

分散分析法による交通手段別分担率の分析

名古屋大学 正員 河上省吾

名古屋大学 正員 〇広島康裕

1. はじめに

交通手段選択のように数多くの要因が影響する現象の要因分析には、従来より、集計データに対しては重回帰分析や数量化理論第Ⅰ類、非集計データに対しては判別関数、数量化理論第Ⅱ類等の多変量解析手法が用いられている。これらの手法は変数が多くても比較的簡単な計算方法で分析ができるという利点はあるが、要因間の交互作用の検出や各要因の寄与率の算定等が困難であるという欠点がある。これに対し、分散分析手法は個々の要因のみでなく各要因間の交互作用の効果の統計的有意性の検定やその寄与率の計算等が容易に行えるという利点がある。しかし、ここで分析しようとする交通手段別分担率データのように各要因間にある程度の相関のある非実験データに対してこの手法を適用しようとする場合、欠測値（ある要因のある水準と他の要因のある水準との組み合わせでの値が得られていないこと）が多く生じるのでそのままでは分散分析を適用できないという問題点がある。しかし、欠測値をある基準で推定するならばこの手法を適用することが可能となる。ここでは以下に述べる方法によって欠測値を推定し、分散分析手法を交通手段別分担率の要因分析に適用することを試みた。

2 近似計算法による欠測値の推定

ここで実際に用いるのは8元までの多元配置分散分析であるが、簡単のために表-1に示すような2元配置の場合を例にとって欠測値の推定方法を述べる。いま表中の x , y が欠測値であるとする。この場合の構造モデルは次式で表される。

$$\alpha_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + e_{ij} \quad (1)$$

ここで、 μ は母平均、 α_i は要因Aの i 水準の効果、 β_j は要因Bの j 水準の効果、 e_{ij} は誤差項で、平均が0の正規分布をするものと仮定される。このような場合の欠測値の推定方法としてはYatesの方法と呼ばれるものがある。これは x , y が得られているものとして残差平方和 Se を求め、これを最小とするような x , y を求める方法である。この方法によると欠測値の数と同じ元の数の連立方程式を解くことが必要となり、欠測値の数が非常に多くなってくると適用が困難となる。そこで、ここでは以下のようなくり返し法を用いることによる欠測値の推定方法を考えた。今、 x , y が得られているものとし α_{ij} の推定式を総平均 $\bar{T}$ 、周辺平均 $\bar{A}_i, \bar{B}_j$ で表すと

$$\hat{\alpha}_{ij} = \bar{A}_i + \bar{B}_j - \bar{T} \quad (2)$$

(2)式のようになる。そこで、欠測値 x , y に初期値として適当な値 μ_0 を代入し、以下の(3)~(5)式で各平

$$\bar{T} = \sum_i \sum_j \alpha_{ij} / 6 \quad (3), \quad \bar{A}_i = \sum_j \alpha_{ij} / 3 \quad (4), \quad \bar{B}_j = \sum_i \alpha_{ij} / 2 \quad (5)$$

均を求め、(2)式によって x , y を推定し、再び(3)~(5)で平均を計算するということをくり返す。

表-1 2元配置の例

要因B 要因A	B ₁	B ₂	B ₃	A _i の平均
A ₁	x	α_{12}	α_{13}	$\bar{A}_1$
A ₂	α_{21}	α_{22}	y	$\bar{A}_2$
B _j の平均	$\bar{B}_1$	$\bar{B}_2$	$\bar{B}_3$	$\bar{T}$

(x, yは欠測値)

このような(2)~(5)式によるくり返し関係に従うと、 γ はある値に収束する。この値は上述した SE を最小とするような γ を求めた場合と一致する。(証明は省略) として、この方法は要因数が増え多元配置となり、かつ、欠測値の数が非常に多くなっても、誤差項の自由度の数より欠測値の数が少いときは特殊な場合を除き適用できる。また、 SE を最小とする Yates の方法は全ての交互作用を考慮して欠測値を推定することになるが、くり返し法によると、ある次数以上の交互作用を誤差に含めた場合の SE 最小を与える推定値を得ることができる。

なお、欠測値を推定して分散分析を行う場合には、欠測値推定による要因効果の過大評価を避けなければならないため、以下のように誤差分散を求める必要がある。

$$V_E' = SE / (df_e - n_d) \quad \text{--- (6)}$$

df_e : 誤差の自由度
 n_d : 欠測値の数

3. 交通手段別分担率の要因分析への適用

昭和46年中京都市群パーソントリップ調査で得られた名古屋市内トリップで、代表交通手段が鉄道、バス、自動車のトリップをデータとして用い、上述した方法によって分散分析を試みた。要因としては、表-2に示すようなトリップメーカーの特性8要因、トリップの特性3要因、発着ゾーン特性7要因、ODペア特性5要因の合計23要因をとり、各手段別分担率の分析を行った。ここで、本来なら全ての要因を同時に分析しなければならないわけであるが、データ数がそれだけの分割ができるほど多くないこと、および計算機容量の制限からここでは上記4つの要因群ごとに分析を行い、それぞれで有意となる要因を抽出し、それらの要因を用いて再度分析することにした。

表-2 分析に用いた要因

要因	水準数	要因	水準数
性別	2	発着ゾーン体質度	4
年齢	7	着ゾーン	4
職業	13	発着ゾーン体質度	4
車の有無	2	着ゾーン	4
免許の有無	2	着ゾーン・駐車難易度	3
1日のトリップ数	3	発着ゾーン・バス利用回数	4
世帯主かどうか	2	着ゾーン	4
世帯の人数	4	手段別所要時間(分)	6
トリップ目的	6	道路バス体質度	6
トリップの出発時刻	7	道路バス運行回数	6
トリップ長	6	鉄道状況	7

計算結果の一例として、自動車分担率を基準変数とし、トリップメーカーの特性を要因とした場合の結果を表-3に示す。この場合4次以上の交互作用を誤差にプールして欠測値を推定した。分散分析の結果では大部分の効果が有意となった。表には寄与率の上位20個のみを示した。なお、有意となった効果の寄与率の合計は約85%で、うち主効果の分は24%程度で、2次の交互作用効果は17%、3次交互作用効果は44%であった。有効なサンプルのみを用いた数量化理論Ⅰ類の計算結果では全体の寄与率は52.2%で、寄与率だけから見ると分散分析の方が良い結果を示していると言える。

表-3 トリップメーカー要因による自動車分担率の分析

要因	寄与率(%)	要因	寄与率(%)
車の有無	10.65	年×職業×免	2.24
1日のトリップ数	5.11	職業	2.10
免許の有無	4.28	車×免×1日トリップ数	1.94
年×職業×量	3.69	年×職業×世帯主	1.75
年×職業×1日トリップ数	3.37	職業×車×1日トリップ数	1.56
年×職業	2.83	職業×1日トリップ数×性別	1.42
年×職業×車	2.83	職業×量	1.40
年×車×性別	2.75	職業×免×性別	1.36
年×車	2.58	年×免	1.29
職業×車	2.37	職業×1日トリップ数×量	1.29

(注) × は交互作用を表す

4. おわりに

上述した計算がうまく行くと交通手段別分担率に影響する要因の主効果のみでなく各要因間の交互作用の効果の大きさも明らかにする。したがって、交通手段別分担率モデルの作成においてどの要因を説明要因として用い、また、どの要因を層別要因とすべきであるかということがわかるわけである。しかし、このような計算方法が統計学的に妥当性があるかということについては現在検討中である。