画像処理を用いた車番認識システムの開発

正員 三 島 忠 明 (日立)

非会員 高 藤 政 雄 (日立)

正員 小 林 芳 樹 (日立)

非会員 藤 原 和 紀 (日立)

正員 柴 田 敏 郎 (日立)

1. ま え が き

モータリゼネレーションの進展に伴って、道路交通の重要性はますます高まっており、交通管制および交通情報提供の高度化が推進されてきている。このような交通システムの高度化のためには、精度の高い交通情報の収集が不可欠である。この交通情報には、交通量やある地点間の走行所要時間すなわち旅行時間⁽¹⁾があるが、特に旅行時間については車両の個別認識ができないため現状測定できず、このためこの値を推定して交通管制を行っているのが実状である。そこで、実際に走行している車両をITVカメラでとらえ、個々の車両がどの程度で走行しているかを自動的に計測する車番認識システム⁽²⁾⁽³⁾が検討されている。

このようなシステムは、走行時間を計測するためだけでなく盗難車両の発見⁽⁴⁾や、料金所における料金の自動徴収にも適用できるものであるが、これを実現するためには次の課題を解決する必要がある。

(1) 走行車両の自動検知 高速に走行している車両を最適な位置で画像として取込む。

(2) ナンパ抽出および認識 複雑な背景を有しかつ、天候変化やナンパプレートの汚れによる濃淡レベル変化の多い画像を対象としたナンパ抽出および認識。

A Vehicle License Number Recognition System Using Image Processing. By Tadaaki Mishima, Member, Masao Takatoo, Non-member, Yoshiaki Kobayashi, Member (Hitachi Research Laboratory, Hitachi, Ltd.), Kazunori Fujiwara, Non-member (Omika Works, Hitachi, Ltd.) & Toshiroo Shibata, Member (Systems Engineering Division, Hitachi, Ltd.).

三島忠明: 正員, (株)日立製作所日立研究所

高藤政雄: 非会員, (株)日立製作所日立研究所

小林芳樹: 正員, (株)日立製作所日立研究所

藤原和紀: 非会員, (株)日立製作所大みか工場

柴田敏郎: 正員, (株)日立製作所システム事業本部

これら課題に対し、従来の車番認識システム⁽²⁾⁽³⁾は、車両感知用のセンサを用いて車両を検知して画像を取込み、この画像から二値画像を生成して文字候補を抽出し、この文字配列よりプレート位置を決定してプレート内の文字を認識するような構成となっている。また、システム自体も専用マシンのように作られており、かなり大形のものが多い。このような点を踏まえ、著者らは特別なセンサを設けることなく、一般のITVカメラと汎用の画像認識装置だけを用いて、車両検知から認識までを行う安価で小形のシステムを開発した。以下、本論文では、これらについて述べる。

2. 車番認識システムの概要および課題

図1に車番認識システムの構成例を示す。同図は旅行時間を計測するための一例であるが、道路上方に取付けたITVカメラ(電子シャッターカメラ)で高速に走行する車両を静止画像として撮像し、この画像を画像認識装置に入力してナンパの抽出および認識を行う。この認識結果は中央計算機に送られ、2地点から送られてきた番号を照合し、走行所要時間を計算し、これを案内板へ表示する。

図1 車番認識システムの概要

Fig. 1. Structure of vehicle license number recognition (VNR) system.

