

SOMによる道路標識認識の一検討

植田 拓也[†], 鷺見 育亮[†], 藪木 登^{††}, 福本 善洋^{†††}, 松前進^{†††}, 副井 裕^{††††}
[†]鳥取環境大学大学院環境情報学研究科 ^{††}津山工業高等専門学校
^{†††}鳥取環境大学環境情報学部 ^{††††}鳥取大学工学部

交通標識の検出および認識に関する研究は、ITSにおける一つの重要な分野であり、多くの研究が発表されている。本論文では、画像処理と自己組織化マップ(SOM)を用いて、道路標識を含む風景画像から道路標識部分を抽出し、その標識がどのような種類であるかを判別することについて検討している。

A Study of Road Sign Recognition Method by using the Self-Organization Map

Takuya UETA[†] Yasuaki SUMI[†] Noboru YABUKI^{††} Yoshihiro FUKUMOTO^{†††}
Susumu MATSUMAE^{†††} Yutaka FUKUI^{††††}

[†]Graduate School of Environmental and Information Studies, Tottori University of
Environmental Studies

^{††}TSUYAMA National College of Technology

^{†††}Faculty of Environmental and Information Studies, Tottori University of Environmental
Studies

^{††††}Faculty of Engineering, Tottori University

Recently, Intelligent Transport System (ITS) is actively developed. There are development areas in it. Within those areas, the research of detection and recognition of the road sign is one of the most important development areas. In this paper, we describe that our newly developed method extracts automatically the road sign area from the landscape images involving the road signs and recognizes its shape by using both the image processing and the Self Organization Map technique.

1. はじめに

交通標識の検出および認識に関する研究は、ITSにおける一つの重要な分野であり、多くの研究が発表されている[1]-[15]。これらの研究は、対象画像が濃淡画像の場合[1]とカラー画像の場合[2]-[15]に分けることができる。後者はさらに、特定色を抽出する際、ニュー

ラルネットワーク (NN) を用いるもの[2], [3]とその他の方法を用いるもの[4]-[13]に分けることができる。

W.Ritterら[2]は、事前知識と色分類を用いて対象画像領域の仮説を立て、検定することにより標識検出を行っている。しかし、認識率は報告されていない。小原拓文ら[3]は、

色検出用と形状認識用の2種類のNNを用いて標識の検出と認識を行っているが標識が限られている。朝倉俊行ら[4]は、色相を用いて赤色を検出し、速度標識の内部の数字を認識するために、二種類のNN、すなわち一般的な全結合型ネットワークおよび局所結合型ネットワークを用いている。後者は、正規化処理後の位置的なずれを補正するものである。児玉秀作ら[5]は、コントラスト処理及び色強度比処理、多重解像度法により標識の位置と大きさを検出し、NNを用いて速度標識の内部の数字を認識している。これらの文献[4]、[5]は対象画像が速度標識に限られている。さらに、対象画像が円形道路標識[6]、[7]に限られている場合、実用的な処理時間を議論の中心にすえたもの[7]、色と形状の情報を用いて道路標識を検出する場合[8]、対象画像が回転している場合[9]、遠くにあり小さい標識が検出された後、その標識が近づいたという情報を用いて検出する場合[10]、アクティブネットを用いた標識検出の場合[11]、[12]、逆光時を含む道路標識の認識[13]などがある。この他にもさまざまな手法が提案され、特定の条件下では良好な結果が報告されてきたが、周辺状況や処理時間の問題があり、各方面で実用化に向け研究がなされている。

本論文では、画像処理と自己組織化マップ(SOM)を用いて、道路標識を含む風景画像から道路標識部分を抽出し、その標識がどのような種類であるかを判別することについて検討している。PCに接続されたUSBカメラやデジタルカメラから画像を取り込み、画像処理を行い、SOMを用いて形状を判別し、道路標識領域のみを抽出した。

2. 自己組織化マップ (SOM)

2.1. 自己組織化マップの概要

自己組織化マップ (SOM) とはニューラルネットワークの一種で、教師なし強化学習と近傍学習により、多次元ベクトルを2次元マップなど(1次元などの場合もある)に写像したものである。図1に示すように、SOMは、出力層と入力層の2層からなり、出力層にはユニットが格子状に並んでいて、入力層はすべての出力層ユニットと結合している。出力層にあるそれぞれのユニットは、 n 次元のベクトルを持っていて、入力層のベクトルと同じ次元である。この2次元マップに n 次元ベクトルをSOMアルゴリズムにより学習させると、類似度の高いベクトル同士がマップ上で自動的に分類されていくものである。

