

4. 三河港湾地域の経済効果とフェリーによるモーダルシフトに関する研究

建築・都市システム学系 准教授 渋澤 博幸, 教授 宮田 譲

4-1 三河港の経済効果

本研究では、愛知県三河港と後背地域を対象とした経済効果の計測を行う。三河港は、愛知県東部の三河湾・渥美湾奥に存在する豊橋市・田原市・蒲郡市・豊川市にわたる港湾である。三河港と後背地域には自動車関連産業が集積しており、我が国を代表するビークル港湾地域である。愛知県の三河港と後背地域を対象として、町丁・大字のゾーンレベルで選定したエリアにおける生産活動が、愛知県内へ齎す経済波及効果を計測する方法を提案する。港湾の経済効果を計測する方法には、港湾の機能に注目した方法と港湾の地理的エリアに注目した方法が存在する。これらの計測結果については、平成24年度と平成25年度の報告書で述べた。

本稿では、町丁・大字単位の従業者数情報から、任意のゾーンを選択して経済効果を計測する方法について述べる。経済効果には、川下産業への経済波及効果を示す前方連関効果と、川上産業への経済波及効果を示す後方連関効果がある。三河港の後背地域を対象として、前方連関効果と後方連関効果を計測した結果について報告する。

(1) 選定エリア内の生産額等の推計

平成21年経済センサスの愛知県町丁・大字の従業者数から生産額と中間需要額を推計し、愛知県の産業連関モデルを用いて、選定エリア内の生産活動が齎す経済波及効果を計測する。ここでは、平成21年経済センサス町丁大字別の18生産部門の従業者数を用いる。産業連関モデルでは、愛知県の平成17年産業連関表と雇用表を用いる。経済センサスと産業連関表の部門数が異なるため、部門を統一するために按分の作業を行う。また、平成21年経済センサスと平成17年雇用表の従業者数の情報が異なるため、平成21年経済センサスの従業者数に対応する従業者係数を求める。

最初に、按分率と従業者係数を求める。愛知県の全町丁・大字について18部門別の従業者数を市町村別の従業者数に集計する。愛知県の市町村別743部門表から40部門表を作成して、市町村レベルで18部門から40部門へ変換する按分率を求める。市町村別の18部門従業者数に按分率を乗じて40部門従業者数を推計する。この40部門従業者数から市町村の構成比を求め、産業連関表の生産額に乗じることによって市町村別40部門別の生産額を推計する。従業者数を生産額で除して従業者係数を求める。

次に、三河港後背地域のエリア選定を行う。選定したエリア内の市町村別40部門別の従業者数と生産額を推計する。この生産額を直接効果とする。生産額から中間需要額を求めて、中間需要額から誘発される間接一次及び間接二次の生産誘発額、粗付加価値額、及び雇用者所得額を求める。

(2) 経済効果の計測

①後方連関効果

本研究のアプローチによる後方連関効果の直接効果は、選択したエリア内の従業者数から推計された生産額である。この生産額から、粗付加価値額、雇用者所得額、及び従業者数が得られる。

間接一次効果は、直接効果の生産を行うために投入した原材料である部門別中間需要額から誘発する生産額である。しかし、この中間需要額には、選定したエリア内での誘発額も一部含まれていると考えられる。愛知県の粗付加価値額に占める選定エリア内とエリア外の粗付加価値額の比率を求める。これを中間需要額に乗じることによって、(選定したエリア以外の)愛知県の生産を誘発させる中間需要額を求める。(選定したエリア以外の)愛知県への生産誘発額は、この調整済み部門別需要額に自給率を乗じ、さらにレオンチェフ逆行列を乗じることによって求める。同様に、生産誘発額から、粗付加価値額、雇用者所得、及び従業者数を求める。間接二次効果は、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。

$$\begin{aligned} \text{対象エリアの生産額（直接効果）} & \quad \mathbf{X}_0 \\ \text{生産誘発額（間接一次）} & \quad \mathbf{X}_1 = [\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \bar{\mathbf{M}})\mathbf{A}]^{-1}(\mathbf{I} - \bar{\mathbf{M}})\hat{\lambda}\mathbf{D} \\ \text{生産誘発額（間接二次）} & \quad \mathbf{X}_2 = [\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \bar{\mathbf{M}})\mathbf{A}]^{-1}(\mathbf{I} - \bar{\mathbf{M}})\mathbf{C} \\ \text{粗付加価値額} & \quad \mathbf{V} = v(\mathbf{X}_0 + \mathbf{X}_1 + \mathbf{X}_2) \\ \text{従業者数} & \quad \mathbf{L} = l(\mathbf{X}_0 + \mathbf{X}_1 + \mathbf{X}_2) \end{aligned}$$

ここで、 $\mathbf{I}$: 単位行列、 $\bar{\mathbf{M}}$: 移輸入係数行列、 $\mathbf{A}$: 投入係数行列、 $\mathbf{d}$: 対象エリアシェア(粗付加価値)、 $\lambda = \mathbf{I} - \mathbf{d}$: その他愛知県シェア、 $\mathbf{D}$: 生産中間財需要、 $\mathbf{C}$: 消費需要、 v : 粗付加価値率、 l : 従業者係数である。

