

特 集 論 文

車両特定を目的とした画像処理応用製品の開発—新型撮像装置と省スペース反射型車両検知器—

The Development of Image Processing Application for Vehicle Identification - Enforcement Camera Unit and Laser Vehicle Detector -

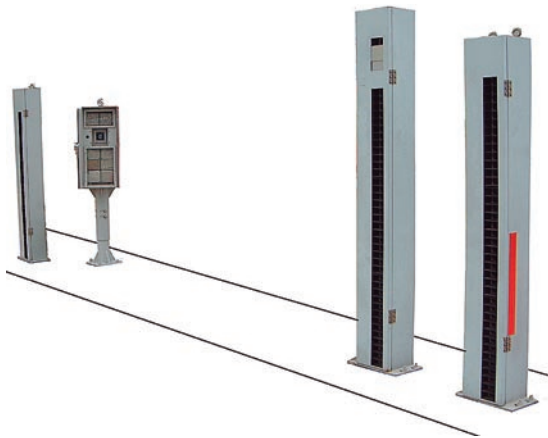
玉川 光明*¹
Mitsuaki Tamagawa

井上 正博*¹
Masahiro Inoue

松本 良輔*¹
Ryosuke Matsumoto

杉本 喜一*²
Kiich Sugimoto

茶園 聡*³
Satoshi Chaen



ETC 車載器の普及を受けて ETC 車線を走行する車両が増加しており、走行車両を特定する技術実現が望まれている。そこで、当社は画像処理技術やセンサ技術を生かした新製品として、車両前景が撮影可能な小型な新型撮像装置、片側設置による工事工数削減を実現した省スペース反射型車両検知器を開発した。さらに、新型撮像装置車両撮影機能を高度化するためにカラー画像処理による車両色特定技術を開発したので紹介する。

1. はじめに

当社は、料金収受機械により培った技術を基に、画像処理技術、センサ技術等の新技術を取り込み、最新のノンストップ料金収受システムである ERP (Electronic Road Pricing) 及び ETC (Electronic Toll Collection) システムの製品化を実現してきた。

今回は、画像処理を応用した当社の新製品として、車両前景が撮影可能な新型撮像装置、片側設置による工事工数削減を実現した反射型車両検知器及び、新型撮像装置の高度化としてカラー画像処理による車両色特定技術を紹介する。

2. 新型撮像装置

2.1 車両番号認識

車両の料金体系車種を自動識別するために、車両の車種を判別する車種判別装置の一部として、進入車両前面のナンバープレート付近を撮像して自動認識する車両番号認識装置が、料金所車線等に導入されている(図1)。

車種区分に利用されるのは、プレートサイズと分類番号(小数字)であるが、平成10年に導入された3桁プレートと従来の2桁プレートが混在するため、その左横にレイアウトされている運輸支局コード(漢字)も認識し、2桁と3桁を分類する必要があるが、線の細かい漢字認識のため、一定以上の解像度が必要となる。

また、限られたスペースに設置する必要があるため、

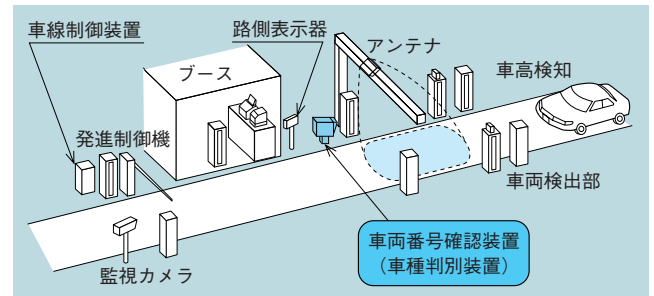


図1 都市高速 ETC 車線例
都市高速の ETC 車線の機器構成例及び車両番号認識装置の位置を示す。

撮像機・画像処理機・車種判別装置を1つの筐体にパッケージした装置を平成11年度から導入している。

2.2 車両前景撮像

ETC の普及に伴って、ETC 専用車線を走行する車両台数が増加し、種々の問い合わせ等が発生してきている。そのため、ETC 専用車線を走行する車両を特定する一つの手段として、走行する車両前景を撮像するニーズが高まっている。

