【土木計画学研究・講演集　No.24 (2)　2001年11月】

断面交通量を用いたOD交通量推計の精度に関する研究*
A Study on the Accuracy of Estimating OD matrix using Observed Link Flow*

西　隆太**・桝井　正将***・谷下　雅義****・鹿島　茂*****
by Ryuta NISHI・Masayuki MASUI・Masayoshi TANISHITA・Shigeru KASHIMA

1. 背景と目的

OD交通量を精度よく調査することは非常に重要である．これはOD交通量が対象地域全体の交通現象の大まかな把握や汎用性については優れているからである．しかしOD交通量調査がサンプル調査であることや調査形式による被験者への負担などの要因から，調査の精度が問題とされている．一方，断面交通量の観測はすべての断面で行うことは困難であるが，精度の高い観測が可能である．

そこで，断面交通量の観測結果を用いてOD交通量の調査結果を修正し，より精度の高いOD交通量にする試み(以下，OD修正法)は古くから行われている．例えば，高山ら[1),2)]は，ランダム誤差を考慮したOD修正法を提案している．

しかし，近年の研究により[3) 4)] OD交通量の調査誤差の傾向として短いトリップに抜け落ちが発生しやすく，全体で２０～３０%，(以下，傾向誤差) となることが示されており，この傾向誤差を考慮することで更に精度の高いOD交通量を推定できるのではないかと考えられる．

そこで，本研究は特に短いトリップの抜け落ちに着目して，傾向誤差をもつOD交通量を断面交通量によって修正する方法を提案し，その修正法の妥当性について検討する．

*キーワーズ：交通量計測　ネットワーク交通流　傾向誤差
**学生員、中央大学大学院理工学研究課土木工学専攻
(〒112 - 8551 東京都文京区春日 1 - 13 - 27
TEL　03 - 3817 - 1817　FAX　03 - 3817 - 1803)
***正会員、国土交通省北海道開発局
****正会員、工博、中央大学理工学部土木工学科
*****正会員、工博、中央大学理工学部土木工学科

2. 傾向誤差を考慮したOD修正法

実際のOD交通量調査では，ランダムな誤差だけでなく，短いトリップに抜け落ちが多く発生するという傾向誤差が存在する．そこで，OD間距離d_{ij}が影響していると考え，以下の修正法を提案する．

目的関数

$$\underset{\alpha,T,T_{ij}}{Min}\sum_i\sum_j w_{ij}\left(T_{ij}-T\frac{T_{ij}^{*}f(d_{ij},\alpha)}{\sum_i\sum_j T_{ij}^{*}f(d_{ij},\alpha)}\right)^2$$

制約条件

$$X_k^{*}=\sum_i\sum_j T_{ij}p_{ij}^k\quad(k=1,2,\cdots),\quad T=\sum_i\sum_j T_{ij}$$

但し，T_{ij}：修正OD交通量，T_{ij}^{*}：調査OD交通量，
X_k^{*}：観測断面交通量，d_{ij}：ij間の距離
w_{ij}：最小２乗法の重み(＝1/ODペアijの分散)，
q_{ij}：調査OD交通量T_{ij}^{*}から得られる単位OD表

$f(d_{ij},\alpha)$は傾向誤差を除去する関数(以下，除去関数)

とし，OD間距離とパラメータに依存するものとする．

λ,υを導入してラグランジュ関数Lを定義すると

$$L=\sum_i\sum_j w_{ij}(T_{ij}-Tq_{ij})^2+\sum_k\lambda_k\left(X_k^{*}-\sum_i\sum_j T_{ij}p_{ij}^k\right)+\upsilon(T-T_{ij})$$

この関数を未知変数とラグランジュ乗数とで偏微分し整理すると以下のようなマトリックスで表せる．

$$\begin{bmatrix}-\frac{1}{2}E_{11} & -\frac{1}{2}E_{12} & \cdots & -\frac{1}{2}E_{1m} & C_1 & \frac{1}{2}D_1\\ -\frac{1}{2}E_{21} & -\frac{1}{2}E_{22} & \cdots & -\frac{1}{2}E_{2m} & C_2 & \frac{1}{2}D_2\\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots\\ -\frac{1}{2}E_{m1} & -\frac{1}{2}E_{m2} & \cdots & -\frac{1}{2}E_{mm} & C_m & \frac{1}{2}D_m\\ C_1 & C_2 & \cdots & C_m & 0 & 0\\ D_1 & D_2 & \cdots & D_m & 0 & -F\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\lambda_1\\ \lambda_2\\ \vdots\\ \lambda_m\\ T\\ \upsilon\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}X_1^{*}\\ X_2^{*}\\ \vdots\\ X_k^{*}\\ 0\\ 0\end{bmatrix}$$

