

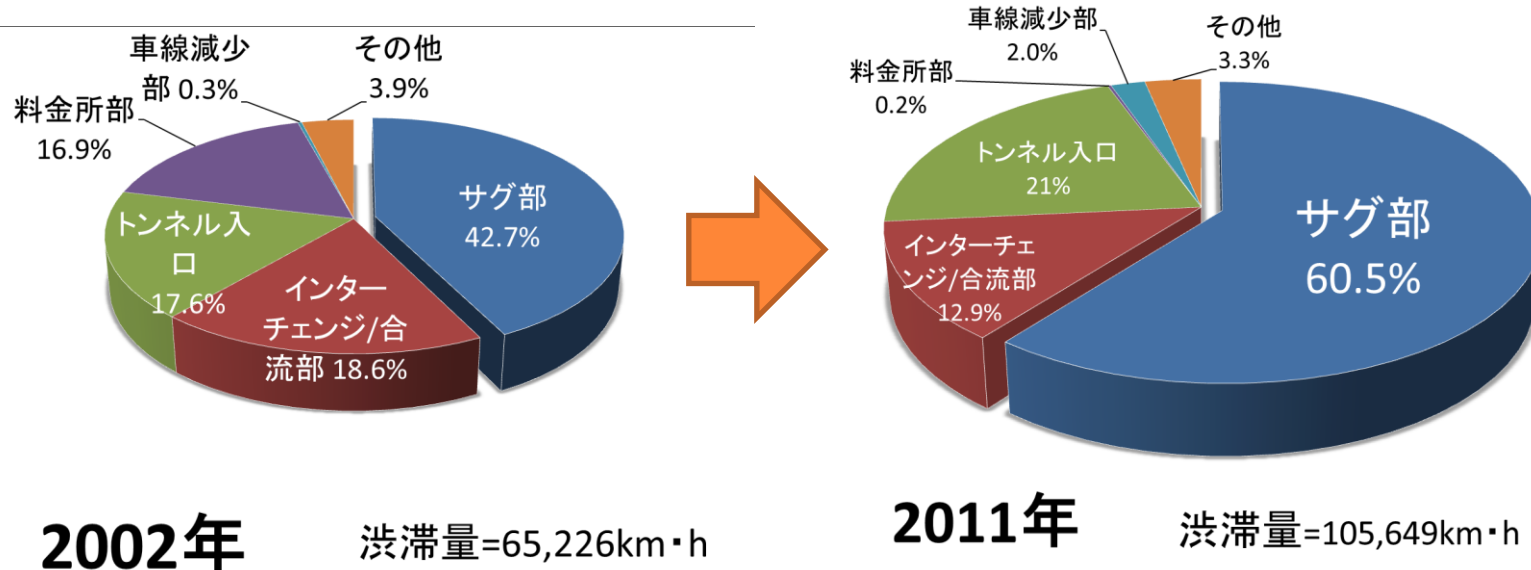


ACC/CACC技術を利用した渋滞改善 効果の提案

名城大学大学院 理工学研究科 情報工学専攻
今枝 勇太 旭 健作 川澄 未来子 渡邊 晃

研究の背景

- 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



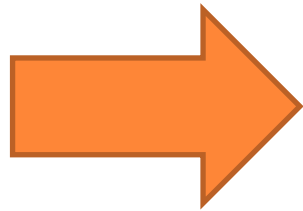
サグ渋滞

- 道路のV型地点を”サグ部”と呼ぶ
- 坂道での無意識な減速が後続車両に伝播することで発生



研究目的

- サグ渋滞などにより，前方車両の減速の影響により自然渋滞が発生する



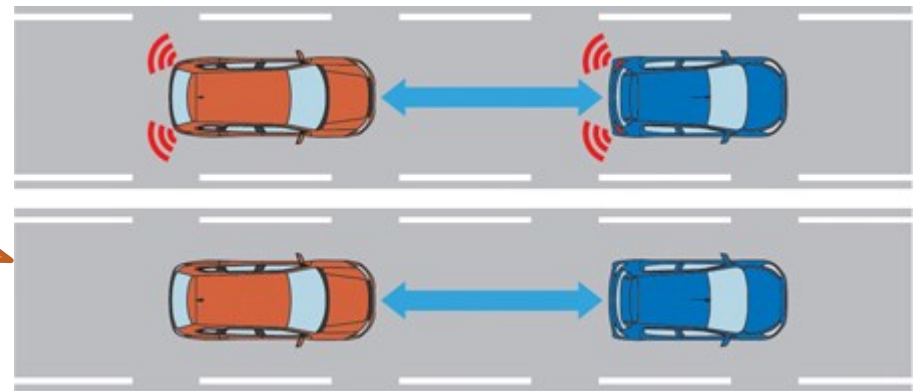
CACC技術を利用して渋滞を改善する

自車両の速度から適切な車間を維持する機能を追加したモデル式の提案

ACC

○ ACC: Adaptive Cruise Control (車間距離制御装置)

