

路側カメラの映像を用いた大型車両の車種判別技術

Vehicle Type Discrimination Technology for Large-Sized Vehicles Using Roadside Camera Images

青木 泰浩 佐藤 俊雄

■ AOKI Yasuhiro

■ SATO Toshio

交通状況を監視する用途で、道路には既に多数の路側カメラが設置されている。近年、道路インフラの保全や、サービスエリア (SA) 及びパーキングエリア (PA) を利用する顧客数の事前推定などを目的に、大型バスやセミトレーラーなど、特定の大型車両の車種を自動で判別するニーズが生じており、路側カメラの映像を用いた車種判別技術が求められている。大型車両を詳細に判別するには、車両全体を観測する必要がある。例えば、牽引 (けんいん) している荷台部分が異なる大型車両は、車両前面のパターンだけでは判別が困難である。一方、路側カメラの設置条件は場所ごとに異なり、側面のパターンの見え方は変化する。

東芝は、カメラの設置場所ごとに車両に関する座標系を求め、車両の画像を前面、側面、及び上面に分解し、パターンマッチング手法によって大型車両の車種を判別する技術を開発している。交通流映像を用いた車種判別実験を行った結果、この技術が大型バスの判別に有効であることを確認した。

A large number of roadside cameras have already been installed for the purpose of monitoring road and traffic conditions. In recent years, demand has been increasing for the discrimination of extra-large vehicles, including large-sized buses and semitrailers, using images captured by such roadside cameras in order to allow road administrators to estimate road maintenance requirements and the state of congestion of service areas and parking areas in advance. In order to discriminate different types of large-sized vehicles in detail, however, observation of the overall vehicles is required and it is difficult to discriminate large-sized vehicles that have different rear structures using only the front patterns captured by these cameras. Moreover, the side patterns of vehicles change in appearance according to the differences in camera locations.

To rectify this situation, Toshiba has developed a vehicle type discrimination technology for large-sized vehicles in which a pattern matching method is applied to a number of vehicle images decomposed into front, side, and top patterns based on the coordinate systems of the vehicle relative to the position of each roadside camera. We have confirmed the effectiveness of this technology through experiments on the discrimination of large-sized buses using recorded images of a traffic flow.

1 まえがき

高速道路事業者は、道路を劣化させる要因となっている、重量の大きい車両の通行状況を把握する目的で、大型車両の車種判別を必要としている。また、搭乗者数の多い大型バスの台数を計数できれば、SAやPAでの売上予測などへの応用も可能になる。

現在、実用化されている車種判別技術には、ナンバープレート認識¹⁾や車幅計測を用いた小型、中型、普通、大型、及び特大の5車種の自動判別がある。しかし、更に詳細な車種判別、例えば大型バスなど特定車両の車種を判別する機能については、まだ自動化のめどが立っていない。また、この詳細な車種判別には、専用の装置を導入することなく低コストでの実現が望まれている。

東芝は、自動車専用道路に既に設置されている路側カメラの映像を用いて、大型バスなど特定の大型車両の車種を判別する技術を開発している。ここでは、この技術について述べる。

2 東芝が考える大型車両の車種判別技術

道路事業者が抱える課題として、実際に通行した車両が道路の耐用年数に与える影響を推定できないことや、時間とともに変動するSAやPAの利用者数を把握できないことなどが挙げられる。そのため、大型バスやトラックなどの車種判別を行い、特定の大型車両の通行状況を把握することが求められているが、詳細な車種判別を行う専用装置は、高コストで導入が難しい。

当社は、自動車専用道路に既設の路側カメラを活用²⁾し、交通流映像から所望の車種を判定する技術の研究開発を進めている。路側カメラは、設置場所ごとに画角などの条件が異なるため、画像処理にはそれぞれのカメラパラメーター情報の設定が必要となる。これまでのように作業員による手入力ではなく、車両通行シーンから推定し、自動設定することで、調整コストを低く抑えられると考えている。更に、路側カメラを用いる場合には、直線やカーブなどの道路の形状や同一のカメラ画像内の位置によって、車両が見える部分に変化することへの対応が必要である。これらの技術課題を解決するため

