

携帯型歩行者用信号機認識機器開発のための画像認識

堀場隆広^{*1}

Image Recognition Algorithm to Develop Portable Equipment Helping to Recognize Pedestrian Lights

Tak ahiro HORIBA^{*1}

Industrial Technology Division, AITEC^{*1}

本研究では、歩行者用信号機の赤信号を認識する画像認識機器を開発するために、歩行者用信号機の画像認識アルゴリズムを考案した。この有効性を確かめるためにアルゴリズムをプログラム化した。当所周辺の交差点の歩行者用信号機をデジタルカメラで撮影し、作成したプログラムを用いて歩行者用信号機の認識実験を行った。この結果、歩行者用信号機の赤信号が認識できることを確認した。

1. はじめに

今後、高齢化が進み、弱視の高齢者による歩行者用信号機の見誤りによる交通事故が増えることが予想される。このような歩行者用信号機の見誤りによる交通事故を防止するためには、携帯型の歩行者用信号機の認識機器が有効と考えられる。しかし、人間の視覚や脳による認識メカニズムがあまり解明されていないため、人間と同等の認識機能を機器に組み込んで、歩行者用信号機を認識させることは不可能である。人間が、一般風景を何気なく認識していることをコンピュータに認識させることは非常に難しく、処理時間を要する。しかし、認識対象物を限定すれば、一般風景の中からその対象物がある程度認識することができる。

本研究では、歩行者用信号機を認識対象物として、歩行者が歩行者用の赤信号の見落としを防止する携帯型画像認識機器を試作することを目的としている。今年度は小型の画像認識機器を試作するために、歩行者用信号機の赤信号を認識するアルゴリズムを考案した。そして、試作した認識アルゴリズムの有効性を確かめるために、パソコンで歩行者用信号機を認識することを目的とした。また、当所周辺に設置してある歩行者用信号機について、赤信号の認識を試みた。

2. 実験方法

2.1 歩行者用信号機

携帯型の歩行者用信号機認識機器とは、歩行者用信号機（以後、信号機とする）の赤信号を認識して、歩行者に赤信号であることを音声などで警告する機器であり、これを試作することを最終目的としている。

信号機を画像認識する問題点として、信号機の形状、外枠の色、赤信号の人物シルエットの形状や色があまり統一されていないことがあげられる。例えば、最もよく用いられている電球式の信号機の赤信号は人物シルエットの色が白色で、人物以外の部分に赤信号の色が付いている。また、最近よく見かけるようになったLED式の信号機は、電球式とは異なり人物シルエット部分が赤色で発光し、人物以外は黒色である。また、赤信号の人物シルエットの形状は、腕をすこし開いて立っているものや腕を体に付けて立っているものがある。信号機の枠は、灰色やこげ茶色のものが存在する。また、信号機の形状も異なったものがある。このように、信号機の種類も様々で、一つの信号機の認識アルゴリズムのみで、複数の異なった信号機を認識することは難しい。

実用になる携帯型の歩行者用信号機認識機器を試作するためには、電球式、LED式信号機などに対応可能な複数の認識アルゴリズムを組み合わせる必要があると考えられるが、今回は、街角で最もよく目にする電球式の信号機を対象を限定し、赤信号の認識を試みた。

2.2 パソコンによる信号機の認識

この実験において信号機の認識とは、入力画像と機器内部にあらかじめ用意されている信号機の標準プレート画像と信号機プレートの特徴点の位置関係データベースを照合して、赤信号と判定した場合、「赤信号です」、認識できなかった場合、「赤信号ではありません」ということばにして、パソコンのウィンドウに表示することと定義した。

