

交通シミュレーションを活用した緊急車両優先制御方式の検討*

A Study on Vehicle Priority Signal Control System by using Micro Simulation Model*

石坂 哲宏**・福田 敦***

By Tetsuhiro ISHIZAKA**・Atsushi FUKUDA***

1. はじめに

光ビーコンを活用して緊急車両に優先的に青信号を与える緊急搬送支援システム（M-MOCS）の導入が近年進められているが、光ビーコンの適した設置位置や道路・交通条件によっては、新たな優先制御方式のあり方などを検討することで今後より一層の効果が期待できると考えられる。そこで、本研究では今まであまり取り扱われてこなかった緊急車両が対象で、且つ、様々な要因を複合的に評価できるモデルをマイクロ交通シミュレーション上に構築し、制御方式等の検討をすることを目的とする。特に、本研究では緊急車両の特異な走行挙動（先行車両、対向車両を停止させて追い抜き、赤信号を減速しながら交差点通過）を、プローブ機器を取り付けて得られたデータをを用いて交通シミュレーションモデルの構築を行った。

2. 緊急搬送の現状とM-MOCSの導入

(1) 緊急搬送の現状

現在救急車両が通報を受けてから患者を医療機関に搬送するまでの所要時間は、平成5年に全国平均で23.1分であったが、年々増加し、平成16年には30分にまでなっている。また、搬送件数自体も平成16年には500万件を超え、年5%程度の割合で増加している¹⁾。このように緊急搬送を取り巻く状況は悪化している。一方、救急車両による搬送時間の短縮は、生存率の向上が大きく図られることが期待でき、搬送時の高度医療の実現と共に重要な課題である。しかしながら救急車両の走行には安全性の確保が不可欠であり、安易に走行速度を上げるようなことは難しい。特に、赤現示の交差

点を通過する場合などには、例え優先権があっても交通事故が発生する可能性が高く、十分な減速が必要である。また渋滞時や道路幅員が狭い場合にも減速が必要であり、搬送時間を短縮することは大変難しい。

(2) M-MOCSの導入

交差点において救急車両に優先的に青現示を与え安全かつスムーズに通過させ搬送時間の短縮を図ろうとする信号制御方式が検討され、平成16年3月24日から千葉県警が千葉県印西・佐倉市地域ではじめて導入した。

この方式は、救急搬送支援システム（Medical Mobile Operation and Signal Control System、以下M-MOCS）と呼ばれており、バス事業、貨物輸送事業、清掃事業などの事業者が、自社車両の運行管理を適切に行えるように支援するシステムであるMOCSと信号機の優先制御を行うシステムであるFASTを救急車両に応用したものである。

印西・佐倉市地域の場合、印旛村の日本医科大学付属千葉北総病院と提携し、周辺の国道など主要3道路に設置されている70組の光ビーコンを使用し、救急車両に優先的に青現示を出す仕組みとなっており、この地域をカバーする2消防本部の救急車両19台に対応機器が搭載されている。M-MOCSを導入したことで、搬送時間が約1分12秒短縮しており、その他に搬送時の走行安定性の向上、交差点での事故の防止、救急車両の走行位置を搬送病院に知らせ、病院での患者の早期搬入などの効果が生じていると考えられている。

千葉県警では印西での導入が成功したことを受けて、本年度4月、館山の安房消防署管内から鴨川の亀田総合病院までの国道128号線にM-MOCSを導入した。

(3) これまでの評価と課題

印西・佐倉市地域ではM-MOCSの効果と他車への負の影響に関しては、著者らが独自に構築したマイクロ交通シミュレーションモデルを用いて評価した結果、当該地の交通量では他車の所要時間に与える影響は限定的であるという結果が得られた²⁾。しかし、今回M-MOCSが導入された館山～鴨川間は典型的な海沿いの2車線道路であり、観光シーズンには深刻な交通渋滞が発生するた

