



自動ナンバープレート読取装置の開発

加藤 武彦*・田中 佳代・浅田 昌利
安原 宏行・立木 佳那栄・児玉 迪弘
安原 佑輔・浅井 俊弘・荻内 康雄

Development of Automatic License Plate Recognition Device — by Takehiko Kato, Kayo Tanaka, Masatoshi Asada, Hiroyuki Yasuhara, Kanae Tachiki, Michihiro Kodama, Yusuke Yasuhara, Toshihiro Asai and Yasuo Ogiuchi — In Japan, automatic license plate recognition systems have been used for more than ten years for measuring the time required for a vehicle to travel between different points and for applications which need detailed plate information. Due to their efficacy, these systems are now being utilized throughout the country. To better respond to the requirements in these applications, we have developed an automatic license plate recognition device that features a high recognition rate, low failure rate, compact design, high reliability, and low running and installation costs by incorporating innovations in both software and hardware such as new image processing algorithms, an advanced camera unit, and an image processing board. Drawing on this technology, we are currently working on the development of recognition systems for foreign license plates.

Keywords: automatic license plate recognition, automatic vehicle identification, image processing, plate detection, plate extraction, character recognition

1. 緒言

日本において、自動ナンバープレート読取システムは、車両の旅行時間計測やその他詳細なナンバープレート情報を必要とする様々なアプリケーションに利用する目的で10年以上前から実用化され、その有効性から現在では全国に普及している。

我々は、種々のアプリケーションに求められるニーズに応えるべく、ハードウェア、ソフトウェアの両面に様々な工夫を施し、新しい画像処理アルゴリズム、先進の撮像部と画像処理ボードにより、高認識率、低誤読率、高車色判定率、小型軽量、低ランニングコスト、低設置工事コスト、高信頼性といった特長を有する自動ナンバープレート読取装置を開発した。

また、海外のナンバープレート認識を目指し、今回開発した技術に別の画像処理アルゴリズムを組み合わせた読取装置の研究開発を行っている。

本稿では、これらの開発の取り組みについて報告する。

2. 自動ナンバープレート読取システムの概要

自動ナンバープレート読取システムは、図1に示すように、自動ナンバープレート読取装置、中央装置、それぞれの装置間のネットワーク回線から構成される。自動ナンバープレート読取装置は、通常は路側に設置され、道路を撮影する撮像部と、ナンバープレート上の文字、車種（自家用／事業用、大型／小型）、車色等を認識又は判定する制御部から構成される。

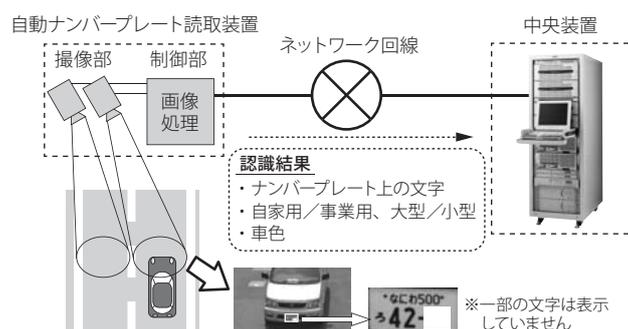


図1 自動ナンバープレート読取システムの構成

自動ナンバープレート読取装置によって認識または判定された情報等は、ネットワーク回線を通して中央装置に伝送され、旅行時間計測等の様々なアプリケーションに利用される。

3. 画像処理アルゴリズム

3-1 画像処理の流れ ナンバープレート情報認識や車色判定の高精度化を実現するためには、それぞれの文字を分離できるレベルの高解像度画像と共に、ナンバープレート上の文字を正しく認識し、人間の感覚に近い色判定を行う画像処理アルゴリズムが重要なキーとなる。

ナンバープレート情報認識と車色判定の画像処理の流れを図2に示す。まず、撮影された画像から車両に取り付け

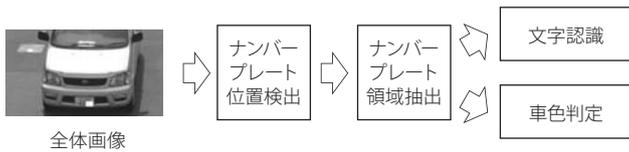


図2 画像処理の流れ

られたナンバープレートの位置を検出し（ナンバープレート位置検出）、次に検出したナンバープレート位置からナンバープレートの領域を抽出する（ナンバープレート領域抽出）。その後、文字認識と車色判定を実行する。前者では抽出したナンバープレート上の文字を認識し、後者では抽出したナンバープレート位置から画像中のボンネットの領域を推測しその色を判定する。