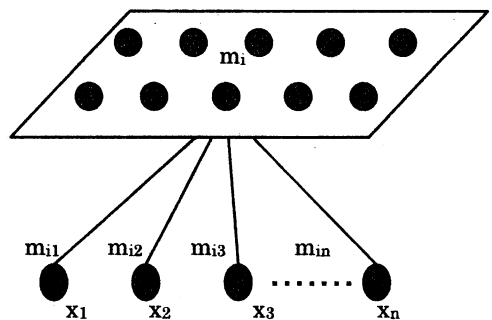


図 1. 自己組織化マップ

2.2. SOM アルゴリズム

まず、学習させる多次元ベクトルを入力ベクトル $x(t)$ とする。この入力ベクトル $x(t)$ とマップ上のノードとのユークリッド距離 $|x - m_i|$ が最小になるノード i を探し、それに添え字 c をつけると、以下の式で定義される。

$$|x - m_c| = \min |x - m_i|$$

この式で決められた参照ベクトル $m_c(t)$ を持つユニットを勝者ユニットという。次に、この勝者ユニットを以下の式により学習させて、より入力ベクトルに近づける。

$$m_i(t+1) = m_i(t) + h_{ci}(t)[x(t) - m_i(t)]$$

関数 h_{ci} は近傍関数で、学習の最初では近傍のサイズを大きくとっておき、学習が進むにしたがってサイズを小さくしていく。近傍の内側では $h_{ci} = \alpha(t)$ で、近傍の外側では $h_{ci} = 0$ である。この $\alpha(t)$ の値を学習率係数と呼び、学習が進むにしたがって減少させていく。

3. 標識領域の絞込み

3.1. 道路標識認識の手順

本研究では図 2 に示すような処理過程を行い道路標識の認識を行う。

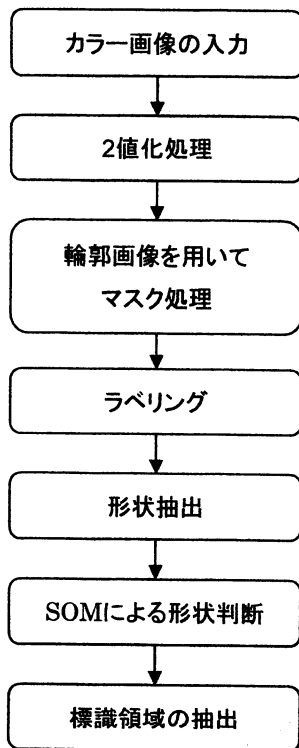


図 2. 道路標識の認識手順

デジタルカメラや USB カメラなどから道路標識を含む風景カラー画像 (RGB, 640×480 ピクセル) を PC に取り込む。その

画像に対して平均値フィルタ処理を行い、色相による 2 値化処理、輪郭画像を用いてマスク処理、ラベリングを行う。

次に、ラベリングされた連結成分の形状抽出を行う。そして、その抽出した形状情報を SOM に入力し、形状判断を行い、標識以外の形状を持つ連結成分を削除し、その結果として標識領域を抽出できることになる。

3.2. 風景画像からの赤色抽出

デジタルカメラやパソコンに接続された USB カメラなどからカラー画像を取り込む。画像はカラーで、画像中に含まれるそれぞれの画素は、R (赤), G (緑), B (青) の 3 つの値 (RGB 表色系) から構成されている。まず、前処理として入力カラー画像に対して平均値フィルタを適用した。本研究では、風景画像から抽出する標識の種類を赤色のみとしている。これは、赤色標識がもっとも一般的な標識であり、他色の場合も同様の処理が可能である。風景画像中から標識領域を抽出するためには、画像中から赤色部分を抽出する必要がある。RGB 表色系は R, G, B 値は互いに相関があり、R 値が大きい画素は G 値や B 値も大きい傾向があるので、互いの相関が少ない HLS 表色系を用いる。

