

# 環境にロバストなナンバープレート文字認識方法

西村 誠 尾川 浩一  
法政大学大学院工学研究科

本論文では相関係数マップを用いて、環境によるノイズや位置ずれなどにロバストなナンバープレート文字認識手法を提案する。テンプレートマッチングを用いて行われるナンバープレート文字認識は、認識する文字のセグメンテーションが正確に行われたときに高い文字認識精度が得られる。しかし、撮影対象となる環境から生じるノイズやリアルタイム処理によるノイズが生じた場合、正確なセグメンテーションを行えないため文字位置のずれなどが生じ、認識精度は著しく低下してしまう。提案する方法では文字テンプレートの代わりに、文字テンプレートと位置の情報を用いて作成する相関係数マップを用いることにより、これらの問題を軽減することができた。

## 1. まえがき

ITS(Intelligent Transport Systems)は、最新の通信技術と情報処理技術を組み合わせ、道路交通をシステムとして高度化しようというものである。様々な情報をドライバに与えることで運転を支援し、また道路交通を制御することで交通渋滞を解消し、道路交通をより安全に、より快適にすることが ITS の目的である[1]。この総合技術は欧、米、日などで激しい開発競争が既に始まっている。

ITS の情報技術分野の一つに画像を用いた自動ナンバープレート文字認識がある。ナンバープレートから得られる情報は自動料金システムや交通犯罪の防止など様々な分野で利用可能であり、そのために以前からこの種の研究は盛んに行われている[2]-[8]。ナンバープレート位置認識では閾値を用いた方法[3],[4]や、よりロバストな方法としてニューラルネットを用いた方法[5],[6]が提案されたが、これらは低解像度の画像や日照の変化に対して柔軟な認識ができなかった。Comelli らはコントラストによってナンバープレート位置を抜き出し、パターンマッチングによって文字認識を行なう方法を考案し、計算時間はかかるものの高い文字認識精度を達成した[7]。Cui らはマルコフ確率場と遺伝的アルゴリズムを組み合わせた方法により文字抽出を行なったがロバストさの実証が不十分であった[8]。これらのように高い認識精度を達成している方法であっても、未だ改善すべき点は多い。

一般に自動ナンバープレート文字認識は、車両が含まれる画像において、ナンバープレート位置を認識した後その文字を読むという手順で実現されている。例えば Comelli らの方法では、ナンバープレートの位置決め、画像強調と歪み補正、そして文字認識という処理手順となっている。本論文では一連のナンバープレート文字認識処理のうち、文字認識の手法について論じる。ナンバープレート文字認識方法には、テンプレートマッチングを用いたものが多く見受けられる。Comelli らの方法でもナンバープレートを抜き出して補正したあと、その上でテンプレートをスキャンし、マッチングをとって文字を認識している。このほかに、ナンバープレートから文字部分を抜き出して、これに直接テンプレートを当ててマッチングをとって文字認識する方法がある。このマッチング法の利点は文字部分の正しいセグメンテーションが行われたときは、高い精度で文字の認識が可能なことである。しかし、撮影対象となるシーンにおいて、天候や日照状況、ハレーションの発生から生じるノイズなどに

よって、正確な文字部分のセグメンテーションは困難となり、結果的に文字認識精度は低くなってしまふ。そこで本論文ではテンプレートマッチングに基づく環境にロバストなナンバープレート文字認識方法を提案する。

以下、2章では相関係数マップの作成方法について説明し、これを用いた文字認識方法を3章で述べる。4章では実験方法や使用する画像について述べ、5章でその結果について論じる。6章で結果への考察を行ない、最後に7章で結論を述べる。

