

RGB 色ベクトルの推定を用いた 災害時可視光通信システムの提案と実装

岡 裕大[†] 塚田 晃司[†]
和歌山大学システム工学部[†]

1 はじめに

災害時に、既存の情報伝達インフラが利用できなくなる場合が多々ある。これまでは付近を通過するヘリコプターに向けて、グラウンドや屋上に石灰などで文字を書くことにより情報通信を行っていた。しかし、これらの方法では「情報量が限られてくる」「手間がかかる」「風景に溶け込んでしまう」「夜間になると見えなくなる」といった問題点が挙げられる。これに対して、風景に溶け込みがたく、日が落ちても発見が容易に行える通信手段として、可視光の色変化が考えられる。(図1参照)

本研究では、色の識別に RGB の三次元ベクトルと座標系の変換を用いた、高速かつ高認識の災害通信システムを提案する。これにより、さらに安定した通信を目指し、手軽に利用できるシステムの実現を図る。

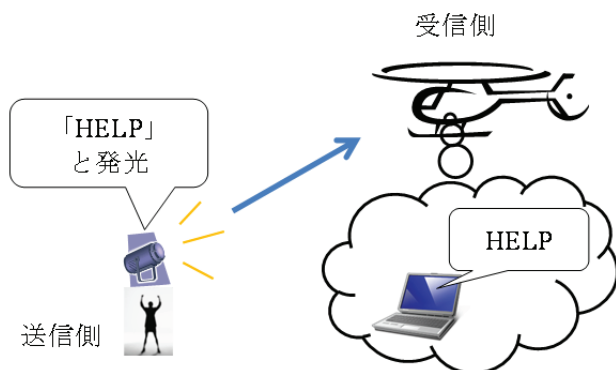


図1 災害時可視光通信システム概念図

2 先行研究

可視光通信の一分野として、イメージセンサ通信がある。その中で情報を時間変化による色彩パターンとして表現し、その変化順によってコード化する CB クロノ(光クロノコード)がある[1]。受信機には一般的な USB カメラであり、送信機にはマイコンを内蔵して、0.1 秒間隔で発光している。しかし、動的な通信内容の変更には向いていない。

Implementation of visible light communication system for disaster using an estimation of the RGB color vector

[†] Yuta Oka, Koji Tsukada · Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

イメージセンサ通信においては、高速な光の点滅の変化を解析することは難しい。そのための解決策として、低速な発光色の変化によって通信を行う C-Blink などが挙げられる[2]。この方式は、色相情報がどれだけ変化したかによって通信を行うことが可能である。送信機には携帯電話のディスプレイで、受信機には USB カメラを使う。単色の点滅による方式と比べて、一光源あたりのデータ伝送度を高くできるが、こちらも動的な通信内容の変更に関しては課題が残っている。

近年注目されてきている可視光通信は、人の目に知覚できないほどの高速な点滅により情報をやり取りするものが多く、特別な装置が必要になる。そこで、一般的な機器を利用し、情報が発信されていることが知覚できるような送受信デバイスが提案されている[3]。想定環境は地上から上空を飛び回るヘリコプターへの情報伝達である。送信機側は Windows PC と照明用の LED ライトを使用し、受信機側は Windows PC と Web カメラを使用する。

送信機は、まずテキストを入力し、それをビット列に変換する。そのビット列に各発光色を割り当て、送信する色を決定し LED を点灯させるという流れで動作する。色の変化には xy 色度図を使って、赤・緑・青・白の4色に分け、色の判定の安定感を向上させる。

受信機は、Web カメラからの画像を OpenCV により解析する。その後、送信時の逆のフローによって色から文字に戻す。

これにより通信を実現しているが、xy 色度図を利用しても、デバイスによって座標値が一定でないのでキャリブレーションを行うには信号の最初の情報を待つ必要がある。また通信速度が遅いのでさらなる向上が必要となる。

3 提案手法

まず事前に、基準となる RGB と自然光の各三次元ベクトルを用意する。この RGB の値はライトやカメラの特性が出ているため直交していない。そこで、アフィン変換による回転をし、以下の式により RGB の正規直交化を図る。

直交座標系(X, Y, Z)の単位ベクトルをそれぞれ

i_1, i_2, i_3 とすると、斜交座標系 (x, y, z) の単位ベクトル a_1, a_2, a_3 は式(1)で表せる。

$$\begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ \cos\phi & \sin\phi & 0 \\ \cos\psi & \frac{(\cos\eta - \cos\phi\cos\psi)}{\sin\phi} & \frac{\sqrt{g}}{\sin\phi} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \end{pmatrix}$$

$$g = 1 - \cos^2\phi - \cos^2\psi - \cos^2\eta + 2\cos\phi\cos\psi\cos\eta \quad \dots\dots(1)$$

