

都市間交通サンプル調査の拡大係数設定方法に関する研究

Study on a Methodology to Set the Magnification Factor for Inter-city Travel Samples

山口 裕通*

Hiramichi YAMAGUCHI

*地域計画学研究室 (指導教員: 奥村 誠 教授)

本研究では、全国幹線旅客純流動調査における鉄道個票の拡大係数設定方法について検討を行った。まず、現在の拡大係数設定方法の持つ問題点を明らかにし、それらを解決する方法を制約条件付きの尤度最大化問題として定式化した。そして、その手法を 2005 年の純流動調査の結果に適用することで、調査断面の数による抽出率の違いや旅行目的別の回収率の違いを反映した拡大係数を設定できることがわかった。

Key Words : 拡大係数, 交通行動調査, 調査論

1. はじめに

都市間交通の需要が減少してゆく中で、社会にとって適切な都市間交通ネットワークを維持するためには、都市間旅客の流動量だけでなく旅行目的や個人属性等のより詳細な実態を把握し、ニーズにあった政策を行う必要がある。我が国ではそのような実態を把握するために全国幹線旅客純流動調査が行われている。この調査は、航空、鉄道、幹線バス、幹線旅客船と乗用車で別々にサンプル調査を行っている。そして、回収されたアンケート票に対して拡大係数を設定したうえで、各交通機関での結果を統合、集計してデータを整備している。

調査が行われている交通機関の中でも、鉄道はサンプル抽出率が低い上に、同じ列車に別の区間の利用客が混ざるといった特性があるため、拡大係数の設定が特に重要となる。そのため、本研究では鉄道の拡大係数設定方法の改善を図ることを目的とする。

2. 鉄道における従来の拡大係数設定手法

従来の手法では、調査段階では対象利用者数を正確に特定することが難しいため、実際に回収されたサンプルの数と、別途各鉄道事業者から提供されるノリホ (旅客列車乗車人員報告書) による断面旅客数との比を用いて後者にあわせる、という考え方で各個票に対して拡大係数を設定している。その上で、乗り換えと特急利用回数に関する調整を行いデータを整備している。

しかし、同一列車の中でも一区間しか利用しない乗客と始発駅から終着駅まで利用している乗客では、通過する調査断面の数が異なるため長距離のサ

ンプルほど抽出されやすいが、従来手法はその影響を考慮していないという問題がある。また、旅行目的や個人属性によって回収率が異なる可能性があるが、その場合従来の拡大係数設定手法で拡大したデータは、旅行目的や個人属性にひずみがあるデータとなってしまうという問題がある。

本研究ではそれらの要素を補正することができる拡大係数設定方法を提案し、実データに適用した。

3. 追加情報を考慮可能な拡大係数設定方法

3.1 尤度の定義

本研究では拡大係数設定の望ましさを評価する指標として、尤度の考え方を導入する。設定した拡大係数によって計算される利用者数が実際に存在していたと仮定し、その中からランダムなサンプリングを行った場合、実際の調査結果と同じサンプルが抽出、観測される確率として尤度を定義する。個票 k に対して拡大係数 e_k を割り当てた拡大データの対数尤度 L は、式(1)のように定式化できる。

$$L(e) = \sum_k \ln(P_k) \quad (1)$$

P_k : 想定された母集団において個票 k が抽出される確率

ここで、全国の複数の断面で同一日に利用客からサンプリングを行う純流動調査において、個票 k が抽出される確率 P_k を考えると、複数断面を通過するような長距離利用者は、一つの断面しか通過しない人より抽出されやすい。この影響を考慮して、本研究では P_k を(2)のように定義した。

$$P_k = \sum_a \left\{ n_a \times \frac{\delta_{ak} e_k}{D_a} \right\} \quad (2)$$

a : 都道府県間断面 (方向別)

n_a : 断面 a で配布したアンケート票の枚数

δ_{ak} : 個票 k が断面 a を通過する場合は1, 通らない場合は0をとるダミー変数

D_a : 断面 a の交通量

3.2 追加情報による線形制約条件を含む最尤法

ノリホによる断面交通量を満たしながら、前節で定めた尤度を最大化する、つまりできるだけ各個票が抽出される確率が均等に近づくよう拡大係数を設定する方法を定式化すると(3), (4)のようになる。

さらに、旅行目的や個人属性に関してより正確なデータとするために、他の調査で得られた追加情報を新しく制約条件として定式化した拡大係数設定問題に導入する。条件 α を満たすトリップのうち、条件 β も満たすトリップの割合は $A_{\alpha\beta}$ であるという比率に関する追加情報を、(5)のような線形の制約条件として導入する。

$$\max L(e) \tag{3}$$

$$s.t. D_a = \sum_k \delta_{ak} e_k \quad \text{for all } a \tag{4}$$

$$A_{\alpha\beta} \left(\sum_k \gamma_{ak} e_k \right) = \sum_k \gamma_{ak} \gamma_{\beta k} e_k \quad \text{for all } \alpha, \beta \tag{5}$$