信号機を認識する機器を試作するためには認識率の高い信号機のアルゴリズムを作成しなければならない。

^{*}1 工業技術部 機械電子室（現尾張繊維技術センター 開発技術室）

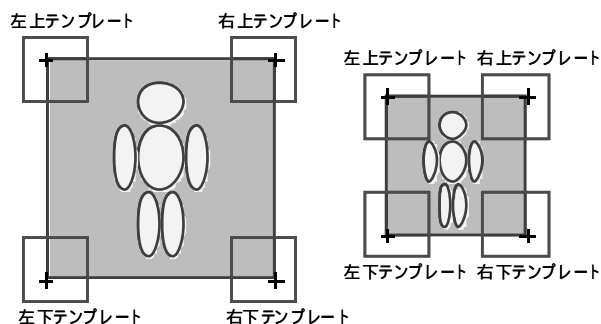
画像認識は経験に基づいて処理手順を決定していくため、ある程度、試行錯誤を繰り返し、認識度の高いアルゴリズムを作成する必要がある。本研究ではアルゴリズムを作成するために、デジタルカメラで撮影した信号機の画像ファイルをパソコンのプログラムで読み取り、アルゴリズムや画像処理パラメータを決定した。

また、標準のテンプレート画像はデジタルカメラで撮影した信号機の画像を切り取り作成した。

2.3 信号機の特徴点

撮影する信号機の距離と撮影するカメラの角度が変化しない場合、1枚の赤信号のテンプレート画像を照合するだけで良いが、一般的には交差点の道路幅の違いや認識機器から信号機までの距離や高さが異なる。例えば、信号機と認識機器が近いと、信号機は大きく写り、遠いと、信号機は小さく写る。また、信号機が高い場所にあると、斜め下から見るため信号機は大きく歪み、低いと、正面から見るため信号機はあまり歪まない。このようなことから、1枚の信号のテンプレート画像を用意して、照合するだけでは不十分である。そこで、大きい信号から小さい信号が写っている複数のテンプレート画像を用意して、画像を照合すれば、認識できるが、その場合、多くのテンプレート画像の照合が必要となる。多くのテンプレートを入力画像から探索して信号機を照合すると、非常に多くの計算時間を要し、信号機が次の色になる限定された時間内で信号機を認識できなくなる。

作成した認識アルゴリズムは図1に示すように、信号機の撮影距離に影響を受けない点に着目して作成した。そして、この点を赤信号の特徴点と呼ぶ。この特徴点を利用して、赤信号を認識した。赤信号の特徴点は四隅の十字で示した点である。基準となる信号機の画像から特徴点の近傍の画像を切り出し、赤信号の特徴点テンプレート画像とした。この4枚の赤信号の特徴点テンプレート画像のみを用いて信号機を認識した。



(a) 近くの信号機 (b) 遠くの信号機

図1 赤信号の特徴点

2.4 特徴点の探索

信号機を撮影した入力画像から特徴点を探索するには図2に示すように特徴点テンプレートの入力画像を1ピクセルずつ照合しながら走査することによって行った。入力画像と特徴点テンプレートの照合は画像の明るさの違いの影響に対してロバストな正規化相関係数²⁾を計算することによって行った。そして、入力画像に特徴点テンプレート画像を照合しながら走査して、正規化相関係数が最も大きくなることを信号機の特徴点とした。4枚の赤信号の特徴点テンプレート画像を走査して4点の特徴点を求めた。特徴点テンプレート画像はカラー画像として照合した。

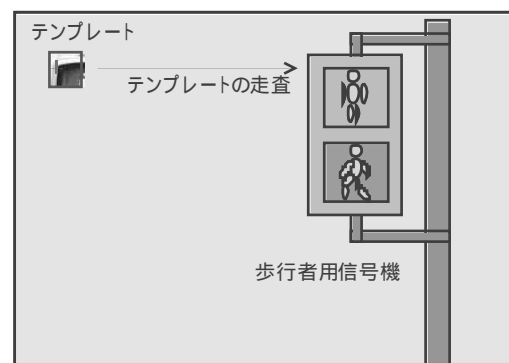


図2 特徴点の探索

2.5 信号機のフレーム

画像に赤信号があると認識するためには、特徴点テンプレートで探索した4点の特徴点の位置関係を調べる必要がある。この位置関係を調べるために、信号機のフレームを定義した。図3で示すように、フレームは特徴点と特徴点を結ぶ二次元平面上にある枠のことである。また、フレームは各辺の長さの比率と辺と辺の角度を保って伸縮と回転できる枠である。

