

## 非集計モデルを用いた輸送体系の変化予測

長尾 義三

(京都大学工学部)

喜多秀行

(京都大学工学部)

### 目次

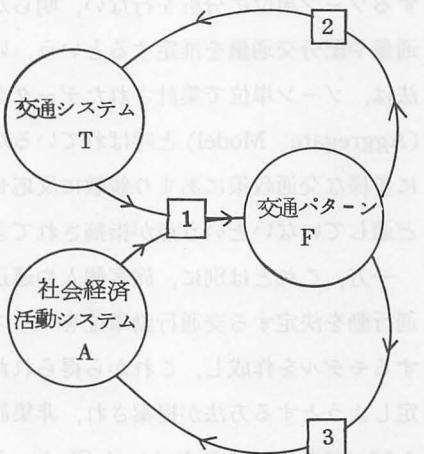
1. はしがき
2. 非集計行動モデルの概説
3. 空港海上アクセスシステムの需要予測
4. 時間価値分布モデルを用いた長距離フェリーの需要予測
5. むすび

### 1. はしがき

「交通は、土地利用に基くポテンシャルと輸送する能力とを結びつけた結合物」と言われる。土地利用と輸送施設の両者が存在して初めて交通が発生するように、土地利用と輸送とは閉じたループを形づくっている。<sup>(1)</sup>

このような相互関連を、Manheimは図・1の如く整理している。関係(1)は、実現する交通が土地利用をはじめとする社会活動システムと輸送システムの両者から規定される流れを示し、関係(2)は実現し

図・1 交通システム 活動システムと  
交通パターンの相互関連  
(文献2)による)



た交通に応じて輸送システムを改良する流れである。関係(3)は交通がそのサービスや資源消費を通して社会活動システムに働きかけ、長期的な変化をもたらす流れを示すものである。

さて、観光交通におけるマイカーとマストラの分担や貨物輸送における鉄道とトラックの分担といったように、交通機関間での競合は経済条件の厳しい今日ではよく見られる。このような状況の下では、機関分担、経路分担が交通パターンを規定する支配的要因となり、輸送システムの変更は機関分担率や経路分担率の変化として現われてくる。逆に、ある交通機関に対する需要量は、その交通機関の特性や整備水準に依存し、さらに、輸送システムが対象とする地域にどのような利用者がどれだけいるかにも大きく関わっている。交通行動は交通に関する利用者の意思決定の結果であると見なせるが、これは利用者によって異なることが少なくない。そこで、利用者の選択行動プロセスと種々の利用者によるその相違点に特に着目し、社会活動および輸送システムの変化に伴う輸送体系の変化を解析するアプローチが重要となってくる。

## 2. 非集計行動モデルの概説

従来、交通計画の分野で主として用いられてきた需要予測手法は、対象とするゾーン単位に分析を行ない、明らかにされたゾーン特性をもとに分担交通量や配分交通量を推定するという、いわばマクロな手法であった。この手法は、ゾーン単位で集計されたデータを用いることから集計タイプのモデル(Aggregate Model)と呼ばれているが、ゾーン単位の分析法であるがために多様な交通政策にあまり鋭敏に反応せず、短期的交通政策の評価にはさほど適していないという点が指摘されてきた。

一方、これとは別に、旅客個人や運送業者、荷主といった自分の意思で交通行動を決定する交通行動単位をベースとして、その行動メカニズムを記述するモデルを作成し、これから得られた結果をもとに全体としての挙動を推定しようとする方法が提案され、非集計行動モデル(Disaggregate Behavioral ModelあるいはIndividual Choice Model)と呼ばれている。このモデル

は、本来個人が有限個の選択肢から特定の選択肢を選ぶ離散型選択を合理的行動仮説のもとに分析するものであり、交通機関や経路への需要量が利用者個々人の合理的選択過程の結果の集積と見なすことができるため、このモデルを用いた解析や予測がかなりなされるようになってきた。非集計行動モデルが有する主たる特長を以下に列挙する。

- ① 交通行動を明示的にモデル化し、論理的な裏づけを有する。
- ② 比較的少数のデータで数多くの政策変数を組み入れたモデルの作成が可能である。
- ③ 操作性に富み、政策がもたらす効果を詳細に検討しうる。
- ④ 選択・行動の基本単位である個人に着目して構築されたデータであるため、他の場所への転写性 (Spacial Transferability) や異時点への転写性 (Momental Transferability) に富む。

さて、Manheim<sup>(2)</sup>は交通需要予測モデルを、①利用者を一様な行動特性をもつ集団と考えるか、②利用者の意思決定を決定論的に扱うか確率論的に扱うか、の2つの観点から、次の4つのタイプに分類している。

- ① 非集計決定論型 (Disaggregate Deterministic Model)
- ② 非集計確率論型 (Disaggregate Stochastic Model)
- ③ 集計決定論型 (Aggregate Deterministic Model)
- ④ 集計確率論型 (Aggregate Stochastic Model)

