

平成 30 年 6 月 19 日現在

機関番号：82627

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2017

課題番号：16K18325

研究課題名（和文）海上輸送を活用したインターモーダル輸送量推計モデルの開発

研究課題名（英文）Estimation of Intermodal Freight Transport Volume Model using Ferry and RORO Ship in Japan

研究代表者

荒谷 太郎 (ARATANI, TARO)

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所・その他部局等・研究員

研究者番号：60610326

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,100,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究は、近年のトラックドライバー不足や運転時間の法令厳守により、トラックによる長距離輸送が困難な状況が出てきていることを背景に、フェリー・RORO船を利用した輸送に着目し、トラックとフェリー・RORO船を組み合わせたインターモーダル輸送の可能性の検討を目的として研究を行った。具体的には、高速道路を利用しているトラック輸送からフェリー・RORO船への輸送機関選択要因を分析し、各都府県において現在の海上輸送分担率から、どの程度まで海上輸送分担率を伸ばすことが可能かといった、潜在的な海上輸送分担率について包絡分析法を用いて推定を行った。

研究成果の概要（英文）：In Japan, it is becoming difficult to deliver freight over a long distance using only trucks, owing to shortage in truck drivers. In this context, there is a tendency to not only use a truck, but also actively utilize a ferry or a roll-on/roll-off (RORO) ship. In this study, we focused on ferries and RORO ships in Japan, and attempted to identify cargoes which are transported by different modes of transport in Japan., based on the net freight flow census in Japan. And we estimated potential maritime transport share in each prefecture using the Data Envelopment Analysis (DEA).

研究分野：船舶海洋工学

キーワード：モーダルシフト インターモーダル輸送 フェリー・RORO船

### 1. 研究開始当初の背景

地球環境問題、化石燃料に対する依存度、高速道路の維持管理の観点から、トラック輸送から鉄道や海上輸送への輸送機関の転換(モーダルシフト)は重要な課題である。近年では、高速道路の老朽化が注目され、高速道路の約4割が開通から30年以上経過し更新時期を迎えている。そのため、高速道路の老朽化のスピードを緩めるため、さらに大規模更新・修繕時の交通量の受け皿という観点から、トラック輸送と海上輸送を組み合わせたインターモーダル輸送が重要であると考えられる。しかしながら、荷主企業は、物流コストやリードタイム、ドアツードア輸送による利便性の高さからトラック輸送を選択することが多い。本研究では、トラック輸送の形態を大きく変更せず利用できるフェリー・RORO船を利用した輸送に着目し、トラックとフェリー・RORO船を組み合わせたインターモーダル輸送の可能性を検討する。

### 2. 研究の目的

本研究では、トラック輸送の形態を大きく変更せず利用できるフェリー・RORO船を利用した輸送に着目し、トラックとフェリー・RORO船を組み合わせたインターモーダル輸送について検討することを目的とする。具体的には、高速道路を利用しているようなトラック輸送やフェリー・RORO船で輸送されている品目の特性を分析し、わが国のインターモーダル輸送がどの程度まで可能か検討する。

### 3. 研究の方法

本研究は、主に以下の2点について取り組むこととする。

- ・フェリー・RORO船による輸送品目特性分析

- ・潜在的な海上輸送分担率の推計

フェリー・RORO船による輸送品目特性分析では、多種多様な品目がある中で、フェリー・RORO船による輸送が可能である品目を選定する。モーダルシフト化率では、「輸送距離500km以上における産業基礎物資以外の雑貨貨物(一般貨物)」を対象としている。しかしながら、先行研究より、トラックによるフィーダー輸送を考慮した場合、約300km以上よりCO<sub>2</sub>排出量の差が広がることやモーダルシフト化率では対象とされていない化学工業品などに関して、トラック輸送及びフェリー・RORO船輸送している品目が確認されている。そのため、全国貨物純流動調査(以下、物流センサス)を用いて、モーダルシフトが可能である品目を選定する。またインタビュー調査も補完的にを行い体系化していく。

