

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 10 日現在

機関番号：13904

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26590038

研究課題名(和文)電気自動車による陸上から海上へのモーダルシフトと港湾地域の経済効果

研究課題名(英文)Evaluating Modal Shift from Road to Seaway by Electric Vehicles and Economic Impacts in Port's Region

研究代表者

渋澤 博幸(Shibusawa, Hiroyuki)

豊橋技術科学大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：70291416

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文):本研究では、従来型自動車と電気自動車の場合において、道路を利用した陸上移動からフェリーを利用した海上移動へのモーダルシフトの可能性を明らかにする。我が国の長距離フェリー航路に交通モデルを適用して、道路移動とフェリーによる海上移動の交通機関分担率が推計される。モーダルシフトがCO2排出量へ及ぼす影響が評価される。三河港をケーススタディーとして、港湾地域にもたらす経済効果を評価する手法が開発される。

研究成果の概要(英文): In this study, we evaluate a possibility of the modal shift from road to seaway using a ferry under two scenarios, conventional vehicles and electric vehicles. We apply a transportation model to all the ferry routes among sea ports in Japan and the modal shares between seaway and road are estimated. The impacts of the modal shift on the carbon dioxide emissions are also estimated. As a case study in Mikawa port, the method for evaluating the economic impacts on the port's region is shown.

研究分野：都市・地域システム分析

キーワード：電気自動車 モーダルシフト 港湾 政策

1. 研究開始当初の背景

電気自動車は走行時に CO₂ や排ガスを出さない自動車として、国民の関心は高く、政府や産業も普及に前向きである。一方で、電気自動車は、価格、航続距離、インフラ整備等、いくつかの課題があり、長期にわたる普及施策が必要である。電気自動車による長距離移動の実現は新たな交通社会の到来を意味する。技術革新による長距離移動は長期的な観点が必要であるが、既存の交通手段を有効利用する方法として、充電設備を装備したフェリーによる長距離移動がある。

電気自動車による陸上から海上へのモーダルシフトは、海運・港湾関連産業及び港湾の後背地域の経済に多大な影響を与えるだけでなく、省エネ・環境負荷の削減にも貢献する。次世代自動車は今後の我が国の重点産業であり、電気自動車の使用段階の欠点を克服しつつ、多様な産業や港湾地域経済の再生にも寄与するようなビジョンと政策的支援が必要とされている。

2. 研究の目的

本研究では、電気自動車の広域利用の可能性に注目する。充電設備を装備したフェリー移動により電気自動車の長距離移動が可能となった状況を想定し、陸上から海上へのモーダルシフトの影響を検討する。交通モデルを用いて、電気自動車の道路移動とフェリー移動の分担率を推計する。電気自動車による陸上から海上へのモーダルシフトが港湾地域にもたらす経済効果を明らかにする。

3. 研究の方法

(1)陸上から海上へのモーダルシフト率の推計と環境負荷への影響

A 地域と B 地域のある区間に、乗用車またはトラックで移動可能な 2 つの経路が存在する状況を想定する。「道路（一般道路と高速道路）」を利用する経路と、「道路（主に一般道路）とフェリー」を利用する経路である。その他の輸送モードを利用した移動は考えないものとする。二つのケースを考える。エンジン車ケース：通常エンジン車（乗用車またはトラック）で移動する
電気自動車ケース：電気自動車（乗用車またはトラック）で移動する

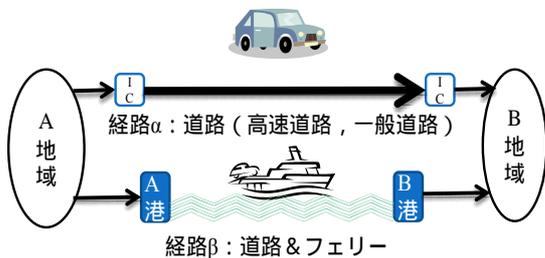


図 1 経路

エンジン車ケースにおける経路と経路の分担率と、電気自動車ケースにおける経

路と経路の分担率を求める。電気自動車とエンジン車の経路の分担率の差を求め、この差が大きくなればモーダルシフトが生じると考える。各ケース及び各径路における CO₂ 排出量を計測する。

長距離フェリー航路の港に対応する発着地点を表 1 のように定める。フェリーは約 1 日 1 便である。表中の番号は各航路を示す。このうち、4、5、6、7 の航路は複数の航路に分ける。

