

北海道本土間トラック輸送の日本海側フェリー航路へのシフトの可能性

Possibility of shifting ferry routes to the Japan Sea side for trucks between Hokkaido and the mainland

吉田尚志**・松本昌二***

Naoshi Yoshida and Shoji Matsumoto

1. はじめに

フェリーは、トラックの活動性をそのまま活かせる輸送機関であり、モーダルシフトの受け皿として重要な役割を果たしていくと考えられる。運輸省が平成5年3月にまとめた報告によれば、¹⁾²⁾長中距離フェリーネットワーク整備の今後の課題として、デイリー化等の輸送力の充実、深夜発・早到着等のダイヤ改善、無人航走に対応した海陸一貫輸送体制の整備、往路・復路の需要格差への対応、需要喚起のための運賃の弾力化、駐車場やシャシー置き場等の施設整備等をあげている。

しかし、現在フェリーのほとんどが太平洋側航路に就航しているため、モーダルシフトの進展によっては太平洋側の港の処理能力を超えてしまうことも考えられる。一方、平成8年4月から、直江津・博多間に定期フェリー航路が開設される予定である。そこで、現在太平洋側航路や青函航路を利用しているトラックを港、航路に比較的余裕のある日本海側航路へシフトさせる施策を検討し、モーダルシフトの受け皿としてフェリー航路をより充実させる必要があると思われる。

そこで本研究は、運輸省による自動車航送船調査データを用いて、北海道本土間のフェリー航路について、トラックのフェリー航路選択を非集計ロジットモデルにより定式化するための方法を検討し、現在太平洋側航路や青函航路を利用しているトラックを、日本海側航路にシフトさせるための要因を探ることを目的としている。

貨物輸送の機関選択モデルに関する研究はかなり

蓄積があるが、トラックのフェリー航路選択に関する研究は、今までほとんど行われていない。³⁾松本らが青函カートレインの需要調査に関連して行った事例があり、本研究ではそれを発展させ、モデルの検討を行う。⁴⁾

2. 北海道本土間の貨物輸送

(1) 貨物輸送量の推移

平成2年度物流センサス(3日間調査)を用いて北海道発着の貨物輸送量の推移を、輸送トン数、件数ベースで表わしたのが図-1、2である。

輸送量の推移を、輸送トン数ベースでみた場合、

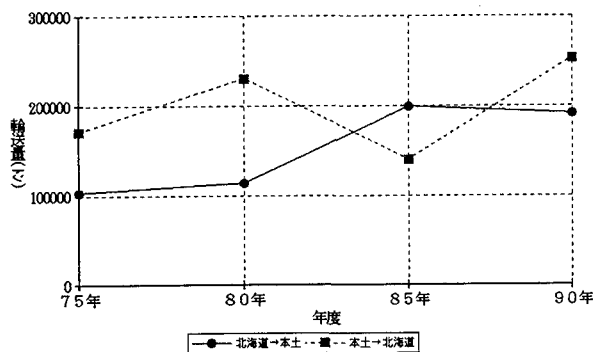


図-1 北海道本土間貨物輸送量の推移 (トン)

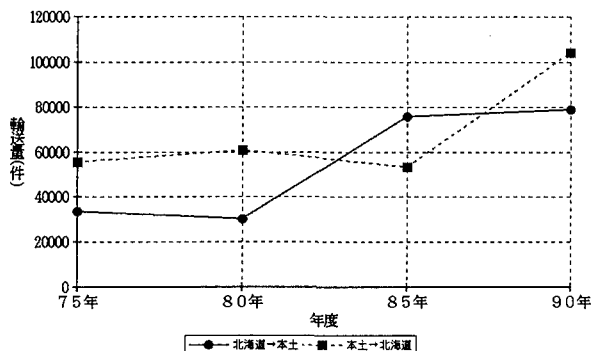


図-2 北海道本土間貨物輸送量の推移 (件)

※-ワズ 経路選択、物資流動、公共交通需要
 **正会員 工修 新潟県土木部
 (〒950 新潟市新光町4番地1 TEL 025-285-5511)
 ***正会員 工博 長岡技術科学大学 工学部教授 建設系
 (〒940-21 長岡市上富岡町1603-1 TEL 0258-46-6000)

