【土木計画学研究・講演集 No.12 1989年12月】

コンジョイント分析による交通機関選択モデルへの適用*

An Application of Conjoint Analysis to Mode Choice Model

湯沢 昭**・須田 熙***

By Akira YUZAWA and Hiroshi SUDA

The purpose of this paper is to show that the Conjoint-Logit model has high forecasting accuracy and temporal-spatial transferability. We applied the Conjoint-Logit model to the dicision-making of mode choice for commutation trip at residence areas around the underground railway south-north line in Sendai.

We confirmed that the Conjoint-Logit model is very useful method to the dicision-making of individual behavioral than usual model such as the disaggregate Logit model.

1．緒言

コンジョイント分析とは、数理心理学におけるコンジョイント測定法の考え方をマーケッティング・リサーチの分野において消費者選好の測定に応用しようという試み全体を総称したものである。このコンジョイント測定法とは「多次元な属性の組み合わせに対する何等かの順序関係が与えられた時に、そこから個々の属性の効果を測定する個別尺度、及び与えられた順序関係を再現する全ての属性の同時結合尺度（Conjoint scale）をある定められた結合ルールのもとで同時に見いだすことである」[1]。そのための手法としては、Kruskal[2]によるMONANOVA、Srinivasan 、Shocker[3]によるLINMAPが代表的手法である。これらはいずれも確定論的な方法であり、確率論的手法としては、コンジョイント分析にLogit モデルの考え方を導入したOgawa[4]、片平[5]、McFadden[6]、Chapman[7]、高田・湯沢[8]の研究が挙げられる。しかし、研究者、研究分野によりその名称は統一されていないため、本研究では個人モデルを対象としており、従来の集計型のモデルであるLogit モデルと区別するため、小川と同様にコンジョイント分析にLogit モデルを導入した方法を、Conjoint-Logitモデルと呼ぶことにする。従って、Conjoint-Logitモデルの集計型は、集計Conjoint-Logitモデルとし、両者を区別して使用する。さらに従来の集計型のLogit モデルは、集計Logit モデルとする（ただし、これは従来の非集計Logit モデルと全く同じものである）。

* キーワーズ：コンジョイント分析、Logitモデル
** 正会員 工博 東北大学助手 工学部土木工学科
（〒980 仙台市青葉区荒巻字青葉）
*** 正会員 工博 東北大学教授 工学部土木工学科（上同）

Conjoint-Logitモデルを交通機関の選択モデルへ適用する場合、そこにはいくつかの解決すべき問題点がある。その代表的なものが「解の不定性問題」、「データ収集、データ作成方法の問題」、及び「選択の深さ、予測の問題」である。これらの問題の中でとくの重要なものが「解の不定性問題」である。これは与えられた順序関係が加法的表現と矛盾しない場合には、解が発散しパラメータの推定が不可能になる。この問題の対策として個人の潜在的選択確率を導入することにより、その解決を図る方法をすでに著者は提案している[9]。

本論文は、以上の研究成果に基づいてConjoint-Logitモデルの実用化を目的として、個人の交通機関選択モデルへの適用を図り、Conjoint-Logitモデルの精度の検証と時間的・空間的移転可能性についての実証的検討を行うものである。

2. Conjoint-Logitモデルの概要

Conjoint-Logitモデルの理論的展開は、参考文献4)～8)を、またその問題点に関しては同じく9)を参照するとして、本章では、以下の展開のために最小限の説明を行う。

コンジョイント分析の目的は、前述したように与えられた選択肢の序列を再現するように、ある基準に基づいて属性のパラメータを推定することにある。つまり、選択肢(i) から得られる効用をUi とすると、その序列は式(1) のようになる。

$$U_1 \geqq U_2 \geqq \cdots \geqq U_n \quad \cdots\cdots (1)$$

また、効用(Ui)が確定項(Vi)と確率項 (ε i)に分けられ、さらに確率項に二重指数分布を仮定することにより、Logit モデルが導出されるのは周知のとおりである。

$$Pj = \exp(\omega Vj)/\Sigma\exp(\omega Vj) \quad \cdots\cdots (2)$$

次に、式(1) で示した選択肢の序列が得られる同時確率を式(3) のように考える。

$$P(1,2,..,n) = P(1|J1)\cdot P(2|J2)\cdots P(n|Jn) \quad \cdots\cdots (3)$$

従って、式(2), (3) より

$$P(1,2,..,n) = \prod_{h=1}^{n} \{\exp(\omega Vh)/\sum_{j=h}^{n}\exp(\omega Vj)\} \quad \cdots (4)$$

