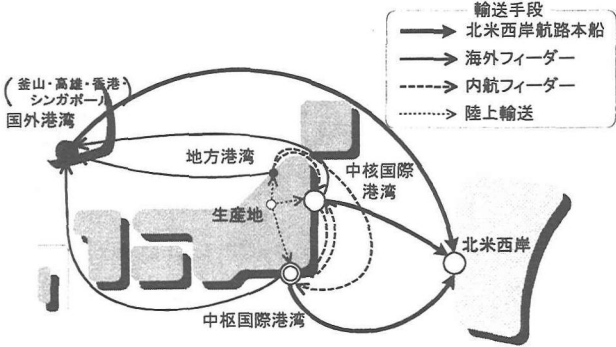


図－1 荷主の港湾・ルート選択モデルの国内の港湾位置図

荷主が，例えば生産地から北米への輸出にあたり海上コンテナ輸送を利用する場合には，多くのルートが存在する．まず，生産地から中枢国際港湾，中核国際港湾，地方港湾のうちのいずれの港湾に輸送するかという選択があり，さらに当該港湾から北米までをどのようなルートで運ぶかという選択がある．

輸送パターンに関して言えば，①中枢・中核国際港湾に陸上輸送された貨物のうち，その港湾で本船積み（以下「ダイレクト輸送」と呼ぶ），②地方港湾，中枢・中核国際港湾に陸上輸送された貨物のうち，さらに当該港湾から内航フィーダー船で国内の中枢・中核国際港湾に海上輸送され本船積み（以下「内航フィーダー輸送」と呼ぶ），③地方港湾，中枢・中核国際港湾に陸上輸送された貨物のうち，さらにその港湾から釜山港などの国外港湾にフィーダー輸送し本船積み（以下「海外フィーダー輸送」と呼ぶ）という大きく3つの輸送パターンに分かれる（図－2参照）．

荷主の港湾・ルート選択の検討にあたっては，これらすべての輸送パターンのルート（全560ルート）に関して，各ルートの所要時間T，費用Cと，時間価値α



図－2 荷主の港湾・ルート選択候補のイメージ図（輸出）

を用いて総犠牲量 $S (=C+\alpha T)$ を算出し、最小の犠牲量のルートが選択されるという犠牲量モデルを適用することとした。

図-3に3つの選択ルートがある場合の各ルートの犠牲量、時間価値分布、各ルートの選択確率を示した犠牲量モデルの概念図を示す。図中の $\alpha 12$ がルート1の総犠牲量 $S 1$ とルート2の総犠牲量 $S 2$ が等しくなる時間価値の境界値、 $P 1$ がルート1の選択確率を表している。

なお今回の分析では、総犠牲量 S の算出に関しては、費用には、陸上輸送、荷役、北米への海上輸送等のすべてを、所要時間には、陸上・海上輸送時間、各港湾での北米航路の運航頻度をもとにした平均待ち時間、荷役時間等を計上した。具体の計算にあたっては、海上輸送の運航コストについては運輸省で検討した輸送コストモデル¹⁾、港湾料金は運輸省の試算値の料金¹⁾、陸上輸送費用については認可料金¹⁾などを計算に用いた。

さらに、時間価値 α の分布については、平成10年のコンテナ貨物流動調査の実態をもとに推計した。

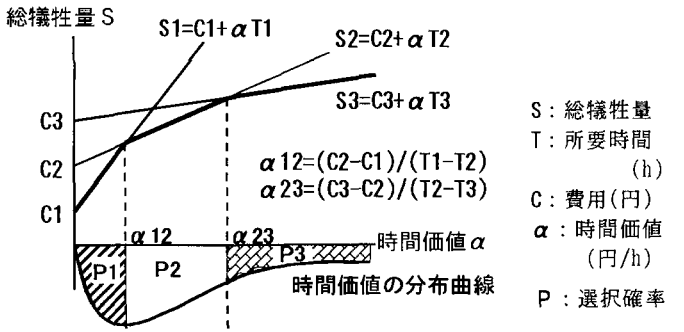


図-3 犠牲量モデルの概念図

図-4には、今回検討した荷主の港湾・ルート選択モデルの全体フローを示す。図の港湾・ルート選択ブロック部分では、生産地・消費地別、ルート別の総所要時間と費用、ならびに時間価値分布推計結果をもとに、港湾別・ルート別の総犠牲量が計算され、それをもとに各ルートの選択確率、港湾別の本船積卸貨物量や海外フィーダー貨物量が推計される。

