土木学会論文集D3 (土木計画学), Vol.67, No.5 (土木計画学研究･論文集第28巻), I_911-I_918, 2011.

全国幹線旅客純流動調査の鉄道サンプル拡大方法に関する研究

奥村　誠[1]・山口　裕通[2]・大窪　和明[3]

[1]正会員　東北大学教授　東北アジア研究センター（〒980-8577 仙台市青葉区片平2-1-1 通研2号館）
E-mail: mokmr@m.tohoku.ac.jp
[2]非会員　東北大学大学院工学研究科土木工学専攻（〒980-8577 仙台市青葉区片平2-1-1 通研2号館）
E-mail: h-ymgc@cneas.tohoku.ac.jp
[3]正会員　東北大学助教　東北アジア研究センター（〒980-8577 仙台市青葉区片平2-1-1 通研2号館）
E-mail: okubo@cneas.tohoku.ac.jp

本研究では，全国幹線旅客純流動調査における鉄道サンプル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として，旅行目的や個人属性に関するずれが生じ，その結果，集計したOD交通量にも影響があることを示した．ついで，それを解決する方法を線形制約条件つき尤度最大化問題として定式化して，実際に2005年の全国幹線旅客純流動調査データに適用した結果，旅行目的や個人属性に関するずれを補正した拡大係数を設定できることを確認した．

Key Words : *inter-regional travel survey, aggregation factor, railway travel samples*

1. はじめに

都市間交通の需要が減少してゆく中では，特定のニーズを持ったユーザーに特徴的な行動を見出し，選択的なサービスの提供によって需要を喚起するという政策の重要性が大きくなってくる．そのためには，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できるような調査が必要となる．我が国ではそのような実態を把握するために，1990年から5年ごとに全国幹線旅客純流動調査[1)]（以下純流動調査とする）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それぞれサンプルを抽出し，各サンプルの当日のトリップについて真の出発地，目的地，トリップ目的，利用交通機関，利用経路，および個人属性を調査している．各交通機関ごとに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，統合，集計することにより，一つのトリップの中で複数の交通機関や便を乗り継ぐ行動を把握できることが，他の事業者ごとの統計調査には見られない大きな特徴となっている．

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く拡大係数の値が大きい上に，同じ列車に別の区間の利用客が混ざるという特性があるため，拡大係数の設定が特に重要となる．従来は，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）による報告断面旅客数に合わせるように，拡大係数が設定されている[2)]．そのため，旅行目的や個人属性ごとに回答率が異なる場合や偏ったサンプル抽出が行われている場合，旅行目的や個人属性に対して集計するとひずみが生まれてしまうという問題がある．

そこで，本研究では旅行目的や個人属性に対してひずみを生まない鉄道サンプルの拡大係数設定方法を提案する．具体的にはできるだけ均等な拡大係数値を付与するという問題を尤度の最大化により表現し，断面交通量やその他の制約条件を持つ数理最適化問題を定式化することにより，数理的な性質の見通しが明瞭な方法を開発することととする．

なお，本研究で提案する方法は，従来道路ネットワーク上でリンク交通量が観測されている場合にOD交通量を推計するエントロピー最大化モデル[3)]と類似している．しかし，道路のOD推定問題では個々の車両がODや経路選択の情報を持っていないのに対して，純流動調査ではこれらの情報がサンプルから取得される点に違いがあり，選択経路，ODペアおよび属性ごとに異なる拡大係数を定義する必要があるため，より大規模な問題を取り扱う必要がある．

交通サンプル調査におけるサンプル拡大方法についての先行研究は，パーソントリップ調査などの居住地ベースの調査を対象に検討されてきており[4)]，同一のトリッ

プパターンが複数の場所で抽出され得る純流動調査に対応するものは見られない.

2. 従来の純流動調査における拡大係数設定方法

(1) データ拡大の全体的手順

純流動調査の実態調査は幹線交通機関事業者の協力を得て交通機関ごとに行われている．拡大処理の手順は大きく2段階に分かれる[2]．まず第1段階として，各サンプルがとられた断面ごとの回収数と，別途事業者から報告された平日1日，休日1日，もしくは年間の利用者数との比率を用いて拡大処理を行う．第2段階として，同種交通機関の中での乗継サンプル，異種交通機関間の乗継サンプルについて，第1段階の回収率から計算される分散の逆比を用いて加重平均化する．なお一方の交通機関においてのみ観測されたトリップパターンについては，ダミーのトリップが付与される.