γ_{ak} : 個票 k が条件 α を通過する場合は1, 通らない場合は0をとるダミー変数

(3) ~ (5)の問題のラグランジュ未定乗数法による一階条件は(6)~(8)のようになる。

$$\frac{1}{e_k} = \sum_a \lambda_a \left(\sum_k \delta_{ak} \right) + \sum_{\alpha, \beta} \left\{ \left(\sum_k \gamma_{ak} \gamma_{\beta k} \right) - A_{\alpha\beta} \left(\sum_k \gamma_{ak} \right) \right\} \quad \text{for all } k \tag{6}$$

$$D_a = \sum_k \delta_{ak} e_k \quad \text{for all } a \tag{7}$$

$$A_{\alpha\beta} \left(\sum_k \gamma_{ak} e_k \right) = \sum_k \gamma_{ak} \gamma_{\beta k} e_k \quad \text{for all } \alpha, \beta \tag{8}$$

ここで、制約条件が全て線形であるため制約集合は凸集合である。また目的関数 $L(e)$ が凹関数の最大

化問題であるため、(3)-(5)は凸計画問題である。凸計画問題では、一階条件を満たす拡大係数とラグランジュ乗数は必ず大域的最適解であり、その値が一意に決まることが保証されている。

4. 提案手法の実データへの適用

4.1 使用データ

2005年の第4回純流動調査結果の個票に対して提案手法を適用して拡大係数の設定を行う。本研究では、関東の一部と中部の14都県をノードとし14のリンクを持つネットワークを対象とした。

さらに、追加情報として各地域における発生交通量の目的比率を取り入れる。社会生活基本調査²⁾の結果から目的比率はあまり地域差がないため、本研究では、全地域とも次のような目的比率であるという制約を導入する。

$$\left[\begin{array}{l} \text{平日: 仕事 52\% 観光 13\% その他 35\%} \\ \text{休日: 仕事 18\% 観光 24\% その他 58\%} \end{array} \right]$$

表1 各手法での対数尤度値

| | 平日 | 休日 |
|------|-----------|-----------|
| 従来手法 | -342677.3 | -336739.1 |
| 提案手法 | -328945.8 | -323538.0 |

4.2 適用結果と考察

表1より、制約を新たに増したにもかかわらず、提案手法では従来手法から尤度が大幅に改善されていることが分かる。また、表2に示した都道府県間OD毎の計算結果を見ると、提案手法では近距離のODで大幅に増加し、長距離のODで大幅に減少している。これは、通過断面数によって個票が抽出される確率の差異を補正した影響である。これにより、提案手法を利用することで追加情報を考慮しながら、従来手法の問題点を解消する拡大係数を設定できることが確認できた。

参考文献

- 国土交通省政策統括官:平成18年度全国幹線旅客純流動調査報告書, 2006
- 総務省:平成18年社会生活基本調査, 2006

(2011年2月10日提出)

表2 平日都道府県間 OD 表[提案手法結果]-[従来手法結果] ■ : 100トリップ以上増 □ : 100トリップ未満減 ■ : 100トリップ以上減

| | 10 | 11 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 25 | 合計 |
|---------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|------|-------|
| 10 群馬県 | | 1452 | -195 | -530 | 775 | -27 | 0 | 7 | 76 | 681 | -13 | -76 | -264 | -3 | 1882 |
| 11 埼玉県 | 621 | | 2564 | -172 | 159 | 14 | -38 | 13 | -260 | 186 | -90 | -635 | -1036 | -47 | 1279 |
| 13 東京都 | 1138 | 2751 | | 7302 | -1430 | -70 | -60 | -219 | 605 | -1340 | -690 | 5099 | -4523 | -613 | 7949 |
| 14 神奈川県 | -239 | -58 | 6986 | | -481 | -4 | -13 | -6 | -77 | -779 | 48 | 2906 | -661 | -171 | 7452 |
| 15 新潟県 | 833 | 293 | -1524 | -770 | | 132 | 11 | 20 | -7 | 245 | -20 | -34 | -15 | -10 | -845 |
| 16 富山県 | -4 | -8 | -183 | -9 | 189 | | 888 | -14 | 0 | 18 | -53 | 28 | -88 | -36 | 728 |
| 17 石川県 | -43 | -5 | -217 | 14 | 18 | 742 | | 1078 | 7 | 1 | -107 | 26 | -144 | -11 | 1360 |
| 18 福井県 | -7 | -2 | -191 | -24 | 23 | 52 | 506 | | 0 | -1 | -30 | 10 | 76 | 87 | 500 |
| 19 山梨県 | -23 | -140 | 570 | -216 | 0 | 0 | 0 | 1 | | 225 | 12 | -7 | -15 | 0 | 408 |
| 20 長野県 | 166 | 151 | -73 | -983 | 290 | 25 | -3 | 9 | 79 | | -37 | 4 | 60 | -12 | -323 |
| 21 岐阜県 | -25 | -88 | -650 | -28 | -28 | -19 | -29 | -44 | 0 | -48 | | 302 | 1132 | -92 | 382 |
| 22 静岡県 | -53 | -856 | 7225 | 3883 | -77 | 15 | -8 | -6 | -14 | -11 | 219 | 26 | 4027 | 44 | 14415 |
| 23 愛知県 | -125 | -890 | -6970 | -1118 | -47 | -114 | -181 | -75 | 21 | -45 | 831 | 6465 | | -12 | -2259 |
| 25 滋賀県 | -15 | -111 | -976 | -311 | -5 | -96 | -39 | -27 | -10 | -17 | -62 | -172 | -418 | | -2258 |
| 合計 | 2223 | 2489 | 6368 | 7037 | -614 | 650 | 1035 | 736 | 419 | -885 | 10 | 13944 | -1868 | -875 | 30669 |