②前方連関効果

前方連関による間接経済効果は、選定エリア内の生産部門の粗付加価値額（資本、労働）から愛知県に及ぼす波及効果である。前方連関による経済効果の計測には、ゴッシュモデルを用いる。標準的なモデルでは、生産部門の中間投入財の完全代替性が前提となっている。選定エリア内の粗付加価値額から愛知県内の川上産業に波及する効果である。粗付加価値額が与えられると、生産額は、配分された中間財の生産プロセスを介して求められる。

$$\begin{aligned} \text{対象エリアの粗付加価値額} & \quad \mathbf{V}^r \\ \text{生産誘発額} & \quad \mathbf{X}^r = (\mathbf{I} - \mathbf{B}^t)^{-1}\mathbf{V}^r = (\mathbf{I} - \mathbf{B}^t)^{-1}\hat{\mathbf{d}}\mathbf{V}^R \end{aligned}$$

ここで、 $\mathbf{B}$: Ghosh の配分係数行列、 $\mathbf{V}^R$: 愛知県の粗付加価値額である。

（３）エリアの選定

三河港の後背地域を、図 4-1-1 に示すように選定した。三河港の中心地を定めて、半径 5km, 10km, 15km, 20km, 25km, 30km の円を描いて後背地域のエリアを選定した。半径 5km-10km-15km の範囲では、主に、豊橋市、田原市、豊川市、蒲郡市の従業者数が多く、半径 20km を超えると、岡崎市、安城市、西尾市、碧南市、豊田市などの従業者数が加わっている。