なお，純流動調査では秋季の連休の影響がない週について，平日調査を水曜日に，休日調査を日曜日に行っている．そのため休日調査のトリップには観光等の「行き」のトリップに比べて「帰り」のトリップが多く含まれてしまう．そのため第1段階の拡大処理の際には平均的な休日の分布に近づけるため，逆方向のトリップを持つ仮想的なサンプルを付加したうえで2で割って平均化する．同様に第4回調査では平日のトリップについても同様の手順により，方向別の偏りをなくしたデータとしている.

(2) 鉄道におけるデータ拡大の手順

航空，高速バス，幹線旅客船は基本的にポイント対ポイントのサービスであるため，調査サンプルは当該区間利用者からの単純な標本とみなしてよいのに対して，幹線鉄道においては一つの列車の途中での乗降客が存在し，異なる区間の利用者が混在している中での標本となるため，特別な取り扱いが必要となる.

第4回調査[2]では，調査票記入時間が十分に取れない短距離利用者ほど回収率が小さくなる影響を考慮するため，乗車時間が短いほどサンプルの回答率が低いと仮定してその逆数の重みをつける(乗車時間補正)．次に，乗車している乗客全員に調査票を配布できる調査開始駅と比べて，中間駅では調査員が目視で途中乗車者を確認して追加配布するために配布率が落ちるという影響を考えて重みを割増す(中間駅補正).

以上のサンプルごとの補正を行った後に，断面交通量との比較に基づいて拡大係数を付与する．各調査区間の断面について，上記の補正後のサンプルを集計して通過人数を計算する．事業者より提供された調査日のノリホに基づく報告断面交通量との比を求めて，サンプルの拡大係数を設定する．ひとつの列車の運行区間の中に複数の報告断面を含む場合には，各断面におけるサンプル通過人数と報告断面交通量との比によって別々に拡大係数値を求め，トリップごとに分散の逆数を重みとして通過断面の拡大係数値を平均化してトリップデータの拡大係数とする．このような拡大係数の推定計算を長距離利用者から順に行い，短区間利用者については通過サンプル数と残余の報告トリップ数との比に基づいて設定する.

さらに複数の列車を乗り継いでいるサンプルについては，双方の調査対象列車における乗り継ぎ行動の出現率を勘案したサンプルの誤差率を求め，重み付き平均によって乗り継ぎ客数を算出して，再度両側のサンプルの拡大係数値を修正するという繰り返し手順をとる.

最後に以上の手順に作成した平日，休日のデータに逆方向のデータを加えて方向を平均化し，それぞれ247倍，118倍した量を加算して年間の拡大値とする.

(3) 現行のデータ拡大方法の問題点

以上のように，第4回調査のサンプルの拡大方法は，調査対象列車で得られたサンプルは同一の確率でサンプリングの対象となっているという考え方に立ち，それらを集計した断面通過人数を，事業者から報告された断面交通量との比率のみで機械的に調整している.

以上の方法では，サンプル調査において特定の属性やトリップパターンの利用者に欠損が多いような場合には，そのずれがそのまま拡大されて残ってしまう恐れがある．例えば実際の調査では調査対象の列車や車両を選定する際，閑散列車と混雑が予想される列車を対象外としている．そのため業務開始時間に都合のいい時間帯の混雑率の高い列車が除外され，拡大集計結果において仕事目的のトリップの比率が過小になったり，中年男性の比率が過小となるなどのひずみが生じる恐れがある.

図-1に，総務省による2006年社会生活基本調査[5]の1泊以上の旅行の行動者の，都道府県別の目的比率を示す．このようにトリップの目的比率には都道府県間で大きな違いが見られない．一方，2005年の第4回純流動調査の都道府県別の発生トリップを集計してその目的比率を示したものが**図-2**であり，都道府県ごとに大きな差異がみられる．もちろんこの2つの調査は調査対象や調査機関が異なるため，厳密な比較はできないが，**図-1**から，都道府県別の発生トリップの目的比率にこれほどの差異があるとは考えにくく，この差異は純流動調査において旅行目的や個人属性に関して偏った抽出が行われているか，回答率が異なっているために生じたものであると考えることができる.

