

トラック輸送貨物の本四連絡橋からフェリーへの モーダルシフトに関する一考察

A Study of a MODal Shift of Truck Transportation Cargo from Honshu-Shikoku Connection Bridges to Ferry Lines

岡山 正人*

Masato OKAYAMA

要旨: トラックの引き起こす環境問題や今後予測される労働力不足などに対応するため、モーダルシフトの必要性が叫ばれている。一方近年、本四連絡橋の開通をはじめ、こうした連絡橋や高速道路の料金の値下げが議論されるようになり、モーダルシフトの担い手として期待されているフェリー輸送にとっては大変厳しい時代を迎えようとしている。

そこで本研究では、物流センサスデータを用いて、他の地域に先駆けて極めて厳しい状況下にある瀬戸内海のフェリー航路を対象に、トラック輸送貨物のフェリーへのモーダルシフトについて分析を行った。その結果、トラック輸送貨物のルート選択において非常に重要な「ロットサイズ」に着目し、このロットサイズを大きくすることが、フェリーへのモーダルシフトに一定の効果があることを示すことができた。

キーワード: モーダルシフト、フェリー、トラック輸送、本四連絡橋

1. はじめに

トラック輸送に偏重している我が国の貨物輸送では、環境問題や少子化に伴う労働者不足への懸念などから、モーダルシフトの必要性が叫ばれている。しかし、モーダルシフトそのものは一部を除き進展しているとは言い難い。こうした中、道路公団の民営化に伴い、高速道路や本四連絡橋の料金は値下げされる可能性が強く、今後さらにモーダルシフトの進展は困難な状況と成っていくものと予想される。

特に本四連絡橋では既に二度にわたる料金値下げを実施しており、瀬戸内海のフェリーに多大な影響を及ぼしている。従来四国と他地域の間を行

き来するトラック輸送は大きくフェリーに依存していたが、連絡橋の開通やこのような料金の値下げなどにより、既に廃止に追い込まれたフェリー航路も存在する。フェリー輸送は、従来よりその複合一貫輸送が容易であるという特性から、モーダルシフトの担い手として期待されており、上記のような状況は、モーダルシフトの考えとは逆行するものとも取られ兼ねない。今後予想される高速道路の料金の値下げは、瀬戸内海だけではなく他の地域のフェリーに対しても、これと同様な状況を作り出す可能性がある。

そこで本研究では、物流センサスデータを用いて、他の地域に先駆けて既に厳しい状況下にある

* 正会員 広島商船高等専門学校 流通情報工学科

瀬戸内海のフェリー航路を対象に、トラック輸送貨物のフェリーへのモーダルシフトについて分析を行うこととした。

2. 既存の研究と本研究の位置づけ

モーダルシフトに関する研究はいくつか見られる。本研究と同様にフェリーを利用したモーダルシフトの研究として松尾ら¹⁾の研究がある。この研究では、トラックによる高速道路の利用を規制することでモーダルシフトを進めようとするなど、その方法は大変ユニークである一方、実際には受け入れられ難い面もある。また、本研究とは対象地域が異なるが、尹ら²⁾は関東地方を中心に北海道や東北、九州などの地域間を対象に、トラックから鉄道やフェリーへのモーダルシフトについて分析し、それに伴うCO₂の削減効果についても考察している。

一方、本四連絡橋とフェリーを対象とした研究には、定井ら³⁾や下条ら⁴⁾の研究がある。これらは、瀬戸大橋や明石海峡大橋の開通がフェリー輸送へ及ぼす影響について分析を行っているが、フェリーへのモーダルシフトの方策については言及していない。

また、著者も連絡橋の開通や料金の変化がトラック輸送に与える影響について分析を進めてきた。これらの研究では、何れも著者が自ら実施したトラック事業所へのアンケート調査結果をもとにして分析を行っている。そのため、既存の統計調査などにはない多様な調査項目を分析することができた。その結果、フェリーには「トラックの運転手が休憩できる」といった特有の選択要因があることや、連絡橋の開通によるトラック事業所の経営環境の変化がトラックの輸送ルートに影響を及ぼすこと⁵⁾、連絡橋の料金の値下げ率ごとのフェリーから連絡橋を利用したルートへの変更意向など⁶⁾、トラックによる連絡橋やフェリーの選択に

関する貴重な知見を得ることができた。

そこで本研究では、上記の研究で得られた分析結果をもとに、以下のように分析を進めることとした。

まず、データとして「物流センサスデータ」を用いた。これは、従来の研究ではトラック運行の立場からの、いわゆるトラック単位の分析であったが、物流センサスデータは貨物単位のデータであるため、分析も貨物単位となり、トラック単位の分析では発見できなかった新たな知見が得られる可能性があるためである。また、異なったデータを分析することで、従来の分析結果の信頼性を確認することもできる。