次に船社の行動に関わる各港湾での本船の寄港数に関して、港湾・ルート選択ブロックで求められる港湾別の本船積卸貨物量 $X p$ が寄港便数 $F p$ に対して妥当か否かを判断する本船寄港便数チェックブロックを設けた。このブロックでは、船社の寄港行動を、各港湾における1寄港あたりの本船積卸量に基づき、判断する。

具体的には、中枢・中核国際港湾 P 港における本船積卸貨物量 $X p$ と本船寄港便数 $F p$ により計算される1寄港あたりの積卸量 $U p$ が、実績値などに基づき設

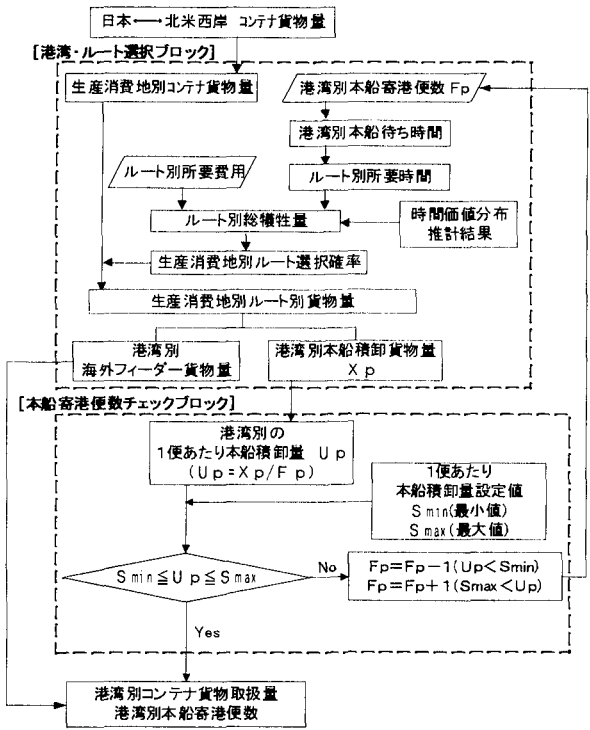


図-4 荷主の港湾・ルート選択モデルの全体フロー

定する本船積卸量設定値（最小値 $S min$ 、最大値 $S max$ ）を満足するかどうかをチェックし、条件を満たさない場合には本船寄港便数 $F p$ を修正し、港湾・ルート選択ブロックへフィードバックする。

これにより、港湾・ルート選択ブロックにおける港湾別本船待ち時間、ルート別総犠牲量が先ほどの計算時とは変わり、新たに港湾別の本船積卸貨物量 $X p$ を求める。この $X p$ と修正した本船寄港便数 $F p$ をもとに、すべての中枢・中核国際港湾において、再度積卸量チェックを行い、条件を満足するまで計算を繰り返すという手順をとる。

以上のように、今回のモデルは、荷主の犠牲量最小化を目指した港湾・ルート選択、港湾別貨物量予測だけではなく、積卸量による本船寄港便数チェックのプロセスを組み込むことにより、船社の行動分析を取り込み、本船寄港便数についても予測が可能なモデルとなっている。

(2)時間価値分布の推計

犠牲量モデルで用いる貨物の時間価値分布については、平成10年実施のコンテナ貨物流動調査⁹⁾の結果から、生産地・消費地別、利用港湾・ルート別などの貨物量実績がわかることから、その実績とそれぞれのルート利用に要する費用や時間をもとに、時間価値分布を求めることとした。

時間価値の分布形としては、比較的容易に計算ができ、正規分布などに比べ精度の高い推計が期待されることから対数正規分布を採用した。手順を以下に示す。

対数正規分布の確率密度関数 $f(x)$ は、平均を μ 、標準偏差を σ とすれば式(1)のようになる。

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

ここで、確率 x までの累積密度関数を P とすると、

$$P(X \leq x) = \int_{-\infty}^x f(x) dx \quad \dots \text{式(2)}$$

さらに $s = \frac{\ln x - \mu}{\sigma}$ とおけば

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

$$= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\frac{\ln x - \mu}{\sigma}} e^{-\frac{1}{2}s^2} ds = \Phi\left(\frac{\ln x - \mu}{\sigma}\right) \quad \dots \text{式(3)}$$