ここで、一般に市販している電子シャッターカメラと、汎用の画像認識装置 HIDIC-IP/200⁽⁵⁾を用いており、システムのシンプルな構成となっている。

ところで、このような応用に用いられる車番認識システムを画像認識装置だけですべてを処理するためには、次の課題を解決する必要がある。

(1) 高速に走行している車両を最適位置で画像として取込むことが容易でない。

(2) ナンパプレートを取巻く背景は非常に複雑であり、またナンパプレートの取付位置が一定でないためナンパの抽出が容易でない。

(3) 屋外であるため明るさ変化が激しく、またナンパプレートには、白地に緑文字、緑地に白文字などがあり、単純な二値化処理では文字を抽出できない。

(4) 次々に走行する車両をとらえ、これを高速(約1秒以内)に処理する必要がある。

以下、上記問題を解決するために用いた画像処理手法について述べる。

3. 車両検知アルゴリズム

高速に走行する車両を検知し、車両前面部の画像を画像認識装置に入力すると、この画像からナンパプレートを切出し、プレート内の文字を抽出して認識するが、本システムではこれらすべてを画像認識装置だけで実行している。すなわち、車両の検知から認識までを特別なセンサを用いることなく実行している。このために必要な高速移動体の検知方法を本章で、ナンパの抽出方法を次章で述べる。

〈3・1〉 高速移動体の検知 従来の移動物体検知方法は超音波センサにたよっていたが、このようなセンサをシステム1台ごとに設置するには、コストや保守の面で問題が多い。そこで、本車番認識システムでは、特殊なセンサを用いずに ITV カメラの映像情報だけを用いて、車両を検知し最適な車両画像を自動的に取込む手法を考案した。

(1) システム検討 図2のように ITV カメラを道路上に設置すると、画面上での横幅は約1.5 mの視野となる。この条件で車両が速度 120 km/h で通過すると、画面上では1フィールド周期(1/60秒)の間に車両が約1/10画面(縦240画素の画面で約24ライン)進行する。換言すれば、車両が ITV カメラの視野内に入ってから通過するまでに約10フィールド分の画像が得られることになる。従って、1フィールドごとに順次得られる画像をリアルタイムで監視することにより車両が ITV カメラの視野内に入ったか否かを判断し、車両を検知することができる。この監

図2 車両とテレビカメラとの位置関係

Fig. 2. Relation between a vehicle and an ITV camera.

視処理が遅いと、画像入力から判定までの間に対象の車両が画面を通過してしまい自動取込みはできない。

(2) 車両検知方法 順次得られる各画像を処理して車両が視野内に入ったか否かを高速かつ確実に調べる方法を、単に画像を二値化してその面積により判定する手法としたのでは、車両の影や急激な天候変化によって誤検知する可能性がある。そこで、濃度変化の激しい領域、すなわちナンパプレート部分、車両前バンパ、照明灯部分などを雑音が少ない形で抽出する水平方向の微分処理を採用した。通常の微分処理は3×3画素での変化を求めるものが多いが、本 HIDIC-IP/200 では、より大局的な変化部分を抽出する浮動二値化処理で実行している。これは、水平12画素の平均値と中心画素との差を求め、これをあるしきい値で二値化するものであり、通常の微分処理に比べ雑音に強い特徴をもつ。この浮動二値化処理を用いて検知を行うが、処理方法は以下のとおりである。

(1) 画面上部にウィンド(検知エリア)を設定し、その領域について ITV カメラから画像を入力し、雑音を除去する平滑化処理を行った後、その画像を水平方向について微分する(浮動二値化)。

(2) この微分二値画像のうち“1”の画素数をカウントし、この“1”の画素数があらかじめ設定している値より大きければ、車両を検知したと判断する。

(3) 車両を検知したと判断したら上述のウィンドの設定を解除して、最適なタイミングで一画面全体の画像を取込む。なお、上述処理を実行する時間は処理領域を限定することで約15 ms で実行でき、リアルタイムの監視が可能である。

図3に処理結果を示すが、(a)図は濃淡画像で(b)図はその画像の浮動二値化画像である。単に入力画像の濃度レベルだけを監視すると影によって No.1 あるいは No.2 のフィールドを車両の到来と判断してしまうが、浮動二値化を施すとナンパプレートが検知エリ

図 3 最適自動取込み方法における画像処理例
Fig. 3. An example of automatic proper image input method.

