

## 夜間動画像からの道路交通信号認識技術の研究

### A Study on Recognition of Traffic Lights from Video Image in Night - time

梅澤 登志矢<sup>†</sup> 江口 一彦<sup>††</sup>

Toshiya UMEZAWA、 Kazuhiko EGUCHI

**Abstract** Elder drivers are increasing in Japan in accordance with the progress of graying society. Risk of traffic accident caused by elder drivers may be higher than younger age drivers. Therefore a system or apparatus to safely support elder driver are highly expected. This paper proposes a technique to identify traffic lights in night - time on various situations. This approach uses both information of the domain that extracted by a hue and information of the domain of the emission of light part. Experiment results show a possibility of increasing recognition rate and avoiding wrong recognition.

#### 1. はじめに

近年、日本では高齢者が増加している。「平成 19 年度高齢社会白書」<sup>[1]</sup>によると、高齢化は今後も進むものと予想され、平成 24 年には高齢者の人口は 3000 万人を突破すると推計されている。また、高齢化は過疎地においてさらに深刻で、「平成 18 年度版「過疎対策の現況」について（概要版）」<sup>[2]</sup>によると、平成 17 年の高齢者比率は、全国の 20.1% に対して、過疎地では 30.2% となっている。さらに、過疎地では人口が年々減少し、平成 17 年には総人口の 1 割に満たない 1,068 万人である。しかし、過疎地の面積は全国の 54.1% を占めているため、公共交通機関による移動手段の確保が難しいと考えられる。従って過疎地では、高齢者であっても自ら自動車を運転せざるを得ない状況になると予想される。

高齢になると、反応速度や判断能力が低下し、交通事故のリスクが高くなる。そのため、自動車における運転支援システムの構築は今後必要になると考えられる。

運転支援システムの研究として、車線認識、道路交通標識の認識、道路交通信号の認識などがある。<sup>[3][4][5]</sup>この中でも、道路交通信号の認識はリアルタイム性が要求され、動画像からの認識が不可欠であると考えられるが、他の研究に比べてあまり研究が行われていない。

本研究では、発光物が多く見落としや見間違いが多くな

る夜間の交通信号を対象として、動画像からリアルタイムに交通信号を認識する手法を構築するとともに、発光領域と色の分布の情報をを用いることで交通信号以外の発光物の誤検出を減らす手法を提案する。

#### 2. 認識手法の手順

本研究の認識手法の手順を Fig. 2.1、2.2 に示す。本研究では、当初 Fig. 2.1 の手順で実験を行った。しかし、街灯の誤認識や隣接する交通信号を分離できないといった問題があった。そこで、夜間の発光物は、ビデオカメラで撮影すると、発光部分が白くなり、その周辺に発光物が持つ色の光が分布する形になるという特徴を利用し、Fig. 2.2 のようにいくつかの処理を追加して改善を試みた。それぞれの処理について簡潔に説明する。

##### ・画像取得

ビデオカメラにより撮影された動画像から、1 枚の画像を取得する。

##### ・HSV (Hue、 Saturation、 Value) 変換

RGB (Red、 Green、 Blue) 色空間で得られた画像を HSV 色空間に変換する。

##### ・色情報による抽出

HSV 変換した色情報から、交通信号に合致する色相の画素を抽出する。

##### ・二値化処理

色情報による抽出を行った画像を二値化する。

##### ・ラベリング処理

二値化した画像に対して、色情報を持つ画素をまとまり

<sup>†</sup> 愛知工業大学 工学研究科電気電子工学専攻 (豊田市)

<sup>††</sup> 愛知工業大学 工学部電気学科 (豊田市)

ごとに別領域として分類する処理を行う。

・**発光部分抽出**

色情報によって得られた領域の中から、彩度、明度によって発光部分の画素を抽出する。

・**重心による発光物の向き判定**

夜間の発光物は、発光部分から発光物が向いている向きに光が分布するという特徴があるため、発光部分と光の分布の領域の重心を比較することで、発光物の向きを推定し、正面を向いていない発光物を交通信号ではないとして除外する。