表 1 フェリー航路と発着地

区間	発着地（最寄港）	発着地（最寄港）
1	京都駅(舞鶴)	札幌駅(小樽)
2	新潟駅(新潟)	札幌駅(小樽)
3	福井駅(敦賀)	札幌駅(苫小牧東)
4a	福井駅(敦賀)	新潟駅(新潟)
4b	福井駅(敦賀)	秋田駅(秋田)
4c	新潟駅(新潟)	札幌駅(苫小牧東)
4d	新潟駅(新潟)	秋田駅(秋田)
4e	秋田駅(秋田)	札幌駅(苫小牧東)
5a	名古屋駅(名古屋)	札幌駅(札幌)
5b	名古屋駅(名古屋)	仙台駅(仙台)
5c	仙台駅(仙台)	札幌駅(苫小牧)
6	水戸駅(大洗)	札幌駅(苫小牧)
7a	東京駅(東京)	博多駅(新門司)
7b	東京駅(東京)	徳島駅(徳島)
7c	徳島駅(徳島)	博多駅(新門司)
8	大阪駅(大阪南)	博多駅(新門司)
9	大阪駅(泉大津)	博多駅(新門司)
10	神戸駅(神戸)	博多駅(新門司)
11	大阪駅(大阪南)	大分(別府観光)
12	神戸駅(神戸)	大分駅(大分)
13	大阪駅(大阪南)	鹿児島駅(志布志)
14	大阪駅(大阪南)	宮崎駅(宮崎)

各発着地点間の経路と経路の情報は、検索サイト NAVITIME を利用する。陸上移動では高速道路を利用し、移動時間を最小にする経路を優先的に選択する。経路と経路の区間を、エンジン車（乗用車あるいはトラック）1 台で移動した場合の移動費用と移動時間、及び電気自動車（乗用車あるいはトラック）1 台で移動した場合の移動費用と移動時間を求める。各経路の移動費用と移動時間から時間価値を求め、犠牲量モデルを用いて経路（フェリー）の分担率を求める。

上述の手法を用いて、愛知県の三河港にフェリーが運航された状況を想定し、経路（フェリー）の分担率を求める。

(2)港湾周辺エリアの産業が地域経済にもたらす経済効果の計測方法

地域 R の対象エリア r における生産活動がもたらす経済効果を考える。ここでは、地域 R を愛知県全域（町丁大字単位）とし、対象エリア r を三河港臨海部とする。愛知県が対象エリアとその他の地域に分けられる。愛知県における三河港臨海部の割合を、粗付加価値額を用いて定義する。三河港にフェリーが運航された場合の経済効果を計測するための手法を開発する。

経済効果は、直接効果と間接効果に大別される。対象エリアの生産活動の直接効果は、対象地域内の粗付加価値額（労働、資本ストック）に基づく生産額である。間接効果は、対象エリアの生産活動よってもたらされる川上産業及び川下産業への波及効果である。川上産業への影響を後方連関効果と呼び、これは川上産業への原材料等の中間需要によってもたらされる効果である。川下産業への影響を前方連関効果と呼び、川下産業への原材料等の供給によってもたらされる効果である。

三河港臨海部企業の間投入財需要から、後方連関による一次効果の生産誘発額を求める。二次効果は、所得増による消費需要から誘発する生産額である。直接効果の雇用者所得額と一次効果の雇用者所得額の総額に、平均消費性向を乗じて、消費支出総額を求める。これに、民間消費支出比率を乗じることによって得られた民間消費額から誘発する生産額を求める。

前方連関による間接経済効果は、対象エリア内の生産部門の粗付加価値額（資本、労働の減少）から愛知県にもたらされる波及効果である。前方連関による間接経済効果は、ゴッシュモデルを用いて求められる。付加価値額から、価格ベースで評価される生産額が計算される。

4. 研究成果

(1) モーダルシフト率と環境負荷削減効果

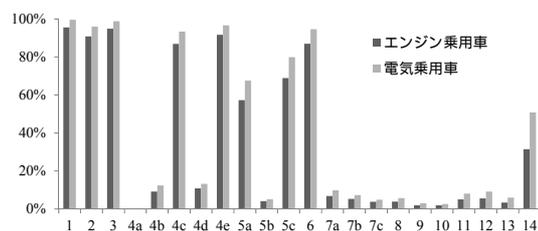
表1に示した発着地点とする各区間において、エンジン乗用車あるいは電気乗用車で、経路と経路を移動した場合の分担率を犠牲量モデルから求めた。これを基本ケースとする。

