

多車線自動車専用道路における最適な車線活用方法の検討

Study of Optimal methods of lane selection on Multi-lane highway.

○小林将貴¹, 星野貴弘²

Masataka Kobayashi¹, Takahiro Hoshino²

Abstract: In recent years, traffic jams on highways have caused significant time, economic and environmental losses. Traffic jams are caused by accidents and traffic concentration. Traffic concentration accounts for about 70% of the total. The main cause of traffic concentration is caused by unconscious deceleration in bottleneck sections such as uphill and sag sections. By introducing vehicles with adaptive cruise control(ACC), we discuss effective in improving traffic jams. In this study, from the viewpoint of improving flow rate, consider whether or not lanes should be fixed depending on the vehicle type.

1. はじめに

近年の高速道路の渋滞によって、全国各地で時間的、経済的、環境的に大きな損失が発生している。渋滞の発生原因の内、交通集中は全体の約7割を占めている^[1]。その中でも、上り坂やサグ部などのボトルネック区間での渋滞が約6割を占めている。渋滞緩和の方法として、Adaptive Cruise Control を搭載した車両(以降、ACC 車両)を導入することで流率が向上することが知られている^[2]。国土交通省道路局によると将来的には完全自動運転が主流になり、自動運転専用レーンが設けられる可能性がある^[3]。そこで本研究では、ACC 車両と ACC を搭載していない車両(以降、一般車両)が混在している二車線高速道路において、ACC 車両が使用する車線を固定したことによる交通流への影響について検討する。

2. 交通流モデル

<2.1 仮定>

本研究で対象とする交通流モデルは、ACC 機能の有無による違いを一台ごとに表現するため、確率セルオートマトンモデルを用いる。対象システム内には、一般車両と ACC 車両の2種類のみ走行しているものとし、ACC 車両は後述する(2.3 項)状況に応じて ACC 機能(車間制御機能、定速走行機能)の使用可否を決定するものとする。車線変更の際には ACC 機能を OFF にし一般車両として扱う。Fig. 1 のように二車線高速道路の交通流を対象とし、道路長を $L[\text{cell}]$ 、車両数は $M[\text{台}]$ とし、 V_{max} をシステム内の最高速度とする。また、道路は車両密度を一定に保てるよう周期境界条件を適用する。

<2.2 時間的发展則>

一般車両 一般車両と ACC 機能を利用していない

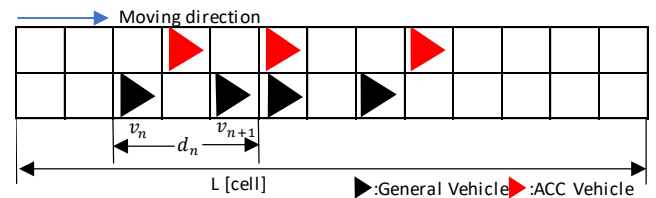


Fig. 1 Schematic diagram of traffic system.

車両の挙動は以下に示す NaSch モデルに従うものとする。NaSch モデルでは、加速、減速のような運転手の基本的な振る舞いだけでなく、前方車両に対する追従遅れ等の複雑な運転行動についても考慮されている。

[step1]加速 $v_n < V_{max}$ ならば、 $v_n \rightarrow v_n + 1$ とする。

[step2]減速 進行方向から逆向きに数えて第 n 番目の車両の車頭間隔 d_n と速度 v_n の関係が $v_n \geq d_n$ の場合、前方への衝突回避のため、 $v_n \rightarrow d_n - 1$ に減速する。

[step3]ランダム化 速度 v_n が $v_n > 0$ の場合、ランダムブレーキ確率 p によって速度を 1 減少させる。このステップは、ドライバーの無意識な減速を示している。

[step4]車両位置更新 [step1]~[step3]により決定した速度で車両位置を更新する。すなわち、以下となる。

$$x_n(t+1) \rightarrow x_n(t) + v_n$$

ACC 車両 ACC 車両の挙動は以下のとおりである。

[step1]加速 一般車両と同様。

[step2]減速 車頭間隔 d_n と速度 v_n の関係が $v_n \geq d_n$ の場合、車頭間隔より車両速度の方が速く、前方車両に衝突してしまうため減速する。その際に、前方車両の速度 v_{n+1} を計測し、以下のように前方車両の速度を考慮して速度を調整する。

① $v_n < v_{n+1}$ の場合、現時点の速度を保つ。

② $v_n \geq v_{n+1}$ の場合、 $1 \Delta t$ 秒後に $d_n = 1$ または $d_n = 0$ の場合、最低車間距離(1セル分)を空けて減速する。

1 : 日大理工・院 [前]・電気 2 : 日大理工・教員・電気

[step4]車両位置更新 一般車両と同様

<2.3 車線変更則> 一般車両及び ACC 車両の車線変更の可否はstep1 前に行うものとする。車線変更は、以下の 2 つの条件満たしたときに行われる。ただし、ACC 車両は車線変更を行う場合、一時的に ACC を OFF にし、一般車両として扱う。

①現車線の速度 v_n とその前方車両の速度 v_{n+1} の関係が $v_n \geq v_{n+1}$ で、かつ車頭間隔 d_n との関係が $v_n \geq d_n$ である。

②変更先車線の前方車両と後方車両に衝突しない。

3. シミュレーション

<3.1 シミュレーション条件>

ランダムブレーキ確率： $p = 0.1$ ，シミュレーション回数：10000 回。 $V_{max} = 5$ ，一般車両:ACC 車両=1:1.

