

可視光通信システムの ITS への応用

Visible Light Communication System for Application to ITS

鈴木 勝宜

■ SUZUKI Katsuyoshi

ITS (Intelligent Transport Systems : 高度道路交通システム) において情報通信技術は基盤となるものである。その情報通信技術の一つとして、最近研究が進んできた可視光通信を用いた場合の ITS への応用について検討した。可視光通信は、目に見える光を使って通信を行うもので、例えば、LED (発光ダイオード) を高速に点滅させることによって情報を伝達する。ITS への応用としては、道路照明や道路情報板、交通信号器などから車への通信、車々間通信、及び歩行者向け情報提供システムにおける通信などが考えられる。

今回、色多重可視光通信のプロトタイプシステムを試作し、道路情報板からの視覚情報とはまったく異なる行楽地情報などを、多重通信できることが確認できた。

Information communication technologies are an essential element of Intelligent Transport Systems (ITS). Toshiba has been studying the application of visible light communication (VLC) to ITS, as one such technology in which research has been progressing recently. VLC makes communication possible using visible light. For example, information can be transmitted by rapidly blinking light-emitting diodes (LEDs). As regards the use of this technology in the ITS field, possible applications include communication from roadside lights, information boards, and traffic signals to vehicles; vehicle-to-vehicle communication; and pedestrian information systems.

We have created a prototype system for experimental purposes and confirmed that VLC realizes the multiplex communication of information, which is completely different from the conventional provision of visible information by an information board.

1 まえがき

ITS (Intelligent Transport Systems : 高度道路交通システム) は、人、道路、及び車を有機的に結び付け、安全と、快適、環境 (改善) を目指すシステムである (図1)。それらを結び付

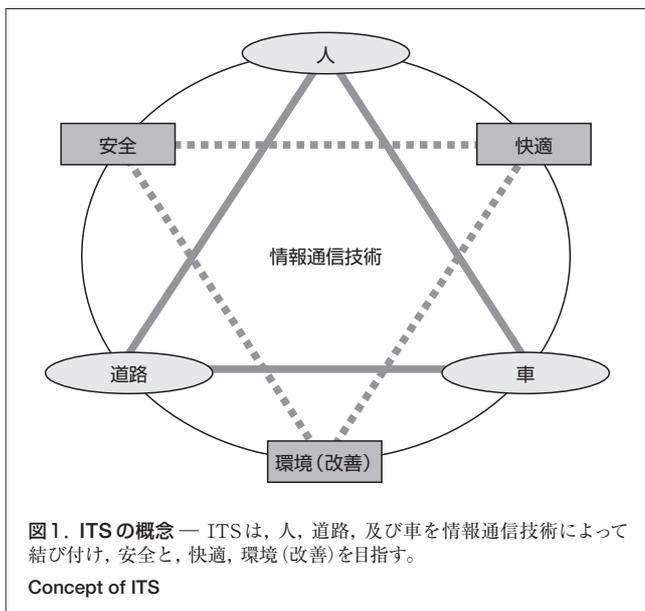


図1. ITS の概念 — ITS は、人、道路、及び車を情報通信技術によって結び付け、安全と、快適、環境 (改善) を目指す。

Concept of ITS

けるために基本となる技術が、情報通信技術である。

現在、ITS の情報通信技術としては、ETC (ノンストップ自動料金収受システム) に代表されるような DSRC (Dedicated Short Range Communication) をはじめ、各種無線通信技術の利用が検討されている。

しかし、いずれの技術を利用する場合でも、インフラ側に通信のための設備を新たに設置する必要がある。このことは整備コストの増加や時には景観にも影響を与える可能性がある。一方、照明設備をはじめとする各種光源はいたるところに存在しており、これら光源を情報通信手段として利用できれば、整備コストや景観に対する問題解決の一つとなる可能性がある。

可視光通信システムとは、目に見える光 (可視光) を使って通信を行う技術であり、まさにこの目的に適合している。

ここでは、この技術を ITS 分野に応用するための考え方について述べるとともに、試作したプロトタイプの実験結果を踏まえた考察を行う。

2 LED の普及

近年、交通信号器や駅の表示板など、社会インフラにおける光源の LED (発光ダイオード) 化は急速に進んでいる。

LEDは白熱電球など従来光源に比べて長寿命で低消費電力であることが特長である。一方、同程度の光の強さを得ようとした場合には、白熱電球に比べてまだまだ高価である。したがって、初期費用とランニングコストを比較した場合、白熱電球のほうに分があった。しかし、青色LEDや白色LEDの開発・実用化が進んだことによりLEDの色のバリエーションが増え、ほぼフルカラーの表現が可能となった。このため、従来の単なるコスト比較の枠を越えて、表現の多様性という観点から、LEDが光源として白熱電球に急速に取って代わるようになってきている。