本報文では、まず②のタイプのモデルを空港海上アクセスシステムに適用した例を述べ、次に①のタイプのモデルを用いた長距離フェリーの需要予測例を示す。そして、これら適用例におけるモデルの現象説明力と短期的管理政策の評価を通して、輸送体系の変化予測における非集計行動モデルの有用性とその問題点を示す。

### 3. 空港海上アクセスシステムの需要予測

#### (1) 空港海上アクセスシステムの概要

ここでは、海上に建設される空港へのアクセス旅客を、沿岸各地から船舶で輸送するシステムを対象とし、システムが経済的に成立するためのルート、

船種、船型、料金、運航頻度などの検討を行なう。検討に際しては、海上アクセスシステムが道路・鉄道など陸路によるアクセス交通と競合することとなるため、とりわけ経済性を直接左右する需要予測に関しては、この競合状態を念頭に置いておく必要がある。なお、以下の記述は、筆者らが作業に加わった(財)関西交通経済研究センターにおける検討結果に基くものである。<sup>(3)</sup>

背後図は78ゾーンに分割し、競合すると考えられる陸上交通機関は、タクシー、マイカー、鉄道、リムジンの4手段を考える。海上アクセスの市内側ターミナルまでもリムジンを除く3手段を利用するものとした。海上部分に用いるべく比較・検討する船舶は、速度などの違いから4タイプを設定した。利用者は、国際線旅客（外国人、日本人団体、日本人個人）、国内線旅客（団体、個人）、送迎・見学者、商用者、従業員に分類し、それぞれ交行動が異なるものとした。グループの構成員は均質と仮定しているため、いわゆる「代表的個人」として取り扱うこととなる。

今回は、ゾーン別利用者別発生集中交通量は重力型の推定式を用いて別途求めた値を使用するため、ここでは、主として陸上交通機関との機関分担の推定を行なうこととなる。

## (2) 段階的選択を考慮した非集計ロジットモデル

非集計行動モデルのうち多用されているのは、効用最大化基準とランダム効用理論から得られるモデルであり、以下の手順に沿って行動を説明しようとするものである。

ある手段  $j$  に対してある個人  $i$  が持つ効用  $U_{ij}$  を、各手段の持つ特性  $X_j$  と当該個人の属性  $Y_i$  を構成要素とし、確定値項と確率項の線形性を仮定した効用（厳密には一般化費用）関数、

$$U_{ij} = V_{ij}(X_j, Y_i) + \varepsilon_{ij} \quad \dots\dots(1)$$

により算定する。ここに、 $V_{ij}$  は手段  $j$  に対する個人  $i$  の効用のうち説明変数で説明できる確定値項、 $\varepsilon_{ij}$  は判断のゆらぎなどに起因する確率項である。個人  $i$  が手段  $j$  を選択する確率  $P_{ij}$  は、手段  $j$  に対する効用が他の手段  $j'$  よりも大きい確率、

$$P_{ij} = \text{Prob. } [U_{ij} > U_{ij'} \mid j \neq j', j' = 1, \dots, J]$$

$$= \text{Prob. } [\varepsilon_{ij} - \varepsilon_{ij'} > V_{ij'} - V_{ij} \mid j \neq j', j' = 1, \dots, J] \quad \dots \dots (2)$$

として与えられる。ここに  $J$  は選択肢の数である。ここで、個々の確率項が独立に Weibull 分布に従うと仮定することにより、ロジットモデル (Logit Model) が得られ、(2)式は、

$$P_{ij} = \frac{e^{U_{ij}}}{\sum_{j' \in J} e^{U_{ij'}}} \quad \dots \dots (3)$$

と表わされる。

この関数形からもわかるように、手段  $j$  と  $j'$  の間の選択確率比  $P_{ij}/P_{ij'}$  は第 3 の手段の有無によらず一定値となり、いわゆる IIA 特性を持つために、選択肢相互間に類似性がある場合にはその適用に問題が生じる。そこで、効用に選択肢相互の類似性を示す係数  $\lambda$  を乗じると確率項の分散がこの  $\lambda$  に比例して変化することを利用して改良されたモデルが Nested Logit Model である。選択確率  $P_{ij}$  は、

$$P_{ij} = \frac{e^{\lambda U_{ij}}}{\sum_{j' \in J} e^{\lambda U_{ij}}} \quad \dots \dots (4)$$

で与えられ、類似性の強い選択肢から段階型選択を行なうことにより、各手段の選択確率を求めることができる。

以上の如く算定された選択確率を全利用者に関して集計することにより、各手段に対する需要量が得られる。

### (3) 予測モデルの同定

I 空港に於いて、国籍、旅行目的、来港目的、年収、職業、団体個人別などの利用者属性、ならびに出発地、目的地、利用交通機関、到着時刻などの交通行動に関する面接調査を実施した。既往の調査結果と合わせて、得られたサンプル数は約 15,300 であった。この実査データから、利用者属性と交通特性が有する説明力と重共線性の検討を加え、説明変数を抽出した。次いで、最尤法を用いて予測モデルのパラメータ推定を行なった。得られた結果を表・1 に示す。利用者グループによりパラメータの値はかなり異なっており、これからも非集計的取り扱いの必要性が見てとれる。

