

インテリジェント交通流における車間距離の維持行動と その効果についての基礎検討

Basic Investigation on Maintenance Behavior of Vehicle Gap and its Effect in Intelligent Traffic Flow

○李 正宇¹, 浜松 芳夫², 星野 貴弘²

*Zhengyu Li¹, Yoshio Hamamatsu², Takahiro Hoshino²

Abstract: In recent years, with the development of urban modernization, the car is important for means of mobility. At the same time traffic jam has become a more seriously problem than past. This paper discusses the influence of vehicle gap's optimization on traffic flow. The optimal vehicle gap can reduce the car's average travel time on the road (include bottleneck area). With the simulator, we analyze the characteristic of vehicle conditions and verify the improvement of car's average travel time.

1. はじめに

交通渋滞は、輸送効率の低下、環境悪化など様々な形で経済損失を与えている。高速道路における渋滞の原因は交通容量の不足以外、サグ部などにおいて車間距離が適切に保たれていないことにより、発生することが知られている。文献 [1] では、高速道路などで発生する渋滞伝搬は適切な車間距離を維持した車群を形成することによってある程度改善することが示されている。車間距離を十分空けることで、前方車両の減速が増幅されて後続車両に伝わっていく連鎖反応を断ち切ることができる。つまり、前方からの渋滞波を吸収することが可能になる。

近年、活発に研究開発が行われている車間制御機能や車々間、路車間通信といった技術を組み合わせることにより、前述のような適切な車間距離を維持する車群を形成することが今後可能になると考えられる。本研究では車群制御による流量、旅行時間の改善を目的として、ドライバー個々の車間距離の維持に伴う操作が渋滞に及ぼす影響を検討する。車間距離の自動調整や定速走行機能を持つ車両、いわゆる ACC(Adaptive Cruise Control) 機能とその機能を持たない一般車両を含む交通シミュレーションを行い、車間距離の調整効果を検証する。

2. 対象とする交通流モデル

< 2.1 仮定 > 本研究では対象とする交通流を高速道路の片道一車線の単路部と想定し、車間距離制御機能を有する車両 (ACC 車両) とそのような機能を持たない一般車両が存在するものとする。

Fig.1 に示す道路長に対応する L 個のセルに車両総数 N 台の車両が一定方向に走行し、後続車両が前方車両を追い越すことはないものとする。このことからシステム全体の車両密度は $\rho = N/L$ と表される。車群にある n ($1 \leq n \leq N$) 番目の車両の状態はその時の速度 v_n ($0 \leq v_n \leq V_{max}$) によって整数値として与えられる。

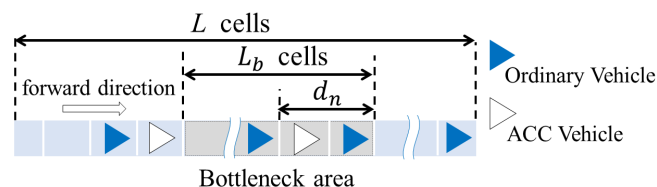


Fig. 1: Conceptual diagram of simulation

ただし、 V_{max} はシステム内の最高速度とする。 n 番目の車両の位置を x_n とすると、 $d_n = x_{n+1} - x_n$ は n 番目の車両と $(n+1)$ 番目の車両の車頭距離になる。任意の時刻 t から $(t+1)$ の一般車両の位置は NaSch モデル [2] に従い更新され、ACC 車両は 2.2 節で示すルールに従う。

< 2.2 ACC車両の時間発展則 > ACC 車両はカメラやミリ波レーダーなどにより前方車両との車間距離を測定し、自動的に加減速を行うことで、車間距離を一定に維持することができる。本研究で対象とする ACC 車両は全車速域 ACC とし、ランダムブレーキの影響を受けないものとする。文献 [3] で示された ACC 車両の時間発展則を次に示す。

STEP1 加速 $v_n < V_{max}$ の時、 $v_n \rightarrow v_n + 1$ で加速する。

STEP2 減速 $v_n \geq d_n$ となるとき、前方車両との追突を回避するために $v_n \rightarrow d_n - 1$ で減速する。

STEP3 車両移動 STEP1, 2 により決定された速度を現在の車両の位置に加え、次時点の車両位置を決定する。

ACC 車両は車間距離 (時間) をドライバーの希望する値に設定することができる。この点を考慮し、本研究では Step2 を以下のように書き直す。

STEP2' 減速 ドライバーが設定する車間距離の設定値を k とすると、 $v_n \geq d_n - k$ となるとき、追突の回避、または車間距離の維持のため、 $v_n \rightarrow d_n - (k + 1)$ で減速する。

