

リンク交通量の確率特性を考慮したOD交通量推計法

金沢大学工学部

学生員 ○宮崎 純一

金沢大学大学院自然科学研究科

正会員 中山 晶一郎

金沢大学大学院自然科学研究科

フェロー会員 高山 純一

1. 研究の目的と背景

近年都市部における慢性的な交通渋滞が全国的に問題となっている。こうした渋滞を緩和するためにも、既存の道路ネットワークの状況改善あるいは新規道路整備による都心通過交通の削減等の対策が求められる。そのためには、あらかじめ対象地域における交通需要量を詳細に把握する必要がある。

基本的に交通需要の推計には、低コストでなおかつ精度が高いことが要求される。一方、従来から用いられてきたパーソントリップ調査による手法は、広域的な都市圏を対象とする場合は高い精度が得られるもののかなりのコストを要する。また都市内の限られた地域を対象とする場合は精度も低下するため、パーソントリップ調査を扱える対象は限られてくる。そこで、既存の観測交通量の資料を用いて交通需要を推計する手法が、コストや精度向上の面からも注目されている。

これまで1回観測の(確定値としての)リンク交通量を用いたOD推計モデルが大半であった。これらのモデルでは各リンク交通量のみの情報でOD推計を行っている。リンク交通量の観測を多数行うことができる場合、リンク交通量の平均値だけでなく、その分散やリンク間の共分散の情報も獲得することができる。

Hazelton¹⁾は、観測交通量のリンク間における相関も用いたOD交通量の推計モデルを提案している。しかしHazelton¹⁾では、リンク交通量のみを用いリンク旅行時間や交通ネットワーク均衡などが考慮されていない。これらを考慮することにより、より正確に、よりロバストにOD推計を行うことが期待できる。

本研究では、リンク交通量の分散共分散行列を用いるとともに、交通ネットワーク均衡の制約下でOD推計する手法を開発する。

2. 既存モデルの概要

(1) 観測フローと推計フローの関係

リンク観測交通量からOD交通量を推計するモデルでは、実際の道路網の形状に基づいて推計値が観測値に適合するような計算が行われるので、より高精度の値が得られる。しかしこの場合、得られるリンク観測

交通量の数は推計すべきOD交通量の数よりも少なく次式のような関係で表される。

$$\mathbf{X} = \mathbf{A}\mathbf{Y} \quad (1)$$

ここで、 $\mathbf{X}$ は各リンクの観測交通量を要素に持つベクトル、 $\mathbf{Y}$ は各経路交通量を要素に持つベクトルを表す。また $\mathbf{A}$ は、リンク i が経路 j に含まれていれば1、含まれていなければ0となる要素 a_{ij} より構成されるパスリンクインシデンス行列を表す。経路交通量 $\mathbf{Y}$ より推計OD交通量を得るのであるが、(1)式において($\mathbf{X}$ の要素の数) $<$ ($\mathbf{Y}$ の要素の数)であるため一意的な解が得られない。そこで、観測交通量の各リンク間における相関関係(分散共分散行列)を用いることが有用とされる。

(2) 目的関数

Hazeltonは、観測交通量と推計(リンク)交通量の間における期待値の差と分散共分散の差との合計が最小化されるような以下の目的関数を提案している。

$$\min. \quad Q(\boldsymbol{\theta}) = d_1(\boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{\theta}), \bar{\mathbf{X}}) + d_2(\boldsymbol{\Sigma}(\boldsymbol{\theta}), \mathbf{S}) \quad (2)$$

ここで、 $\boldsymbol{\theta}$ は経路交通量 $\mathbf{Y}$ の期待値、 $\boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{\theta})$ は推計リンク交通量の期待値、 $\bar{\mathbf{X}}$ はリンク観測交通量の期待値、 $\boldsymbol{\Sigma}(\boldsymbol{\theta})$ は推計リンク交通量の分散共分散、 $\mathbf{S}$ はリンク観測交通量の分散共分散を表す。また、 d_1 、 d_2 は(ユークリッド)距離関数を意味する。この目的関数の意図は、推計交通量の分布形を観測交通量の分布形に極力近づけるといったところにある。ここで共分散の差も考慮する理由は、期待値が等しいという条件のみでは複数の分布形が解として考えられ一意な解が定まらないからである。

(3) 仮想ネットワークへの適用

Hazeltonは(2)式の仮想ネットワークへの適用に際して、OD交通量がポアソン分布に従うものと仮定しポアソン乱数により観測交通量を発生させている。その仮想ネットワークはノード数3、リンク数2、ODペアが3つの直線形をした極めて単純なもので、各リンク