*キーワード：緊急車両、マイクロシミュレーション、信号制御

**学生員、修(工)、日本大学大学院理工学研究科博士後期課程社会交通工学専攻

(千葉県船橋市習志野台7-24-1 TEL&FAX047-469-5355)

***正員、博(工)、日本大学理工学部社会交通工学科(同上)

め交通状況が大きく変化することや、渋滞している一般車両の側方を救急車両が通過しなければならず、搬送時間が大きく変動するなどの問題が考えられる。また、交差点近傍に関しては、待ち渋滞長の大小が緊急車両の通過速度に大きく影響を与えることから、信号切り替えタイミングと緊急車両感知位置を適切に設定する必要がある。すなわち、交通量が飽和した場合の影響とビーコンの効率的な設置位置について検討する。

3. 研究方法

(1) GPSによる救急車両の旅行時間調査

シミュレーション構築と現況再現性の検証のために必要な救急車両の搬送時間、特に交差点流入路での走行速度、救急車両の走行経路に関する調査を行った。調査方法は館山の安房消防署の救急車1台と鴨川消防署の救急車1台にGPSをそれぞれ設置し、2005年11月25日～12月2日の期間で走行位置データを収集した。その結果、搬送回数で、館山で35回、鴨川で29回のデータを得ることができ、館山から鴨川までの約32.4km区間で平均51分50秒掛かっていた。

(2) 構築したシミュレーションの概要

本研究では、ミクロ交通シミュレーション Paramics 上で、次に示す救急車両の特殊な走行挙動を表現するため、API 機能を活用して、モデルを構築した。

- ① 救急車両が交差点内に進入する際の減速
- ② 救急車両の赤信号での交差点通過（従道路上の車両を停止させる）
- ③ 緊急車両の一般車両追い越し
- ④ 青延長・赤短縮するかの判断および実行

シミュレーション上での効果的な光ビーコンの設置位置を求めるために、光ビーコンの設置位置を変化させ、その時に救急車両が交差点を青で通過できる割合（回数）を求めた。光ビーコンの設置位置に応じた信号制御の設定を表-1に示す。

本研究では図-1に示した5交差点にM-MOCSによる優先信号制御が緊急車両に対して行われると仮定して、館山鴨川間を対象地域としてシミュレーションを行った。

救急車両が交差点での待ち行列の側方を走行する際、救急車両の速度が大きく低下するため、待ち行列の大小が交差点までの到達時間を決める大きな要因となると考えられる。したがって、光ビーコンを平均的な待ち行列中、あるいは待ち行列より上流側に設置した場合について推計する。また、対象地域は観光地であり、観光シーズンと閑散期とで交通量が大きく異なることから両時期のシミュレーションを行い検証する。

表-1 信号制御の設定

	青延長		赤短縮	
	残り時間	延長時間	残り時間	短縮時間
75m	5秒以下	10秒	15秒以上	15秒
150m	10秒以下	15秒	20秒以上	15秒
300m	20秒以下	20秒	20秒以上	20秒
渋滞長の内側25m	10秒以下	5秒	30秒以上	30秒
渋滞長の外側50m	10秒以下	8秒	20秒以上	20秒

