

Ⅳ-17 外側因子法による交通機関選択意識の分析

北海道大学 工学部 ○佐藤 馨一

北海道大学 工学部 五十嵐日出夫

1. はじめに

実験計画モデルを用いて交通機関選択意識を分析する方法は筆者らによって開発され、今までに多くの実績が重られて来た。実験計画モデルは調査が容易であり、さらに政策変数をもモデルに取り込めると言う特徴を有している¹⁾。しかし、実験計画モデルにも改良すべき問題がないわけではない。たとえば、①いかなる要因を採択するか、②意識データの信頼性をどのように検証するか、③必要サンプル数はいくらか、などの研究課題がある。本分はこのうち要因選択に係わる問題を、外側因子法によって解決した結果を報告するものである。

2. 地域因子が交通機関選択意識に与える影響

地域住民の交通機関選択意識が居住地域ごとに変動することは十分考えられることである。そこで筆者らは「地域」をブロック因子として採用し、乗り継ぎバスの選択意識調査を行なった。表1はそのとき得られた分散分析表である。²⁾

表-1 分散分析表 (I)

要因 (因子)	要因の説明	偏差平方和	自由度	分散	F_0	ブーリング	F_{α}	寄与率 (%)
M	交通目的	31.52	1	31.52	1.41			
R	地域	2755.34	2	1377.67	61.72**		67.13	85.3
A	乗継バス乗車時間	32.31	2	16.16	0.72			
B	乗継料金	35.32	2	17.66	0.79			
C	直行バス運行間隔	37.33	2	18.67	0.84			
D	乗継バス	71.11	2	35.56	1.59	$S_E=225.76$	1.73	0.9
M×R	MとRの交互作用	130.93	2	65.47	2.93	$\phi_E=11$	3.19	2.8
e	誤差	89.28	4	22.32	—	$V_E=20.52$		11.0
計	総変数	3183.15	17					100.0

** 1% 有意

この分散分析表をみると、誤差の寄与率が11.0%と小さく、調査の成功したことがわかる。しかし、地域因子の変動が85.3%を占め、他の因子の効果が打ち消されている。とくに交通企業管理者が必要とする乗り継ぎバスの料金や運行間隔に関する情報は入手することができなかった。交通機関の選択意識を分析する第一の理由は、交通サービス水準の変化によってその交通機関の利用率がいかに変化するかを予測することにある。その意味で表1の分散分析表は調査に成功し、計画情報を得ることに失敗したことを示している。このような場合にはいかなる善後策を講じたら良いであろうか。対策は一つしかない。それは要因の設定をやり直し、再調査することである。

再調査は地域ごとに完結した交通機関の選択意識調査を実施し乗り継ぎバスの乗車時間や料金の効果を調べた。表2は札幌市もみじ台地域における分散分析表を示したものである。

表-2 分散分析表 (II)

要因 (因子)	要因の説明	偏差平方和	自由度	分散	F_0	ブーリング	F_{α}	寄与率 (%)
M	交通目的	317.56	1	317.56	25.69			28.3
A	乗継バス乗車時間	197.75	2	98.88	8.09			15.6
B	乗継料金	394.37	2	197.19	16.09			21.8
C	直行バス運行間隔	33.75	2	16.88	1.37			1.06
D	乗継バス	124.25	2	62.13	5.03			8.7
M×A	MとAの交互作用	53.38	2	26.69	2.16	$S_E=127.52$		
e	誤差	74.14	6	12.36	—	$\phi_E=8$ $V_E=15.94$		25.6
計	総変数	1065.19	17					100.0

* 5% 有意 ** 1% 有意

表2の分散分析表から乗り継ぎバスの選択に一番大きな影響を与えるのは「交通目的」であり、続いて「乗り継ぎ料金」、「乗り継ぎバスの乗車時間」であることがわかった。ごさのきよりつが25.6%と大きくなったのは、同一人物に2ヵ月足らずして再度アンケートを依頼したことにより回答誤差が増加したことによる。

