

# 災害時における交通流円滑化のための情報通信型LED信号機システムの開発\*

## A Development of LED Traffic Light System with Information and Telecommunication Function for Smoother Traffic Flow During a Disaster\*

藤田素弘\*\*・鈴木弘司\*\*\*・糸永康平\*\*\*\*・山下雅弘\*\*\*\*\*

By Motohiro FUJITA\*\*・Koji SUZUKI\*\*\*・Kouhei ITONAGA\*\*\*\*・Masahiro YAMASHITA\*\*\*\*\*

### 1. はじめに

集中豪雨や地震などの自然災害時には、通行不能となる道路区間や交差点が多数出現する。その際に生じる激しい交通渋滞を緩和させる一つの方策として、通行不能となった手前の交差点を走行している車両に対して適切な情報提供を行い、通行不能箇所を事前に回避させることが考えられる。このことは、ITSの目指す利用者サービスの一つである道路管理の効率化に該当する<sup>1)</sup>。既存のシステムではVICSやLED式情報板を活用することによる情報提供が考えられる。VICSによる情報提供では、近年急速に普及が進んでいるものの、現段階ではVICSユニットの普及率が11%程度<sup>1),2)</sup>であるため、限られたドライバーにしか必要な情報を提供できない可能性が高い。また、ビーコンの設置にコストがかかるといった問題がある。一方、LED式情報板による情報提供では、災害時に必要な情報を提供可能となるが、高コストなインフラを信号機並に多数設置することは非現実的で、一部設置したとしても、限定されたドライバーに情報提供するにとどまる。

そこで、著者らは消費電力が少なく寿命が長いという特性から最近急速に普及してきている発光ダイオード式信号機(LED信号機)に着目し、発光ダイオードの持つスポットの情報通信能力を活用することにより、災害時の通行不能交差点等において回避・誘導情報を提示するシステムを開発している。ここで、スポットの情報通信能力とは、青色灯器が

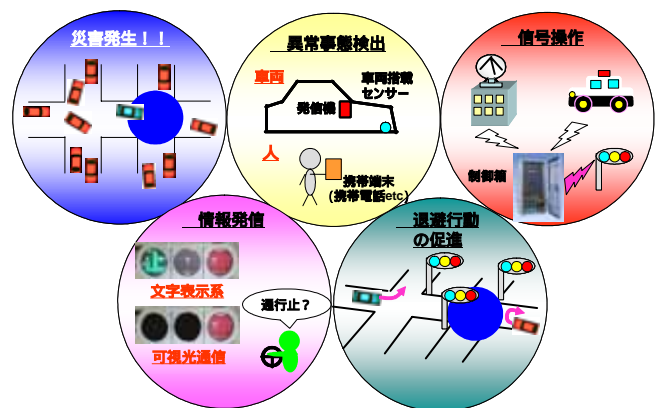


図-1 情報通信型 LED 信号機による災害時交通支援の文字表示機能および可視光通信機能を意味する。

本稿では、まず、これらの機能を兼ね備えた情報通信型LED信号機による災害時の交通支援について述べ、次に、情報提供を行う際、限られた信号灯器枠内からの文字表示システムの詳細および文字表示性能に関する調査結果について述べる。

### 2. 情報通信型 LED 信号機による災害時円滑交通支援

情報通信型 LED 信号機による災害時交通支援は図-1 に示すように、通行不能等の異常状態の検知、信号機操作、信号機から情報発信、早期退避行動の促進といった4段階で構成される。

#### 通行不能等の異常状態検知

集中豪雨による交差点の通行不能状態を検知するためには、ハザードマップを活用し、冠水が予想される交差点に事前に冠水センサーを設置する、あるいは自動車に冠水センサーを搭載することで概ね検知可能であると考えられる。一方、地震等による建物倒壊による道路封鎖あるいは道路自体の損壊は、洪水の被害に比べ、経験的に把握することは困難であると考えられる。すなわち、通行不能となる交差

\*キーワード: LED, 信号制御, 可視光通信, ITS

\*\*正会員, 工博, 名古屋工業大学大学院助教授  
工学研究科 都市循環システム工学専攻  
(名古屋市中昭和区御器所町, TEL: 052-735-5492,  
E-mail: [fujita@doboku2.ace.nitech.ac.jp](mailto:fujita@doboku2.ace.nitech.ac.jp))

\*\*\*正会員, 修士(工学), 名古屋工業大学助手

\*\*\*\*\*非会員, 信号電材(株)