アに入ったときに車両検知と判断できることがわかる。

以上のような手法を採用することにより、超音波センサを用いずに画像処理装置だけで車両を検知し、ナンバプレートを含む画像をITVカメラの視野内で良好に取込むことが可能となる。

4. 複雑背景からのナンバ抽出方法

前述の手法により得られた車両画像からナンバを二値画像として抽出するが、車両前面部の画像全体から直接ナンバを抽出することは困難である。すなわち、車両前面部の画像は複雑であり、かつ環境が屋外であるため、明るさの変動やむらが発生しやすい。このための解決手法として、大谷らの局所的二値化を用いた領域分割法が提案⁽⁶⁾⁽⁷⁾されている。しかしながら、この手法は処理速度の面で実用的でない。そこで、まず画像が安定しているナンバプレートの領域を求め、その領域だけに着目すればナンバを比較的容易に抽出できると考えこの手法とした。

〈4・1〉 ナンバプレート抽出

(1) 従来法の問題点 ナンバプレートの領域を抽出する手法には、安居院らのHough変換⁽⁸⁾⁽⁹⁾を用いたものがある。これは、車両前面部を微分して垂直線と水平線を抽出し、この線に囲まれる長方形の領域がナンバプレートであるので、これをHough変換で求めるものである。しかしながら、ナンバプレートの色と車両の色が同一の場合にはエッジを抽出しにくい。そのためナンバプレートの領域を決定できない場合がある。このような領域抽出の課題は、画像認識において最も重要な処理の一つであるが、一般的な手法ではなかなかうまくいかないことが多い。しかし、画像の特徴をうまく考慮すると意外と簡単に解決することがあ

図 4 ナンバプレート領域の抽出処理例

Fig. 4. An example of extracting a region of a license plate.

る。次項にその手法を示す。

(2) ナンバプレート抽出手法 車両前面部の画像をよく観察すると、ナンバプレート周辺の特徴は、

- (i) ナンバプレートを取巻く背景は水平方向のしま模様が多い
- (ii) ナンバプレート部の文字列は比較的コントラストが高く、しかも文字の配列が厳密に定められている

などである。これらの点に着目して、多少の明るさや大きさの変化に影響されずに、濃淡画像からナンバプレート部の領域を高速に抽出する手法を考案した。以下にその手順を示す。

(i) 水平方向微分(前述の浮動二値化処理)を施すことで、横じまの背景を除去し逆にナンバプレート付近の縦じまを強調する。

(ii) 上記浮動二値化画像について雑音除去、膨張、収縮処理により整形する[図4(b)]。

(iii) 整形した画像のうちナンバプレートの幾何学的特徴(例えば、ナンバプレートの面積、縦横比など)に最も類似している領域を抽出する[図4(c)]。この領域についてナンバの抽出を実行する。

このような手法により、高速にナンバプレート領域を決定可能であり、ナンバプレートと車体の色が同一な場合でも文字のエッジ情報によってナンバプレート領域を推定することが可能である。

(3) 異常処理 以上述べた処理によってナンバプレート部を特定することができるが、すべての対象について適応できるものではない。例えば、微分→整形処理した画像中にナンバプレートの特徴に類似している領域が複数ある場合や、図5のような車両においては、ナンバプレートの周囲にもコントラストの強い縦じま模様があり、水平微分、膨張処理を行うとナンバプレート付近が周囲と接触してしまい、かなり大きな領域[図5(c)]となることがある。この画像はナン

図 5 大領域切断処理によるナンバプレート領域の抽出処理例

Fig. 5. An example of extracting a region of a licence plate by cutting.

パプレートの形状に類似していないため、ナンバ抽出の処理を実行しなかったり、処理したとしても大きな領域全体の明るさ分布を調べて文字を抽出するため、文字を鮮明に抽出できないことが生じる。これらに対処するために、以下の処理を設けている。

(1) 複数の類似領域がある場合、ナンバプレートが下側に付いているのが多いため、これを優先的に処理し、その領域に文字らしきものが存在しないと判断したら、次に類似している領域に処理を移す。

(2) プレートの候補が大領域である場合、小領域に分割する。すなわち、ナンバの存在する領域は高さがナンバの高さより高く、幅はナンバが2けた程度は入り得る長さであることから、大領域である二値画像の水平、垂直方向それぞれの幅を求めるため投影分布をとり、その分布の頻度が上述した条件を満たさない部分の二値画像に対し'0'の濃度を書き込み切断する。この方法を用いることにより図5(e)のようにナンバプレート部を良好に抽出することができる。