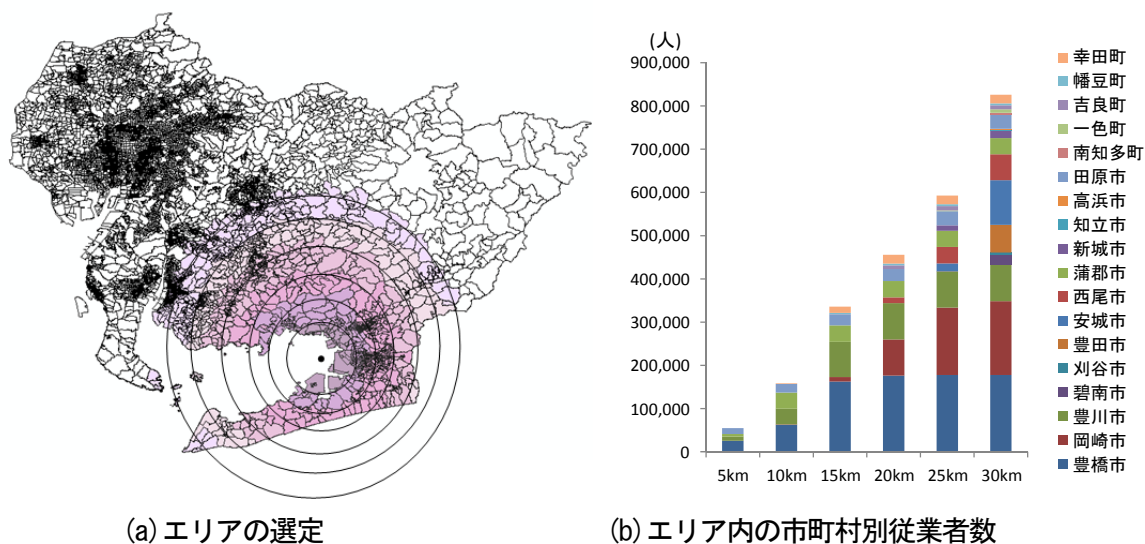


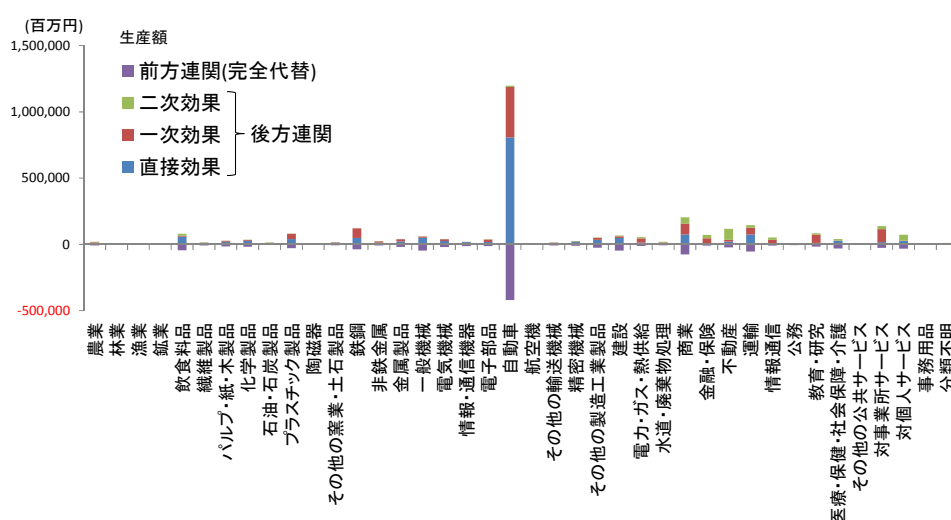
図 4-1-1 三河港後背地域におけるエリアの選定

（４）経済効果の計測

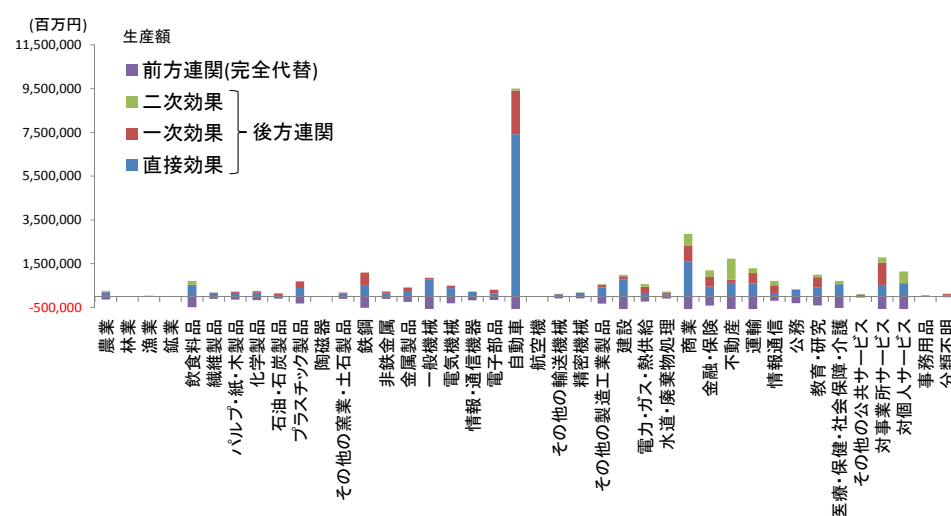
図 4-1-2 に生産部門別の生産誘発額を示す。後方連関による直接効果、一次効果、及び二次効果を縦のプラス軸に、前方連関による効果（完全代替）をマイナス軸に示している。5km 圏内は、主に三

河港臨海部の埋め立て地に企業が立地している。田原市の緑が浜には従業者数約1万人のトヨタ自動車田原工場が立地していることから、自動車部門の生産誘発額が大きくなっている。5km 圏内では、商業、運輸、不動産、対事業所サービス等の生産額が大きい、自動車部門の生産額が突出している。

30km 圏内では、三河港を取り巻く豊橋市、田原市、豊川市、蒲郡市の市街地が含まれるため、サービスの各部門の生産額が大きくなっている。製造業では、依然として自動車部門の生産額が突出しているが、鉄鋼、一般機械、飲食料品、プラスチック製品、その他の製造工業製品等の生産額が大きいのが特徴である。