に、自動校正技術、車両の姿勢推定技術、及び車両姿勢の変動を考慮した車種判別技術を検討している。

このアプローチによる特定大型車両の車種判別が実現すれば、道路事業者は次のようなメリットを享受できると考える。

- (1) 既存の路側カメラを用いるので、低コストの車種判別が実現する。また、自動校正技術により、設置箇所に依存せずに適用できる。
- (2) 大型バスの通行台数を把握することで、SAやPAなどを利用する顧客数を見込むことが可能となる。
- (3) 重量の大きいセミトレーラーの通行量を把握することで、道路の耐用年数を推定するデータとして利用できる。

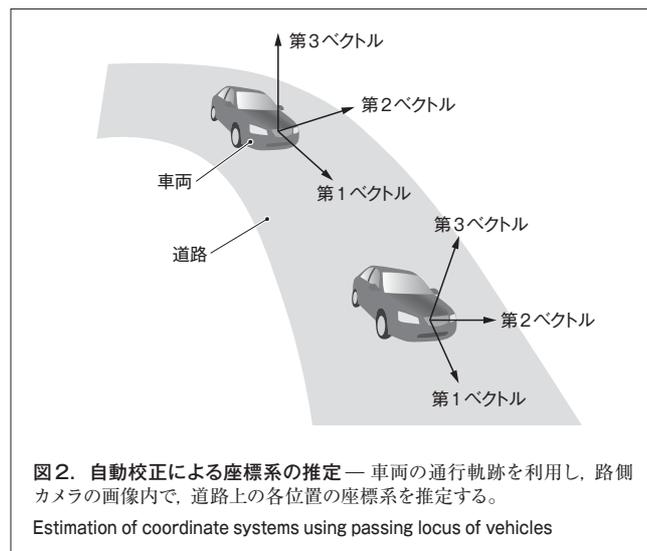
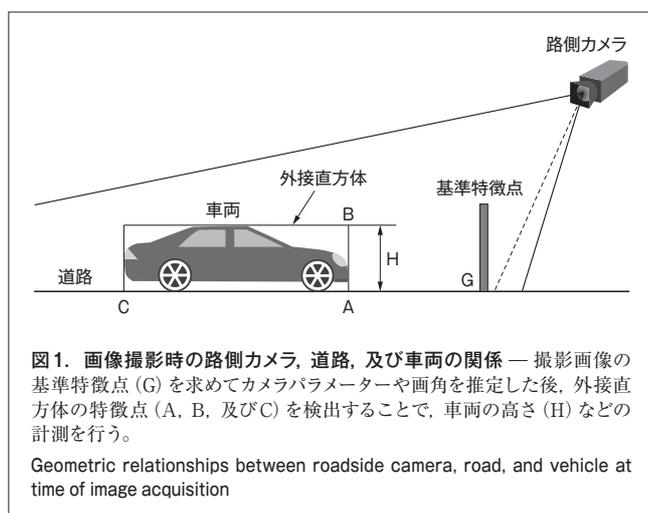
3 既設路側カメラの映像を用いた車種判別技術

2章で述べたように、特定の大型車両の車種判別では、既設の路側カメラの映像を用い、低コストでの実現を狙う。多くの路側カメラは、日照条件の変化に対して感度を自動調整する機能を備えており、この映像を用いた車両検出は、既に実用化が進められている⁽³⁾。路側カメラの解像度は、VGAサイズ(640×480画素)が主流であり、今回の検討においてもこの解像度の映像を用いている。

