

画像認識とセンサ情報を融合した 自動車競技用運転支援システム

○ 小笠原聖悟† 渡辺寛望† 小谷信司†

† 山梨大学

1. はじめに

自動車競技では主催者とドライバー間の情報伝達手段として信号旗が用いられる。信号旗にはレースを安全に行うための重要な役割があり、ドライバーやチームはその指示に従うことが義務づけられている。しかし、実際のレースにおいて信号旗の見逃しが少なくない。本研究では自動車競技におけるドライバー支援を行う、自動車競技用運転支援システム（以下、運転支援システム）の開発を行い、機能の1つとして、信号旗の見逃しを防止させる「信号旗検出部」について述べる。

画像処理により、コンピュータが自動で物体を見つけるような研究課題に対し、SIFT[1]などの画像特徴点をベースとした手法が広く用いられる。しかし、テクスチャの再現性が期待されるため信号旗のように形状が変化し、それに伴い見た目も変わるような物体には適用が困難である[2]。別の手法として、色ラベリングに基づいてカラー画像から物体領域を抽出・認識する手法も広く用いられる。これには色空間での閾値処理や、画素の色情報と色の名前を対応づけるルックアップテーブルを用いた認識方法などがある[2]。

本稿では、信号旗が非剛体であり、色と大きさが規定されている点に着目し、信号旗の持つ「色」「形状」を画像特徴として利用し、サーキット走行における信号旗検出手法を提案する。

2. 運用環境

2.1 サーキット

自動車競技には多くのカテゴリがあり、そのフィールドも様々であるが、本システムは国際自動車連盟（以下 FIA）と日本自動車連盟（以下 JAF）で公認されたサーキット（周回路）での運用を想定する。サーキットは車両速度、道路幅、周回方向など、一般道路と交通規則が異なる。

2.2 信号旗

競技で使用される信号旗の種類を図1に示す。本稿では赤、青、黄、緑、4種類の検出について述べ

る。寸法と色彩は国際モータースポーツ競技規則[4]により世界共通で定められている。

また、信号旗を掲示する場所をポストといい、サーキットには十数箇所のポストが設置されている。

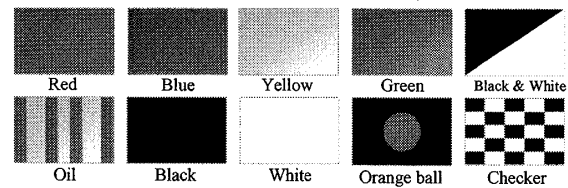


図1 信号旗の種類

3. システム構成

3.1 全体構成

自動車競技用運転支援システムの構成を図2に示す。構成は大きく2つに分けられる。1つは、信号旗の掲示有無をリアルタイムに検出し、ドライバーに注意を促す信号旗検出部、2つ目はセンサ情報等を記録するデータロギングシステム部である。

3.2 信号旗検出部

CCDカメラを用いて画像処理で信号旗の検出を行い、信号旗掲示の有無を運転者に喚起する。カメラはパンチルトズーム機能を有したものを使用する。GPSを利用し、事前に登録した信号旗ポストの位置情報と自車位置推定情報とのマッチングを取り、信号旗検出に適したカメラ制御を行う。

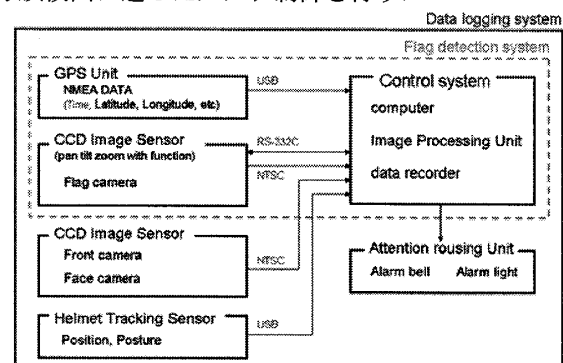


図2 システム全体構成

4. 信号旗特徴

4.1 画像特徴の確認

信号旗の画像特徴が大きく変化する要素として、形状変化と光源変化があげられる。形状変化では、信号旗(布)が非剛体であることから、その3次元形

Driving assist system for motor sports using image recognition with sensor information

Shogo OGASAWARA †, Hiromi WATANABE †, Shinji KOTANI †

† University of Yamanashi

状は様々に変わり、見え方が大きく変化する。光源変化については、運用環境が屋外のため、天候や時間帯などのシーンにより光源のスペクトル分布が変化し、見え方が大きく変化する。