我々は、ナンバープレート位置検出、ナンバープレート領域抽出、文字認識、車色判定においてそれぞれ新しい画像処理アルゴリズムを開発した。

3-2 ナンバープレート位置検出 撮像部で撮影された画像には、車両の他に、車両や道路周辺の建造物による影や反射光、歩行者などが含まれている場合がある。このような状況を考慮した上で車両に取り付けられたナンバープレートをすべて検出する必要がある。そこで、ナンバープレート部分は輝度変化が大きいことに着目し、高精度なナンバープレート位置検出手法を開発した。

画像上のナンバープレートのXY座標は以下のように検出する（図3参照）。

- ①フレーム間差分により動きのある画素を検出する。
- ②動きのある画素に関して隣接画素との輝度差を算出する。
- ③輝度差を水平方向・垂直方向に投影したヒストグラムを作成する。
- ④垂直に投影されたヒストグラムの重心位置をナンバープレートのX座標として検出する。
- ⑤水平に投影されたヒストグラムのいくつかのピークのうち最も下に位置するものをナンバープレートのY座標として検出する。

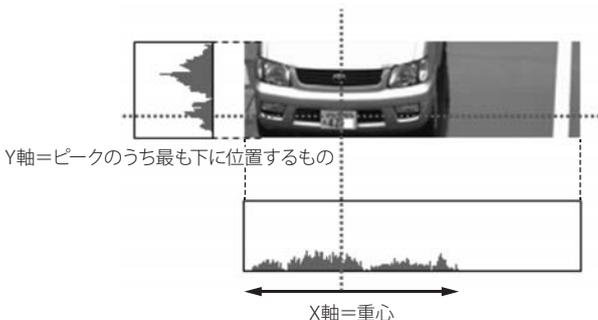


図3 ナンバープレートの(X,Y)座標

⑥検出したXY座標に対して、各座標を基準としたヒストグラムの分布とテキスト情報を用いて、不要な影等の判定を行う。

実験では、98%の精度で正しいナンバープレートの位置を得ることができた。

3-3 ナンバープレート領域抽出 次に、ナンバープレートの位置に基づき、ナンバープレートの領域を抽出する。日本では、ナンバープレートの大きさや色は定められているが、画像上でのナンバープレートの形状は、カメラとナンバープレートの相対位置によって様々に変わる。また、文字が隠れたナンバープレート、斜めに取り付けられたナンバープレートなどがある。これらの条件を考慮して、ナンバープレートの領域を抽出する必要がある。そこで、画像上でのナンバープレート形状に影響されることなく、正確にナンバープレートの領域を抽出する手法を開発した（図4参照）。

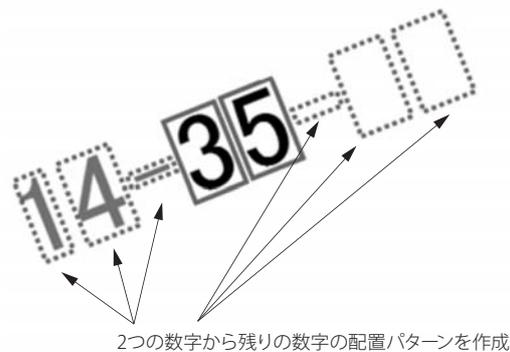


図4 数字配置の特定

- ①数字の候補を検出する。
- ②隣接する2つの数字の候補（図4における実線枠）を選び、これを基準として、残りの数字の配置パターン（図4における点線枠）を想定する。
- ③想定した配置パターンに数字の候補が存在するかどうかを判定し、該当する領域をナンバープレート領域として抽出する。

