

利用者均衡概念に基づく道路網の現状再現と将来計画案の整合的評価手法の研究

A Consistent Evaluation of Current Status and Alternatives of Road Networks Based on User Equilibrium Concept

北海道大学大学院工学研究科 ○学生員 仲野賢治(Kenji Nakano)
 北海道大学大学院工学研究科 正員 中辻 隆(Takashi Nakatsuji)
 北海道大学大学院工学研究科 非会員 Rattaphol Pueboobpaphan

1. 本研究の背景と目的

交通流シミュレーションを用いて道路ネットワークの評価を行うには、様々な交通量データが必要である。

現状再現の場合には、右左折率等は実際に測定可能であるが膨大な労力が掛かる。従来は、過去の PT 調査等の OD 交通量と別途アンケート調査等に基づく経路選択モデルを用いて、交通量の配分を行うことが一般的であった。これには、PT とアンケートの時間的食い違いがあるという問題がある。さらに将来計画案の分析では、経路選択や交通量データに関する情報は皆無であり、仮想のデータでよいか問題になっている。

本研究では、現状と将来計画案の整合性を保つため、OD 交通量と経路交通量の同時推定モデルを基に、道路ネットワーク内の交通状態が利用者均衡状態であると仮定した。その上で経路交通量等の交通変量を推定し、精度の向上を図ることを目的にしている。

実際の交通状態は、大規模施設等により特定の目的地に多くの交通量が流れるというように、確定的な利用者均衡(UE)状態ではない。このことを考慮し本研究では、UE ではなく確率的利用者均衡(SUE)理論を導入し、目的地の魅力度も考慮し、現状の交通状態を表現可能にした。

また、現状再現の際には、ネットワーク上に設置されている車両感知器等から得られるの交通量データから、GA によって交通変量の逆推定を行った。

2. 推定理論

2.1 交通変量の定義¹⁾

本研究で推定に必要な交通変量は、以下の通りである。

O_r : 流入ノード r の流入交通量

D_s : 流出ノード s の流出交通量

q_{rs} : rs 間の OD 交通量(そのベクトルを \mathbf{q})

f_k^{rs} : rs 間で k 番目の経路交通量(そのベクトルを \mathbf{f})

x_a : リンク a のリンク交通量(そのベクトルを \mathbf{x})

c_k^{rs} : rs 間で k 番目の経路旅行時間

u_{rs} : rs 間の最短旅行時間

2.2 確率的利用者均衡配分理論

流入・流出交通量を与えて OD 交通量、経路交通量、右左折率等の推定を基本的流れとして、OD 交通量と経路交通量が Logit モデルで表現できると仮定している。

$$q_{rs} = O_r \frac{e^{-\gamma(u_{rs}-M_s)}}{\sum_m e^{-\gamma(u_{rm}-M_m)}}, \quad f_k^{rs} = q_{rs} \frac{e^{-\theta(c_k^{rs})}}{\sum_m e^{-\theta(c_m^{rs})}} \quad (1)$$

ここで M_s は目的地の魅力度である。以上のような仮定で利用者均衡推定は以下のように定式化される。

<目的関数>

$$z(\mathbf{x}, \mathbf{q}, \mathbf{f}) = \sum_a \int_0^{x_a} t_a(\omega) d\omega + \frac{1}{\gamma} \sum_{rs} q_{rs} (\ln q_{rs} - 1) - \sum_{rs} M_s q_{rs} + \frac{1}{\theta} \sum_{rs} \sum_k f_k^{rs} (\ln f_k^{rs} - 1) \quad (2)$$

<制約条件>

$$\sum_k f_k^{rs} = q_{rs}, \sum_s q_{rs} = O_r, \sum_r q_{rs} = D_s, f_k^{rs} \geq 0, q_{rs} \geq 0 \quad (3)$$

式(2)の右辺において、第 1 項は一般的な利用者均衡、第 2 項は OD 交通量に関する Logit モデル、第 3 項は目的地の魅力度、第 4 項は SUE 配分に基づく経路交通量の Logit モデルに由来している。

2.3 遺伝的アルゴリズム (GA)²⁾

本研究では、一部のリンク交通量が判っている場合に、流入・流出交通量、目的地の魅力度、及び Logit モデルのパラメータを未知数として制約条件を定め逆推定し、その結果から各交通変量を推定した。その際使用した GenocopIII プログラムの目的関数は以下の通りである。ここで \hat{x}_a は計測リンク交通量、 \tilde{x}_a は推定リンク交通量である。

$$J(\hat{\mathbf{x}}, \tilde{\mathbf{x}}) = \sum_a (\hat{x}_a - \tilde{x}_a)^2 \quad (4)$$

2.4 推定の流れ

現状再現の場合も将来計画案の場合も、基本的には同様の利用者均衡概念に基づき、推定を行うようにして整合性を持った流れである。

(1) 現状再現の場合

流入・流出交通量は必ずしも測定されていないので、リンク交通量から GA を用いて他の交通変量の逆推定を行う。この流れを図-1 に示す。

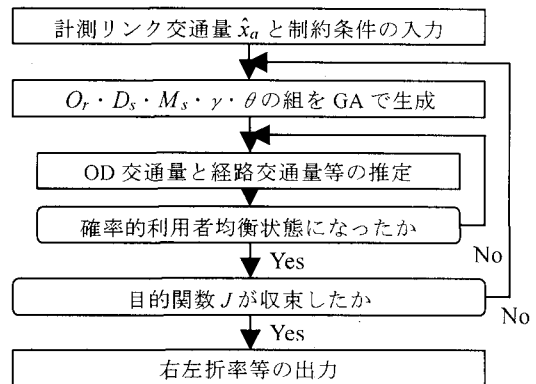


図-1 現状再現の流れ

図-1 からわかるように、この流れは SUE による OD 交通量・経路交通量の同時推定と、観測されたリンク交通量と推定されたリンク交通量との誤差の最小化問題の Bi-Level 構造になっていることが特徴である。