前方車両の挙動の変化を、レーダーなどを使って取得する



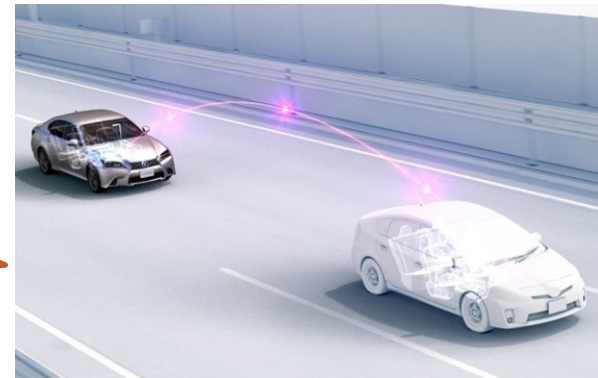
○ ACCの特徴

- 自車両の持っているセンサだけで自律制御することができる

CACC

○ CACC: Cooperative Adaptive Cruise Control (通信利用協調型車間距離制御装置)

前方車両の加速度を利用し、自車の加速度を制御する



○ CACCの特徴と利点

- ACCよりも精度の高い制御が可能
- 安全運転支援, 道路容量増加効果や空気抵抗の軽減による省エネルギー効果にも役立つ

従来の車両追従アルゴリズム

○ 人間の追従モデル

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

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: $\ddot{x}_i(t)$

○ ACCの追従モデル

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



○ CACCの追従モデル

$$\ddot{x}_{i+1}(t+T_A) = k_3 \frac{\dot{x}_i(t) - \dot{x}_{i+1}(t)}{x_i(t) - x_{i+1}(t)} + k_4 \frac{\ddot{x}_i(t) - \ddot{x}_{i+1}(t)}{x_i(t) - x_{i+1}(t)}$$

T_H : 反応遅れ[s] k_4 : 反応感度
 T_A : 機械遅れ[s] k_1, k_2, k_3 : 制御ゲイン

従来のモデル式の課題と 新たなモデル式の提案

- 従来のモデル式では車間距離を維持する機能が低い
- 減速により短くなった車間距離を適切な車間距離に調整することができない



- モデル式に適切な車間距離を維持する項を追加
- 目標となる車間距離と現在の車間距離の差を使い、フィードバック制御を行う

提案する車両追従アルゴリズム

○ 人間の追従モデル

$$\ddot{x}_{i+1}(t+T_H) = k_1 \frac{\dot{x}_i(t) - \dot{x}_{i+1}(t)}{x_i(t) - x_{i+1}(t)} + k_5 \left\{ 1 - \frac{1.2 \cdot \dot{x}_{i+1}(t)}{x_i(t) - x_{i+1}(t)} \right\}$$

○ ACCの追従モデル

$$\ddot{x}_{i+1}(t+T_H) = k_2 \frac{\dot{x}_i(t) - \dot{x}_{i+1}(t)}{x_i(t) - x_{i+1}(t)} + k_6 \left\{ 1 - \frac{1.2 \cdot \dot{x}_{i+1}(t)}{x_i(t) - x_{i+1}(t)} \right\}$$

