

均衡条件下におけるドライバーの行動を考慮した経路交通量推定手法に関する一考察

名城大学 学 生 員 黒川 卓司
 名城大学 正 会 員 松本 幸正
 名城大学 フェロー 松井 寛
 名城大学 学 生 員 伊東 裕晃

1. はじめに

利用者均衡配分は、説明責任を果たし得る交通量配分手法として、従来の分割配分に代わって用いられるようになってきた。利用者均衡配分の代表的な解法である Frank-Wolfe 法では、リンク交通量を一意に求めることができるが、経路交通量は一意に求めることができない。そこで本研究では、利用者均衡配分結果から得られる均衡リンク交通量を制約条件とした、ドライバーの経路選択行動を考慮可能な経路交通量推定手法について考察する。

2. 経路交通量推定手法

本研究では、利用者均衡配分時の均衡リンク交通量に一致する経路交通量の推定手法として、同時生起確率最大化による手法を用いる。

同時生起確率最大化による手法とは、均衡リンク交通量を制約条件として、経路交通量に関する目的関数を最大化にする問題として定式化され、以下の数理最適化問題として表現される。

$$\max \prod_i \prod_j \frac{q_{ij}!}{\prod_k h_{ijk}!} \prod_k (p_{ijk})^{h_{ijk}} \quad (1)$$

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

$$\sum_k h_{ijk} = q_{ij}$$

ここで、

q_{ij} : ゾーン $i-j$ 間の OD 交通量

h_{ijk} : ゾーン $i-j$ 間の第 k 経路交通量

p_{ijk} : ゾーン $i-j$ 間の第 k 経路の先験確率

v_l^* : リンク l の均衡リンク交通量

δ_{ijk}^l : ゾーン $i-j$ 間の第 k 経路がリンク l を通過する時を 1, その他を 0 とするダミー変数

一次の必要条件より以下の式を導くことができる。

$$h_{ijk} = p_{ijk} e^{\sum_l \lambda_l \delta_{ijk}^l} e^{\mu_{ij}} \quad (3)$$

$$\lambda_l = \log \frac{v_l^*}{\sum_i \sum_j \sum_k p_{ijk} \delta_{ijk}^l e^{\sum_{n \neq l} \lambda_n \delta_{ijk}^n} e^{\mu_{ij}}} \quad (4)$$

$$\mu_{ij} = \log \frac{q_{ij}}{\sum_k p_{ijk} e^{\sum_l \lambda_l \delta_{ijk}^l}} \quad (5)$$

λ_l と μ_{ij} は制約条件(2)に対するラグランジェ乗数で、式(4)、(5)を収束条件を満たすまで繰り返し計算し、最後に式(3)で経路交通量を求める。

このモデルでは、先験確率の値を適切に与えることでドライバーの経路選択行動を反映した経路交通量を求めることができる。先験確率の値を適切に与えるために、ドライバーの経路選択が総走行距離を最小にするように行われるものと仮定した。さらに、実際に観測できる交差点分岐確率は、経路選択行動を把握できる指標の 1 つとなる。そこで、目的関数を交差点分岐確率を制約条件とした総走行距離最小化問題とし、以下の線形計画問題により構成する。

$$\min \sum_i \sum_j \sum_k d_{ijk} h_{ijk} \quad (6)$$

$$\text{subject to } \sum_i \sum_j \sum_k \eta_{ijk}^{l,a} h_{ijk} / v_l^* = \gamma_{l,a} \quad (7)$$

$$\sum_k p_{ijk} = 1.0$$

ここに、

d_{ijk} : ゾーン $i-j$ 間の第 k 経路の距離

$\gamma_{l,a}$: リンク l から方向 a に対する交差点分岐率

$\eta_{ijk}^{l,a}$: リンク l から方向 a を通過する時を 1, その他を 0 とするダミー変数

式(6)、(7)を上位問題とし、式(1)、(2)を下位問題とした経路交通量推定モデルを構築した。

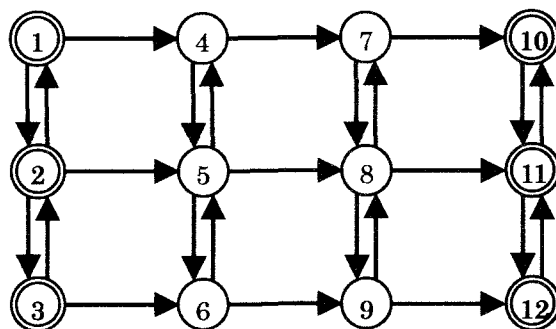


図1 テストネットワーク

3. 適用事例

図1に示すようなノード数12、リンク数25で構成されたテストネットワークにおいて、提案モデルを適用した。ODペアは、始点を左端の3ノードとし、終点を右端の3ノードとする計9ODペアに、OD交通量を100台ずつ与えた。リンクコスト関数にはBPR関数を使用した。

