

災害時可視光通信における複数フレーム画像を利用した 光源自動認識手法の提案

藤尾智彰[†] 下前知世[†] 塚田晃司[†]

和歌山大学システム工学部[†]

1. はじめに

近年、日本では台風や地震等の自然災害による被害が増加しており、重大な災害時には通信インフラが機能しないということが考えられている。また、夜間に災害が発生した場合、救助ヘリに対してのろしや地上マークといった方法は通用しない。その際、可視光通信が有用と考えられる。先行研究[1]では、救助ヘリと地上との通信、かつ救助ヘリ(受信側)が激しく揺れ動く環境を想定した上で、通信を確立させるために光源の自動認識手法を提案した。しかし、[1]では光源を明度の差を用いて識別するので夜間でしか利用できない問題がある。

本研究では、その問題を解決するためにカメラから取得したフレームを HSV 色空間に変換し、複数のフレームにおける色相の変化をベクトルを用いて計算することによって昼夜を問わず、光源を自動で特定する手法を提案する。

2. 関連研究

可視光通信を用いた研究には、低速な光の点滅を用いて通信を行う「C-Blink」がある[2]。送信側では、携帯型のディスプレイを単色に発行させ、色が変わった時の色相差で情報を送信する。受信側では PC 接続したカメラを利用し、送信機が発光した色の変化を撮影、解析を行いデータの受信を行う。通信を行うことのできる情報は事前に決めておいた固定の情報のみであり、災害時の通信には向いていない。また、送受信を行っている間はディスプレイとカメラをその場に静止させ続けなければならない、近距離の通信に限られるという問題点がある。

また、光源追跡手法の研究として[3]がある。[3]は、単色発光光源を追跡するもので、受信用のカメラにコンパレータが内蔵されており、強い光が入射する部分を 1(白)とし、それ以外を 0(黒)として 2 値画像を生成する。この 2 値画像を解析することにより光源を特定することが可能になる。

3. 先行研究

本研究グループでの先行研究として、カメラから新たに取得したフレームと一つ前に取得したフレームの明度・色相の差を比較して光源位置を特定する災害時可視光通信における多色光源特定手法の提案[1]がある。[1]では、設定した閾値より明度の高い画素の色相の差を用いて光源位置特定を行うので、昼間や明るい場所での特定は難しい。

また、光源の追跡手法として[4]がある。災害時可視光通信において、受信側である救助ヘリが激しく揺れ動いた場合、光源と同様に外乱も揺れ動くため、[1]の手法では外乱を光源とする誤認識が発生してしまう。そこで誤認識を防ぐため、[4]ではブロックマッチング法にて処理を行い、オプティカルフローを利用して高い精度の多色光源追跡を可能にする手法を提案した。

4. 提案手法

本研究では、先行研究における問題点を解決するために、複数フレーム画像における色相の変化量をベクトルを用いて計算することにより光源を自動特定する手法を提案する。

4.1 光源自動特定処理

光源自動特定のための処理手順について説明していく(図1参照)

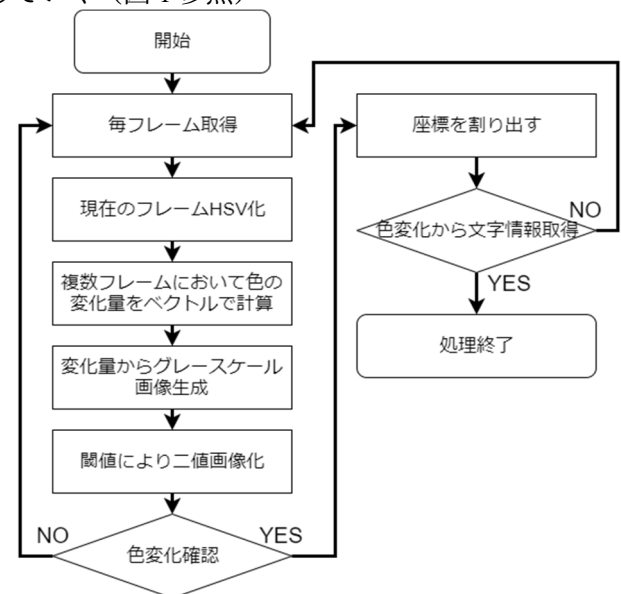


図1：光源自動認識システムのフローチャート

A method of Recognizing Light Source by Using Images of Multiple frames for Disaster Communication System using Visible Light Communication

[†]Tomoaki Fujio, Koji Tsukada

[†]Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

1. カメラからフレームを随時読み込む。
2. カメラから取得するフレームは RGB で構成されているので、随時 HSV 色空間に変換する。

HSV 色空間は Hue(色相), Saturation(彩度), Value(明度)の3つの値で構成されており、本手法では色相に注目して光源を特定していく。

3. 最も新しいフレームから n (3~5 が望ましい) フレームを用いて計算していく。まず、各フレームの各画素における色相の値を用いて位置ベクトルを生成する。

$$\overrightarrow{OA_1} = (\cos x_1, \sin x_1)$$

$$\overrightarrow{OA_2} = (\cos x_2, \sin x_2)$$

$$\vdots$$

$$\overrightarrow{OA_n} = (\cos x_n, \sin x_n)$$

(x には色相値の2倍の値が入る。)

