

混雑交差点及び混雑路線における救急車両優先信号制御に関する研究*
 Study on Signal Priority Control System for Ambulance at Intersections on Congested Route*

石坂 哲宏** 福田 敦** 萬井 健太***

By Tetsuhiro ISHIZAKA**, Atsushi FUKUDA** and Kenta YOROZUI

1. はじめに

近年、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時間は、全国平均で29分も掛かり、さらに増加傾向にある。これを改善するために救急車両に対して信号機の優先制御を行なう M-MOCS が開発され、千葉県印西地区や安房鴨川地区を皮切りに今後多くの地域への導入が検討されるなど実用化の段階に至っている。搬送時間が増加している中、搬送時間を短縮できる本システムはITS技術の一つとして、地域医療の向上にとって、必要不可欠なものであるといえる。

そこで本研究は、次の3つの観点から M-MOCS に関する検討を行うことを目的とする。まず、印西地区及び鴨川地区に導入された M-MOCS による導入効果に関して、ドライブレコーダを用いた実地調査より交差点青信号通過率を算出して評価する。次に、これまでの M-MOCS は、交通量が多くない郊外部で導入されていることから、今後の交通需要の大きい路線への導入を想定して、ミクロ交通シミュレーションを用いて、交通需要の増加に対する M-MOCS の導入効果を推計した。また、従道路の一般車両の待ち時間増加などの影響も考えられることから、合わせて検討を行った。最後に、混雑が発生する路線に救急車両に対する信号機の優先制御を行なうシステムを導入する場合、滞留車列の影響を受けない M-MOCS に代わる新しいシステムの新たに提案し、ミクロ交通シミュレーションを用いて検討を行った。

2. 実地調査に基づく導入効果

(1) 調査概要

青信号通過率及び、速度変動を算出する鴨川地区における5ヶ所の交差点を図-1に示す。M-MOCS 導入前の調査は2005年11月25日~12月2日に行ない、館山・鴨川消防署の救急車両の走行位置、速度・加速度データを収集した。導入後の調査は、2006年8月23日~28日

と11月23日~30日で同様の調査を行なった。さらに導入後では、長時間録画可能なドライブレコーダーを救急車両前方に設置し、信号現示及び交通状況を把握した。録画された画像の一例を写真-1に示す。



図-1 鴨川周辺図



写真-1 ドライブレコーダーからの画像

(2) 分析方法

M-MOCS 導入前の信号現示の画像データが無い場合、導入後のデータを用いて青信号通過率を推定する。信号現示が明らかである導入後のデータから、交差点通過時の速度と速度差の関係を図-2にまとめる。この図の中で信号現示を判別する基準を求め、それを図-3に示す導入前のデータに当てはめて、導入前の青信号通過率を算出する。ここでの判別基準は判別分析を用いて求めた。その結果、青信号の誤判別率は4%、赤信号の誤判別率は0%となった。

なお、本研究で用いる速度変動は「交差点中心での速度」から「150m 上流地点の速度」を引いた速度差とする

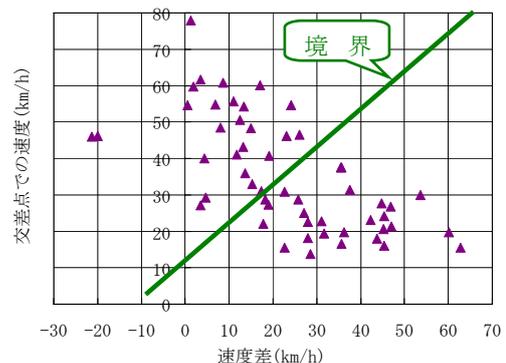


図-2 導入後の速度差と交差点での速度

*キーワード：緊急車両優先信号システム、旅行時間、ミクロ交通シミュレーション

**正員、博(工)、日本大学理工学部社会交通工学科

(千葉県船橋市習志野台7-24-1 TEL&FAX 047-469-5355

ishizaka_tetsuhiro@trpt.cs.nihon-u.ac.jp)