上り（北海道発本土着）の貨物輸送量は、この15年間でほぼ2倍になっているが、下り（本土発北海道着）の貨物輸送量は、増減をくり返すもののほぼ横ばいである。しかし輸送件数ベースで見た場合、上り、下りとも増加している。

（2）輸送機関分担率の推移

北海道本土間の輸送機関分担率の推移を調べる。例として、上り（北海道発本土着）貨物について、輸送機関分担率の推移を図-3、4に示す。

輸送機関分担率をトン数ベースでみた場合には海運の分担率が、件数ベースでみた場合には自動車の分担率が一番高くなっている。推移をトン数ベースでみた場合、海運の分担率は増え、自動車の分担率はほぼ一定で、鉄道の分担率は低下している。件数ベースでみた場合、自動車の分担率が増え、海運の分担率はほぼ一定で、鉄道の分担率が低下している。

下り（本土発北海道着）の場合も同じ様なことが言える。

3. 北海道本土間のトラック輸送

（1）フェリー貨物輸送量の推移

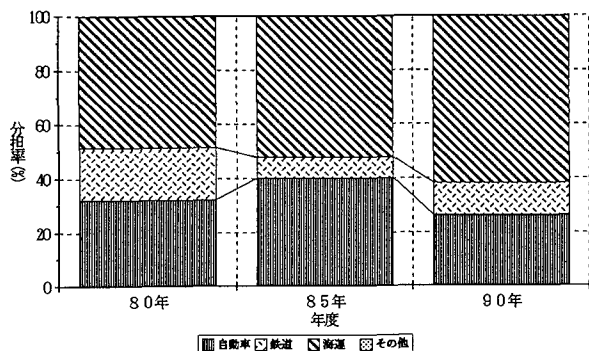


図-3 北海道→本土の輸送機関分担率の推移 (トン)

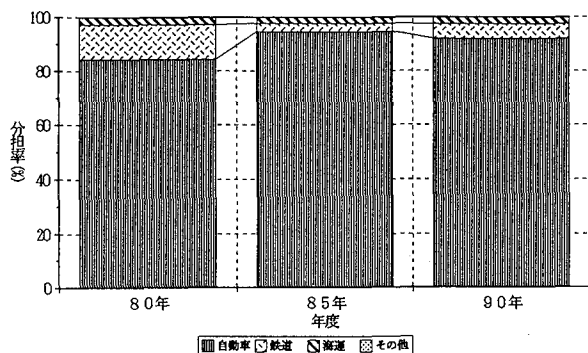


図-4 北海道→本土の輸送機関分担率の推移 (件)

運輸省資料にもとづいて、図-5に北海道本土間の中長距離フェリーのトラック航送台数（短距離フェリーを除く）、図-6にその台数シェアの推移を示す。

図-5において、表東北-北海道は、八戸-苫小牧、八戸-室蘭、青森-室蘭の3航路（中距離フェリー）であり、その他が長距離フェリーである。ともに輸送台数は13年間で約2.4倍に増えている。図-6において、昭和60年度に北関東（大洗）航路が開設し、京浜（東京）航路、表東北（仙台）航路のシェアが減少した。北陸（新潟、直江津、敦賀）航路のシェアは順調に伸びている。

（2）フェリー航路の利用状況

平成5年度自動車航送船調査は、平成4年10月21日～22日の1日間について、運輸省がフェリー利用の貨物車全数を対象にして調査したものである。これによれば、北海道方面対象航路毎の諸データは表-1のようになる。トラックのフェリー航走には有人（単車）と無人（トレーラー）があり、航路毎に平均乗車人数を求めた。長距離航路ほど平均乗車人数が小さくなり、日本海側航路は、ほぼ等距離の太平洋側航路に比べて平均乗車人数が多い。