大型車両前景を撮像する場合3m程度までの垂直視野が必要であり、従来の車両番号認識装置の垂直視野では対応できないため、別のカメラ装置が必要となった。

そこで、当社は、車両番号認識装置の視野を広げて車両前景を撮像でき、車線制御装置などから車両通過情報を受信して、撮像した画像とともに上位装置へ送信可能な新型撮像装置を開発した。

*¹ 神戸造船所 ITS 事業ユニット ITS 設計課

*² 高砂研究所神戸技術開発・推進グループ

*³ 高砂研究所電子・光技術研究室

2.3 特徴

本装置の特徴として車種判別装置、撮像機、画像処理機を従来装置サイズの筐体に収納し小型化している点である。

視野を広げるためには、カメラの CCD 画素を増やすことと、照明の照射領域を広げる必要があった。

2.4 技術対策

連射発光が可能で長寿命である近赤外波長の LED を用いたが、照射領域の拡大や照明パワーを得るには、キセノン管照明と異なり発光面積が広がる。また、ナンバープレートと車両前景を同時に撮像するには、フロントガラス及び距離による減衰から、配光を調整する必要がある。次の3つの対策により、従来装置の2倍程度の照明サイズアップで、車両前景とナンバープレートを適切な明るさで撮像することが可能となった。

(1) 複数枚のパネルで対象領域を照射

LED を基板上に並べたパネルを複数枚利用し、大型車のフロントガラス付近、普通車のフロントガラス付近、プレート付近の3つの領域に適切に向け、必要のない領域への漏れを最小限にして、発光面積を削減した。

(2) 配光の異なる LED を利用

広めの領域を照射する LED のほかに、普通車のフロントガラス付近には、集光タイプの LED を用いてスポットライト的に光を集めることで、プレート付近は均一な配光に、プレート付近と近接領域である普通車フロントガラス付近は、プレート領域より約3倍の光量となる配光を実現した(図2)。

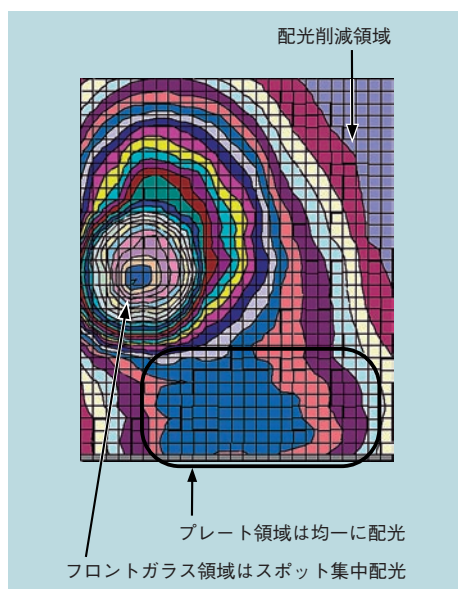


図2 照明配光パターン
普通車フロントガラス付近に集光し、プレート付近は均一な配光を示す。

(3) 照明を2分割化

大型車のフロントガラス付近用の照明はカメラの上に、普通車とプレート領域用の照明はカメラの下に照明を2分割して配置することで、普通車及び大型車の前景が撮像可能となった(図3)。



図3 新型撮像装置試作機
カメラの上下に照明を配置している装置を示す。

2.5 テスト結果

フィールドテストによって、大型／普通の2車種判別率を計測し99.6%以上、プレート全文字正解認識率97%以上という性能を確認した。

また、画像送信については、車両走行情報を車線制御装置から受信して上位装置へ送信していること、目視によって顔を識別出ることをフィールドテストで確認した。

2.6 適用例と今後の展望

ETCの普及により、ETC車線を通行する車両が増加しており、種々の問い合わせ等が発生することが予想される。その問い合わせ対策の一つとして、本装置を各高速道路株式会社様・公社様に展開を図る予定である。