特徴点の位置関係は特徴点をこのフレームに照合する

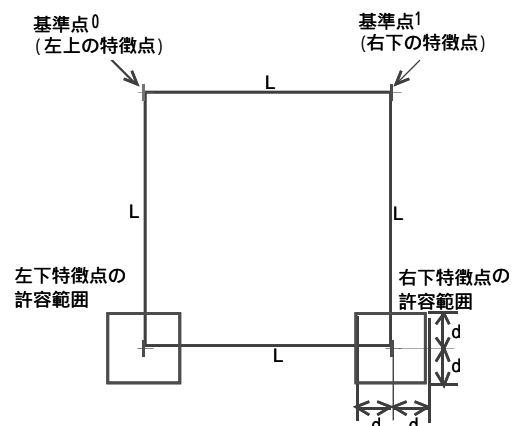
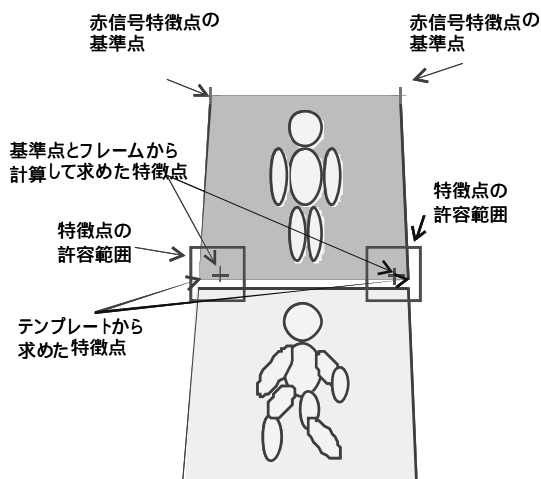


図3 信号機のフレーム

ことによって行った。特徴点とフレームの照合はフレームの左上の基準点 0 と右上の基準点 1 に、信号機の画像から求めた左上の特徴点と右上の特徴点をフレームの座標にした。これにより、フレームの大きさとフレームの位置と傾きが決まり、フレームの上辺の長さ L が計算で求まる。この L とフレームの位置から左下と右下の特徴点が存在する範囲を計算して推定した。そして、テンプレートマッチングで求めた信号の左下と右下の二つの特徴点がフレームから計算で推定した範囲にあれば、赤信号であると判定した。

三次元物体である信号機をカメラで撮影して認識する場合、撮影するカメラの傾きやレンズの歪みなどで、特徴点は完全に一致しない。そこで、図 3 に示すように、特徴点の周りに特徴点の許容範囲を導入して、テンプレートで照合した特徴点が、この範囲内に入っていれば、照合した点は特徴点であるとした。このように、図 4 に示すように、許容範囲を設けることにより、ある程度入力画像の歪みを吸収して認識できるようにした。



斜め下から撮影した歩行者用信号機の認識

図 4 許容範囲

2.6 人物シルエット画像の認識

このテンプレートによる探索とフレームの照合だけで、赤信号をほぼ認識できるが、信号の認識の信頼性をさらに高めるために、赤信号の人物シルエット画像の認識が必要である。今回の実験では、人物シルエット画像の認識までは至っていない。

2.7 信号機の認識プログラム

作成した信号機の認識アルゴリズムを基に、信号機認識プログラムを作成した。図 5 に作成した信号機の認識プログラムを示す。作成したプログラムには、信号機の認識機能、画像ファイル入力機能、画像の保存機能、特徴点テンプレート画像の作成機能、信号機の特徴点テン



図 5 認識プログラム

プレート画像を入力・保存する機能が用意されている。

認識機能は画像ファイルから特徴点テンプレート画像をプログラムに入力しておき、「画像認識」ボタンを押すと右上に表示された 4 枚のテンプレート画像を用いて特徴点テンプレート画像による特徴点の探索とフレームの照合を行い、赤信号であれば、認識結果を示す場所に「赤信号です」と表示する機能である。