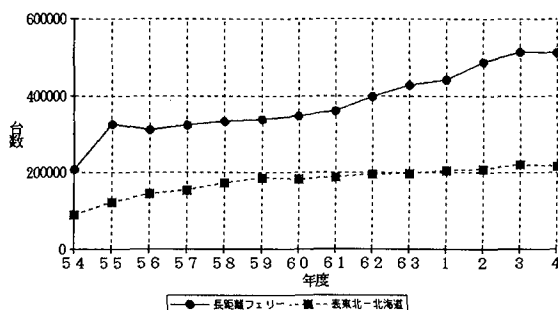


図-5 中長距離フェリー輸送量の推移

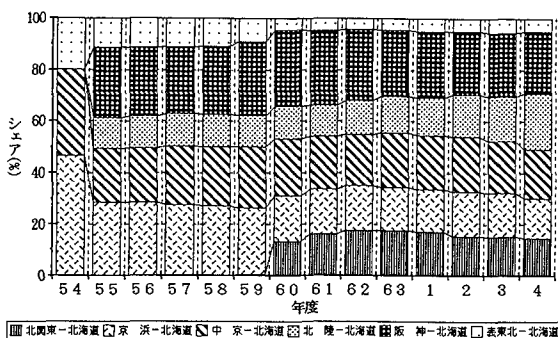


図-6 中長距離フェリーのシェアの推移

全航路についてロットサイズ（トラック1台）の分布をみると、0.1－5トン10.0%、5－10トン21.5%、10－30トン37.5%、空車31.0%であり、上り、下りは同じ傾向にある。上り、下りとも空車が約30%あるのは、季節変動があるとはいえ、注目に値する。表－1より、航路毎には青函、大畑、青森－室蘭の航路、および上りの日本海側航路で平均ロットサイズが小さい。なお、東京－釧路、下り航路の平均ロットサイズが極端に小さいのは、空車台数が多いためである。

平成5年度自動車航送船調査データを使用して、トラックの発着地ゾーンを、北海道側7ゾーン、本土側9ゾーンに区分けした。トラック発着地（OD）とフェリー航路の関係は、上り航路の着地とフェリー航路の関係（表－2）によって、全体の傾向を知

ることができる。関東着地では、東京・大洗航路が青森・八戸・仙台航路とほぼ同数であり、日本海側の新潟・直江津航路も利用されている。甲信越、北陸着地は、日本海側航路が主体である。中京着地では、名古屋航路と日本海側航路が半分ずつである。関西以西になると、名古屋航路は少なく、日本海側が主流であるが、青森航路が約10%占める。

航送船調査では、輸送品目は10品目に分類されている。その品目別にみると、上りでは農水産品(31.8%)がもっとも多く、空車(29.5%)、雑工業品(12.4%)、軽工業品(11.8%)と続いている。下りでは、空車(30.6%)について、雑工業品(23.1%)、金属機械工業品(13.6%)が多く、次が農水産品(9.2%)となる。つまり、北海道産の農水産物が本土の大消費地に輸送され、工業製品が北海道に輸送されるのが、基本的な構造である。

(3)トラックの走行状況

トラックの北海道－本土間走行実態をできるだけ正確に把握するため、運行状況を記録したタコグラフと業務日誌を利用して、運行の総所要時間を構成する活動の時刻、時間を読みとった。⁴⁾本州側走行時には、運転者は休憩時間を走行時間に比例して一定の割合でとっている。しかも、高速道路走行時には、短い休憩を数回とるぐらいであるが、一般国道走行時には長時間の休憩をとっている。北海道側走行時には、休憩時間はほとんどとっていない。たとえば、札幌－函館間の平均時間は6時間24分（走行4:53、休憩0:11、埠頭待ち:20）であった。青函フェリー4時間をかけた後、青森－東京を一般国道利用で走行した場合は26時間30分（走行15:46、休憩9:23、庫前待ち1:21）であるが、高速道路利用では15時間02分（走行11:58、休憩1:02、庫前待ち2:02）であった。

