

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

A Study on the Choice of Transportation Types
of Inland Container Cargo Flows

渡辺 豊*・苦瀬 博仁**・新谷 洋二***

By Yutaka WATANABE, Hirohito KUSE and Yoji NIITANI

In general there are two transportation types on inland container cargo flows; One is a transportation with container unit load which can transport cargos between shipper and port without transshipping, the other is one with making use of trucks and transshipments.

This paper shows the reason for the choice of these transportation types. We attempted to apply a logit model to the question. As a result of this analysis it was found that there were differences between export cargo flows and import cargo flows.

1. はじめに

近年、コンテナ輸送の普及によって、外貿定期船により輸送される輸出入貨物のほとんどがコンテナ化されるに至っている。コンテナ輸送は、荷役の減少や安全性の確保のため、生産地から消費地まで海陸一貫輸送を行なうところに特徴がある。

日本におけるコンテナの陸上輸送は、その多くがトラックによる道路輸送である。このため、コンテナの陸上輸送が、都市交通に与える影響は少なくないと考えられる。また、主要な港湾は大都市の近傍にあり、輸出入コンテナ貨物量の推移は、これらの都市と密接な関連があると考えられる。

したがって、輸出入コンテナ貨物の陸上輸送に対して、交通計画的アプローチを通して分析を行なうことは興味深い。

しかしながら、輸出入コンテナ貨物の陸上輸送に関する研究はあまり多くない¹⁾。そこで、本研究は、輸出入コンテナ貨物の陸上輸送を理解するために、貨物がコンテナによって直接輸送されるタイプと、一般のトラックに積載されて輸送されるタイプが存在することに着目し、このような相違が生じる原因を明らかにする目的で開始した²⁾。

本論文は、この2つの輸送タイプがどのように選

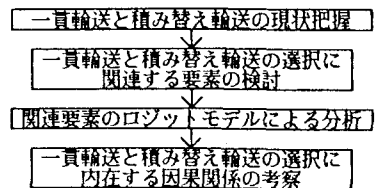


図1 研究の手順

* 正会員 東京商船大学商船学部運送工学科
(〒135 東京都江東区越中島2-1-8)

** 正会員 工博 東京商船大学商船学部船舶運航研究施設
(〒135 東京都江東区越中島2-1-8)

*** 正会員 工博 東京大学工学部都市工学科
(〒113 東京都文京区本郷7-3-1)

扱われているかについて現状を調べ、その基本的な因果関係を都道府県単位（以後県単位と記す）のマクロ的な分析により考察するものである(図1)。

なお、分析にあたっては、昭和61年に運輸省によって実施された輸出入コンテナ貨物流動調査³⁾のデータを用いた。

2. 輸出入コンテナ貨物の一貫輸送と積み替え輸送

2. 1. 一貫輸送と積み替え輸送の分類

一般に、都道府県別（以後県別と記す）輸出入コンテナ貨物の陸上輸送のタイプは、①貨物の生産地（県単位）でコンテナに詰められる貨物および貨物の消費地（県単位）でコンテナから取り出される貨物と、②生産地・消費地以外の他県においてコンテナに詰められたりコンテナから取り出される貨物に大別できる²⁾。①は、コンテナ埠頭と生産地・消費地の間をコンテナによって一貫輸送されるタイプであり、②は、一般トラック輸送等を用いることにより途中で積み替え作業を伴うタイプ（積み替え輸送）である(図2)。

2. 2. 輸出入貨物のコンテナ詰め・取出場所

貨物のコンテナ詰め・取出場所は、一貫輸送の場合には生産地ないしは消費地であり、積み替え輸送の場合には積み替え場所である(図2)。

関東の各県で生産・消費された貨物のコンテナ詰め・取出場所は、生産・消費の各都県自身に次いで、港湾の存在する東京、神奈川の比率が高い(図3)。輸出入貨物のコンテナ詰め・取出場所の多くは倉庫やCFS(Container Freight Station)であり^{1) 3)}、これらの施設は一般的に港湾近辺に集中している。