***非会員、DHL-Japan

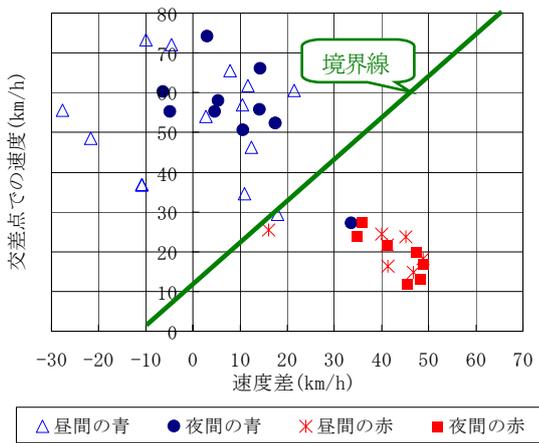


図-3 導入前の速度差と交差点での速度

(3) 分析結果

a) 導入前と導入後での青信号通過率の検証

上記で示した方法で、導入前と導入後の青信号通過率を算出した。表-1に示す通り、導入前は51%、導入後は71%となり、導入後の青信号通過率が大きく向上した。なお、両者の平均値に有意な差があるかどうか、統計学的検定法の中のt検定を用いて検証した結果、有意水準5%でt値8.97となり、有意な差があることが得られた。一方、導入されていない交差点の導入前と導入後の比較では、54%と52%となり、青信号通過率にあまり差がなかった。このことからM-MOCSが導入されたことによって、青信号通過率が20%程度向上したと判断できる。

表-1 導入前と導入後における青信号通過率

青信号通過率	M-MOCS 導入前	M-MOCS 導入後
M-MOCS導入 対象の交差点	51%	71%
M-MOCS導入 対象外の交差点	54%	52%

b) 救急車両の速度と速度変動の調査

導入後の交差点通過時の速度であるが、図-2の縦軸の速度を、各信号現示で平均値をとった結果、赤信号通過時の全体の平均速度は20km/h、青信号通過時では54km/hであることがわかった。また、両者においてもt検定を用いて分析した結果、有意水準5%でt値11.66となり有意な差があることが得られた。

このことから、赤信号により大きく減速していることが示された。

さらに、画像を用いて交通状況別に分類した交差点通過時の平均速度を表-3に示す。この結果、赤信号では状況によってあまり違いが見られず、速度差に関してそれぞれ40km/h程度の減速を行なっていることが確認された。青信号の速度差をみても速度の変動が少ないことが確認された。

表-2 交通状況別における交差点通過時の平均速度

単位: km/h

周囲の交通状況	赤信号	青信号
	速度・(速度差)	速度・(速度差)
1) 進行車線に一般車両が存在している場合	22・(-44)	—
2) 対向車線に一般車両が存在している場合	19・(-46)	56・(6)
3) 両車線に一般車両が存在している場合	17・(-41)	34・(-7)
4) 周囲に一般車両が存在しない場合	—	60・(5)

また、昼間と夜間との明るさの違いが運転手の視認性に影響して、それが速度変動に現れているかどうか合わせて検証した。昼夜で分類したデータを図-2に示す。6:00~18:00を昼間、18:00~翌6:00を夜間とした結果、両者に大きな違いはみられなかったことから、明度による影響は小さいと考えられる。

(4) 実地調査に基づく導入効果のまとめ

本研究では、M-MOCSが導入された国道128号線上の5つの交差点において、青信号通過率が向上されたかを検証し効果があつたことを確認した。また交通状況別に速度変動の解析を行ない、各信号現示によって大きく差が生じていることもわかった。よって、青信号通過率が高くなれば走行中の速度変動を小さく抑えられるといえる。

3. 交通需要の高い路線を想定した場合の導入効果

(1) ミクロ交通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、図-1に示した範囲のシミュレーションを構築した。そのなかで、次の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、シミュレーションに組み込んだ。

- 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 青延長・赤短縮するかの判断および実行

ここで、シミュレーションに使用したOD表は、2005年8月14日の当該地域の車両感知器データ(断面交通量)よりOD表を作成し、そのOD表を150%増加させたOD表を観光期の需要の高い場合としてシミュレーションを

行った。本シミュレーションのバリデーション結果に関しては、参考文献1を参考にされたい。

(2) 青信号通過率

M-MOCSの有効性の効果を検証するために、M-MOCSの有無の場合の救急車両が交差点を青現示で通過できる割合と各交差点間の走行速度を、観光期と閑散期の両時期にわけ比較をした。その結果を図-4に示す。観光期・閑散期の両時期ともに、M-MOCSがある場合の方が交差点を青現示で通過できる割合が高く、平均走行速度もM-MOCSありの方が高く、M-MOCSを導入する有効性は高い。

