

様々な条件下における交通信号の認識可能性に関する検討

An Examination of the Possibility of Traffic Light Recognition under Various Conditions

○宮川琢磨, 安倍雅幸, 大町方子, 齋藤恒雄, 谷口正成

Takuma Miyakawa, Masayuki Anbai, Masako Omachi, Tsuneo Saito,
and Masanari Taniguchi

東北文化学園大学 科学技術学部 知能情報システム学科

Department of Intelligent Information System, Faculty of Science and Technology,
Tohoku Bunka Gakuen University

キーワード : 画像認識 (image recognition), 交通信号 (traffic light), 高度道路交通システム (intelligent transportation system), 運転支援システム (driver support system)

連絡先 : 〒 981-8551 仙台市青葉区国見 6-45-1 東北文化学園大学科学技術学部 知能情報システム学科
大町方子, Tel.: (022)233-5316, Fax.: (022)233-5316, E-mail: fan@ait.tbgu.ac.jp

1. はじめに

自動車の安全走行についての関心が高まり, 安全走行のためのさまざまな運転者支援システムの研究開発が行われている^{1, 2, 3, 4)}. 道路を安全に走行するために必要不可欠なものとして信号機がある. 車載カメラで撮影した画像から抽出した信号機の画像から点灯している色を認識することが可能であれば, 運転者に対して道路環境を理解するための有益な情報を提供することが可能となる.

しかし, 信号機の色は LED 式と電球式で微妙に異なり, また, 天候や時間帯によっても変化する. そこで本研究では, さまざまな条件下で信号機の画像を収集し, 色情報に基づいて信号機の点灯している色を認識する可能性について検討する.

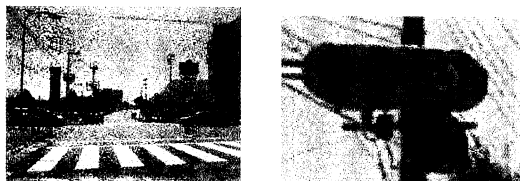
2. データ収集方法

様々な条件下における交通信号の認識の可能性を検討するために, 異なる信号機の種類, 時間帯, 天候, 撮影モードにおける画像を撮影した. 撮影は走行中と停車中の車内からデジタルカメラで行なっている. 撮影サイズは 2048 × 1536 に統一した.

撮影した画像から信号機の付近の画像を切り出して用いた. 撮影した画像と切り出した画像の例を図 1 に示す.

信号機の色を RGB 色空間での分布を直感的に理解するために, 切り出された画像の各画素を RGB 値によって 4 種類に分類し, 便宜上次のように呼ぶ.

- 赤画素 ($R > 140, G \leq 150, B \leq 150$)
- 青画素 ($R > 140, G > 150, B > 150$)



(a) 撮影した画像 (b) 切り出し後の画像

Fig. 1 用いたデータの例

- 黄画素 ($R > 140, G > 150, B \leq 150$)
- 白画素 (上記以外)

そして、赤画素、青画素、黄画素のうち最も多かったものを、信号機の点灯している色と認識する。

3. 画像の分析と認識結果

3.1 信号機の種類による違い

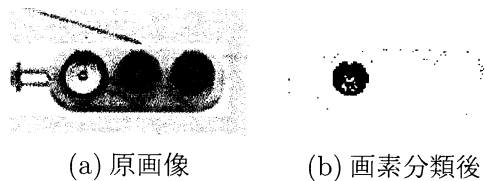
まず種類の異なる電球式と LED 式の信号機を比較した。図 2 は電球式、図 3 は LED 式の信号機を示す。電球式の信号機は点灯面の中心部に影ができ、周囲の点灯している部分と比べて暗く写ることが多い。それに対して、LED 式は点灯している色にむらがなく、均一に写ることがわかる。

しかし、電球式信号機の色のもつむらも、画素の分類には大きな影響はないことが確認できた。図 2、図 3 とも正しく認識された。

3.2 時間帯による違い

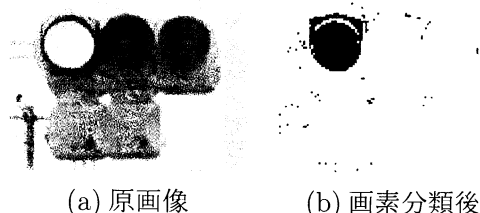
時間帯による影響を調べるために、日中、夕方、夜間の各時間帯に撮影を行なった。それぞれの画像を図 4～図 6 に示す。日中と夕方の場合は、点灯色がきれいに写るのに対して、夜間の場合は周りが非常に暗いため、点灯している信号の部分だけが白く写ってしまい、信号の色が周りに拡散する形の画像になった。