したがって、積み替え輸送される貨物の多くは、比較的港湾から近い積み替え場所で、コンテナ詰め・取出が行なわれていると考えられる。

2. 3. 輸出入コンテナ貨物の積み替え輸送率

(1) 積み替え輸送率の定義

県別の一貫輸送と積み替え輸送の特徴を示すために、2. 1. の分類に基づいて、①の貨物量を一貫輸送量、②の貨物量を積み替え輸送量とし、次に示す積み替え輸送率を考える。ある県において、

$$\text{積み替え輸送率} = \frac{\text{積み替え輸送量}}{\text{貨物の総量}} \quad \cdots(1)$$

(貨物の総量＝一貫輸送量＋積み替え輸送量)

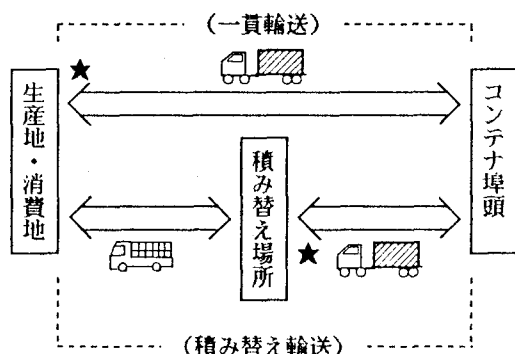


図2 一貫輸送と積み替え輸送
★印はコンテナ詰め・取出場所

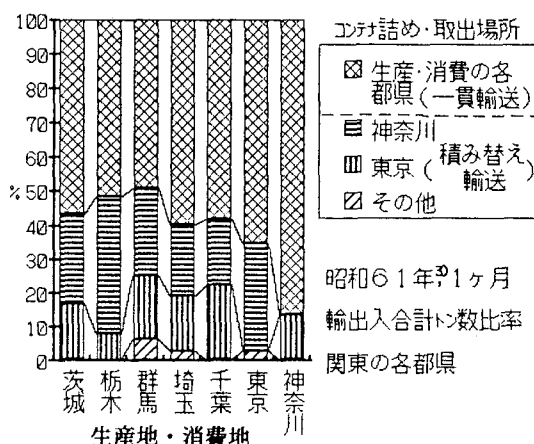


図3 輸出入コンテナ貨物のコンテナ詰め・取出場所

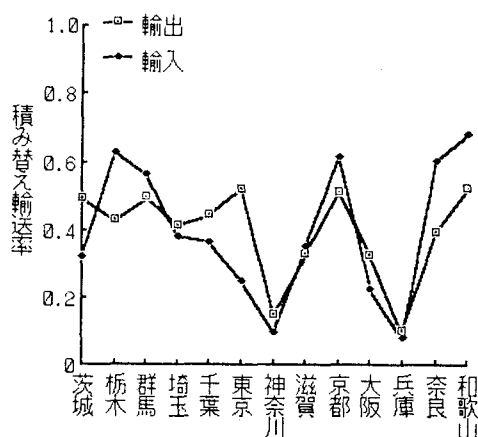


図4 積み替え輸送率の現状
関東・近畿の各県
昭和61年³⁾、1ヶ月、1日数比率

これより、積み替え輸送率が大きい県では貨物の積み替え輸送を選択することが多く、積み替え輸送率が小さい県では一貫輸送を選択することが多いことになる。

(2) 積み替え輸送率の現状

関東及び近畿の各県の積み替え輸送率では、各県の間にかんがりの相違が見られ、輸出と輸入によっても異なっている。また、神奈川と兵庫は積み替え輸送率が小さく傾向も類似しているが、これは、両県にそれぞれ横浜港と神戸港が存在しているため、一貫輸送によるサービスが有利になっていると考えられる。しかし、同様に港湾が存在する東京と大阪では、神奈川と兵庫のような顕著な傾向は表われていない(図4)。

積み替え輸送率は、各県と港湾の距離によっても異なっており、港湾から近い県では小さく遠い県では大きくなる傾向がある。これより、一貫輸送と積み替え輸送のサービス水準は、輸送距離によって異なると考えられる。しかし、その分布のばらつきは大きいので、輸送距離以外の要素も積み替え輸送率に関与していると考えられる(図5)。

以上のように各県の積み替え輸送率には、港湾の存在や輸送距離に関連性を見出すことができる。しかし、この2つで積み替え輸送率を説明することは難しく、各県固有の要素も考慮する必要がある。