表-1 フェリー航路データ

	航路名	上り			下り		
		件数	平均乗車人数	平均ロットサイズ*	件数	平均乗車人数	平均ロットサイズ*
1	青森－函館	511	1.24	4.41	548	1.16	3.75
2	大畑－室蘭	12	1.33	5.50	11	1.46	2.82
3	青森－室蘭	106	1.24	4.45	134	1.15	5.75
4	八戸－室蘭	122	1.07	6.43	104	1.05	4.93
5	八戸－苫小牧	176	1.11	6.06	211	1.22	5.70
6	仙台－苫小牧	161	0.60	6.94	200	0.69	8.40
7	直江津－室蘭	128	0.88	8.20	126	0.71	6.83
8	新潟－小樽	134	0.69	3.83	170	0.68	6.77
9	直江津－岩内	83	0.90	6.66	104	0.76	5.34
10	大洗－室蘭	115	0.23	8.70	170	0.31	8.63
11	大洗－苫小牧	135	0.33	13.69	130	0.27	9.31
12	敦賀－小樽	119	0.45	4.84	109	0.41	5.46
13	東京－苫小牧	111	0.59	5.65	171	0.29	8.23
14	舞鶴－小樽	190	0.38	6.94	182	0.15	6.69
15	東京－釧路	67	0.30	10.45	180	0.17	4.43
16	名古屋－苫小牧	112	0.26	9.79	104	0.03	6.67
	計	2,282	0.79	6.59	2,654	0.69	6.16

表－2 フェリー航路・着地別の航送台数（上り）

目的地ゾーン 航路	東北	関東	甲信越	中京	北陸	関西	計
函館、室蘭 — 青森、大畑	341 (62.1)	212 (23.2)	13 (8.7)	14 (6.5)	3 (5.6)	46 (11.5)	629
室蘭、苫小牧 — 八戸、仙台	205 (37.3)	220 (24.1)	8 (5.4)	15 (7.0)	0	11 (2.7)	459
小樽、室蘭 — 直江津、新潟 岩内	3 (0.5)	72 (7.9)	125 (83.9)	47 (21.9)	31 (57.4)	67 (16.7)	345
室蘭、苫小牧 — 大洗	0	244 (26.7)	2 (1.3)	3 (1.4)	0	1 (0.2)	250
小樽 — 新潟、舞鶴	0	1 (0.1)	0	22 (10.2)	20 (37.0)	266 (66.3)	309
苫小牧、釧路 — 東京	0	165 (18.1)	1 (0.7)	12 (5.6)	0	0	178
苫小牧 — 名古屋	0	0	0	102 (47.4)	0	10 (2.5)	112
計	549 (100)	914 (100)	149 (100)	215 (100)	54 (100)	401 (100)	2,282

4. 非集計ロジットモデルの推定

(1) 説明変数と選択肢航路

平成5年度自動車航送船調査データを使用して、北海道本土間のフェリー航路を対象として、トラックの航路選択行動に非集計ロジットモデルを適用した。非集計ロジットモデルの推定に検討した説明変数は、表-3の通りである。トラックの属性変数としては、ロットサイズと乗車人数が考えるが、航路間の違い（効用差）を表現するために、表-3に示すように、単位輸送量（ロットサイズ）当たりのフェリー料金、および航路毎の人数効用（相対的な乗車人数）に変換した。航路毎の人数効用とは、個別トラックの相対的な乗車人数であり、無人航走の場合は人数効用が高いと考えるわけである。

輸送サービスを示す時間変数として、本土側・北海道側それぞれの所要時間（走行、休憩時間）、航路時間、埠頭での待ち時間、および総所要時間とし

表-3 非集計モデルの説明変数

変数名	作成方法
・単位輸送量 あたりの料金	フェリー料金/ロットサイズ
・航路毎の人数効用	乗車人数/各航路の平均乗車人数
・本土側、 北海道側所要時間	本土側は県庁所在地、北海道側はゾーン内の中心都市から埠頭までの走行時間を道路時刻表で調べたものに、休憩時間を付加した時間 ⁽¹⁾
・航路時間	各航路のダイヤ所要時間
・待ち時間	運行本数から設定
・総所要時間	本土側、北海道側所要時間、航路時間、待ち時間を合計した時間
・運行本数	各航路の1日当り運行本数
・経費 ⁽²⁾	経費＝フェリー料金＋高速料金 ＋人件費＋営業費 人件費＝945円/時間×（総所要時間） ＋47円/km×（トラック走行距離）×人数 営業費＝78円/km×（トラック走行距離）