<3.2 シミュレーション結果>

Fig.2 は、縦軸が車線変更しない場合の各車線の流率、横軸が全セルに対する車両割合を示している。赤色の実線は一般車両と ACC 車両をそれぞれ決められた車線に固定して走行させた左車線の流率の結果であり、点線は右車線の流率の結果である。黒色の実線は一般車両と ACC 車両をランダムに配置して走行させた左車線の流率の結果であり、点線は右車線の流率を示した結果である。Fig.2 から車種を固定した右車線の流率が車両密度が上がるにつれて低くなっていることがわかる。この車線は一般車両のみのため、車両密度が増えるにつれ、ランダムブレーキによる減速の影響が大きくなり、流率が下がるためである。車種をランダムに配置した場合では、車両密度が増えても流率への影響が少ないことがわかる。この理由として、ACC 車両が混在しているため、ACC の機能により、自然渋滞の発生が抑制されたものと考えられる。

Fig.3 は、Fig.2 と同条件における、縦軸が二車線の総流率、横軸が全セルに対する車両割合を表している。赤色の線は一般車両と ACC 車両をそれぞれ決められた車線に固定して走行させた結果であり、黒色の線は一般車両と ACC 車両をランダムに配置して走行させた結果を表している。Fig.3 から車両密度が 0.2 までは車線を固定して走行させた方が流率が良くなるが、車両密度が 0.25 以上になると車種をランダムに配置した場合の方が流率が良くなる結果となった。この理由として、車両密度が高くなっていくにつれて、Fig.2 でも示したように、一般車両側で流率の低下が生じ、全体の流率が減少したためである。

4. まとめと今後の課題

本研究では、車種によって走行する車線を固定する

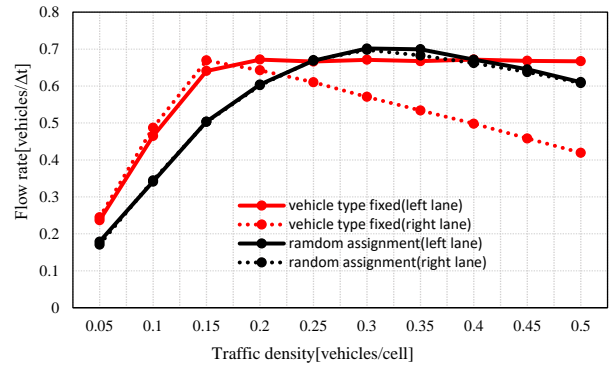


Fig.2 Each lane flow rate.

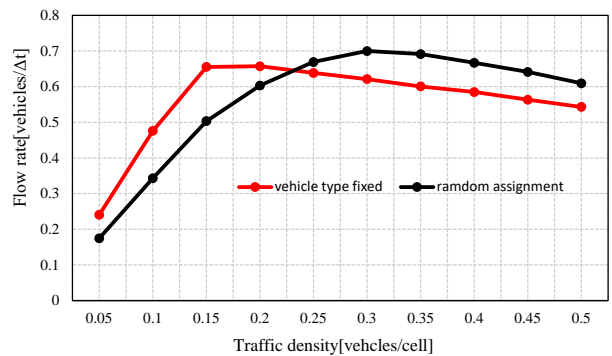


Fig.3 Total flow rate

場合としない場合の流率比較を行った。シミュレーションの結果、本稿の計算条件のように車線変更しない場合、車両密度によっては車線固定をせず車種を混在させた方がシステム全体の流率は向上することがわかった。今後の課題として、車線変更を考慮した場合、サグ部などのボトルネックが存在する場合などにどのように流率が変化するかを検討する予定である。

参考文献

[1]NEXCO 東日本「高速道路の渋滞対策」
 [2] 星野貴弘「車間制御機能を考慮した交通流のモデル化と解析」, 電気学会論文誌 D(産業応用部門誌), Vol. 135, No. 7, pp. 765~774 (2015)
 [3]国土交通省, 「道路対策の質の向上に資する技術研究開発」, 研究状況報告書, p. 7
 [4] A. Schadschneider:”Traffic flow:a statistical physics pointof view”, Physica A, Vol. 87 No. 313, pp. 153~187 (2002)