

画像プローブシステムを用いた道路交通状況の推定

Traffic Flow Estimation Using Image Probe System Based on Image Processing Technology

上野 秀樹 尾崎 信之 朝倉 康夫

■ UENO Hideki

■ OZAKI Nobuyuki

■ ASAKURA Yasuo

路側センサーから得られるデータや、GPS（全地球測位システム）から得られる車両の位置や走行距離などのプローブデータを収集し処理するセンサー機能により、道路の交通状況を把握する手法が注目されている。しかし、路側センサーでは機器の設置やメンテナンスに掛かるコストの確保が課題であり、また、GPSの情報からは自車両の位置や速度情報はわかるが周囲の車両との位置関係が把握できないため、交通流率や交通密度といった交通の全体量を知ることが課題だった。

東芝は、このような課題を解決するため、国立大学法人 東京工業大学が研究している交通状況推定技術と、推定に必要な情報を提供する車載画像処理技術を組み合わせた画像プローブシステムを開発している。これにより、対象路線における交通の全体量の推定とともに、設備投資の負担が少ないアセットライトな交通システムの構築が可能になる。試作システムによる走行実験の結果、走行ルート上の交通の全体量を知るうえで有効であることがわかった。

Attention has been focused on methods of grasping road traffic conditions using a data processing function to process data gathered from road-side sensors and probe data from traveling vehicles based on global positioning system (GPS) information. However, the costs of device installation, operation, and maintenance have been pointed out as an issue. A further issue lies in understanding overall traffic conditions, including the traffic flow rate and traffic density, due to the lack of information on the positional relationship between a vehicle equipped with a GPS and other surrounding vehicles to complement the available information on the GPS-equipped vehicle's position and velocity.

In order to resolve these issues, Toshiba has been engaged in the development of an image probe system integrating a traffic condition estimation technology, which is being studied by the Tokyo Institute of Technology, and an onboard image processing technology to calculate the distances between vehicle heads as an input for the former technology. The image probe system makes it possible to estimate total traffic volumes on a targeted road and to construct an asset-light traffic system. We have conducted running tests using a prototype image probe system and confirmed the effectiveness of the system during driving on an actual traveling route.

1 まえがき

道路交通状況を把握するとき、従来は車両感知器や路側カメラなどの路側センサーから得られる情報を収集し処理してきた。また、近年では車両に搭載されたGPSから得られる移動軌跡情報をプローブデータとして利用するGPSプローブ手法も普及してきている。

路側センサーを用いる手法では、機器の設置やメンテナンスのためのコストが課題となる。一方、GPSプローブ手法では自車両の位置・速度情報から対象路線の平均速度を算出することはできるが、周囲の車両との位置関係が把握できないため、交通流率や交通密度といった交通の全体量を知ることが課題である。

これらを解決するため東芝は、東京工業大学の交通状況推定技術と、推定に必要な情報を車載カメラのデータから得るための画像処理技術とを組み合わせて、画像プローブシステムの開発を行っている。

この画像プローブシステムを適用することにより、対象路線における交通の全体量推定が可能になる。また、路側セン

サーなしでも交通の全体量を推定できるので、アセットライトな道路交通システムを構築できる。

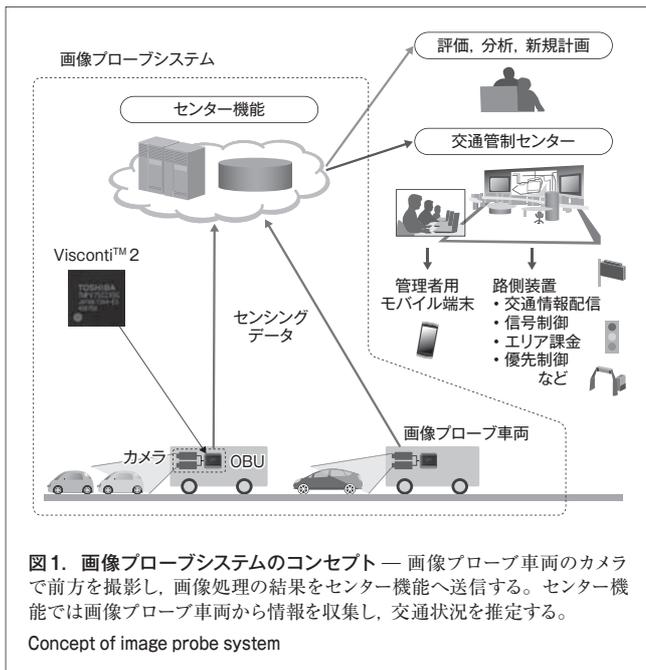
ここでは、画像プローブシステムのコンセプト、交通状況推定技術、画像処理技術を用いた車間距離測定方法、及びこれらを搭載した画像プローブシステムのプロトタイプを用いた高速道路での走行実験について述べる。