(但し、 Φ は標準正規累積分布関数)

式(3)から、下記の式(4)が導かれ、時間価値 x の対数 $\ln x$ と、その時間価値 x 以下の累積選択確率 $P(X \leq x)$ の実績値がわかれば、その逆関数値が、 $\ln x$ と線形関係となり最小 2 乗法によりパラメーター (平均 μ と標準偏差 σ) を求めることができる。

$$\Phi^{-1}(P(X \leq x)) = \frac{\ln x - \mu}{\sigma} \quad \dots\dots\dots \text{式(4)}$$

(但し Φ^{-1} は標準正規累積分布関数の逆関数)

具体的には、式(4)の関係をもとに、各都道府県の貨物が複数の港湾・ルートを選択している場合の選択確率の実績値 (図-3 の P1 等) と、複数の選択肢の時間価値の境界値 (図-3 の α_{12} 等) の実績値を用いて、最小 2 乗法を適用しパラメーターを求める。

時間価値分布の推計にあたっては、輸出貨物と輸入貨物では品目構成も異なり時間価値分布も異なると想定されることから、輸出入別に時間価値分布の推計を行うこととした。

北米西岸との輸出入貨物別 (全品目) の時間価値分布の推計結果を図-5 および図-6 に示す。またその推計結果に基づく時間価値分布を、輸出入別に図-7 および図-8 に示す。

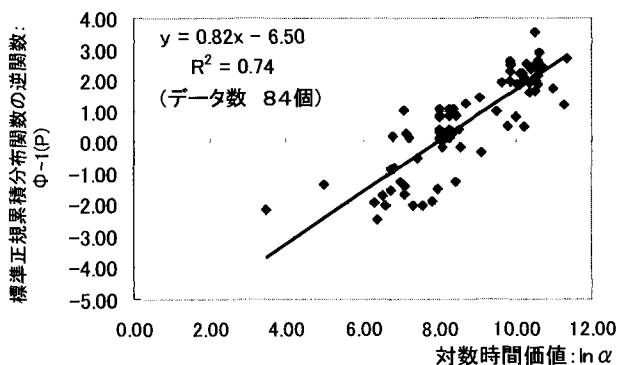


図-5 最小 2 乗法による回帰計算結果 (輸出)
(対数正規分布のパラメーター推計)

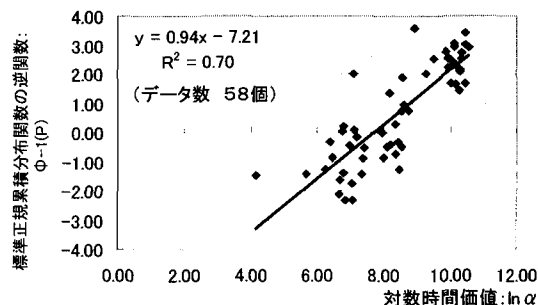


図-6 最小 2 乗法による回帰計算結果 (輸入)
(対数正規分布のパラメーター推計)

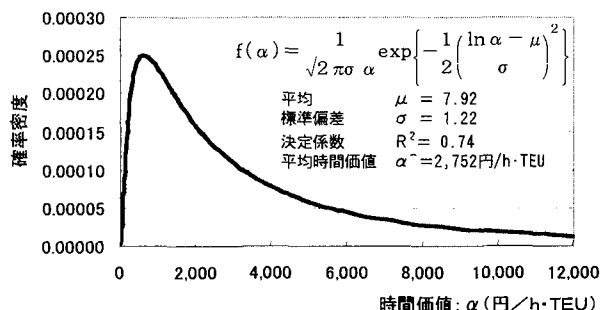


図-7 コンテナ貨物の時間価値分布推計結果 (輸出)

