

法政大学学術機関リポジトリ

HOSEI UNIVERSITY REPOSITORY

PDF issue: 2024-09-01

多目的用途を考慮したナンバープレート自動認識システム

HANEDA, Kotaro / 羽田, 光太郎

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院情報科学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 情報科学研究科編 / 法政大学大学院紀要. 情報科学研究科編

(巻 / Volume)

8

(開始ページ / Start Page)

189

(終了ページ / End Page)

194

(発行年 / Year)

2013-03

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00009864>

多目的用途を考慮したナンバープレート自動認識システム

A Flexible System for Recognizing Four-Digit Numbers on A License-Plate in A Video Scene

羽田 光太郎

Kotaro Haneda

法政大学情報科学研究科情報科学専攻

E-mail: 11t0025@stu.hosei.ac.jp

Abstract

In order to realize a simple system for monitoring car movements, a flexible method was developed for recognizing four-digit numbers on a license-plate in a video scene. The method consisted of three parts; global search for finding a license plate in a scene, corner detection for removing shape deformation, and numeral character recognition. The spatial features and the spectral (color) ones were merged and processed at a time in the global search. Labeling processing or Hough transformation was adopted in the corner detection. Labeling processing or Hough transformation was selected by boundary length and area of ratio. The projective transformation was applied for removing the shape deformation. The four-digit numbers were recognized by using a virtual pixel algorithm with centroid compensation. The global search achieved 97 % of correct detection rate for 100 sets of scenes. The corner detection and numeral character recognition were applied with great accuracy

1. まえがき

近年、様々なところに監視カメラが設置されるようになってきた。防犯だけでなく殺人事件や、放火事件など様々な犯罪が多発しており、いち早く犯人の手掛かりを見つけるために有用であることが確認されてきたからである。監視カメラで撮影された映像は、画像処理技術と組み合わせることにより、自動で人物の特定や車両の追跡を行うことができるため、同時に画像処理技術の研究も多く行われている。

ナンバープレート自動認識システムは中でも多く研究されている分野であり[2-6]、手配車両の追跡を目的としたシステムとして、既にNシステムが実用化されている。Nシステムは主要道路に設置され、走行する車の上から高性能なカメラで撮影することで、ナンバープレートの読み取りに高い精度で成功している。しかし、高い認識精度を誇る一方でコストが高く、設置場所も多くない。そこで、本研究では安価で、汎用性のあるシステムの開発を行い、カメラの品質やカメラの設置場所を問わず画像中のナンバープレートの位置を検出し、さらに4桁の番号を認識することを目標とした。

カメラの設置位置を制限しないことにより、ナンバープレートは角度によって形状が長方形から台形に変形する。さらには車とカメラの距離に応じて、画像中のナンバープレートの大きさも変化する。したがって、変形したナンバープレートの位置を特定し、変形を補正してから数字の認識を行う必要がある。

これまでの研究では、ナンバープレートの検出として、ラベリング処理やハフ変換を用いるものが提案されている。前者は色情報を基とした処理で文字の大きさやその構成からナンバープレートを検出し[7,8]、後者は形状情報(長方形)を基にした処理で、フレームを4つの線で近似し、ナンバープレートを検出していた[9]。しかし、前者の手法では文字と文字の接着に弱く、低解像度の場合、認識率が低下し、後者の手法では車体とナンバープレートが同系色の場合や、台形歪みの強いナンバープレートの場合、認識率が低下した。

本研究では色情報と形状情報を同時に使用することでナンバープレートの検出を行い、その後文字の抽出を行った[1]。文字の抽出では輪郭抽出アルゴリズムを使用し、色情報と形状情報どちらの処理が最適か判断する。

2. 手法の原理と処理の流れ

図1に日本のナンバープレートとその文字の配置の例を示す[10]。本研究の目標は、4桁の番号(図1(e)のグレー部分)を認識することである。



図1 ナンバープレートの例。

ナンバープレート自動認識システムは主に三段階の処理が行われる。ナンバープレートの検出、文字の抽出、文字の認識である。これらの処理は直列につながっているため、最初に行われるナンバープレートの検出が全体のパフォーマンスに大きく影響する。

