

パーソントリップ調査における調査不能誤差と 層別拡大に関する研究

ERROR OF ESTIMATES OF PERSON TRIP SURVEY CAUSED BY
NO-RESPONSES AND COMPARISON OF EXPANSION METHODS

山 形 耕 一*

By Koichi YAMAGATA

1. ま え が き

パーソントリップ調査(以下、PT 調査と記す)は、昭和 43 年広島都市圏交通計画において、抽出率およびサンプルのランダム性の見地からわが国で初めて本格的に実施されて以来、中心都市人口が大略 30 万以上の都市圏における総合的交通計画の基礎調査として定着している。PT 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。したがって、PT 調査を用いた解析・予測では、標本誤差に基づくデータの精度への配慮が重要である。加えて、PT 調査では、調査の実施過程においてさまざまな非標本誤差が発生する。非標本誤差は、多くの場合、推定量に偏りをもたらすので、これを除去し偏りのないデータを解析・予測過程に供することが必要となる。本論文では、PT 調査で最も重要なデータ収集手段である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偏りおよびその補正について考察している。すなわち、家庭訪問調査における調査不能は、調査対象者に一様に発生しているのではなく、特定の個人属性をもつ調査対象者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は、属性別人口構成の面で母集団からひずみをもった標本となっている。したがって、この標本を、属性を無視した平均回収率を用いて拡大するならば、属性別人口のみならずトリップの推定量にも偏りが生じる。このような標本のひずみに対処する方法としては、層別拡大法が考えられる。層別拡大法は、第一次道央都市圏 PT 調査で、著者らが初めて適用して以来、第二次東京都市群 PT 調査等でも用いられているが、層別基準のとり方に関する検討は必ずしも十分には行われていないし、層別拡大によるトリップの推定量に関する補正状況はほとんど検討されていない。本論文では、

家庭訪問調査による標本の個人属性構成におけるひずみを把握すること、このひずみを補正するための層別基準のとり方について検討すること、および各層別基準に基づく拡大法による属性別人口およびトリップの推定量に関する補正能力を比較することを目的としている。

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、通常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 か月)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 調査対象者の拒否
- ⑥ その他の理由による調査対象者の探索不能

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、回収率を市区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 PT 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調査対象者の拒否、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てよいだろう。

個人属性による回収率の差異を、性、年齢、世帯規模の 3 つの属性からみとみる。表-2 は、道央都市圏 PT

* 正会員 工博 北海道大学助教授 工学部土木工学科

表一 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	対象者数(人)	調査完了数(人)	回収率(%)
札幌市中央区	182 584	10 914	9 003	82.4
西 区	135 416	8 208	7 166	87.3
北 区	123 224	7 267	6 166	84.8
東 区	154 376	9 235	7 889	85.2
白石区	153 864	9 279	7 977	85.9
豊平区	139 472	8 441	7 085	83.9
南 区	83 296	4 938	4 218	85.4
小樽市	171 656	10 405	9 291	89.2
石狩町	11 192	661	575	86.9
当別町	16 368	1 012	868	85.7
江別市	62 352	3 746	3 290	87.8
広島町	8 640	513	458	89.2
恵庭市	32 032	1 903	1 670	87.8
計	1 274 456	76 545	65 655	85.7

表二 性別・年令別・世帯規模別調査率
(道央都市圏全域・男性) (単位：%)

世帯規模 年令(才)	世帯規模							
	小計	1人	2人	3人	4人	5人	6人	7人以上
5～9	5.32	5.97	5.49	5.31	5.25	5.40	5.41	5.40
10～14	5.65	5.56	5.80	5.59	5.57	5.74	5.76	5.67
15～19	4.79	3.65	4.06	5.12	5.05	5.08	5.12	5.18
20～24	4.10	3.90	4.21	4.09	4.08	4.36	4.48	4.33
25～29	4.47	3.42	5.26	4.79	4.70	4.27	4.27	4.56
30～34	5.05	3.51	5.18	5.15	5.16	5.29	5.04	5.27
35～39	5.39	3.74	5.38	5.50	5.43	5.58	5.47	5.51
40～44	5.52	4.01	5.21	5.62	5.68	5.51	5.38	5.55
45～49	5.45	3.51	5.32	5.37	5.38	5.88	5.95	6.08
50～54	5.34	3.93	4.97	5.33	5.47	5.56	5.60	5.71
55～59	5.27	3.48	5.11	5.34	5.41	5.48	5.65	5.62
60～64	5.49	3.72	5.80	5.46	5.53	5.55	5.80	5.93
65才以上	5.46	3.55	5.80	5.42	5.53	5.89	5.87	5.90
小 計	5.05	3.71	5.21	5.14	5.24	5.33	5.31	5.31

調査における男性の年令、世帯規模層別の調査率を示したものである。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、各層で調査不能が一律の割合で発生しているならば、各層の調査率は、抽出率 6% に平均回収率 85.8% を乗じた 5.15% となる。すなわち、表一において調査率が 5.15% より小さいことは、その層における回収率が全層の平均より低いことを意味する。また、表二の値を 5.15% で除した値は各層の回収率となる。調査率は、調査対象者抽出時の偶然性の影響を受けるが、その影響はわずかであり、表二の値はこの偶然性の範囲を越えている。また、年令層、世帯規模層において調査率の低下に明らかな傾向がみられる。性別には、男性の調査率は 5.05% と平均調査率の 98% となっている。年令層では、15～29 才層で調査率が 5.15% を大きく下回り、回収率の低いことを示している。特に、20～24 才層は、平均回収率の約 80% である。また、世帯規模層では、単身層で調査率が 3.71% であり、平均回収率の 72% となっている。これらの結果、標本の属性別構成は、母集団に比べてとき、男性が

