

混雑の時空間移動を考慮した準動的配分モデルの適用可能性に関する一考察

金沢大学大学院自然科学研究科 学生員 ○小松 良幸
 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 高山 純一

1. はじめに

道路整備に関する財政状況が厳しさを増すなか、質の高い社会資本整備や効率的で透明性の高い行政サービスの提供が求められている。そこで、実務レベルにおいても、経験的要素が少なく、計算者が誰であっても解がひとつに定まる(解の一意性)利用者均衡配分が利用されつつある。しかし、現在の実務で利用されている利用者均衡配分の多くは日単位によるものであり、時間帯ごとに異なる交通流の変化やピーク時の道路区間混雑の時間的変化を予測することは困難である。このような問題に対処するために従来から交通流の時間変化を把握することの出来る時間帯別交通量配分が提案されている^{1), 2)}が、解の一意性が保障され、なおかつリンク単位での混雑の影響を把握できるモデルは少ない。

そこで、本研究では解の一意性が保障され、なおかつリンク単位での混雑の影響を把握できる中山のモデル³⁾を実際の道路ネットワークへ適用し、その適用可能性について考察を行うものである。

2. 混雑の時空間移動を考慮した準動的配分モデル

中山の提案した混雑の時空間移動を考慮した準動的配分モデルの定式化を簡単に説明する。詳細な部分については、参考論文に記載されている。

リンクベースでの動的配分モデルの考え方をを用いた配分モデルであり、下記の相補性問題によって定式化される。

$$\begin{aligned} x_{ijnt}(c_{ijt} + \mu_{ijnt} - \tau_{int}) &= 0 \\ x_{ijnt} &\geq 0, c_{ijt} + \mu_{ijnt} - \tau_{int} &\geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \tau_{int}(u_{int} - q_{int} - v_{int}) &= 0 \\ \tau_{int} &\geq 0, u_{int} - q_{int} - v_{int} &\geq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

ここで、

x_{ijnt} : リンク ij 間でノード n へ向かう交通量(台)

c_{ijt} : リンク ij の旅行時間(分)

μ_{ijnt} : 時間帯 t に流入した交通量を考慮したノード

jn 間の最小旅行時間(分)

τ_{int} : 時間帯 t のノード in 間の最小旅行時間(分)

u_{int} : ノード i を始点とする各リンクの流入交通量の和(台)

q_{int} : 時間帯 t における in 間 OD 交通量(台)

v_{int} : ノード i から流出する交通量の和(台)

上記の相補性問題を 2 乗 Fischer-Burmeister 関数を用いて定式化し、最適化アルゴリズムである共役勾配法を用いて解を計算する。

まず、相補性問題である式(1), (2)を以下のような

関数 $\phi_{ijnt}(\mathbf{x}, \boldsymbol{\tau})$, $\varphi_{int}(\mathbf{x}, \boldsymbol{\tau})$ に書き換える。

$$\phi_{ijnt}(\mathbf{x}, \boldsymbol{\tau}) = x_{ijnt} + c_{ijt} + \mu_{ijnt} - \tau_{int} - \sqrt{x_{ijnt}^2 + (c_{ijt} + \mu_{ijnt} - \tau_{int})^2} \quad (3)$$

$$\varphi_{int}(\mathbf{x}, \boldsymbol{\tau}) = \tau_{int} + u_{int} - q_{int} - v_{int} - \sqrt{\tau_{int}^2 + (u_{int} - q_{int} - v_{int})^2} \quad (4)$$

式(3), (4)を用いて以下の関数 $L(\mathbf{x}, \boldsymbol{\tau})$ を定義する。

$$L(\mathbf{x}, \boldsymbol{\tau}) = \frac{1}{2} \sum_i \sum_n \sum_t \left[\sum_j \phi_{ijnt}^2 + \varphi_{int}^2 \right] \quad (5)$$

式(1), (2)による相補性問題の解と $L(\mathbf{x}, \boldsymbol{\tau}) = 0$ の解は等価なので、式(5)の最小化問題として共役勾配法を用いて計算を行う。共役勾配法による計算アルゴリズムは下記ようになる

ステップ 0 : 初期値を与え、最急降下方向 $\mathbf{d}_0$ の計算を行う。 $k=0$ とする。

$$\mathbf{d}_0 = -\nabla L(\mathbf{x}_k, \boldsymbol{\tau}_k)$$

ステップ 1 : 黄金分割法を用いて探索方向のステップ幅 α を求める

ステップ 2 : $\mathbf{x}_{k+1} = \mathbf{x}_k + \alpha \mathbf{d}_k$ とする

ステップ 3 : 収束判定を行う。満足していないときはステップ 4 へ

ステップ 4 : パラメータ β の計算を行う。

$$\beta = \frac{\nabla L(\mathbf{x}_k, \boldsymbol{\tau}_k)^T (\nabla L(\mathbf{x}_k, \boldsymbol{\tau}_k) - \nabla L(\mathbf{x}_{k-1}, \boldsymbol{\tau}_{k-1}))}{\mathbf{d}_{k-1}^T (\nabla L(\mathbf{x}_k, \boldsymbol{\tau}_k) - \nabla L(\mathbf{x}_{k-1}, \boldsymbol{\tau}_{k-1}))}$$