(a) 5km 圏内の生産誘発額



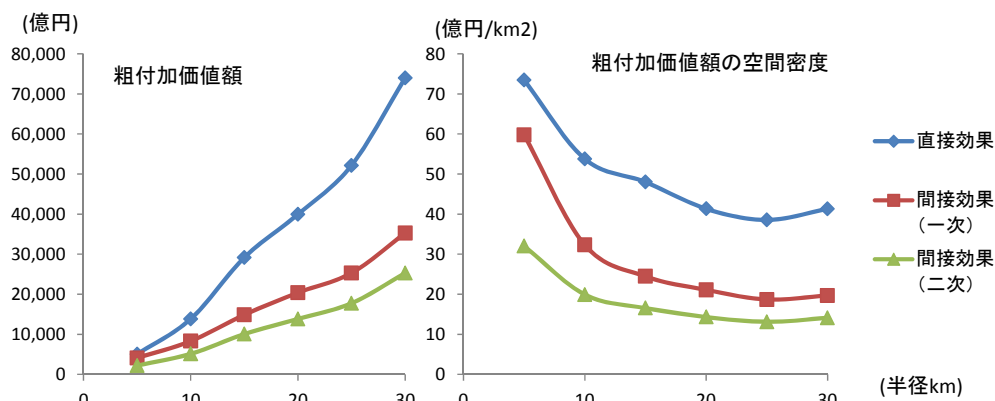
(b) 30km 圏内の生産誘発額

図 4-1-2 生産部門別の生産誘発額

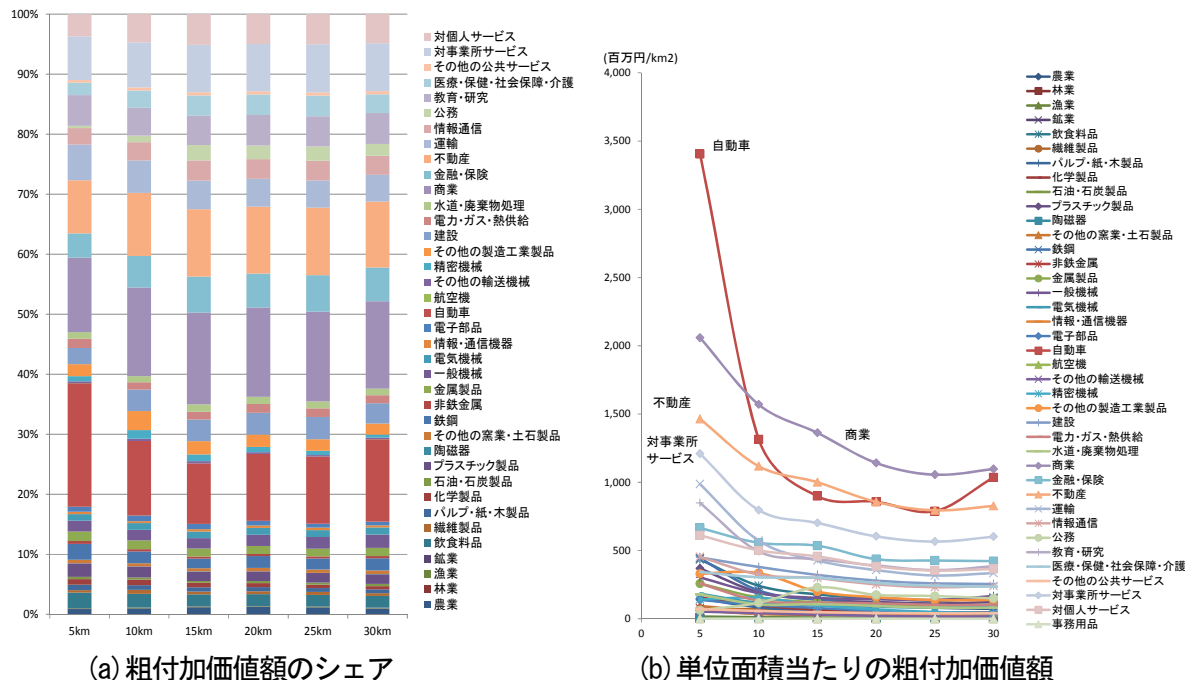
図 4-1-3 に、直接効果と後方連関による間接一次と二次効果を示す。横軸は、三河港の中心地からの半径の距離を示す。縦軸は、単位面積当たりの粗付加価値誘発額を示す。この粗付加価値誘発額は、生産誘発額に粗付加価値率を乗じることによって求めた。(a)から、三河港中心からの距離に関係なく、直接効果が最も大きく、続いて間接一次効果、間接二次効果の順となっていることがわかる。この粗付加価値額を選定エリアの面積で除することによって、(b)に示すように、単位面積当たりの粗付加価値誘発額を求めることができる。三河港の臨海部には、企業が集積していることから、三河港の中心から離れることによって、単位面積当たりの粗付加価値額は減少する傾向がみられる。半径 30km では、単位面積当たりの粗付加価値額が若干上昇しており、三河港の後背地域とは異なる経済圏を含む

ことを示唆している。

図 4-1-4(a)(b)に後方連関による生産部門別の粗付加価値誘発額を示す。(a)は生産部門別のシェアを示したものであり、5km 圏では自動車、商業、不動産、運輸部門のシェアが大きいことがわかる。三河港中心から離れることによって、自動車部門のシェアが減少し、商業、不動産部門のシェアが増加する傾向がみられる。(b)は生産部門別の単位面積当たり粗付加価値額を示したものである。三河港臨海部には企業が集積していることから、臨海部から離れることによって単位面積当たりの粗付加価値額は減少する傾向にある。特に、自動車部門は急激な減少となっている。しかし、自動車部門は30km 圏からは上昇する傾向をみせており、豊田・岡崎・刈谷方面の自動車部門の影響が表れている。



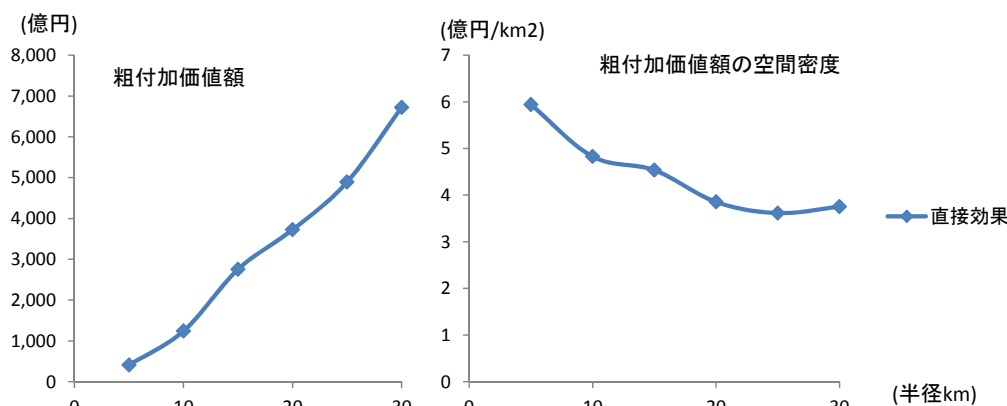
(a) 粗付加価値額 (b) 単位面積当たりの粗付加価値額
図 4-1-3 粗付加価値誘発額（後方連関効果）