\*\*\*\*\*非会員, (有)ミヤビシステム

点の判定を行うためのセンサーをネットワーク全体に張り巡らすことや車両に搭載したセンサーにより検知した地震による強い揺れから道路損壊が生じているとの判定を直接下すことは困難である。そこで、通行不能地点の近くにいる道路利用者により通行不能情報が道路管理者や交通管理者に通報され、管理者により異常状態を確認することが必要となる。近年、DSRCを利用し、交通状況に関する動画を車々間で通信する動画伝送システムの開発が進んでいる<sup>3)</sup>。このようなシステムを異常状態の検知に活用することも将来的には可能となると考えられるが、現時点での導入は困難である。

#### 信号機操作

中央の管制センターに届いた通行不能情報を受信した後、ローカル(通行不能地点)の信号機を自動で切り替える、あるいは通信システム自体が操作不能になった場合には信号機単体が機能する。

#### 情報発信

情報通信型 LED 信号機からの情報発信には 2 つの方法が存在する。一つは青色灯器から円滑交通支援のための文字情報を提示する方法であり、もう一つは LED の可視光通信機能を活用し、交通支援に関連する詳細情報を提供する方法である。

#### 早期回避行動の促進

交通支援のために提示する情報は、通行不能の原因となる(i)地震発生情報等、それにより生じた(ii)通行不能などの道路状態情報、さらには交通支援対策として、(iii)通行不能となった交差点手前での早期回避情報提供、(iv)安全退避・待機の注意勧告および(v)徒歩避難促進が挙げられる。

通行不能地点では、主に(i)から(iii)の 3 項目を提示し、また通行不能交差点の上流交差点では、通行不能交差点に進入しないよう、安全に避難できるような誘導情報を含め、上記 5 項目を提示する。

### 3 情報通信型 LED 信号機システムの概要

#### (1) 情報通信型 LED 信号機の試作機概要

本研究で取り扱う情報通信型LED信号機の試作機は、一般のLED信号機の青色灯器から文字・記号表示を行えるように改造を施した信号機である。

本信号機は、放射同心円上に配置された192個の

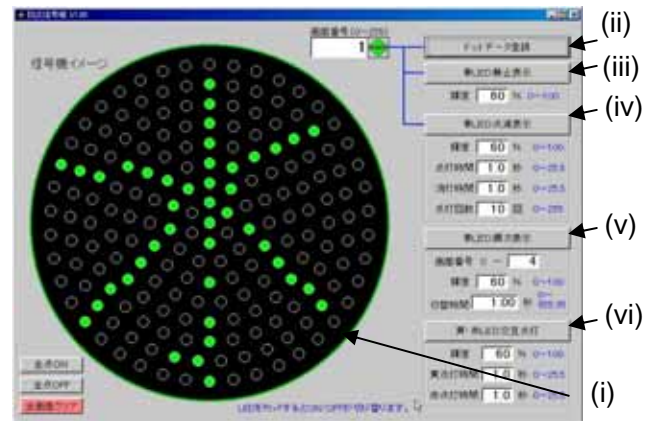


図-2 文字入力のための GUI

青色LEDによって情報を提示する。その際、情報を静止表示、点滅表示、順次表示することが可能であり、また黄色・赤色LEDを交互に点灯可能である。

平常時には通常の信号機として機能し、通常の信号機としての機能を果たせなくなった非常時には青色灯から文字情報を提示し、黄色灯および赤色灯が交互に点滅することで異常を伝えるよう機能する。

#### (2) 文字情報の入力

文字は図-2 に示すグラフィカルユーザーインターフェイスを用いて作成する<sup>4)</sup>。なお、開発言語は Visual Basic である。

(i)中のドットをマウスで1つずつクリックすることで文字を形成する。ドットデータは全192ビット(24バイト)であり、文字作成後、(ii)のドットデータ登録ボタンを押すと1文字登録される。なお、文字は256[文字/ファイル]まで登録可能である。文字の登録後、インターフェイスを閉じる際に作成データがcsv形式で保存される。

登録した文字を信号機に表示する場合、青LEDの(iii)静止表示、(iv)点滅表示あるいは(v)複数文字の順次表示が可能である。その際、輝度(0-100%：通常40%程度)の設定および(iv)、(v)については表示時間間隔(0.1秒刻みで25.5秒まで)の設定が可能である。また、同様に(vi)黄・赤LEDの交互点灯についても輝度設定及び表示時間間隔の設定が可能である。

#### (3) 情報通信型 LED 信号機の通信に関する仕様

文字・記号の情報はPCで製作し、データはRS232Cケーブルを介して信号機へ送信する。ここで、伝送速度は19200[BPS]、同期方式は調歩同期方式、伝送方式は全2重通信方式である。