となる。式(4) の効用の確定項(Vj)を未知パラメータθの関数とみなすことにより尤度関数となり、従ってその対数を取り、最尤推定法を適用することによりパラメータを求めることができる。

しかし、前述したように「矛盾のない序列」の場合は、解が発散してしまうことになる（詳しくは参考文献9)を参照）。この対策として、式(4) のωをスケールパラメータ、θを各属性間の相対的重要度とし、$\Sigma\theta i^2 = 1$となるように決定する。この時、ωは選択肢間の相対的選択確率に影響を与えるため、次のように決定する。つまり、個人は与えられた選択肢に対して、その序列を決定すると同時に選択肢に対する潜在的な選択確率をも有しているものと考える。それによりもし、第１番目に序列された選択肢の選択確率（P_1）が与えられたとした場合、

$$P_1 = \exp(\omega_0 V_1)/\Sigma\exp(\omega_0 Vj) \quad \cdots\cdots (5)$$

ただし、$Vj = \Sigma\theta i\ Xij$

$\Sigma\theta i^2 = 1$

よりω_0 の値を推定することができる。従って、式(4) の対数尤度関数は以下のようになる。

$$L(\theta) = \sum_{h=1}^{n} [\omega_0 Vh - Ln\{\sum_{j=h}^{n}\exp(\omega_0 Vj)\}] \quad \cdots\cdots (6)$$

ただし、$Vj = \sum_i \theta i\ Xij$

$\sum_i \theta i^2 = 1$

集計Conjoint-Logitモデルは、その最尤推定量の漸近的性質を利用して統計的検定ができるため、その有意性の検定により、属性の絞り込みが可能である。しかし、Conjoint-Logitモデルのパラメータ推定では統計的検定による属性の絞り込みは困難であるため、本論文ではパラメータの符号により属性の選択基準を考える。つまり、属性の値とその合成変数である全体効用との関係からパラメータの符号に矛盾がないかを検討するものである。従って、各属性の値は基本的に連続変数とし、ダミー変数を使用する場合も、その符号の基準が明らかなように設定する。次に各選択肢から得られる効用を全て正とするため、一般性を失うことなくその値が大きいほど

全体の効用が増大するように各属性の値を基準化する。たとえば、所要時間や費用といった属性はその値が小さいほど効用が増加するため、以下のように基準化する。

$$X_{ij}' = 1 - X_{ij} / \max_{j} \{X_{ij}\} \quad \cdots\cdots (7)$$

X_{ij}'：属性ｉ、選択肢ｊの基準化後の値

X_{ij}：属性ｉ、選択肢ｊの調査値

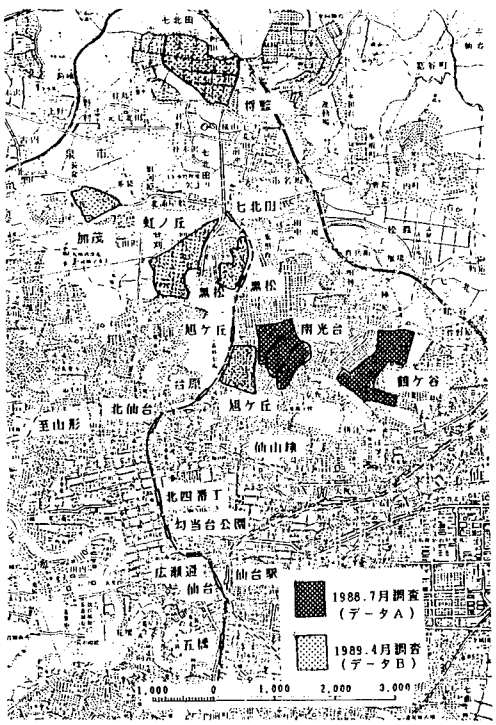
３．交通機関選択モデルへの適用

（１）調査の概要

Conjoint-Logitモデル適用事例としては、通勤・通学時における交通機関選択問題を取り上げる。モデル作成のための調査対象地区としては、図－１に示すように仙台市地下鉄南北線沿線の住宅を選定した。その理由としては、次の２点が挙げられる。