一般に製品のコストは、生産技術の向上と普及に伴う量産効果によって低下する。したがって、今後照明光を含めた光源としてのLEDの利用は、加速度的に広がっていくと考えられる。

3 可視光通信システムの概要

3.1 可視光通信とは

可視光通信は、無線通信の一手段である。無線通信というとその代表例は電波であるが、表1に示すように、電波も可視光も電磁波の一領域である。ちなみに、音波(超音波)も無線通信手段として用いられているが、こちらは弾性波であって電磁波とは性質が異なる。

表1. 電磁波の分類例

Example of classification of electromagnetic waves

分類	名称	周波数	波長
ガンマ線		3 EHz ~	100 pm ~
X線		30 PHz ~ 300 EHz	10 nm ~ 1 pm
光	紫外線	790 THz ~ 30 PHz	380 nm ~ 10 nm
	可視光	390 THz ~ 790 THz	770 nm ~ 380 nm
	赤外線	3 THz ~ 390 THz	100 μm ~ 770 nm
電波	サブミリ波	300 GHz ~ 3 THz	1 mm ~ 100 μm
	ミリ波	30 GHz ~ 300 GHz	10 mm ~ 1 mm
	マイクロ波	300 MHz ~ 30 GHz	1 m ~ 10 mm
	超短波	30 MHz ~ 300 MHz	10 m ~ 1 m
	短波	3 MHz ~ 30 MHz	100 m ~ 10 m
	中波	300 kHz ~ 3 MHz	1 km ~ 100 m
長波	30 kHz ~ 300 kHz	10 km ~ 1 km	

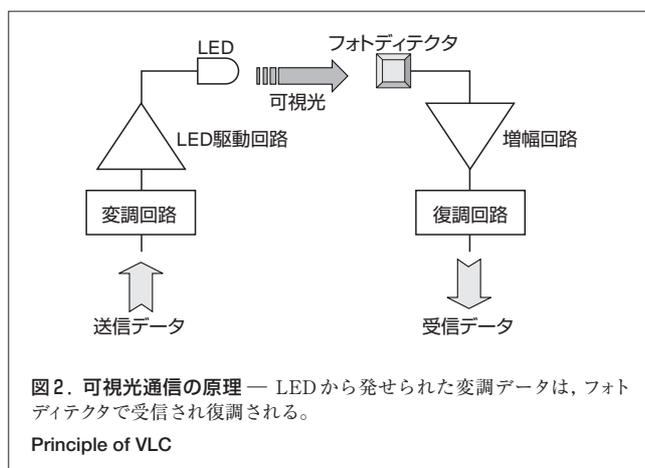
E : エкса(10¹⁸) p : ピコ(10⁻¹²)
 P : ペタ(10¹⁵) n : ナノ(10⁻⁹)
 T : テラ(10¹²) μ : マイクロ(10⁻⁶)

したがって、可視光も電波と同様に、信号を強弱させるなどして変調をかけることにより、無線通信として利用可能である。例えば、歩行者用の信号で緑の点灯は“進め”，点滅は“注意”を表しており、これも広義にとらえれば初歩的な可視光通信の身近な例である。

3.2 可視光通信の原理

可視光通信は、送信したい情報に応じて電気信号を変調し、それをLEDなどによって光に変換して送信、受信側ではフォトディテクタなどでその光を電気信号に変え、復調して元の情報を取り出す(図2)。

たくさんの情報を送るためには、より高速で光の強さを变化させる必要がある。LEDはまさにこの高速性に優れており、先に述べたように光源がLEDに置き換わるにつれて、可視光通信を実現する環境が整ってきた。そして光の変調は、人間の視覚では認知できないほど高速であるため、光のちらつきなどは起こらない。



3.3 可視光通信の特長

可視光通信は、ほかの無線通信手段(電波や赤外線など)と比べて、次のような特長がある。

- (1) 目に見える光を使うので、情報源を容易に知ることができる。
- (2) 光を遮断さえすれば情報を遮断することができ、セキュリティが高い。
- (3) いわゆる電波のように、機械の誤動作や人体への影響などが起きにくい。

