

新東名高速道路 突発事象検知・交通情報データ計測装置

Incident Detection and Traffic Information Data Acquisition Unit for Shin-Tomei Expressway

長井 武彦

倉田 亮一

鴨頭 大輔

■ NAGAI Takehiko

■ KURATA Ryoichi

■ KAMOGASHIRA Daisuke

新東名高速道路（以下、新東名と略記）は、2012年4月14日、静岡県内の御殿場ジャンクションから三ヶ日ジャンクションまで約162 kmの区間が開通し、わが国の高速道路網に新たな大動脈が誕生した。

東芝は、ベクトル画像処理方式を用いた画像処理装置を開発し、新東名の管理・所有者である中日本高速道路（株）に納入した。この装置は、CCTV（Closed Circuit Television）設備（以下、カメラと呼ぶ）からの映像を画像処理して、車両の逆走や、停止、渋滞などの突発事象を検知する機能と、交通量や占有率などの交通情報データを計測する機能を備える。検知した情報や計測されたデータは、突発事象発生情報及び交通量計測データとして道路管制センターと保全サービスセンターに通知される。また富士川トンネルでは、情報板によるドライバーへの注意喚起や、トンネル内換気の集塵（しゅうじん）機制御用の情報としても活用される。

The Shin-Tomei Expressway, a new main artery in the Japanese expressway system, was partially opened over a distance of approximately 162 km in Shizuoka Prefecture, from the Mikkabi Junction to the Gotenba Junction, on April 14, 2012.

Toshiba developed an image processing unit incorporating vector image processing technology as an incident detection and traffic information data acquisition unit and delivered it to the Central Nippon Expressway Company Limited, which owns and manages the Shin-Tomei Expressway. This unit is equipped both with a function for the detection of incidents such as vehicles traveling in the wrong direction, stuck vehicles, traffic congestion, and so on, and a function for the acquisition of traffic information data such as traffic volumes, occupancy ratios, and so on, achieved by the processing of video images obtained by closed-circuit television (CCTV) cameras. These data are transmitted to the road control center and the maintenance service center as incident information and traffic information data. These data are also used to provide notifications to drivers via signboards, and for the control of dust collectors in the Fujikawa Tunnel.

1 まえがき

東芝は、新東名の突発事象を検知し交通情報データを計測するために、長泉沼津インターチェンジから新清水インターチェンジまでの約20 kmの区間用に、ベクトル画像処理方式を採用した画像処理装置を開発し納入した。

突発事象検知・交通情報データ計測システムは、新東名における安全・安心かつ円滑で効率的な運用を目的とした、道路監視や道路保守などの道路管理業務を支援するシステムである（図1）。この画像処理装置は、停止や、逆走、渋滞などの突発事象を検知し、交通量や平均速度などの交通情報データを計測する。ここでは、ベクトル画像処理方式の特長を生かした画像処理装置の概要、及び運用開始後に新たに得られた知見を基に実施した性能向上対策と性能評価について述べる。

2 画像処理装置の概要

今回開発した画像処理装置は、用途により以下の二つのタイプがある。

- (1) トンネル内画像処理装置 トンネル内の突発事象検

知を目的とし、車両の停止、低速、渋滞、避走、速度超過、逆走、及び路肩走行の七つの事象を検知する。これら突発事象の判定基準を表1に示す。ここで、速度や、時間、台数、占有率などは、パラメータとして状況に応じて調整できる。

- (2) 一次処理装置 (1)と同様の七つの事象検知に加えて、表2に示す交通情報データを算出する。

トンネル内画像処理装置は富士川トンネル内に約150 m間隔で設置された66台のカメラ映像を、一次処理装置は約2 km間隔で設置された26台のカメラ映像（富士川トンネル内の4台を含む）を対象とする（表3）。各画像処理の機能と要求性能を表4に示す。

従来装置の画像処理方式は、映像上の輝度の境界線を用いて車両を抽出するものであったが、映像の明るさが変化する環境やコントラストの低い環境では、十分な車両検知性能を得ることが困難であった。

