

横 浜 市 正 会 員 友 田 勝 己
 北 海 道 大 学 正 会 員 山 形 耕 一
 北 海 道 大 学 正 会 員 五 十 嵐 日 出 夫

1. はじめに

自動車OD調査は、推定量である個々のゾーンの発生交通量、集中交通量、さらに個々のODペアの分布交通量などを全ゾーンにつき同時に推定するという性格をもっている。この点、一つの推定量にのみ注目して調査設計を行なう標本調査論を単純に適用するのでは十分な点がある。すなわち、従来のOD調査におけるサンプル数の設定では、平均的な分布交通量をもつゾーンペアを取り出し、このゾーンペアにのみ注目して、このゾーンペア交通量がある要求される精度を保つようにサンプル数を調査地域全域に一率に定めているが、この場合、この基準ゾーンペアよりも交通量の多いゾーンペアでは必要以上の精度が保障され、交通量の少ないゾーンペアでは低い精度しか保障されないことになる。このため、このデータを用いて解析を行なう場合、最も精度の低いデータが解析上の制約となる恐れがある。

本研究では、自動車OD調査における複数個の推定量について、それらが同時に調査精度を保障するサンプル数の決定方法について考察している。

2. 自動車OD調査における特殊性

自動車OD調査の調査結果は需要予測のための分析、およびモデル設定の基礎データとして用いられることが多い。このためデータの精度は、モデルのパラメータの精度を介して、将来の予測値の精度に影響を与える。それゆえ、予測値に要求する精度に対応して、調査の目標精度を設定して、それに見合うサンプル数の確保や、サンプル数の割り付けを行なうことが必要となる。このとき、得られるデータが、たとえばゾーン別の発生交通量とするなら、各ゾーンの精度がまちまちであることは望ましくなく、設定された目標精度を同時にみたしていることが望まれる。すなわち、自動車OD調査では、複数個の推定量について、同時に目標精度をみたすための調査設計方法が必要となる。

一方、自動車OD調査においては、サンプルである自動車の抽出ゾーンと、標識値すなわちトリップが発生・集中する起終点ゾーンとの間には相関がある。サンプルの自動車は、通常車籍地をベースに抽出されるが、抽出された自動車は当該車籍地ゾーン、およびその周辺のゾーンに関わるトリップを行なっている確率が高い。したがって、あるゾーンにおいて抽出された自動車は、そのゾーンおよび周辺ゾーンの推定量の精度向上には貢献するが、遠隔地であるゾーンでは、関連したトリップをほとんど持たず、それゆえこのゾーンに関わる推定量の精度向上には寄与するところが少ない。言い換えれば、あるゾーンにおける例えば発生交通量の達成精度は、当該ゾーンおよびその周辺ゾーンに車籍地をもつ自動車が、標本としてどれだけ多く抽出されているかに大きく影響されると考えてよいであろう。このことは逆に、ゾーン別に標本自動車台数を割り当てることにより、各ゾーンの推定量の精度を設定水準に保つことが可能であることを示している。

そこで本研究では、ゾーン別サンプル割当て法を用いて、複数個ある推定量に対する目標精度の同時的達成を図ることとした。

3. 精度と割当てサンプル数の関係式およびその解法

OD交通量は、各調査ゾーンに車籍地をもつ自動車に、与えられたOD交通量を調査ゾーンごとの和に加えた和である。すなわち、 i, j ゾーンペアのOD交通量を Y_{ij} とし、 i ゾーンに車籍地をもつ自動車が行なう、 i, j 間のOD交通量を Y_{ij}^k と表わす。ゾーン i に調査サンプルを n_i 台だけ割り当てて調査を実施したとき、 Y_{ij}^k の推定量

\hat{Y}_{ij}^* 、 Y_{ij} の推定量を \hat{Y}_{ij} とすれば、

$$\hat{Y}_{ij} = \sum_{k=1}^R \hat{Y}_{ij}^k \quad (1)$$

となる。 \hat{Y}_{ij}^k の分散は、トリップの単純ランダム抽出を仮定すると、

$$V(\hat{Y}_{ij}^k) = T_k^2 \frac{P_{ij}^k (1 - P_{ij}^k)}{t_k} \cdot \frac{T_k - t_k}{T_k - 1} \quad (2)$$

ここで $T_k = \sum_{i,j} Y_{ij}^k = O_k \cdot N_k$, $t_k = O_k \cdot n_k$, $P_{ij}^k = Y_{ij}^k / T_k$

