

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 18 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：平成 21 年度 ～ 平成 23 年度

課題番号：21560836

研究課題名（和文） モーダルシフトの向上に資するインターモーダル輸送網の構築に関する研究

研究課題名（英文） A study on the construction of intermodal network for the improvement of modal shift

研究代表者

松尾 俊彦（MATSUO TOSHIHIKO）

東海大学・海洋学部・教授

研究者番号：80157263

研究成果の概要（和文）：

わが国では、環境問題等を理由に、トラックで輸送される貨物を船舶や鉄道にシフトするというモーダルシフトが叫ばれて久しい。しかし、一向にモーダルシフトの進展は見られない。そこで本研究では、貨物を運ぶトラックやトレーラそのものを海上にシフトするという、いわゆるインターモーダル輸送網について検討することを目的とした。そのため、全国貨物純流動調査データをもとに、トラックやトレーラがどのような条件で陸路と海路を選択しているかを数理モデルで表現し、このモデルを使って高速道路料金の割引等の政策が、モーダルシフトに与える影響を明らかにした。さらには、フェリーと RORO 船の貨物輸送市場特性を明らかにし、両船の航路設定について言及した。最後に、新たなインターモーダル輸送の航路について検討を試みた。

研究成果の概要（英文）：

Modal shift from truck to railway or ship is very important policy to achieve the Kyoto protocol's targets in Japan. In particular, ferry and Roll-on/Roll-off ship have been paid attention as a mean of realizing intermodalism.

In this paper, the authors studied on the route choice model of the truck or trailer for modal shift. Firstly, the authors show a route choice mode with multi-nominal logit model. Secondly, we studied on the influence of modal shift by discounting of highway charge. And, we described the effective policy for the modal shift and the reverse modal shift from the viewpoint of policy. Finally, we studied on new intermodal routes for truck or trailer transportation.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010 年度	500,000	150,000	650,000
2011 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	2,200,000	660,000	2,860,000

研究分野：工学・総合工学

科研費の分科・細目：船舶海洋工学・海上輸送システム

キーワード：モーダルシフト、インターモーダル輸送、非集計ロジットモデル、物流センサデータ、フェリー、RORO 船

1. 研究開始当初の背景

2001年、わが国政府は新総合物流施策大綱を公表し、その中で「モーダルシフト化率」という指標を用いて、その目標を明示した。すなわち、500km以上の雑貨輸送における船舶と鉄道の割合を2010年に50%を越えることを目標とした。しかし、その数値は1996年の43%をピークに、2002年には32%まで落ち込み、一向にモーダルシフトは進んでいない。

これまで多くの研究者が、モーダルシフトに関して報告を行っているが、モーダルシフト化率が対象とする貨物は、雑貨であることから、フェリーへのモーダルシフトを検討することが必要となろう。このフェリー輸送や国内インターモーダル輸送について検討されたものも決して少なくないが、この問題を輸送機関選択や輸送経路問題として、数理モデルを用いて検討されたものとなるとあまり多くはない。特に、全国モデルで既存のフェリー航路や RORO 船航路、さらには新たな航路をについて検討を加えたものは見られない。

以上のように、トラックやトレーラーが自走で乗下船できるフェリーや RORO 船の航路特性などを検討することが求められている。

2. 研究の目的

そこで、我々は貨物流動の視点から見たインターモーダル輸送網（フェリー航路と RORO 船の航路）について検討することを進めた。筆者らはこれまで、フェリーを対象として、貨物の特性と各輸送経路の距離、そしてフェリーのサービス内容などを要因とする経路選択モデルを構築し、現状のフェリー航路と新たなフェリー航路の可能性

について基礎的研究を行ってきた。しかし、一般道と海上の経路を選択肢とするもので、高速道路を経路として入れていなかった。また、過去の廃止となったフェリー航路の問題点を明らかにし、その要因をモデルに組み入れることも必要となっている。

このように、モーダルシフト化率の向上に資する国内のインターモーダル輸送網の構築を目指し、これまでの研究を進めることは意義深いものである。

3. 研究の方法

まず、トラック輸送がその種別（営業用や自家用など）によって、どのような経路選択（陸路、フェリー、RORO、一般貨物船など）を利用しているかを明らかにし、同時に、貨物の荷姿がどのような経路を利用しているかについても明示できる確率的数理モデルを構築する。

