

# 可視光CSKにおける色間干渉低減法の検討

7308086 島本弘樹

## 1. はじめに

近年、LED技術の発展と省エネルギー意識の高まりで、LED照明などに通信機能を持たせるための可視光通信方式が期待を集めている。IEEE

802.15.7で策定が進んでいる可視光通信は照明と通信を両立させる規格であるが、まだドラフト段階であり改善の余地があると思われる。中でもCSK(色相偏移変調)は複数色の光源を用いた高速な通信方式であるが、実際に通信を行ってみるとちらつきや干渉など様々な問題が生じる。そこで本研究ではCSKに符号化を取り入れることで誤り率を改善できないか実験で検証する。

## 2. 干渉の評価

一般的なLEDとカラーセンサ（カラーフィルタ付きフォトダイオード）を用いてCSK方式で通信する際、カラーセンサが目的の色以外の光を受信してしまう誤検出が生じる。ここでは、その誤検出の量を実験で評価する。

### <2.1> 測定方法

1色を点灯させた状態で3色のカラーセンサすべての電流値を読み取る。これをすべての色で繰り返す。カラーセンサの色と隣り合う色の光で検出された電流値を、電流同じ色の組み合わせで得られた電流値で割った値を干渉量とする。

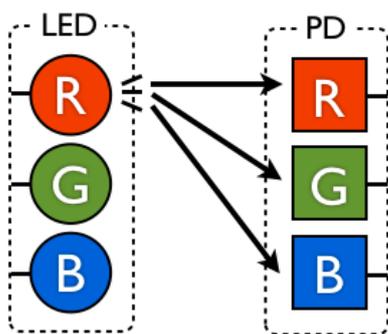


図1 干渉の評価方法

### <2.2> 結果

実験の結果、図2のようになった。この結果より、特に青と緑が互いに大きく干渉合っていることが分かった。

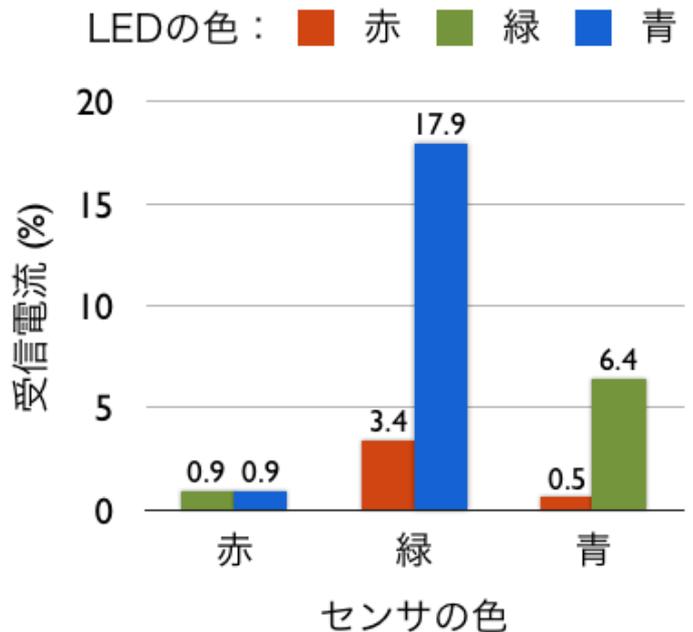


図2 各色センサへの各色光の干渉量

## 3. 符号化

干渉量を評価した結果、特に青色と緑色が互いに大きく干渉していることが分かったので、青色と緑色間の干渉を取り除くための符号化を提案する。各シンボルごとに時間で3分割し図3のように配置する。"11"の送信時はすべての色の光度を3分の1に設定する。これは光度の和を揃えることで明るさの変化によるちらつきを低減するためである。送信ビットと信号配置を表にまとめると表1のようになる。

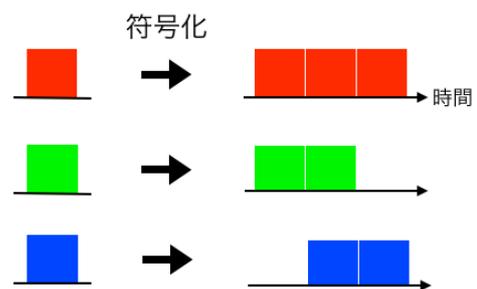


図3 信号の符号化

表1 送信するビット配置

	00	01	10	11
赤	Red pulses			Red pulses
緑		Green pulses		Green pulses
青			Blue pulses	Blue pulses

