

CACCの普及率が交通流に与える影響

今枝 勇太, 旭 健作, 渡邊 晃 (名城大学)

Study of Influence of CACC Diffusion Rate toward the Traffic Flow
Yuta Imaeda Kensaku Asahi Akira Watanabe (Meijo University)

1. まえがき

ITS(Intelligent Transport Systems : 高度道路交通システム)の分野では自動車交通の効率化を主な目的として, 1990年代から精力的にさまざまな研究開発が行われてきた. 中でも渋滞を改善するための取り組みとして, すでに ETC の普及による料金所での渋滞の改善が図られた. しかし, いまだにサグ部での無意識な減速による渋滞は改善されておらず自動車交通の効率化における大きな課題となっている.

この対策として車間距離, 相対速度から自車の加速度を自動制御する車間距離制御装置 (Adaptive Cruise Control:ACC)や近年開発が進められている前方車両の加速度情報を通信装置で伝達し, 相対速度を組み込んだ ACC である通信利用協調型車間距離制御装置 (Cooperative Adaptive Cruise Control:CACC)がある.

本研究では徐々に普及する CACC 搭載車が非搭載車と混在する環境を想定し, 先頭車両がある速度から減速し別の速度へ変化した場合, 車群中の CACC 搭載車両の比率を変化させてシミュレーションを行い, CACC の普及率による渋滞改善効果と, CACC と ACC の性能差をシミュレーションにより検討した.

2. 車群のモデル

先行車両に追従する車両 $i+1$ の位置を $x_{i+1}(t)$ とするとき, 車両の加速度 $\ddot{x}_{i+1}(t)$ を, CACC の場合は(1)式で, 人間の場合は(2)式で与える.

$$\ddot{x}_{i+1}(t+T_A) = k_1 \frac{\dot{x}_i(t) - \dot{x}_{i+1}(t)}{x_i(t) - x_{i+1}(t)} + k_2 \{\ddot{x}_i(t) - \ddot{x}_{i+1}(t)\} \dots (1)$$

$$\ddot{x}_{i+1}(t+T_H) = k_3 \frac{\dot{x}_i(t) - \dot{x}_{i+1}(t)}{x_i(t) - x_{i+1}(t)} \dots (2)$$

ここで, T_A は機械の遅れ時間, T_H はドライバの反応遅れ時間であり, k_1 と k_2 は制御ゲイン, k_3 は反応感度である.

3. シミュレーション

本研究では, 追い越しのできない直線の高速度道路の走行する車群(11台)を想定してシミュレーションを行う. シミュレーションでは, 各車両を点とみなし, すべての車両が同一の速度 100[km/h]で走っている状態から 60[km/h]以下になるまで $-2[m/s^2]$ で減速をかける場合を想定する. また, CACC 搭載車は先頭車両から順に増えていくものとする. さらに, CACC 搭載車両は車間距離を 15[m]とすることができるが, 非搭載車は 60[m]あけるものとする.

遅れ時間をそれぞれ $T_A=0.1[s]$, $T_H=1.0[s]$ とし, 制御ゲインと反応感度は $k_1=13$, $k_2=0.5$, $k_3=8.5$ とする.

これは, (1), (2)式のモデルの車両それぞれ 2 台(台数以外は今回の実験環境と同じ)で事前シミュレーションを行い, 前方車両と衝突することなく走りきれた時の値の平均である. 前方車と衝突することなく加速度の値が $-0.3[G] \sim -0.3[G]$ の間で推移し, 走りきれたら成功したものとする.

以上の条件で先頭車両と最後尾車両の速度変化の差を計測し, その差が小さければより精度よく追従できているものとする.

4. シミュレーション結果

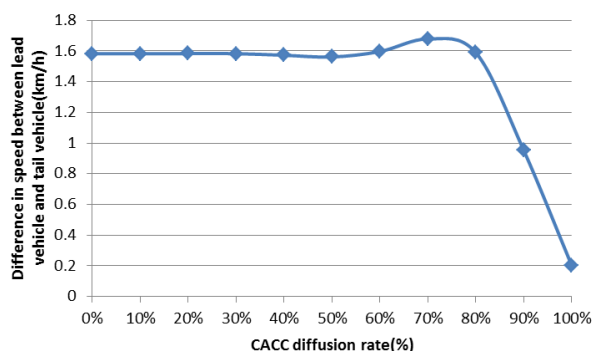


Fig.1 Simulation result

図1にシミュレーションの結果を示す. 縦軸は先頭車両と最後尾車両の速度差を, 横軸は車群中の CACC の普及率をそれぞれ示す. CACC の普及率が 0~60[%]まではほとんど先頭車両と最後尾車両の速度変化の差が見られない.

