

各種観測誤差が推定経路交通量に与える影響に関する一考察

名城大学 学生員 堀場 庸介
 名城大学 正会員 松本 幸正

1. はじめに

所要時間提供や動的経路誘導などの交通運用施策において、経路交通量は不可欠である。しかし、経路交通量を直接観測することは困難である。

ITS の普及により VICS やプローブカーを用いることで、今まで入手困難であった車両の経路情報などのデータが得られるようになった。一方で車両感知器は道路ネットワーク上の量的データをとらえられる。

しかしながら、これらの観測データには、ネットワーク上のプローブカーの割合、OD パターンの変化による誤差や観測リンクの誤差が含まれると考えられる。

そこで本研究では、プローブカーと車両感知器のデータを用いて、経路交通量の推定手法を提案し、各種観測誤差が推定経路交通量に与える影響を把握する。

2. モデルの定式化

本研究では、プローブカーのデータと車両感知器から得られた観測リンク交通量を用いて経路交通量の推定手法を、同時生起確率最大化として定式化する。また、交通混雑や交通状況の変化に対応できるようにリンク交通量も確率変数としてモデルに組みこみ、以下のようにした。なお、プローブカーのデータは OD ペアごとに得られるものと仮定した。

$$\max \left[\prod_i \prod_j \prod_k \frac{\hat{q}_{ij}^1}{\prod h_{ijk}^1} \prod_k (\hat{p}_{ijk})^{h_{ijk}} \right]^\alpha \left[\frac{\hat{V}!}{\prod v_l!} \prod_l (\hat{g}_l)^{v_l} \right]^\beta \quad (1)$$

$$\text{subject to } \hat{q}_{ij} = \sum_k h_{ijk} \quad v_l = \sum_i \sum_j \sum_k \delta_{ijk}^l h_{ijk} \quad (2)$$

$$\hat{V} = \sum_l v_l$$

また、 $\hat{g}_l = \frac{\hat{v}_l}{\sum_i \hat{v}_i}$ とする。

上式から、以下の式を導くことができる。なお、パラメータ α, β は 1 とした。

$$h_{ijk} = \hat{p}_{ijk} e^{-\sum_l \lambda_l \delta_{ijk}^l} e^{u_{ij}} \quad (3)$$

$$v_l = \hat{g}_l e^{s - \lambda_l} \quad (4)$$

$$\lambda_l = \frac{1}{2} \log \frac{\hat{g}_l e^s}{\sum_i \sum_j \sum_k \delta_{ijk}^l \hat{p}_{ijk} e^{\sum_{n \neq l} \lambda_n \delta_{ijk}^n} e^{u_{ij}}} \quad (5)$$

$$u_{ij} = \log \frac{\hat{q}_{ij}}{\sum_k \hat{p}_{ijk} e^{\sum_l \lambda_l \delta_{ijk}^l}} \quad (6)$$

$$s = \log \frac{\hat{V}}{\sum_l \hat{g}_l e^{-\lambda_l}} \quad (7)$$

ここで、

- V : リンク l 交通量の総和
- v_l : リンク l のリンク交通量
- \hat{g}_l : リンク l の観測リンク比率
- q_{ij} : ゾーン ij 間の OD 交通量
- h_{ijk} : ゾーン ij 間の第 k 経路交通量
- \hat{p}_{ijk} : ゾーン ij 間第 k 経路の経路利用率
- δ_{ijk}^l : ゾーン ij 間第 k 経路がリンクを通る時 1, その他を 0 とするダミー変数
- u_{ij}, λ_l, s : 制約条件(2)に対するラグランジュ乗数

3. 影響分析

上記に示した経路交通量推定モデルを用いて、図-1に示すノード数 24、リンク数 76 で構成されるテストネットワークにおいて、各種観測誤差の影響を把握する。OD ペア数は 552OD ペアとした。なお、リンク比率は観測値から算出した。また、OD 間のトリップをある割合でサンプリングしたものをプローブカーと仮定し、経路利用率はそのプローブカーから得られると仮定した。プローブカーが得られる状況を複数作り出すため、サンプリングを 10 回行った。

図-2 は各種観測誤差を与えた場合の経路交通量の推定結果を示す。図より、OD 交通量と観測リンクの

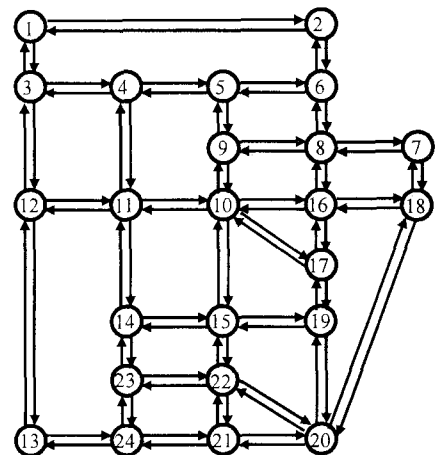


図-1 テストネットワーク

両者に誤差がある場合、経路交通量の推定誤差が最も大きくなった。また、プローブ混入率が高い場合において、経路交通量の推定誤差が大きくなる要因はデータの不整合が生じているためだと考えられる。リンク欠測の場合を考えるため、観測されるリンク数を66リンクとした。ただし、経路交通量の推定誤差を算出するときに、ある経路上で一点もリンクの観測値がない場合は省いた。リンク欠測がある場合において、経路交通量の推定誤差は誤差がない場合とほとんど変わらないことがわかった。このことから、提案モデルは、全リンク観測値を得られない場合においても適用可能であることがわかった。

