

ACC 車両を考慮した交通流モデルにおけるパラメータが及ぼす影響の検討
Examination of influences of parameters in a traffic flow model considering ACC vehicles

○星谷海翔¹, 星野貴弘²

Hoshiya Kaito¹, Hoshino Takahiro²

Abstract: Traffic congestion on highways continues to be a social problem, causing loss of time and increasing environmental impact due to exhaust gas. Now, in order to alleviate traffic congestion, it has become mainstream to use ACC vehicles, which can keep a distance between vehicles. However, the penetration rate of ACC vehicles cannot be said to be high, and how to use them efficiently is not widely known. In this research, we simulate on traffic flow models to clarify the behavior of ACC vehicles that can further alleviate and suppress congestion.

1. まえがき

交通渋滞は、定時性の損失や、排気ガスによる環境負荷の増大などの要因となり、依然として社会問題となっている。対策として、車線拡張や流入制限などのインフラ側からによるもの以外に、渋滞の原因となる車間距離を適切に維持する ACC(Adaptive Cruise Control)車両を用いる車両側からの対策が注目されている。しかし、参考文献[1]より、自動車専用道路において実際に ACC を常に使用している、または一時的に使用している割合の合計は 25%未満と低く、渋滞緩和に十分な効果を得ることができるとは言えない。また、自動車世帯保有率が飽和しつつあり、今後 ACC 車両の普及率が増加することは見込めないため、渋滞緩和を目指すためには低い ACC の利用率の中でより渋滞に有効な ACC 車両の挙動を検討する必要がある。

本研究では、既存の交通流モデルを基に作成したシミュレーションを用いて、ACC 車両の割合が少ない状況における渋滞緩和のため、ACC 車両の速度偏差と位置偏差のゲインが及ぼす影響について検討する。

2. 追従モデル

シミュレーションは、ACC 機能を持たない一般車両と ACC 車両それぞれに対応した追従モデルを元に作成する。IDM+^[2]は(1)式で表される一般車両の挙動に対応する追従モデルである。

$$\frac{dv}{dt} = a \cdot \min \left[1 - \left(\frac{v}{v_0} \right)^4, 1 - \left(\frac{s^*(v, \Delta v)}{s} \right)^2 \right] \quad (1)$$

where, $s^*(v, \Delta v) = s_0 + vT + \frac{v\Delta v}{2\sqrt{ab}}$

ただし、各パラメータは以下の通りである。

- a : 最大加速度 s* : 動的な目標車間距離
- b : 最大減速度 s : 現在の車間距離
- v : 現在の速度 v₀ : 目標速度 T : 目標車間時間

s₀ : 最小車間距離 (静止時) Δv : 先行車との速度差

文献[2]より(1)式における一般車両を表すうえで最適な定数として、 $a = 0.73\text{m/s}^2, b = 1.67\text{m/s}^2$ としている。また、 $s^*(v, \Delta v)$ は車間時間や速度偏差で時間により変動する目標車間距離である。

IRSA^[3]は(2)式で表される ACC 車両の挙動に対応した追従モデルである。IRSA においても同様に、文献[3]より k_{cc} の値を $1/v_{cc}$ と設定している。 k_v, k_x の値は、任意に決定できる定数であり、前方車両との速度偏差 e_v 、位置偏差 e_x に対応するゲインである。

$$\frac{dv}{dt} = \min [k_{cc}(v_{cc} - v_x), k_v e_v + k_x e_x] \quad (2)$$

- k_{cc} : 定数ゲイン v_{cc} : 目標速度
- v_x : 車両速度 e_v : 前方車両との相対速度
- e_x : 目標車間距離との相対車間距離

3. シミュレーション

<3. 1>シミュレーション条件 k_v, k_x を変化させることで走行中の ACC 車両の挙動が変化するため、本研究では k_v, k_x を変化させ比較検討することで渋滞緩和により効果的な ACC 車両の挙動を考察する。

初期条件を、総数 10 台の車群のうち、2, 7, 10 台目を ACC 車両とし、一般車両は 2.0s, ACC 車両は 2.5s の目標車間時間で走行している状態とする。またシミュレーション開始後、渋滞への影響を比較するため、先頭車両が 10 秒間で 15 m/s まで減速することで渋滞を発生させる。文献[3]より $k_v = 1.5, k_x = 0.3$ を基準とし、以上の条件で両値を変化させてシミュレーションを行う。本稿では、ACC 車両の挙動について k_v, k_x の及ぼす影響について検討する。

<3. 2>シミュレーション結果 Fig.1 に基準とした k_v, k_x の値における加速度の時間変化を示す。また、Fig.2 に $k_v = 0, k_x = 2.0$, Fig.3 に $k_v = 2.0, k_x = 0$ とした

1 : 日大理工・院 [前]・電気 2 : 日大理工・教員・電気

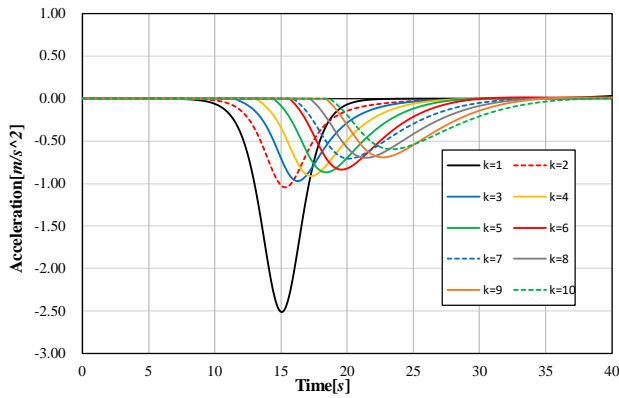


Figure 1. Numerical examples of time-Acceleration diagram

$$(k_v = 1.5, k_x = 0.3)$$

場合の結果を示す. 実線は一般車両, 破線は ACC 車両を示している.

