

単一終点ネットワークにおける動的交通量配分問題のNash均衡解の解法について

A Note on the Solution Algorithm of Nash Dynamic Traffic Assignment for Single Destination Networks

東京大学 生産技術研究所 大口研究室 (交通工学)

佐津川功季 <http://www.transport.iis.u-tokyo.ac.jp/>



背景と目的

動的交通量配分問題は、渋滞現象の記述に伴う解析上の困難もあり、一般的なネットワークにおいて均衡解への収束を保証する解法はいまだに存在しない。しかし近年、車両の適切な「順序付け」が可能なネットワークにおける均衡解の導出を保証する順序配分アルゴリズム (井料, 2011) が提案された。このアルゴリズムでは、未配分の車両のうち、他のどの未配分車両にも追い越されない「最早未配分車両」を順次配分することで、ヒューリスティクスな計算無しに均衡解を導出することができる。

本研究では、単一終点ネットワークにおける最早未配分車両の存在を証明し、この構造のネットワークでは順序配分アルゴリズムが必ず均衡解を導出することを示す。

【参考文献】井料隆雅: 車両を離散化した動的交通量配分問題のNash均衡解の解法, 土木学会論文集D3 (土木計画学), Vol.67, No.1, pp70-83, 2011.

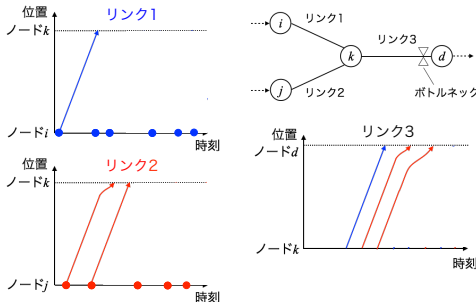
最早未配分車両と順序配分アルゴリズム

❖ 最早未配分車両の定義

最短経路上のリンクへの流入時刻が、他のどの未配分車両の流入時刻より遅くない未配分車両

❖ 順序配分アルゴリズムのロジック

1. 未配分車両のうち「最早未配分車両」を決定
2. 最早未配分車両を順次最短経路に配分 → 1に戻る

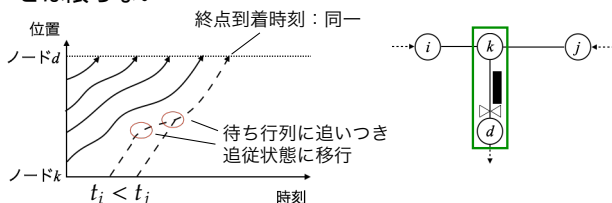


後から配分される車両は既配分車両を追い越せないため、全車両は事後的な最短経路を選択している状態になる → Nash均衡状態が成立

最早未配分車両の存在の証明の必要性

順序配分アルゴリズムを適用する際には、適用先のネットワークにおける最早未配分車両の存在を示す必要がある。

- 単一起点: 出発時刻が一番早い車両が最早未配分車両
- 単一終点: 到着時刻が一番早い車両が最早未配分車両とは限らない



リンク下流の流出時刻の情報からでは、リンク上流の流入時刻の関係を求めることができない

単一終点ネットワークにおける証明

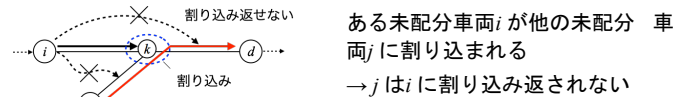
❖ 背理法による証明

- 仮定: 全ての未配分車両が最早未配分車両ではない
- 全ての未配分車両 + 1台の未配分車両が存在: 矛盾

❖ 証明の鍵となる概念: 割り込み

- 割り込まれる経路の利用 → ×最早未配分車両
- 単一終点ネットワーク上の割り込みの性質を利用

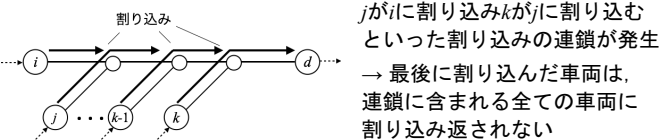
1. 二台間の割り込みに関する性質



ある未配分車両 i が他の未配分車両 j に割り込まれる → j は i に割り込み返されない

未配分車両が二台: 確実に一台が最早未配分車両

1. 複数台間の割り込みに関する性質



j が i に割り込み k が j に割り込むといった割り込みの連鎖が発生 → 最後に割り込んだ車両は、連鎖に含まれる全ての車両に割り込み返されない

連鎖中の少なくとも一台が最早未配分車両

全ての未配分車両が最早未配分車両ではない

→ 連鎖の最後に割り込んだ車両に割り込むもう一台の車両が必要: 矛盾

単一終点ネットワーク上の最早未配分車両の存在を証明

まとめとディスカッション

❖ 単一終点ネットワークにおける最早未配分車両の存在を証明した

- 割り込みの性質を考察することで証明

❖ 今後の研究の方向性は以下の2つ

1. 粒子モデルと連続体モデルの対応関係解明
2. 多起点多終点ネットワークへの拡張可能性の議論