但し　$C_k = \sum_i \sum_j q_{ij} p_{ij}^k$, $D_k = \sum_i \sum_j \frac{p_{ij}^k}{w_{ij}}$

$E_{hk} = \sum_i \sum_j \frac{p_{ij}^h p_{ij}^k}{w_{ij}}$, $F = \sum_i \sum_j \frac{1}{w_{ij}}$

この修正法は調査OD交通量のOD分布パターンを関数 f で修正し傾向誤差を除去し，断面交通量を用いて（観測リンク数＋２）元の連立方程式を解くことでOD交通量を推定するものである．

３．OD修正法の精度の検討

検討のフローはとしては、まず真のOD交通量を仮定し，そのOD交通量を配分することで真の断面交通量を設定する．次に真のOD交通量に傾向誤差とランダム誤差を与えたものを調査されたOD交通量(以下,誤差OD交通量）と仮定する．この誤差OD交通量を真の断面交通量を用いて修正したものを修正OD交通量とし，修正OD交通量と真のOD交通量との比較を行い①傾向誤差の知見の有無による比較，②ＯＤ交通量調査のランダム誤差の影響を把握する．さらに傾向誤差率の仮定を変更した場合にその傾向誤差に合う関数を定義することで修正を行えるか検討するために③傾向誤差を除去する関数形の妥当性について検討する．

真のOD交通量は，図１に示すネットワークの中心に交通が集中するような分布パターンを仮定した．そして，傾向誤差とランダム誤差は，以下のように与える．

$$T_{ij}^* = \overline{T_{ij}}(1 + trend + \sigma \frac{\varepsilon}{100})$$

但し，$\overline{T_{ij}}$ ：真のOD交通量，$trend$:傾向誤差率，
σ ：ランダム誤差の標準偏差，ε ：平均０分散１の正規乱数

傾向誤差はOD間距離の短いトリップ程抜け落ちが多いことを考慮して以下の２つのパターンについて検討する．

・　距離に比例する（線形）場合

$$trend = \frac{trend_{\max} - trend_{\min}}{d_{ij\min} - d_{ij\max}}\left(d_{ij} - d_{ij\min}\right) + trend_{\max}$$

・　距離の２乗に比例する場合

$$trend = \frac{\left(trend_{\max} - trend_{\min}\right)}{\left(d_{ij\min} - d_{ij\max}\right)^2}\left(d_{ij} - d_{\max}\right)^2 + trend_{\min}$$

（d :OD間距離　添字のmax,minは対象における最大値最小値を示す）

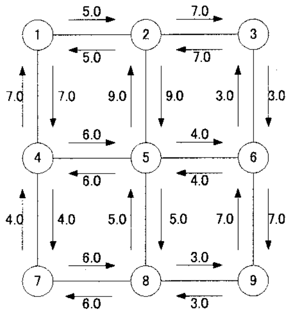

図1　対象ネットワーク
（ノード番号とリンクコストの基本値）

各傾向誤差に合う除去関数は以下の通りになる．

・　線形誤差：$f(d_{ij}, \alpha) = 1/(1 + \alpha d_{ij})$　　(1)

・　２乗の場合：$f\left(d_{ij}, \alpha, \beta\right) = \frac{1}{1 + \alpha d_{ij} - \beta d_{ij}^2}$　　(2)

また OD 間距離と傾向誤差との関係が明らかでない（この場合では線形かあるいは２乗か）場合として以下のような除去関数を定義する．

・$f\left(d_{ij}, \alpha, \beta\right) = \frac{1}{\left(1 + \alpha \cdot d_{ij}\right)^{\beta}}$　　(3)

これらの関数を用いて目的関数を最小にするためにパラメータ α, β を探索し傾向誤差に合う関数形を求めて修正を行う．

傾向誤差の設定は①，②では線形，③では両方の場合に関する検討を行う．傾向誤差の最大値，最小値としてはそれぞれ－５０，０とする．

傾向誤差に関する知見がある場合の修正モデルにおける最小２乗法の重み w_{ij} は，調査 OD 交通量による $1/T_{ij}^{*2}$ を用いる．断面交通量は理想的な観測を仮定し，観測誤差なしに観測できるものとする．

修正OD交通量の精度の検討に用いる適合指標として各ODペアごとのOD交通量の誤差率とRMS誤差を定義する．

$$\text{OD交通量の誤差率} = \frac{\text{修正OD交通量 - 真のOD交通量}}{\text{真のOD交通量}}$$

$$RMS\text{誤差} = \sqrt{\frac{\sum_i \sum_j (\text{修正OD交通量}_{ij} - \text{真のOD交通量}_{ij})^2}{OD\text{ペア数}}}$$