同定したモデルの現象再現性を検証するため、推定値と実績値の比較を表・

表・1 パラメータ推計結果

説明変数 利用者属性		X <sub>1</sub> (費用/ 所得)	X <sub>2</sub> ～X <sub>5</sub> : 所要時間 (=特定変数)				X <sub>6</sub> (乗換 回数)	$\rho^2$ 値	$\chi^2$ 値 (自由度)
			X <sub>2</sub> タクシー	X <sub>3</sub> マイカー	X <sub>4</sub> 鉄道	X <sub>5</sub> リムジン			
国際線	外国人	-0.1837	-0.0175	-0.0393	-0.0359	-0.0183	-0.7441	0.202	120.5 (5)
日本人	団体	-0.0097	-0.0133	-0.0006	-0.0262	-0.0038	-0.2213	0.177	112.1 (5)
	個人	-	-0.0130	-0.0168	-0.0245	-0.0069	-0.3847	0.131	91.5 (4)
国内線	団体	-0.0218	-0.0166	-0.0078	-0.0124	-	-	0.168	94.4 (3)
	個人	-0.0654	-0.0290	-0.0317	-0.0256	-0.0084	-0.1822	0.140	2583.7 (5)
送迎・見学者		-	-0.0385	-0.0061	-0.0316	-0.0132	-0.1149	0.234	2487.7 (4)
商用者		-0.0887	-0.0171	-0.0143	-0.0271	-0.0020	-0.2366	0.120	90.2 (5)
従業員		-	-0.470	-0.0149	-	-0.0247	-0.0153	0.369	1906.8 (3)

(文献(3)による)

2に示す。

推定値の算出に用いる

表・2 予測モデルによる現況再現結果(分担率)  
上段: 実績値% 下段: 推計値%

手段 利用者属性		各ゾーンから の所要時 間や費用, 乗り換え回 数などの交 通特性は資 料から別途 設定し, 得 られた各利 用者ごとの 選択確率を 実サンプル					合計
		タクシー	マイカー	鉄道	リムジン		
国際線	外国人	50.96 44.51	24.52 30.18	3.37 4.80	21.15 20.51	100.0 100.0	
	団体	24.20 23.39	47.95 48.83	3.65 4.22	24.20 23.56	" "	
	個人	40.66 39.37	31.54 32.75	4.98 5.51	22.82 22.37	" "	
国内線	団体	12.24 11.85	20.92 25.17	8.67 11.72	58.16 51.26	" "	
	個人	25.69 23.47	25.04 26.22	7.23 9.68	42.04 40.58	" "	
送迎・見学者		13.58 16.42	60.10 56.75	5.34 5.90	20.98 20.90	" "	
商用者		19.07 23.71	38.52 34.91	5.84 6.76	36.58 34.61	" "	
従業員		0.05 0.10	40.46 37.61	52.93 55.42	6.56 6.86	" "	

(文献(3)による)

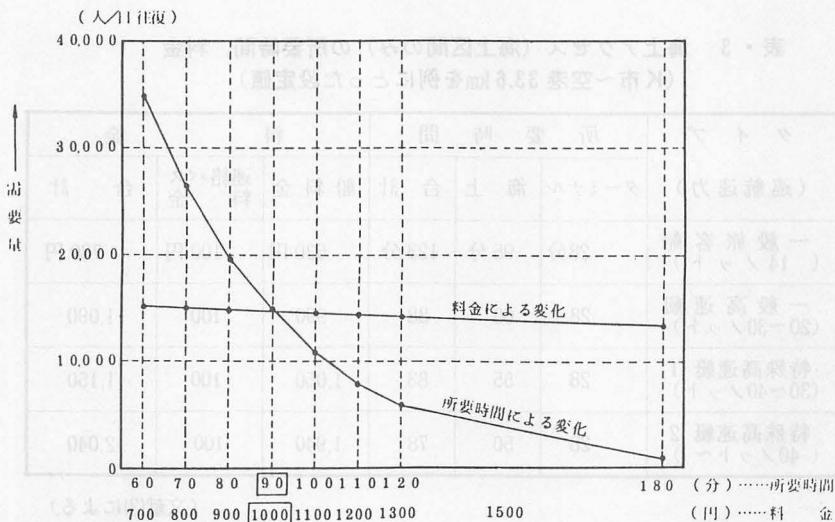
法 (Sampling Method with Survey Samples) により集計した。本表から、モデルはかなり高い現象再現性を有すると判断される。