の旅行時間は等しく一定とされる。しかし、より現実
に即した交通ネットワークを考慮する際には各リンク
の旅行時間を一律であると仮定するわけにいかず、(2)
式のモデルの活用に当たりこのような問題点を改善す
る必要がある。

3. 交通ネットワーク均衡の考慮

(1) MPEC (均衡制約付数理問題)²⁾

MPEC (Mathematical Problem with Equilibrium
Constraints) とは、均衡問題を最適化問題の制約とする
均衡制約付数理最適化問題を意味する。つまりこの
MPEC の適用により、記述的な均衡モデルが下位問題
として規範的な最適化問題に組み込まれるため、均衡
理論、最適化理論の2モデルを組み合わせた分析が可
能となる。

(2) MPEC の本研究への適用

中山、高山³⁾はリンク交通量を用いた交通ネットワ
ーク均衡モデルのパラメータ推定において、最尤推定
法によるパラメータ推定の定式化の際に確率的ネット
ワーク均衡モデルを下位問題としたMPECを用いてい
る。まず各道路利用者は次式のロジットモデルに従い、
経路選択確率 p_i を決定すると仮定される。

$$p_{ij} = \frac{\exp(-\gamma t_{ij})}{\sum_j \exp(-\gamma t_{ij})} \quad (3)$$

ここで、 t_{ij} は OD ペア i の経路 j の平均旅行時間を、 γ
は正のパラメータを表す。確率的ネットワーク均衡モ
デルの定式化に際し(4)式を含んだ関数 g の要素 g_{ij} が
次式により定義されている。

$$g_{ij}(\theta) = \lambda_i \frac{\exp(-\gamma t_{ij}(\theta))}{\sum_j \exp(-\gamma t_{ij}(\theta))} \quad (4)$$

ここで、 λ_i は OD ペア i の平均交通量、 θ は平均経路
交通量のベクトルである。確率的ネットワーク均衡モ
デルは、この関数 g に関する次の不動点問題として定
式化されている。

$$\theta = g(\theta) \quad (5)$$

中山、高山は、この(5)式を最尤推定法によるパラメ
ータ推定の定式化における制約条件とした MPEC を適
用している。

本研究においても、目的関数(2)式の均衡制約条件と
して(5)式を用いた MPEC を形成することにより、リンク
旅行時間が考慮されていないといった問題点を補う
ことを考える。以下に改めてその内容を整理すると、

$$\begin{aligned} \min. \quad & Q(\theta) = d_1(\mu(\theta), \bar{X}) + d_2(\Sigma(\theta), S) \\ \text{subject to} \quad & \theta = g(\theta) \end{aligned} \quad (6)$$

と表せる。

(3) ネットワークへの適用

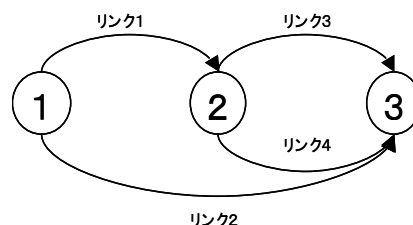


図-1. 適用ネットワーク

図-1 に示す仮想ネットワークに対し(6)式の MPEC
を適用することによりその有効性を確認する。ここで
OD ペアは2組あり、OD1: ノード1からノード3, OD2:
ノード2からノード3とする。また各 OD ペアには経
路が2つずつ存在し、OD1: (リンク1+リンク3)(リン
ク2), OD2: (リンク3)(リンク4)である。

次に、各リンクの平均旅行時間関数は次のように表
される。

$$\bar{C}(\mu) = \alpha \left[1 + \frac{\mu^2 + \mu}{\beta^2} \right] \quad (7)$$

ここで、 α はリンク自由走行時間(分)を表し、順に
15, 30, 10, 15 である。 β はリンクの交通容量(台)
を表し、順に 1000, 1000, 2000, 1000 とする。このリ
ンク旅行時間の数値を各経路における数値に変換し、
(4)式の制約条件関数に組み込む。

4. おわりに

前章3節の計算結果は講演時に発表する。また、得
られた推計値の考察等の後、同様の計算を金沢市道路
ネットワークに対しても適用する。最後に、推計値の精
度に対する評価及び本理論における諸課題の提示等を行
う。

参考文献

- 1) M.L.Hazleton. Some comments on origin-destination matrix estimation. Transportation Research Part 37, pp811-822, 2003.
- 2) MPEC 研究会. MPEC にもとづく交通・地域政策分析 (中京大
学経済学部付属経済研究所研究叢書 第9輯). 勁草書房, 2003.
- 3) 中山晶一郎, 高山純一. リンク交通量を用いた交通ネットワ
ーク均衡モデルのパラメータ推定: リンク間相関を考慮した最尤法.
土木学会論文集 D, Vol.62, No.4, pp.548-557, 2006.