・**形状判定**

ラベリングされた領域の形状を判定する。

・**結果出力**

画像中の交通信号の位置等を出力する。

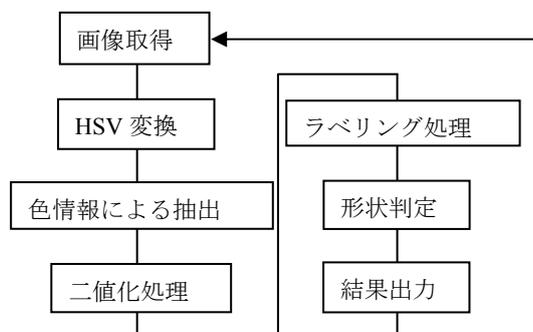


Fig.2.1 改良前の手順

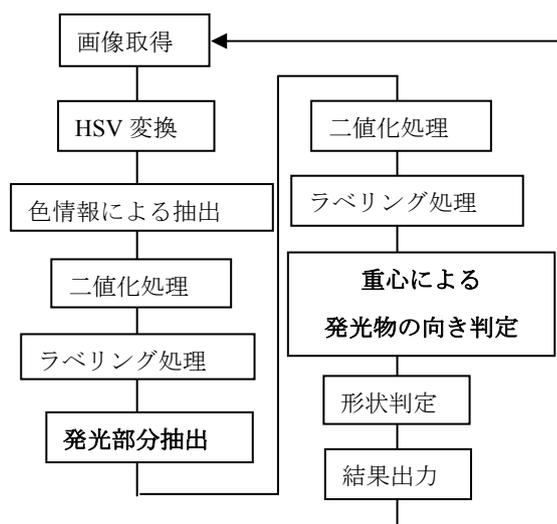


Fig.2.2 改良後の手順

3. HSV 表色系

HSV 表色系とは、H(色相)、S(彩度)、V(明度)からなる色空間のことである。Hは赤や青といった色の種類、Sは鮮

やかさ、Vは明るさを表す。

交通信号には、青、黄、赤の3種類の色がある。この中で、黄信号は、赤と緑の混色、青信号は緑と青の混色であることから、R(赤)、G(緑)、B(青)からなるRGB表色系では2つのパラメータを持ちいなくてはならず、色の指定が難しくなる。そのため、本研究では、Hのみで色の種類を判定できるHSV表色系を用いた。

4. 色抽出

夜間の交通信号は Fig. 4.1 のように、発光部分が白色になり、交通信号が持つ色はその周りに分布するように撮影される。また、発光物の中心部分はどうの色が発光物であっても同様に中心が白色になるという特徴がある。



Fig.4.1 夜間の発光物

夜間の発光物を色相の情報によって抽出すると、Fig. 4.2 のように中が空洞になったドーナツ状の画像が得られる。



Fig.4.2 色相情報によって発光物を抽出した例

本研究では当初、このような画像から形状判定を行い、交通信号かどうかを判定する方法を用いた。しかし、この方法の場合、交通信号が単体である場合は良いが、Fig. 4.3 のように複数の交通信号が隣接していると2つの領域が繋がってしまうため、認識が困難になるという問題が明らかになった。



Fig.4.3 隣接する交通信号

また、発光部分を先に抽出し、その周りの色相によって

交通信号の領域を抽出する方法では、交通信号以外の発光物全てに対して色相の計算をしなければならなくなる。

そのため、本研究では、色相によって交通信号がある領域を限定した後、さらにその領域に対して発光部分の抽出を行うという手法を用いた。

しかし、その方法の場合においても、色相によって抽出した領域内に背後にある発光物が入ってしまう可能性がある。そのため、一つの領域内に複数の発光部分が含まれていた場合、各発光部分の周辺の色相を調べ、交通信号の色相に該当する画素が半分未満の場合は除外するようにした。

