

#### 4. 4 貨物量の輸出入コンテナ積載車両数への変換

##### 4. 4. 1 はじめに

一般に、港湾取扱輸出入コンテナ貨物量は、輸出入業務による申告により、トン数ベースで詳細に把握されている<sup>4-20)</sup>。しかし、輸出入コンテナ輸送時の道路交通量に相当する、輸出入コンテナの港湾取扱個数に関するデータは随時入手可能でない(業界による調査に依存する)。

そこで、本節では、輸出入コンテナ貨物量(トン数)から道路交通量(コンテナの個数)を割り出すための貨物積載量換算単位(トン/TEU)を考え<sup>4-21)</sup>、これを用いた推定道路交通量の算出を検討する<sup>4-22)</sup>。

なお分析には、(社)日本海上コンテナ協会調査<sup>4-18)</sup>による、最近の3年間(昭和60年~62年)の貨物量(トン)とコンテナ個数(TEU:20ftコンテナ換算個数)の比較に基づく。

##### 4. 4. 2 輸出入コンテナの貨物積載量換算単位

輸出入コンテナ貨物量の増加等による道路交通への影響を評価するには、コンテナ車による道路走行台数(コンテナの個数)を推定する必要がある。ここで、貨物量は既知として与えられると仮定したときに、輸出入コンテナの貨物積載量換算単位を用いて、コンテナ車の道路走行台数を求める方法を考える。

###### (1) 貨物積載量換算単位の考え方

###### (a) 算出方法

輸出入コンテナに積載される貨物量は、厳密には個々の荷主の出荷ごとに異なっている。しかし、3. 2節及び4. 3節の分析に基づけば、輸出入コンテナの積載貨物量は、輸出入の別や港湾の背後圏ごとに集計すれば、それぞれの地域における経済・産業の特性から、統計的に固有の値を持つと予想される。

例えば、港湾に出入する輸出入コンテナ貨物量とコンテナ個数の数値が集計されていたとすれば、輸出入コンテナ1個当たりの平均的な貨物積載量は、次式によって求めることができる。

$$\begin{aligned} \{ \text{輸出入コンテナの貨物積載量(トン/TEU)} \} = \\ \frac{\{ \text{港湾取扱輸出入コンテナ貨物量(トン)の実績値} \}}{\{ \text{港湾取扱輸出入コンテナ個数(TEU)の実績値} \}} \quad \dots \quad (4-12) \end{aligned}$$

によって求めることができる。この式(4-12)の値が、経年変化、港湾の相違、輸出と輸入、季節変化等の属性を考えるとき、マクロ的な安定性<sup>4-23)</sup>を持つならば、それを換算単位として用いることにより、港湾取扱貨物量に対するコンテナ車による総交通量の推定が可能となる。

###### (b) 輸出入コンテナの貨物積載量

輸出入コンテナの貨物積載量の現状<sup>4-10)</sup>を図4-2に示す。ここでは、経年変化や季節(月)変動の有無は明確でないが、港湾及び輸出と輸入の相違による変動は考えられる。よって、貨物積載量換算単位の決定には、これらの属性による変動の有無を確認する必要がある。

###### (2) 貨物積載量換算単位算出における変動要素

###### (a) 輸出・輸入の相違と季節(月別)変化による変動

帰無仮説として、①輸出・輸入の相違によって貨物積載量に差がない、②季節変化によって貨物積載量に差がない、の2つを考え、昭和62年の12ヶ月分の輸出入コンテナの貨物積載量の実績値<sup>4-10)</sup>(図4-2参照)を輸出入別月別に分類し、分散分析を適用した。その結果から、輸出と輸入には差があり、季節変動は確認できないと判断できる(表4-6参照)。



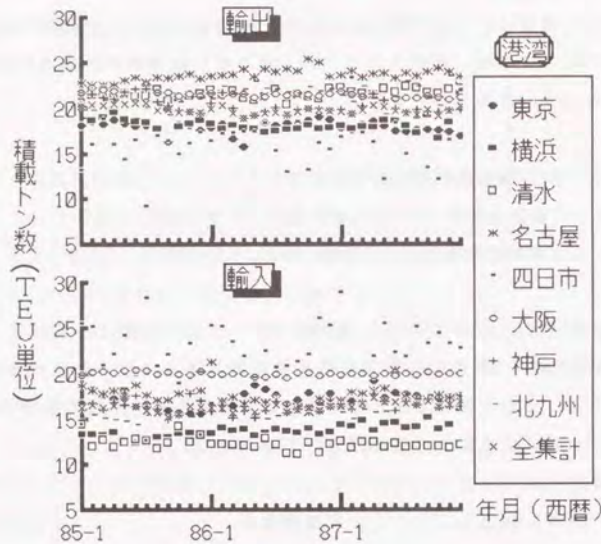


図4-2 輸出入コンテナの貨物積載量の現状  
輸出入別、港湾別、36ヶ月の576データ<sup>4-18)</sup>より作成

表4-6 輸出入の相違と季節(月別)変化による変動の分散分析

	平方和	自由度	不偏分散	分散比 (1% F値)
全変動	2658.15	191		
輸出・輸入による変動	315.362	1	315.362	23.076* (6.788)
季節変化による変動	31.4310	11	2.857	0.209 (2.358)
交互作用による変動	15.4023	11	1.400	0.102 (2.358)
残差	2295.96	168	13.666	

注1) 昭和62年実績値<sup>4-18)</sup>を分析, \*: 1%有意  
注2) 輸出入別, 月別, 港湾別, 12ヶ月分の192データ

(b) 港湾の相違と経年変化の変動

帰無仮説として、①港湾の相違によって貨物積載量に差がない、②経年変化によって貨物積載量に差がない、の2つを考え、過去36ヶ月分の輸出入コンテナの貨物積載量の実績値<sup>4-18)</sup>(図4-2参照)を港湾別経年別に分類し、分散分析を適用した。その結果から、港湾別の差は顕著であり、短期経年変化は輸入で認められると判断できる(表4-7, 8参照)。

表4-7 港湾の相違と経年変化による変動の分散分析(輸出)

	平方和	自由度	不偏分散	分散比 (1% F値)
全変動	1884.83	287		
港湾の相違による変動	1484.31	7	212.044	164.758* (2.708)
経年変化による変動	3.11220	2	1.556	1.209 (4.686)
交互作用による変動	57.6453	14	4.118	3.199* (2.152)
残差	339.768	264	1.287	

注1) 昭和60~62年実績値<sup>4-18)</sup>を分析, \*: 1%有意  
注2) 輸出貨物, 港湾別, 年別, 36ヶ月分の288データ

表4-8 港湾の相違と経年変化による変動の分散分析(輸入)

	平方和	自由度	不偏分散	分散比 (1% F値)
全変動	3818.02	287		
港湾の相違による変動	3169.28	7	452.754	222.818* (2.708)
経年変化による変動	34.2306	2	17.115	8.423* (4.686)
交互作用による変動	78.0756	14	5.577	2.745* (2.152)
残差	536.433	264	2.032	

注1) 昭和60~62年実績値<sup>4-18)</sup>を分析, \*: 1%有意  
注2) 輸入貨物, 港湾別, 年別, 36ヶ月分の288データ



(3) 貨物積載量換算単位の決定

(a) 貨物積載量換算単位の算出

以上の結果より、輸出入コンテナの貨物積載量換算単位は、港湾別・輸出入別に求めるのが適当と判断できる。そこで、最近の3年間のデータ<sup>4-10)</sup>による貨物積載量換算単位値を、各年別に算出すると図4-3となる。全般的に、

(輸出) > (輸入)の傾向があるが、東京港の場合は両者がほぼ等しく、四日市港では逆転している。輸出入別港湾別に値が異なる理由は、輸出入品目の相違、各港湾の背後圏における産業構造の相違によると考えられる。これらの要素は、長期的に見れば次第に変化して行くものである。したがって、輸出入コンテナの貨物積載量換算単位は、短期的な範囲内で用いるのが適当と考えられる。

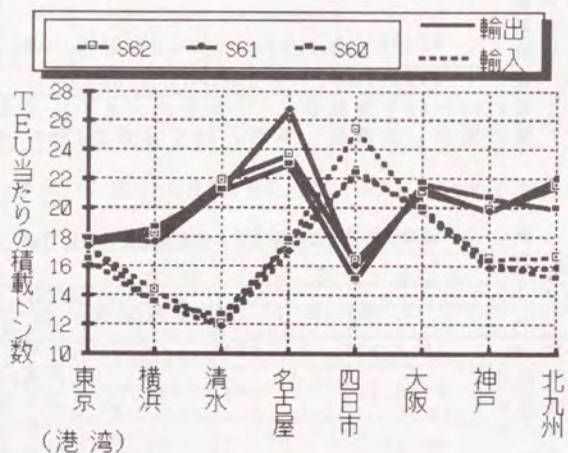


図4-3 輸出入コンテナの貨物積載量換算単位  
過去3年間のデータ<sup>4-10)</sup>から式(4-12)により算出

(b) 貨物積載量換算単位による輸出入コンテナの推定交通量の精度

昭和60年実績値<sup>4-10)</sup>による貨物積載量換算単位値(図4-3参照)を用いて、昭和62年の輸出入別港湾別コンテナの年間総交通量を推定し、その誤差を調べると図4-4となる。これによれば、取り扱い貨物量の少ない港湾(四日市港、北九州港)を除けば、推定値の誤差は小さい。よって、今回算出した貨物積載量換算単位による推定交通量の推計精度は、短期的には妥当なものであると考えられる。

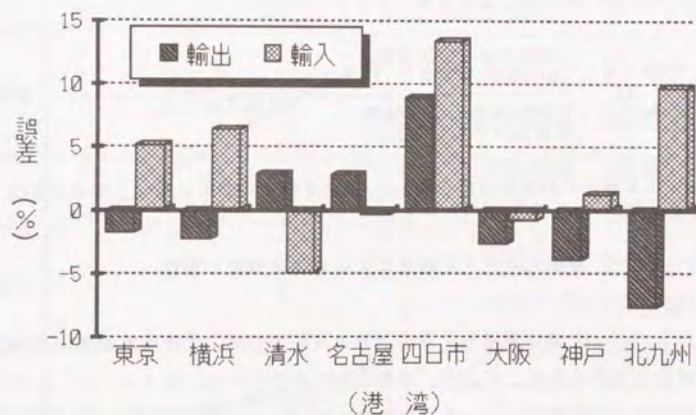


図4-4 貨物積載量換算単位による輸出入コンテナの  
港湾別推定年間交通量の誤差  
昭和60年換算単位により昭和62年を推定  
その推定値と昭和62年実績値<sup>4-10)</sup>を比較  
図4-3データにより作成



4. 4. 3 輸出入コンテナ輸送による道路交通量の推定

(1) 貨物積載量換算単位による道路交通量の算出

(a) 道路交通量の算出方法

4. 4. 2節で求められた、輸出入コンテナの貨物積載量換算単位(図4-3参照)を用いれば、港湾で取り扱われる輸出入コンテナ貨物量(トン)に対応する道路交通量(TEU)を推定することができる。例えば、港湾における年間の輸出入コンテナ貨物量から1日交通量を求めるとすれば、次式となる。

輸出入コンテナ輸送による交通量(TEU/日) =

$$\frac{\sum_{\text{港湾}} \sum_{\text{輸出入}} \frac{\text{年間港湾別輸出入別コンテナ貨物量(トン)}}{\text{港湾別輸出入別貨物積載量換算単位(トン/TEU)}}}{\text{コンテナ埠頭の実際稼働日数}} \dots (4-13)$$

\*コンテナ埠頭の年間実際稼働日数: 休・祭日を除く年間平日数(土曜日は半日)

(b) 輸出入コンテナ輸送による道路交通量の推定

輸出入コンテナ貨物量増加が直接影響を及ぼすのは、大都市臨海部の港湾周辺の道路と予想される。そこで、東京港と横浜港を例に、式(4-13)により最近の5年間の輸出入コンテナ貨物量<sup>4-20)</sup>による道路交通量(TEU/日)を推定し、港湾周辺の道路(首都高速、産業道路、国道15号)及びその他の道路(国道6号、国道17号、国道246号)による、大型貨物自動車(5トン以上)の交通量(台/日)<sup>4-24)</sup>とともに示すと図4-5となる。

(c) 推定交通量の信頼性

輸出入コンテナによる推定交通量(TEU/日)は、最近の5年間では増加傾向

にあり、昭和62年時点ですでに8000台に迫っている。これは、実際の道路の交通量と比較するとかなりの規模である(図4-5参照)。しかし、最近の外貿コンテナ船の輸送及び荷役能力<sup>4-25)</sup>(20ftコンテナを3000個以上積載し、1日でそのすべてを積み降ろし可能)と東京港・横浜港<sup>4-25)</sup>の規模をから判断すると、この推定値は妥当と考えられる。特に、港湾エリアに直結するような道路(例えば、国道15号等)では、図4-5に示された輸出入コンテナによる交通量のほとんどが、日々生じていると考えられる。輸出入コンテナによる交通量は、都市内全体における交通量と比較すれば、問題とならない規模であるが、2章で述べたように、港湾至近の幹線道路にはそのすべてが集中することになるので、大都市臨海部の道路交通量におけるシェアでは、決して無視することはできない存在と考えられる(章末補注③参照)。

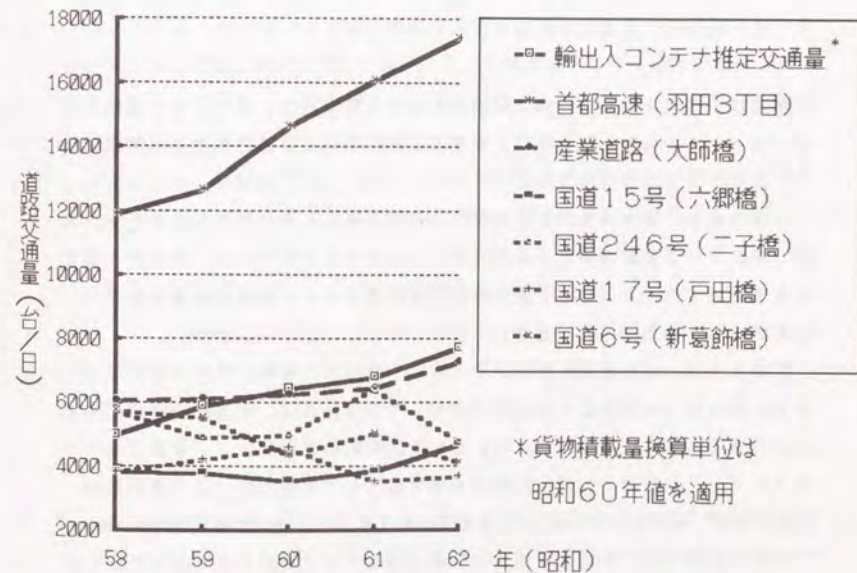


図4-5 貨物積載量換算単位による輸出入コンテナ輸送の推定交通量(TEU/日)と一般道路交通量(台/日)の関係  
東京港・横浜港の取扱貨物量を式(4-13)に適用  
輸出入コンテナの推定交通量は、1日あたりのTEU単位個数  
一般道路交通量は大型貨物自動車(5トン以上)による交通量  
括弧内の地名は各道路の交通量観測地点  
図4-3のデータと実績値<sup>4-28)</sup><sup>4-24)</sup>により作成



## (2) 輸出入コンテナ貨物量増加による道路交通への影響

実際の道路の交通量を輸出入コンテナの交通量増加と対比させると(図4-5参照)、東京港と横浜港の連絡路になっている首都高速、国道15号、産業道路の交通量が増加傾向にあり、輸出入コンテナ輸送との関連性が考えられる。しかし、港湾から離れた位置にある、その他の道路の傾向は異なっている。

以上の結果から、特に港湾周辺における幹線道路の交通量は、輸出入コンテナ輸送との密接な関係を持っていると考えられる。したがって、今後、輸出入コンテナ貨物量の増加が継続して行けば、それらの道路における他の交通への圧迫、輸出入貨物流通の阻害等により、大都市臨海部における新たな交通問題を生じる可能性が考えられる(2章参照)。

### 4.4.4 本節のまとめ

本節は、港湾で取り扱われる輸出入コンテナ貨物量が、どれだけの道路交通量(コンテナの個数;TEU数)を生じるかについて、貨物積載量換算単位により推定する方法を提案した。

分析の結果、貨物積載量換算単位は、港湾別輸出入別に算出した値を用いれば、推定される道路交通量の精度は高いことが明らかになった。例えば、港湾出入貨物量をベースにした、貨物積載量換算単位による推定交通量の推移は、港湾周辺の幹線道路の交通量増加に対応している(図4-5参照)。

このように、貨物積載量換算単位を用いる方法は、単純で集計的な方法であるが、港湾出入総貨物量の推定が妥当なレベルであれば、交通量の推定方法としての実用性は高いと考えられる。しかし、本節の分析は、4.2節で述べたようにデータの制約から港湾別輸出入別単位として求めたが、より厳密には、品目や港湾・背後圏の特性による相違が考えられ、この点は今後の課題である。

なお、本節では、輸出入コンテナの交通量はTEU単位として扱ったが、道路を走行する車両の厳密な台数は、さらに、TEU数をサイズ別に振り分ける必要がある(図4-1参照)。それに必要となるコンテナサイズ選択モデルについては、4.6節で詳細に議論する。

## 4.5 輸出入コンテナ積載車両の交通量分布の把握

### 4.5.1 はじめに

本節は、国内諸地域における輸出入コンテナ積載車両(コンテナ車)の交通量分布を把握すること目的とする。<sup>4-26)</sup>

コンテナ車の交通量は、主として貨物の出荷や入荷という企業行動により生じているため、日々変動している。よって、実態調査等においては、調査期間内に出荷や入荷が生じなければ、それに対応するコンテナ車の交通量は、サンプルには表われない。したがって、交通量が観測されなくても、その存在は無視できない。

このような問題に対して、欧米ではトビットモデルが広く用いられている。このモデルは、重回帰モデル等の観測値に直接対応するモデルとは異なり、個々のサンプルの潜在的可能性を、確率に基づく期待値によって示す手法である。したがって、出入荷などの偶発的な企業行動が反映する、コンテナ車の交通量分布には、トビットモデルの適用が必要と考えられる。

以上により、本研究では、コンテナ車による交通量分布のモデル化にトビットモデルを適用するとともに、その有効性についての検討も行う。

### 4.5.2 輸出入コンテナ積載車両の交通量分布

#### (1) 交通量分布の特性

##### (a) OD分布の地理的特性

コンテナ車の交通のODは、その一方が港湾であり他方が内陸の諸地域(市区町村等)である。したがって、港湾周辺には背後圏全体からの貨物が集中するため、コンテナ車による交通量が多量に生じている<sup>4-27)</sup>(3.2節参照)。

また、日本では、輸出入コンテナ貨物の膨大な需要が生じている大都市圏と外貿港湾が隣接しているため、様々な都市交通が輻湊して混雑の激しい都心周



辺部の地域に、コンテナ車の交通量の分布が集中する結果となっている<sup>4-7)</sup> (図4-6参照)。

(b) 輸送の利便性

コンテナ車の交通量分布に関する研究には、都道府県をODとした渡辺らの研究<sup>4-9)</sup>がある。この例では、①交通量分布の基本的要因として地域の荷主数、②抵抗要素として港湾までの距離を変数とした、グラビティモデルを適用し(3.2節参照)、良い相関を得ている。

この結果に基づけば、コンテナ車の交通量は、各地域における諸活動の規模に比例し、港湾までの距離に反比例すると判断できる。これは、輸送距離の大小が運賃や時間といった面で、各地域の港湾に対する輸送の利便性が異なるこ

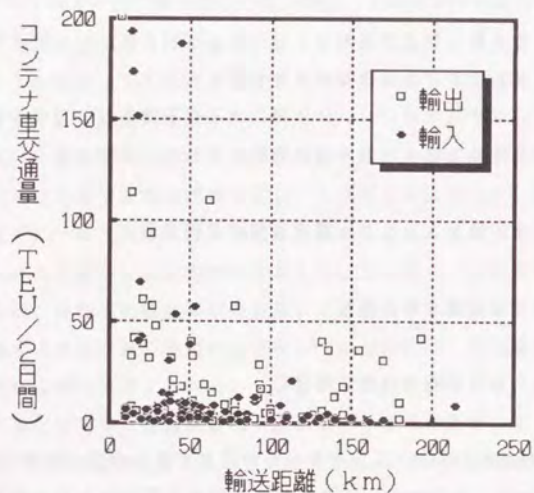


図4-6 コンテナ車の交通量分布  
昭和61年実績値<sup>4-10)</sup>より作成  
首都圏市区町村単位集計

とを意味している。コンテナ車の交通量分布が、港湾から比較的近距離な地域に集中する傾向を示すことには(図4-6参照)、上述した都市と港湾の地理的な関係に加えて、このような輸送の利便性の相違による影響を考える必要がある。

(2) 積み替え輸送による交通量の発生

渡辺らの研究<sup>4-9)</sup>によれば、コンテナ車により輸送される貨物の中には、そのトリップの末端の地域で生産・消費される貨物のみならず、他の地域で生産・消費される貨物も存在することが指摘されている。これは、積み替え輸送と呼ばれており、貨物が生産・消費される地域と、コンテナに対する貨物の詰め・取り出し地域が異なる場合を指している。積み替え輸送の生じる要因は、主に

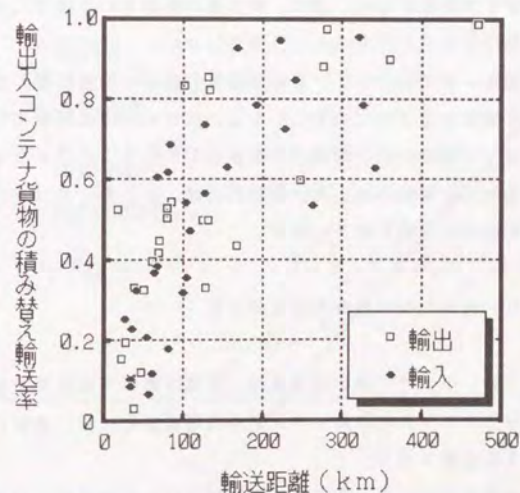


図4-7 積み替え輸送の分布  
昭和61年実績値<sup>4-14)</sup>より作成  
都道府県単位集計による積み替え輸送率  
この図は、図3-10と同じ図であるが、  
図4-6と対比するため、再度引用した。



輸送コストの低減と考えられている<sup>4-28)</sup>。例えば、各都道府県における積み替え輸送のシェアを調べると、港湾から遠方にある地域ほど、その比率が高まる傾向を示している(図4-7, 3.3節参照)。よって、ある地域に分布するコンテナ車の交通量には、その地域において生産・消費される貨物とともに、積み替え輸送により他の地域で生産・消費される貨物も考慮しなければならない。

### (3) 潜在的交通量の存在

#### (a) 出入荷頻度・規模の不確実性

一般に、実態調査等における交通量の観測期間には限界がある。ところが、貨物の出入荷のタイミングや規模は、個々の企業の事情に依存するため、実態調査期間中にコンテナ車の交通量が観測されない地域においても、その潜在的な交通量を考慮する必要がある。逆に、交通量が観測された地域においても、その交通量が平均的なものであるという保証はない。

例えば、図4-6ではコンテナ車の交通量分布が、輸送距離の増加とともに減少して行く傾向が示されている。しかし、ほとんどの距離帯において交通量が0もしくはごく僅かである地域が多数存在している。このような地域においても、調査期間外に貨物の出入荷が行われれば、より多くのコンテナ車の交通量が生じる可能性は十分に考えられる。

#### (b) 潜在的交通量分布のモデル化

以上のように、コンテナ車の交通量は、企業活動の不確実性が反映しているため、その分布のモデル化には、サンプルの観測値には表われない潜在的な交通量も考慮する必要がある。

このような問題に対して、欧米では積極的な試みがなされている。J.Tobin(1958)<sup>4-29)</sup>は、観測値に表われない潜在的な可能性を確率モデルにより表現し、その推定値は、確率に基づく期待値によって示すという方法を開発した。これは、トビットモデルと呼ばれており、計量経済学の分野で普及している。最近

ではAmemiya(1984)らの研究<sup>4-28)</sup>により、理論的に体系化されている。

そこで、本研究では、コンテナ車の潜在的な交通量分布に対して、トビットモデルの適用を考える。

### 4.5.3 トビットモデルの適用

#### (1) トビットモデルの概要

社会現象の調査等においては、目的変数が、上限、下限といった限界を持つことがある。この場合、観測値は、その限界値から上方もしくは下方に幅広く分布する(図4-6参照)。このような場合、その説明変数は、①目的変数が限界値をとらない場合における変数値と、②目的変数が限界値をとる場合の確率、

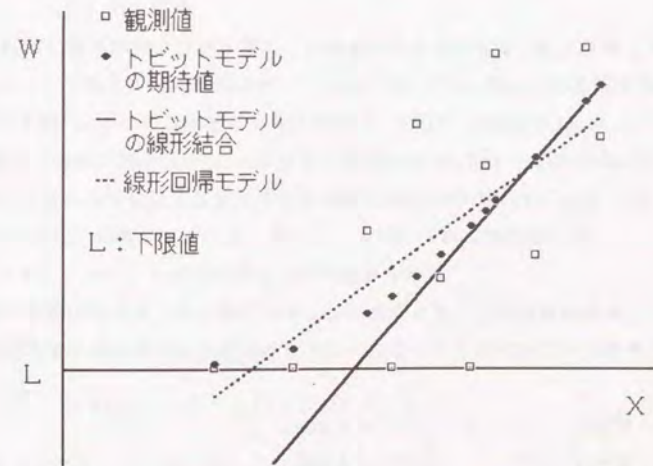


図4-8 トビットモデルの概念



の双方に影響を及ぼすと考えられる。J.Tobin(1958)<sup>4-27)</sup>は、世帯主の収入と耐久消費財等の消費の関係について、このような視点からモデル化を試みた。彼の方法では、まず、世帯主の消費量(W)が観測される場合において、Wは、収入(X)に関連すると仮定し、Xの線形結合を平均とする確率モデルで表現する。さらに、Wが観測されない場合の確率は、その線形結合とWの下限值(L=0)の偏差によって示す(図4-8参照)。これよりモデルの推定値は、得られた確率モデルから、その期待値として表現される(図4-8参照)。

したがって、回帰モデルでは推定値が負になってしまう場合においても、トビットモデルにおいては現実的な推定値が存在し、かつ、目的変数と説明変数の関係は非線形で表現可能である(図4-8参照)。

## (2) トビットモデルの導出

### (a) 確率モデル

まず、Wを下限Lが存在する目的変数とし、Yを独立な説明変数( $X_1, X_2, \dots, X_m$ )の線形結合とする。

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_i X_i + \dots + \beta_m X_m \quad \dots (4-14)$$

$\beta_i$  : パラメータ ( $i=1, \dots, m$ )

$\beta_0$  : 定数項

さらに、未知な変数をランダムなものとして $\varepsilon$ で示すと、WとYの関係は次のように表現することができる。ここで、YをWの分布の平均と仮定すれば、

$$\begin{aligned} W = L & \quad (Y - \varepsilon < L) \\ W = Y - \varepsilon & \quad (Y - \varepsilon \geq L) \end{aligned} \quad \dots (4-15)$$

となる。さらに、 $\varepsilon$ は正規分布に従うと仮定すれば、Wに対する確率分布関数(F)及び、対応する確率密度関数(f)は、以下となる。

$$\begin{aligned} F(u; Y, L) &= 0 & (u < L) \\ F(L; Y, L) &= Q\left\{ \frac{Y-L}{\sigma} \right\} & (u=L) \quad \dots (4-16) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F(u; Y, L) &= Q\left\{ \frac{Y-u}{\sigma} \right\} & (u > L) \\ f(u; Y, L) &= \frac{1}{\sigma} Z\left\{ \frac{Y-u}{\sigma} \right\} & (u > L) \quad \dots (4-17) \end{aligned}$$

u : 確率変数

$\sigma$  : 標準偏差 ( $\sigma^2$  : 分散)

P : 標準正規分布関数

Q : 1-P

Z : 標準正規密度関数

### (b) 尤度関数

ここで、下限Lでの観測値のサンプルはq個とする。個々のサンプルは、それぞれ下限( $L_i'$ )と同じ値をとる目的変数( $W_i'$ )及び、独立変数( $X_{1i}', X_{2i}', \dots, X_{mi}'$ )とその線形結合( $Y_i'$ )により表現する。ただし、 $i=1, \dots, q$ である。また、下限Lを越えるWに対するサンプルはr個とし、それぞれ( $W_j, L_j, X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{mj}, Y_j$ )として同様に記述する。ただし、 $j=1, \dots, r$ である。

これより、サンプルの尤度関数( $\phi$ )を定義すると

$$\begin{aligned} \phi(\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m, \sigma^2) &= \prod_{i=1}^q F(L_i'; Y_i', L_i') \prod_{j=1}^r f(W_j; Y_j, L_j) \\ &= \prod_{i=1}^q Q\left\{ \frac{Y_i' - L_i'}{\sigma} \right\} \prod_{j=1}^r \frac{1}{\sigma} Z\left\{ \frac{Y_j - W_j}{\sigma} \right\} \quad \dots (4-18) \end{aligned}$$

