

コンピュータシミュレーションによる追突回避のための 車々間通信の有効性評価

大澤孝直[†] 井手口哲夫[†] 田学軍[†] 奥田隆史[†]

[†]愛知県立大学 情報科学部

1. はじめに

自動車社会が抱える問題の一つとして、交通事故の発生件数が挙げられる。平成 22 年度の交通事故発生件数は、724,889 件であり、交通事故死者数は年度別にみると減少傾向にある^[1]。しかし、依然として交通事故の発生件数は少ないとは言えない。

また近年、様々な安全運転支援システムが提案され、研究・開発だけでなく、標準化や実用化も急速に進められている。その一例として、車載センサ等で前方の障害物を検知し、自動的にブレーキをかけることで衝突を回避するシステムが実用化されている。しかし、このようなシステムの場合、前方の車両の動向のみ感知可能であり、即座に遠方の車両の急ブレーキを感知することができない。

そこで本稿では、車々間通信を利用して後続車両に対し急ブレーキ情報を通知することにより、玉突き事故に代表される交通事故のより迅速な回避、交通事故の発生件数の低下、交通事故における被害の最小化を目的とした安全運転支援システムの有効性の検討を行う。また、このような安全運転支援システムにおいて、車々間通信機能を持つ車両と持たない車両が混在する場合についても検討する。

2. 急ブレーキ警告システム概要

車々間通信は高速な無線通信を活用することで車両の情報交換を実現している。通常、ドライバは制動灯を用いて減速行動あるいは停止行動を後続車両のドライバに通知する。しかし、これは視覚的な方法であり、直後にいるドライバにしか認識できない。このため、突然のブレーキ動作により玉突き事故のような交通事故が引き起こされやすい。そこで、次のようなシステムを考える。

- ① ある車両が危険を察知して急ブレーキを踏む
- ② 車々間通信で後続車両に急ブレーキ情報を発信
- ③ 後続車両のドライバに対し車載機器を通して音声警告などの警告メッセージを通知する

このような安全運転支援システムを本稿では急ブレーキ警告システムと呼ぶことにする。

この急ブレーキ警告システムの場合、次の 3 種類の方式が挙げられる。

- A) 後続車両のドライバへの警告
- B) ドライバへの警告とより危険な状況になった場合の自動運転制御
- C) ドライバへの警告とともに自動運転制御

本稿では、A) 続車両のドライバへの警告 に関して車々間通信の有効性を検討する。

Proposal of Inter-Vehicle-Communications System for Collision Avoidance and Its Evaluations on Computer Simulation.
Takanao Osawa[†], Tetsuo Ideguchi[†], Xuejun Tian and Takasih Okuda[†]

[†] School of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

3. システムモデル

ある車両が急ブレーキをかける場合に後続車両が危険を判断する方法として、次の 3 つを比較する。

- ① 制動灯を目視して危険を判断する場合
- ② 車々間通信により警告を通知する場合
- ③ 車々間通信機能を持つ車両と持たない車両が混在する場合

4. ドライバモデル

本稿ではドライバモデルとして、最適速度モデル (Optimal Velocity Model)^[2]を使用する。最適速度モデルは、交通流の自然渋滞形成を再現する強力なモデルとして知られており、道路上を走行する車両について、車間距離を参照して車両の加速度を運動方程式で記述するモデルである。一般に加速度、最適速度関数は次のように表される。

$$\frac{d^2 x_i}{dt^2} = a \left\{ V(\Delta x_i) - \frac{dx_i}{dt} \right\}$$

$$V(\Delta x_i) = \tanh(\Delta x_i - x_c) + \tanh(x_c)$$

ここで、 $V(\Delta x_i)$ は最適速度 (関数)、 $x_i(t)$ は時間 t における車両の位置、 Δx_i は時間 t における車両 i の車間距離、 a は車速の変化の機敏さを反映するパラメータである。

なお、本研究では最適速度関数として次の式を使用する。

$$V(\Delta x_i) = 3(\tanh(\Delta x_i - x_c) + \tanh(x_c)) + (v_b - 3)$$

x_c は安全車間距離であり、 v_b は基本車両速度である。この関数は車間距離 Δx_i が限りなく大きくなった場合に基本車両速度+3 に達し、車間距離 Δx_i が限りなく小さくなった場合に基本車両速度-3 となるような関数である。図 1 は上記の最適速度関数 ($\Delta x_i = x$, $x_c = 20$, $v_b = 60$) の概形である。

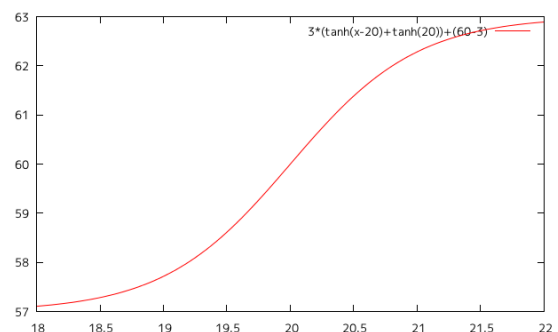


図 1 : 最適速度関数の概形

5. シミュレーション

5.1 シミュレーションモデル

急ブレーキ警告システムを考える場合に、このようなシステムの有効性は容易に想像されるところではあるが、どれくらいの効果があるのか十分明らかになっていない。そこでより詳細な評価のため、マルチエージェントシミュレータ Artisoc^[3]を用い、目視による認識方法と車々間通信による警告方法の比較評価を行う。また、車々間通信機能を持つ車両と持たない車両が混在する場合の比較評価も行う。