(2) 将来計画案評価の場合

将来計画案評価の場合は、予め流入・流出交通量は別に予測されるものとし、目的地の魅力度や Logit モデルのパラメータは現状と同じ数値を使用して推定を行うものとする。推定の流れを図-2 に示す。

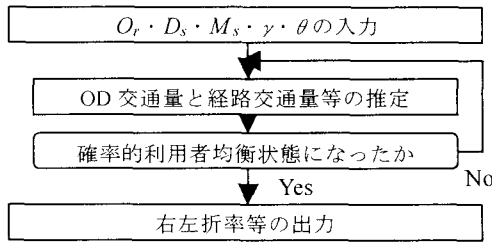


図-2 将来計画案評価の流れ

3. 数値解析

3.1 実測の交通量データによる検証

図-3 のような札幌市北区北 10 条西 3 丁目周辺の流入・流出ノード各 8、内部リンク 8 の 4 交差点ネットワークにおいて、各交差点の直進・右左折台数を観測し、リンク交通量データから推定を行った。図-4 はリンク交通量、流入・流出交通量の相関図であり、図-5 は各交差点の右左折率の相関図である。

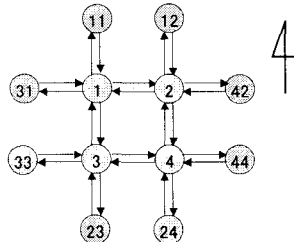


図-3 北 10 条西 3 丁目周辺のネットワーク

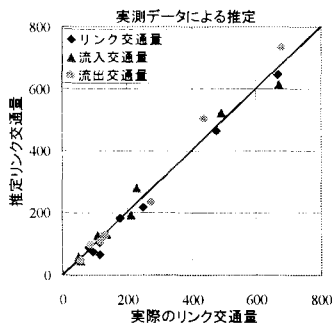


図-4 リンク交通量等の相関図

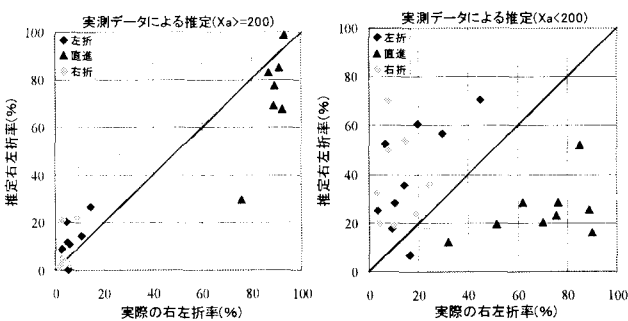


図-5 右左折率の相関図

図-4 を見ると、リンク交通量の相関は高く、相関係数は $R^2=0.996$ であった。流入・流出交通量についても同様のことが言える。また右左折率については、リンク交通量が多い箇所(図-5 左側)はおおむね良い結果が出たが、少ない箇所(図-5 右側)は 1 台の選択の変化で右左折率に大きく影響しあまりよい結果が得られなかった。右左折率全体の相関係数は $R^2=0.538$ であった。

3.2 車両感知器の交通量データによる検証

図-6 のような JR 大分駅周辺の流入・流出ノード各 8、内部リンク 14 の 6 交差点ネットワークにおいて、車両感知器で実際に計測された 1 時間分の 12 箇所のリンク交通量データから推定を行った。図-7 はリンク交通量の相関図である。ただし、実際のリンク交通量が 0 となっているリンクは感知器データが存在しなかった箇所である。

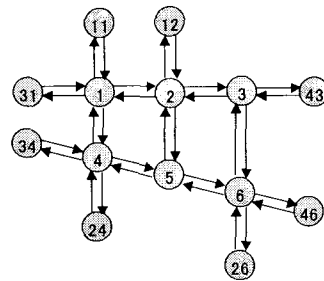


図-6 大分駅周辺のネットワーク

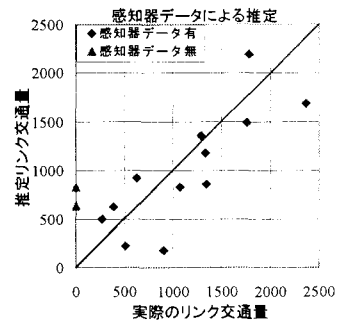


図-7 リンク交通量の相関図

図-7 を見ると、台数が多い箇所でも、500 台以上誤差がある箇所もある。しかし車両感知器データにもかかわらず、データが存在したリンクにおける相関係数は $R^2=0.812$ であり、リンク交通量の相関は比較的高かったと言える。

4. 結論

利用者均衡概念を用いながら、魅力度等を利用し実際の交通状態に沿うように、モデルを構築し推定した結果、車両感知器のデータからでもある程度高いリンク交通量の相関を得られるようになった。

また今回は車両感知器データについて誤差がないという仮定で推定を行ったが、実際には誤差は含まれており、推定にどれ位影響するか、感知器下で観測した実測データを基に考察する必要がある。

参考文献

- 1) Y.Sheffi : Urban Transportation Networks, Prentice Hall, 1985.
- 2) Zbigniew Michalewicz : Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs, Springer, 1992.