こうした物流センサスデータをもとに、トラック輸送貨物について本四連絡橋とそれらと代替関係にあるフェリー航路の利用要因について貨物単位で分析する。この際、従来の研究で得られたトラック単位のルート選択要因とこれらの結果とを比較検討する。

次に上記で得られた分析結果をもとに、ロジスティック回帰分析を用いて、トラック輸送貨物の連絡橋とフェリーの選択モデルを構築する。

そして最後に、構築したモデルを用いて、連絡橋からフェリーへのモーダルシフトについて考察する。

3. 使用データの概要

3.1 使用データ

本研究では、2000年10月17日から19日までの3日間に実施された「物流センサスデータ」を用いることとした。物流センサスデータはいわゆる「純流動調査」で、貨物が発地から出荷され最終目的地に到着するまでの「費用」や「所要時間」、通過した「物流施設」「利用輸送機関」などが調査されている。

一方、本四連絡橋は1999年にそのすべてが開

通した。その料金は 1998 年 4 月に基本料金から約 20%の値引きが行われ、2003 年 7 月にはさらに約 10%の値引きがなされている。従って 2000 年に調査された本データは、本四連絡橋のすべてが開通した後のもので、連絡橋の料金は最新ではないものの、基本料金から 2 割の値下げがなされた後のもので、既に料金値下げの影響を受けたものである。

なお、本研究で分析対象としたものは、四国を発地または着地とし、その間にフェリーを利用したのも含むトラックによって輸送された貨物とした。その結果、分析対象としたデータのレコード数は 23,357 レコード、総貨物量は約 210,423 トン、また件数は約 360,655 件となった。

物流センサデータの各レコードは、当該貨物による輸送ルートの選択の単位と考えられる。そのため本研究では、レコード単位、すなわち輸送ルート単位で分析を行うこととした。

3.2 トラック輸送貨物の実態

図 1 は連絡橋とフェリーの利用率を貨物の輸送トン数と輸送ルート数（レコード数）で見たものである。これらによれば、トン数比率ではフェリーが 70%以上を占めているのに対し、ルート数の比率では逆に 3/4 以上が連絡橋となっている。このことから、フェリーを利用している貨物輸送では、連絡橋を利用したものよりも重い貨物を輸送しているものと考えられる。

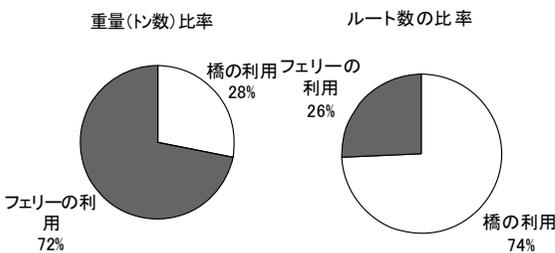


図1 連絡橋とフェリーの利用率

4. トラック輸送貨物のフェリーと連絡橋の利用要因の分析

ここでは、トラック貨物の輸送実態を連絡橋とフェリーを利用した場合で比較することで、貨物のルート選択要因を考察する。

4.1 OD ペア

まず、OD による連絡橋とフェリーの利用量の違いを分析した。分析は、クロス集計表の残差分析⁷⁾の考え方をもとに以下の方法で行った。

当該 OD のフェリーを利用した輸送ルート数の期待値 E_{ij} を、分析対象全体のフェリー利用した輸送ルート数の総数 × (当該 OD の総輸送ルート数の実測値 / 分析対象の総輸送ルート数) とすると、

$$e_{ij} = (ODijのフェリーの実測輸送ルート数 - E_{ij}) / \sqrt{E_{ij}}$$

で得られた e_{ij} はクロス集計表の「標準化残差」と同じものであると考えられる。そこで、 e_{ij} が標準正規分布に従うと仮定することで、この値が有意水準 5% 点である 1.96 を越える場合を、フェリーを利用する輸送ルートが多いものと考えた。表 1 はこうした e_{ij} (標準化残差) を OD ごとに計算し、その値が当該 OD 両方向で 1.96 を越える OD ペアのみを掲載したものである。

これによれば、四国の県と北海道との間の貨物輸送では、フェリーが多く利用される傾向があることがわかる。また、瀬戸内海を挟んで四国の対岸となる岡山、広島、山口の各県もフェリーでの輸送比率が高い傾向にある。四国側では、愛媛県を発着地とした貨物輸送でフェリーを利用する傾向が強く、相手となる地域は先の瀬戸内海の対岸となる各県に加え九州の県が含まれている。このように、OD ペアによってフェリーを利用する傾向が強いものがあることがわかる。

