

パーソントリップ調査における調査不能にもとづく誤差について

北海道大学 工学部 正員 山形耕一

1. はじめに

パーソントリップ調査は、昭和43年広島都市圏交通計画において我国で初めて本格的に実施されて以来、主要十数都市圏で実施され、総合的都市交通計画の基礎調査として定着しつつある。パーソントリップ調査は、調査対象地域居住者の一部を抽出して調査する標本調査であり、標本誤差を含むとともに、調査実施過程において様々な調査誤差が発生する。したがって、このようなデータを用いる場合には、調査誤差を除去した偏りのない推定法を作成すること、および標本誤差に基づくデータの精度を考慮した解析が必要である。¹⁾本研究では、パーソントリップ調査において採取データの90～95%を占め、最も重要な調査である家庭訪問調査を取り上げ、調査不能および無回答によって生じる推定量の偏りについて考察している。すなわち、家庭訪問調査において調査不能は、調査対象者に一様に発生するのではなく、特定の個人属性をもつ対象者の層に集中的に発生している。このため、調査を完了した人の集団すなわち標本では、調査対象地域の属性別人口構成が乱されており、歪みをもった標本となっている。したがって、単に標本の抽出率を用いて推定を行なうならば、この歪みのために推定量には偏りが生じるのである。そこで、本研究は、家庭訪問調査における個人属性による回収率の差異を把握すること、および、この差異に基づく人口ヤトリップの推定量の偏りについて考察することを目的としている。そして、この偏りを補正する方法として、層別拡大方法を提案している。

2. 回収率の地域差および個人属性層間における差異の検討

家庭訪問調査では、フレームとして住民登録台帳を用いている。すなわち、住民登録台帳から世帯をランダムに抽出し、抽出された世帯の全構成員を調査対象者として訪問調査を行なう。この過程において、調査不能が生じる理由としては、次のものが挙げられる。

- ① 調査対象者抽出時点と調査実施時点のずれ（道央都市圏調査で約3ヶ月）による死亡や転居
- ② 住民登録手続きを怠っていることなどによる調査フレームの不備
- ③ 調査対象者の病気、不在などによる調査不能
- ④ 作業上のミスによる対象者名簿の不備
- ⑤ 対象者の拒否
- ⑥ その他の理由による対象者の探索不能

表1 家庭訪問調査における回収率の地域差（道央都市圏）

市 区 町 村	5才以上人口 (人)	対象者数 (人)	調査完了数 (人)	回収率 (%)
札幌市 中央区	182584	10914	9003	82.4
西 区	135416	8208	7166	87.3
北 区	123224	7267	6166	84.8
東 区	154376	9255	7889	85.2
白石区	153864	9279	7977	85.9
豊平区	139472	8441	7085	83.9
南 区	83296	4938	4218	85.4
小樽市	171656	10405	9291	89.2
石狩町	11192	661	575	86.9
当別町	16368	1012	868	85.7
江別町	62352	3746	3290	87.8
広島町	8640	513	458	89.2
恵庭市	32032	1903	1670	87.8
計	1274456	76545	65655	85.7

これらの理由に基づく調査不能を除いた、調査完了者の全対象者に占める割合が回収率であるが、回収率を市町村などの地域別にみると差がみられる。表1は道央都市圏パーソントリップ調査における市区町別の回収率である。回収率の地域差は、これまで実施された各都市圏の調査のいずれにおいてもみられ、一般に都市中心部地域で低く、周辺地域で高いことが経験されている。これは、都市中心部地域において対象者の拒否、不在、転居などの事由が、より生じやすいことを反映しているとみえよう。

個人属性層間における回収率の差異を、性、年齢、

世帯規模の3つの属性から見てみる。表2は道央都市圏調査における回収状況を性・年齢層別に見たもので、各層間に回収率の差がないと仮定して調査完了者総数を層別人口構成比に従って配分した期待調査完了者数と、実際の調査完了者数を比較したものである。これによれば、男性層あるいは15～30歳の青年層において、実際の完了者数は期待値を下回り、低回収率であることを示している。このような傾向は、広島都市圏²⁾や東京都市圏調査³⁾などにも見られ、住民登録台帳をフレームとした家庭訪問調査では、性・年齢層により定性的な回収率の差があると判断してよい。