次いで、経路の備えるべき条件（コスト、サービス内容）を検討し、高速道路料金の割引問題や国からのフェリーへ支援などが、モーダルシフトにどのような影響を与えるかを検討する。

さらには、フェリーと RORO の貨物輸送市場が競争的であるかどうかを検討し、新たな航路としてどのようなインターモーダル輸送網が考えられるかを考察する。

4. 研究の成果

(1) トラック輸送の経路選択モデルによるモーダルシフト分析

本研究では、2005年の物流センサスデータ（3日間調査データ）を用い、県間流動で、かつフェリー・RORO船の利用のあった発着地（生活圏）を選択し、フェリー・RORO船とトラックのデータを分析用データとした。

RORO 船のデータ数が 827 と少ないため、フェリーと RORO 船は海上利用経路として合算した。また、トラック輸送経路としては、一般道利用、高速道路利用、海上利用を対象とし、非集計多項ロジットモデルを用いることとした。

構築したモデルによって、一般道距離や利用する高速道距離が長くなるか航路長が短くなると海上を利用し、その逆であると陸上を利用する現状を示すモデルとなった。すなわち、航路長を短縮すると海上利用の確率が他の経路より高くなることを示しており、航路長の短縮はモーダルシフトに効果があることが分かった。高速道距離を変化させた時の各経路の選択確率の変化を見ると、高速道距離の短縮は、逆モーダルシフトに非常に影響があることが良く分かった。

そこで、船舶の高速化や運賃の値下げ、あるいは高速道路の利用料金の変化が、経路選択にどのような影響を与えるかを検討することが重要となる。しかし、本研究ではモデルの説明変数にこのような政策変数を用いていないので、次のように考えることとした。すなわち、船舶の高速化や運賃の値下げは、同一発着港間の航路長が疑似的に短縮したと考え、また同様に、高速道路利用料金の値下げについては、同一発着 IC 間で高速道距離が疑似的に短縮したと置き換えシミュレーションを試みることにした。

モーダルシフト率の最も高いのは自家用トラックで、航路長 10%の短縮で 15%のモーダルシフト率となった。また、宅配等混載トラックと一車貸切トラックは、航路長 10%の短縮で 5%、航路長 20%の短縮で 10%のモーダルシフト率を示している。トレーラは航路長を 30%短縮しても、3%程度のモーダルシフト率しかなく、航路長の短縮による影響が小さいことを示している。よって、トレ

ーラは陸上へのシフトが非常に小さく海上利用の傾向が著しく高いといえる。

このように、トラックの種別によってモーダルシフト率には特徴があり、モーダルシフト率の大きな車種に注目して施策を検討すると効果が高いことが分かった。

航路長の短縮と同様に高速道距離が変化したときのシフト率の変化量を求めた。高速道距離の短縮（利用料金の値下げ）は、陸上への逆モーダルシフトに大きく影響し、延長はモーダルシフトを向上させることを示している。したがって、現在実施されているトラックの深夜割引は、高速道距離の短縮とほぼ同様の効果があり、逆モーダルシフトにつながるものである。

以上のように、本研究の成果により高速道路の短縮・延長によるモーダルシフトと逆モーダルシフトを定量的に把握することが可能となった。

（2）高速道路料金の割引がモーダルシフトに与えた影響

トラックの輸送経路としては、高速道路利用、海路利用を対象とし、非集計 2 項ロジットモデルを用いることとした。なお、パラメータの推定にはロジスティクス回帰分析（最尤推定法）を使用した。

構築したモデルによって、距離の短縮がモーダルシフトに大きな影響を与えることが確認されたので、距離の短縮を利用料金に置き換えて感度分析を行うこととした。

高速道路運賃を割引したときのモーダルシフトに対する効果を、経路選択モデルから得られた各経路における総トンキロから、高速道路料金を割引することによって、経路が変化したときの総トンキロの変化量を求めた。なお、経路の選択には、選択確率の高い経路を利用経路とした。

高速道路料金の 10%の割引で 200%の逆モーダルシフト率となった。また、30%の割引では 600%の逆モーダルシフト率を示している。宅配等混載トラックと一車貸切トラックは、10%の割引で 50%、20%の割引で 100%の逆モーダルシフト率を示している。よって、運賃割引は、モーダルシフトには逆行する施策であると言えよう。ただし、トレーラは海上利用の傾向が著しく高く、30%の割引でも 20%程度の逆モーダルシフト率しかなく、高速道路の料金割引による影響が小さいことを示している。