表1 フェリーを利用したルートが多いODペア

ODペア		標準化残差(1.96以上のものを掲載)	
四国の県	他道県	四国側の県を発地	四国側の県を着地
徳島	北海道	10.64	5.05
香川	北海道	13.10	6.04
	兵庫	4.47	2.87
	岡山	3.39	7.35
	熊本	2.02	2.37
愛媛	北海道	10.64	7.88
	岡山	2.80	5.46
	広島	5.78	2.69
	山口	2.42	10.09
	福岡	9.32	4.58
	佐賀	3.14	2.67
	熊本	4.93	2.68
	宮崎	4.93	5.33
高知	北海道	9.93	5.05
	山口	2.24	4.05

4.2 貨物の種類

従来の著者の研究では、「農水産品」「日用雑貨」などは連絡橋を利用するケースが多く、「原木」「石油・石炭製品」「食料工業品」などはフェリーを利用したルートで輸送される場合が多かった⁸⁾。

図2は、物流センサデータをもとに、連絡橋またはフェリーを利用している貨物の品種構成について見たものである。

これによれば、「雑工業品」ではフェリーに比べ連絡橋においてその比率が大きくなっており、従来の研究成果同様「雑工業品」は連絡橋を利用して輸送される傾向が強い。

また逆に「農水産品」「軽工業品」はフェリーにおいての比率が高く、これらの品種ではフェリーを利用する傾向があることがわかる。物流センサデータでは「食料工業品」は「軽工業品」に分類されており、従来の研究と同様の傾向があるものと見られる。しかしながら、「農水産品」については従来の研究とは逆の結果となった。そこで、農水産品についてさらに詳しく調べた。その結果、本研究の物流センサデータの分析においても「水産品」については8割近くが連絡橋を利用しており、従来の研究ではこのことが分析結果に現れたものと考えられる。

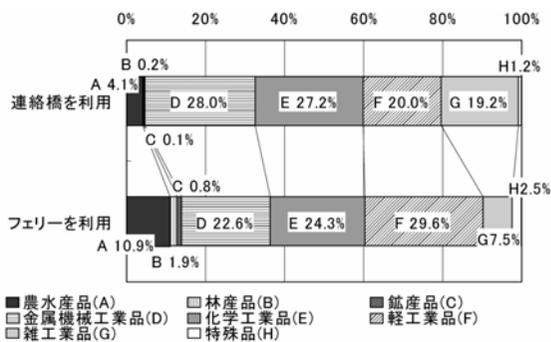


図2 輸送貨物の品種構成比

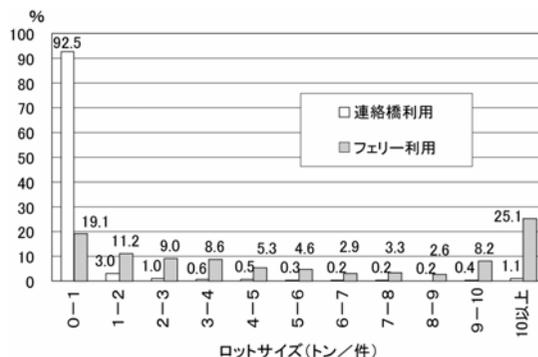


図3 ロットサイズの分布

さらに、従来の研究でフェリーの利用傾向が強いと考察された「原木」について見ると、今回の分析では「林産品」の比率が小さいため明確な判断はできないが、連絡橋の0.2%に比べフェリーでは1.9%とその比率が10倍近くとなっており、従来の研究結果と同様な傾向が見られる。

4.3 ロットサイズ

図3では、連絡橋を利用したものとフェリーを利用したものに分けて、1件当たりの貨物の輸送トン数、すなわち、「ロットサイズ(トン/件)」の違いを調べた。

この図から、連絡橋を利用した場合のロットサイズは1トン/件未満が9割以上を占めていることがわかる。また、この内6割以上は100kg/件未満、8割以上は300kg/件の小さな貨物であった。その一方で、フェリーを利用した貨物のロッ

トサイズにはばらつきが見られ、2割近くが1トン/件未満の貨物であるものの、25%ほどが10トン/件を越える大きな貨物となっている。

このように、連絡橋ではロットサイズが小さな貨物を輸送する傾向にあり、逆にフェリーではロットサイズに散らばりがあるが、連絡橋に比べて大きい貨物を輸送する傾向がある。なお、これは図1の考察と同様な結果となっている。

従来の著者の研究では、トラック単位に分析を行ってきたこともあり、「ロットサイズ」が輸送ルートを選択に大きく影響を及ぼしているということは指摘してこなかった。ロットサイズが貨物の輸送機関の選択に影響を及ぼすことを指摘した研究はいくつかあるが⁹⁾、この地域の分析でもこうした傾向を確かめることができた。