表3は、道央都市圏調査における男性の年齢・世帯規模別調査率である。調査率は、層別人口に対する層別調査完了者数の割合であり、もし、調査不能が全ての層で均等に生じているならば、表3の各数値は平均調査率である5.15%をとる。調査率は、対象者抽出時の偶然性を僅かながら含んでいるが、表3の値はこの偶然性の範囲を越えており、属性層間の回収率の差異に基づく変動が見られる。15～29歳の年齢層および単身世帯層における低調査率が認められ、これらの属性層の行動特性は前述の不能理由によく対応している。これらの結果、家庭訪問調査によって得られる標本は、属性層の回収率の差のために、属性別人口構成の点で対象地域の居住者の集団から歪んだ標本となっていることが示された。

3. 回収率の地域差および属性層差が推定量に及ぼす影響

パーソントリップ調査では、属性別人口や目的別トリップ数などのように、対象地域の人口やトリップの絶対数そのものを推定することが主要な目的となる。このためには、標本は調査率の逆数に乗じて集計を施す必要がある。この乗数を拡大係数という。

調査率の地域差を無視して、全対象地域の平均調査率を用いるならば（次節ケース1）、調査率が平均値よりも高い地域においては、人口が過大に推計されることは明らかである。さらに、トリップ数の推定では、人の交通行動圏を考えると、あるゾーンに住んでいる人のトリップは概してそのゾーン周辺で行なわれる確率が高い。したがって、あるゾーンにおいて調査率が高く、相対的に多くの人が調査されているときには、そのゾーン周辺に起終点をもつトリップが相対的に多く採取され過大推計となる。すなわち、調査率の地域差は、ゾーンの交通発生量などの地域的分布に偏りをもたらす。従来の家庭訪問調査では、調査率の地域差の影響を避けるため、市区町村の総人口を頼りに、市区町村別に拡大係数を設定している（次節ケース2）。すなわち、 j 市区町村の総

表2 道央都市圏家庭訪問調査における年齢層別回収状況

年齢階層 (才)	男				女				男女計
	年齢層別 人口	期待調査 人数	実績調査 人数	比率 (実/期)	年齢層別 人口	期待調査 人数	実績調査 人数	比率 (実/期)	比率
5-- 9	56023	2886	2978	1.032	53263	2743	2861	1.043	1.037
10--14	47864	2465	2704	1.097	45367	2337	2586	1.107	1.102
15--16	56129	2891	2687	0.929	53572	2759	2627	0.952	0.941
20--24	86006	4430	3527	0.796	85242	4391	4038	0.920	0.858
25--29	70328	3623	3142	0.867	72135	3716	3634	0.978	0.923
30--34	63551	3273	3212	0.981	66226	3411	3534	1.036	1.009
35--39	57503	2962	3099	1.046	57639	2969	3144	1.059	1.053
40--44	49660	2558	2743	1.072	49403	2545	2622	1.030	1.051
45--49	37167	1914	2024	1.057	40724	2097	2149	1.025	1.040
50--54	26847	1383	1434	1.369	32772	1688	1754	1.039	1.038
55--59	23786	1225	1254	1.024	25686	1323	1401	1.059	1.042
60--64	20932	1078	1150	1.067	22425	1155	1229	1.064	1.065
65才以上	34429	1773	1881	1.061	39763	2048	2241	1.094	1.079
計	630232	32467	31835	0.981	644224	33187	33820	1.019	1.000

