

画像処理による交通異常検出装置の開発

野田 雄一

要 旨

NECは、画像処理による交通異常検出装置を開発し、首都高速道路（株）殿の中央環状新宿線に納入しました。本システムは、CCTVカメラの映像を画像処理することで、事故、故障車などの交通流の妨げとなる交通異常を早期に自動的に発見します。これにより、追突・二次事故の防止など、後続交通の安全と事故処理・救急活動の迅速化、正確な情報の提供および監視業務の省力化が可能になります。

キーワード

●画像処理 ●画像センサ ●交通異常 ●異常事象 ●異常走行 ●交通流 ●突発事象

1. まえがき

首都高速道路中央環状線¹⁾は、東京外環自動車道・首都圏中央連絡自動車道とともに首都圏3環状道路を形成し、都心から半径約8kmの最も内側に位置する環状道路です（図1）。2007年12月に開通した中央環状新宿線（新宿線～池袋線間）の6.7km区間は、そのほとんどが地下構造で建設されており、トンネル内での事故等の発生など万一の場合に備えて、国内最高のAA等級の防災設備を備えています。これらの防災設備の1つであるCCTV設備は、車両の走行状況、故障車・事故車の状況、路上作業の状況などカメラの見える範囲で道路全体を監視することにより、道路管理の補助機能として大きな効果を発揮するものです。

しかし、中央環状新宿線のような長大なトンネルにおいては数百台ものCCTVカメラが設置されており、人手によって365日24時間の監視をすることは非常に困難な状況になっています。そこで、交通異常検出装置は、CCTVカメラの映像を画像処理することで、トンネル内の停止車、交通事故などの交通異常を自動的に発見し、早期に管制員に対し通知すると同時に、その地点のCCTVカメラの映像を選択しモニタに表示します。管制員は即座にトンネル内状況を確認し適切な処理を行えるため、業務の負荷低減や効率化を実現できます。一方、運転者に対しては、安全でスムーズな車両の走行を維持するため、トンネル入口付近に設置した情報板などで情報提供を行います。これにより、事故の未然防止、二次事故の発生防止、事象発生の対処準備などが迅速に行えます。



図1 首都高速道路中央環状線

2. 交通異常検出装置の概要

交通異常検出装置の構成と機能について説明します。

2.1 装置構成

交通異常検出装置は、CCTVカメラからの映像を画像処理する画像処理装置（写真左側）と、検出した交通異常の映

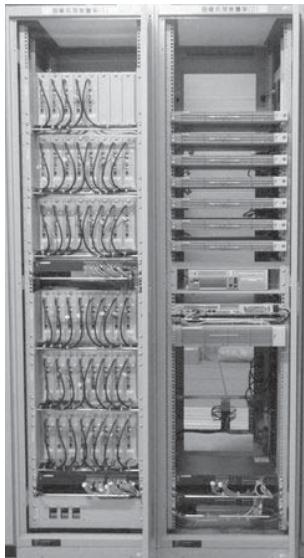


写真 交通異常検出装置

像を録画する画像蓄積装置（写真右側）から構成されています。それぞれの装置はネットワークにより接続されており、CCTVカメラの台数規模に応じてほぼ無制限に拡張することができます。

2.2 処理概要

画像処理装置にはCCTVカメラからの映像信号が入力され、これをリアルタイムに画像処理することで、交通異常の事象（停止車両・低速車両・渋滞・避走）を検出します。事象が検出されると、検出時刻の前後最大90秒間の映像を画像蓄積装置で録画すると同時に、管制員に回転灯もしくは警報音によって通知をします。また、CCTV設備の映像表示モニタにも事象が発生した場所のCCTVカメラ映像が自動的に選択されて表示されます。管制員は、映像表示モニタに表示されている現在の道路状況の映像と、画像蓄積装置に録画された過去に遡った映像を確認することで、交通異常を迅速かつ確実に発見することができます。これにより、適切な意思決定のための分析能力が向上し、業務の効率化と品質の向上を両立させることができます。

検出された交通異常の事象は操作画面（図2）を操作することで確認することもできます。操作画面には、検出された



図2 交通異常検出装置 操作画面

事象の日時・カメラ名称・事象が、最新のものから一覧表で表示されており、事象が発生したカメラの位置を地図上に色分けして分かりやすく表示されます。また、一覧表を選択することで、蓄積された映像を操作卓で再生表示することができます。これにより、事故多発地点の把握による原因分析や、過去から現在までの情報蓄積による傾向分析などが可能になります。