ただし斜交座標系の x 軸と y 軸, y 軸と z 軸, z 軸と x 軸の角度をそれぞれ ϕ, ψ, η とする。

これにより導き出された RGB の値からシアン (\vec{C}), マゼンダ (\vec{M}), イエロー (\vec{Y}), ホワイト (\vec{W}) を算出する。この7色のベクトルを使用して、カメラの画像データから観測点の色を判別する。(図2参照)

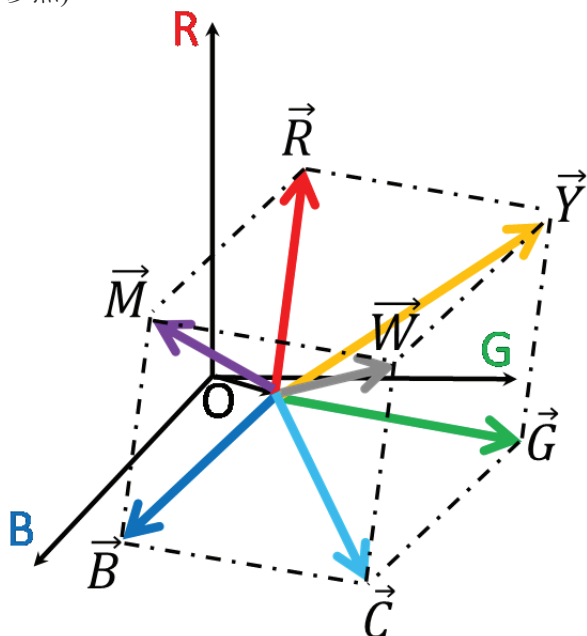


図2 基準ベクトルの概念図

判別方法には内積を使う。基準となる各7つのベクトルと取得した値との \cos 類似度を式(2)によって算出する。

$$\cos\theta = \frac{ax+by+cz}{\sqrt{a^2+b^2+c^2}\sqrt{x^2+y^2+z^2}} \quad \dots\dots(2)$$

\cos 類似度が 1 に近いほど、観測ベクトルと基準ベクトルは角度が小さいことを示すため、ベクトルは同じ色だと推定できる。しかし、 \cos 類似度の大小を比べるだけでは、見当違いな色を選択してしまう可能性がある。そのため閾値を定め、 \cos 類似度が閾値以下の場合には識別しないようにする。閾値は各色に対して最適な値を実験により求める。これらの操作により、観測点のデータがどの色に近いかを判別する。

4 実機実装

受信側では Windows 7 上で Visual Studio 2010 (.NET Framework 4.0) に OpenCV 2.1 を入れて動かし制御を行った。また、USB カメラを使う際に、ホワイトバランスが自動で観測点のデータに対して補正をかけてしまう。そのため、USB video class(以下 UVC)によってホワイトバランスを手動に変更し、動作しないようにした。UVC は多くの USB カメラを操作することができるが、古い型などでは動かない可能性もあるため、今回は USB カメラに Microsoft LifeCam Cinema を用いた。(図3参照)

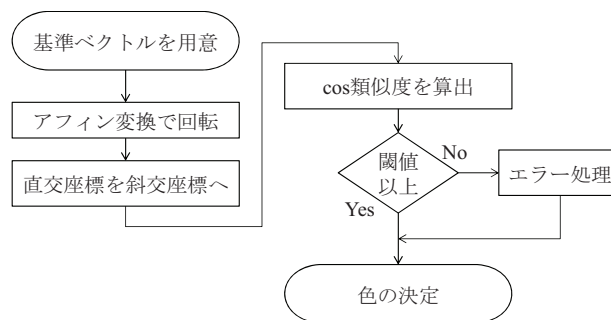


図3 実際の処理手順

5 おわりに

本稿では、可視光の色変調を用いた通信方式に RGB の三次元ベクトル計算を導入し、より高速かつ高認識の安定した通信を実現した。

今後は、送信側における符号化を検討しながら、実環境を想定した環境にて実験を行い、有用性を確認していく。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 23650029, および、JST 研究成果最適展開支援事業 A-STEP(探索タイプ)の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 木村昭輝: 1 箇所の色変化(発光)を使って省スペース化を実現した新コード, 自動認識, Vol. 22, No.3, pp. 55-58(2009)
- [2] 宮奥健人, 東野豪, 外村佳伸: C-Blink: 携帯端末カラーディスプレイによる色相差光信号マーカ, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J88-D-1, No. 10, pp.1584-1594(2005)
- [3] 原山拓士, 高田政裕, 塚田晃司: 揺れ、移動を考慮した非常時可視光通信システムの改良と実装, 情報処理学会第 74 回全国大会(2012)