- (1) 上り農産品、水産品、下り農水産品のみ
高速道路利用とする。
(2) 経費の中で人件費、営業費の原単位は、
（社）全日本トラック協会の平成四年度
経営分析報告書から求めた。⁵⁾

表-4 非集計モデルの選択肢航路

1. 青森ー函館	2. 青森ー室蘭	3. 八戸ー苫小牧
4. 仙台ー苫小牧	5. 直江津ー室蘭	6. 新潟ー小樽
7. 直江津ー岩内	8. 大洗ー室蘭	9. 敦賀ー小樽
10. 東京ー苫小牧	11. 舞鶴ー小樽	12. 東京ー釧路
13. 名古屋ー苫小牧		

た。これら時間は、すでに述べたタコグラフ調査の結果を参考にして設定している。また、自動車航送船調査ではトラックのルートを調査していないため、上りの農産品、水産品と下りの農水産品は高速道路を利用すると仮定し、その他の品目は一般国道を利用とした。経費は、トラックの走行、航送に必要な総費用であり、人件費、営業費、フェリー料金、高速道路料金の和として算定した。⁵⁾

選択肢である対象航路を設定するに際して、利用の少ない航路の削除、サービス水準の似通った航路の統合を行なった結果、選択肢は表-4に示す13航路とした。大畑ー室蘭の削除、および八戸、大洗航路の統合を行った。サンプル毎の選択肢集合に関しては、ODゾーンペア（本土側9、北海道側7ゾーン）毎、上り・下り毎に、実際にトラックの利用実績が1台以上ある航路をもって選択肢集合を設定した。また輸送品目は、10品目の中からサンプル数の多い5品目を選び、基本的に上り・下り別、品目別にパラメータの推定を行った。

(2) パラメータの推定結果

表-5 上りのパラメータ推定結果

	農産品	水産品	軽工業品	重工業品	雑工業品
航路毎の人数効用	-1.9160		-1.4977	-0.3584	-0.4331
t値	-7.8985		-4.0240	-1.4381	-3.4380
本土側所要時間	-0.2163	-0.1234	-0.1273	-0.1365	-0.0686
t値	-9.1336	-3.4249	-6.0790	-4.2498	-2.2890
北海道側所要時間	-0.1396	-0.1417	-0.1280		
t値	-4.5342	-2.6030	-2.5616		
航路時間				-0.0278	-0.0260
t値				-0.6886	-1.1384
運行本数	0.0126	0.0708	0.7235	0.0699	
t値	1.4587	5.7416	2.6137	5.0688	
総経費			-0.1920		
t値			-2.5654		
ρ^2	0.3915	0.4756	0.6228	0.4060	0.2438
的中率	49.90	66.87	75.30	65.80	52.70
データ数	413	166	178	111	239
航路数	8	6	6	6	4

表-6 下りのパラメータ推定結果

	農水産品	軽工業品	重工業品	雑工業品
航路毎の人数効用	-0.0712	-0.0053	-0.4950	
t値	-0.4083	-0.4826	-5.7432	
本土側所要時間	-0.0020	-0.0676	-0.1029	-0.0904
t値	-0.0539	-2.4858	-7.4381	-4.9398
北海道側所要時間	-0.0430		-0.1712	-0.0645
t値	-1.8585		-6.1674	-1.8722
航路時間		-0.0377	-0.0340	-0.0385
t値		-1.6982	-2.6368	-1.2238
運行本数	0.0278		0.0397	0.0451
t値	2.7113		4.6243	4.8781
総経費	-0.2100	-0.1362		
t値	-3.1931	-1.8205		
ρ^2	0.2603	0.2642	0.3919	0.2411
的中率	47.6	51.1	49.7	44.6
データ数	170	139	392	495
航路数	4	5	9	7