しかし, 普及率が 70~80[%]で先頭車両との速度変化の差が普及率 0[%]の時よりも大きくなっており, 追従度が悪いことが分かる. これは CACC 搭載車両が多くなると, CACC 搭載車両の方が前方車両との車間距離が短く, 衝突回避のため大きな加速度で減速するため, 普及率が 60[%]までの時より大きな減速をするドライバが存在する可能性があるためである.

普及率 90~100[%]では, 先頭車両との速度変化の差が急激に小さくなり CACC の効果が現れている. また, 普及率が 100[%]になると, 先頭車両と最後尾車両の速度変化量の差が 0.2[km/h]にまで小さくなっていることが分かる.

5. まとめと今後の課題

CACC は 90%~100%の普及がなければ最後尾車両と先頭車両の速度変化は軽減されず, 渋滞抑制効果がないことが分かった.

今後の課題として, CACC の通信でのパケットロスを考慮することや, 車間距離を維持する機能を車群モデルに組み込むなど, より現実的なシミュレーション状況での評価を行う予定である.

文献

[1] 猪瀬博, 浜田喬:道路交通管制, 産業図書, pp.19-21 (1972).

[2] 福岡万瑠美, 車間通信による渋滞防止のための社群長の最適化, 2008年度名城大学理工学情報工学科卒業研究 (2009)



CACCの普及率が交通流に与える 影響

名城大学 理工学研究科 情報工学専攻 今枝 勇太
渡邊 晃
旭 健作

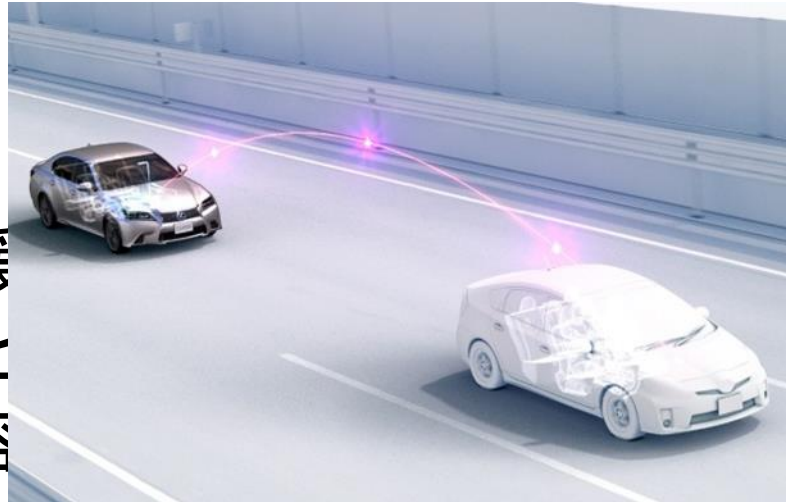
研究の背景

- 自動車の隊列走行は、自動車交通の効率化を主な目的として、1990年代から精力的に研究開発が行われてきた
- 近年では、隊列走行における車間の短さが空気抵抗の低減効果を持つため、自動車交通の省エネルギー化の需要に応えるものとして、2008年度より、エネルギーITS推進事業において貨物輸送における隊列走行の実現に向けた研究開発が進められてきた。



CACCとは何か？

- CACC (Cooperative Adaptive Cruise Control) と呼ばれる前方車両の加速度情報を通信装置で伝達し、自車の加速度を自動制御する技術



- CACCは安全運転支援のこと、前方車両と併走することで道路容量の軽減による省エネルギー効果が期待される

研究の内容と目的

- 高速道路上では，前方車両の減速の影響により自然渋滞が発生する．
- 本研究では，前方車両がある速度から別の速度へ変化し，車群の中にCACCを搭載している車両の割合別でミュレーションを行い交通流にどのような影響を及ぼすのかを調べる．

実験方法

- C言語を用いたシミュレーションで実験する.
- シミュレーションは100[km/h]で走っている状態から60[km/h]になるまで $-2[\text{m/s}^2]$ の加速度をかける.
- 車両を点で考え先頭車両を除いた10台で普及率を計算する.