本研究で交通信号の色相情報を抽出する際に用いたパラメータの範囲を Table.4.1、4.2 に示す。

Table.4.1 抽出範囲

	赤	黄	青
H	$0 \leq h \leq 10$	$10 < h < 25$	$170 \leq h \leq 195$
S	$S > 0.3$		
V	$V > 120$		

Table.4.2 発光部分の抽出範囲

S	$0.3 < S$
V	$180 > V$

これらの範囲に該当する色情報を持つ画素を残し、同時に二値化処理を行う。

### 5. ラベリング処理

HSV 表色系を用いて抽出した画像に対して、ラベリング処理を行う。<sup>[6]</sup>ラベリング処理とは、その画素がどの領域に属するかという属性を持たせる処理のことである。ラベリング処理の手順は次のようになる。

- 1) 画像左端から水平方向に、黒ではない領域を探索する
- 2) 黒ではない画素が見つかった場合、その色情報を保存する
- 3) 2で見つかった画素と同じ色情報の画素が続く限り同じ領域に含めていく
- 4) 1～3を全ての行に対して行う
- 5) 見つかった領域を水平方向に結合する

このとき、動画画像から発光物の光を抽出した場合、必ずしも隣接して抽出できるとは限らないため、最大3ピクセル分離れた画素も同じ領域に含めるように処理した。

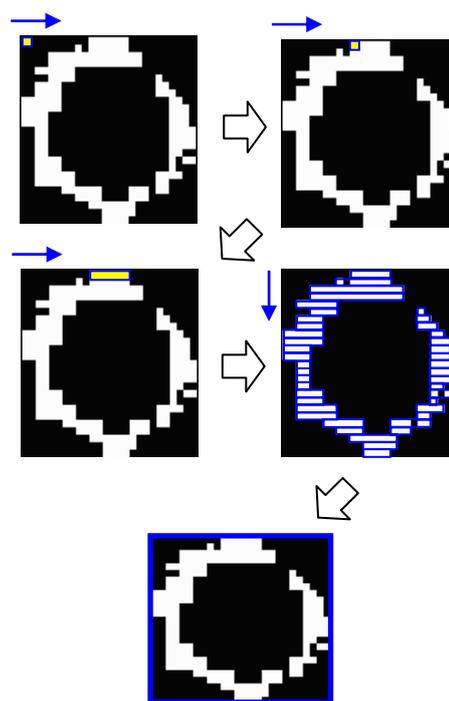


Fig.5.1 ラベリング処理の手順

### 6. 形状判定

通常、交通信号は真円形をしているため、ラベリング処理によって得られた領域に対して形状判定を行う。色相によって抽出した発光物は中が空洞になったドーナツ状の形状をしているため、内側と外側の2つの輪郭線を持つことになる。そのため、本研究では次のような処理を行った。

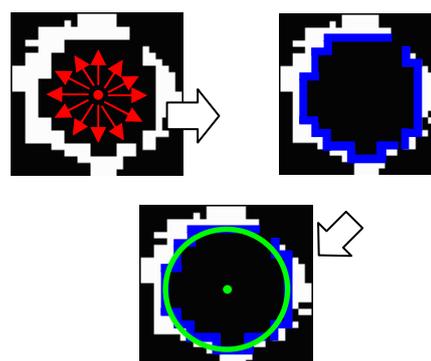


Fig.6.1 形状認識手順

まず、得られた領域の中心から放射状に外側に向かって中心とは違う色情報を持つ画素を探索し、その位置情報を保存する。次に、見つかった画素の位置情報から、(6.1)式を用いて中心座標と半径を求める。中心座標と半径を(6.2)式の方程式に当てはめ、これを仮の円とする。こうして求めた円と実際に見つかった画素の座標を比較す