女性に比べて少ないし、若い年令層および単身層が極端に少ないというひずんだ標本となっている。世帯規模を含めた層別回収率については、比較すべき例はないが、性・年令別回収率については、第二次東京都市圏、旭川等の PT 調査で集計されている。表一 3 に、旭川都市圏 PT 調査の結果を示す。旭川都市圏では、全層の平均調査率は 7.95% である。表一 3 では、表一 2 と同様に、男性層全般および男女とも 20～34 才の

表三 旭川都市圏 PT 調査における性・年令別調査率

年令階層	調査率	
	男	女
5～9才	8.3%	8.6%
10～14	8.9	9.2
15～19	7.6	8.0
20～24	5.1	7.0
25～29	6.1	7.6
30～34	7.4	8.1
35～39	8.0	9.0
40～44	8.3	8.3
45～49	7.7	8.0
50～54	7.5	8.3
55～59	8.3	8.4
60～64	7.8	7.8
66～	8.6	8.3
全年令階層	7.7	8.2

年令層で低い回収状況となっている。第二次東京都市圏でもほぼ同様の傾向を示しており、住民登録台帳をフレームとする家庭訪問調査では、性、年令、世帯規模別に定性的な回収率の差があると判断してよいであろう。

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

PT 調査では、属性別人口や目的別トリップ数などの推定のごとく、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を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、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。すなわち、 j 市区町村の総人口を N^j 、 j 市区町村に居住する調査完了者数を n^j とすると、拡大係数 E^j は、

$$E^j = N^j / n^j = (1/r) \cdot (1/\beta_j) \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 r ：事前抽出率、 β_j ： j 市区町村の回収率として定められる。これによって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。

個人属性層間に調査率の差異がある場合、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。層別の回収率が式(1)の市区町村別回収率 β_j よりも小さい層では、層の母数人口を復元するためには、 E_j よりも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 β_j より大きい層では過大推計となる。このような性・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くる。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。この影響を2層の場合を例に示す。各層の人口を、 N_1, N_2 、調査完了者数を n_1, n_2 、生成原単位を a_1, a_2 で表わす。層別を考えない場合の生成原単位 a_0 は

$$a_0 = (a_1 n_1 + a_2 n_2) / (n_1 + n_2) \dots\dots\dots (2)$$

となるので、生成トリップ数の推定量は、

$$T_C = a_0 (N_1 + N_2) \dots\dots\dots (3)$$

となる。層別を考えた場合のトリップの推定量は、

$$T_S = a_1 N_1 + a_2 N_2 \dots\dots\dots (4)$$

である。調査率はそれぞれ $b_1 = n_1/N_1$ 、 $b_2 = n_2/N_2$ である。これを用いて両推定量の比をとると

$$T_C/T_S = (a_1 b_1 N_1 + a_2 b_2 N_2) (N_1 + N_2) / (b_1 N_1 + b_2 N_2) (a_1 N_1 + a_2 N_2) \dots\dots\dots (5)$$

である。両層の人口が等しい場合、すなわち $N_1 = N_2$ とすると、上式は

$$T_C/T_S = 1 + (a_1 - a_2) (b_1 - b_2) / (a_1 + a_2) (b_1 + b_2) \dots\dots\dots (6)$$

と表わされる。すなわち、層の交通特性 a および調査率 b がともに2層間で異なる場合には、全層の平均調査率を用いた拡大では推定量に偏りが生じる。

道央都市圏 PT 調査の例では、市区町村総人口による拡大法は層別拡大法に比べて、全目的トリップ数で約1.9万、0.8%の過小推計が生じている。この偏り誤差は比較的小さいものであるが、トリップを行った人の属性別にみると、男性層によるトリップは約12.6万の過小、女性層によるトリップは約10.7万の過大推計となっている。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11.6万の過大推計となっている。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、トリップの行われる場所等に大きな差がある。このため、層別回収率の差異は、トリップ総数のみならず、その質的構成にもひず

みをもたらす。

4. 層別拡大法による偏りの補正

(1) 層別拡大法

これまでに検討されたごとく、家庭訪問調査により採取された標本は、属性別人口構成において偏りをもつし、さらには、各属性の交通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。属性別人口構成の偏りを補正し、より偏りの小さい推定量を求める方法としては、以下のような方法が考えられる。

㊸ 層別サンプリングによる方法……各層の回収率の違いを調査前に想定し、回収率の低いと予想される層には、あらかじめ多くの調査対象者を割付けておくことにより、各層の調査率の一律化を図る。

㊹ 標本の一部を廃棄する方法……回収率の低い層に合わせて、それ以上の回収率があった層では、標本の一部をランダムに抽出し捨てる。

㊺ 層別拡大による方法

㊸ は層別回収率を事前に想定することが困難であるし、住民登録台帳からのサンプリング作業がきわめて煩雑なものとなる。㊹ は、ただでさえ不足気味の標本数をより低めることとなる。たとえば、表-2の男性、単身、15~29才の層に合わせると、他の層では、標本の20%以上を廃棄することとなり、調査費用を無駄にすることとなる。したがって、本研究では、層別拡大による方法を検討する。

