

# 多機能集約型画像処理応用道路監視装置

富田浩朗\*  
清水利英\*  
成川昌史\*

Image Processing Based Traffic Monitoring System with Traffic Flow and Incident Detection

Hiroaki Tomita, Toshihide Shimizu, Masafumi Narikawa

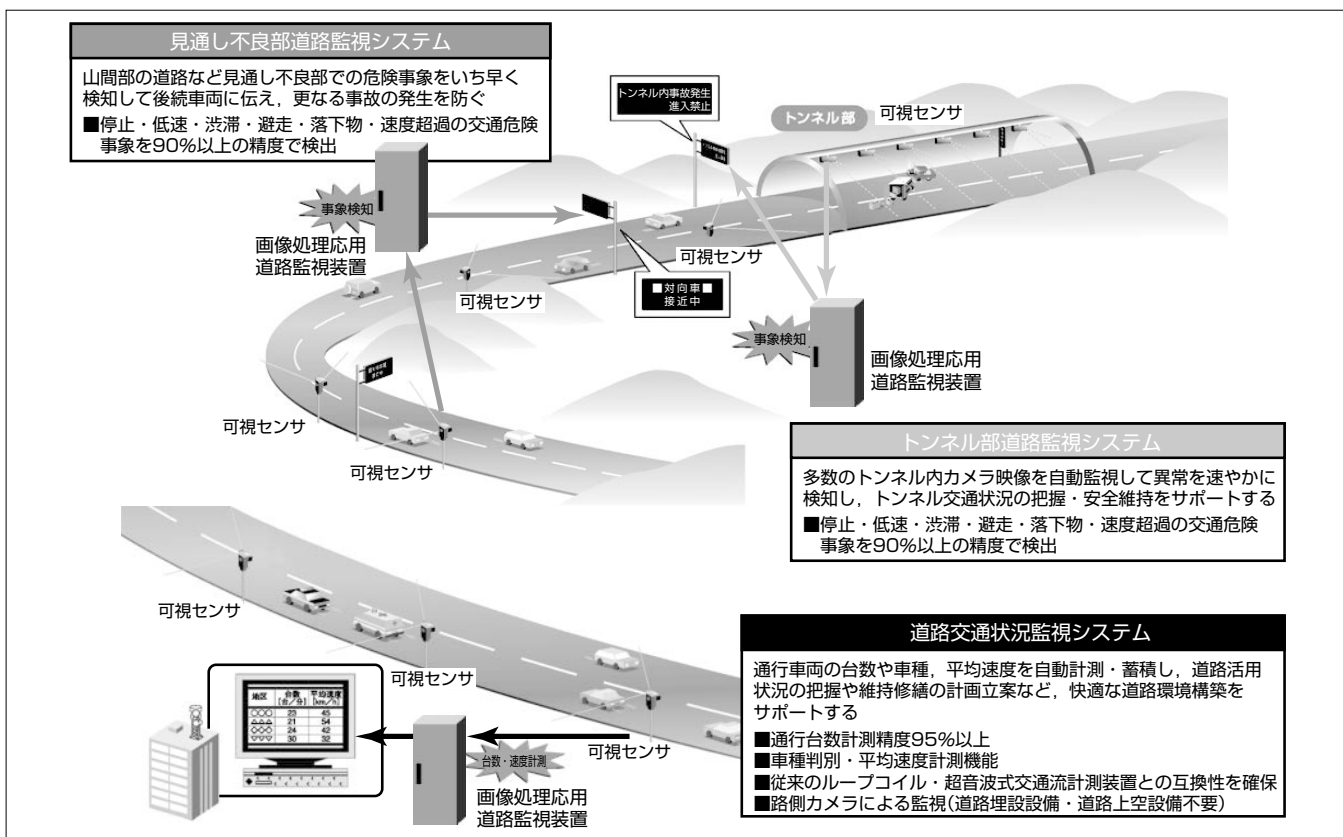
## 要旨

情報通信技術を活用して道路交通の円滑化を図るITS (Intelligent Transport Systems: 高度道路交通システム) の一環として、1996年からAHS-i (Advanced cruise-assist Highway Systems-information: 情報提供システム) の導入が開始された。これは、見通しの悪い道路の路側に設置されたカメラの映像を基に、画像処理技術によって渋滞・停止車両・落下物等の交通危険事象を検出し、後続車のドライバーに危険を警告するシステムであり、導入開始以降、見通し不良部/トンネル部道路監視システムとして広く普及・認知されてきた。