○ CACCの追従モデル

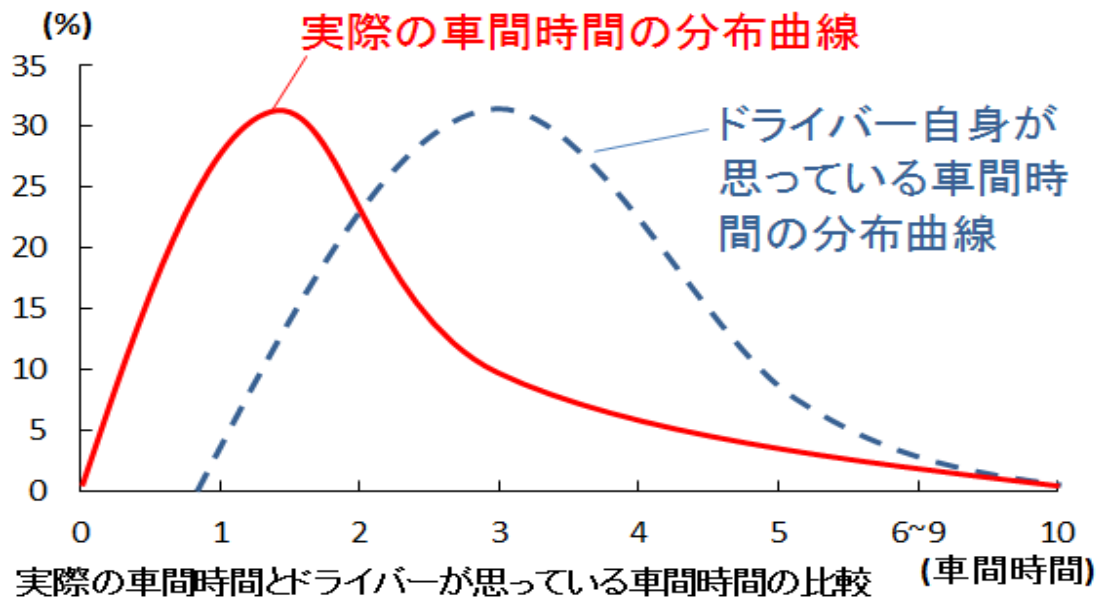
$$\ddot{x}_{i+1}(t+T_A) = k_3 \frac{\dot{x}_i(t) - \dot{x}_{i+1}(t)}{x_i(t) - x_{i+1}(t)} + k_4 \frac{\ddot{x}_i(t) - \ddot{x}_{i+1}(t)}{x_i(t) - x_{i+1}(t)} + k_7 \left\{ 1 - \frac{1.2 \cdot \dot{x}_{i+1}(t)}{x_i(t) - x_{i+1}(t)} \right\}$$

赤字:適切な車間距離を維持する項

T_H : 反応遅れ[s] k_4, k_7 : 反応感度
 T_A : 機械遅れ[s] k_1, k_2, k_3, k_4, k_5 : 制御ゲイン

高速道路上での車間距離

- 車間時間が1.2秒前後の人が最も多い
- 90 [km/h] で走行している場合，車間距離は30 [m] に相当する



T_H (反応遅れ) と T_A (機械遅れ) の決定

- 反応遅れは人間が前方車両の挙動を知覚してから加速度(ブレーキやアクセル)に反映されるまでの時間
- 機械遅れは機械が前方車両の挙動をレーダーなどで察知してから加速度に反映されるまでの時間
- 今回 T_H は1.0秒, T_A は0.1秒とする



事前シミュレーションによる 各制御ゲインの決定

- 事前シミュレーションにより，今回のシミュレーションに使う各モデル式の k の値を決めておく
- CACCの制御ゲイン，ACCの制御ゲイン，人間の反応感度はそれぞれ取りうる範囲の平均値を採用する
- 結果として今回各 k の値を
 $k_1=10.0, k_2=15.0, k_3=14.0, k_4=2.0, k_5=0.1, k_6=17.0, k_7=21.0$ と決定する

普及率を考慮したシミュレーション環境

- 車両を点で考え，車群を100台で形成する
- CACC搭載車両を10台ずつ増加させていき，10%毎の普及率を計算する
- CACC搭載車両を挿入する箇所はランダムとする