人口を jN 、 j 市区町村に居住する調査完了者数を jn とすると、拡大係数 jE は、

$$jE = jN / jn = (1/r) * (1/j\beta) \quad (1)$$

ここに、 r ；対象者の抽出率、 $j\beta$ ； j 市区町村の回収率

として定められる。これにより、トリップの推定における偏りは、総数としては改善される。

調査率には、個人 表3 性別・年齢別・世帯構成員数別 調査率（道央都市圏全域・男性）

属性層による差異があるが、前述の総人口による拡大法を用いたときに生じる推

定量の偏りを考える。

層別人口が直接的な

影響を受けることは

明らかである。層別

の回収率が(1)式の

市区町村別回収率

$j\beta$ よりも小さい層

では、本来より大き

な拡大係数を要する

ものであり、過小推

計を生じる。また、回収率が $j\beta$ より大きい層では過大推計となる。

表2における比率は、この推計の偏りを示しており、男性15～34

才層、女性15～29才層で過小推計されていることを示している。

このような性別・年齢・世帯規模層における人口推定の偏りは、職業

別や産業別人口などの推定量に影響している。たとえば、女性、学

童層、老人層の過大推計のために、産業別人口では、無職人口が過

大に、就業者人口が過小に推定されている。

属性層別の回収率の差異は、層における交通行動特性の差異を反映して、トリップの推定量にも偏りをもたらす。すなわち、特定の層において調査率が低いことは、その層に属する人の行なうトリップが相対的に少く採取されていることになり、その層において相対的に高い発生率をもつようなトリップは過小に推計される。この影響は次のように表わすことができる。いま、層が2層であると、それぞれの層の人口を N_1 、 N_2 とする。また1人当たり平均トリップ数のようなトリップ発生に関する層の特性値を α_1 、 α_2 とし、層別回収率を β_1 、 β_2 とする。抽出率を r とすると、 i 層の調査完了者数は $N_i \beta_i r$ 、調査によって採取されたトリップの数は $\alpha_i N_i \beta_i r$ となる。このとき、層を無視した1人当たり平均トリップ数 α_0 は、

$$\alpha_0 = (\alpha_1 N_1 \beta_1 r + \alpha_2 N_2 \beta_2 r) / (N_1 \beta_1 r + N_2 \beta_2 r) \quad (2)$$

である。この平均トリップ数 α_0 を用いた対象地域の総トリップ数 T_G と層別の平均トリップ数 α_1 、 α_2 を用いた総トリップ数 T_S を比較すると、

$$T_G = \alpha_0 (N_1 + N_2), \quad T_S = \alpha_1 N_1 + \alpha_2 N_2 \quad (3)$$

$$\frac{T_G}{T_S} = \frac{(N_1 + N_2) \cdot (\alpha_1 N_1 \beta_1 + \alpha_2 N_2 \beta_2)}{(\alpha_1 N_1 + \alpha_2 N_2) \cdot (N_1 \beta_1 + N_2 \beta_2)} \quad (4)$$

となり、層別の回収率の差異による推定量の偏りを表わす。層別人口が等しく、 $N_1 = N_2$ であるときには、

$$\frac{T_g}{T_s} = 1 + \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2} \cdot \frac{\beta_1 - \beta_2}{\beta_1 + \beta_2} \quad (5)$$

となる。すなわち、回収率の差 $\beta_1 - \beta_2$ によって推定量には偏りが生じ、回収率の相対的な差が大きい程、また層別特性値の相対的な差が大きい程、偏りの絶対値は大きくなる。偏りの方向は、表4に示される。

このように属性層間における回収率の差異は、層における交通行動特性の差異を通じてトリップの推定量に偏りをもたらす。道央都市圏調査の例では、次節に詳述する如く、全目的トリップで約2.5万、0.8%の過小推計が生じている。この性別内訳をみると、男性層では約13.2万の過小、女性層では約12.5万の過大推計である。また、年齢層では、20～34才層で11.5万の過小、60才以上の層で11.6万の過大となっている。いわば、男性層の過小分を女性層のトリップで、青年層の過小分を老年層のトリップで補っているのである。男女間あるいは青年老年間では、トリップの目的構成、利用する交通手段、トリップ長、トリップの行なわれる場所等に質的な差があり、このため総数的には一致していてもトリップの質的構成には歪みが生じている。