ることで、円かどうかを判定した。このとき、まず見つかった画素の  $x$  座標を(6.2)式に代入し、その画素の  $y$  座標と得られた仮の円の  $y$  座標を比較している。ここで、 $cx$ 、 $cy$ 、 $r$  は仮の円の中心座標と半径、 $\max\_x$ 、 $\min\_x$ 、 $\max\_y$ 、 $\min\_y$  はそれぞれ得られた画素の中での水平座標の最大値、最小値、垂直座標の最大値、最小値である。

$$\left. \begin{aligned} cx &= \frac{(\max\_x + \min\_x)}{2} \\ cy &= \frac{(\max\_y + \min\_y)}{2} \\ r &= \frac{(\max\_x - \min\_x) + (\max\_y - \min\_y)}{2} \end{aligned} \right\} (6.1)$$

$$(x - cx)^2 + (y - cy)^2 = r^2 \quad (6.2)$$

### 7. 重心による発光物の向き判定

車載カメラから得られる夜間の映像では発光物が多く撮影される。その発光物の中で多いのが街灯である。街灯の中には黄色のものがあり、この街灯と黄色の信号の色が似ているため、誤認識を避けることが難しい。先に述べたように、夜間の発光物をカメラで撮影した場合、発光部分が白くなり、その周りに発光物の色の光が分布する。その光の分布は、発光物が向いている向きに多く分布する。通常、交通信号は運転者からみて正面を向いており、街灯は下を向いている。このことから、発光部分の重心と色を持った光の分布の重心を比較することで、発光物の向きを推定し、発光物の中から街灯を除外する手法を用いた。Fig. 7. 1、7. 2 に街灯と交通信号の発光部分と色の分布の抽出画像の一例を示す。



Fig.7.1 街灯の抽出画像

(左から原画像,色相抽出画像,発光部分抽出画像)



Fig.7.2 交通信号の抽出画像

(左から原画像,色相抽出画像,発光部分抽出画像)

重心  $G=(gx, gy)$  の計算には、式(7.1)、(7.2)を用いた。

$$gx = \sum_{i=0}^n xi / n \quad (7.1)$$

$$gy = \sum_{i=0}^n yi / n \quad (7.2)$$

ただし、 $n$  は領域の画素数、 $xi$ 、 $yi$  は領域内の任意の画素の  $x$ 、 $y$  座標とする。

交通信号と街灯を見分けるには、色相による抽出領域の重心と、発光部分の領域の重心の垂直方向の差をとり、その差が色相による抽出領域の垂直方向のサイズの 10%以上のときに交通信号以外のものとして除外した。この処理は、一つの領域に対して一つの発光物がある場合のみ行う。

### 8. 実験方法

以上の手法を用いて実験を行った。実験では「2. 認識手法の手順」で述べた 2 つの手法の比較を行う。動画は、市販のビデオカメラを自動車の助手席に載せ、前方を撮影して取得した。その動画を PC にとりこみ、画像処理ライブラリ OpenCV[7][8]を用いて画像処理を行った。なお、開発環境は Microsoft Visual Studio 2005 で、使用する言語は C++ である。また、使用した PC は、CPU: PentiumD 2.8GHz メモリ: 1GByte の環境で実験している。実験に用いた動画の解像度は 720\*480pixel で、その中から不要と思われる下 1/2 と左右それぞれ 1/5 を除いた 432\*240pixel を処理の対象とした。動画は 5 種類用意した。便宜上、動画 A、B、C、D、E と呼ぶことにする。

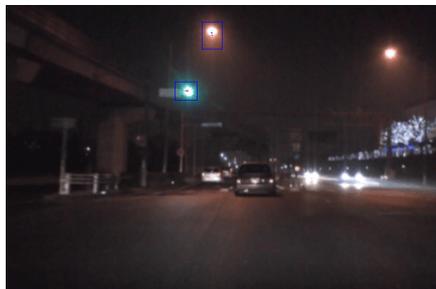
### 9. 実験結果

結果画像中の青枠が交通信号であると認識された領域である。赤枠は形状判定、黄枠は一つの領域から複数の発光物が見つかったときに行う発光部分周辺の色情報判定で除外された領域である。