3. 反射型車両検知器

3.1 ETC 車両検知器

ノンストップで稼動する ETC システム導入車線においては、車線に進入した車両を確実に検知するために、①精度(車両検知率99.9%以上)、②安全性(非接触、人的影響無し)、③信頼性(24時間連続稼動)を高水準で実現した車両検知器が必要とされる。

車両検知器のセンシング方式としては、主に光電管を用いた光透過方式が用いられている。しかし、車線の両側に投受光装置を配置する必要があるため、立地条件・料金所構造によって機器配置スペースが制限される都市高速道路においては、光透過方式車両検知器の設置が困難となる場合がある(図4)。

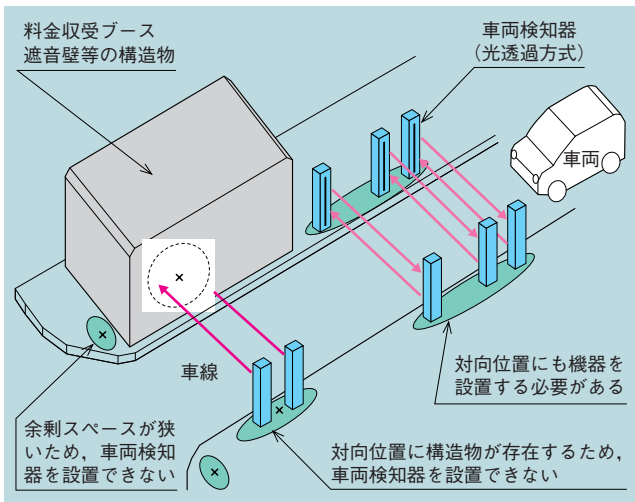


図4 車両検知器設置スペース
反射型車両検知器の設置が必要となる車線の例を示す。

また、車線の両側の投受光装置を制御するためには、車線をまたいだ配線（埋設配管等）が必要となり、施工コストの上昇が避けられない。そのため、省スペースかつ施工性に優れた車両検知器が必要となっていた。

3.2 反射型車両検知器

光透過方式に代わるセンシング方式としては、ループコイル、超音波、リフレクタを用いた赤外反射光検出などが挙げられるが、いずれも施工性、応答性、反射板配置などの問題がある。

そこで、当社は距離計測方式を採用した反射型車両検知器を開発した。これは、投光回路と受光回路を一体化したレーザーセンサを使用して、進入車両の車体側面で反射したレーザー光を検出し、車体側面までの距離を算出することで、車両の進入・通過を検知する装置である（図5）。

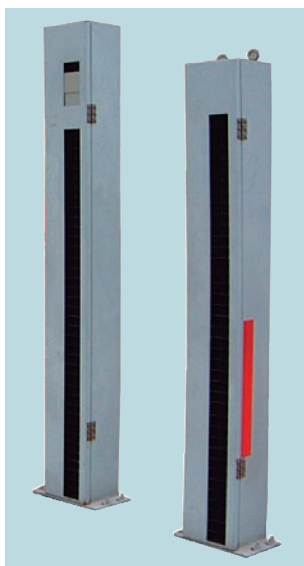


図5 反射型車両検知器
開発した反射型車両検知器を示す。

3.3 検知原理

レーザー光の反射強度と反射時間を元に、反射面までの距離を算出する。車両が存在する場合には、車体側面までの距離が算出されるが、車線上に車両が存在しない場合には、対向位置の固定反射面までの距離が、若しくは計測範囲外の距離値（範囲内に固定反射面が存在しない場合）が算出される（図6）。

この距離値を、車線に配置された反射型車両検知器に固有の閾値（任意に設定可能）で2値化し、車両進入（検知 ON）及び車両通過（検知 OFF）を判定する（図7）。

車両進入及び車両通過と判定したタイミングにおいて、上位装置（車線制御装置など）に車両検知信号を出力する。同様に、自己診断機能によって装置の異常（センサ汚れ、電源断）の発生・復旧を検出した場合には、該当する信号を上位装置に出力する。