潜在的な海上輸送分担率の推計では、各県の特徴を捉えたモデルの検討をする。これは各県の港湾整備状況などを考慮することにより各県の特徴(内陸県や非内陸県)を踏ま

えたインターモーダル輸送の推計ができ、県別に目標値を定めることが可能になると考えるからである。その検討結果をもとに、潜在的な海上輸送分担率の推計を行う。

### 4. 研究成果

(1) フェリー・RORO船による輸送品目特性分析

本分析では、フェリー・RORO船が多数就航している九州～関西・中部・関東間に着目し、輸送品目と輸送機関の関係について分析を行い、トラック輸送からフェリー・RORO船へのシフト可能な品目について明らかにした。なお、分析には物流センサスを用いて行った。物流センサスは、貨物を出荷する荷主に対して、貨物の出発点から到着点までの動きを一区切りの流動として捉えて調査したデータである。海上輸送を行う場合の多くが、端末輸送はトラック、幹線は海上輸送といった形で複数の輸送機関を利用している。物流センサスは、それらの一連の輸送が把握できるデータになっている。本分析では、物流センサスの1995年～2010年度データより3日間調査データ(代表輸送機関別データ)を用いて分析を行った。

図1は、四国・九州～関西・関東間における品目別の輸送割合を示している。これを見ると農水産品、金属機械工業品、化学工業品、軽工業品、雑工業品の輸送割合が高くなっていることがわかる。また、四国発着の輸送量は九州発着の輸送量と比較して多くない。そのため本分析では、九州～関西・中部・関東間のこれら5品目について詳細に把握することとする。なお紙面の都合上、特徴のあるものについて示すこととする。

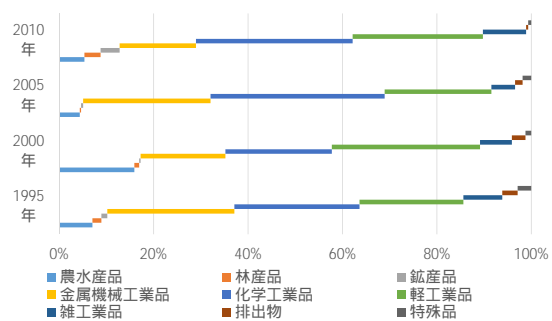


図1 品目別の輸送割合

図2は九州から関東への農水産品の機関別の輸送量を示したものである。2000年において急激に輸送量が増加しており、これらは農水産品の中でも野菜・果物であった。それらの輸送にはトラック及びフェリー・RORO船の2つが利用されていた。

図3は近畿から九州への金属機械工業品の機関別の輸送量を示している。2005年の近畿から九州のトラック輸送量の増加は、鉄鋼、電気機械の輸送量が増加したためである。一方、2010年では近畿から九州の鉄鋼のトラッ

ク輸送量が減少しており、フェリー・RORO船の輸送量が増加している。2010年の近畿から九州のフェリー・RORO船の輸送量は鉄鋼の輸送量増加によるものであり、フェリー・RORO船の輸送量増加はトラック輸送より遅れてきていると考えられる。さらに九州から中部へ輸送している金属機械工業品については、トラック輸送が2005年から2010年にかけて著しく増加していた。これらの多くは、完成自動車の輸送が増加したためである。一方フェリー、RORO船による輸送は横ばいであるが、完成自動車の輸送はデータから確認できず、自動車部品の輸送は確認ができた。

図4は九州から近畿への化学工業品の機関別の輸送量を示している。2010年にトラックの輸送量が著しく増加しており、これはその他化学工業品（化粧品・医薬品・農薬・印刷インキ等）の輸送量が増加したためである。一方、フェリー・RORO船ではその他化学工業品（化粧品・医薬品・農薬・印刷インキ等）は輸送されていなかった。他にも化学薬品（無機工業薬品・高圧ガス等）やその他石油（灯油・潤滑油等）がトラックによって輸送されていた。

図5は近畿から九州への軽工業品の機関別の輸送量を示している。2005年のトラック輸送量の増加は、その他の食料工業品、飲料によるものであり、フェリー・RORO船ではそれらについての輸送は少なかった。2010年についても同様に、トラック輸送ではその他の食料工業品、飲料が多くを占めており、フェリー・RORO船においてそれらの輸送は少ないのが実態であった。他にも九州から関東、九州から近畿へのトラックによるその他の食料工業品、飲料の輸送量が増加していることが確認できた。