車両追従アルゴリズム

i+1番目

位置： $x_{i+1}(t)$

速度： $\dot{x}_{i+1}(t)$

加速度： $\ddot{x}_{i+1}(t)$

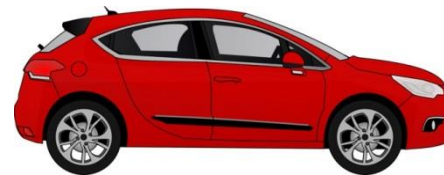


i番目

位置： $x_i(t)$

速度： $\dot{x}_i(t)$

加速度： $\ddot{x}_i(t)$



$$\ddot{x}_{i+1}(t+T_A) = k_1 \frac{\dot{x}_i(t) - \dot{x}_{i+1}(t)}{x_i(t) - x_{i+1}(t)} + k_2 \{\ddot{x}_i(t) - \ddot{x}_{i+1}(t)\} \dots (1)$$

$$\ddot{x}_{i+1}(t+T_H) = k_3 \frac{\dot{x}_i(t) - \dot{x}_{i+1}(t)}{x_i(t) - x_{i+1}(t)} \dots (2)$$

T_H : 反応遅れ [s]

k_3 : 反応感度

T_A : 機械遅れ [s]

k_1, k_2 : 制御ゲイン

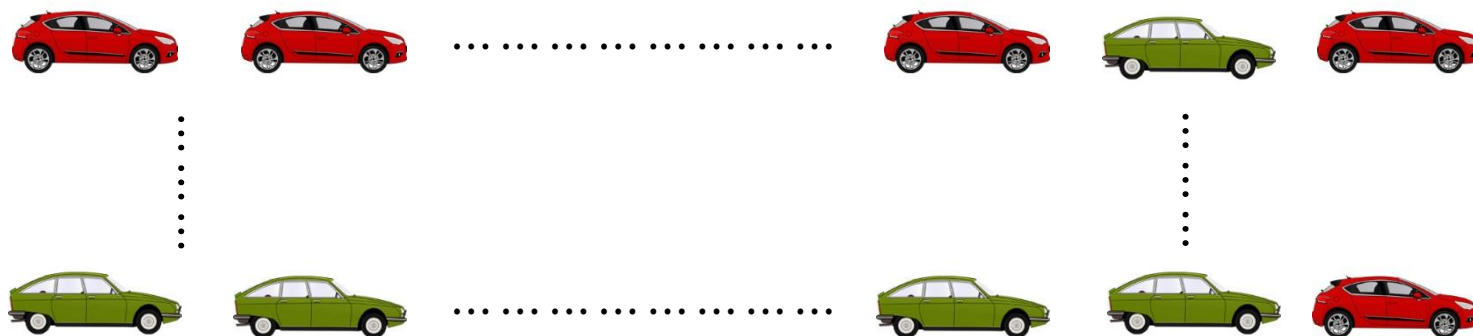
評価基準

- 「前方車両との速度変化を遅れなく」

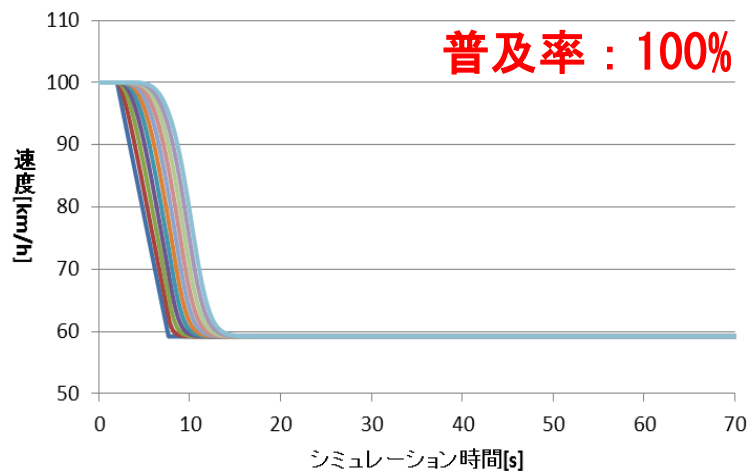
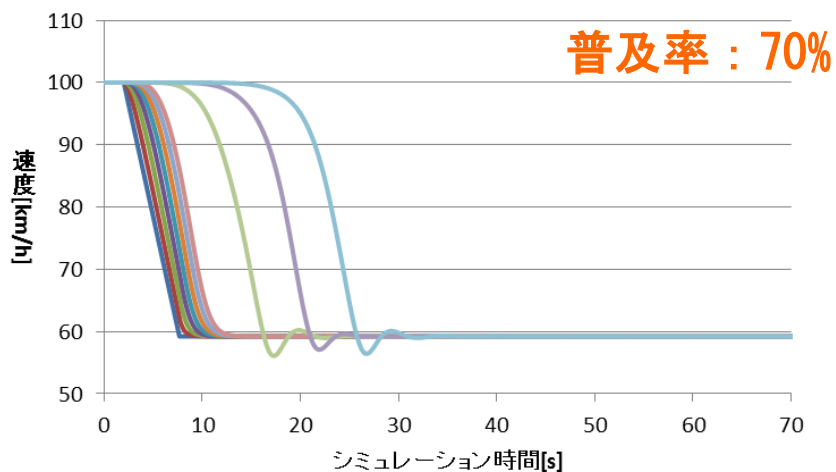
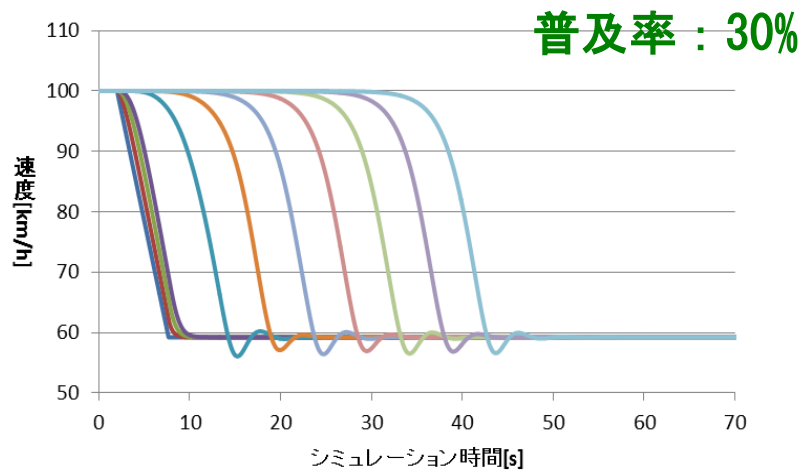
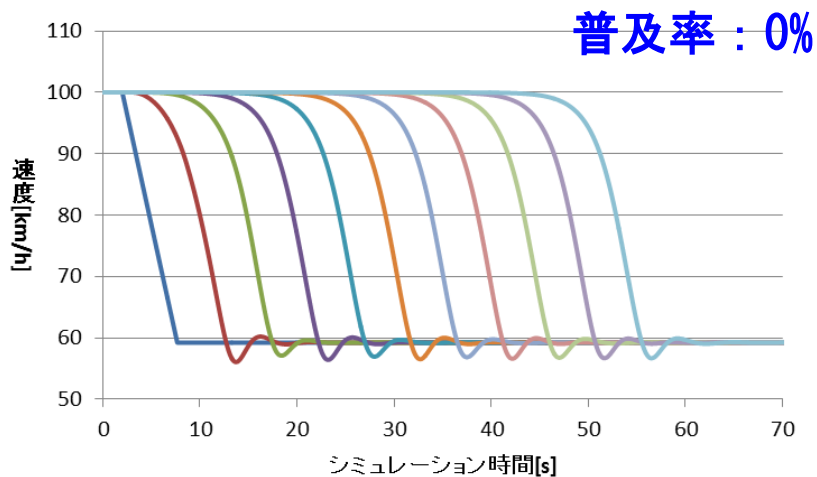
渋滞改善効果がある

