

ベクトル画像処理手法を用いた 車両検出システム

Vehicle Detection System Using Rotation Vector Tracking Method

相川 徹郎

佐藤 美徳

永尾 一親

■ AIKAWA Tetsuro

■ SATOH Yoshinori

■ NAGAO Kazuchika

現在、交通事故の防止を支援するために、渋滞、停止車両、低速車両などの危険事象を検知する道路状況把握センサが実用化されている。その中でも可視センサは、カメラで撮影した映像から画像処理により危険事象を検知し、更に、映像をモニタに映し出すことにより実際の道路状況を監視員が目視することができるため、道路トンネル内の監視システムなどで多く利用されている。しかし、画像処理により危険事象を検知する性能が映像品質の影響を受けやすいといった課題があった。

東芝は、ベクトル画像処理手法を用いた車両検出システムを開発し、従来の可視センサでは難しいとされていた環境においても機能を満足できることを確認した。

Sensors that detect dangerous traffic events have been introduced on highways to prevent accidents. In particular, visual sensors detect dangerous events by processing images obtained from cameras. Such sensors also allow road conditions to be observed via monitors and are often applied to surveillance systems in tunnels. However, the performance of conventional systems is easily affected by the quality of the images.

Toshiba has developed a vehicle detection system using a rotation vector tracking method, and confirmed the effective operation of this system even in difficult environments.

1 まえがき

現在、道路交通に関する問題を解決するために、情報通信技術を利用したITS (Intelligent Transport Systems : 高度道路交通システム)の開発が行われている。ITSは、人、道路、及び車両が相互に必要な情報を共有することにより、安全運転の支援や交通管理の最適化、歩行者の支援などを実現するシステムである。また、現在の有料道路においては、安全で快適な道路網を確保するために、様々な道路情報をドライバーに提供する交通管制システムや、道路施設を監視、制御する施設管制システムが機能している。

東芝は、既存のシステムとITSを融合させることで、道路利用者へのサービスを更に発展させることができると考えており⁽²⁾、ITSと合わせて既存システムの機能拡張や性能向上に取り組んでいる。その一つに、路上に設置した道路状況把握センサにより渋滞や停止車両などの危険事象を検知し、道路情報板などを介して早期にドライバーへ情報提供することで、ドライバーの認知ミスや判断ミスによる交通事故の防止を支援するシステムがある。現在、道路状況把握センサとしては次の製品が実用化されている。

- (1) 可視センサ CCD (電荷結合素子)カメラやCMOS (相補型金属酸化膜半導体)カメラ (以下、代表してCCDカメラと略記)の映像から、画像処理技術により車両を検出する