動画像 A

フレーム数 59

特徴: 発光物が少なく、青信号と街灯が主な発光物となっている。



改良前



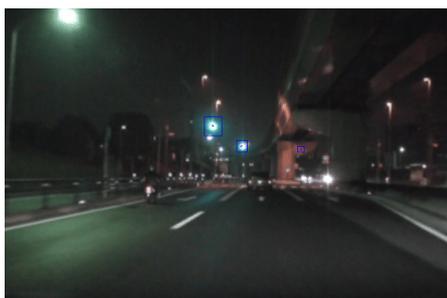
改良後

Fig.9.1 動画像 A 認識例

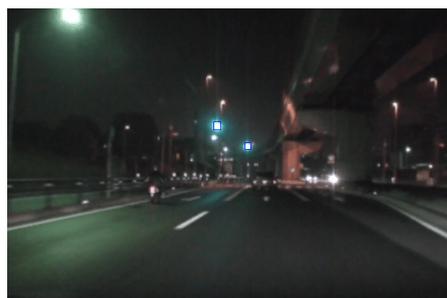
動画像 B

フレーム数 69

特徴: 青色の信号が複数あり、街灯が多い。また、高架のコンクリート部分が街灯に照らされて黄色くなっている。



改良前



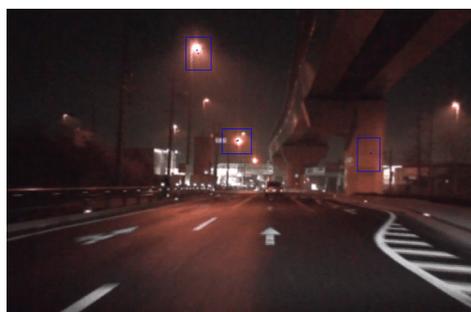
改良後

Fig.9.2 動画像 B 認識例

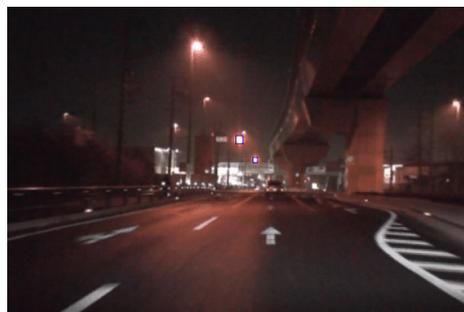
動画像 C

フレーム数 79

特徴: 黄色の信号が 2 つある。また、黄色の街灯が多く画面全体が黄色っぽくなっている。



改良前



改良後

Fig.9.3 動画像 C 認識例

動画像 D

フレーム数 108

特徴：赤色の信号が一つある。この前にカメラが動いてしまい、やや左を向いた動画像になってしまっている。



改良前

改良後

Fig.9.4 動画像 D 認識例

動画像 E

フレーム数 156

特徴：時間が経過するにつれ信号の色が青、黄、赤の順に変化する。後方に店頭の明かりがある。



改良前

改良後

Fig.9.5 動画像 E 認識例

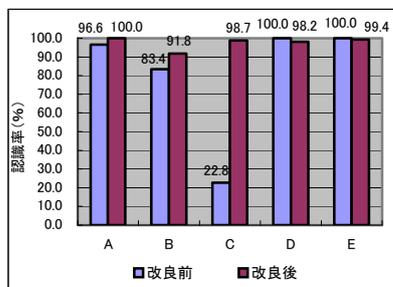


Fig.9.6 交通信号認識率

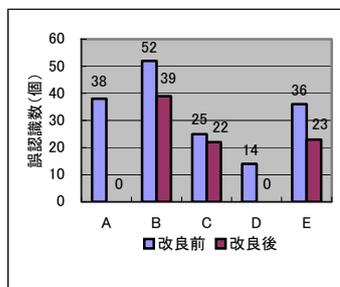


Fig.9.7 誤認識数

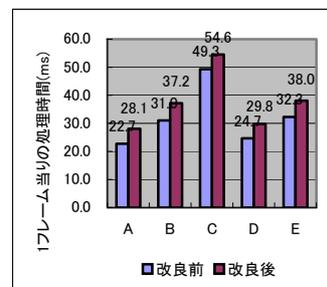


Fig.9.8 1フレーム当りの処理時間

注：処理範囲に入っていない交通信号は計算に含めていない

## 10. 結論

夜間の交通信号を認識する手法として、色相によって抽出した領域から発光部分を抽出し、その両情報を用いることで認識率、誤認識数の改善ができることを確認した。しかし、動画画像 D、E において認識率が低下していることと、交通信号の背後にある街灯などの発光物を誤認識してしまう問題が明らかになった。

## 11. 今後の課題

動画画像 D、E における認識率の低下は、交通信号に接近した際に信号を下から見上げる形になり、信号のかさに当たった光によって色の分布が上寄りになり、重心の比較によって除外されてしまったことが原因である。これは、街灯が通常下を向いていることから、重心が下にずれているときのみを除外することで解決できると考えられる。