図2(a)の横軸は各区間の番号である。縦軸は経路（フェリー&道路）の分担率を示す。一般的に、経路（道路）の移動距離が長い区間ほど、すなわち道路を利用すると長距離・長時間・高い費用の移動を余儀なくされる区間ほど、経路を選択する割合が高くなっている。どの区間をみても、エンジン車よりも電気自動車のケースで、経路の分担率が上昇している。これは、電気自動車が普及すると、フェリーを利用する可能性が高まることを示している。

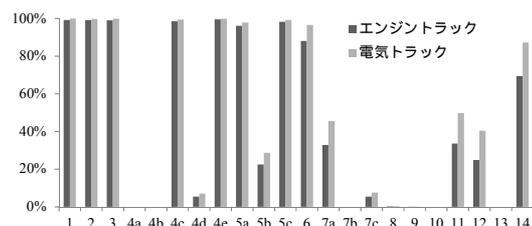
同様に、エンジントラックと電気トラックの場合について経路の分担率を求めた。図2(b)に示すように、17の航路については、フェリーを利用する経路の分担率が得られた。

本州の各駅と北海道を結ぶ径路についてはフェリーの利用率が高い。本州と北海道の間を、道路のみで移動する経路の場合、青森 北海道に道路が存在しないため、この区間だけはフェリーを利用して移動するようにしている。本州の各駅から青森まで高速道路を利用して、途中フェリーに乗るとコストが高くなるため、最初からフェリーを利用する割合が高まる傾向となった。その他の航路

については、フェリーの中型トラック運賃が高速道路の料金よりも高いため、経路（高速道路）のみを選択する径路も存在している。



(a) 電気乗用車



(b) 電気トラック

図2 経路の分担率

陸上移動から海上移動へのモーダルシフト率を次のように定義する。

モーダルシフト率 =

電気自動車の経路の分担率

エンジン車の経路の分担率

長距離フェリーが存在する都市を対象として、各区間のモーダルシフト率を図3に示す。

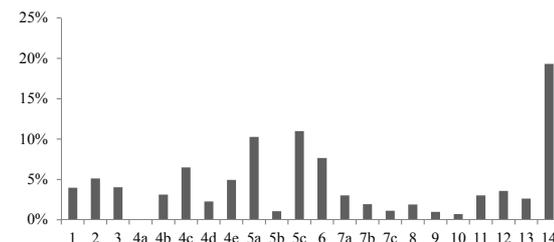
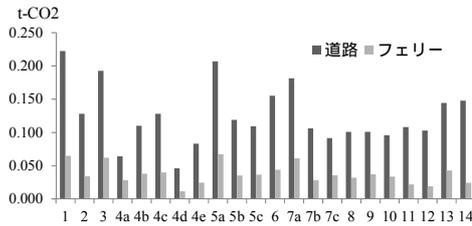


図3 モーダルシフト率

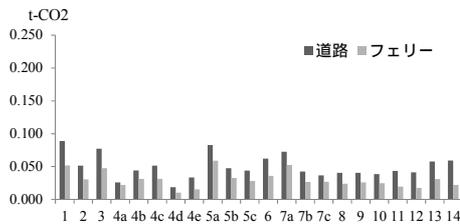
モーダルシフトが生じた経路について、シフト率の平均値を求めた。電気乗用車によるモーダルシフト率の平均値は4.5%となった。トラックに関しては5つの航路についてフェリーの利用はなかった。電気トラックによるモーダルシフト率については、17の航路で平均値は5.8%となった。トラックに比べて乗用車の場合に、すべての航路でバランスよくモーダルシフトが生じる傾向がみられる。感度分析を行うと、乗用車に比べてトラックの場合は、フェリーの料金に影響を受けやすい傾向がある。

エンジン車と電気自動車で移動した場合のCO₂排出量を推計した。図4に、各区間を経路と経路で、エンジン車（乗用車、トラック）と電気自動車（乗用車、トラック）で移動した場合のCO₂排出量を示す。1台1

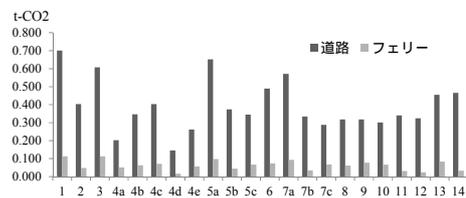
トリップあたりの CO₂ 排出量である。エンジントラックで経路を移動する場合、CO₂ 排出量が最も大きくなっている。エンジントラックあるいはエンジン乗用車で経路を移動すると CO₂ 排出量は減少する。