このように、トラックの種別によって逆モーダルシフト率には特徴があり、逆モーダルシフト率の大きな車種に注目して施策を検討すると効果が高いことが分かる。

高速道路料金の割引と同様に海上運賃が変化したときのシフト率の変化量を求めた。

宅配等混載トラックは、海上運賃を 30%割引すると 50%のモーダルシフト率となり、一車貸切も、30%の割引で 40%強のシフト率となり、モーダルシフトには大きな効果があることを示している。

逆に、トレーラはあまり影響を受けないことが分かる。つまり、本研究の成果により高速道路料金の割引による逆モーダルシフトと海上運賃の割引によるモーダルシフトを定量的に把握することが可能となった。

(3) 内航 RORO 船・フェリー市場の棲み分けと競争

ここでは 2005 年の物流センサス（3日間調査）データを用いて、RORO 船とフェリー利用における正準判別モデルを構築し、これによって棲み分けと競争について考察を加えた。判別分析の結果、RORO 船およびフェリーの正判別率はそれぞれ 89.7%、80.0%と比較的高い値となった。

求めたモデルから、航路長が長くなれば RORO 船を選択する傾向が強くなり、航路長が短ければフェリーとなる傾向が分かった。次に、営業用（宅配等混載）トラックならばフェリーを、トレーラだと RORO 船を利用する傾向となることが分かった。さらには、一般道路長（貨物輸送の発着地間の距離）が長ければフェリーで、短ければ RORO 船となっているが、航路長との関係から見れば、RORO 船を利用する貨物輸送は発着地と利用する港湾の距離が近いということの意味している。逆にフェリーは陸送の部分が長いということもできる。

そのほかの要因としてはロットが大きければ RORO 船を利用する傾向が強く、農水産品・林産品・鉱産品・化学工業品・雑工業品そしてその他の品目ならばフェリーが利用される傾向にある。

しかし、棲み分けと競争については、求めた正準判別モデルを使ってシミュレーションを行わないと細かな点は分からない。

農水産品はトレーラであれば、航路長に関係なく RORO 船が選択される傾向にある。ロットの小さい貨物を輸送する営業用（宅配等混載）トラックであれば、航路長が約 1,350 km まではフェリーの領域で、RORO 船が食い込める余地は少ない。一方、営業用（一車貸切）トラックは約 500 km の航路長でフェリーから RORO 船に転換する傾向が見られる。したがって、農水産品の場合はトレーラは RORO 船、営業用宅配等混載トラックはフェリーという棲み分けができているように見えるが、一車貸切は競争的であると言えよう。

雑工業品も農水産品と同じ傾向で、転換点の距離がやや短くなり、一車貸切だと競争が激しいと言えよう。

一方、モデルに組み入れられなかった金属

機械工業品や紙・食料品は、品目の係数を入れずに計算することができる。これを見ると金属機械や紙・食料品は宅配等混載トラックでも1,000km前後でRORO船に切り替わる。フェリーと競争できる。また、一車貸切もRORO船の領域となり、フェリーの市場は小さいと言えよう。

このように見ると、RORO船の航路で東京港～苫小牧港の航路が常陸那珂港（大洗港）～苫小牧港の航路に変更したことは、競争的な航路長に変更し、フェリー市場にRORO船が乗り込んだことを意味する。また、東京港～博多港などの長距離航路はRORO船の市場と言えよう。逆に苫小牧港～八戸港のように300km未満の航路はフェリーの独壇場となる。

（4）新たな航路の検討について

静岡県を例として、貨物流動の状況や利用されるトラックの種類からRORO船利用について検討を試みる。

これまでに明らかになったように、トレーラ輸送は航路長が短くてもRORO船が利用されやすい。そこで、まず、静岡県を発地とする貨物流動の内、トレーラで輸送される貨物を調べると、静岡県から愛知県への貨物流動が3日間で約2万トンあった。このうちの9割は特殊品であることから、特定荷主ということも考えられ、その場合はRORO船利用も可能であろう。また、金属機械工業品もRORO船が利用されやすい品目であるが、これが愛知については1,193トンもあり、帰り荷があればRORO船航路も可能性が高い。