4.4 1時間1トン当りの輸送コスト

一般的に、連絡橋を利用すると輸送時間が早くなる一方、フェリーに比べコストが高くなる場合が多い。このため、急いで輸送する必要があり運賃負担力も大きい貨物は連絡橋を利用する傾向があり、その逆の貨物はフェリーを利用する傾向があるものと思われる。従来の著者の研究においても、フェリーは輸送コストを重要視する場合に利用される傾向が強く、連絡橋は輸送時間を重視する場合に利用される傾向があった¹⁰⁾。

そこでここでは、輸送ルートごとに1トン・1時間当たりの輸送コストを貨物の「単位輸送コスト(円/トン・時間)」として求め、それを連絡橋を利用したものとフェリーを利用したものに分けてその分布状況を調べた。その結果を示したものが図4である。

この図によれば、連絡橋を利用した場合およびフェリーを利用した場合ともに、2,000円/トン・時間未満の比率が50%以上を占めており、トラックで輸送されている貨物の単位輸送コストは

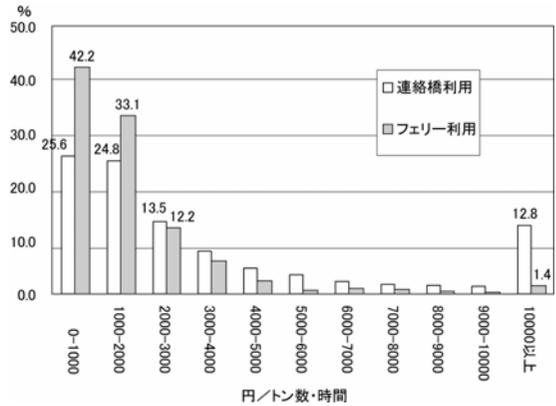


図4 1時間・1トン当たりの輸送コストの分布

2,000円/トン・時間未満のものが多くなっていることがわかる。しかしながら、連絡橋を利用した貨物には単位輸送コストが10,000円/トン・時間を越えるものも1割以上あり、フェリーのものと異なる傾向を示している。このように従来の研究と同様、時間輸送コストの高い貨物、すなわち運賃負担力の高い貨物は連絡橋を利用する傾向がある。

4.5 時間指定

次に、「時間指定」の厳しさの程度によるルートを選択状況について調べた。物流センサデータでは時間指定の程度を「時間指定なし」「日単位」「午前・午後単位」「時間単位」に分けて調査している。図5は、これらの比率を連絡橋を利用した場合とフェリーを利用した場合に分けて集計したものである。

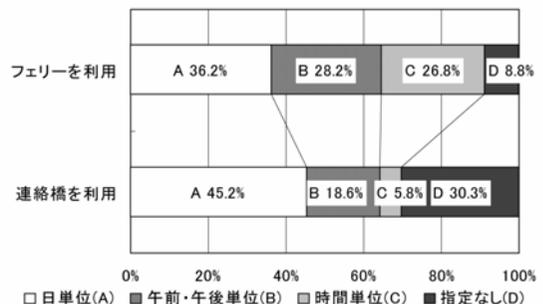


図5 時間指定の構成比

この図によれば、「時間指定なし」の比率は連絡橋を利用した場合の方が大きい他、最も時間指定の厳しくない「日単位」の比率もフェリーに比べ大きくなっている。この逆に、比較的指定の度合いが厳しい「午前・午後単位」「時間単位」の比率はフェリーを利用した場合の方が比率が大きくなっている。このように、時間指定の厳しい貨物はフェリーを利用する傾向が見られる。

しかしながら、一般にはスケジュールが決まっているフェリーよりも、いつでも利用でき、所要時間も短くなる連絡橋の方が厳しい時間指定に対応が容易であり、厳しい時間指定の貨物では連絡橋を利用するものとも考えられる。また、従来の著者の研究でも、時間指定のある貨物は連絡橋を利用する傾向にある¹¹⁾といった結果も得られており、時間指定については今後さらなる分析が必要であるものと思われる。

5. ロジスティクス回帰分析によるルート選択モデルの構築

5.1 ルート選択モデル構築の考え方

ここでは、各貨物が連絡橋またはフェリーの何れを利用した輸送ルートで輸送されるかを、ロジスティック回帰分析を用いてモデル化することを試みる。なお、モデルはフェリーを利用したルートの選択確率を求めるように推定することとした。

ここで、ロジスティック回帰分析¹²⁾を用いたのは、以下の2つの理由による。まず、図1の分析でも見たように、フェリーを利用したものは30%にも満たさず、従属変数となる輸送ルートに大きな偏りがあるため、ルートや輸送機関の選択によく用いられる判別分析などでは推定結果の精度に問題を生じる可能性がある。また、ロジスティック回帰分析では選択確率を推計することができ、モデルによる政策評価などの際、選択確率の微妙な変化をも分析できる。

