

K-054

## 視覚障がい者のための LED 可視光通信による情報確保 Information Ensuring by LED Visible Light Communication for the Visually Impaired

異 久行<sup>1</sup> 河原 正治<sup>1</sup> 村井 保之<sup>2</sup> 荒木 智行<sup>3</sup> 宮川 正弘<sup>1</sup>  
Hisayuki Tatsumi Masaji Kawahara Yasuyuki Murai Tomoyuki Araki Masahiro Miyakawa

### 1. はじめに

可視光通信とは、可視光素子として照明や信号に使われている LED を、高速に点滅させてデータを符号化することにより、視覚では可視色にしか見えない光に情報を付加する技術である[1]。例えば、歩行者用信号機に安全情報を付加することで、受光器を持った視覚障がい者が信号の色や残り時間を知ることができる。

本研究は、可視光通信を利用した視覚障がい補償について、どのような情報確保や補償支援が行えるかを試作機を用いて検討した報告である。作成した試作機は、PSK 変調を用いた搬送波周波数 40KHz、通信距離 3m 以内の汎用型装置であり、現在これを使って、視覚障がい支援についての基礎的な通信実験を行っている。

### 2. 試作機器の開発

我々は、可視光通信機器を開発するにあたり、情報がデジタル信号の2値(0 または 1)に対応して光の位相を切り替える PSK (Phase Shift Keying) という変調方式を採用した。その理由は、雑音に強く確実な通信を実現できるからである。しかし、PSK 変調の回路は一般に複雑になることが知られている。

図1に、作成した実験用可視光通信機器を、図2に、可視光通信の実験を行った様子を示す。



図1. 実験用可視光通信機器

図2において、赤丸が送信機側(砲弾型 LED 素子)、白四角が受信機側、白四角内の黄丸がフォトダイオードで、約1mの距離で可視光通信を行っている。送信機側からの搬送波周波数は40KHzであり、外乱光としてLED懐中電灯(同色333Hzで点灯)を加えても、搬送波に影響なく可視光通信を行う。

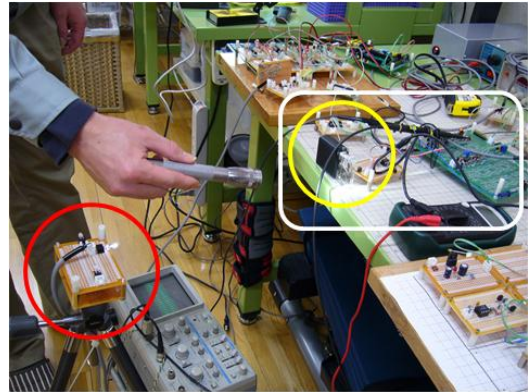


図2. 可視光通信の実験

弱視者は夜盲をもつ(夜は見えなくなる)者が多い。本実験により、LED懐中電灯に可視光通信機能を付加させて、他者が携帯している一般のLED懐中電灯の光が重なっても問題なく可視光通信が可能である。

### 3. データ通信実験

我々は、最終的には、図1の実験用可視光通信機器をもとに、図3に示すパソコン接続可能なデータ通信実験用の可視光通信試作機を作成した。この試作機を用いて、パソコンからRS-322C経由で送ったデータをLEDの高速点滅で符号化し、これが正しく可視光で通信できているかを実験した。



図3. データ通信用可視光通信試作機

図4に、可視光通信のデータ通信実験を行った様子を示す。使用した通信ソフトは、Windows VISTA用のテラターム(teraterm)であり、通信速度を38,400bps、データ長は8bit、パリティなし、ストップビットは1bit、フロー制御はなし、で通信環境を設定している。可視光通信時の

1 筑波技術大学, Tsukuba University of Technology  
2 日本薬科大学, Nihon Pharmaceutical University  
3 広島工業大学, Hiroshima Institute of Technology



図4. 可視光通信のデータ通信実験

1 パケット長は8バイトに制限しているため、TSUKUBAの7バイト文字を16進数表記にしてPCから転送したところ、確かに正しいデータ転送が行われた。

この装置では、発光器と受光器が正対している場合、信号を常に受信している扱いになる。一般的に無変調と呼ばれる、信号が変調されていない状態であるが、PSK通信の特徴として、1もしくは0を連続受信しているのと等価となる。無変調部分と変調部分の区切りの認識は、プリアンブルと呼ばれる1と0の繰返しを送受信することで行なうが、この装置のファームウェアでは、このプリアンブルが1Byte長と短くなっており、1と0の繰返しが4回続くと“信号を受信”と認識してデータの復調を始める（ファームウェアは簡易な作りのため、PSKの特徴を検証するのに便利である）。