次に、東京都の15,540トン、神奈川県9,255トンと近場の輸送である。遠距離であれば福岡県の1,513トンがあり、RORO船利用の多い金属機械工業品が9割程度である。

次に、営業用（一車貸切）トラックによる

貨物流動を見ると、RORO船を利用する傾向の強い金属機械工業品の流動が多いのは愛知、神奈川である。営業用（一車貸切）トラックで金属機械工業品であれば、航路長が150kmを超えればRORO船利用もあるから、愛知はトレーラでの輸送も加えて考えればRORO船航路開設の効能性が考えられる。また、金属機械工業品と同様にRORO船利用の多い紙・食料品の流動が多いのも愛知、神奈川、東京、埼玉などである。

静岡～愛知間の航路長は約350km程度で、18ノットの船速で航行すれば航海時間は約11時間となるため、夕方出港・早朝着を繰り返すことができる航路である。交通渋滞や事故が頻繁に起こる東名高速道や国道一号線と平行するバイパス航路でもあり、十分に検討して良い航路ではなかろうか。

逆に、静岡県を着地とするトレーラによる貨物流動をみると、ここでも愛知県が11,288トンと一番多かった。また、その中でもRORO船利用の多い金属機械工業品が8,406トンもあり、帰り荷としては十分と考える。また、営業用（一車貸切）トラックでも金属機械工業品が多いのが愛知であり、次いで東京、神奈川となる。同様に紙・食料品を見ると神奈川、愛知となる。

以上のように、県間流動における貨物の品目と、これに利用されるトラックの種類を考慮に入れば、RORO船の新たな航路について検討することが可能となった。特に、陸上の高速道路などの社会資本整備との関係や渋滞などとの関係もあり、簡単には判断できない点もあろう。しかし、トラックの経路として「海上」もあることを意識しなければモーダルシフトは一向に進展しないばかりか、わが国の内航海運業そのものの将来性にも大きな影響を与えることになる。

一方、フェリーについては旅客輸送が減少

することに鑑み、多くの航路は RORO 船航路へと転換するものと考えられる。貨物輸送は夜間の航走の方が都合がよいが、旅客の場合はクルーズの要素もあり、昼間での航走も考慮しなければならないとすれば、なかなか貨物輸送との兼ね合いが難しくなる。

いずれにしても現状では RORO 船輸送やフェリー輸送は、全体の貨物流動の中では極めて少ないモードであり、今後の需要に見合った航路開設を検討することが必要となることが分かった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ①永岩健一郎、松尾俊彦、高速道路料金の割引がモーダルシフトに与えた影響、日本物流学会誌、第20号、印刷中、2012年、査読有
- ②永岩健一郎、松尾俊彦、トラック輸送の経路選択モデルによるモーダルシフト分析、日本航海学会論文集、第125号、pp.105-112、2011年、査読有

[学会発表] (計5件)

- ①松尾俊彦・永岩健一郎、内航 RORO 船・フェリー市場の棲み分けと競争に関する一考察、第45回日本海運経済学会全国大会、2011年10月22日、流通経済大学
- ②永岩健一郎、松尾俊彦、高速道路料金の割引がモーダルシフトに与えた影響、第28回日本物流学会全国大会、2011年9月3日、産業能率大学
- ③永岩健一郎、松尾俊彦、トラック輸送の経路選択モデルによるモーダルシフト分析、日本航海学会第124回講演会、2011年5月27

日、神戸市産業振興センター

④叶シヨウ凱、松尾俊彦、RORO 船市場の特徴に関する基礎研究、日本航海学会 2010 年秋季物流研究会、2010 年 10 月 29 日、鳥羽市民文化会館

⑤松尾俊彦、永岩健一郎、フェリー・RORO 船航路の課題と将来性 ―ヒアリング調査を中心として―、日本航海学会 2009 年秋季物流研究会、2009 年 10 月 17 日、水産大学校

[図書] (計0件)

[産業財産権] (計0件)

[その他] 特になし。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松尾 俊彦 (MATSUO TOSHIHIKO)
東海大学・海洋学部・教授
研究者番号：80157263

(2) 研究分担者

永岩健一郎 (NAGAIWA KENICHIRO)
広島商船高等専門学校・流通情報工学科・教授
研究者番号：90189100

(3) 連携研究者

該当なし。