図 4～図 6 はいずれも赤信号の例であるが、日中と夕方の赤信号に関しては、赤画素のほか



(a) 原画像 (b) 画素分類後

Fig. 2 電球式の信号機



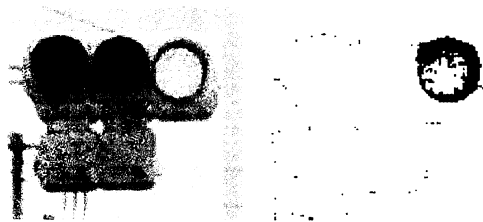
(a) 原画像 (b) 画素分類後

Fig. 3 LED 式の信号機

黄画素も得られている。しかし、いずれも赤画素が多く、正しく認識された。夜間の画像は、信号の中心部は輝度値が大きく白色となっており、その周囲に赤画素が拡散していた。夜間の信号については青信号・黄信号も同様の性質が見られた。

3.3 天候による違い

天候の違いによる影響を調べるために、晴れ、曇り、雨の日の画像データを収集した。図 7～図 9 はそれぞれ、晴れ、曇り、雨の日の画像の例である。晴れと曇りの場合は、信号機がよく見え、点灯している色がきれいに現れている。晴れの日の画像に関しては、太陽光が強いため信号機の金属の部分に反射が生じて多少のノイズが現れたが、色の判別に影響を及ぼすほどの問題ではないと思われた。一方、雨天時の画像に関しては、水滴がフロントガラスについており信号からの色を水滴が反射しているため信号の場所以外でも信号と同じ色の画素が現れた。これによって信号の形状が変化したものの、色に関する影響はそれほどないと思われる。



(a) 原画像 (b) 画素分類後

Fig. 4 日中の信号機



(a) 原画像 (b) 画素分類後

Fig. 5 夕方の信号機



(a) 原画像 (b) 画素分類後

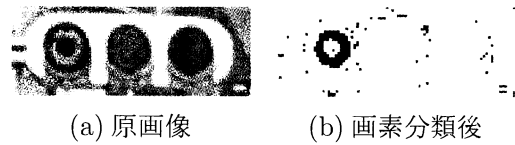
Fig. 6 夜間の信号機

3.4 撮影モードによる違い

信号機を認識する場合、信号機を離れた場所から撮影する必要があるため、撮影モードを「オート」と「遠景」にした場合の違いを調べた。日中と夕方の時間帯に関しては、二つのモードで撮影した画像に大きな違いは現れなかった。夜間の場合において、「オート」で撮影した画像は信号機の点灯面の形が崩れたのに対して、「遠景」で撮影したものはきれいな円形が得られた。その画像を図 10 と図 11 に示す。

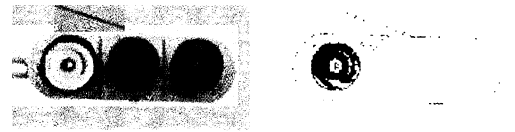
3.5 走行中と停車中による違い

停車中の車の中から撮影した画像以外に、実用化の際の必要性を考慮し、走行中の車内からも撮影した。図 12 は走行中の車内から撮影したもので、図 13 は停車中の車内から撮影したものである。停車中と比べて走行中の車内から撮影した画像はぶれが生じており、それによって



(a) 原画像 (b) 画素分類後

Fig. 7 晴れの日の画像



(a) 原画像 (b) 画素分類後

Fig. 8 曇りの日の画像



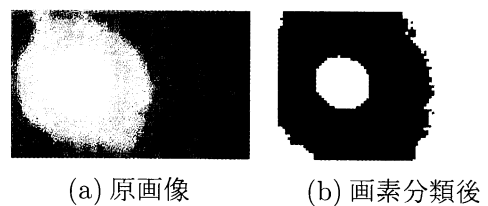
(a) 原画像 (b) 画素分類後

Fig. 9 雨の日の画像

信号の形状は大きく変化したが、色自体には変化が生じなかった。

3.6 全体と色別の認識率

撮影した 195 枚の画像を用いた信号色認識実験では、全体の認識率は 96% (195 枚中 188 枚が正解) であった。各色の認識率の内訳を表 1 に示す。赤信号と青信号については全て正しく認識できたが、黄色の信号の誤認識が多かった。