データ通信実験で使用しているLEDは型番LXHL-PE09（VF 3.70[V]、光束 80[lumens]、シアン色）であり、回路電圧が18[V]なので、LEDに印加する電圧は14.3[V]となるが、実際にLEDに印加される電圧は10[V<sub>p-p</sub>]程度（実測値）であり、LEDが最も明るく光る瞬間は100[mA]程度の電流が流れていると想定できる。よってLEDの明るさは11.4[lumens]程度と推測される。また、LEDに付属しているレンズは型番LXHL-NX05（視野角20度、指向特性10度）である。

データ通信実験の結果は、視野角0度では、2m以内はほぼ100%正しく通信可能、2.5mを超えると通信エラーが目立ったが、LEDや受光部のフォトダイオードの前に光学レンズを配置した所、3倍の倍率レンズを使用して3m以内ではほぼ100%の正しい通信を確認した。

図5に、通信実験の結果を示す（通信距離の測定実験は、図4に示すように、レーザー距離計にLEDを装着して行なわれた）。図5の縦軸は、LEDとフォトダイオードとの間の距離が0.1m間隔で3mまで、横軸は、視野角20度から-20度の5度間隔で測定した結果であり、色がついている部分が通信可能領域、また、色が濃いほど（5段階階級）通信の精度が高いことを示している。

#### 4. 視覚障がい補償への取り組み

人間の行動や判断の多くが視覚に依存しており、それゆえに、可視できる情報は多彩である。信号や公共サインに見られるサイン光は、それ自身が行動や社会の営みに

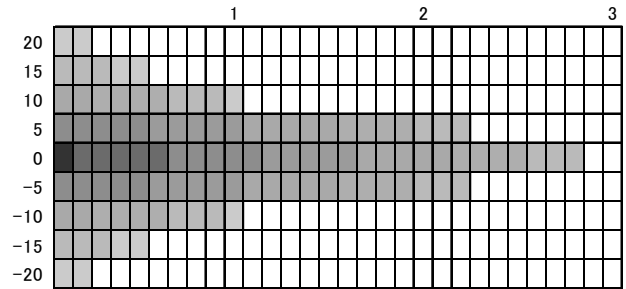


図5. データ通信結果

多大な影響を与えるので、晴眼者のみならず、共に暮らす視覚障がい者にとっても大事な行動規則やランドマークとなる。本研究の目標は、照明、信号、電光掲示、案内表示等の情報を、可視ができない視覚障がい者にも晴眼者と同等に提供するというインフラ社会を構築することである。我々は現在、本研究で得られた成果を、LED街路灯での街区情報の付加や、室内向けの高精度測位に利用することを考えている。特に、室内向け測位の応用として、弱視者が利用する拡大読書器の照明をLED可視光素子で行うことで、拡大文字位置の検出や位置補正に活用する支援研究に展開するつもりである。

なお、新潟大学では蛍光灯による可視光通信が研究されており[2]、視覚障がい者を対象とした応用方面の研究も行なわれている。

#### 5. まとめ

現在、作成したデータ通信実験用の可視光通信試作機を用いて、視覚障がい補償に向けた基礎的な可視光通信データを収集・検証している。また、視覚障がい支援に適したLED光の調査、特に、弱視者のグレア（視機能低下を起こす光、波長が短い青色光が眼内で散乱を起こすことが多い）を軽減するようなLED光や自動調節も調査中である。我々は、個々の視覚障がい者に配慮した補償、すなわち、可視光通信技術とユビキタスコンピューティング技術の融合による視覚障がい補償の確立を目指している。また、可視光の変調や復調の調査、遠距離の通信を可能とするような光軸の同期、通信時における個人認証セキュリティ、特にサイドチャンネルアタック（漏洩光や消費電力による通信情報解析）の防止など、工学的な問題も検討中である。

**謝辞：**本研究は、平成21年度国立大学法人筑波技術大学競争的教育研究プロジェクト事業“可視光通信技術を利用した視覚障害補償の検討とその基礎研究”の助成を受けて行われた。ここに記して謝意を表す。また、機器を製作・納品いただいた、ビー・スペース社およびキース社に深謝する。

#### 参考文献

- [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”，ISBN4-7693-1251-2，工業調査会，2006。
- [2] 伊藤，牧野，西森，小林：“蛍光灯通信と自律航法による屋内歩行者位置推定手法”，2010年電子情報通信学会総合大会論文集（DVD），B-20-50，pp.634（通信講演論文集2），2010。