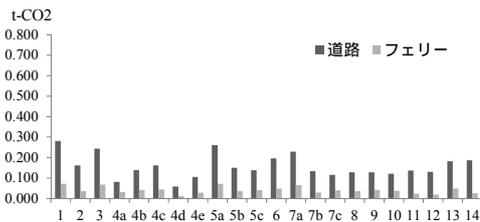
(1) エンジン乗用車



(2) 電気自動車



(3) エンジントラック



(4) 電気トラック

図4 CO₂排出量

すべての区間について CO₂ 排出量を集計すると表2のようになった。

表2 全区間の CO₂ 排出量[t-CO₂]

	経路	経路
エンジン乗用車	3.567	0.822
電気乗用車	1.761	0.664
エンジントラック	8.650	1.392
電気トラック	3.460	0.892

乗用車の場合は、経路によるエンジン乗用車の移動から、経路による電気乗用車への移動にモーダルシフトすることにより 81.3%の CO₂ 削減となる。同様に、トラックの場合は、経路によるエンジントラックの移動から、経路による電気トラックの移動に

モーダルシフトすることにより 89.6%の CO₂ 削減となる。

モーダルシフト率の感度分析をおこなった。電気自動車の走行経費原単位の低下と充電時間の短縮により、経路（フェリー+道路）の分担率は減少する傾向があり、フェリーの平均待ち時間が減少すれば、経路の分担率は増加する傾向がある。また、電気自動車でもフェリーを利用する場合に、補助金を与えることにより、経路の分担率は上昇する傾向がある。

電気自動車の陸上での充電設備のインフラ整備には膨大なコストと時間を要する。一方、港とフェリーに焦点を絞った充電設備のインフラ投資は、早期にかつ低コストで実現が可能であると考えられる。

また、電気自動車とフェリーを組み合わせた移動が最も CO₂ 排出量が小さいことが示された。現在、三河港からの長距離フェリーは運航されていないが、将来的に電気自動車の充電設備を備えた長距離フェリーが運航されることにより、環境にやさしい陸上から海上へのモーダルシフトの実現が期待される。

上述の分析結果をふまえて、愛知県三河港（豊橋）に長距離フェリーが運航されることを想定して、フェリーと道路の交通機関分担率を推計した（図5）。豊橋から九州・北海道地域へ向かう長距離フェリーの航路については、フェリーの分担率がより高くなるという結果が得られた。電気自動車を利用することにより、道路移動からフェリー移動へのモーダルシフトが生じる可能性が高まることが示された。



図5 想定したフェリー航路

(2) 港湾周辺ゾーンの経済効果

三河港における後方連関による経済効果の結果を示す。後方連関の効果については、直接効果に加えて、間接一次効果と間接二次効果も計測している。三河港臨海部に立地する産業の生産額の経済効果の総額は約2兆4,305億円であり、直接効果1兆2,589億円の約1.93倍と推計された。また、粗付加価値額でみた経済効果は8,482億円と推計された。従業者数は、82,679人で、東三河地域の従業者数の23.0%、愛知県の従業者数の2.1%となった。

図6に、生産部門別の生産誘発額と従業者

数を示す。生産額と粗付加価値額は、自動車部門が大きな値となった。三河港臨海部には、国内外の自動車産業の企業が集積しており、また愛知県内にも自動車関連企業が数多く集積していることから、大きな波及効果をもたらししている。

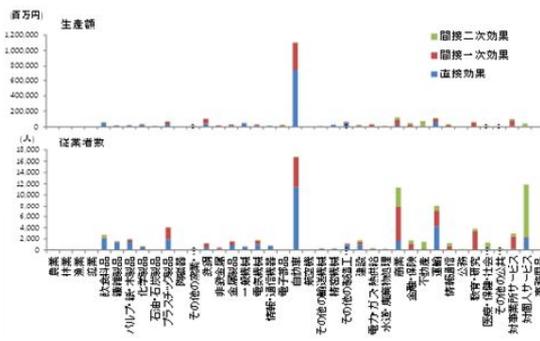


図6 三河港臨海部の生産額と従業員数

図7に前方連関と後方連関による粗付加価値額への影響を示す。前方連関効果と後方連関効果を比較しやすくするため、後方連関効果はプラスの値で、前方連関効果はマイナスの値で示している。全体的に、後方連関効果よりも前方連関効果は小さいという傾向がある。前方連関効果においても、自動車部門の生産額への影響が大きいことがわかる。続いて、商業、運輸、一般機械の粗付加価値額への影響が大きくなっている。

