

スクリーンライン交通量を制約条件とした発生エントロピーモデル

京都大学工学部 正会員 飯田恭敏
金沢大学工学部 正会員 高山純一
金沢大学工学部 学生員 〇小林光二
金沢大学工学部 学生員 中田淳之介

1. はじめに

エントロピー最大化法を用いてリンク観測交通量からOD交通量を推計する発生エントロピーモデルについては既に発表した。¹⁾ このモデルは、従来OD交通量に関して定式化されていたエントロピーモデルを発生交通量に着目して定式化したところに特徴があるといえる。しかも、数少ない観測交通量からでも推計可能であり、非常に実用的なモデルといえる。しかし、選択可能なリンク数が少ないために、選択したリンク交通量の特性が推計精度に大きく影響するものと予想される。そこで、本研究では、スクリーンライン交通量を制約条件として定式化することによりモデルの改良を行う。

今回はその定式化方法の考え方と簡単なモデルを用いた計算結果を示し、従来の方法と比較することによってモデル改良の有効性を検討する。

2. スクリーンライン交通量を制約条件としたモデルの改良

従来の発生エントロピー法では、道路区間交通量を制約条件としてモデル定式化を行った。ここでは、スクリーンライン交通量を制約条件として定式化を行う。そうすることによって、少ない条件の数で多くのリンクを考慮することが可能となるため、選択リンク位置の違いによる影響が軽減されるものと思われる。

ゾーン*i*からゾーン*j*へのOD推移確率(OD遷移確率)を f_{ij} ($\sum_j f_{ij}=1.0$)とすると、OD交通量 T_{ij} はゾーン*i*の発生交通量 A_i を用いて式(1)のように表すことができる。

$$T_{ij} = A_i \cdot f_{ij} \quad (1)$$

また、トータル交通量 T のうち、ゾーン1, 2, ..., n の発生交通量がそれぞれ $A_1, A_2, \dots, A_n$ である確率(同時生起確率)は P で表される。

$$P = \frac{T!}{\prod_i A_i!} \prod_i (f_i)^{A_i} \Rightarrow \text{Max} \quad (2)$$

$$T = \sum_i A_i \quad (3)$$

ここで、 f_i は発生交通量に関する先験確率であり、ここでは既存OD交通量 t_{ij}^* の発生交通量 a_i^* を用いて、式(4)のように与える。また、 f_{ij} も t_{ij}^* を用いて式(5)のように与える。

$$f_i = \frac{\sum_j t_{ij}^*}{\sum_j \sum_i t_{ij}^*} = \frac{a_i^*}{\sum_i a_i^*} \quad (4)$$

$$f_{ij} = \frac{t_{ij}^*}{\sum_j t_{ij}^*} \quad (5)$$

一方、スクリーンライン*l*(上下方向別)上の実測交通量 SX_l は式(6)のように表される。ただし、 δ_{ij}^l は1あるいは0(ODペア*i, j*がスクリーンライン*l*を通過すれば1、そうでなければ0)の値をとる。

$$SX_l = \sum_{i,j} T_{ij} \delta_{ij}^l = \sum_{i,j} A_i f_{ij} \delta_{ij}^l \quad (6)$$

したがって、この問題は、式(3)、式(6)を制約条件とする式(2)の最大化問題として定式化することができる。

P の最大化は $\log P$ の最大化と同値であるので、スターリングの公式を用いて変形し、ラグランジェの未定乗数法を用いて解いてやると、式(7)、式(8)、式(9)が得られる。

$$T \cdot \sum_{i,j} f_{ij} \delta_{ij}^l \exp \left\{ \sum_l \lambda_l \left(\sum_{i,j} f_{ij} \delta_{ij}^l \right) \right\} = SX_l \quad (7)$$

$$(l=1, 2, \dots, s)$$

$$\sum_i f_i \exp \left\{ \sum_l \lambda_l \left(\sum_{i,j} f_{ij} \delta_{ij}^l \right) \right\} = 1 \quad (8)$$

$$T_{ij} = T f_{ij} \exp \left\{ \sum_l \lambda_l \left(\sum_{i,j} f_{ij} \delta_{ij}^l \right) \right\} \quad (9)$$

式(7)、式(8)で表される非線形連立方程式を T と λ_l ($l=1, 2, \dots, s$)について解けば、式(9)に代入することによってOD交通量 T_{ij} を推計することができる。ただし、 λ_l はラグランジェの未定乗数である。