図6は、中部から九州への雑工業品の機関別の輸送量を示している。2010年にトラックの輸送量が増加しているが、これは家具・装備品によるものであった。他にも2010年では、九州から近畿・中部へのトラックの輸送量が増加していたが、これらにおいても同様に家具・装備品であった。

本分析では、九州～関西・中部・関東間に着目をし、輸送品目と輸送機関の関係について分析を行い、トラック輸送からフェリー・RORO船へのシフト可能な品目について明らかにした。輸送量の多い農水産品、金属機械工業品、化学工業品、軽工業品、雑工業品について分析を行った結果、トラックで多く輸送されている野菜・果物、鉄鋼、完成自動車、その他化学工業品（化粧品・医薬品・農薬・印刷インキ等）、その他の食料工業品・飲料については、フェリー・RORO船へのシフトが可能な品目であると考えられる。なお、化学工業品の化学薬品やその他石油については、危険物輸送に含まれる場合があるためフェリーでの輸送が難しいと考えられる。分析結果より、急激な輸送量の変化はトラックの輸送において多く見られた。そのため、フェ

リー・RORO船による輸送の場合、ダイヤの関係等によって急激な輸送量の変化に対応できていない可能性が考えられる。

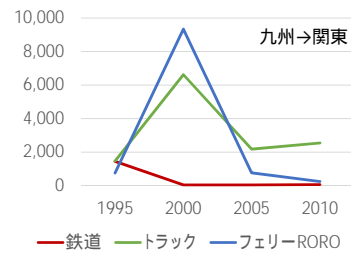


図2 農水産品の輸送量

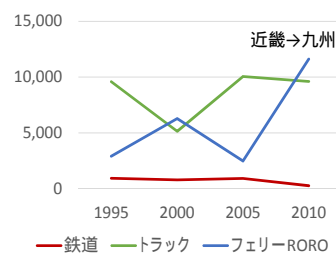


図3 金属機械工業品の輸送量

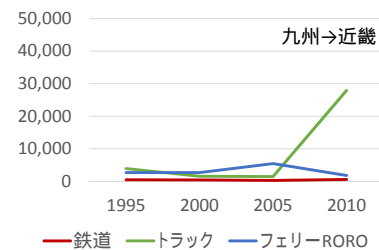


図4 化学工業品の輸送量

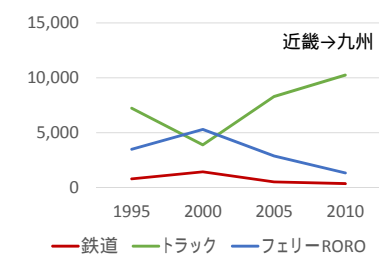


図5 軽工業品の輸送量

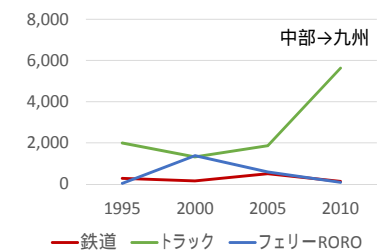


図6 雑工業品の輸送量

(2) 潜在的な海上輸送分担率の推計

本分析では、各都府県において現在の海上輸送分担率からどの程度まで、海上輸送分担率を伸ばすことが可能かといった、潜在的な海上輸送分担率について包絡分析法 (DEA) を用いて推定する。

DEA は、線形計画法によって構築されたフロンティアに基づいて各分析対象の効率性の評価を行う手法である。フロンティア上の分析対象は、最も効率的に生産を行っていることを示し、その効率値は 1 と定義される。また、DEA では、一般に分析対象の活動は資源を投入 (以下、入力) し便益を産出 (以下、出力) する変換過程とみなす。そのときの「出力/入力」という比率尺度を用いて、効率性の測定を行う。この比率尺度は、より少ない入力でより多くの出力を得られれば効率的になる指標である。DEA では入力・出力項目数を複数設定しても、比率尺度による効率性の値 (以下、D 効率値) を算出することが可能な分析である。つまり海上輸送の評価尺度である、海上輸送量 (トン) と海上輸送分担率 (%) を同時に扱うことができる。分析では、対象を各都府県とし、DEA により各都府県の海上輸送の相対的な評価を行う。次に D 効率値 1 とならなかった都府県を対象として、どの程度の海上輸送分担率になれば D 効率値が 1 となるのかを求めることで潜在的な海上輸送分担率を推定する。