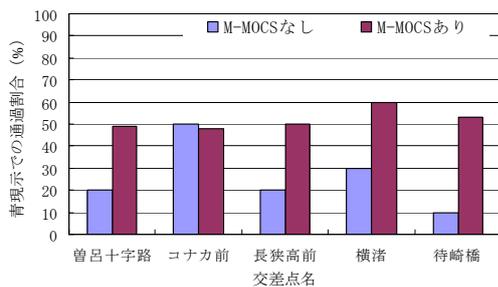


図-4 観光期の M-MOCS 有無の場合の青信号通過率

(3) 交通需要が高い場合の導入効果のまとめ

マイクロ交通シミュレーションを使用して、交通需要が高い場合の導入効果を推計した結果、M-MOCSの導入により、導入されていない場合より、青現示での通過率は高くなるという結果は得られたが、現状の実地調査結果(表-1)と比較すると大きく低下することが明らかになった。この原因として、交差点流入路における待ち行列車両が救急車両の進行の妨げとなり、車両をビーコンで感知してから、交差点に進入するまでの所要時間が大きく変動してしまうことが原因として挙げられる。

4. 新たな優先制御方法の提案と導入効果

前章のシミュレーション結果が示す通り、導入効果を低下させる要因として、信号待ち行列車両が緊急車両の走行に影響を与えることであると推察された。また、救急車両に搭載したドライビングレコーダによる実地調査の結果では、感知器から交差点到着までの時間が変動したため優先制御が行われても、救急車両が通過できず、交差側は赤時間が増えるという、無駄な制御になってしまった場合もみられた。

そこで、新たな優先制御方法を提案し、マイクロ交通シミュレーションを用いて、その導入効果を推計した。

(1) 新たな優先制御方法の提案

a) 基本的な考え方

従来の優先制御は1つの感知器で救急車両の位置を把

握していたが、本研究では、交差点到着まで救急車両の位置情報を継続的に取得し、それをもとにした救急車両に対する優先信号制御方式を提案する。救急車両の位置情報をもとに優先制御を行なうことで交差点に存在する滞留車列を解消もしくは減少させ、救急車両が交差点を青で通過できる確率を高める信号制御方式とする。従来の優先制御と本研究の信号制御方式のイメージを図-5に示す。

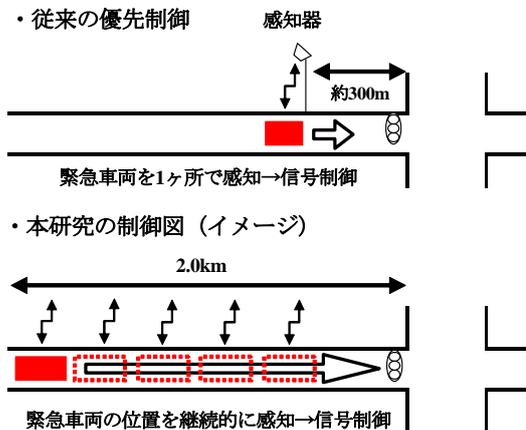


図-5 従来の優先制御と本研究の信号制御の違い

b) 具体的な制御方法

シミュレーション上、救急車両の位置情報の取得方法を道路上に設置された感知器から取得するものとする。まず、制御交差点を予め設定する。そして、救急車両が感知器の下を通過した時の通過速度、感知器と制御交差点までの距離から到着予想時間を算出する。それと同時に感知器通過時の制御交差点の進行中の信号現示、進行方向の現示が青であれば青経過時間、進行方向の現示が赤であれば次に青になるまでの時間を算出する。それをもとに各サイクルに救急車両が感知器の下を通過するたびに青延長、赤短縮等の制御方法を用いて、救急車両到着以前に進行方向の滞留車列を徐々に解消させる。1サイクルで制御を行なうと従道路側の一般車両へ影響を及ぼす恐れがあるために好ましいとはいえない。また、救急車両が確実に青で交差点を通過できるような優先制御も同時に進行させる。滞留車列が完全に解消できなかった時、もしくは信号制御によって救急車両が青で通過できないタイミングで交差点に到着するような場合は交差点から200m手前の位置にある感知器通過時に救急車両の進行方向の現示に青を与えるという制御方式を取り入れた。

本研究では既存のODを100%とし、混雑路線を再現するためにこのODを徐々に増加させ、それぞれの場合における救急車両の旅行時間と一般車両に対する影響を評価するものとする。また、シミュレーション時間は1時間とし、救急車両はシミュレーション開始後、40分後にネットワークに現れる設定となっている。本研究では評価項目は青信号通過率及び旅行時間とした。

(2) シミュレーション結果

a) 青信号通過率

図-6に示す新たな優先制御方法による青信号通過率を交差点ごとに示す。すべての交差点において青信号通過率が向上していることが分かる。曾根十字路を例にとってみると、青信号通過率に影響を与える待ち行列車両が最大50台から24台に減少するなど、待ち行列長はほぼ半減しており、これが青信号通過率の向上に寄与したと考えられる。