## 2. 相関係数マップの作成

一般にテンプレートマッチングを用いたナンバープレート文字認識の場合、特定の文字との相関をとることが行なわれる(Fig.1)。対象となる画像とテンプレートの大きさが等しい場合、テンプレートマッチングはテンプレートの中心が対象とする文字そのものの中心と一致するので高い文字認識精度となるが、それらの間にずれがあれば認識精度が著しく低下してしまう。この問題を解決するために、テンプレートにおけるマッチングの尺度(相関)と位置情報を組み合わせて得られる新たなテンプレートを文字認識に応用することを考える。この新しいテンプレートを本論文では“相関係数マップ”と名づける。文字のテンプレートそのものではなく、そこから派生する間接的なテンプレートをマッチングに扱う利点は、文字ずれに柔軟に対応できることやノイズに耐性があることである。その反面、相関計算に時間がかかる欠点がある。ナンバープレート文字認識においては、一般に撮影対象となる車両とカメラの間の距離が長いので認識する文字の解像度は低い。よって計算に要する時間は少なくすむので、重大な問題にはならないといえる。

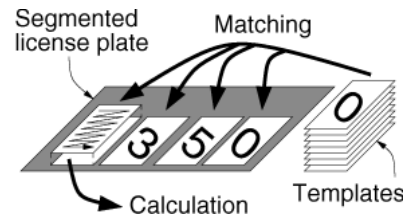


Fig. 1 Conventional template matching method.

Fig.2 はその相関係数マップを作成する過程を示したものである。用いる文字のテンプレートに対してもう一枚のテンプレートを縦横に1(pixel)ずつ動かしながら相関計算を行ない、位置に応じてその値をマッピングする。こうしてテンプレート全体に渡りスキャンして得られる配列が相関係数マップである。そしてこの処理をすべてのとりうる文字テンプレートの組み合わせについて行ない、相関係数マップの辞書を作成する。この辞書が新たな文字認識テンプレート群である。Fig.3はこの一例を示したものである。ナンバープレートの数字“0”~“9”、“.”を11枚の文字テンプレートとすると、121枚の相関係数マップが得られる。

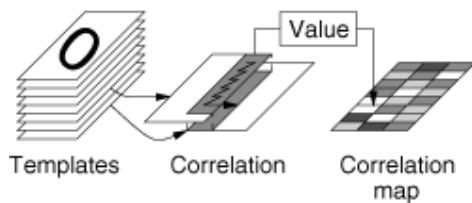


Fig. 2 Correlation coefficient map.

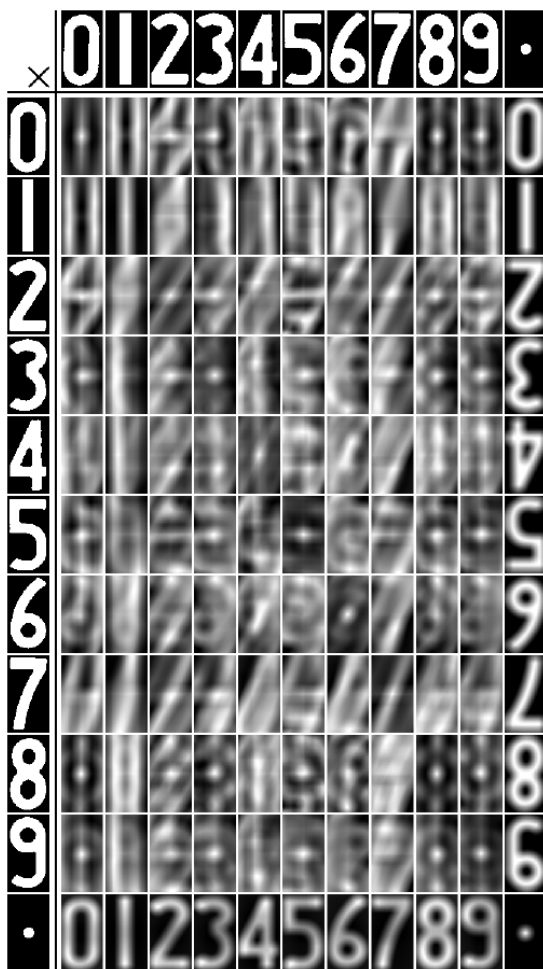


Fig. 3 Examples of correlation coefficient maps.