(1) 利用可能交通機関として新たに地下鉄が加わったため、選択肢の数が増加した。

(2) 地下鉄開業以前の利用可能な交通手段より、Conjoint-Logitモデルを構築し、開通後の交通手段の予測が行える。



図－１　仙台市地下鉄南北線と調査対象地区

特に２番目の予測性の問題に対しては、従来の集計Logit モデルとの比較も容易に行えるため、Conjoint-Logitモデルの有効性を検討する上でも重要な理由である。また、モデルの時間的移転可能性を検討するため、同様の調査を２時点に渡って行った。調査は、いずれも訪問留置方式により実施し、その配布及び回収状況は表－１に示すとおりである。

表－１　調査票の配布及び回収状況

データ名	調査年月	配布数	回収数	有効数
データ(A)	1988.7	300	245	175
データ(B)	1989.4	500	382	300

調査項目としては、交通目的、個人属性等は従来の調査形式と同様であるが、調査の目的が交通手段の組み合わせに対する個人の選好順位を求めることであるため、表－２のような調査票を作成した。表－２からも分かるように利用可能な交通手段の組み合わせに全て○を付け（調査票に記入以外の組み合わせがある場合は、空欄に記入）、次に利用し易い順番に番号を記入し、さらに各属性の値を各手段別に記入してもらった。そして最後に、地下鉄が開業する以前に利用していた交通手段、及びω_0 の計算のために、潜在的な選択確率を記入してもらった。その結果、最終的には表－３に示すように12の選択肢を設定、またモデル作成のための属性としては表－４に示すものを採用した。表－４の②はアクセス・イグレス時間の合計であり、⑥のダミー変数は表－３に示した二輪車のみの利用とその他の交通機関の組み合わせでは、その交通特性が異なるため、二輪車のみの利用の場合は１、それ以外は０とした。

次にConjoint-Logitモデルの有効性を検討するため、以下の問題点いついて実証的検証を行った。

(1) Conjoint-Logitモデルの予測精度の検証

(2) 集計Conjoint-Logitモデルの各種統計的検定と予測精度の検証

(3) 集計Conjoint-Logitモデルの時間的・空間的移転可能性の検討

上記の予測精度の検証においては、データ(B) の総サンプル数 300の中から、地下鉄開業前に２つ以

表－2　データ収集のための調査票（一部）

問1．あなたにとって通勤（通学）に現在利用可能と思われる『交通手段の組み合わせ』について下記の項目にお答え下さい。
何答欄で示した以外の『交通手段の組み合わせ』がある場合は、空欄に具体的にお書き下さい（ただし、徒歩は除きます）。

		質問内容 ＼ 交通手段の組み合わせ	2輪車のみ利用（自転車又はバイク）	車のみ利用	バスのみ利用（バスとバスも含む）	地下鉄のみ利用	2輪車と地下鉄を乗換利用	車と地下鉄を乗換利用	バスと地下鉄を乗換利用	2輪車と地下鉄とバスを乗換利用	JRとバスを乗換利用		
A		あなたにとって現在利用可能と思われる『交通手段の組み合わせ』にすべて○を付けて下さい。また、現在利用しているものには●を付けて下さい。											
Aで○又は●をつけた所全部についてお答え下さい	B	Aで○や●を付けたものに対し、利用しやすい順番に番号を付けて下さい。（付けられるところまでで結構です）											
	C	上の交通手段を利用するとした場合、自宅を出てから目的地に着くまで全体で何分位かかりますか。	約　分	約　分	約　分	約　分	約　分	約　分	約　分	約　分	約　分	約　分	約　分
	D	Cの質問の中で、実際に歩く時間は全部で何分位になりますか（バス停や駅までの徒歩時間や、駅から目的地までの徒歩時間の合計です）。	約　分	約　分	約　分	約　分	約　分	約　分	約　分	約　分	約　分	約　分	約　分
	E	Cの質問の中で、バス停や駅での待ち時間は全部で何分位になりなすか。			約　分	約　分	約　分	約　分	約　分	約　分	約　分	約　分	約　分
	F	Aの交通手段を利用するとした場合、乗り換え回数は全部で何回になりますか。			回		回	回	回	回	回	回	回
	G	Aの交通手段を利用するとした場合、通勤・通学にかかる1ヶ月分の自己負担の費用はいくらになりますか。（会社から全額支給のある場合は、0円となります）	約　円	(注) 約　円	約　円	約　円	約　円	約　円	約　円	約　円	約　円	約　円	約　円
H		仙台市の地下鉄南北線が開業する以前（昭和62年7月）に利用していた『交通手段の組み合わせ』に○を付けて下さい。											
I		現在あなたが利用している交通手段以外のものを利用するとした場合、その利用可能性は何パーセント位ありますか（Aの○印の交通手段の合計）。	約　パーセント位										