ラメータの推定は、以下の手順に従って行った。まず、北海道本土間の総所要時間と個々の要素時間（北海道、本土側の埠頭までの所要時間や航路時間）、およびフェリーの運行本数と待ち時間について、どちらの変数を採用すべきかを、パラメーターの符号、t 値、的中率、尤度比によって判定する。その結果、すべての品目に共通して、個々の要素時間と運行本数を採用することにした。続いて、利用の少ない航路の削除、符号条件の合わない説明変数の削除を行い、全てのパラメータの符号条件が合うまで繰り返し計算を行なって、最終的に説明変数組を決定した。

パラメータの推定結果は、上りは表－5、下りは表－6の通りである（表の上の数字はパラメータ、下の数字はt 値である）。上り、下り全ての品目において尤度比は 0.24以上であって、的中率は5品目で 50%を上回り、最低で45%である。上りの方が下りよりも良好な推定値が得られたが、これは地方のトラック事業者が上り便をベースカーゴとした運行を実施しているからと考えられる。すべての品目に共通して採用された変数は、本土側所要時間の1変数のみであって、変数組は品目によって違っている。時間変数のパラメータはすべてマイナスで符号条件を満足しており、走行時間と航路時間のパラメータ値の大小関係は上り雑工業品を除いて満足されている。よって、全般的には各品目においてトラックのフェリー航路選択行動を的確に再現しているといえる。

5. 日本海側航路へシフトの可能性

(1) 航路選択確率の推定

推定パラメータを用いて、表－7に示すように、南関東－札幌、中京－札幌、近畿－札幌の3つのODペアに対して、青函航路、日本海側航路、太平洋側航路の3航路を選択肢として航路選択確率を推定した。その結果、上り軽工業品、下りの農水産品・軽工業品では、特定航路の選択確率が極めて大きく、または小さくなり、実態を正確に表現できていないことが判明した。その他の航路・品目については、実態をかなり良く表現出来ている。

比較的良好な結果が得られた品目について、選択確率を表－7に示す。上りでは、すべてのODペアにおいて、農産品は太平洋側航路が、雑工業品は青

函航路が選択され、日本海側航路は全く選択されない。下りでは、ODペアによって選択航路が一定ではない。下り重工業品の近畿－札幌間、下り雑工業品の中京－札幌間と近畿－札幌間において、日本海側航路が選択される。

(2) 日本海側シフトの要因分析

日本海側航路の説明変数の値を変化させることによって、各航路の選択確率がどのように変わるかを分析し、日本海側航路へのシフト要因を検討する。表－8に示すように、日本海側航路へシフトさせる要因として採用できたのは、「人数効用の低下」、「本土側所要時間の短縮」、および「航路時間の短

表-7 航路選択確率の推定結果

OD組	航 路	l	m	n
		青函航路	日本海側航路	太平洋側航路
A	南関東－札幌	青森－函館	新 潟－小 樽	東 京－苫小牧
B	中 京－札幌	青森－函館	直江津－室 蘭	名古屋－苫小牧
C	近 畿－札幌	青森－函館	舞 鶴－小 樽	名古屋－苫小牧

(上り)

	航 路	農 産 品	雑 工 業 品
A	l	0.07	0.57
	m	0.27	0.26
	n	0.65	0.17
B	l	0.04	0.53
	m	0.22	0.37
	n	0.73	0.10
C	l	0.04	0.64
	m	0.35	0.24
	n	0.61	0.12

(下り)

	航 路	重 工 業 品	雑 工 業 品
A	l	0.25	0.46
	m	0.29	0.22
	n	0.46	0.32
B	l	0.13	0.29
	m	0.36	0.36
	n	0.50	0.35
C	l	0.09	0.24
	m	0.58	0.48
	n	0.33	0.28

表-8 シフトの要因及び可能性

		○D組	競合航路	シフト要因	可能性
上り	農産品	南関東－札幌	太平洋	人数効用の低下	×
		中 京－札幌	太平洋	人数効用の低下	◎
		近 畿－札幌	太平洋	人数効用の低下	◎
	雑工業品			本土側所要時間の短縮	◎
		札幌－南関東	青函	航路時間の短縮	△
		札幌－中 京	青函	航路時間の短縮	△
		札幌－近 畿	青函	航路時間の短縮	△