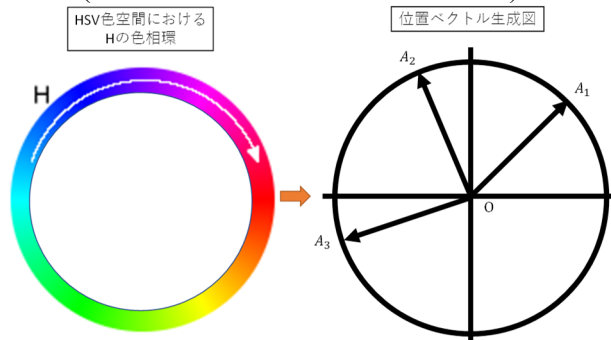


図2：位置ベクトル生成

4. n フレーム分の各画素において同じ座標の位置ベクトルから平均ベクトル $\overrightarrow{Ave}$ を求める

$$\overrightarrow{Ave} = \frac{1}{|\overrightarrow{Ave}|} \cdot \frac{1}{n} (\overrightarrow{OA_1} + \overrightarrow{OA_2} + \dots + \overrightarrow{OA_n})$$

5. 求めた平均ベクトルと n フレームの各画素における位置ベクトルとの距離の平均 $\overrightarrow{D}$ を求める。

$$\overrightarrow{D} = \frac{1}{n} \sum \{ (\overrightarrow{OA_1} - \overrightarrow{Ave})^2 + (\overrightarrow{OA_2} - \overrightarrow{Ave})^2 + \dots + (\overrightarrow{OA_n} - \overrightarrow{Ave})^2 \}$$

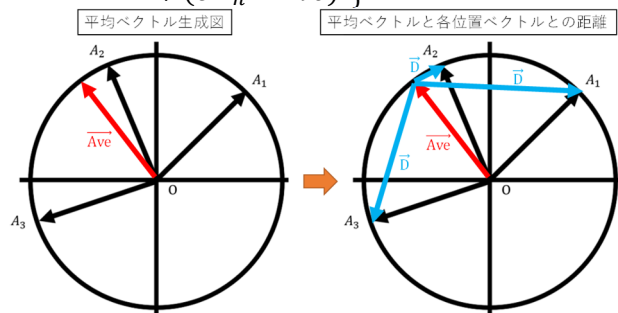


図3：平均ベクトルの計算

6. $|\overrightarrow{D}|$ が大きい画素は複数フレームに渡って顕著に色変化していると言え、その座標

を光源の位置として認識する。

7. $|\overrightarrow{D}|$ の値を用いてグレースケール画像を生成する。色変化している画素は明るくなり、していない画素は黒に近くなる。
8. 閾値を設定し、閾値以上の画素を 1 (白)、閾値以下の画素を 0 (黒) とする 2 値画像を生成し、座標を割り出し、光源を特定する。
9. 1. に戻り処理を繰り返すことによって光源を継続的に認識する。

ベクトルを利用して計算を行う理由としては、RGB 画像を HSV 色空間に変換した際、色相が 0~180 の数値で表されることにある。(本手法では色相環に対応させるべく計算時に 2 倍している)

例えば、色相の値が 0 に近い値から 360 に近い値まで変化した場合、色としては少しの変化だが、数値上では大きな変化となり、計算結果を正しく導き出せない。よって本手法ではベクトルを用いて色の変化量を計算している。

5. 実装

Windows10 OS 上で Visual Studio 2019 において実装した。また、OpenCV4.1.2 を使用してプログラム文を作成した。受信側である USB カメラには logicool 社の c270n を使用した。

6. まとめ

本研究では、夜間だけでなく昼間などの明るい環境でも救助ヘリと地上の間で可視光通信を可能にさせるべく、複数フレーム画像を利用した光源自動認識手法を提案した。今後、評価実験を行い、実際に通信を行えるかを実証する必要がある。また、本手法は計算量が多く、ハードウェアの処理能力に依存することが課題である。

参考文献

- [1] 岡本典樹：災害時可視光通信における多色光源の位置推定手法の提案, 第 77 回全国大会講演論文集, pp.161-162(2015)
- [2] 宮奥健人, 東野豪, 外村佳伸：C-blink：携帯電話ディスプレイによる色相差光信号マーカー, 情報処理学会シンポジウム論文集(2005)
- [3] 高井勇, 原田知育, 安藤道, 川人祥二：空間光通信イメージセンサによる車々間通信システムの開発, 電子情報通信学会技術研究報告(2012)
- [4] 岡本典樹, 塚田晃司：災害時における可視光通信システムを用いた非常時通信システムの提案, 減災情報システム合同研究会第 6 回研究会(2017)