(注) 勤務地での駐車料金も含みます。車検料金・税金は除きます。

表－3　交通手段の選択肢

No	交通機関の組み合わせ	No	交通機関の組み合わせ
1	二輪車（自転車又はバイク）	7	バス＋地下鉄
2	車	8	二輪車＋地下鉄；バス
3	バス（又はバス＋バス）	9	JR＋バス
4	地下鉄	10	地下鉄＋JR
5	二輪車＋地下鉄	11	バス＋地下鉄＋JR
6	車＋地下鉄	12	車＋地下鉄＋JR

表－4　考慮した属性

番号	属性	番号	属性
1	総所要時間	4	乗り換え回数
2	徒歩時間	5	自己負担の費用
3	待ち時間	6	二輪車ダミー

上の利用可能交通手段があり、かつ地下鉄開業後に地下鉄を含む交通手段の組み合わせが1つ以上あるサンプルを抽出し（サンプル数139）、地下鉄開業以前の利用可能選択肢のデータでパラメータを推定し、その結果に開業後のデータを適用し、利用交通手段を推定する。そして実際の交通手段と一致しているかを検証するものである。

時間的移転可能性の検討は、データ(A)とデータ(B)で各々パラメータを推定し、パラメータの安定性、及び式(8)に示す対数尤度値から求めたχ^2値から検討を行う。

$$\chi^2 = -2\{La+b(\theta)-La(\theta)-Lb(\theta)\} \quad \cdots(8)$$

また、空間的移転可能性については、データ(B)を地理的に2つに分割して各々の間での移転可能性の検討を同様な方法で実施する。なお、集計Conjoint-Logitモデルの予測精度、及び移転可能性の検討においては、その相対的有効性を把握するために、集計Logit モデルとの比較も併せて実施する。

（2）調査地区の交通利用現況

本節では、データ(B)を中心に調査地区の交通利用の実態とその特性に関して検討を行う。表－5は、

地下鉄開業以前と開業後の利用交通手段の変化を表わしたものである。表の中で地下鉄利用とあるのは、表－３に示した交通手段の中で地下鉄を含む交通手段の組み合わせを全て合計したものである。

地下鉄開通後の交通手段で最も多いのは、自動車利用で全体の53.3％を占めており、これは開業前でも同じ結果となっている。つまり地下鉄開業による自動車利用から地下鉄への転換は非常に少なかったことが分かる。ただし、データ(B) は２つ以上の利用可能な交通手段を持っているサンプルだけであるため、自動車利用の比率がかなり大き目になっている。事実この地域の自動車利用の比率は、選択肢の数が１つしかないサンプルを含めると、40％前後になることがわかっている。図－２は、自動車の保有、自動車通勤・通学の可否、及び目的地での無料駐車場の有無により、自動車利用の状況がどのようになっているかを示したものである。サンプル数 300の内、自動車の保有は 224であり、全体の74.7％を占めている。また、自動車通勤・通学が自由であり、目的地に無料の駐車場があるサンプルは 150であり、この内の 131（87.3％）が自動車通勤・通学となっている。これからも自動車交通の大きさがわかる。