## 4. 複号方法

各スロットに対して復号信号を掛けて3つの和を取ることによって目的の色以外の干渉成分を取り除くことができる。緑色センサの値から青色光による干渉を取り除く場合の復号信号は「+1 +1 -1」で、青色センサの値から緑色光による干渉を取り除く場合は「-1 +1 +1」である。緑色センサの値から青色による干渉を取り除く方法については図3に示す。

また、和を取った後、すべての受信電圧を3分の1の明るさ時の受信電圧で正規化する。

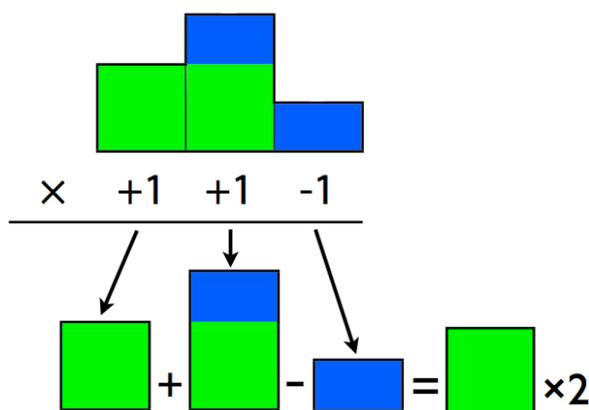


図4 緑色センサの値から青色による干渉を取り除く方法

## 5. 送受信実験

実験のシステムモデルを図5に示す。発光素子には3色のLEDを、受光素子にはカラーフィルタ付きのフォトダイオード（以下PD）を使用する。信号の生成はマイクロコントローラで行う。受信した信号はオシロスコープで収集しMATLABを用いて複号処理をする。実験諸元は表2に示す。

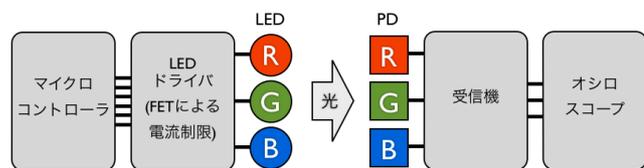


図5 測定システム

表2 諸元

LEDの光度 (100%)	680 mcd
LEDの光度 (3分の1)	227 mcd
LED-PD間距離	30 mm

送信信号数	1000
送信信号周波数	111 Hz (222 bps)
サンプリング周波数	8333 Hz

## 6. 結果

MATLABを用いて複号化を行った結果をxy色度図に配置すると図5のようにになった。干渉除去を行った場合のコンスタレーションは除去しない場合に比べてシンボル間距離が広く、符号化による効果があったと言える。

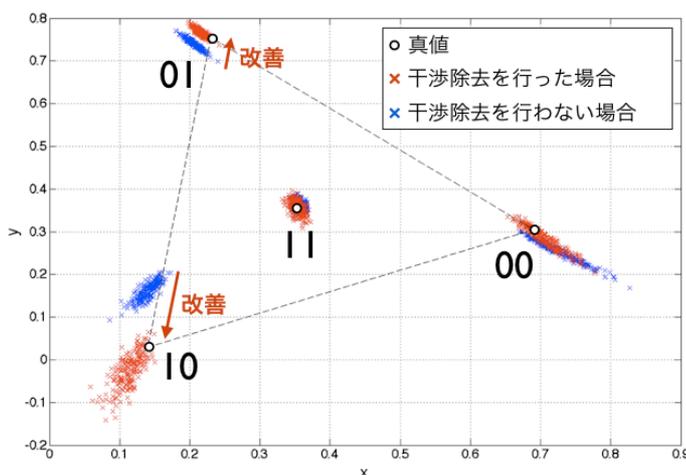


図6 干渉除去を行う場合と行わない場合のコンスタレーション配置

## 7. まとめ

本研究では、一般的なデバイスを用いてIEEE 802.15.7のCSK方式の通信を行った場合に問題となる干渉による通信品質の低下を符号化を導入することで改善できるか実験で検証した。その結果、符号化によってコンスタレーションが大幅に改善できることが分かった。

今後、LED-PD間距離、LEDの明るさ、ビットレートなどの条件を変えた場合の効果について検証していく。

## 参考文献

[1] IEEE Computer Society "IEEE Standard for Local and metropolitan area networks - Part 15.7: Short-Range Wireless Optical Communication Using Visible Light"