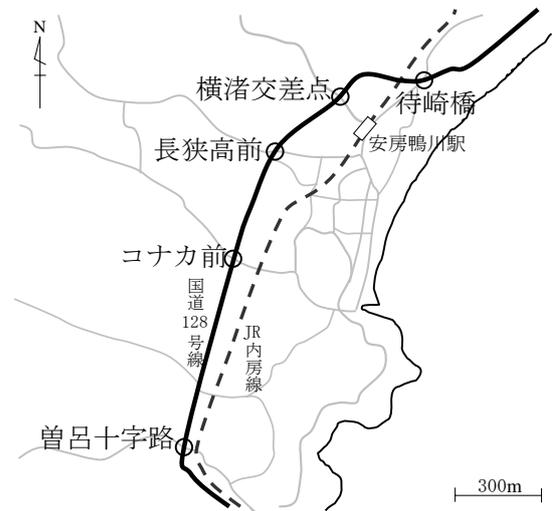


図-1 対象交差点図

3. 緊急車両用パラメータ値の設定

GPSによる救急車両の旅行時間調査の結果より、Paramics 上で再現する緊急車両の車両速度を設定する。交差点内緊急車両通過速度は赤信号通過、青信号通過を区別しない場合は、38.0km/h で通過していることがわかった。車載機で走行速度を計測した本調査では、信号機を通過した灯器色を把握していないために、所定の減速があった場合を赤信号通過時の走行軌跡と仮定して、赤信号時の交差点までの距離別に設定速度を算出した。表-2でしめした交差点別距離別の平均走行速度になるように、Paramics 上の緊急車両を API 機能で制御した。

また、図-2に示した緊急車両の速度の一例でわかるとおり、交差点通過時以外でも、沿道状況の変化や対向車ありの追い越しなどが発生していたと考えられる場合に、大きな速度の変化が起こっていた。ただ、どの程度減速するかは道路幅員などの沿道状況や対向車との距離などの様々な要因より、ばらつきが多く、且つ、緊急車両の走行速度データのみでは減速要因の特定が困難であるために、本研究では、③緊急車両の一般車両追い越し時の速度低下は一律10km/hと仮定した。

表-2 交差点別距離別の平均走行速度

交差点内	交差点名				
	曾呂十字路	コナカ前	長狭高前	横渚	待崎橋
50m	15.1	12.3	14.9	15.6	16.3
75m	24.3	26.9	26.9	28.1	28.1
100m	29.7	33.8	30.0	33.3	31.8
150m	33.3	36.7	33.6	35.0	34.3
300m	39.1	39.7	38.6	45.0	35.5
300m	50.5	53.2	47.6	50.9	40.3

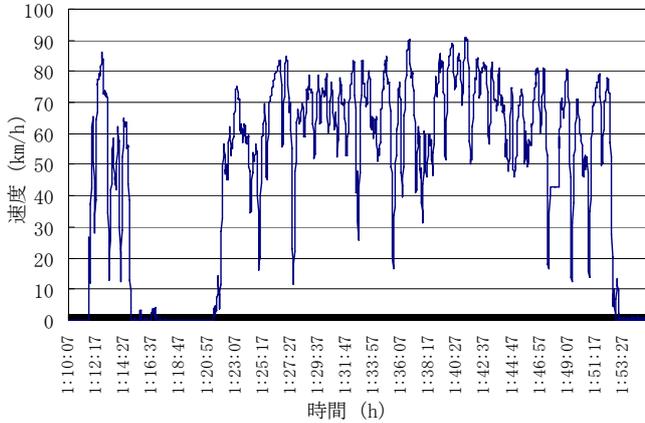


図-2 速度変化の一例

4. 分析結果

(1) 現況再現性の検証

GPS 調査によって得られた救急車両の走行速度・旅行時間とシミュレーションモデル上での救急車両の走行速度・旅行時間を比較し、シミュレーションモデルの再現性の検証を行った。GPS 調査とシミュレーションによる平均走行速度を図-3に示す。GPS 調査による走行速度が長狭高から待崎橋までで減速しているのは、鴨川市街となり交通量が増加することや、横渚交差点と待崎橋の間にある陸橋の幅員が狭いためだと考えられる。シミュレーション上でもこの区間の救急車両の制限速度を設定した結果、多少の誤差はあるものの、全体の平均速度はシミュレーションによる推計値が 52.2km/h となり、GPS 調査による実測値が 51.5km/h となり、近い値となった。このことより、対象地域のネットワークをほぼ再現できているといえる。