層別拡大法では、標本の要素である調査完了者は、層別基準属性により分類され、いずれかの層 i に属する。そして、調査対象地域において属性 i をもつ人口を N_i 、属性 i をもつ調査完了者数を n_i とすると、層別拡大係数は

$$E_i = N_i/n_i \dots\dots\dots (7)$$

である。属性 i をもつ調査完了者およびその調査完了者の行ったトリップには、以降、この拡大係数 E_i が付される。そして、層別拡大係数を付された標本の要素を集計することにより属性別人口ならびにトリップ数の集計が行われる。すなわち、ある標識 α をもつ人の数あるいはトリップの数 \hat{Y}_α は、層の数を m とすると

$$\hat{Y}_\alpha = \begin{cases} \sum_{i=1}^m E_i \cdot n_{ai} & \text{属性別人口の場合} \dots\dots\dots (8) \\ n_{ai} & \text{標本中属性 } i \text{ をもつ人の内} \\ & \text{標識 } \alpha \text{ をもつ人の数} \\ \sum_{i=1}^m E_i \cdot t_{ai} & \text{トリップ数の場合} \dots\dots\dots (9) \\ t_{ai} & \text{標本中属性 } i \text{ の人の行った標} \\ & \text{識 } \alpha \text{ をもつトリップの数} \end{cases}$$

として推定される。

(2) 層別基準の検討

層別拡大を実施するにあたっては、以下の点が検討される必要がある。

- (ア) 層別基準としていかなる属性を用いるか。
- (イ) 層をいかに設定するか。
- (ウ) 対象地域の層別人口 N_i (以下、層別母数とよぶ) をいかに求めるか。

層別拡大は、式(6)にみられるごとく、層間で調査率および交通特性に差がある場合に意味をもつ。したがって、(ア)、(イ)に関しては、調査不能の原因に対応し、層間調査率が異なってくるような属性に基づいて層化することが必要である。また、生成トリップ数、目的構成、交通手段利用特性等の見地から、層内では交通特性が均質的であり、層間では異質的であることが要請される。このような層別基準となる属性としては、性、年齢、職業、産業、世帯規模などが挙げられる。

拡大係数を設定するためには、式(7)のごとく、層別母数 N_i を必要とし、層別母数の入手可能性が層別基準の選択を制約する。職業、産業等は、(ア)、(イ)の見地から望ましい性質をもつが、PT調査の時点に一致した市区町村別職業別人口や産業別人口のデータを得ることは困難である。職業別人口等は、国勢調査の結果を用いることが考えられるが、総人口がフレームである住民登録台帳と食い違うこと、時点補正を要すること等の難点がある。また、産業別や職業別人口については、国勢調査では、勤務先や従業上の地位を具体的に記入してもらい、これを調査者側で分類するアフターコード方式の調査であるのに対し、PT調査では、調査票上に分類コードを示し、調査対象者に選択させるブレコード方式をとっている。このため、国勢調査とPT調査との差異には、調査方法の違いに起因するものと属性による回収率の差異に起因するものとが混在し、属性別回収率の違いを量的に把握することは難しい。しかしながら、職業や産業における属性別調査率に基づく推定量の偏りは、後述の性、年齢、世帯規模による層別拡大法では除去し得ないため、今後、検討していく必要がある。この点、性、年齢、世帯規模は、調査不能の原因にもよく対応しているし、住民登録台帳の記載事項であるため、これを集計することにより層別母数を求められる。特に、性・年齢別人口は市区町村で統計資料として整備されていることが多い。本研究では、上述の理由に基づき、層別基準として、①性、②年齢、③世帯規模をとり、これらの属性のクロスとして層設定を行った。

層別母数は、住民登録台帳がコンピュータ化されており、確定値としての層別母数を容易に求め得る場合と、住民登録台帳を手作業で集計しなければならない場合と

がある。後者の場合には、全数集計は、時間や費用の点で難しく、母数自体をサンプル調査により推定しなければならないことが多い。このような場合、母数推定の精度を保つという見地からの層設定が必要となる。すなわち、性、年齢、世帯規模別の組合せごとに層を設定すると、層別母数が小さくなり推定の信頼性が低くなるため、層を統合して母数を増加し、推定の安定性を図ることが必要となる。層統合の考え方は、層の交通特性値の安定性も見地からも必要となる。すなわち、層が小さく、層における調査完了者の数が少ないと、層の特性値を推定する際に分散が大きくなる。

本論文で用いている道央都市圏PT調査では、層別母数の全数集計はできなかったため、家庭訪問調査の対象者抽出時に、設計抽出率の約2倍である12.5%の世帯を抽出し、層別母数の推定を行っている。そして、層

世帯規模 年齢(才)	1人	2人	3人	4人	5人	6人	7人	8人	9人以上
5~9		1					2		
10~14		3					4		
15~19				7			8		
20~24	5	6		9			10		
25~29				13			14		
30~34	11	12		15			16		
35~39				19			20		
40~44				21			22		
45~49			18	23			24		
50~54				25			26		
55~59									
60~64									
65才以上		27	28				29		

図一 全域層別拡大法におけるカテゴリー設定(男)

世帯規模 年齢(才)	1人	2人	3人	4人	5人	6人	7人	8人	9人以上
5~9					1				
10~14					2				
15~19		3				7			
20~24			5			8			
25~29						9			
30~34						10			
35~39						11			
40~44						12			
45~49		4				13			
50~54			6			14			
55~59									
60~64									
65才以上									

図二 大ゾーン別層別拡大法におけるカテゴリー設定(男)

