

複数4色LEDを用いたオンオフ制御型4-CSK方式におけるターゲットカラー制御法

7311007 伊形 俊介

1 まえがき

近年、LEDの発展に伴い低電力・高寿命という利点を活かした可視光通信が研究されている。本研究では4色のLED(QLED)を用いたオンオフ制御型CSK(Color Shift Keying)[1]方式に着目し、情報送信時に人間の目に知覚される色(ターゲットカラー)の色温度および演色評価数を制御することで照明としての機能の改善を図るとともにその時の通信性能の評価を行う。

2 オンオフ制御型CSK

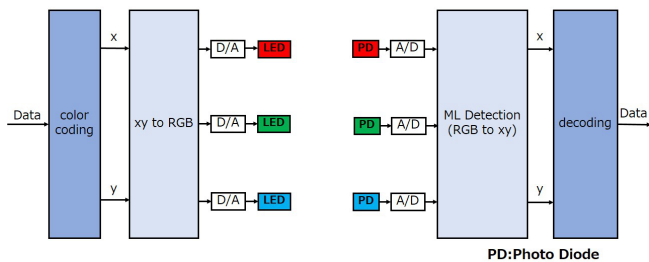


図1 アナログCSK方式のシステム図

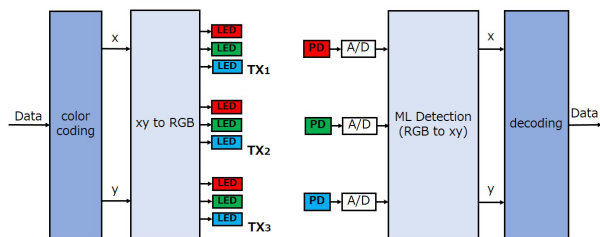


図2 デジタルCSK方式のシステム図

図1にアナログCSK方式のシステム図を、図2にデジタルCSK方式のシステム図をそれぞれ示す。

CSK方式では xy 色度図上に配置された信号点を選択することで送信情報を表現する。QLEDを用いたCSK方式では送信に用いるフルカラーLEDの各4色の色度座標が四角形の頂点となり、この四角形内部に M 個の信号点を配置することで $\log_2 M$ ビットの情報を表現する。[2]

CSK方式では xy 色度図上で選択された信号点に応じて、各フルカラーLEDの駆動電流を可変させて各色の発光強度比を変化し情報を送信する。

オンオフ制御型CSKではD/A変換器を必要とせず、その代わりに M_{min} 個のQLEDを用いることでデジタル制御のみでCSK信号を生成する。シンボル数は $M_{min} + 3C_{M_{min}}$ 個となり、1シンボルあたりの情報量は $k = \lfloor \log_2(M_{min} + 3)C_{M_{min}} \rfloor$ ビットとなる。例えば、4値CSKの場合、4パターンの色を送信情報に応じて切り替えることで2ビットの情報を表現する。

このCSK方式は各シンボル送信時はシンボルの xy 色度図に応じて色が変化するが、人間の目には各シンボルを光源とし、それら全てを同時に点灯させた色が認知される。

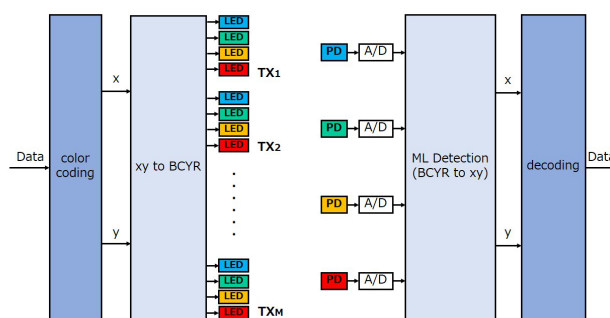


図3 複数4色LEDを用いたデジタルCSK方式のシステム図

図3に複数4色LEDを用いたデジタルCSK方式のシステム図を示す。本研究では、照明性能向上のためにQLEDの数 M を M_{min} からさらに増やすことで、QLEDを用いたオンオフ制御型CSK方式のターゲットカラーの制御を行う。

3 光源の照明性能の評価方法

照明性能の指標として色温度と平均演色評価数がある。色温度は光の色味を表し、 uv 色度図上の光源の座標と黒体放射に対する等色温度線の距離から算出する。[3]平均演色評価数は光源と自然光のそれぞれのもとの物の見え方の違いを表す。平均演色評価数 R_a の値が100に近いほど自然光のもとの物の見え方に近くなる。[4]

4 結果

図4にQLEDの調食用LEDの数を変化させたときの各色温度 T における最大の平均演色評価数 R_a を示す。平均演色評価数の値は色温度の値が低い部分や高い部分では比較的大きくなるが、中程度の部分では低くなる。また、 M が増えるに伴い平均演色評価数は上昇するが次第にその変化は小さくなる。