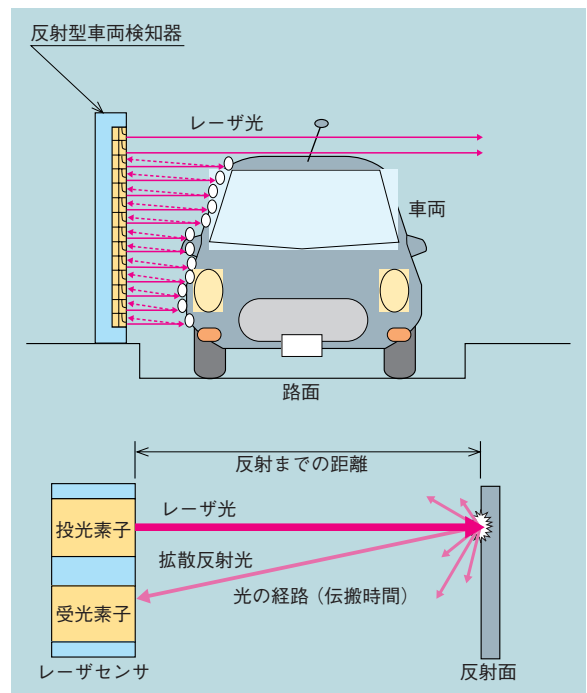


図6 反射型車両検知器の動作原理
レーザーの照射、検知物からの反射及び受光について示す。

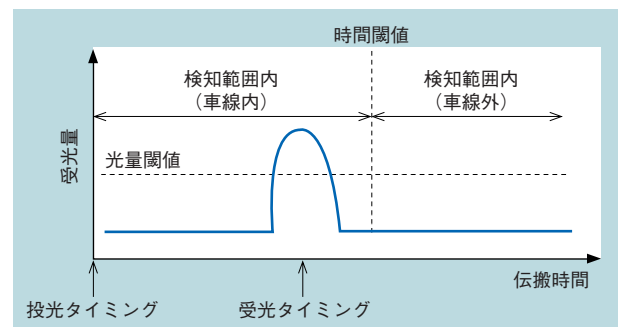


図7 反射型車両検知器の検知原理
受光タイミングと受光量で車両の存在を判定する。

3. 4 特 徴

(1) 装置構造

水平方向に投受光を行う複数のレーザセンサを一体化（マルチチャンネル化）したことで、検知範囲・最小検知物体に合わせてセンサ数を最適化し、必要な検知範囲を確保可能とした（図8）。

(2) 施工性

光透過方式と異なり、車線の片側のみに機器を配置することで、車両の進入・通過を検知可能である。また、対向側装置との光軸合わせが不要であり、初期調整が容易である。路側機器設置工事における施工コスト削減を図ることが可能となる。

(3) 精度

小動物（鳥など）、木葉及び紙くずといった異物の誤検知を抑制する車両検知ロジックを開発した。フィールドテスト（車両検知信号出力の記録と、検証用に設置したビデオカメラ映像を元にした、検知台数・通過台数の照合）によって、車両検知率99.9%以上という性能を実証した。

(4) 安全性

照射するレーザ光には、人体に悪影響を与えないClass1パルスレーザを使用している。また、レーザセンサの投受光タイミングを時分割化することで、ほかのチャンネルとの光学的な干渉を回避している。

(5) 信頼性・環境性能

光透過方式と同様に、四季を通じて24時間連続稼動が可能である。また、光透過方式と比べて、機

器設置台数及び配線本数が半減し、部品点数削減と消費電力低下による環境性能向上を実現した。

3. 5 適 用 例

反射型車両検知器は、都市高速道路のETCシステム導入車線において稼動中である。先述の新型撮像装置と接続する用途としては、車高検知用センサを追設した機種を設定し、ナンバープレート撮像するトリガを出力する役割を担っている。

4. カラー画像による車両色認識

4. 1 はじめに

新型撮像装置においては、ナンバープレート情報以外に車両色情報も有効である。そこで、現在、カラー画像処理により車両色認識を行い、車両色情報を取得できる装置の開発を行っている。