Fig.1 より, 後続車両になるにつれて最大減速度は小さくなっているが, 各 ACC 車両は一般車両に比べて最大減速度は減少している. それに伴い, ACC 車両を挟むごとに一般車両の最大減速度に影響し, 減速の伝搬が抑えられていることがわかる.

Fig.2 では Fig.1 に比べ, ACC 車両の応答性が低下し, 減速をはじめのまでと, 最大減速度と速度に到達する時間が遅くなった. これにより, 車間距離に着目すると前方車両の減速時に車間距離が短くなり, 減速が伝搬しやすくなったことがわかった. また, 遅れて減速を開始した分加速度の変化量が大きくなったため, 乗り心地の観点において, Fig.1 に比べて問題が生じている.

Fig.3 より, Fig.1 に比べ, ACC 車両の応答性が高く, 前方の一般車両と同時に同じ加速度の変化を示した. 車間距離に着目すると, k_v により前方車両との速度差が生じなかったこと, 車間距離偏差を考慮していないことから ACC 車両の車間距離はほとんど変化しないことがわかった. したがって, 車群全体としては ACC 車両によって車間距離の詰まりが吸収されず, 減速が後方へと伝搬した. すなわち, この計算条件では渋滞緩和の効果が小さいと言える.

4. まとめと今後の課題

本研究では, k_v, k_x の値が ACC 車両の挙動にどのような影響を与えるのかを調査した. シミュレーション結果より, k_x に対し k_v のほうが ACC 車両の挙動に与える影響が大きいことがわかった. したがって, k_v, k_x の値を調整して ACC の挙動を決定する必要がある. 基準とした $k_v = 1.5, k_x = 0.3$ の場合は, 減速の伝搬を吸収する効果が高いことがわかった.

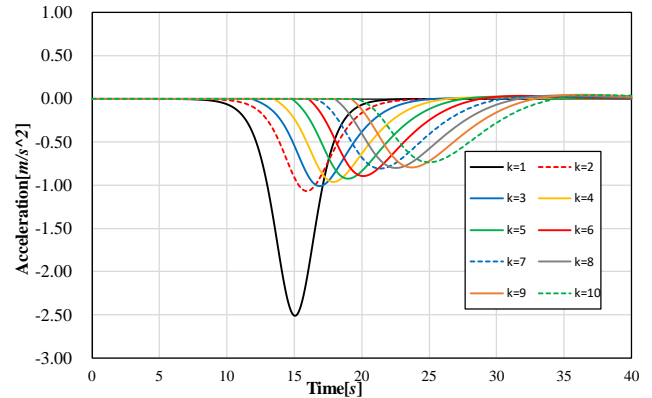


Figure 2. Numerical examples of time-Acceleration diagram

$$(k_v = 0, k_x = 2.0)$$

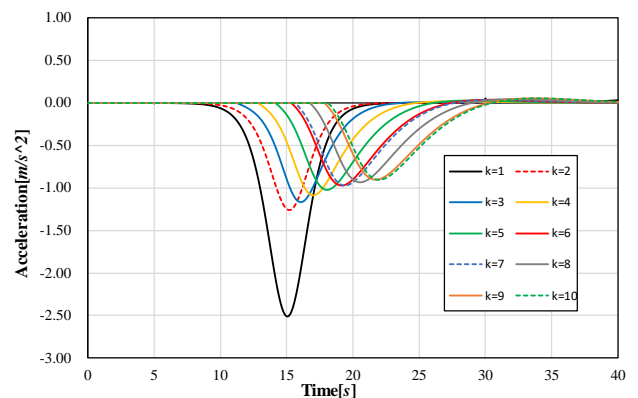


Figure 3. Numerical examples of time-Acceleration diagram

$$(k_v = 2.0, k_x = 0)$$

今後の課題としては, 本研究で用いた条件が先頭車両の急減速という特異な状況であったため, ボトルネックの設置など現実的な状況を想定した場合や加速時に, 同様に渋滞緩和に効果があるか検討することが挙げられる. また, ACC の挙動がどのような時が最も渋滞緩和に効果があるのかの指標についてを明確にし, より渋滞緩和に効果的な速度偏差, 位置偏差に対するゲインの値を検討する.

参考文献

- [1]小篠 耕平:「高速道路における ACC 搭載車両の利用実態および安全性・交通容量に及ぼす影響の考察」, シンポジウム, 第 17 回, 2019
- [2]Martin Treiber:「Congested traffic states in empirical observation and microscopic simulation」, PHYSICAL REVIEW E, Vol. 62, No.2 August 2000
- [3]Wouter J. Schakel:「Effects of Cooperative Adaptive Cruise Control on Traffic Flow Stability」, Annual Conference on Intelligent Transportation Systems, September 19-22, 2010