#### (4) 海上アクセスシステムに対する需要予測結果

前節で同定した予測モデルには、現存する交通機関ではない海上アクセスに関するパラメータは入っていない。そこで、○空港海上アクセスシステムを対象に先と同様のアンケート調査を実施し、パラメータを設定した。また、海上区間と陸上端末区間から構成される海上アクセス利用ルートの総効用の算出にあたっては、端末区間の比重が小さくないため、Williams の合成変数<sup>(6)</sup>を媒介とする段階型推定法を用いた。

このモデルを用いて、まず海上アクセスシステムの所要時間と料金が需要量に及ぼす影響を見た。図・2 から、所要時間短縮の効果が卓越し、料金が多少高くとも速力の大きい船舶が好まれることが読み取れる。図・3 に示す

図・2 所要時間、料金の変化が需要量に及ぼす影響

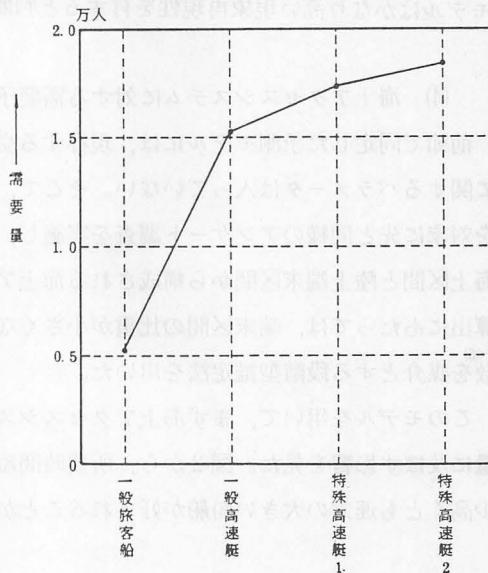


旅客船タイプ別需要量の比較にもこの傾向は如実に現われている。

次に、海上アクセスシステムの交通特性（表・3 参照）と陸上アクセスの将来における交通特性を設定し、船種別に将来需要量を推定した（表・4）。そして、システムに投入すべき費用と推定需要量がもたらす料金収入から、海上アクセスシステムが経済的に成立する運航条件と料金設定の範囲を求めたものが表・5である。

海上アクセスシステムの諸特性の変化に応じて需要量は大きく変化すること

図・3 旅客船タイプ別需要量の比較



表・3 海上アクセス（海上区間のみ）の所要時間、料金  
(K市～空港 33.6 kmを例にとった設定値)

タ イ プ (巡航速度)	所 要 時 間			料 金		
	ターミナル	海 上	合 計	船 料 金	連絡バス料	合 計
一般旅客船 (14ノット)	28分	95分	123分	630円	100円	730円
一般高速艇 (20～30ノット)	28	60	88	990	100	1,090
特殊高速艇 1 (30～40ノット)	28	55	83	1,050	100	1,150
特殊高速艇 2 (40ノット～)	28	50	78	1,940	100	2,040

(文献(3)による)

がわかる。さらに、一般旅客船では到底現実性をもたなかつた海上アクセス

表・4 旅客船の需要予測結果 上段：昭和65年  
下段：昭和75年

海上ルート 旅客船タイプ 利用者種類	K市～空港				S市～空港	T市～空港
	一般旅客船	一般高速艇	特殊高速艇1	特殊高速艇2		
国際線旅客	345人 473	1,146人 1,551	1,332人 1,809	1,470人 1,958	241人 307	336人 402
国内線旅客	2,280 4,458	6,122 12,083	6,951 13,754	7,122 14,094	560 1,238	—
送迎者	307 323	1,317 1,379	1,622 1,697	1,990 2,084	743 850	—
見学者	9 4	74	104 87	104 114	98 95	—
商用者	37 42	136 159	165 189	156 181	125 151	—
従業員	0	0	0	0	1,450 1,844	—
合計	2,978 5,30	8,803 15,246	10,174 17,536	10,870 18,436	3,217 4,485	336 402
(シェア：%)	1.5% 1.7	4.4% 4.8	5.1% 5.5	5.5% 5.7	1000% 1000	1000% 1000

(文献3)による)

表・5 需要量、経済性からみて成立しうる運航条件、料金の設定  
条件(範囲)

旅客船タイプ 項目	一般旅客船	一般高速艇	特殊高速艇1	特殊高速艇2
運航条件 (便数：便/日)	—	57～32 98～40	90～39 180～68	43～32 77～33
運航条件 (運航間隔：分)	—	19～34 11～27	12～28 6～16	25～34 14～33
運航条件 (消席率)	—	0.40～0.70 0.40～1.00	0.45～1.00 0.45～1.00	0.45～0.60 0.45～1.00
料金：円	—	1,400～900 1,400～600	1,450～700 1,450～600	2,350～1,750 2,350～1,050
需要量：人/日	—	8,800 15,300	10,200 17,500	10,900 18,400
成立性の判定	成立は困難	上記範囲内で成立	同左	同左

上段：昭和65年 下段：昭和75年 (文献(3)による)