これらの特長を生かすことにより、今までにない新たな無線通信の可能性が期待できる。

4 ITSへの応用⁽¹⁾

ITS, 特に高速道路においては、道路照明、道路情報板、車のヘッドライトやテールライトなど、可視光通信として利用できる可能性のある光源が多い。

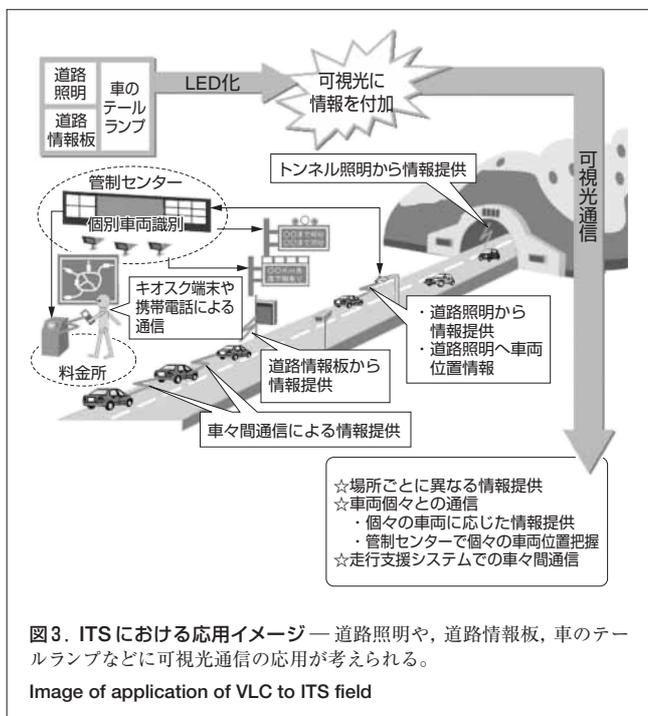
例えば道路照明は、高速道路に沿って一定間隔で整備されている。走行中の車であっても道路照明間をローミングして、シームレスな通信が可能となる。また、照明ごとに異なったID (Identification)を持たせることにより位置情報の

把握にも役立つ。特に、トンネル内のようにGPS (Global Positioning System) が働かない場所において有効である。

また、道路情報板に表示される情報は、走行中にドライバーが視覚的に内容を把握できるように、限られた情報量しか表示できない。

ここに可視光通信を応用すれば、更に詳細な情報を提供することも可能であるし、表示されている情報とはまったく異なる情報、例えば表示されているのが渋滞情報であっても、可視光通信で天気情報や行楽地情報などを提供することも可能である。

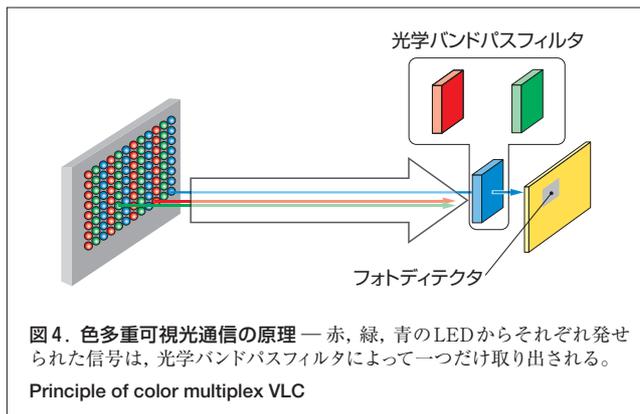
将来的には、車のヘッドライトやテールライトを使って、複数の車両が一定の間隔を保って走行するプラトニング走行や、車両間の相互コミュニケーション手段として活用の可能性がある(図3)。



5 色多重可視光通信

光の3原色は赤 (R)、緑 (G)、青 (B) であり、この3色の強さを任意に変えることによって、原理的にフルカラーの表現が可能である。

冒頭述べたように、青色LEDの実用化によってこれをLEDで実現することが可能になった。これを可視光通信に利用すると、赤、緑、青それぞれのLEDを別々の信号で変調することにより、一見したところでは白色光であるにもかかわらず、三つの異なる信号を同時に送信することが可能である。受信側では、特定の波長域だけを通過させる光学バンドパスフィルタに受信信号を通すことによって、一つの



信号だけを取り出す(図4)。これが、色多重可視光通信である。

6 プロトタイプシステムの試作

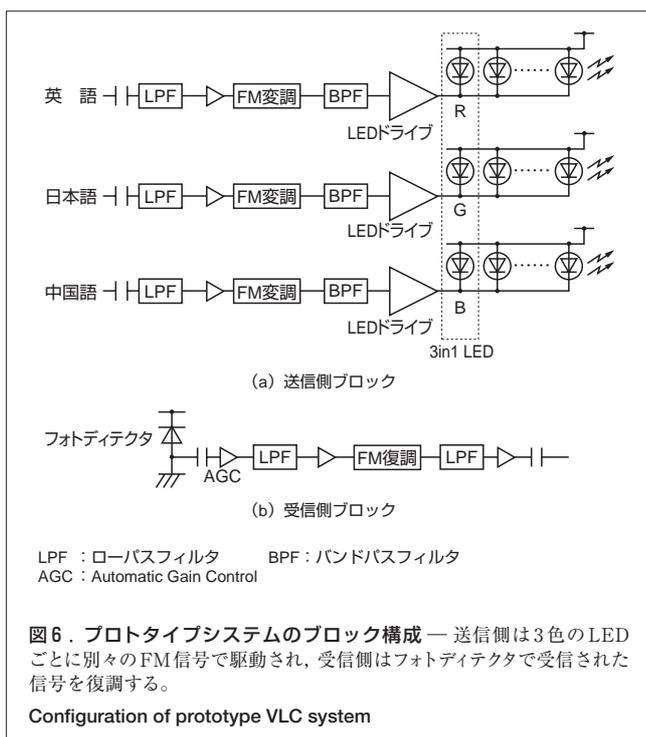
今回、この色多重可視光通信システムのプロトタイプを試作し、評価をした。プロトタイプの外観を図5に、システムのブロック構成を図6に示す。