2.1. ナンバープレートの検出

ナンバープレートの検出はテンプレートを使用して空間的な類似性を評価する。ナンバープレートは、撮影位置に応じて、いくつかの変形を持つ場合があるので、それらすべての変形に対応したテンプレートを用意する必要がある。しかし、複数のテンプレートを使用することは、その分処理に、多くの時間がかかってしまう。本研究では、データ圧縮の一つとして、主成分分析を使用し、様々な変形に対応した一枚のテンプレート（マルチテンプレート）を作成する。

主成分分析は多くの変数の値をできるだけ情報の損失なしに少数の主成分で表す方法である[1,11,12]。できるだけ情報の損失をなしにするということはデータのばらつきを最もよく表す方向、すなわち分散が最大となる方向に主成分を設定することによって実現できる。

いま、画素数がMの画像がN枚あるとし、そのn枚目のM次元ベクトルを x_n と表現する。またN枚の画像の平均ベクトルを

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x_n \quad (1)$$

とし、各画像から平均ベクトルを引いたベクトルを

$$\tilde{x} = x_n - \bar{x} \quad (2)$$

として、これらの集合を

$$\tilde{X} = [\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_N] \quad (3)$$

とする。このとき、平均2乗誤差（分散）の意味で最適に近似する正規直交基底UはXの共分散行列

$$\Sigma_X = \tilde{X}\tilde{X}^T \quad (4)$$

の固有値問題

$$\Sigma_X U = U\Lambda \quad (5)$$

の解として求まる。固有値の大きさの順に対応する固有値ベクトルを λ 個までとり、これらの固有ベクトルを画像化することでテンプレート画像として使用する。本研究では第二主成分以降のテンプレート画像も参考に実験を行ったが、第一主成分のみ使用したときとで、同様な結果が得られたため、第一主成分のみを利用した。

ナンバープレートに記載している文字を領域ごとに分け、それぞれで主成分分析を施した。なお、トレーニングデータとして、その領域に入るすべての文字を1つずつ用意した。その結果を図2に示す。

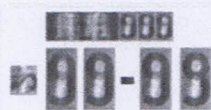


図2 正規の形状のテンプレート。

さらに、大きさ・傾き変化に強いテンプレート画像を作成するため、図3のように水平角を θ_1 、垂直角を θ_2 とし、人がナンバープレートの数字を読み取れる限界角度を

$$-50 \leq \theta_1 \leq 50, \quad 0 \leq \theta_2 \leq 40 \quad (6)$$

の範囲として、歪みのあるナンバープレートを射影変換で、擬似的に作成する。

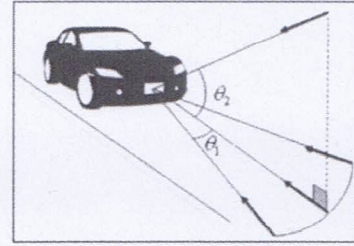


図3 カメラの設置角度。

擬似的に作成したテンプレートの例を図4に示す。

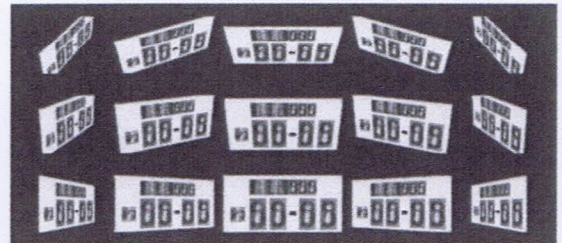


図4 歪みのあるテンプレートの例。

擬似的に作成した画像とそれらの大きさを変化させた画像をトレーニングデータとして、再度主成分分析を用いて、テンプレート画像を作成する。作成したマルチテンプレートを図5に示す。