	OD組	競合航路	シフト要因	可能性
重工業	南関東－札幌	太平洋	本土側所要時間の短縮	◎
	中京－札幌	太平洋	本土側所要時間の短縮	◎
	近畿－札幌	—	—	—
雑工業	南関東－札幌	青函、太平洋	—	×
	中京－札幌	—	—	—
	近畿－札幌	—	—	—

シフトの不可・◎：可能 △：条件によっては可能 ×：不可能

縮」である。

現在の日本海側の平均乗車人数が太平洋側に比べ大きいことから、平均乗車人数を低下させることによって、「人数効用」を低下できる。例えば、札幌ー南関東間の上り農産品は、人数効用が0.55を下回ると、太平洋側から日本海側へシフトできる。人数効用を低下させるためには、フェリー事業者による海陸一貫輸送体制の整備、中小トラック事業者の無人航走利用を促進するための支援等が必要である。

また、横断道をはじめとして高速道路の建設、利用を進めることにより、「本土側所要時間」を短縮できる。例えば、南関東・中京ー札幌間で、本土側所要時間が3.4ー4.0時間以上短縮すると、上り農産品と下り重工業品は日本海側へシフト可能である。

「航路時間の短縮」は、短縮すべき時間が現在のフェリーのスピードアップでは対応しきれないため、テクノスーパーライナー（TSL）の導入が鍵となってくる。しかし、太平洋側航路に先駆けて日本海側航路へTSLが導入されるという条件付きである。

6. まとめ

開発したトラックのフェリー航路選択モデルは、使用したデータや説明変数の制約もあって、再現性

が十分にあるとは考え難いが、計量的に分析できる手懸かりをつかめた。運輸省の自動車航送船調査は1日間調査とはいえ、毎年実施されてきたので、多年次のデータを使用することにより改善の余地があると考ええる。海陸一貫輸送体制による無人車航送、横断道の整備による高速道路の利用によって、トラックを太平洋側から日本海側航路へシフトさせる可能性のあることが判明し、今後航路間の競争が活発化すると期待される。

参考文献

- 1) 斉藤孝雄：長距離フェリーの現状と課題、海運、pp.8-14, 1994.2.
- 2) 新納克広：国内貨物輸送と長中距離フェリー、海運、pp.16-20, 1994.2.
- 3) 松本昌二：物資輸送への非集計モデルの適用性、土木学会論文集, 353/IV-2, pp.43-51, 1985.
- 4) 環境科学研究会：青函カートレイン需要調査、昭和61年.
- 5) (社)全日本トラック協会：経営分析報告書、平成4年度版.

北海道本土間トラック輸送の日本海側フェリー航路へのシフトの可能性

吉田尚志・松本昌二

本研究は、運輸省による自動車航送船調査（1993年）のデータを用いて、北海道本土間のフェリー航路16について、トラックのフェリー航路選択を非集計ロジットモデルにより定式化するための方法を検討し、現在太平洋側航路や青函航路を利用しているトラックを日本側へシフトさせるための要因を探ることを目的にする。モデルの適合性は全体として満足できるが、採用できた説明変数が限られているため、十分ではない。農産品、重工業品について、太平洋側から日本海側へのシフトは、海陸一貫輸送体制による無人車航送、横断道など高速道路の利用によって可能性のあることが判明した。

Possibility of shifting ferry routes to the Japan Sea side for trucks between Hokkaido and the mainland

Naoshi Yoshida and Shoji Matsumoto

There exist 16 short, middle and long distant ferry routes for transporting trucks between the mainland and Hokkaido. This paper applies the discrete logit model to choice decisions of trucks among ferry routes, and identifies policy factors to shift a ferry route from the Pacific Ocean side to the Japan Sea side. It used the data of "Ferry Trucks Survey" conducted in 1993 by the Ministry of Transport. The goodness of fit is high enough, but some models do not include full dependent variables such as travel time, cost and frequency. Sea and land coordinated transport systems and wider use of toll expressways are suggested to shift ferry routes of trucks to the Japan Sea side.