2 画像プローブシステムのコンセプト

画像プローブシステムは、画像プローブ車両とセンサー機能から成る（図1）⁽¹⁾。

カメラと処理ボードから構成されるOBU（On Board Unit）を、バスなどの公共交通に搭載して、画像プローブ車両として走行させる。バスなどの公共交通を使うのには、二つの理由がある。一つ目はバスは車高が高く映像の視界が広いこと、二つ目は多くのユーザーが交通状況を必要とする主要幹線道路を走行していることである。

OBUは走行中に、画像プローブ車両の前方を撮影し画像処理することで、様々な交通状況をセンシングし、GPS情報



や、車両の状態を含むCAN (Controller Area Network) 情報とともに、センター機能に送信する。

センター機能では、画像プローブ車両からデータを収集し処理することで、交通流率、交通密度、速度といった交通データを算出し、交通管制センターに提供したり、交通計画のために活用したりできる。

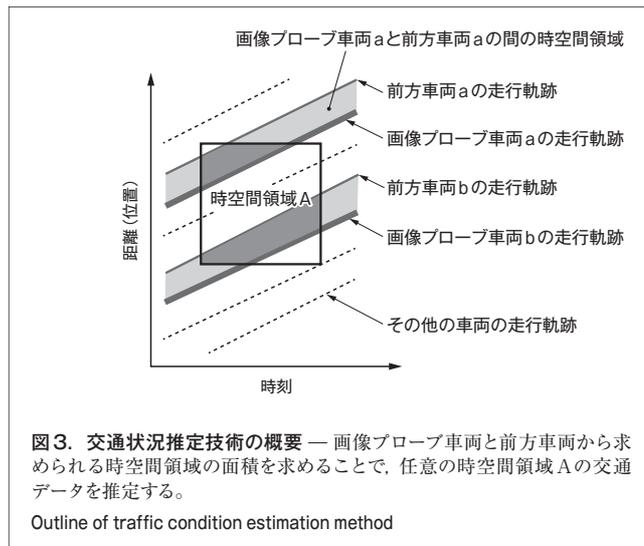
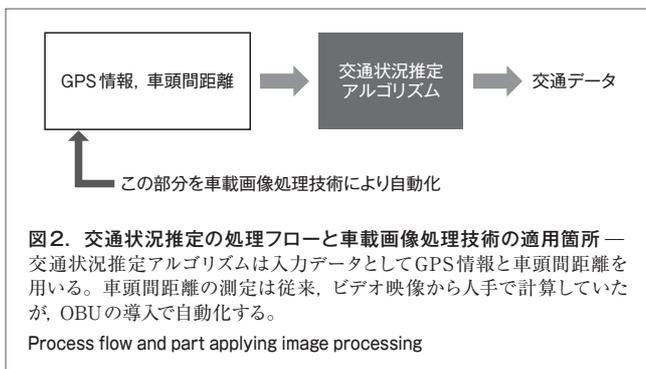
3 プロトタイプシステムの開発

