

阪神・四国間におけるトラックによる輸送経路の選択モデルに関する研究*

A Disaggregate Route Choice Model by Trucks
between Hanshin and Shikoku Districts

小谷 通泰**・篠原 淳司***・掛川 誠****

By Michiyasu ODANI, Astusi SHINOHARA and Makoto KAKEGAWA

There are a variety of freight transportation routes by trucks between Hanshin and Shikoku Districts: routes by using ferries in Osaka Bay and Seto Inland Sea, and routes via Seto Bridge (Connection Bridge between Honsyu and Shikoku Islands opened in 1988).

This study aims to develop a disaggregate route choice model by trucks among those routes on the basis of the questionnaire survey to truck operators, and examined the effects of the completion of the Seto Bridge on their route choice behavior and suitable freight for each transportation route.

1. はじめに

阪神・四国間では、鳴門大橋の開通に引き続き、1988年には児島・坂出間において瀬戸大橋が開通した。この結果、トラックによる貨物の輸送経路として、従来のフェリー輸送に加えて、瀬戸大橋を経由して直接四国に到達することが可能となり、多様な輸送ルートを選択できるようになった。

また現在、平成9年の完成を目指して淡路島と本州を結ぶ明石大橋の建設が進められている。こうした架橋の進展や高速道路網の延伸は、今後本州・四国間におけるフェリー輸送に大きな影響をもたらすものと考えられる。しかし一方、トラックの運転手の高齢化や不足が深刻化し、排気ガスによる環境汚染といったトラック輸送の抱える問題点も近年クロ

ーズアップされている。したがって海上のフェリー輸送の特性を生かした貨物輸送のあり方を検討することも重要な課題となっており、このためにはトラックによる貨物の輸送経路の選択要因を明らかにすることがまず必要と言えよう。

そこで、本研究では、阪神・四国間のトラック事業者を対象としたアンケート調査結果をもとに、トラックによる輸送ルートの選択行動を、非集計モデルを適用してモデル化し、その選択要因を明らかにすることを試みる。

2. アンケート調査の概要

2-1 調査の方法

使用したアンケート調査は、阪神・四国のトラック事業所を対象として、平成元年、運輸省（神戸海運監理部）により実施されたものである¹⁾。本研究ではこのアンケート票の質問項目のうち、①事業者の属性、②貨物の輸送ルート（阪神・四国間）、③

*キーワズ：トラックによる貨物輸送、非集計経路選択モデル

** 正会員 工博 神戸商船大学助教授 商船学部
(〒658 神戸市東灘区深江南町5-1-1)

*** 神戸製鋼所(〒675 加古川市金沢町1)

**** 日立製作所(〒244 横浜市中区戸塚町216)

注) 図中のフェリー航路は発着港を正確には表していない。
 「凡例」 太四道結線 ——— フェリー航路

図-1 調査対象地域の概要

図-2 阪神・四国間のトラックによる
貨物の輸送ルート

ルート	件数 (白)	貨物量 (斜線)
直通フェリールート	35	16.013
直下航路ルート	51	24.538
鳴門大橋ルート	28	22.29
瀬戸大橋ルート	61	9.68

(キロトン)

図-3 輸送ルート別の貨物量とルート数

Region	高知 (Kochi)	徳島 (Tokushima)	香川 (Kagawa)	愛媛 (Ehime)
直通フェリスート (Expressway)	~10%	~15%	~30%	~45%
直下航路 (National Road)	~10%	~15%	~30%	~45%
鳴門大橋 (Prefectural Road)	~10%	~15%	~30%	~45%
瀬戸大橋 (Municipal Road)	~10%	~15%	~30%	~45%

図-4 輸送ルート別にみた四国側の
発着地点の分布

わかる。

図-4は、ルート別の四国側の発着地点の構成比率を見たものである。阪神側の貨物の発着地点と輸送ルートの間には際だった特徴は見られないが、四国側については、瀬戸大橋、直下航路ルート利用では愛媛、香川の比率が多く、これに対して鳴門大橋ルートでは徳島の比率が高くなっている。また直通フェリールートでは、瀬戸大橋や直下航路ルートより香川の比率が少なくなった分だけ徳島の比率が増えている。このように、四国側の貨物の発着地によって選択される輸送ルートに特徴がみられることわかる。

