

緊急車両走行支援のための車車間通信による信号機制御法

太田 集[†]能登 正人[†]

神奈川県工学部電子情報フロンティア学科[‡]

1 はじめに

緊急車両は急病人やけが人を迅速に運ぶことはもちろん、安全性の高さも必要になる。緊急車両は信号機が赤であっても、直交する道路の交通がない、もしくは車両の停止が確認できれば通過可能となる。しかし、サイレン音が一般車両内でのオーディオ音などに遮られることで緊急車両の察知が遅れ、衝突してしまう事例がいくつも存在する。こういった事故を防ぐべく、2000年代初期より交差点での衝突事故緊急車両支援情報通信システムとしてFAST (Fast Emergency Vehicle Preemption System) が一部の地域で運用されている。FASTでは、緊急車両の経路誘導を行い、その経路上の信号機において優先制御を行う。直交する道路にとっては赤信号となるため、サイレン音の感知の有無に関係なく、車両を停止させることができる。これにより交差点進入時の減速が少なく済むため、搬送時間短縮にも有効的である。しかしながら、FASTのような緊急車両の運行を支援するシステムを必要とする交差点は多いにも関わらず、高コストであるため全交差点数からすると普及が進んでいるとは言いがたい。よって、より簡略かつ低コストで整備を進められるシステムが必要とされている。

本研究では交通管制センターとの通信を省略した通信手段として、車車間通信によるIVC (Inter-Vehicle Communication) 信号機制御法を提案し、シミュレーション実験により本提案手法の有効性を確認する。

2 FASTのシステム構成と問題点

FASTはITCS (Integrated Traffic Control System) を中心とした8つのサブシステムの一つで、緊急車両が安全に運行できることを目的としている。FASTを構成する機器は、以下の4つである。

- 車載装置
- 光ビーコン
- 交通管制センター
- 信号機

緊急車両から信号機へと通信を行う際、FASTでは光ビーコンなどを用いて中央管制センターを仲介して通信する。つまり、FASTを構築する上で、上記の4つの機器とネットワーク環境が必要となり、この点が普及が進んでない原因の1つと考えられる。

Traffic Light Control Method by Inter-vehicle Communications to Support the Traveling of Emergency Vehicles

[†]Shu Ohta and Masato Noto

[‡]Department of Electronics and Informatics Frontiers, Kanagawa University

3 提案手法

提案手法であるIVC信号機制御法では、緊急車両から発信される情報をIVCを用いて周囲の車両を経由し、信号機まで送信する。信号機はその情報を基に、緊急車両の走行する道路側の信号を赤ならば青に、青ならば青を延長するように制御をする。

3.1 シミュレーション実験および評価方法

IVC信号機制御法の有効性を確認するために交通シミュレーション実験を行う。今回の実験で使用する道路モデルや車両モデル及びパラメータは関連研究[1]を参考にする。

3.1.1 交通流シミュレーション

交通流シミュレーションとは車両の動作を模擬し、仮想条件を加えることで、車両または全体の流れがどのように変わるのか実験を行うことでありマクロ型とミクロ型の2つに分類される。

マクロ型とは車両全体の流れの変化を再現するもので、主に広域でのシミュレーションに使用されるタイプである。使用例として、交通量の予測や都市内排出ガス推計などがある。

それに対してミクロ型とは、道路上の車両1台1台の挙動を模擬するもので、主に狭域でのシミュレーションに使用されるタイプである。使用例として、前方車両動作による影響の推定や通信機能実装による効果の推定などがある。

本実験では通信機能実装による効果の推定を行うため、C言語を用いて作成したミクロ交通流シミュレータを使用する。

3.1.2 道路モデル

道幅5.0m、道路長500mの片道一車線の直線とその先に十字交差点がある道路を想定する。交差点の信号機が通信を受けるために必要な受信機は交差点手前10mの位置に設置されているとする。受信条件は受信機から100m以内に通信機を搭載した車両がいることとし、通信機を搭載してない車両しかない場合は受信不可能とする。

3.1.3 車両パラメータ

ドライバーが走行を行う際に希望する最高速度を希望速度とする。一般車両は30~40, 40~50, 50~60km/hの範囲内で整数速度をランダムで設定する。緊急車両は80km/hとする。走行形態は自由走行と追従走行の2つを用意する。まず自由走行とは各車両に設定された希望速度となるような走行である。走行速度が希望速度より低い場合には加速し、高い場合には減速を行う。また追従走行とは、前方の車両との車間距離、相対速度によって必要に応じ減速を行う走行形態である。加速する場合は+1.25G、減速する場合は-1.25Gの加

速度で十分余裕をもって速度変更を行う。一般車両及び緊急車両の車両サイズについて表1に示す。

表 1: 車両サイズ

	車長 [m]	車幅 [m]
一般車両	4.5	1.5
緊急車両	6.0	2.0

一般車両の位置の初期設定については、交差点から400m 範囲に均等に配置するものとする。

3.1.4 通信機器

シミュレーション中で IEEE802.11b の無線 LAN を再現する。伝搬範囲は見通し 100m とする。通信は理想的に行われるとし、受信してから送信するまでのタイムラグは 1 秒とする。車載位置は車両先頭から 1m 後方部分とする。