表2の結果は計画情報として十分な有用性があり、このデータを用いて構築したモデル・チョイスモデルは予測性においても優れていることが明らかにされている。しかし地域交通計画の立場からすると、若干の不満が残ることも事実である。もっとも理想的な計画情報は「地域」の因子も「交通サービス」の因子も含みながら、一方が他の因子の効果を打ち消すことのないものである。すなわち、表1と表2の分散分析表を再調査することなく同時に得られることが最も望ましい。外側因子法による意識調査はまさにこの課題に答えるものであり、この手法の採用により、実験計画モデルの適用性が飛躍的に向上した。

3、外側因子法による青函トンネルの利用意識分析³⁾
 青函トンネルの先進導坑は昭和58年1月に貫通し、昭和60年3月には本坑が完成する予定である。しかしその利用方策をめぐっては多くの意見が交わされている。これは北海道～本州間の旅客流動の中心が航空機へ、貨物流動の中心がトラックへ移ったことによる。このため運輸大臣は青函トンネル問題懇親会に青函トンネルの有効利用方策の検討を委託した。同懇談会は昭和59年3月に「カートレイン方式」による利用方策を答申した。しかしこのカートレイン方式は貨物流動に焦点を合わせたものであり、旅客流動については青函トンネル問題懇談会も何等具体的な提案を行っていない。そこで筆者らは青函トンネルの完成が北海道～本州間の旅客流動にいかなるインパクトを与えるかを、外側因子法による実験計画モデルによって分析した。

(1) 因子の採択および直交表への割り付け

青函トンネルの利用意識が地域によって変化することは十分想定された。そこで外側因子として函館市民と千歳空港における航空旅客を取り上げ、それぞれの意識差を調べた。また交通機関の選択因子として以下に述べる4因子を採択した。

- A) 目的地 (青森、盛岡、仙台、東京)
- B) 天候 (晴天、荒天)
- C) 新幹線 (有、無)
- D) 交通目的 (業務、観光)

以上の因子を一部修正したL8直交表に割り付けると表3のようになる。この表に外側因子は割り付けられていない。それは表3の割り付け表を用いて函館市及び千歳空港で同一の調査するためであり、外側因子の効果は両地域の調査結果を統計的に分析することで得られるのである。図1は表3の直交割り付け表をもとに作成したNo.1票種のアンケート文である。

(2) 調査結果および各因子の変動計算

表4は函館市民および千歳空港の航空旅客がそれぞれのアンケート文で選択した交通機関の比率を示したのである。このデータを地域ごとに単独に解決すると従来の分散分析が得られる。一方、両地域を合わせて分析する方法は田口玄一によって開発されている⁴⁾。すなわち、まず最初に表5に示す補助表を作成する。この補助表は各因子の水準ごとの和をとったものであり、たとえば函館地域の連絡船のA1の値は次のようになる。

$$A1 = (30.5 + 38.1) = 68.6$$

表・3 L8直交表への割り付け結果

要因 票別 種	A B C E						目的地	天候	新幹線	目的
	1	2	3	4	5	6				
1	1	1	1	1	1	1	青森	晴天	有	業務
2	1	1	1	2	2	2	青森	荒天	有	観光
3	1	2	2	1	1	2	盛岡	晴天	有	観光
4	1	2	2	1	2	1	盛岡	荒天	有	業務
5	2	1	2	1	2	1	仙台	晴天	有	観光
6	2	1	2	2	1	2	仙台	荒天	有	業務
7	2	2	1	1	2	2	東京	晴天	有	業務
8	2	2	1	2	1	2	東京	荒天	有	観光