間の調査率の差異，交通特性の差異および母数推定の信頼性を考慮して層設定を行っている。層設定の方法および層別母数推定の信頼性については、参考文献 11) に記しているの、ここでは設定された層の概要を述べるにとどめる。後出ケース 3 の全域性・年齢・世帯規模別拡大法では、男性 29 層、女性 26 層の合わせて 55 層とし、層別母数推定の変動係数は最大で 1.7% となるよう層設定されている。また、ケース 4B の大ゾーン別性・年齢・世帯規模別拡大法では、層別母数推定の信頼性の見地から、層数は男性 14、女性 13 の 27 層とした。層別母数推定の変動係数は、各大ゾーンの人口により異なるが、札幌市内で最も人口の少ない南区ゾーンで最も精度の低い層で 5% 程度となるように層設定した。したがって、札幌市内全区および小樽市の全層ならびに江別市と恵庭市の大部分の層では、変動係数約 5% 以内の精度を維持している。両拡大法とも、層の構成は、男性と女性ではほぼ同じであるため、紙幅の制約から、それぞれの男性における層構成を 図—1 および 図—2 に示す。ケース 4A の性、年齢階層のみを用いた大ゾーン別拡大法では、男女別に 5 才年齢階層により層設定を行っている。男女とも 15 層計 30 層であり、層別母数推定の変動係数は、ケース 4B と同程度である。

5. 拡大法の比較

(1) 拡大法の設定

本章では、以下に示す 5 種の拡大法により層別人口およびトリップ数を実際に推定し、これを比較することにより、層別拡大の必要性および層別基準のとり方について検討を行う。用いたデータは、昭和 47 年実施の道央都市圏 PT 調査である。

ケース 1：調査対象地域全域の平均調査率を用いた拡大法（全域総人口拡大法）

$$\begin{aligned} {}_1\hat{Y}_a^j &= \sum_{i=1}^m y_{ai}^j \left(\frac{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^m N_i^j}{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^m n_i^j} \right) \\ &= \sum_{i=1}^m y_{ai}^j E \dots\dots\dots(10) \end{aligned}$$

ケース 2：大ゾーン別の平均調査率を用いた拡大法（大ゾーン別総人口拡大法）

$$\begin{aligned} {}_2\hat{Y}_a^j &= \sum_{i=1}^m y_{ai}^j \left(\frac{\sum_{i=1}^m N_i^j}{\sum_{i=1}^m n_i^j} \right) = \sum_{i=1}^m y_{ai}^j E_j \\ &\dots\dots\dots(11) \end{aligned}$$

ケース 3：調査対象地域全域の層別調査率を用いた拡大法（全域層別拡大法）

$$\begin{aligned} {}_3\hat{Y}_a^j &= \sum_{i=1}^m y_{ai}^j \left(\frac{\sum_{j=1}^k N_i^j}{\sum_{j=1}^k n_i^j} \right) = \sum_{i=1}^m y_{ai}^j E_i \\ &\dots\dots\dots(12) \end{aligned}$$

ケース 4：大ゾーン別層別調査率を用いた拡大法（大ゾーン別層別拡大法）

$${}_4\hat{Y}_a^j = \sum_{i=1}^m y_{ai}^j (N_i^j/n_i^j) = \sum_{i=1}^m y_{ai}^j E_i^j \dots\dots(13)$$

ここで、

i ：層番号， m ：層の数
 j ：大ゾーン番号 k ：大ゾーンの数

α ：集計対象とする人あるいはトリップの属性

${}_1\hat{Y}_a^j$ ：人口推定の場合にはゾーン j に居住する属性 α をもつ人の推定量。トリップ数推定の場合にはゾーン j に居住する人によって行われた属性 α をもつトリップの推定量。1, 2 等数字はケースを表わす。

y_{ai}^j ：標本中で層 i に属し j ゾーンに居住する属性 α をもつ人の数（人口推定の場合）、あるいは層 i に属し j ゾーンに居住する人によって行われた属性 α をもつトリップの数（トリップ数推定の場合）。

E ：拡大係数。添字 j はゾーン別に、 i は層別に拡大係数が設定されていることを示す。

大ゾーン別層別拡大法において、層別基準として性・年齢階層のみを用いた拡大法を 4A とし、性、年齢階層、世帯規模を含め、図—2 の層を用いた拡大法を 4B とする。

ケース 1 は、最も単純な拡大法である。ケース 2 は従来の PT 調査で用いられてきている拡大法であって、回収率の地域差を地域特性としてとらえる考え方に立つ。ケース 3 では、回収率の差は調査対象者の属性の違いにより生じており、回収率の地域差はゾーンの属性別人口構成の差に帰着するという考え方に立っている。ケース 4 では、回収率の地域差は、調査対象者の属性および地域特性の双方から生じているとする考え方に立つ。

人口推定の正確さの見地からは、表—2 にみられるごとく、単身者における低回収率を補正するため、世帯規模を含めた拡大が望ましい。しかし、世帯規模に関する既集計資料は乏しく、拡大にあたっては、新たに住民登録台帳を集計しなければならない場合が多い。台帳がコンピュータ化されていない場合は、このための時間および費用がきわめて大きくなる。そこで、世帯規模を無視しても、トリップの推定量が、目的構成や交通手段別構成の面ではずんでいないならば、性、年齢階層のみによる拡大が効率的である。これを検討するため、4A と 4B の 2 種の層別拡大法を比較している。

