

墨入れの色網点モデルによる道路標識の特定色空間について
A specific color space of traffic signs using color halftoning model of black generation

荒井 雄介[†] 金 義鎮[†]
Yusuke Arai Euijin Kim

1. はじめに

道路情景画像から道路標識の特定色(赤)を判別する手法は、主に HSV や RGB カラーモデルを利用している。特定色判別に HSV 値を用いた手法は非常に忠実に特定色を判別できるが、複雑な変換式が必要になるため処理時間が増大する[1,2,6]。また、HSV 値それぞれに対してしきい値の設定が必要になる。次に、特定色判別に RGB 値を用いた手法は、画素の値を直接利用できるため、処理が高速化できる[3,4,5]。

しかし、天候による悪条件下(逆光、色落ちや低明度時等)での赤色は橙色、紫色に変化するため、HSV や RGB カラーモデルを用いた手法は悪条件下で特定色の抽出精度が低下するという問題点がある。また、走行中の車での処理のためには処理が高速であることが重要である。

そこで本研究では、処理の高速化と悪条件下でのロバスト性を高めるために道路標識の特定色判別に墨入れの色網点モデル[7]を用いた手法を提案する。提案手法は特定色判別に RGB 値を用いるので処理が高速化できる。さらに、墨入れの色網点モデルを用いることで低明度時の色を良好に再現できる。特定色空間を用いた検証実験から提案手法の有効性を示す。

2. 墨入れの色網点モデルによる特定色判別

悪条件の中で最も多発する条件は、標識が低明度になることである。標識の明度は朝方、夕方等に低くなり、時間帯によってどの標識も必ず低明度になる。従って、本研究では低明度時の特定色の抽出精度を高める特定色判別式を提案する。2.1 に低明度時の RGB 値の変化について、2.2 に墨入れの色網点モデルを用いた特定色判別式について述べる。

2.1 低明度時の RGB 値

文献[5]で提案された RGB 減算法を用いた特定色判別は、HSV 値を用いた手法と比較すると、約 74%もの処理時間が短縮できると報告されている。従って、処理の高速化のためには特定色判別に RGB 値を用いることが望ましい。しかし、RGB 値は低明度時にそれぞれが低い値となるため、特定色の判別精度が低下する。従って、特定色判別に RGB 値を用いた場合、判別精度を向上させるためには新たに明度の条件を設定する必要がある。しかし、明度の条件を設定するとしきい値の数が増加するという問題が発生する。

2.2 墨入れの色網点モデル

本研究で扱うカラー画像データは、ディスプレイ上に色を出力する(色再現)ために色網点を用いている。色再現は三原色理論に立脚していて、人間の視覚に関する三色性による。この三原色を混色させることによって色再現が行わ

れる。主な混色の方法として加法混色と減法混色がある。加法混色の代表例としてカラーテレビや舞台照明がある。一方、減法混色の代表例にはカラー写真やカラー印刷がある。カラー画像データは色ドットの重なりによって加法混色と減法混色が混在したものである[7]。加法混色、減法混色の三原色はそれぞれ RGB, CMY であり、RGB 値と CMY 値の関係式は式(1)となる。

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} \quad (1)$$

減法混色を用いた色再現では、一般的にシャドウ部を良好に再現するために CMY のほかに墨(黒)K を加えた四色再現(墨入れ)が行われる。K は明度 V と式(1)から式(2)で求めることができる[6]。

$$\begin{aligned} K &= \min(C, M, Y) = \min(1-R, 1-G, 1-B) \\ &= 1 - \max(R, G, B) = 1 - V \end{aligned} \quad (2)$$

式(2)から減法混色を用いた四色再現を用いることで V に対する制御が可能になる。そこで本研究では、墨入れの色網点モデルを用いた赤色判別のための判別式を新たに定義する。判別式は文献[5]と同様に G 成分の明るさに対する影響を考慮し R と G の差分をとる。R と G の差分は式(1)から式(3)と定義できる。

$$R - G = (1 - C) - (1 - M) = M - C \quad (3)$$

式(3)を K による四色再現の式に変換するためには、一定割合の CMY 値を K に置き換える下色除去(UCR)処理を行う必要がある。従って、墨入れの色網点モデルを用いて UCR を行うと式(3)は式(4)となる。

$$\begin{aligned} M - C &= \frac{M' - K}{1 - K} - \frac{C' - K}{1 - K} \\ &= \frac{(1 - G) - K}{1 - K} - \frac{(1 - R) - K}{1 - K} = \frac{R - G}{1 - K} \end{aligned} \quad (4)$$

式(4)中の M', C' は UCR 前、M, C は UCR 後の値をそれぞれ表し、M ≠ M', C ≠ C' である。また、式(4)は式(2)から式(5)となる。

$$M - C = \frac{R - G}{1 - (1 - V)} = \frac{R - G}{V} \quad (5)$$

以上より赤色判別のための判別式を式(6)のように定義する。

$$Red = \begin{cases} 0 & \frac{R - G}{V} (= M - C) < th \\ 1 & \frac{R - G}{V} (= M - C) \geq th \end{cases} \quad (6)$$

ここで th はしきい値である。式(6)から墨入れの色網点モデルを用いることによって、少ないしきい値で明度を考慮

[†] 東北学院大学大学院工学研究科電気工学専攻
Graduate School of Engineering, Tohokugakuin University

した特定色判別式を定義できる。また、式(6)は画像から得られる RGB 値を変換処理なしで使用できるので処理が高速化できる。

3. 実験

実験環境を表1に示す。実験画像は259枚を用い、悪条件のものとしてそれ以外のものを好条件として目視によって分類した。提案手法が表す特定色空間と悪条件時の標識の赤色円形状部(図1(a))をHSV値に変換し、プロットした結果を図1に示す。提案手法のしきい値は事前実験により最適な値を求め、 $th=0.15$ とした。従来手法と提案手法の赤色判別の結果を表2、画像の標識部分に対して各手法で赤色を判別・抽出した結果を図2に示す。また、各手法におけるしきい値の数と処理時間の結果を表3に示す。