モデル構築に用いるルート選択要因は、先の分析結果から得られた「ODペア」「貨物の種類」「ロットサイズ」「単位輸送コスト」の4つとした。「時間指定」についてはさらなる分析が必要であるものと考え、分析対象から除外した。

また、「ODペア」は表1の分析でフェリーの利用傾向が強いODペアにはダミー変数として「1」を、その他のODペアでは「0」とした。

「貨物の種類」については、図2の分析同様8品目とし、それぞれをダミー変数で表した。

さらに、「ロットサイズ」「単位輸送コスト」についても、それぞれ図3や4と同様の区間幅ごとによるダミー変数として分析することとした。通常これらの変数は、それぞれの値をそのままか、対数変換などを行うことで利用される場合が多い。しかし、ここでこれらの変数をダミー変数として取り扱うことにしたのは以下の理由による。

これらの変数を実測値そのままの値および対数変換したものを利用したモデルを推定したところ、統計的に有意な説明変数も得られ、的中率も全体として80%を超えるモデルを得ることができた。しかしながら、何れのモデルもフェリーの的中率は50%に届かないなど推定精度に大きな偏りを生じた。これは、図3や4に示すとおりロットサイズや単位輸送コストでは、特定の領域では極端にフェリーまたは連絡橋を利用する傾向がある一方、それ以外では明確な傾向が見られないなど、大きく偏ったデータであり、こうしたことが推定精度の偏りを生じさせたものと考えられる。

さらに、この2つの変数の分布を調べたところ、何れも歪度は7を越え、尖度も80を越えるようなものであるほか、大きなピークから離れたところに小さなピークが見られるなど分布に大きな偏りが見られた。

このようなデータでは、連続変数をカテゴリー変数として取り扱った方が妥当である場合もあ

り¹³⁾、カテゴリー変数としてモデルに用いた。

以上の結果、モデルの推定に利用する説明変数は31個にもなる他、ロットサイズや貨物の種類などの変数間で相関がみられる可能性もあり、分析結果に多重共線性による影響がでる可能性がある。

そこで、各説明変数の関係について見たところ、貨物の種類ごとにロットサイズや単位輸送コストの平均値には多少の差があったが、それぞれの標準偏差もかなり大きくなっていった。また、ロットサイズと単位輸送コストとの相関係数も、分析に用いたカテゴリーによるクロス集計表で-0.33と大きな相関は見当たらなかった。

以上のことから、多重共線性の影響は大きくないものと考えられるが、モデルの簡潔性も考慮し、各説明変数の統計的有意性を示す「Wald統計量」による検定で、有意水準1%を基準とする変数増減法により変数を選択する方法を用いた。通常、有意水準の基準には5%を使うことが多いが、ここではデータ数が23,357件と多いため、各変数が有意に成りやすく、多くの変数がモデル変数として採用される可能性があるため、より厳しい基準の1%とした。

5.2 モデルの推定結果

表2は、上記の方法で構築したモデルの推定結果を示している。この表を見るとまず、モデルの統計的有意性を示す χ^2 値による検定で、有意水準1%で有意となっている。また、的中率も若干フェリーの的中率が連絡橋のそれよりも小さくなっているものの、ほぼバランスが取れており、全体としての的中率も88.3%となっている。本データは先にも述べたように、従属変数であるフェリーの利用の有無に図1に見られるような偏りがあり、推定が比較的困難なものとなっているが、的中率などの値から推定したモデルが非常に良好な

表2 ロジスティック回帰分析によるルート選択モデル

説明変数	回帰係数	Wald統計量	オッズ比	
ロットサイズ	0~1トン/件未満	-3.882	1744.449	0.021
	1~2トン/件未満	-1.415	126.343	0.243
	2~3トン/件未満	-0.411	6.730	0.663
	10トン/件以上	0.373	8.769	1.452
単位輸送コスト	2千円~3千円	0.228	8.806	1.256
	1万円以上	-0.786	16.576	0.456
貨物の種類	農水産品	0.933	51.186	2.541
	雑工業品	-0.324	7.555	0.723
ODペア	1.519	288.688	4.566	
定数	0.938	143.345	2.554	
初期-2×対数尤度	10256.5			
最終-2×対数尤度	5599.3			
χ^2 値/自由度	4657.2/9			
Cox&Snell R2乗	0.406			
Nagelkerke R2乗	0.595			
的中率	連絡橋の的中率	92.7%		
	フェリーの的中率	75.8%		
	全体の的中率	88.3%		