となる。よって、式(4-18)を対数尤度化し、適当な初期値を与えてニュ



ートンラフソン法等による繰り返し計算を行なえば、最尤推定によるパラメータを得ることができる。

(c) 期待値

次に、YとLが与えられたときのWの期待値(E)は、

$$E(W;Y,L) = LQ\left\{\frac{Y-L}{\sigma}\right\} + \int_L^{\infty} \frac{u}{\sigma} Z\left\{\frac{Y-u}{\sigma}\right\} du$$

と表現される。ここで、上式に変数変換を行えば、

$$E(W;Y,L) = LQ\left\{\frac{Y-L}{\sigma}\right\} + YP\left\{\frac{Y-L}{\sigma}\right\} + \sigma Z\left\{\frac{Y-L}{\sigma}\right\} \quad \dots (4-19)$$

を得る。これがトビットモデルの推定値であり、その値は非線形で表現される。以上のように、トビットモデルでは推定値が期待値によって示されるため、観測値が0(下限値)となるような分析主体に対しても、その潜在的可能性を表現することができる。

4. 5. 4 輸出入コンテナ積載車両の交通量分布モデル

(1) モデル化の条件

以上の分析から、コンテナ車の交通量分布のモデル化には、以下の3つの点を考慮する必要がある。

- ① 潜在的交通量の把握
- ② 港湾に対する輸送の利便性の相違
- ③ 積み替え輸送による交通量の存在

そこで本研究では、まず、①に対しては、4. 5. 3項の分析に基づき、トビットモデルを適用する。次に、②に対しては、4. 5. 2項の分析に基づき、各地域の港湾に対する輸送の利便性が、グラビティモデルに従うと仮定する(3. 2節参照)。ただし、トビットモデルの線形結合に組込まなければならないので、各変数は港湾までの輸送距離で除した式形で用いる(係数=1と仮定)。

さて、積み替え輸送は、一次保管や荷役機能を必要とするために(3. 3節参照)、貨物保管施設を有する物流事業所によって行われている。しかし、このような物流施設の多くは、遠方の荷主の貨物の積み替え輸送のみならず、付近の荷主に対する港湾との一貫輸送も、同時に実施していると考えられる。積み替え輸送の選択自体は、個々の荷主による離散的な選択行動である(3. 3節参照)。しかし、コンテナ車の発生・集中する物流施設においては、積み替え輸送を独立したモデルとして取り扱うことは困難である。そこで、本節では、地域全体を集計的に見た時の、積み替え輸送の能力をモデルの変数の中に組み込むことを考える。したがって、③に対しては、積み替え輸送の能力を示す変数として、地域における物流施設の規模をモデルの変数に採用する。

(2) モデルの定式化

4. 5. 3項に基づくトビットモデルにより、コンテナ車の交通量分布を次のように定式化する。

W: ある地域におけるコンテナ車の交通量

L: コンテナ車の交通量の下限値 (= 0)

Y: 線形結合

$$Y = \beta + \sum_{i=1}^n \beta_i \frac{q_i}{D} \quad \dots (4-20)$$



ここで、

- q<sub>i</sub> : 地域においてコンテナ車の交通量に関連する活動の規模(i=1, ..., n)
- D : 港湾までの輸送距離
- β<sub>i</sub> : パラメータ(i=1, ..., n)
- β<sub>0</sub> : 定数項

である。ただし、各地域における観測数は1回とする。

### (3) 適用データと分析内容

分析は昭和61年実績値<sup>4-18)</sup>を用い、東京港及び横浜港を経由するコンテナ車を対象とする。地域の単位には首都圏(1都6県)における市区町村を用いる(表4-9参照)。また、コンテナ車の交通量に関連する諸活動として、各地域における①物流<sup>4-29)</sup>、②工業<sup>4-15)</sup>、③商業<sup>4-16)</sup>の活動規模を考え、これらを④港湾までの輸送距離<sup>4-19)</sup>で除したものを、モデルの変数とする(表4-9参照)。

表4-9 適用データ

		適用データ	単位
目的変数		輸出入コンテナ積載車両の交通量 <sup>4-18)</sup>	TEU / 2日間
説明変数	①	物流活動の規模：物流業務施設面積 <sup>4-29)</sup>	m <sup>2</sup>
	②	工業活動の規模：工業製品出荷付加価値額 <sup>4-15)</sup>	100万円/年
	③	商業活動の規模：卸売業販売額 <sup>4-16)</sup>	100万円/年
	④	輸送の利便性：港湾までの輸送距離 <sup>4-19)</sup>	km
分析単位	O	地域	茨城、栃木、群馬、埼玉、千葉、東京、神奈川の各都県における市区町村
	D	港湾	東京港、横浜港
サンプル数：172， TEU：20ftコンテナ換算個数			

パラメータの推定には最尤推定法を適用し<sup>4-19)</sup>、線形結合に対する尤度比検定により、トビットモデルの有意性を検証する。また、パラメータは、トビットモデルと重回帰モデルの双方を推定し、両者の推定値の比較からトビットモデルの有効性を検討する。

### 4.5.5 パラメータの推定

#### (1) 推定結果

式(4-20)によるトビットモデルを適用した、コンテナ車の交通量分布モデルの推定パラメータを表4-10に示す。分析の結果、採用した変数はすべて有意となり、モデルの推定値と観測値の相関は、輸出モデルで0.808、輸入モデルで0.686となった。

表4-10 パラメータ推定結果

変数	輸出モデル				輸入モデル			
	トビットモデル		重回帰モデル		トビットモデル		重回帰モデル	
	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値
定数項	-30.61657	-6.158**	-3.57465	-0.669	-27.91484	-5.440**	1.09193	0.159
①物流活動 ④輸送距離	3.05844×10 <sup>-3</sup>	7.153**	2.83404×10 <sup>-3</sup>	6.395**	6.83876×10 <sup>-3</sup>	8.624**	6.02351×10 <sup>-3</sup>	14.121**
②工業活動 ④輸送距離	5.57011×10 <sup>-2</sup>	9.989**	4.36420×10 <sup>-2</sup>	20.247**	1.95645×10 <sup>-2</sup>	3.601**	1.05450×10 <sup>-2</sup>	5.967**
③商業活動 ④輸送距離	-6.17393×10 <sup>-5</sup>	-7.104**	-5.55643×10 <sup>-5</sup>	-6.681**	-4.37539×10 <sup>-5</sup>	-5.015**	-3.68673×10 <sup>-5</sup>	-5.043**
σ <sup>2</sup>	2.01514×10 <sup>3</sup>	6.636**	1.01882×10 <sup>3</sup>	23.865**	1.97121×10 <sup>3</sup>	6.151**	8.44637×10 <sup>2</sup>	22.613**
推定値と観測値の相関	0.808		0.787		0.686		0.719	
対数尤度	L <sub>1</sub> = -505.25		L <sub>2</sub> = -537.02		L <sub>3</sub> = -455.94		L <sub>4</sub> = -495.60	
χ <sup>2</sup> 尤度比検定結果	-2(L <sub>2</sub> - L <sub>1</sub> ) = 63.54**				-2(L <sub>4</sub> - L <sub>1</sub> ) = 79.32**			
<small>L<sub>1</sub>: トビットモデルの対数尤度, L<sub>2</sub>: トビットモデルにおいて重回帰モデルのパラメータを仮定した場合の対数尤度            サンプル数: 輸出172(83), 輸入172(93), **: 1%有意, *: 5%有意            注1) 推定値と観測値の相関は、ODベースの相関である。            注2) サンプル数における括弧内の数値は交通量の観測されないリアルの数を意味する。パラメータの推定は最尤推定法による。</small>								



ここで、同じ変数を用いて推定した重回帰モデルと比較すると、モデルの相関には大きな相違は見られない。しかし、トビットモデルの推定値は、サンプルの潜在的な可能性(確率)に基づく期待値であるため、単に与えられた観測値との相関を最大化した重回帰モデルの推定値とは性質が異なる。したがって、観測値との相関だけでは両者の相違を判断することはできない。

例えば、各変数のパラメータの絶対値は、トビットモデルの方が重回帰モデルより大きくなっている。(表4-10参照)。さらに、トビットモデルの線形結合を重回帰モデルのパラメータに制限して、尤度比による $\chi^2$ 分布適合度検定を行なった結果、トビットモデルの有意性が示された(表4-10参照)。

## (2) コンテナ車の交通量分布の構造

表4-10におけるパラメータを見ると、輸出入ともに物流活動と工業活動によるパラメータは正であり、商業活動によるパラメータは負となっている。これについては、次のように考えることができる。

### (a) 地域における物流活動

物流活動のパラメータは、4.5.2.(2)項で述べた積み替え輸送に対応すると考えられる。したがって、この変数が大きくなる地域では、その地域で生産・消費される輸出入コンテナ貨物が少くても、他地域からの積み替え輸送により、コンテナ車の交通量は多量に存在することになる。また、一般に輸入貨物は、国内で消費されるまでの時間が比較的に長いため、倉庫等での保管を前提とする場合が多い。表4-10における物流活動のパラメータが、輸出モデルより輸入モデルの方で大きいことには、このような理由が考えられる。

### (b) 地域における工業活動

工業活動のパラメータは、地域における貨物の生産と消費活動を反映していると考えられる。この変数が大きな地域では、その地域で生産・消費される貨

物を積載した、コンテナ車の交通量が多くなることを意味する。しかし、輸出入コンテナ輸送には製品・加工品系の貨物が適しており<sup>4-7)</sup>、工業活動における粗原材料や燃料の輸送(輸入)は不向きである。表4-10における工業活動のパラメータが、輸入モデルより輸出モデルの方で大きいことには、このような理由が考えられる。

### (c) 地域における商業活動

輸出入コンテナ貨物には、卸売業者等による商業活動をベースに流通する場合も存在する。しかし、コンテナ車が関連を持つのは生産・保管拠点が主であるため、商業活動による輸出入コンテナ貨物の需要が活発な地域において、コンテナ車の交通量が多いとは限らない。また、貨物が仲買業者等を経て流通する場合は、陸上輸送コストの負担を軽減するために、積み替え輸送を選択する可能性も高まると考えられる<sup>4-8)</sup>。したがって、ある地域において商業活動が活発化すれば、その貨物の保管やコンテナへの詰め・取り出しを担当する地域において、コンテナ車の交通量が増加し、その地域のコンテナ車の交通量は、商業活動の規模に反して相対的に減少すると考えられる。

表4-10において、商業活動のパラメータが負で有意となったことには、以上のような理由が考えられる。

## (3) トビットモデルの有効性

### (a) 重回帰モデルとの比較

重回帰モデルでは、推定値が線形となるため、実際には有り得ない値が予測されることもある。また、今回の分析例のように観測値が0となるサンプルが多数存在する場合は、その影響を受けて線形結合の傾きが小さくなるよう推定されてしまう(図4-8, 表4-10参照)。例えば、本研究で適用した重回帰モデルの推定値は、最小値が負の値を示しており、非現実的である。また、最大値においては、過小評価となっている(表4-11参照)。



これに対して、本研究で適用したトビットモデルでは、推定値が各地域の説明変数に対応した、コンテナ車の交通量の存在確率に基づく期待値で示される(4.5.3.(2)項参照)。そのため、推定値の集合は非線形となり、かつ、観測値が0のサンプルも、その推定値は正の値をとり現実と矛盾しない(図4-8,表4-11参照)。このように、トビットモデルの推定値には、サンプルの観測値に表われない潜在的な交通量が評価されるため、推定値の最小値は0とはならず、また、その平均値は、観測値の平均値より大きな値をとっている(表4-11参照)。

(b) トビットモデルの適用性

トビットモデルには、以上のような数値的な面での有効性に加えて、その構造上に最大の利点がある。トビットモデルでは、ある特定の値しかとらないサンプル(限界値を示すサンプル)とその上方もしくは下方に連続的に変化するサンプルの双方を仮定している(図4-8参照)。これは、離散的なデータと連続的なデータを同時に用いてモデル化することを意味する。もし、すべてのサンプルが連続的なデータしか示さないのであれば、必ずしもトビットモデルは必要ではない。また、サンプルのすべてが離散的な値を示すのであれば、ロジットモデル等の離散的なデータを分析する手法が適当である。しかし、本節で用いた実績値には、コンテナ車の交通量が観測されないサンプルと、大小様々な交通量を示すサンプルが混在しており、トビットモデルの適用が妥当となった。

表4-11 トビットモデルの有効性(推定値と観測値の比較: TEU/2日間)

	観測値	輸出モデル		観測値	輸入モデル	
		トビット	重回帰		トビット	重回帰
最小値	0.0	6.7	-12.4	0.0	7.2	-12.1
最大値	517.0	301.4	298.7	348.0	284.0	273.1
平均値	15.1	20.3	15.1	11.1	15.4	11.1

4.5.6 本節のまとめ

本節は、港湾周辺の都市交通計画に重要な、コンテナ車の交通量分布のモデル化を第一の目的とした。さらに、潜在的な交通量の把握に必要な、トビットモデルの有効性を検証することが、第二の目的であった。分析の結果、コンテナ車の交通量分布はトビットモデルにより記述され、以下の点が明らかになった。

- ① コンテナ車の交通量は、地域の諸活動の規模に関連して分布するが、その影響力は港湾に対する輸送の利便性(港湾までの距離)に依存する。
- ② 物流活動の規模は、他地域からの積み替え輸送によるコンテナ車の交通量に影響する。
- ③ 工業活動の規模は、その地域で生産・消費される貨物による、コンテナ車の交通量に対応する。
- ④ 商業活動の規模は、コンテナ車の交通量を減少させる特性を示すが、貨物の保管や荷役を担当する他の地域の交通量を増加させる可能性を持つ。
- ⑤ コンテナ車の交通量分布のモデル化は、分析データに限界が存在すること、及び、推定値の妥当性から、トビットモデルの適用が有効である。

なお、本研究で用いたトビットモデルは、主として欧米において計量経済学の分野で用いられてきた。しかし、その考え方は、様々な現象分析への応用が可能であり、今後の活用が期待される。

さて、本節で構築したモデルは、4.2節で述べたように、実態より小規模なサンプルデータに対応するため、その推定値はそのまま予測に用いることはできない。しかし、トビットモデルにより潜在的な交通量が、期待値として確率的に評価されているので、OD分布の空間的構造は実態に沿った形で妥当に把握されていると考えられる。したがって、このモデルを本章の需要予測体系の中で用いるためには、各ODの推定量を全ODによる推定量の総和で除した、OD別分布期待確率値を求め、それに、あらかじめ推定された港湾出入総コンテナ数(TEU)をかければ、各ODにおけるコンテナ車の分布交通量が推定できると考えられる。この点については、4.7節で具体的に検討する。



#### 4. 6 貨物輸送におけるコンテナサイズの選択行動

##### 4. 6. 1 はじめに

現在の物流活動においては、輸送効率の優れたコンテナ輸送システムが広く普及している。このコンテナのサイズは、それを積載するトラック等の車両に直接影響を与えることになる。最近の研究では、輸出入コンテナサイズの大型化<sup>4-30)</sup>が指摘され(1. 3節, 3. 4節参照)、それに伴う港湾周辺の大規模車による交通量増加が問題視されている<sup>4-22)</sup>(4. 4節参照)。また、国内コンテナにおいても、コンテナの大型化に対する車両の技術的な検討<sup>4-31)</sup>が行われている。したがって、物流活動において、どのようなニーズによりコンテナサイズが選択されているのかを知り、サイズの大型化等への今後の動向を検討することは、都市計画・交通計画にとっても重要である。

コンテナサイズの選択は、規格化された特定のサイズの制限により、離散連続的な現象となる。そこで、本節は、上限と下限を持つトビットモデル<sup>4-32)</sup>を適用するとともに、新たにその期待値の算出方法を開発し、サイズの規格制限下における、コンテナサイズの選択行動のモデル化を第一の目的とする。さらに、既存モデルとの比較を通して、離散連続モデルとしてのトビットモデルの有効性を検証する。

なお、分析には、全世界に流通し、国内においても大都市臨海部において多量に輸送されている<sup>4-33)</sup>、輸出入コンテナの長さを対象とする。

##### 4. 6. 2 離散連続的なコンテナサイズの選択現象

###### (1) コンテナサイズの規格

コンテナは、構造物としては単なる箱であり、そのサイズは本来連続的に作り得るものである。しかし、貨物輸送容器としてのコンテナは、①不特定多数の荷主により繰り返し利用されること、②異なる輸送機関に適合する必要があること、③道路等の社会基盤施設において運用可能であること、などの社会、

経済、公共上の制約から、一般に、そのサイズは、ある限られた特定の規格に統一されている<sup>4-25, 31)</sup>。例えば、輸出入コンテナの場合、ISO(国際標準化機構)<sup>4-25)</sup>規格の20ftコンテナと40ftコンテナが国内流通を認可されている(図4-9参照)。

しかし、規格化されたコンテナのサイズも、社会のニーズによって徐々に変化して行く。最近の米国やECにおける輸出入コンテナの主流は、すでに45ftや50ftといった、大型サイズへと移っている<sup>4-30)</sup>。我が国における輸出入コンテナの保有数を見ても<sup>4-34)</sup>、40ftを越えるサイズのコンテナが年々大幅に増加している(図4-9参照)。しかし、これらのコンテナはまだ、国内流通を認可されていない。

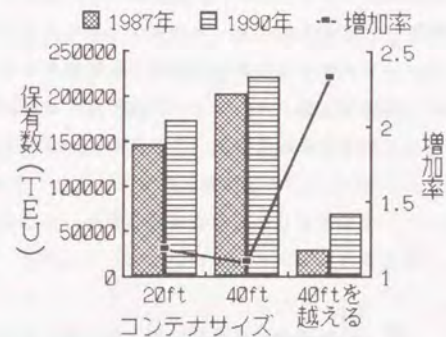


図4-9 日本における輸出入コンテナ保有数の推移  
文献4-34)より作成  
TEU: 20ftコンテナ換算個数

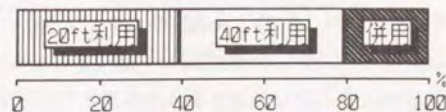


図4-10 サイズ別コンテナの利用状況  
昭和61年実績値<sup>4-10)</sup>より作成  
首都圏における476件の出荷の集計



## (2) 離散的選択と連続的選択が混在する現象

以上のような規格化の結果、離散的なある特定のサイズのコンテナだけが、広域的に流通することになる(図4-9参照)。しかし、物流活動におけるコンテナサイズに対する需要は、貨物の出荷に伴う個別の事情に依存し、連続的に変化すると考えられる。よって、適当なサイズのコンテナが存在しなければ、次善の策として、異なるサイズのコンテナが併用される場合も考えられる。例えば、日本における輸出入コンテナの利用の場合は、20ftコンテナと40ftコンテナを併用するケースが、全体の20%以上に及んでいる(図4-10参照)。さらに、コンテナサイズの選択状況を、出荷一件あたりの選択サイズ平均値で調べると、両者を併用する場合は、その値が出荷ごとに連続的に変化している(図4-11参照)。

このように、コンテナサイズの選択行動は、①特定のサイズだけを利用する離散的な選択と、②異なるサイズのコンテナを併用する連続的な選択、が混在する現象と考えることができる(図4-11参照)。

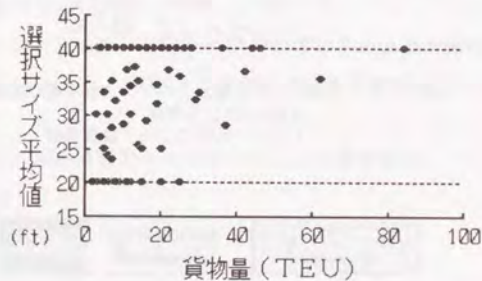


図4-11 離散連続的なコンテナサイズの選択現象  
昭和61年実績値<sup>4-18)</sup>より作成  
首都圏における476件の出荷の選択行動

## (3) トビットモデルの適用性

### (a) 離散連続モデルとしてのトビットモデルと国内の研究事例

コンテナサイズの選択が離散連続的な現象となるのは、サイズに規格という制限が存在するためである。このような、現象に何等かの制限が生じたことにより、離散連続的な問題に対しては、トビットモデルが有効と考えられる。

トビットモデルは、J.Tobin(1958)<sup>4-27)</sup>によって開発されたが(4.5節参照)、最近では、国内においてもトビットモデルは注目され、渡辺<sup>4-28)</sup>の研究では、道路交通量推計手法への応用という視点で、トビットモデルを詳細に検討し、独自の試算を行っている。また、屋井<sup>4-29)</sup>らの研究では、高層住宅の新規販売に対する需要と供給の関係を、供給個数制限下における需要問題としてトビットモデルを適用し、その線形結合のパラメータを利用している。さらに、渡辺<sup>4-28)</sup>の研究では、輸出入コンテナの積載車両の交通量分布に対して、サンプルの観測期間による制約と、貨物の出入荷のタイミングと規模の相違、という2つの制限下における離散連続問題としてトビットモデルを仮定し、確率に基づく期待値によって潜在的な交通量の分布を推定している。なお、この研究は、本章4.5節のベースとなっている(4.5節参照)。

### (b) 上限と下限を持つ選択現象への応用

通常のトビットモデルは、上限もしくは下限といった、ある1つの制限が現象に存在する場合を想定したものであった。しかし、輸出入コンテナのサイズの選択は、上限40ft、下限20ftという2つの制限が同時に存在する現象となる(図4-11参照)。このような現象に対しては、R.Rosett(1975)<sup>4-27)</sup>らの研究がモデル化を試みている。彼等は、J.Tobin(1958)<sup>4-27)</sup>によって示された、1つの制限を持つトビットモデルの概念を拡張し、上限と下限が同時に存在する現象を理論的に仮定し、シミュレーションデータによってトビットモデルの線形結合の推定を行っている。

しかし、この研究では、上限と下限を持つ場合のトビットモデルに関する、



期待値の概念は示されておらず、離散連続的な現象を具体的に予測することはできない。また、実際の現象にこのモデルを適用した例も、まだ報告されていない。そこで本論文は、コンテナサイズの選択現象へ上限と下限を持つトビットモデルを適用し、新たにその期待値の概念を導入し、その算出方法の開発を試みる(4.6.3項(3)参照)。

#### 4.6.3 上限と下限を持つトビットモデル

##### (1) 上限と下限を持つトビットモデルの概要

社会現象を表わす目的変数の中には、離散的な上限と下限を持ち、その両者の間では、連続的に数値が変化する場合が考えられる(図4-11参照)。このとき、その説明変数は、

- ① 目的変数が上限値をとる確率
- ② 目的変数が下限値をとる確率
- ③ 目的変数が上限値や下限値をとらない場合の変数値の確率分布

のそれぞれに影響を及ぼすと考えられる。ここで、目的変数(W)が連続的に観測される場合において、Wは説明変数(X)に関連すると仮定し、Xの線形結合を平均とする確率分布で表現する(図4-12参照)。さらに、Wが上限値もしくは下限値に離散的となつて観測される場合は、その確率を、Xの線形結合とWの上限値、下限値との偏差によって示す(図4-12参照)。R.Rosett(1975)<sup>4)</sup>の方法は、以上のような仮説に基づいている。

この考え方をさらに拡張し、Xの任意の位置におけるWの存在確率を求め、その期待値を算出すれば、①上限、②上限と下限の間の部分の線形結合、③下限、のそれぞれに漸近的で連続した、Wに対する非線形な推定値を得ることができる(図4-12参照)。

この上限と下限を持つトビットモデルの能力は、回帰分析と比較すれば明確に理解できる(図4-12参照)。上限と下限に制限されて離散連続的となつ

たサンプルに対して回帰分析を行うと、上限と下限の双方に存在する離散的なデータに、回帰直線が強く影響を受けて、その傾きが極めて小さくなってしまふ。これに対して、上限と下限を持つトビットモデルでは、離散的なデータに対して上限や下限が存在しなかった場合における潜在的な可能性を仮定するために、バイアスのかからない線形結合を得るとともに期待値によって、離散データと連続データの双方に対して妥当な推定値を提供できる(図4-12参照)。

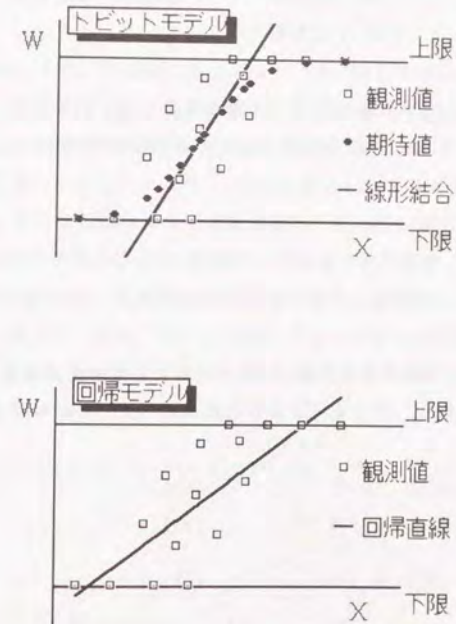


図4-12 上限と下限を持つトビットモデルのイメージ



(2) 上限と下限を持つトビットモデルの導出

(a) 確率モデルの記述

まず、 $W$ を下限 ( $L_1$ )、上限 ( $L_2$ ) が存在する目的変数とし、 $Y$ を独立な説明変数 ( $X_1, X_2, \dots, X_m$ ) の線形結合とする。ここで、

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_m X_m \quad \dots (4-21)$$

$\beta_i$  : パラメータ ( $i=1, \dots, m$ )  
 $\beta_0$  : 定数項

である。さらに、未知な変数をランダムなものとして  $\varepsilon$  で示し、 $Y$ を $W$ の分布の平均と仮定すれば、 $W$ の取り得る状態は次のように表現できる。

$$\begin{aligned} W=L_1 & \quad (Y-\varepsilon < L_1) \\ W=L_2 & \quad (Y-\varepsilon > L_2) \\ W=Y-\varepsilon & \quad (L_1 \leq Y-\varepsilon \leq L_2) \quad \dots (4-22) \end{aligned}$$

よって、 $W$ に対する確率分布関数( $F$ )及び対応する確率密度関数( $f$ )は、 $\varepsilon$ に正規分布を仮定すると、式(4-21)と式(4-22)から以下となる。

$$\begin{aligned} F(u; Y, L_1, L_2) &= 0 & (u < L_1) \\ F(u; Y, L_1, L_2) &= 0 & (u > L_2) \\ F(L_1; Y, L_1, L_2) &= Q\left\{ \frac{Y-u}{\sigma} \right\} & (u=L_1) \quad \dots (4-23) \end{aligned}$$

$$F(L_2; Y, L_1, L_2) = P\left\{ \frac{Y-u}{\sigma} \right\} \quad (u=L_2) \quad \dots (4-24)$$

$$F(u; Y, L_1, L_2) = Q\left\{ \frac{Y-u}{\sigma} \right\} \quad (L_1 < u < L_2)$$

$$f(u; Y, L_1, L_2) = \frac{1}{\sigma} Z\left\{ \frac{Y-u}{\sigma} \right\} \quad (L_1 < u < L_2) \quad \dots (4-25)$$

- U : 確率変数
- $\sigma$  : 標準偏差 ( $\sigma^2$  : 分散)
- P : 標準正規確率分布関数
- Q : 1-P
- Z : 標準正規確率密度関数

(b) 尤度関数の定式化

ここで、下限 $L_1$ において観測されるサンプルを $p$ 個とする。個々のサンプルは、それぞれ下限 $L_1$ と同じ値をとる目的変数値( $W^1_i$ )及び、独立変数値( $X^1_{i1}, X^1_{i2}, \dots, X^1_{im}$ )とその線形結合値( $Y^1_i$ )により表現する。ただし、 $i=1, \dots, p$ である。同様に、上限 $L_2$ で観測されるサンプルは $q$ 個とし、それぞれ( $W^2_j, X^2_{j1}, X^2_{j2}, \dots, X^2_{jm}, Y^2_j$ )として記述する。ただし、 $j=1, \dots, q$ である。また、下限 $L_1$ と上限 $L_2$ の間で観測されるサンプルは $r$ 個とし、それぞれ( $W_k, X_{k1}, X_{k2}, \dots, X_{km}, Y_k$ )として同様に記述する。ただし、 $k=1, \dots, r$ である。これより、サンプルの尤度関数( $\phi$ )を、式(4-21, 23, 24, 25)によって定義すると

$$\begin{aligned} \phi(\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m, \sigma^2) &= \prod_{i=1}^p F(W^1_i; Y^1_i, L_1, L_2) \prod_{j=1}^q F(W^2_j; Y^2_j, L_1, L_2) \\ & \quad \prod_{k=1}^r f(W_k; Y_k, L_1, L_2) \\ &= \prod_{i=1}^p Q\left\{ \frac{Y^1_i - L_1}{\sigma} \right\} \prod_{j=1}^q P\left\{ \frac{Y^2_j - L_2}{\sigma} \right\} \\ & \quad \prod_{k=1}^r \frac{1}{\sigma} Z\left\{ \frac{Y_k - W_k}{\sigma} \right\} \quad \dots (4-26) \end{aligned}$$

となる。よって、式(4-26)を対数尤度化し、適当な初期値を与えてニュ



ートラフソン法等による繰り返し計算を行なえば、最尤推定法によるパラメータを得ることができる<sup>4-20)</sup>。

### (3) 上限と下限を持つ場合の期待値

上限と下限を持つトビットモデルにおいても、通常のトビットモデルと同様に<sup>4-20)</sup>、その期待値を考えることができる。ここで、式(4-22)の概念から、Wには任意の説明変数において、①下限 $L_1$ に対する存在確率、②上限 $L_2$ に対する存在確率、そして、③下限 $L_1$ と上限 $L_2$ の間に分布する確率、の3つが存在する。よって、Yと $L_1$ 、 $L_2$ が与えられた時のWの期待値(E)は、式(4-23, 24, 25)を用いて、

$$E(W; Y, L_1, L_2) = L_1 Q\left\{ \frac{Y-L_1}{\sigma} \right\} + L_2 P\left\{ \frac{Y-L_2}{\sigma} \right\} + \int_{L_1}^{L_2} \frac{u}{\sigma} Z\left\{ \frac{Y-u}{\sigma} \right\} du$$