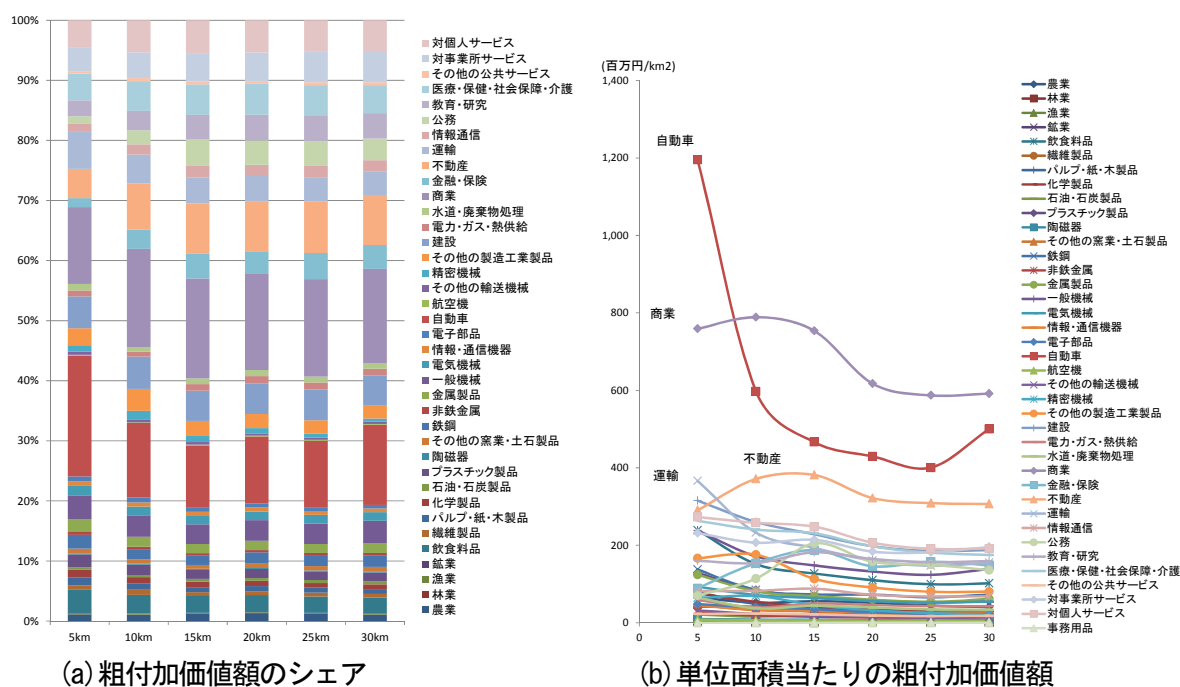
(a) 粗付加価値額のシェア (b) 単位面積当たりの粗付加価値額
図 4-1-4 生産部門別の粗付加価値誘発額（後方連関効果）

図 4-1-5(a)(b)に、前方連関による経済効果を示す。粗付加価値額は、選定エリアが拡大すると増加する傾向がある。単位面積当たりの粗付加価値額では、三河港臨海部から離れることにより減少している。後方連関の場合と同様な傾向がみられるが、効果の大きさでは前方連関効果のほうが小さくなっている。図 4-1-6(a)(b)に、前方連関による生産部門別の粗付加価値額誘発額を示す。三河港中心か

ら 10km-20km のエリア内では、商業、不動産、公務といった部門の単位面積当たりの粗付加価値額が増加する傾向がある。このエリアでは、豊橋市、蒲郡市、田原市の市街地を含むことになり、これらの部門の粗付加価値が加わり変化したと考えられる。



(a) 粗付加価値額 (b) 単位面積当たりの粗付加価値額
図 4-1-5 粗付加価値誘発額（前方連関効果）



(a) 粗付加価値額のシェア (b) 単位面積当たりの粗付加価値額
図 4-1-6 生産部門別の粗付加価値誘発額（前方連関効果）

(5) まとめ

本稿では、町丁字単位の従業者数の情報から生産額を推計し、任意のエリアを選定して経済波及効果を計測するシステムを開発した。三河港の臨海部と後背地域を対象として、後方連関と前方連関による経済波及効果を計測した。三河港後背地域のエリアの変更が、経済波及効果に与える影響を明らかにした。今後、エリアベースの経済効果の計測に応用されることが期待される。例えば、津波浸水想定エリアのように、様々なシナリオに基づいて経済被害額の推計をする場合に有益なアプローチとなる。

4-2 三河港における長距離フェリー利用と電気自動車によるモーダルシフト

(1) はじめに

三河港を対象としてフェリー利用の可能性と電気自動車の普及による陸上から海上へのモーダルシフトの影響について検討する。豊橋港は、三河港のうち豊橋市に所在する一港区である。豊橋港はかつて独立した港湾であったが、1962年（昭和37年）に豊橋港、田原港、西浦港、蒲郡港の4港が統合し、三河港となっている。

三河港は、全国トップクラスの自動車輸出入港湾であり、物流を中心とした国際港湾として発展している。旅客については、伊勢湾フェリーや名鉄海上観光船などが、短距離フェリー・高速船のサービスを提供しているが、三河港と全国を結ぶようなフェリーは存在していない。また、港湾を有する地域では、クルーズ船の誘致や観光産業を介した地域経済の活性化なども期待されている。

ここでは、三河港のうち豊橋市に所存する一港区である豊橋港を起点として、長距離フェリーが運航された場合を想定する。フェリー移動と道路移動のモードシェアを求めることによって、長距離フェリーの可能性について検討する。

電気自動車は、環境にやさしい車として普及に向けて様々な取り組みが実施されている。電気自動車は、ガソリン車に比べると、航続可能距離が短く、充電時間に時間を要することから、一般的に都市内の移動手段に適しているとされる。電気自動車の持つ技術的な制約を解決するひとつの方法として、フェリーを利用した都市間の移動が考えられている。平成24-25年度の報告書では、我が国の長距離フェリーを対象として、犠牲量モデルを用いて、電気自動車の普及により、道路からフェリーへのモーダルシフトが生じる可能性について分析を行った。

本稿では、同様のアプローチを用いて、豊橋港と全国を結ぶ長距離フェリー航路を想定したときに、電気自動車（電気乗用車と電気トラック）の普及により生じる陸上から海上へのモーダルシフトの可能性を検討する。