- (2) ループコイルセンサ 埋設したコイルのインダクタンス変化を利用して車両を検出する

- (3) 超音波・マイクロ波センサ 超音波やマイクロ波を路面に照射し、その反射波を利用して車両を検知する

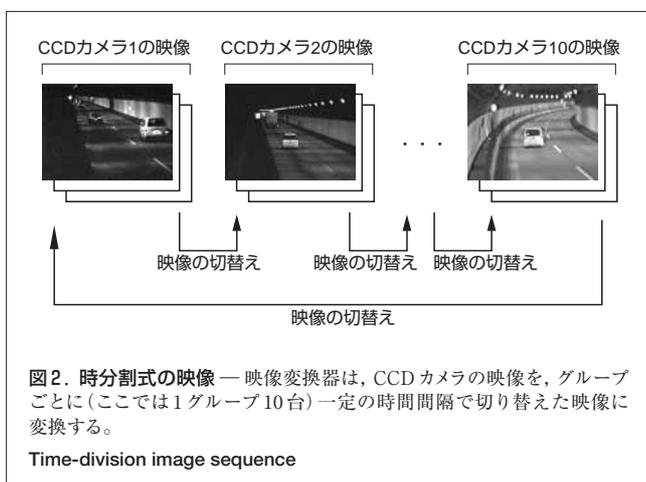
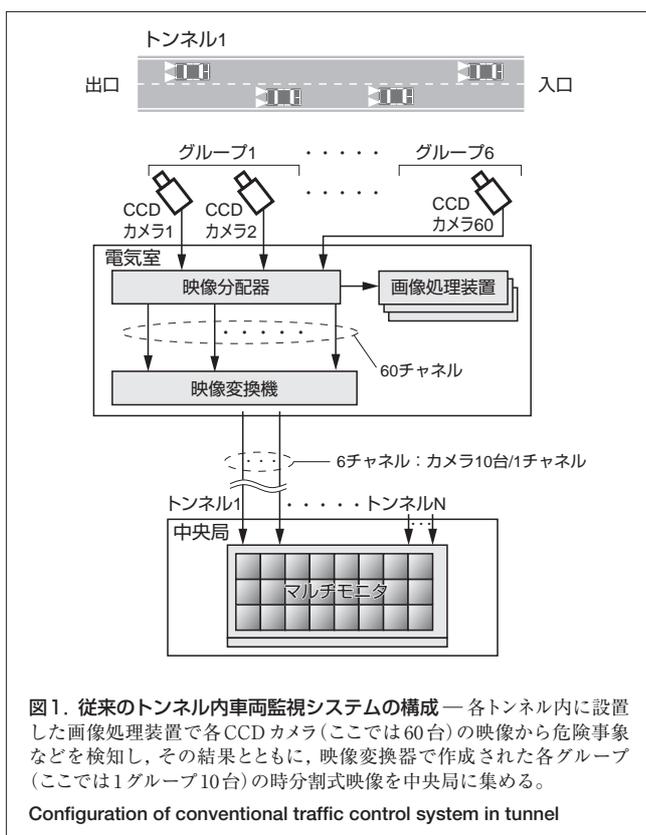
その中でも可視センサは、危険事象を検知するだけでなく、交通管制員がモニタに映し出されたCCDカメラの映像を見て、危険事象や道路施設の状況を目視確認できるといった利点がある。特に道路トンネル内においては、その環境が閉鎖された空間であるため、事故の早期発見はもちろんのこと、事故を未然に防ぐためにも多くの道路状況把握センサが設置されている。また、可視センサはCCDカメラが道路上に設置されるため、自然環境などの影響で画像の明るさが変化した場合や、画像のコントラストが低い場合などにおいても、渋滞及び停止車両や低速車両などの危険事象を高い信頼性で検知することが要求される。

そこで当社は、高い信頼性を持つ可視センサの実現と、既に設置されている多くのCCDカメラを有効に活用することを目的に、ベクトル画像処理手法を用いた車両検出システムを開発してきた。ここでは、道路状況把握センサの重要性がもっとも高いトンネル内の車両監視システムの概要と、開発した車両検出システム、及びトンネル内の実映像への適用例について述べる。

2 トンネル内車両監視システム

可視センサを利用した道路トンネル内の車両監視システムの構成を図1に示す。

道路トンネルにおける可視センサは、複数台のCCDカメラと、CCDカメラの映像を処理する数台の画像処理装置で構成されている。CCDカメラは、車両を後方から撮影できる路側に、数百m程度の間隔をあけて固定設置され、トンネルの入口から出口までの全域の危険事象を検知できるように構成されている。



CCDカメラの映像は、トンネル内の電気室に設置された映像分配器を介して画像処理装置に入力され、画像処理装置で渋滞、停止車両、低速車両などの危険事象が検知される。また、CCDカメラの映像は映像分配器を介して映像変換器に入力される。CCDカメラはグループ化されており、映像変換器は、図2に示すように、入力されたCCDカメラの映像をグループごとに一定の時間間隔で切り替えた時分割式の映像に変換して、中央局へ送る。

中央局では、送られた各トンネルの映像がマルチモニタに表示され、その表示と合わせて、画像処理装置で検知した危険事象や道路施設の状況を交通管制員が目視で確認している。