近年、道路管理の更なる高度化・効率化を目指して画像処理の導入が一層活発化し、画像処理による監視対象は道路全線に広げられ、通行台数の計測・車両平均速度の計測

などの従来のループコイル式交通流計測装置を代替する機能を持つ道路交通状況監視システムの適用も進んでいる。さらに、交通危険事象の検出と交通流計測の機能を同時に備え、先行して整備された目視用途のズーム旋回型カメラにも適用可能な、付加価値を高めた画像処理応用道路監視システムが求められている。

今回、このニーズに対応した多機能集約型画像処理応用道路監視装置を製品化した。この装置によって、従来複数のハードウェアを必要としていた交通危険事象の監視と交通流計測の処理を、1台のハードウェアで集約処理できる。交通流計測処理では、目視用途ズーム旋回型カメラを活用した高精度の計測が可能である(通行台数計測精度95%以上)。



## 画像処理応用道路監視システム

道路沿いに設置されたカメラの映像を画像処理技術によって自動監視し、交通危険事象(渋滞・障害物等)の検知・交通状況の計測を行うシステムである。検知・計測した結果を基に、情報表示板によるドライバーへの危険警告や、道路管理への通知を行う。これによって、二次事故の防止や、パトロールカーの派遣等の対応をすみやかに行うことができ、道路環境の安全・安心の向上に貢献する。

## 1. ま え が き

情報通信技術を活用して道路交通の円滑化を図るITSの一環として、ドライバーの負担の軽減、安全性の向上を図るAHSが研究され、1996年からAHS-iの導入が開始された。これは、見通しの悪い道路の路側に設置されたカメラの映像を基に、画像処理技術によって渋滞・停止車両・落下物等の交通危険事象を検出し、ドライバーに危険を警告するシステムである。以降、見通しの悪い道路や長大トンネルを対象に、道路環境の安全向上・道路管理の効率化を目的として画像処理技術を応用した道路監視システムの導入が進められ、見通し不良部／トンネル部道路監視システムとして広く普及・認知されてきた。

近年、道路管理の更なる高度化・効率化を目指し、画像処理の導入が一層活発化している。画像処理による監視対象は道路全線に広げられ、通行台数の計測、車両平均速度の計測等の従来のループコイル式交通流計測装置を代替する機能を持つ道路交通状況監視システムの適用も進んでいる。画像処理に求められる機能は多様化が進み、さらに、付加価値を高めた画像処理応用道路監視システムが求められている。

本稿では、これらの市場ニーズへの対応を目指し、新たに開発した多機能集約型画像処理応用道路監視装置について述べる。

## 2. 画像処理応用道路監視システムにおける課題

### 2.1 画像処理適用範囲の拡大と導入目的の多様化

1996年のAHS-iの導入開始より15年を経過し、山間部道路の見通し不良部や、長大トンネル等、事故発生時の危険性の高い箇所を中心に、画像処理応用道路監視システムの導入が活発に進められてきた。これによって、画像処理応用道路監視システムは、道路の安全向上・道路管理の効率化に資するものとして広く認知され、普及が進んでいる。三菱電機でも独自の画像処理アルゴリズム(図1)と専用ハードウェアを開発し、1998年より画像処理応用道路監視システム“見通し不良部／トンネル部道路監視システム”を事業化し展開を進めてきた<sup>(1)(2)</sup>。さらに、近年では通行台数の計測、車両平均速度の計測等、従来のループコイル式交通流計測装置を代替する機能を、“道路交通状況監視システム”として画像処理技術を用いて実現してきた。

一方、道路管理としては、目視による監視を意図したカメラ設備の導入も進み、カメラ映像を切り替えながら目視してより広域に道路状況を監視できる環境が先行して整備されてきた。これに伴い、目視監視するカメラ映像の数が飛躍的に増大し、効率的な監視が必要となってきた。また、事故などの発生の瞬間をとらえ、状況の分析に役立てたいという要求も強まっている。この要求にこたえる手段として目視用途カメラを活用した画像処理応用道路監視