一方、地下鉄利用者の81.1％は、バスからの転換者であり、地下鉄開業による影響が現段階では公共交通機関間での分担の結果であることが確認された。次に、バスから地下鉄への転換者の空間的特性を見ると、徒歩で地下鉄を利用しているのは、黒松、旭ケ丘地区（図－１参照）であり、バスと地下鉄の組み合わせは、将監、加茂、及び虹ノ丘の地区となっている。

（３）Conjoint-Logitモデルの予測精度の検証

表－６の(a) は収集した個人データを、(b) は式(7) より基準化された属性の値を表わしている。さらに(c) は式(6) により求められた個人のパラメータを推定した結果と、その時の最終的な属性の値を値を記入してある。ここで費用の属性は、結果的にパラメータが負となったため削除されている。結果から、各選択肢の効用値は完全にその序列を再現していることがわかる。以上のようにして全てのサンプル別のパラメータを求めることができるが、選択肢の深さが増加するに従って、完全にその序列を再現することができなくなることがある。この原因としては２つの理由が考えられる。１つは、個人の判断のあいまい性によるものであり、もう１つは提示した属性以外の影響によるものである。事実、調査結果によると表－４に示した以外の属性について考慮している要因があるかの問に対して、定時性や快適性等の回答もあった。

図－３は選択肢の深さとその比率を、図－４は選択肢の深さとノイズの関係を表わしている。選択肢の深さは４までで全体の92％を占めており、交通機関の選択においてはそれほどの深さを期待することはできない。また図－４より深さが２の場合は当然ノイズはないが、深さが増すに従い、ノイズが増加する傾向にある。最後に予測精度の検証として、地下鉄開業以前のデータで個人別のパラメータを推定し、開通後の交通手段の予測を行い、実際に選択した結果との照合を行なった結果、 139サンプル中 137サンプル（適中率97.8％）が適中し、非常に高い結果となった。

（４）集計Conjoint-Logitモデルの各種統計的検定と予測精度の検証

Conjoint-Logitモデルは、選択肢が増加するに従い、ノイズが入ることがわかったが、予測精度の面では十分満足する結果となった。しかしこれだけではモデルの有効性が確認できないため、集計Conjoint-Logitモデルの統計的性質を利用してその有効性の検討を行う。

表－７は、モデルの現状再現性を確認するため、各属性のt-値、ρ^2 値、及び適中率を表わしている。ケース１とケース２は集計Conjoint-Logitモデルによる結果を、ケース３は集計Logit モデルによる結果を表わしている。ここでケース１はConjoint-Logitモデルと同様にω_0 の値を考慮したものであり、ケース２は全てのω_0 を１としてパラメータを推定したものである。表－７より明らかなようにρ^2 値

を除けば全ての属性のt-値、及び適中率も集計Conjoint-Logitモデルの方が高いことが分かる。特に適中率に関しては、ケース1、ケース2共 300サンプル中誤判別が2サンプルしかなく、非常に現状再現性が高いことが分かる。

さらにこれらの各モデルの予測性を確認するため、前述した 139サンプルに対し、地下鉄開業前のデータでパラメータを推定し、開業後のデータを用いてその予測を行ったものが表－8である。表－8も表－7と同様に集計Conjoint-Logitモデルの精度は、集計Logit モデルに比較して高く、特に適中率に着目すると、ケース1の99.3%（1サンプルだけ誤判別）、ケース2の95.7%と集計Logit モデル（ケース3）の79.9%に比較して非常に高い結果となっている。また個人別のω_0 の値を考慮したケース1の方が適中率がケース2より高くなっており、これからも個人別のω_0 を考慮する必要があることがわかる。

このように集計Conjoint-Logitモデルの現状再現性、及びその予測性が高い理由として考えられるのは、その前段階においてConjoint-Logitモデルにより個人毎パラメータが負になる属性の値は予め削除してあり、この点が集計Logit モデルのデータ構造の違いの1つでもある。

表－5　地下鉄開業前後の交通手段の変化

		地下鉄開業前利用交通手段				
		二輪車	自動車	バス	その他	合計
開業後交通手段	二輪車	38	0	8	0	46
	自動車	0	154	8	0	162
	バス	0	0	39	0	39
	地下鉄	2	6	43	2	53
合計		40	160	98	2	300