3.1 自動校正

画像処理による寸法計測に必要な、設置位置や画角などのカメラパラメータは、基準特徴点となる車線の白線や標識の柱(図1のG)などの画像上の座標値と実際の距離を計測すれば推定できる。そのうえで、画面上に映る車両について、その外接直方体の特徴点(図1のA, B, 及びC)を特定できれば、カメラパラメータに基づいて、車両を実寸スケールに変換し、車両の幅や高さ(図1のH)を計測することが可能となる。

しかし、既設の路側カメラを利用する場合は、設置画角が様々であるため、それぞれの路側カメラに対してカメラパラメータの算出を行うことは困難である。そこで、画像内で道



路が1点に交わる消失点を推定する方式を交通流画像に適用し、道路上の各位置での座標系情報を推定する。この推定手順について、図2を用いて説明する。

車両の大多数が道路の中央を走行するものと仮定し、まず、映像の複数フレーム間で車両を追跡して車両上の特徴点座標の軌跡から道路の進行方向を推定し、それを第1ベクトルとする。

続いて、車両は、フロントグリルやナンバープレートなど、横方向のエッジ特徴を持っていることを利用して、前述の進行方向の軌跡に直交し、かつ画像上で横方向に近いエッジ特徴を第2ベクトルとして抽出する。

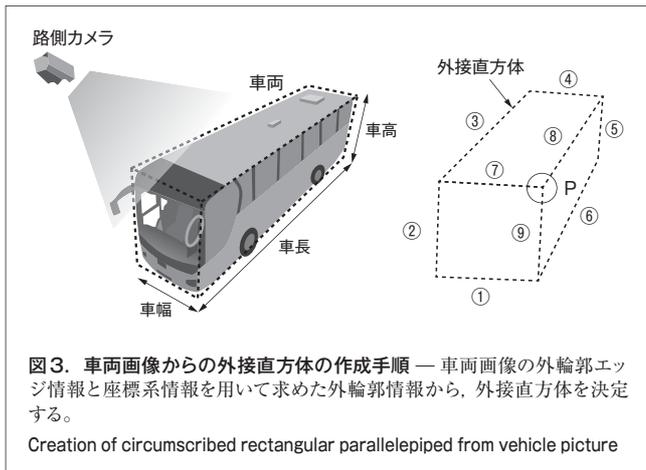
第3ベクトルは、道路に垂直で、前述の二つのベクトルに直交する方向として求める。

最後に、路側カメラの焦点距離を機器情報又は既知の車両サイズから推定し、実寸スケールに変換することで、様々な車両の寸法情報を計算することが可能となる。高速道路などの自動車専用道路では、直進かつ起伏の少ないシーンが多いが、この三つのベクトルを道路上の各地点で求めることにより、カーブしたシーンでも、この技術が適用できる。

3.2 車両姿勢推定

3.1節の手順によって道路上の各位置で求めた座標系情報(三つのベクトル)を用いて、通行する車両を外接直方体に当てはめる処理について、大型バスを例に、図3を用いて説明する。

車両画像の外輪郭エッジ情報から、車両の下端(①と⑥)、車両の側面(②と⑤)、及び車両の上端(③と④)に相当する部分に、座標系情報をそれぞれ当てはめる。これによって確定した外輪郭の情報から三つの交点を求め、その中から車両領域(①, ②, ③, ④, ⑤, 及び⑥で囲まれる領域)の内側で3辺が交わる交点Pを求めれば、外接直方体が得られる。大型バスは、形状がほぼ直方体なので、外接直方体の推定に適



した対象である。

この交点Pの算出は、車両前面のパターンマッチングを行う場合にも有効に働く。図3に示すような斜め上方から撮影された映像では、フロントガラスを含む前面のパターンだけを正しく抽出することは困難であったが、Pが求められれば、図3の①、②、⑦、及び⑨で囲まれる車両前面の領域を抽出することが容易となる。