4 トリップの推定量における偏りとその補正方法

本節では、道央都市圏調査における層別調査率および平均トリップ数等のデータを用いて、目的種類別および交通手段別トリップ数における推定量の偏りを量的に検討する。層別を行なったときのトリップ数の推定量は、

$$T_s = \sum_{i=1}^m \alpha_i N_i = \sum_{i=1}^m (t_i / n_i) \cdot N_i = \sum_{i=1}^m t_i (N_i / n_i) \quad (6)$$

ここに α_i ; i 層における1人当たり平均トリップ数 N_i ; i 層における人口

T_s ; トリップの総数の推定量

n_i ; i 層における調査された人の数

t_i ; 標本において i 層の人のトリップの総数 m ; 層の数

となり、層別調査率の差異が反映される。 N_i / n_i は i 層の層別拡大係数である。

調査率は、前述の如く、地域および調査対象者の属性層によって差があるので、これらの影響を検討するために次の4種の推定量を作成し、比較を行なった。〔6〕式の記号に添字 j をつけ、居住ゾーンを表す。

ケース 1 調査対象地域全域の平均調査率を用いた拡大による推定量 T_1

$$jT_1 = \sum_{i=1}^m j t_i \cdot \left(\frac{\sum_{i=1}^m j N_i}{\sum_{i=1}^m j n_i} \right) \quad (7)$$

ケース 2 市区町村の平均調査率を用いた拡大による推定量 T_2

$$jT_2 = \sum_{i=1}^m j t_i \cdot \left(\frac{\sum_{i=1}^m j N_i}{\sum_{i=1}^m j n_i} \right) \quad (8)$$

ケース 3 調査対象地域全域における層別調査率による拡大における推定量 T_3

$$jT_3 = \sum_{i=1}^m \{ j t_i \cdot \left(\frac{\sum_{i=1}^m j N_i}{\sum_{i=1}^m j n_i} \right) \} \quad (9)$$

ケース 4 市区町村別層別調査率による拡大における推定量 T_4

$$jT_4 = \sum_{i=1}^m \{ j t_i \cdot \left(\frac{j N_i}{j n_i} \right) \} \quad (10)$$

それぞれのケースにおいて jT_k は j ゾーンに居住する人によっておこなわれたトリップの推定量の総数を表わしている。これらの4つの推定量のうち、ケース4が最も偏りの小さい推定量を与えるのでケース4の値を基準に検討を行なう。

目的種類別トリップ数および交通手段別トリップ数における各ケースの推定量を表5および表6に示す。表は推定を各市区町村ごとに行ない、それらの和としての札幌市の結果である。また、層別には性・年齢階層および世帯規模を用いている。表7は目的種類通勤における居住市区町村別トリップ数の推定量を、市区町村ごとに比較して、推定量の偏りの地域的変動を見たものである。

多くの家庭訪問調査で用いられている拡大法であるケース2をみると、目的種類別トリップ数においては、通勤で3.4%、業務で3.5%、社交・娯楽で3.5%の過小推計を生じ、一方、通学で2.8%、自宅から買物で3.1

%の過大推計を生じている。後者の過大推計は、前節でみた学童層や主婦層の属性別人口の過大推計に対応している。そして、全目的の総トリップ数では、0.8%と偏りは小さいが、目的別に見るとトリップの構成に偏りを生じているのである。このような傾向は回収率の属性間の差の大きい札幌市中央区などに著しい。ケース3は、ケース4に十分一致した推定量を示している。また、表7をみると、ケース1では地域別の回収率の差を直接的に反映して市区町村別の推定量は大きく変動しており、また偏りも最も大きく推定量として適切さに欠ける。ケース3では、回収率の地域差を無視しているにもかかわらず、各市区町村の推定量の偏りは比較的小さく、回収率の地域差が、大部分、属性による回収率の差異と地域による属性別人口構成の差異により吸収されることを示している。ケース2では、全市区町村において過小推計となっており、偏りが地域的な要因の影響ではなく、この目的種類の推定量に共通のものであることを示している。他の目的種類でも、過大または過小推計の傾向は、市区町村間で安定している。そして通勤では6%、業務では3.3%、社交・娯楽では5%の最大の過小推計が生じており、他方、通学では4.8%、自宅からの買物では4.3%の最大の過大推計が生じている。