そこで当社は、明るさが変化している領域の輪郭に沿って大きさと方向を持って分布する回転ベクトルという情報に注目し、車両の輪郭を捉えて車両検知を行うベクトル画像処理方式を開発してきた^{(1),(2)}。この方式は、コントラストの低いトンネル部

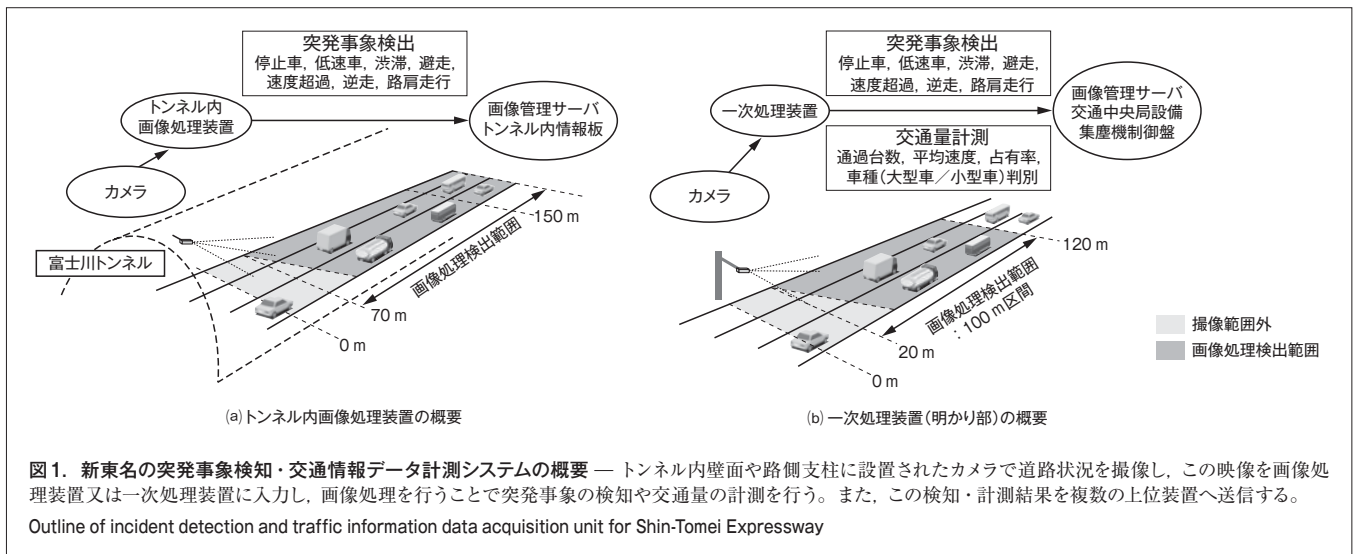


表1. 突発事象の種類と判定基準
Types of incidents and their criteria

突発事象	判定基準
停止	速度4 km/h以下の車両が10秒以上存在するとき
低速	速度が40 km/h以下の車両が存在するとき
渋滞	以下の条件のいずれかを満たすとき (1) 平均速度が40 km/h以下で、かつ交通量が5台/分以上のとき (2) 画像上における車両の占有率が50%以上で、かつ車群速度が40 km/h以下の状態が10秒以上継続したとき
避走	60秒間に車線変更が5回以上発生したとき
速度超過	速度が140 km/h以上の車両が存在するとき
逆走	進行方向とは逆方向に走行する車両が存在するとき
路肩走行	路肩を走行する車両が存在するとき

表2. 交通情報データの種類と定義
Types of traffic information data and their definitions

交通情報データ	定義
単位時間交通量	1分間に通過した車両の台数
単位時間車種別交通量	1分間に通過した大型車・小型車別の台数
単位時間占有率	1分間に通過した車両の時間占有率
単位時間平均速度	1分間に通過した車両の平均速度