〈4・2〉 ナンバ抽出方法

(1) 従来法の問題点 前章で述べた処理により抽出されたナンバプレート部分だけに着目して、ITVカメラより取込んだ濃淡画像を二値化しナンバを抽出するが、天候条件による明るさの変化やプレート自体に汚れがあると、一般的な固定二値化処理では図6に示すように文字の抽出に失敗する。このときの明るさのむらは文字と背景のコントラストが、明るいところで70階調、暗いところで20階調とかなりの差があり、これを一つのしきい値で二値化するのは困難である。このため、以前から良質な二値画像を得るための手法が幾つか検討⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾されているが、いずれも現状のレベルでは、高速に処理することはできない。

そこで、高速でしかも二次元的な明るさ変化に対応

図 6 従来のナンバ抽出処理例

Fig. 6. A failure example of extracting a licence number.

図 7 min-max 差分法の概要

Fig. 7. An outline of minimum-maximum subtraction method.

できる可変しきい値処理技術を考案した。これを min-max 差分法と称することにする。

(2) min-max 差分法による可変しきい値処理

min-max 差分法は、抽出したい部分の背景の明るさをピーク値として保持した背景画像を入力画像から生成し、入力画像とこの背景画像との差分画像から目的の文字を抽出する方法である。図7に白地のナンバプレートから緑の文字を抽出する場合の処理フローを示す。

図 8 ナンバプレート部の濃度ヒストグラム
Fig. 8. Differences in gray level frequency histograms.

図 9 min-max 差分法によるナンバ抽出結果

Fig. 9. An experimental result of minimum-maximum subtraction method.

(i) 文字領域を周辺の濃度レベルで置き換えるために、局所最大値フィルタ

$$F(i, j) = \max[f(i+u, j+v)]$$

$$(u, v) = -1, 0, +1$$

ここで、 F は処理結果画像、 f は処理対象画像を数回繰返す。文字の最大画素幅の 1/2 回程度の繰返して、文字領域が周辺の濃度レベルで置き換えられる。

(ii) 更にこの処理結果画像に対し、最小値フィルタ

$$F(i, j) = \min[f(i+u, j+v)]$$

$$(u, v) = -1, 0, +1$$

を同じ回数繰返すことにより、文字幅以上の雑音やシェーディングを元に戻す。

(iii) 次に、この処理結果画像を背景画像として原画像と差分をとることにより、文字領域のみを安定して抽出することができる。この画像を二値化することによりナンバが容易に抽出できる。

なお、緑地のナンバプレートから白文字を抽出するときは、逆に局所最小値フィルタ処理の後に局所最大値フィルタ処理を行う。この選択は、文字とプレート

図 10 min-max 差分法の処理フロー
Fig. 10. Flowchart of the minimum-maximum subtraction method.

の明るさにより決まり、図 8 に示すようにナンバプレート部の濃度ヒストグラムの形状より判断できる。

以上の処理を施すことによって、図 9 に示すようにシェーディングや部分的な明るさのむらに影響されることなく、しかも取出したい線幅以下の領域だけを良好に抽出可能である。以上述べた min-max 差分法を HIDIC-IP/200 で実行する場合のコマンド例（白地のナンバプレートから緑文字を抽出する場合）を図 10 に示す。

このナンバ抽出結果画像からラベリング処理により順次ナンバを取出し、面積、周辺分布などの特徴量を求め、数字ごとに記憶している標準パターンの特徴値データと比較することにより文字認識を行う。本論文では、この詳細については省略する。

5. 処理性能および実用の見通し

以上述べてきた水平方向微分処理や 3×3 画素領域の局所最小値、局所最大値フィルタ処理は、HIDIC-IP/200 の濃淡画像処理機能の一つであり、6 MHz/画素と高速である。この結果、車両の到来感知からナンバプレートの数字認識までの一連の処理を約 0.4 秒と高速に実行できる。また、認識率については天候条件やプレートの汚れにより大きく左右されるが、特にプレートの曲がりや、前車による隠れで 100 % の認識率は元来不可能である。しかし、前述した濃淡画像処理によって、比較的良好な条件の実道路実験で 86 % 程度の正読率を得ている。この内訳は、全通行車両 250 台を計測対象とし、異常走行車両（例えば、車線間をまたいで走行）を除く認識対象車両台数 $H=235$ 台のうち、