図-5は、輸送される貨物のうち雑貨のしめる割合

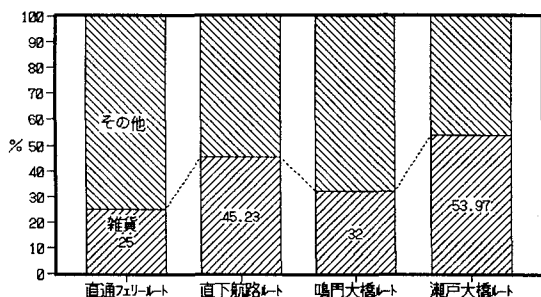
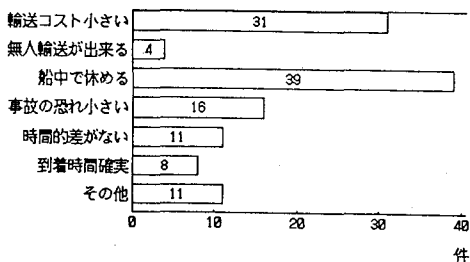
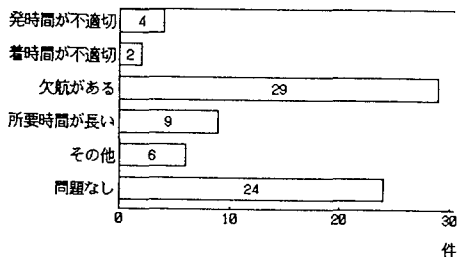


図-5 輸送ルート別にみた貨物
における雑貨の割合 (件数)



a) 選択理由



b) 問題点

図-6 フェリーの選択理由と利用上の問題点
(複数解答可)

合(件数でみた)をルート別に示したものである。鳴門大橋、直通フェリー、直下航路のそれぞれのルートでは、雑貨は輸送件数にして25~45%を占めているが、瀬戸大橋ルートでは輸送件数の54%にも達しており、際だった特徴を示している。

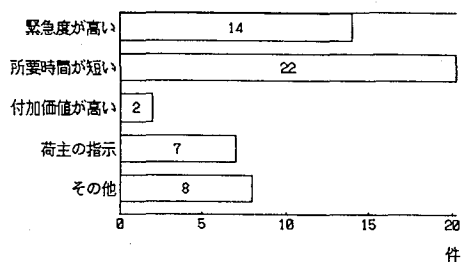
2-3 フェリー、瀬戸大橋の利用理由

図-6、7は、フェリーと瀬戸大橋の利用理由の各場合について、選択理由と利用上の問題点を示したものである。

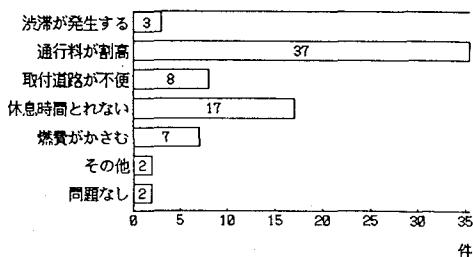
フェリー利用の理由としては、「船中で休めるから」、「輸送コストが小さいから」を挙げた事業者が多くみられる。一方、問題点としては、「欠航がある」が多数を占め、次いで「所要時間が長い」が挙げられている。さらに、「特に問題点がない」とする事業者がきわめて多く、現状に満足している事業者も多いことを示している。

瀬戸大橋の利用理由は、「所要時間がフェリーより短い」「緊急度の高い貨物を運ぶから」を挙げた事業者が多く見られる。これに対して問題点としては、「通行料が割高である」とする事業者がきわめて多く、次いで「運転手の休憩時間がとれない」といった理由がみられる。

