

可視光通信の動向とITSへの応用

Trends in Visible Light Communication and Application to ITS

島田 重人 武田 洋子

■ SHIMADA Shigehito

■ TAKEDA Yoko

低炭素社会を目指す環境改善へのグローバルな動きは、照明の世界においても、従来の白熱電灯から二酸化炭素 (CO₂) の排出量が少ないデバイスへの移行を促している。

近年、改良が進んだ結果、輝度が大幅に向上したLED (Light Emitting Diode: 発光ダイオード) は、今後の照明器具として脚光を浴びているが、加えて安全性やセキュリティなどの面で優れているため、通信への利用も注目されている。既に、LEDなどを利用した可視光通信の標準化や普及促進は数年が経過し、様々なシステムへの応用が検討されてきたが、最近ではITS (Intelligent Transport Systems: 高度道路交通システム) の分野において、遠距離にある移動体との通信手段としても期待されている。

With the aim of realizing a low-carbon society on a global scale, conventional incandescent lamps are being replaced by new devices with smaller emissions of carbon dioxide (CO₂). The brightness of light-emitting diodes (LEDs), the next-generation lighting device, has been improving in recent years, and LEDs are also expected to be applied to communication systems because of their excellent safety and security. The application of visible light communication utilizing LEDs to various areas of Intelligent Transport Systems (ITS) has been progressing recently accompanying efforts to promote standardization and dissemination.

Toshiba has been participating in a pilot program to demonstrate mobile telecommunications using visible LED light, and has been engaged in research and development of practical applications.

1 まえがき

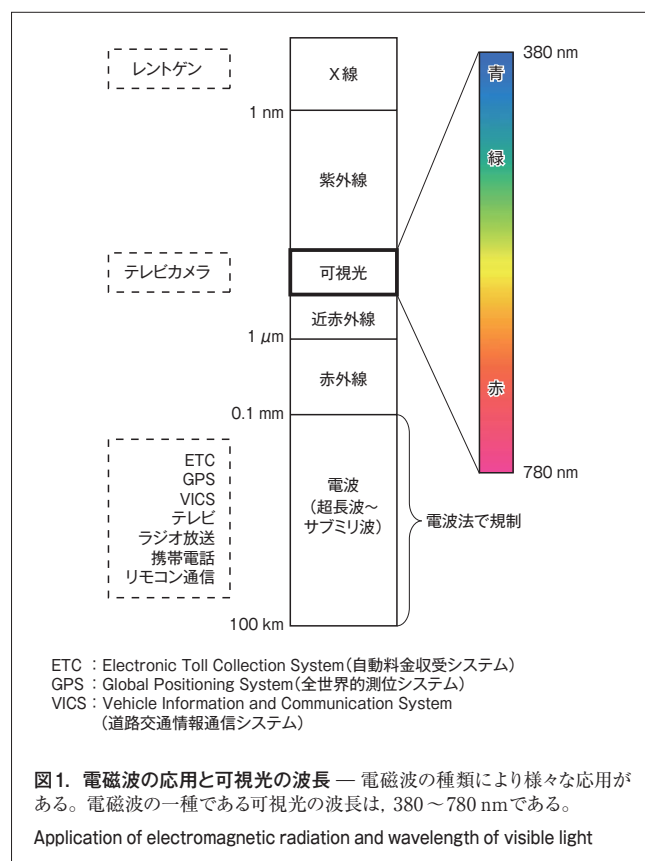
可視光通信とは、目に見える光である“可視光”を使った新しい通信技術である。これは、LEDなど半導体素子の高速応答性を利用して可視光によって情報を発信し、フォトダイオードやCMOS (相補型金属酸化膜半導体) などの素子で受信してデータ通信を行う技術である。ここでは、可視光通信の動向とITSへの応用について述べる。

2 可視光通信の特長

可視光は、図1に示すように電磁波の一種であり、その波長は380～780 nmで、太陽光や照明に含まれている。

可視光通信が近年脚光を浴びてきている理由として、LEDが照明器具などへ普及すると、照明器具を利用した通信^{(1), (2)}が可能となること以外に、環境やセキュリティなど社会の動向にマッチした次のような特長があることも挙げられる。

- (1) 目に見える光であるため、通信可能エリアがわかりやすいという特長があり、情報の発信源を認識しやすい。
- (2) 可視光通信は、通信範囲を限定することができるため、高精度な位置情報の提供や展示案内など、歩行者に適した用途を実現しやすい。



- (3) 通信媒体は日常接している光で、電波ではないため、人体や電子機器への影響などが起きにくく、地下や病院など、電波の届かない場所や使えない場所でも使用できる。
- (4) LEDを用いた信号機や灯台などの既存のインフラを利用し、通常のLED照明で通信ができる。

