

## 混雑の時空間移動を扱う準動的配分モデルの実用的アルゴリズムについての基礎的研究

金沢大学	学生会員	○川上	耕平
金沢大学	正会員	中山	晶一朗
金沢大学	正会員	山口	裕通
金沢大学大学院	学生会員	小池	光右

### 1. はじめに

近年、公共事業の妥当性が厳しく評価される。効率的且つ効果的な事業を行う上では、その前後の交通量や旅行時間の変化を精度良く予測することが重要となる。実務では、このように行われる需要予測は、誰が計算を行っても解が一意に定まる利用者均衡配分が用いられる場合が多い。しかし現在の実務で用いられる配分モデルの多くは、1日通算の交通量を扱うものである。そのため、より細かい時間帯ごとの交通状況の予測に用いることができず、実際の交通状況の動的な側面を扱うことが出来ない。そこで交通状況の動的な側面を考慮した実務で活用可能なモデルとして準動的配分モデルが研究されており、これまでにいくつも<sup>1)</sup>開発されている。特に、混雑の時空間移動を扱って実務での利用を視野に入れたモデルとして、リンク修正法の考え方に基づいて構築された準動的配分モデル<sup>2)</sup>がある。この準動的配分モデルは、1日を時間帯ごとに分割し、各ノードにおいてフローの保存則を満たす残留交通量を取り扱わなければならないことから変数が増加し、利用者均衡配分と比べて計算コストが膨大となる。実際に都市圏道路ネットワークに適用し、計算負荷上課題があることが確認<sup>3)</sup>している。実務で道路ネットワークの時間信頼性や各種便益を算定するため、より効率の良い解法が求められる。本研究では、目的関数の設定方法とフローの保存条件準動的配分モデル<sup>2)</sup>の効率的かつ実用的なアルゴリズムの構築を目的としている。

### 2. モデルの概要

本研究で用いる準動的配分モデルの残留交通量と均衡状態について述べる。時間帯幅を $\lambda$ とし、ある時間帯 $t$ におけるリンク $ij$ の旅行時間を $H_{ijt}$ 、流入交通量を $X_{ijt}$ とおくと、単位時間当りのリンク交通量は $X_{ijt}/\lambda$ と表現できる。ここで、リンク $ij$ からの流出交通量を $Z_{ijt}$ で表すと、残留交通量は流入交通量と流出交通量の差で表現できるので、以下のようになる。

$$X_{ijt} - Z_{ijt} = H_{ijt}X_{ijt}/\lambda \quad (1)$$

均衡状態において、道路利用者がノード $i$ から目的地 $n$ に移動する際にリンク $ij$ を通過する条件は、ノード $i$ からノード $n$ までの最小旅行時間 $\bar{T}_{int}$ が、リンク $ij$ の旅行時間 $H_{ijt}$ とノード $j$ からノード $n$ までの最小旅行時間 $\bar{T}_{jnt}$ との和に等しいことである。したがって均衡状態を表現すると、以下のようになる。

$$\begin{cases} \bar{T}_{int} = H_{ijt} + \bar{T}_{jnt} & \text{if } X_{ijnt} > 0 \\ \bar{T}_{int} \leq H_{ijt} + \bar{T}_{jnt} & \text{if } X_{ijnt} = 0 \end{cases} \quad (2)$$

### 3. プログラムの概要

静的配分において一般的に用いられており、活用例が多い Frank-Wolfe 法を準動的配分<sup>2)</sup>に用いる (図-1)。この時、使用するモデルでは残留交通を扱う点で静的配分より複雑な手続きが必要となる。これは、リンク所要時間が増加すると残留交通量が増える性質から、ある時間帯でのネットワーク全体に流れる交通量の総数が増加してしまうためである。式(1)とフローの保存則を満たす必要があるが、時間帯内で計算ステップが進むごとに、リンク交通量とリンク旅行時間は変化する。そのため、本研究では最短経路に配分する際の計算において、各 OD に対してリンクの流入・流出交通量と残留交通量を算出した後に、リンク旅行時間を計