3. 一貫輸送と積み替え輸送の選択に関連する要素

輸出入コンテナ貨物における一貫輸送と積み替え輸送の選択に関連する要素としては、積み替え輸送率の現状から、両者の輸送サービスの特性と県や港湾の地域属性を考えることができる。

3. 1. 輸送サービスの特性

貨物輸送におけるサービス水準として最も基本的には、①輸送料金と②輸送時間が考えられる。

(1) 輸送料金の相違

各県と港湾の間で輸出入コンテナ貨物を陸上輸送する場合、一貫輸送の料金には原則として国際大型コンテナ陸上輸送運賃⁵⁾(運輸省認可、全国一律)が適用される。これに対して積み替え輸送では、①各県と積み替え場所の間の一般トラック等による輸送運賃、②積み替え場所における荷役料金、③積み替え場所とコンテナ埠頭の間のコンテナによる輸送

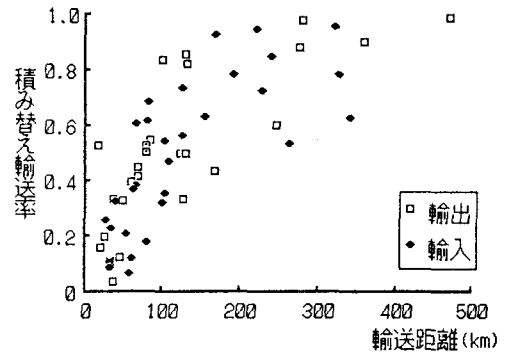


図5 積み替え輸送率と輸送距離の関係
昭和61年³⁾、1ヶ月、県別、トン数比率
輸送距離は実走行距離⁴⁾の平均値

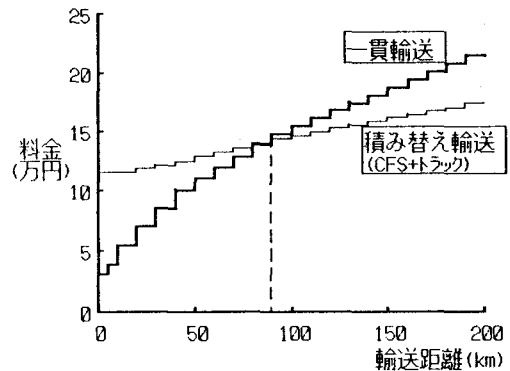


図6 一貫輸送と積み替え輸送の輸送料金⁵⁾
24トンの貨物(40ftコンテナで満載
率90%)で試算

表1 コンテナ貨物の流動日数(全国平均)
昭和61年³⁾、1ヶ月、トン数単位

	(積み替え輸送)	(一貫輸送)
輸出	コンテナ詰め前通関 7.9日	コンテナ詰め後通関 5.6日
輸入	コンテナ取出後通関 10.9日	コンテナ取出前通関 6.5日

運賃を考慮する必要がある。しかし、2.2.に示したように、積み替え場所のほとんどが港湾近傍に存在するため¹⁾³⁾、重要となるのは①と②である。

以上の条件に基づいて、一貫輸送と積み替え輸送の料金を、24tの貨物(40ftのコンテナで満載率90%)を例にとり試算した。なお、積み替え輸送料金には区域トラック運賃⁵⁾(運輸省認可、関東運輸局対象運賃)とCFSにおける荷役料金⁵⁾(運輸省認可、全国一律)を適用した(図6)。この分析では、両者の料金の分岐点は約90km付近であり、分岐点より短距離では積み替え輸送の料金が高く、分岐点より長距離では一貫輸送の料金が高くなっている。図5では輸送距離の増加に伴って積み替え輸送率が大きくなる傾向が示されたが、このような料金差の関連が考えられる。

(2) 輸送時間の相違

積み替え輸送は、一貫輸送と異なり積み替え作業が存在するため、総輸送時間が長くなると考えられる。両者の時間差を直接に示すデータは明らかではないが、積み替え輸送においては、港湾近傍での積み替え作業が多いことから(2.2.参照)¹⁾、①コンテナ詰め前通関貨物(輸出)とコンテナ取出後通関貨物(輸入)を積み替え輸送貨物、②コンテナ詰め後通関貨物(輸出)とコンテナ取出前通関(輸入)を一貫輸送貨物と仮定し、この両者の貨物の流動日数³⁾を比較すると、輸出入ともに①の方が長い(表1)。