開発中の車両色認識装置は、車両領域を自動で抽出し、車両色を認識する。以下ではまず、車両色認識アルゴリズムの概要を説明し、次に、評価結果について述べる。

4. 2 車両色認識アルゴリズム

新型撮像装置により取得される車両画像では、屋外環境下での様々な外乱の影響を受けるため、紙などの印刷物を対象とする屋内画像処理に比べて、色認識は困難である。例えば、撮像環境の外乱としては、日照条件や照明の変動、設置場所の違いなどがある。また、認識対象の外乱としては、表面の状態、カメラとの相対位置・傾きの関係、大きさの変動などがある。これらの外乱の影響により、画像の見え方が大きく変化し

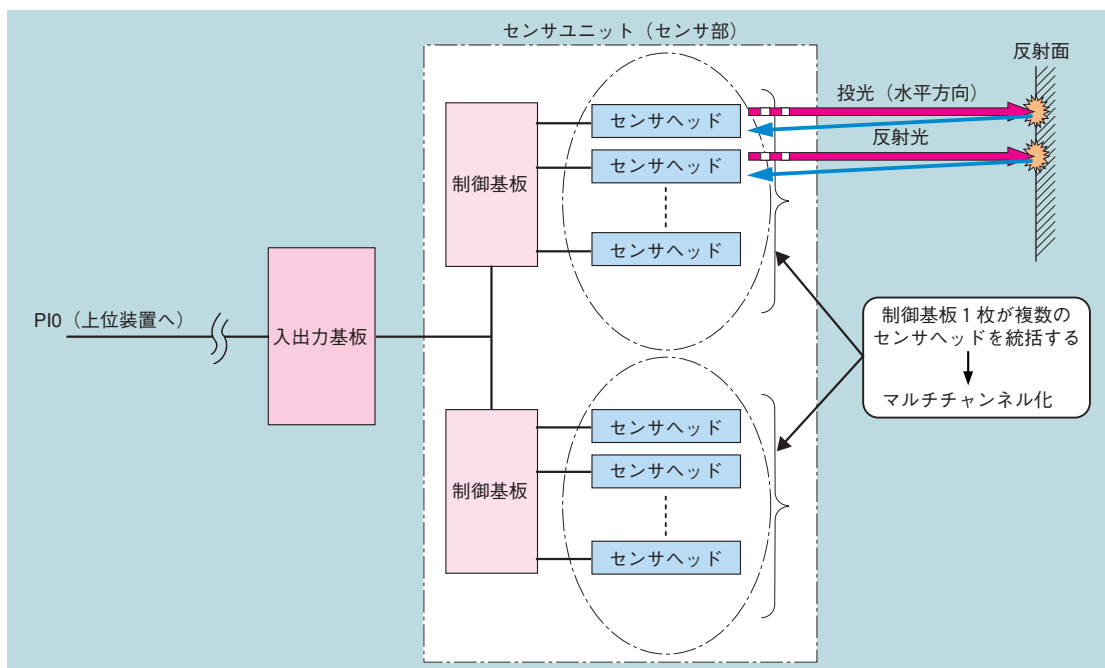


図8 センサのマルチチャンネル化
複数のセンサヘッドを1枚の制御基板が統括する。

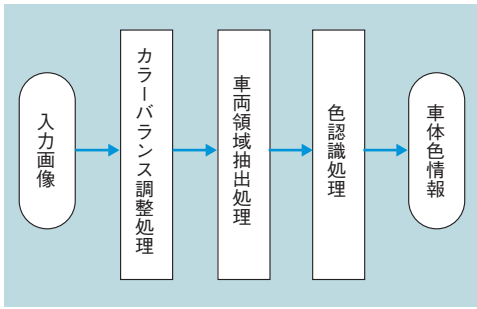


図9 車両色認識アルゴリズム概略フロー
アルゴリズムは、3つの処理から構成される。

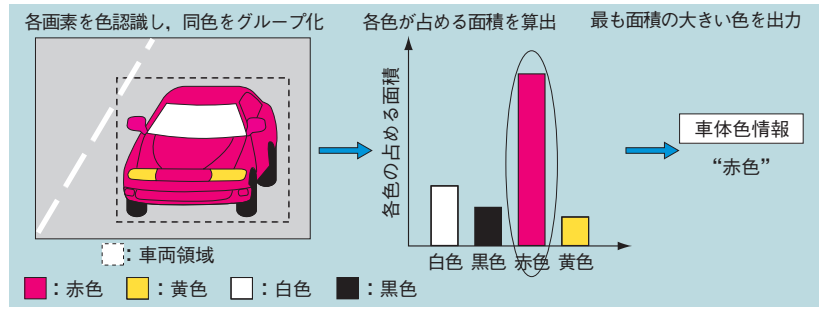


図10 色認識処理概要
車両領域内の各画素の色を認識し、同色をグループ化する。最も面積が大きいグループの色を出力する。

やすい。したがって、外乱にロバストな車両色認識アルゴリズムを開発する必要がある。

現在開発中の車両色認識アルゴリズムの概略処理フローを図9に示す。アルゴリズムは、カラーバランス調整処理、車両領域抽出処理、色認識処理の3つの処理から構成される。

(1) カラーバランス調整処理

一般に、光の色を表現する指標として、R（赤）G（緑）B（青）空間が用いられる。カラー画像は、屋外の太陽光下で撮影されるが、太陽光の状態は天候・時間によって変化するため、RGBのバランス（カラーバランス）が崩れて、色ずれ（画像が、赤みや青みを帯びる現象）が発生する。色ずれは後段の色認識処理に悪影響を与えるため、カラーバランスを適切に保つ必要がある。そこで、画像上の無彩色（白色、灰色、黒色などの色彩のない色）と予想される領域を抽出して、カラーバランスをチェックし、それにより、色ずれの度合いを検出して、補正を行っている。