以上のような抽出率や回答率の差異が考慮されていないことは，純流動調査の重要な目的であるOD構成に対

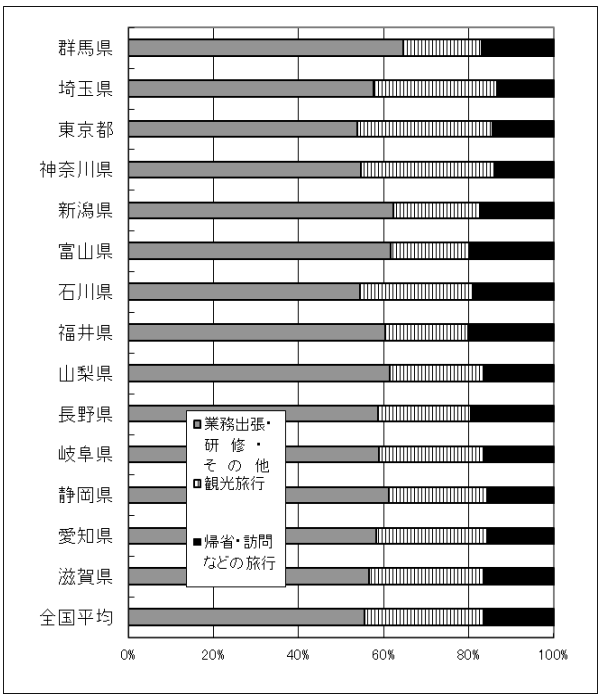

図-1　「平成 18 年社会生活基本調査」による都道府県毎の目的比率（一泊以上の旅行・行楽について）

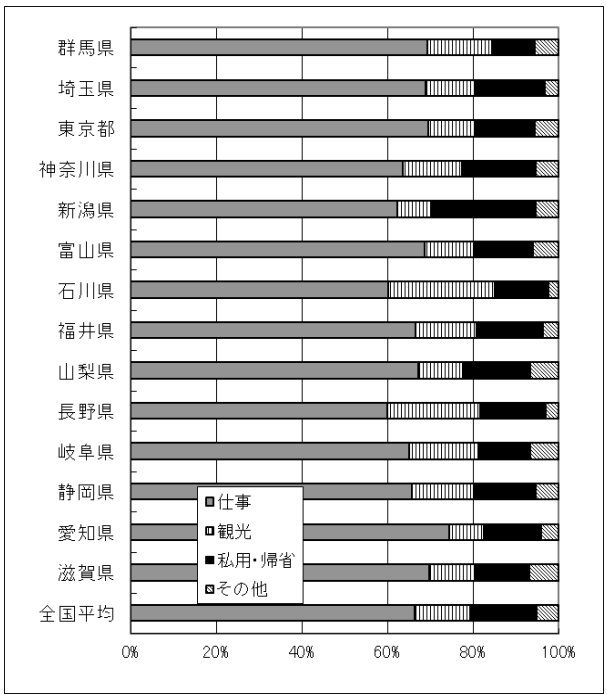

図-2　「第 4 回純流動調査」による都道府県毎の鉄道利用発生トリップ（平日）の目的比率

してもひずみを与える危険性がある．例えば実際の調査で長距離の観光目的の旅行者に比べ，より短距離の業務目的の旅行者の回答率が低いという状況があれば，所与の断面交通量を長距離トリップを用いて説明することとなり，短距離トリップが過小となってしまう．

本研究ではこのような旅行目的や個人属性に関する補正を行える拡大係数設定方法を提案し，さらに実データに適用して旅行目的や個人属性のひずみの影響を確認する．

3.　追加情報を考慮可能な拡大係数設定方法

(1)　数理最適化のアプローチ

本研究では，拡大係数の設定問題を見通し良く扱うため，サンプルにつける拡大係数を変数とみなす．ただし，各サンプルごとに自由に拡大係数を設定できるとすると，変数の数が数十万次元の莫大な数となるため実用的とは言えない．そこで行動上大きな差異がないと考えられる少数の属性グループのそれぞれについて同じODペアごとに同じ経路を利用しているサンプルをまとめて一つのグループとし，それらには同一の拡大係数値を付与することとする．都道府県単位で考えれば約2,500ものODペアがあり実用的な経路を1~4本とすれば，変数の数は数万のオーダーであると考えられる．

拡大係数が満足すべき条件としては，　a）各断面交通量について拡大集計したトリップ数が観測断面交通量にほぼ等しい，b）属性やトリップ目的別に出発ゾーンについて拡大集計したトリップ数は，各ゾーンにおける対応する属性を持つ居住人口にほぼ比例している，c）サンプルの拡大係数は調査地点ごとの抽出率の逆数にほぼ等しい，というようなものが考えられる．a）～c)の条件のうちの1つか2つを制約条件とし，残りの条件の適合度を評価したものを目的関数と置くことにより，数理計画問題を考えることができる．

ここでは，c)の条件の適合度を目的関数として用いるが，あとに述べるような数理的な性質を考慮して残差2乗和による評価ではなく，サンプリングの際の尤度を用いた評価を行う．

