

H-037

メッシュ・テンプレートを用いた色と形の同時判定による道路標識の高速検出 Fast Road Sign Detection by Scoring Shape and Color with Mesh Template

青木 裕太[†]
Yuta AOKI[†]

安西 俊孝^{†‡}
Toshiyuki ANZAI^{†‡}

篠崎 眞太郎[§]
Shintarou SHINOZAKI[§]

中島 克人^{†§}
Katsuto NAKAJIMA^{†§}

1. はじめに

近年、ドライバーの運転支援や運転中の危険回避の観点から、ITS (Intelligent Transport Systems: 高度道路交通システム) に関する研究が盛んに行われている。道路標識の検出・認識を目的とした研究は数多くあるが、その大半が道路標識に含まれている色情報と形状情報を別々に判別し抽出を行っているため、処理に時間が掛かる^[1]。また、照度条件変化の考慮が不十分なものが多く、検出精度に問題がある。特徴量を用いた SIFT^[2,3]や HOG^[3]といった強力な手法も知られているが、これらもまた多くの計算量を必要とするため、現時点ではビデオレートでの実時間認識は困難である。

本研究では、色情報と形状情報を同時に扱うメッシュ型のテンプレート (以下、メッシュ・テンプレート) を用い、様々な照度条件にも対応できる判定表を用いることで、円形道路標識の実時間検出の提案を行う。

2. メッシュ・テンプレートを用いた道路標識検出

2.1 メッシュ・テンプレートの概要

従来の提案手法では、テンプレートマッチング法が代表的である。しかし、マッチングには、色と形状を完全に指定したテンプレートを用いて検出を行うため、処理時間が掛かる。色を判別した後に形状を判断するものもあるが、それでも検出速度には問題が残る。

今回、このような問題を解決するために図1のようなメッシュ・テンプレートを提案した。このメッシュ・テンプレートは、色情報と形状情報を同時に判別するための矩形メッシュである。メッシュ・テンプレートは、セルと称する小さい四角いマス目を縦横に並べて構成される。このセルの数は、多く細かくすれば検出精度は上がるが、処理時間が増える。逆に少なく粗くすれば、処理時間は減るが、検出精度は下がる。そこで今回は、経験的に決定した10×10セル (図1(a)参照) を採用する。

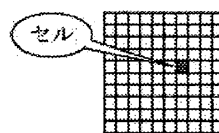
メッシュ・テンプレートを使った色情報と形状情報の判別方法は次の通りである。

【色情報の判別】

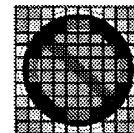
メッシュ・テンプレートのセル毎に、検出対象色との類似度を計算する (以下、スコア計算)。

【形状情報の判別】

検出対象色との類似度である「スコア」の計算時に、メッシュ・テンプレート内のセル位置によりそれらの重みを変えて形状も同時に判別する。



(a) 10×10セルの
メッシュ・テンプレート



(b) 重み付きの
メッシュ・テンプレート

図1. メッシュ・テンプレート



図2. 検出対象の円形道路標識

2.2 形状判別のための重みの決定方法

今回の検出対象は道路標識であるが、道路標識にはいくつかの形状があり、本研究では、検出対象を図2のような「規制標識 (以下、円形道路標識)」に限定する。なお、道路標識の検出は行うが、その標識の識別までは行わない。道路標識の位置検出が正確に行えれば、識別自身は、従来のテンプレートマッチングにより高速かつ容易に行える。

スコア計算時に、検出対象の形状を判別するために、各セルに正負の重みを持たせる。各セルの重みの決定方法として、今回は「被覆面積比」を用いた。この被覆面積比とは、検出対象にメッシュ・テンプレートが丁度外接するとき、各セルの領域に検出対象がどのくらいの面積を占めているのかを表すものである。本研究では、メッシュ・テンプレートを図1(b)のように配置し、セルが検出対象を完全に被覆する場合を10、完全に検出対象から外れる場合 (円形道路標識の中心部分を含む) を-10とし、一部を被覆する場合はその面積比を10から-10に対応させることにより、各セルの重みを決定した。

2.3 スコア計算

スコア計算は以下の手順でおこなう (図3参照)。

- ① 入力動画像に対して、メッシュ・テンプレートを画面くまなくスイープして検査する
- ② ポジション毎のメッシュ・テンプレートの各セルの範囲の検査画像の画素値を取得する
- ③ 色判定表 (検出対象の画素値の分布データ) を基に、検査対象画像のスコアを計算する
- ④ そのスコアに、各セルに応じた重みを掛ける
- ⑤ 各セルの重み付きのスコアを合計し、メッシュ・テンプレート全体のスコアとして算出する

ポジション毎の算出スコアの値がある閾値以上の場合、そのテンプレート位置を道路標識領域として抽出する。

2.4 部分隠れへの対応

エッジ抽出などを用いる従来の手法では、道路標識の一部が街路樹などによって隠れてしまっている場合、

[†] 東京電機大学工学部第一部

School of Engineering, Tokyo Denki University

[‡] 現 株式会社ザナヴィ・インフォマティクス

Xanavi Informatics Corporation

[§] 東京電機大学大学院先端科学技術研究科

Graduate School of Advanced Science and Technology,

Tokyo Denki University

検出対象の本来の形状を見失い、検出が困難になる。しかし本手法では、検出対象の色と形状をメッシュ・テンプレートの各セルでの重みで判別しているため、遮蔽物により検出対象が隠されたセルのスコア値を残りのセルのスコア値が補うように作用することにより、部分隠れの道路標識の検出もある程度可能となる。