このように、輸送手段の選択理由には、所要時間、費用からみた貨物の緊急度や運賃負担力の有無と同



a) 選択理由



b) 問題点

図-7 瀬戸大橋の選択理由と利用上の問題点
(複数解答可)

時に、輸送手段の信頼性、輸送中運転手が休めるといった要因も重視されていることがわかる。

3. 代替ルートの設定とサービス水準の推定

ここでは、次節以降において輸送ルートの選択モデルを構築するために、まず阪神・四国間における代替ルートを設定するとともに、選択ルート、代替ルートのそれぞれについてサービス水準を推定する。

3-1 代替ルートの設定

阪神・四国間の輸送ルートの選択肢としては、上述の分析結果より以下の4つを考える。

- ①瀬戸大橋ルート
- ②鳴門大橋ルート
- ③直下航路ルート
- ④直通フェリールート

そして代替ルートは各選択肢に対して、その選択肢を除く、残る3つのルートの中から設定する。

3-2 サービス水準の推定

選択ルート、代替ルートのサービス水準として、各ルートの総所要時間、総費用を推定した。それぞれ以下の方法により求めた。なお、代替ルートの中で、複数のフェリー航路が利用可能な場合にはそれらの平均的なサービス水準を求めた。

①時間については、陸上時間、海上時間、およびフェリーの待ち時間の和として総所要時間を求めた。陸上時間は、陸上距離を平均走行速度（一般道40 Km/h、高速道60 Km/hと想定）で除して求め、海上時間はフェリーによる航送時間とした。そして、待ち時間は平均待ち時間（運航間隔/2）とし、それ以上は一律1時間と仮定した。

②費用は、陸上距離に距離当りの費用（燃料費、車両修繕費、タイヤ、チューブ費等）を掛け合わせた費用と、これに瀬戸大橋や鳴門大橋の通行料、フェリーの航送料を加え、総費用とした。なお費用は、いずれの場合も10t車を想定し、距離当り費用はS社における年平均値29円/Km（平成2年度実績値）を用いた。

本研究では、4.、5.において、阪神・四国間の全ODを1まとまりにし、2通りのモデルを構築する。一つは、選択肢を①～④の4つ、つまり阪神・四国間の全ルートを選択肢としたモデル（4選択肢モデル）である。もう一つは、4つの選択肢のう

ち①と③の2つ、すなわち、瀬戸大橋ルートとその直下航路ルートを選択肢としたモデル（2選択肢モデル）である。

4. 4選択肢による経路選択モデル

4選択肢の場合について多項ロジットモデルを構築した。モデルのパラメータは最尤推定法により推定した。表-1は、推定した代表的なモデルを示したものである。なお表中の枠内には、推定した各変数のパラメータおよびt値、そして各モデルごとに尤度比指標および的中率を記した。また分析対象としたサンプル数は175件である。

4-1 モデルの推定結果の考察

以下では推定したモデルの考察を行う。

1) 選択肢特性を中心に、総所要時間、総費用、定数項を変数としたモデルをまず推定した。このモデルではt値は良好であったが、総費用のパラメータの符号は正の値となり、論理的なモデルは得られなかった。

一方、すでに2.で述べたアンケート結果で示したように、フェリーを利用する理由として輸送コスト以外にも、船中で休める、事故の恐れが少ないといった理由があげられており、フェリー利用にはコストのみで表せない、固有の効用が存在すると考えられる。そこで、このようなフェリー輸送に固有な効用を示すために、ここでは海上時間を考え、先のモデルに海上時間を一部共通変数（直通フェリー、鳴門大橋ルートの両ルートにとって共通な変数とし、海上時間の短い直下航路ルートは除いた。）としてモデル式に投入した。

このモデルでは、いずれのパラメータのt値（絶対値）も比較的高い値を示している。そして総所要時間、総費用のパラメータの符号もいずれも負となっており、所要時間が短く、費用の安いルートに対する選好が示されている。また、海上時間のパラメータは正であり、海上時間の長いルート、つまり長距離のフェリーに対する選好が示されている。このように、新たに海上時間を加えることによって、適切なモデルを構築することができた。そこで、このモデルをモデル1とし、以下ではこれをベースとして、他の変数を付加することによって新たなモデルを作成することにした。