(2) 青信号での通過割合

次に M-MOCS の有効性を検証するために、M-MOCS の有無の場合に分けて青信号通過割合を図-4、5に示す。どの交差点も M-MOCS がある場合の方が通過割合が高く、M-MOCS の設置が有効であることがわかった。交差点別に見ると現状の信号制御で現示数がすく、スプリットが相対的に少ない、3 交差点（長狭高前、横渚、待崎橋）は赤時間の長さの反比例し、顕著に増加していることがわかる。

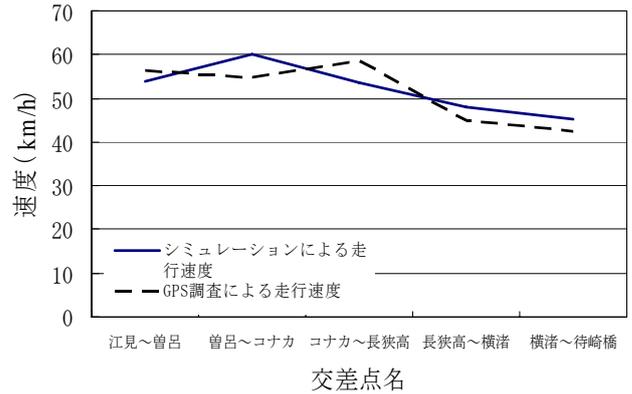


図-3 GPS 調査とシミュレーションによる走行速度

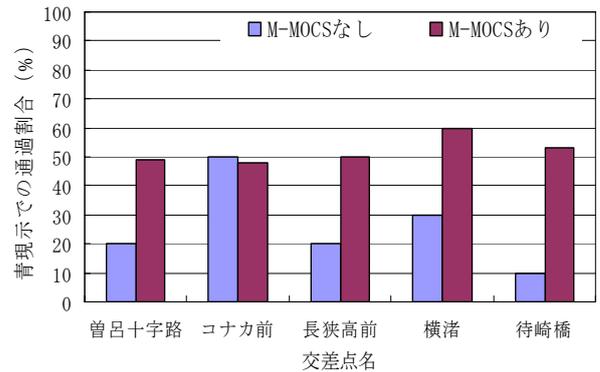


図-4 M-MOCS の有無の場合の青信号での通過割合 (観光期)

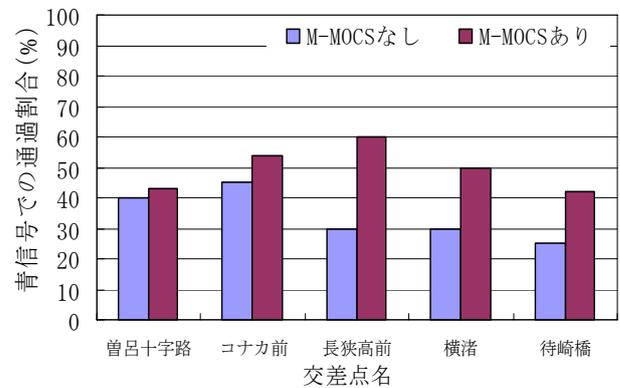


図-5 M-MOCS の有無の場合の青信号での通過割合 (閑散期)

次に、どの位置に光ビーコンを設置した場合が最も効果的な信号制御を実施できるかを検証するために設置距離別の青信号の通過割合を求めた。結果を図-6、7に示す。

交差点近傍に光ビーコンを設置し、主道路側の赤信号を短縮する場合には、まず従道路を赤信号に変更しなければならず、主道路を青信号に変更する前に救急車両が交差点に進入してしまう場合が多い。また、交差点からあまりに離れた位置に光ビーコンを設置した場合には、

交差点を青信号で通過できる割合は高くなるが、制御時間が長く、従道路側の一般交通へ影響をおよぼす恐れがあるために最適とはいえない。

交差点から 150 m離れた位置に設置した場合、青信号での通過割合が高く、信号制御の時間も 75 mの場合とそれほど変わらないために、交差点から 150 m離れた位置が、今回のケースでは最も効果的な位置であった。