(2) 車両領域抽出処理

新型撮像装置では、その設置場所によって様々な背景が映る可能性があるため、背景の影響を受けないような、車両特有の特徴を利用した手法で車両領域の抽出を安定化する必要がある。そこで、車両は水平や垂直の輪郭線が多いという特徴を利用して、車両領域の抽出を行っている。

(3) 色認識処理

ここでは、図10に示すように、まず、抽出した車両領域に対して、各画素の色を認識し、同色をグループ化する。次に、最も面積が大きいグループの色を、車両色として出力するという処理を行っている。

ここで、各画素の認識処理に関しては、認識の高精度化を図るため、色情報と輝度情報（明るさ）とを分離した特徴量空間を用いて認識処理を行っている。また、色は、例えば同じ赤色でも茶色がかった赤色から、黄色がかった赤色まで、ある程度の分布

を持っており、認識したい色特徴量を、固定の色特徴量と比較する手法では認識が難しい。そこで、色の広がり、分布をあらかじめ色特徴量データベースとして作成しておき、このデータベースと、車両領域の色特徴量とを、統計的識別手法を用いてパターンマッチングする手法を用いている。

4.3 テスト評価

多数の走行車両に対して、開発した車両色認識アルゴリズムの性能評価を実施した。屋外の太陽光環境に対して、80%以上の安定した色認識が可能であることを確認した。

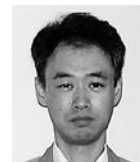
今後、評価パラメータを増やして、さらに試験を実施し、アルゴリズムを改良して装置に組み込んでいく予定である。

5. おわりに

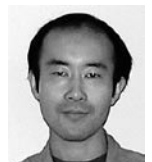
新型撮像装置の普及は緒についたばかりであり、ETC車載器の普及とともに、新型撮像装置のニーズは高まっていくと思われる。そのような中で、当社の画像処理技術やセンサ技術を活かした製品を創出することにより、安全な道路空間の創造に貢献していきたい。



玉川光明



井上正博



松本良輔



杉本喜一



茶園聡