図5 マルチテンプレート

以後、このマルチテンプレートを使用し、ナンバープレートの検出を行う。ナンバープレートの検出には相互相関関数を利用して空間的な類似性を評価する。

通常の相互相関関数は空間座標 (x,y) の二次元で相関を求めているが、それを拡張して色座標も含めた、三次元で相関を求める。いま、 $Q(x,y,c)$ を撮影画像とし、 $T(x,y,c)$ をテンプレート画像としたとき、三次元相互相関関数は以下の式で求まる。

$$V(x,y,c) = F_3^{-1} [F_3 [Q(x,y,c)] \overline{F_3 [T(x,y,c)]}] \quad (7)$$

ここで F_3 は3D-FFTを表し、 F_3^{-1} は3D-IFFTを表している。また、検出の精度を向上させるために三次元位相限定相関法を適用した[1,13-15]。以下にその式を示す。

$$W(x,y,c) = F_3^{-1} \left[\frac{F_3 [Q(x,y,c)] \overline{F_3 [T(x,y,c)]}}{F_3 [Q(x,y,c)] \overline{F_3 [T(x,y,c)]}} \right] \quad (8)$$

位相限定相関法は分母に振幅を入れることで位相情報のみで相関を求めていることになるが、式の意味としては

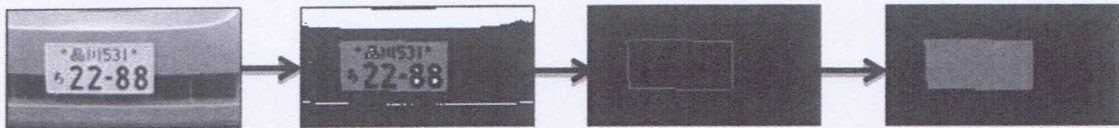


図7 処理を分割するまでの流れ (左から元画像, 塗りつぶし, チェインコード, 再度塗りつぶし)

低周波成分を弱め, 高周波成分強調し, 相関をとっていることになる. そのせいで元々0に近い高周波成分が大きな影響を及ぼしてしまう可能性もある. そこで, 同時にローパスフィルタも適用した.

撮影画像 $Q(x, y, c)$ におけるナンバープレートは $W(x, y, c)$ 中の最大値として求まるが, テンプレート画像とナンバープレートの色情報は同じであると考えられるため, $c=0$ の値だけ考えれば良い. したがって, $W(x, y, 0)$ の空間的な類似性で評価することができる. 高精度な検出を実現するために, 極大値の上位3点の座標をプレート候補とした. なお, 以降の処理ではこれらの三候補すべてで処理を行った.

2.2. 文字の抽出

文字の抽出を行うにあたり, 図6に示すような2つの問題がある. 一つはナンバープレートと同系色の場合プレートのエッジが抽出できないことで, もう一つは低解像度のため, 文字とフレームが接着してしまうことである.



図6 文字抽出が困難な例.

従来手法の一つとしてハフ変換がある. フレームを4つの線で近似しコーナ点を抽出することで文字の位置を捉えていたが, 前者(図6(a))の問題がネックとなっていた. また別の手法としてラベリング処理があるが, 連結性に着目した処理であるため, 後者(図6(b))の問題がネックとなっていた.

後者の問題ではフレームと文字が接着することが問題となっているが, この時, フレームはエッジとして判断されている. つまり, 前者の問題であった, フレームのエッジが抽出できない問題はないと言える. つまり, 前者の問題と後者の問題が同時に起こる可能性は低く, 検出されたナンバープレートがどちらの問題に属するか判断することができれば, 精度よく抽出することができる. 本研究では輪郭抽出アルゴリズム, チェインコードを用いて, 周囲長と面積の比から, どちらの問題に属するか判断し, 最適な処理に導く方法を提案する. 処理の流れを図7に示す.

まずナンバープレートの検出結果より, 画像の中心にはナンバープレートが含まれていることが保証されているので, 画像の中心 10×10 pixel の値を取得し, 判別分析法による二値化(大津)を行う. そこから一度画像中心付近のナンバープレートの背景の部分を探査し, 塗りつぶしを行う. この時点で文字領域部分を除くナンバープレートが塗りつぶされる. 輪郭追跡処理のチェインコードで周囲長を求め, 再度塗りつぶしを行うことにより, 文字領域を含めたナンバープレートが塗りつぶし, 面積を求める. 先ほど求めた周囲長と面積の割合を調べ, 処理を分割する. 低解像度の画像の場合, フレームと文字が接着し周囲長は大きくなるが面積は小さい. この低解像度画像に対してはハフ変換でコーナ点を推測し, もう一方の問題ではラベリング処理により得られた数字領域からコーナを推測する.