システムが、高速艇の導入により需要を喚起し、成立可能となることが明らかとなった。今回の試算は、将来のある時間断面上での限られたものであったが、上記の如き分析を繰り返し行なうことにより、輸送体系の動学的な変化予測と整備過程の検討が可能となろう。

#### 4. 時間価値分布モデルを用いた長距離フェリーの需要予測

##### (1) 長距離フェリー航路の需要予測と採算分析

海陸一貫輸送システムとしての長距離フェリー貨物輸送は、長期的にも需要の増加が期待される。しかしながら、一方で高速道路網の整備や合理化などに伴ない、競合現象も出現してきてている。したがって、今後のフェリー貨物輸送網の整備にあたっては、他の輸送機関との分担関係、特にフェリーが輸送機関として利用者に選択されるプロセスを明確にして、フェリー貨物輸送の将来需要を適確に見通し、これを基に採算分析と航路体系の変化予測を行なうことが必要となる。

分析は、まず背後圏をA～Eの5地域36ゾーンに分割する。そして、各OD別貨物量からOD別フェリー貨物量を推計し、5地域を結ぶ航路群の採算性を便数・船型の変更をも含めて分析する。

OD間の輸送経路は、道路利用の場合、一般道路と高速道路の組み合わせのうち輸送時間が最小となるものを、フェリー利用の場合は出発地・目的地の最も近くにフェリー発着港がある航路とし、この両者が競合するものと見える。

トラック輸送における陸路とフェリーの選択という局面では、行動決定主体は概ね運輸業者であり、運輸業者相互の企業格差が選択行動の決定に大きく寄与しているため、フェリー料金格差（3ランク）と人件費格差（3ランク）により利用者を9つのグループに区分する。

##### (2) 時間価値分布モデル

本モデルは、個々の利用者の意思決定は一般化費用最小化基準に従い決定論的であるが、一般化費用を構成する諸要素ないしは換算係数が利用者によ

ってばらついており、このばらつきが選択結果に差異をもたらすとして選択行動を説明しようとするモデルである。

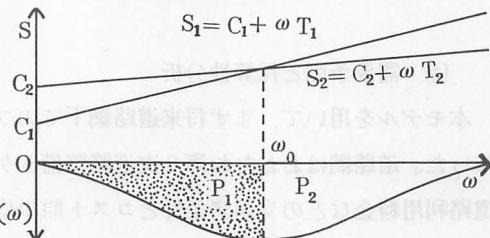
いま、一般化費用  $S$  が支払い費用  $C$  と時間  $T$  との線形和

$$S = C + \omega T \quad \dots(5)$$

で与えられ、時間価値  $\omega$  が利用者によりばらついているとした時の交通機関 1 と 2 との分担率  $P_1$ ,  $P_2$  は、次式で与えられる。  $f(\omega)$

$$P_1 = \int_0^{\omega_0} f(\omega) d\omega, \quad P_2 = \int_{\omega_0}^{\infty} f(\omega) d\omega \quad \dots(6)$$

図・4 時間価値分担モデル



ここに、 $f(\omega)$  は時間価値の確率密度分布函数、 $\omega_0$  は、

$$C_1 + \omega_0 T_1 = C_2 + \omega_0 T_2 \quad \dots(7)$$

を満たす時間価値  $\omega$  の値である。

以下では、フェリー料金格差と人件費格差の両方が利用者により異なる場合を扱うため、時間価値だけでなく支払い費用の分布をも考慮できるよう拡張されたモデルを用いる。

### (3) モデルの同定

運送業者ならびに荷主に対するアンケート調査結果から、事業所特性、輸送実績、フェリー利用実態、意識構造と一般化費用構成費目（燃料費、フェリー料金、賃金など）およびその単価を抽出し、路側OD調査データから求めたODペア別フェリー分担実績値と合わせて、フェリー料金の割引率と人件費に関する企業格差分布を推定した。

このようにして得られた企業格差分布と、各ODペア別に求めた陸送ならびにフェリー利用時の一般化費用の大小関係から、昭和55年フェリー貨物量推計値を計算し、実績値と比較した。