(2) 層別人口の推定量における推定誤差

表—4 は、札幌市中央区における各ケースの層別人口推定値の母数に対する比の値を、ケース 4B の層を基

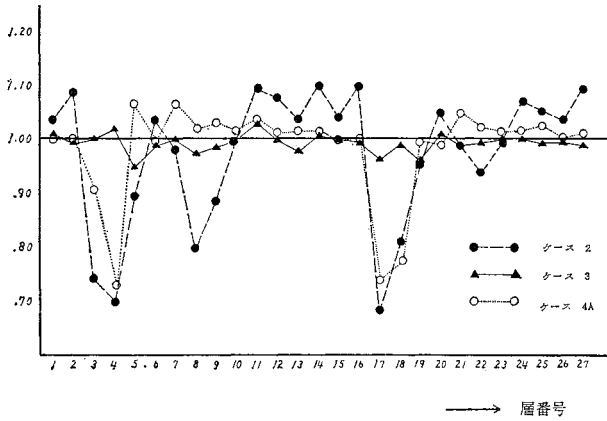


図-3 層別人口推定における拡大法の比較（札幌市西区）

表-4 層別人口推定における拡大法の比較（札幌市中央区）

ケース 層番号	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4A	層別母数 (人)
1	1.025	1.048	0.993	1.000	6 235
2	1.091	1.116	0.997	1.000	5 536
3	0.763	0.780	1.024	0.922	8 348
4	0.671	0.686	0.978	0.731	8 418
5	0.934	0.955	1.010	1.130	2 784
6	1.057	1.081	0.994	1.033	6 114
7	0.998	1.021	1.011	1.070	5 970
8	0.844	0.863	1.030	1.048	6 028
9	0.924	0.945	1.033	1.116	4 539
10	1.002	1.025	0.998	1.067	5 114
11	1.059	1.083	0.996	1.040	5 937
12	1.084	1.108	1.000	1.027	10 139
13	1.056	1.080	0.997	1.038	5 623
14	1.067	1.092	0.980	1.023	4 910
15	1.042	1.065	0.999	1.000	5 854
16	1.107	1.132	1.001	1.000	5 651
17	0.712	0.728	0.998	0.790	5 865
18	0.790	0.808	0.985	0.780	10 076
19	0.984	1.007	0.988	1.066	4 279
20	1.043	1.066	0.996	1.002	7 429
21	1.007	1.030	1.009	1.066	5 784
22	0.957	0.979	1.010	1.083	7 300
23	0.997	1.020	1.001	1.053	5 994
24	1.071	1.095	0.996	1.077	12 620
25	1.075	1.100	1.013	1.065	10 850
26	1.058	1.082	1.013	1.012	5 303
27	1.086	1.110	0.984	1.023	5 917
総人口	0.978	1.000	1.001	1.000	178 720

準に示したものである。この場合、ケース 4B の推定値は層別母数に一致する。また、図-3 は、札幌市西区における上記の値をケース 2, 3, 4A について図示したものである。中央区は都心を含み、対象地域内で最も回収率が低い地域であり、西区は住宅地的性格が強く、札幌市内で最も回収率が高い地域である。

ケース 1 および 2 の値は、それぞれ、全域および各区の平均回収率に対する層別回収率の比の値そのものとなる。まず、表-1 の回収率の地域差にかかわらず、層別

回収率が両区でよく似た傾向を示していることが注目される。ケース 2 では、男女とも 15 才以上の単身層（層 3, 4 および 17, 18）で著しい過小推計、男の 15~29 才・2人世帯層（層 5）および男の 20~29 才・3人以上世帯層（層 8, 9）で過小推計となっている。他方、男女共 14 才以下の層（層 1, 2, 15, 16）、35 才以上の世帯層（層 11~14, 24~27）では、ほぼ 10% の過大推計となっている。これらの傾向は、すべての大ゾーンに共通している。このことは、PT 調査のみならず一般のアンケート調査でも、標本の層別人口構成がひずんでいる可能性が大きいことを示唆している。

性・年齢層別拡大であるケース 4A では、単身者層（層 3, 4, 17, 18）が著しい過小推計であり、他の層は過大推計となっている。そして、世帯規模 2 以上の場合、年齢 15~34 才層（層 5, 7~10, 19, 21~23）ではケース 2 に比べて、過大推計が甚だしくなっている。

ケース 3 による層別人口推定量は、層別母数にきわめてよく一致している。最悪の場合で、中央区で誤差 3%、西区で 5% であり、ほとんどの層で 2% 以内に収まっている。この傾向は、大ゾーン人口が十分な大きさをもつ札幌市内各区および小樽市で共通にみられる。性、年齢階層、世帯規模による層別拡大法が、回収率の地域差にかかわらずゾーン別の層別人口を精度よく推定し得ることは、回収率の地域差が、層による回収率の差異および地域による属性別人口構成の違いにより大部分説明し得るものであることを示している。

さらに、性、年齢、世帯規模別層別人口における一致性の向上は、就業人口推定の一致性をも改善している。すなわち、ケース 1 および 2 では札幌市全域における就業人口比率の推定値は 47.8% であるのに対し、ケース 3 および 4B では 49.3%、ケース 4A では 49.2% となっている。昭和 50 年度国勢調査における就業人口比率（PT 調査に合わせるため 4 才以下を除く）は、49.8% であり、調査方法および 3 年間の調査時点差を考えると、比較的よく一致している。すなわち、層別拡大法による女性層、老令層、学童層などにおける過大推計の補正を通じ、就業人口比率など職業別人口構成の偏りを部分的に補正しているものと理解できよう。

(3) トリップの推定量における推定誤差

本節では、各拡大法によって推定されたトリップの推定値を比較し、各拡大法の推定特性について考察する。5 種の拡大法のうちでは、ケース 4B が最も不偏性の高い拡大法であるため、ケース 4B を基準にして検討