また修正計算の繰り返し回数は１００回とする．

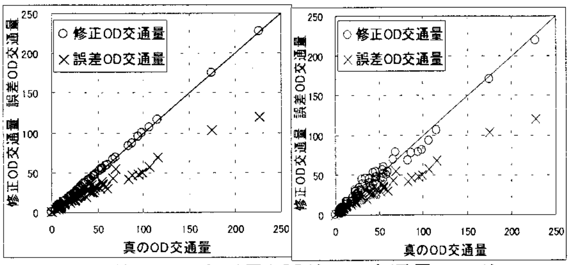

図2 修正 OD 交通量と誤差 OD 交通量の平均

（左：傾向誤差の知見がある場合 右：傾向誤差の知見がない場合）

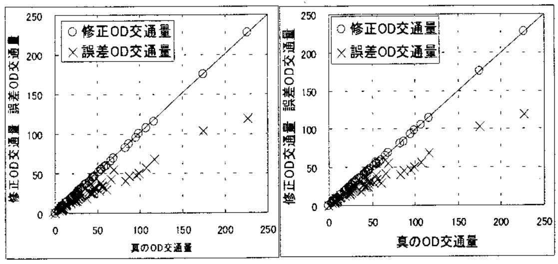

図4 修正 OD 交通量と誤差 OD 交通量の平均

（左：ランダム誤差5%，右：ランダム誤差10%）

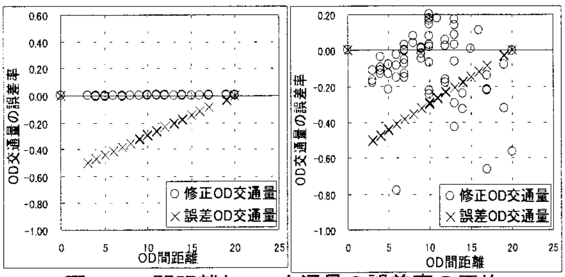

図3 OD 間距離と OD 交通量の誤差率の平均

（左：傾向誤差の知見がある場合右：傾向誤差の知見がない場合）

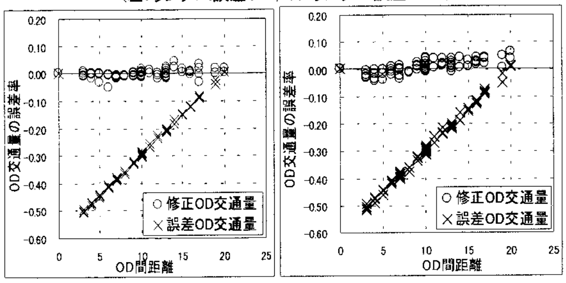

図5 OD 間距離と OD 交通量の誤差率の平均

（左：ランダム誤差5% 右：ランダム誤差10%）

表1 RMS 誤差の平均値

傾向誤差の知見がある場合	傾向誤差の知見がない場合	修正前
0.8	6.8	22.8

表2 RMS 誤差の平均値

ランダム誤差	傾向誤差の知見がある場合	修正前
5	2.8	23.0
10	5.5	23.5

① OD 傾向誤差の知見の有無による比較

24 断面で得られた交通量をもとに(1)の関数を用いて検討結果を図2，図3，表1に示す．傾向誤差に関する知見がない修正法は，傾向誤差を修正することができていない．特に真の OD 交通量が小さい OD ペアでは精度が修正する前より大きく悪化する OD ペアもある．一方，傾向誤差の知見がある場合は十分に精度を向上することができ，RMS 誤差は傾向誤差を考慮しない場合の 30%，修正前の 3.5%まで減少させている．

② 交通量調査のランダム誤差の影響

①は OD 交通量のランダム誤差の標準偏差が２と傾向誤差の方が十分に大きい場合であった．しかし，実際に OD 交通量の調査に生じるランダム誤差や傾向誤差大きさは分からない．そこで，徐々にランダム誤差の標準偏差を大きくする．また，すべての断面を観測することも実際には困難であるので，１２断面を用いて修正する．その結果を図4，図5，表2に示す．OD 交通量のランダム誤差が大きくなると，調査 OD 交通量ですら傾向誤差を見出すことが困難となり，傾向誤差に着目した修正が困難となる．そのために，傾向誤差が僅かに残る傾向がある．RMS 誤差はランダム誤差が５%から１０%へと大きくなるにつれて２倍に増加している．さらに図5からもランダム誤差が大きくなるにつれて精度が低くなることがわかる．

③ 傾向誤差を除去する関数についての検討

ここでは傾向誤差が OD 間距離の２乗に比例する際にも修正が行えるのかどうかを(2)の関数を用いて検討する．同時に OD 間距離と傾向誤差の関係が明らかでない場合にも修正が行えるかどうかを検討するために(3)の除去関数を用いて修正を行う．