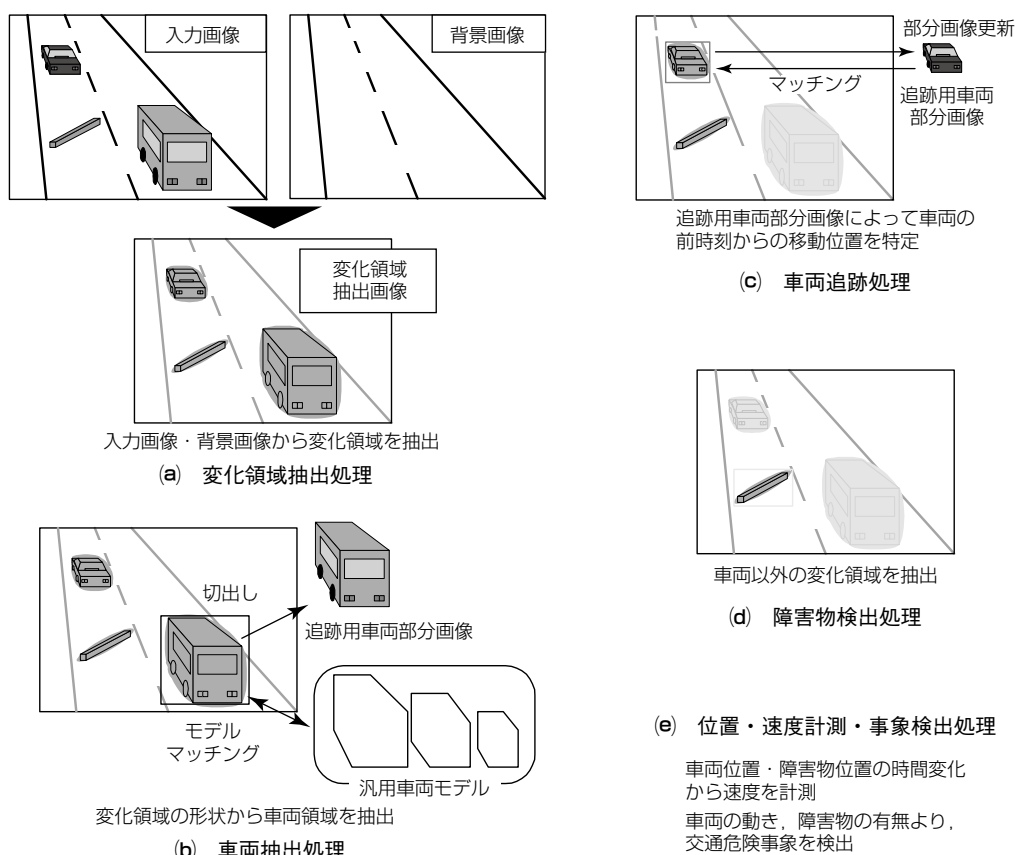


図1. 画像処理アルゴリズム

システムへの期待が強まっている。

さらに、広く配置された目視用途のカメラなどの映像に対して、交通危険事象の検出と交通流計測の機能を同時に実現し、道路全線にわたる情報収集・管理の自動化を進める新たな試みが進められている。

## 2.2 画像処理応用道路監視システム適用拡大の課題

目視用途カメラを活用した画像処理応用道路監視システムへの新たな要望に対応するためには、次の課題を克服する必要がある(表1)。

### 2.2.1 ズーム旋回式カメラ画角復帰位置誤差への対応

これまでの画像処理応用道路監視システムは、画像処理による監視専用で設置された固定式カメラを用いることを前提としてきた。これは、画像処理で車両の抽出のために背景差分手法を用いていることや、車両の位置・移動距離の計測のために三角測量の原理を用いているためであり、カメラの画角のずれはそのまま車両抽出や車両の位置・速度の計測に悪影響を与える。

一方、目視用途カメラは、事故などの発生時に現場付近を拡大して状況を詳細に確認するため、ズーム旋回式のものも多く導入されている。ズーム旋回式カメラの多くにはカメラの向き(偏角・俯角(ふかく))及び画角の広さ(レンズ焦点距離)をあらかじめ設定した位置に戻す“プリセット機能”が設けられているが、この機能によって復帰させたカメラの画角は、カメラの性能に応じ、角度で0.05~0.5度程度までの誤差を含んでいる。