(2) 方法

自動車が道路とフェリーのどちらの交通機関を利用するかという問題を考える。一般的に、自動車のドライバーがどのように交通機関を選択するのかは、各交通機関の所要時間と移動費用に依存する。交通機関の分担率を求める方法のひとつに犠牲量モデルがある。本稿では、既存研究を参考に、以下の犠牲量モデルの推計式を用いる（東北産業活性化センター、1997年）。

$$\text{旅客} \quad \ln[P/(1-P)] = -7.56566 + 2.30696 \ln \omega$$

$$\text{貨物} \quad \ln[P/(1-P)] = -8.81237 + 3.06129 \ln \omega$$

Pはフェリーの分担率であり、 $P = \text{フェリー} / (\text{フェリー} + \text{道路})$ である。道路の分担率は $1-P$ である。 ω は各区間の時間価値、すなわち1分当たりの時間価値(円)で、 $\omega = (\text{道路移動費用} - [\text{フェリー移動費用} - \text{フェリー休息時間価値}]) / (\text{フェリー移動所要時間} - \text{道路移動所与時間})$ である。フェリー休息時間価値とは、フェリー利用により減少した道路走行時間を休息の増加分としてその時間価値を求めたものである。瀬戸内海のフェリーの情報を用いて推計された式であるが、本稿では参考情報としてこの式を試験的に用いる。旅客は乗用車を、貨物は中型トラックを利用するものとする。

(3) シナリオ

①経路と移動手段

A地域とB地域に、自動車で移動可能な2つの経路が存在する状況を想定する。経路 α を「道路」、経路 β を「フェリー及び道路」とする。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。2つの経路の概念図を図4-2-1に示す。ここで、二つのケースを考える。

エンジン車のケース：通常エンジン車（乗用車またはトラック）で移動する場合

電気自動車のケース：電気自動車（乗用車またはトラック）で移動する場合

エンジン車のケースにおける経路 α と経路 β の分担率と、電気自動車のケースにおける経路 α と経路 β の分担率を求める。電気自動車とエンジン車の経路 β 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解釈する。



図 4-2-1 経路と交通機関

②フェリーの航路、移動時間と費用

豊橋港から長距離フェリーが運航される場合を想定しよう。図 4-2-2 に豊橋港から各港湾への想定した長距離フェリー航路を示す。フェリー航路は、現在運航されている太平洋側のフェリー航路を参考にして、9つの航路を想定した。発着地点を図中の表のように定め、各航路を利用するものとした。現行の長距離フェリーと同様に、フェリーの運航頻度は1日1便とする。

各発着地点間の経路 α と経路 β の道路移動に関する経路情報は、検索サイト NAVITIME を利用した。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した。経路 α と経路 β 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た。

豊橋港からの長距離フェリーの航路は想定したものであるため、フェリーの運賃と移動時間のデータは存在していない。既存の長距離フェリーのデータから、自動車の移動距離を説明変数とする回帰式を求めて、フェリーの運賃と移動時間を推計した。各経路の移動費用と移動時間から時間価値を求め、犠牲量モデルの推計式を用いて経路 β (フェリー) の分担率 P を求めた。

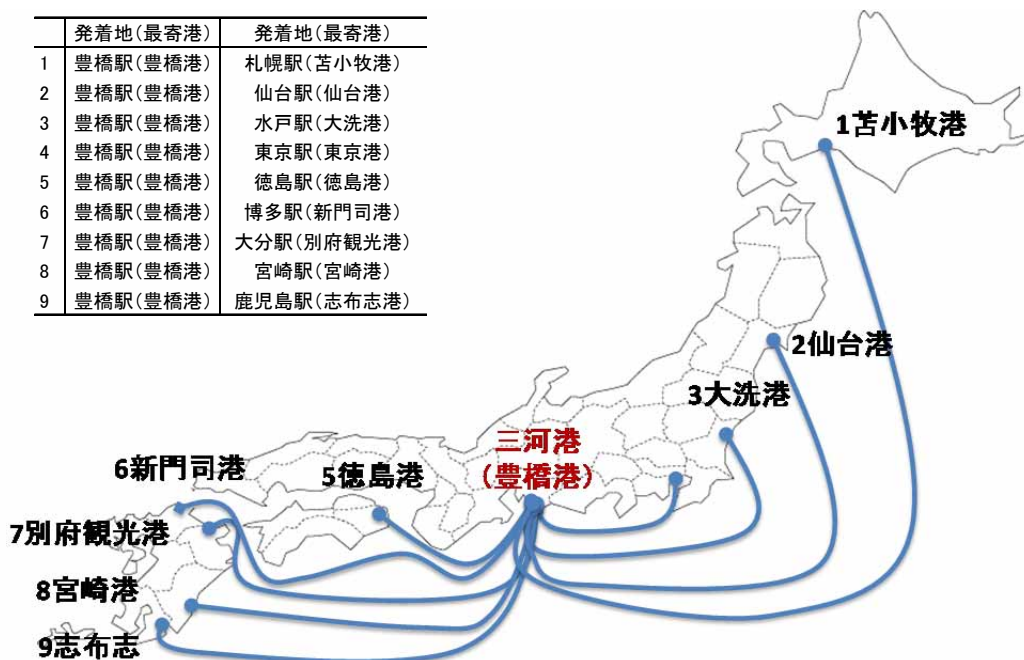


図 4-2-2 想定したフェリー航路

(4) 分析結果

①経路βの分担率の推計

(a) 乗用車の場合

各区間について、乗用車（エンジンまたは電気）で移動した場合の経路βの分担率を推計した。図4-2-3(a)の横軸は各区間の番号、縦軸は経路β（フェリー）の分担率を示す。一般的に、豊橋からより遠く離れた地域ほど、経路β（フェリー）を選択する割合が高くなる。豊橋から北海道(1,2)や九州(6,7,8,9)へのフェリー運航は、他の航路よりも高いフェリー利用率となる傾向にある。