と表現できる。ここで、 $x=(Y-u)/\sigma$ とおき、上式の第3項に変数変換をほどこせば、

$$E(W; Y, L_1, L_2) = L_1 Q\left\{ \frac{Y-L_1}{\sigma} \right\} + L_2 P\left\{ \frac{Y-L_2}{\sigma} \right\} + Y \int_{(Y-L_2)/\sigma}^{(Y-L_1)/\sigma} Z(x) dx + \sigma \int_{(Y-L_2)/\sigma}^{(Y-L_1)/\sigma} -xZ(x) dx$$

となる。さらに、正規分布の性質から、

$$Z(x) = \frac{dP(x)}{dx}, \quad -xZ(x) = \frac{dZ(x)}{dx}$$

であるので、期待値(E)は最終的に

$$E(W; Y, L_1, L_2) = L_1 Q\left\{ \frac{Y-L_1}{\sigma} \right\} + L_2 P\left\{ \frac{Y-L_2}{\sigma} \right\} + Y \left[ P\left\{ \frac{Y-L_1}{\sigma} \right\} - P\left\{ \frac{Y-L_2}{\sigma} \right\} \right] + \sigma \left[ Z\left\{ \frac{Y-L_1}{\sigma} \right\} - Z\left\{ \frac{Y-L_2}{\sigma} \right\} \right] \quad \dots (4-27)$$

となる。これが、上限と下限を持つトビットモデルの推定値となり、その値は非線形で表現される(図4-12参照)。このように、トビットモデルでは、推定値が確率に基づく期待値で示されるため、上限値や下限値しかとらない離散的なサンプルに対しても、連続的な数値で予測を行うことが可能である。

## 4.6.4 コンテナサイズの実行行動のモデル化

### (1) モデル化の条件

2章における分析から、コンテナサイズの実行行動をモデル化するには、以下の3つの条件を満たす必要があると考えられる。

- ① 離散連続的な選択現象のモデル化
- ② コンテナサイズの規格値をモデルに導入
- ③ コンテナサイズに対する需要を連続的に予測

そこで、本節では、まず、条件①に対しては3章の分析に基づき、上限と下限を持つトビットモデルを適用する。次に、条件②に対しては、輸出入コンテナの規格サイズにより、上限値を40ft、下限値を20ftとしてトビットモデルを定式化する。

そして、条件③に対しては、本節で開発した上限と下限を持つトビットモデル



ルの期待値を用いて表現する(4.6.3項(3)参照)。

(2) モデルの定式化

以上に基づき、コンテナサイズの選択モデルを、上限と下限を持つトビットモデルにより、次のように定式化する。

- $W_i$  : 輸出入コンテナの出荷における選択サイズの平均値  
(業者によるコンテナ出荷一件あたりの非集計データ)
- $L_1$  : 20ft (選択サイズ平均値の下限)
- $L_0$  : 40ft (選択サイズ平均値の上限)
- $Y_i$  : 説明変数による線形結合
- $i$  : サンプル ( $i=1, \dots, n$ )

ここで、

$$Y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^m \beta_j X_{ij} \quad \dots (4-28)$$

- $X_{ij}$  : 輸出入コンテナサイズの選択に関連する説明変数 ( $j=1, \dots, m$ )
- $\beta_j$  : パラメータ ( $j=1, \dots, m$ ) ,  $\beta_0$  : 定数項

である。ただし、サンプルが下限 $L_1$ で観測される場合は、 $W^1_i = W_i$  ,  $Y^1_i = Y_i$ とし、上限 $L_0$ で観測される場合は、 $W^0_i = W_i$  ,  $Y^0_i = Y_i$ として、式(4-26)に適用する。

(3) 適用データ

(a) 目的変数

分析は、昭和61年の実績値<sup>4-18</sup>を用い、目的変数には、東京港及び横浜港を利用して出荷された輸出入コンテナの、出荷一件あたりの選択サイズの平均

値を適用する。これは、荷主からの貨物に応じて輸出入コンテナのサイズを決定し、それを出荷する輸送主体<sup>4-25</sup>(船会社もしくは利用運送業者)単位による非集計データである(表4-12参照)。サンプル数は476であり、このうち20ftコンテナのみを利用したのは187サンプル、40ftコンテナのみを利用したのは192サンプル、そして、20ftと40ftの双方のコンテナを併用したのは97サンプルである(表4-12参照)。

(b) 説明変数

コンテナサイズの選択に関連する説明変数には、コンテナサイズの選択行動を行う輸送主体の固有属性と、貨物の荷主が存在する地域の経済属性、の2つを考える必要がある。本論文では、基本的なものとして、前者には①貨物量<sup>4-18</sup>、②輸送主体の種類<sup>4-18</sup>、③貨物の品目<sup>4-18</sup>、④輸出入の相違<sup>4-18</sup>、⑤輸

表4-12 適用データ

変数		適用データ	単位	
目的変数		選択された輸出入コンテナサイズの平均値 <sup>①</sup>	ft.	
説明変数	輸送主体固有属性	①出荷貨物量 <sup>4-18</sup>	出荷一件あたりの総コンテナ数	TEU
		②輸送主体の種類 <sup>4-18</sup>	1:船会社, 0:利用運送業者(倉庫業等)	ダミー
		③貨物の品目 <sup>4-18</sup>	1:雑貨混載(不特定荷主), 0:同一品目積載(特定荷主)	ダミー
		④輸出入の相違 <sup>4-18</sup>	1:輸出貨物, 0:輸入貨物	ダミー
		⑤輸送料金比 <sup>4-17</sup>	20ftコンテナ利用運賃÷40ftコンテナ利用運賃	比率
	地域経済属性	⑥輸出入活動利便性 <sup>4-18</sup>	港湾との距離(トラックによる実走行距離)	km
		⑦物流活動の規模 <sup>4-29</sup>	物流業事業所における貨物保管面積	m <sup>2</sup>
		⑧工業活動の規模 <sup>4-15</sup>	工業製品出荷付加価値額(年間)	100万円
		⑨商業活動の規模 <sup>4-10</sup>	卸売業販売額(年間)	100万円
分析単位	O 地域	荷主が存在する茨城, 栃木, 群馬, 埼玉, 千葉, 東京, 神奈川の各都県における市区町村		
	D 港湾	東京港, 横浜港		
サンプル		輸出入コンテナの輸送主体による出荷一件あたりの非集計データ <sup>4-18</sup>		
サンプル数: 476 (20ftのみ利用: 187サンプル, 40ftのみ利用: 192サンプル, 20ftと40ftを併用: 97サンプル) TEU: 20ftコンテナ換算個数				



送料金比<sup>4-17)</sup>を適用し、後者には、⑥輸出入活動の利便性<sup>4-18)</sup>、⑦物流活動の規模<sup>4-19)</sup>、⑧工業活動の規模<sup>4-15)</sup>、⑨商業活動の規模<sup>4-16)</sup>を適用する(表4-12参照)。

#### 4.6.5 パラメータの推定

##### (1) 推定結果

表4-12に示したデータを式(4-28)に適用し、相互に独立な変数に

表4-13 パラメータ推定結果

推定モデル 説明変数	トビットモデル		プロビットモデル		重回帰モデル		
	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値	
輸送主体固有属性	①出荷貨物量	1.67575	7.327**	$7.09412 \times 10^{-2}$	5.231**	0.32842	6.207**
	②輸送主体の種類	18.15461	2.466*	0.45349	1.898	3.00206	2.053*
	③貨物の品目	15.83012	3.457**	0.51520	3.536**	2.92685	3.110**
	④輸出入の相違	-	-	-	-	-	-
	⑤輸送料金比	-	-	-	-	-	-
地域経済属性	⑥輸出入活動の利便性	-	-	-	-	-	-
	⑦物流活動の規模	$-2.23192 \times 10^{-5}$	-3.360**	$-5.49979 \times 10^{-7}$	-2.756**	$-4.40216 \times 10^{-6}$	-3.421**
	⑧工業活動の規模	$-2.38981 \times 10^{-4}$	-2.819**	$-6.22326 \times 10^{-6}$	-2.346*	$-4.61277 \times 10^{-5}$	-2.707**
	⑨商業活動の規模	-	-	-	-	-	-
定数項	21.40626	4.654**	-0.30106	-1.875	28.47902	27.998**	
分散 ( $\sigma^2$ )	$1.20201 \times 10^3$	5.407**	-	-	-	-	
説明力	$\rho^2 = 0.173$		$\rho^2 = 0.092$		$R^2 = 0.113$		
	$\rho_{L^2} = 0.259$		-				
的中率	61.98%		62.78%		61.34%		
推定方法	最尤推定法		最尤推定法		最小自乗法		

\*\* : 1%有意, \* : 5%有意, 無印 : 10%有意  
 $\rho^2$  : すべてのパラメータを0とした場合(分散を除く)と比較した自由度調整済み尤度比,  
 $\rho_{L^2}$  : 重回帰モデルのパラメータと比較した自由度調整済み尤度比,  $R^2$  : 自由度調整済み決定係数  
注1) プロビットモデルの推定では、目的変数が30ft以上のものを1, 30ftより小さいものを0として分析した。  
注2) 的中率の算出方法:  
今回の分析では、サイズの上限值と下限値が物理的な意味を持つので、3つのモデルに共通した的中率の算出を次のように行った。まず、実績値と推定値の誤差をサイズ選択幅(上限-下限=20ft)に対する百分率(%誤差)で示し、100%からその%誤差を差し引いた値を推定値の説明力と考える。そして、この数値の全サンプルの平均をとって、モデル全体の的中率とした。

よって上限と下限を持つトビットモデルのパラメータを推定した結果、表4-13となった。この分析では比較のために、トビットモデルと同じ正規分布を仮定する、離散選択モデルとしてプロビットモデルを適用し、また、連続モデルとしては重回帰モデルを適用し、両者のパラメータの推定も行った。

分析の結果、最終的に有意となった変数は、表4-12における①貨物量、②輸送主体の種類、③貨物の品目、⑦物流活動の規模、⑧工業活動の規模、と定数項及び分散(トビットモデルの場合)の七つである。

一般に、トビットモデルが有効な現象では、重回帰モデルを適用した場合と比較すると、その線形結合の傾きは、より大きくなると考えられる<sup>4-20)</sup>。表4-13では、重回帰モデルと比較してトビットモデルは、定数項の値が小さくなり、その他の変数はすべて格段にパラメータの絶対値が大きくなっている。よって、本論文において、コンテナサイズを選択モデルに上限と下限を持つトビットモデルを適用したことは、妥当であったと考えられる。

##### (2) コンテナサイズ選択行動の構造

###### (a) 輸送主体固有属性変数

表4-13における輸送主体固有属性には、①貨物量、②輸送主体の種類、③貨物の品目、の3つの変数がプラスで有意となっている。これには、次のような理由が考えられる。

まず、物流活動において貨物需要が多ければ、規模の経済性からサイズの大きなコンテナが有利と考えられる(①)。特に、船会社は膨大な量のコンテナの実運送を行うので、荷主の意向に密着した利用運送会社と比較すると、コンテナサイズの規模の経済性には敏感と考えられる(②)。また、雑貨は、単独でコンテナを満載にすることができない、不特定多数の荷主による少量の貨物の集合であるため、同一品目で満載にされる特定荷主の貨物と比較すると、運賃負担力は小さい<sup>4-23)</sup>。そのため、雑貨のコンテナ輸送には、輸送の経済性が最優先され<sup>4-23)</sup>、容積に対する運賃効率の優れた<sup>4-17)</sup>、大型サイズのコンテナが指向されていると考えられる(③)。



### (b) 地域経済属性変数

次に、表4-13における地域経済属性には、⑦物流活動の規模と⑧工業活動の規模がマイナスで有意となっている。これには、次のような理由が考えられる。

まず、本論文は物流活動の規模の変数に、物流事業所における貨物保管床面積を採用した(表4-12参照)。一般に、倉庫等の貨物保管活動を行う物流業者は、荷主の在庫管理活動と密接に関連している。したがって、現在のような多頻度少量物流が定着した社会では、一回の出荷においても多方面に少量ずつ発送される場合も多いと考えられる。このような状況にある物流業者がコンテナ輸送を行えば、サイズの小さなコンテナへのニーズが高まると考えられる(⑦)。これは、輸送主体固有属性変数において、輸送主体の種類の変数がプラスで有意になった事実と一致する(②)。また、貨物の多頻度少量化は、製品の高付加価値化と密接な関連がある<sup>4-30)</sup>。本節では、工業活動の規模の変数に工業製品の出荷付加価値額を採用している(表4-12参照)。したがって、高い付加価値を産出する地域ほど貨物の多頻度少量化が進行し、サイズの小さなコンテナへのニーズが生じると考えられる(⑧)。

### (3) トビットモデルの有効性

#### (a) パラメータ推定における既存モデルとの比較

本節で適用した上限と下限を持つトビットモデルを、プロビットモデル及び重回帰モデルと比較すると、的中率ではその善し悪しを判断することはできない(表4-13参照)。しかし、上述したように重回帰モデルでは、離散データの影響を受けて線形結合の傾き(定数項以外のパラメータの絶対値)が小さくなり、トビットモデルと比較すると各変数の影響力には、5~6倍の差が生じている(表4-13参照)。また、プロビットモデルの場合は、パラメータの大小の傾向はトビットモデルと似るが、説明力(尤度比)の比較ではかなり劣っている(表4-13参照)。このようなパラメータ推定上のトビットモデ

ルの有効性は、各モデルの推定値と実績値の比較において、歴然としている。例えば、図4-13は、表4-13における3つのモデルを比較したものであるが、トビットモデルと比較して、プロビットモデルは上限側(40ft)への偏りが激しく、重回帰モデルでは、上限をはるかに越える非現実的な推定値が示されている。このように、本節におけるコンテナサイズの選択行動のモデル化には、離散選択モデルであるプロビットモデルや、連続モデルである重回帰モデルの適用では、妥当な結果を得ることができなかった(図4-13参照)。

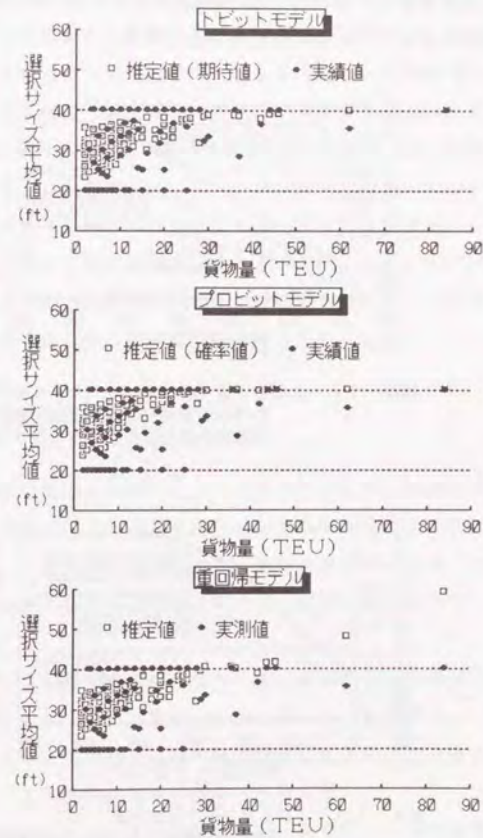


図4-13 各モデルの推定値と実績値の比較



(b) コンテナサイズの規格変化に対する予測

ここで、表4-13に示されたトビットモデルとプロビットモデルのパラメータを用いて、輸出入コンテナの国内流通サイズの規格制限が、現状の40ftから50ftに規制緩和された状況を、輸送主体の出荷貨物量の変化に対して予測する(図4-14、図4-15参照)。

まず、トビットモデルでは、式(4-27)において $L_1=20, L_2=40$ とおいた現状に対する期待値と、式(4-27)において $L_1=20, L_2=50$ とおいた規制緩和後の期待値を求め、その両者を比較した(図4-14参照)。その結果、コン

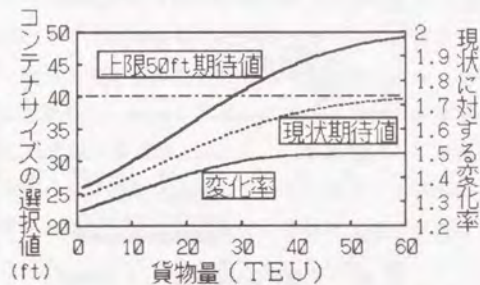


図4-14 上限と下限を持つトビットモデルの予測  
利用運送業者による同一品目積載の例  
地域経済属性は東京都中央区を仮定

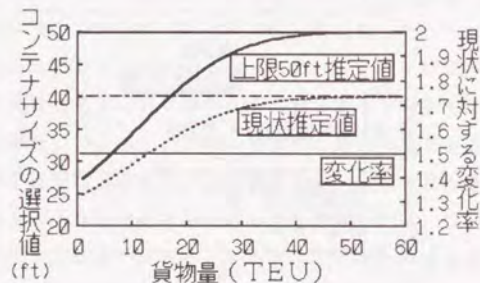


図4-15 プロビットモデルの予測  
利用運送業者による同一品目積載の例  
地域経済属性は東京都中央区を仮定

テナサイズに対する選択需要の変化は、輸送主体の出荷貨物量の増加に伴って、連続的に上昇して行くという予測結果となった(図4-14参照)。この予測に基づけば、コンテナサイズの規制緩和による影響が大きいのは、現状において40ftコンテナを多用する輸送主体であり、逆に、20ftコンテナを多用する輸送主体では、その影響は小さいと考えられる。これは、4.6.5項(2)で検討したコンテナサイズに対する規模の経済性の概念に一致する(図4-14参照)。

次に、プロビットモデルでは、確率値(P)を20ft(P=0)から40ft(P=1)に対応させた現状に対する推定値と、確率値を20ft(P=0)から50ft(P=1)に対応させた規制緩和後の推定値を求め、その両者を比較した(図4-15参照)。その結果、コンテナサイズに対する選択需要の変化は、貨物量の相違にかかわらず一定となり、すべての輸送主体において同率の変化が生じるという予測結果となった(図4-15参照)。これは、4.6.5項(2)で検討したコンテナサイズに対する規模の経済性の概念に矛盾している(図4-15参照)。

以上のように、上限と下限を持つトビットモデルは、コンテナサイズ等の技術的指標を直接モデルの中に記述することが可能なため、ハードウェアの変化等を前提とした長期予測には、有効な手法と考えられる。

4.6.6 本節のまとめ

本節は、物流活動に用いられているコンテナのサイズが、車両規模や道路等の社会基盤施設に影響を与えることに注目し、その選択行動を非集計データによってモデル化し、コンテナサイズに対する選択の需要(ニーズ)の把握をミクロ的に行った。分析の結果、コンテナサイズの選択行動において、

- ① コンテナサイズに対する選択の需要には、貨物需要量や輸送活動に伴う規模の経済性が働いている(表4-13、図4-14参照)。
- ② 多頻度少量化や高付加価値化等の産業構造の変化は、コンテナサイズの選択にも関連する可能性がある(表4-13参照)。
- ③ 上限と下限を持つトビットモデルは、コンテナサイズ等の規格値をその



ままモデルに定式化することができるため、規制緩和等によるハードウェアの変化を前提とした、長期的将来予測には有効な手法と考えられる。

の3点が結論として明らかになった。本論文は、全世界に普及した輸出入コンテナを分析の対象としているが、この結論は、近年成長が目覚ましい国内コンテナ輸送<sup>4-21)</sup>に対しても有効と考えられる。また、最近の輸出入貨物量は増加の一途をたどっており<sup>4-22)</sup>、結論①から判断すると、今後、輸出入コンテナサイズの大型化は避けられないと考えられる(図4-14参照)。

なお、本節は、コンテナサイズを選択行動が、サイズ規格制限下における離散連続的な現象となるため、上限と下限を持つトビットモデルの適用を行った。さらに、このモデルの期待値の算出方法を新たに開発し、サイズの規格制限(上限)が、規制緩和によって変化した場合の予測を行った。上述した結論の導きは、このような分析により可能となった。

また、本節の上限と下限を持つトビットモデルは、同時に分析を行った離散選択モデル(プロビットモデル)や、連続モデル(重回帰モデル)と比較すると、総合的に優れている。よって、トビットモデルの概念は、離散連続的な現象に有効と考えられる。

さて、本節のモデルでは、十分な説明力を得るに到らなかった。これは、分析に用いたデータが輸出入コンテナの国内流動データであるために、輸出入の相違・相手国の状況や海上輸送の要素が、分析から欠落しているためと考えられる。しかし、一般に国際物流活動において海上を経由する場合は、輸出国と輸入国の輸送責任の境界は、輸出国側の港湾内埠頭岸壁となっている(輸出はFOB、輸入はCIFと呼ばれる輸送契約)。したがって、輸出貨物であれば、コンテナサイズを選択は、輸出国側の判断によって決定されることになる。また、輸入の場合であっても、発展途上国において本国から海外進出した企業(日系企業等)から本国への輸入の場合は、コンテナサイズを選択にも親会社の存在する輸入国側の意志決定が強く反映されるであろう。実際に本節のモデルにおいては、輸出入の相違の変数が有意とならなかった(表4-13参照)。

ただし、モデルの説明力が不十分であることは否定できないので、先進国からの輸入の場合などを検討することが、この問題の今後の課題と考えられる。

#### 4.7 モデル連携によるコンテナ車道路交通量の推定値の現状再現性

以上の本章で推定した各モデルを連携すると、輸出入コンテナ輸送に伴って生じる、コンテナ車道路交通量の推定値を得ることができる。そこで、本節では、各モデルを連携した場合における推定値の現状再現性について、実際に計算を実施して検討を行うことにする。

##### 4.7.1 モデル連携による推定値の算出手順

推定値の算出手順は(4.2節参照)、まず、貨物の生産・消費モデル(4.3節参照)によって、港湾の背後圏全体に発生する貨物の総トン数を推定する。さらに、これをコンテナ積載量換算係数(4.4節参照)によって、総TEU数に変換する(図4-16参照)。なお、ここでは、モデル連携の妥当性を検証する目的から、貨物量の分布に対してコントロール等<sup>4-23)</sup>の補正は省略する。

次に、コンテナ車交通量分布モデル(4.5節参照)により得られる期待値の市区町村別分布確率から、背後圏総TEU数を市区町村単位に分配する。また、各市区町村におけるコンテナの荷主の平均特性を、コンテナサイズを選択

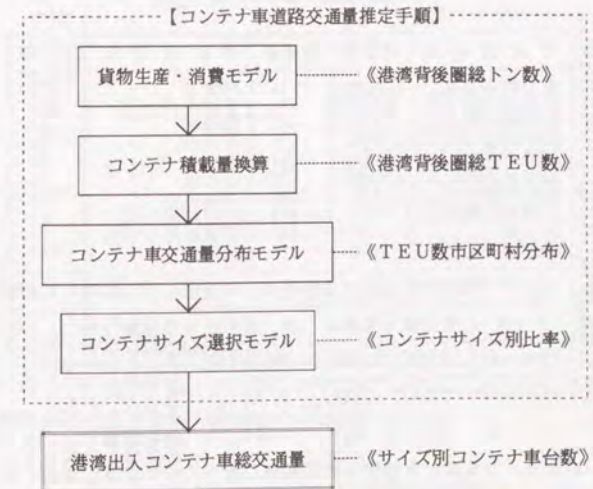


図4-16 各モデルの連携によるコンテナ車道路交通量の算出



モデル(4.6節参照)に適用し、市区町村別に選択サイズ平均値を算出する(図4-16参照)。そして、その値から市区町村別TEU数を、サイズ別コンテナ個数に換算する。これは、コンテナ車の走行台数(交通量)に相当する。

以上によって得られた、市区町村別コンテナサイズ別コンテナ車の走行台数を背後圏全体で集計すると、輸出入貨物の総需要に対応する、コンテナ車の交通量を求めることができる(図4-16参照)。

なお、2.3.6節の分析から空コンテナの回送を考慮すれば、コンテナ車の交通量(走行車両の台数)の2倍は、コンテナ車のトリップ数に相当する。

#### 4.7.2 推定値の精度

以上の順序に従い、本章で推定した一連のモデルからコンテナ車の総交通量を推定し、それを実績値と比較すると表4-14になる。この分析は、港湾を東京・横浜港、背後圏を首都圏と仮定したものである。

表4-14 コンテナ車道路交通量の推計精度  
東京港・横浜港関連輸出入コンテナを対象  
推定値は図4-16の手順に従って算出  
実績値は文献4-18より引用

市区町村名	推定値	実績値	市区町村名	推定値	実績値
東京都大田区	646	914	市原市	128	116
横浜市中区	1010	674	東京都中央区	302	99
東京都江東区	277	646	船橋市	54	86
東京都品川区	675	512	草加市	37	77
横浜市神奈川区	159	391	黒磯市	23	70
東京都港区	292	276	川口市	86	64
横浜市鶴見区	176	188	宇都宮市	35	61
川崎市川崎区	753	182	横浜市港北区	77	60
狭山市	35	142	千葉県袖ヶ浦町	27	60
横須賀市	92	117	松戸市	37	58

コンテナ車交通量における推定値と実績値の市区町村分布相関:0.814

サイズ	推定値	実績値	誤差
20ftコンテナ	2078	2261	-8.1%
40ftコンテナ	2954	2430	21.6%
合計	5032	4691	7.3%

注1)交通量の単位:台数/日  
注2)昭和61年データによる比較  
注3)市区町村分布のコンテナ車交通量は20ftと40ftの総数を示している。  
注4)市区町村分布の実績値は2日間調査サンプルであるため実際の母数より少ない。  
注5)港湾出入交通量の実績値は総数調査に基づくので実際の母数に等しい。

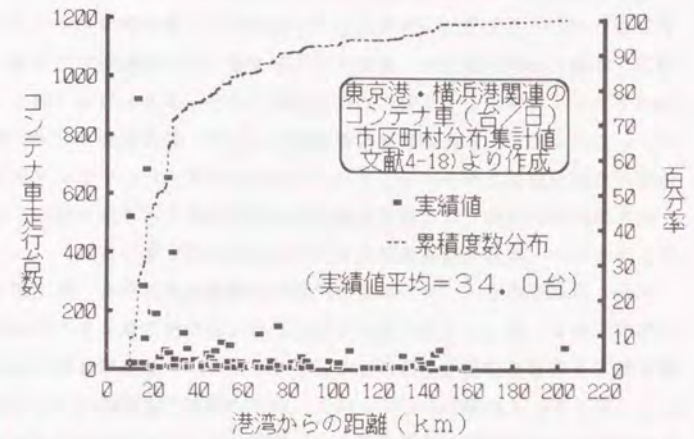


図4-17 実績値によるコンテナ車の交通量分布

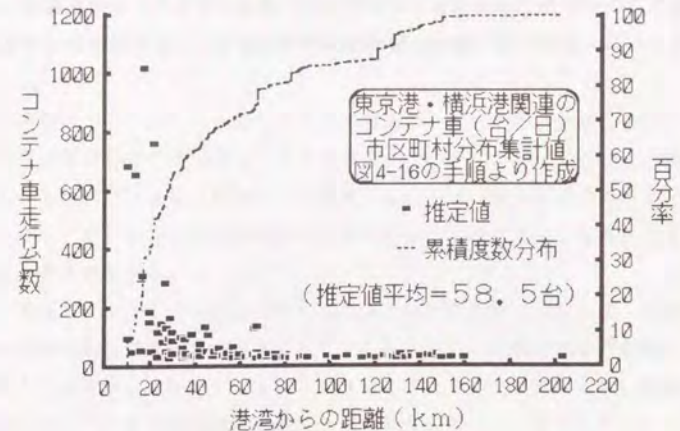


図4-18 推計値によるコンテナ車の交通量分布



これを見ると、まず、港湾出入コンテナ車の総交通量のレベルでは、サイズ別において、40ftコンテナに対する推定が少し過大評価となっている。しかし、本節における推定が、集計モデルを連携した多段階推定であることから判断すると、全体としては妥当な推定結果であると考えられる（表4-14参照）。このように、本章の需要予測体系によって、港湾出入コンテナ車の総交通量が良好な精度で得られることは、本研究の目標の一つである大都市臨海部への影響評価が可能になることに加えて、港湾計画サイドから都市や交通へ配慮するための、重要な指標を提供することになると考えられる。

次に、市区町村別コンテナ車走行台数の対港湾距離分布を、推定値と実績値で比較すると、図4-17、図4-18となる。これを見ると、港湾からの距離に対する両者の分布の形態はよく対応しており、その相関も高い値を示している（表4-14参照）。このように、本章の需要予測体系によって、港湾から内陸に向けての距離別分布の構造が、現状に対して妥当な精度で得られることは、都市計画サイドにおいても、港湾物流活動による影響を検討するための、重要な指標を提供することになると考えられる。

以上の結果から、本章で構築した各モデルを連携すれば、輸出入コンテナ輸送に伴う道路交通需要の特性を、妥当に評価し得ると考えられる。特に、港湾出入コンテナ車の総交通量と距離別分布の構造の双方が、妥当な精度で得られることは、港湾計画と都市計画の融合的な指標として重要と考えられる。

