

# 可視光通信

市川 耀, 吉田 健太  
Hikaru ICHIKAWA, Kenta YOSHIDA

## 1 はじめに

近年, ネットワークの普及に伴い通信は急速に発展している. 通信は有線通信, 無線通信に分けられるが, 有線通信には配線が必要であり, 無線通信の主流である電波通信は人体への影響や電波法による制限が課せられている.

そこで無線通信の一つである可視光通信 (Visible Light Communication : VLC) が注目されている. 可視光通信とは, 赤色から紫色までの人間の目に見える光線を用いた無線通信方式である. 通信に使われる波長の範囲は 380 nm~780 nm である. 可視光通信は, 2009 年 1 月から IEEE 802.15.7 で標準規格が策定され, 現在も更新中である<sup>1)</sup>.

## 2 可視光通信

### 2.1 可視光通信の特徴

可視光通信の利点として以下のものがあげられる.

- 身体に影響がなく安全である
- 照明としての機能と通信機能を両立できる
- 通信範囲を制限できる

電波を使わない通信であるため電波の使うことのできない病院内, 飛行機内でも使うことができ, 電波法の規制を受けない通信ができる. また, 光が当たる部分のみ通信できるため, 遮光をすれば外部に通信が漏れない.

しかし, 欠点としては自然光, 人工光を問わずノイズとなる光が多いことや遮光されると通信ができないといった点がある.

### 2.2 可視光通信の歴史

可視光による情報のやりとりは古くから使用されている. 例えば狼煙, 光を用いたモールス信号, 灯台, および信号機などがある. また, 送信機と受信機を用いた可視光通信の世界初の実験は Alexander Graham Bell による実験であるといわれている. 1880 年に Photophone という機械で 213 m の距離の音声伝達を可視光通信用い成功させた<sup>2)</sup>. LED 照明の普及に伴い, 可視光通信によるデジタル通信の研究が 1998 年にはじめられた.

### 2.3 可視光通信の変調方式

可視光通信の変調方式として, ASK (Amplitude Shift Keying), PPM (Pulse Position Modulation) がよく用いられる.

- ASK 変調方式  
ASK 変調は振幅偏移変調とも呼ばれる. 信号値の有

無によってデジタルデータを表す. その中でも最も単純なオンオフ変調 (On-Off-Keying : OOK) 変調がよく用いられる. その例を Fig. 1 に示す.

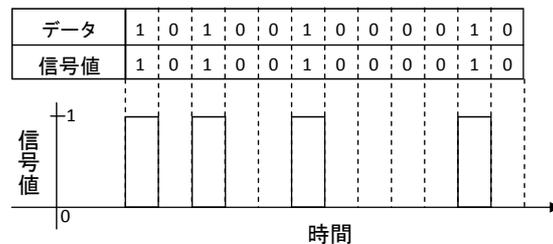


Fig.1 オンオフ変調 (OOK) の変調方式

### ● PPM 変調方式

PPM 変調は 1 シンボル内の信号の値によってデータを表し, 情報を送る方式である. 例えば 1 シンボル内を 4 つに分割した場合には 4PPM, 8 つに分割した場合には 8PPM となる. また, 1 シンボル内の信号値の集合をデータシンボルという. 4PPM の場合のデータとデータシンボルの関係を Table 1 に, モデルを Fig. 2 に示す.

Table1 4PPM におけるデータとデータシンボルの関係

データシンボル	データ
1000	00
0100	01
0010	10
0001	11

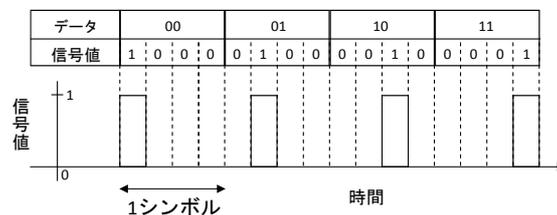


Fig.2 4値パルス位置変調 (4PPM) の変調方式

### 2.4 可視光通信の通信方式

転送効率の向上を図るために光波長多重化通信 (Wavelength Division Multiplexing : WDM) やイメージセンサによる通信が用いられることもある. WDM は複数の異なる波長の光信号を同時に送信することによって通信

する方式である。フォトダイオードの前にフィルタを置き特定の波長のみを通すことで各波長を個別に分類することが可能であるため、高速化が可能である<sup>3)</sup>。Fig. 3にWDMの簡単な構成例を示す。赤色LED、青色LEDで多重化して送信し、2つのフォトダイオードの前にそれぞれの色に対応したフィルタを置き赤色と青色を分離し、DATA1とDATA2を取り出す。

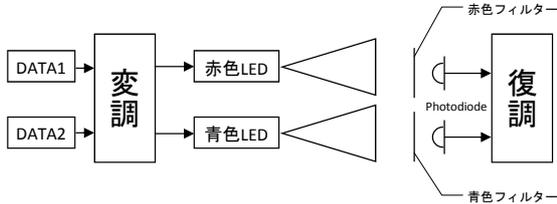


Fig.3 光波長多重化通信 (WDM) の変調方式

可視光通信で受信機にイメージセンサを用いた通信をイメージセンサ通信と呼ぶ。イメージセンサを用いた場合、単体のフォトダイオードを用いた通信よりも高度な通信ができ、次のような特徴がある。