交通手段別トリップ数をみると、ケース2では、徒歩で若干の過大推計を生じている以外は、全々の手段別トリップで過小推計となっており、貨物車4.9%、鉄道3.2%、タクシー3.1%、乗用車2.5%において過小推計が著しい。交通手段別トリップにおいても手段による過大または過小推計の傾向は市区町村間で安定している。市区町村間でみると、徒歩では最大2.1%の過大推計であり、他方、貨物車で6.5%、鉄道で5.2%、タクシーで6.0%、乗用車で5.0%、バス・市電で4.6%の最大の過小推計が生じている。

このような偏りを避けるためには、市区町村の平均調査率を用いる従来の拡大法ではなく、ケース3、4の如き層別拡大法を用いることが提案される。層別拡大法は、家庭訪問調査で得られた標本を単一の標本とみなすのではなく、対象集団を属性によって層化した上で抽出・調査された複数個の標本の集まりと理解し、個々の層ごとの推定量の和や平均として対象集団全体の推定量を算出する方法であり標本調査理論の層化抽出法に相当する。そして、対象地域における各層の層別人口 N_i および家庭訪問調査の調査完了者中心層に属する人の数 n_i から各層の拡大係

表5 拡大方法の違いによる目的種類別トリップ数の推定量の差異(札幌市)
数 $E_i = N_i$
 $/n_i$ を算出し、これを各層に属する人およびその人の行ったトリップに付して集計することにより、[6]式の計算が達成される。

目的種類	トリップ数				比率		
	ケース(1)	ケース(2)	ケース(3)	ケース(4)	(1)/(4)	(2)/(4)	(3)/(4)
全目的	2408001.	2425641.	2435958.	2444340.	0.985	0.992	0.997
通勤	310276.	312474.	321838.	323379.	0.959	0.966	0.995
通学	213243.	214742.	208678.	208928.	1.021	1.028	0.999
業務	341729.	344258.	352460.	353722.	0.966	0.973	0.996
自宅から買物	174461.	175714.	169797.	170417.	1.024	1.031	0.996
その他の買物	62575.	63065.	63358.	63498.	0.985	0.993	0.998
社交・娯楽	164397.	165709.	171176.	171715.	0.957	0.965	0.997

表6 拡大方法の違いによる交通手段別トリップ数の推定量の差異(札幌市)

交通手段	トリップ数				比率		
	ケース(1)	ケース(2)	ケース(3)	ケース(4)	(1)/(4)	(2)/(4)	(3)/(4)
全手段	2408001.	2425641.	2435958.	2444340.	0.985	0.992	0.997
徒歩	1027028.	1034482.	1017375.	1019905.	1.007	1.014	0.998
乗用車	390090.	392813.	401187.	402721.	0.969	0.975	0.996
貨物車	187628.	188749.	198118.	198482.	0.945	0.951	0.998
鉄道	144929.	146368.	150363.	151144.	0.959	0.968	0.995
バス・市電	420844.	423735.	428038.	429898.	0.979	0.986	0.996
タクシー	92282.	93246.	95655.	96253.	0.959	0.969	0.994

いた属性に基

注：表5,6では全々の目的種類、交通手段を挙げていないので、和は全目的と一致しない

づく偏りは解消される。また層別に直接用いなかっ
属性においても、属性間の相関性を通じて偏りはある
程度改善される。道央都市圏調査では、性・年令・世
帯規模による層別拡大により、職業別人口の偏りも減
少している。トリップの推定量では、調査の対象であ
るトリップの真の値は知り得ないので、層別拡大によ
る偏りの減少が全体の精度改善にどれだけ寄与してい
るかは必ずしも明確ではない。しかしながら、性・年
令・世帯規模に基づく偏りは、目的種類別や交通手段
別トリップ数において3〜5%に及んでおり、この偏
りを解消することはデータの利用に極めて有用である。