したがって、輸送時間の相違も一貫輸送と積み替え輸送の選択に影響を与えようと考えられる。

3.2. 地域の属性

一貫輸送と積み替え輸送の選択に影響を与える地域的な固有の属性としては、①各県で生産・消費される貨物の品目の特性、②各県の倉庫業者数、③各県の貨物を取り扱っている港湾の特性が考えられる。

(1) 貨物の品目の特性

国内で生産・消費されている輸出入コンテナ貨物には様々な品目が存在しており、地域ごとにこれらの品目のシェアは異なっている(図7)。

貨物は、品目によって輸送形態に与える影響が異なる。例えば、低単価の品目は一般的に輸送料金に敏感であり、輸送中の環境の変化に弱い品目は積み替え作業を嫌って一貫輸送を選択することなども考えられる。

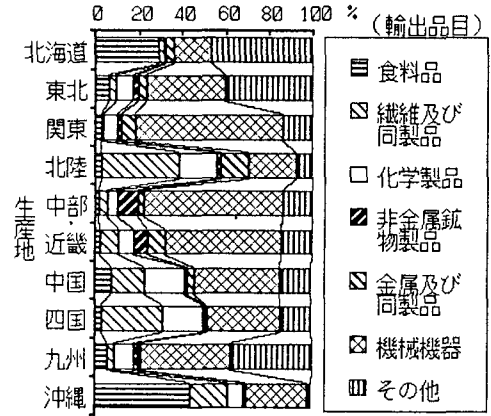


図7 地域別輸出コンテナ貨物の品目シェア
昭和61年³⁾、1ヶ月、10数比率
外国貿易概況品目分類別

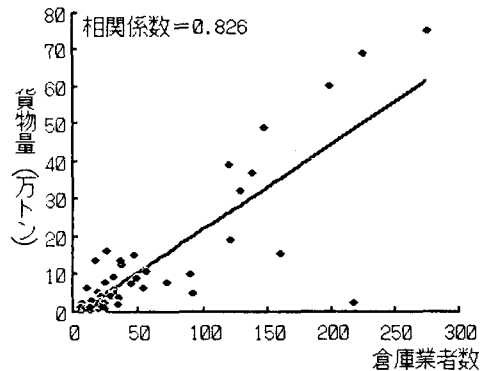


図8 輸出入コンテナ貨物量と倉庫業者数
昭和61年³⁾、1ヶ月、県別、10数
実線は回帰直線

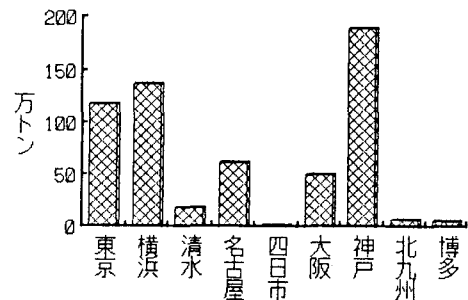


図9 港湾別輸出入コンテナ貨物の取扱量
昭和61年³⁾、1ヶ月、10数
全国主要コンテナ港湾による比較

したがって、各県の貨物の品目特性の相違は、一貫輸送と積み替え輸送の選択にとって重要な要素と考えられる。

(2) 倉庫業者数

倉庫は、積み替え場所やコンテナ詰め・取出場所として重要な役割を果たしている^{1) 3) 4)}。例えば、各県の倉庫業者数⁶⁾は、輸出入コンテナ貨物の生産量と消費量に相関があり、倉庫は各県の貨物の受け皿としても機能していると考えられる(図8)。また、港湾近傍の倉庫はCFSとともに貨物のコンテナ詰め・取出場所となっている。

このように倉庫は輸出入コンテナ貨物輸送の様々な面に関与するために、各県の倉庫業者数は、一貫輸送と積み替え輸送の状態を示すと考えられる。

(3) 港湾の特性

輸出入コンテナ貨物を取り扱っている港湾はいくつか存在するが、その取扱量には大きな相違がある(図9)。港湾の規模は、周辺の倉庫数や背後圏の大きさに関係するため、一貫輸送と積み替え輸送の選択にもなんらかの影響を及ぼすと考えられる。