コーナの検出後は射影変換を施すことによって, 図1(e)に示すような正規の形状に戻す.

射影変換とは3次元の物体を, 見たとおりに2次元平面上に投影するための手法である.

今, ある平面上の点 (x, y) が他の平面上の点 (u, v) に変換される時, 射影変換の式は以下の式で定義される.

$$\left. \begin{aligned} u &= \frac{a_1x + a_2y + a_3}{a_7x + a_8y + 1} \\ v &= \frac{a_4x + a_5y + a_6}{a_7x + a_8y + 1} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

未知数である a が8個あるため, 8個の連立方程式が必要となる. そのため, 4点以上の座標が分れば, 変換を行う際に用いる未知数8個は求まる.

歪んだナンバープレートは射影変換を使用することによって, 正規の形状に戻され, 図1(e)に示すグレー部分を抜き出すことで, 4桁の番号を抜き出す. 実際に, 4桁の数字は 68×102 ピクセルのサイズで, グレーの領域にマップされる.

2.3. 数字の認識手法

マップされた数字にはまだ細かな位置ずれが残っているため, 68×102 ピクセルの画像をブロック化することで位置の補正を行う. マップされた数字を二値化し, 重心位置の補正後, ブロック内に含まれる数字部分の数をカウントし, 17×17 の濃度レベルを有する 4×6 の仮想ピクセルに投影した. そのイメージを図8に示す.

図9に示すテンプレート画像でも同様な操作を施した. 認識は, 数字の文字と各テンプレートなどの間で仮想ピクセルの差を評価することによって行った.

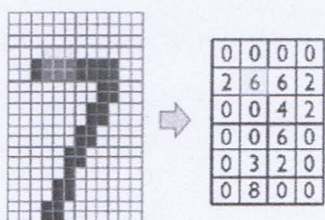


図8 3×3の濃度レベルを有する仮想ピクセルの例.

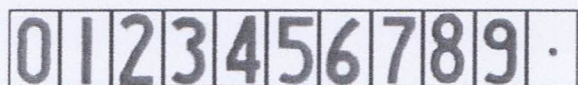


図9 数字認識のためのテンプレート Ri (i=0~10)

その式を以下に示す

$$D_i = \sum_{j=1}^{23} |B_j - R_{i,j}| \quad (10)$$

ここで、添え字 i はテンプレートを表し、添え字 j は仮想ピクセルを表している。認識数字は最小の D_i である。最小となる D_i が閾値を超えていた場合、数字ではないと判断し、射影変換後の画像はナンバープレートではないと判断した。