(i) プレートを出し切れない台数 $a=11$ 台（プレートの曲がりによる）

(ii) プレート以外を認識した台数 $b=6$ 台 (プレート類似領域を認識)

(iii) 文字抽出したが誤認識した台数 $c=11$ 台

(iv) その他要因による認識不可台数 $d=6$ 台
の計 34 台を誤認識した。従って、

① プレート抽出率 $M=\{H-(a+b)\}/H=93\%$,
文字認識した台数 L は $L=H-(a+b+d)$ であるので、

② 文字認識率 $m=(L-c)/L=95\%$

③ 認識対象車両に対する総合認識率 $n=(H-34)/H=86\%$

となっている。また、画像処理による車両検知手法の検知率は 99% であり、従来の超音波センサ同様に十分使用可能であることを確認した。なお、旅行時間計測における車番認識システムでは、通過車両のうち 2 地点間での照合のとれる車両が何割かあれば目的の旅行時間は求められるので、この程度の認識率でも十分実用レベルにあると考える。

6. む す び

特別なセンサを用いることなく車両の検知から認識までを画像処理装置だけで実行できる車番認識システムを開発し、その画像処理手法について述べた。

(1) 外部センサを用いずに走行する車両の自動検知を実現した。

(2) 自動検知により取込んだ画像に対し水平方向微分処理と膨張処理などを行い、この画像からナンバープレートの形状に類似している領域を抽出することで、複雑な背景を有する画像からナンバープレート部を特定することができた。

(3) min-max 差分法を用いることにより、ナンバープレート部に多少の汚れがあっても安定したナンバー抽出を実現した。

本技術は盗難車両の検知、有料道路や駐車場の自動課金、各種施設の入出門監視などへの適用が可能と考えており、今後そのシステム形態を検討していく予定である。

最後に、本研究に対し有益な御助言を頂いた、元(株)日立製作所日立研究所 金崎守男氏〔現日立エレベータサービス(株)〕に心より謝意を表します。

(昭和63年8月29日受付, 同63年11月24日再受付)

文 献

- (1) 高羽, 他: 「交通管制機器に最近の進展」, 信学誌, 66, 594 (昭58-6)
- (2) 加藤, 他: 「ナンバープレート認識技術」, 三菱電機技報, 62, 9 (昭63-2)
- (3) 川嶋, 他: 「ゲート通行車両の車番認識」, 交通工学, 23, 15 (昭63-4)
- (4) K. W. Dickinson & R. C. Waterfall: "Image processing Applied to Traffic; 1. A General Review", *Traffic Engineering & Control*, 25, 11 (1984)
- (5) 長沢, 他: 「高性能画像認識装置 HIDIC-IP/200」, 映像情報, 20, 67 (昭63)
- (6) 大谷, 他: 「情景画像中からの文字抽出法の検討」, 通信学会パターン認識と学習研資, PRL-85-73 (昭61)
- (7) 塩: 「情景中文字の検出のための動的2値化法」, 信学論D, J71-D, 863 (昭63)
- (8) 安居院, 他: 「ピラミッド階層化高速ハフ変換を用いたナンバープレート領域抽出」, 同上D, J70-D, 1383 (昭62-7)
- (9) 崔, 他: 「特徴保存型階層化高速ハフ変換を用いたナンバープレート領域抽出」, 同上D, J71-D, 856 (昭62)
- (10) 大津: 「判別及び最小2乗基準に基づく自動しきい値選定法」, 同上D, J63-D, 349 (昭55-4)
- (11) 上田, 他: 「多値読みとり図面の画質改善手法の検討」, 通信学会画像工学研資, IE 84-94 (昭60)