本分析では、道路で結ばれていない北海道・沖縄、海岸に接していない内陸県を除いた 37 都府県を対象とした。分析の対象年度は、第 9 回全国貨物純流動調査 (物流センサス) の調査年の 2010 年とした。分析は、表 1 に示す入出力項目として設定し分析を行った。入力項目は出荷量に関係する県内総生産 (円)、荷主が海上輸送を検討する際に関係する都府県庁から港までの距離 (km)、都府県庁から港までの所要時間 (時間) とした。出力項目は、(1) において絞り込んだ 5 品目における海上輸送量 (トン) と海上輸送分担率 (%) とした。そのため効率値は、各都府県の経済状況及び地理的条件において、どの程度海上輸送を行っているのかを評価した値となっている。

表 1 入出力項目

項目	入力項目	出力項目	出典
県内総生産	-	-	内閣府 (国民経済計算) 2010年
都道府県庁から港までの所要時間	-	-	NITAS Ver2.4
都道府県庁から港までの距離	-	-	NITAS Ver2.4
海上輸送量 (トン)	-	-	全国貨物純流動調査 (物流センサス)
海上輸送分担率 (%)	-	-	第9回 (2010年実施)

表 2 は各都府県の D 効率値を示している。D 効率値が 1 となった都府県は、37 都府県中 7 県であった。D 効率値 1 となった。山口は、海上輸送分担率は高くないが海上輸送量が他県と比較して最も多い。これについて物流センサスのデータを確認すると、山口から多くの貨物が北九州港を利用して東京・大阪・神戸方面へ輸送されていることが確認でき

た。そのため D 効率値が 1 となったと考えられる。宮崎は、海上輸送量は多くないが、それに占める海上輸送分担率が 41% と他県と比較して最も高い割合となっている。特に九州の西側は高速道路の整備状況が悪く、2010 年 (物流センサスのデータ年) における東九州自動車道は、供用率 45% と整備が遅れている。この高速道路網の悪さがフェリー・RORO 船利用の促進につながっていると考えられる。一方で大都市である東京は D 効率値が 0.42 となった。これは県内総生産が他の都府県と比較して最も高いにも関わらず、海上輸送量や海上輸送分担率が低かったためであると考えられる。

表 2 都府県別の D 効率値

都府県名	D 効率値	都府県名	D 効率値	都府県名	D 効率値
青森	0.08	福井	0.20	香川	0.08
岩手	0.05	静岡	0.34	愛媛	0.83
秋田	0.14	愛知	0.85	徳島	1.00
宮城	0.50	三重	0.14	高知	1.00
山形	0.12	和歌山	0.09	福岡	0.67
福島	0.11	京都	0.12	佐賀	0.73
茨城	0.24	大阪	0.30	長崎	0.46
千葉	1.00	兵庫	1.00	大分	0.49
東京	0.42	岡山	0.11	熊本	0.54
神奈川	0.47	広島	0.22	宮崎	1.00
新潟	0.10	鳥取	1.00	鹿児島	0.38
富山	0.21	島根	0.25		
石川	0.14	山口	1.00		