本手法を用いることで、斜めに取り付けられたナンバープレートや数字が隠れたナンバープレートでも、正しくナンバープレート領域を抽出することができる。

実験では、ナンバープレートの位置を正しく算出できたものに対して、99%の精度で正しいナンバープレート領域を抽出することができた。

3-4 文字認識 ナンバープレート上の各文字は、以下に記載するように、全ての文字についてあらかじめ用意しておいたテンプレートと比較することで認識する。

- ①それぞれ文字の位置を推定し抽出する。
- ②(それぞれの文字について) サイズと輝度を正規化する。

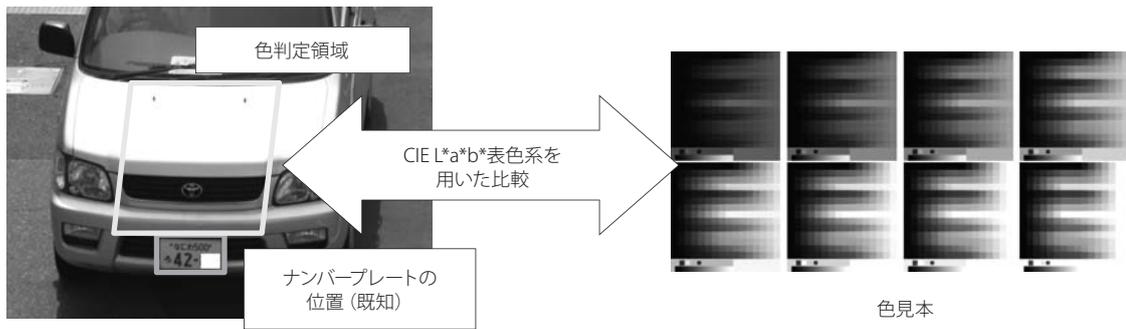


図5 色見本を用いた車色判定

- ③ (それぞれの文字について) 特徴量を計算する。
- ④ 算出した特徴量と用意しておいたテンプレートの特徴量とを比較することにより類似度を計算する。
- ⑤ 最も類似度の高い結果を選択する。

本システムでは、高い認識精度が求められるが、特に誤認識に対する要求が厳しいため、類似度の計算には複数のアルゴリズムを組み合わせることで高精度化を図っている。

実験では、正しくナンバープレート領域を抽出できたものに対して99%の精度で全ての文字を正しく認識することができた。

3-5 車色判定 最後に、抽出したナンバープレート位置から画像中のボンネットの領域を推測し、ナンバープレートの輝度に応じた色見本を参照することにより、その色を判定する。

物体の画像中における色データ (RGB 値) は、照明条件に依存する。照明条件は、太陽の位置や角度、天候、道路周辺の建造物の有無など、様々な環境条件の組み合わせによって決まる。しかし、これらの環境条件から直接的に照明条件を推定することは現実的ではない。

そこで本装置では、一般にナンバープレートの色は法律により定義されていることに着目し、画像中のナンバープレートの輝度から照明条件を推定し、推定した照明条件に応じた色見本を用いることで、車両の色を判定する手法を採用した。以下に、その概要について説明する。

まず、予め、ナンバープレートの輝度が異なるような複数の照明条件に対応して、色とRGB値の対応を持つ色見本を作成しておく。

この色見本を用いて実際に車色を判定する際の処理手順を、以下に示す。

① ナンバープレート輝度の推定

ナンバープレート領域抽出で求めたナンバープレート領域に対して、平均輝度をナンバープレート輝度として算出する。

② 色見本の選択

図5の右側に示すような色見本を予め作成しておき、①で算出されたナンバープレート輝度に対応する色見本を選択する。

③ 色判定領域の決定

ナンバープレート位置検出で求めたナンバープレートの位置に基づき、色判定に最適な領域であるボンネットやトランクの位置を推定し、色判定領域を決定する。

④ 領域内の各画素の色判定

次に、色判定領域に含まれる各画素の色を、②で選択された色見本を用いて判定する。本手法では、人間の感覚に近いとされるCIE L*a*b*表色系⁽¹⁾を用いて、ユークリッド距離を計算することで、色見本から最も近い色を選択する。

⑤ 各色のカウント

色判定領域内において判定された色の数をそれぞれカウントし、頻度が高い色を車両の色とみなす。しかし、商用車などは複数の色で塗装されることが多く、カウント数が最大となった色のみ出力することはユーザの利便性を損ねる結果となる。そこで、本装置では、頻度が高い2色をその車両の色として出力することにより、ユーザの利便性の向上を図った。

実験では、車色を9色に分類し、照明条件の違いにより変化するナンバープレートの輝度を8段階であると仮定して8つの色見本を作成した。評価した車両で80%以上の正解を得ることができた。

