

北海道大学 学生員 ○山田 俊哉

北海道大学 生 員 山形 耕一

北海道大学 生 員 佐藤 馨一

1. はじめに

パーソントリップ調査は、都市圏総合交通計画のためのデータ収集法として極めて有力なものであるが、標本調査のため抽出の偶然性により標本誤差が生じる。したがって、必要とする精度のデータを得るための調査を設計する見地、および採取されたデータの精度にかなった形で分析するという見地からもパーソントリップ調査における標本誤差の特性を把握することが必要である。ところで、パーソントリップ調査の標本誤差推定における従来の方法の問題点の一つに、人を調査することによりトリップを採取し標本を作成するという調査形態にもかかわらず、人ではなくトリップの独立性を仮定していることがある。本研究では、この点に注目し標本における調査単位をトリップではなく人としたときの標本誤差推定法について考察したものである。

2. 比統計量の理論

図1は、パーソントリップ調査の標本誤差推定における標本に対する考え方を示している。従来の標本誤差推定法では、トリップの標本であると考え、かつ標本の要素であるそれぞれのトリップが独立であると仮定している。そして着目した属性をもつか否かにより、1または0の標識値をもつ m 個のトリップから、母集団における標識値1をもつトリップの割合を推定する場合の標本誤差を考えている。ここで、標本に含まれるトリップの総数に占める着目した属性をもつトリップ数の割合を $\hat{\alpha}$ とすると、

$$\hat{\alpha} = \frac{\text{標本内での着目した属性をもつトリップの数}}{\text{標本内での総トリップ数}} = \frac{\sum_{j=1}^m x_j}{m}$$

となる。したがって、母集団の総トリップ数を M とすると、着目した属性をもつトリップ数 A の推定量 $\hat{A} = M \cdot \hat{\alpha}$

の標本誤差 $\sigma(\hat{A})$ は、
$$\sigma(\hat{A}) = \frac{S}{\sqrt{m}} \sqrt{\frac{M-m}{M}} \quad S^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m (x_j - \bar{x})^2 \quad (1)$$

となる。ここで、 x_j の値は1または0であることから、 $\bar{x}$ と $\hat{\alpha}$ と m によって決まるようにあらわされる。

$\bar{x} = \hat{\alpha}$, $S^2 = \frac{m}{m-1} \hat{\alpha}(1-\hat{\alpha})$ しかしながら、パーソントリップ調査では、その調査の仮定から見て明らかとなり、トリップの標本は独立ではない。まず調査対象者 i を抽出し、対象者の行った総トリップ Z_i を調べそのうち着目した属性をもつトリップ y_i を調べている。したがって、標本におけるトリップ数 m は $m = \sum_{i=1}^n Z_i$ であって確率変数となる。よって $\hat{\alpha}$ は、2つの確率変数の比 $\frac{\sum_{i=1}^n y_i}{\sum_{i=1}^n Z_i}$ として推定されなければならない。ここで y_i と Z_i とは独立ではない。図1のaに見られるように y_i は Z_i の部分であり、一般には、 y_i と Z_i は相関をもっている。したがって $\hat{\alpha}$ は、 y_i と Z_i なる条件と相関性を考慮して比統計量として推定されなければならない。この場合 $\hat{\alpha}$ 推定

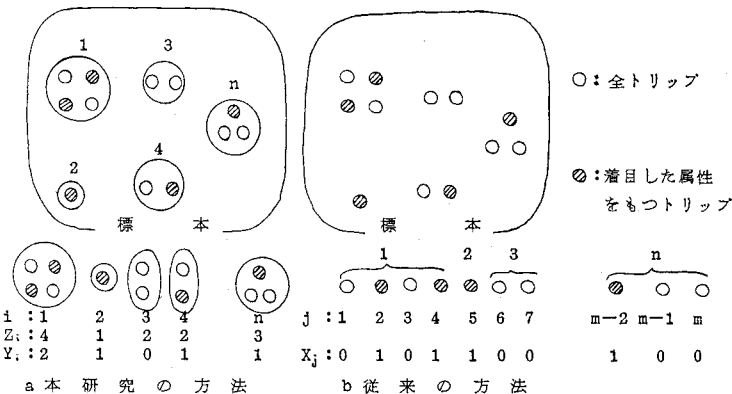


図1 標本のとらえ方の模式図

の分散は、(2)式であらわされる。

$$V(\hat{\alpha}) = \left(\frac{N-m}{N} \right) \frac{\hat{\alpha}^2}{n} \left\{ \frac{S_y^2}{\bar{y}^2} + \frac{S_z^2}{\bar{z}^2} - 2 \cdot \frac{\text{cov}(\hat{y}, \hat{z})}{\bar{y} \cdot \bar{z}} \right\} \quad (2)$$