送信側は、道路情報板をイメージしたボードにLEDをアレイ状に配置し、使用したLEDは3in1タイプと呼ばれる、赤、緑、青のLEDデバイスをワンチップに内蔵したものである。それぞれの色のデバイスを異なる3種類の変調された信号で駆動した。

変調方式は、キャリア周波数2.8 MHzのFM (Frequency Modulation) 変調を採用した。これは比較的簡単に試作が可能であることと、S/N (信号と雑音の比) が良いことによる。

一方受信側は、フォトディテクタの前面に赤、緑、青の3種



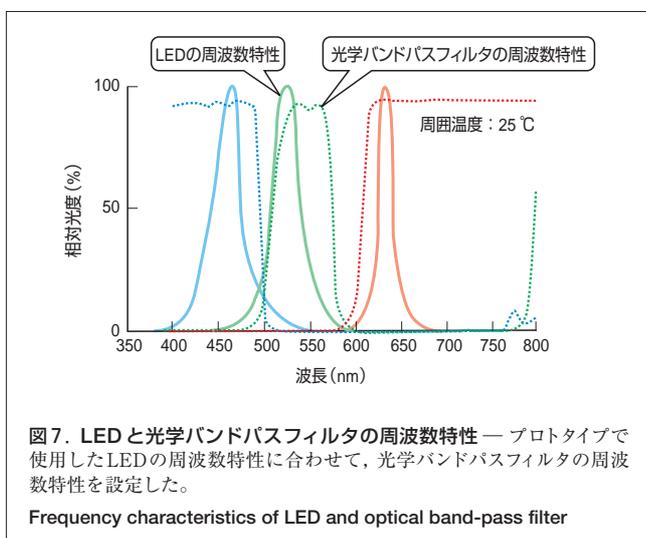


類の光学バンドパスフィルタを配置し、どれか一つを使って1種類の信号成分だけを取り出せるようにした。

送信データには、違いがわかりやすいように日本語、英語、中国語のナレーションによる音声信号を用いた。

7 評価

送信LED側の各色の周波数特性と光学バンドパスフィルタの周波数特性を図7に示す。LEDの特性は緑と青が接近している。一方、光学バンドパスフィルタはLEDのそれぞれの中心周波数に合わせたものを使用した。



LEDの緑と青の特性が接近しているため、その分離が可能であるか懸念されたが、結果としては、一定レベル以下の信号をミュート(消音)することにより、光学バンドパスフィルタを用いて3種類の信号をきれいに分離して取り出すことができた。

8 考察

今回のプロトタイプ試作により、可視光通信を用いて、視覚的に受け取る情報とはまったく異なる情報を、複数同時に伝送することが可能であることが確認できた。

これにより、例えば、道路情報板から視覚的に表示されているのとはまったく異なる複数の情報(天気情報、行楽地情報、最新ニュースなど)を、同時に通信する応用が可能である。あるいは、道路情報板に視覚的に表示されている情報の詳細を日本語、英語、中国語などで通信する応用も考えられる。

しかし、これを実際の道路情報板に適用する場合には、解決しなければならない課題が多くある。例えば、通信距離は数十m必要であること、太陽光の下でも影響を受けないようにする必要があり、車側の受信器をどのような形で車両に取り付けるか検討が必要であること、などである。

今後、これらの課題について引き続き検討していく。

9 あとがき

可視光通信技術は原理的には新しいものではないが、LEDが光源として利用され始めたまさに今、その応用への扉が開かれたところである。

しかも、ITS分野には光源が多く、可視光通信システムが幅広く応用できるものと期待している。

文献

- (1) 中川正雄 監修, 可視光通信コンソーシアム 編, 可視光通信の世界, 工業調査会, 2006, p.105-109.



鈴木 勝宜 SUZUKI Katsuyoshi

社会システム社 社会システム事業部 官公システム技術部長。道路情報システムの研究・開発・エンジニアリング業務に従事。

Infrastructure Systems Div.