注) Wald統計量およびモデルの χ^2 値は何れも有意水準1%で有意であった。

注) モデルはフェリーの選択確率を求めるように推定した。各説明変数については、ロットサイズ、単位輸送コスト、貨物の種類それぞれのカテゴリーをダミー変数として、ODペアはフェリーが多いODペア=1、それ以外=0として、Wald統計量の検定で有意水準1%を基準とする変数増減法により推定した。

ものであるものと考えられる。

また、有意水準1%で統計的に有意となる説明変数は全部で9つ得られている。それぞれの変数の係数やオッズ比について見ていくと、まず、「ロットサイズ」では3トン/件未満の貨物でフェリーの選択確率を小さくする傾向がある。その内特に、1トン/件未満のものではオッズ比が0.021と1トン/件以上2トン/件未満の0.243に比べ10分の1以下となっており、そうした傾向が極めて強い。一方、10トン/件以上の貨物ではフェリーの選択確率を高くする傾向がある。

「単位輸送コスト」では、1万円/トン・時間を超す貨物では、2千円/トン・時間から3千円/トン・時間の貨物を除く他の貨物に比べ、フェリーの選択確率が小さくなるのがわかる。2千円/トン・時間から3千円/トン・時間の貨物は先の図4の分析ではどちらかと言えば連絡橋を利用する可能性が大きいとも取れ、本推定結果とは逆の結果にも見えるなど、多重共線性の影響が疑われる。しかし、図4の結果における構成比の差

も小さく分析結果全体を大きく歪めるほどのものではないと考えられる。

これら的一方で、ロットサイズでは3トン以上10トン未満の категорияが、単位輸送コストでは2千円/トン・時間から3千円/トン・時間の categoryを除く1万円以下の categoryが統計的に有意とはなっていない。このように、ルート選択に明確な傾向がない領域と、上記のように明確な傾向がある領域とが存在しており、このことが、実測値や対数変換したものをを用いた推定結果の精度に問題を残した理由と考えられる。

次に、貨物の種類では、「農水産品」ではフェリーを選択する確率を大きくする他、逆に「雑工業品」ではフェリーを利用する確率を小さくする傾向がある。

なお、以上の考察結果は4.での分析結果とわずかに異なるところもあるものの、概ね同様の結果となっており、懸念した多重共線性の影響も見られないものと判断できる。

6. ロットサイズを大きくすることによるフェリーへのモーダルシフトの可能性

6.1 ロットサイズによるモーダルシフトのシミュレーションケース

ここでは、上記で構築したモデルを用いてフェリーへのモーダルシフトの可能性について考察する。モーダルシフトのための方策としては「ロットサイズを大きくする」ことを考えた。これは、モデルの変数の内「貨物の種類」や「OD ペア」は容易に変えられないこと、「単位輸送コスト」はこれと同様な理由に加え、選ばれた変数に「2千円/トン・時間から3千円/トン・時間」と不規則なものが混ざっていること、さらには、「ロットサイズ」の各変数のオッズ比の値から、これらの変数の変化がフェリーの選択確率に与える影響は小さくないと判断したためである。

また一般に、貨物の小口化、多頻度輸送化が積載率の低下やトラック交通量の増加を招き、環境に悪影響をもたらしていると言われている。そのため、ロットサイズが大きくなった場合、端末のトラック輸送ではトラックが大型化する可能性はあるものの、積載率の向上やそれに伴う輸送頻度の減少により、トラック交通量も減少する可能性がある。こうしたことから、ロットサイズを大きくすることは、端末輸送においても環境問題の改善に寄与する可能性があるものと考えられる。なお、先にも述べた「ロットサイズ」と「単位輸送コスト」との相関から、ロットサイズの大型化により輸送コストの増加を招くことはないものと考えられる他、一度に大量の貨物を輸送した方が輸送コストを削減できるとも考えられる。このように、ロットサイズを大きくすることはコスト面においてもモーダルシフトに不利に働くことはないものと思われる。

本研究では、ロットサイズの変化によるフェリーへのモーダルシフトのシミュレーションには、表3にあるような4つのケースを考えた。これらの4ケースを考えたのは以下の理由による。

モデルのオッズ比から、1トン/件未満の貨物のロットサイズを大きくすることが最もフェリーへのモーダルシフトを進めることは明らかである。しかし、4.3でも述べたように1トン/件未満の

表3 ロットサイズを大きくすることによるモーダルシフトのシミュレーションケース

ケースNo.	内 容
ケース1	ロットサイズが3トン/件以上10トン/件未満の貨物のロットサイズを10トン/件以上にする。
ケース2	ロットサイズが1トン/件以上3トン/件未満の貨物のロットサイズを3トン/件以上にする。
ケース3	ケース1+ケース2
ケース4	ロットサイズが1トン/件以上10トン/件未満の貨物のロットサイズを10トン/件以上にする。