- 外乱や干渉に強い
- 複数のチャンネルが受信可能になる
- 長距離通信が可能である

送信機以外の光源のノイズやLED光が複数ある場合フォトダイオードでは光源が判別ができない。しかし、レンズを介したイメージセンサであればイメージセンサ上に投影される場所が光源ごとに違うためノイズを排除することができる。

また、1画素さえ映っていればよいので、数十m程度の距離からの通信距離も確保できる。LED灯台の光を用いた実験で2kmの距離の通信に成功した例も存在する<sup>4)</sup>。

### 3 可視光通信の応用例

可視光通信で実験や利用が行われている例を紹介する。

- 10 Mbps VLC 無線 LAN<sup>5)</sup>  
ネットワークにつながったベースステーションという機器を取り付け、パソコン側に接続した子機と通信する。下り回線はベースステーションの照明で通信し、上り回線は子機に搭載されている赤外線通信機によって通信する。
- LED 可視光通信で 614 Mbit/s 達成<sup>6)</sup>  
この研究は三原色型 (赤, 緑, 青) 白色 LED のうち、通信用として赤色のみを用い、他の二色は常時点灯したままであるという特徴がある。赤色 LED は他の二色と比べてフォトダイオードの感度が高いため採用された<sup>7)</sup>。一色のみを用いたことで変調のための回路がシンプルになり反応速度が上がり高速化が可能になった<sup>8)</sup>。Fig. 4 に実験での構成を示す。<sup>8)</sup>のように青色、緑色は常時点灯し照明機能としてのみ利用しているため変調を介しておらず、赤色のみ

を変調することで高速通信が可能になる。

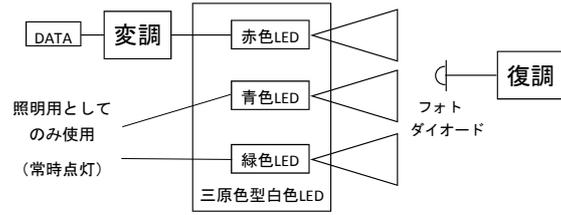


Fig.4 実験のモデル

- LED 可視光通信で 3 Gbit/s 達成<sup>9)</sup>  
市販のLEDは帯域幅が30MHz程しかないが、180MHzの帯域幅を出せるLEDを開発し、1単光色あたり1Gbit/sを実現し、通常のLEDでは3原色からなるため、3Gbit/sの速度が可能である。

### 4 今後の展望

可視光線通信はまだ発展途中であり、多くが研究段階である。しかし、LED照明のさらなる普及や簡易的な受信デバイスとしても使用できるスマートフォンの普及などにより可視光通信の需要は発展とともに今後さらに高まることが予想できる。灯台、信号機、自動車のヘッドランプ等にもLEDを用いたものが登場しているため、交通情報の通信など新たな新たな分野での通信も期待できる。

### 参考文献

- 1) IEEE 802.15.7 Task Group.  
<http://www.ieee802.org/15/pub/TG7.html>.
- 2) 東京、可視光通信コンソーシアム——未来の通信、実用化へ合流 (新人脈地脈) led next stage.  
<http://www.shopbiz.jp/ld/news/93252.html>.
- 3) Optics InfoBase: Optics Express - Demonstration of 575-Mb/s downlink and 225-Mb/s uplink bi-directional SCM-WDM visible light communication using RGB LED and phosphor-based LED.  
<http://www.opticsinfobase.org/oe/fulltext.cfm?uri=oe-21-1-1203&id=248312>.
- 4) 可視光通信コンソーシアム (VLCC) - 灯台サブプロジェクト.  
<http://www.vlcc.net/modules/xpage2/index.php?id=3>.
- 5) 10Mbps Visible Light Transmission System.  
<https://mentor.ieee.org/802.15/dcn/08/15-08-0171-00-0v1c-10mbps-visible-light-transmission-system.pdf>.
- 6) LED 可視光通信で世界最速: 614Mbit/s を実現近畿大学工学部・藤本教授、単独光源・市販部品で—— 低コスト・高速通信システムを確立 —— プレスリリース - 近畿大学.  
<http://www.kindai.ac.jp/topics/2012/10/led614mbits.html>.
- 7) 三原色型白色 LED による高速照明光通信の一検討 (B-10. 光通信システム B(光通信), 一般セッション).  
<http://ci.nii.ac.jp/els/110007869495.pdf>.
- 8) 照明用白色 LED を高速光通信に活用できる新技術.  
<http://www.jstshingi.jp/abst/p/10/1065/kan83.pdf>.
- 9) Components for Visible Light Communication up to 3 Gbit/s - Fraunhofer HHI.  
<http://www.hhi.fraunhofer.de/en/fields-of-competence/photonic-networks-and-systems/solutions/components-for-visible-light-communication-up-to-3-gbits.html>.