2.4 本システムの処理手順

処理の流れを図10に示す。図中Aはナンバープレートの検出部分、図中Bは文字の抽出部分を表している。

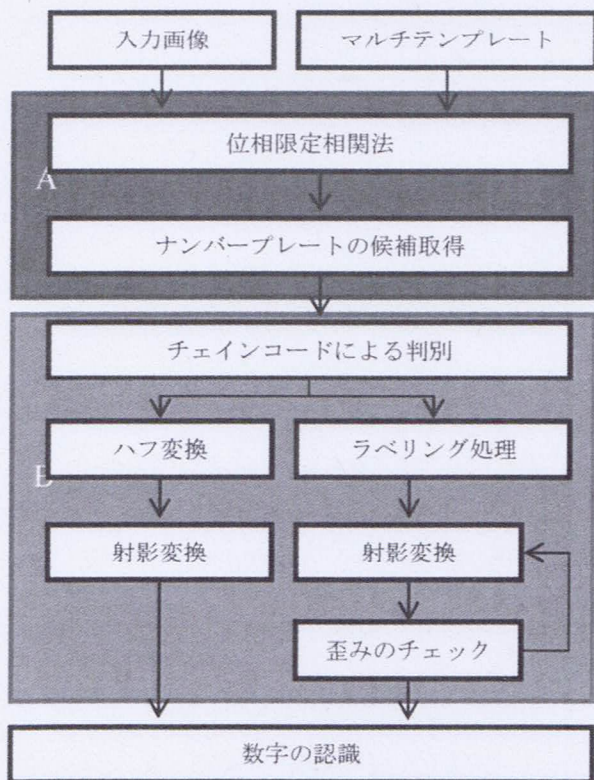


図10 処理の流れ

3. 実験

従来手法では検出が困難であったものに対して、それぞれの処理が行えるかを評価する。ナンバープレートの検出では低解像度画像でなおかつ、台形に歪んだナンバープレートに対しても正しく検出できるか実験を行った。文字の抽出においては低解像度画像のものと同系色のものとナンバープレートと車体が同系色のものの2種類に対して、正しい処理を施すことができるか実験を行った。数字の認識では細かな位置ずれのある画像において、正しく認識できるか実験を行った。

3.1. ナンバープレートの検出

検出が困難であった低解像度画像でなおかつ、ナンバープレートが台形に歪んだ図11の画像で実験を行った。



図11 元画像

図12にその結果を示す。



図12 処理結果

図12の処理結果から極大値の上位3点の座標を取得し、ナンバープレートの候補をする。その結果を図13に示す。



図13 ナンバープレートの候補

図13の結果より、低解像度かつ台形歪みのあるナンバープレートでも検出することに成功した。

3.2. 文字抽出

問題となっていた図 14 のような画像 2 枚において、結果を示す。図 14(a)は車体とナンバープレートが同系色の画像で図 14(b)は低解像度の画像である。

検出されたナンバープレート正しい処理に導くことができるか検証する。低解像度画像を除けば、おおよそ全ての画像において、ラベリング処理を適用することができるため、低解像度画像であるか否かを判別することができる。認識に成功したと判断する。また、ラベリング処理によって、数字のみ正しく抽出することができるか検証する。

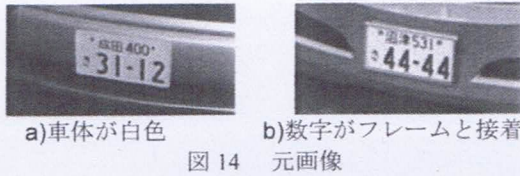


図 14 元画像

図 15 に処理した結果を示す。上から二値化、塗りつぶし、輪郭追跡、塗りつぶしを行った。画像中右下に表示している l は周囲長を表し、 a は面積を表している。

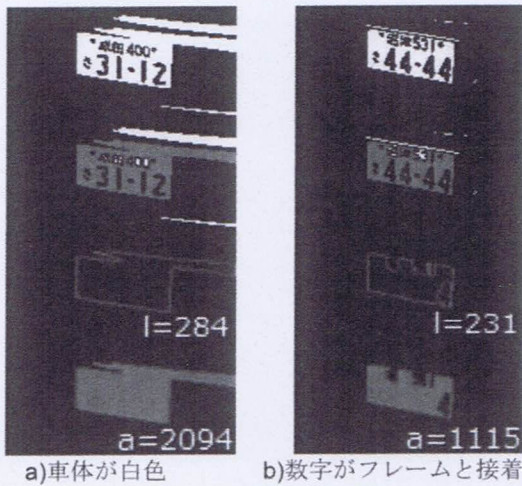


図 15 処理結果一覧

面積÷周囲長が 7 以上の場合、低解像度ではないと判断することによって、すべての画像において、最適な処理に導くことができた。それぞれの処理でコーナ点検出をし、射影変換を施した結果を図 16 に示す。

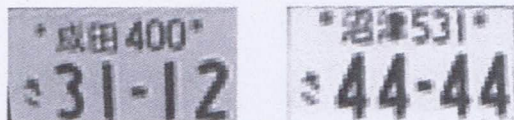


図 16 歪み補正を行った結果

規定の領域から抜き出すことによって、文字を正しく抽出することに成功した。

3.3. 数字認識

射影変換によって、歪んだナンバープレートは正規の形状に戻されるが、コーナ点を正確に検出することができず、細かな位置ずれを残すことがある。図 17 の上部には車体の一部が映っており、記載している文字は通常的位置より下がっている。このように細かな位置ずれのある画像においても正しく数字の認識ができるか実験を行う。