交通信号の背後に発光物がある場合、それが Fig. 11 (左) のように交通信号の色の光に埋もれてしまうと、発光物周囲の色情報によって除外することは難しい。そのため、発光物の色相情報による抽出を行う際に、明るさの分布から、光がどの発光物によるものかを判定する、というような処理が必要になる。それでも、Fig. 11(右)のように、人の目で見ても交通信号かどうかを判断しにくい場合がある。ただし、そのようなケースはまれであり、数フレームにわたることはなく、前後フレームで得た領域情報との比較を行うことで除外できると考えられる。

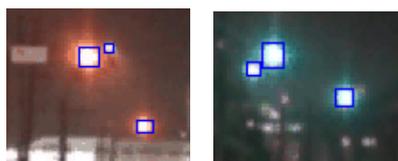


Fig.11 交通信号の背後にある街灯 (左)  
完全に埋もれてしまった例 (右)

今後は上記の改善に加え、色相等による抽出条件の調整、ラベリング処理の高速化、形状認識の精度向上、昼間の交通信号への対応が挙げられる。

## 参考文献

- [1] 総務省：“平成 19 年版高齢社会白書”、  
URL:<http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2007/gaiyou/html/jg110000.html>
- [2] 総務省：“平成 18 年度版「過疎対策の現況」について (概要版)”、  
URL:<http://www.soumu.go.jp/c-gyousei/2001/kaso/pdf/note18.pdf>
- [3] 田岡 武司、真鍋 真、上林 学、大西 陽介、福井 正博：“自動車用白線認識アルゴリズムの一実現”、情報処理学会研究報告、2006 - SLDM - 126、pp.63-67
- [4] 飯田 泰臣、朝倉 俊行、武山 剛己、広瀬 謙治：“運転支援システムにおける視覚認識システムの構築～情景動画画像からの交通信号認識～”、インテリジェント・システム・シンポジウム講演論文集、pp. 187-192
- [5] 石塚 裕、平井 有三：“色情報を用いた実時間道路交通標識の切り出し”、ITS2002-66、pp. 139-144
- [6] 井村 誠考：“ラベリング”、  
URL:<http://chihara.naist.jp/people/STAFF/imura/products/labeling>
- [7] 奈良先端科学技術大学院大学 OpenCV プログラミングブック製作チーム：“OpenCV プログラミングブック”、2007.9
- [8] OpenCV リファレンスマニュアル (日本語訳)、  
URL: <http://opencv.jp/opencv/document/>

(受理 平成 20 年 3 月 19 日)