(a) 原画像 (b) 画素分類後

Fig. 10 オート撮影



(a) 原画像 (b) 画素分類後

Fig. 11 遠景モード

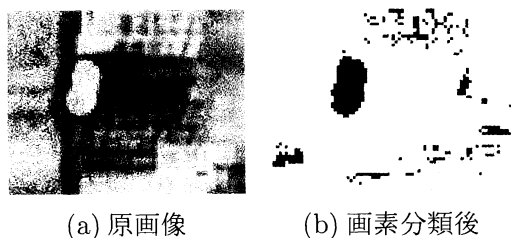


Fig. 12 走行中に撮影

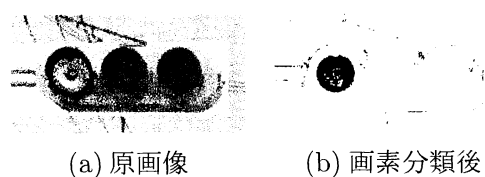


Fig. 13 停車中に撮影

Table 1 認識結果 (正答数/総数, 正答率)

赤信号	青信号	黄信号
72/72, 100%	111/111, 100%	5/12, 41%

図 14 に正しく認識されなかった黄信号の画像の例を示す。黄信号の中心部からは、黄画素のほかに白画素と赤画素も検出されていることが分かる。この場合は周辺の赤画素のほうが黄画素よりも多かったため、赤信号と認識されてしまった。黄信号に関しては、最適な閾値を検討し、認識方法を改善していく必要がある。

4. むすび

様々な条件化で信号機を撮影した画像を用い、色情報に基づいて信号機の点灯している色を認識する可能性について検討した。実験を行ない、信号色がある程度の精度で認識できることを確認した。

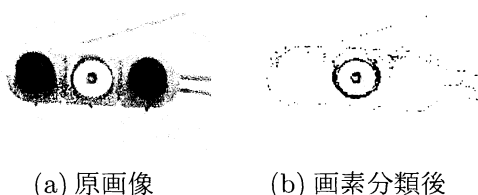


Fig. 14 誤認識した画像

今後の課題としては黄色信号の認識精度の向上が上げられる。より多様な画像での実験を行なうことにより、状況に適した閾値を見つけ出し、認識率を上げる必要がある。また、今回は信号が切り出された状況で信号機の色分析を行なった。本研究の結果を踏まえ、高速なテンプレートマッチング法⁵⁾等と組み合わせて画像から信号を自動で検出し、認識するシステムを構築することも今後の課題である。

参考文献

- 1) S. Maldonado-Bascón, S. Lafuente-Arroyo, P. Gil-Jiménez, H. Gómez-Moreno, and F. López-Ferreras: "Road-Sign Detection and Recognition Based on Support Vector Machines," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 8, no. 2, pp. 264-278, June 2007.
- 2) C. Y. Fang, C. S. Fuh, S. W. Chen, and P. S. Yen: "A road sign recognition system based on dynamic visual model," Proceedings of the 2003 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'03), vol. 1, pp. 750-755, June 2003.
- 3) S. Varun, S. Singh, R. S. Kunte, R. D. S. Samuel, and B. Philip: "A Road Traffic Signal Recognition System Based on Template Matching Employing Tree Classifier," Proceedings of the International Conference on Computational Intelligence and Multimedia Applications (ICCIMA 2007), vol. 3, pp. 360-365, 2007.
- 4) F. Lindner, U. Kressel, and S. Kaelberer: "Robust recognition of traffic signals," Proceedings of the 2004 IEEE International Vehicle Symposium, pp. 49-53, June 2004.
- 5) S. Omachi and M. Omachi, "Fast template matching with polynomials," IEEE Transactions on Image Processing, vol.16, no.8, pp.2139-2149, 2007.