### 3. ナンバープレート文字認識方法

Fig.3 で作成した相関係数マップの辞書を用いての文字認識方法を Fig.4 に示す。まず、相関係数マップの作成と同様にして、認識対象である文字サンプルに対して文字のテンプレートを縦横に1(pixel)ずつ動かしながら相関計算を行ない、画像サンプル全体に渡りスキャンして、文字のテンプレートすべてに対してこの処理を行ない、文字のテンプレートに代わる相関係数マップ群を得る。次に、そのサンプルの相関係数マップ群と先の相関マップ辞書についてマッチングをとる。このマッチングは次のようにして行なう。それぞれのマップ群には基となる文字があるから、その同じ文字系列でのサンプルの相関係数マップと辞書の相関係数マップを用いて、これらの相関係数マップを先の方法と同様にして作成する。その文字系列における相関係数マップの最大値を文字テンプレートの代表値とし、これら各文字系列の代表値を比較して、この中で最大値を取ったものを認識した文字として出力する。こうして文字認識は終了となる。

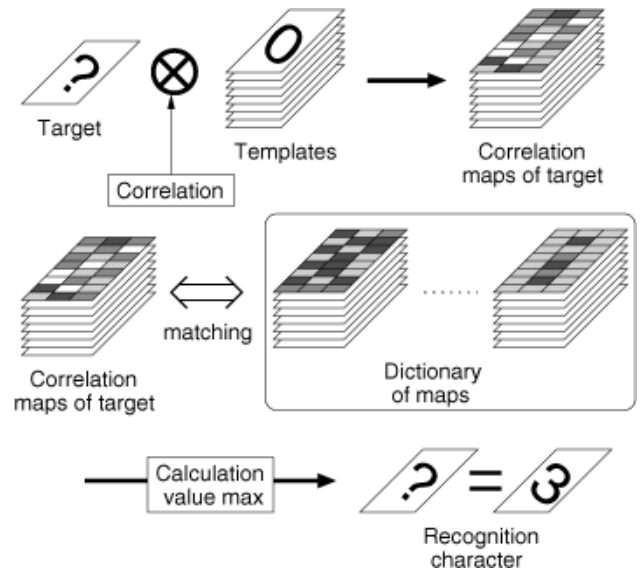


Fig. 4 Character recognition using a template matching with correlation coefficient maps.

### 4. 実験

提案した手法の有効性を確かめるため、文字認識精度を測定する実験を実施した。提案した手法との結果を比較するために典型的なテンプレートマッチングでも同じ実験を行なった。

使用する文字テンプレート画像は、デジタルカメラで撮影した車両の画像を編集して作成したナンバープレート数字“0”~“9”、“.”(計11枚)の二値画像である。画像の大きさは10×16(pixel)である。Fig.5は文字のテンプレートとして使用する数字である。また、相関係数マップは文字テンプレートと同じサイズとした。この実験では、ビデオカメラで車両全体を撮影した256階調、320×240(pixel)のグレースケール画像から得られた二値の画像259枚をサンプルとして使用した。Fig.6はそれぞれサ

ンプルとして用いる画像の一部である。また、相関係数マップ辞書の作成には以下の式(1)、サンプルの相関マップの作成には式(2)、サンプルの相関マップと相関マップ辞書のマッチングには式(3)をそれぞれ使用した。ここでテンプレート $T_1$ と $T_2$ 、テンプレートの相関係数マップ $R_T$ 、サンプル画像 $S$ 、サンプルの相関係数マップ $R_S$ 、相関係数マップから作成される相関係数マップ $R'$ 、そして濃度の平均と分散を $\mu$ 、 $\sigma$ とする。



Fig. 5 Character templates.



Fig. 6 Example character images.

$$R_T(x, y) = \frac{\sum_i \sum_j (T_1(i+x, j+y) - \mu_{T_1})(T_2(x, y) - \mu_{T_2})}{\sqrt{\sigma_{T_1}^2 \sigma_{T_2}^2}} \quad (1)$$

$$R_S(x, y) = \frac{\sum_i \sum_j (T_1(i+x, j+y) - \mu_{T_1})(S(x, y) - \mu_S)}{\sqrt{\sigma_{T_1}^2 \sigma_S^2}} \quad (2)$$

$$R'(x, y) = \frac{\sum_i \sum_j (R_S(i+x, j+y) - \mu_{R_S})(R_T(x, y) - \mu_{R_T})}{\sqrt{\sigma_{R_S}^2 \sigma_{R_T}^2}} \quad (3)$$