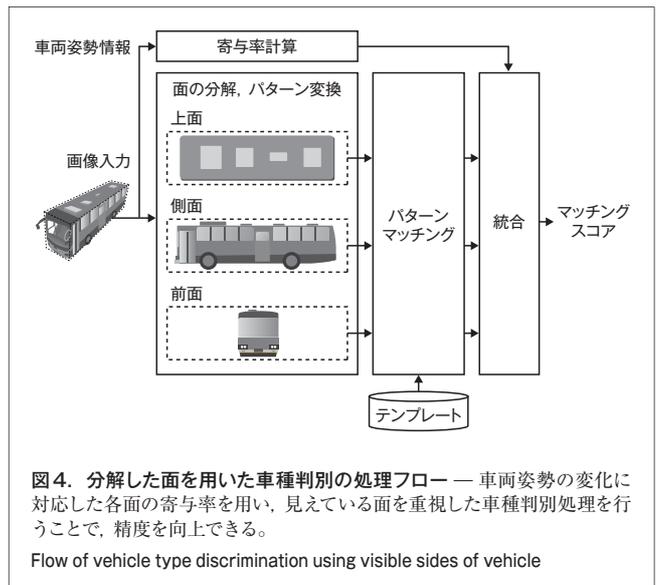
3.3 車種判別

異なる視点で撮影された映像に対し、観測できている画像パターンを用いて車種判別を実現するには、通常は視点の異なる多数の学習データが必要となる。近年では、機械学習によるパターン認識の開発が盛んに行われており、大量の学習データによって得られた識別器を用いて判別する方式も考えられるが、全ての変動を含む膨大な学習データを事前に用意することは、作業コストが大きくなる問題がある。

そこで、3.2節で推定した車両姿勢の情報に基づいて、外接直方体で近似された車両の画像を、前面、側面、及び上面の三つの面に分解し、それぞれの面が長方形になるようにパターンを変換して同じ視点のパターンにすることで対応する。また、図3に示すように、車幅、車長、及び車高を求められるので、これらの長方形のサイズを正規化することができる。開発している車種判別技術における処理フローを図4に示す。

それぞれの面の正規化パターンについて、学習用データから作成したテンプレートを用意し、入力データに対してパターンマッチングを行う。3種類のマッチングスコアに対して各面の寄与率をそれぞれ係数として掛け、それらを統合して最終的なマッチングスコアを算出することで、車種を判別する方式を採用した。この方式を用いることで、側面が大きく映る車両では側面のマッチングスコアの寄与率が大きくなるので、見え方の違いによる特徴空間上の差異を低減して、判別精度を向上させることが可能となる。

大型車両には、運転席を含む前側のトラクター部分が共通で、後部の荷台部分までを確認しないと詳細な車種を特定で



きない場合も存在する。今回開発した技術を適用すれば、荷台部分を重視するように側面の寄与度を高めることで、判別精度を向上させることも可能となる。

4 実験結果

開発した車種判別技術に対して、VGAサイズで30フレーム/秒の交通道路映像(自社で収集した映像及び公開映像)を用いて、大型バスを対象とした判別実験を実施した。

初めに、100台以上の車両を含む交通流映像を用いて、自動校正処理により、道路上の各位置での座標系情報を算出した。

続いて、車両を検出し、外輪郭エッジ情報から求めた外輪郭情報に基づいて、車両ごとの外接直方体を当てはめた。結果の例を図5に示す。あらかじめ求めてあった各位置での座標系情報に基づいて、車両の外接直方体を当てはめることができている。

外接直方体を当てはめた結果から、画像を3面に分解し、テンプレートとのパターンマッチングによって大型バスを判別した結果の例を図6に示す。あらかじめ収集したトラック及び大型バスに関する複数のテンプレートとパターンマッチングを行い、大型バスの一つのテンプレートと合致した。図3に示す交点Pを用いて大型バスの車両前面の位置が正しく推定できていることにより、車両前面のパターンだけを用いても大型バスとトラックの判別は可能となる。

