

## ACCを考慮した交通流モデルの比較とシミュレーション解析 Comparison and simulation analysis of traffic flow models considering ACC

○顧 光裕<sup>1</sup>, 星野 貴弘<sup>2</sup>Guangyu Gu<sup>1</sup>, Takahiro Hoshino<sup>2</sup>

Abstract: A freeway ramp tends to cause accidents and traffic jams. In a previous study, a continuous microscopic single-lane model, “the intelligent driver model” has proposed by Martin Treiber. In this study, we will compare it with another model and select a more efficient model. Then we will construct a freeway ramp and added a traffic flow containing a mixture of ACC and CACC vehicles.

### 1. はじめに

渋滞はトンネルやランプなど、ボトルネックと呼ばれる区間で発生しやすい。渋滞緩和の対策として Adaptive Cruise Control (以降, ACC) という車間制御機能付き定速走行装置の普及が進んでいる。前方車両との車間距離の調整が可能な ACC 車両が普及することで、渋滞の緩和が期待されている。近年, ACC に加えて車車間通信を導入することで ACC よりもさらに短い車間距離を維持しながら安全な走行を実現する Cooperative Adaptive Cruise Control (以降, CACC) の研究開発が行われている。CACC は、車車間通信技術に基づいて、前車の走行情報を取得することでより短い車間距離制御が可能となる。

文献[1]では Intelligent Driver Model<sup>[2]</sup> (以降, IDM) における自由流動項と相互作用項を分離した Intelligent Driver Model + (以降, IDM+) が提案された。文献[3]では別の ACC 車両モデルを提案され、このモデルは、速度差と車間距離だけで加速度が決定するモデルである。

本研究では、IDM+ と文献[3]のモデルを比較して、合流ランプ部モデルを解析するために適切なモデルを検討する。合流ランプ部において一般車両, ACC, CACC 車両が混在した交通流をシミュレーションにより再現する。そのシステムにおける渋滞改善効果について検討を行う。本稿では上述の解析の前段階として IDM+ を用いて流率—密度特性等に関する基本的検討を行う。

### 2. 交通流モデル

#### <2・1> IDM+

IDM+では、一般車両は以下の2式によって加速度を決定する。

$$\begin{cases} \dot{v} = a \cdot \min \left[ 1 - \left( \frac{v}{v_0} \right)^4, 1 - \left( \frac{s^*(v, \Delta v)}{s} \right)^2 \right] & (1) \\ s^*(v, \Delta v) = s_0 + Tv + \frac{v\Delta v}{2\sqrt{ab}} & (2) \end{cases}$$

このとき、ある車両の速度を $v$ 、希望走行速度を $v_0$ 、前方車両との速度差を $\Delta v$ 、前方車両との車間距離を $s$ 、車両安全距離を $s_0$ 、希望車間時間を $T$ 、最大加速度を $a$ 、最大減速度を $b$ とした。(1)式中の $\min$ 内の左側の式は、自由流での振る舞いを、右側の式は、車両間の相互作用が働く際の振る舞いを表している。自由流項は前方車両が近くになく、影響がない状況での速度調整を表している。相互作用項は前方車両との距離が近い状況での、速度差などを考慮した速度調整を表している。この二つの項の計算結果を比較し、小さい値を適用する。

ACC 車両は次の式により加速度を決定する。

$$\dot{v} = \min[k_{cc}(v_0 - v), k_2 \Delta v + k_1 s_x] \quad (3)$$

このとき、車両の速度を $v$ 、希望速度を $v_0$ 、前方車両との速度差を $\Delta v$ 、車間誤差を $s_x$ である。

### 3. シミュレーション

#### <3・1> IDM+のシミュレーション条件

本稿では道路の全長を1000mとする。希望速度は33.3m/sである。車両初期位置は、7m(最小車頭間隔)ごとに、初速度0m/sの車両を置く。シミュレーション時間は3600sで、車両位置は毎秒更新されるものとする。また、 $k_{cc} = 1/v_0$ 、 $k_1 = 0.3$ 、 $k_2 = 1.0$ とした。

#### <3・2> IDM+のシミュレーション結果

IDM+のACCの混在率0, 0.3, 0.5における流率をFig. 1に示す。横軸が1キロあたりの車両数(密度)、縦軸が流率を表している。ACC車両の割合が高くなるにつれて、1キロあたりの車両数が同じ場合は流率が高くなる。いずれのACC混在率においても1キロあたりの車両数16台のときに臨界である。

また、IDM+では臨界密度に達した後にFig.1内に赤線の丸で示した部分でグラフの傾きが大きく変化している。理由としては、1時間あたりに流れる車両が多くなるのは、車両の平均速度が増加しているからである。一般車両のみ場合(ACC混在率0)、グラフの傾きが大きく変化してい