画像ファイルの入力機能は信号機が写っている 512×512 ピクセルの画像を入力するための機能である。

画像ファイルの保存機能は処理した 512×512 ピクセルの画像を保存する機能である。

特徴点テンプレート画像の作成機能は入力画像中をマウスで選択することにより、画像から 32×32 ピクセルで切り取り、特徴点テンプレート画像を作成する機能である。

信号機の特徴点テンプレート画像を入力・保存する機能はファイルになった 4 枚のテンプレート画像をウィンドウに表示し特徴点を表示する機能と、4 つのウィンドウに表示されたテンプレート画像と特徴点の座標をファイルに保存する機能である。

このプログラムを用いて、信号機の認識を試みた。

3 . 実験結果及び考察

3.1 認識に用いた信号機の画像

信号機の認識アルゴリズムの有用性を確かめるために、当所近辺の信号機を撮影し、作成したプログラムによって信号機の認識を行った。信号機の撮影は市販のデジタルカメラを使った。この信号機の認識に用いた画像を図 6 に示す。信号機の画像を市販の画像加工プログラムで 512×512 ピクセルに切り出し、認識の実験に使用した。

認識のために撮影した図 6(a)は、正面から撮影した背景を持つ信号機である。図 6(b)は異なる背景の信号機である。図 6(c)は少し斜め左から撮影した信号機である。



(a) 信号機 1

(b) 信号機 2



(c) 昼間の信号機 3

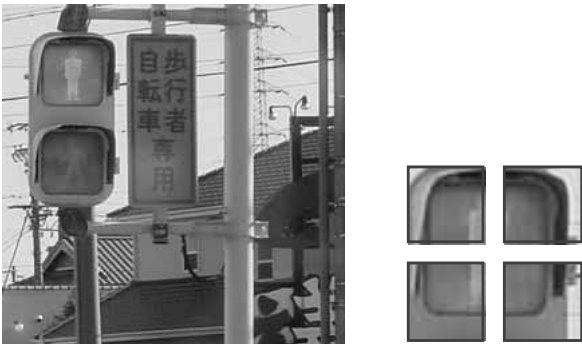
(d) 夜間の信号機 3

図 6 認識に用いた信号機の画像

図 6(d)は図 6(c)の信号機を夜間に撮影したものである。

3.2 特徴点テンプレートの画像

図 7(a)に示す信号機の画像から特徴点テンプレート画像を作成した。図 5 のプログラムを用いて、赤信号の特徴点を含んだ 32×32 ピクセルの画像を切り出し、図 7(b)に示す 4 枚の特徴点テンプレート画像を作成した。



(a)テンプレートの元画像

(b)特徴点テンプレート画像

図 7 特徴点テンプレート

3.3 信号機の認識実験

作成した特徴点テンプレート画像を用いて、図 6 の信号機の赤信号について認識を行った。その結果を図 8 に示す。プログラムの表示は左側のウインドウに信号機の入った入力画像、右上の 4 つのウインドウに、特徴点テンプレート画像が表示される。特徴点テンプレート画像の中の十字印はテンプレート画像に設定した特徴点を表している。画像認識ボタンを押すと右下に認識結果が表示される。



(a) 信号機 1

(b) 信号機 2



(c) 昼間の信号機 3

(d) 夜間の信号機 3

図 8 認識結果

実験の結果、信号機の認識時間は約 1 分を要することが分かった。また、昼間の特徴点テンプレート画像では、夜間の信号機は認識できないが、夜間用の特徴点テンプレート画像を作成して用いると認識できることが分かった。

4 . 結び

本研究では、歩行者用信号機を認識する携帯用の機器を試作するために、歩行者用信号機の認識アルゴリズムを作成した。そして、その認識アルゴリズムをプログラム化して、信号機の認識実験を行った。その結果、信号機の赤信号を認識することができ、作製した認識アルゴリズムがほぼ正しく動作していることが確認できた。

今後の課題として、様々な信号機を写した画像に対して、認識実験を行い、このアルゴリズムによる信号機の認識率を把握する必要がある。

また、機器を試作するために LED 式の信号機用のアルゴリズム作成や画像認識を高速化するために、正規化相関係数の回路化が必要になる。

文献

- 1) 高木, 下田(編) : 新編画像解析ハンドブック, 1669(2004)
- 2) 村松, 小林, 高橋, 清水 : 電子情報通信学会論文誌 D-11, J83-D-11(7), P1667-1675(2000)