3. 多重クロス属性トリップ数の推定値の標本誤差

交通計画で用いられるデータは、ゾーン・目的・交通機関等多くの属性についてクロス分類されて集計される。図2は、本研究で分析した際のトリップ属性の模式図である。それぞれの属性の比 $\hat{\alpha}$ 、 $\hat{\beta}$ 、 $\hat{\delta}$ を以下のように定義する。

$\hat{\alpha} = Y$ (目的トリップ数の和) / Z (総トリップ数の和)

$\hat{\beta} = X$ (目的別ゾーン別トリップ数の和) / Y (目的トリップ数の和)

$\hat{\delta} = \frac{W \text{ (目的別ゾーン別モード別トリップ数の和)}}{X \text{ (目的別ゾーン別トリップ数の和)}}$

$\hat{W}$: 着目した属性をもつトリップ数の推定値

ここで、 $\hat{\alpha}$ の分散等は(2)式を基本式として、基本式を段階的に用いること

により定められる。さらに、抽出率を r 、総人口を N とすると信頼度95%の $\hat{W}$ の相対誤差 $RSD(\hat{W})$ は、

$$RSD(\hat{W}) = 1.96 \sqrt{\frac{1}{N} \left(\frac{1}{r} - 1 \right) \left[\frac{A}{(\hat{\alpha}\hat{\beta}\hat{\delta})^2} + \frac{B}{(\hat{\beta}\hat{\delta})^2} + \frac{C}{\hat{\delta}^2} + D \right]} \quad (3)$$

となり、(3)式によって標本誤差を推定することができる。ただし A 、 B 、 C 、 D は属性ごとに定まる定数である。本研究では、(1)式に基づく従来の方と(3)式に基づく本研究の方法の両方で標本誤差を算出し比較を行った。

4. おわりに

本研究の成果をまとめると以下のようになる。

①パーソントリップ調査の調査形態に即して、人を調査単位とする標本誤差推定式を提示できた。

②昭和41年度道央都市圏パーソントリップ調査の結果を用いて、従来の方に基づき標本誤差と本研究で開発した標本誤差推定式に基づき標本誤差を算出した(表1)。この結果、トリップが特定の人に集中するような交通目的(その交通目的のトリップを行う人は数トリップを行うような交通目的)では採取されたトリップ数が多くても、実際にサンプリングされた調査単位(人)が少ないため標本誤差が大きくなることがわかった。すなわち精度を考えるうえでは、採取されたトリップの数よりも人の数に注目することが重要であることがわかった。

③昭和41年度道央都市圏パーソントリップ調査の結果から、通勤と業務について定数 A 、 B 、 C 、 D 、 $\hat{\alpha}$ を定め、 $\hat{\beta}$ の値を仮に0.1とし A 、 B 、 C 、 D 、 $\hat{\alpha}$ 、 $\hat{\beta}$ の値を(3)式に代入すると、通勤と業務に対してそれぞれの r 、 $\hat{\delta}$ における $RSD(\hat{W})$ のグラフ(図3)を描くことができる。このように本研究の方法を用いて属性ごとの標本誤差を求めるグラフを作ることにより、パーソントリップ調査の調査設計や的確な標本誤差を推定することができる。

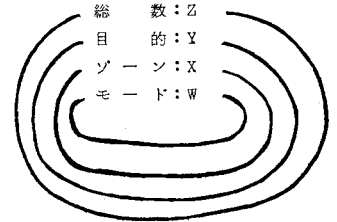


図2 トリップ属性

表1 分析結果(南区172ゾーンの発生交通量の場合)

	交通機関	トリップ数	トリップ数 トリップを 行った人数	RSD(%) 本研 究の方法(%)	RSD(%) 従来 の方法(%)	RSD(%) 新 RSD(%) 旧
通 勤	徒 歩	23	1.00	39.8	39.8	1.00
	乗用車	141	1.01	16.1	16.1	1.00
	バ ス	65	1.00	23.7	23.7	1.00
	地下鉄	124	1.00	17.2	17.1	1.00
業 務	徒 歩	26	5.20	131.7	37.4	3.52
	乗用車	123	1.23	43.1	17.2	2.51
	バ ス	9	1.00	77.2	63.7	1.21
	地下鉄	5	1.00	95.6	85.5	1.12

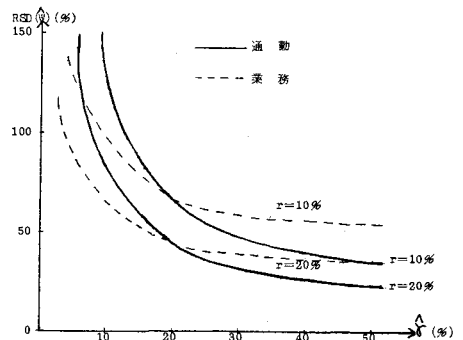


図3 $RSD(\hat{W})$ (相対誤差) と $\hat{\delta}$ (モデル比率) の関係