図5,6に電球色(色温度3000K)、および昼光色(色温

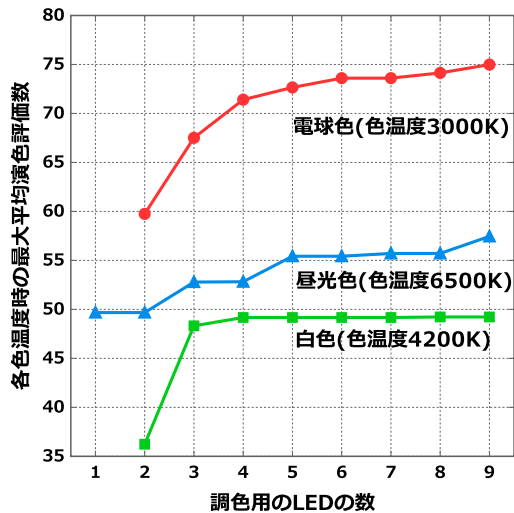


図 4 調色用 LED の数と各色温度時の最大平均演色評価数 Ra

度 6500K) における M=3 と M=10 のビット誤り率をそれぞれ示す。電球色のとき QLED の数が増えると通信性能も改善することがわかる。一方で、昼光色のときには通信性能の改善が見られなかった。原因として、電球色のときのターゲットカラーは赤みが強い色であり各 LED の発光強度比は M が増えるにつれて赤みを多く含む色の比率が上がっていきその分だけ点灯している LED 1 つあたりの平均の SNR が上昇し通信性能が改善されたと考えられる。一方で、昼光色のときのターゲットカラーは白色に近く、このときの発光強度比は調色用 LED が増えていてもさほど変わらない。したがって、点灯している LED 1 つあたりの平均の SNR も変わらず通信性能もほぼ変化しないと考えられる。

5 むすび

本稿では、QLED を用いたオンオフ制御型 CSK 方式のターゲットカラー制御法の検討を行った。今後は、再現する光の演色性、および通信性能の向上を目指す。

参考文献

- [1] 島本弘樹, 小澤佑介, 榎田洋太郎, “複数カラー LED を用いた可視光 4-CSK 方式における EVM 性能の実験的評価”, IEICE WBS2014-2, No.158, pp.17-21, 2014
- [2] Ravinder Singh, Timothy O’Farrell, and John P.R. David, “An Enhanced Color Shift Keying Modulation Scheme for High-Speed Wireless Visible Light Communication” IEEE JOURNAL OF LIGHTWAVE Tech., VOL.32, No.14, July 15 2014.
- [3] 日本工業規格 JIS Z 8725 “光源の分布温度及び色温度・相関色温度の測定方法”
- [4] 日本工業規格 JIS Z 8726 “光源の演色性評価方法”

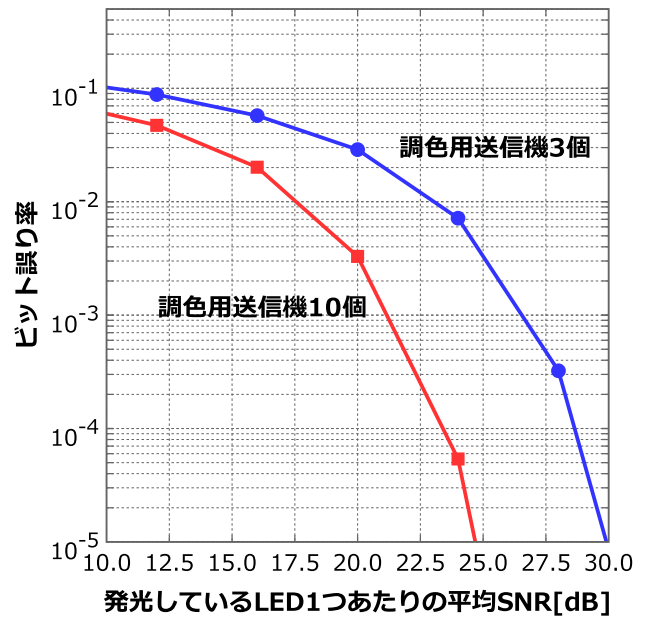


図 5 電球色 (色温度 3000K) のときの通信性能

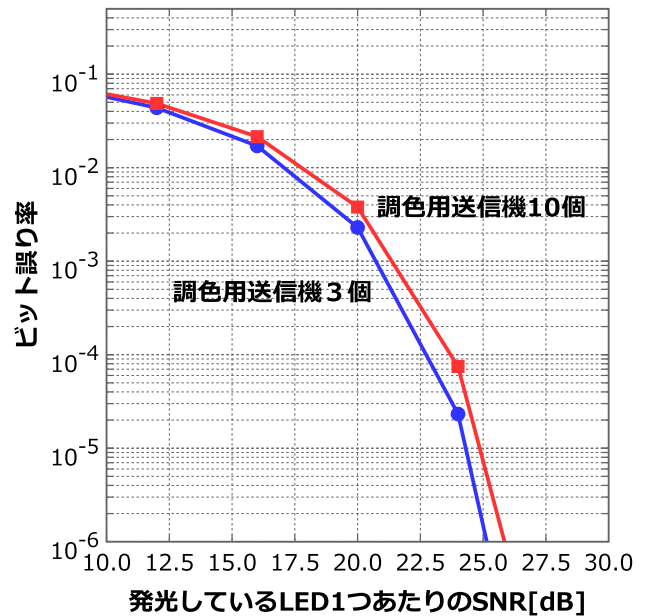


図 6 昼光色 (色温度 6500K) のときの通信性能