いま，サンプリングが偏りなく行われているとすれば，実際の利用者の構成比と比例するような構成比のサンプルが観測されやすいことに着目する．設定した拡大係数を用いて計算される利用者数を母集団として，その中からランダムにサンプリングを行った場合，実際の調査におけるサンプルが抽出，観測される確率を尤度と定義する．サンプリングに偏りがなければ，この尤度が小さいような状況は発生しにくいと考えられる．

以下では，属性とトリップパターン（ODと経路）の組み合わせを k で表し，その観測サンプル数を m_k，サンプルに付与する拡大係数を e_k で表す．この時の観測データの対数尤度 L は，式(1)のように定式化できる．

$$L(\mathbf{e}) = \sum_k m_k \ln\left(P_k\right) \tag{1}$$

P_k ：想定した母集団においてトリップパターン k のサンプルが 1 票抽出される確率

母集団においてトリップパターン k が抽出される確率は，そのトリップパターンに属するある一人の個人が抽出される確率に，同一のトリップパターンをとる個人の数，すなわち拡大係数を乗じたものに等しく，次のように表される．

$$P_k = e_k \sum_a \left\{ \frac{\delta_{ak} n_a}{D_a} \right\} \tag{2}$$

a ：調査断面

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 の報告断面旅客数

複数の断面を通過するトリップパターンをもつ個人は，断面を通過する毎に抽出される可能性があり，長距離トリップパターンの利用者ほど抽出される可能性が高くなる．報告断面旅客数 D_a に対して抽出サンプル数が小さく，同一の個人が重複して抽出され，さらに複数の断面の調査に回答する確率が十分小さいなら，各個人の抽出確率は，通過する全ての断面における抽出確率の和として求めることができる．実際の純流動調査の鉄道サンプルの断面抽出率は 10%弱なので，この仮定によって生ずるずれはせいぜい 1%未満であり，十分無視できるものである．各断面 a である個人が抽出される確率は，断面 a で配布したアンケート票の枚数 n_a を報告断面旅客数 D_a で割った値に等しいため，式(2)の右辺が成立する．

以上より，本節で定義した尤度を最大化する拡大係数設定方法は，通過する調査断面の数による抽出率の違いを考慮し，各トリップパターンのサンプルが抽出される確率が可能な限り均一となるような拡大係数を割り当てることを意味している．

(2) 最尤法としての定式化

(1)節で定めた尤度を最大化しながら，従来手法同様に報告断面交通量を満たすような拡大係数を設定する問題を，制約条件つき尤度最大化問題として定式化すると式(3)，(4)のようになる．

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

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

式(3)は(1)節で定めた尤度を最大化する，つまりできるだけ各トリップパターン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ことを意味する．式(4)は断面旅客数に関する制約で，交通事業者から提供される報告断面旅客数データと整合するように拡大係数を与えることを示す．この式では，左辺が交通事業者から与えられる報告断面旅客数であり，右辺が拡大係数を用いてアンケートデータを集計した断面交通量である．

ここで，ラグランジュ乗数を λ_a として，ラグランジュ関数を式(5)のようにおく．

$$L'(\mathbf{e}, \lambda, \lambda') = L(\mathbf{e}) - \sum_a \lambda_a \left(\sum_k \delta_{ak} m_k e_k - D_a \right) \tag{5}$$

1 階の必要条件は式(6),(7)のようになる．

$$\frac{\partial L'}{\partial e_k} = \frac{1}{e_k} - \sum_a \lambda_a \delta_{ak} = 0 \qquad \text{for all } k \tag{6}$$

$$\frac{\partial L'}{\partial \lambda_a} = D_a - \sum_k \delta_{ak} m_k e_k = 0 \qquad \text{for all } a \tag{7}$$

このうち式 (7)は，式 (4)の断面旅客数制約と同じものである．式(6)は，本来すべての拡大係数を同一に設定するべきところ，各トリップパターンが関係する断面交通量の制約を満たすために λ_a を用いて最小限の調整を行うことを表しており，従来の手法における調整操作を数学的に明瞭な形で定式化したものに他ならない．これによりどの断面から調整を行うかといった手順によらず，一意的な修正を行うことが可能となっており，従来手法にあった恣意性を取り除くことができている．

(3) 追加情報に基づく線形制約条件の導入

本研究では，純流動調査の結果を利用して分析を行う際に発生する旅行目的や個人属性に関するずれを補正するために，他の調査で得られた追加情報を新しく制約条件として前節で定式化した拡大係数設定問題に導入することを提案する．