2) モデル2は、瀬戸大橋ルート of 固有変数としてモデル1に貨物量を加えたものである。モデル1に含まれていた各変数のパラメータの符号には、変数を追加したことによる変化はみられないし、尤度比の向上にも役だっている。しかし、貨物量を加えたことにより、総所要時間、海上時間および一部定数項のパラメータやt値の絶対値が小さくなり、逆に総費用のそれらが大きくなった。なお追加した貨物量のパラメータの符号は負であり、貨物量が多くなるほど瀬戸大橋ルート of 効用を低下させる効果を持っている。

3) モデル3～5は、モデル1に貨物の品目を固有ダミー変数として1つずつ加えたものである。モデル3では瀬戸大橋ルートへの固有ダミー変数とし

て雑貨を、モデル4では直通フェリールートへの固有ダミー変数として農水産物を、モデル5では直下航路、直通フェリールートへの固有ダミー変数として化学工業品を加えた。

モデル3～5のいずれも、モデル1と比較してパラメータやt値には変数を追加したことによる大きな変化は見られない。いずれのモデルも変数のパラメータは正であり、対応するルート of 効用をそれぞれ高める効果を持っている。特に3つの品目のうちで、雑貨を投入したときにt値の絶対値が最も高くなり、尤度比も大きくなっている。

4) モデル6は、モデル1に貨物量および品目(3変数)の合計4つの変数を加えたものである。このモデル6では、各変数とも、これまでのモデルと同様

表-1 4選択肢による経路選択モデル of 推定結果

—— 阪神・四国間の全ルート

() 内はt値

変 数		モデル1	モデル2	モデル3	モデル4	モデル5	モデル6
総所要時間 [分] (共 通)		-9.748 (-3.61)	-5.494 (-1.55)	-10.200 (-3.74)	-9.608 (-3.55)	-9.619 (-3.54)	-9.118 (-3.31)
総 費 用 [円] (共 通)		-1.347 (-1.73)	-3.928 (-2.36)	-1.367 (-1.77)	-1.395 (-1.79)	-1.494 (-1.88)	-1.633 (-2.07)
海上時間 [分] (鳴門・直通フェリー)		1.373 (3.26)	0.468 (1.66)	1.412 (3.36)	1.338 (3.16)	1.469 (3.40)	1.465 (3.43)
定 数 項	瀬戸大橋	3.969 (3.12)	5.157 (3.56)	3.575 (2.80)	3.968 (3.10)	4.353 (3.33)	4.252 (3.22)
	鳴門大橋	1.274 (1.35)	2.111 (1.90)	1.294 (1.37)	1.287 (1.35)	1.563 (1.62)	1.611 (1.67)
	直下航路	3.405 (3.85)	1.847 (1.95)	3.486 (3.92)	3.355 (3.76)	3.527 (3.96)	3.429 (3.83)
貨物量 [ト] (瀬戸大橋)			-9.367 (-1.59)				-13.430 (-2.00)
雑貨ダミー (瀬戸大橋)				1.126 (3.30)			1.090 (2.95)
農水産品ダミー (直通フェリー)					0.935 (1.62)		0.615 (1.05)
化学工業品ダミー (直下・直通フェリー)						0.862 (1.87)	0.691 (1.43)
的 中 率 %	全 体	42.14	42.14	44.94	42.14	46.63	47.19
	瀬戸大橋	68.85	62.30	65.57	65.57	65.57	75.41
	鳴門大橋	58.62	58.62	58.62	58.62	58.62	62.07
	直下航路	27.45	35.29	13.73	27.45	27.45	19.61
	直通フェリー	0	0	20.00	5.71	8.57	17.14
尤 度 比		0.1100	0.1269	0.1330	0.1151	0.1175	0.1530
自由度調整 済尤度比		0.0996	0.1150	0.1212	0.1030	0.1054	0.1363