5.2 シミュレーション条件

追従走行モデルは最適速度モデルを利用し、車々間通信は、理想的な通信が確保されると仮定する。先頭車両の速度は最適速度モデルを適応できないため、先頭車両のみ正規分布に従い基本車両速度を決定する。表1にシミュレーション条件を示す。

表1：シミュレーション条件

道路	片側1車線直線道路
通信範囲	送信機から 100m
車両サイズ	5m
車両台数	10 台
基本車両速度	V km/h
車間距離	D m
反応時間	1.0 s ^[4]
伝送遅延	0.1 s ^[5]
急ブレーキ時の減速度	0.6G (G:重力加速度)
パラメータ感度 a	a=1.5

5.3 シミュレーション結果

(1) 目視の場合

制動灯を目視して危険を判断する場合のシミュレーション結果を図2に示す。なお、基本車両速度を10km/hから100km/hに対して、車間距離を10m, 15m, 20m, 25m, 30mとし、各速度、車間距離に対して10回シミュレーションを行った場合の事故車両率を求める。ここでの、事故車両率は次のように定義する。

$$\text{事故車両率} = \text{事故車両台数} / \text{車両台数}$$

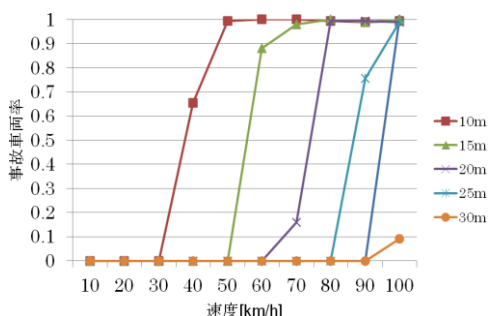


図2：目視の場合のシミュレーション結果

(2) 車々間通信の場合

車々間通信により警告を通知する場合のシミュレーション結果を図3に示す。車々間通信の場合も目視の場合と同様に基本車両速度を10km/hから100km/hに対して、車間距離を10m, 15m, 20m, 25m, 30mとし、各速度、車間距離に対して10回シミュレーションを行った場合の事故車両率を求める。

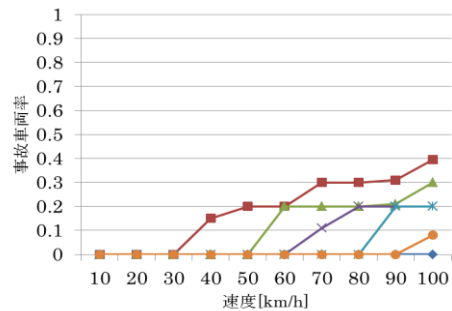


図3：車々間通信の場合のシミュレーション結果

(1) 目視の場合と(2)車々間通信の場合を比較すると、目視の場合に比べて車々間通信を利用したほうが最大約8割の事故防止効果が期待できる。

(3) 混在する場合

車々間通信機能を持つ車両と持たない車両が混在する場合のシミュレーション結果を図4に示す。図4は基本車両速度60km/hとし、普及率を10%~100%まで変化させた場合の事故車両率を求める。(各普及率、車間距離に対して50回シミュレーション) この結果から普及率10~40%まではあまり効果が期待できないが、40~60%を超えると効果が期待できることがわかる。

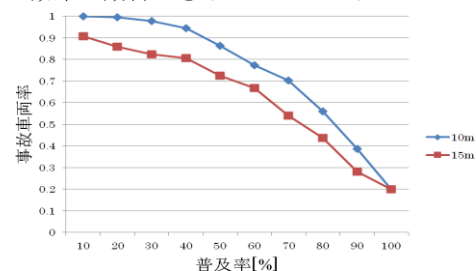


図4：混在する場合のシミュレーション結果

6. まとめと今後の課題

本稿では急ブレーキ警告システムの有効性を3つのケースに分類し、目視の場合と車々間通信の場合の事故車両率の比較を行った。また、車々間通信機能を持つ車両と持たない車両が混在する場合に、普及率別の事故車両率を求めた。今後の課題として、より複雑な道路状況でのシミュレーション、急ブレーキ警告システムにおける警告範囲などが挙げられる。

謝辞

本研究の一部は、平成23年度文部科学省科学研究費補助金基盤研究(B)(20300030)の支援を受けて行った。

参考文献

- [1] 交通事故発生状況(警視庁):「<http://www.npa.go.jp/toukei/koutu48/toukei/>」
- [2] Bando, M., Hasebe, K., Nakayama, A., Shibata, A., Sugiyama, Y.: Dynamic model of traffic congestion and numerical simulation, Phys. Rev. E51, 1035-1042, 1995
- [3] Artisoc2.6 Mas コミュニティ:「http://mas.kke.co.jp/modules/tin_yd0/index.php?id=8」
- [4] 自動車安全運転センター: 運転行動計測器を活用した安全運転育成功能に関する研究調査(Ⅱ), 2003. 3.
- [5] 野本和則 浜口雅春 低炭素社会の実現に向けた車々間通信システムの取り組み, OKI テクニカルレビュー, 第214号, Vol. 76, No. 1, 2009. 4.
- [6] 大澤孝直, 井手口哲夫, 奥田隆史, 田学軍: 急ブレーキ警告システムにおける車々間通信の有効性の検討, 電気関係学会東海支部連合大会, F-36, 三重大学, 2011. 9