RGB 表色系から HLS 表色系に変換するために、まず、色信号と輝度信号を分離するため、YCC 色空間に変換し、それから HLS 表色系へ変換する。YCC 色空間と RGB は次式の関係にある。

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

$$C_1 = R - Y = 0.701R - 0.587G - 0.114B$$

$$C_2 = B - Y = -0.299R - 0.587G + 0.886B$$

色相 H , 彩度 S は、それぞれ次式のように定

義される。

$$H = \arctan\left(\frac{C_1}{C_2}\right)$$

$$S = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$$

本研究では、入力カラー画像中から赤色部分のみを抽出するため、色相 H を用いて閾値処理を行い、2 値化画像を生成した。このとき、閾値の範囲を $H = 80^\circ \sim 130^\circ$ とした。

3.3. 輪郭のマスキ処理

ここまでの処理で赤色部分を抽出した。しかし、色情報のみで 2 値化処理を行っているため、もし、標識部分と背景が同じような色の場合に、同じ連結成分として扱われてしまう問題がある。この問題をできるだけ避けるために、入力画像の輪郭画像と 2 値化処理後の画像との差を取ることで、連結成分を輪郭によって切り離し、標識部分の形状を整える。輪郭画像は、入力画像に対して Sobel フィルタを適用して生成した画像を用いた。

3.4. 形状情報の抽出

次に、ラベリングを行い、一定面積以下の連結成分の除去を行うことでノイズ成分を削除した。ノイズ成分を除去した後の 2 値化画像に残った連結成分のみを画像領域として抽出し、 25×25 ピクセルのサイズに正規化し、SOM への入力ベクトルとする。入力ベクトルは、黒画素を 1、白画素を 0、として生成する。

4. SOM による形状認識

4.1. 学習用データの作成

このような処理手順を用いて抽出された道路標識の 2 値化画像を、どのような形状か判断する。認識率の向上を目指して、特定の入

力ベクトルに反応する選択的なネットワークが自動的にできる特徴を有する SOM を用いた。SOM を用いて何らかの認識処理するには、ふつうは、あらかじめ、SOM アルゴリズムを用いて学習させ、マップを形成しておく必要がある。そのためには、学習用のデータを作成し、SOM アルゴリズムを用いて学習させる必要がある。画像サイズは 25×25 ピクセルとした。

本研究で用いている SOM アルゴリズムでは、ベクトル間の距離測度にユークリッド距離を用いている。このため、入力される形状の微小な移動、回転、拡大、縮小などの変化に対して耐えることができない。人間の目には似たような形状に見えても、SOM ではまったく別のものとしてマッピングされてしまう。この問題を解決するために、前処理として簡単なぼかし処理を行う。ぼかし処理は次式にしたがって行われる。

$$I(d) = \begin{cases} 1 & d = 0 \\ 0.66 & d = 1 \\ 0.33 & d = 2 \\ 0 & d > 2 \end{cases}$$

ここで、 d はピクセル (i, j) からの距離である。あるピクセルが 1 のとき、その近傍にあるピクセルを距離にしたがって、減衰させた値にする。この処理を適用した結果を図 3 に示す。

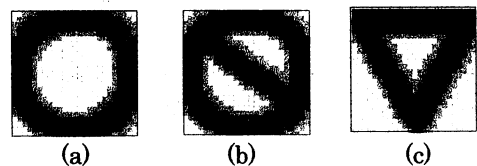


図 3. 学習に用いる画像

4.2. 形状認識 SOM の生成

本研究では、3 種類の標識を判別するため

に、形状認識 SOM を 3 つ生成する。ぼかし処理を適用した学習用画像と標識以外の画像を用いて、3 つの SOM への学習を行う。標識画像以外の画像も含めて学習させることによって、ノイズと標識画像を区別できるようになることが期待できる。形状認識用に生成する、円形標識認識 SOM, 禁止標識認識 SOM, 三角形標識認識 SOM を用いて行う。

たとえば、円形標識認識 SOM への学習データは、図 3 (a) の円形の学習用画像を「標識」として「Sign」のラベル付けをし、それ以外の(b), (c)や標識以外の画像には、「標識ではない」という意味の「not」のラベル付けをしたものにする。そのほかの SOM も同様に、禁止標識認識 SOM の学習データも図 3(b)の学習用画像を「Sign」としてラベル付けをし、それ以外の画像には「not」という意味のラベル付けを行う。このようにして学習データを作成した。