#### 4. 情報通信型 LED 信号機の文字表示性能の評価

LEDの発光数，散らばり度合いといった文字構成要素が信号機の視認性に影響を与えることが示されている<sup>5)</sup>．本稿では，文字の構成要素が異なる文字について，それらと視認性(視認距離)との関係を定量的に評価する．



写真-1 実験施設<sup>6)</sup>

写真-2 信号機設置

##### (1) 文字構成要素の定義

文字構成要素として，(i)文字の画数，(ii)発光したダイオードを全体のダイオード数で除した発光率，拡散率として信号灯器の中心から発光している各ダイオードまでの(iii)平均距離および(iv)その分散を定義する．

##### (2) 視認性評価実験の詳細

###### a) 実験施設の条件

(株)キクテック中部事業所の夜間視認性試験室において，被験者と信号機との間の距離を変化させたとき(50-100m, 5m 間隔)，被験者がどの地点で表示された文字を視認できるかを計測した．今回用いる実験施設の概要および信号機設置状況を写真-1，写真-2 に示す．今回，夜間晴天，夜間雨天の2ケースの実験を行った．なお，雨天は，豪雨を想定し，試験室内で 70[mm/h]の雨を発生させている．また，学生 20 名(視力 0.8~1.2)を対象としている．

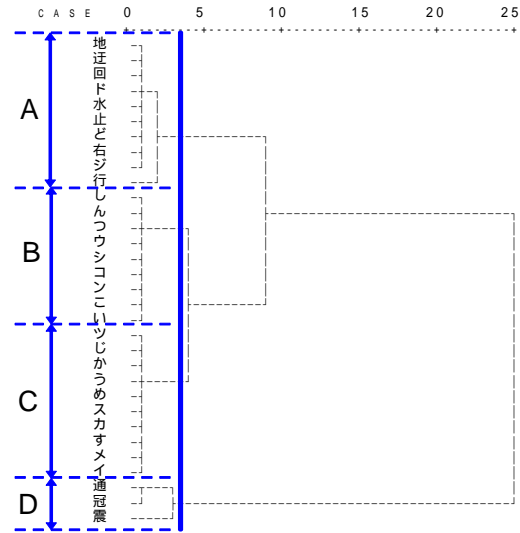


図-3 クラスタ分析結果(デンドログラム)

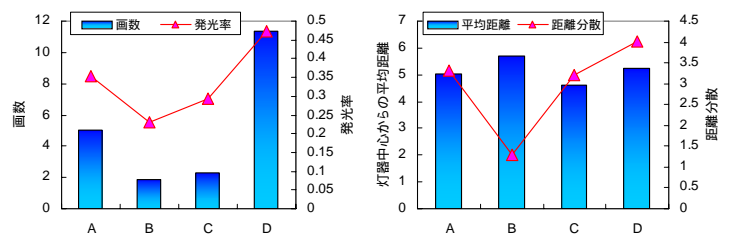


図-4 文字グループ別文字構成要素の特徴

###### b) 提示する文字情報

提示した文字情報は通行不能状況に関連する(i)地震，(ii)冠水，(iii)通行止，(iv)迂回の4つの単語について，漢字，カタカナ，ひらがなそれぞれで表示する場合に必要な32文字である．

文字構成要素にもとづき類似する文字を抽出し，それらを提示する実験方式とした．そのため，文字の画数，発光率，拡散率(平均距離，距離分散)の文字の構成要素を用いてクラスタ分析を行い，上記文字を4つのグループに分けた(図-3)．各文字グループの特徴を図-4 に示す．これより，グループ B は画数が少なく，発光率は低く，また平均距離は長い，すなわち灯器縁辺部全体を使ったシンプルな文字といえる．また，グループ D は画数が多く，また発光率も高い，複雑な文字を表しているといえる．

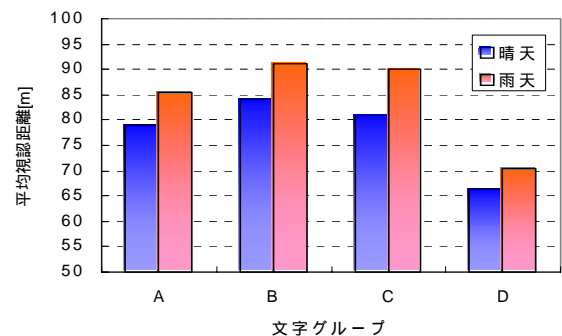


図-5 文字グループ別平均視認距離

今回，各文字グループからそれぞれ2文字ずつ選択し，被験者に提示している．

##### (3) 発光率・拡散率と視認性との関係

###### a) 天候が視認距離に与える影響分析

各文字グループの平均視認距離を図-5に示す．



画数の少ない文字グループB, Cの視認距離が長く、一方、画数の多い文字グループDは視認距離が短いことがわかる。これより、文字の複雑さが視認性に影響しているといえる。