誤差率 = (推定値 - 実績値) / 実績値

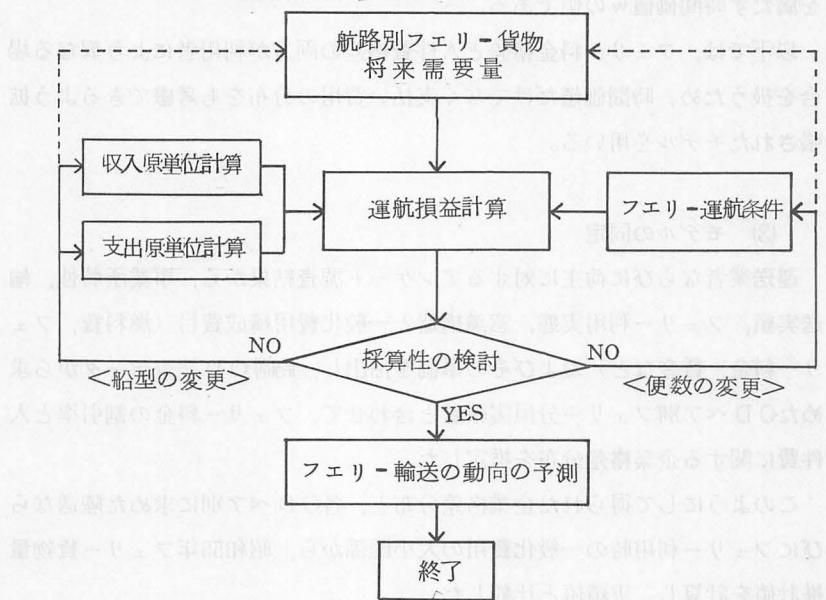
すると、地域間貨物量では 6 ~ 13% となり、ゾーンペアごとの実績値と推計値の相関係数が 0.81 であることとも考えあわせて、モデルが一応の現象説明力を有するものと考えた。

#### (4) 需要予測と採算性分析

本モデルを用いて、まず将来道路網下でのフェリー輸送貨物量の推計を行なった。道路網はおおむね第 9 次道路整備 5 ヶ年計画終了時を想定し、高速道路利用料金などの交通諸条件とコスト原単位の将来値を設定して大略的な推計を行ない、以下の傾向が見られた。

- ① B 地域ではフェリー輸送貨物量の落ち込みが見られるが、C 地域では逆に増加する。
- ② D 地域では、高速道路の延伸と連絡橋の完成による時間短縮効果より利用料金増の影響が強く働き、フェリー貨物量は増加する。

図・5 フェリー輸送形態の変化予測フロー



③ A 地域では、フェリー貨物は内陸部で落ち込む。

次に、図5のフローで示されるフェリー輸送形態の変化予測モデルを作成し、モデル利用の一例として、将来道路網下に於いてフェリーの船型と便数変更の効果を試算した。便数の変更は3割減便と5割減便、船型の変更は大型船の投入を考え、変更のない場合との比較を行なった。主たる結果は以下のようである。

- ① 地域A C 間は3割減便により、地域A D 間は5割減便により経常収支が黒字に改善されるが、地域A B 間については高速道路網整備の影響が大きく、5割減便でも経常収支は黒字に戻らない。
- ② 地域A C , A D 間は新船投入3割減便により黒字に転化するが、地域A B 間については新船投入5割減便が収支の改善はもたらすものの、依然赤字基調が続くことが予測される。

以上の如き検討をもとに、将来におけるフェリー航路網と海陸の輸送分担を含む輸送体系の変化予測が可能となる。

## 5. モデル適用に際しての問題点とその検討

非集計行動モデルを空港海上アクセスシステムと長距離フェリーの需要予測に用いるにあたり、問題となった点と今後の解決の方向を以下に列挙する。

### (1) 海運であることに起因する問題点

これまで我が国では、時間価値の高い旅客を船舶で輸送する実例があまり見られなかった。海上アクセスでは船舶が新たなモードとして選択肢集合(Choice Set)に加わるわけであるが、その場合、実績データがないために、船舶に関する選択肢固有変数(Mode Specific Variable)のパラメータ設定が困難であった。利用経験のない仮想システムに対する意識調査は不可能ではないが信頼性の面などの問題もあるため、本適用例では他の空港アクセスシステムにおける海上アクセスとその他の交通機関の選択肢固有変数との相対比較結果を用いて類推を行なった。このような問題を避けるため、主成分分析や因子分析を用いて選択肢固有変数をさらにいくつかの共通変数

(Generic Variable) で記述する試みが必要となる。また、船舶のタイプや性能によっても快適性などの評価は大きく変動するため、感度分析結果を合わせ、幅を持たせた表示を行なうことも必要である。逆に、このように表示された結果の検討から、要求される船舶のサービス水準が規定される場合も考えられる。

一方、フェリーの需要予測に関しては、フェリー輸送適合貨物の存在が指摘される。生きた牛や豚は信号や渋滞によるトラックの発進・停止時の加減速により傷みがはなはだしいためフェリー輸送が指向される例からも理解されるように、貨物の種類によっては輸送システムの経済性だけでは選択行動を論じられない場合がある。適用例では、これらの特性を極力取り入れるようにしたが、輸送品目のセグメントやトリップチェインのパターンによる利用者のセグメントを行ない、さらに非集計化を進めることができると考えられる。