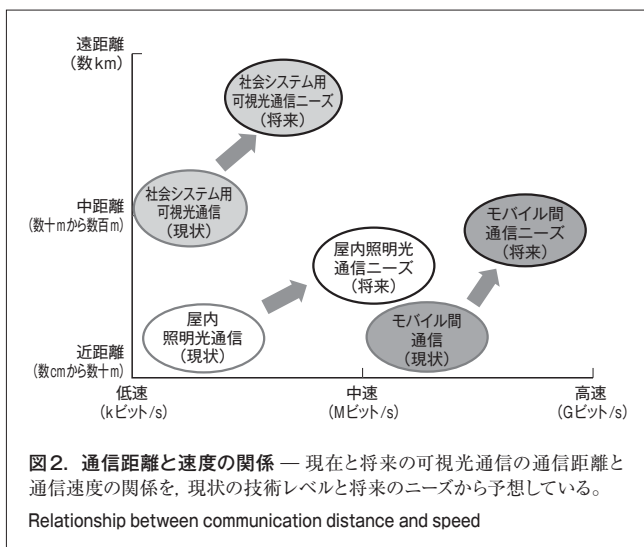
3 可視光通信技術の動向とITSでの位置づけ

3.1 技術動向

個人や一般家庭に普及している携帯電話やインターネットの通信機器、照明器具などをコンシューマ機器と呼ぶとすれば、道路照明灯、道路上で事故などを表示する情報板、鉄道や道路の信号機、船舶へ位置を知らせる灯台などは社会システムへの用途と言える。社会システムは、人や物を対象として、社会生活を維持することが主な目的であり、その役割として安全と安心、環境や衛生、円滑性や快適性を確保することが挙げられる。人への情報提供を例に挙げれば、信号機は赤、黄、青の三色を表示し、車や歩行者に停止、注意、発進、又は横断の可否など、安全上重要だが少量の情報を提供している。

一方、携帯電話やノートパソコン(PC)などのモバイル機器では、様々な分野における詳細な情報を検索し、写真などの静止画やビデオなどの動画といった大量な情報を提供している。このように、社会システムにおける情報量とコンシューマ機器を使用した個人が取り扱う情報量は大きく差があると考えられる。また、情報板や信号機、灯台の情報提供対象となる歩行者や車、船舶は、可視光源から数十mから数km程度の距離に位置しており、情報提供元から不特定多数に対して文字や信号により情報提供を行っている。

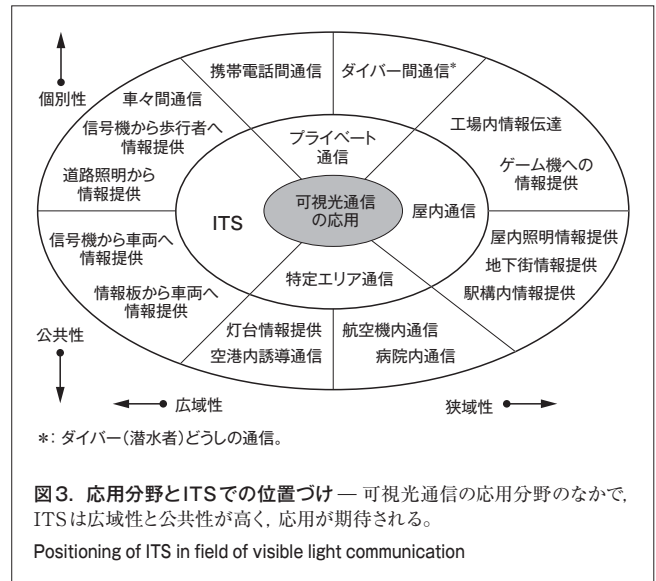
また、コンシューマ機器については無線や有線を用いて情報を送信しているが、光の応用という面では、赤外線データ通信を用いて1m以下のごく近距離で情報交換ができるレベルが



現状と言える。現在と将来の可視光通信の通信距離と通信速度の関係を、現状の技術レベルと予想されるニーズから図2に示す。

3.2 応用分野とITSでの位置づけ

可視光通信の応用が考えられる分野を図3に示す。縦軸には公共性を、横軸には広域性をとって各種用途を検討してみた。当然の結果かもしれないが、社会システムについては公共性と広域性が高い分野に応用が多いことがわかる。



3.3 ITSで必要となる実用化技術要件

ITSは可視光通信の応用分野として期待できることを前節で示したが、この分野での実用化を推進するために、コンシューマ機器で利用される可視光通信に比べて、以下のような要件を備えていることが必要になると考えられる。

- (1) 移動する対象物との通信 車両や歩行者などの移動

要件	水準	
	現在	将来
通信距離	短い	長い
明るさ	一定	変化
走行速度	遅い	速い
位置変移	なし	あり
双方向通信	片方向	双方向
振動	屋内	車上
大気の影響	屋内	屋外