普及率別の交通流に対する影響

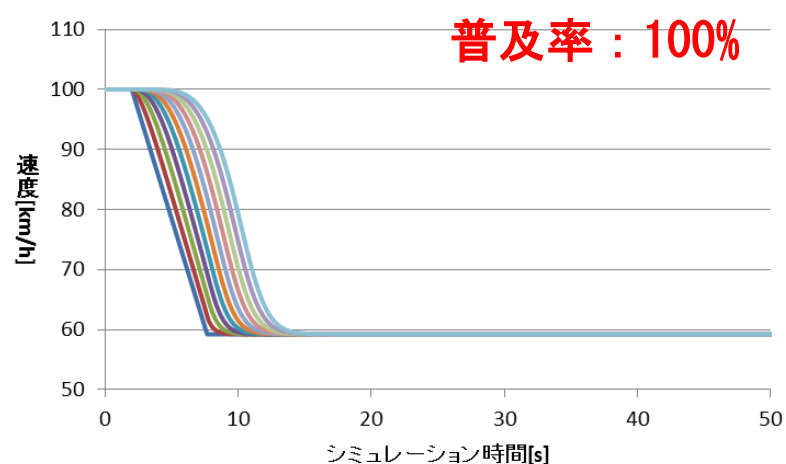
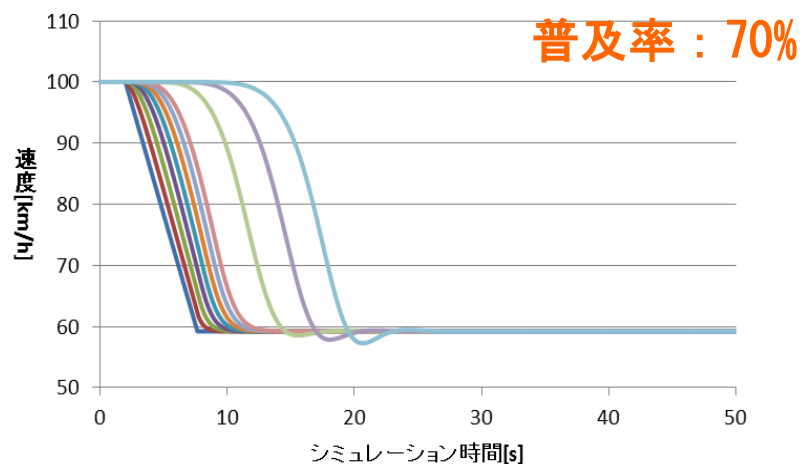
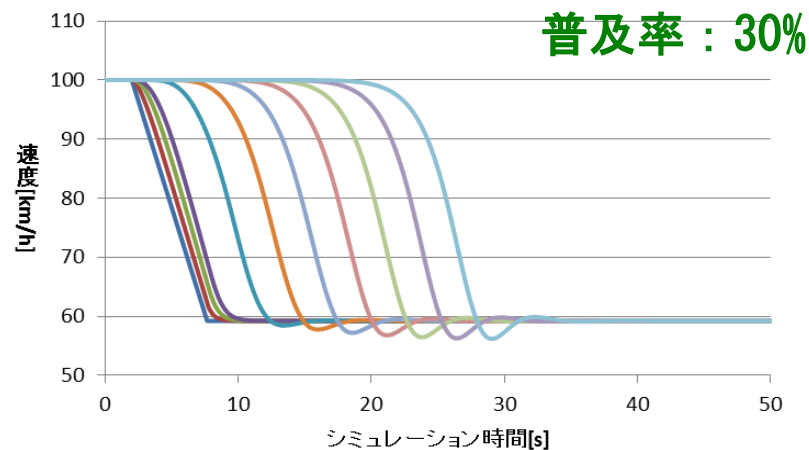
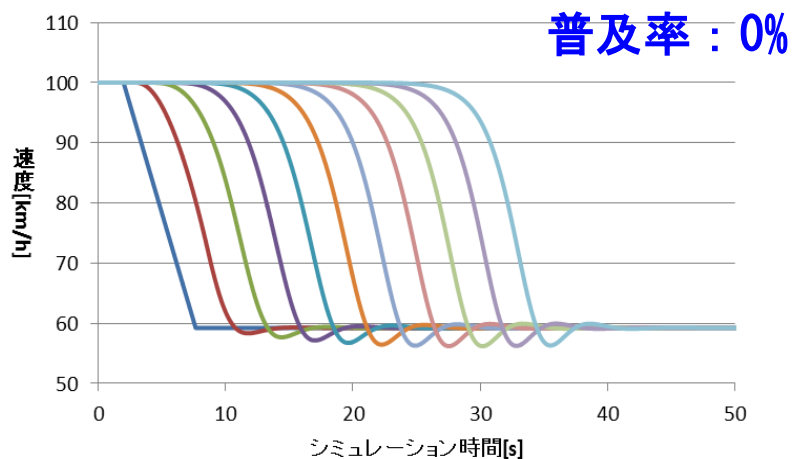
- 次に各 k の値を固定し，普及率を変えてシミュレーションをする.
- 2台目以降前から順にCACC搭載車を増やしていき普及率を計算する.
- 各車両の車間距離はCACC車群を15[m],人間車群を60[m]とする.