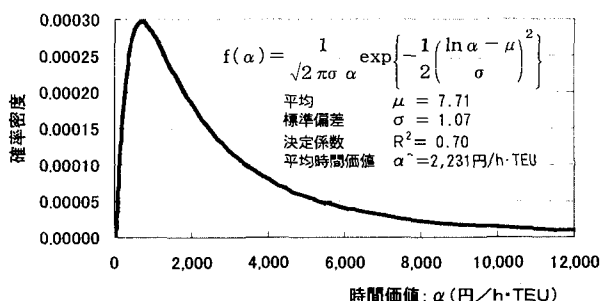


図-8 コンテナ貨物の時間価値分布推計結果 (輸入)

決定係数から判断して輸出、輸入とも時間価値分布の推計では、比較的良好な回帰分析結果が得られた。また、輸出と輸入を比較すると、輸出の平均時間価値が 2,752 円/TEU・h、輸入が 2,231 円/TEU・h であり、輸入に比べ輸出の時間価値が高くなっている。

これについては、輸出と輸入で貨物の品目構成が大きく異なることが一因と考えられることから、品目別の時間価値がどの程度異なるかを考察することとした。

ただし、時間価値分布の推計を行うためには、各都道府県の貨物が複数の港湾・ルートを選択している場合の選択確率の実績値 (図-3 の P1 など) や、犠牲量が等しくなる時間価値の境界値の実績値 (図-3 の α_{12} など) が必要となる。しかしながら、品目により各都道府県の発生・集中貨物量や選択している港湾・ルート実績は異なるため、分析に用いることができるこれらの境界値や選択確率の実績データ数も違ってくる。

輸出貨物における品目別の時間価値分布の推計結果を表-3に示すが、上記の理由により、例えば、農水産品、林産品、鉱産品については、貨物量自体が非常に少なく、境界値等の実績を得られたデータが限られパラメーター推計を行うまでに至らなかった。

分析が可能であった品目については、輸出貨物の72%を占める金属機械工業品、9%を占める化学工業品は、決定係数もある程度高いが、貨物量で15%を占める雑工業品やその他の軽工業品・特殊品などの決定係数は低い。決定係数が低い要因としては、例えば雑工業品などでは、そのなかに衣類、精密機器類、プラスチック製品など多くの品目が含まれることがあげられる。

以上のように、決定係数の高い金属機械工業品と化学工業品では、平均時間価値がそれぞれ2,441円/TEU・h、3,984円/TEU・hと異なることが明らかとなったが、他の品目については時間価値の違いなどを詳細に比較することができず、品目を更に細分化して予測するなど、今後への課題を残した。したがって、荷主の港湾・ルート選択ブロックの計算を行うにあたっては、図-7、図-8に示した輸出、輸入別の時間価値分布の推計結果を用いることとした。

表-3 品目別の時間価値分布の推計結果（輸出）
（対数分布のパラメーター推計結果）

	平均 μ (対数)	標準偏差 σ	決定係数 R^2	データ数	【参考】 貨物量 (千トン/月)
農水産品	-	-	-	4	4
林産品	-	-	-	0	-
鉱産品	-	-	-	4	0
金属機械工業品	7.80	1.46	0.62	69	846
化学工業品	8.29	1.11	0.80	54	109
軽工業品	7.98	1.94	0.29	30	29
雑工業品	6.20	2.52	0.29	39	176
特殊品	7.17	2.17	0.23	19	11

(3)現況再現性の検討

①現況再現性の概要

上記(2)で得られた輸出入別（全品目）の時間価値の分布をもとに、生産地・消費地別に利用候補となる各ルートの総犠牲量を算出し、総犠牲量が最小となるルートを利用ルートとし、各港湾の北米との本船積卸貨物量を算出した。そして、本船寄港便数チェックブロックにおける寄港便数チェックなども行い、繰り返し計算を行った結果を表-4に、また、中枢・中核国際港湾における本船積卸貨物量と釜山港などへの海外フィーダー貨物量に関わる実績値と推計値との比較を図-9、図-10に示す。

中枢・中核国際港湾における本船積卸量については、中核国際港湾の清水港の貨物量の推計値が輸出入ともやや小さいが、実績値と推計値との相関係数は輸出入とも0.99と高く良好な現況再現性が確認できた。