画像プローブシステムのプロトタイプを開発した。

交通状況推定処理フローを図2に示す。交通状況推定アルゴリズムの入力データとして、GPS情報と車頭間距離（車間距離+前方車両の車長）を用いる。

3.1 交通状況推定技術

図3は交通状況推定技術の概要である。横軸が時刻、縦軸が距離であり、各々の車両が時間とともに移動していく走行軌跡を示している。画像プローブ車両の走行軌跡を太線、そ



の前方を走る車両を細線、それ以外の車両を破線で表した。

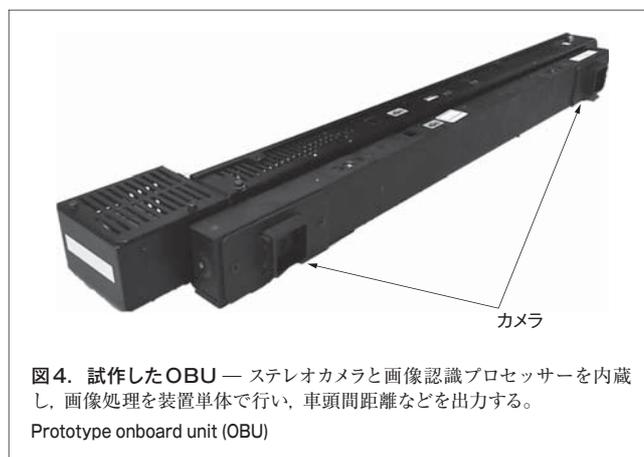
この技術では、GPS情報と、前方車両との車頭間距離から、交通データの算出を行う。具体的には、次の3ステップで算出する⁽²⁾。

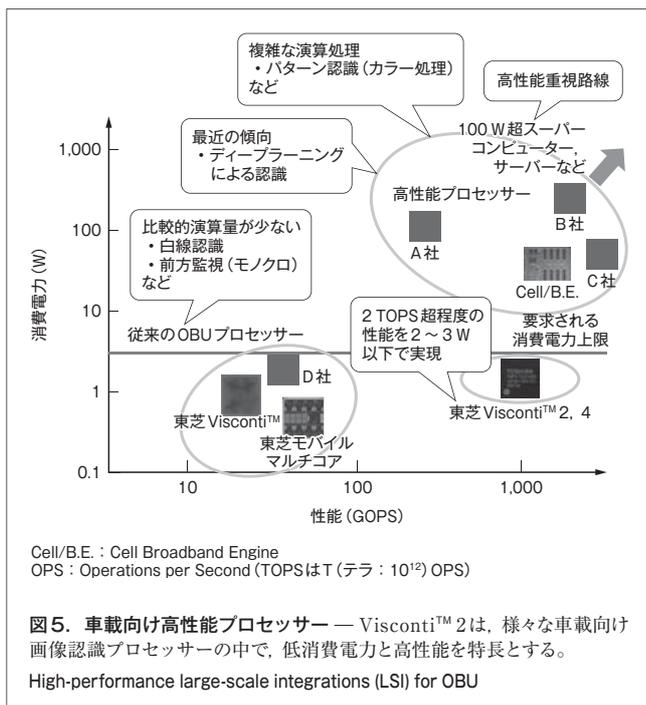
- (1) 提供された前方車両との車頭間距離から、自車両と前方車両との走行軌跡間の時空間領域がわかる。
- (2) 任意の時空間領域Aを与える。
- (3) 領域A内部の交通データは、領域A内部における自車両の移動距離、移動時間、及び前方車両との間の時空間領域の面積から推定する。

東京工業大学の研究では、ビデオ撮影した画像から人手で前方車両の検出と車間距離の測定を行い、これに平均車長を加えて、車頭間距離を求めていた。画像プローブシステムでは、OBUを活用して車頭間距離の算出を自動化した。更に、交通状況推定アルゴリズムをセンター機能に実装した。

3.2 車載画像処理技術による車頭間距離などの測定

図4に試作したOBUを示す。距離を正確に測定するためステレオカメラで前方を撮影し、当社の車載向け画像認識プロ





セッサ Visconti™ 2で画像処理を行う。

Visconti™ 2は、図5に示すように車載向け画像認識プロセッサの中で、高性能と低消費電力が特長である。当社独自のパターン認識技術であるCoHOG (Co-occurrence Histograms of Oriented Gradients) 特徴⁽³⁾を用いた処理では、クロック周波数1 GHzのCPUを搭載したPCと比較して、約50倍の性能を示す^{(1), (4), (5)}。