前方車両がCACC車両でない場合の CACC車両の挙動について

- CACCは前方車両がCACCの機能を搭載していないと使用できない
- 前方車両がCACC搭載車両でない場合はACCとして機能する

ACCの挙動
を示す



前方車両がCACC
搭載車両ではない

CACCの挙動
を示す



前方車両がCACC
搭載車両である

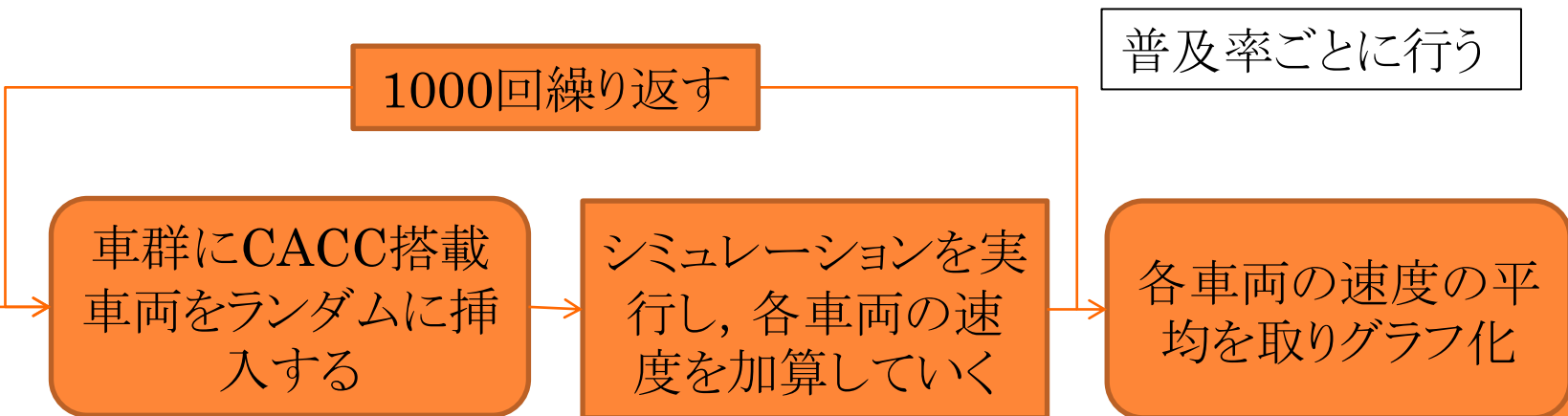
シミュレーションの環境

- 車両台数を100台，車間距離を30[m]とし，先頭車両が90[km/h]での走行状態から加速度 $-0.8[\text{m/s}^2]$ で80[km/h]まで減速する
- 加速度が無意味に大きくならないように $\pm 3.0[\text{m/s}^2]$ を超えた場合はシミュレーションを停止する