また、各県と各港湾との距離は個々に異なっているので、地理的な影響の存在も考慮すべきであろう。

表2 積み替え輸送率に考慮すべき効用関数

効用関数		V ₁ (積み替え輸送)	V ₂ (一貫輸送)
輸送サービス特性	輸送料金	①一般トラック輸送料金(区域トラック) ⁵⁾ {各運輸局別料金, 県別港湾別輸出入別OD間平均輸送距離基準} +②積み替え時の荷役料金 ⁵⁾ {CFSにおける荷役料金適用}	国際大型コンテナ陸上輸送料金 ⁵⁾ {全国一律料金, 県別港湾別輸出入別OD間平均輸送距離基準}
	輸送時間	積み替え輸送による港湾別平均輸送時間 {輸出:コンテナ詰め前通関での流動日数 ³⁾ {輸入:コンテナ取出後通関での流動日数}	一貫輸送による港湾別平均輸送時間 ³⁾ {輸出:コンテナ詰め後通関での流動日数} {輸入:コンテナ取出前通関での流動日数}
地域の属性	貨物品目特性	県別輸出入別貨物の品目別比率(各県の各品目の貨物量/各県の全貨物量) ³⁾ {品目分類は外国貿易概況品目分類の大分類を採用, 輸出7品目, 輸入8品目} 輸出品目: 食料品, 繊維及び同製品, 化学製品, 非金属, 金属, 機械機器, 他 輸入品目: 食料品, 繊維原料, 金属原料, 原料品, 鉱物, 化学製品, 機械機器, 他 (外国貿易概況品目分類 ³⁾)	
	倉庫	県別倉庫業者数 ⁶⁾	
	港湾	港湾のシェア(各港湾の輸出入別取扱貨物量/全港湾の輸出入別取扱貨物量) ³⁾ 県別港湾別輸出入別OD間平均輸送距離(トラックによる実走行距離平均値) ⁴⁾	

料金の算出には貨物量を24ト(40ftコンテナで満載率約90%)とした。
積み替え場所は港湾の近くにあり、一貫輸送と積み替え輸送の輸送距離はほぼ等しいと仮定する。

4. 一貫輸送と積み替え輸送の選択における因果関係の分析

4. 1. 積み替え輸送率へのロジットモデルの適用

輸出入コンテナ貨物の積み替え輸送率が、前章で検討した輸送サービス（輸送料金、輸送時間）と地域の属性（貨物の特性、倉庫業者数、港湾の特性）などに因果関係があると仮定すれば、一貫輸送と積み替え輸送の選択は、これらを要素とした効用平均値を最大化する行動と考えることができる。

そこで、積み替え輸送率に対して次に示すロジットモデルの適用を考える。

$$P = \frac{e^{V_1}}{e^{V_1} + e^{V_2}} \quad \dots(2)$$

ここで、P：積み替え輸送率

V_1 ：積み替え輸送の効用関数

V_2 ：一貫輸送の効用関数

Pの値は集計シェアによる確率値であるので、(2)式を変形し

$$\log \left(\frac{P}{1-P} \right) = V_1 - V_2 \quad \dots(3)$$

として重回帰分析を適用する。

表3 ロジットモデルによる分析結果1（輸出コンテナ貨物）

有意となった変数		偏回帰係数	標準偏回帰係数	t 値	F 値
①	積み替え輸送と一貫輸送の料金差(単位:10万円)	-4.013	-0.646	5.416*	29.335
定 数 項		-0.351	—	—	—
重相関係数=0.646, 決定係数=0.417, サンプル数=43(県別港湾別ODペア数) F検定値5%でのステップワイズ法による重回帰分析の適用, (*:5%有意) 注) 効用関数は $V_1 - V_2$ を1つの関数として扱う。					

表4 ロジットモデルによる分析結果2（輸入コンテナ貨物）

有意となった変数		偏回帰係数	標準偏回帰係数	t 値	F 値
①	積み替え輸送と一貫輸送の料金差(単位:10万円)	-1.813	-0.283	2.532*	6.413
②	食料品の比率	2.040	0.213	1.636	2.677
③	繊維原料の比率	3.914	0.356	3.098*	9.594
④	原料品の比率	-4.488	-0.387	3.046*	9.276
⑤	倉庫業者数	-0.712	-0.282	2.513*	6.313
定 数 項		0.409	—	—	—
重相関係数=0.808, 決定係数=0.653, サンプル数=41(県別港湾別ODペア数) F検定値5%でのステップワイズ法による重回帰分析の適用, (*:5%有意) 注) 効用関数は $V_1 - V_2$ を1つの関数として扱う。					