図 17 細かな位置ずれのある画像

図 18 にその認識結果を示す。

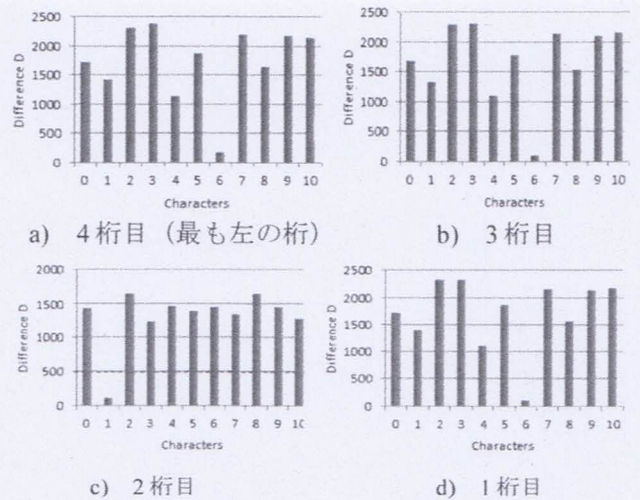


図 18 数字の認識結果

図 18 の(a)より最小の D_6 は閾値(500)よりも小さいため、4 桁目の数字は“6”であると認識された、(b) ~ (d)を同様に閾値より小さく、4 桁の数字は“6616”と正しく認識された。

4 提案手法の評価

4.1 ナンバープレートの検出

100 枚のテストデータに対して、図 5 のマルチテンプレートを使用し、三次元位相限定相関でナンバープレートの候補を 3 つ検出した。その結果を表 1 に示す。

表 1 ナンバープレートの検出結果

Candidate	Success			Failure
	1st	2nd	3rd	
Detection rate[%]	76	13	8	3

表1より、第三候補までのナンバープレートを使用することによって、97%の精度でナンバープレートの検出に成功したことがわかる。また、検出に失敗した画像はいずれもカメラと自動車との距離が近く、想定したナンバープレートの大きさよりも大きいことがわかった。

4.2 文字抽出

ナンバープレート検出結果が得た 97 枚の画像から、チェインコードを用いて、低解像度画像かどうかの判断を行い、ラベリング処理を行うか、ハフ変換を行うかテストしたところ、1 枚の画像を除き、正しく判別することができた。また、低解像度画像であった画像はハフ変換を用いることで全てにおいて、正しくコーナーを推測することができ、文字の抽出に成功した。ラベリング処理においては“1~9”の数字は正しく抽出でき、4 桁全てがそれらの数字であれば、コーナー点を正しく求めることができた。しかし、“.”を含むナンバープレートの場合、“.”を正しく抽出することができないため、“.”の数が多きナンバープレートほど、コーナー点の検出に誤差が生じ、正しく抜き出せない文字も存在した。

4.3 数字認識

文字の抽出処理において、“.”を含む処理を追加できていないため、数字認識では別のテストデータを 30 枚（数字は $30 \times 4 = 120$ 枚分）用意した。テストデータにはあえて細かな位置ずれを含んだ台形歪みのないナンバープレートを使用し、テストしたところ、120 個のすべての数字において、正しく認識することができた。

5 まとめ

本研究では安価で、汎用性のあるシステムの開発を目指し、カメラの品質やカメラの設置場所を問わず画像中のナンバープレートの位置を検出し、さらに4桁の番号を認識するシステムを開発した。ナンバープレートの検出では主成分分析を用いてテンプレート画像を作成し、色情報を含めた三次元位相限定相関法でマッチングを行う手法を提案し、台形歪みのあるナンバープレートやテンプレートのサイズより、0.7倍から1.5倍の大きさ変化のあるナンバープレートでも精度よく検出し、検出精度は97%であった。文字の抽出では従来手法で困難であった低解像度の画像やナンバープレートと車体の色が同系色の画像に起こる問題に対して、チェインコードを用いて周囲長と面積比を求め、ラベリング処理を行うかハフ変換を行うか処理を分割することで精度よく抽出することに成功した。文字の認識では細かな位置ずれを含んだ場合も正確に認識することができた。