#### 4.8 輸出入コンテナ輸送に伴う道路交通需要シミュレーション

##### 4.8.1 はじめに

輸出入コンテナ輸送に伴うコンテナ車の道路交通需要は、

- ① 港湾の背後圏の経済活動
- ② 隣接する都市の港湾物流機能

の双方に影響を受けると考えられる（2章、3章参照）。

そこで、本節では、この①や②が輸出入コンテナ輸送に伴うコンテナ車の道路交通需要に与える影響を、本章で推定した各モデルを連携したシミュレーションモデルによって評価する。このシミュレーションの目的は、①や②の影響に対する感度分析である。なお、この分析では、シミュレーションの基準年度を1986年（昭和61年）とし、対象とする港湾は京浜港（東京港・横浜港）を、そして、その背後圏として首都圏（茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県）を、それぞれ仮定する。

##### 4.8.2 シミュレーションモデルの構造と前提

本節で操作するシミュレーションモデルの構造は、4.7節におけるモデル連携の順に基づいている（図4-19参照）。このシミュレーションに必要なモデルは9つである（図4-19参照）。ここで、各モデルのパラメータには、4.7節における現状再現性の妥当性から、本章で推定した各モデルのパラメータを適用する。

さて、本節のシミュレーションモデルに適用する外生変数（入力）は、国内各地域の経済活動に起因する諸要素であり、これらの中に国際経済等の影響も内在すると仮定する。また、シミュレーションモデルの出力においては、港湾に出入するコンテナ車の総交通量が最終出力となる。さらに、輸出入コンテナ輸送に伴う道路交通需要の詳細な特性は、各サブモデルの個別出力によって評





図4-19 シミュレーションモデルの構造  
3. 4節及び4. 6節の分析結果からコンテナサイズ  
選択モデルは輸出入で共通となっている。

価することができる(図4-19参照)。

なお、本節の目的から(感度分析による影響要素の評価)、入力として用いる外生変数は、個々に独立していると仮定し、変数間相互の長期的関係は考慮しない。したがって、シミュレーションにおいて操作する変数以外は、基準年(1986年)の状態に固定して計算を行う。

#### 4. 8. 3 経済活動の変化に伴う影響

港湾に出入するコンテナ車の総交通量を直接左右するのは、背後圏の経済活動である。そこで、本節のシミュレーションモデル内において、経済活動を表わす変数(工業活動と商業活動; 4. 3, 4. 5, 4. 6節参照)を操作して、総交通量に生じる変化を調べることにする。

図4-20は、地域における工業活動の変数(製品出荷付加価値額)と商業活動の変数(卸売販売額)を、現状(昭和61年時点)の0.5倍から1.5倍に変化させた場合の、港湾に出入するコンテナ車の総交通量の推移である。これを見ると、コンテナ車の交通量は、経済活動の増加に対する変化が一定ではなく、増大する曲線(下に凸)となっている。さらに、40ftコンテナのシェアも、経

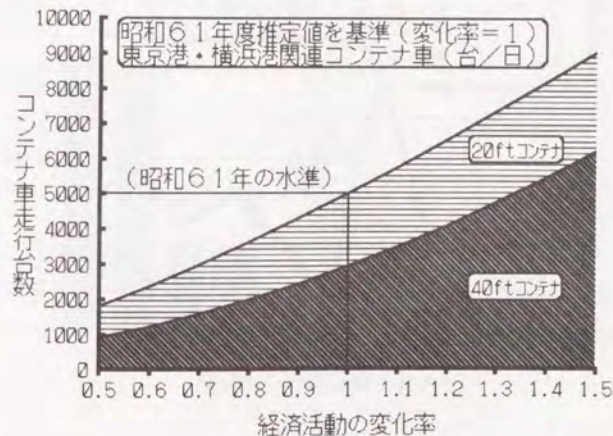


図4-20 経済活動の変化とコンテナ車の総交通量の推移



済の規模に対して運増する傾向にあり、その変化はより顕著なものとなっている(図4-20参照)。これは、経済活動の増加に伴って、コンテナ車の交通量が增加するだけでなく、より大きな車両の交通量が急増することを意味している(図4-20参照)。これは、主要な品目において輸出入コンテナ貨物量の生産と消費が、価額の変動に対して弾力的であることと(4.3節参照)、貨物量の増加に対して大型のコンテナが指向されるサイズ選択特性(4.6節参照)となっていることの、2点が主な原因と考えられる。

#### 4.8.4 物流施設の立地の影響

##### (1) 物流施設の立地と輸出入コンテナ輸送

輸出入コンテナ貨物の内陸物流活動は、



図4-21 首都圏における物流施設立地の現状  
貨物保管床面積の市区町村分布  
昭和61年実績値<sup>4-29)</sup>より作成

- ① 貨物がコンテナに積載された状態での輸送
- ② コンテナに対する貨物の詰め込み・取り出し(積み替え)
- ③ 一般トラック等による②への搬入・搬出

の3つの部分から構成されている(3.3節参照)。この中で、超大型のコンテナ車の走行を生じるのは①であるが、その内陸地域に対する分布は、港湾に対する②の立地によって決定される。一般に、貨物の積み替え作業には貨物保管施設が必要である。したがって、このような②の活動拠点の中心となるのは、都市内に立地する物流施設である(3.3節参照)。

ここで、首都圏における物流施設の立地分布を調べると、図4-21となる。これを見ると、都心近傍の東京湾臨海部が、物流施設の巨大な集積地となっていることがわかる。このような状況は、コンテナ車の交通量のOD分布が都心に集中することに加え(4.5節参照)、積み替え輸送による一般車両のトリップも発生するため(図3-7参照)、沿道環境や他交通へ影響(道路混雑等)という観点では好ましいことではない。

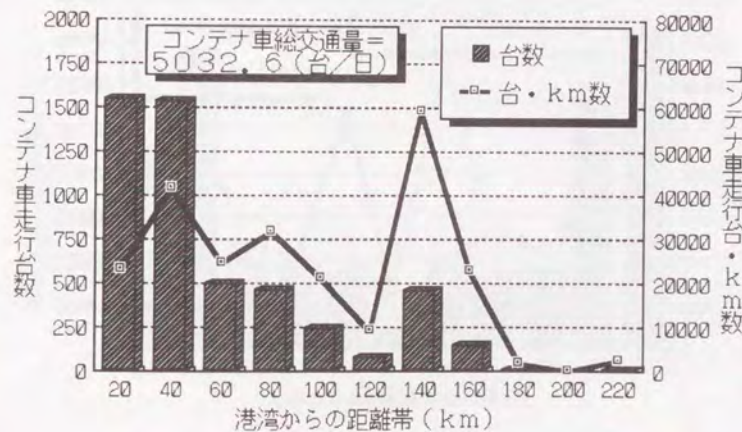


図4-22 現状の諸変数値を仮定したシミュレーション結果



(2) 物流施設の立地の影響

そこで、本節のシミュレーションモデル内において、地域における物流施設量の立地分布を表わす変数(市区町村単位貨物保管床面積)を操作して、内陸地域に対するコンテナ車の交通量分布の変化(台数及び台・km数)を調べることにする。但し、首都圏全体における貨物の生産・消費活動の規模、及び物流施設量には変化は生じないものとする。

まず、図4-22は、シミュレーションモデルによって、現状(1986年時点)における市区町村別コンテナ車交通量の推定値を、港湾からの距離帯別に示したものである。これを見ると、コンテナ車の交通量の分布(台数)は、港湾から近距離に集中している。これは、上述した首都圏における物流施設の立地が、東京湾臨海部に偏っていることによると考えられる。

ここで、東京湾臨海部における物流施設量が、現状より50%だけ増加したと仮定し、その分、他地域の物流施設量が減少したと仮定して、シミュレーションを行うと、図4-23となる。この場合、東京湾臨海部は、首都圏全体から

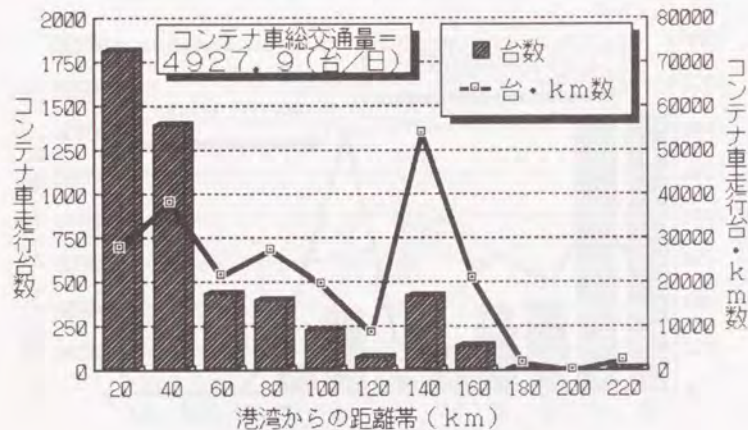


図4-23 東京湾臨海部の物流施設量を50%増加したシミュレーション結果  
その他の地域の物流施設量は東京湾臨海部が増加しただけ、各地域に同比率で減少させると仮定

見ればごく限られた地域であるにもかかわらず、コンテナ車の交通量分布(台数)の全体が、港湾近傍へ一層著しい集中傾向を示している。

次に、今度は、東京湾臨海部における物流施設量が、現状より50%だけ減少したと仮定し、その分、他地域の物流施設量が増加したと仮定して、シミュレーションを行うと、図4-24となる。この場合では、コンテナ車の交通量の分布(台数)は、相対的に遠距離化している。特に、20kmより近距離の地域では、大幅にコンテナ車の交通量が減少する結果となった。

以上の3つの分析では、台・km数による分析結果も示した。その傾向は、台数の場合ほど顕著ではないが、ほぼ同様な傾向を示している(図4-22, 23, 24参照)。また、台・km数においても、港湾から近距離の地域では多量な交通量が存在しており、これは、コンテナ車による道路負担が、大都市臨海部等の港湾至近の都市内において、特に重大となっていることを意味している。

以上のように、輸出入コンテナ輸送において物流施設の立地の変化は、貨物の生産・消費活動に変化がなくても、港湾と内陸地域におけるコンテナ車の交通量分布を大きく変動させる要因となると考えられる。

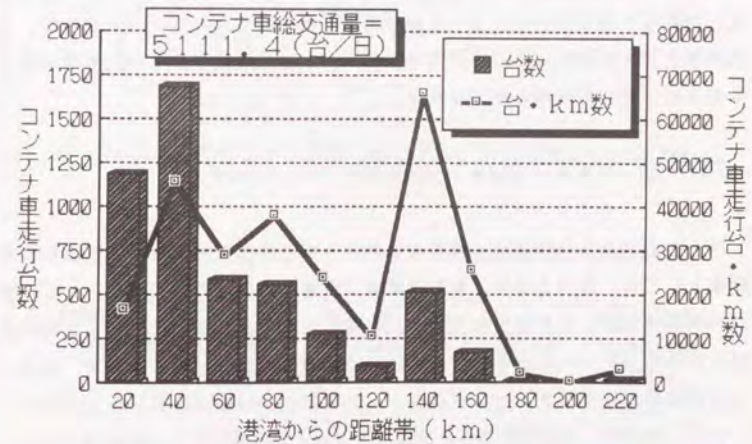


図4-24 東京湾臨海部の物流施設量を50%減少したシミュレーション結果  
その他の地域の物流施設量は東京湾臨海部が減少しただけ、各地域に同比率で増加させると仮定



4. 8. 5 物流施設の分散化シミュレーション

(1) 物流施設の移転先への仮説

以上の分析結果から判断すると、輸出入コンテナ輸送に伴う都市への影響(交通・環境)は、物流施設を臨海部から分散化させることにより軽減できると考えられる。ここで問題となるのが、どのような地域に物流施設を移転させるのが効果的かということである。前項の分析は、東京湾臨海部の物流施設量の増減を、他のすべての地域の物流施設量の増減に同率で分配しているの、このような問題点の評価を行うことはできない(図4-22, 23, 24参照)。

そこで、本項では、物流施設の移転先として以下のような仮説から3つの代替案を考え、シミュレーションモデルによって、各代替案の効果を比較する。

まず、2章の分析から、都市における輸出入コンテナ輸送は、道路交通に依存しており、かつ超大型車による交通を生じる。また、物流施設は、コンテナ車のトリップの発生・集中拠点になると共に、背後圏に散在する貨物の荷主とも結び付いている。このような事実から、物流施設の移転先として妥当な地域は、高規格幹線道路ネットワークの結節点付近と考えられる。したがって、大都市圏の郊外部では、都心部からの放射ルートと、環状ルートの交差点にあたる地域が、第一の候補と考えられる。

(2) シミュレーションへの代替案

以上の仮説から本項では、首都圏における東京湾臨海部からの物流施設の移転先としては、関越自動車、東北縦貫道、常磐自動車道の各放射ルートと、東京外郭環状道路、首都圏中央連絡道、北関東自動車道の各環状ルートとの結節部を考える(図4-25参照)。これらの結節部を含む六つの地域を、港湾からの距離帯別に分類すると、各放射ルートに沿う三つの地域群となる(表4-15)。本項は、これらの三つの地域群をそれぞれ外環エリア、圏央道エリア、北関東エリアとして、物流施設移転先の代替案とする(表4-15)。

なお、シミュレーションでは、東京湾臨海部の保有する物流施設量のうち、

前項の分析と同様に50%をこれらの代替案に移転させる。この分析においても、前項と同様に、首都圏全体における貨物の生産・消費活動の規模、及び物流施設量には変化は生じないものとする。



図4-25 首都圏における高規格道路の放射ルートと環状ルートの結節部  
★はシミュレーションで想定する地域

表4-15 シミュレーションにおける物流施設移転先代替案

物流施設 移転先代替案	放射ルート			結節部の地域 (対港湾距離)
	関越自動車道	東北縦貫道	常磐自動車道	
外環エリア	東京都練馬区 (30km, 60km)	埼玉県川口市 (32km, 71km)	埼玉県三郷市 (35km, 72km)	東京外郭 環状道路
圏央道エリア	埼玉県川越市 (62km, 82km)	埼玉県久喜市 (60km, 90km)	茨城県谷田部町 (76km, 110km)	首都圏中 央連絡道
北関東エリア	群馬県高崎市 (126km, 163km)	栃木県栃木市 (96km, 133km)	茨城県水戸市 (133km, 170km)	北関東自 動車道

注) 括弧内の数値は、東京港大井埠頭(左側)と横浜港本牧埠頭(右側)からの平均的な距離を意味する。距離は、日本海上コンテナ協会調べによる数値。



(3) シミュレーションの結果

以上の条件に基づいてシミュレーションを行った結果、港湾からの距離帯別コンテナ車の交通量は、各代替案ごとに図4-26, 27, 28となった。

まず、外環エリアに物流施設を移転した場合には(図4-26参照)、港湾から至近な20km帯の交通量は、現状と比較すると(図4-22参照)、効

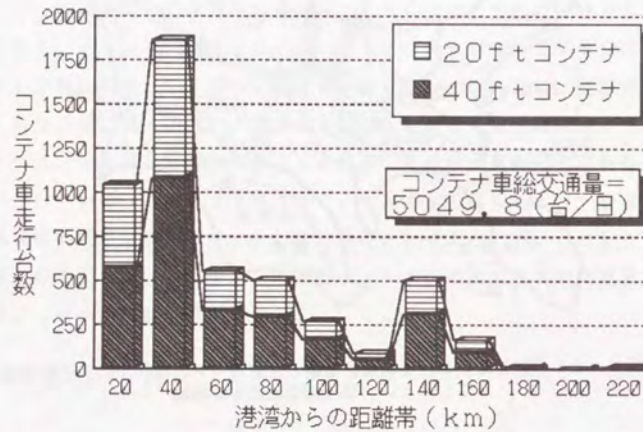


図4-26 外環エリアへの物流施設移転シミュレーション結果  
東京湾臨海部の物流施設量を50%移転すると仮定

果的に抑制されている。逆に、隣の40km帯の交通量は、大幅に増加している。しかし、さらに遠方の地域の距離帯では、交通量の変化はわずかである(図4-26参照)。

次に、圏央道エリアのシミュレーション結果を見ると(図4-27参照)、外環エリアと同様に20km帯の交通量は顕著に減少させている。しかし、40km帯の交通量の増加は小規模に抑えられている。また、さらに遠方の地域

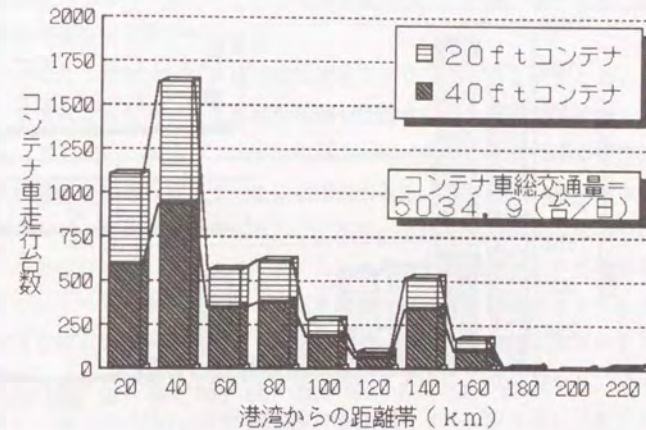


図4-27 圏央道エリアへの物流施設移転シミュレーション結果  
東京湾臨海部の物流施設量を50%移転すると仮定



の距離帯では、どの距離帯においても、交通量の増加が認められる（図4-27参照）。

最後に、北関東エリアのシミュレーション結果を見ると（図4-28参照）、すべての距離帯において交通量が大幅に増加してしまっている。さらに、港湾に出入する総交通量まで、顕著な増加となっている。特に、20ftコンテナを輸送する車両の交通量増加が著しい（図4-28参照）。

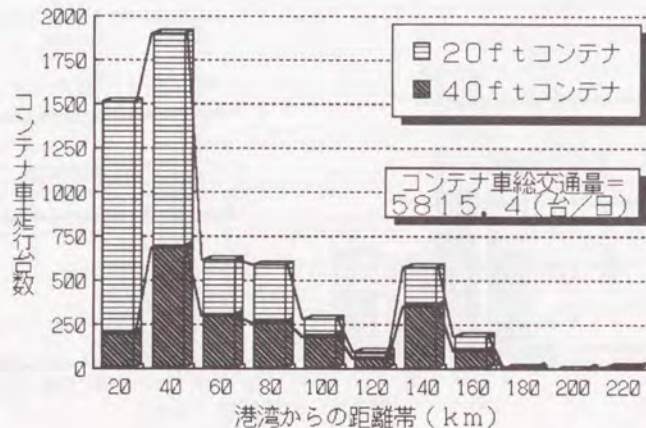


図4-28 北関東エリアへの物流施設移転シミュレーション結果  
東京湾臨海部の物流施設量を50%移転すると仮定

#### (4) 物流施設分散化の効果

このようなシミュレーション結果については、2, 3, 4章の分析結果に基づけば、次のように解釈することができる。まず、外環エリアが属している40km帯は、都心郊外部といっても比較的東京港・横浜港からは近距離にあり、貨物需要密度の濃い地域も多く存在している。そのため、東京湾臨海部から物流施設が移転すれば、外環エリアの周辺においては、今まで東京湾臨海部の物流施設利用による積み替え輸送を選択していた荷主が、外環エリアの物流施設利用による一貫輸送にシフトすることも十分に考えられる（3.3節参照）。また、40km帯より遠方の地域においては、東京湾臨海部における積み替え輸送機能が低下した分、40km帯の物流施設を利用した積み替え輸送に転じていると考えられる（3.3節参照）。

これに対して、北関東エリアは港湾から約120~150km帯に属しているため、東京湾臨海部から物流施設を移転した場合には、極端な遠距離への分散化となってしまう、輸出入コンテナ輸送にとって重要な港湾物流機能や港湾への流通利便性が、損なわれてしまうと考えられる。そのため、首都圏全域にわたって荷主が一貫輸送を指向することになり、多頻度少量化等の個々の荷主のニーズが直接的にコンテナサイズ選択に反映される結果（4.6節参照）、20ftコンテナを積載した車両の交通量増加を誘発していると考えられる。

このような観点から、輸出入コンテナ輸送に必要な物流機能を損なわずに、港湾周辺の道路交通需要を抑制できる可能性があるのは、圏央道エリア（港湾から約60~80km帯）への物流施設の移転ということになる。つまりこの代替案の選択が、積み替え輸送と一貫輸送という物流機能の経済性のバランスを保つと共に、大型サイズのコンテナ利用を阻害しないために、大都市臨海部における交通量の減少効果も維持されることが考えられる。

さて、図4-22（現状）と図4-27（圏央道へ移転）の比較では、最終的に港湾を通過するコンテナ車の総交通量には大きな変化が生じていない。しかし、このような距離帯別コンテナ車交通量の減少は、4.8.4項の（1）に指摘したように、単に各ODにおけるコンテナ車の発生・集中交通量を減少させるのみならず、積み替え輸送によって生じる一般貨物車の発生・集中交通



量が抑制されることを意味する。たとえ、総交通量に変化がなくても、積み替え輸送が減少すれば、臨海部を走行するコンテナ車の多くは、単なる臨海部の通過交通となる。このようなコンテナ車に対しては、例えば、首都高速や湾岸道路といった、沿道から隔絶された高規格道路の利用を促進できれば、沿道環境に与える影響は、軽減できると考えられる。しかし、コンテナ車のODが臨海部の都市内に集中してしまうと、コンテナ車と積み替え輸送のによる一般車両の双方が、都市内発生・集中交通となってしまう、臨海部高規格道路利用による問題点への対応は、困難な状況になると予想できる（図3-7参照）。

以上のように、コンテナ車のODを臨海部（近距離帯）からなるべく遠ざけること、つまり、物流施設を臨海部から郊外方向へ分散化することは、コンテナ車と積み替え輸送車両の双方による、都市内発生・集中交通を抑制する効果を持っているため、極めて重要と考えられる。

なお、以上の推論は、あくまでも本節のシミュレーションに基づく、輸出入コンテナ輸送に対する物流施設の感度を意味している。したがって、現実における物流施設の移転可能性や一般交通への影響も評価するためには、このシミュレーションに用いていない様々な影響要素を加味して、総合的に判断する必要があると考えられる。

#### 4. 8. 6 本節のまとめ

本節では、本章の各モデルを連携したシミュレーションモデルによって、背後圏の経済活動と物流施設の立地という2つの視点から、輸出入コンテナ輸送に伴う道路交通需要に対して、感度分析を行った。その結果、

- ① 経済活動が活発化すると、コンテナ車の総交通量は、経済活動の上昇率を上回る規模で増加する（運増）。
- ② このとき、コンテナ車の交通量は、ただ増加するだけでなく、コンテナサイズの大型化を伴い、その変化は、交通量の場合と同様に運増する。

③ 輸出入コンテナ輸送において物流施設は、貨物の詰め込み・取り出しや積み替え輸送等に重要な役割を果たしている。そのため、コンテナ車のOD交通量の分布は、物流施設の立地の動向に敏感と考えられる。

④ 港湾周辺地域に集中するコンテナ車のOD交通量は、臨海部に集積する物流施設を都心郊外へ移転することにより、抑制される可能性がある。

⑤ しかし、物流施設の極端な分散化は、港湾物流機能や港湾への利便性を損ない、積み替え輸送と一貫輸送のバランスが崩れて逆効果となる恐れがある。つまり、コンテナ車の総交通量は増加する可能性がある。

の5点が明らかになった。



#### 4.9 本章のまとめ

本章は、輸出入コンテナ輸送による道路交通需要を把握するため、多段階推定法を適用した。さらに、本章で推定した各モデルを連携したシミュレーションによって、コンテナ車の交通量を定量的に推定することが可能となった。

また、これらのモデルを推定する過程においては、理論的に興味深いアプローチを行った。まず、輸出入コンテナ貨物の生産・消費モデルにおいては、経済活動への対応や産業構造の連鎖といった問題を外生変数として取り入れる必要から、ヘドニック・トランスログ関数を適用した。また、輸出入コンテナ積載車両の交通量分布モデルにおいては、サンプルの観測期間や出入荷の不確実性といった制限を克服するために、トビットモデルを適用した。さらに、コンテナサイズを選択モデルにおいては、ISOコンテナの規格による制限から、荷主によるコンテナサイズを選択行動が離散連続的な現象となるため、上限と下限を持つトビットモデルを適用した。

これらの手法の適用は、国内においては初めての試みであったが、物流に対する分析の理論的な方向性としては、今後も注目すべきと考えられる。

さて、本章で行ったシミュレーション結果から判断すると、コンテナ車による道路負担を軽減するためには、大都市圏における経済成長の抑制と大都市臨海部におけるコンテナ車の交通管理の2点が具体的な方策として考えられる。しかし、輸出入に依存し経済成長を重視する現在の日本においては、前者の実施は望ましいことではない。したがって、都市・交通計画者の領域から判断すれば、より現実的な方策は後者である。

ここで、コンテナ車の交通管理を実施するためには、以下のような対策が必要である。まず、4.8.6項のシミュレーション結果①、②により、港湾周辺の大都市臨海部において、コンテナ車の道路交通需要が高まるのは避けられないと考えられる。そこで、他の交通への圧迫や沿道環境を保全するためには、

- I. 大都市臨海部におけるコンテナ車の高規格道路ネットワーク利用を促進すること

が考えられる。また、4.8.6項のシミュレーション結果③、④、⑤から、コンテナ車のOD交通量と、積み替え輸送による一般トラックによる交通量の発生・集中を、大都市臨海部において重複させないためには、

#### II. 物流施設の立地や移転を計画的に誘導すること

が必要になる。

しかし、このI、IIを実現するためには、大都市臨海部におけるコンテナ車の経路選択特性と、港湾物流機能を有する物流施設の立地特性の把握が、前提となる。そこで、次の5章においては、この両者に対する実証分析を行い、大都市臨海部におけるコンテナ車の交通管理のための、現実的な課題を検討する。

#### 4章の補注

##### 補注4-①：輸出入コンテナ輸送における産業構造の経済的連続性

港湾の背後圏ごとに異なる産業構造（労働生産性、諸物価等の相違）は、輸出入貨物の生産と消費にも影響する。しかし、その関係は複雑で、地域経済の各要素と輸出入活動が、相互に連鎖していると考えられる。本研究では、このような背後圏における経済活動全体のつながりを、産業構造の経済的連続性と表現する。この関係は、目に見えぬ潜在的なものであり、間接的要因となる。

特に、輸出入コンテナ輸送においては、多種多様な品目を取り扱い、不特定多数の荷主が利用することになるのであるから、このような関係を無視することはできない。

##### 補注4-②：同次関数における次数の意味

例えば、ある生産関数が $k$ 次同次関数で表わされているとき、 $k$ の取り得る値は、以下の3つである。



- i)  $k < 1$
- ii)  $k = 1$
- iii)  $k > 1$

このとき、i) の場合は、生産要素の投入量の規模に対して、収穫（生産量）は、逓減的な変化を示す。また、ii) の場合は、投入量の規模に対して収穫一定であり、iii) の場合は、投入量の規模に対して収穫逓増（規模の経済）となる。

#### 補注 4-③：コンテナ車交通量の水準

一つの港湾から発生するコンテナ車の交通量は、一日に数千トリップに及ぶ。この水準は、例えば、東京都23区内に発生するすべての交通量と比較すれば、数値の規模は必ずしも大きいとは言えない。しかし、港湾につながるのは限られた道路である。このような道路に、超大型車両であるコンテナ車が数千台の規模でひしめくことは、その交通容量に重大な影響を及ぼすことが避けられない（写真4-1参照）。さらに、コンテナ車の他、積み替え輸送による一般貨物車のトリップも同時に生じていることを考えると、本章で議論したコンテナ車交通量の水準は、港湾周辺の道路交通問題にとって無視することのできない状態と考えられる（写真4-1参照）。



写真4-1 コンテナ車と積み替え輸送車両で埋め尽くされた臨海部道路  
平成5年度著者撮影，大阪港南港付近

#### 補注の参考文献：

- 1) 西村、「経済数学」、日本評論社、1990年
- 2) 金森、「経済学基本用語辞典」、日本経済新聞社、1992年

#### 4章の参考文献

- 4-1) 渡辺、「物流研究の今後の方向性」、日本交通政策研究協会、日交研シリーズA-159、第2章、1992年
- 4-2) Patrick T.Harker(1986). "Predicting Intercity Freight Flows", Vunsciencepress, Utrecht the Netherlands :pp.1-27
- 4-3) ECMT,"Goods Distribution Systems in Urban Areas", Report of the Sixty First Round Table on Transport Economics :pp.32-44
- 4-4) 稲村、須田、「地域間SNA型物流予測モデルの開発」、土木学会論文集、431/IV、p41~46、1991年
- 4-5) 松本、堀川、「輸送在庫費用を考慮したコンテナ貨物の港湾選択モデルについて」、土木学会、第37回土木学会全国大会年次学術講演概要集IV-69、p137~138
- 4-6) 渡辺、「輸出入コンテナ貨物の生産・消費モデルに関する研究」、土木学会、土木計画学研究・論文集No9、1991年11月
- 4-7) 渡辺、「都市交通における輸出入コンテナ陸上輸送に関する諸問題」、経済調査会、道路交通経済、No51、p.64~p.71、1990年4月
- 4-8) 渡辺、苦瀬、新谷、「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No12、p473~p480、1989年12月
- 4-9) 渡辺、苦瀬、「海上輸出入コンテナの国内流動分布に関する研究」、土木計画学研究・講演集No11、p141~p148、1988年11月
- 4-10) Christensen,L.,D.Jorgenson,and L.Lau(1973). "Transcendental Logarithmic Production Functions." The Review of Economics and Statistics,55,February:pp.28-45