試作したOBUでは、CoHOGとステレオ画像処理を組み合わせ、前方車両の検出と車間距離の測定を行い、車頭間距離を算出している。

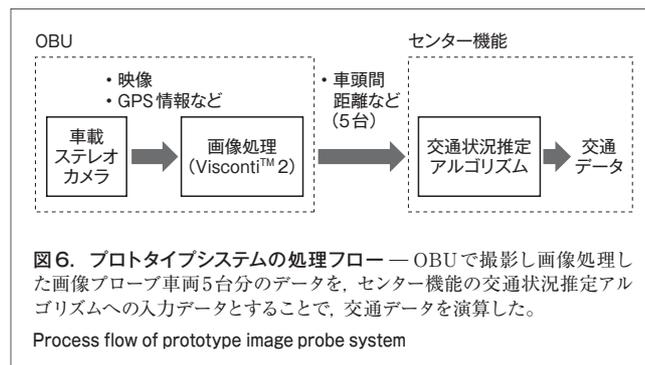
4 走行実験

プロトタイプシステムのOBUを5台の車両に搭載し、首都高速道路の箱崎ジャンクションからスタートする全長18 kmのルートで走行実験を行った。

プロトタイプシステムの処理フローを図6に示す。

画像プローブ車両のOBUで前方の映像を撮影し、GPS情報とCAN情報を取得して、撮影された映像から車両検出及び車頭間距離の算出を行う。センター機能では、それぞれのOBUから得られる車頭間距離などを交通状況推定アルゴリズムの入力データとして、交通データを推定した。

この走行実験における、前方映像の画像処理例を図7に示す。前方車両の下端部の線と、その下にある数字は、検出した車両の位置と車間距離を示している。検出された複数の車両から、車線検出結果に基づいて、画像プローブ車両と同じ車線を走行する前方車両を選択する。



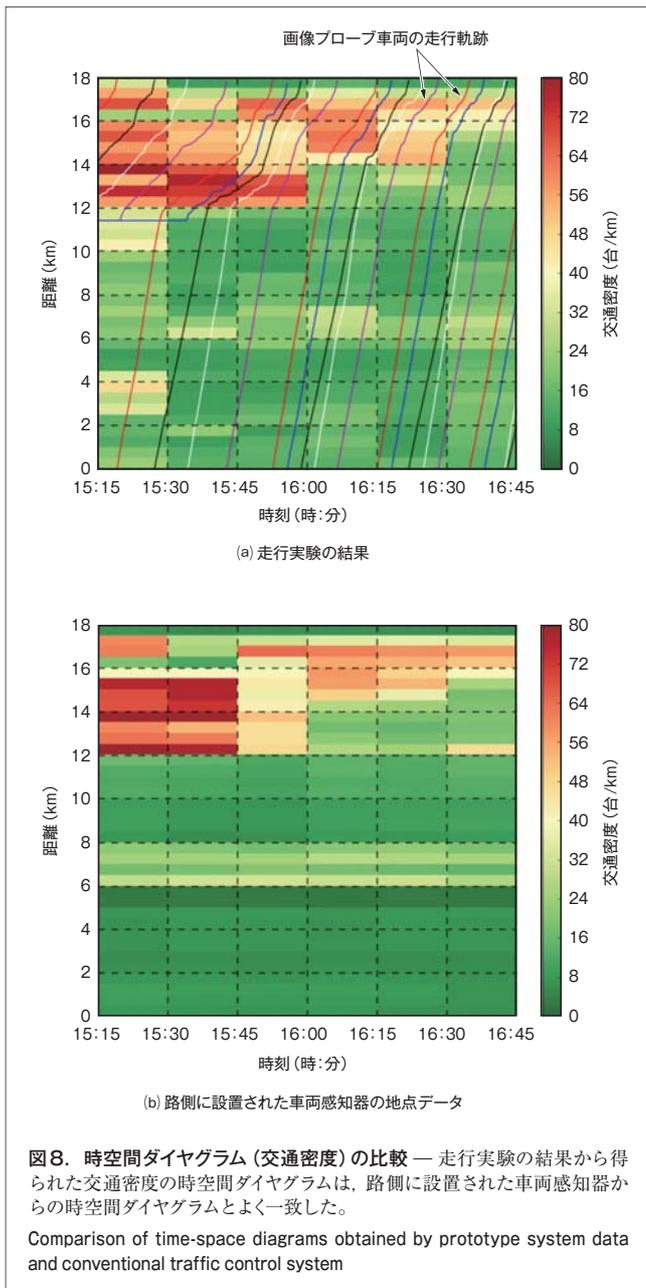
この画像処理によって算出された車頭間距離と、GPS情報などを、交通状況推定アルゴリズムに入力し、交通データを算出する。