4. ハードウェア及びソフトウェア

高いナンバープレート情報の認識率と車色判定精度と共に、我々が自動ナンバープレート読取装置として重要であると考えている、ランニングコスト、設置工事コスト、信頼性/セキュリティ、安全性の観点から、ハードウェア、ソフトウェアの両面に様々な工夫を施した。

4-1 高いナンバープレート認識率 最新の高解像度カメラと高解像度レンズを採用することでナンバープレート上の各文字をはっきりと分離し、先に述べた画像処理アルゴリズムとの組み合わせで高い認識率を達成している。

4-2 ランニングコスト

(1) 電気料金 (消費電力)

消費電力で支配的となるのは、夜間に点灯するLED照明

と画像処理ボードである。

LED照明は、カメラの視野角からはみ出た光は無駄となり消費電力の増加につながることから、照射角がカメラの視野角と一致し、かつ高効率であるLEDを採用した。画像処理ボードについては、低消費電力の組込用プロセッサを使用した独自の画像処理ボードを開発した⁽²⁾。これらにより、1制御部と4撮像部の構成（4車線をカバーする典型的な構成）において、日本にて安価な定額電灯契約が適用できる消費電力（電力容量）400VA以下を達成した。

(2) メンテナンス費

一般にLED照明の発光パワーは経年劣化により低下するため長期間の稼働にはLED照明の定期交換が必要となるが、撮像部に内蔵されるLED照明の定期交換は、その部品コスト自体に加えバケット車や車線規制により多くのコストを要するためメンテナンス費で大きな要素となる。従ってLED照明の長寿命化がメンテナンス費の低減につながる。一つのアプローチとして、LEDの使用数量を増やしLED一つあたりに流す電流を抑制することで経年劣化の進行を遅らせ照明の長寿命化を図ることできるが、撮像部の大型化につながり後に述べる設置工事コストや都市景観の観点から好ましくない。そこで、劣化の少ない特殊なLEDの採用、その発光周期及び発光期間の制御、高放熱設計により、小型軽量かつ試算では7年以上の長寿命の撮像部を実現した。

(3) 通信（契約者回線）費

今回開発した自動ナンバープレート読取装置は、1制御部につき4撮像部まで接続することができるが、3車線以上の上下線道路に設置する場合など、1地点で5撮像部以上の設置が必要となるケースがしばしば発生する。その場合、2つ以上の制御部が必要となるが、制御部それぞれから契約者回線を通して中央装置にデータを伝送すると契約数が増え通信費が増大する。そこで、標準的なLANケーブルで制御部間を接続できる仕組みを持たせ、近接する複数の制御部のデータを集約して契約者回線1回線にて伝送できるようにすることで回線費の低減を可能にした。

4-3 設置工事コスト 高効率LEDの採用に加え、放熱性の良い材料の使用、冷却ファンの配置位置の最適化等、屋外用途機器に関する技術ノウハウを駆使し、撮像部の小型軽量化（6kg以下）に成功した。これにより、道路標識の既存柱等に設置できるケースが増え、設置工事コストの低減につながる。

4-4 信頼性/セキュリティ 一般に、機械的な可動部は半導体等の電子部品と比較して故障や寿命による劣化のリスクが高いと考えられる。そこで、データ記憶媒体としてハードディスクではなくCF（コンパクトフラッシュ）カードを採用することと、映像の明るさ制御にレンズのメカニカルアイリスではなくカメラの電子シャッターを採用することで、機械的な駆動部を極力排除し装置の信頼性を上げた。また、同様の観点から、画像処理ボードに実装する

コンデンサはアルミ電解コンデンサではなく固体コンデンサのみとした。

セキュリティに関しては、中央装置へ伝送されるか、ネットワーク回線の異常時に装置内に蓄積されるデータに対し、コンピュータ分野で広く使われている汎用的な方式で暗号化を行っている。