O_k ; R ゾーンにおける自動車の平均トリップ数/台, N_k ; R ゾーンに車籍別の自動車の台数となる。 \hat{Y}_{ij}^k は各ゾーン- k について独立であるから、 \hat{Y}_{ij} の推定の分散は、

$$V(\hat{Y}_{ij}) = \sum_{k=1}^R V(\hat{Y}_{ij}^k) \quad (3)$$

である。それゆえ、データ利用の目的に対処して、それぞれの \hat{Y}_{ij} に要求される精度の水準を設定し、(3)式の $V(\hat{Y}_{ij})$ が、それぞれこの目標精度 V_{ij}^* を満たすようにサンプル割当数 n_1, n_2, \dots, n_e を定めればよい。

(3)式で示した関係式はODゾーンペアの数だけ得られるが、そのすべてに目標精度 V_{ij}^* を制約条件式として与え、総サンプル数最小ある、いは総調査費用最小という形で定形化すると、次のような非線形計画問題として表わすことができる。

制約条件式

$$g_{ij}(n_k) = \sum_{k=1}^R T_k^2 \frac{P_{ij}^k (1 - P_{ij}^k)}{(T_k - 1) \cdot O_k \cdot n_k} - \sum_{k=1}^R \frac{P_{ij}^k (1 - P_{ij}^k)}{(T_k - 1)} - V_{ij}^* \leq 0$$

$$N_1 \geq n_1 \geq 0 \quad (4)$$

目的関数

$$Z_1 = f_1(n_k) = n_1 + n_2 + \dots + n_e \quad (5)$$

$$Z_2 = f_2(n_k) = a_1 n_1 + a_2 n_2 + \dots + a_e n_e \quad (6)$$

ここで $N_i = (N_1, N_2, \dots, N_e)$ $n_k = (n_1, n_2, \dots, n_e)$

V_{ij}^* ; ij ODペアの目標精度, O_k ; R 調査ゾーンにおけるトリップ数

4. シミュレーション結果

本研究で開発した方法と既存の方法とを比較するため、模擬データを用いてサンプル数の算出を行なった。表1は、本研究で開発した方法で算出した方がより少ないサンプル総数で目標精度が達成されることを示している。次に、各方法で求めたサンプル数を再び(3)式に代入してその達成精度を求めると、表2のようになる。既存の方法によると、一部のゾーンペア(15-15など)で目標精度より低い達成精度になるが、本研究で開発した方法ではこのようなことがなく、目標精度を越えずに、なおかつ目標精度に近い達成精度が得られることがわかる。このことは、効率的なサンプル数の割当てを本研究で開発した方法で行なうことができることを示している。

5. 結論

以上のことから、本研究で開発した方法によ、て、目標精度に対して最適なサンプル数が決定できる。また、サンプル数の精度とは無関係に決められたときなどには、本研究で示した関係式を用いて、そのサンプル数で達成できる精度を調査に先立ち明らかにすることができる。

さらに、非線形計画の手法を用いることにより、サンプルの単価がゾーンごとに異なる場合などには、(6)式のようにサンプル数に重み付けを行ない、総調査費用最小という目的でも最適なサンプル数を決定できる。

表1 サンプル数

ゾーン	登録台数	既存の方法	本研究の方法
1	322	253	224
2	514	403	317
3	219	172	108
4	60	47	42
5	96	75	54
6	176	138	86
7	120	94	67
8	91	71	42
9	263	206	234
10	177	139	82
11	200	157	113
12	165	129	114
13	30	24	27
14	280	220	160
15	786	615	665
16	421	330	208
17	238	187	119
18	122	96	90
19	470	368	320
20	218	71	119
Σ	4968	3895	3271

表2 達成精度 $V(\hat{Y}_{ij})$

ODペア	目標精度	既存の方法	本研究の方法
15-14	650.77	77.48	123.46
15-15	650.77	740.94	646.10
15-16	450.48	49.28	131.71
15-17	16.66	10.21	9.08
15-18	6.51	3.45	4.31
15-19	6.51	2.20	4.91
15-20	6.51	0.28	0.18
16-14	73.47	21.11	68.45
16-15	450.48	46.37	125.49
16-16	650.77	176.85	650.04
16-17	6.51	1.08	0.77
16-18	6.51	1.37	4.25
16-19	6.51	0.27	0.75
16-20	6.51	0.55	2.04
17-14	6.51	4.01	6.42
17-15	17.50	10.77	8.13
17-16	6.51	0.82	1.41
17-17	650.77	249.42	180.77
17-18	7.59	7.35	7.04
17-20	6.51	0.28	0.83
18-17	9.37	8.57	9.27