貨物の6割以上がロットサイズが100kg/件未満の小さな貨物である。そのため、これらのロットサイズを1トン/件、もしくはそれ以上にするには10ロット以上の貨物を1ロットに集約する必要がある、輸送サービスなどの点からもこうしたことは困難であるものと考えられる。

そこでまず、オッズ比からロットサイズが10トン/件以上であればフェリーを利用する選択確率が大きくなることを利用し、ロットサイズが3トン/件以上10トン/件未満の貨物を集約し10トン/件以上のロットサイズになるようにすることでモーダルシフトを起こすことを考えた(ケース1)。この場合は、最大でも4ロットほどを1ロットに集約することで済むため、先の1トン/件未満の貨物の場合に比べ容易であるものと思われる。

次に、1トン/件以上3トン/件未満の貨物のオッズ比は1.0未満とフェリーの選択確率を小さくする傾向を示しており、これらのロットサイズの貨物を3トン/件以上にすればフェリーへの選択確率も大きくなる(ケース2)。この場合は、最大でも3ロット程度を1ロットに集約することで済む。

ケース3では、ケース1とケース2を組み合わせたものを考えた。

ケース4では、ケース2に、1トン/件以上3トン/件未満のロットサイズの貨物を10トン/件以上のロットサイズにすることを組み合わせたものである。この場合では、最大で10ロット程度を1つに集約する必要があるが、100kg/件未満の貨物を集約するよりは容易であるものと考えた。

6.2 シミュレーション結果

図6は上記の各ケースのシミュレーション結果を図示したものである。

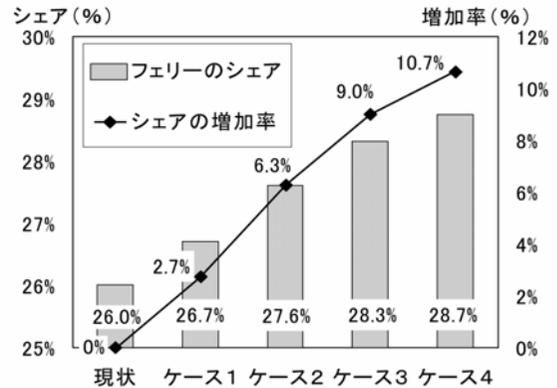


図6 ロットサイズを大きくすることによるフェリーのシェアの変化

この図を見ると、ケース1ではシェアの増加率は3%に満たないが、ケース2では約6.3%、これらを組み合わせたケース3では、約9.0%の増加率となっている。また、ケース4では1割を越すシェアの増加率となっている。このように、ロットサイズが1トン/件から10トン/件未満であった貨物を、3ロットから4ロットを集約し1ロットとして輸送することにより、フェリーのシェアを1割近く増加させることができ、連絡橋を利用している貨物をフェリーへモーダルシフトさせることに一定の効果があることがわかった。

なお、ロットサイズが1トン/件未満の貨物をロットサイズが1トン/件以上になるまで集約することができた場合、本モデルによるシミュレーションによると、フェリーのシェアの増加率は96%にもなり、そのシェアも50%を越えることがわかった。こうしたことから、たとえ一部でもロットサイズが1トン/件未満の貨物のロットサイズを10倍以上にすることが可能であれば、フェリーへのモーダルシフトは大きく進む可能性がある。

7. おわりに

本研究では、物流センサデータを用いて、ト

トラック輸送貨物の本四連絡橋とフェリーの選択要因について分析を行い、その結果をもとに、トラック輸送貨物のルート選択モデルを構築した。そして、構築したモデルによりロットサイズを大きくすることによる連絡橋からフェリーへのモーダルシフトの効果について考察した。

本研究の成果をまとめると以下ようになる。

- 1) 物流センサスデータをもとにトラック貨物のルートの選択要因を分析した。その結果、「単位輸送コスト」といった貨物の運賃負担力や「貨物の種類」「ロットサイズ」が貨物の輸送ルートの選択に影響を及ぼすことがわかった。この内特に「ロットサイズ」は、他地域の研究では抽出されていたものであるが、この地域の従来の研究では明らかにできなかったものである。また、「貨物の種類」では「農水産品」において従来と異なった傾向が見られたものの、「雑工業品」は連絡橋を利用する傾向が強いなど、ほぼ従来の傾向と同様な結果となった。なお、フェリーを利用する傾向が強い「ODペア」が存在することも明らかにできた。
- 2) ロジスティクス回帰分析によりトラック輸送貨物のルート選択モデルを構築した。その結果、 χ^2 検定の結果や的中率の値から良好な推定結果を得られたことがわかった。本モデルにより、「ロットサイズ」では3トン/件未満の貨物で連絡橋を利用する傾向があり、特に1トン/件未満の貨物ではこうした傾向がきわめて強いことがわかった。逆にロットサイズが10トン/件以上の貨物ではフェリーを利用する傾向があった。「単位輸送コスト」では1万円/トン・時間以上の貨物で連絡橋を利用する傾向が強いこともわかった。
- 3) 上記のモデルを利用して、「ロットサイズ」を大きくすることによるフェリーへのモーダル