このため、ズーム旋回式カメラの映像で画像処理を行う場合には、次の対応が必要となる。

- ①画像処理による計測対象とするカメラ画角を限定し、カメラのズーム旋回中などほかの画角に対する計測処理を行わず、元の画像処理対象画角に復帰した際に画像処理を再開する。
- ②画像処理対象画角での画像処理再開時、カメラの向き・画角の広さに誤差がある場合はこれを補正する。

### 2.2.2 演算処理負荷の増大

交通危険事象検出は、車両の停止・低速走行・渋滞等の挙動を認識することを目的としている。そのため、約100mにわたるより広い計測範囲を確保し、個々の車両の

挙動の変化や、複数の車両を群としてとらえてその挙動の変化を把握する必要がある。

一方、交通流計測では、個々の車両を切り分けて認識し、通行台数を正確に計数することが求められる。

カメラ映像では、連続して走行する車両が前後方向に重なって映り個々の車両の切り分けが困難となる問題がある。この問題に対応するため、カメラ位置からより近い位置に車両認識エリアを配置し、より高いフレームレートで認識処理を行うことで車両の重なりによる影響を緩和させる必要がある。

このように、交通危険事象検出と交通流計測ではその目的の違いから処理内容が異なり、同時計測時の処理負荷は大幅に増大する。このため、画像処理ハードウェアにはより高い演算性能が必要となる。

### 2.2.3 効率的な映像記録

道路管理では、事故などの発生要因を分析して道路環境の改善策を立案・実践する事後対応が必要となる。この事後の分析・検証作業を行うにあたり、事象発生時の映像を確認することが必要不可欠である。従来、映像記録装置を別途設置して対応してきたが、この手法では映像記録装置を収容するために屋外筐体(きょうたい)を大型化したり、電気室などに設置した映像記録装置で映像記録を行うために大容量の伝送路を用意して処理対象映像を常時転送する必要があり、画像処理応用道路監視システムとしては、効率的な記録を行うことが求められる。

### 2.2.4 屋外分散設置筐体への収容

従来の画像処理応用道路監視システムでは、見通し不良部や、トンネル部等にカメラが局所的に集中配置されていた。このため、画像処理応用道路監視装置は比較的大型の筐体に収容して路側に設置したり、トンネル管理所などの施設内に設置することができた。

しかし、道路沿線の広範囲にわたって配置したカメラの映像に対して画像処理による監視を行う場合、映像伝送のための伝送路敷設が困難な場合もあり、画像処理応用道路監視装置はカメラと同一箇所に分散配置することが求められる。設置に当たっては、施工の面でカメラ柱への取付けが必要とされ、屋外設置に対応した耐環境性及び装置の小型化が不可欠となる。

## 3. 多様な目的に対応した画像処理システムの開発

目視用途などのカメラ映像を用いた道路監視の多目的化に対応するため、新たに画像処理ソフトウェア及び画像処理ハードウェアを開発した。次にその特長を述べる。

### 3.1 画像処理ソフトウェアの開発

#### 3.1.1 ズーム旋回式カメラへの対応

ズーム旋回式カメラの映像に対し画像処理を適用する方法として、次の機能を持つ画像処理ソフトウェアを開発した。

表1. 技術課題と対策

要求項目	課題	対策
ズーム旋回式カメラの活用	画角復帰位置誤差への対応(位置・速度計測精度悪化)	プリセット画角への復帰位置誤差の補正 演算性能の向上
交通危険事象検出・交通流計測の同時対応	演算処理負荷の増大	演算アルゴリズムの改善
交通危険事象発生状況の事後検証	効率的な映像記録	高効率映像圧縮技術の採用
屋外分散設置化	屋外設置筐体への収容(設置工事費用の抑制)	小型化・発熱量低減による屋外設置筐体の小型化

①カメラ管理サーバとの通信機能

ズーム旋回式カメラの動作制御を行うカメラ管理サーバとの通信機能を設け、カメラの画角情報を取得できるようにした。これによって、目視用途のためにカメラのズーム旋回動作をさせた際に画像処理を中断させ、画像処理用プリセット画角に戻った際に画像処理を再開させるよう構成した。