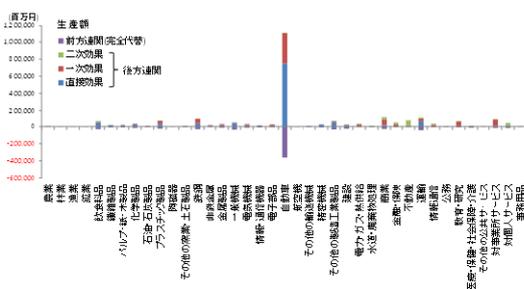


図7 粗付加価値への効果

三河港臨海部には、自動車生産部門が集積しており、電気自動車など次世代自動車の生産拡大は、当該地域経済に大きなインパクトをもたらす。陸上から海上へのモーダルシフトは、観光客の増加につながり、港の臨海部及び周辺地域に立地しているサービス産業に大きな影響をもたらすと考えられる。

本稿では、港周辺の町丁字のゾーンを任意に選択して経済効果を計測する方法を提案した。これにより、モーダルシフトにより直接影響をうけやすい町丁字のゾーンを選択することによって、空間的な経済波及効果を計測することが可能となった。

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)

渋澤博幸、宮田譲、上井啓太、三河湾臨海部の経済効果の計測に関する研究、「中部の経済と社会 2014」、愛知大学中部地方産業研究所、2015、pp.69-79、査読有。

Miyata, Y., Shibusawa, H., Fujii, T., Economic Impact of Subsidy Policies to Electric Vehicle Society in Toyohashi City in Japan - A CGE-Modeling Approach, The Singapore Economic Review, (in press) (accepted Oct 19, 2015), 査読有。

〔学会発表〕(計7件)

Miyata, Y., Shibusawa, H., Fujii, T., Economic and Environmental Impacts of Electric Vehicle Society in Toyohashi City in Japan - A CGE Modeling Approach, 54th ERSA Congress, Saint Petersburg, Russia, 27 August, 2014.

Shibusawa, H., Miyata, Y., Modal Shift from Road to Sea Transportation by Electric Vehicles, 61st North American Meetings of the RSAI, Washington D.C., pp.1-12, 2014.11.14.

木根田好、渋澤博幸、宮田譲、電気自動車によるモーダルシフトの可能性に関する研究、日本地域学会第51回(2014年)年次大会、麗澤大学、pp.1-6、2014.10.5.

Shibusawa, H. and Miyata, Y., Evaluating Model Shift from Road to Ferry by Electric Vehicles in Japan, The 24th Pacific Conference of the RSAI, 5-8 August, 2015, Vina del Mar, Chile, pp.1-12.

Shibusawa, H. and Miyata, Y., Evaluating Impacts of Modal Shift from Road to Seaway Transportation by Electric Vehicles, 2015年度日本応用経済学会春季大会、九州産業大学、pp.1-12, 2015.6.14.

藤井友章、宮田譲、渋澤博幸、豊橋市における炭素税導入を考慮した電気自動車普及の環境・経済的影響評価、日本地域学会第52回(2015年)年次大会、岡山大学、pp.1-6、2015.10.12.

Shibusawa, H. and Miyata, Y., Measuring the Economic Effects of Japan's Mikawa Port: Pre- and Post- Disaster Assessments, The 55th ERSA Congress, 25-29 August 2015, Lisbon, Portugal, pp.1-13.

〔図書〕(計2件)

渋澤博幸、宮田譲、三河港の立地企業の経済効果と電気自動車による海上輸送へのモーダルシフトに関する研究、サステイナブルな社会における未来ピークルシ

テイ事業平成 26 年度研究成果報告書,豊橋技術科学大学未来ビークルシティリサーチセンター、2015 年 3 月、pp.31-40.
Shibusawa,H. and Miyata, Y. Evaluating the Economic Impacts of Hybrid and Electric Vehicles on Japan ' s Regional Economy: Input-Output model Approach、in Socioeconomic, Environmental Policies and Evaluations in Regional Science: Essays in Honor of Prof. Yoshiro Higano, Springer, 2016 (in press).

6 . 研究組織

(1)研究代表者

渋澤 博幸 (SHIBUSAWA、Hiroyuki)
豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号 : 70291416

(2)研究分担者

宮田 譲 (MIYATA、Yuzuru)
豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号 : 20190796