3. シミュレーションによる検討方法

図—1に示すノード数25、リンク数80の格子型道路網（点線はスクリーンラインを示す）を用いて、道路区間交通量を制約条件とする従来の発生エントロピー法（道路区間法）と、今回、スクリーンライン交通量を制約条件として改良を加えた発生エントロピー法（スクリーンライン法）の推計精度の比較検討を行った。シミュレーションではOD調査によって得られるサンプルOD交通量 t_{ij} を任意に設定し、それをもとに推計時の真実OD交通量 RT_{ij} と推定OD交通量 $\hat{t}_{ij}$ （サンプル調査結果を拡大して計算されるOD交通量）を作成する。しかし、一般にOD調査は家庭訪問調査により行われるため、偶発的な標本誤差や調査洩れによる誤差が含まれる。そこで、それらの誤差を考慮するために、サンプル誤差 σ_T 、調査洩れ率 α を任意に設定した。

次に、真実OD交通量をネットワークに配分（Dial確率配分法）して、道路区間交通量 RX 、スクリーンライン交通量 SX を作成した。ただし、これらは実際には実測により得られるので、観測誤差 σ_X を考慮した。また、モデルの適用に当たっては道路区間利用率 p_{ij}^* を先決する必要がある。ここではその先決誤差の影響を分析するためにリンク所要時間の先決誤差 σ_H も考慮した。なお、推計精度の評価は、式(9)に示す、重み付き標準比率誤差 δ_T を用いることにする。

$$\delta_T = \sqrt{\frac{1}{\sum_{i,j} ERT_{ij} \sum_{i,j} ERT_{ij}} \left(\frac{T_{ij} - RT_{ij}}{RT_{ij}} \right)^2} \quad (10)$$

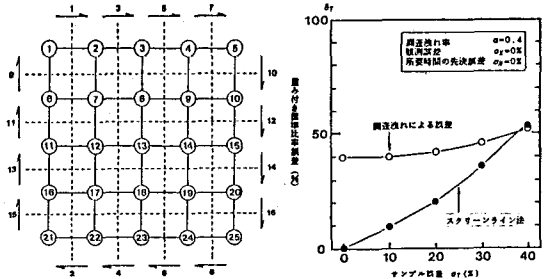
4. シミュレーション結果と考察

4.1 調査洩れが推計精度に及ぼす影響

調査洩れが推計精度にどのような影響を及ぼすか検討するために、調査洩れ率 α を $\alpha=0.4$ としてシミュレーションを行った。その結果を図—2に示す。図より、発生エントロピー法（スクリーンライン法）は、調査洩れの影響を受けず、その調査洩れを修正することができるといえる。これは、トータル交通量 T が同時確率 P が最大となるように決定されるためと考えられる。

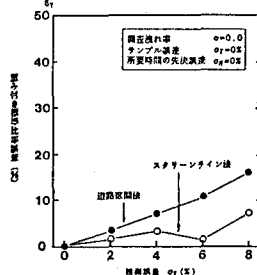
4.2 観測誤差が推計精度に及ぼす影響

観測誤差が推計精度にどのような影響を及ぼすか検討するために、観測誤差 σ_X を $\sigma_X=0, 2, 4, 6, 8(\%)$ としてシミュレーションを行った。結果を図—3に示

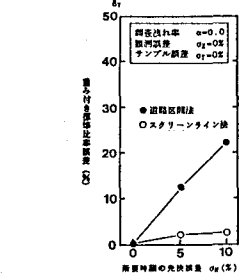


図—1 対象道路網とスクリーンライン

図—2 スクリーンライン法による調査洩れの影響（選択スクリーンライン番号3）



図—3 観測誤差が推計精度に及ぼす影響（選択スクリーンライン番号3、4）



図—4 所要時間の先決誤差が推計精度に及ぼす影響（選択スクリーンライン番号3）

す。道路区間法スクリーンライン法とも観測誤差が大きくなるほど精度は悪化する傾向にある。しかし、その影響は後者の方が小さいといえる。これは、スクリーンライン上で観測誤差が相殺されるためと考えられる。

4.3 所要時間の先決誤差が推計精度に及ぼす影響

所要時間の先決誤差が推計精度に及ぼす影響を検討するために、所要時間の先決誤差 $\sigma_H=0.5, 1.0(\%)$ として計算を行った。その結果を図—4に示す。明らかにスクリーンラインの方が影響を受けにくいといえる。道路区間法は、道路区間利用率 p_{ij}^* がずれるために推計精度は悪化するが、スクリーンライン法ではスクリーンライン交通量を制約としているため p_{ij}^* の先決誤差の影響が小さいためと考えられる。

5. まとめ

これらの結果より、スクリーンライン法は道路区間法に比べて観測誤差、所要時間の先決誤差の影響を受けにくいことが明らかとなった。しかし、スクリーンラインを回りこむOD交通量が存在したり、ODパターンが大きく変化する場合には、推計誤差も大きくなるため、今後、スクリーンラインの設定方法などについて検討する必要がある。

参考文献

- 1) 飯田恭彦, 高山純一, 小林光二: "リンク観測交通量を用いたエントロピー最大化による道路網交通需要推計法" 土木計画学研究, 講演集No.9, pp.441~448, 1986年10月。