②カメラ画角情報の再計算機能

画像処理用プリセット画角に戻った際、ズーム旋回動作の誤差で、あらかじめ画像処理として設定したカメラ設定情報(カメラ俯角・偏角・レンズ焦点距離情報)に対してわずかな誤差を含む(図2)。この誤差の補正のため、カメラ設定情報の補正処理を開発した。カメラ設定情報の補正処理は次のように行う。

- (1) システム設置時、画像処理用画角でカメラ映像中に複数の参照点を設定する。参照点は映像中の道路構造物など、位置の変化しない特徴的な箇所を複数選択し、その画像中の座標位置、三次元座標位置、及び特徴点周囲の部分画像を記録しておく。
- (2) カメラ管理サーバより画像処理用プリセット画角への復帰情報を受信した際、あらかじめ記録した特徴点周囲の部分画像とのマッチング処理によって、特徴点の画像中での位置誤差を算出する。
- (3) 位置誤差を算出した複数の特徴点につき、特徴点の新たな画像中座標位置及びあらかじめ記録した三次元座標位置情報から、新たなカメラ画角(偏角・俯角・レンズ焦点距離)を再演算する。

この処理を実施しない場合、カメラのプリセット動作によって0.05度の誤差が生じる場合に、約10%の速度計測値誤差を生じるが、これを3%以下に軽減することができた。

3.2 画像処理ハードウェアの開発

3.2.1 複数機能の集約処理に対応する高い演算性能

画像処理を実施する演算素子として、高速マルチコア

DSP(Digital Signal Processor, 3コア・1GHz)を採用し、当社従来機種(シングルコア600MHz×2石搭載)に対し、動作クロック比2.5倍の演算性能を確保した(図3)。

画像処理アルゴリズムの面では、マルチコアDSPを採用することで交通危険事象検出・交通流計測に共通する背景画像生成処理を統合し、コア間での連携動作をさせることで、全体の計算負荷を抑えた。

これによって、従来それぞれ1台の装置を必要としていた交通危険事象検出・交通流計測を同時に1台で処理することを可能とした。

3.2.2 先進の映像符号化技術に対応

画像処理対象の映像の入力方法としては、従来のアナログNTSC(National Television System Committee)形式及び、LAN経由でのMPEG(Moving Picture Experts Group)2形式(MP@ML(Main Profile at Main Level))での入力に標準対応した。さらに、ビデオプロセッサを搭載したDSPを採用することで、先進のH.264形式及びハイビジョン形式(MPEG2, H.264)での映像入力に対応した。

同時に、映像記録のために必要となる機能として、アナログNTSC形式での入力映像をH.264形式で符号化する機能を実装した。これによって、画像処理応用道路監視装置単体で事象検出時の映像を高効率に圧縮・記録ができるようにし、事象発生前後1分間の映像記録を可能とした。

今回開発した方式によって、外部映像記録装置が不要になり、屋外筐体の大型化や、電気室などへの記録用映像の常時転送の問題が解消できる。また、記録映像の高圧縮化によって伝送路の有効活用が可能となる。

3.2.3 装置小型化による屋外路側設置対応

画像処理応用道路監視装置の屋外設置のためには、画像処理ハードウェアを収容する筐体をカメラ設置柱に搭載できるサイズまで小型化する必要がある。そこで、DSP, SDRAM(Synchronous Dynamic Random Access Memory)等の回路素子の集約、削減によって、装置奥行きを従