本研究で見出された推定量の偏りを、調査精度上重
大なものとするかどうかは、それぞれの調査で目標と
している調査精度によって判断される。しかし、多く
のパーソントリップ調査における精度の目標が、目的
別発生集中量段階で10%程度であることを考えると、一般的には、この偏りは無視し得ないものであり、これ
を修正することは重要である。偏りの大きさは、調査において訪問を繰り返し、不在や拒否による調査不能をど
こまで減少せしめるかによって影響される。この点、道央圏調査は良好な調査であり、調査のやり方によつては
より大きな偏りが生じる可能性もある。

5. おわりに

本研究では、家庭訪問調査において調査不能によって生じる推定量の誤差について検討した。調査不能を性・
年令・世帯規模という個人属性別にみると、属性層間に回収率の差異が存在することが認められた。そして、標
本を従来のようにゾーン平均回収率によって拡大すると、この差異のため、属性別人口のみならず、目的別や交
通手段別トリップ数の推定量にも偏りが生じることが示された。この偏りは、通勤、業務、社交娯楽を目的にも
つトリップや乗用車、貨物車、鉄道を交通手段とするトリップなどで、3〜5%の過小推計となりデータ利用に
無視し得ないものである。そして、この偏りを解消する方法として層別拡大法を提案し、その有用性を示した。
調査不能による誤差はパーソントリップ調査に特有のものではなく、多くの調査で発生しているものであり、と
くに郵送調査などでは甚だしい。この点、自動車OD調査などでも検討を行なう必要がある。

最後に本研究を実施するにあたり、御助言を頂いた北海道大学小川博三教授、五十嵐日出夫助教授に厚く御礼
申し上げます。また、本研究は、道央都市圏パーソントリップ調査のデータを用いて分析を行ない、かつ、実際
に同調査に適用している。ここに、建設省、北海道、札幌市および道央都市圏パーソントリップ調査関係諸氏に
謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 山形耕一；パーソントリップ調査におけるデータ精度に関する研究，北海道大学工学部研究報告，第68号，
昭和48年9月
- 2) 広島都市交通研究会；交通発生のメカニズムとその予測，1971年3月
- 3) 建設省，東
京都他；昭和45年度東京50km圏総合交通体系調査報告書Ⅱ，昭和46年3月
- 4) 斎藤金一郎，浅井晃；標本調
査の設計，培風館，昭和45年3月
- 5) 宮沢晃一；近代統計概論，培風館，昭和37年3月
- 6) 山形耕一；
パーソントリップ調査における層別拡大法について，小川博三環層記念論文集 地域と交通，技報堂，昭和48年
10月。

表7 トリップ数の推定量における拡大法による差異
(目的種類 通勤)

市 区 町 村	ケース(1)	ケース(2)	ケース(3)	ケース(4)
札幌市中央区	0.933	0.955	0.977	1.000
西 区	0.972	0.969	0.992	1.000
北 区	0.948	0.965	0.990	1.000
東 区	0.957	0.962	0.995	1.000
白石区	0.984	0.975	1.005	1.000
豊平区	0.958	0.964	0.995	1.000
南 区	0.973	0.984	0.987	1.000
札幌市 小計	0.959	0.966	0.995	1.000
小樽市	1.011	0.982	1.019	1.000
石狩町	0.962	0.940	0.979	1.000
当別町	0.980	0.947	0.989	1.000
江別町	0.993	0.973	1.000	1.000
広島町	0.981	0.962	0.982	1.000
恵庭市	0.967	0.981	0.973	1.000
全 圏 域	0.968	0.969	0.998	1.000