ゾーンごとの総発生トリップ数に関する追加情報が得られているとする．より一般的に「条件 α を満たすトリップの総数が N_α である」という追加情報は，断面交通量制約条件と同様に式(8)のような e_k に対する線形制約条件として定式化できる．

$$N_\alpha = \sum_k \gamma_{\alpha k} m_k e_k \tag{8}$$

$\gamma_{\alpha k}$ ：トリップパターン k が条件 α を満たす場合は 1，それ以外の場合は 0 をとるダミー変数

さらに，ゾーンごとの発生トリップの総数はわからないが，そのトリップの中の目的別の構成比がわかっている場合には，その追加情報を「条件 α を満たすトリップの総数のうち，条件 β も満たすトリップの割合は $A_{\alpha\beta}$ である」と表現することができる．このような比率に関する追加情報も，式(9)のような e_k に対する線形制約条件として定式化できる．

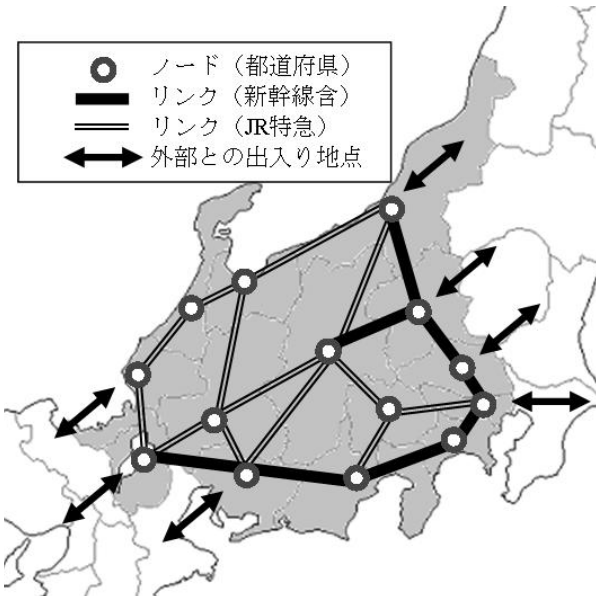

図-3　対象ネットワーク

$$A_{\alpha\beta}\left(\sum_k \gamma_{\alpha k} m_k e_k\right) = \sum_k \gamma_{\alpha k}\gamma_{\beta k} m_k e_k \tag{9}$$

なお，この式(9)の形で他の追加情報を導入することも可能である．例えば，旅客地域流動調査の都道府県間流動表から，都道府県ごとに目的地の構成比を算出すれば，その条件もこの式(9)の形で制約条件として導入することが可能である．

(2)節で定式化した最尤法の問題に，さらに式 (9)の制約を導入する場合を考えると，以下のように定式化できる．

$$\max\ L(\mathbf{e}) \tag{10}$$

$$\text{s.t.}\qquad D_a = \sum_k \delta_{ak} m_k e_k \qquad \text{for all } a \tag{11}$$

$$A_{\alpha\beta}\left(\sum_k \gamma_{\alpha k} m_k e_k\right) = \sum_k \gamma_{\alpha k}\gamma_{\beta k} m_k e_k \quad \text{for all } \alpha, \beta \tag{12}$$

ラグランジュ乗数を λ_a， $\lambda'_{\alpha\beta}$ としてラグランジュ関数を考えた時，その 1 階条件は以下のようになる．

$$1/e_k = \sum_a \lambda_a \delta_{ak} + \sum_\alpha \sum_\beta \lambda'_{\alpha\beta}\left\{\gamma_{\alpha k}\gamma_{\beta k} - A_{\alpha\beta}\gamma_{\alpha k}\right\} \qquad \text{for all } k \tag{13}$$

$$D_a = \sum_k \delta_{\alpha k} m_k e_k \qquad \text{for all } a \tag{14}$$

$$A_{\alpha\beta}\left(\sum_k \gamma_{\alpha k} m_k e_k\right) = \sum_k \gamma_{\alpha k}\gamma_{\beta k} m_k e_k \qquad \text{for all } \alpha, \beta \tag{15}$$

(4)　計算結果の一意性

非線形最適化問題を解く際には，計算結果の一意性が重要となる．極値が多く存在するような問題では，1 階条件を満たしていても局所的最適解である可能性があるためである．

