

高速道路の車線運用の違いによる混雑緩和の分析

安藤美織 (指導教員：浅本紀子)

1 はじめに

日常生活にはさまざまなところで人や車、ものの渋滞が発生するが、一般道路と違い、有料である代わりに信号や横断歩道がなく高い速度を保って走行することを保証する高速道路上での渋滞の発生は近年大きな問題となっている。

渋滞の対策方法には、人間の心理的な理由で起こる渋滞の緩和を試みるソフト面の対策と物理的に交通容量を増やすハード面の対策の2種類存在し、ハード面の例として実際に休日の渋滞発生が顕著であった中央自動車道上り線小仏トンネル付近では、その渋滞緩和を目的としてトンネル入口手前に、左側付加・左側絞込方式の登坂車線が設置され、その後平成24年3月より、同区間の付加車線が右側付加・左側絞込方式の3車線運用に変更された。

このようにハード面の対策として一般的である車線数を増設する付加車線の中にも様々な車線運用があり、本研究では先ほど例にあげた小仏トンネル手前付近をモデル化しシミュレーションすることで、登坂車線と3車線運用の混雑緩和効果の違いについて検証していく。

2 研究方法

2.1 MAS について

本研究では「個々のエージェントが独自のルールを持って行動し、相互作用した結果を分析する」というボトムアップのアプローチであるマルチエージェントシミュレーションという手法で、人間同士の相互作用をコンピュータ上で再現することでダイナミックに変化する社会現象を分析するために、構造計画研究所によって開発された artisoc を用いてシミュレーションを行う。

2.2 シミュレーション概要

中央自動車道上り線の相模湖 IC 八王子 JCT 間、小仏トンネル手前の 40.7kp~43.8kp の約 3.1km を取り上げモデル化を行う。運用変更前後の車線の状態を図1に示す。この運用変更は、向かって左側の相模湖方面から来る2車線を車線シフト部を作り一度左にずらすことで簡単に右側付加方式に変更できるが、この車線シフト部の存在により付加車線部分は約 1.5km と変更前より 300m 短くなっている。



図 1: (左) 運用変更前 / (右) 運用変更後 出典:[1]

渋滞モデルには ASEP(非対称性単純排除過程) というセルオートマトンを用いた有名な理論モデルがあり、本研究ではそれをシミュレーションモデルに応用していく。

空間の設定

本モデルでは、シミュレーション区間において走行速度に大きな影響を与えるほどの急なカーブが存在しないことから、カーブの影響を考慮せず1セルを10mとして3×311の格子状二次元空間で表した。勾配については先行研究[2]で示された縦断勾配が速度に与える影響に従い、各地点での縦断勾配に応じてそれぞれのエージェントを加減速させることで考慮した。

エージェントの設定

今回のシミュレーション区間での普通自動車の制限速度は80km/hであるが、一般的に非渋滞時など交通が順調である場合、制限速度を超えて走行している運転者も少なくない。そこでより現実的なモデルに近づけるため各エージェントに固有に与える希望走行速度は、1ステップ1秒として約75~約97km/hに相当する値とした。

次にエージェントの速度設定と走行車線の選択方法を図2に示す。各エージェントはまずその地点の縦断勾配に応じて速度設定を行い、次に前方の車との車間距離に応じて速度の再設定を行う。また車線数の減少により車線変更の必要がある場合や、走行中の車線より隣の車線の方が空いている場合には、変更先の車線の状況に応じて減速を行いながら車線変更を行うようにした。

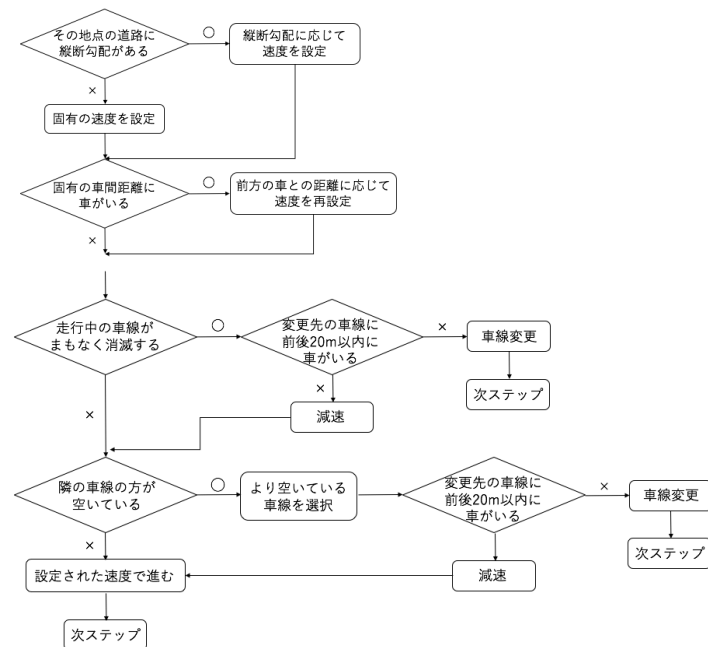


図 2: 速度設定と走行方法

3 シミュレーション結果と考察

今回は評価基準として、走行速度、車線利用率、シミュレーション区間を通過した車の総数を集計し3車線運用と登坂車線の比較を行う。ここで、渋滞が発生する寸前の状況での検証を行うため渋滞の定義に基づき、