図2は、交差点分岐確率と経路交通量におけるRMS誤差と繰り返し回数の関係を示している。図より、交差点分岐確率と経路交通量のRMS誤差の値は、計算が進むにつれてある値に収束することがわかる。表1は、収束時における交差点分岐確率、経路交通量の真値と推定値とのRMS誤差と相関係数を示したものである。交差点分岐確率において、RMS誤差の値はかなり小さく、相関係数の値は高い値となった。また、経路交通量において、RMS誤差の値は約6台となったものの値は小さく、相関係数の値は高い値となった。このことから、簡単なテストネットワークにおいては提案したモデルにより、十分な推定精度が得られることがわかった。

次に、交差点分岐確率を変化させることでどのように経路交通量に変化するかを見た。図3は、交差点分岐確率を変化させた場合における経路交通量の変化を示している。図はその結果うち、Case1とCase2という2つの推定を示したものである。このことから、交差点分岐確率が変化すると経路交通量も変化することがわかる。

図4は、図3と同様の交差点分岐確率において推定した経路交通量から算出したリンク交通量と均衡リンク交通量との誤差を示している。図から、誤差はあるもののその値はかなり小さく、均衡リンク交通量に一致したリンク交通量となっていることがわかる。

以上のことから、実際のネットワークにおいて交差点分岐確率を観測することにより、ドライバーの経路選択行動が総走行距離最小化に従うという仮定において、ドライバーの経路選択行動を考慮した経路交通量を推定することが可能となることがわかった。

4. おわりに

本研究では、提案した経路交通量推定モデルを簡単なネットワークに適用して、そのモデルの妥当性を検証した。その結果、交差点分岐確率を用いることで、経路選択行動を考慮できるモデルであることが明らか

表1 収束時における真値とのRMS誤差と相関係数

	RMS 誤差	相関係数
交差点分岐確率	2.96×10^{-6}	0.99
経路交通量	6.05	0.96

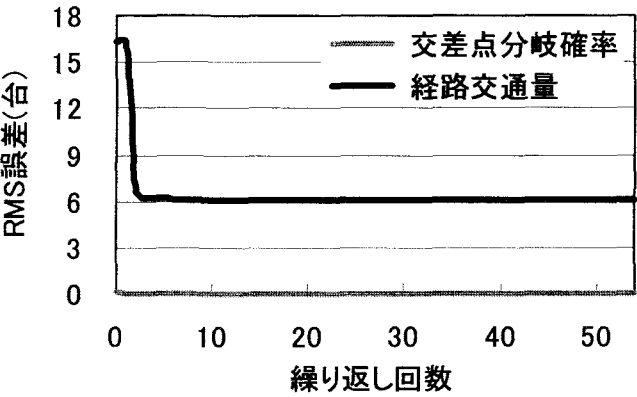


図2 交差点分岐確率、経路交通量のRMS誤差

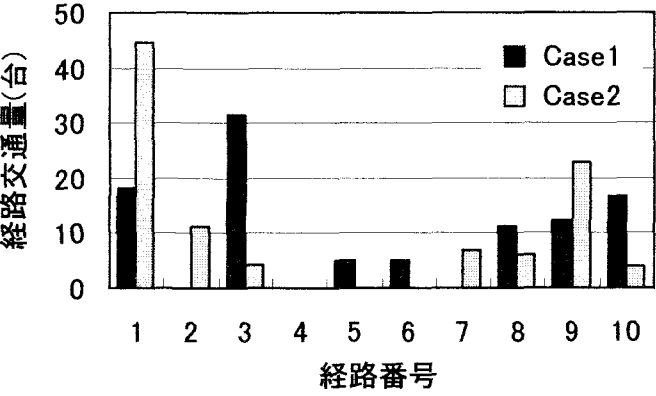


図3 交差点分岐確率の変化によるODペア7の経路交通量

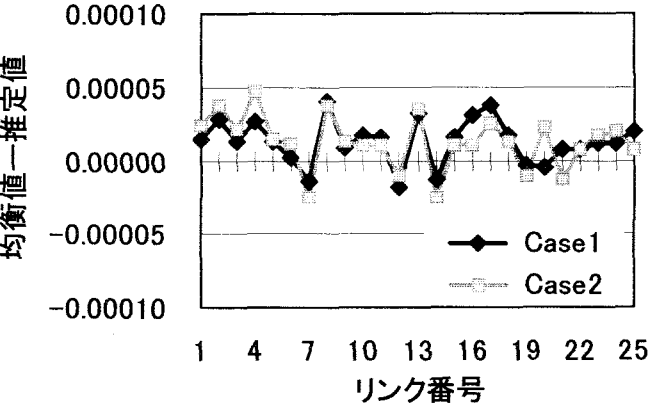


図4 交差点分岐確率の変化による均衡リンク交通量との誤差

となった。
今後の課題として、実ネットワークによる分析を進めるとともに、観測値に誤差が含まれる場合にも適用可能なモデルを構築していく必要がある。