ランダム誤差、観測断面数の設定は②同様とし，OD 間距離が傾向誤差２乗に比例する場合の修正の結果を図６，OD 間距離と傾向誤差の関係が明らかでない場合のための除去関数を用いて線形，２乗の傾向誤差に対しての修正の結果を図７，図８，表３に示す．

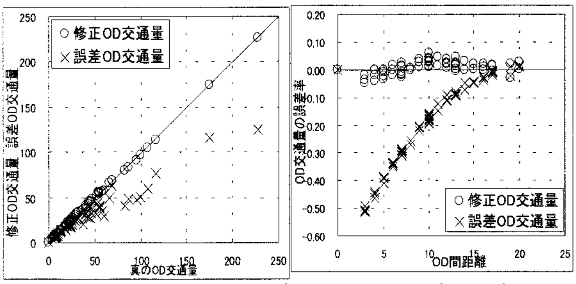

図6 傾向誤差が OD 間距離の2乗に比例する場合の OD 交通量と OD 交通量の誤差率の平均値

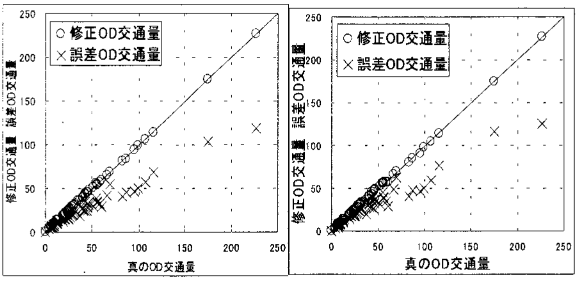

図7 真の OD 交通量と誤差 OD 交通量の平均値
(左:誤差が距離に比例 右:誤差が距離の2乗に比例)

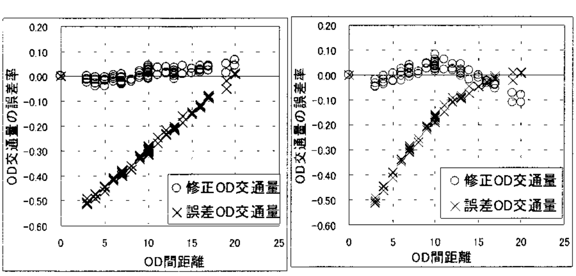

図8 OD 間距離と OD 交通量の誤差率の平均
(左:誤差が距離に比例 右:誤差が距離の2乗に比例)

表３ 関数形の違いによる RMS 誤差の比較

	除去関数	修正後	修正前
傾向誤差線形	(1)	5.6	23.5
	(3)	5.6	23.5
傾向誤差2乗	(2)	5.2	21.2
	(3)	5.3	21.2

図６より，２乗の傾向誤差の場合にもそれに合う除去関数を定義することにより比較的精度のよい修正をすることができることがわかる．表３の RMS 誤差に関しても線形の場合と同様に修正前の約２４％に減らすことができている．除去関数(3)については，図７，図８から，２乗の場合は図６の結果と比較すると特に誤差率に関して精度が悪化していることがわかる．また線形の場合では図４，図５の場合と比較してもそれほど精度が劣っていないがこれは除去関数(3)のパラメータ β が１のときは除去関数(1)の形と一致するためである．

４．結論

本研究は傾向誤差を考慮した OD 修正法を提案し，以下のことを明らかにした．

1.傾向誤差がある場合には，既存の傾向誤差を考慮することにより，十分に OD 交通量を精度高く修正することが可能となる．

2.ランダム誤差が大きくなるにつれて修正による精度向上は悪化する．

3.OD 間距離と傾向誤差の関係が明らかになる場合にはその関係に合う関数で傾向誤差を除去することより精度の高い修正が行える．

しかし OD 間距離の大きい OD ペアで比較的精度が悪くなっているので，OD 間距離と傾向誤差の関係のについてネットワーク形状，OD 分布等の様々なパターンについて精度向上のための検討を行う予定である．

【参考文献】

1）高山純一，飯田恭敬；リンク観測交通量を用いた残差平方和最小化による交通需要推計法，第 40 回土木学会年次学術講演会講演概要集,第Ⅳ部,pp407～408,1985
ｘ２）高山純一；リンクフロー観測値に基づいた道路網交通需要分析モデルに関する方法論的研究,京都大学学位論文,1988
３）名取義和,谷下雅義,鹿島茂；パーソントリップ調査における回答誤差とその発生要因,土木計画学研究・講演集 22(2)pp403～406,1999
４）北村隆一；都市圏交通調査の新たな展開,都市計画 Vol.49/No.2, pp23～26,2000