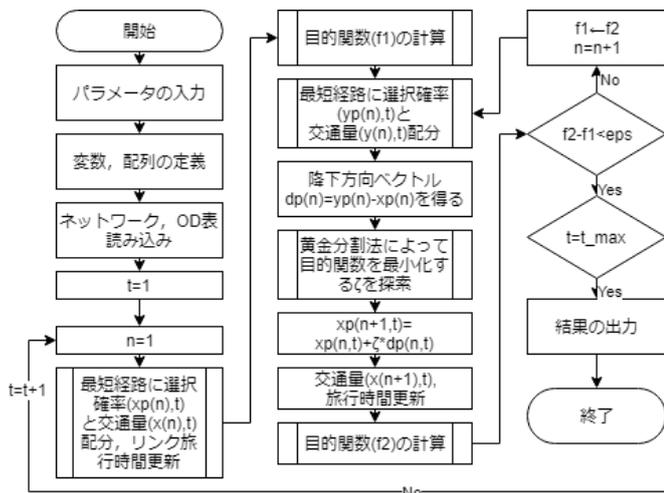


図-1 アルゴリズム全体像

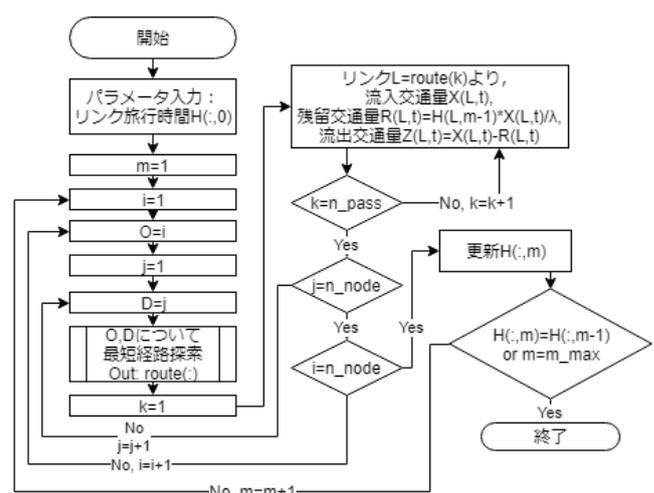


図-2 最短経路配分と旅行時間の更新

算し、その値を用いて再度、各交通量を計算し直す。これを繰り返すことで、近似的に式(1)とフローの保存則は達成される。式(2)で示された均衡状態は、非線形相補問題 (NCP) に書き直すことができ、その形式から最適化問題に変換できる。今回は目的関数をギャップ関数<sup>4)</sup>と NR 関数<sup>4)</sup>と FB 関数<sup>4)</sup>の 3 つの関数を用いて定式化し比較する。これらは、NCP に適用可能な一般的なメリット関数である。

#### 4. 仮想ネットワークへの適用

プログラムを 3 ノード 4 リンクの仮想ネットワークに適用する。紙面の都合上、計算結果については、当日提示する。

#### 5. まとめと今後の課題

今回作成したプログラムを仮想ネットワークに適用し、均衡解を求められることを確認した。配分時に 1 回前の収束のリンク旅行時間を用いて残留交通量を算出する手続きをループさせることで、フローの保存則を満たした状態で残留交通量を考慮したリンク旅行時間を算出することができ、この手法が有用であることがわかった。3 つの種類目的関数の性質の違いは今回の仮想ネットワークでの数値計算からはあまり分からなかった。プログラム実行の経過時間についても小規模ネットワークを対象にしていたため、違いが発現しなかったと考えられる。対象ネットワークを変えて、各目的関数の性質を比較し、より収束が速く使いやすいものを採用する。今後の課題として、目的関数の性質を明らかにし、理論的に必ず収束するか証明する必要がある。加えて収束判定などの基準を検討しなければならない。大規模ネットワークへの適用のために、より汎用的なプログラムに書き換えていくよう更なる検討を行いたい。

#### 参考文献

- 1) 例えば、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, No407, pp129-138, 1989
- 2) 中山晶一郎: 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 D, Vol. 64, No3, pp340-353, 2008
- 3) 小池光右: 混雑の時空間移動を考慮した準動的配分モデルの新型路面電車導入計画への適用に関する研究, 2018 年金沢大学大学院修士学位論文, 2018
- 4) 福島雅夫, 山下信雄: 相補性問題と変分不等式問題に対するメリット関数, オペレーションズ・リサーチ, Vol. 42, No6, pp423-428, 1997