2.3 画像処理装置

画像処理装置は、1台のCCTVカメラ映像をリアルタイムに画像処理できるユニットを最小単位として、これを最大8ユニット搭載できる収容棚に組み込んでいます。さらにこの収容棚を1本のラックに最大6台まで実装できます。したがって、ラック1本につき最大48台のCCTVカメラの映像が処理可能で、従来の装置に比べて大幅に小型化を実現しています。また、ユニットごとにネットワークインターフェースを備えており、上位装置から直接的に高速な通信制御をすることができるため、応答性や拡張性、保守性に優れています。画像処理装置の機能には大きく分けて、交通流計測機能と事象検出機能の2つがあります。交通流計測機能は、車線別1分間交通量（車両台数）の計測、車線別1分間平均速度の計測、渋滞末尾の検知を行います。事象検出機能は、停止車両の検出、低速車両の検出、避走の検出を行います。それぞれの事象の判定方法は

安心・安全

画像処理による交通異常検出装置の開発

表 事象判定方法

事象	計測方法
交通量(台数)	道路下流側より進入した車両の台数を、車線別に1分間積算します。
平均速度	台数計測で計測された各車両について計測した速度の平均値と、映像上重なり合う複数車両の特徴量を計測しその移動時間から算出します。
停止	同一地点に一定時間以上車両が存在する場合に、停止車両事象として検出します。
低速	平均速度が一定以上であり、一定時間以上の間、速度がある値以下の車両が存在する場合に、低速車両事象として検出します。
避走	台数計測で計測された車両台数のうち、車線変更を行った車両台数の比率が一定以上であり、かつ急減速を行った車両が存在する場合に、避走事象として検出します。

表のとおりです。

2.4 画像蓄積装置

画像蓄積装置は、最大7台のCCTVカメラの映像を最大90秒間録画できるユニットを最小単位として、これを1本のラックに最大20台まで実装できます。したがって、ラック1本につき最大140台のCCTVカメラの映像を同時に録画可能です。古い映像は、蓄積映像の容量が最大蓄積容量の70%を超えると、自動的に削除されます。映像の収集蓄積は、画像処理装置からの制御で行われ、交通異常を検出するとその事象が発生したCCTVカメラの前後1カメラの計3カメラの映像が同時に録画蓄積されます。蓄積されている映像の情報はデータベースに記録されており、操作画面からいつでも検索でき、その映像を配信して再生することができます。

3. 画像処理手法

交通異常検出装置の中核部分である画像処理装置の、主要な画像処理の手法である、追跡処理・車群速度計測処理・台数計測処理について説明します。

3.1 追跡処理

この処理は、個々の車両の挙動を捉えることにより、車両

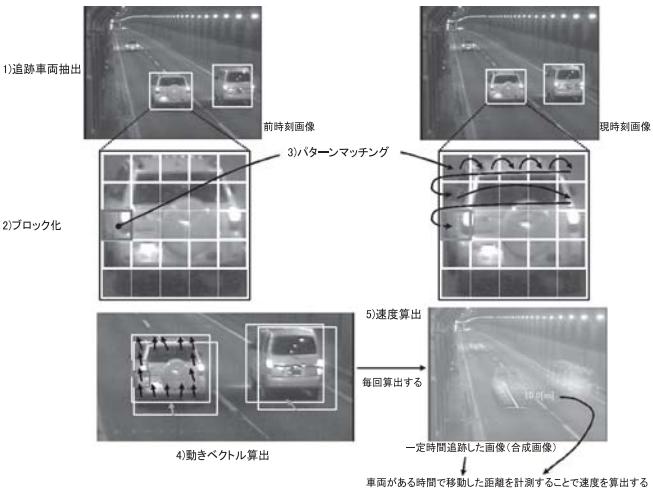


図3 追跡処理

の速度を計測するために使用します。処理は以下のような5つのステップで実行されます（図3）。

(1) 追跡車両抽出

画面下部から進入してきた車両を検出して、車両の挙動を追跡する候補として抽出します。

(2) ブロック化

車両の一部が隠れても車両の画面上の移動距離が求められるようにするために、前時刻画像と現時刻画像の特徴が強く現れる部分について画素をまとめて画素ブロックとして扱います。

(3) パターンマッチング

個々のブロックごとに、前時刻画像と現時刻画像の間でパターンマッチングを行い、前時刻画像のブロックに対して最も一致度の高い現時刻画像のブロックを見つけます。

(4) 動きベクトル算出

個々のブロックが、画面上でどの程度移動しているかを算出します。そして、各ブロックの動きの大きさと方向を統合することにより、画面上で車両全体がどのように移動したのかを算出します。

(5) 速度算出

以上の演算を毎回行うことで、車両が画面上でどのように移動したのかを算出し、それを実際の距離に変換します。最後に、車両の移動時間と移動距離から速度を計算します。

3.2 車群速度計測処理

この処理は、車両が画面上で重なり合っている場合に、複数車両を車群として扱い、2地点間における車群の特徴量の移動時間から速度を算出するために使用します。処理は以下のような3つのステップで実行されます（図4）。