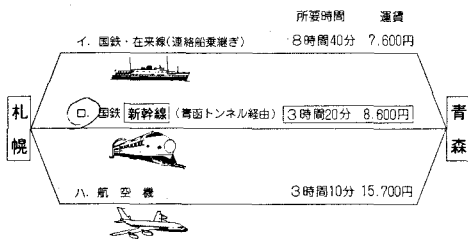
図-1 アンケート文例

この設問は、青函トンネル開通後の様々な交通状況を想定して、皆様の利用意識をうかがうものです。したがって、現在の交通状況とは必ずしも一致しておりません。

(設問1)

あなたは、業務のため、札幌から青森へ旅行しようとしています。天気は晴天で、目的地までの所要時間および運賃は、図中に示した通りとします。

この時、あなたが1番目および2番目に利用しようとする交通機関は何ですか。あてはまる記号1つに○印をおつけ下さい。



問1 あなたが1番目に利用するのは、

- (イ) ☐ (エ) ☒ (ハ) ☐

表4 直交表と入力データ (千歳・函館調査)

因子 No	A B C e D						函 館			千 歳		
	1	2	3	4	5	6	トンネル	連絡船	航空機	トンネル	連絡船	航空機
1	1	1	1	1	1	1	61.9	30.5	7.6	73.2	7.7	19.1
2	1	2	2	2	2	2	56.2	38.1	5.7	71.8	12.1	16.0
3	2	1	1	2	2	2	48.5	43.6	7.9	64.9	8.1	27.0
4	2	2	2	1	1	1	55.5	7.9	36.6	53.1	4.3	42.5
5	3	1	2	1	2	2	33.0	43.7	23.3	23.9	12.2	63.8
6	3	2	1	2	1	1	71.8	3.9	24.3	57.3	2.8	39.8
7	4	1	2	2	1	1	19.0	11.0	70.0	6.7	0.5	92.9
8	4	2	1	1	2	2	67.0	14.0	19.0	58.0	3.4	38.5

表5の補助表をもとに青函トンネル選択のA因子(目的地)、R因子(地域)、SAXS(目的地と地域の交互作用)の変動を以下のように算出する。

$$S_{A(i)} = \frac{(263.1^2 + 222.0^2 + 186.0^2 + 150.7^2)}{4} - \frac{821.8^2}{16} = 1743.33$$

$$S_{R(i)} = \frac{(412.9 - 408.9)^2}{16} = 0.99$$

$$S_{A \times R(i)} = \frac{(118.1^2 + 104.0^2 + 104.8^2 + 86.0^2 + 145.0^2 + 118.0^2 + 81.2^2 + 64.7^2)}{2} - \frac{821.8^2}{16} - S_A - S_R = 481.59$$

以上の計算を各因子ごとに、また各因子と地域の交互作用ごとに行なうと表6に示す青函トンネル選択の分散分析表が得られる。同様に表7は連絡船の、表8は航空機選択の分散分析表である。

これらの分散分析表から次のことがわかった。

①青函トンネルの選択についてみると新幹線の有無(34.1%)、目的地(27.6%)、天候(25.7%)の寄与率が高い。また、地域の寄与率は無視できるほど小さかった。このことから青函トンネルに新幹線が導入された場合には、道央・道南の別なくその選択率は高くなるものと思われる。

②青函連絡船の寄与率を調べると地域(37.6%)が最も大きく、次いで交通目的(21.3%)、目的地(13.4%)であった。これは函館市民と航空旅客とでは連絡船に対する意識に大きな差のあることをしめしている。連絡船の保存運動が函館市民を中心におき、その運動が全道的な広がりを持たない理由はこの点にある。

③航空機選択についてみると目的地(42.1%)の寄与率が最も大きく、次いで新幹線の有無(19.2%)、地域(14.3%)となっている。この結果は目的地までの距離が長く、しかも新幹線がない場合には地域によらず航空機の選択が高くなることを示している。