注) 以下 of 変数については、表中 of パラメータに次の倍数をかけたもの。総所要時間は $\times 10^{-3}$ 、総費用は $\times 10^{-4}$ 、海上時間は $\times 10^{-2}$ 、貨物量は $\times 10^{-4}$ 。

の傾向を持ったパラメータや t 値が得られている。貨物量が変数として含まれていることによる他の変数への影響は、先のモデル2の場合ほど顕著には見られない。

4-2 モデルの比較

次に、推定した6つのモデルを比較すると以下のようなになる。

4選択肢のモデルでは、最も尤度比が高いモデル6でも0.15程度であり、それほど大きな値が得られなかった。しかし、モデル式の各パラメータの t 値(絶対値)については、大半の変数で比較的高い値を示している。また、モデル2を除けば各モデルに共通して含まれる各変数および定数項のパラメータや t 値はほぼ一定した値を示している。

モデル2で貨物量を加えたことにより、これらの変数および定数項のパラメータと t 値に変化が生じたが、これは貨物量とこれらの変数との間に多重共線性が見られることが原因と思われる。

的中率は全体として40%から50%程度であるが、瀬戸大橋ルート、鳴門大橋ルートについては比較的良好に判別されている。しかし逆に直下航路ルートと直通フェリールートについては、ここで用いた変数だけではこれらのルートの特徴づけることが難しく、結果として判別の精度が低くなってしまった。

4-3 選択行動の考察

最後に、4選択肢モデルの推定結果より、輸送ルートの選択行動については以下のことが指摘できる。

- ・総所要時間は短いほど、総費用は安いほど選択肢の効用が高められる。
- ・直通フェリールート、鳴門大橋ルートには、航送時間で表されるような効用が認められる。これは、フェリー航送中、トラックの運転手が休めるなど、フェリー輸送に特有の効用が反映しているものと考えられる。
- ・貨物量が少なく、雑貨の割合が高いほど瀬戸大橋ルートが利用される傾向にある。
- ・貨物における化学工業品の割合が高いほど直下航路ルート、直通フェリールートが選択される傾向がある。また、農水産品の割合が高いほど直通フェリールートが利用される傾向にある。

5.2 選択肢による経路選択モデル

瀬戸大橋ルートとその直下航路ルートの2つを選択肢とした場合について、二項ロジットモデルを構築した。最尤推定法によりモデルのパラメータを推定した結果を、表-2に示す。また表中には、先と同様に推定した各変数のパラメータおよび t 値、そして各モデルごとに尤度比指標および的中率を記した。なお、分析対象としたサンプル数は112件である。

5-1 モデルの推定結果の考察

以下では、推定したモデルの考察を行う。

1) 総所要時間、総費用、定数項からなるモデルをまず構築したが、所要時間のパラメータが正となり、論理的なモデルは得られなかった。そこで、所要時間に関しては、瀬戸大橋を通行することによって時間短縮が可能な海上時間が、全所要時間のうちどの程度を占めているかという観点から、直下航路の選択肢固有変数として海上時間率(総所要時間における海上時間の割合)を考えた。そして、変数を海上時間率、総費用、定数項としたモデルを推定した。

このモデルでは各パラメータの t 値の絶対値はそれほど大きな値を示してはいないが、海上時間率、総費用のパラメータの符号はいずれも負となった。費用については、総費用の安いルートに対する選好が示されており合理的と言える。また海上時間率についても、海上時間率が低いルートほど直下航路ルートに対する選好が示されている。このことは以下のように解釈できる。海上時間(直下航路による航送時間)はいずれのODについても一定であるので、海上時間率の小さい、すなわち総所要時間の長いルートでは、瀬戸大橋による所要時間の短縮効果が十分に発揮されないために直下航路ルートに対する選好が示されることになると考えられる。このように、海上時間率を取り入れることによって、妥当なモデルを構築することができたと言えよう。