- 4-11) Spady, R.H., and A.F. Friedlaender (1978). "Hedonic Cost Function for the Regulated Trucking Industry." *The Bell Journal of Economics*, 9, no. 1, Spring: pp. 159-179.
- 4-12) Daughety, A.F., Nelson, F.D., and Vigdor, W.R. (1985). "An Econometric Analysis of the Cost and Production Structure of the Trucking Industry." *Analytical Studies in Transport Economics*, Cambridge Univ. Press: pp. 65-95
- 4-13) Wang Chiang, S.J., and A.F. Friedlaender (1984). "Output Aggregation, Network Effects, and the Measurement of Trucking Technology." *The Review of Economics and Statistics*, 66, no. 2, May: pp. 267-276
- 4-14) 運輸省港湾局、「全国輸出入コンテナ貨物流動実態調査報告書」、p251～p333、1987年3月
- 4-15) 通商産業大臣官房調査統計部、「昭和61年工業統計表」、p2～p25、1988年3月
- 4-16) 通商産業大臣官房調査統計部、「昭和60年商業統計表」、p24～p209、1986年9月
- 4-17) 交通日本の社、「貨物運賃と各種料金表」、自動車の部p1～p71、1985年
- 4-18) 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」、1983年、1986年、1989年
- 4-19) Judge, G.G., W.E. Griffiths, R.C. Hill, and T. Lee (1980). "The Theory and Practice of Econometrics." John Wiley & Sons: pp. 11-53
- 4-20) 運輸省港湾局、「港湾統計」、各年度別報告書
- 4-21) 渡辺、「輸出入コンテナの貨物積載量換算単位に関する研究」、土木学会、第45回年次学術講演会講演概要集、1990年
- 4-22) 渡辺、「輸出入コンテナ輸送と港湾周辺の道路交通量増加に関する研究」、アーバンインフラテクノロジー推進会議、第2回技術研究発表論文集、p51～p58、1990年
- 4-23) 太田、「交通システム計画」、技術書院、p191～p193、1988年
- 4-24) 警視庁交通部、「交通量統計表」、1983～1987年

- 4-25) 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、1978年
- 4-26) 渡辺、「輸出入コンテナ積載車両の交通量分布モデルに関する研究—トビットモデルの適用性について—」、日本都市計画学会、第26回学術研究論文集、p319～p324、1991年12月
- 4-27) Tobin, J. (1958). "Estimation of Relationships for Limited Dependent Variables." *Econometrica* 26: pp. 24-36
- 4-28) Amemiya, T. (1984). "Tobit models: A survey." *Journal of Econometrics* 24: pp. 3-61
- 4-29) 日本倉庫協会、「会員名簿」、1986年
- 4-30) 渡辺、「輸出入コンテナの大型化に関する基礎的研究」、土木学会、第46回年次学術講演会、講演概要集、p. 282～p. 283、1991年9月
- 4-31) 坂田、「コンテナ貨車をめぐる近年の技術開発」、鉄道図書刊行会、鉄道ビクトリアル、No. 540、p. 20～p. 24、1991年3月
- 4-32) 渡辺、「上限と下限を持つトビットモデルによるコンテナサイズの選択モデルに関する研究」、土木学会、土木計画学研究・論文集No. 10、1992年
- 4-33) 渡辺、「輸出入コンテナの港湾間道路輸送における経路選択に関する研究」、土木学会、土木計画学研究・論文集No. 8、p. 65～p. 72、1990年11月
- 4-34) 日本海上コンテナ協会、「わが国の国際大型コンテナ保有数」、Containerization No. 235、p71、1991年5月
- 4-35) 渡辺、「トビットモデルとその道路交通量推計への適用についての予備的検討」、道路交通経済研究所、道交研シリーズ自主研究3-Vol. 2、p. 149～p. 163、1991年11月
- 4-36) 屋井、岩倉、伊藤、「需給特性を用いた住空間評価のヘドニック分析法」、土木学会、土木計画学研究・論文集No. 9、p. 253～260、1991年11月
- 4-37) Rosett, R. and F. Nelson (1975). "Estimation of the Two-Limit Probit Regression Model." *Econometrica* 43: pp. 141-146



## 第5章 大都市臨海部における輸出入コンテナ輸送の特性評価

### 5.1 はじめに

2章及び3章の分析によって、都市における輸出入コンテナ輸送では、特に、大都市臨海部の交通や環境への影響が大きいことが、定性的に指摘された。さらに、4章の各モデルを連携した感度分析によっても、輸出入コンテナ輸送に伴う道路交通需要は、大都市臨海部に集中する特性を持つことが、理論的に裏付けられた。また、このような輸出入コンテナ輸送による大都市臨海部への負担は、コンテナ車の経路選択特性や港湾物流施設の都市内立地を管理することにより、軽減できる可能性があることも、4章の感度分析によって導かれた。

しかし、現実には、コンテナ車の経路選択や港湾物流施設の利用は、輸送業者や荷主による企業活動の結果として生じているものである。したがって、大都市臨海部における輸出入コンテナ輸送を計画し、管理して行くためには、事前に解決しなければならない、現実的な問題点が存在すると考えられる。

そこで、本章では、コンテナ車の経路選択特性と港湾物流施設の立地特性を、現象分析による理論的アプローチによって定量化する。さらに、その結果から、大都市臨海部における輸出入コンテナ輸送への計画課題を、具体的に明示する。

### 5.2 大都市臨海部における輸出入コンテナ積載車両の経路選択特性

#### 5.2.1 はじめに

将来的に港湾背後の大都市臨海部における、コンテナ車の道路走行を考慮してゆくとすれば、都市交通への適合という観点から、

- ① 交通安全及び沿道環境保全を維持すること<sup>5-11)</sup>
- ② 道路の幾何構造との調和を保つこと<sup>5-12)</sup>
- ③ コンテナ車の通行経路選択特性に基づいて  
道路交通を計画・管理すること

の3つが問題と考えられる。①、②の解決への具体策としては、大都市臨海部における高規格道路ネットワーク整備が上げられる。これは、超大型であるコンテナ車の走行にとっては有効である。しかし、コンテナ車による高規格道路の利用を促進するためには、③の問題を解決する必要がある。

コンテナ車の道路交通を対象にした研究には、渡辺、苦瀬、新谷らによる道路利用特性に対する分析がなされている<sup>5-13)</sup>。しかし、定量的な経路選択のモデル化はまだ試みられておらず、③の問題はまだ正確に把握されていない。

そこで、本節では、コンテナ車の通行経路選択行動を多項ロジットモデルによりモデル化し、その因果関係を把握することを目的とする<sup>5-14)</sup>。分析には、首都圏臨海部の道路に多量に発生する、東京港大井埠頭と横浜港本牧埠頭間の輸出入コンテナ輸送を対象とする<sup>5-15)</sup>。

#### 5.2.2 大都市臨海部における輸出入コンテナ道路輸送の現状

##### (1) 輸出入コンテナの道路輸送の特徴

輸出入コンテナの道路輸送のODは、その主要な部分が港湾から近距離に集中している(100km内)。特に首都圏では、東京港と横浜港が隣接しているため、両港湾間に大量な輸出入コンテナ輸送が発生し、40km帯の輸送量シェアが大きくなっている(図2-7参照)。

これら東京港・横浜港をベースとして流動している輸出入コンテナが、OD間の主要な連絡路として用いている道路は、首都圏における重要な幹線道路が中心となっている(図2-11参照)。しかし、コンテナ車の通行する道路は、一般国道や主要地方道が大部分であり、高速道路や有料道路の利用は多くない(図2-8参照)。これは、今後の臨海部における道路ネットワークが、高速道路・有料道路を中心として整備される方向にある点から考えると問題である。

##### (1) 大都市臨海部におけるコンテナ車の道路利用

東京港と横浜港における臨海部周辺の、輸出入コンテナ輸送のOD別シェア



では、主要なコンテナ埠頭間の輸送量が多くなっており、特に、東京港大井埠頭と横浜港本牧埠頭（以後必要の無い限り大井埠頭、本牧埠頭と記す）をODに持つ輸送シェアは、ほぼ全体の半数に及んでいる（図5-1参照）。これは、

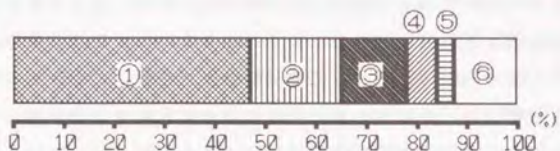


図5-1 東京港・横浜港臨海部における港湾間コンテナ車トリップのODシェア  
2日間における1796トリップ  
東京港・横浜港経由コンテナ  
昭和58年実績値<sup>5-4)</sup>より作成  
①大井埠頭～本牧埠頭、②品川埠頭～本牧埠頭、  
③中央、港、江東～本牧埠頭、④大井埠頭～鶴見、神奈川、西、  
⑤大黒埠頭～大井埠頭、品川埠頭、中央、港、江東、⑥他

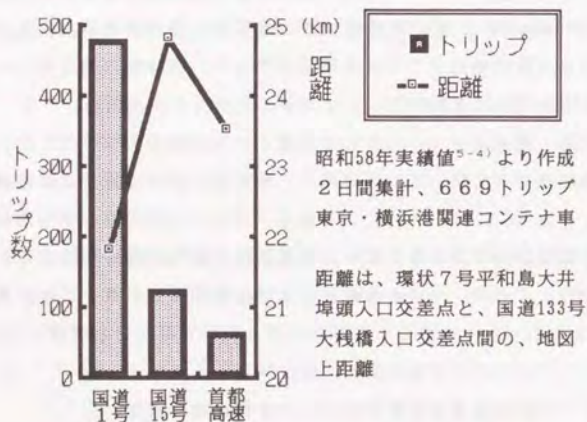


図5-2 大井埠頭・本牧埠頭間経路別コンテナ車トリップシェア及び距離の相違

両埠頭がそれぞれ東京港と横浜港を代表する外貿コンテナ埠頭であるため、膨大な量の輸出入コンテナが取り扱われている点と、それに対応して両埠頭の周辺に、物流施設の整備・蓄積が進んでいる点に、起因していると考えられる。なお、その他のコンテナ車のODも、物流施設が集積している臨海部（図4-21参照）と各埠頭との組み合わせがほとんどである。

したがって、東京港・横浜港周辺部におけるコンテナ車の経路選択特性は、大井埠頭～本牧埠頭間を走行するコンテナ車の経路選択特性により、代表的に示すことができると考えられる。

さて、両埠頭間の主要な連絡道路としては、国道1号、国道15号、首都高速（横羽線）が、代替可能ルートとして重要である（図2-11参照）。ここで、各経路のコンテナ車のトリップシェアを調べると、国道15号、国道1号、首都高速の順となっている（図5-2参照）。この原因には、各経路を利用したときの距離の相違がまず第一に考えられる。しかし、コンテナ車のトリップは企業車による業務トリップであるので、距離の要因だけで経路選択行動を説明することは難しい。例えば、国道1号と首都高速の比較では、距離が大きいにもかかわらず、国道1号のトリップシェアが多くなっている（図5-2参照）。

### 5.2.3 大都市臨海部における輸出入コンテナの道路輸送特性

#### (1) 輸出入コンテナの道路輸送規模

現在、世界中に流通している輸出入コンテナの主流は、ISO規格コンテナであり、40ftコンテナの場合、長さ12.19m、幅2.43m、高さ2.59m、最大総重量30.48tonに及ぶ（表5-1参照）<sup>5-5)</sup>。このような巨大な構造物である輸出入コンテナの道路輸送は、トレーラに積載しトラクタにより連結牽引するという方式（セミトレーラ方式）をとるため、コンテナ車の大きさは、長さ16.4m、高さ3.8mに達し、道路交通機関の中では最大となる（2.3節参照）。さらに、これらの規模は、輸送される輸出入コンテナのサイズ、貨物の積載状態によって大きく異なってくる（表5-1参照）。

したがって、コンテナ車による経路選択行動には、輸出入コンテナの巨大性



表5-1 輸出入コンテナ及びコンテナ車の規模  
文献5-5)より作成

コンテナ種別	20ft	35ft	40ft
長さ (m)	6.06	10.66	12.19
幅 (m)	2.43	2.43	2.43
高さ (m)	2.59	2.59	2.59
自重 (ton)	1.6~2.3	2.5~3.7	2.8~4.2
総重量(ton)	20.32	26.00	30.48
(70%積載時)	(14.82)*	(19.25)*	(22.54)*
コンテナ車長(m)	12.44	14.83	16.40
コンテナ車高(m)	3.80	3.80	3.75

\*: 貨物70%積載時の重量は、コンテナの自重2.0トン(20ft)、3.5トン(35ft)、4.0トン(40ft)として計算した。  
注) 本節の分析データの時系列(昭和58年時点)では、35ftコンテナも国内を輸送されていた。

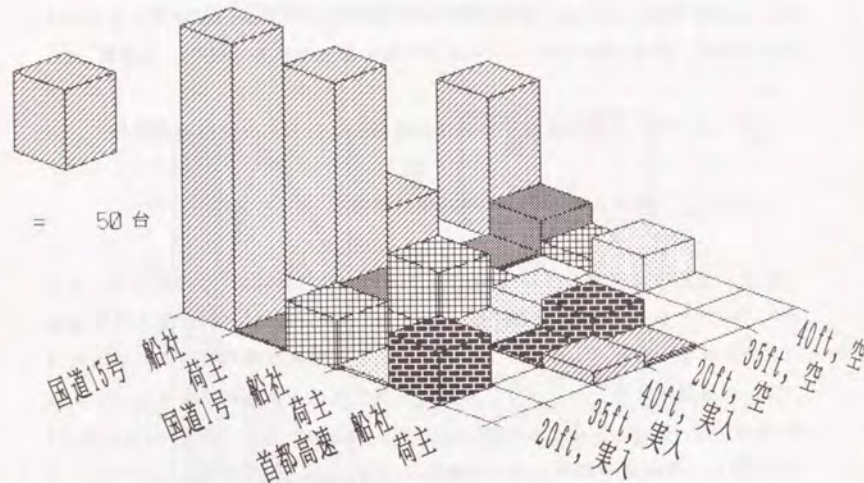


図5-3 経路、輸送の依頼者、コンテナサイズ、貨物の積載状態別発生トリップ頻度  
大井埠頭と本牧埠頭間のコンテナ車トリップ  
2日間における669トリップの集計結果  
昭和58年実績値<sup>5-4)</sup>より作成

と個々の輸出入コンテナの規模の相違を考える必要がある。

(2) 道路輸送時の輸出入コンテナの固有属性

(a) 輸出入コンテナの固有属性

道路輸送中の輸出入コンテナには、以下の5つの固有属性が存在し、コンテナ車の経路選択行動に影響を及ぼしていると考えられる。

- ① コンテナのサイズ … {20ft, 35ft, 40ft}
- ② 貨物の積載状態 … {実入コンテナ, 空コンテナ}
- ③ 積載貨物の品目 … {輸出入貨物}
- ④ 輸送の依頼者 … {船会社, 荷主}
- ⑤ 輸送の方向 … {大井→本牧, 本牧→大井等}

そこで、この節では、大都市臨海部における輸出入コンテナ輸送の代表として、大井埠頭と本牧埠頭間のコンテナ車トリップについて、上記の5つの固有属性相互の通行経路別クロス集計を行ない、経路選択への影響を検討する。

なお、コンテナサイズについては、本節の分析データの時系列(昭和58年)においては、35ftも存在していたので、それを考慮する(5.2.5節参照)。

(b) 貨物の積載状態とサイズの影響

まず、実入コンテナの場合は、国道15号(最短経路)選択の指向が強いが、空コンテナではこの傾向は減少している。サイズ別に見るとこの傾向は、20ftコンテナの方が顕著である。また、首都高速の利用も、空コンテナでは減少する傾向にある(図5-3)。このような貨物積載の有無、サイズの影響については次のように考えることができる。

空コンテナ輸送の場合は、貨物を積載していないため、輸送の依頼者に対する輸送会社及び運転手の責任が実入の場合より軽いと考えられる。よって、経



路選択要因としては最短経路指向への意識が和らぎ、その他の要素(例えば走り易さ等)への指向が高まると考えられる。さらに、規模の小さい20ftコンテナの方が、走行時の自由度が高く制約条件も比較的少ないと考えられるので、距離に対する自由度は、35ft,40ftコンテナより高いと考えられる。また、空コンテナの場合は時間的制約も軽減される場合が多いと考えられるので、有料道路・高速道路利用への指向は減ると考えられる(図5-3参照)。

(c) 輸送の依頼者と積載貨物の品目の影響

輸送の依頼者別トリップ数においては、船会社依頼による輸送量が多く、その主要な積載品目は雑貨となっている。さらに、船会社依頼によるコンテナ車は、国道15号を指向する傾向がある(図5-3, 4参照)。このような傾向は、

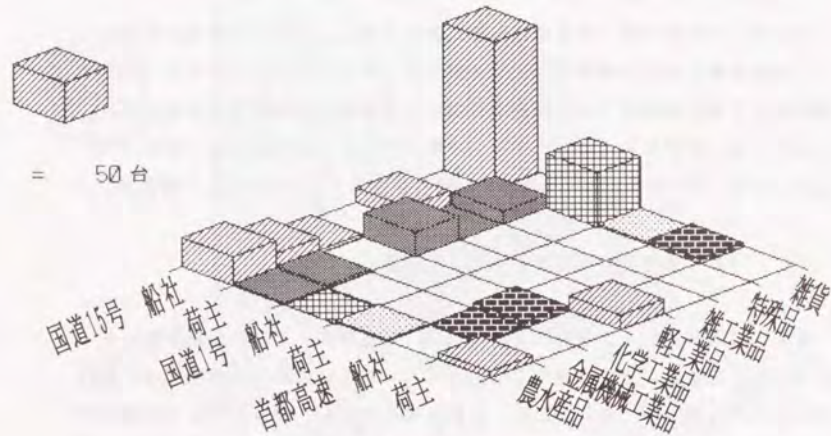


図5-4 貨物の品目、経路、輸送の依頼者別発生トリップ頻度  
2日間における436トリップの集計結果  
大井埠頭と本牧埠頭間のコンテナ車トリップ  
昭和58年実績値<sup>5-4)</sup>より作成

次のように考えることができる。

雑貨は、1個の輸出入コンテナを独自に満載にすることができない小口の貨物を持つ、不特定多数の荷主の貨物によって構成されている。これらの貨物は、船会社のコンテナターミナル内のCFS(貨物のコンテナ詰め取出施設)等にて受け渡しが行なわれている。そのため、雑貨を積載した輸出入コンテナの陸上輸送料金は、船会社の負担となる<sup>5-5)</sup>。したがって、船会社依頼による雑貨の輸送時には輸送の経済性が尊重され、首都高速等の有料道路の利用は敬遠され、最短経路である国道15号の選択が指向される。しかし、輸送の経済性は、車体の規模の相違やその時々道路状態によっても変化するので、国道1号線の選択もなされていると考えられる。

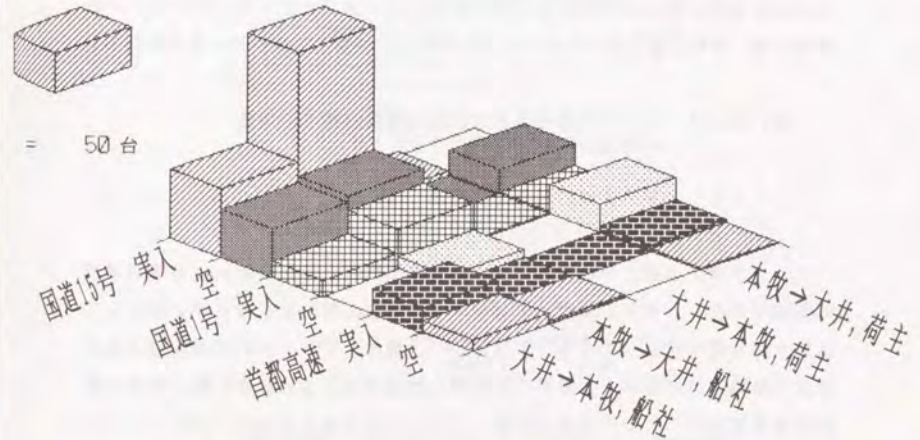


図5-5 輸送の方向、輸送の依頼者、経路、貨物の積載状態別発生トリップ頻度  
大井埠頭と本牧埠頭間のコンテナ車トリップ  
2日間における669トリップの集計結果  
昭和58年実績値<sup>5-4)</sup>より作成



図5-4では、雑貨以外の品目においても最短経路を選択する傾向が存在するが、首都高速の利用は雑貨より多い。これは、特定品目を積載した輸出入コンテナの場合は、1つの荷主の大口貨物となるので荷主の意志力が強くなり、輸送の経済性と共に輸送サービスの質が意識されていると考えられる。

(d) 輸送の方向による影響

輸送の方向別トリップ数では、本牧埠頭から大井埠頭向けのシェアが多い(図5-5参照)。これは、経路選択上の問題というよりは、東京における貨物需要量が多いことに起因していると考えられる<sup>5-6)</sup>。しかし、輸送の方向によって各経路の右左折回数等が異なるのは明らかであるので、常識的に見て輸送方向の相違も経路選択になんらかの影響を与えていると考えるのが妥当である。図5-5では、船会社依頼による首都高速利用トリップにおいて、貨物積載の有無を問わず大井埠頭から本牧埠頭向けのシェアが高くなっている。この傾向には、首都高速入路へのアクセスの状況などが関連していると考えられる。

5.2.4 コンテナ車による通行経路選択行動への仮説

(1) コンテナ車の経路選択構造

コンテナ車の道路走行の背景には、輸送の依頼者と輸送会社による輸送業務の契約が存在し、それに基づいて運転手への輸送の指令及び輸送する輸出入コンテナの状態が定まってくる。したがって、輸出入コンテナの道路輸送における通行経路選択行動は、①輸送の依頼者と輸送会社による企業行動、②通行経路の交通特性とコンテナ固有の状態によるコンテナ車の道路走行条件、という2つ制約条件下の基でのコンテナ車運転手の行動と考えられる(図5-6参照)。

(2) 道路交通特性とコンテナ車との関連

コンテナ車に対する各道路の交通特性としては、大型車の走行特性に影響す

る要素を考える必要がある(5.2.3項参照)。一般に大型車の走行特性の典型的な特徴としては、巨大な長さ重量による運転への制約があげられる。この長さ重量による制約は、大型車に特有な交通事故の中に明確に表われている。近年、社会問題にまで発展した大型車に特有な左折時巻込、ジャックナイフ、共振現象等の代表的な事故現象の発生には、大型車の長さ重量が関係し

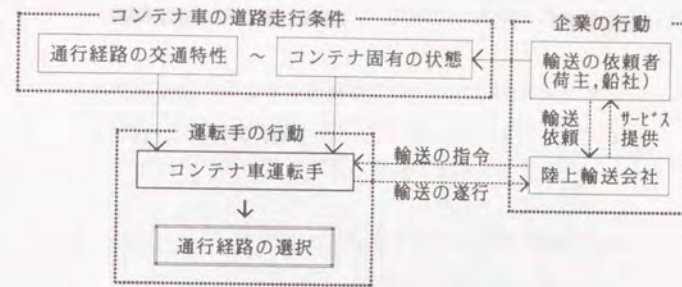


図5-6 コンテナ車の通行経路選択構造

表5-2 大型車に特有な交通事故特性  
文献5-1,7)より作成

事故現象	事故形態	主原因	影響要素
左折時巻込	歩行者・二輪 運転者の殺傷	内輪差 死角	長さ
ジャックナイフ	暴走 横転	急ハンドル 急ブレーキ	重量
共振現象	横転	ハンドル切返 積荷の高重心	重量



ていることが、すでに常識となっている(表5-2参照<sup>5-1-7)</sup>。

コンテナ車は、大型車の中でも最大となるので、この長さ重量に影響を及ぼすような道路交通特性が重要となってくる。また、5.2.3項で示したように、コンテナ車の道路走行時の規模は、積載している輸出入コンテナのサイズ、貨物の積載状態によって大きく異なってくる(表5-1参照)。したがって、同じ道路を走行するコンテナ車の走行への影響は共通ではなく、個々のコンテナ車ごとに異なっていると考えられる。5.2.3項(2)の(b)で、20ftコンテナと40ftコンテナに傾向の相違が見られたのは、このような理由と考えられる(図5-3参照)。

### 5.2.5 輸出入コンテナの道路輸送における経路選択モデル

#### (1) コンテナ車による経路選択のモデル化

##### (a) 非集計多項ロジットモデルの適用

コンテナ車の経路選択に適用するモデルとしては、

- ① 運転手の行動と企業の行動を反映可能な行動モデルであること
- ② 目的変数値は特定の経路の選択の有無を示す離散データとなること

の理由から本節の分析では、以下に示す非集計多項ロジットモデルの適用を行なう<sup>5-9-9</sup>。

$$P_{ij} = \frac{e^{\beta' x_{ij}}}{\sum_{j=1}^c e^{\beta' x_{ij}}} \quad \dots (5-1)$$

$$\beta' x_{ij} = \beta_1 x_{i1j} + \dots + \beta_k x_{ikj} + \dots + \beta_{k+1} x_{i(k+1)j}$$

表5-3 モデルの適用ケース

使用データ (内容)	昭和58年実績値{(社)日本海上コンテナ協会調査 <sup>5-4)</sup> }; サンプル数669 (輸出入コンテナ1個単位の陸上輸送業務内容アンケート調査結果)
輸送のOD	東京港大井埠頭~横浜港本牧埠頭(コンテナミナルと埠頭周辺の物流施設)
ODの起点	東京大井: 環状7号線平和島大井埠頭入口交差点(東京都大田区) 横浜本牧: 国道133号大棧橋入口交差点(横浜市中区)
経路選択肢	3ルート: ① 国道1号(環状7号線, 国道133号経由: 実績値718.68%) ② 国道15号(環状7号線, 国道133号経由: 実績値771.60%) ③ 首都高速(平和島IC, 横浜公園IC経由: 実績値779.72%)



図5-7 東京港と横浜港間におけるコンテナ車による経路選択への代替案



i:観測値(i=1, ..., n)      K:変数属性数  
 j:経路選択肢(j=1, ..., c)    x<sub>ij</sub>:変数  
 l:変数属性(l=1, ..., K)      β<sub>l</sub>:未知パラメータ  
 c:経路選択肢数              P<sub>ij</sub>:選択確率

分析には、昭和58年実績値<sup>5-4)</sup>による大井埠頭と本牧埠頭をODに持つ669台のコンテナ車トリップを対象とし、通行経路選択肢には国道1号、国道15号、首都高速(横羽線)の3経路を設定した(表5-3、図5-7参照)。

なお、ロジットモデルの推定における効用関数値の作成には、ベースとなる選択肢を首都高速に置くことにする。つまり、国道15号及び国道1号の特性値から、首都高速の特性値を引く形で、効用関数の変数値を編成する。

(b) 経路別交通特性変数(LOS)とコンテナ固有属性変数(SE)

経路別交通特性変数値の作成には、まず、コンテナ車の大型車としての走行特性(長さ重量)に影響を及ぼすと考えられる道路交通状態、道路の幾何構造と、輸送の経済性に影響を及ぼすと考えられる時間、料金・経費を考慮して交通特性を選び、経路別に各特性値の算出を行なった<sup>5-10)</sup>。道路交通状態を示す特性としては12時間交通量、速度、交通密度を、道路の幾何構造を示す指標としては車線数、車道幅員、信号交差点数、右折回数、左折回数、駅前及び駅前通り通過数を、時間を示す指標としては平均時間を、料金・経費を示す指標としては首都高速料金と距離を、それぞれ検討対象に選んだ(表5-4参照)。

5. 2. 3項の分析から、これらの交通特性による影響は、コンテナ車の規模により個々に異なっていると考えられる。コンテナ車の規模は、道路走行中の運転手にとっては大きな負担である。したがって、ある経路の交通特性が経路選択に対してプラスの効果を示しても、コンテナ車の規模が大きくなれば、その効果も減少すると考えられる。逆に、交通特性のマイナスの効果に対しては、コンテナ車の規模はそれを助長すると考えられる。そこで本節の分析では、このようなコンテナ車の大型車としての特性をモデルに反映する目的で、輸出入コンテナの長さ(TEU数:20ftコンテナ=1)と重量(トン数)を用

表5-4 経路別交通特性変数(LOS)

通行経路特性	内容	単位	経路別特性値			経路別特性変数	
			国道1号	国道15号	首都高速	ウェイト	変数名
①距離	地図上距離(起点間)	km	24.8	21.8	23.5	×重量	DIS
②12時間交通量	OD起点間平均交通量	台	34708.1	32265.9	54257.9	×TEU	FLW
③車線数	OD起点間平均車線数	本数	5.4	4.5	4.0	/TEU	LIN
④車道幅員	OD起点間平均車道幅員	m	17.2	16.5	13.0	/TEU	WID
⑤速度	OD起点間平均速度	km/h	18.3	23.1	56.0	-	SPD
⑥平均時間	①/⑤	h	1.35	0.94	0.42	-	TIM
⑦平均交通密度	②/12h/⑤	台/km	158.05	116.40	80.74	×重量	KNOR
⑧信号交差点数	大井埠頭→本牧埠頭	回数	90.0	104.0	3.0	×重量	CRS
	本牧埠頭→大井埠頭	回数	90.0	104.0	6.0	×重量	CRS
⑨右折回数	大井埠頭→本牧埠頭	回数	1.0	0.0	1.0	×TEU	RGT
	本牧埠頭→大井埠頭	回数	4.0	4.0	1.0	×TEU	RGT
⑩左折回数	大井埠頭→本牧埠頭	回数	4.0	4.0	2.0	×TEU	LFT
	本牧埠頭→大井埠頭	回数	1.0	0.0	3.0	×TEU	LFT
⑪駅前及び駅前通り通過数	大井埠頭→本牧埠頭	回数	3.0	2.0	1.0	×重量	STA
	本牧埠頭→大井埠頭	回数	5.0	19.0	1.0	×重量	STA
⑫首都高速料金	昭和58年時大型車料金	円	0.0	0.0	1400.0	-	FAR