現在のシステムの課題として、次のことが挙げられる。

- (1) 1台の画像処理装置で処理できるCCDカメラの台数に制限があるため、広範囲の道路を網羅するためには多くの画像処理装置を必要とする。
- (2) 可視センサを構成する画像処理装置が、各トンネル内の電気室に分散配置されているため、導入時やメンテナンス時に、それぞれのトンネルに作業員が出向き調整作業を実施しなければならない。
- (3) 可視センサは、自然環境や照明環境などの影響を受けて画像の明るさが変化した場合や、影の中の黒い車両のようにコントラストが低い場合などでは、車両の検出率が低下する。

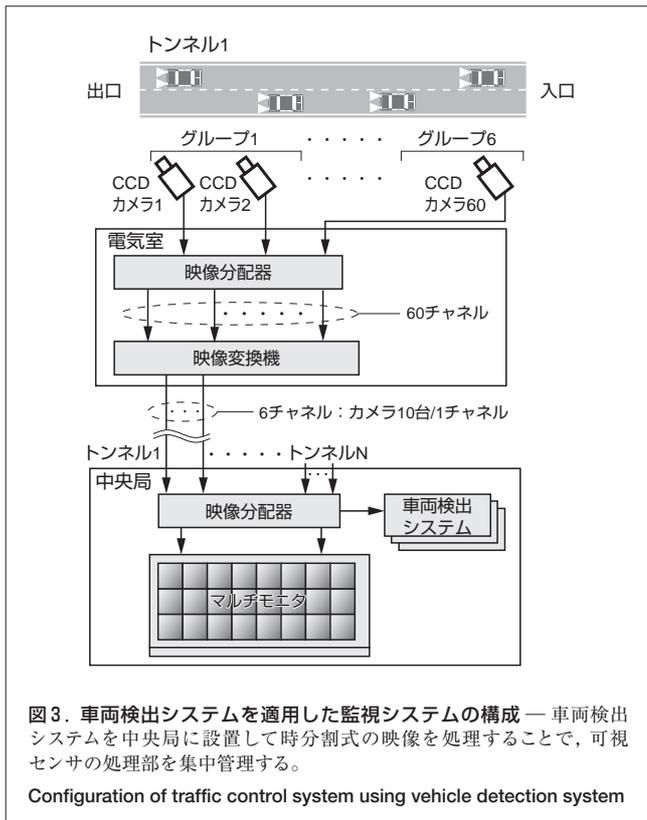
当社は、これらの課題を解決するため、ベクトル画像処理手法を用いた車両検出システムの開発に取り組んできた。

3 車両検出システム

道路トンネル内の、可視センサを利用した従来の車両監視システムに、車両検出システムを適用した構成を図3に示す。

従来の車両監視システムが、可視センサの画像処理装置をトンネル内の電気室に設置していたのに対し、この構成では、画像処理装置に相当する車両検出システムを中央局内に設置している。車両検出システムでは、電気室内の映像変換器から送られてきたグループごとの時分割式映像を、中央局の映像分配器を介して取り込み、危険事象を検知する。

このように、車両検出システムを中央局に設置し集中管理することにより、導入時やメンテナンス時における調整作業の効率化が図れ、従来よりも少ない画像処理装置でシステムを構成することができる。また、従来の車両監視システムに車両検出システムを導入する際には、中央局に車両検出システムを追加増設する工事だけが必要であり、大半の機器をそのまま利用できるため、大がかりな工事やほかの道路状況把握センサを追加設置する必要がない。このことが、この構成の最大のメリットと言える。



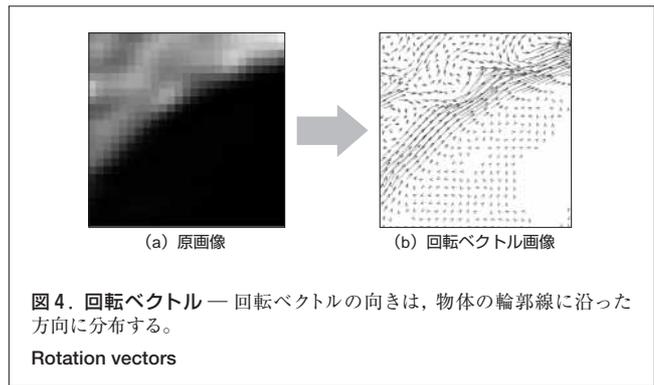
4 ベクトル画像処理手法を用いた車両検出

この手法では、CCDカメラの映像から危険事象を検知するために、初めに映像の中から車両を検出する。次に、検出した車両の走行速度や走行方向の計測を行い、計測結果を基に次の危険事象を判断する。