## 5. 結果

Table.1 は提案した方法と典型的なテンプレートマッチング法における実験の結果と計算に要した時間を示したものである。提案した方法のほうが若干高い認識精度となった。見られた誤認は主に形の似ている数字を誤って認識したことにあった。文字認識結果を文字別に見ると次の Table.2 のようになる。提案した方法は文字によって認識精度にばらつきがあることが分かる。ここでの特筆すべき誤認は“0” “6” “8” “2” “7” “3” “1” “8” “0” “1” “6” “9” “5” “6”と読んだことである。しかしながらこの逆の認識はあまり見られなかった。以上の実験結果から、提案された方法とテンプレートマッチングではトータルの文字認識精度では提案された方法のほうに軍配があがるが、文字別の認識精度ではテンプレートマッチングを下回っている文字もあり、残念ながらこの実験方法では提案された方法の文字ずれや

ノイズに対するロバストさが明確に確認できなかった。

Table 1 Results of character recognition.

	文字認識精度(%)
提案した方法	71.8
テンプレートマッチング	64.1

Table 2 Recognition percentage for each character.

文字 テンプレート	0	1	2	3	4	5
	文字認識精度(%)					
提案した方法	38.9	95.0	50.0	23.1	91.3	80.0
テンプレート マッチング	83.3	65.0	20.8	57.7	87.0	90.0
文字 テンプレート	6	7	8	9	.	
	文字認識精度(%)					
提案した方法	100.0	96.6	48.1	74.1	100.0	
テンプレート マッチング	56.5	44.8	59.3	85.2	100.0	

次の Table.3 はこの二つの文字認識方法に要した1文字あたりの計算時間である。提案した方法は相関計算を繰り返すという手法であるから、テンプレートマッチングと比べると何倍もの時間を必要としている。また、 $10 \times 16$ (pixel)の画像サイズでこれだけの計算時間がかかることから、提案する手法は低解像度の文字画像に適していることがわかる。しかしながら、1文字当たりとしてはかなり大きく、実際のリアルタイムナンバープレート文字認識システムで使用するには多少困難であると思われる。

Table 3 Processing times in character recognition.

	1文字あたりの計算時間(s)
提案した方法	2.69
テンプレートマッチング	0.00

## 6. 考察

日常に使用されるナンバープレート文字認識システムを考案する際に、日照条件、天候、ハレーションの有無、そしてノイズの有無などの条件に左右されないロバストなシステムを構築するのは当然のことであるが、同時にリアルタイムに十分対応できるくらいの簡単なアルゴリズムであることが必要とされる。ナンバープレート文字認識の方法として一般的に用いられているテンプレートマッチング法は、状況が良いときに最大の効力を発揮するが、用いるテンプレートの大きさ分計算してマッチングをとるという方法のためノイズには鈍感であり、そのため一応のロバストさも持ち合わせている。しかし、よい状況に遭遇するのは非常にまれであり、依然としてこれら悪条件を原因とした誤認識が文字認識精度の低下をもたらししている。

そこで本研究ではよりロバストなナンバープレート文字認識方法の構築を目的とし、以上に述べたテンプレートマッチング法をもとにした方法を提案した。この方法は用いるテンプレート自身と位置の情報を用いてあらかじめ相関係数マップを作成し、この集合と認識対象とするサンプルの相関係数マップを比較して文字を認識する

というものである。この方法に対する実験として文字認識率を測定する実験を行なった。実験からは提案した方法がテンプレートマッチング法に比べ、若干のロバスト性の高さが確認されたものの、文字別で見ると認識できる文字とできない文字がはっきりしており、文字認識方法としては不十分であることが分かった。

これら文字誤認の原因は方法そのものではなく、用いた尺度(もしくは関連の計算式)にあると思われる。提案した方法ではテンプレートの相関係数マップの相関係数マップを用いて文字のマッチングを行なっているため、用いた相関係数式ではこの計算の過程でテンプレートの情報を維持することができず、結果として“3” “1”のような思わぬ誤認を起こすものと考えられる。この距離尺度は文字認識システムの精度を左右する重要な要素の一つであるため、距離尺度についてはこれまで数多く提案されている[10]。代表的距離尺度としては、シティブロック距離、ユークリッド距離、重み付きユークリッド距離、部分空間法、複合類似度法、ベーズ法、マハラノビス距離などが挙げられる。ゆえに以上の問題を解決するためには、用いる相関式をより正確な式に変更すること、もしくはこれらの相関ではない尺度を扱うことであろう。

