

common lines の概念を導入したマルチクラス・交通機関選択統合型利用者均衡配分モデルの開発

岐阜大学 嶋田 真尚 倉内 文孝 高木 朗義

1. はじめに

私的交通である自動車交通の分担率増加は、公共交通事業者の弱体化に繋がり、高齢社会となった我が国の交通弱者に対するモビリティの大きな低下を招く。また、地球温暖化の原因とされる CO₂ の排出増加や、都市域の拡大、中心市街地空洞化にも繋がる。持続可能な社会形成のためにも、公共交通の利用促進が重要である。一方で、道路の容量は限られている。公共交通を優先するために、結果として自家用車のための道路空間を減少させることによって生じる混雑が公的交通のサービスレベルに影響するため、単に公共交通サービスに割り当てる道路容量を大きくすれば問題が解決されるというものではない。

本研究では、自動車交通と公共交通に対し、道路空間の適正な再配分を検討するための手法論の構築を行う。道路空間における両交通の影響を調べ、一方の交通量の増加が、他方の交通量にどこまで影響を与えるか計算していく。また、公共交通専用レーンの設置や公共交通の料金施策などの効果を評価できるモデルの開発をめざす。なお、このようなアプローチに基づく研究はすでに多く提案されている。本研究の特徴点としては、common lines の概念を導入することでより現実的な公共交通ネットワークにおける経路選択行動を表現している点と、公共交通における料金施策なども考慮可能な点である。

2. マルチクラス・交通機関選択統合型利用者均衡配分モデルの構築方針

開発するマルチクラス・交通機関選択統合型利用者均衡配分モデルでは、道路ネットワーク上における自動車交通とバス交通が混在することによる道路ネットワークに与える影響を計測するものとする。また、自動車交通とバス交通を分類し検討可能という点を考慮し、マルチクラス型と称する。具体的な配分においては、公共交通の路線は事前に設定し、バス車両はそれを固定的に走行するものとする。バスの運行頻度、乗

用車換算係数を用いることでバス交通量を自動車交通量に変換し、リンク容量からあらかじめ差し引いて、残った容量を元に自動車交通量の配分を行っていくことにする。なお、交通機関分担についてはロジット型の選択を仮定することとし、道路ネットワークへの自動車交通量の配分は確定的利用者均衡配分を前提とする。公共交通ネットワーク上での経路選択については、common lines problem および車両混雑の影響を明示的に考慮可能な乗客配分モデルを活用することとした。

3. 公共交通ネットワーク上の乗客配分

(1) common lines problem

駅あるいはバス停において到着待ちをしているとき、目的地まで到達することができる路線が複数ある場合、どの路線の車両に乗車するかを考える必要がある。このようなケースにおいてしばし直面するのが、目的地まで到達することが可能な車両が到着したときに、その車両に乗車するのか、あるいはそれを見送りより魅力度の高い(すなわち所要時間の短い)路線の車両の到着を待つのか、という選択である。この問題が、common lines problem と称されるものであり、「同一目的地に、乗り場を共有している複数の路線を利用して到達することが可能な場合、それらの路線の中から魅力的な経路集合(attractive set)を選択する問題」と定義できる。簡単のため、バスサービスが頻度ベースで提供されているものとし、各路線 l の運行頻度が f_l で表現されるところ。また路線ごとの目的地までの所要時間が t_l であったとすると、路線集合 $l \in S$ を利用した際の期待総所要時間 T は次のように計算できる。

$$T = \frac{1}{\sum_{l \in S} f_l} + \frac{\sum_{l \in S} t_l f_l}{\sum_{l \in S} f_l} \quad (1)$$

ここで、第1項が期待待ち時間、第2項が期待移動時間である。また、経路集合 S 中の経路分担率 q は、次のように計算される。

$$q_l = f_l / \sum_{l \in S} f_l \quad (2)$$

すなわち common lines problem とは、(1)式を最小化する

るような経路集合 S を求める問題に帰着され、得られた経路集合は hyperpath¹⁾ と呼ばれる。common lines の考え方は、複雑な公共交通ネットワークにおける最適な乗車方法を知る上で非常に有用である。筆者ら²⁾は、京都市バスネットワークにおける最適な乗車方法を考究するために hyperpath の考え方を活用し、乗り継ぎ無料化によって利用者の利便性が飛躍的に向上することを定量的に示している。