表5 補助表

	函館			千歳			苫小牧		
	トンネル	連絡船	航空機	トンネル	連絡船	航空機	トンネル	連絡船	航空機
A ₁	118.1	68.6	13.3	145.0	19.8	35.1	263.1	88.4	48.4
A ₂	104.0	51.5	44.5	118.0	12.4	69.5	222.0	63.9	114.0
A ₃	104.8	47.6	47.6	81.2	15.0	103.6	186.0	62.6	151.2
A ₄	86.0	25.0	89.0	64.7	3.9	131.4	150.7	28.9	220.4
B ₁	162.4	128.8	108.8	168.7	28.5	202.8	331.1	157.3	311.6
B ₂	250.5	63.9	85.6	240.2	22.6	136.8	490.7	86.5	222.4
C ₁	249.2	92.0	58.8	253.4	22.0	124.4	502.6	114.0	183.2
C ₂	163.7	100.7	135.6	155.5	29.1	215.2	319.2	129.8	350.8
E ₁	208.2	63.3	138.5	190.3	15.3	194.3	398.5	68.6	332.8
E ₂	204.7	139.4	55.9	218.6	35.8	145.3	423.3	175.2	201.2
e ₁	217.4	96.1	86.5	208.2	27.6	163.9	425.6	123.7	250.4
e ₂	195.5	96.6	107.9	200.7	23.5	175.7	396.2	120.1	283.6
計	412.9	192.7	194.4	408.9	51.1	339.6	821.8	243.8	534.0

表6 青函トンネル選択の分散分析

要 因	変 動 S	自 由 度 φ	分 散 V	分 散 比 Fo	寄 与 率 P [%]
A (目的地)	1743.3	6	290.5	17.3	27.6
B (天 候)	1592.0	2	796.0	47.5	25.7
C (新幹線の有無)	2102.2	2	1051.1	62.7	34.1
E (交通目的)	38.4	2	19.2	1.1	0.3
e ₁	54.0	2	27.0	—	—
R (千歳・函館)	0.9	2	0.5	0.0	—
A×R	481.5	6	240.8	14.3	6.9
B×R	17.2	2	8.6	0.5	—
C×R	9.6	2	4.8	0.2	—
E×R	63.2	2	31.6	1.8	0.7
e ₂	12.9	2	6.4	0.3	—
e (e ₁ +e ₂)	94.8	10	9.4	—	4.7
計	6115.5	30	—	—	100.0

表7 青函連絡船選択の分散分析

要 因	変 動 S	自 由 度 φ	分 散 V	分 散 比 Fo	寄 与 率 P [%]
A (目的地)	448.0	6	74.6	152.3	13.4
B (天 候)	313.2	2	156.6	319.6	9.4
C (新幹線の有無)	15.6	2	7.8	15.9	0.4
E (交通目的)	710.2	2	355.1	724.7	21.3
e ₁	0.8	2	0.4	—	—
R (千歳・函館)	1253.1	2	626.5	1278.7	37.6
A×R	101.4	6	16.9	34.4	3.0
B×R	217.5	2	108.7	222.0	6.5
C×R	0.1	2	0.0	—	—
E×R	268.9	2	134.4	274.4	8.1
e ₂	1.3	2	0.6	—	—
e (e ₁ +e ₂)	2.9	6	0.4	—	0.3
計	3330.5	30	—	—	100.0

表8 航空機選択の分散分析

要 因	変 動 S	自 由 度 φ	分 散 V	分 散 比 Fo	寄 与 率 P [%]
A (目的地)	3871.8	6	645.3	34.5	42.1
B (天 候)	497.2	2	248.6	13.3	5.2
C (新幹線の有無)	1755.6	2	877.8	47.0	19.2
E (交通目的)	1082.4	2	541.2	29.0	11.7
e ₁ (誤 差)	68.8	2	34.4	—	—
R (千歳・函館)	1317.6	2	658.8	35.3	14.3
A×R	190.8	6	31.8	1.7	1.2
B×R	114.4	2	57.2	3.0	1.0
C×R	12.2	2	6.1	—	—
E×R	70.5	2	35.2	1.8	0.5
e ₂	5.7	2	2.8	—	—
e (e ₁ +e ₂)	86.9	6	14.4	—	4.8
計	8987.6	30	—	—	100.0