や天候の影響を受けやすい明かり部（非トンネル部）で比較的安定した車両検知を行うことができるという特長があり、今回の画像処理に採用した。

3 構成

トンネル内画像処理装置、一次処理装置、及び関連する機器を含めたシステム構成を図2示す。

トンネル内画像処理装置の突発事象検知データは富士川トンネル用画像管理サーバとトンネル内情報板に送信され、一次処理装置の突発事象検知データは富士保全サービスセン

表3. 画像処理装置の設置概要
Outline of installation of image processing devices

対象装置	設置場所	車線	対象カメラ台数(台)			カメラ設置間隔
トンネル内画像処理装置	トンネル部	上り	33	66	66	約150 m
		下り	33			
一次処理装置	トンネル部	上り	2	4	26	約2 km
		下り	2			
	明かり部	上り	11	22		
		下り	11			

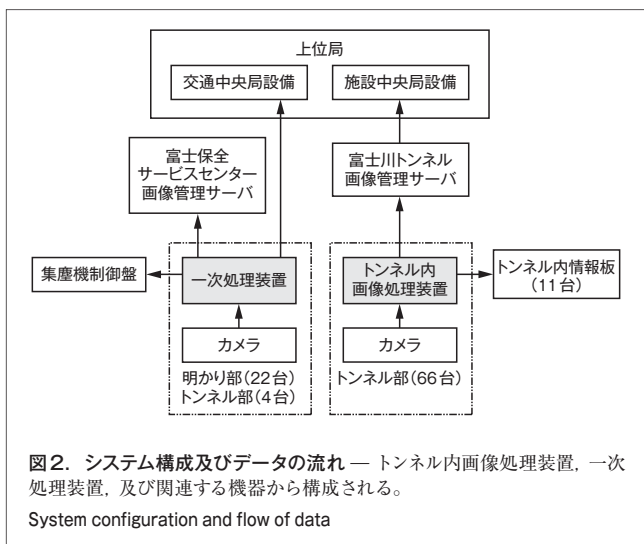
表4. 画像処理装置の機能と要求性能
Functions and requirement specifications of image processing devices

対象装置	機能	要求性能
トンネル内画像処理装置	突発事象検知機能	突発事象検知精度 (対未検知、対誤検知) 90%以上
一次処理装置	突発事象検知機能	突発事象検知精度 (対未検知、対誤検知) 90%以上
	交通情報データ計測機能	車両検知精度 95%以上

ター用画像管理サーバに送信される。

突発事象データを受信した富士川トンネル用画像管理サーバは、富士保全サービスセンター内危機管理室の監視用モニタに突発事象発生箇所のカメライメージを映し出し、防災監視業務の支援を行う。E型情報板は、速度超過データを受信した場合に“走行注意”を表示することで、ドライバーへの注意喚起を行う。