3.1.5 評価方法

混雑度を 400m 当りに配置する一般車両数を 6, 10, 14, 18 の 4 段階で変化させ、一般車両の通信機器搭載率と緊急車両の青信号での交差点通過成功率でグラフを描く。この結果より、IVC 信号機制御法が有効な交通量と通信機器搭載率について考察する。

3.2 結果及び考察

シミュレーション結果を図1～図3に示す。なお、縦軸は成功率 (success rate), 横軸は通信機器搭載率 (On-Board Equipment rate: OBE rate) である。

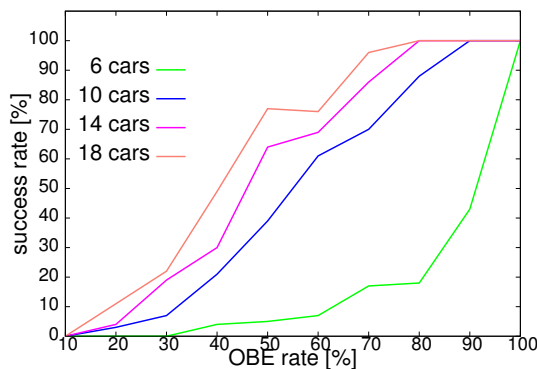


図 1: 希望速度 30~40[km/h] での成功率グラフ

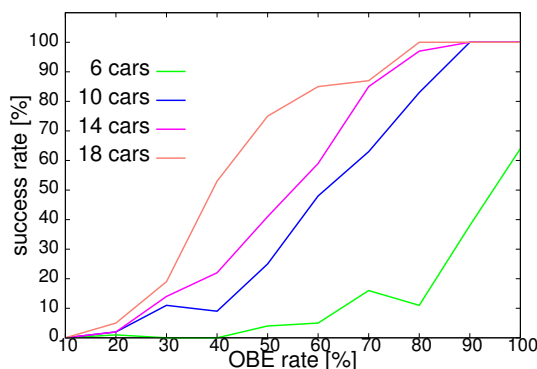


図 2: 希望速度 40~50[km/h] での成功率グラフ

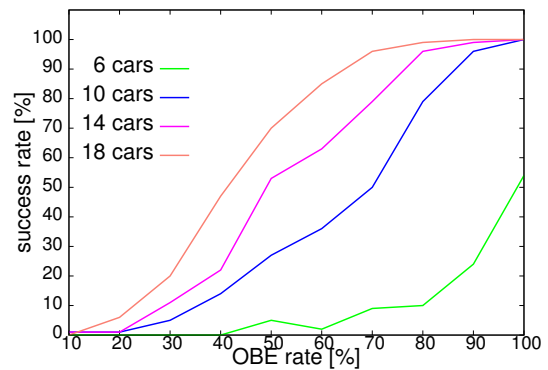


図 3: 希望速度 50~60[km/h] での成功率グラフ

図 1, 図 2 のグラフより, 10 cars~18 cars の交通量において通信機器搭載率が 90% 以上であれば, 成功率は 100% になることがわかる。図 3 のグラフでは 14 cars~18 cars の交通量において通信機器搭載率が 90% 以上であれば, 成功率は 100% になり, 10 cars の交通量において通信機器搭載率が 90% 以上であれば, 成功率は 95% 以上になることがわかる。

以上より, 10 cars~18 cars の交通量において, 緊急車両が 95% 以上の確率で交差点を青信号で通過することができるようになるためには, 一般車両の通信機器搭載率が 90% 以上必要であることがわかる。

また, 6 cars の交通量において, 成功率が通信機器搭載率 100% でも十分な数値を得ることができていないことから, 交通量が極端に少ない場合には有効性が薄いことがわかる。

よって今回の道路モデルにおいては, 400m 当り 10 台以上の交通量であれば, 提案手法である IVC 信号機制御法の効果が期待できるという結論になった。

4 おわりに

本研究では小規模な交差点とその周辺の道路をモデルに, FAST よりも整備コストの少ない車車間通信を利用した IVC 信号機制御法を提案し, シミュレーション実験を行った。今回の実験における失敗は青信号への切り替わりが間に合わなかったことを示すため, 緊急車両が赤または黄の灯火中に交差点に進入したことになる。今後の課題として, 緊急車両が交差点に進入する前に, 信号機による優先制御が間に合うかを把握する方法を組み込み, 緊急車両のドライバーがより信頼できるシステムを構築する。またシミュレータについては, 車両の挙動, 通信機器による伝搬距離の差と通信中の損失, ドライバーのテクニックの個人差などのパラメータや計算式の追加を行う。さらに実在する交差点のモデル化, 優先制御中の信号機の現示時間の調整アルゴリズムも組み込み, より現実性の高い実験結果を求める予定である。

参考文献

- [1] 佐藤拓哉, 永長知孝: 緊急車両運行支援システムにおける車車間通信の効果に関する検討, 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2009-7, Vol. 109, No. 58, pp. 37-42 (2009).