ステップ 5 : 探索方向を以下の式により更新する。

$$\mathbf{d}_{k+1} = -\nabla L(\mathbf{x}_{k+1}, \boldsymbol{\tau}_{k+1}) + \beta \mathbf{d}_k$$

ステップ 6 : $k=k+1$ としてステップ 1 へいく

3. 適用道路網の概要

平成9年度金沢都市圏パーソントリップ調査の付帯調査として行われた「自動車通勤実態調査」で利用されたネットワークを用いて計算を行う。リンク数は964, ノード数は272である。旅行時間の算定に必要な交通容量は平成11年度道路交通センサス内のデータを用い, BPR関数のパラメータとして $\alpha=0.15$, $\beta=4$ を使用した。時間帯別のOD交通量および観測リンク交通量も「自動車通勤実態調査」のデータを用いている。配分計算を行った時間帯は6:00~10:00までとし, 時間帯の幅を60分に設定した。

4. 適用結果

推計精度の検討を行うために推計値を全時間帯の配分結果を集計した推計リンク交通量と観測リンク交通量の比較を行う。なお, 比較に利用する数値は相関係数である。本研究で扱ったモデルでは, 相関係数は $R=0.88$ であり, 同じ条件で行った従来の静的配分モデルでの推計結果は $R=0.89$ であった。これより, 従来の配分方法と比較しても大きな差は見られないので, 本研究で扱うモデルを実際のネットワークへ適用することが可能であると考えられる。

また, 本研究で扱うモデルの特徴は, 混雑の時空間移動が把握できる点である。そこで, 混雑(残留交通量)の値が大きなリンクを抽出し, ネットワーク図に記載する。これによって, 渋滞の変化を把握する。なお, 時間帯別の推計結果は7, 8, 9時台の結果を示す。

実際の混雑に関するデータが無いため数値の大小や実際の混雑の程度との比較を行うことはできない。したがって, 時間帯による混雑移動現象の適切さについて考察する。7時台(図1)の混雑の状況と8時台(図2)の混雑の状況を比較すると, 混雑が大きなリンクがネットワーク内部(金沢市都心部)へ移動している。さらに9時台に(図3)になると7時台や8時台に見られたネットワーク外部の混雑が解消されている。これより, 本研究で扱っているモデルは, 実際の交通状況に近い混雑の現象を捉えているといえる。

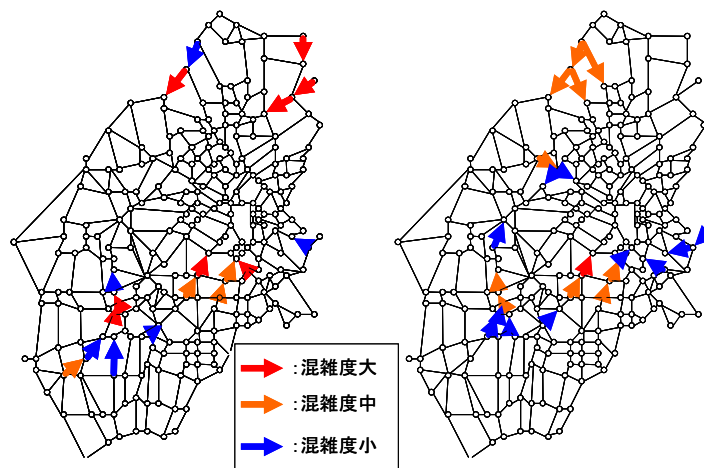


図1 7時台の結果 図2 8時台の結果

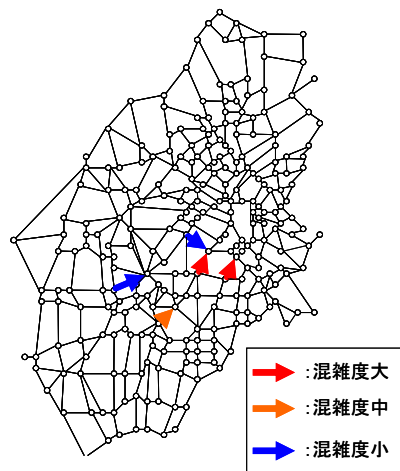


図3 9時台の結果

5. おわりに

本研究では, 混雑の時空間移動を考慮した準動的配分モデルの適用可能性についての考察を行った。しかし, 実際の道路網における混雑長等のデータが無いために混雑現象の再現性についての比較を行うことが出来ず, 本研究で取り扱っている準動的配分の優位性を明確に判断することが出来なかった。よって, 実際の道路網における混雑現象との比較を行うことが今後の課題である。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 赤松隆, 牧野幸雄, 高橋栄行: 時間帯別OD需要とリンクでの渋滞を生じた準動的交通配分, 土木計画学研究・論文集, No. 15, pp. 535-545, 1998
- 3) 中山晶一朗: 混雑の時空間移動を考慮した準動的配分モデル, 土木学会論文集投稿中