(3) 観光期と閑散期の場合の通過割合

図-6、7に示すとおり、観光シーズンと閑散期の交通量の違いによる通過割合を比較した結果、あまり違いは無く、観光シーズンにも信号制御を効果的に行うことができた。

(4) 導入効果の推計

シミュレーション上の対象区間 5 交差点に M-MOCS を導入した場合、救急車両の平均走行速度は 56.3km/h となり、M-MOCS 無しの場合より約 4 km/h 速くなった。また、旅行時間も約 20 秒～約 1 分 40 秒短縮し、平均で 53 秒短縮したことから、M-MOCS を導入する効果はあるといえる。

4. おわりに

本研究では、救急車両にGPSを搭載し、調査を行った結果救急車両の旅行時間・走行速度・交差点進入時の走行速度を収集し、シミュレーションモデルの中で救急車両を走行させ、走行時間や交差点の通過時間を推計することができ、M-MOCS導入前後の救急車両の走行速度などを比較することができた。

また、M-MOCSが導入される前に、マイクロ交通シミュレーションを用いて、今後導入されるM-MOCSを最も効果的に運用できるように導入効果の評価方法の開発を行うことができた。

そして、評価を観光期と閑散期に分けて行い、さまざまな条件下での交通状況をシミュレーションし、対象地域の観光地である、館山・鴨川にも対応できる光ビーコンの設置位置を求めることができた。

本研究では、光ビーコンの設置位置に着目し、シミュレーションモデルを構築し、導入の効果の評価を行った。GPS調査によって得られた、救急車両の前後の加速度などから、今後M-MOCSが導入された際に、同じ調査を行い救急車両の旅行時間などによるM-MOCSの評価だけではなく、M-MOCSが導入されたことにより、救急車両がスムーズに走行できるようになり、搬送患者への負担は軽減したかなどによる評価も必要である。

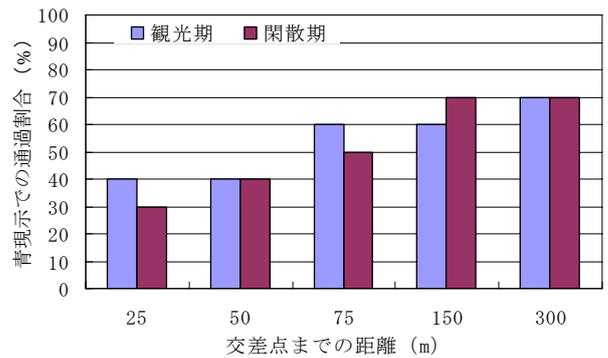


図-6 距離別の青信号の通過割合 (横渚交差点)

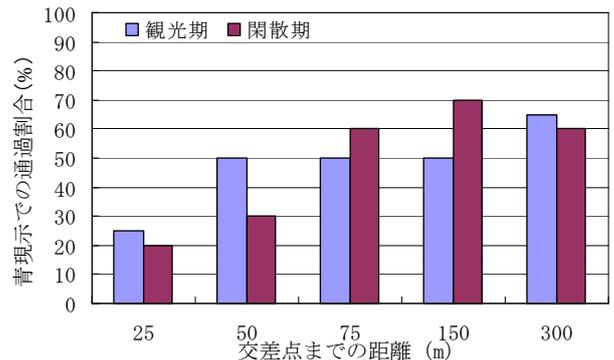


図-7 距離別の青信号の通過割合 (長狭高前交差点)

謝辞 本研究を進めるにあたりデータ収集にご協力いただいた千葉県警、鴨川消防署、館山消防署の方、解析作業に協力した頂いた臼井良太氏に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 総務省消防庁：「平成17年版 救急・救助の現況」, 2006. 2.
- 2) 吉田翔、福田敦、石坂哲宏：「緊急車両優先システムの評価のためのシミュレーションモデルの構築」土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集、Vol. 32、2005. 3