図4. ITSへ応用するための環境条件と技術要件 — 将来、ITSへ可視光通信を応用するための環境と技術の要件である。技術水準を、“現在”から“将来”に対応できるまで高める必要がある。

Usage environments and technological requirements for ITS application

体と道路照明灯などの固定された路側装置、あるいは、車両間などの移動体間での安定した通信ができること

- (2) 明るさの変化に対して安定 屋外で使用される通信であるため、昼間、夜間、薄暮れどきなど周囲の明るさの変化に対して安定した通信ができること
- (3) 振動に対して安定 道路脇のポール上や走行中の車両に搭載されるため常に振動があるが、振動中でも安定した通信ができること
- (4) 双方向通信 片方向通信で不特定の受信者へ送信する放送型のITS応用も多いが、発信元となる光源へ確実に光信号を返信するための双方向通信もできること

将来、ITSへ可視光通信を応用するために解決する必要がある、環境条件と技術要件を図4に示す。

4 可視光通信のITSへの応用

4.1 応用形態

可視光通信のITSへの応用では、数十m～数百mの中長距離において、発信源から発信される光を確実に受信することが必要になる。この技術が実用化されると、可視光通信による路車間通信と車々間通信(図5)ができるようになる。

近年LEDの道路照明灯、情報板、交通信号機などへの採用が普及しつつある。路側から車への情報提供や信号伝達では、路側のLED照明灯から情報を発信することで、交通状況や車両位置など場所ごとに異なる情報を提供することができると考えられる。

また、車々間通信では、車のLEDテールランプから情報を発信することで、後方車両へ情報の伝達や交換ができ、事故発生

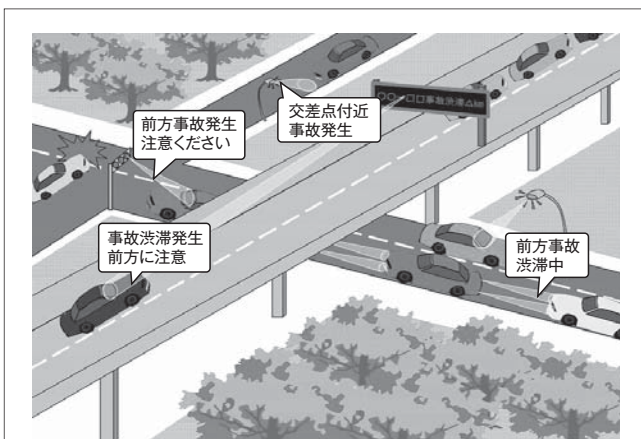


図5. 可視光通信を応用した路車間通信と車々間通信のイメージ— 信号機や情報板などLEDを用いる路側装置から車両へ交通情報の詳細を伝達したり、LEDの導入が期待されるヘッドライトや導入が進んでいるテールランプを利用して、後方車両への周辺交通情報の伝達が期待されている。

Roadside-to-vehicle communication and inter-vehicle communication applying visible light communication

時や緊急停止時の情報伝達手段としても応用が考えられる。

4.2 遠距離通信実験の事例

可視光通信をITSへ応用するためには中長距離通信が必要であるが、このたび東芝は、更に遠方の数百mから数km先への通信の可能性を実証する実験に参加した。その成果について次に述べる。

2008年10月に千葉県九十九里浜で、灯台への応用を考慮して、遠距離可視光通信の可能性を確認するために基本的な送受信実証実験が実施された。当社も発信制御装置と受信装置を開発し、実験に参加した。ちなみに、現在の灯台の数は、海に浮かぶ約1,300基のブイを含め全国に5,300か所ある。防波堤にある中型の灯台の約60～70%は既にLEDとなっており、また、ブイのほとんどがLEDになっている。そこで、灯台への可視光通信の応用が検討されており、海上保安庁とVLCC (Visible Light Communication Consortium : 可視光通信コンソーシアム) が共同で、長い海浜を利用して遠距離通信実験を行った。

遠距離可視光通信を応用した灯台システムは、灯台の名称や位置などの固定情報及び付近の波高などの動的情報をLEDを用いた文字情報として発信することで、船舶に対する航行支援を行うことが期待される(図6)。今回の実験に用いた灯台の発信制御装置は、このような将来のシステムをイメージして開発したもので、実用化されているLED灯器に接続して情報を発信した。発信制御装置は、情報入力装置としてのPCから入力された情報を可視光通信信号に変換し、LED灯器を駆動するものである(図7、図8)。