次に、それぞれ作成した学習データを用いて、それぞれの形状認識 SOM へ SOM アルゴリズムを用いて学習を行った。

学習が終わったあとにマップ上のユニットに対してラベリングを行う。学習が終わった直後のマップは、どのユニットがどの入力ベクトルに属しているのかわからないため、入力ベクトルとマップ上のそれぞれのユニットとのユークリッド距離を計算し、もっとも距離が短い入力ベクトルのラベルをそのユニットのラベルとする。このような処理を繰り返すことにより、すべてのユニットにラベリングを行う。このような手順により、3 つの形状認識 SOM を生成する。

4.3. 形状認識 SOM を用いた認識処理

第 3 章で述べた手順によって、風景画像から特定の画像領域を抽出し、それを SOM に

入力することで、その画像が標識なのか、そうではないのかを判断する。以下に SOM での認識処理の手順を示す。

1. SOM 上から入力画像とのユークリッド距離が最も近いユニットを探す
2. そのユニットがどれにラベリングしてあるか調べる
3. 結果を出力する

このような手順を 3 つの形状認識 SOM で行う。

5. 実験

本実験では、入力画像にデジタルカメラで撮影した道路標識を含む風景画像を用いた。サイズは、640×480 ピクセルで、RGB それぞれ 8bit、256 階調の画像を用いた。一連の処理を実行するプログラムは、Java 言語を用いて作成した。

図 4 に示したようなカラーの入力画像を用いた。この入力画像に対して、第 3 章で述べた手順によって赤色部分のみを抽出し、2 値化した結果を図 5 に示す。入力画像に対して Sobel フィルタを適用し、2 値化した輪郭画像を図 6 に示す。これをマスク用画像として図 5 をマスク処理し、一定面積以下の連結成分を除去した。

次に、残った連結成分のサイズを正規化し、形状認識 SOM に入力し認識結果を得る。3 つの形状認識 SOM のうち、どれか 1 つでも「Sign」とラベリングされたユニットが反応すれば、その連結成分は標識であると判断する。すべての形状認識 SOM で「not」とラベリングされたユニットが反応すれば、その連結成分は標識ではないと判断する。「Sign」という結果が出力された連結成分のみを残し

た結果を図 7 に示す。



図 4. 入力画像

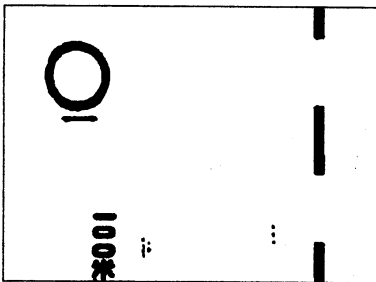


図 5. 赤色抽出結果

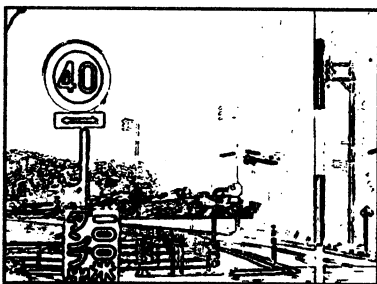


図 6. 輪郭画像

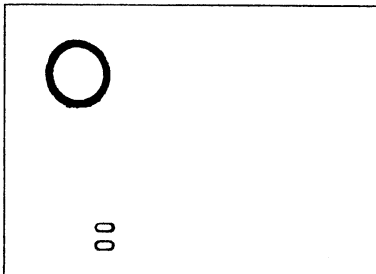


図 7. 認識結果

6. 実験結果

図 7 に道路標識の形状認識の結果を示す。入力画像の円形道路標識は正しく認識することができた。ただし、道路標識以外の 2 つの連結成分は、偶然、円形標識に形状が似ていたため円形道路標識として認識されたもので、今後の課題である。形状認識 SOM への入力画像として用いた図 5 では、道路標識以外の連結成分が多数存在しているが、図 7 ではそのほとんどが除去されている。これは形状認識 SOM で道路標識ではないと判断できており、本方式の有効性を示すものである。