する。以降、トリップの推定値は、ケース 4B による推定値に対する比の値として表示している。

表一5 は、各拡大法による交通目的別および交通手段別生成トリップ数の推定結果を示したものである。いずれも、大ゾーンごとに推定を行い、それらの和としての札幌市計を表示している。各拡大法における平均的な推定の適合性を示す指標である。表一6 および表一7 は、通勤目的および交通手段を自家用乗用車とする居住大ゾーン別生成トリップ数の推定値を示す。これによって、トリップの推定誤差が地域的にどのように発生しているか知ることができる。大ゾーン別推定値のうち、最も大きな誤差を生じている大ゾーンにおける誤差を最大誤差とよぶことにする。表一8 は最大誤差を交通目的および交通手段の別に示している。併せて、大部分のゾーンで誤差が一定符号をもつ場合、すなわち誤差が偏り誤差であるとみられる場合、これを+の符号で示している。

以降、表一5~8 を総合的に考察し、各拡大法の評価

表一5 目的別および交通手段別生成トリップ数推定における拡大法の比較

ケース 目的・手段	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4A	ケース 4B による推定 トリップ数
全目的・全手段	0.985	0.992	0.997	0.998	2 444 340
通 動	0.959	0.966	0.995	0.991	323 379
通 学	1.021	1.028	0.999	1.008	208 928
業 務	0.966	0.973	0.996	0.997	353 722
自宅から買物	1.024	1.031	0.996	1.009	170 417
その他の買物	0.985	0.993	0.998	0.992	63 498
社 交・娯 楽	0.957	0.965	0.997	0.983	171 715
徒 歩	1.007	1.014	0.998	0.996	1 019 905
自家用乗用車	0.969	0.975	0.996	1.004	402 721
貨 物 車	0.945	0.951	0.998	0.999	198 482
鉄 道	0.959	0.968	0.995	0.999	151 144
バ ス・市 電	0.979	0.986	0.996	1.000	429 898
タ ク シ ー	0.959	0.969	0.994	0.981	96 253

(注) 目的・交通手段はすべてを取り上げていないので、目的や手段の和は全目的・全手段に一致しない。

表一6 大ゾーン別目的別生成トリップ数推定における拡大法の比較(目的:通勤)

ケース 大ゾーン	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 4B による推定 トリップ数
札幌市中央区	0.933	0.955	0.977	0.984	58 288
西 区	0.972	0.969	0.992	0.993	47 495
北 区	0.948	0.965	0.990	0.993	41 468
東 区	0.957	0.962	0.995	0.994	52 209
白石区	0.984	0.975	1.005	0.996	49 584
豊平区	0.958	0.964	0.995	0.986	48 376
南 区	0.973	0.984	0.987	1.002	25 957
札幌市 計	0.959	0.966	0.995	0.991	323 379
小樽市	1.011	0.982	1.019	0.998	53 898
石狩町	0.962	0.940	0.979	1.000	2 619
当別町	0.980	0.947	0.989	1.003	3 699
江別市	0.993	0.973	1.000	0.996	19 946
広島町	0.981	0.962	0.982	1.015	2 669
恵庭市	0.967	0.981	0.973	1.017	9 048
全圏域	0.968	0.969	0.998	0.993	415 257

表一7 大ゾーン別交通手段別生成トリップ数推定における拡大法の比較(交通手段:自家用乗用車)

ケース 大ゾーン	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4A	ケース 4B による推定 トリップ数
札幌市中央区	0.964	0.986	0.999	1.010	69 754
西 区	0.974	0.970	0.995	1.002	57 047
北 区	0.947	0.964	0.986	1.004	50 321
東 区	0.957	0.962	0.994	1.004	66 423
白石区	0.989	0.980	1.008	1.000	64 581
豊平区	0.977	0.983	0.998	0.999	58 938
南 区	0.971	0.982	0.986	1.005	35 658
札幌市 計	0.969	0.975	0.996	1.004	402 721
小樽市	1.004	0.976	1.021	1.006	41 531
石狩町	0.973	0.950	0.967	1.019	4 366
当別町	1.004	0.970	0.997	1.001	6 895
江別市	0.987	0.968	0.998	1.001	27 832
広島町	0.965	0.946	0.957	0.996	3 877
恵庭市	0.971	0.986	0.972	1.015	17 428
全圏域	0.973	0.975	0.997	1.004	504 650

表一8 大ゾーン別生成トリップ数推定における最大誤差

ケース 目的、 交通手段	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4A
全 目 的	-3.2%	-1.4%	1.3%	0.6%
通 動	-6.7	-6.0	2.7	1.7
通 学	+6.6	+3.7	2.0	+1.2
業 務	-4.9	-3.3	2.0	1.5
自宅から買物	+5.6	+4.3	1.5	+1.8
その他の買物	3.6	-3.4	2.7	2.0
社 交・娯 楽	-8.0	-6.7	3.1	-3.3
徒 歩	+4.2%	+4.1%	0.8%	1.6%
自家用乗用車	-4.3	-5.3	4.3	1.9
貨 物 車	-8.6	-6.5	3.3	2.1
鉄 道	-6.2	-4.6	1.7	1.6
バ ス・市 電	-3.9	-3.2	3.2	1.4
タ ク シ ー	-6.3	-4.3	1.8	-2.3