表－6　Conjoint-Logitモデルの計算例

（a）収集された個人データ

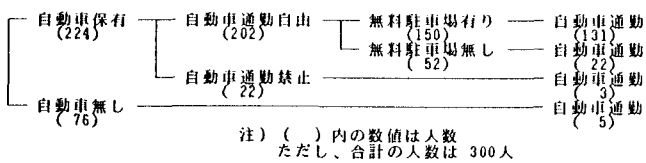
選択順位	総時間（分）	徒歩時間（分）	待ち時間（分）	乗換回数（回）	費用（千円）	ダミー
車	40	0	0	0	6	0
バス＋地下鉄	70	20	10	3	0	0
バス	90	15	10	2	0	0

（b）式(7) により基準化後のデータ

選択順位	総時間	徒歩時間	待ち時間	乗換回数	費用	ダミー
車	0.556	1.000	1.000	1.000	0.0	0.0
バス＋地下鉄	0.222	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
バス	0.0	0.250	0.0	0.333	1.0	0.0

（c）Conjoint-Logitモデルに用いた最終データと推定パラメータ

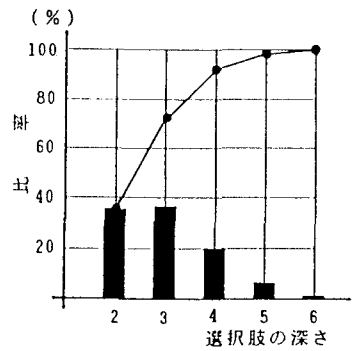
選択順位	総時間	徒歩時間	待ち時間	乗換回数	費用	ダミー	効用
車	0.556	1.000	1.000	1.000	-	0.0	1.308
バス＋地下鉄	0.222	0.0	0.0	0.0	-	0.0	0.152
バス	0.0	0.250	0.0	0.333	-	0.0	0.052
パラメータ	0.683	0.197	0.702	0.029	-	0.0	



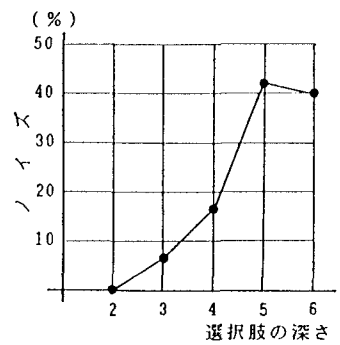
図－2　自動車通勤・通学の構造

（5）集計Conjoint-Logitモデルの時間的・空間的移転可能性の検討

表－9は、集計Conjoint-Logitモデルによる時間的移転可能性を検討するため、データ(A) とデータ



図－3　選択肢の深さ



図－4　選択肢の深さとノイズ

表－7　各集計モデルの現状再現性

属　性	ケース1	ケース2	ケース3
総時間	0.677(8.062)	6.459(9.381)	6.705(7.902)
徒歩時間	0.269(5.014)	2.163(5.981)	1.746(3.795)
待ち時間	0.142(2.968)	1.220(3.409)	0.638(1.333)
乗換回数	0.258(6.095)	2.066(6.710)	1.252(3.454)
費　用	0.313(5.186)	3.460(7.272)	2.097(4.681)
ダミー	0.534(8.774)	5.545(9.921)	2.156(5.676)
ｻﾝﾌﾟﾙ数	300	300	300
ρ^2 値	0.450	0.635	0.619
適中率	99.3%	99.3%	84.7%

・ケース1：集計Conjoint-Logitモデル（ωを考慮、$\Sigma\theta^2=1$）
・ケース2：集計Conjoint-Logitモデル（$\omega=1$）
・ケース3：集計Logit モデル
・（　）内はt－値