一方、豊橋駅-東京駅(4)、豊橋駅-水戸駅(3)といった短距離の区間では、フェリーを利用する割合は低くなっている。また、エンジン車よりも電気自動車のケースで、フェリーの分担率が上昇する傾向がある。9つの区間の経路βの平均分担率は、エンジン乗用車の場合36.8%、電気乗用車の場合は44.3%である。電気自動車の普及により、フェリー利用の可能性が高まることを示している。

(b) トラックの場合

同様に、トラック（エンジンまたは電気）の場合について、経路β（フェリー）の分担率を図4-2-3(b)に示す。乗用車と同様に、豊橋から遠距離になるほど、フェリーの利用率が高くなっている。一般的に、中型トラックのフェリー運賃は、高速道路の料金に比べてかなり高いため、豊橋駅-東京駅(4)、豊橋駅-水戸駅(3)の区間では、経路α（高速道路）のみが選択されている。全区間の経路βの平均分担率は、エンジントラックの場合は35.5%、電気トラックの場合は44.0%である。

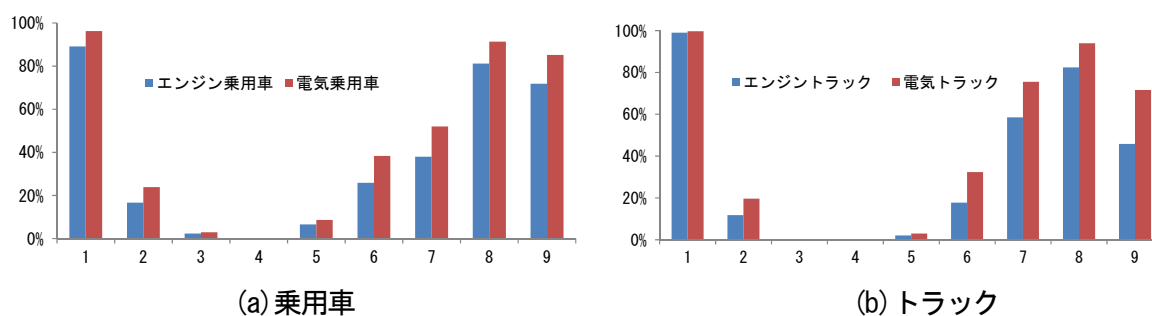


図4-2-3 経路β（フェリー）の分担率

(c) モーダルシフト率

陸上移動から海上移動へのモーダルシフト率を、

$$\text{モーダルシフト率} = \frac{\text{電気自動車の経路βの分担率} - \text{エンジン車の経路βの分担率}}{\text{エンジン車の経路βの分担率}}$$

と定義する。図4-2-4に、各区間における経路βへのモーダルシフト率を示す。北海道・東北地域(1,2,3,4)よりも、四国・九州地域(5,6,7,8,9)でのモーダルシフト率が高くなる傾向がみられる。とくにトラックの場合には、四国・九州地域のモーダルシフト率が高くなっている。また、電気乗用車による平均モーダルシフト率は7.5%、電気トラックの平均モーダルシフト率は8.7%となった。電気乗用車よりも電気トラックの場合に、陸上から海上へのモーダルシフトが生じやすいことを示している。

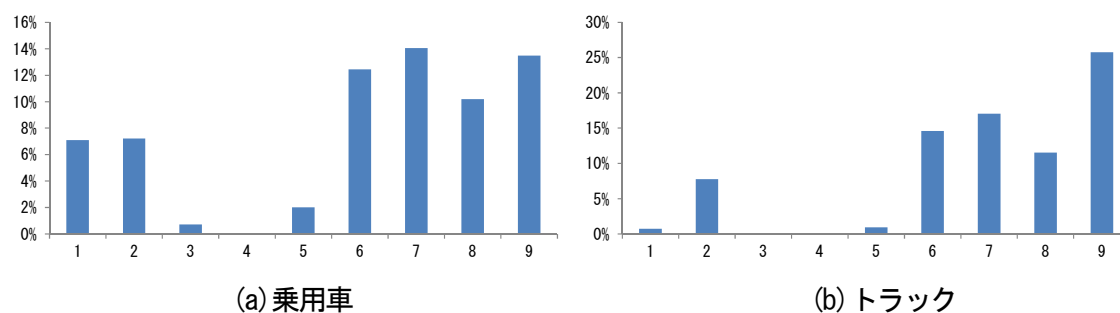


図4-2-4 経路βへのモーダルシフト率

②CO₂排出量

図4-2-5に、経路αと経路βを、それぞれエンジン自動車と電気自動車で移動した場合の1トリップあたりのCO₂排出量を示す。一般的に、エンジン自動車よりも電気自動車で移動した場合にCO₂排出量は減少している。エンジントラックで経路αを移動する場合にCO₂排出量が最も大きく、電気乗用車で経路βを移動する場合にCO₂排出量は最も小さくなる。このことから、電気自動車とフェリーを利用して長距離移動することが、環境にとっては望ましいことがわかる。