(注) +、- は誤差が大部分の大ゾーンで過大推計もしくは過小推計に偏っていることを示す。

を行う。

ケース 1 の全域総人口拡大法では、総トリップ数で約 3.6 万、1.5% の過小推計となっている。目的別には、札幌全域で、通勤 4.1%、業務 3.4%、社交娯楽 4.3% 等が過小推計であり、通学 2.1%、自宅からの買物 2.4% で過大推計となっている。交通手段別には、乗用車、貨物車、鉄道、タクシーで 3~6% 程度の過小推計が生じている。表一6 の大ゾーン別通勤生成トリップ数では、ほぼすべての大ゾーンで過小推計であるし、中央区 6.7%、北区 5.2% 等回収率の低い大ゾーンで甚だしい過小推計となっている。また、大ゾーン別乗用車生成トリップ数でも北区 5.3%、東区 4.3% 等過小推計が生じている。そして、目的別、交通手段別とも大ゾーン間で誤差がばらついており、トリップ数の大ゾーン別分布にひずみが生じることを示している。すなわち、ケース 1 では、トリップ数の推定値の一致性、地域的分布、目的別や交通手段別構成比の諸点で大きなひずみをもった

推定値となっている。

ケース2の大ゾーン別総人口拡大法では、総トリップ数は約1.9万、0.8%過小推計と総数的には改善される。しかし、目的別生成トリップ数では、ケース1で過小推計であった目的で多少改善されるにせよ、通勤3.4%、業務2.7%、社交娯楽3.5%となお無視し得ない過小推計が生じている。また、ケース1で過大推計であった通学、自宅からの買物では、かえって過大推計の程度が増し、約3%となっている。交通手段別生成トリップ数も同様であり、乗用車2.5%、貨物車4.9%、鉄道3.2%、タクシー3.1%等無視し得ない過小推計が生じている。すなわち、総人口拡大は大ゾーン別に行ってもトリップの推定量の改善には、思いのほか寄与していない。表-6により大ゾーン別通勤生成トリップ数を見ると、ケース1に比べて、過小推計の程度が各市区町村間で平均化されており、トリップの地域的分布は改善されている。推定値は全ゾーンで過小推計となっているし、中央区4.5%、石狩町6.0%、当別町5.3%等で大きな過小推計が生じている。また、大ゾーン別自家用乗用車生成トリップ数推定でも、全ゾーンで過小推計であり、北区3.6%、東区3.8%、石狩町5.0%、広島町5.4%等が大きな誤差をもつ。表-8をみると、ケース2の拡大法では、誤差は目的や交通手段ごとに一定の符号をもつ傾向にあり、偏り誤差が生じていることが指摘できる。これは、15~29才の青年層における低調査率が通勤、業務、社交娯楽さらには徒歩以外の交通手段別トリップの過小推計をもたらし、女性、子供、老年層の高調査率が通学、自宅からの買物、徒歩トリップにおける過大推計をもたらしているためと考えられる。目的や交通手段によって異なるが、本拡大法では大ゾーン別トリップ数の推定量で3~6%程度の偏り誤差が生じるとみておかなければならないであろう。すなわち、大ゾーン別総人口拡大法では、人口推定およびトリップ数推定において無視し得ない偏りが生じており、これを補正するための層別拡大の採用が必要であると判断される。

ケース3の全域層別拡大法では、総トリップ数で0.8万、0.3%の誤差であり、目的別、交通手段別総トリップ数推定においてもきわめてよい一貫性を示している。また、大ゾーン別生成トリップ数をもても、通勤で中央区2.3%、恵庭市2.7%の過小推計、自家用乗用車では石狩町3.3%、広島町4.3%の過小推計が目立つ程度である。表-8においても、誤差が定符号をもたず不偏的な推定量となっていること、最大誤差がケース2に比べて小さいこと等拡大法として望ましい性質を備えている。本拡大法では、大ゾーン別目的別あるいは交通手段別生成トリップ数推定において、誤差が2~4%程度に納まることが期待できる。ケース3では、層別拡大係

数が全域一本で設定されているにもかかわらず、大ゾーン別推定量が人口規模の小さい周辺町を含めてこの誤差で納まっていることは層別拡大法の有効性を示しているといえよう。

ケース4Aの大ゾーン別性・年齢階層別拡大法では、総トリップ数はきわめてよい一貫性を示している。しかし、目的別総トリップ数推定において、約1%程度ながら、通勤や社交娯楽、その他の買物で過小、通学、自宅からの買物が過大となっており、単身者の低調査率を無視していることの影響が現われている。表-6、7にみられるごとく、大ゾーン別目的別および交通手段別生成トリップ数はよく一致している。また表-8では、通学、自宅からの買物、社交娯楽、タクシー等で推定量の偏りが生じているが、わずかであるし、最大誤差はほぼ2%程度と目的、交通手段を通じて小さいものとなっている。したがって、拡大法として十分望ましい性質を備えている。特に、性・年齢階層別人口は、各市区町村が系統的に整備している資料であることを考えると、非常に使いやすい層別拡大法である。

各拡大法で生じる推定誤差をPT調査のデータ精度上重大なものとみるかどうかは、それぞれの調査において目標としているデータ精度に照らして判断されるべきものである。多くのPT調査では、大ゾーンをより細分化した計画基本ゾーンレベルにおいて、目的別発生集重量推定の標本誤差を変動係数約3~5%としている例が多い。この見地からすると、3%以上の推定誤差は問題とされるべきであろう。

6. 結論と今後の課題

本論文では、パーソントリップ調査における主要なデータ収集手段である家庭訪問調査を対象に、調査対象者の属性による回収率の違いの有無、標本の属性別人口構成における母集団からのひずみについて検討した。そして、標本のひずみによってもたらされる人口およびトリップ数推定の誤差を算定し、これを補正するためのいくつかの層別拡大法の提案と評価を行っている。主要な成果は、以下のごとくである。

(1) 家庭訪問調査において、性、年齢、世帯規模を基準に構成した層別に調査不能発生率をみると、層間で大きな差があることが認められた。この結果、家庭訪問調査によって得られた標本は、層別人口構成において母集団からはずんだものとなっている。男性層、15~29才層、単身者層において調査完了者が著しく不足した層別構成となっていることが明らかとなった。