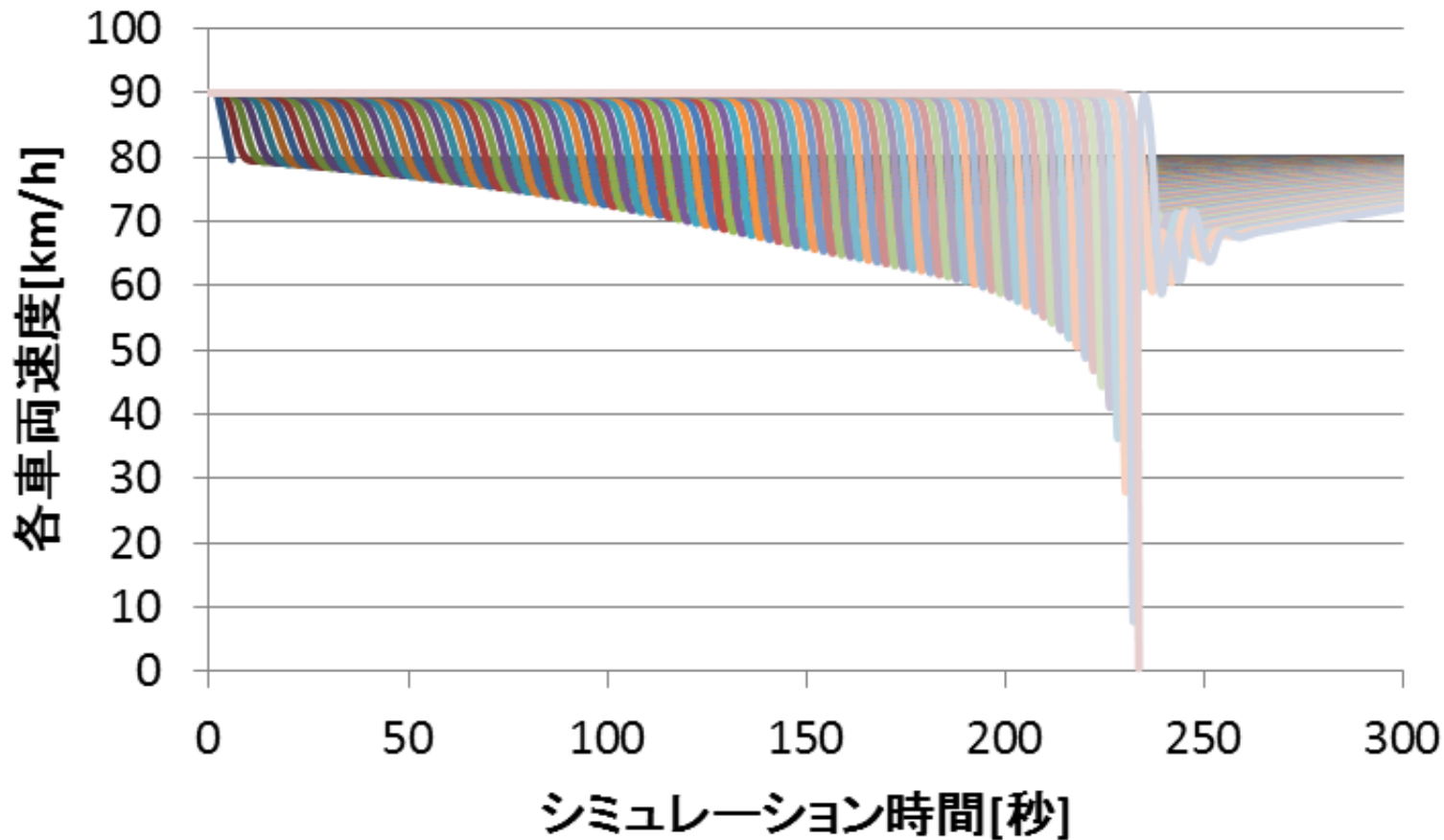


普及率別のシミュレーション

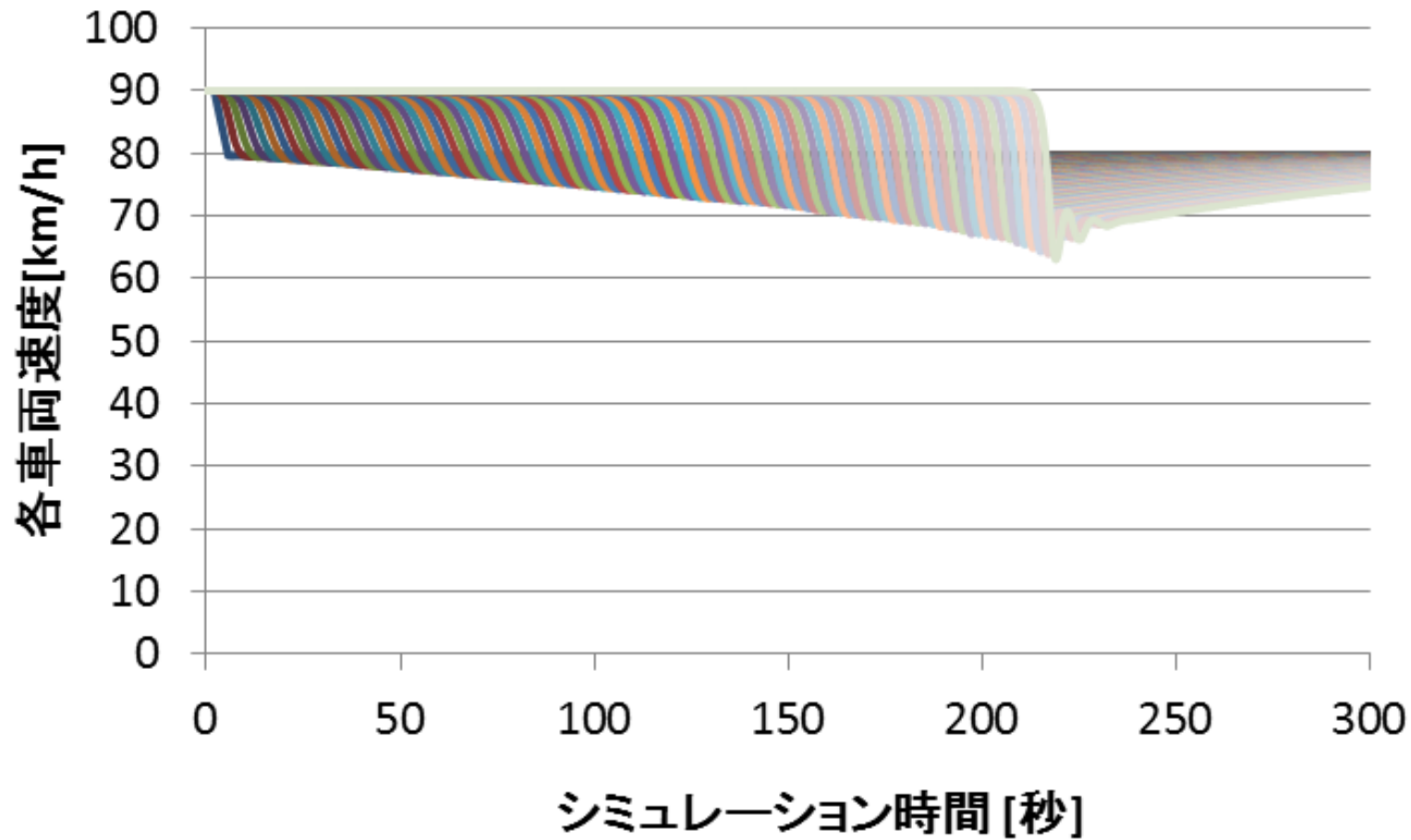
- 普及率別でランダムにCACC搭載車両を車群に挿入し，シミュレーションを1000回行う
- 車群の各車両の速度を平均したものをその普及率での結果とする