4. 外側因子法の理論的背景

前節で紹介した外側因子法の分析手順は田口の提案によるものであるが、田口自身はなぜこの分析手順でよいのかについて説明していない。北大工学部交通計画研究室の稲野はこの点について研究をすすめ、外側因子法とは直交表の重ね合わせであることを明らかにした。

表9はL8直交表であり、表10はL16直交表である。L16直交表の1列に外側因子を割りつけ、2、4、6、8、10、12、14列に選択要因を割りつけると、これはL8直交表への割りつけと同一結果となる。また3、5、7、9、11、13、15、列には外側因子と選択要因との交互作用が現われる。

表9・L₈(2⁷) 直交表

列番 No.	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2
1群 2群			3群				

表10 L₁₆(2¹⁵) 直交表

要因 列 No.	R	A	A		A		B		C		e		E		測定値 (Mi)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	61.9
2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	56.2
3	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	48.5
4	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	55.5
5	1	2	2	1	1	2	2	1	2	2	1	1	2	2	33.0
6	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	2	2	1	1	71.8
7	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	1	19.0
8	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	2	67.0
9	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	73.2
10	2	1	2	1	2	1	2	2	2	1	2	1	2	1	71.8
11	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	64.9
12	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	53.1
13	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	23.9
14	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	57.3
15	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	6.7
16	2	2	1	2	2	1	1	2	2	1	2	1	2	2	58.0

このような割りつけが果たして先に示した計算法と同一の結果を得るであろうか。表10のL16直交表において1列に地域(R)、2、4、6列に目的地(A)、8列に天候(B)、10列に新幹線(C)、14列に交通目的(E)を割りつける。このときRとAの交互作用は3、5、7、列に、R×Bは9列にR×Cは11列、R×Eは15列に現われる。

函館市での調査結果はR1の、すなわちNo.1～No.8の測定値となり、千歳空港での調査結果はR2の、つまりNo.9～No.16の測定値となる。このときR因子(地域)、A因子(目的地)の変動は次のようになる。

$$C \cdot F = \frac{(\sum \mu_i)^2}{T} = \frac{821.8^2}{16}$$

$$S_{R(1)} = \frac{(R_1 \text{の和}^2 + R_2 \text{の和}^2)}{8} - C \cdot F$$
$$= \frac{(412.9^2 + 408.9^2)}{8} - \frac{821.8^2}{16} = 1.00$$

$$S_{R(2)} = \frac{(A_1 \text{の和}^2 + A_2 \text{の和}^2 + A_3 \text{の和}^2 + A_4 \text{の和}^2)}{4} - C \cdot F$$
$$= \frac{(263.1^2 + 222.0^2 + 186.0^2 + 150.7^2)}{4} - \frac{821.8^2}{16}$$
$$= 1743.3$$

外側因子法が直交表の重ね合わせであることを利用すると、従来の実験計画法の調査では分析することの出来なかった要因効果も計算することが出来る。たとえば、男性・女性という性別の要因や、運転免許証の有無などの寄与率も明らかになる。このとき男性グループ内における内側因子の効果も当然明示されている。それゆえ、外側因子法の応用範囲は広く、今後さらに適用例を増していく所存である。

＜参考文献＞

1) 佐藤肇一、五十嵐日出夫；実験計画モデルによる交通機関選択行動の事前事後分析、土木学会論文報告集No.343 1984年3月
2) 都市内公共輸送機関乗り継ぎシステム策定調査報告書；札幌市企画調整局、1980年10月
3) 佐藤肇一、五十嵐日出夫；青函トンネルの有効利用方策について、交通学研究、1983年10月
4) 田口玄一；実験計画法第3版、丸善、1975年