- (1) 停止車両及び非常駐車帯での停車
- (2) 低速車両
- (3) 渋滞
- (4) 避走及び逆走
- (5) 落下物
- (6) 速度警告

これらの危険事象は、走行している車両に対する事象と、停止している車両や物体に対する事象に分類でき、車両の検出方法もこの分類に応じて、走行車両と停止車両を個別の処理で検出している。

ここでは、ベクトル画像処理手法による走行車両の検出について述べる。ベクトル画像処理手法とは、走行車両が移動していることに着目し、回転ベクトルを用いた時空間移動ベクトル法により画像中における移動体を抽出し、走行車両を検出する方法である。一般的な画像処理は、画像の明るさ(輝度)を情報とした処理であるが、この手法は、画像を構成する画素をポテンシャルとみなし、ベクトル演算で定義される回転ベクトルを情報とした処理である。回転ベクトルとは、

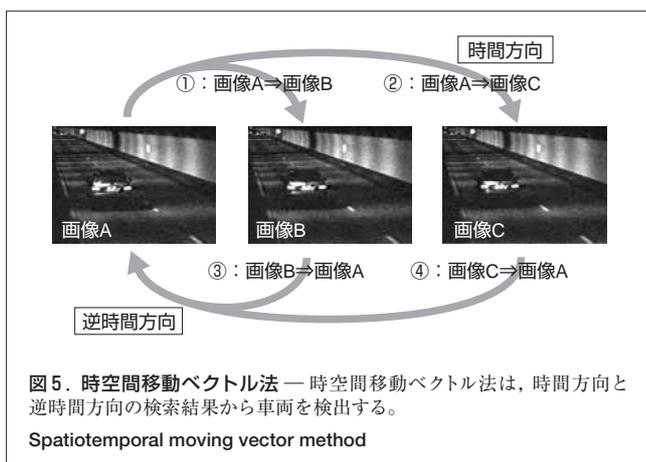


注目画素を囲む縦横の輝度の傾斜をベクトル化する処理であり、縦横の一次微分処理により求めることができる⁽³⁾。回転ベクトルの例を図4に示す。回転ベクトルの向きは、濃淡が変化している領域の輪郭線方向にほぼ等しくなり、回転ベクトルが物体の輪郭線に沿った方向に分布していることがわかる。回転ベクトルの向きを情報として処理するこの手法には、次の長所がある。

- (1) 物体の形状は画像の明るさが変化した場合においても不変であるため、安定した情報を得ることができる。
- (2) 物体の形状はコントラストの低い画像においても表現されているため、情報を得ることができる。

次にこの手法では、回転ベクトルの向きと長さを比較情報として、ブロックマッチング処理を応用した時空間移動ベクトル法により、画像中の移動体である走行車両を検出する。ブロックマッチング処理とは、2枚の画像間で対応する位置を検索する処理である。検索した結果、対応する位置が同座標にある場合には静止体であり、異なる座標にある場合には移動体となる。従来のブロックマッチング処理は、比較する領域と類似した領域が周辺に広がる場合などでは適切な対応位置が得られず、車両を検出できなかつたり誤って検出したりすることが多々ある。これは、対応すべき領域と周辺領域との情報(特徴)差が小さいために、わずかな環境変化や移動体の変化に伴う比較情報の変化を検出できないためである。これを解決する方法が時空間移動ベクトル法である。時空間移動ベクトル法について、図5を用いて説明する。

画像A、画像B、及び画像Cは、連続的に得られた画像を示している。従来のブロックマッチング処理は、画像Aから画像Bに対して検索処理を行い移動体を検出している。これに対し時空間自動ベクトル法では、画像Aを基準として、時間方向の①画像Aから画像Bと②画像Aから画像C、逆時間方向の③画像Bから画像Aと④画像Cから画像Aの計4方向の検索処理を行う。その後、4方向の結果を総合して最適な対応位置を求め、移動体を検出する。

