

感度分析を用いた準動的配分モデルとその金沢市道路ネットワークへの適用

金沢大学大学院 自然科学研究科 学生員 ○ 中井 惇弥
金沢大学 理工研究域環境デザイン学系 正会員 中山晶一郎
金沢大学 理工研究域環境デザイン学系 フェロー 高山 純一

1. はじめに

通勤時等のピーク時における交通流は、短時間で大きな変動が生じている。そのため、日単位レベルでの均衡配分モデルでは朝ラッシュ・タラッシュなどの時間帯別に異なる交通流を厳密に把握することは困難である。また、道路網の計画や交通施策を検討する上でも、時間単位での的確な交通流の把握が必要となる。時々刻々と変化する交通流を取り扱うために、本研究では一日を時間単位に分割し、配分を行う時間帯別(準動的)配分モデルを適用する。

これまでも一日の中で時々刻々と変化するネットワークフローを動的に取り扱うことが可能な動的利用者均衡や動的利用者最適、交通流シミュレーションなどが開発されている。しかし、それらのモデルの現実ネットワークへの適用には大きな問題がある。まず、詳細な OD 交通量データの入手可能性をあげることができる。さらに、計算負荷・計算時間も問題になる。

本研究では、実用的にも扱いやすいように、時間帯別計算が可能で、計算負荷が小さく、静的配分のアルゴリズムが利用可能であるモデルを構築する。また、解が一意であり、混雑の時空間移動を取り扱うことができる計算手法を用いる。そのモデルを金沢市道路ネットワークへ適用することを本研究の目的とする。本研究では、藤田らのリンク修正法¹⁾をベースにモデル化を行う。藤田らのリンク修正法¹⁾は時間帯の終了時点でリンク上に残ったリンク交通量はそのリンクに残留するとした手法で、混雑の時空間移動を取り扱っており、考え方自体もシンプルで分かりやすい。本研究では、残留交通量を感度分析で近似的に計算することにより、OD修正法²⁾と同様、各時間帯では静的配分を行うことで計算可能とする。残留交通量は前の時間帯から外生的に与えることで、当該時間帯では通常の静的配分と同様解が一意で、通常アルゴリズムの適用が可能となる。

2. 時間帯別配分と残留交通量

本研究での時間帯別配分モデルは、以下のような仮定とする。

(1) 仮定

1. 一日(もしくは対象とする時間)をある一定の長さの複数の時間帯に分割する
2. 時間帯内でリンクを通過できなかった交通量は次の時間帯へ残留する
3. 残留交通量は、次の時間帯において、残留したリンクの終点のノードから出発し、元々の目的地ノードへ向かう OD 交通量として(次の時間帯に)付加される
4. 残留交通量については出発地から流入できた最後のリンクの終点(もしくは起点)のノードまでのみリンク旅行時間に影響を与える
5. 各時間帯において、4を考慮した静的配分を行うこととする

(2) 時間帯内での配分

各時間帯内では静的配分によって、交通量を配分する。 $f_{\tau,ij}$ は時間帯 τ の OD ペア i 間において経路 j の交通量、 $q_{\tau,i}$ は OD ペア i 間の OD 交通量、 $p_{\tau,ij}$ は時間帯 τ で OD ペア i 間において経路 j が選択される確率、 $c_{\tau,ij}$ は時間帯 τ での OD ペア i 間の経路 j の旅行コスト、 θ は経路選択における正のパラメータとして、以下の式で表される。

$$f_{\tau,ij} = q_{\tau,i} p_{\tau,ij} = q_{\tau,i} \frac{\exp(-\theta c_{\tau,ij})}{\sum_{j' \in J_i} \exp(-\theta c_{\tau,ij'})} \quad (1)$$

(1)式をもとに、時間帯 τ での経路交通量ベクトル \mathbf{f}_τ は、交通需要を対角行列 \mathbf{Q}_τ 、経路コストから経路選択確率を与えるベクトル値関数 $\mathbf{p}(\mathbf{c})$ を用いて、以下のような式で表される。

$$\mathbf{f}_\tau = \mathbf{Q}_\tau \mathbf{p}(\mathbf{c}(\mathbf{f}_\tau)) \quad (2)$$

