

# LED-to-LED 通信のための色相偏移変調方式の検討

学生番号 7310130 古澤 直人

## 1 はじめに

近年、人間の目で見ることができる可視光領域の電磁波を用いた可視光通信が注目を浴びている。電波に対して波長が非常に短い可視光を用いるメリットは、波が回折することなく直進するので送信者を容易に認識できること、照明機器を利用すれば電波の届きにくい室内や地下でも通信が可能であること、可視光領域による通信には現在のところ法的規制がないことなどがあげられる。

一般的に可視光通信では受光素子にフォトダイオードが用いられるが、受光側にも LED を用いることで双方向通信が可能になる。従来の LED-to-LED 通信では単色の LED の光のオン・オフのみで情報を送っていたため、高速化には受信機や送信機などのハードの性能の向上が必要不可欠であった。そこで今回の研究では LED-to-LED 通信に対して、IEEE 802.15.7 で提案されている情報変調法である色相偏移変調(color shift keying : CSK)を用いることによって、従来の方式とは違うベクトルでの高速化、つまりは 1 シンボルあたりの情報量を向上させる事をめざす。

## 2 Color Shift Keying

IEEE によって標準化されている CSK [1]では、受信にフォトダイオードを用い、xy 色度図上に配置された信号点を R, G, B の 3 色の LED で表現する。R, G, B の LED のパワー比率を変化させることで図 1 の三角形内全ての色を表現可能である。4 値 CSK の場合、3 光源とその重心に 2 ビットデータを割り振る。xy 色度図とは、R, G, B のうち R の割合を x 軸, G の割合を y 軸とすることで全ての色を表現可能な表色系のことである。[2]

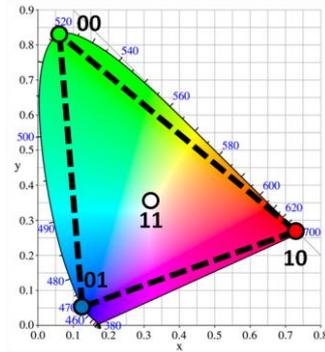


図 1 x y 色度図と信号点配置例

## 3 提案方式

LED-to-LED 通信で CSK 方式を行う場合、3 色の LED の受信感度の違いが問題となる。図 2 は各色の LED の受信感度の違いを比で表したものである。

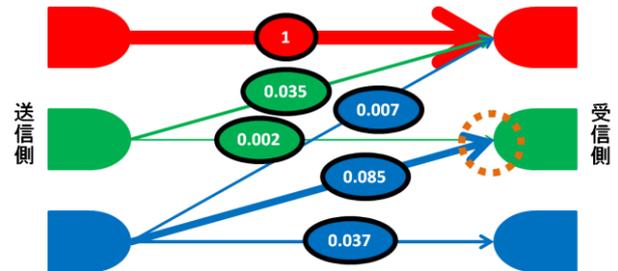


図 2 各色の LED の受信感度の比

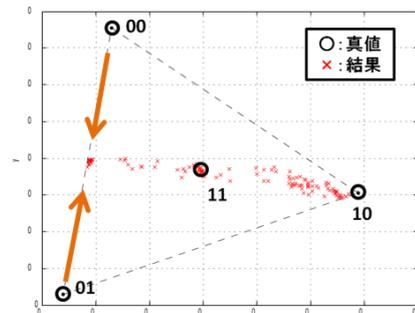


図 3 標準化方式でのコンスタレーション

図 2 からわかるように、緑の信号が赤、青に比べて受信感度が低いとため緑の信号と青の信号の区別がつかず、図 3 のように青と緑のコンスタレーションが中間に集中してしまう。この問題点を改善するための方式を提案する。

### 3.1 信号点の設計

図 4 に示すよう、受光することが難しい緑にはあえて信号を送らずに赤と青のみで信号点を設計する。

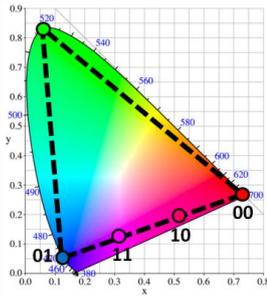


図 4 提案する信号点配置

### 3.2 色の偏りの補正

赤と青の2色のみで通信を行うと発光色に偏りが出てしまうため、緑を色補正用として点灯させる。例として CSK を照明として用いる場合、発光色は白色付近が好ましい、そこで図 5 のように色補正を行う。

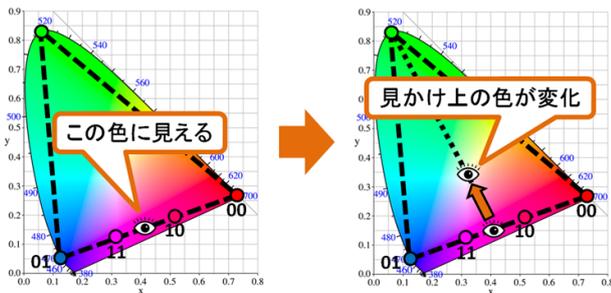


図 5 色の偏りの補正

## 4 試作

今回実験に用いたシステムを図 6 に示す。FPGA で信号を作成し、DA 変換した値を送信機へ送り LED を光らせる。その光を受信機の LED で受けとり、オシロスコープで観測し MATLAB を用いて復号を行った。

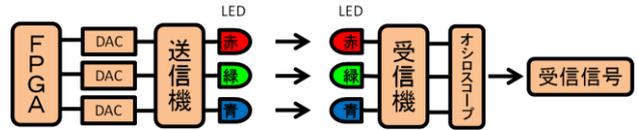


図 6 実験システム

## 5 評価

提案した信号点配置のもとで 2 ビットのランダム信号を送信し、評価を行った。結果を図 6 に示す。

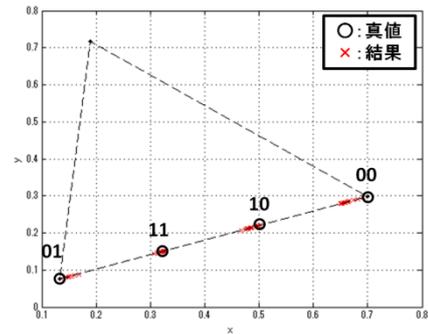


図 6 提案方式によるコンスタレーション

このように 2 ビットの情報を復号することができた。光のオン・オフのみで情報を表現する従来方式と比べると 1 シンボルあたりの情報量は 2 倍になっている。

## 6 まとめ

本研究では、LED-to-LED 通信のための CSK 方式を提案した。各色の LED の受光感度の違いにより緑の信号を受光することが難しいという問題を、赤、青の 2 色のみで信号点を設計することによって解決した。その結果、従来 LED-to-LED 通信の方式の 2 倍の情報量を実現できた。

## 7 参考文献

- [1]Sridhar Rajagopal, Richard D. Roberts, Sang-Kyu Lim, "IEEE 802.15.7 Visible Light Communication: Modulation Schemes and Dimming Support," IEEE Communications Magazine, pp.72-82, March 2012.
- [2]Robert F. Heile, "Short-Range Wireless Optical Communication Using Visible Light," IEEE STANDARDS ASSOCIATION, Part 15.7, 3 Park Avenue New York USA, 6 September 2011.