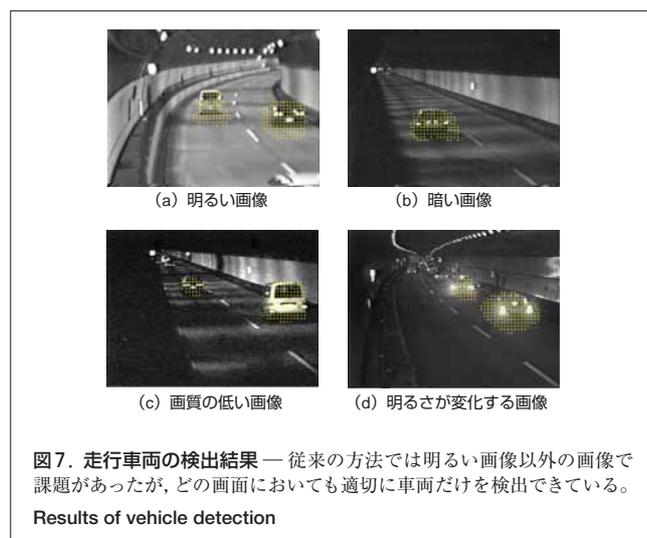


5 トンネル内実映像への適用例

トンネル内の実映像を元に、前述したベクトル画像処理手法を用いて走行車両を検出した結果について説明する。

車両上部に回転灯を点灯させた車両が走行車線(左車線)を走行している画像から、車両検出を行った結果を図6に示す。従来のブロックマッチング処理の結果は、回転灯が点灯し画像の明るさが変化しているため、適切な対応位置が求められず、検出(処理)領域のすべてが車両として検出されている。一方、ベクトル画像処理手法では、若干のノイズはあるものの、検出領域内にある2台の車両を別々に検出できていることがわかる。

また、画像の明るさや画質の異なる画像に対して、この手法を用いて車両を検出した結果を図7に示す。図7を見て明らかのように、どの画像においても適切に車両だけを検出できている。



6 あとがき

従来の画像処理手法では難しいとされていた画像の明るさの変化や、低コントラスト時の課題を解決するため、ベクトル画像処理手法を用いた車両検出システムを開発した。このシステムをトンネル内の実映像に対して適用した結果、様々な品質の画像においても、良好に車両を検出できることが確認できた。

現在は、検出した車両の走行速度と走行方向の計測方法の開発、及び処理のリアルタイム化に取り組み、危険事象をリアルタイムで検知できる段階まで進んでいる。

今後、詳細な性能評価を行い、トンネル内の監視システムへの適用と実用化に取り組んでいく。

文 献

- (1) 久保克巳, ほか. デジタル画像処理による目視観察の自動化. 日本非破壊検査協会 平成11年度秋季大会講演概要集. 札幌, 1999-10. p.99-102.
- (2) 安達俊朗, ほか. 高速道路交通管制システムの現状とこれから. 東芝レビュー. 57, 12, 2002, p.15-18.
- (3) 斎藤兆吉. Mathematicaによる画像処理入門. 朝倉書店, 1998, 139p.



相川 徹郎 AIKAWA Tetsuro

電力社 電力・社会システム技術開発センター 計測・検査技術開発部。画像処理技術を応用した計測・検査技術の開発に従事。溶接学会会員。

Power and Industrial Systems Research and Development Center



佐藤 美徳 SATOH Yoshinori, Ph. D.

電力社 電力・社会システム技術開発センター 計測・検査技術開発部, 博士(情報科学)。画像処理技術を応用した計測・検査技術の開発に従事。計測自動制御学会会員。

Power and Industrial Systems Research and Development Center



永尾 一親 NAGAO Kazuchika

社会システム社 社会システム事業部 官公システム技術部主務。道路システムの開発・エンジニアリング業務に従事。電気設備学会会員。

Infrastructure Systems Div.