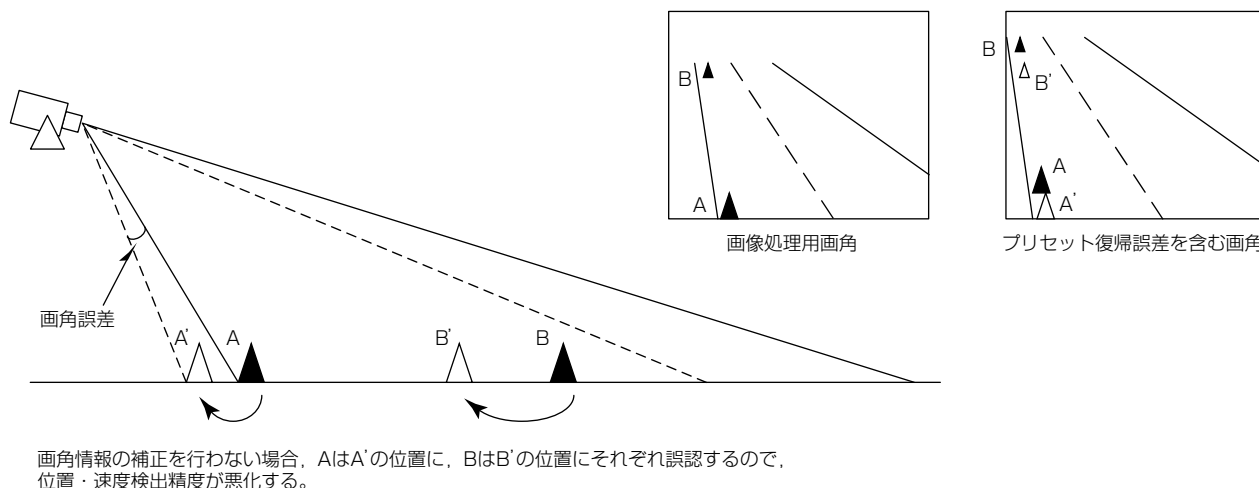
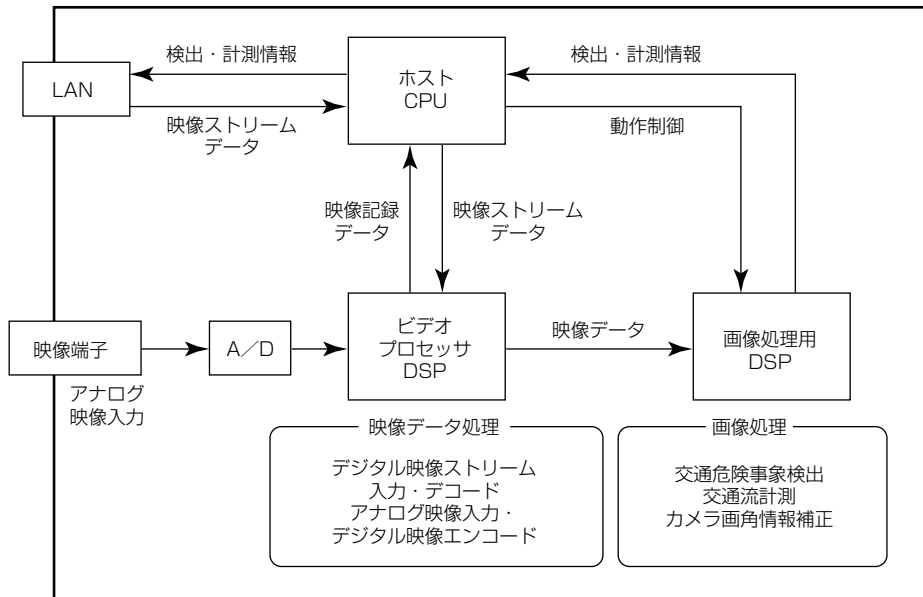


図2. カメラ画角の誤差の影響



CPU : Central Processing Unit  
A/D : Analog/Digital

図3. 多機能集約型画像処理応用道路監視装置のハードウェア構成



図4. 画像処理ハードウェアの外観

来の約470mmから約200mmに小型化した(図4)。あわせて、消費電力量についても交通危険事象検出・交通流計測を同時に実施する条件で従来比60%の削減を実現した。

#### 4. むすび

カメラ映像を用いた道路監視の多目的化に対応し、ズーム回転カメラに対応した画像処理アルゴリズム及び、複数機能の集約処理・先進の映像符号化技術・屋外設置に対応した画像処理ハードウェアを開発し、多機能集約型画像処理応用道路監視装置として製品化した。

今後、更なる市場要求の多様化に対応し、アルゴリズムの改良とハードウェアの高性能化・低価格化を進めていく。

#### 参考文献

- (1) 藤原秀人, ほか: テクスチャ背景差分とシルエットモデルを用いた車両追跡手法, 画像センシングシンポジウムSSII, 17~22 (2000)
- (2) 関真規人, ほか: トンネル監視技術の開発, 画像センシングシンポジウムSSII, 233~238 (2001)