ここではこのモデルをモデル1とする。以下ではこれをベースに他の変数を付加して新たなモデルを作成することにした。

2) モデル2は、モデル1に瀬戸大橋への固有変数として貨物量を加えたものである。モデル1と比較した場合、パラメータや t 値には、変数を追加したことによる大きな変化はみられず、また尤度比も

大幅に向上している。そして、貨物量のパラメータは負であり、このことは直下航路ルートの効用を高める効果を持っている。

3) モデル3、4は、モデル1に固有ダミー変数として貨物の品目を加えたものである。モデル3では瀬戸大橋ルートに雑貨を、モデル4では直下航路ルートに化学工業品を加えた。モデル3、4のいずれも、モデル1に比べてパラメータとt値に、変数を追加したことによる大きな変化はみられない。またいずれの品目も、貨物量ほどではないが尤度比の向上をもたらしている。品目のパラメータはいずれも正の値であるのでそれぞれのルートの効用を高める効果を持っている。

4) モデル1に貨物量と品目(2変数)の合計3変数を加えたのがモデル5である。これまでと同様に、海上時間率、総費用また定数項のパラメータやt値には他のモデルと比べて大きな変化はない。さらに、貨物量、雑貨、化学工業品の各変数も、モデル1にそれぞれの変数を1つずつ加えたときと同様のパラメータを示している。

5-2 モデルの比較

推定した5つのモデルを比較すると次の特徴があ

る。尤度比は、最も高いモデル5でも0.11程度であり、あまり高い値は得られなかった。またいずれのモデルにおいても、パラメータのt値の絶対値もそれほど高い値は示していない。しかし、各モデルに共通して含まれる海上時間率、総費用そして定数項のパラメータとt値は貨物属性(貨物量と品目)の変数を追加しても変化が少なく、また貨物属性を単独で投入した場合と、同時に投入した場合とでも変化はほとんど見られない。このように2選択肢モデルは安定性が高いといえる。

的中率については、3変数だけのモデル1で55%、5変数のモデル5で65%を示しており、ルート別の的中率を見てみると直下航路ルートに比べ、瀬戸大橋ルートの的中率が高くなっている。瀬戸大橋ルートの方が直下航路ルートよりも特徴的な輸送経路といえよう。

5-3 選択行動のまとめ

2選択肢モデルの推定結果から、輸送ルートの選択行動について要約すると以下のことが言える。

- ・総費用は安いほど選択肢の効用が高められる。
- ・直下航路ルートでは、いずれのODについても海上時間が一定であるので、総所要時間が長い

表-2 2選択肢による経路選択モデルの推定結果

——瀬戸大橋ルートとその直下航路ルート

() 内はt値

変 数	モデル1	モデル2	モデル3	モデル4	モデル5
海上時間率 [%](直下航路)	-5.867 (-1.00)	-6.106 (-1.02)	-6.356 (-1.04)	-5.934 (-0.99)	-6.260 (-1.00)
総 費 用 [円](共 通)	-5.407 (-1.62)	-5.148 (-1.54)	-5.687 (-1.55)	-5.473 (-1.57)	-5.143 (-1.41)
定 数 項 (瀬戸大橋)	3.996 (1.67)	4.124 (1.72)	3.903 (1.49)	4.128 (1.66)	3.953 (1.51)
貨 物 量 [トン](瀬戸大橋)		-1.588 (-2.15)			-1.877 (-2.39)
雑貨ダミー (瀬戸大橋)			0.604 (1.53)		0.642 (1.48)
化学工業品ダミー (直下航路)				0.812 (1.22)	0.744 (1.05)
的 全 体	55.75	61.95	61.06	60.18	65.49
中 瀬戸大橋	77.78	79.37	71.43	74.60	80.95
率 直下航路	28.00	40.00	48.00	42.00	46.00
尤 度 比	0.0458	0.0813	0.0610	0.0557	0.1116
自由度調整済 尤 度 比	0.0446	0.0785	0.0588	0.0537	0.1057