一例として、実験で算出した交通密度の時空間ダイヤグラムを図8(a)に示す。時空間ダイヤグラムの中の複数の線は、画像プローブ車両の走行軌跡を示す。参照用に、同じルートの路側に設置された車両感知器による交通密度の時空間ダイヤグラムを図8(b)に示す。

プロトタイプシステムによる交通密度の時空間ダイヤグラムは、車両感知器による結果とよく一致した。

5 今後の取組み

今回の走行実験では画像プローブ車両の台数が5台と少なかったため、1台でも周囲の交通の流れと異なる特異な動きをした場合には、交通状況の推定結果に大きく影響する可能性があった。これを解決するためには、プローブデータ数を増やしていくことが必要であり、画像プローブ車両の台数を増やすのが一般的である。一方、プローブ車両を増やす代わりに、画像プローブの特性を生かして、自車両と前方車両の関係だ



けでなく、隣接車線を走る車両のデータも活用していくという方法も考えられる。仮想的にプローブデータ数を増やす画像処理ならではの方法である。

また、この画像プローブシステムは車載カメラで映像を撮影しているため、交通状況推定以外にも、様々な映像情報を活用できる。路肩の車両や、路上の落下物、標識などの検出、及び映像そのものの送信による移動モニタリングへの適用といった多くの可能性や拡張性が期待できる。

6 あとがき

交通状況推定技術と車載画像処理技術を組み合わせた画像プローブシステムのプロトタイプを試作し、人手を介さずに道路交通状況を推定できることを、走行実験で確認した。

これまでの路側センシング (点の情報) に加え、画像プローブシステムの移動センシング (線の情報) を使うことで、従来の交通管制システムで得られる情報を補完し、より詳細な情報提供に貢献できると考えている。

また、新たな交通システムをアセットライトに構築できるので、新興国への展開が期待される。

今後は、実用化に向けて更なる開発を進めていく。

謝辞

画像プローブシステムの開発にあたり、ご協力いただきました首都高速道路 (株) に感謝の意を表します。

文献

- (1) Ozaki, N. et al. "Image recognition based OBU Probe System for Traffic Monitoring". Proceedings of the 22nd ITS World Congress. Bordeaux, France, 2015-10, ERTICO-ITS Europe. 2015, ITS-1356.
- (2) Seo, T. et al. Estimation of flow and density using probe vehicles with spacing measurement equipment. Transportation Research Part C: Emerging Technologies. **53**, 2015, p.134 - 150.
- (3) Watanabe, T. et al. "Co-occurrence Histograms of Oriented Gradients for Pedestrian Detection". Proceedings of the 3rd Pacific Rim Symposium on Advances in Image and Video Technology (PSIVT 2009). Tokyo, 2009-01, IEEE. 2009, p.37 - 47.
- (4) 尾崎信之 他. 安全運転支援システム. 東芝レビュー. **66**, 2, 2011, p.13 - 16.
- (5) 田邊靖貴 他. 低消費電力で高性能を実現した画像認識プロセッサ Vis-conti™ 2 シリーズ. 東芝レビュー. **67**, 10, 2012, p.25 - 28.



上野 秀樹 UENO Hideki, D.Eng.

インフラシステムソリューション社 社会システム事業部 新規ソリューション開発推進部主幹, 博士 (工学)。道路交通システムの開発に従事。交通工学研究会会員。
Social Systems Div.



尾崎 信之 OZAKI Nobuyuki, D.Eng.

インフラシステムソリューション社 技監, 博士 (工学)。画像処理・認識技術を用いたITSシステムの開発に従事。IEEE ITS Society 理事, 計測自動制御学会会員。
Infrastructure Systems & Solutions Co.



朝倉 康夫 ASAKURA Yasuo, D.Eng.

東京工業大学 環境・社会理工学院 教授, 工博。交通工学, 交通ネットワーク, 交通行動調査・分析の研究及び教育に従事。交通工学研究会理事。
Tokyo Institute of Technology