また、大阪湾への内航フィーダー船による輸送や、地方港湾などから釜山港など国外港湾への海外フィーダー輸送についても、輸入における東京湾や大阪湾からの内航フィーダー船による輸送や、輸出における釜山港への海外フィーダー輸送貨物がやや大きくなっているものの、おおむね良好な現況再現ができています。

なお、清水港の本船積卸量の実績と推計の乖離に関していえば、例えば静岡県を消費地とする輸入貨物については、実績では清水港の本船利用が5割弱、東京湾利用も同程度の5割弱あるにもかかわらず、推計では東京湾利用がほとんどとなった。

これは、清水港では24時間荷役が可能であるとともに、東京湾と伊勢湾の間に位置し本船が寄港しやすい地理的条件ではあるものの、今回構築した犠牲量モデルでは、ターミナルの運営時間の違いによる所要時間の違いや、航路のラウンド（寄港順序）などまではモデルに取り入れてないことが一因と考えられる。

中枢・中核国際港湾の本船寄港便数の現況再現性についても、清水港や仙台港の輸入など、一部の港湾では実績便数と推計便数の乖離があるが、おおむね良好な現況再現が確認できた。

清水港の輸入においては、3便ある寄港便数実績が推計では0便となっているが、これは上記のとおり本船積卸貨物量が実績よりも小さく推計されたことに起因する。

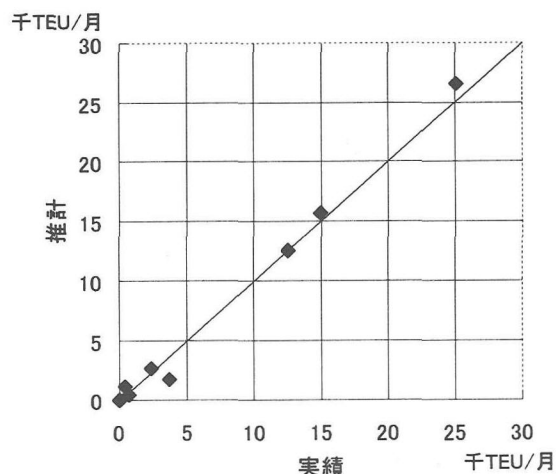
船社は、寄港しても積卸しできる貨物が少なければ、その港湾への寄港数を減らすとか、寄港しないなどの行動をとることから、本船積卸貨物量が少ない港湾への本船寄港の可能性、本船寄港便数は少なくなる。

さらに本船寄港便数が少ない地方の港湾などでは、荷主にとっては本船待ち時間が長くなり総犠牲量も大きくなるため、他の中枢国際港湾などを利用する場合の総犠牲量との兼ね合いもあるが、選択される可能性がいつそう低くなり、本船積卸貨物量が減少することとなる。