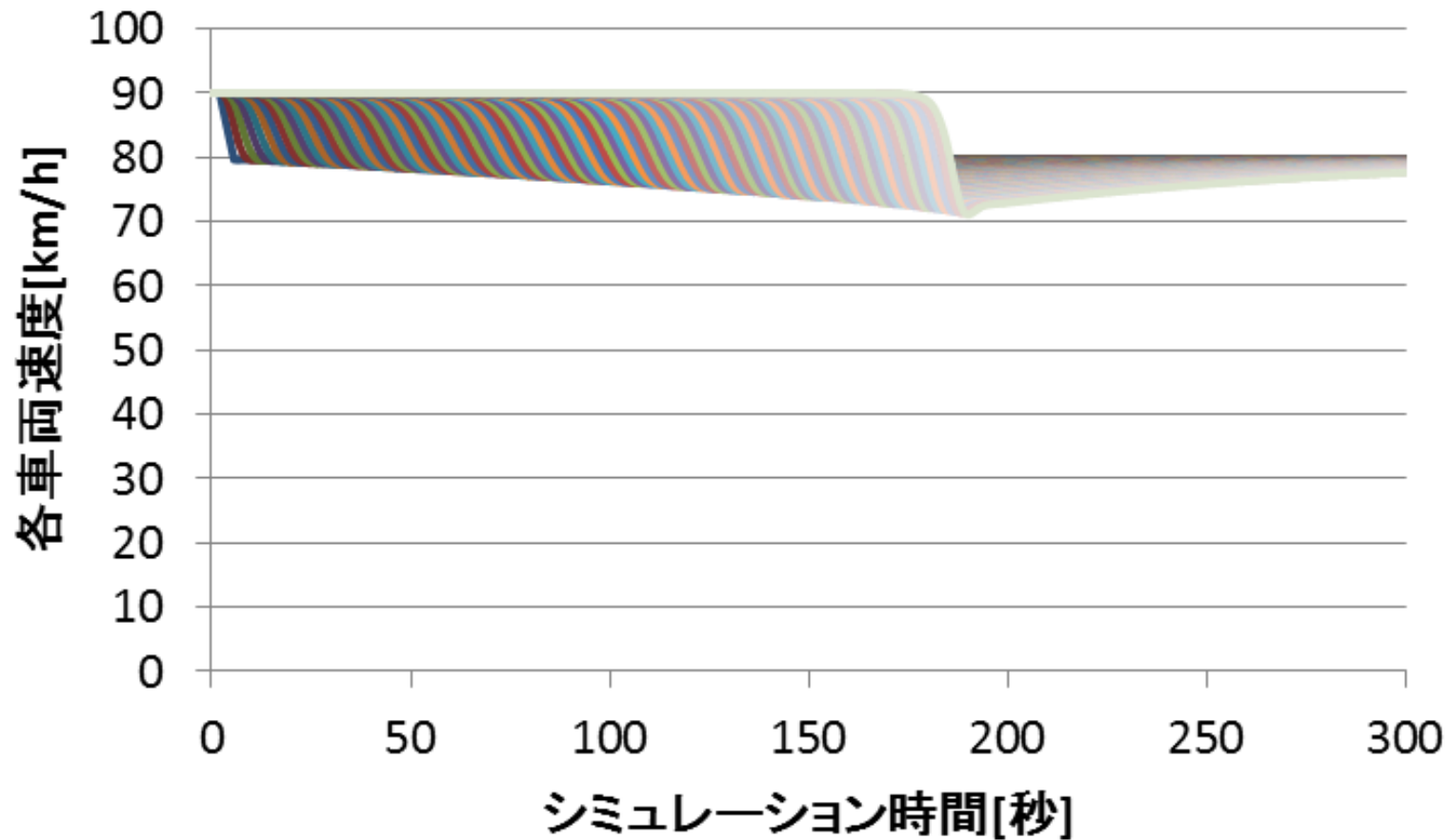
人間のみ (CACC搭載車両の普及率が0%) の場合の各車両の速度変化



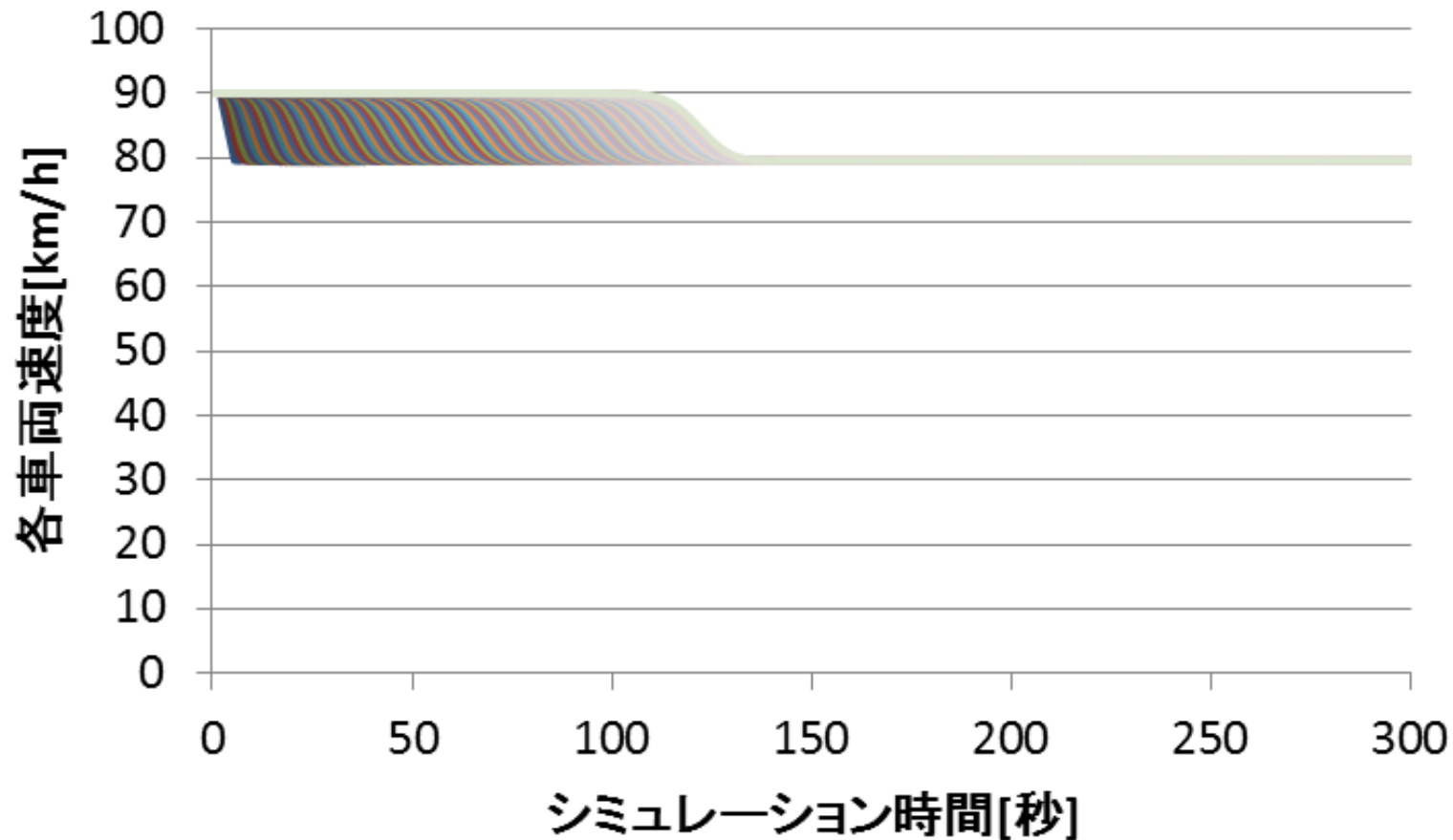
CACC搭載車両が車群中に20台(普及率20%)の場合の各車両の速度変化