表 3 は、4 章の結果をもとに、D 効率値が 1 以外の都府県に対して、海上輸送分担率がどの程度になれば D 効率値 1 になるかを算出した結果である。例えば、D 効率値が 1 である鳥取や高知は自県にフェリー・RORO 船の港がなく、アクセスに不便な上、県内総生産も低いいため、現状ではこれ以上の海上輸送分担率はあまり期待ができないと考えられる。福岡や佐賀では、D 効率値がそれぞれ 0.67、0.73 である。現状、海上輸送分担率は福岡が 19.8%、佐賀が 19.2% である。潜在的な海上輸送分担率は宮崎並みの福岡が 45.0%、佐賀が 38.2% であり、この値になれば D 効率値が 1 となる。D 効率値を 1 に近づけるためには、荷主やフェリー・RORO 船事業者の協力等が不可欠なのはいまでもないが、今回、入力項目で取り入れた都府県庁から港までの距離 (km)、都府県庁から港までの所要時間 (時間) を短縮することで D 効率値を 1 に近づけることが可能となる。そのためには、例えばフェリー・RORO 船が就航している港までのアクセス道路を良くすることや、自県にフェリー・RORO 船を誘致する等が考えられる。

表3 都府県別の潜在的な海上輸送分担率

都府県名	現状値	目標値	都府県名	現状値	目標値	都府県名	現状値	目標値
青森	3.2%	72.3%	福井	7.5%	73.4%	香川	3.1%	80.2%
岩手	2.1%	75.5%	静岡	12.7%	58.8%	愛媛	27.7%	48.7%
秋田	5.6%	79.0%	愛知	26.4%	36.4%	徳島		24.6%
宮城	19.2%	64.4%	三重	5.0%	62.3%	高知		1.4%
山形	5.1%	79.7%	和歌山	3.6%	81.0%	福岡	19.8%	45.0%
福島	4.4%	56.4%	京都	4.9%	62.6%	佐賀	19.2%	38.2%
茨城	7.8%	61.0%	大阪	8.6%	53.3%	長崎	18.9%	64.6%
千葉	12.2%		兵庫	27.5%		大分	20.0%	69.2%
東京	15.0%	57.4%	岡山	3.8%	68.6%	熊本	22.1%	50.2%
神奈川	15.3%	56.1%	広島	8.9%	66.8%	宮崎		40.8%
新潟	3.5%	69.0%	鳥取	7.1%		鹿児島	15.6%	74.6%
富山	8.6%	71.8%	島根	4.6%	35.0%			
石川	5.7%	71.7%	山口	19.3%				

本分析では、各都府県において現在の海上輸送分担率からどの程度まで、海上輸送分担率を伸ばすことが可能かといった、潜在的な海上輸送分担率について包絡分析法（DEA）を用いた推定を行った D 効率値については、各都府県の相対的な位置づけを示しており、潜在的な海上輸送分担率は、それに基づいて示された値である。提案した手法を用いることにより、各都府県のモーダルシフトを検討する上での一つの目安になると考えられる。一方、DEA では統計的なノイズを排除することが不可能であり、データの異常値の影響を受けやすい。そのため一極集中型である日本では、潜在的な海上輸送分担率が過大評価となっている可能性もある。今後はこれらの影響に配慮しつつ、入出力項目の見直しも必要であると考えられる。

### 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0件)

〔学会発表〕(計5件)

Keiji SATO and Taro ARATANI : Fundamental Analysis on Operational Conditions of Long Distance Ferry and Freight Train in Japan, EASTS 2017 CONFERENCE in Ho Chi Minh City, Vietnam, CD-ROM, 2017.

Taro ARATANI and Keiji SATO : Fundamental Study of Intermodal Freight Transport between Kyushu Area and Kansai Kanto Area in Japan, EASTS 2017 CONFERENCE in Ho Chi Minh City, Vietnam, CD-ROM, 2017.

荒谷太郎, 佐藤圭二: 九州～関西・中部・関東間におけるフェリー・RORO 船による輸送品目特性の分析, 土木学会第 72 回年次学術講演会講演概要集, 第 部門, 2017.

荒谷太郎, 佐藤圭二, 間島隆博: 鉄道貨物輸送とフェリー貨物輸送における遅延実態に関する分析, 第 34 回日本物流学会全国大会研究報告集, pp. 101-104, 2017. 東京経済大学

佐藤圭二, 荒谷太郎: 国内長距離フェリー遅延確率分析経過報告, 海上技術安全研究所第 17 回研究発表会, pp. 168-169, 2017.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

○取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等 なし

### 6. 研究組織

(1)研究代表者

荒谷 太郎 (ARATANI, Taro)

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所・その他部局等・研究員

研究者番号: 60610326