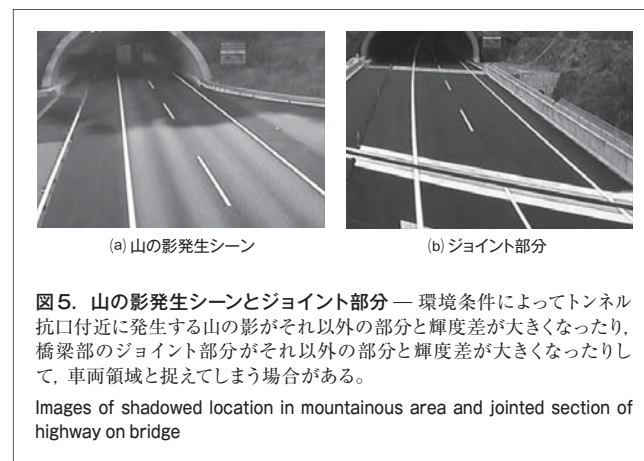
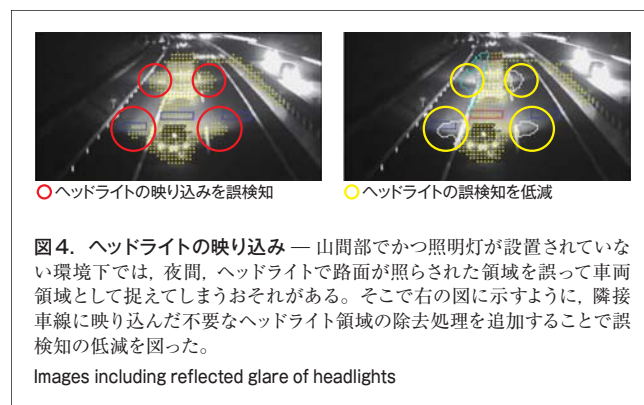
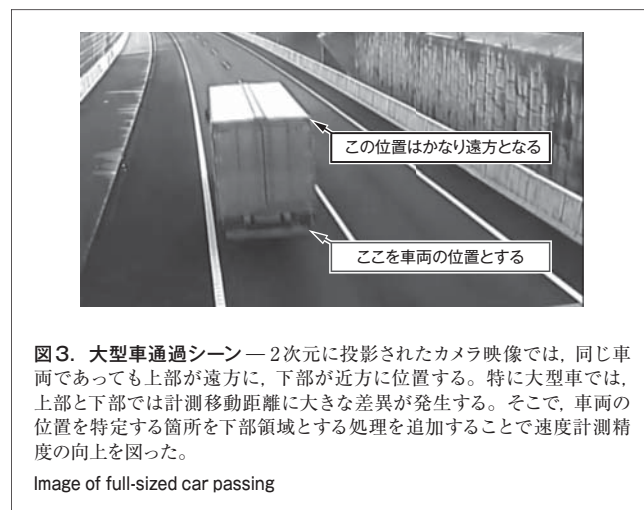
一次処理装置の交通情報データは交通中央局設備に送信され、交通中央局設備のある道路管制センターでは、この情報を元にドライバーへ提供する情報を作成する。またトンネル内の交通情報データは、トンネル内の集塵機制御用のデータとしても使用される。



4 運用開始後実施した性能向上施策

運用開始後に新たに得られた知見を基に、以下に述べる画像処理機能の性能向上施策を実施した。

- (1) 速度計測精度の向上 車両はどの部分も同じ速度で移動しているが、2次元に投影されたカメラ映像では検知対象の上部と下部で距離分解能が異なる。特に大型車では、上部と下部で計測移動距離に大きな差異が発生し、速度計測精度に大きな影響を与えていた(図3)。そこで、車両の位置を特定する箇所を下部領域とする処理を追加することで速度計測精度の向上を図った。
- (2) ヘッドライトによる影響の低減 一次処理装置を納入した区間は山間部で照明灯も設置されていないため、夜間には車両の輪郭が目視でも確認できないほどの暗闇になる。このため、ヘッドライトで路面が照らされる領域とそれ以外の領域との輝度差が発生し、ベクトル画像処理方式でも誤って車両領域と捉えてしまうおそれがあった。そこで、隣接車線に映り込んだヘッドライト領域の特徴に着目し、ヘッドライト領域の除去処理を追加することでヘッドライトによる誤検知の影響を低減した(図4)。
- (3) 影や橋梁(きょうりょう)部のジョイント部分による影響の低減 トンネル抗口付近に発生する山による影(図5(a))や橋梁部のジョイント部分(図5(b))は、環境条件によってはそれ以外の部分との輝度差が大きくなり、ベクトル画像処理方式でも車両領域と捉えてしまう場合があった。そこで、処理画像と背景画像との差分で車両領域の抽出を行う処理で可能なかぎり頻繁に背景を更新し、輝度変化量が大きくなならないように背景更新時間の最適化を図った。更に、捉えた領域に対し、縦横サイズに着目した影やジョイント部の影響を除去する処理を追加した。



5 性能評価

運用開始後に、突発事象検知精度及び車両検知精度の2項目について評価を行った。

突発事象検知精度の評価は、対未検知(正検知と未検知の総数に対する正検知率)と対誤検知(正検知と誤検知の総数に対する正検知率)で行う。ここで、正検知数とは発生した事象を正しく事象として検知できた件数を、未検知数とは事象を