(3) 残留交通量

本研究では、経路ベースで残留交通量を考えることとする。各リンクを走行している交通量に関して、残留交通量を考える場合、単にそのリンク上の交通量のみから残留交通量を計算するだけではなく、どの経路交通量から発生したものであるかを考慮できるものとなっている。時間帯内での旅行時間は一定とする。時間帯 τ に出発地ノードを出発する経路交通量 $f_{\tau,ij}$ は一定割合で出発地ノードを出発するとする。また、各時間帯の長さは L とする。この時、 $f_{\tau,ij}/L$ の割合で、経路交通量 $f_{\tau,ij}$ は出発地ノードを出発する。時間帯 τ の OD ペア i の経路 j の旅行時間 $c_{\tau,ij}$ が与えられたとすると、経路交通量が目的地に到着するまでの時間は $c_{\tau,ij}$ であるため、時間帯 τ の終了時点で目的地ノードに到着できていない残留交通量 $y_{\tau,ij}$ は以下の通りとなる。

$$y_{\tau,ij} = \frac{f_{\tau,ij} c_{\tau,ij}}{L} \quad (3)$$

経路交通量 $f_{\tau,ij}$ のリンク a での残留量 $y_{\tau,ij,a}$ は、時間帯 τ のリンク a の旅行時間を $t_{\tau,a}$ 、リンク・経路接続変数を $\delta_{\tau,ij}$ (リンク a が OD ペア i の経路 j に含まれれば 1.0 そうでなければ 0) として、式(4)で表される。この $y_{\tau,ij,a}$ は次の時間帯 $\tau+1$ に繰り越される。全ての経路交通量について、どのリンクで次の時間帯に繰り越されるかを特定し、次の時間帯の OD 交通量を作成する。

$$y_{\tau,ij,a} = \frac{f_{\tau,ij} t_{\tau,a} \delta_{\tau,ij}}{L} \quad (4)$$

残留交通量を考慮した配分経路交通量をベクトル表示で表すと式(5)のようになる。ここで、 Δ はリンク・経路接続行列、 \mathbf{t} は旅行時間のベクトル値関数、 \mathbf{s}_τ は OD ペア i の経路 j の交通量のうち、その経路上のリンクから差し引かなければならない交通量を全ての経路交通量について足し合わせたものである。

$$\mathbf{f}_\tau = \mathbf{Q}_\tau \mathbf{p} (\Delta^T \mathbf{t} (\Delta \mathbf{f}_\tau - \mathbf{s}_\tau)) \quad (5)$$

3. 感度分析

計算時間の短縮のため、また一意の近似解を得るため、本研究では感度分析を用いる。

式(3)の両辺を引いた陰関数 $\mathbf{d}(\mathbf{f}, \mathbf{s})$ を定義する。

$$\mathbf{d}(\mathbf{f}, \mathbf{s}) = \mathbf{f} - \mathbf{Q}\mathbf{p} (\Delta^T \mathbf{t} (\Delta \mathbf{f} - \mathbf{s})) = \mathbf{0} \quad (6)$$

\mathbf{d} は変数 \mathbf{f}, \mathbf{s} のベクトル値関数であり、均衡が成立す

るために、 $\mathbf{0}$ である必要がある。 $\mathbf{d}(\mathbf{f}, \mathbf{s}) = \mathbf{0}$ とならなければならないため、 \mathbf{s} が変動することで、 \mathbf{f} も変化する。 \mathbf{f} は \mathbf{s} の関数とみなせる。つまり、 $\mathbf{f}(\mathbf{s})$ である。



図-1 金沢都市圏の道路ネットワーク図

この $\mathbf{f}(\mathbf{s})$ という関数は、差し引かなければならない交通量の影響を差し引いた後の配分経路交通量である。

$\mathbf{f}(\mathbf{s})$ を陽に導出することは困難であるため、ここで、 $\mathbf{f}(\mathbf{s})$ を近似的に求めることを考える。一次のマクローリン展開を用いることにより、

$$\mathbf{f}(\mathbf{s}) = \mathbf{f}_0 + \nabla_s \mathbf{f}_0 \mathbf{s} \quad (7)$$

とすることによって、近似的に求める。ここで、 \mathbf{f}_0 は通常の静的配分での (残留交通量を差し引く前の) 経路交通量ベクトルであり、 $\nabla_s \mathbf{f}_0$ は残留交通量が0の場合 ($\mathbf{s} = \mathbf{0}$) の $\nabla_s \mathbf{f}$ である。

4. 金沢市道路ネットワークへの適用

本研究モデルの適用ネットワークはノード数が 178、リンク数が 489 である。用いた OD データは平成7年度・第3回金沢都市圏パーソントリップ調査におけるデータである。今回は朝ピークを対象として、6~8時台において、時間帯別交通量配分を行うこととする。計算方法・適用結果については講演時に詳しく発表を行う。

参考文献

- 1) 藤田素弘, 山本幸司, 松井寛: 渋滞を考慮した時間帯別交通量配分モデルの開発, 土木学会論文集, No. 407/IV-11, pp. 129-138, 1989.
- 2) 藤田素弘, 松井寛, 溝上章志: 時間帯別交通量配分モデルの開発と実用化に関する研究, 土木学会論文集, No. 389/IV-8, pp. 111-119, 1988.