7. まとめ

本研究では、デジタルカメラや USB カメラを用いて風景画像を入力し、道路標識の認識を行った。入力した画像に対して、平均値フィルタを適用し、RGB 表色系から HLS 表色系に変換し赤色部分のみを抽出して 2 値化画像を作成した。その 2 値化画像に対して、入力画像に Sobel フィルタを適用して作成した輪郭画像とのマスク処理を行い、連結成分の輪郭を整えた。そして、一定面積以下の連結成分を除去することで、ノイズ成分の削除を行い、残った連結成分を 3 つの形状認識 SOM に入力し、形状認識を行った。

実験では、標識部分が正しく抽出される結果が得られたが、標識ではない部分が偶然、標識の形状に似ていると誤認識される結果も得られた。これは、形状のみで判断しているための結果といえる。標識部分のみを抽出するためには、形状のみならず、標識内部の認識処理も必要と思われる。また、入力画像から赤色部分を抽出するときに、照明条件などにより正しく抽出できない場合があった。形状認識 SOM は、ある程度の形状変化には耐えることができるが、標識部分が 2 つの連結

成分に分かれてしまうと、正しく認識することはできない。これを解決するためには、照明条件に左右されにくい抽出方法を考える必要があると思われる。

参考文献

- [1] 藪木登, 三木成彦, 道路情景中の最高速度標識の検出および認識, 電子情報通信学会論文誌 (D-II), vol.J77-D-II, 7(1994)1393-1394
- [2] W. Ritter, Traffic Sign Recognition in Color Image Sequences, Proc. Intelligent Vehicles Symposium, Detroit,(1992)12-17
- [3] 小原弘文, 三木成彦, 藪木登, 副井裕, 鷺見育亮, ニューラルネットワークを用いた道路標識の検出および認識, 第 15 回回路とシステム(軽井沢)ワークショップ論文集, (2002)505-510
- [4] 朝倉俊行, 青柳裕治, ニューラルネットワークを用いた速度標識の画像認識, 日本機械学会論文集 (C), 61, 589(1995)206-212
- [5] 児玉秀作, 中村雅司, 神保孝志, 梅野正義, 階層型ニューラルネットワークを用いた速度標識の位置特定, 電気学会 RTA 研究会資料, RTA-97-44,(1997)55-58
- [6] 内村圭一, 木村英雄, 脇山慎也, 道路情景カラー画像における円形道路標識の抽出および認識, 電子情報通信学会論文誌 (A), J81-A, 4(1998)546-553
- [7] 松浦大祐, 山内仁, 高橋浩光, 特定色判別と領域限定を用いた円形道路標識の抽出, 電子情報通信学会論文誌 (D-II), J85-D-II, 6(2002)1075-1083
- [8] 川上肇, 池田徹, 田島譲二, 色と形状の情報を用いた道路標識検出, 電子情報通信学会技術研究報告, PRU92-29, (1992)33-40
- [9] 日比哲也, 鎌田正樹, 色相彩度変換と座標変換を用いたカラー自然画像からの交通標識領域の抽出および認識法, 電気学会論文誌, 115-D,12(1995)1484-1490
- [10] 田村宏和, 小沢慎治, 道路標識の抽出と認識, 電気学会 RTA 研究会資料, RTA-00-38, (2000)25-30
- [11] N. Yabuki, Y.Matsuda, H. Kimura, Y. Fukui, and S. Miki, Region Extraction Using Color Feature and Active Net Model in Color Image, IEICE Trans. Fundamentals, E82-A, 3(1999)466-472
- [12] N. Yabuki, Y.Matsuda, M. Ota, Y. Sumi, Y. Fukui, and S. Miki, Improvement of Active Net Model for Region Detection in an Image, IEICE Trans. Fundamentals, E84-A, 3(2001)720-726
- [13] 西田慎一, 岡本教佳, 木村新, 逆光時を含む道路環境の認識に関する一検討, 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2000-35,(2000)1-6
- [14] 藪木登, 三木成彦, 鷺見育亮, 副井裕, 道路情景画像における交通標識の認識に関する検討, 電子情報通信学会技術研究報告, CAS2002-129,(2003)27-32
- [15] 藪木登, 松田喜貴, 中村篤規, 副井裕, 三木成彦, カラー画像からの領域検出に関する一検討, 電子情報通信学会技術研究報告, DSP98-133,(1998)1-8