正検知できなかった件数を、誤検知数とは事象が発生していないにも関わらず検知した件数をそれぞれ示す。

- (1) 突発事象検知精度(対未検知) 突発事象の検知精度は、故意に事象を発生させることができないため、外付けデジタルビデオレコーダ(DVR)に一定期間録画した映像を目視確認し、その期間に発生した突発事象とトンネル内画像処理装置や一次処理装置が検知した突発事象検知結果とを突き合わせて評価を行った。その結果、表5に示すように、事象検知精度(対未検知)が90%以上であることを確認した。
- (2) 突発事象検知精度(対誤検知) この評価でも故意に事象を発生させることはできないため、トンネル内画像処理装置と一次処理装置で記録している突発事象の検知ログデータ、及び各装置の構成機器で突発事象検知をトリガとして突発事象発生の前々1分間の映像を記録する映像蓄積装置に保存された映像データを突き合わせることで評価を行った。その結果、表6に示すように事象検知精度(対誤検知)が90%以上であることを確認した。
- (3) 車両検知精度の評価 交通量計測に関する性能は、車両検知精度で表される。車両検知精度の評価は、一次処理装置が記録した単位時間(1分間)における交通量データログを30分間にわたって集計した値と、同一日時にDVRで録画した映像をもとに、目視で計数した集計台数を比較することで行った。代表箇所で行った結果、表7に示すように昼夜ともに車両検知精度が95%以上であることを確認した。また、その他の25か所の一次処理装置においても、車両検知精度が95%以上であることを確認した。

表5. 突発事象検知精度(対未検知)の評価結果

Results of evaluation test of incident detection accuracy (ratio of correct detection to sum of correct and missing detection)

	停止	低速	渋滞	避走	速度超過	逆走	路肩走行	総数
正検知件数 (件)	2	35	12	3	8	0	22	82
未検知件数 (件)	0	0	0	0	0	0	0	0
突発事象検知精度(対未検知) (%)	100	100	100	100	100	—	100	100

表6. 突発事象検知精度(対誤検知)の評価結果

Results of evaluation test of incident detection accuracy (ratio of correct detection to sum of correct and false detection)

	停止	低速	渋滞	避走	速度超過	逆走	路肩走行	総数
正検知件数 (件)	0	2	0	0	0	0	29	31
誤検知件数 (件)	0	1	0	2	0	0	0	3
突発事象検知精度(対誤検知) (%)	—	67	—	0	—	—	100	91

表7. 車両検知精度の評価結果

Results of evaluation test of vehicle detection accuracy

		第一走行車線	第二走行車線	追越し車線
車両検知精度 (%)	昼	98	98	97
	夜	98	97	97

6 あとがき

今回、ベクトル画像処理方式を採用し、新東名向けに開発した画像処理装置は、運用開始後に行った評価の結果、突発事象検知精度(対未検知)及び突発事象検知精度(対誤検知)はともに90%以上で、車両検知精度も95%以上であり、要求性能を満足することを確認した。

今後、日照時間の変化や影の発生状況の変化などによる性能への影響などについて評価を継続するとともに、更に誤検知を低減するため、アルゴリズムの追加や、新たな画像処理方式の採用などを含めて検討を進めていく。

謝辞

今回の画像処理装置を開発し運用開始後の性能評価を行うにあたり、多大なご支援とご指導いただいた中日本高速道路(株)並びに中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京(株)の関係各位に対し、深く感謝の意を表します。

文献

- (1) 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.
- (2) 倉田亮一 他. 走行支援道路システム用画像処理装置. 東芝レビュー. 66, 9, 2011, p.53-56.



長井 武彦 NAGAI Takehiko

社会インフラシステム社 ソリューション・自動化機器事業部 社会ソリューション技術部主務。ITSのエンジニアリング業務に従事。

Automation Products & Facility Solution Div.



倉田 亮一 KURATA Ryoichi

社会インフラシステム社 ソリューション・自動化機器事業部 社会ソリューション技術部主務。ITSのエンジニアリング業務に従事。

Automation Products & Facility Solution Div.



鴨頭 大輔 KAMOGASHIRA Daisuke

社会インフラシステム社 小向事業所 SAハードウェア設計部。道路機器のファームウェアの開発・設計に従事。

Komukai Complex