

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月 1日現在

機関番号：51303

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500164

研究課題名（和文） 車載カメラを用いた交通信号の認識と運転支援システムの開発

研究課題名（英文） Traffic Light Detection with In-Vehicle Camera and Development of Driver Assistance System

研究代表者

大町 方子（OMACHI MASAKO）

仙台高等専門学校・専攻科・准教授

研究者番号：90316448

研究成果の概要（和文）：車載ステレオカメラおよびノート型パーソナルコンピュータを用い、自動車に搭載できる信号映像取得システムを構築した。色飽和に対応するため、色情報と明度情報の双方を活用することにより信号灯候補画素を高精度に検出する手法を開発した。さらに視差を利用することで実際の信号機の大きさと矛盾がないような信号機領域を取得する方法を開発した。

研究成果の概要（英文）：A system that can capture a movie including traffic lights with an in-vehicle camera and laptop personal computer was constructed. An algorithm for detecting traffic lights considering color saturation using luminance and color information had been developed. Using the algorithm, a method of acquiring a signal precisely considering actual size of standard traffic lights was developed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：画像認識

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：

1. 研究開始当初の背景

高度道路情報システム（ITS）への関心が高まり、自動車を快適に運転するための環境が整備されるとともに、安全走行のための様々な運転支援システムが開発されている。特に最近画像を用いたシステムが注目され、ナンバープレートの認識が実用化されているほか、走行路や周囲の自動車、標識など道路環境の認識と理解に関する様々な研究が行なわれている。

警察庁の「平成19年版交通事故統計年報」

によると、信号無視による交通事故は年間約26,000件発生しており、原因のあいまいな安全運転義務違反を除くと事故原因の第3位である。従って、信号機の自動認識が可能になれば、運転者に対する警告システムやエンジン制御等との連動により、安全運転支援のための重要な技術になると考えられる。しかし、画像を用いた信号機の検出と認識は非常に困難な問題である。それは、信号機は他の物体と比較して非常に小さい、信号機と色が似ている物体が多数存在する、高速性が必須と

なるため複雑な処理は適用できない、等の理由による。

そのため、信号機に関しては画像による認識をあきらめ、信号機側から電波を発信して信号機の状態を走行車に伝える方法なども検討されているが、インフラの整備が必要で莫大な費用と時間がかかり、実現は極めて困難である。画像を用いた信号機の認識に関する研究は皆無ではないが、その多くはスチルカメラにより取得した高解像度の静止画を用いるものや、GPS データ等他の情報を併用して精度を上げるものである。しかし、GPS 等他の情報を併用する手法はコストがかかる上システムどうしの連携が必要となるため、画像のみを用いて信号機の検出と認識を行なうことが望まれる。

また、車載カメラによる実用的な信号機検出システムを想定した場合、USB カメラ等で取得した動画を対象とする必要があり、解像度の低さやモーションブラー等により、高解像度であることを前提とした手法は適用が難しい。

2. 研究の目的

カメラで取得した動画を対象として画像中の信号機を高速・高精度に検出し、点灯している色を認識するシステムを開発することを目的とする。

3. 研究の方法

カメラとノート型パーソナルコンピュータを用いた車載実験システムを構築し、信号機を含む映像を実験データとして取得できる環境を整備する。そして、テンプレートマッチング法をベースに低解像度動画から物体を高速かつ高精度に検出する技術を開発し、それを用いて信号機を高速・高精度に検出する技術を開発する。

4. 研究成果

(1) 実験システムの構築

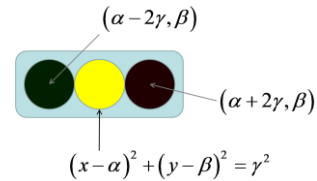
車載カメラおよびノート型パーソナルコンピュータを用い、自動車に搭載できる実験システムを構築した。当初は単眼カメラを想定していたが、予備検討の結果、ステレオカメラを用い、視差のある映像を取得できるシステムとした。そして、多様な信号の映像を収集し、データベースを構築した。

(2) 信号機検出手法の開発

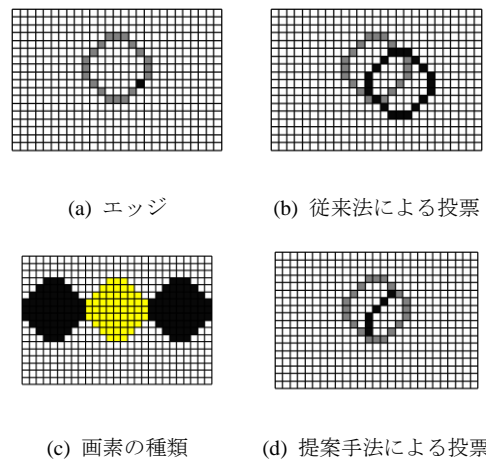
信号機の検出手法として、ハフ変換に基づく手法および、色情報を活用する手法を検討した。

ハフ変換に基づく手法では、正規化 RGB 色空間を用い、信号機の候補となり得る画素をまず抽出する。その画像からエッジを検出し、点灯している信号機を、円を検出することで検出する。その際、信号機の構造をモデル化

し、モデルに合った投票を行うことで検出精度と処理速度を向上させる。下図に、黄色が点灯している場合の信号機のモデルの例を示す。赤・黄・青の3つの信号機に対応する円でモデル化している。