車の発生率を0.55に固定し20分間に対応する1200ステップ経過後のデータ15回分の平均をとった。その結果を表1に示す。

表 1: 走行速度と通過台数

	区間全体	2車線区間	3車線区間	通過台数
3車線運用	1.5378	1.3051	1.8931	645.8
登坂車線	1.5713	1.3685	1.7871	625.1

(セル/ステップ) (台)

3車線運用の方が登坂車線の場合より、3車線区間の平均走行速度は平均0.106(セル/ステップ)早く、シミュレーション全体の通過台数は平均20.7(台)多い。走行速度の0.106を時速に変換すると約3.8km/hの差であり、ともに登坂車線に比べ3車線運用の方が混雑が改善されていると考えられる結果が得られた。

続いて42kpでの車線利用率を実際のデータ[1]と比較すると登坂車線の場合はかなり実際の値に近いデータが得られ、3車線運用の場合は少し値にずれが生じたがそれでも3車線運用の方が登坂車線の場合に比べ3つの車線の利用率が平準化されていることが確認できるデータが得られた。

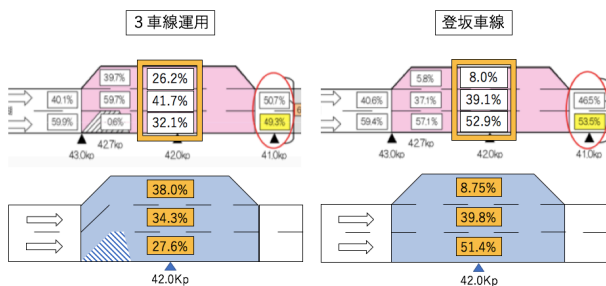


図 3: 車線利用率

次に3車線運用と登坂車線のどちらが混雑緩和機能として優位であるかについて、道路の混雑状況によって変化するのか検証を行うために、車の発生率を0.15, 0.25, 0.45, 0.65に設定しそれぞれ先ほどと同様に15回分の平均をとり以下に示す。

表 2: 発生率別の走行速度と通過台数

発生率	車線運用	区間全体	2車線区間	3車線区間	通過台数
0.65	3車線運用	1.401	1.146	1.861	613.9
	登坂車線	1.397	1.120	1.714	607.1
0.45	3車線運用	1.983	1.938	2.019	515.1
	登坂車線	1.984	1.939	1.999	505.3
0.25	3車線運用	2.143	2.139	2.136	259.9
	登坂車線	2.122	2.126	2.129	254.5
0.15	3車線運用	2.166	2.186	2.173	157.4
	登坂車線	2.174	2.173	2.193	156.9

(セル/ステップ) (台)

3車線区間の平均走行速度に注目すると、車の発生率が小さくなるにつれて3車線運用と登坂車線で値の差が縮まっているのがわかる。通過台数についても同様に値を比較してみると、こちらは道路の混雑状況に関係なく常に3車線運用の方が登坂車線より通過台数が多く交通容量が多いと言える結果が得られたが、発生率を0.15まで下げた場合、3車線運用と登坂車線で

値にほとんど差がなくなっている。

そこで、車の発生率0.15, すなわち比較的道路が空いている状況での車線利用率を見てみると、車が少なく混雑していない状況では、より空いている車線を利用しようと車線変更を行う車が少なくなり、どちらの運用の場合も赤色で示した付加車線の利用率が著しく低くなっている。したがって合流部分において、登坂車線の場合ではほとんどの車が車線を変えることなく走行できるが3車線運用の場合では半数以上の車が車線変更をする必要があり、その部分で混雑が発生する可能性があると考えられる。

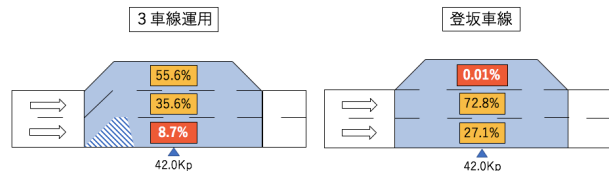


図 4: 車線利用率

これらの結果から、道路がある程度混雑している状況では、3車線運用の方が登坂車線に比べ平均速度が速く、車の流れがスムーズであり混雑が緩和されていると考えられるが、道路が空いている状態つまり車線2つ分でも交通容量が足りている場合、3車線運用では強制的な車線シフトが行われることにより登坂車線の時より多くの車が車線変更による合流を必要とされるため、車線運用終端部で合流による混雑が発生し全車線の利用率を平準化することで交通容量を増やす、という3車線運用のメリットがうまく発揮できなくなることが分かった。

4 まとめ

シミュレーション結果では、3車線運用の方が登坂車線より付加車線の長さが300m短くなっているにも関わらず、混雑緩和により効果的であると考えられるデータが得られた。車線利用率に関して実際の車線運用変更工事が行われる前後のデータと比較したところ非常に近い値となり、現実の道路状況に近いシミュレーションを行うことができた。また、道路状況を考慮すると必ずしも3車線運用の方が混雑緩和に優位であるということではなく、車線付加を行う際はその地点の混雑具合に応じて車線運用方式を変更する必要があることが分かった。

今後実際の速度分布データや時間帯・区間別の平均速度のデータをもとにモデルをさらに現実の状況に近づけ、各エージェントがシミュレーション区間を通り抜けるのにかかったステップ数や各エージェントの減速の度合い、回数などの評価基準を組み込んでさらに細かい分析を行っていききたい。

参考文献

- [1] 中央道渋滞ボトルネック検討ワーキンググループ 第1~7回資料 (2013-2018)
- [2] 近田 博之『縦断勾配が速度に与える影響に関する実証分析』(土木学会論文集 D3, 2015)