ここで，前節で定式化した拡大係数設定問題である(10)～(12)について考える．まず，制約条件である(11)と(12)はともに線形であり制約集合は凸集合である．尚，(12)ではなく他の制約条件を導入した場合でも線形制約条件であれば制約集合は凸集合である．一方，目的関数である $L(\mathbf{e})$ の Hessian 行列 $H(\mathbf{e})$ は次のようになる．

$$H(\mathbf{e}) = \begin{pmatrix} -\dfrac{m_1}{e_1^2} & & & 0 \\ & -\dfrac{m_2}{e_2^2} & & \\ & & \ddots & \\ 0 & & & -\dfrac{m_k}{e_k^2} \end{pmatrix} \tag{16}$$

(16)より，目的関数 $L(\mathbf{e})$ のHessian行列 $H(\mathbf{e})$ の固有値は対角成分に等しく全て負であり， $H(\mathbf{e})$ は負定である．よって目的関数 $L(\mathbf{e})$ は凹関数であり， $-L(\mathbf{e})$ は凸関数である．

以上より，本章で定式化した拡大係数設定問題は凸計画問題であるため，式(13)～(15)の1階条件を満たす拡大係数とラグランジュ乗数の解は大域的最適解であり，その値は一意に決まる

4.　提案手法の実データへの適用

(1)　使用データ

2005年の第4回純流動調査の個票データ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のリンクを持つ図-3のネットワークを対象とした．アンケート調査は都県間の断面リンクで行われているとし，報告断面旅客数も各リンクごとに与えられているとするが，その値は一般には公表されていないため，第4回純流動調査結果に付与されている拡大係数から逆算した値を用いることとする．

さらに，追加情報として各都県における発生交通量の目的比率を取り入れる．具体的には式(17)のような線形制約条件を導入する．

$$N_{np}\left(\sum_k \gamma_{nk} m_k e_k\right) = \sum_k \gamma_{nk}\gamma_{pk} m_k e_k \tag{17}$$

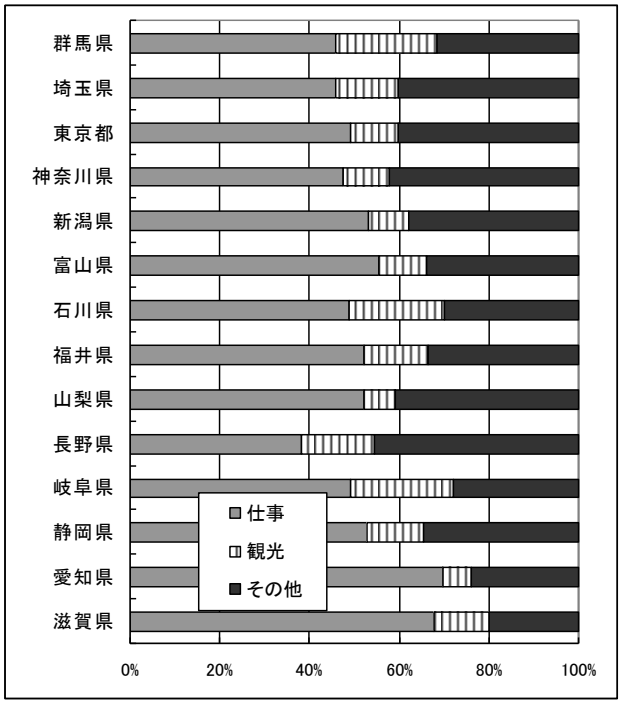

図-4　各都県発生トリップの目的比率（平日）手法1

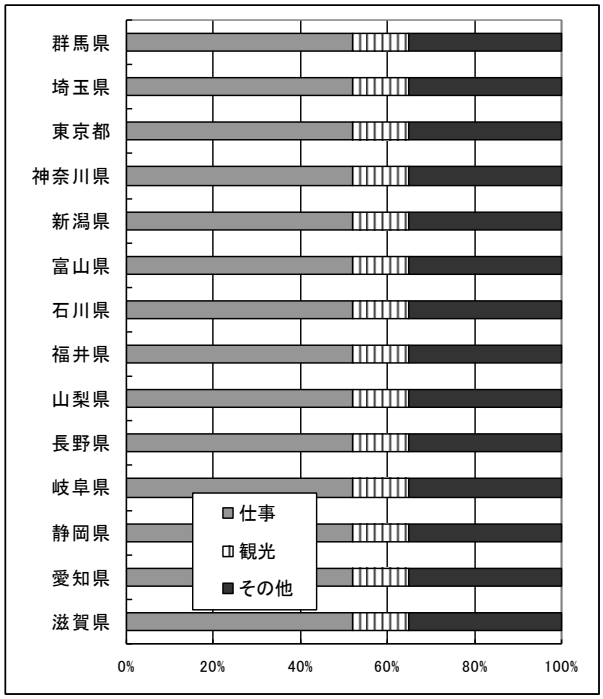

図-5　各都県発生トリップの目的比率（平日）手法2

p　：旅行目的

n　：トリップの発生地点

N_{np}　：各発生点において，旅行目的pが占める割合

本来N_{np}は，居住地ベースのアンケート調査や主要駅におけるヒアリング調査などを通じて得られる地域ごとの目的別構成比を与えることが望ましい．しかし，ここでは仮に地域による差がなく一定の目的比率であるとして，各発生地点のN_{np}として次の値を与える．