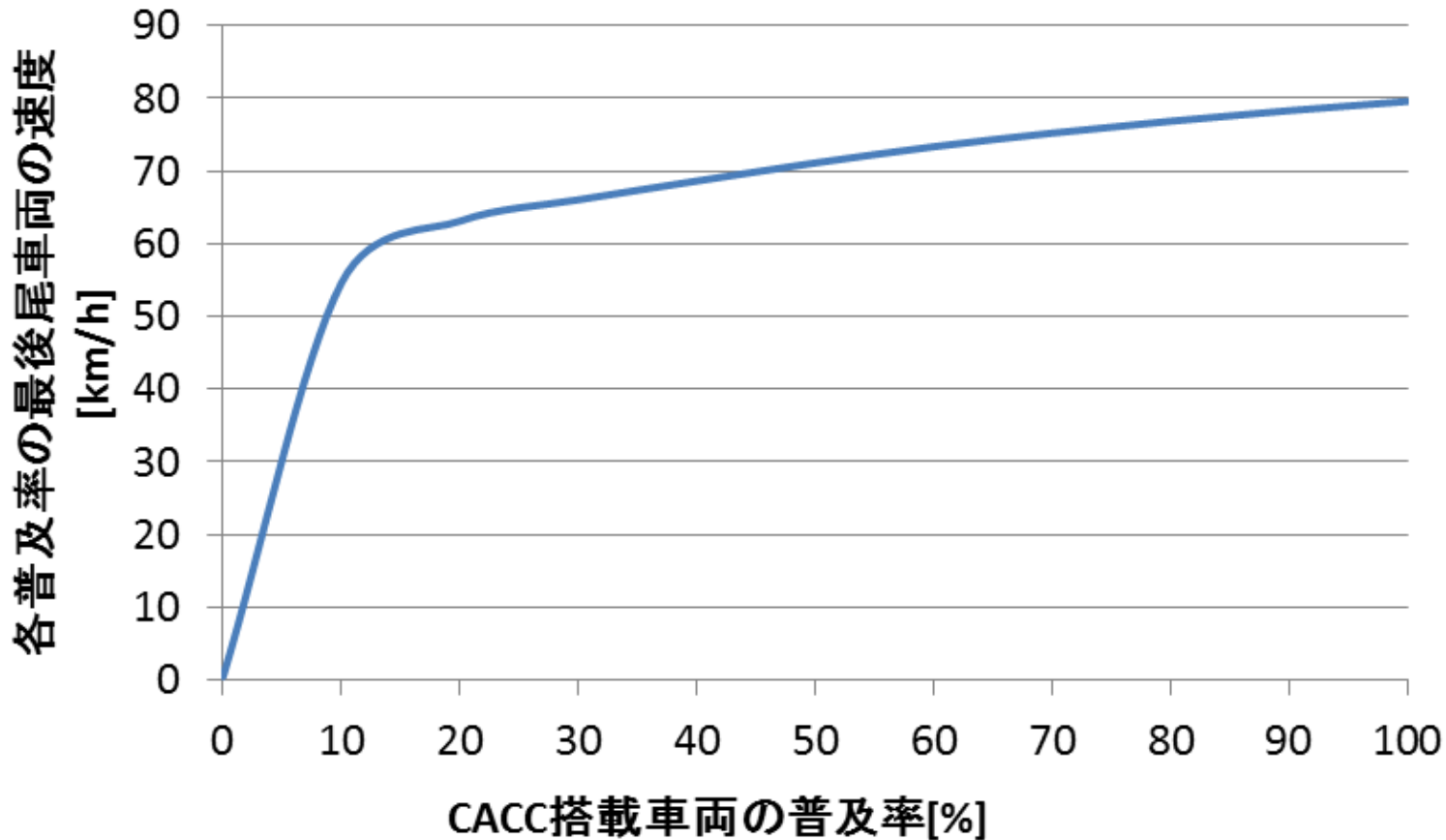
CACC搭載車両が車群中に50台(普及率50%)の場合の各車両の速度変化



CACC搭載車両が車群中に100台(普及率100%)の場合の各車両の速度変化



CACC搭載車両の普及率別の車群内 最小速度のグラフ



まとめと今後の課題

まとめ

- 車間距離を維持する機能を持ったCACCはサグ渋滞を改善できる可能性がある
- CACC搭載車両の普及率が20%あるだけでも大きな効果が期待できる

課題

- 距離を測定するセンサの誤差を考慮したシミュレーション
- 通信エラーを考慮したシミュレーション