注) TEUは20ftコンテナ換算個数(コンテナの長さ按比例)、重量はコンテナの総トンを示す(表5参照)。

表5-5 輸出入コンテナ固有属性変数(SE)

コンテナ固有属性	変数値	変数名
①コンテナサイズ	TEU数:1=20ftコンテナ, 1.75=35ftコンテナ, 2.0=40ftコンテナ	-
②コンテナの重量(貨物積載率0.7)	空: 2.0ton(20ft), 3.5ton(35ft), 4.0ton(40ft) 実入: 14.6ton(20ft), 19.25ton(35ft), 22.2ton(40ft)	-
③貨物の品目	農水産品, 金属機械工業品, 化学工業品, 軽工業品, 雑工業品, 特殊品, 雑貨, による7分類(大分類) (TEU数ウェイトダミー変数)	AG1, AG2, MT1, MT2, CH1, CH2, LT1, LT2, MS1, MS2, SP1, SP2, MX1, MX2
④輸送の依頼者	1. 船会社, 0. その他 (ダミー変数)	OR1, OR2
⑤輸送の方向	1. 大井→本牧, 0. 本牧→大井 (ダミー変数)	-
⑥貨物の積載	1. 実入(貨物積載), 0. 空 (ダミー変数)	FL1, FL2

注) ①, ②, ⑤は経路別特性変数作成時に用いる変数。  
 変数1の値は国道1号特性変数に代入, 変数2の値は国道15号特性変数に代入。



いて(表5-5参照)、各輸出入コンテナ個別に重み付けを行ない、それを経路別交通特性変数値とした。重み付けの方法は、経路選択に対してプラスの効果となる特性については重みで割り、マイナスの効果となる特性には重みを積算した。また、加減速や燃料消費等に係わる特性に対しては重みとして重量を用い、旋回性、路面専有に係わる特性に対しては長さ(T E U)を重みとして用いた(表5-4参照)。

なお、コンテナ固有属性変数については、5. 2. 3項(2)の(a)に基づいて、変数値の作成行なった(表5-5参照)。

(2) パラメータの推定

(a) 変数の選択

表5-4、表5-5の中からモデルに採用すべき変数を選択するために、全特性変数に対して単変数(S E変数については2変数)によるロジットモデルを適用して、符号条件(L O S変数)及びt値の有意性を検討した(表5-6参照)。

まず、L O S変数においては(表5-4参照)、常識的に見て車線数(LIN)、車道幅員(WID)、速度(SPD)の符号は正であり、その他は負と考えられる。また、S E変数(表5-5参照)には、1つの属性に対して2つの変数が存在するので、その両者が有意である必要がある。以上の条件を満足し有意となった変数は、距離(DIS)、12時間交通量(FLW)、車道幅員(WID)、左折回数(LFT)、首都高速道路料金(FAR)、雑貨(MX1, MX2)、輸送の依頼者(OR1, OR2)、貨物の積載状態(FL1, FL2)となった(表5-6参照)。

次に、これらの変数間の相関分析により(表5-7参照)、相互に相関の低い組み合わせを最終的にモデルに採用する変数の組み合わせとした。なお、S E変数については、属性内の2変数が同時に高い相関を示さない限り、属性ごとにも他変数との組み合わせに用いることにした。

表5-6 単変数特性によるロジットモデルの適用結果

変数	パラメータ	t 値	$\rho^2$ 値	変数	パラメータ	t 値	$\rho^2$ 値
DIS	$-3.77 \times 10^{-2}$	-14.3*	0.178	AG1	-0.980	-1.45	0.030
FLW	$-7.07 \times 10^{-5}$	-12.3*	0.212	AG2	1.58	4.08*	
LIN	-0.118	-1.39	0.001	MT1	-9.64	-0.13	0.028
WID	0.276	8.29*	0.056	MT2	2.09	3.40*	
SPD	$-3.22 \times 10^{-2}$	-10.4*	0.094	CH1	-9.57	-0.23	0.008
TIM	0.442	4.28*	0.013	CH2	-0.684	-1.12	
KNOR	$1.40 \times 10^{-4}$	1.71	0.002	LT1	-10.6	-0.22	0.029
CRS	$1.46 \times 10^{-3}$	11.1*	0.167	LT2	0.548	1.85	
RGT	0.259	8.54*	0.068	MS1	$5.01 \times 10^{-15}$	0.0000	0.030
LFT	-0.263	-10.6*	0.088	MS2	25.2	0.0004	
STA	$7.13 \times 10^{-3}$	13.6*	0.175	SP1	-	-	-
FAR	$-1.10 \times 10^{-3}$	-11.8*	0.140	SP2	-	-	-
				MX1	2.47	5.81*	0.146
				MX2	3.42	8.25*	
				OR1	0.429	2.46*	0.307
				OR2	2.10	14.5*	
注) 5% t 値 = $\pm 1.960$ , *: 5% 有意。				FL1	0.543	2.83*	0.203
SP1, SP2は計算不可(収束せず),				FL2	2.00	12.3*	

表5-7 選択した変数間の相関分析結果

変数	DIS	FLW	WID	LFT	FAR	MX1	MX2	OR1	OR2	FL1
FLW	0.176									
WID	-0.195	-0.908								
LFT	0.110	0.493	-0.437							
FAR	0.007	0.575	-0.330	0.270						
MX1	0.270	-0.216	0.246	-0.184	-0.273					
MX2	0.160	-0.265	0.191	-0.362	-0.273	-0.150				
OR1	0.144	-0.239	0.228	0.026	-0.449	0.599	-0.246			
OR2	-0.001	-0.328	0.146	-0.202	-0.449	-0.246	0.599	-0.404		
FL1	0.425	-0.219	0.221	-0.017	-0.373	0.734	-0.204	0.776	-0.335	
FL2	0.268	-0.292	0.152	-0.211	-0.373	-0.204	0.734	-0.335	0.776	-0.278



(b) パラメータ推定結果

分析は、まず、組み合わせ可能なすべての変数を用いて、式(5-1)に基づく3選択肢による多項ロジットモデルの適用を行なった。次に、その結果から各変数の符号条件(LOS), t値の有意性の検討により妥当でない変数を省き、以後同様な分析を繰り返し行なった。その結果、最終的に4つのモデルが有意となった(表5-8参照)。

採用された変数は7つ(LOS:距離,12時間交通量,車道幅員,左折回数,首都高速料金,SE:雑貨,貨物の積載状態)である。LOS変数において2つ以上の変数の組み合わせが可能となったものは、12時間交通量と左折回数(モデル①),左折回数と首都高速料金(モデル②)である。また、SE変数は、全モデルに対して有意性が認められた(表5-8参照)。

(3) コンテナ車の通行経路選択要因

(a) SE変数のパラメータの意味

表5-8におけるモデルのパラメータを考察すると、まず、雑貨(MX1,MX2)は、全モデルにおいてプラスの経路選択要因となっている。雑貨の場合、船会社による輸送の経済性優先の立場から、一般道路(国道1号,国道15号)選択の指向性が強いと考えられる(5.2.3項(2)の(c)参照)。本節では、首都高速を選択肢のベースとしたので、SE変数値を国道1号の特性変数(変数1)と国道15号の特性変数(変数2)に置いている(表5-5の注釈参照)。したがって、雑貨のパラメータは、この傾向を裏付けていると考えられる。

また、貨物の積載状態は、一部を除けば(モデル④のFL2)全体としてマイナスの経路選択要因となっている。一般に、回送時の空コンテナ車と比較すると実入コンテナ車は、輸送に対する時間価値への制約条件が多いため、最短時間経路(首都高速)への選択指向性が強いと考えられる(5.2.3項(2)の(b)参照)。したがって、貨物の積載状態のパラメータは、このような傾向を裏付けていると考えられる。

表5-8 経路選択モデルのパラメータ推定結果

特性	変数	モデル①	モデル②	モデル③	モデル④
距離	DIS	-	-	-0.04072	-
		-	-	(-4.093)**	-
12時間交通量	FLW	-0.00006925	-	-	-
		(-7.962)**	-	-	-
車道幅員	WID	-	-	-	0.1701
		-	-	-	(3.260)**
左折回数	LPT	-0.1189	-0.1396	-	-
		(-2.646)**	(-3.862)**	-	-
首都高速料金	FAR	-	-0.001028	-	-
		-	(-6.340)**	-	-
雑貨(品目)	MX1	5.036	4.542	4.898	4.895
		(6.708)**	(6.068)**	(6.658)**	(6.652)**
貨物の積載	MX2	2.171	1.611	2.251	2.056
		(4.439)**	(3.373)**	(4.937)**	(4.518)**
FL1	FL1	-4.314	-3.739	-1.562	-3.011
		(-6.612)**	(-5.774)**	(-2.446)**	(-4.864)**
FL2	FL2	-0.8584	-0.01871	-0.007813	0.8800
		(-2.540)*	(-0.06203)	(-0.02140)	(3.928)**
$\rho^2$		0.367	0.326	0.277	0.273
的中率		71.60%	62.33%	71.60%	55.31%

注) 括弧内の数値はt値, 5%t値=±1.960, 1%t値=±2.576, \*\*:1%有意, \*:5%有意

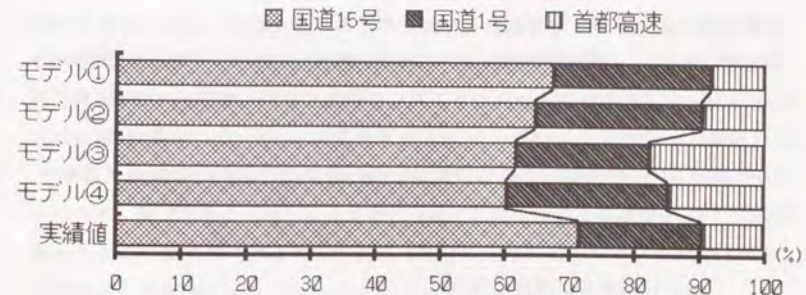


図5-8 モデルの経路別推計トリップシェア



### (b) LOS変数のパラメータの意味

モデル①は、12時間交通量と左折回数によって説明されるモデルである。このモデルから、コンテナ車走行時には、交通量の多い道路での不自由さや大型車の左折に対する負担の意識(表5-2参照)が、運転手に働いていると考えられる。

モデル②は、左折回数と首都高速料金の組み合わせによるモデルである。このモデルから考えられることは、例えば、首都高速料金等に対する運賃負担力の強い貨物(高価品等)を積載した実入りコンテナであっても、首都高速入路までのアクセスに左折の負担が多くなると、首都高速の利用は減少してしまうと考えられる。本節のケースにおいては、首都高速を利用して本牧埠頭から大井埠頭に向かう場合は、横浜公園ICへのアクセス時に、頻繁に左折を繰り返さなければならない。分析データにおける首都高速利用トリップは、本牧埠頭から大井埠頭に向かうトリップが少なくっており、このような入路へのアクセスの問題を考えることができる(5.2.3項(2)の(d)参照)。

モデル③は、距離によって説明されるモデルである。本節の分析においては、最短経路である国道15号へのトリップの集が顕著であるので、距離のパラメータが有意になったのは当然と言える。しかし、距離だけでは他の経路のシェアの関係を説明することは困難である。モデル①、②と比較して、モデル③の $\rho^2$ 値が低いことには、このような理由が考えられる。

モデル④では、経路選択に対してプラスの要因と予想される車道幅員が有意になっている。昭和58年時のデータでは、その他の経路と比較して国道1号の車道幅員が最も広がっている(表5-4参照)。これより、距離が長いにもかかわらず国道1号を選択する理由には、走行時の走り易さへの意識が運転手に働いていると考えられる。

### (c) モデルの現状再現性

各モデルに、本節の分析で用いたデータを適用し、経路別トリップシェアの推計値を求め、実績値と比較すると図5-8となる。これを見ると、国道15号

と国道1号のシェアでは、各モデル間の差は比較的小さい。これに対して、首都高速のシェアでは各モデルの差は顕著である。特に、モデル③は実績値との差が大きく、これは、上述した距離変数による説明力の限界を示すものと考えられる。また、モデル①と②の傾向は類似しており実績値との対応も良好であるが、これは、両モデルに共通して含まれる左折回数の変数による影響力が大きいことを示していると考えられる。

以上のような各モデルの現状再現性及び表5-8の説明力から判断すると、今後の予測等に用いるには、モデル①もしくは②が適当であり、特に、高速・有料道路によるネットワークを前提にした、港湾周辺の大都市臨海部を対象とするならば、首都高速料金を含んだモデル②を適用するのが妥当と考えられる。

### 5.2.6 本節のまとめ

本節は、超大型車であるコンテナ車の、大都市臨海部(港湾周辺)における将来的な道路交通量増加に問題意識を持ち、輸出入コンテナ輸送を考慮した道路交通計画の基礎となる、コンテナ車の通行経路選択特性の抽出を目的とした。

分析は、大都市臨海部に多量に発生する港湾間輸送に注目し、代表的な大井埠頭と本牧埠頭間の輸出入コンテナ輸送を対象とした。

分析の結果、大都市臨海部におけるコンテナ車の通行経路選択は、OD間の距離の相違の他に、道路の幾何構造、交通量等の道路状態、及びコンテナ車の大型車としての走行特性などに関連した総合的な道路走行条件に加え、積載貨物の品目や有料道路料金支払に対する経済性等を支配する企業行動が反映した、複雑な選択行動になっていると考えられる。

特に、大型車の特性を反映して高規格道路への指向性が表われているにもかかわらず、高速料金や距離といった物流活動における輸送の経済性が優先され、結果として、都市内を通過する一般道(国道15号)にトリップが集中している事実は、興味深い。

なお、本節で得られたこのような結論は、東京港・横浜港のような臨海部における輸出入コンテナ輸送が多量に存在する地域(例えば、名古屋・四日市港、大阪・神戸港、北九州・博多港)では、応用が可能と考えられる。



### 5. 3 都市における港湾物流施設の立地分布特性

#### 5. 3. 1 はじめに

港湾物流活動に用いられる貨物保管施設（港湾物流施設<sup>5-111</sup>と記す）は、港湾と港湾を利用する荷主の双方に密接な関係を持つため<sup>5-121</sup>、貨物輸送の一大発生・集中拠点となる。さらに、港湾物流施設は、海上輸送と陸上輸送の中継のための一時保管が主たる用途<sup>5-122</sup>となるため、そこに出入りするトラック等のトリップが随時頻繁に生じ、その交通量の大小も、施設の規模に直接依存することになる。このような港湾物流施設の都市内における立地は、周辺の交通や環境に与える影響が大きく、都市計画においても重要と考えられる。

さて、一般の物流施設の立地については、例えば、矢野ら<sup>5-131</sup>の研究が、他用途施設との共存的土地利用という観点から実証的な研究を行っている。また、小池ら<sup>5-141</sup>の研究は、都市内物流施設の集積要因を調査し、その立地と移転の関係をモデル化している。しかし、港湾物流施設の立地は、上述のように、一般の物流施設とは性格が異なっており、その立地の要因にも、港湾物流活動との関連を第一に考慮する必要がある。

そこで本節は、首都圏における貨物保管施設を有する物流業者の立地の現状を調べ<sup>5-151</sup>、港湾物流施設に特有な立地要因の把握を目的とする。分析では、都市内港湾物流施設の立地と施設量が、一般物流施設との混在により離散連続的な問題となるため、非集計トビットモデルを適用する。また、既存推定手法（プロビットモデル、重回帰モデル）の適用を通して、離散連続モデルとしてのトビットモデルの有効性も検証する。

#### 5. 3. 2 都市における港湾物流施設の立地

##### (1) 都市内港湾物流施設の特徴

港湾において物流活動を行うには、貨物保管施設を保有することに加えて、港湾運送事業の免許が必要である<sup>5-51</sup>。さらに、外貿貨物を取り扱うためには、

通関事業の免許が必要である<sup>5-51</sup>。また、海運事業者は、ターミナルオペレーション、CFS業務、フィーダーサービスの拠点として貨物保管施設を保有している<sup>5-51</sup>。

そこで本節は、都市内に立地する物流施設の中で、

- ① 港湾運送事業者の保有する貨物保管施設<sup>5-151</sup>
- ② 通関事業者の保有する貨物保管施設<sup>5-151</sup>
- ③ 海運事業者の保有する貨物保管施設<sup>5-151</sup>

の3つを、港湾物流施設として取り扱うことにする。

##### (2) 港湾物流施設の立地特性

###### (a) 一般物流施設との混在立地

都市内に立地する貨物保管施設という点では、港湾物流施設は、一般の物流施設と外見上も法的にも区別されない。したがって、貨物保管施設の立地に適する地域であれば、港湾物流施設は、一般物流施設と混在して立地すると考えられる（図5-9参照）。

###### (b) 港湾物流活動に対する経済性の制限

港湾物流施設を経営する事業者の規模を、資本金で調べると、小規模なものから大規模なものまで連続的に存在している（図5-10参照）。また、個々の事業者における施設の立地を、港湾からの距離と比較すると、ほとんどの施設が港湾から100km以内の地域に立地している。特に、資本金が小さい事業者ほど、港湾から至近の所にしか立地していない（図5-10参照）。

このように、港湾物流施設の立地は、①事業者の経営規模や②港湾からの距離といった、港湾物流活動に対する経済性に制限されていると考えられる。





図5-9 一般物流施設と混在立地する港湾物流施設  
 ★：港湾物流施設 ●：一般物流施設  
 東京都江東区清澄周辺  
 昭和61年実績値<sup>5-15)</sup>より作成

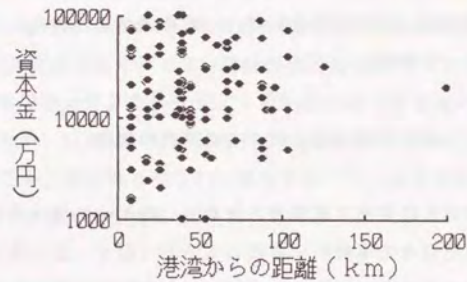


図5-10 港湾物流施設の資本金と港湾に対する立地  
 首都圏の180事業所  
 昭和61年実績値<sup>5-15)</sup>より作成  
 距離は横浜港からの実走行距離<sup>5-4)</sup>

(3) 離散連続的な港湾物流施設の立地分布

ここで、首都圏における一般物流施設と港湾物流施設の立地分布を港湾からの距離で示し(横軸)、その中で、港湾物流施設に対しては、その施設量の相違も同時に示すと(縦軸)、図5-11となる。これを見ると、多くの地域において、一般物流施設(縦軸=0の各点)が立地すると同時に、港湾物流施設(縦軸>0の各点)も立地している。これは、都市内における港湾物流施設の立地が、全物流施設の中では離散的な分布になっていることを意味する(図5-9参照)。また、港湾物流施設が存在すれば、そこには個々に異なる施設量が保有されている(連続的施設量保有)。

このように、都市における港湾物流施設を対象とした分析では、①一般物流施設と混在することによる離散的な施設立地、②事業所ごとに連続的に相違する施設量の保有、の2つを同時に説明して行く必要がある。

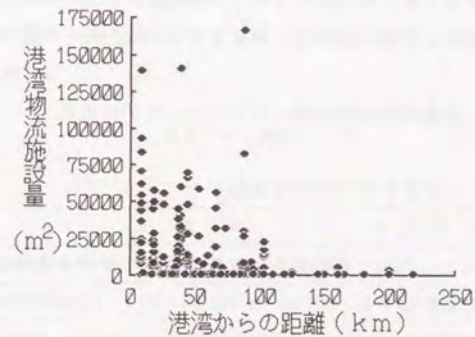


図5-11 物流施設の立地分布と港湾物流施設量  
 首都圏の488事業所  
 昭和61年実績値<sup>5-15)</sup>より作成  
 横軸上の点是一般物流施設の立地を示す  
 距離は横浜港からの実走行距離<sup>5-4)</sup>



5. 3. 3 非集計トビットモデルの適用

(1) 離散連続的な現象の理論的記述

前項の分析から、都市における港湾物流施設の立地は、一般物流施設との混在(図5-9参照)における、物流施設単位の離散連続的な問題である(図5-11参照)。加えて、港湾物流活動に対する経済性の制限が存在する現象(図5-10参照)と考えられる。このような、現象に何等かの制限が存在し、離散連続的となる問題に対しては、トビットモデルが有効と考えられる。

トビットモデルは、J.Tobin(1958)<sup>5-167</sup>によって開発された手法で、離散的なサンプルと連続的なサンプルを同時に用いて推定する確率モデルである。さらに、その推定値は、確率に基づく期待値によって示されるため、目的変数の実数量にそのまま対応する(4.5, 7節参照)。

そこで、本節では、都市における港湾物流施設の立地分析に、トビットモデルの適用を考える。なお、トビットモデルの理論の詳細については、渡辺の研究<sup>5-17, 181</sup>に示されており、また、本論文では、4.5, 6節に述べている。

(2) 港湾物流施設立地へのトビットモデル適用

(a) トビットモデルの定式化

以上に基ついて、トビットモデルにより、都市における港湾物流施設の立地を、次のように定式化する。

$W_i$ : 港湾物流施設の保有する貨物保管床面積  
(事業所単位の非集計データ)

$L$ :  $W_i$ の下限値 ( $L=0$ )

$Y_i$ : 説明変数による線形結合

ここで、

$$Y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^m \beta_j X_{ij} \quad \dots (5-2)$$

$X_{ij}$ : 説明変数 ( $j=1, \dots, m$ )

$\beta_j$ : パラメータ ( $j=1, \dots, m$ )

$\beta_0$ : 定数項

$i$ : 事業所のサンプル ( $i=1, \dots, n$ )

である。

(b) 適用データ

分析は、昭和61年の実績値<sup>5-153</sup>を用い、目的変数には、首都圏の都市(市及び区)に立地する物流施設を適用する。これは、貨物保管施設を保有する事業所単位による非集計データである(表5-9参照)。サンプル数は488であり、このうち一般物流施設は308サンプル、港湾物流施設は180サンプルである(表5-9参照)。

表5-9 適用データ

変数	適用データ(単位)
目的変数	港湾物流施設面積 <sup>5-153</sup> (事業所単位の貨物保管床面積; m <sup>2</sup> )
施設固有属性	①事業者の資本金 <sup>5-153</sup> (万円), ②陸運事業の有無 <sup>5-151</sup> (ダミー; 1=有, 0=無)
地域属性	都市属性 ③都市面積 <sup>5-153</sup> (km <sup>2</sup> ), ④人口密度 <sup>5-203</sup> (人/km <sup>2</sup> ), ⑤地価 <sup>5-211</sup> (全用途平均; 百万円/m <sup>2</sup> )
	産業属性 ⑥工業製品出荷額 <sup>5-223</sup> (百万円/年), ⑦卸売販売額 <sup>5-233</sup> (百万円/年), ⑧小売販売額 <sup>5-233</sup> (百万円/年)
	物流属性 ⑨都市内全貨物保管床面積 <sup>153</sup> (m <sup>2</sup> ), ⑩東京港との距離 <sup>5-43</sup> (km), ⑪横浜港との距離 <sup>5-43</sup> (km)
分析単位	立地都市 物流施設が存在する茨城, 栃木, 群馬, 埼玉, 千葉, 東京, 神奈川の各都県における市及び区
	対象港湾 東京港, 横浜港
	サンプル 都市における貨物保管施設を有する物流施設の立地1件あたりの非集計データ <sup>5-153</sup>
注1) 総サンプル数: 488 (港湾物流施設: 180サンプル, 一般物流施設: 308サンプル)	
注2) 一般物流施設のサンプルでは、目的変数(港湾物流施設面積)の値は0である。	
注3) 港湾との距離は、トラックによる実走行距離による。	



次に、都市における港湾物流施設の立地に関連する説明変数としては、物流施設の固有属性と、その施設が存在する地域の属性、の2つを考える必要がある。本節では、基本的なものとして、前者には①事業者の資本金<sup>5-15</sup>、②陸運事業の有無<sup>5-15</sup>を適用する。後者には、都市属性として③都市面積<sup>5-19</sup>、④人口密度<sup>5-20</sup>、⑤地価<sup>5-21</sup>を適用し、また、産業属性として⑥工業製品出荷額<sup>5-22</sup>、⑦卸売販売額<sup>5-23</sup>、⑧小売販売額<sup>5-23</sup>を適用する。そして、物流属性として、⑨都市内全貨物保管床面積<sup>5-15</sup>、⑩東京港との距離<sup>5-4</sup>、⑪横浜港との距離<sup>5-4</sup>を適用する(表5-9参照)。

表5-10 パラメータ推定結果

推定モデル		トビットモデル		プロビットモデル		重回帰モデル	
説明変数		パラメータ	t 値	パラメータ	t 値	パラメータ	t 値
施設固有属性	①資本金	$2.26131 \times 10^{-2}$	8.061**	$2.83418 \times 10^{-5}$	5.538**	$1.73186 \times 10^{-2}$	12.132**
	②陸運事業	$2.61378 \times 10^4$	6.070**	0.96782	6.105**	$5.73437 \times 10^3$	4.006**
地域属性	③都市面積	64.78967	2.547*	$1.93274 \times 10^{-3}$	1.940	-	-
	産業属性	-	-	-	-	-	-
物流属性	⑨全貨物保管面積	$1.84041 \times 10^{-2}$	3.071**	$1.06172 \times 10^{-5}$	4.106**	$8.44357 \times 10^{-3}$	3.347**
	⑩横浜港との距離	$-3.56148 \times 10^2$	-4.378**	$-1.10546 \times 10^{-2}$	-3.661**	-51.36717	-2.158*
定数項		$-2.75834 \times 10^4$	-4.333**	-1.11995	-4.692**	-	-
分散 ( $\sigma^2$ )		$7.77059 \times 10^6$	8.486**	1.00000	(仮定)	$2.15164 \times 10^6$	(不偏分散)
説明力		$R^2 = 0.364$		$\rho^2 = 0.298$		$R^2 = 0.324$	
的中率		66.17%		67.81%		-	
推定方法		最尤推定法		最尤推定法		最小自乗法	
推定値の範囲	最小値	7.83268 (施設量)		$1.66245 \times 10^{-3}$ (確率値)		$-8.04502 \times 10^3$ (施設量)	
	最大値	$1.27521 \times 10^5$ (施設量)		$9.99999 \times 10^{-1}$ (確率値)		$9.98212 \times 10^4$ (施設量)	
トビットモデルにおける対数尤度の $\chi^2$ 分布適合度		初期対数尤度: $L_{(R)} = -2243.48$ (注1参照)		$\chi^2$ 分布適合度:			
		収束対数尤度: $L_{(B)} = -2031.81$		$-2(L_{(R)} - L_{(B)}) = 423.34$ **			
** : 1%有意, * : 5%有意, 無印 : 10%有意							
$R^2$ : 実績値と推定値の決定係数, $\rho^2$ : 自由度調整済み尤度比							
注1) トビットモデルにおける初期対数尤度 ( $L_{(R)}$ ) には重回帰モデルのパラメータを仮定した。							
注2) プロビットモデルの推定では、目的変数が0以外のものを1として分析した。							
注3) 的中率は、港湾物流施設の存在確率に対する実績値と推定値の分担シェアによって算出した。							

### 5.3.4 パラメータの推定

#### (1) 推定結果

表5-9に示したデータを式(5-2)に適用し、相互に独立な変数によってトビットモデルのパラメータを推定した結果、表5-10となった。この分析では比較のために、トビットモデルと同じ正規分布を仮定する、離散選択モデルとしてプロビットモデルを適用し、また、連続モデルとしては重回帰モデルを適用して、両者のパラメータの推定も行った(表5-10参照)。

分析の結果、最終的に有意となった変数は、表5-10における①資本金、②陸運事業、③都市面積、⑨都市内全貨物保管床面積、⑩横浜港との距離、と定数項及び分散(トビットモデルの場合)の七つである(表5-10参照)。

一般に、トビットモデルが有効な現象では、重回帰モデルを適用した場合と比較すると、その線形結合の傾きは、より大きくなると考えられる<sup>5-19</sup>。表5-10では、重回帰モデルと比較してトビットモデルは、すべての変数において、パラメータの絶対値が大きくなっている。よって、本節において、都市における港湾物流施設の立地分析にトビットモデルを適用したことは、妥当であったと考えられる。

#### (2) 港湾物流施設の立地要因

##### (a) 施設固有属性変数

表5-10における施設固有属性には、①資本金、②陸運事業、の2つの変数がプラスで有意となっている。これには、次のような理由が考えられる。

まず、港湾においては、その港湾を利用する背後圏全体の貨物が一極集中することになる。さらに、船舶の規模が巨大であるため、その出入港に伴って生じる貨物の荷動き量は膨大となる。このような状況では、貨物輸送量が恒常的で多量に存在するため、港湾物流施設においては、規模の経済性<sup>5-41</sup>が働いていると考えられる(①)。また、自ら陸運事業を実施できる事業者は、荷主