1:日大理工・院・電気 2:日大理工・教員・電気

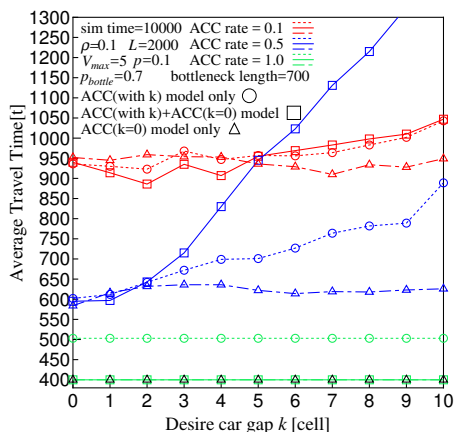


Fig. 2: Simulation results for desire car gap

3. 旅行時間の評価

< 3.1 シミュレーション条件 > シミュレーション時間を $T = 10000\Delta t$ 、道路長 $L = 2000$ セル、ボトルネック区間長 $L_b = 700$ セルとした。車両の最高速度を $V_{max} = 5$ とした。ボトルネック区間では、それ以外の区間に比べてランダムブレーキ確率 p を上げることで渋滞を発生しやすくした。今回はボトルネック区間内のランダムブレーキ確率 p_{bottle} を 0.7 とし、ボトルネック区間外のランダムブレーキ確率 p を 0.1 としてシミュレーションを行った。 k についてはシステム内のドライバーがすべて同じ値を設定していると仮定した。

< 3.2 シミュレーション結果 > Fig.2 は ACC 車両の混入率が 0.1, 0.5, 1.0 の場合の希望車間距離に対する平均旅行時間である。ACC 車両と一般車両をボトルネックの手前 100 セル前にランダムに合計 200 台配置した。グラフの○印は k を考慮した ACC 車両のみが走行した結果 (ACC with k)、△印は k を考慮しない ACC 車両が走行した結果 (ACC ($k=0$))、□印はボトルネック区間を ACC モデル (k なし) で走行し、それ以外の区間を ACC モデル (k あり) を用いた結果である。

ACC 車両の混入率が 0.1 の場合、希望車間距離が 5 以内の時、ACC モデル (k あり) + ACC モデル (k なし) の組み合わせに対する平均旅行時間は短くなる。ACC 車両の車間距離制御機能によってボトルネック手前の渋滞がある程度解消できたと考えられる。適切な車間距離を保つと、前方車両は減速しても、自車が運転速度を維持する余裕がある。ACC 車両の混入率が 0.5 の場合、希望車間距離が 2 以上の時、平均旅行時間が急に長くなる。ACC 車両の増加より希望車間距離が長いほど、車群の平均速度が低くなる。前方車両との車間距離を過度に維持すると、車両の運転速度は常に低速域になると考える。逆に ACC 車両が少ない場合、希望車間距離が長くても全体車群の平均速度の影響が弱い。ACC 車両の混入率

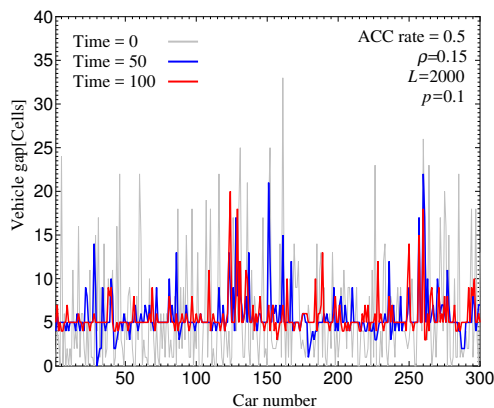


Fig. 3: Simulation results for vehicle gap - number ACC rate = 0.5

が 1.0 の場合、ランダムブレーキの影響を受けないため車群の車間距離は常に一定に維持される、そのため、平均旅行時間は常に一定となる。

4. 車間距離の評価

< 4.1 シミュレーション条件 > 車間距離の設定値 $k=0$ 、ランダムブレーキ確率 $p = p_{bottle} = 0.1$ としてボトルネック区間を含まない道路上でのシミュレーションを行った。それ以外のシミュレーション条件は 3 章と同じである。
< 4.2 シミュレーション結果 >

Fig.3 は ACC 車両の混入率が 0.5 に対する各車両の車間距離を示す。横軸を車両番号とし、縦軸は車両の前方車までの車間距離とする。車両の初期配置はランダム配置とした。グラフ中の灰線はシミュレーション時刻 $t = 0$ の結果、青線は $t = 50$ 、赤線は $t = 100$ の結果である。

Fig.3 から、すべての車両は初期状態においてランダムで配置したため、 $t = 0$ の車間距離が広い範囲に分布している。100 Δt 後、車間距離はある程度収束した。Fig.3 から ACC 車両の混入によっては車間距離のばらつきが抑えられたと考える。

5. まとめ

本論文では、NaSch モデル及び ACC モデルを基に、車間距離の調節によって平均旅行時間が改善されることを示した。また NaSch モデルで走行する一般車両と ACC 車両が混在する交通流においてシミュレーションを行った、その結果、ACC 車両の混入率を増加させることにより、車群の車間距離の調節効果を明らかにした。

参考文献

- [1] 西成活裕:「渋滞学」新潮社,pp.39-51,2006
- [2] A.Schadschneider:”Traffic flow:a statistical physics point of view”,Physica A 313, pp.159-160,2002
- [3] T. Hoshino, K. Ryosuke, H. Yoshio:”Modeling Traffic Flow Model Considering Vehicles with Automatic Traffic Control and a Study for Introduction Efficiency”,IEE-Japan IASC,4-S13-4,pp.59-60,2016