(2) このようなひずみをもつ標本を、従来のように、市区町村別総人口による拡大を行うならば、層別人

口推定に大きな誤差が生じる。その大きさは、年齢層別には 15~29 才層などで最大 30% の過小推計, 15 才以下層や老年層では 10% 程度の過大推計となる。

(3) 市区町村別総人口による拡大では、トリップ数の推定量にも誤差を生じる。目的別には、通勤、業務、社交娯楽で過小推計となり、通学、自宅からの買物では過大推計となる。交通手段別には、徒歩で過大推計、自家用乗用車、貨物車、鉄道、バス・市電、タクシーでは過小推計となる。過大推計あるいは過小推計の傾向は、大ゾーンに共通しており、偏り誤差であると判断される。その大きさは、大ゾーン別目的別あるいは交通手段別生成トリップ数で最大 6% 程度であった。

(4) パーソントリップ調査の目標精度は、計画基本ゾーンの目的別発生集中度で、通常、変動係数 3~5% のレベルに置かれていることを考えると、(3) に示された偏り誤差は、重大なものと判断される。この誤差を補正するためには、層別拡大法はきわめて有用である。

(5) 性、年齢階層、世帯規模を層別基準とする全域層別拡大法は、大ゾーン別層別人口をきわめて精度よく推定する。したがって、家庭訪問調査における回収率の地域差は、層別の回収率の差異と地域による層別人口の違いにより説明されると判断される。本拡大法によるトリップの推定量は偏りがなく、大ゾーン別目的別あるいは交通手段別生成トリップ数で誤差は最大 4% 程度と一貫性の点でも十分と考えられる。

(6) 性、年齢階層のみを層別基準とする大ゾーン別層別拡大法では、人口推定において単身者層の過小推計が生じる。トリップの推定量では、目的により多少偏り誤差を生じる傾向があるが、量的には小さい。推定誤差は大ゾーン別目的別あるいは交通手段別生成トリップ数で最大 2% 程度と十分な推定精度を有している。

(7) 層別拡大法としては、層別母数が十分な精度で得られる場合には、性、年齢、世帯規模を層別基準とする大ゾーン別層別拡大法が望ましい。性、年齢階層のみを用いる大ゾーン別拡大法は、層別母数を既存統計資料から求め得る点で有利な層別拡大法であるし、トリップ数の推定精度も十分である。層別母数が大ゾーン別に十分な精度で得られない場合には、全域層別拡大法は有力な方法であるし、推定精度も良好である。

本論文で取り上げた調査対象者の属性による調査不能発生率の違いとそれに起因する推定量の偏りの問題は、パーソントリップ調査に特有な問題ではなく、自動車起終点調査や一般のアンケート調査にも存在する。これらの問題に本研究は応用性を有する。

調査不能の発生率の差異は、本論文で取り上げた性、年齢、世帯規模以外の属性においても生じていると考えられる。特に、職業および産業別人口では、国勢調査と PT 調査との間で属性別人口の食違いが生じており、調査不能の発生率の差異に基づく属性別人口およびトリップ数推定の偏りが生じていると推測される。これらの偏りは、本研究で提案した性・年齢・世帯規模別拡大により、就業人口推定の一致性の改善等を通じて部分的には減少されるにせよ、すべての偏りが除去されるものではない。また、4.(2) に述べたごとく、調査方法や調査事項の定義、調査時点等の違いのため職業や産業別の層別調査率の差異や推定量の偏りの大きさを量的に把握することは本研究では達成し得ていない。職業、産業等を含めた層別基準について検討し、層別拡大法の有用性をより広い見地から明確化することを今後の課題とする。

最後に、本研究の実施にあたって、ご指導・ご援助をいただいた北海道大学 五十嵐日出夫教授、北海道都市計画課ならびに札幌市交通計画課の諸氏に感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 齊藤金一郎・浅井 晃：標本調査の設計，培風館，昭和 45 年 3 月。
- 2) 宮沢光一：近代統計概論，培風館，昭和 37 年 3 月。
- 3) 多賀保志：サンプル調査の理論，サイエンス社，昭和 51 年 4 月。
- 4) 中山伊知郎編：現代統計学大辞典，東洋経済新報社，昭和 36 年。
- 5) 土木学会編：交通需要予測ハンドブック，技報堂，昭和 56 年 10 月。
- 6) 安田三郎：社会調査ハンドブック，有斐閣双書，昭和 49 年 5 月。
- 7) 東京都市圏パーソントリップ調査委員会：東京 50 km 圏総合交通体系調査報告書，集計解析編，昭和 45 年 3 月。
- 8) 広島市交通研究会：交通発生メカニズムとその予測，昭和 46 年 3 月。
- 9) 道央都市圏パーソントリップ調査委員会：道央都市圏パーソントリップ調査報告書，昭和 48，49 年 3 月。
- 10) 東京都市圏交通計画委員会：東京都市圏総合都市交通体系調査報告書，昭和 54，55 年 3 月。
- 11) 山形耕一：パーソントリップ調査における拡大係数の設定について，小川博三教授還暦記念事業会，技報堂，昭和 48 年 10 月。
- 12) 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 6 月。
- 13) 山形耕一：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，第 4 回土木計画学研究発表会講演集，昭和 57 年 1 月。
- 14) 山形耕一：交通需要予測におけるデータ誤差と予測精度への影響に関する研究，日本地域学会，地域学研究，昭和 57 年 11 月。

(1983.4.22・受付)