に対する輸送サービスや港湾へのアクセスの面で有利になると考えられる(②)。

(b) 地域属性変数

次に、表5-10における地域属性には、③都市面積と⑨都市内全貨物保管床面積がプラスで有意となり、⑩横浜港との距離がマイナスで有意となっている。これには、次のような理由が考えられる。

まず、広い面積を保有する都市は、そこに存在する諸産業の数も多くなるので、そこに立地する港湾物流施設への需要も高いと考えられる。加えて、港湾物流施設の用地確保の面でも有利と考えられる(③)。また、一般に、港湾物流活動は、複数の業者により連携されるので<sup>5-31</sup>、物流業者が集積している都市は、港湾物流施設の立地に適すると考えられる(⑨)。さて、横浜港は、明治時代から国際商港として栄えてきたため、港湾物流活動に関連する多数の施設や機能が歴史的に集積し、港湾物流を利用する流通体系が確立されていると考えられる。したがって、首都圏の都市における港湾物流施設の立地には、横浜港周辺への利便性に対する、立地限定性が存在すると考えられる(⑩)。

(3) 規模の経済性と立地限定性の推定

(a) 港湾物流活動における規模の経済性

ここで、表5-10に推定されたトビットモデルのパラメータを用いて、異なる地域の港湾物流施設量を式(4-19)で推定すると、図5-12となる。これを見ると、事業者の経営規模(資本金)が大きいくほど、港湾との距離の相違による施設立地量の差は、少なくなっている。これは、上述した港湾物流活動における規模の経済性の概念(5.3.2項参照)に一致している。

(b) 港湾に対する立地限定性

次に、表5-10に推定されたトビットモデルを用いて、港湾からの距離に

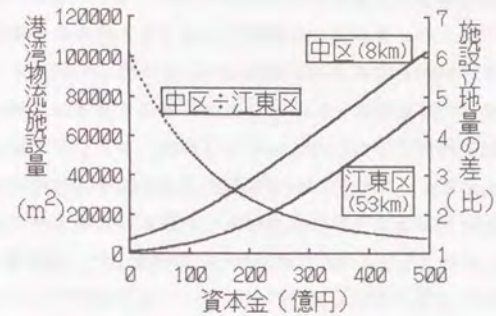


図5-12 トビットモデルによる施設立地量の推定  
東京都江東区(横浜港から53km<sup>5-41</sup>)と  
横浜市中区(横浜港から8km<sup>5-41</sup>)を比較  
陸運事業を行わない港湾物流施設を仮定

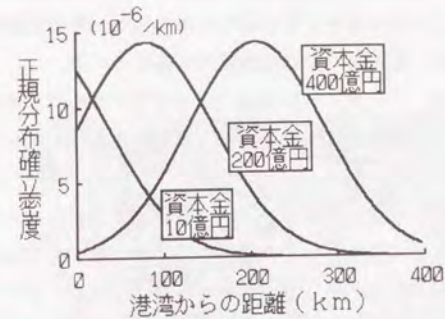


図5-13 港湾物流施設の立地確率密度(トビットモデル)  
都市面積と全貨物保管面積は適用データ  
の平均値を仮定(表5-10参照)  
陸運事業を行わない港湾物流施設を仮定  
距離は横浜港からの実走行距離<sup>5-41</sup>を仮定



対する港湾物流施設の立地確率密度を求めると、図5-13となる(式(4-17)参照)。これを見ると、経営規模(資本金)の小さい事業者の物流施設ほど、港湾との距離に制限されて立地していると考えられる。これは、中小の港湾物流施設が規模の経済性で不利な面を、港湾に至近な立地によって、港湾物流活動への利便性で補っていると考えられる。逆に、大手の業者は、多くの敷地を必要とするが、臨海部において不足する面積を、規模の経済性で港湾物流活動への利便性損失をカバーしながら、内陸部にその用地を確保していると考えられる。また、このような立地限定性の結果として、港湾周辺の都市には、港湾物流施設の立地が集中し、集積の利益<sup>5-24)</sup>を生み出すことによって、多数の施設が定着すると考えられる(図5-14参照)。これは、表5-10において都市内全貨物保管床面積が、プラスで有意になった事実と一致する。

#### (4) トビットモデルの有効性

トビットモデルは、限界値の存在によって離散連続的となっているデータに対して、バイアスのかからぬようにモデルのパラメータを推定する手法である。しかし、トビットモデルは、このようなパラメータ推定上の有効性(4.5節参照)に加えて、推定値の実用性の面でも優れている。



図5-14 大都市臨海部に集積する港湾物流施設  
★：港湾物流施設 ●：一般物流施設  
東京都港区芝浦周辺  
昭和61年実績値<sup>5-15)</sup>より作成

例えば、図5-12の分析を重回帰モデルで行っても、推定値が線形となるため、規模の経済性を表現することはできない。また、プロビットモデルは、離散選択モデルであるので、図5-12の分析そのものを行うことができない。同様に、図5-13の分析には、確率モデルでない重回帰モデルは利用できない。このような差が生じるのは、トビットモデルが目的変数の潜在的な存在確率に基づいて、その推定値を期待値(実数量)で示すことができるからである。

つまり、トビットモデルは、確率モデルと確定モデルの双方の特性を、同時に兼ね備えている分析手法なのである(4.5, 4.6節参照)。

#### 5.3.5 本節のまとめ

本節は、都市内港湾物流施設が、周辺の交通や環境に影響を及ぼす存在であることに問題意識を持ち、一般物流施設との混在や港湾物流活動の特性を考慮した、港湾物流施設に対する立地分析を行った。分析では、首都圏の都市における港湾物流施設の立地に対して、施設固有の属性と地域の属性をインプットとした、モデルを構築した。その結果、推定されたモデルのパラメータから、都市における港湾物流施設の立地要因には、特に重要なものとして、

- ① 港湾物流活動に対する規模の経済性が反映すること
- ② 港湾に対する立地限定性が存在すること

の2点が明らかになった。このような結論から判断すると、港湾物流施設は、よほど大規模な事業者でない限り、臨海部からの分散移転に対しては、かなり強い抵抗を示すと考えられる。その結果として、港湾周辺の臨海部では、港湾物流施設が臨港地区等の港湾地域に納まりきれず、近隣の都市内にその立地が浸透してしまっていると考えられる(図5-9, 14参照)。

なお、本節のモデルのアウトプットは、インプットに対する立地確率と施設量の期待値を与える。これは、今後の、

- ③ 貨物需要変動に伴う港湾物流施設の立地と移転



#### ④ 新規港湾建設に伴う港湾物流施設の立地と集積

などの予測に役立つと考えられる。

以上の結論は、物流施設単位の非集計データによる、トビットモデルの適用によって導かれた。さらに、本節で適用したデータを、プロビットモデルや重回帰モデルに適用して比較すると、トビットモデルは総合的に優れている。よって、離散連続的な物流施設の立地問題に対しては、トビットモデルが有効と考えられる。

#### 5.4 本章のまとめ

本章は、大都市臨海部における輸出入コンテナ輸送を、都市サイド面から計画・管理するために必要な、コンテナ車の経路選択特性と港湾物流施設の立地特性を、現象分析理論によって定量的に明らかにした。

本章の分析で明らかになった事実を要約すると、以下のとおりである。

- ① 臨海部におけるコンテナ車の経路選択行動は、高規格道路を指向しているにもかかわらず、輸送の経済性が重視され一般道に偏っている。
- ② 輸出入コンテナ輸送のODとなる港湾物流施設は、港湾に対して立地限定性や規模の経済性に支配されて立地している。
- ③ さらに、②の結果として港湾物流施設は、港湾周辺の臨海部都市内に、その立地が集積してしまうため、コンテナ車の走行距離が短距離となって、①に拍車をかけていると考えられる。

この3点は、コンテナ車の高規格道路利用促進や港湾物流施設の分散移転によって、都市における輸出入コンテナ輸送を改善して行くためには(4.8節参照)、避けることのできない計画課題と考えられる。さらに、これらは、港湾地域の都市計画上の課題の一つとして、今後の大都市臨海部における都市計画・交通計画のマスタープラン立案や、新規港湾計画の策定においても、重要な検討事項と考えられる。

#### 5章の参考文献

- 5-1) 日本交通政策研究協会、「トラックの大型化に関する諸問題」、1989年3月
- 5-2) 渡辺、苦瀬、新谷、「国際大型コンテナの道路輸送に関する基礎的研究」、第18回日本道路会議一般論文集、p1220～p1221、1989年10月
- 5-3) 渡辺、「輸出入コンテナの港湾間道路輸送における経路選択に関する研究」土木学会、土木計画学研究・論文集No8、p65～p72、1990年11月
- 5-4) 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」、p.93～p.138、1987年3月
- 5-5) 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、p.1～p.6、p.815～p.830、1978年
- 5-6) 渡辺、「都市交通における輸出入コンテナ陸上輸送に関する諸問題」、経済調査会、道路交通経済、No51、p64～p71、1990年4月
- 5-7) 江守、「大型化するトラックの安全性」、運輸調査局、運輸と経済、第44巻第10号、1984年10月
- 5-8) 太田、「交通システム計画」、技術書院、昭和63年
- 5-9) 土木学会、「非集計行動モデルの理論と実際」、土木学会、土木計画学研究委員会、土木計画学講習会テキスト、1984年11月
- 5-10) 建設省道路局、「昭和58年度道路交通センサス一般交通量調査箇所別基本表」、1984年3月
- 5-11) 渡辺、「都市における港湾物流施設の立地に関する研究」、日本都市計画学会、都市計画論文集No.27、1992年11月
- 5-12) 渡辺、「輸出入コンテナ国際輸送の現状と倉庫業の役割に関する研究」、日本倉庫協会、季刊倉庫86号、p.51～p.60、1990年8月
- 5-13) 矢野、小嶋、「物流施設集積市街地における用途混在の実態に関する研究」、日本都市計画学会、都市計画論文集No.21、p.55～p.60、1986年11月
- 5-14) 小池、苦瀬、呉、中川、「都市内物流施設の集積要因と立地指向性の分析」、日本都市計画学会、都市計画論文集No.26-B、p.493～p.498、



1991年12月

- 5-15) 日本倉庫協会、「会員名簿」、p.85~p.192、1986年
- 5-16) Tobin, J. (1958). "Estimation of Relationships for Limited Dependent Variables." *Econometrica* 26: pp.24-36
- 5-17) 渡辺、「トビットモデルとその道路交通量推計への適用についての予備的検討」、道路交通経済研究所、道交研シリーズ自主研究3-Vol.2、p.149~p.163、1991年11月
- 5-18) 渡辺、「輸出入コンテナ積載車両の交通量分布モデルに関する研究—トビットモデルの適用性について—」、日本都市計画学会、都市計画論文集No.26-A、p.319~p.324、1991年12月
- 5-19) 建設省国土地理院、「全国都道府県市区町村別面積調査」、1986年
- 5-20) 自治省行政局、「住民基本台帳に基づく全国人口・世帯数票」、1986年
- 5-21) 都道府県地価調査、1986年
- 5-22) 通商産業大臣官房調査統計部、「昭和61年工業統計表」、1988年
- 5-23) 通商産業大臣官房調査統計部、「昭和60年商業統計表」、1986年
- 5-24) 金森、「経済学基本用語辞典」、日本経済新聞社、日経文庫、p.47, p.100~p.101、1992年

## 第6章 結論と課題

### 6.1 研究の結論

#### (1) 総論

本研究は、まず第1章において、研究の背景となる世界経済や日本の立場といった構造的な要因を抽出し、これに対応してきた輸出入コンテナ輸送の歴史について振り返った。そして、この背景を根拠として、輸出入コンテナの陸上輸送が、都市サイドの問題として重要であることを示し、本研究の導入とした。

次に、第2章においては、都市における輸出入コンテナ輸送の問題点を実証的に示し、特に道路輸送の重要性をクローズアップした。そして、第3章では、輸出入コンテナの道路輸送に固有な交通特性を定量的に把握した。

さらに、第4章においては、この第2章、第3章での議論をベースにして、輸出入コンテナを搭載した車両（コンテナ車）の道路交通需要をモデル化し、現状に対する感度分析を行った。そして、第5章では、都市問題、交通特性、道路交通需要、という観点から、輸出入コンテナ輸送の影響が顕著な、大都市臨海部の特性を定量的に評価し、具体的な計画課題の抽出を行った。

以上のような本研究の一連の分析によって、まず、輸出入コンテナ輸送が、都市の交通・環境へ与える影響（例えば沿道騒音悪化と交通量増加）が具体的に明らかにされた。そして、輸出入コンテナ輸送に関連する港湾背後圏の経済活動やコンテナ車の交通特性に基づいて、コンテナ車のマクロ的な道路交通需要の予測方法が、実証的に体系化された。さらに、よりミクロな視点から、コンテナ車の経路選択特性と港湾物流施設の立地分布特性に対しても理論的な評価がなされ、コンテナ車の道路交通需要特性との関係から、大都市臨海部における道路負担の重大さも明確に示された。

このような一連の分析結果から統合的に判断すれば、本研究は、輸出入コンテナ輸送に対する都市サイド面からの計画の必要性を、定量的に立証したと言える。以上が、本研究の総論としての結論である。

さて、本研究の構成の中では、



- ① コンテナ車の交通特性の定量化
- ② コンテナ車の道路交通需要予測体系の明示
- ③ 大都市臨海部の特性の定量化

の3点が中心的な役割を担っている。さらに、この①、②及び③においては、様々な理論・手法に対する試みや工夫もなされている。そこで、これらの各分析で得られた個別の結論を、以下に各論としてまとめることにする。

## (2) コンテナ車の交通特性

まず、第3章では、3.2節において、輸出入コンテナの国内流動分布が一般的なグラビティモデルで記述できることが示された。さらに、推定されたパラメータから、輸出入コンテナ輸送の空間的分布特性は、港湾からの距離抵抗が大きく、各港湾ごとに背後圏の独立していることが明らかになった。ここで、輸出入貨物は、程度の差こそあれ全国で生産・消費されているものであるから、輸出入コンテナが港湾から遠距離に流通しないことは、貨物流動の観点から矛盾が生じる。このような視点で、積み替え輸送の存在を議論したのが、3.3節である。ここでは、輸出入貨物の国内輸送が、輸送サービス特性と地域の属性の相違によって、荷主がコンテナによる一貫輸送か一般トラックを用いる積み替え輸送のどちらかを選択していると仮定して、集計ロジットモデルを適用した。都道府県単位ODの大まかな分析であったが、輸送料金差や品目特性によって有意なモデルが作成された。この事実、輸出入コンテナ輸送において積み替え輸送が存在することを証明するとともに、3.2節の結論との矛盾も解消した。以上の2点は、輸出入コンテナ輸送の利用の結果生じる特性であったが、コンテナのハードウェア自体の変化が、コンテナ車の交通特性に影響を及ぼすと仮定したのが、3.4節の分析である。ここでは、コンテナ車の車両長に直接反映する輸出入コンテナサイズの大型化に目を向け、年々進行するコンテナサイズの大型化と、貨物量の増加、多頻度少量化、高付加価値化といった社会的なニーズの変化との関連性を、正準相関分析により統計的に導いている。

## (3) コンテナ車の道路交通需要予測体系

以上の3つの分析は、コンテナ車のマクロ的な交通特性を示すものであったが、これらは、以後の道路交通需要予測体系の明示に大きく貢献することになった。まず、4.2節においては、コンテナ車の道路交通量を予測するために必要となるモデル分野が9個であることを示した。しかし、2章の分析から自動車以外の輸送モードがわずかであることと、3.2節の結論から港湾の背後圏が独立していることを根拠として、短期予測を前提とするならば、最終的にモデル化する必要があるのは、貨物の生産・消費モデル、コンテナ積載量換算、コンテナ車OD交通量分布モデル、コンテナサイズ選択モデルの4つであることを示した。

これを受けて4.3節では、貨物の生産・消費モデルの構築を試みた。ここでは、諸産業の活動が独立ではなく相互に影響を及ぼしていることや(産業構造の連続性)、貨物量と貨物価額のバランスは地域間において相違するといった、経済活動において常識的に無視することのできない特性を、トランスログ・ヘドニック関数を用いてモデルへ導入することに成功した。データの制約から必ずしも説明力が十分に高いモデルを得るには到らなかったが、一つのモデルで他産業の間接的な影響や貨物価額と貨物量の関係を組み入れることができたので、貨物の生産・消費モデルにトランスログ・ヘドニック関数を適用したことは妥当であったと言える。特に、貨物価額と貨物量の関係のモデル化の成功は、後にすべてのモデルを連携してシミュレーションを実施した時に(4.8節参照)、経済活動の変化に対する予測に大きく反映されることになった。

貨物の生産・消費量が知り得たならば、次に必要となるのが、貨物量に対応するコンテナの個数を求めることである。そこで、4.4節では、港湾に出入する総貨物量を総コンテナ個数で除した数値(トン/TEU)を、コンテナの貨物積載量換算単位として用いることを提案した。ここでは、品目別に換算単位を導くことが望ましいが、品目別データが得られない制約があったので、統計的に安定な港湾別・輸出入別換算単位を作成し、品目の影響等は港湾背後圏ごとにそれら換算単位に内包させる方法をとった。3.2節の分析結果から各港湾の背後圏が独立しており、各港湾で取り扱われる品目の特性もその背後圏



の産業構成に直接的に依存しているのは明らかである。したがって、港湾別輸出入別の換算単位は、短期予測であれば十分に利用価値があると考えられる。

この換算単位を用いれば、港湾に出入するコンテナの総個数が推定されることになる。よって、次の段階としては、これらのコンテナを陸上輸送する、コンテナ車の交通量をOD別分布に振り分ける必要がある。そこで、4.5節では、コンテナ車のOD交通量分布モデルを構築した。ここで、利用するデータが短期調査期間による部分サンプルであったことから、トビットモデルを適用して、データに把握されていない潜在的な交通量を確率的に把握する方法で、モデル化を実施した。4.2節にも述べたとおり、この分析で用いたデータには調査期間と母数にかなり制約があるが、トビットモデルがこのような状況に補正することを目的に開発された手法であることから、ここで、推定されたモデルは妥当なものと考えられる。なお、このモデルには、3.2節、3.3節の結論を受けて、トビットモデルの線形結合にグラビティモデルと積み替え輸送の要素を変数として導入している。

以上によって、コンテナ車のOD交通量の分布が示された。しかし、この段階では、コンテナ車の交通量は、貨物積載量換算単位に対応するTEU数のままである。したがって、これを実際に輸送されているサイズの20ftと40ftに分配しなければならない。そこで、4.6節では、輸出入コンテナを取り扱う物流事業所単位の非集計データによって、コンテナサイズの選択モデルを構築した。このモデルの特徴は、コンテナサイズの選択が、20ftと40ftをそれぞれ単独で利用する事業所と、双方を同時に異なる個数で利用する事業所が存在したため、上限と下限を持つトビットモデルを適用した。この場合のトビットモデルの持つ意味は、単にバイアスを補正するのみならず、20ftもしくは40ftの単独選択と、20ftと40ftとの同時選択が混在する、離散連続的な現象へのモデル化手法としての機能にある。この分析においてもデータは十分とは言えなかったが、出荷貨物量の増加に対する大型コンテナの選択指向などは、明確に示されている。さらに、同時に推定を行ったプロビットモデルや重回帰モデルと比較しても、トビットモデルの方が妥当である。なお、この上限と下限を持つトビットモデルは、上限値や下限値を予測の段階で変更できる形式であるので、現在まだ使われていないサイズのコンテナ

へのニーズ等を予測することも可能である。これは、3.4節で述べた、コンテナサイズの大規模化の動向を検証するために役立った。例えば、この節の分析では、日本では国内流通が許可されていないが、全世界で主流となりつつある40ft以上への選択需要を予測して、3.4節の結論の裏付けを行っている。

以上の一連のモデルを連携して、本研究で提案したコンテナ車の道路交通需要予測体系の実用性を検証したのが、4.7節である。この分析では、4つのモデルをすべて集計モデルとして積み上げたにもかかわらず、推定値の現状再現性は良好なものであった。各モデルのキャリブレーションが、データの制約から必ずしも最適な状態ではなかったことを考慮すると、本研究の需要予測の枠組は妥当なものであったと考えられる。

このような本研究の需要予測体系の信頼性を根拠として、現状に対する感度分析をシミュレーションとして実施したのが、4.8節である。このシミュレーションの結果、輸出入コンテナ輸送に伴うコンテナ車の走行による、大都市臨海部への道路負担の重大さが歴然たるものとして示され、その軽減の方策には、港湾物流施設の分散化が一つのキーポイントとなる可能性が示された。

#### (4) 大都市臨海部の特性

このような結論を受けて、輸出入コンテナ輸送に対して都市サイドから対策を講じるために避けられない、現実的な課題を抽出するために、大都市臨海部における輸出入コンテナ輸送の特性を検討したのが第5章である。

まず、5.2節においては、4.8節の結論において大都市臨海部への道路負担の重大さが示されたことに対応して、首都圏臨海部におけるコンテナ車の経路選択行動を、非集計ロジットモデルによりモデル化し、その特性を定量的に把握した。その結果、臨海部におけるコンテナ車の経路選択は、一般道路を集中的に多用する傾向を持ち、有料の高規格道路を利用する傾向は乏しいことが示された。これは、港湾周辺の輸出入コンテナ輸送に伴う混雑解消のために、臨海部に有料の高規格道路を整備してもあまり効果は期待できないことを意味している。これは、現在の道路行政の姿勢に対する重要な課題と考えられる。

さて、4.8節のシミュレーションにおいては、大都市臨海部における輸出



入コンテナ輸送の道路負担は、港湾物流施設を分散化することにより、軽減できる可能性が示された。しかし、この実現は、港湾物流施設の立地の実態を把握し、その分布特性を定量的に検討しなければ、港湾物流施設の分散化の効果は評価できない。そこで、5.3節においては、首都圏における各市区単位の物流施設の現状を調べ、港湾物流施設が一般物流施設と混在して立地すると仮定して、トビットモデルにより離散連続的なモデル化を行った。その結果、港湾物流施設の立地は、港湾に対する立地限定性に支配されており、それが長年定着してきたため、港湾周辺に集積の利益も生じていると考えられる。したがって、よほど経済的に大規模な事業者でなければ、臨海部都市内から港湾物流施設を分散化することは、困難と考えられる。

このように、4.8節で示された道路交通需要の側面からの都市における輸出入コンテナ輸送の適正化に向けての指針は、大都市臨海部における現実的な特性を克服することが、基本的な課題であると考えられる。

本研究は、基礎的研究であるため、特定の個別事例を対象とした具体的な計画や線引きは意図しなかった。しかし、今後の都市計画や交通計画において、輸出入コンテナ輸送を考慮する必要性が生じた場合には、本研究のこのような結論は、基礎資料として有益な情報を与えると考えられる。

## 6.2 今後の課題

### (1) 輸出入コンテナ輸送に関するデータ

本研究の諸分析の遂行に当たっては、4.2節に述べたようなデータの制約から、分析への導入部において様々な仮説や前提を整えなければならなかった。

特に、輸出入コンテナ輸送に関するデータは、その調査数が少ない上に、貨物流動に関する調査とコンテナ流動に関する調査、そして、港湾出入時の貨物量・コンテナ数に関する調査は、それぞれ独立に実施されたものであり、相互に連携がなされていない。そのため、例えば、貨物の生産・消費地とコンテナ車のODとの間に存在する、積み替え輸送のOD分布については、既存データでは定量的なモデル化を実施することは不可能である。本研究は、コンテナ車

の道路交通需要を目標としたため、この問題が大きな支障とはならなかった。

しかし、輸出入コンテナ輸送に伴う道路負担や都市への影響は、コンテナ車のみならず、積み替え輸送によって生じる一般貨物車両によってもかなり生じていると考えられる。この影響を定量的に示すために、貨物の生産・消費地から港湾の間において、貨物の流動、一般貨物車のトリップとそのOD、コンテナ車のトリップとそのOD、の3つが対になったデータが必要である。このようなデータを収集するには、貨物の荷主・生産企業、陸運会社、コンテナの輸送会社、積み替え輸送の拠点となる物流施設、コンテナターミナル等の、意志決定主体をすべて内包した調査を実施する必要がある。このような調査は、利害関係の異なる様々な企業から情報を求めることになるので、垣根を越えた行政の主導と業界の協力がタイアップしなければ、成しえるものではない。ましてや、研究室レベルの小規模な調査では、実用に耐え得るデータを収集することは、不可能である。これは、パーソントリップ調査と大きく異なる点である。

したがって、都市における輸出入コンテナ輸送に関する研究・計画においては、上述したような行政レベルの調査を充実させることが第一の課題である。

### (2) 分析手法・理論

本研究で用いた分析手法・理論の中で、ヘドニック・トランスログ関数の適用と(4.3節参照)、トビットモデルの適用は(4.5, 6節、5.3節参照)、新たな試みであった。これらの手法は、上述したデータの制約や限界を克服するためにも大きく貢献した。しかし、その能力は、本研究の分析結果だけでは判断できない未知数の部分も多いと考えられる。

どちらモデルも欧米における計量経済学の分野で育まれてきた手法であるが、国内ではまだ普及していない。また、欧米におけるこれらの手法の多くは経済分析に適用されているため、本研究のように土木計画・都市計画の分野で利用された例は、国内外ともに数少ない。さらに、本研究での分析は、データの限界があったため、説明力の十分なモデルを得るには到らず、これらの手法の有効性を完全には明らかにできていない。したがって、今後は、様々な分析対象にこれらの手法を適用し、その能力を評価して行くことも一つの課題である。



### 6.3 将来への展望

#### (1) 都市サイドからの視点と対策

本研究によって得られた結論から総合的に判断すると、都市におけるコンテナ輸送に対して、今後に必要な都市サイドからの視点と具体的な対策は、次のように考えることができる。

まず、港湾に発生・集中する輸出入コンテナ輸送は、その港湾の背後圏全体の輸出入貨物需要に対応している。したがって、港湾に隣接する都市内では、その都市の輸出入貨物需要とは直接関連のない、背後圏各地域からの輸出入コンテナ輸送が、沿道を通過する交通となって大量に生じている。輸出入コンテナを積載するコンテナ車は、国内最大の超大型車両となるため、コンテナ車による都市内の沿道通過は、港湾を保有する大都市臨海部において、交通や環境面に影響を及ぼす原因である。本来、このような交通は、港湾に隣接する都市の沿道や他の交通とは分離すべきである。これは、大都市と港湾が隣接した日本においては、避けることのできない計画課題と考えられる。

しかし、現実には、港湾物流施設が、港湾に対する立地限定性から、港湾に隣接する都市内に集中して立地し、その結果として、背後圏全体の輸出入コンテナ輸送が、港湾周辺の臨海部に集約されてしまっている。そのため、積み替え輸送の発生により、一般の貨物車によるトリップも同時に生じることになる。さらに、コンテナ車の走行するOD間（港湾～港湾物流施設）の距離が近距離となり、高速道路や有料道路のネットワークが生かさず、輸出入コンテナ輸送の多くは、都市内の一般道路に依存しているのが現状である。このような状況に陥ったのは、物流施設に対する土地利用の考慮など、輸出入コンテナ輸送に対する都市サイド面からの対応不足が一つの原因と言えよう。

以上の視点から判断すると、都市と輸出入コンテナ輸送に対する現状の打開策としては、次の3点が効果的な対応と考えられる。

- ① 港湾物流施設（輸出入貨物の取扱が可能な物流施設）の都市内立地に対して規制・誘導すること …《都市機能と港湾物流機能の分離》

- ② 沿道土地利用を考慮した輸出入コンテナ輸送への交通管理（規制を含む）、道路施設計画を実施すること …《コンテナ車の都市内沿道走行の軽減》
- ③ 鉄道や内航海運へのモーダルシフトを推進すること…《道路依存の軽減》

これらの3点を具体的に実施するためには、解決しなければならない様々な現実的問題点が存在する。その内容は、本研究の対象範囲を超えるものである。そこで、これらの問題点の中で特に重要と考えられる、以下の4点、

- ① 港湾物流施設の都市内立地に対する行政の対応
- ② 大都市臨海部における高規格道路利用促進のための運賃適正化
- ③ 輸出入コンテナ輸送におけるモーダルシフトの推進
- ④ 国際化への対応

について、本研究の結論を参考に、将来への展望として以下に論説する。

#### (2) 港湾物流施設の都市内立地に対する行政の対応

まず、港湾物流施設の土地利用に関する法制度上の認識は、日本では存在しない。例えば、都市計画における用途地域の指定では、物流施設は、地域商業・娯楽施設の中の流通施設と定義されている。しかし、それ以上の分類は、営業倉庫か自家用倉庫かの区別のみで、港湾物流施設に対する指定はない。

また、倉庫等の物流施設に対する用途規制は、他の産業施設と比較するとかなりゆるやかである。例えば、営業用倉庫の場合、住宅地以外であれば、どこにでも建設することができる。さらに、自家用倉庫であれば、第一種住専以外のすべての用途地域に、建設が可能となっている。例えば、大手メーカーが輸出入貨物用に管理する大規模な倉庫（自家用港湾物流施設）は、用地さえ取得できれば、都市内のほとんどの地域に立地できることになる。実際に、港湾物流施設は、一般物流施設と混在して立地していることが、本研究の分析（5.3節）で明らかになっている。