（1）抽出・蓄積

車群において輪郭が多く得られる箇所（テールランプ、バンパー、窓枠等）に関する特徴量を2地点（図4で示した地点Aおよび地点B）で抽出します。抽出した特徴量の大きさは、画面奥の地点（地点A）に対して画面手前の地点（地点B）の方が大きくなるため、各地点における実際の大きさに基づいて正規化を行い、各地点別に蓄積します。

（2）パターンマッチング

地点Aと地点B間で得られた特徴量に対して、蓄積されている特徴量を過去に遡る方向へパターンマッチングを行い、最も一致するものを見つけます。このとき、どれだけの時間過去に遡ったかが特徴量の移動時間となります。

（3）速度算出

特徴量の移動時間と、地点Aと地点Bの距離から、車群速度を計算します。

3.3 台数計測処理

この処理は、道路上のある地点（台数計測エリア）を通過した車両の台数をカウントし、交通量（車両台数）を計測するのに使用します。処理は以下のような5つのステップで実行されます（図5）。

（1）特徴量抽出

台数計測エリア内において輪郭抽出画像を生成し、その水平投影値を特徴量として車線ごとに毎回抽出します。

（2）特徴量の割合算出

水平投影値の大きさが台数計測エリアの大きさに対して占める割合を算出します。また、この値を蓄積しておきます。

（3）並べ替え

蓄積された割合値を時間方向に並べ替えます。

（4）検出

あるしきい値を用いて車両の台数計測エリアへの進入と退出を判定します。ただし、照度の急変化などによる投影値の変動に対応するため、進入と退出の判定は別々のしきい

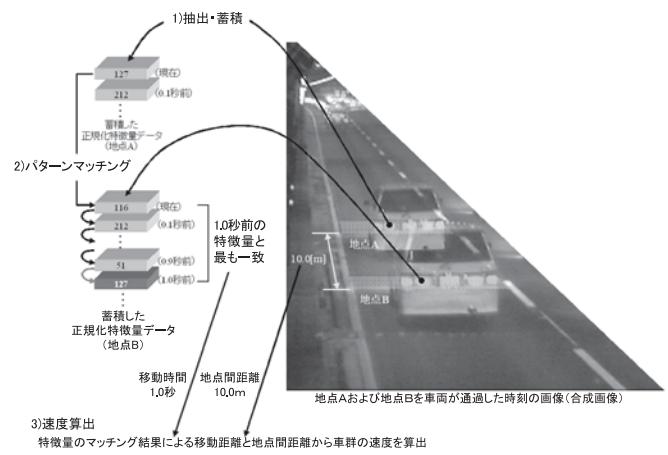


図4 車群速度計測処理

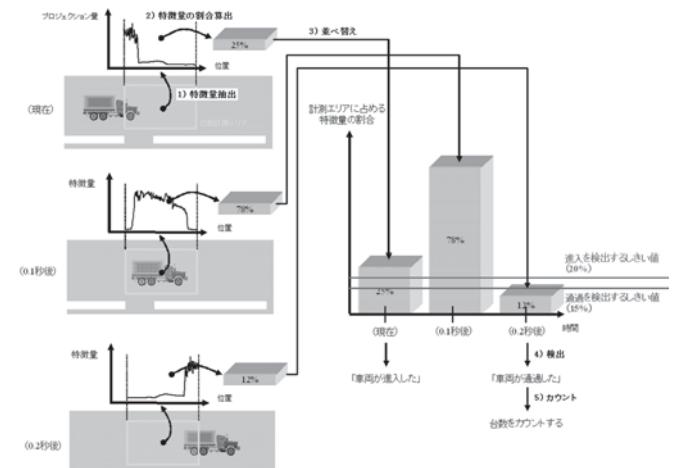


図5 台数計測処理

値でヒステリシス処理をしています。

（5）カウント

台数計測エリアへの進入と退出の組合せを検出することで、車両の通過を検出できます。これにより、車両の台数をカウントします。

4. むすび

以上、交通異常検出装置システムについて紹介しました。今後、道路はますます発展し、走行車両・監視システム双方の自動化が進められています。トンネル防災および交通異

安心・安全

画像処理による交通異常検出装置の開発

常検出装置も機能の高度化や多様化が要求されると考えられます、よりいっそうの道路の安全で快適な利用のためにITSの発展に貢献していきます。最後に、本装置の開発に当たり、多大なるご指導、ご協力をいただきました関係各位に深く感謝します。

参考文献

- 1) 首都高速道路中央環状線
<http://www.ktr.mlit.go.jp/3kanjo/chuokanjo/>
- 2) 「重交通量トンネルにおける交通異常検出の精度向上」、第4回 ITS シンポジウム 2005

執筆者プロフィール

野田 雄一
放送・制御事業本部
交通・公共ネットワーク事業部
基本開発部
マネージャー