平日：仕事52% 観光13% その他35%

休日：仕事18% 観光24% その他58%

ただし，その他には私用・帰省，目的不明を含む．この値は，第4回純流動調査の対象地域の発生トリップ全体の目的比率である．

本研究では以下の2つの方法で拡大係数を設定し，それぞれの結果を比較する．

手法1：追加情報を考慮せずに，最尤法で拡大係数を設定する．

手法2：目的比率に関する追加情報を考慮して，最尤法で拡大係数を設定する

(2)　計算方法

ここでは，通常周辺分布が与えられている場合のセルの内部を埋める計算に用いられている反復比率調整法(iterative proportion fitting)[6]を参考に，式(13)～(15)の1階条件を満たすように拡大係数の値とラグランジュ乗数の値を逐次的に調整するアルゴリズムをプログラム化して計算を行う．反復計算の結果，すべての変数の変化率が1/1000になったところで収束とみなした．先に示したように，本手法は解の一意性が保証されているので，収束解の最適性は保証されている．

(3)　適用結果と考察

目的比率に関する追加情報を考慮しない場合，**図-4**のように各都県で集計した目的比率に大きな差異がみられたが，追加情報を考慮すると**図-5**のように修正される．

さらに，手法1と手法2で算出したOD表交通量の差異とその比率を**表-1**，**表-2**に示した．これより目的に関する追加情報を導入すると，都道府県間OD表や総トリップ数にも影響があることがわかる．これは**図-6**に示すように，旅行目的毎にトリップの平均距離が大きく異なることに起因する．具体的には，手法2においては多くの都県で仕事・観光目的のトリップ構成比を減少させた．同じ断面交通量制約を満足させながらこのような修正を行うために，隣接都県間などの複数の短距離トリップを統合し，長距離のOD間の一つのトリップに置き換えるという変化が起きている．その結果，総トリップ数は大きく減少している．

つまり，従来の手法では特定の旅行目的のデータに欠測が多く見られる場合，その旅行目的が多く利用するODが過小評価となっている可能性がある．そのため，OD交通量を正確に推計するためにも旅行目的を考慮した拡大係数を設定することが必要であることが再度確認できた．

表-1　平日都道府県間 OD 表 [手法 2]-[手法 1]　■：100 トリップ以上増　▨：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		-744	526	49	-370	-1	2	2	14	-485	2	15	47	1	-940
11	埼玉県	-1587		-1745	-17	-630	-12	2	3	-11	-521	4	-28	1	1	-4542
13	東京都	575	-690		-2916	635	39	26	52	-510	1161	172	-392	612	67	-1167
14	神奈川県	87	4	-4067		102	8	5	3	51	277	45	-1883	-292	-11	-5670
15	新潟県	-430	-210	205	71		-83	-8	2	1	-81	6	17	13	3	-493
16	富山県	-1	-3	23	7	-55		-279	-24	0	4	3	10	2	3	-311
17	石川県	3	3	12	0	1	-293		-297	1	-3	9	8	-28	-4	-586
18	福井県	1	3	45	9	4	-1	-268		0	1	-1	0	-53	-40	-300
19	山梨県	14	19	-821	53	0	0	0	0		-534	0	0	10	0	-1260
20	長野県	-140	178	222	155	8	-16	1	1	-652		-6	6	-26	-3	-270
21	岐阜県	1	-8	318	-36	4	4	4	-17	0	-12		46	213	-5	513
22	静岡県	30	73	658	-2873	50	7	8	1	0	62	70	7	-1809	-17	-3732
23	愛知県	61	-3	-734	-862	6	-7	-50	-109	-5	4	24	-1780		-401	-3857
25	滋賀県	-4	-25	-450	-189	-2	-38	-53	-87	-4	-9	-35	-252	-521		-1670
	合計	-1389	-1402	-5807	-6548	-246	-393	-609	-470	-1114	-136	293	-4227	-1831	-406	-24285

表-2　平日都道府県間 OD 表 100×{[手法 2]-[手法 1]}/[手法 1]　■：+10%以上増　▨：-10%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		0	12	-7	-15	0	182
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		-412	-2659
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	-1110	10	13944	-1868	-1275	30044