4. 考察

特定色空間上で色相(H)の範囲が 240° から 270° の場合は青紫色、 30° から 60° の場合は橙色に近い色となる。図1(b)から悪条件下では、青紫色、橙色の範囲に標識の色が存在する可能性があることが分かる。このことから提案手法は、悪条件により標識の色が変化する場合でも特定色の判別精度を高めることができる。さらに、提案手法は図1(c)、(d)から低明度時のロバスト性が高いことが分かる。表2の結果から画像が好条件の場合どの手法も赤色判別精度が高いことが分かる。しかし、画像が悪条件の場合は赤色判別精度が低く、提案手法だけが良好な結果を得られた。表2、3から文献[2]は悪条件化での判別精度が高いが、しきい値の数が多く色判別にHSV値を用いているため処理時間が提案手法の約10倍長くかかっている。次に、文献[4]はしきい値の数が少なく処理時間が少ないが、提案手法と比較すると判別精度が低いことが分かる。また、文献[5,6]はしきい値の値について明確に表記されていない。しきい

表1 実験環境

画像サイズ	640×480
画像の枚数	悪条件 48 枚, 好条件 211 枚
マシンの性能	Core(TM)2 Quad 2.66GHz
抽出半径	12~30

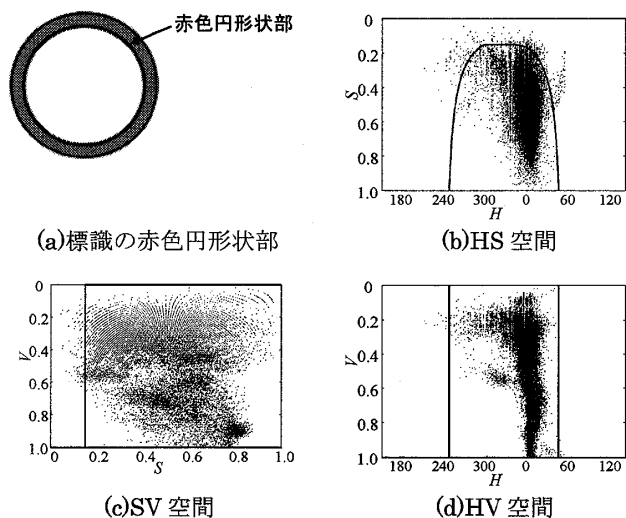


図1 提案手法の特定色空間とHSV値の分布

表2 赤色判別の結果

	赤色判別に失敗する数(枚)	
	好条件(211枚)	悪条件(48枚)
文献[1]	2	34
文献[2]	0	10
文献[3]	1	26
文献[4]	2	15
提案手法	0	6

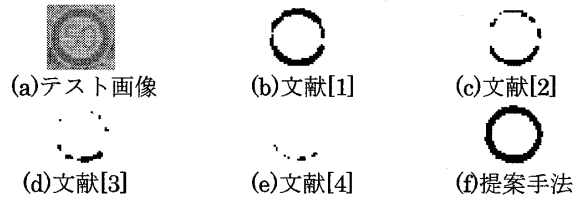


図2 従来手法と提案手法の赤色抽出結果

表3 各手法におけるしきい値の数と処理時間

	しきい値の数(個)	処理時間(sec)
文献[1]	2	0.02904
文献[2]	3	0.01422
文献[3]	3	0.00122
文献[4]	1	0.00154
提案手法	1	0.00156

値の設定によって文献[5]は後の処理、文献[6]は彩度Sの条件で処理に失敗する。以上のことから提案手法は悪条件下で従来手法よりも有効であることが示された。

5. まとめ

本研究では、墨入れの色網点モデルを用いて道路標識の特定色を判別する手法を提案し、特定色空間から提案手法の有効性の検討を行った。提案手法を用いることで悪条件下での特定色の判別精度が向上できた。また、処理時間を高速化でき、提案手法は従来手法より優れていることが示された。今後は標識の内部認識に関する検討を行う予定である。

参考文献

[1]A. de la Escalera, J.M Armingol, M. Mata, "Traffic sign recognition and analysis for intelligent vehicles.", Image and Vision Computing 21, pp.247-258 (2003).
 [2]Yutaka Ishizuka, Yuzo Hirai, "Segmentation of Road Sign Symbols using Opponent Color Filters.", Proc. Of ITS WC 2004, Nagoya, Oct. 2004.
 [3]Hsiu-Ming Yang, Chao-Lin Liu, Kun-Hao Liu, and Shang-Ming Huang, "Traffic Sign Recognition in Disturbing Environments.", Springer Berlin/Heidelberg, Vol. 2871, pp.252-261 (2003).
 [4]Aryanto Soetedjo and Koichi Yamada, "An Efficient Algorithm for Traffic Sign Detection.", Journal of Advanced Computational Intelligence, Vol.10, No.3, pp.409-418, May 2006.
 [5]松浦 大祐, 山内 仁, 高橋 浩光, "特定色判別と領域限定を用いた円形道路標識の抽出", 信学論(D-II), Vol.J85, No.6, pp.1075-1083 (2002).
 [6]影山 陽一, 西田 眞, 明珍 甲太, "カラー情景画像における円形道路標識認識法", 映像情報メディア学会誌, vol.J61, No7, pp.972-978 (2007)
 [7]日下 秀夫 監修, "先端技術の手ほどきシリーズ カラー画像工学", オーム社, (1997).