実験では、視点の異なる6台の路側カメラに対して、延べ約30分の車両通行シーンの映像を用いて評価を行った。通行した大型バスの台数は33台で、そのうち32台を大型バスと判定することができた。既設の路側カメラの映像を用いて、特定の大型車両のうち、大型バスの車種判別を実現するめどがつついた。

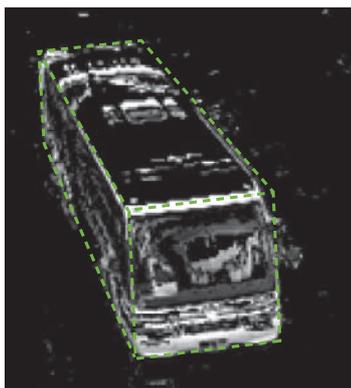


図5. 車両に外接直方体を当てはめた結果 — 車両画像の外輪郭エッジ情報をを用いて、車両の外接直方体（破線）を当てはめることができている。
Result of fitting of circumscribed rectangular parallelepiped to vehicle

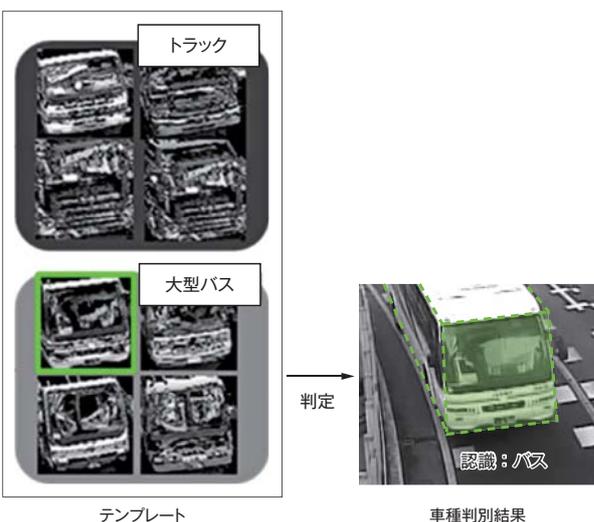


図6. 車種判別結果の例 — トラック及び大型バスが複数登録されているテンプレートの中で、大型バスの一つのテンプレートがマッチングし、良好な判別結果が得られた。

Example of vehicle type discrimination using vehicle templates

5 あとがき

道路に既設の路側カメラの映像を用いて、大型バスなど特定の大型車両の車種を判別する技術の研究、開発を行った。

実験では、自社で収集した映像及び公開映像において、開発した自動校正及び車種判別処理フローを適用し、車両通行シーン内での車種判別機能について良好な結果を得ることができた。

今回開発した処理では、路側カメラの設置条件に関わらず、車両の画像パターンを正規化して抽出することができるので、車種判別以外の応用にも幅広く活用できると考えられる。

今後は、評価画像を増やしてロバスト性を検証していくとともに、新しいサービスの可能性も探っていく。

文 献

- (1) 武田浩佐 他. ロバスト性を向上させたナンバープレート認識装置. 東芝レビュー. 63, 8, 2008, p.57 - 60.
- (2) 木下晴喜 他. MPEG-2映像に対応した画像処理システム. 東芝レビュー. 61, 5, 2006, p.41 - 44.
- (3) 相川徹郎 他. ベクトル画像処理手法を用いた車両検出システム. 東芝レビュー. 61, 8, 2006, p.24 - 27.



青木 泰浩 AOKI Yasuhiro, Ph.D.

エネルギーシステムソリューション社 電力・社会システム技術開発センター 自動化・画像応用システム開発部主務, 博士(情報科学)。画像処理及びパターン認識技術の開発に従事。
Power and Industrial Systems Research and Development Center



佐藤 俊雄 SATO Toshio, D.Eng.

エネルギーシステムソリューション社 電力・社会システム技術開発センター 自動化・画像応用システム開発部主幹, 博士(工学)。画像処理の研究・開発に従事。IEEE, 電子情報通信学会, 情報処理学会会員。
Power and Industrial Systems Research and Development Center