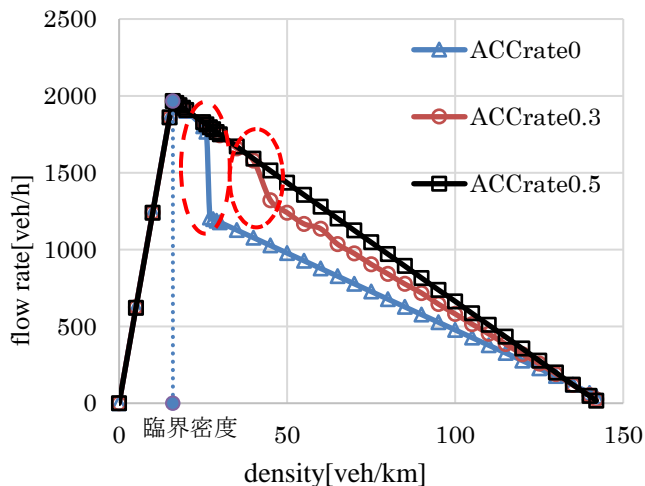


Fig.1 Comparison of flow rate

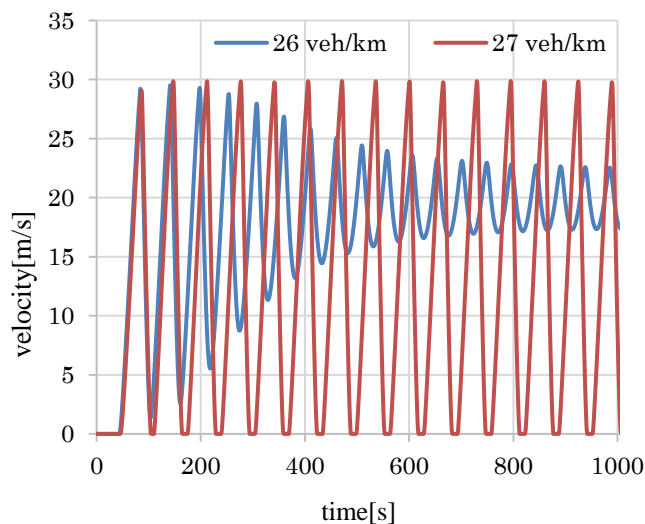


Fig.2 Comparison of velocity

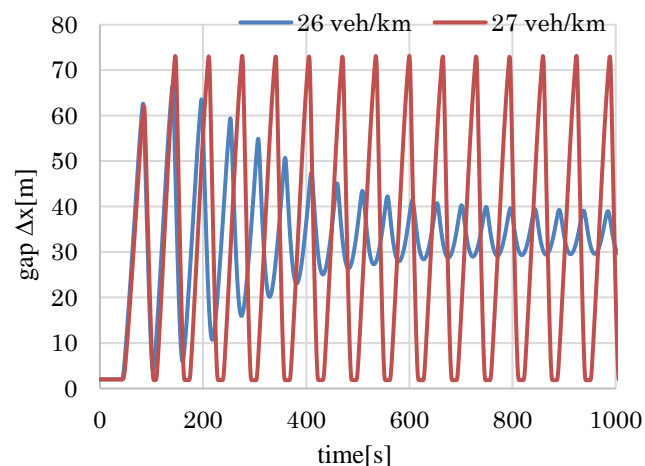


Fig.3 Comparison of gap

る部分は台数 26 台と 27 台の間である。一般車両のみとした場合の密度 26 台/km と 27 台/km における 1 台の車両の速度変化を Fig.2 に示す。また、同条件における、車間距離の変化を Fig.3 に示す。

Fig.2 を見ると、密度 26 台/km のとき、速度変化は収束傾向にある。一方、密度 27 台/km のときは、加減速の幅が大きく、定期的に停車していることがわかる。

Fig.3 からわかるように、密度 26 台/km の場合、車両の距離変化は速度変化と同様に収束傾向にある。車両は減速または加速によって前方車両との車間距離を維持する。密度が 27 台/km の場合、車間距離を維持するため減速動作が 26 台/km に比べて大きいことがわかる。その結果、システム内に交通渋滞が発生した。これが Fig.1 の赤丸部において傾きが大きく変化した理由である。流率の傾きが急減少する点を変化臨界点と呼ぶことにする。変化臨界点前、車群は速度変動幅が少なく安定した走行をしているのに対して変化臨界点後は、停車と走行を繰り返しており、渋滞が発生している。

#### 4. まとめと今後の課題

本研究では、IDM+を用いて一般車両と ACC 車両が混在する場合のシミュレーションを行った。流率が急激に低下する場合があった。その原因は、変化臨界点に達し、渋滞が発生したためである。

今後の課題としては、まず、文献[3]のモデルのシミュレーションを行い、IDM+と比較する。次に片側一車線の本線道路に同じく片側一車線の offline が合流するタイプの合流ランプ部モデルに関する交通流モデルを構築する。上述の比較を通して、合流ランプ部における合流制御の効果を明らかにするためにより適切なモデルを検討する。採用したモデルを用いて、合流ランプ部における交通シミュレーションを行う予定である。

#### 参考文献

- [1] Martin Treiber : 「Effects of Cooperative Adaptive Cruise Control on Traffic Flow Stability」, 2010 13th International IEEE, Sep 19-22 , 2010 .
- [2] Martin Treiber : 「congested traffic states in empirical observations and microscopic simulations」, Physical Review E, Vol. 62, No. 2 , 2000 .
- [3] Yan Yan Qin : 「Fundamental Diagram Model of Heterogeneous Traffic Flow Mixed with Cooperative Adaptive Cruise Control Vehicles and Adaptive Cruise Control Vehicles」, China J, Highw , Transp ,Vol. 30, No. 10, Oct 10, 2018.