港湾物流施設は、港湾に対する立地限定性に制約されて立地する特性を持つ



ているので(5.3節参照)、一般物流施設の立地と区別がなされていない現状においては、港湾近傍の都市内に港湾物流施設の立地が集中するのは当然の結果と考えられる。しかし、港湾物流施設は、コンテナ車のトリップと積み替え輸送に伴う一般貨物車のトリップの双方が、多量に発生・集中を繰り返す拠点である。したがって、輸出入コンテナ輸送を都市サイドから制御するためには、港湾物流施設の都市内立地を管理・規制することが、最も効果的な方法である。

よって、今後の課題としては、港湾物流施設の立地に対する行政側の規制が必要であり、法制度上の区分けも含めて検討する努力が必要であろう。

### (3) 大都市臨海部における高規格道路利用促進のための運賃適正化

大都市臨海部には、港湾の背後圏全体の輸出入コンテナ輸送が集中することになるのであるから、コンテナ車の走行を対象とした専用道路や優先道路を整備することができれば、不要な都市内通過交通を軽減でき理想的である。しかし、コンテナ車の交通量が多いのは、港湾周辺の限られた地域であり、また、大都市臨海部の地価が高騰している日本の現状では、このような道路の計画を実現することは難しい。そこで、次善の策となるのが、既存の高速道路や有料道路の利用促進による、コンテナ車の都市内沿道通過交通の軽減と考えられる。

ここで問題となるのは、これらの道路の通行料金の負担である。コンテナ車は大型車であるので、各道路の利用料金は、当然のことながら最高額の大型車料金となる。一般に、輸出入コンテナの道路輸送運賃には、高速・有料道路の通行料金は含まれておらず、その費用はすべて輸出入コンテナの陸上輸送会社が負担しなければならない。加えて、コンテナ車の走行は近距離が中心であるから、港湾周辺に高規格な道路が整備されても、コンテナ車の走行が有料となれば、その利用促進は期待できない。

そこで課題となるのが、輸出入コンテナの道路輸送に関する運賃の適正化である。現状の運賃は、一般道路利用を前提とした輸送距離単位の区分けとなっている。そのため高速・有料道路利用に伴う通行料金負担は、上述したように、輸出入コンテナの陸上輸送会社やそのドライバーのみに託されている。しかし、輸出入コンテナの道路輸送を利用することによって、最も恩恵を受けているの

は、貨物の荷主と船会社であから、港湾周辺の交通や環境への影響に対しては、荷主や船会社もその責任を分担する必要がある。

したがって、輸出入コンテナの道路輸送運賃を、単に距離帯別とするのではなく、都市の交通や環境への影響が大きい地域(大都市臨海部)に対しては、高規格道路利用料金を運賃の中に組み込むなどの対策が必要であろう。

### (4) 輸出入コンテナ輸送におけるモーダルシフトの推進

以上の課題は、輸出入コンテナ輸送が、今後も既存港湾を經由して道路輸送に依存するという前提にたっている。しかし、輸出入コンテナ輸送による都市への影響が、その道路輸送に起因するものであるとすれば、輸出入コンテナ輸送においても、道路輸送からのモーダルシフトの推進は重要である。

国内における輸出入コンテナ輸送のモーダルシフトは、鉄道と内航海運にその可能性を求めることができる。しかし、現状ではその両者とも見通しは明るくない。輸出入コンテナ輸送を実施するには、輸送活動の基盤となる施設が必要になる。日本に輸出入コンテナ輸送が導入された昭和40年代初期には、国内ではすでにモータリゼーションが定着しており、外貿コンテナ埠頭を港湾に整備さえすれば、道路輸送によって輸出入コンテナ輸送が実施できる幸運に恵まれた。しかし、モーダルシフトの重要性が高まってきた現在から振り返れば、これは、大きな失点であったと考えられる。

例えば、日本の外貿コンテナ埠頭は、建設当初から鉄軌道の導入を検討しなかったために、コンテナターミナル内から輸出入コンテナの鉄道輸送が可能な港湾はほとんど存在しない。さらに、昭和50年代半ばからの旧国鉄民営化の流れは、臨海部鉄道路線やターミナルの廃止を加速したため、輸出入コンテナ輸送の鉄道利用は、極めて困難な状況に陥っているのが現状である。現在、輸出入コンテナの鉄道輸送は港湾間輸送を中心に、僅かであるが存在している(東京港～横浜港)。しかし、その道路輸送に対するシェアは、ほとんど0に等しい。また、これらの鉄道輸送のシステムは、コンテナ埠頭と鉄道ターミナルの間を道路輸送で結んでおり、効率も悪くモーダルシフトの観点からも魅力は少ない。



このような状況は、内航海運においても同様である。日本の外貿コンテナ埠頭は、接岸する外貿コンテナ船の最大船型を基準にデザインされているため、小型の内航船による利用には適していない。そのため、内航船による輸出入コンテナの輸送は、内貿埠頭を介して行われるため、外貿コンテナ埠頭との間の輸送は、鉄道の場合と同様に道路輸送に依存している。さらに、内航海運の場合には、港と港を結ぶ輸送であるので、内陸との端末輸送には必ず道路輸送を利用しなければならない。

以上のように、輸出入コンテナ輸送のモーダルシフトは、現状のコンテナ埠頭における、構造上の限界によって向上できない状況にある。ところが、現在、国内の主要コンテナ埠頭の容量は、ほぼ限界に近づいている。加えて、輸出入貨物の需要は増加し続けているため、今後は、各地にコンテナ埠頭の拡張や新規建設が必要となるのは必至の状況にある。したがって、今後の新規港湾の計画において、鉄道と内航海運による輸出入コンテナ輸送を考慮した対応がなされれば、モーダルシフトによる道路依存の軽減は、期待できるであろう。例えば、新規港湾計画ではコンテナ埠頭内への鉄軌道付設を盛り込むことや、一つのコンテナ埠頭内に外貿コンテナ船バースと内貿コンテナ船バースを併設すれば、輸出入コンテナ輸送におけるモーダルシフトは確実に進むと考えられる。

#### (5) 国際化への対応

上述した3点の課題は、主として国内における課題である。しかし、輸出入コンテナ輸送は、国際間の物流活動であるので、世界情勢の変化にも日本は対応しなければならない。

例えば、本研究の分析した範囲内においても、コンテナサイズの大型化という問題に直面した。現在の日本では、長さが40ftを越える輸出入コンテナの道路輸送は、認可されていない。国内における道路事情だけを考えれば、この規制は当然であり、現状よりさらに大きなコンテナは、狭隘な日本の都市の交通事情には適合しないであろう。

しかし、輸出入コンテナ輸送は、当初米国の内陸輸送に始まって、全世界に波及したシステムである。加えて、日本の経済構造は輸出入に依存しており、

世界各国との間の物流活動を、国内の事情で阻害することは、物理的にも倫理的にもすでに許されない立場となっている。したがって、世界情勢の変化が、日本にそぐわない方向に推移したとしても、国際社会の一員として、日本は何等かの譲歩、もしくは、対応を余儀なくされることは明らかである。事実、輸出入コンテナのサイズは、すでに米国やECにおいて、日本の規制レベルを越えたサイズが、主流として流通している。

また、国内におけるコンテナ輸送システムと輸出入コンテナ輸送システムの整合性も極めて重要な問題である。米国では、もともと内陸輸送のコンテナシステムから輸出入コンテナ輸送が開始されたので、国内輸送とのリンクは極めて合理的に行われている。例えば、大陸横断鉄道によるダブルスタックトレインは、輸出入コンテナの大量輸送を実現し、海運会社を脅かすほどのシェアを保持するに到った。また、ECにおいては、日本と同じような狭隘な国土を持つ国々が多いが、国境が陸地を介して他国と接している場合がほとんどであるため、他国の貨物が、国内を常時、通過輸送されている。結果として、国内輸送と国際輸送は、一国の社会基盤施設の上を混在して行われることになり、両者のシステムの整合性や互換性は必要不可欠となる。そのため、EC内の各国においては、国内輸送が輸出入コンテナ輸送に対応すべく努力がなされている。

ところが、日本では、国内貨物輸送に用いられているコンテナは、トラック会社や鉄道会社の独自の規格であるため、輸出入コンテナ輸送に対する整合性は事実上無きに等しい。これは、上述した世界各国の輸出入コンテナ輸送に対する努力から考えれば、極めて奇異な状況であり、国際社会に対して責務の大きい経済大国日本としては、早急に対応すべき課題である。



あとがき

本研究は、都市における輸出入コンテナ輸送に対して、道路輸送の側面から基礎的な研究を行った。本研究の成果は、今後の港湾周辺の都市計画・交通計画に、大きく貢献できると自負している。ここで、最後に、都市と輸出入コンテナ輸送の在り方に対する一つの提言を述べて、本研究の締め括りとした。

輸出入コンテナ輸送は、産業が輸出入に依存する日本経済の生命線であり、国際社会の一員としての日本と世界各国を結ぶ重要な橋渡しである。現在も、そして、将来においても輸出入コンテナ輸送なくしては、日本の社会は成り立たないであろう。ところが、輸出入コンテナ輸送は、海外から導入された輸送システムであるため、日本の都市や交通の事情に適合するとは限らない。例えば、港湾周辺の幹線道路に面した住民にとっては、輸出入コンテナ輸送が極めて好ましくない存在であることは、疑いを得ない。このように、輸出入コンテナ輸送は、マクロ的に見れば、誰もが肯定すべき対象でありながら、ミクロ的に見ると、誰かが犠牲になって成り立っている社会システムと考えられる。このジレンマは、ちょうど重化学工業による公害問題が発生した過程に酷似している。終戦後、経済復興の国策として重化学工業が推進された。経済は復活したが、都市や社会のミクロな部分から問題が露呈し、日本は公害という大きな痛手を負うことになった。

輸出入コンテナ輸送も同じではないか、と著者は考えている。事実、日本に輸出入コンテナ輸送が導入されてから25年以上たったが、都市施設や地域住民を対象に実施された、具体的な行動はどれほどあったであろうか。また、研究活動においても同様で、輸出入コンテナ輸送に関する研究は、ハードウェアの技術や企業経営・利益を追求したもの以外は、極めて乏しいのが現状である。

著者は、この矛盾に気づき、6年前に本研究のスタートを切ったのである。本研究は、輸出入コンテナ輸送に関する基礎研究として、ここに幕を閉じるが、社会全体としての輸出入コンテナ輸送の在り方に関する議論は、まだ始まったばかりである。今、確かなことは、日本の輸出入コンテナ輸送が、将来、都市や社会の根底から崩れてしまわぬように、英知を積み重ねて努力して行かなければならないということである。

## 付録1. 輸出入コンテナ輸送に関する用語

### 1-1. 輸出入コンテナの同義語

国際間のコンテナ輸送を意味する用語には、輸出入コンテナの他、

- ① 国際コンテナ
- ② 海上コンテナ
- ③ 外貿コンテナ

が用いられている。この中で、①は、主として貿易実務用語に用いられ、②は、海運・港湾における業界の実務用語として用いられている。また、③は、運輸行政の間で多用されている。これらはすべて同意であるが、各分野において経験的に慣用されている。

これに対して、本研究で用いる輸出入コンテナは、主として学術用語に用いられている。

### 1-2. 輸出入コンテナの個数の計数方法

輸出入コンテナの個数の計数方法には、

- ① サイズの区別なくカウントする方法
- ② 20ftコンテナ換算個数 (TEUと記す)

の2つが用いられている。特に、TEU単位は、コンテナの個数によって、総貨物需要等を示すために、港湾統計等でしばしば用いられる用語である。例えば、40ftコンテナ1個は、2TEUとして数える。

本研究では、前者(①)を個数単位とし、後者(②)をTEU単位として区別している。



付録2. 本研究で用いた分析データの概要

2-1. 輸出入コンテナの内陸流動統計

調査名	国際大型コンテナ国内流動調査
調査主体	日本海上コンテナ協会
調査年度	昭和58年, 昭和61年
調査期間	7月の2日間
調査方法	物流事業所へのアンケート調査
サンプル	輸出入コンテナを取り扱う物流事業所によって出荷された輸出入コンテナ及びその輸送車両(単位; 台数, トリップ数)
標本規模	国内全流動量の約60~80% 注) 日本海上コンテナ協会に加入していない業者も存在するため、正確な母数の規模は把握できないが、港湾出入統計との比較から、上記の数字が日本海上コンテナ協会によって、示されている(報告書に記載)。
OD分類	コンテナ埠頭別市区町村地域分類
データ内容	物流事業所の一回の出荷時における、①輸出入コンテナ個数、②コンテナのサイズ、③輸送の依頼者(貨物の荷主)、④貨物の積み替え施設、⑤輸送経路、⑥貨物の品目等、 注) ただし、⑤と⑥については昭和58年度のみ実施された。

2-2. 港湾背後圏の輸出入コンテナ貨物需要統計

調査名	全国輸出入コンテナ貨物流動調査
調査主体	運輸省港湾局
調査年度	昭和61年, 平成元年
調査期間	10月の1ヶ月間
調査方法	税関申告時書類の集計調査
サンプル	輸出入コンテナの貨物量と価額の集計データ (単位; トン, 万円)
標本規模	国内の全数 注) ただし、個人輸入等の微細なデータは省かれている。しかし、それを除いても、全体の99.5%以上であることが、税関側から指摘されている。
OD分類	港湾別都道府県別地域分類
データ内容	輸出入申告時の価格と貨物量を、OD分類別に集計したものである。内容は、①貨物の品目、②輸送機関、③輸出入相手国(都道府県集計)、④貨物の積み替え場所等。 注) この調査では、輸出入コンテナの個数やTEU数は一切把握されていない。



2-3. 港湾出入時の輸出入コンテナ個数・貨物量統計

調査名	平成元年度国際大型コンテナ国内流動調査
調査主体	日本海上コンテナ協会
調査年度	平成元年度
調査期間	通年
調査方法	港湾局・税関申請種類に対する集計調査
サンプル	各港湾の取り扱った輸出入コンテナの個数及び貨物量の合計 (単位; TEU, トン)
標本規模	国内の全数 注) コンテナ埠頭における取り扱い個数・貨物量に相当する のでほぼ全数と見なし得る。
OD分類	港湾別のみ。国内OD地域分類は示されていない。
データ内容	港湾別の輸出入コンテナTEU数・トン数

謝辞

本研究において、東京大学工学部都市工学科教授の太田勝敏先生には、研究の全般にわたり手厚いご指導をいただくとともに、都市交通計画の基礎知識を伝授していただいた。また、同研究室助教授の原田昇先生には、理論面のご指導をいただき、日々お世話になった。加えて、太田・原田研究室(旧新谷・太田研究室)の皆様及び同研究室の関係者の方々には、絶えず励ましをいただくとともに、研究に協力していただいた。

さらに、日本大学理工学部教授新谷洋二先生(東京大学名誉教授)には、都市における物流問題の基礎知識を、成城大学経済学部教授岡田清先生には計量経済学の基礎知識を、伝授していただいた。

また、東京商船大学においては、西山安武名誉教授、山田猛敏教授、高橋洋二教授、苦瀬博仁助教授の各先生には、絶えず暖かく見守っていただくとともに、貴重なご助言をいただいた。そして、平野勇助手には本論文の編集等に、著者の指導学生である嶋野崇文君(修士2年生)には海外での情報収集等に、それぞれ協力して頂いた。

この他、土木学会、都市計画学会においては、論文審査・発表時の質疑において、多数の先生方からご指導・ご助言をいただいた。

ここに、本研究をまとめることができたのは、ひとえに上述した諸先生方のご指導とご助言の賜物であったと、強く感じている。この場を借りて、心より感謝の気持ちを表したい。



図表の索引

第1章 序論	頁
図1-1 社会的な視野での輸出入コンテナ輸送	… 2
図1-2 本論文の構成	… 6
図1-3 研究のダイアグラム	… 7
図1-4 輸出入コンテナ輸送システム	… 9
図1-5 コンテナ埠頭における諸施設とその配置	… 10
図1-6 港湾別定期航路貨物量とコンテナ化率	… 14
図1-7 輸出入コンテナの積載品目	… 16
図1-8 輸出入コンテナ貨物量の推移	… 16
図1-9 在来船輸送とコンテナ輸送の相違	… 17
図1-10 主要国海運のシェアの推移	… 20
表1-1 外貿コンテナ港湾とコンテナ埠頭の概要	… 11
表1-2 日本における貿易貨物の輸送機関分担	… 13
表1-3 輸出入コンテナ輸送の歴史	… 19
表1-4 輸出入コンテナ輸送にかかわる最近の交通事故・事件	… 21
写真1-1 都市内を輸送される輸出入コンテナ	… 2
写真1-2 国内コンテナの輸送	… 5
写真1-3 冷凍・冷蔵コンテナ	… 18
写真1-4 港湾から大量に発生する輸出入コンテナ輸送	… 24
第2章 都市における輸出入コンテナ輸送の問題点	
図2-1 輸出入コンテナ貨物の地域別需要分布	… 28
図2-2 主要外貿コンテナ港湾の立地と特徴	… 30

図2-3 輸出入コンテナのサイズ別需要の変化	… 31
図2-4 輸出入コンテナ貨物の国内輸送機関分担	… 33
図2-5 コンテナ車の道路輸送時の規模	… 34
図2-6 輸出入コンテナ積載車両の走行範囲シェア	… 37
図2-7 輸出入コンテナの距離帯別輸送量	… 37
図2-8 道路の種類別コンテナ車の交通量シェア	… 37
図2-9 輸出入コンテナ積載車両のトリップ数と貨物の積載状態	… 39
図2-10 横浜港周辺の幹線道路ネットワーク	… 41
図2-11 横浜港関連のコンテナ車が走行する道路	… 43
図2-12 横浜港周辺の主要幹線道路に発生する交通騒音	… 44
図2-13 道路騒音レベルへの輸出入コンテナ輸送の影響	… 48
図2-14 横浜市中区周辺における道路沿道騒音発生状況	… 51
図2-15 輸出入コンテナの陸上輸送における諸問題	… 53
表2-1 国内に流通するISOコンテナの規格	… 30
表2-2 輸出入コンテナの種類と適合する貨物	… 32
表2-3 輸出入コンテナの陸上輸送と道路交通関連諸法令の関係	… 35
表2-4 横浜港経由による輸出入コンテナ輸送の道路利用特性	… 43
表2-5 輸出入コンテナの道路輸送と環境の関連性	… 47
表2-6 重回帰分析の適用	… 49
表2-7 輸出入コンテナ輸送に伴う道路交通騒音への影響	… 50
第3章 都市における輸出入コンテナ輸送の交通特性	
図3-1 地域別(23分類)輸出入コンテナの流動量順位	… 58
図3-2 輸出入コンテナの流動距離に対する流動量の累積比率	… 60
図3-3 輸出入コンテナの国内流動量と流動距離の関係	… 62
図3-4 グラビティモデル適用の考え方	… 62



図3-5	輸出入コンテナに積載される貨物の積み降ろし場所	… 63
図3-6	積み替え輸送現象の分析手順	… 68
図3-7	一貫輸送と積み替え輸送の相違	… 69
図3-8	輸出入貨物のコンテナへの積み込み・取り出し場所	… 70
図3-9	積み替え輸送率の現状（関東・近畿の各都府県）	… 71
図3-10	積み替え輸送率と輸送距離の関係	… 72
図3-11	一貫輸送と積み替え輸送の輸送料金	… 73
図3-12	地域別輸出コンテナ貨物の品目シェア	… 76
図3-13	輸出入コンテナ貨物量と倉庫事業所数	… 76
図3-14	港湾別輸出入コンテナ貨物の取扱量	… 77
図3-15	輸出モデルの実績値と予測値	… 81
図3-16	輸出モデルの誤差分布	… 81
図3-17	輸入モデルの実績値と予測値	… 82
図3-18	輸入モデルの誤差分布	… 82
図3-19	輸出入コンテナの大型化の現状	… 87
図3-20	最近の輸出入コンテナ貨物量	… 88
図3-21	輸出入コンテナ貨物の単価額（万円/トン）	… 89
図3-22	輸出入コンテナ貨物の単位出入荷量（トン/件）	… 89
表3-1	都道府県別輸出入コンテナ流動表	… 57
表3-2	輸出入コンテナの国内流動における構成圏	… 59
表3-3	輸出入コンテナの国内平均流動距離	… 59
表3-4	適用データ	… 63
表3-5	構成圏別モデルのパラメータ推定結果	… 65
表3-6	港湾別モデルのパラメータ推定結果	… 65
表3-7	輸出入コンテナ貨物の国内流動日数（全国平均）	… 74
表3-8	積み替え輸送率に考慮すべき効用関数	… 79
表3-9	ロジットモデルによる分析結果1（輸出コンテナ貨物）	… 80

表3-10	ロジットモデルによる分析結果2（輸入コンテナ貨物）	… 80
表3-11	港湾と輸出入の相違による経年変動の分散分析結果	… 91
表3-12	貨物の質的变化とコンテナの大型化に関する正準相関分析結果	… 91
写真3-1	米国に流通する超大型コンテナ（48ft, 53ftの例）	… 91

#### 第4章 輸出入コンテナ輸送による道路交通需要の推計

図4-1	輸出入コンテナ輸送への道路交通需要予測体系	… 98
図4-2	輸出入コンテナの貨物積載量の現状	… 122
図4-3	輸出入コンテナの貨物積載量換算単位	… 124
図4-4	貨物積載量換算単位による輸出入コンテナの港湾別推定年間交通量の誤差…	125
図4-5	貨物積載量換算単位による輸出入コンテナ輸送の推定交通量	… 127
図4-6	コンテナ車の交通量分布	… 130
図4-7	積み替え輸送の分布	… 131
図4-8	トビットモデルの概念	… 133
図4-9	日本における輸出入コンテナ保有数の推移	… 145
図4-10	サイズ別コンテナの利用状況	… 145
図4-11	離散連続的なコンテナサイズを選択現象	… 146
図4-12	上限と下限を持つトビットモデルのイメージ	… 149
図4-13	各モデルの推定値と実績値の比較	… 159
図4-14	上限と下限を持つトビットモデルの予測	… 160
図4-15	プロビットモデルの予測	… 160
図4-16	各モデルの連携によるコンテナ車道路交通量の算出	… 163
図4-17	実績値によるコンテナ車の交通量分布	… 165
図4-18	推計値によるコンテナ車の交通量分布	… 165
図4-19	シミュレーションモデルの構造	… 168



図4-20	経済活動の変化とコンテナ車の総交通量の推移	… 169
図4-21	首都圏における物流施設立地の現状	… 170
図4-22	現状の諸変数値を仮定したシミュレーション結果	… 171
図4-23	東京湾臨海部の物流施設量を50%増加したシミュレーション結果	… 172
図4-24	東京湾臨海部の物流施設量を50%減少したシミュレーション結果	… 173
図4-25	首都圏における高規格道路の放射ルートと環状ルートの結節部	… 175
図4-26	外環エリアへの物流施設移転シミュレーション結果	… 176
図4-27	圏央道エリアへの物流施設移転シミュレーション結果	… 177
図4-28	北関東エリアへの物流施設移転シミュレーション結果	… 178
表4-1	適用データ	… 113
表4-2	産業品目別貨物価格モデルの推定パラメータ	… 115
表4-3	価格貨物量変換モデルの推定パラメータ	… 116
表4-4	モデルの説明力の相違	… 118
表4-5	ヘドニック関数の尤度比検定結果	… 118
表4-6	輸出入の相違と季節(月別)変化による変動の分散分析	… 122
表4-7	港湾の相違と経年変化による変動の分散分析(輸出)	… 123
表4-8	港湾の相違と経年変化による変動の分散分析(輸入)	… 123
表4-9	適用データ	… 138
表4-10	パラメータ推定結果	… 139
表4-11	トビットモデルの有効性	… 142
表4-12	適用データ	… 155
表4-13	パラメータ推定結果	… 156
表4-14	コンテナ車道路交通量の推計精度	… 164
表4-15	シミュレーションにおける物流施設移転先代替案	… 175
写真4-1	コンテナ車と積み替え輸送車両で埋め尽くされた臨海部道路	… 184

## 第5章 大都市臨海部における輸出入コンテナ輸送の特性評価

図5-1	東京港・横浜港臨海部における港湾間コンテナ車トリップのODシェア	… 190
図5-2	大井埠頭・本牧埠頭間経路別コンテナ車トリップシェア及び距離の相違	… 190
図5-3	経路、輸送の依頼者、コンテナサイズ、貨物の積載状態別発生トリップ頻度	… 192
図5-4	貨物の品目、経路、輸送の依頼者別発生トリップ頻度	… 194
図5-5	輸送の方向、輸送の依頼者、経路、貨物の積載状態別発生トリップ頻度	… 195
図5-6	コンテナ車の通行経路選択構造	… 197
図5-7	東京港と横浜港間におけるコンテナ車による経路選択への代替案	… 199
図5-8	モデルの経路別推計トリップシェア	… 205
図5-9	一般物流施設と混在立地する港湾物流施設	… 210
図5-10	港湾物流施設の資本金と港湾に対する立地	… 210
図5-11	物流施設の立地分布と港湾物流施設量	… 211
図5-12	トビットモデルによる施設立地量の推定	… 217
図5-13	港湾物流施設の立地確率密度(トビットモデル)	… 217
図5-14	大都市臨海部に集積する港湾物流施設	… 218
表5-1	輸出入コンテナ及びコンテナ車の規模	… 192
表5-2	大型車に特有な交通事故特性	… 197
表5-3	モデルの適用ケース	… 199
表5-4	経路別交通特性変数(LOS)	… 201
表5-5	輸出入コンテナ固有属性変数(SE)	… 201
表5-6	単変数特性によるロジットモデルの適用結果	… 203
表5-7	選択した変数間の相関分析結果	… 203
表5-8	経路選択モデルのパラメータ推計結果	… 205
表5-9	適用データ	… 213
表5-10	パラメータ推定結果	… 214



本論文に関連する学術論文・研究発表

《審査付き論文》

- (1) 平成4年11月、日本都市計画学会、第27回学術研究論文集(全文)  
「都市における港湾物流施設の立地に関する研究  
—非集計トビットモデルの有効性について—」
- (2) 平成4年11月、土木学会、土木計画学研究・論文集No10(全文)  
「上限と下限を持つトビットモデルによるコンテナサイズの選択モデルに関する研究」
- (3) 平成3年12月、日本都市計画学会、第26回学術研究論文集(全文)  
「輸出入コンテナ積載車両の交通量分布モデルに関する研究  
—トビットモデルの適用性について—」
- (4) 平成3年11月、土木学会、土木計画学研究・論文集No9(全文)  
「輸出入コンテナ貨物の生産・消費モデルに関する研究」
- (5) 平成2年11月、土木学会、土木計画学研究・論文集No8(全文)  
「輸出入コンテナの港湾間道路輸送における経路選択に関する研究」
- (6) 平成2年10月、アーバンインフラ・テクノロジー推進会議、第2回技術研究発表会論文集(全文)  
「輸出入コンテナ輸送と港湾周辺の道路交通量増加に関する研究」

《一般論文》

- (7) 平成4年8月、土木学会、環境システム研究・論文集No20(全文)  
「輸出入貨物の道路輸送に伴う環境への影響に関する研究」
- (8) 平成3年11月、道路経済研究所、道交研シリーズ自主研究3-Vol.2  
第7章(全文)  
「トビットモデルとその道路交通量推計への適用についての予備的検討」
- (9) 平成3年6月、日本交通政策研究協会、日交研シリーズA-139(全文)  
「輸出入コンテナ陸上輸送における都市交通計画的アプローチに関する研究」
- (10) 平成2年8月、日本倉庫協会、季刊倉庫No86(全文)

「輸出入コンテナ国内輸送の現状と倉庫業の役割に関する研究」

- (11) 平成2年4月、経済調査会、道路交通経済,1990年4月号(全文)  
「都市交通における輸出入コンテナ陸上輸送に関する諸問題」
- (12) 平成元年12月、土木学会、土木計画学研究・講演集No12(全文)  
「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」(苦瀬博仁、新谷洋二と共著)
- (13) 昭和63年11月、土木学会、土木計画学研究・講演集No11(全文)  
「海上輸出入コンテナ貨物の国内流動分布に関する研究」(苦瀬博仁と共著)
- (14) 昭和63年2月、東京商船大学、第36回学術講演論文集(全文)  
「東京湾岸における海上輸出入コンテナ貨物の流動構造に関する研究」

《講演》

- (15) 平成3年9月、土木学会、第46回年次学術講演会、講演概要集(全文)  
「輸出入コンテナの大型化に関する基礎的研究」
- (16) 平成2年9月、土木学会、第45回年次学術講演会、講演概要集(全文)  
「輸出入コンテナの貨物積載量換算単位に関する研究」
- (17) 平成元年10月、日本道路会議、第18回一般論文集(全文)  
「国際大型コンテナの道路輸送に関する基礎的研究」(苦瀬博仁、新谷洋二と共著)
- (18) 平成元年10月、土木学会、第44回年次学術講演会、講演概要集(全文)  
「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」(苦瀬博仁、新谷洋二、山田猛敏と共著)
- (19) 平成元年3月、土木学会、第16回関東支部技術研究発表会概要集(全文)  
「東京湾周辺都市における海陸一貫輸送コンテナの流動距離特性分析」(苦瀬博仁と共著)
- (20) 昭和63年10月、土木学会、第43回年次学術講演会、講演概要集(全文)  
「海上輸出入コンテナの陸上輸送の特性に関する研究」(苦瀬博仁、山田猛敏と共著)