受信装置は、CMOSイメージセンサを用いたカメラと汎用CPUを用いた画像受信処理装置で構成され、可視光を受信し、撮影した画像からソフトウェアによる画像処理を行い受信情報を表示するものである。CMOSイメージセンサと画像処理技術を用いた新しい可視光通信技術を採用しており、数百

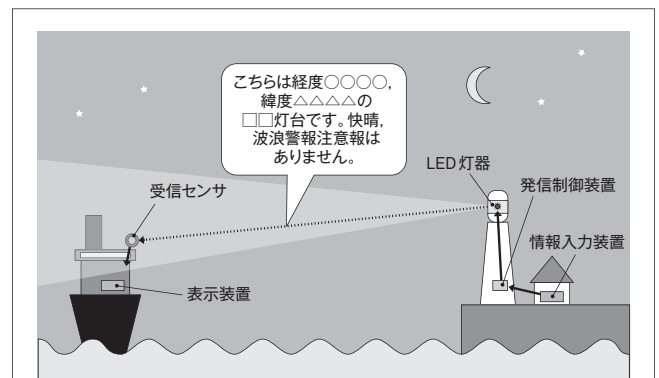


図6. 灯台システムへの応用イメージ— 灯台からの閃光(せんこう)を用いた可視光通信のイメージである。夜間、灯台付近を航行する船舶へ、灯台の位置や付近の気象情報を可視光に載せて送信することが期待される。

Image of lighthouse system



図7. 送信側のLED灯器及び発信制御装置 — 発信制御装置は、入力された情報を可視光通信信号に変換し、LED灯器を駆動する。

LED lighthouse device and transmission controller

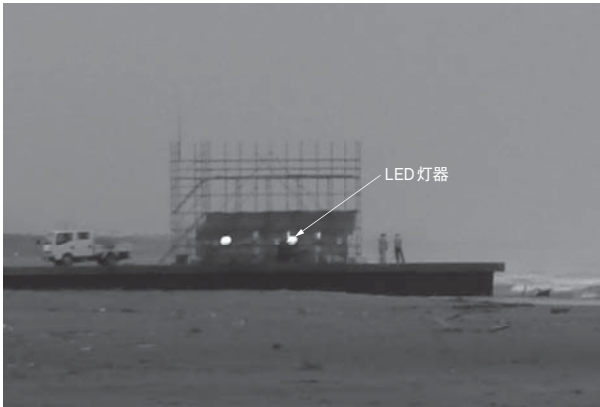


図8. 遠距離から見た送信側のようす — LED灯器を遠方から見ると、光っている部分の大きさは肉眼で確認できるが、相当小さく見える。

Transmission-side situation seen from distance

m以上の遠距離通信ができるとともに、屋外の明るさの変化に対してロバスト性（外乱などに対する頑健性）が高いことが特長である。

この実験では、遠距離地点間の可視光通信を行い、発信装置から1 kmの地点において、1,200ビット/sの速度で情報を受信できた（図9）。

5 あとがき

可視光通信はLED照明の普及とともに、飛躍する機会をまもなく迎えようとしている。しかし、光ファイバを用いた高速通信、携帯電話による無線通信、及び無線LANなど高速な通信が既に一般に普及しており、これらと競合してまで可視光通信の技術を高性能化することには疑問がある。むしろ、既



図9. 1 km地点での受信実験のようす — 受信装置は、CMOSカメラと画像受信処理装置で構成され、撮像対象から可視光を受信し、受信情報を表示したことを確認した。

Reception situation at 1 km point

存の社会インフラに用いている可視光光源や照明に付加した通信、安全性やセキュリティを重視した通信など、可視光通信の特長を生かした用途を見つけて応用することがポイントであると考えている。

このような観点から、当社は、ITSへの可視光通信の応用技術や応用システムの研究開発を進めているが、更に、ITSでの用途の発掘を行うとともに有望なシステムの実証実験を進め、実用化と普及の実現に寄与したいと考えている。

謝 辞

LED灯器を用いた遠距離通信実験に対し多大なご協力をいただいた、海上保安庁及びVLCC事務局に感謝の意を表します。

文 献

- (1) 鈴木勝宜. 可視光通信システムのITSへの応用. 東芝レビュー. 61, 8, 2006, p.20-23.
- (2) 上野秀樹, ほか. 可視光IDシステム. 東芝レビュー. 62, 5, 2007, p.44-47.



島田 重人 SHIMADA Shigehito

社会システム社 社会システム事業部 道路システム技術部参事。
ITS及び道路システムの研究・開発、エンジニアリング、及び可視光通信システムの研究に従事。
Infrastructure Systems Div.



武田 洋子 TAKEDA Yoko

社会システム社 社会システム事業部 道路システム技術部。
道路システムのシステムエンジニアリング、及び可視光通信システムの研究支援に従事。
Infrastructure Systems Div.