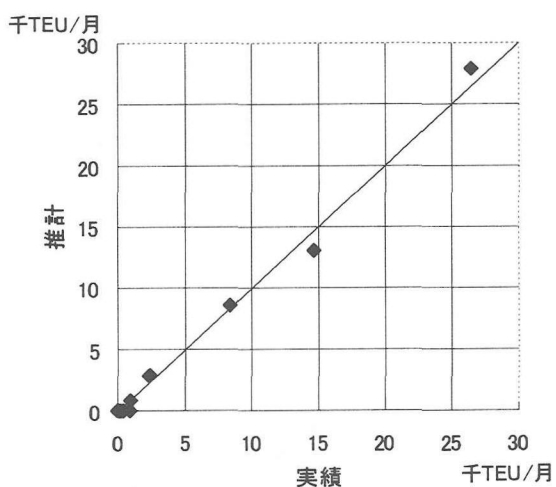
表-4 荷主の港湾・ルート選択モデルの検討結果

		輸出				輸入			
		実績		推計		実績		推計	
		貨物量 TEU/月	便数 便/週	貨物量 TEU/月	便数 便/週	貨物量 TEU/月	便数 便/週	貨物量 TEU/月	便数 便/週
本船積卸貨物量	東京湾	25,183 (72)	17	26,695 (116)	17	26,587 (135)	25	28,773 (832)	25
	伊勢湾	15,079 (88)	10	15,691	10	8,400	9	8,589	9
	大阪湾	15,310 (2,768)	16	14,460 (1,940)	16	15,185 (503)	20	14,515 (1,456)	20
	北部九州	2,355 (16)	2	2,640	2	2,380 (28)	3	2,889	3
	釜山	38	1	0	0	259	1	0	0
	仙台北	681	1	430	1	217	1	0	0
	常陸那珂	0	0	0	0	0	0	0	0
	新潟	0	0	0	0	0	0	0	0
	清水	3,667	2	1,766	2	884	3	0	0
	広島	0	0	0	0	0	0	0	0
海外フィーダー貨物量	志布志	0	0	0	0	0	0	0	0
	那覇	3	1	0	0	85	1	0	0
	釜山	419		1,143		996		875	
	高雄	14		2		449		2	
	香港	76		0		125		0	
シンガポール		2		0		96		0	
合計		62,827	50	62,827	48	55,643	63	55,643	57

注) ()内は内航フィーダー貨物で内数



図－9 中枢・中核国際港湾の本船卸貨物量と海外フィーダー貨物の現況再現性（輸出）



図－10 中枢・中核国際港湾の本船卸貨物量と海外フィーダー貨物の現況再現性（輸入）

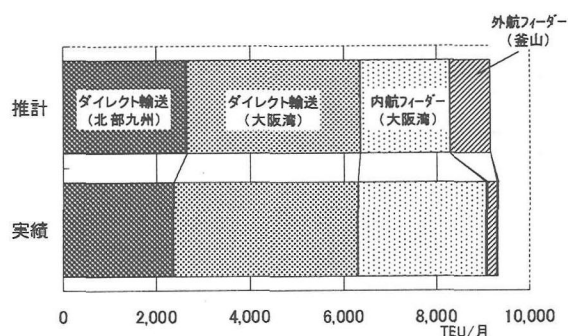
②地域別の港湾・ルート選択の現況再現性

以下では、今回のモデルで新たに分析に組み込んだ内航フィーダー船による輸送量や、海外フィーダー貨物の現況再現性に関して述べる。

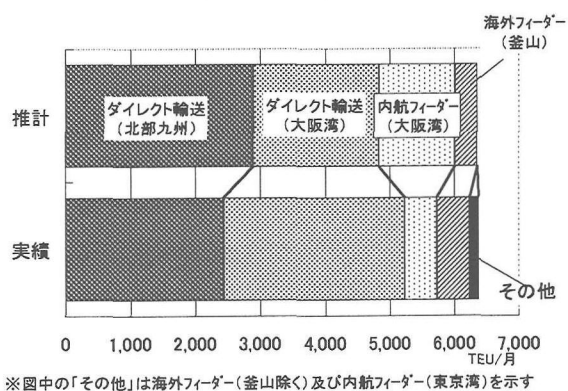
荷主の港湾・ルート選択の現況再現性については、大阪湾への内航フィーダー輸送量が多い中国・四国・九州地方（沖縄県除く）に関する港湾・ルート選択の現況再現の結果を図－11、図－12に示す。

中国・四国・九州地方から北米への輸出貨物については、大阪湾・北部九州まで陸上輸送し本船積みするダイレクト輸送が全体の約7割、残りの3割弱が内航フィーダー輸送で大阪湾に運ばれ大阪湾で本船積み、残りの数％が韓国への海外フィーダー輸送という実績となっている。推計では、大阪湾への内航フィーダー輸送がやや小さく、韓国への海外フィーダー輸送がやや大きくなっているものの、おおむね良好に現況が再現できている。

同様に、輸入についても、大阪湾・北部九州のダイレクト輸送が約8割、1割が大阪湾からの内航フィーダー輸送、残り1割が釜山港からの海外フィーダー輸



図－11 中国・四国・九州地方の港湾・ルートの選択状況の現況再現（輸出）



※図中の「その他」は海外フィーダー（釜山除く）及び内航フィーダー（東京湾）を示す

図－12 中国・四国・九州地方の港湾・ルートの選択状況の現況再現（輸入）

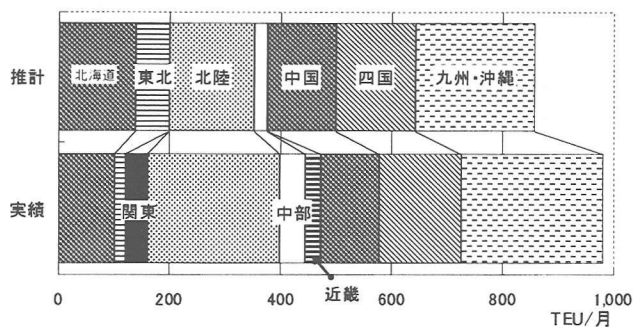
送という実績となっているが、推計では、大阪湾へのダイレクト輸送がやや小さく、大阪湾への内航フィーダー輸送がやや大きくなっているものの、良好な再現となった。