分析にあたっては、輸出コンテナ貨物と輸入コンテナ貨物を区別し、適用したデータは県別港湾別ODペアによる値としている。対応する効用関数($V_1 - V_2$)の変数には、輸送サービス特性として①輸送料金差と②輸送時間差を、地域属性として③貨物の品目別比率(輸出7品目、輸入8品目)、④倉庫業者数、⑤港湾の貨物取扱量シェア、⑥OD間平均輸送距離⁴⁾を採用した(表2)。

4. 2. 分析結果

以上の条件に基づいて、F検定値5%でのステップワイズ法による重回帰分析を適用した結果、輸出モデルでは重相関係数は0.646となり、取り込まれた変数は分析に適用した12変数の中で、積み替え輸送と一貫輸送の料金差のみであった(表3)。

輸入モデルでは、重相関係数は0.808となり、取り込まれた変数は分析に適用した13変数の中で、①積み替え輸送と一貫輸送の料金差、②食料品の比率、③繊維原料の比率、④原料品の比率、⑤倉庫業者数の5変数であった(表4)。これらの変数のうち、食料品の比率以外は検定値5%で有意となっている。また、符号条件(積み替え輸送と一貫輸送の料金差)は輸出・輸入ともに満足している。

この2つのモデルの誤差分布及び実績値と予測値の分布では、変数が1つの輸出モデルは、ばらつきが大きくなっているが、実績値と予測値には対応関係が認められる(図10、図11)。輸入モデルでは、5つの変数が取りこめたことによりばらつきも少なくなっており、実績値と予測値はかなりよい対応を示している(図12、図13)。よって、今回の分析の仮定及び採用した変数は、妥当なものであったと考えられる。

4. 3. 考察

今回のロジットモデルによる積み替え輸送率の分析では、輸出と輸入が明らかに異なった結果を示した。輸出の場合、モデルに取り込まれた変数は料金だけであったのに対して、輸入の場合は、料金、貨物特性、倉庫が取り入れられた。これについては次のことが考えられる。