## (2) 空港アクセスであることに起因する問題点

空港アクセスという非日常的な行動を扱う場合、十分な情報を持った経済人が全ての選択肢集合、全ての説明変数を考慮した総合的かつ合理的な意思決定をしているかどうかには疑問が残る。まず、時間のみあるいは乗り換え回数のみといった単一ないし一部の説明変数で行動を決定する場合があり、この場合、他の説明変数を含めた総合的な判断を前提として解析することは誤りを招く。どの説明変数が評価されるかを知ることは困難であるが、いくつかの説明変数に関して段階的選択の取り扱いをすることにより、ある程度の対処は可能となろう。次いで、利用可能な交通機関の全てを選択肢集合に含めているか否かの問題がある。これは、選ばなかった代替案とその理由を調査することの必要性を示すものである。また、使い慣れてよく知っている交通機関を使う傾向がある。これについては、Gaudry and Dagenais,<sup>(8)</sup> 広島他などが、選択の自由性、効用関数の連続性、情報の完全性、習慣性の否定といった伝統的な行動仮説を見直す試みを行なっている。本適用例では、交通機関に対する情報の有無が所要時間の不確実性、すなわち見込んでいる余

裕時間に反映していると考え、空港到着時の余裕時間を調査して参考とした。

さらに、交通特性の実現値と認識値とが必ずしも一致していないことも指摘される。本適用例では格別の検討は行なわなかったが、<sup>(1)</sup> Hensher and <sup>(2)</sup> Stopher, 本田他、原田に見られる如き主観値と客観値とを関連づけるモデル、あるいは、両者の乖離をとり込んだモデルの開発が望まれる。

さて、空港アクセスでは、行動主体が個人ではなく、団体・グループの場合が見られる。その場合、例えば、4人グループならばタクシーが割安であるといったように、個人属性のみでなくグループ属性とでも言うべきものの影響が大きく効いてくる。そこで、非集計がすなわち個人単位を意味するはず、あくまでも1つの意思決定の下に従う行動単位を見極め、その行動単位とすべきである。今回は、質問項目にタクシー同乗者数と自家用者による送迎の有無を加え、グループ行動に関する基礎資料を収集している。

さらに、空港アクセスに特有なものとして、チェックインをどの段階で行なうかの問題がある。空港における待ち時間分析結果によれば、空港までのアクセス時間が長くなるほど旅客は余裕時間を多くとる傾向があった。そこで、海上アクセス市内側ターミナルにチェックイン機能を付加することによる時間的効果を、ターミナルと空港間のアクセスに必要な余裕見込み時間の消滅と考え、その分を全所要時間から減じることによって需要予測モデル上に反映した。その結果、海上アクセスのターミナルでチェックインが実施された場合、されない場合に比べて2割程度需要量増加が見込めるとの結果を得た。

### (3) ロジットモデルが有する問題点

個人属性を説明変数として導入する場合、交通特性との合成変数の形で導入する以外は必然的に各手段に特有の固有変数となり、どのゾーンにあってもある手段を一定の割合で選択するという結果をもたらす。こうした効果は、生じて当然な場合や影響が小さい場合は問題とならないが、今回の場合、わざわざ遠回りをしてアクセスするといった合理的でない解も得られる。対応策としては、ゾーン別に選択可能な選択肢集合を先驗的に与える方法などが

あるが、ここでは、予測式を利用者セグメントごとに立てるセパレートモデルを採用し、推計を行なった。

次はパラメータ設定に関する問題である。海上アクセスは、海上区間と3手段で構成される陸上端末区間から成る。ここで、海上アクセスとしての総効用を求めるにあたり、端末部の合成効用を用いているが、現存しないモードであることから、Nested Logit モデル特有の選択肢間の類似性を示す指標 $\lambda$ の回帰推定ができなかった。今回は $\lambda$ に関する感度が低いため問題となるには到らなかつたが、複合モード(Mixed Mode)と類似性指標との関連を明らかにしておく必要が示唆された。

#### (4) データ・サンプリングと集計に関する問題点

パラメータ推定にあたり、所要時間、費用、混雑度などの交通特性は個人レベルのデータによるべきである。実際にはゾーン間の平均値など集計データが用いられることが多く、乖離が生ずる場合がある。これは、設定ゾーン面積の大小や質問の詳細さの程度にも関連し、主要交通機関までの端末区間の影響が無視しえないものもある。ゾーンの細分化および質問の詳細化と労力の軽減化とはトレード・オフの関係にあり、調査目的と要求される精度の関連についての考察が、効率よいデータ収集のために必要となつてこよう。同様のこととは、集計誤差に関しても言える。利用者のセグメント数を少なくする、あるいは、サンプル・サイズを小さくすると集計誤差が増大する。一方、全数調査に近づけるほど調査のための労力は大きくなる。杉恵、太田などにも見られるが、サンプル数の減少に対する推定パラメータの安定性の検討に加えて、サンプル抽出率と集計誤差の関係についての分析が望まれるところである。

なお、データ収集の際に、各種の指定統計や調査結果を合わせて用いようとする場合があるが、調査日のズレ、品目分類の不一致などの原因で利用不可能となる場合が少なからずあり、とりわけ、物流に関して目につくことが多い。大規模な調査をその都度実施することは困難を伴なうため、各種調査を組み合わせて多くの目的に即した解析ができるよう、調査日時の調整や品