次に、海外フィーダー貨物量の再現性に関して述べる。北米と我が国とのコンテナ輸送において、海外フィーダー輸送量の実績（H10年10月）は、輸出で511TEU/月、輸入で1,666TEU/月となっている。海外フィーダー輸送量の多い輸入についていえば、1,666TEUは全輸入コンテナ量55,645TEU/月の3％にあたる。1,666TEUの約6割にあたる996TEUが釜山港からのフィーダー輸送である。

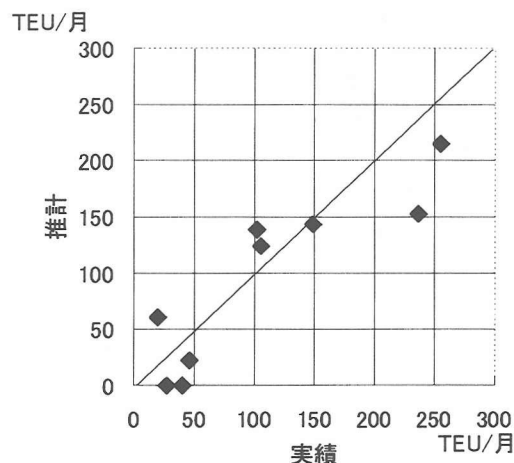
釜山港からの海外フィーダー貨物（輸入）に関わる我が国の地域別の現況再現性を図－13、図－14に示す。

実績では、韓国と九州・沖縄、四国、北陸地方の港との海外フィーダー輸送が多い。推計では、韓国から北陸地方へのフィーダー輸送貨物がやや小さくなっているものの、実績値と推計値の相関係数も0.88と、おおむね良好な現況再現ができた。

以上のように、荷主の港湾選択の実績は、ダイレクト輸送、内航フィーダー輸送、海外フィーダー輸送など様々であり、港湾・ルート選択の状況は、荷主が輸送に求める時間やコスト、確実性、輸送する品目等によって変わる。



図－１３ 釜山港からのフィード-貨物の消費地域別の現況再現(輸入)



図－１４ 釜山港からのフィード-貨物の消費地域別の実績値と推計値の相関(輸入)

同じ統計上の品目でも、商品価値はいろいろであり、荷主にとっては輸送へのニーズもそれぞれ異なることから、品目別の時間価値分布を推計や品目別の港湾・ルート選択の検討が望まれる。しかし、今回は品目別の時間価値分布推計の精度などが悪かったことから、輸出入別の時間価値分布を使用することにより、この様々なルート選択の状況を再現することを試みた。

構築したモデルでは、様々な要因に関わる荷主の港湾・ルート選択モデルを、内航フィーダー輸送や海外フィーダー輸送も含め、輸出入別の時間価値分布を推計することにより、概ね良好に現況再現できた。しかしながら、清水港での本船積卸貨物量や便数、輸出における釜山港への海外フィーダー輸送量、輸入における東京湾・大阪湾の内航フィーダー輸送量など個別の港湾・ルート別の現況再現性などに一部課題を残した。

５．まとめ

既報の分析¹⁾では、船社の寄港行動に着目し、アジアと北米間のコンテナ貨物流動を、港湾料金、港湾施設の整備状況、輸送コスト、運航頻度等でマクロに捉え、フィーダー輸送も含めた状況を説明するモデルを構築した。

今回の分析では、新たに荷主の港湾選択行動について検討を行い、コンテナ貨物の時間価値分布推計を行うなどして、内航や海外フィーダー輸送等も含め、国内荷主の港湾・ルート選択予測が可能となった。今回のモデルが、我が国の将来の国際コンテナターミナルの配置計画の検討や個別港湾の需要予測などに有効に活用できると考えている。