表－8　各集計モデルの予測性

属　性	ケース1	ケース2	ケース3
総時間	0.680(4.125)	5.821(3.216)	6.090(4.629)
徒歩時間	0.201(1.571)	2.478(2.419)	1.106(1.656)
待ち時間	0.333(2.356)	4.009(3.082)	0.202(0.297)
乗換回数	0.146(0.773)	0.136(0.110)	1.241(1.449)
費　用	0.358(3.221)	4.603(3.738)	2.253(3.768)
ダミー	0.487(5.332)	6.459(4.782)	2.194(4.486)
ｻﾝﾌﾟﾙ数	139	139	139
ρ^2 値	0.627	0.810	0.532
適中率	99.3%	95.7%	79.9%

・ケース1、ケース2、ケース3は表－7と同じ

表－9集計Conjoint-Logitﾓﾃﾞﾙの時間的移転可能性

属　性	ﾃﾞｰﾀ(A)	ﾃﾞｰﾀ(B)	ﾃﾞｰﾀ(A+B)
総時間	5.692(6.190)	6.459(9.381)	6.081(11.20)
徒歩時間	1.992(3.811)	2.163(5.981)	2.119(7.139)
待ち時間	2.177(3.104)	1.220(3.409)	1.456(4.699)
乗換回数	2.512(4.746)	2.066(6.710)	2.170(8.362)
費　用	4.165(4.560)	3.460(7.272)	3.737(8.896)
ダミー	6.212(6.460)	5.545(9.921)	5.637(12.01)
ｻﾝﾌﾟﾙ数	175	300	475
ρ^2 値	0.641	0.635	0.634
L（θ）	-106.7	-211.7	-320.7
適中率	98.7	99.3	98.7
χ^2 値	4.6		

・データ（A）は、1988.7月調査データ
・データ（B）は、1989.4月調査データ
・データ（A+B）は、AとBのプールデータ
・（　）内は、t－値

表－10　集計Logit モデルの時間的移転可能性

属　性	ﾃﾞｰﾀ(A)	ﾃﾞｰﾀ(B)	ﾃﾞｰﾀ(A+B)
総時間	3.848(5.068)	6.705(7.902)	5.211(9.468)
徒歩時間	0.435(1.008)	1.746(3.795)	0.994(3.289)
待ち時間	1.340(2.732)	0.638(1.333)	0.889(2.627)
乗換回数	0.790(2.220)	1.252(3.454)	1.043(4.124)
費　用	0.154(0.396)	2.097(4.681)	1.031(3.660)
ダミー	1.186(3.274)	2.156(5.676)	1.672(6.530)
ｻﾝﾌﾟﾙ数	175	300	475
ρ^2 値	0.396	0.619	0.521
L（θ）	-102.9	-120.3	-233.0
適中率	72.6	84.7	79.2
χ^2 値	19.6		

・データ（A）は、1988.7月調査データ
・データ（B）は、1989.4月調査データ
・データ（A+B）は、AとBのプールデータ
・（　）内は、t－値

表－11集計Conjoint-Logitﾓﾃﾞﾙの空間的移転可能性

属　性	地区1	地区2	全データ
総時間	6.485(8.403)	8.028(3.770)	6.459(9.381)
徒歩時間	2.237(5.041)	2.058(2.915)	2.163(5.981)
待ち時間	1.218(3.131)	1.170(1.060)	1.220(3.409)
乗換回数	2.047(6.193)	1.931(2.074)	2.066(6.710)
費　用	3.233(6.637)	6.458(3.550)	3.460(7.272)
ダミー	5.326(8.442)	7.001(4.793)	5.547(9.921)
ｻﾝﾌﾟﾙ数	239	61	300
ρ^2 値	0.622	0.711	0.635
L（θ）	-176.6	-32.4	-211.7
適中率	99.2	100.0	99.3
χ^2 値	5.4		

・地区1は、将監、加茂、虹ノ丘（図－1参照）
・地区2は、旭ケ丘、黒松
・（　）内は、t－値

表－12　集計Logit モデルの空間的移転可能性

属　性	地区1	地区2	全データ
総時間	5.923(6.607)	25.45(2.350)	6.705(7.902)
徒歩時間	1.858(3.523)	3.443(1.973)	1.746(3.795)
待ち時間	0.567(1.026)	1.330(0.956)	0.638(1.333)
乗換回数	1.138(2.808)	3.848(1.256)	1.252(3.454)
費　用	2.136(4.396)	0.476(0.282)	2.097(4.681)
ダミー	2.077(4.923)	3.131(2.433)	2.156(5.676)
ｻﾝﾌﾟﾙ数	239	61	300
ρ^2 値	0.583	0.856	0.619
L（θ）	-105.3	-9.1	-120.3
適中率	83.7	91.8	84.7
χ^2 値	11.8		