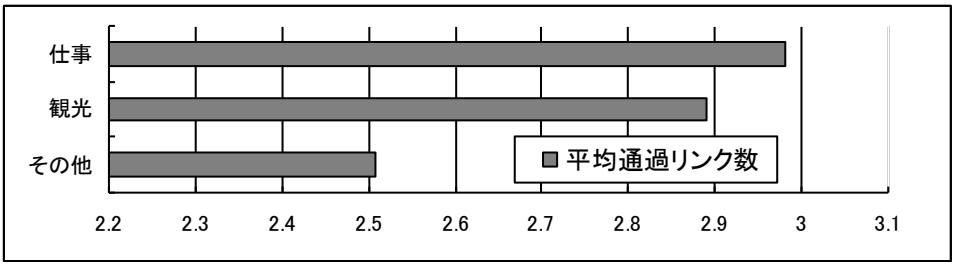

図-6　旅行目的別サンプル平均通過リンク数

5.　おわりに

本研究では，旅行目的や個人属性に関しての補正を行うために，追加情報を考慮できる鉄道の拡大係数設定方法を提案した．さらに，小規模なネットワークに限定した計算事例から，旅行目的や個人属性を考慮していない従来の拡大係数設定方法では，純流動調査において重要な結果の一つである都道府県間OD交通量が正確に推計できていない可能性を示した．

本手法を実際の問題に適用するには解決しなければならない課題がある．第1に，本研究で定義した尤度は，列車や車両の選定や対象者の抽出方法などの具体的な調査手順により異なった型をとる．純流動調査の実際の方法をより詳しく調査し，実態に合う形のモデルに修正する必要がある．第2に，対象地域の内外をまたぐトリップに対して極端な拡大係数値を与えてしまうという傾向がある．これを避けるためには日本全国の幹線鉄道ネットワークを対象に計算を行うことが望ましいが，変数の次元が膨大になり，設定作業の手間や計算時間が問題となる可能性が大きい．例えば大きなグループを単位として拡大係数を付与した上で，次の段階では制約を崩さな

い範囲でより細分化されたグループに対する拡大係数値の修正を行うという段階的な手順を開発することも必要であろう．第3に，追加情報を用いて補正を行う際にはどのような追加情報を導入するのが効果的かの検討が必要である．可能性として鉄道事業者内部の発券情報に基づくODデータの有用性は特に大きいが，純流動調査の対象外である普通列車利用の旅客を区別する方法などの検討が必要である．

謝辞：本論文は，平成21年度～24年度日本学術振興会科学研究費基盤研究(B)「国土交通マネジメントのための都市間交通分析方法論の確立」の成果の一部である．また，国土交通省第5回全国幹線旅客純流動調査委員会及び幹事会における議論から多くのヒントを得ている．記して感謝の意を表する．

参考文献

1) 奥村泰宏，新倉淳史：全国旅客幹線純流動調査について，第15回鉄道技術・政策連合シンポジウム（J-RAIL2008），pp.419-422，2008.
2) 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.
3) 高山純一：ネットワーク上の観測フローからのOD推定，土木学会土木計画学研究委員会「交通ネットワークの均衡分析－最新の理論と解法」，第12章，pp.241-264，1998.
4) 花岡和聖：焼きなまし法を用いたパーソントリップ調査データの拡大補正法に関する研究− 平成 12 年度京阪神都市圏パーソントリップ調査データを用いて，都市計画論文集，Vol.41, No.3，pp.91-96，2006.
5) 総務省：平成 18 年社会生活基本調査，2006.
6) 杉木直，宮本和明，Varameth Vichiensan：土地利用マイクロシミュレーションにおける初期マイクロ世帯データの推定方法，土木計画学研究・講演集，Vol.39 (CD-ROM)，2009.

(2011. 2. 25 受付)

AGGREGATION FACTOR SETTING FOR RAILWAY SAMPLES IN THE NATIONAL INTER-CITY TRAVEL SURVEY

Makoto OKUMURA, Hiromichi YAMAGUCHI and Kazuaki OKUBO

In this paper, a methodology to set the aggregation factor for railway samples in the National Inter-city Travel Survey was developed. At first, the problem with the present methodology was showed; because of sampling biases, OD traffic volume were not precisely calculated. A new methodology, which solved the problem by maximum likelihood estimation with additional information, was proposed. The new methodology was applied to the sample data taken in the 4th NITS in 2005. The results confirmed that the new methodology can set the aggregation factors which avoid the biases in travel purpose or traveler's attributes.