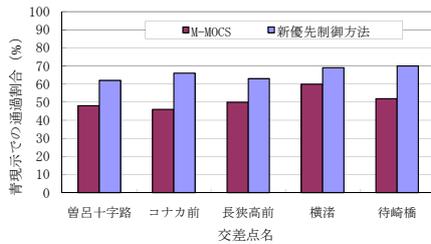


図-6 新優先制御方法による青信号通過率

b) 救急車両の旅行時間

ODごとのシミュレーション結果を図-7に示す。

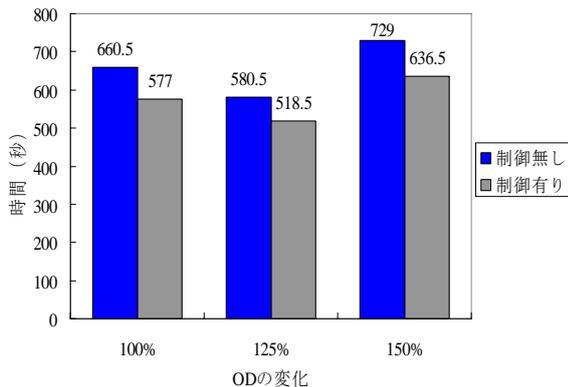


図-7 OD別制御有無による旅行時間

図-7より、優先制御を行った場合と行わなかった場合とでは100%ODの時に83.5秒異なり、最大でODが150%の時に92.5秒異なることがわかる。このことから、この制御方法が有効であることがわかった。優先制御を行わなかった場合には交差点近くに滞留車列が存在していることや、交差点において進行方向の現示が赤であること等、旅行時間が増大してしまう要因が発生する。しかし、優先制御を行なうことで制御交差点に救急車両が到達するまでに救急車両が感知器の下を通過する度に実行される信号制御によって滞留車列は解消、または減少している。さらに交差点においても救急車両の進行方向の現示は青になっているため、円滑な走行が可能になることがシミュレーションから確認できた。

c) 一般車両に対する影響

次に一般車両に対する影響を評価する。ここでは5つの制御交差点(4枝交差点)のそれぞれの従方向路線、

10路線の一般車両の平均旅行時間を以下の図-8に示す。

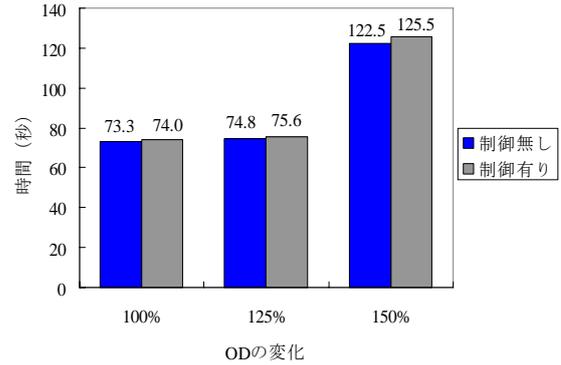


図-8 一般車両の平均旅行時間

図-8より優先制御を行なった場合と行わなかった場合ではODごとにみても大した変化はなく、最大でもODが150%の時に3秒しか変化がないことから、本研究で提案した信号制御方式が一般車両に与える影響は少ないと考えられる。

しかしながら、旅行時間の平均ではなく、個々の車両の旅行時間をみると最大50秒程度、待ち時間が増加する場合も見られ、著しく増加する車両のドライバーにとって、この旅行時間の増加が受け入れられるかが大きな課題である。

5. おわりに

本研究は、千葉県鴨川地区を対象に導入されたM-MOCSを対象に導入効果を実地調査を行い検証を行い、需要の大きい場合の導入効果と新たな優先制御方法の検討を行った。

その結果、M-MOCSは旅行時間の短縮に大きく寄与できることが得られた。また、提案した優先制御方法は、従来の救急車両優先制御システムと異なり、継続的に車両感知を行い、それをもとに信号制御することで一般車両に対する影響が少なく、無駄の少ない優先制御方法を提案できた。

今後の課題として、本研究では郊外部におけるネットワークを使用したことや救急車両の経路が把握しやすいこと等、限定された条件でのシミュレーションとなっていることから、実際に都市部に救急車両の優先制御方式の導入を検討する場合には限定的な条件ではなく、救急車両の経路変更や交差点間を短くする等、都市部の道路状況にさらに近い形での検討が必要でないかと考えられる。

参考文献

- 1) 石坂哲宏：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、第33回土木計画学研究発表会(春大会)講演集 vol. 33、2006年

謝辞

実地調査やシミュレーションの構築で共同で研究を進めてくれた卒業生の中川貴之氏、臼井良太氏に御礼を申し上げます。