(2) 混雑の表現

公共交通の混雑は、道路交通のように移動需要すなわち乗客数に依存するわけではない。一方で、混雑が激しくなると予定していた便に乗車できず、次の便を待たないといけないことも生じうる。したがって、公共交通の混雑は待ち時間の増加に帰着できる。De Cea and Fernandez³⁾に従えば、有効頻度は次のように定式化される。

$$\omega_{il} = 1 / f_l + \alpha \left(\frac{v_{bil} + v_{il}}{f_l \kappa_l} \right)^n \quad (3)$$

$$f'_{il} = 1 / \omega_{il} \quad (4)$$

ただし、 v_l ：駅 i において路線 l へ乗車する乗客数、 v_{bil} ：駅 i における路線 l の既乗客数、 κ_l ：路線 l の車両容量、 ω_{il} ：駅 i における路線 l の期待待ち時間、 f'_{il} ：駅 i における路線 l の有効頻度、 α, n ：パラメータ、である。

もし混雑がない自由流の場合であれば、式(3)における右辺第2項がゼロとなるため、有効頻度 f'_{il} は名目上の運行頻度 f_l と一致する。しかし、車両への乗車乗客数もしくは既に乗車している乗客数が多いとはじめに来た便に乗車できない可能性が高まるため駅での待ち時間が増加し有効頻度が低下する。有効頻度を用いたアプローチにおいては、経路分岐確率や期待所要時間の計算において、式(1)、式(2)の運行頻度 f_l を有効頻度 f'_{il} におきかえて計算することによって混雑を加味する。実際の配分計算においては、乗車時間と待ち時間に異なる時間価値を設定した上で、料金も含めた期待一般化費用を最小化する問題として記述することにする。

4. 配分アルゴリズム

配分計算は、図1に示した計算フローで進める。道路ネットワーク上での最短経路探索と公共交通ネットワーク上での期待一般化費用最小 hyperpath 探索を行

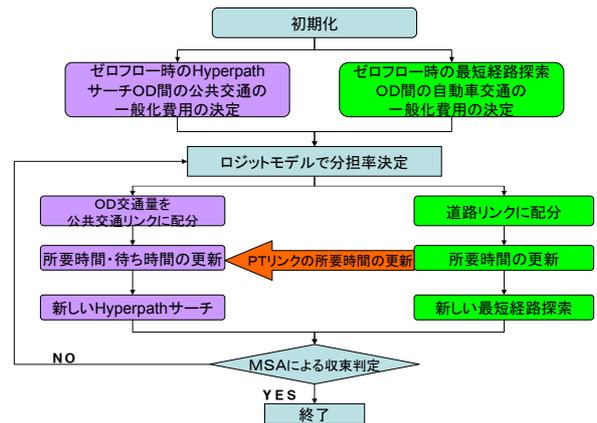


図1 計算フロー

い、その結果を用いてロジットモデルで機関分担率を推定する。推定された分担率をもとに自動車および公共交通需要量を求め、それらを各ネットワークに配分することで道路リンクの所要時間と公共交通の待ち時間を更新する。また、逐次平均法概念を活用し、計算を繰り返すことで収束させる。

5. おわりに

本研究は、自家用車と公共交通との相互作用を考慮可能な交通量配分モデル構築をめざすものであり、本稿では、そのモデル化を整理した。現在簡単な仮想ネットワークを用いた試行計算により、提案したモデルの挙動確認を行っている。計算結果については講演時に説明する。計算結果から開発したモデルの妥当性を検証し、交通問題を改善できる施策の表現可能なモデルの構築を目標とする。

【参考文献】

- 1) Nguyen, S. and Pallottino, S. : Equilibrium Traffic Assignment for Large Scale Transit Networks, European Journal for Operational Research, Vol. 37, pp.176-186, 1988.
- 2) 倉内文孝, 嶋本寛, 王萍, 飯田恭敬：“最小費用 Hyperpath 探索アルゴリズムを用いたバスサービス評価に関する研究”, 土木計画学研究・論文集, 23(3), 755-761, 2006.
- 3) De Cea, D. and Fernandez, E. : Transit assignment for congested public transport systems, Transportation Science, Vol. 27, No. 2, pp.133-147, 1993.