シフトについて検討した。その結果、ロットサイズが1トン/件以上3トン/件未満の貨物をロットサイズが3トン/件以上になるように、加えて、3トン/件以上10トン/件未満のものを10トン/件以上になるようにすることで、フェリーを利用するようになる輸送ルートが10%近く増加することがわかった。今後の課題としては以下の諸点があげられる。

- 1) 本研究で検討したモーダルシフトによるトラック輸送による渋滞緩和効果やCO₂の削減効果などを明らかにする必要がある。
- 2) 本研究ではロットサイズを大きくすることによるモーダルシフトを考えた。今後はロットサイズを大きくするための具体的な方法について提案していく必要がある。
- 3) 現在、本四連絡橋の料金は値下げされる方向で議論が進んでおり、このようなことも考慮に入れて分析を進めていく必要がある。特に最初に述べたように、既に著者はトラック事業所へのアンケート調査などにより、連絡橋の料金値下げの影響についても分析を進めており、こうした分析結果と本研究の成果を融合するなどして、今後もさらに研究を進めていきたい。

参考文献

- 1) 松尾・鶴田・黒川・宮重：わが国のトラック輸送経路選択モデルとモーダルシフト政策，日本航海学会論文集 104号，pp.21～29，2001年3月。
- 2) 尹・片山・百合本：トラック輸送から鉄道・フェリー輸送へのモーダルシフトモデル，日本物流学会第13号，pp.35～42，2005年5月。
- 3) 定井・坂東・東條：本四連絡橋開通による大阪湾地域フェリー交通への影響分析，土木学会年次学術講演概要集第4部，Vol41，pp.57

- ～58、1986年.
- 4) 下條・長谷川・舟見・森下：交通流のルート選択予測に関する1つの試み-明石海峡の場合、関西交通経済センターNo.81、pp.43～55、1994年.
- 5) 岡山・小谷・中下：トラック輸送による明石大橋の選択要因に関する分析、土木計画学研究論文集 No.15、pp.611～620、1997年.
- 6) 岡山・田中：本四連絡橋の料金変化がトラックによるフェリーの利用状況に及ぼす影響に関する研究、日本航海学会論文集第109号、pp.151～159、2003年.
- 7) たとえば、B.S.エヴェリット：質的データ解析、新曜社、pp.49～50、1980年.
- 8) 前掲 5)
- 9) たとえば、家田・佐野・小林：商品価格と流動ロットに着目した都市間貨物輸送機関分担モデル、土木学会論文集 No.548/IV-33、pp.1～10、1996年.
- 10) 前掲 6)
- 11) 前掲 8)
- 12) たとえば、丹後・山岡・高木：ロジスティクス回帰分析、朝倉書店、1966年.
- 13) 前掲 12) pp.67～68.

著者紹介

岡山 正人 (正会員)

広島商船高等専門学校流通情報工学科助教授 (〒725-0231 広島県豊田郡大崎上島町東野 4272-1)、昭和36年生まれ、昭和62年3月神戸商船大学大学院商船学研究科修士課程(輸送科学専攻)修了、広島商船高等専門学校航海学科助手を経て現職、博士(工学)、土木学会、交通工学研究会、日本航海学会など学会員
E-mail:okayama@hiroshima-cmt.ac.jp

A Study of a MODal Shift of Truck Transportation Cargo from Honshu-Shikoku Connection Bridges to Ferry Lines

Masato OKAYAMA

ABSTRACT : The necessity of mODal shift has been emphasized to solve the various problems caused by truck transportation such as air pollution and future lack of workers by declining birthrate. It is said that ferry lines can play a principal role in mODal shift policy on account of their easy intermODal transportation services. However, ferry lines in the Seto Inland Sea have been put in very difficult situation lately because of opening the Honshu-Shikoku Connection Bridges and arguments about reduction in toll of the expressways and the Honshu-Shikoku Connection Bridges.

The purpose of this paper is to analyze a mODal shift by using ferry lines of the cargos which is transported by trucks between Shikoku and other regions. From this result, it is indicated that lot-size is an important route choice factor to truck transportation cargo and making lot-size larger promotes mODal shift by using ferry lines.

KEYWORDS : MODal-shit, Ferry, Truck, Honshu-Shikoku Connection Bridges