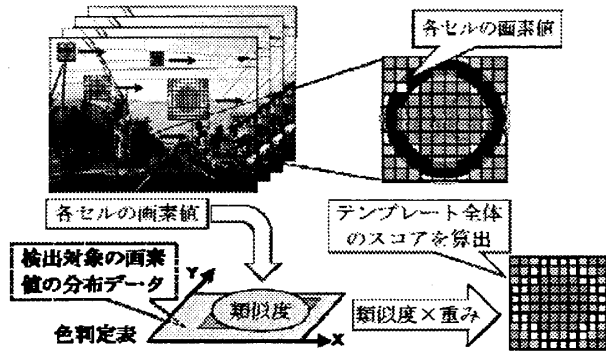


図3. スコア計算

2.5 照度条件への適応

高輝度時や逆光時、夜間時などに照度は様々に変化する。これに伴い、検出対象色が種々に変化するので、それぞれの照度条件下でスコア計算を行う場合、輝度別に求めることを考える。つまり、スコア計算時に検査対象領域との類似度計算に用いる色判定表を輝度別に用意する(以下、輝度別色判定表)。

まず、入力動画像からフレームを読み込んだ後、輝度を独立して扱うため、当該フレームをRGB表色系からYUV表色系に変換する。次に、そのフレームでの輝度値を求める。そして、その輝度に応じた色判定表を用いてスコア計算を行う。

2.6 高速化の方法

スコア計算時に、各セルの画素値の総和を求めなくてはならないが、種々のサイズのテンプレートをそれぞれスweepしなくてはならないため、テンプレートの各ポジションでそれを求めている処理に時間が掛かる。そこで、各要素にその位置およびそれより左上の全ての画素値の合計を蓄える配列であるIntegral Imageを、フレームを読み込んだ直後に作成しておき、各ポジションでの画素値の総和計算の時間短縮を図る(図4)。

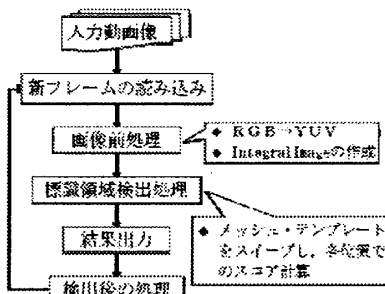


図4. 標識検出処理全体の流れ

3. 評価実験

3.1 実験概要

車内に設置されたカメラによって車載前方実動画像(解像度640×480 pixel, 30 fps)を収集し、ノンリアルタ

イムで本手法の評価を行った。撮影には、簡便かつ低コストを意識し、市販のデジタルカメラを用いた。晴天の夕刻時に撮影され、撮影時間は約37秒(フレーム総数1050枚)である。全フレーム画像には、検出対象標識が延べ377個存在していた。実験に使用したコンピュータは、CPU: Intel Pentium D 3.4GHz, Memory: 1GBである。また、メッシュ・テンプレートのサイズは20×20 pixelから80×80 pixel, スweepオフセットは1セル, テンプレートのサイズ刻みは1.1倍とした。

3.2 評価

評価の結果、テンプレートの最小サイズである20×20 pixelから標識の検出が可能であることが確認できた。また、処理時間は約110 ms/frame(≒約9.1 fps)とほぼ実時間での検出を達成している。スコア判定の閾値を変化させた場合の検出率と誤検出数の関係を図5に示す。検出率の上限が80%に留まっているが、これはスweepオフセットが大きい時の検出ミスが原因と考えている。

なお、4分の1程度の部分隠れがある場合にも図6のように検出できており、メッシュ・テンプレートの有効性を示すことができた。

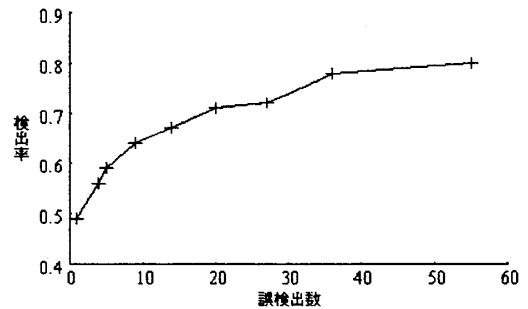


図5. 検出率 vs. 誤検出数

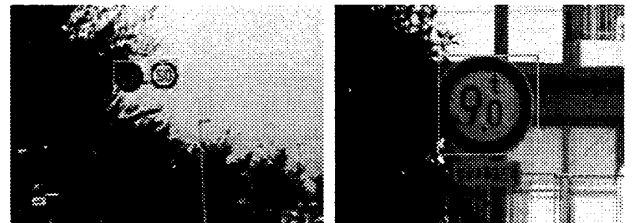


図6. 部分隠れの検出成功例

4. おわりに

本研究では、メッシュ・テンプレートを用いて入力動画像中の円形道路標識を高速に検出する手法を提案した。

今後の課題として、より遠方の標識検出と検出率の向上および道路標識の認識がある。また、様々な照度条件下での検出や実時間検出のための更なる処理時間の短縮などが挙げられる。

参考文献

[1] 莫躬舸, 青木由直, “カラー画像における道路標識の認識”, 信学論, vol.J87-D2, no.12, pp.2124-2135, 2004.
 [2] 高木雅成, 藤吉弘亘, “SIFT 特徴量を用いた交通道路標識認識”, 第13回画像センシングシンポジウム, LD2-06, 2007.
 [3] 藤吉弘亘, “Gradient ベースの特徴抽出・SIFT と HOG”, 情処研報 CVIM-160, pp. 211-224, 2007.