(1) 輸出モデル

貨物を輸出する場合は、海上運賃にFOB運賃⁷⁾(Free On Board)が適用されることが多い。この場合、貨物は荷主や生産企業の責任で港湾まで輸送さ

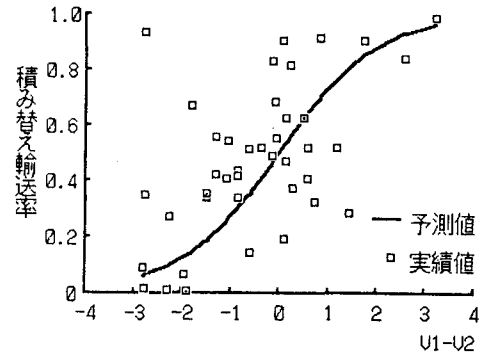


図10 輸出モデルの実績値と予測値

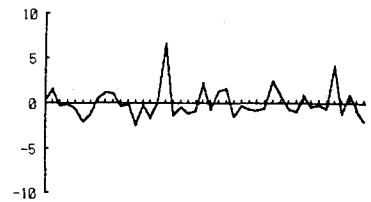


図11 輸出モデルの誤差分布
横軸はデータの各サンプルに対応
縦軸は $\log(P/(1-P))$ による実績値と予測値の差

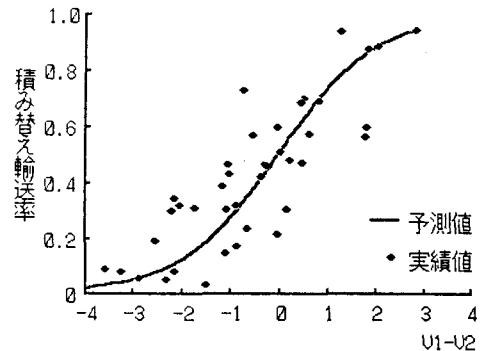


図12 輸入モデルの実績値と予測値

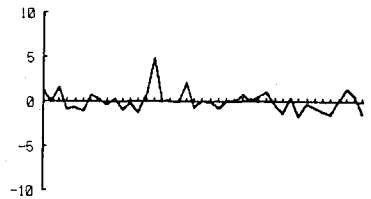


図13 輸入モデルの誤差分布
横軸はデータの各サンプルに対応
縦軸は $\log(P/(1-P))$ による実績値と予測値の差

れることになる。したがって、企業の経済合理性優先による物流コスト軽減のニーズが、輸出コンテナ貨物の陸上輸送にも反映されと考えられる。

今回の分析において、輸出モデルに輸送料金だけが取り込まれたことには、このような背景を考慮することができる。しかし、輸出モデルの相関は十分とは言えないので、今回の分析で対象としなかった要素（例えば、企業別の行動パターン等）も関連していると考えられる。

（２）輸入モデル

貨物を輸入する場合は、海上運賃にC I F 運賃²⁾（Cost Insurance and Freight）が適用されることが多い。この場合、荷受人は貨物輸送に関与せず、貨物は輸送会社の責任で荷受人まで運ばれる。したがって、輸送中の貨物のダメージ等はすべて輸送会社の責任となる。よって、輸送会社は物流コスト軽減の他に、貨物の損傷防止に対しても敏感になると考えられる。

今回の分析において、輸入モデルに貨物の特性が取り込まれたのは、このような理由と考えられる。また、倉庫は輸送会社のネットワーク上重要となるので、一貫輸送と積み替え輸送の選択に影響していると考えられる。

5. おわりに

今回の研究は、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ついて、県単位というマクロ的な分析によって、基本的に重要な要素の検討を行なった。

その結果、輸出の場合と輸入の場合の選択には明らかな相違が見られた。①輸出の場合は輸送料金の影響が強いこと、②輸入の場合は、輸送料金、貨物の品目特性、倉庫業者数が影響していること、が確認された。これらの結果は、輸出入コンテナ貨物の陸上輸送における行動主体（輸出：荷主、輸入：輸送会社）の意志決定が反映したものと考えられる。

今回の研究は県単位というマクロ的な分析であったが、一貫輸送と積み替え輸送の選択の因果関係を確認することができ、輸出コンテナ貨物と輸入コンテナ貨物に相違があることが明らかになった。

しかしながら、この分析で影響の明らかにならなかった要素（例えば、輸送時間差等）にも重要なも

のが存在する可能性が考えられる。よって、今後の課題としては、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をより詳細に把握するために、①市区町村等のより小さな単位での分析、②荷主や輸送会社等の意志決定に関するデータの収集・適用、③貨物の品目の特性に対する詳細な分析、などが必要と考えられる。

謝辞

今回の研究にあたり、東京大学工学部太田勝敏助教授、原田昇助手、中村文彦助手より有益な助言をいただいたことに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 渡辺、苦瀬、「海上輸出入コンテナ貨物の国内流動分布に関する研究」、土木学会、土木計画学研究講演集No11、p141～p148、昭和63年
- 2) 渡辺、苦瀬、山田、「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分担に関する基礎的研究」、土木学会第44回年次学術講演会、平成元年
- 3) 運輸省港湾局、「昭和61年度全国輸出入コンテナ貨物流動実態調査報告書・資料集」、昭和62年
- 4) (社)日本海上コンテナ協会、「国際大型コンテナ流動実態調査報告書」、昭和62年
- 5) 交通日本の社、「貨物運賃と各種料金表」、昭和60年
- 6) (社)日本倉庫協会、「会員名簿」、昭和61年
- 7) (社)日本海上コンテナ協会、「総合コンテナ実務用語辞典」、成山堂、昭和60年
- 8) (社)日本海上コンテナ協会、「コンテナリゼーション総覧」、成山堂、昭和53年
- 9) 東京大学工学部都市工学科太田研究室、「非集計行動モデルの交通計画への適用に関する研究」、昭和56年
- 10) 太田、「交通システム計画」、技術書院、昭和63年
- 11) 浅野、武政、原田、「総合都市交通体系調査における非集計行動モデルの適用性」、建築研究報告、建設省建築研究所、昭和63年