4.2 形状変化

本システムの画像処理系では輝度成分と色成分が分離される YUV 色空間を使用する。晴天時に撮影した黄旗の画素値を図 3(i), (ii)に示す。原画像取得は CANON iVIS HV20 で行い、被写体間距離 10m で撮影した画像から、人為的に信号旗の領域を 40pix(H),60pix(W)で抜き出したものを使用している。(i)と(ii)は同一の光源下で撮影した結果であり、原画像は信号旗を振動させた状態から 1 フレームずつ切り抜いている。この結果から YUV 色空間では、信号旗の形状変化によって輝度成分が大きく変化する事と、輝度に比べて色成分は変化しにくいことが確認出来た。また、座標間の画素値の変化は、離散的でなく連続的で緩やかであることも確認出来た。

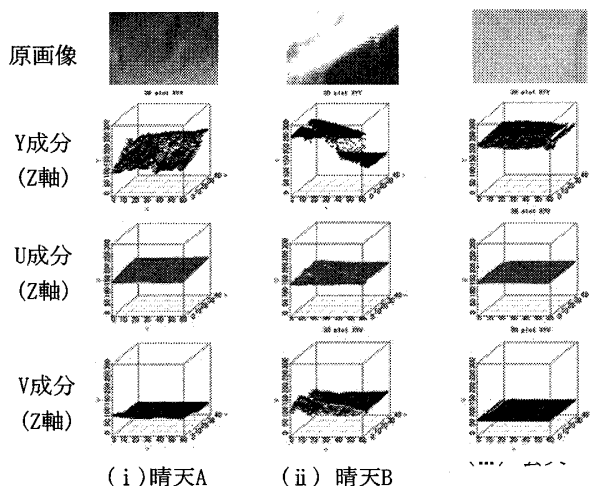


図 3 形状変化に伴う画素値の変化

4.3 光源変化

図 3(iii)に曇天時に観測した黄旗の画素値、図 4 に四つの異なる天候下で取得した赤、青、黄、緑信号旗の画素値を示す。この結果から、光源変化による各信号旗の画素値の変化について、u 成分と v 成分に相関性が見られた。各信号旗の相関値は、 $r_R = -0.96$, $r_B = -0.89$, $r_Y = -0.74$, $r_G = 0.05$ であった。

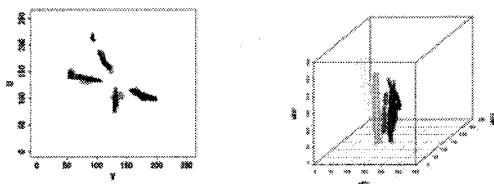


図 4 光源変化に伴う画素値の変化

5. 信号旗検出手法

5.1 アルゴリズム

4の結果に基づく検出手法を提案する。運用環境として信号旗の色が既知なことから、検出には各信号旗に対して実験的に求めた色閾値処理が有効である。しかし、光源が変化する屋外環境での適応は難しいため、光源変化に対する各信号旗の画素値

$(y_{flag}, u_{flag}, v_{flag})$ の変化を回帰式 $u_{flag} = av_{flag} + b$ で近似したものを利用する。まず、色ラベリングによりラベル L_n ごとに分類し、uv 座標系における回帰式とのマッチングをとる。マッチングの結果から各ラベル L_n へスコア $score_n$ を与える。 $score_n > score_{thr}$ を満たすラベリング L_n の画素値 (y_n, u_n, v_n) を xy 画像座標上で z 軸にとり、 (y_n, u_n, v_n) それぞれの変数に gradient フィルタを適応する。Gradient フィルタを適応する事により、信号旗が持つ画像特徴である、連続的で滑らかな変化を特徴量として取り出す事ができ、この特徴量を基にラベル L_n ごとの標準偏差 σ_{L_n} を求める。 σ_{L_n} が $\sigma_{L_n} > \sigma_{thr}$ を満たす場合に、信号旗の検出とする。各信号旗の色閾値で、この作業を行うことで、4色の信号旗の検出を行う。

5.2 検出結果

図 5 に検出結果を示す。色閾値だけでは検出が不可能であるが、 $score_n > score_{thr}$, $\sigma_{L_n} > \sigma_{thr}$ によって検出することが出来た。



図 5 信号旗検出結果

6. まとめ

自動車競技用運転支援システムを提案し、赤青黄緑の信号旗について、その特徴と画像認識手法について述べた。今後は検出アルゴリズムアルゴリズムの実装と、運用環境を想定したパン・チルト・ズームカメラでの実証実験を行っていく。

参考文献

- [1]高木, 藤吉:” SIFT 特徴量を用いた交通道路標識認識”, 電気学会論文誌 C, Vol.129, NO.5, pp893-900, 2009.
- [2] 山崎公俊, 稲葉雅幸: “生活支援ロボットのためのしわ特徴に基づく衣類発見法”, 第27回日本ロボット学会学術講演会講演論文集, 2R1-05, 2009
- [3] 菊池敏文, 梅田和昇, 上田隆一, 大隈久, 新井民夫:” 既知の色の対象を用いた色認識のロボスト化”, 精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, pp.431-432, 2005.
- [4] Federation Internationale de l'Automobile: “2009 International Sporting Code”, République française, 2009.