また、雨天時は晴天に比べ、視認距離が長いことがわかる。このことは表-1に示す晴天、雨天時における母集団の平均値の差の検定結果より統計的に裏付けられる。一般に晴天時の方が雨天時より視認距離が長くなると考えられるが、今回は逆の結果が得られた。これは、雨天により光の拡散(ハレーション)が抑制されたことによる。

#### b) 視認距離推計モデルの構築

ここでは、視認距離の決定要因を明らかにするために重回帰分析を行う。その結果を表-2に示す。

これより、個人属性である視力、経験ダミー、文字の構成要素である画数の影響が大きいことがわかる。経験の有無により影響があるということは事前に文字を知っていれば、約6.0m視認距離がのび、その分早めの回避行動を促す情報提示が可能になる。このことより、情報通信型LED信号機を効率的に運用させるためには、教習所等での教育を徹底し、ドライバーをはじめとする道路利用者に対して、事前に情報提示内容を十分に理解させる必要があるといえる。また、天候ダミーより、雨天時の方が晴天時よりも3.4m視認距離が長いことがわかる。これは先ほど述べたハレーションの影響によるものと考えられる。これより、実用段階では、天候が視認性に与える影響を考慮、すなわちハレーションを抑制するように信号機の輝度を慎重に設定する必要がある。

#### 5. おわりに

本稿では、災害時における情報通信型 LED 信号機による交通支援システムの概要について論じ、またシステムの一部である文字表示機能の詳細および文字表示性能に関する調査検討を行った。その結果、文字の構成要素が視認距離に影響を及ぼしていることが定量的に示された。

今後は、より良い情報提示を行うための LED の配列、それに伴う文字スクロールの可能性について検討し、情報提示を受けた利用者の回避行動を評価

表-1 平均値の差の検定(サンプル数：21)

	雨天	晴天
平均	86.3	79.2
分散	101.3	122.5
ピアソン相関	0.512	
t	3.09	
P(T<=t) 片側	2.89*10 <sup>-3</sup>	
t 境界値 片側	1.72	
P(T<=t) 両側	5.78*10 <sup>-3</sup>	
t 境界値 両側	2.09	

表-2 視認距離推計モデル

説明変数	偏回帰係数(t 値)
定数項	61.4 (10.7)
画数	-1.64 (-7.58)
視力	35.6 (6.65)
距離分散	-1.14 (-1.75)
経験の有無ダミー (LED 信号機の文字を見た経験がない人：1)	-5.95 (-4.08)
天候ダミー(晴天：1)	-3.40 (-2.33)
R 値	0.599
サンプル数	310

する。併せて情報通信型 LED 信号機の可視光通信に関する性能検査およびシステム全体の運用に関する検討を進めていく。

#### 謝辞

夜間視認性試験室の提供ならびに実験実施では(株)キクテック中部事業所に協力して頂き、ここに謝意を表します。また本研究は名古屋工業大学における情報通信型LED信号機コンソーシアムメンバー(著者の他に同大林靖彦先生、(株)サンウェイ福原俊彦氏ら)との共同研究の成果の一部である。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省道路局ITS：[http://www.its.go.jp/ITS/j-  
html/topindex\\_c1.html](http://www.its.go.jp/ITS/j-<br/>html/topindex_c1.html)
- 2) 自動車検査登録協力会：  
[http://www.aira.or.jp/data/data\\_r.html](http://www.aira.or.jp/data/data_r.html)
- 3) 沖電気工業：[http://www.oki.com/jp/Home/JIS/New/OKI-  
News/2004/02/z03096.html](http://www.oki.com/jp/Home/JIS/New/OKI-<br/>News/2004/02/z03096.html)
- 4) (有)ミヤビシステム：防災信号機製作仕様書
- 5) 藤田素弘・鈴木弘司・鶴田宙昭：災害時対応型信号機の認識度評価，平成15年度研究発表会講演概要集土木学会中部支部，pp389-390，2004.
- 6) (株)キクテック夜間視認性試験室：  
<http://www.kictec.co.jp/DEVELOP/yakan/hansyatesuto.htm>