・地区1は、将監、加茂、虹ノ丘（図－1参照）
・地区2は、旭ケ丘、黒松
・（　）内は、t－値

(B) 及びそのプールデータ別のパラメータと各種統計量を示している。同様に表－10は、集計Logit モデルによる結果を表わしている。ここで時間的移転可能性の検定指標として式(8) に示したχ^2 値を基準として用いると、自由度6、有意水準5%の場合χ^2 (6, 0.05) ＝12.6となる。従って、集計Conjoint-Logitモデルの場合は、その基準を満足しているが、集計Logit モデルはその可能性が否定された結

果となっている。

空間的移転可能性の検討のための地区の分割としては、地下鉄駅からの徒歩圏である黒松、旭ケ丘とそれ以外の２つの地区に分け（図－１参照）、その間での移転可能性を検討する。

表－11、表－12は、時間的移転可能性と同様な方法により空間的移転可能性の検討を行った結果であり、双方共前述した基準を満足しているもの、集計Conjoint-Logitモデルの方が、集計Logit モデルに比較して空間的移転可能性の高いことがわかる。

このように集計Conjoint-Logitモデルの時間的、空間的移転可能性は、従来の集計Logit モデルに比較しても非常に高いことが判明した。このことは前節で述べた予測精度の議論と併せて、Conjoint-Logitモデルの交通機関選択問題に対しての有効性をさらに確認するものである。

４．結語

本論文は、個人の意思決定モデルであるコンジョイント分析を取り上げ、その確率論的モデルであるConjoint-Logitモデルを中心に、交通機関選択への適用を図り、その有効性を実証的に検討したものである。得られた結論は以下のとおりである。

（１）個人の潜在的選択確率を考慮することにより、「解の不定性問題」を解決することができ、また予測性の面でも効果があることが明らかとなった。

（２）Conjoint-Logitモデルは、個人の特性がパラメータの値として直接考慮されているため、個人属性を取り込む必要はなく、全てサービス変数のみでモデルの構築が可能である。

（３）個人により考慮する属性が異なるため、結果的に意思決定基準が補償型か、非補償型かを評価することが可能である。

（４）個人モデルゆえにパラメータの推定においては、サンプル数の制限を全く受けないという大きな特徴を有している。

（５）Conjoint-Logitモデル及び集計Conjoint-Logitモデルの予測性、時間的・空間的移転可能性が限定的ではあるが確認された。

参 考 文 献

1)小川孔輔：「コンジョイント尺度」を与える最尤推定量について、経営志林、Vol.18,pp.37-52,1981

2)Kruskal J.B. : Analysis of Factrial Experiments by Estimating Monotone Transformations of the Data, Journal of Royal Statistical Society, B-27,pp.251-236,1965

3)V.Srinivasan, A.D.Shocker : Estimating the Weights for Multiple Atributes in a Composite Criterion Using Pairwise Judgments, PSYCHOMETRIKA,Vol.38,No.4, pp.473-493,1973

4)K.Ogawa : An Approach to Simultaneous Estimation and segmentation in Conjoint analysis, Marketing science,Vol.6,No.1,pp.66-81,1987

5)片平秀貴：多属性消費者選択モデル、経済学論集、Vol.50,No.4,pp.2-18,1984

6)D.McFadden : The Choice Theory approach to Market Research, Marketing Science,Vol.5, No.4,pp.275-297,1986

7)R.G.Chapman, R.Staelin : Exploiting Rank Ordered Choice Set data within the Stochastis Utility Model, Journal of Marketing Research, Vol.XIX,pp.288-301,1982

8)高田・湯沢：コンジョイント分析による個人行動モデルに関する研究、土木計画学研究・講演集、No.11,pp.707-714,1988

9)湯沢・須田・高田：コンジョイント分析の交通機関選択モデルへの適用に関する諸問題、（土木学会論文集投稿中）