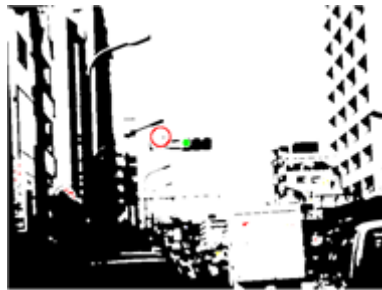
ハフ変換の投票の際、一般的なハフ変換ではエッジ上の点すべてを投票に用いるのに対し、提案手法ではエッジ上の点が信号機としての特徴を持っている場合に限り投票を行なう。下図に例を示す。図(a)の黒で示した画素に対応する投票は、一般的なハフ変換では図(b)のようになるが、図(c)のように画素をクラスタリングした結果を用い、モデルと比較して妥当な場合にのみ、適切な位置に投票を行う。この方法による投票結果を図(d)に示す。結果として、検出精度と処理速度の双方を改善することが可能となる。



独自に収集した信号機の画像を用い、提案手法の有効性を評価する実験を行った。下図に処理結果の例を示す。



(a) 原画像



(b) 画素分類結果



(c) エッジ抽出結果



(d) 信号機の検出結果

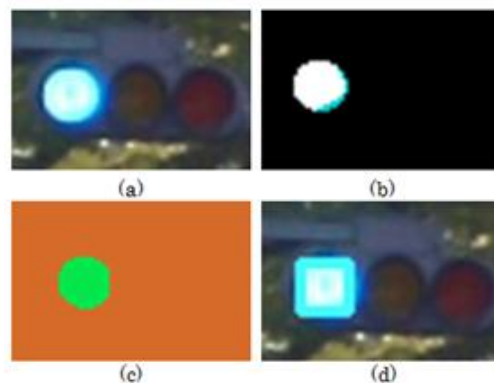
定量評価の結果を下表に示す。一般的なハフ変換を用いた場合および信号機検出の従来法と比較して提案手法は検出精度、処理速度ともに改善されていることを確認した。

手法	精度	処理時間
一般的なハフ変換	57%	0.45 sec
従来手法	80%	0.19 sec
提案手法	89%	0.15 sec

色情報を活用する手法としては、データベースから抽出した点灯している信号の色を用い、信号機らしい色の領域を抽出する方法を検討した。実際に様々な環境で信号機を撮影すると、色飽和が生じて本来の信号機の色とは異なる色となる場合が多い。これに対応するため、色情報に加え明度情報により信号機候補画素を検出する手法を提案した。中心部分が色飽和し色情報を失った信号機でも、

周囲に色情報が失われていない画素があれば、その画素の色情報により信号機候補として検出する。具体的には、まず入力画像をL*a*b*表色系で表す。色情報 a*-b*と明度情報 L*それぞれに閾値を設け2値化し、信号機候補画素を抽出する。抽出した画素にラベリング処理を行い、信号機候補領域を抽出する。このとき、色飽和した画素または領域が有色画素または領域と隣接している場合、同じラベルを割り当てることで有色の信号機候補領域として抽出する。

提案手法による処理の例を下図に示す。(a)が入力画像、(b)が信号機候補画素抽出画像、(c)信号機領域抽出画像、(d)が信号機検出画像である。図(a)から分かるように、青色の信号機の中心部は画素の色が白に近く、色飽和をしている状態であるが、図(d)のように信号機が正しく検出できていることが分かる。



この手法を、ステレオカメラを用いて実際の信号機の大きさを利用して信号機を検出する手法と組み合わせ、精度よく検出と認識ができる手法を提案した。視差を用い、視差から奥行きを求め、検出された領域の大きさを実際の信号機の規格と比較することでより高精度に信号機の領域を検出する手法を開発した。

さまざまな映像を用いて検出実験を行った結果を下表に示す。従来手法と比較して高い精度が得られた。また、この時の平均処理時間は1フレームあたり100msec程度であり、実用的な処理時間であることも確認した。

	適合率	再現率	F 値
従来手法	0.95	0.45	0.61
提案手法	0.97	0.71	0.83

一方で、路面の色及びテクスチャを用い、人工ニューラルネットワークを用いて路面を検出する手法についても検討を行った。路面を正確に検出し、提案した信号機の検出アルゴリズムと組み合わせることで、より高精度な認識が可能になると考えている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

1. Masako Omachi, Shinichiro Omachi, Hirotomoto Aso, and Tsuneo Saito, Pattern recognition using boundary data of component distributions, Computers & Industrial Engineering, 査読有, 60巻, 2011年, 466-472
2. Masako Omachi and Shinichiro Omachi, Pattern Recognition with Gaussian Mixture Models of Marginal Distributions, IEICE Transactions on Information and Systems, 査読有, E94-D巻, 2011年, 317-324
3. Wei Chen, Gang Liu, Jun Guo, Shinichiro Omachi, Masako Omachi, and Yujing Guo, Novel Confidence Feature Extraction Algorithm Based on Latent Topic Similarity, IEICE Transactions on Information and Systems, 査読有, E93-D巻, 2010年, 2243-2251

[学会発表] (計4件)

1. 茂泉拓紀, 色飽和を考慮した交通信号灯検出, 電子情報通信学会総合大会, 2013年3月22日, 岐阜大学(岐阜市)
2. 茂泉拓紀, 車載ステレオカメラを用いた色飽和を考慮した交通信号灯認識, 電子情報通信学会パターン認識・メディア理解研究会, 2013年2月21日, 大阪府立大学(堺市)
3. 茂泉拓紀, ステレオカメラを使った信号灯認識, 電気関係学会東北支部連合大会, 2012年8月31日, 秋田県立大学(由利本荘市)
4. Masako Omachi, Detection of Traffic Light Using Structural Information, IEEE 10th International Conference on Signal Processing, 2010年10月26日, 北京(中国)

[図書] (計0件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計0件)
- 取得状況 (計0件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大町 方子 (OMACHI MASAKO)
仙台高等専門学校・専攻科・准教授
研究者番号: 90316448

(2) 研究分担者

大町 真一郎 (OMACHI SHINICHIRO)
東北大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号: 30250856

(3) 連携研究者 なし