普及率別の各車両の速度変化

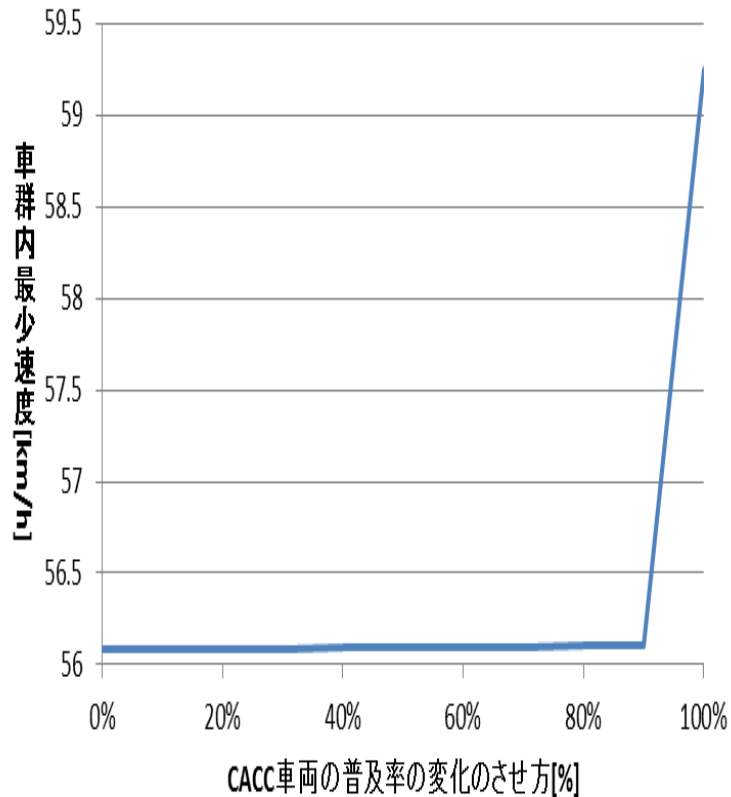


普及率別の各車両の速度変化

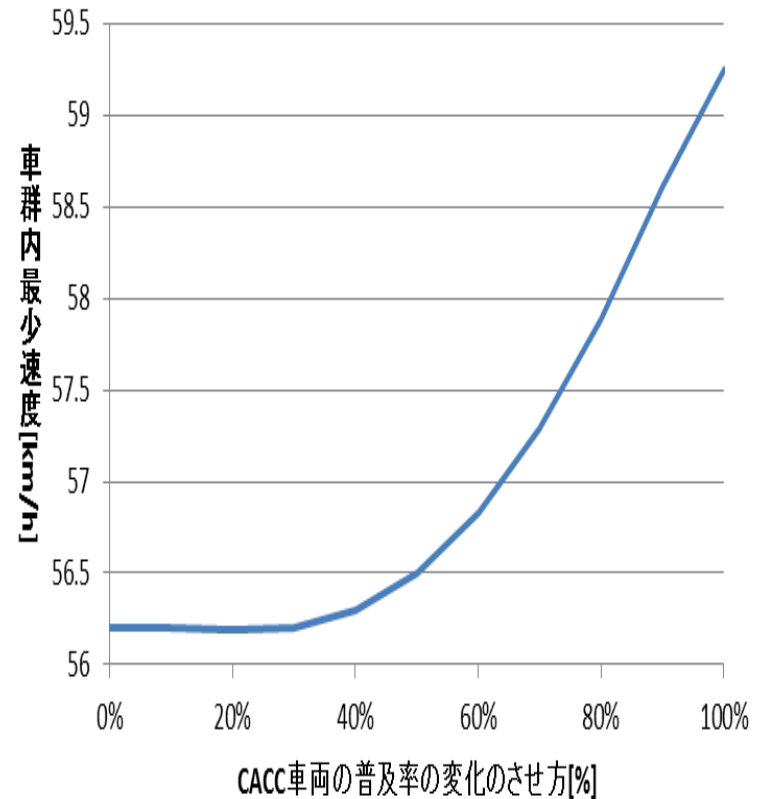


シミュレーション結果

$k_3=5$ の場合



$k_3=16$ の場合



普及率別の交通流に対する 影響のまとめ

- 初期車群長は普及率が0%と100%では後者の方が75%も短縮することができる.
- 車群内最小速度は普及率70%まではほとんど変わらないが, その後小さくなる.

まとめ&今後の課題

- CACCは道路容量増加効果，渋滞改善効果に優れている。
- CACCの効果を十分に発揮させるには普及率が80%以上の方がよい。
- CACCの車両をバラバラに車群の中に挿入した場合の挙動の確認
- 車間を一定に保つ新たな項を追加し，さらに精密な制御にする