今後は、時間価値分布の推計、時間や料金などの設定条件の再検証などを含め、更なるモデルの精度向上に努めたい。

また、今回の検討では現況再現性の検討にとどまっているが、国際コンテナターミナルの配置計画などを考える際の将来推計などにあたっては、計算される各港湾における本船寄港便数や貨物量に関して、計算値の一意性や収束性、モデルの安定性などの十分な検討も必要である。

さらに、既報の分析で実施したアジア地域でのフィーダー輸送分析などと本モデルをリンクさせ、海外から我が国へのトランシップ貨物輸送なども含めた船社の寄港行動と荷主の港湾・ルート選択行動の双方を組み込んだモデルの開発など、モデルの更なる改良を進め、今後の港湾整備に反映させたい。

参考文献

- 1) 渡部富博他：船社の寄港挙動モデルによる国際コンテナ航路体系の分析～東アジア-北米西岸航路について～，土木計画学研究・論文集 No.16, pp.743-752,1999.9.
- 2) 渡辺豊他：輸出入コンテナ貨物の陸上輸送における一貫輸送と積み替え輸送の選択に関する研究，土木計画学研究・講演集No.12, pp.473-480,1989.12.
- 3) 木村東一：外貿港湾選択評価手法とその応用に関する研究，京都大学学位論文,1985.
- 4) 黒田勝彦他：フィーダーサービスによるコンテナ貨物流動分析，土木計画学研究・論文集No.14，pp.551-558,1997.9.
- 5) 稲村肇他：海上フィーダー輸送を考慮した外貿コンテナ貨物の需要予測モデル，土木学会論文集No.562/IV-35,pp.133-140,1997.4.
- 6) 家田仁他：商品価格と流動ロットに着目した都市間貨物輸送機関分担モデル，土木学会論文集No.548/IV-33,pp.1-10,1996.10.
- 7) 家田仁他：日本の国内輸送も組み込んだアジア圏国際コンテナ貨物流動モデル土木計画学研究・論文集No.16,pp.731-741,1999.9.
- 8) 全国輸出入コンテナ貨物流動調査報告書，1999.3，運輸省
- 9) 全国輸出入コンテナ貨物流動調査報告書，1994.3，運輸省
- 10) 森浩他：外貿コンテナ輸送コストモデルの開発，土木計画学研究講演集No.17 pp.1075-1078,1995.1.
- 11) (財)日本海事広報協会：平成9年日本海運の現況
- 12) (株)日本交通社：貨物運賃と各種料金表

国際コンテナ輸送における荷主の港湾・ルート選択モデル

～ 日本－北米西岸貨物について ～

渡 部 富 博・樋 口 直 人・森 川 雅 行

本分析は、今後の我が国の国際コンテナ港湾整備の検討に資するために、平成10年に運輸省が実施した全国輸出入コンテナ貨物流動調査のデータをもとに、我が国の荷主の港湾・ルート選択モデルの検討を行ったものである。

分析では、日本と北米西岸間のコンテナ貨物について、輸出入別に時間価値分布を推計し、荷主の港湾・ルート選択を国内・海外のフィーダー輸送を含めて検討できる犠牲量モデルを検討した。

これらの検討により、我が国の中枢・中核国際港湾における北米西岸航路の本船寄港便数や本船積卸貨物量、大阪湾・東京湾との内航フィーダー輸送の状況、釜山港との海外フィーダー輸送の状況などを説明するモデルが構築できた。

A Route Choice Model for Domestic Shippers in Container Cargo Distribution between Japan and West Coast of North America

Tomihiko WATANABE Naoto HIGUCHI Masayuki MORIKAWA

In order to develop container terminals more efficiently, it is necessary to make a route choice model for domestic shippers.

We estimated a distribution of time value for cargoes by using import/export container cargo data obtained in 1998 by Ministry of Transport and made a minimum sacrifice model which expressed the shipper's route choice, considering container cargo flow including domestic and international feeder transportation.

By applying this model, we could analyze international container cargo flow between Japan and West Coast of North America, and estimate number of callings at Gate-Way ports and Subsidiary Gate-Way ports in Japan.