今回の実験ではナンバープレートの数字を用いて検証を行なったが、この方法はナンバープレート上のほかの文字(ひらがな、陸支コードの漢字など)にも適応可能である。一般の文字認識にも使用できるが、テンプレートが増えるとそれに応じて多くの計算時間を必要となりシステムの実用性が損なわれてしまう。よって提案した方法はテンプレートの数や計算時間からナンバープレート文字認識に向きの文字認識方法であると言える。

## 7. むすび

ナンバープレート文字認識に使用することを目的とした、環境によるノイズや位置ずれなどにロバストなナンバープレート文字認識手法を提案した。この方法はテンプレートを用いて相関係数マップを作成し、これにより文字のマッチングをとる方法である。この方法を用いて文字認識実験を行なった結果、提案した方法のロバスト性を明確に示すことはできなかったが、今後の研究で改善すべき点を明らかにした。

## 参考文献

- [1] L.J. French, D.R. Martinelli, R.W. Eck and J. Pascoli, "Specifications for automated license plate reading equipment for transportation planning," *Transportation Research Record* 1625, pp. 50-56, 1998.
- [2] R.M. Inigo, "Application of machine vision to traffic monitoring and control," *IEEE Trans Veh Technol*, vol. 38, No. 3, pp. 112-122, 1989.
- [3] J.A.G. Nijhuis, M.H. Brugge, K.A. Helmholt, J.P.W. Pluim, L. Spaanenburg, R.V. Venema and M.A. Westenberg, "Car license plate recognition with neural networks and fuzzy logic," *Proc IEEE Int'l Conf Neural Networks*, pp. 2185-2903, 1995.
- [4] K. Nishiyama, K. Kato and T. Hineoya, "Image processing system for traffic measurement," *Proc Int'l Conf Industrial Electronics, Control and Instrumentation*, vol. 44, No. 4, pp. 790-799, 1995.
- [5] H. Fujiyoshi, T. Umezaki, T. Imamura, T. Kanade, "Area extraction of the license plate using artificial neural network," *Trans IEICE*, vol. J-80-D2, No. 6, pp. 1627-1634, 1997.
- [6] N. Sukanuma, I.S. Kweon, Y. Bao and N. Fujiwara, "Area dynamic detection of a license plate using neural network," *Trans Jap Soc Mech Eng C*, vol. 64, No. 626, pp. 3833-3838, 1998.
- [7] P. Comelli, P. Ferragina, M.N. Granieri, and F. Stabile, "Optical recognition of motor vehicle license plates," *IEEE Trans Veh Technol*, vol. 44, pp. 790-799, 1995.
- [8] Y. Cui and Q. Huang, "Character extraction of license plates from video," *Proc IEEE Computer Vision Pattern Recognition*, pp. 502-507, 1997.
- [9] (社)交通工学研究会, "ITS-インテリジェント交通システム," 丸善, 東京, 1997.
- [10] 加藤 寧, 安倍 正人, 根元 義章, "改良型マハラノビス距離を用いた高精度な手書き文字認識," 信学論(D- ), Vol.J79-D- , no.1, pp.45-52, Feb, 1996.

キーワード.

ナンバープレート、文字認識、パターンマッチング、相関法、画像処理

.....

Summary.

**Robust character recognition of license plates under unfavorable conditions**

Makoto Nishimura Koichi Ogawa  
Graduate School of Engineering, Hosei University

This paper proposes a new method for recognizing characters in the license plate of a moving vehicle from an image acquired with an ITV camera system. The proposed method uses the spatial information in the image. In the recognition of the characters, we used correlation coefficient maps calculated from character templates. Results obtained by an experiment showed that the proposed method had robustness in recognizing the characters in the license plate.

Keywords.

license plate, character recognition, pattern matching, correlation, image processing