目分類の統一化、あるいは調査票の統一化が進められるべきであろう。

#### (5) 物流であることに起因する問題点

輸送貨物は多品目にわたるため、実際の解析にあたっては品目分類のあり方が重要となる。分類数と労力や結果の精度とのトレード・オフ関係については前項でも述べたが、物流では分類数をあまり少なくすると、特に品目ごとの特徴が薄らぐ恐れがある。本適用例では「品目別フェリー利用率」に着目し、地域別・距離別で他と異なる傾向を示す品目に特に留意して解析を進めた。

交通特性の面では、運賃の実態把握の困難性とともに、輸送貨物の所要時間に対する評価が、旅客における連続値としての評価と異なることが指摘される。荷受人に貨物を届ける時間帯は、午前と午後で仕切られているケースが多いため、本適用例では輸送時間を半日単位のステップ関数としてモデルに組み込んでいる。また、市場の競りなどの着時間指定に関しては、遅れる場合を1日の所要時間増とみなした。

なお、今回のフェリー貨物の需要予測例では、交通機関・経路の選択構造における意思決定主体と選択肢集合の関連を、段階的選択プロセスとして把握し、主として輸送業者の選択に係る部分の解析を行なったが、全体的な検討が必要であることは言うまでもない。その際には、海上アクセスの例で用いた Nested Logit モデルが有用であると考えられる。

## 5. むすび

交通需要は、社会経済活動と交通システムの双方から規定される。それゆえ、交通需要予測とは社会経済活動の結果としての交通システムへの外生的入力の推移を予測するものではなく、交通システムの変更効果を社会経済活動と関連づけて予測するものと考えるべきである。その際、予測・分析の基礎を交通行動を決定する利用者個人に置き、選択行動を記述する行動モデルに基く推計法が有効である。このような考え方の下に、本研究では港湾・海運に関連する2つの事例を対象に、非集計行動モデルによる需要予測とシス

テム管理政策の検討を行なった。海上アクセスの事例では、旅行目的、所得、国籍などにより交通行動が異なるとして利用者をセグメントし、長距離フェリーの事例では、運輸業者の企業格差が異なる選択行動をもたらすとしてセグメントを行なった。そして、これらの利用者属性を明示的に取り入れたモデルを用いて得られた結果から、予測に用いた現象解析モデルが高い説明力を有すること、ならびに、従来の集計タイプの解析モデルに比して、より詳細な政策評価と輸送体系の変化予測が可能となることを示した。

非集計行動モデルは、先に挙げたいいくつかの特長の他に、データの集計に伴う情報のロスを避けられるという本質的な特長をも備えており、今後ますます多くなると考えられる競合状況下での変化予測やよりきめ細かな管理方策の効果分析などの諸局面で有力なツールとなるものと考えられる。しかしながら、指摘したように、モデル自体の改良の余地や適用にあたっての問題点も少なからずある。なかでも、選好特性や利用者属性に関する調査と資料の集積が、この種の研究を発展させることに欠かせない。これらを解決することが当面の課題である。

#### <参考文献>

- (1) W. R. Blunden; *The Land Use/ Transport System*, Pergamon Press, 1971
- (2) M. L. Manheim; *Foundamentals of Transportation Systems Analysis*, MIT Press, 1979
- (3) (財)関西交通経済研究センター; 関西国際空港海上アクセスに関する調査研究報告書, 1983
- (4) T. A. Domencich and D. McFadden; *Urban Travel Demand —A Behavioral Analysis*, North-Holland, 1975
- (5) A. J. Daly and S. Zachary; *Improved Multiple Choice Model*, (in *Determinants of Travel Choice*, ed. by D. A. Hensher & Q. Dalvi), Saxon House, 1978
- (6) H. C. W. L. Williams; *On the Formation of Travel Demand Models and Economic Evaluation Measures of User Benefit*, Env. and plann. A, vol. 9, pp. 285-344, 1977
- (7) 坂下昇; 交通量配分の微視的理論について, 高速道路と自動車, vol. 5, No. 8,

1962

- (8) M. Gaudry and M. Dagenais: The Dogit Model, Transp. Res. B, vol. 13, pp. 105-112, 1976

(9) 広畠康裕他; 交通施設整備に伴う交通手段選択の変化過程に関する研究, 土木学会第5回土木計画学研究発表会講演集, pp. 413~419, 1983

(10) D. A. Hensher and P. R. Stopher; Behavioral Travel Modelling, Croom Helm 1979

(11) 本田均他; あいまいさを考慮した経路選択モデルについて, 土木学会第33回年次学術講演会概要, No. 4, pp. 91~92, 1978

(12) 原田健二; 不確実性とファジー性を考慮した経路選択モデル, 京都大学修士論文, 1983

(13) 杉恵頼寧; 非集計ロジットモデルによる若干の考察, 土木学会第36回年次学術講演会概要, No. 4, pp. 395~396, 1981

(14) 東京大学工学部都市工学科太田研究室; 非集計行動モデルの交通計画への適用に関する研究(Ⅱ), 1981