図-3は各種観測誤差と誤差比率の関係を示したものである。ここで、誤差比率とは、各種観測誤差がある場合の経路交通量の推定誤差を誤差がない場合の経路交通量の推定誤差で除したものと定義する。図より、プローブ混入率が高くなるにつれて、各種観測誤差の影響が大きくなっていくことがわかる。また、観測リンクの誤差より、ODパターンの変化による誤差のほうが経路交通量の推定誤差に与える影響が大きいことがわかる。

ODパターンの変化による誤差が、経路交通量の推定精度に大きな影響を及ぼすことがわかった。そこで、OD交通量を修正することにより、データの不整合による誤差を少なくすることを考える。OD交通量の修正方法はプローブカーにより得られる経路情報を用いて、各リンク交通量の誤差をODペアごとに比例配分した。図-4にOD交通量の修正前後での経路交通量の推定結果を示す。図より、プローブ混入率が高い場合において、ある程度経路交通量の精度が向上していることがわかる。しかしながら、プローブ混入率が低い場合においては、OD交通量を修正すると逆に経路交通量の推定誤差が大きくなる場合もあることがわかった。これは、プローブ混入率が低い場合、プローブカーより得られる経路利用率とリンク交通量の間不整合が生じることによると考えられる。

4. おわりに

本研究では、経路交通量の推定手法を提案し、テストネットワークを用いて、各種観測誤差が推定経路交通量値に与える影響を分析した。その結果、リンク欠測は経路交通量の推定精度に影響しないことがわかった。一方で、ODパターンの変化が経路交通量の推定

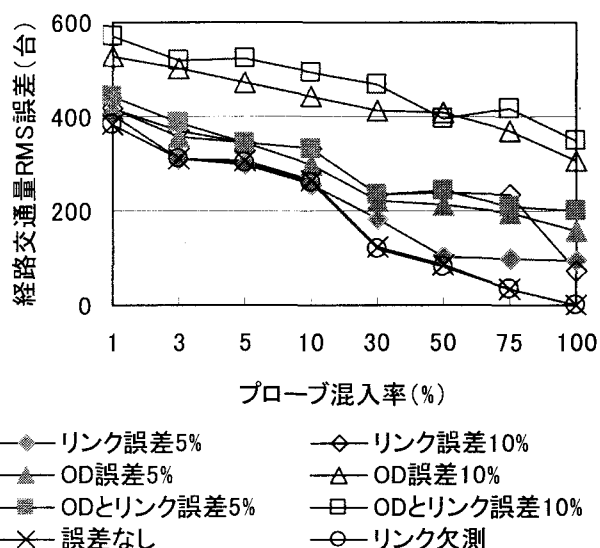


図-2 経路交通量推定結果

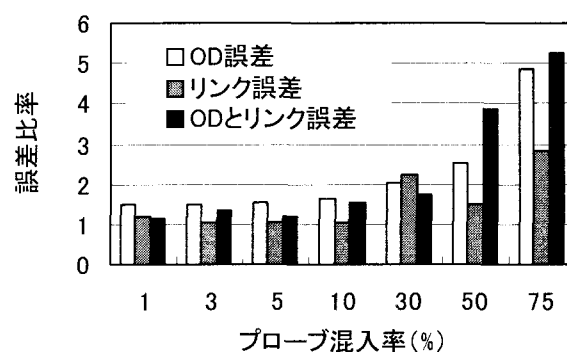


図-3 誤差比率とプローブ混入率の関係

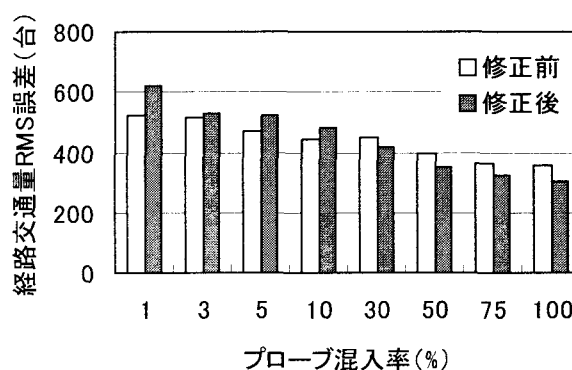


図-4 OD交通量修正前後での比較

精度に大きく影響することがわかった。さらに、リンク交通量に基づきOD交通量を修正したところ、プローブ混入率が高い場合においては、経路交通量の推定精度が向上することがわかった。

今後はプローブカーより得られる情報も誤差を含んでいることから、OD交通量とプローブカーのデータを修正可能なモデルを提案し、経路交通量の推定精度の向上を図る必要があると考えられる。