4-5 安全性 万一のボルトの緩み等による撮像部の落下を防止するため、落下防止ワイヤ、ダブルナットボルト、割ピンを使用している。

5. 自動ナンバープレート読取装置の仕様

表1に、開発した自動ナンバープレート読取装置の仕様を示す。

表1 自動ナンバープレート読取装置の仕様

項目	内容
認識項目	ナンバープレート上の全ての文字 自家用/事業用の別、大型/小型（大板/中板プレート）の別
認識率	> 95 % ナンバープレート上の全ての文字を正しく認識する率
特殊ナンバープレート認識	文字隠しナンバープレート 斜めに取り付けられたナンバープレート
対象車両	車両検出：四輪車及びバイク ナンバープレート認識：四輪車及びバイク* *バイク：開発中
最大認識視野幅	4.0m
認識可能な車両の速度	最大 120km/h
認識可能な車両の最小間隔	0.5 秒
車色判定	9色（昼間）
側射角	最大 30°
データ蓄積	回線の異常時、中央装置への送信データを蓄積 （復旧時に中央装置に伝送）
セキュリティ	汎用的な方式でデータを暗号化
1制御部あたりの撮像部数	4撮像部まで
回線集約	3制御部まで集約可能
サイズ/重量	撮像部：200mm(H)×300mm(W)×450mm(D)以下/6kg以下 制御部：850mm(H)×450mm(W)×350mm(D)以下/60kg以下
環境条件	周囲温度：-10～+50℃ 防水：IPX3 最大瞬間風速：50m/s
消費電力	< 400VA@4撮像部+1制御部/AC100V
照明寿命	> 7年
撮像部-制御部間のケーブル長	最大 100m
撮像部落下防止	落下防止ワイヤ、ダブルナットボルト、割ピン
その他	くもり防止ヒータガラス装備

6. 海外ナンバープレート認識への取り組み

現在、本稿で述べたアルゴリズムと、HOG (Histogram of Oriented Gradient)^{*1}特徴をベースとしたBag of Features⁽³⁾とSVM (Support Vector Machine)^{*2}法を用いた別のアルゴリズムとを組み合わせ、海外のナンバープレート認識の研究開発を行っている。

この組み合わせアルゴリズムを民生用デジタルカメラで撮影したタイ国のサンプル車両画像に対して適用した結果、ナンバープレート検出率は90%を上回った。図6にタイ国ナンバープレートの抽出の例を示す。



※一部の文字は表示していません

図6 タイ国ナンバープレートの抽出例

7. 結 言

我々は、ソフトウェア、ハードウェア面で様々な工夫を施し、新しい画像処理アルゴリズム、先進の撮像部と画像処理ボードにより、高い認識率、低誤読率、高車色判定率、小型、高信頼性、低ランニングコスト、低設置工事コスト等、様々な特長を有する新しい自動ナンバープレート読取装置を開発した。現在、海外のナンバープレート認識の研究開発を行っている。

8. 謝 辞

本装置を開発するにあたり、ご指導、ご協力頂きました全ての関係各位に対し、深く感謝の意を表します。

用語集

※1 HOG

Histogram of Oriented Gradient：画像特徴量の一つ。画像を複数の局所領域に分割し、各領域内の輝度の勾配方向のヒストグラムを並べたベクトルを特徴量とする。位置ずれや照明の変動に対して頑健であるという特長をもつ。

※2 SVM

Support Vector Machine：パターン認識手法の一つ。2クラスの分類問題に関して理論的に最も性能が高い手法の一つであり、未学習データに対して高い識別性能を持つとされる。

参 考 文 献

- (1) Commission Internationale de l'Eclairage, "Colorimetry, third Edition," CIE Publication 15 (2004)
- (2) 加藤武彦、川崎紀一、山本英典、田中佳代、日根野谷俊男、「ITS 機器共通プラットフォームの開発」、SEIテクニカルレビュー第171号、pp.21-26 (July 2007)
- (3) 八木・斉藤(編)、「コンピュータビジョン最先端ガイド3」、アドコム・メディア(株) (2010)

執 筆 者

加藤 武彦*：住友電工システムソリューション(株)
インフラシステム事業部 主席
カメラを用いた交通センサの開発に従事



田中 佳代：住友電工システムソリューション(株)
インフラシステム事業部 主席

浅田 昌利：住友電工システムソリューション(株)
インフラシステム事業部 主査

安原 宏行：住友電工システムソリューション(株)
インフラシステム事業部

立木佳那栄：住友電工システムソリューション(株)
交通システム事業部

児玉 迪弘：住友電工システムソリューション(株)
インフラシステム事業部

安原 佑輔：住友電工システムソリューション(株)
インフラシステム事業部

浅井 俊弘：住友電工システムソリューション(株)
インフラシステム事業部 博士(工学)

荻内 康雄：情報通信研究所 主査 博士(工学)

*主執筆者