注) 総費用のパラメータはすべて $\times 10^{-4}$ 。
貨物量のパラメータはすべて $\times 10^{-3}$ 。

ルートでは瀬戸大橋利用による時間短縮効果が小さくなる。このため直下航路ルートが選択される傾向にある。

- ・貨物量が少なく、雑貨の割合が高いほど瀬戸大橋ルートが利用される傾向にある。
- ・貨物における化学工業品の割合が高いほど直下航路ルートが選択される傾向がある。

6. おわりに

本研究では、阪神・四国間のトラック事業者を対象としたアンケート調査結果から、まず本州・四国間の輸送ルートを、①瀬戸大橋を利用したルート、②鳴門大橋を利用したルート、③瀬戸大橋の直下航路を利用したルート、④直通フェリーを利用したルート、の4つに分類した。そして、これらのルートを選択肢として、次の2つの非集計ロジットモデルを構築した。一つは、選択肢を①～④の4つ、つまり阪神・四国間の全ルートを選択肢としたモデル、である。もう一つは、4つの選択肢のうち①と③の2つ、つまり瀬戸大橋ルートとその直下航路ルートを選択肢としたモデル、である。これらのモデルの推定結果より、以下のことがわかった。

総所要時間が短いほど、総費用が安いほどいずれの選択肢の効用も高められる。一方、4選択肢モデルから、フェリー輸送には、トラック航送中、トラックの運転手が休憩できるなどフェリー特有の効用が存在していることが示された。また、2選択肢モデルから、総所要時間が長いルートでは瀬戸大橋による所要時間の短縮効果が低下するため、直下航路ルートが選択される傾向にあることが示された。さらに貨物量や品目といった貨物の属性によって、輸送ルートが使い分けられている様子が明らかになった。すなわち貨物量が少なく、雑貨の割合が高いほど瀬戸大橋ルートが利用される傾向がみられた。貨物における化学工業品の割合が高いほど直下航路ルート、直通フェリールートが、また農水産品の割合が高いほど直通フェリールートが利用されることも示された。

本研究では、以上に述べてきたような成果を得ることができた。しかしながら、今後の残された課題として以下の事項があげられる。

- 1) 本研究では、輸送コスト等では表せない、フェ

リー輸送の持つ特有の効用を海上時間に代表させた。今後、こうした海上輸送の効用を、モデル式の中で明示的に表現できる変数を見いだす必要がある。

- 2) 今回は、データ数が不足していたため、阪神・四国間のすべてのODをひとまとめにしてモデルを構築し選択行動を考察した。しかしすでに述べているように、四国側の貨物の発着地点によって選択ルートに特徴が見られることから、OD別にモデルを作成しより詳細に選択要因を考察していくことが必要である。また、鳴門大橋ルート、直通フェリールートでは、同一ルート内で多様な航路が利用されており、それら航路間での選択要因も明らかにしていく必要があろう。

- 3) 高速道路の延伸や明石大橋の建設などの交通網の整備によって、当該地域ではフェリーによる輸送量は減少するものと予想される。しかし一方で、すでに述べたように、ドライバー不足やトラックによる環境破壊が社会問題化しており、こうした要因が将来的にはトラックによる輸送コストの上昇をもたらしかねない。また現在、フェリーについては高速航行化の検討が進んでおり、近いうちに実用化される予定である。今後は、こうした動向を考慮した将来需要予測モデルを構築していくことが必要である。

<参考文献>

- 1) (財)関西交通経済研究センター：“瀬戸大橋開通後の交通体系の変化に関する調査研究報告書”、平成2年3月
- 2) (財)関西交通経済研究センター：“関西交通経済ポケットブック”、1990年
- 3) 土木学会土木計画学研究委員会編：“土木計画学講習会テキスト15—非集計行動モデルの理論と実際”、昭和59年
- 4) 太田・原田・森地・屋井・浅野：“やさしい非集計分析”、交通工学、Vol. 26, No. 1～4, 1991, Vol. 27, No. 1, 1992
- 5) 小谷・篠原：“トラックによる輸送経路の選択モデルに関する研究”、土木学会第46回年次学術講演会梗概集第IV部、平成3年9月