今後の課題として、“.”を含むナンバープレートの文字抽出処理を完成させ、システム全体での認識精度を確かめたい。また、数字の認識において、ナンバープレ-

ートの検出や文字の抽出に比べ、計算コストも低く、高い精度での認識に成功しているが、11個のデータを認識するのに、全テンプレートとの比較を行う方法は決していい手法とは言えない。今後は二分木構造で数字を判別させることで処理数を軽減させたい。

6. 参考文献

- [1] Kotaro Haneda and Hiroshi Hanaizumi, "A Flexible Method for Recognizing Four-Digit Numbers on A License-Plate in A Video Scene", Proc. Int. Conf. on Industrial Technology 2012
- [2] Shyang-Lih Chang, Li-Shien Chen, Yun-Chung Chung, Sei-Wan Chen, "Automatic license plate recognition", IEEE Intelligent Transportation Systems Society, vol.5, no.1, pp.42-53, March 2004
- [3] Halina Kwaśnicka and Bartosz Wawrzyniak, "License plate localization and recognition in camera pictures", AIMETH2002, Poland, November 2002
- [4] Sorin Draghici, Dept. of Computer Science, Wayne State University, "A neural network based artificial vision system for license plate recognition", International journal of neural systems, Vol.8, no.1, pp.113-126, February 1997
- [5] Fatih Kahraman, Binnur Kurt, Muhittin Gokmen, "License Plate Character Segmentation Based on the Gabor Transform and Vector Quantization", Proceedings of the 18th International Symposium on Computer and Information Sciences, vol.2869, pp.381-388, November 2003
- [6] Hinde ANOUAL, Sanaa EL FKIH, Abdellilah JILBAB, Driss ABOUTAJDINE, "Vehicle license plate detection in images", International Conference on Multimedia Computing and Systems (ICMCS), April 2011
- [7] 藤吉弘直, 梅崎太造 "ナンバープレートの位置検出法の評価" "電子情報通信学会技術研究報告, PRU, パターン認識・理解 93(134), 45-52, 1993-07-09
- [8] Ying Wen, Yue Lu, Jingqi Yan, Zhenyu Zhou, Karen M. von Deneen, Pengfei Shi, "An Algorithm for License Plate Recognition Applied to Intelligent Transportation System", Transactions on Intelligent Transportation Systems, Sept. 2011
- [9] 尾上 博和, 塩野 充, "自動車画像からのナンバープレートの抽出とその漢字を含む全文字の切出しと認識", 電子情報通信学会論文誌. D-II, 情報・システム, II-情報処理 J77-D-2(3), 483-492, 1994-03-25
- [10] "Vehicle registration plates of Japan", http://en.wikipedia.org/wiki/Vehicle_registration_plates_of_Japan
- [11] Matthew Turk and Alex Pentland, "Face Recognition Using Eigenface", Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.586-591, June 1991
- [12] Matthew Turk and Alex Pentland, "Eigenfaces for recognition", Journal of Cognitive Neuroscience, vol.3, no.1, pp.71-86, 1991
- [13] Kenji TAKITA, Takafumi AOKI, Yoshifumi SASAMI, Tatsuo HIGUCHI, Koji KOBAYASHI "High-Accuracy Subpixel Image Registration Based on Phase-Only Correlation" IEICE TRANS.FUNDAMENTALS, VOL.E86-A, NO.8 AUGUST 2003
- [14] Koichi ITO, Hiroshi NAKAJIMA, Koji KOBAYASHI, Takafumi AOKI, Tatsuo HIGUCHI "A Fingerprint Matching Algorithm Using Phase-Only Correlation" IEICE TRANS.FUNDAMENTALS, VOL.E87-A, NO.3 MARCH 2004
- [15] Mourad Gueham, Ahmed Bourdane and Danny Crookes, "Automatic Recognition of Partial Shoeprints Based on Phase-Only Correlation", In Proc. Int. Conf. Image Processing, vol.4, pp.441-444, 2007