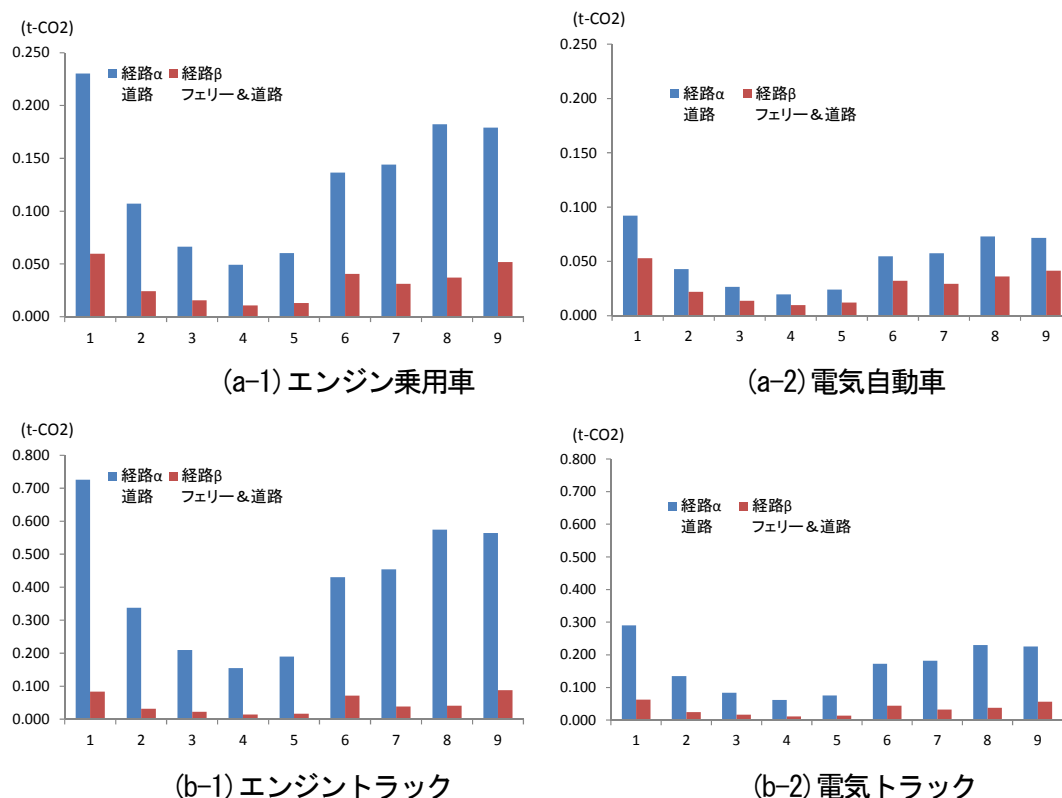


図4-2-5 1トリップ当たりのCO₂排出量

(5) まとめ

本稿では、豊橋港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。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。

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排出量が少ないことが示された。現在、豊橋港（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。

最後に、今後の展望を述べる。まず、長距離フェリーは、電気自動車の短距離移動の短所を克服することができるという利点をもつ。電気自動車用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ため、より効率的に電気自動車の長距離移動を可能とさせる。港湾エリアには、風力発電装置や太陽光を利用したメガソーラー発電所が整備されており、再生エネルギーを利用した電気自動車用の充電インフラ整備を提案できる。

高速道路など陸上の自動車手段の普及により、フェリー業界は衰退傾向にある。これは同時に港湾地域の経済活動にもマイナスの影響を与える。東日本大震災以後、港湾地域によっては内陸部への経

済活動の移動や地価が減少するエリアもみられる。陸上移動から海上移動へのモーダルシフトにより、フェリー業界及び港湾地域の経済活性化の可能性を示すことができる。

電気自動車による陸上輸送から海上輸送へのモーダルシフトは、従来型自動車の移動に比べて、省エネや環境負荷の削減に貢献でき、サステイナブルな未来の移動手段を提示できる。また、次世代自動車産業と港湾関連産業のシナジー効果が期待できる。電気自動車を利用したフェリー移動への補助金政策など交通政策への提言を行うことができる。

参考文献

- 1) 愛知県三河港務所, 『平成 25 年三河港統計年報』, 2014 年
- 2) 愛知県, 『平成 17 年(2005 年)あいちの産業連関表』, 2010 年 2 月
- 3) Ghosh, A., Input-Output Approach in an Allocation System, *Economica*, Vol.xxv, No.97, pp.58-64, 1958
- 4) 一般社団法人日本長距離フェリー協会, ホームページ, 長距離フェリー2014 版, http://www.jlc-ferry.jp/pamph_2014.pdf, 2014 年
- 5) 国土交通省貨物自動車運送事業における次世代自動車の導入促進に関する研究会, 貨物自動車運送事業における次世代自動車の導入促進に関するとりまとめ, 2011 年 7 月
- 6) 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, 平成 22,23,24,25 年度研究成果報告書, 2011, 2012, 2013, 2014
- 7) Miller, Ronald E. and Blair, Peter D, *Input-Output Analysis (Second Edition)*, Cambridge University Press, 2009
- 8) 三河港振興会, 『三河港活用ガイドブック 2014-2015』, 2014 年 11 月 7 日
- 9) 財団法人東北産業活性化センター, 『青函カートレイン構想』, 1997 年
- 10) 総務省, 平成 21 年経済センサス, 2011 年