

走行支援道路システム用画像処理装置

Image Processing Equipment for Advanced Cruise-Assist Highway System

倉田 亮一 上田 浩史

■ KURATA Ryoichi ■ UEDA Hirofumi

わが国では次世代ITS（高度道路交通システム）サービスであるスマートウェイの実現に向けて、ITSスポットサービスが開始された。ITSスポットサービスは、道路に設置したITSスポットと呼ぶ路側無線装置と車両に搭載したITSスポット対応車載器との間で高速・大容量通信を行うことにより、広域な道路交通情報や安全運転支援情報を提供する、高度な道路交通サービスである。

東芝は、渋滞や停止車両などの事象を検知して、走行中のドライバーへ安全運転支援情報を提供するための走行支援道路システム（AHS）用画像処理装置を開発し、ITSスポットとともに首都高速道路（株）へ納入した。この装置はベクトル画像処理技術を適用して渋滞や停止車両を検知するもので、今回その検知精度も検証した。

Intelligent transport system (ITS) spot services have been introduced in Japan to realize the next-generation ITS service, the so-called Smartway. ITS spot services provide advanced highway traffic services including wide-area road traffic and safe cruise-assist information by performing high-speed and large-capacity communication between roadside units called ITS spots and onboard units for ITS spots in vehicles.

Toshiba has developed image processing equipment for the Advanced Cruise-Assist Highway System (AHS) applying a vector image processing technology, which detects hazardous events such as traffic congestion and stationary vehicles and provides running vehicles with safe cruise-assist information. We have delivered this equipment to Metropolitan Expressway Co., Ltd. and confirmed its effectiveness in practical use.

1 まえがき

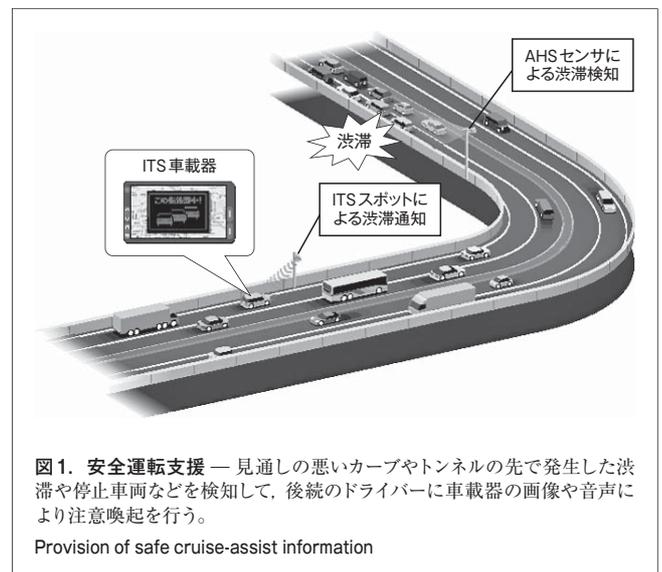
スマートウェイの実現に向けて、ITSスポットサービスが2011年3月から開始された。ITSスポットサービスは、広域な道路交通情報や安全運転支援情報を提供するなどの高度な道路交通サービスである。

東芝は今回、首都高速道路の参宮橋カーブと新宿カーブで発生する渋滞や停止車両などの事象を検知してITSスポットでドライバーに安全運転支援情報を提供するためのAHS用画像処理装置を開発して、ITSスポットサービス用のITSスポットとともに首都高速道路（株）へ納入した。

ここでは、この装置に適用したベクトル画像処理技術とその性能評価の結果について述べる。

2 AHSサービスについて

AHSサービスは、例えば渋滞末尾への追突事故防止やT字路での出会い頭衝突防止など、安全運転を支援するために、道路上の事象を画像処理装置などによって検知し、ITSスポット対応車載器や情報板を通じてドライバーに警告などを行うサービスの総称である。渋滞末尾への追突事故防止を目的としたAHSサービスのイメージを図1に示す。当社は技術研究組合 走行支援道路システム開発機構（2010年3月末に解散）



の発足当初から、AHSの実現に向けて積極的に研究開発や実証実験に参画してきた。

AHSで事象を検知する装置としては、見通しの悪いカーブで発生した渋滞や低速車両などを検出したり、T字路のような見通し不良区間で走行自動車や二輪車、歩行者などを検出したりする道路状況把握装置（道路センサ）や、路面の状態（乾燥、湿潤、積雪、凍結など）を検出する路面状況把握装置（路

面センサ) などがある。

道路センサの代表的なものとしては、可視カメラや赤外カメラによる画像センサと、電波を利用したミリ波センサ、レーザーレーダセンサなどがあるが、道路状況の監視にも使用できることから、可視カメラの映像を利用した道路センサが一般的であり、当社も可視カメラ映像を使用する画像処理装置を開発した。

3 画像処理装置

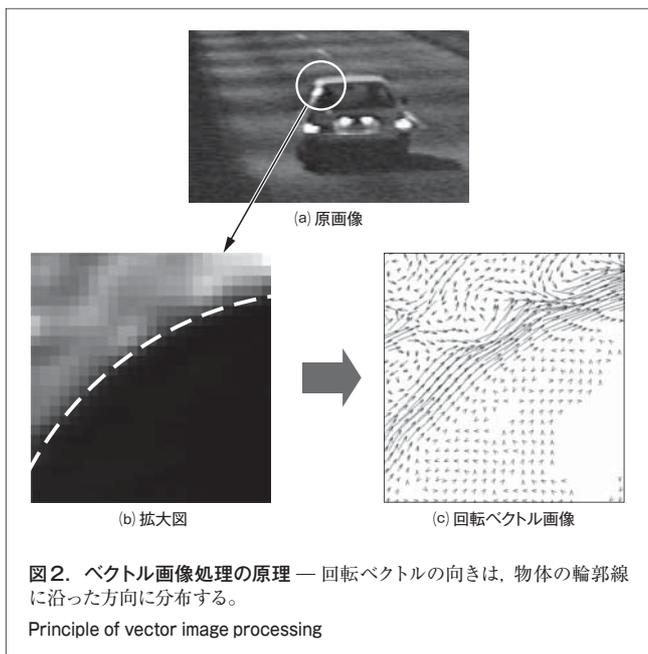
従来の画像処理装置は、カメラから取得した映像から車両を抽出する場合、明るさが大きく変化しているエッジを利用して領域を抽出する手法や、車両が撮影されていない背景だけの画像との明るさを比較し、明るさに変化のある領域を抽出する手法など、画像の明るさだけを利用した方法が用いられてきた。このため、画像の明るさが変化する環境や、コントラストの低い環境などでは、AHSサービスを満足するような検出性能を得ることが困難であった。

そこで当社は、走行車両が移動していることに着目し、カメラで取得した映像から移動している領域を抽出することにより走行車両を検出するベクトル画像処理手法⁽¹⁾と、それを搭載する画像処理装置⁽²⁾を開発してきた(図2)。

3.1 ベクトル画像処理技術

この方式は、明るさが変化している領域の輪郭線に沿って分布し、対象物の輪郭線を明確に捉えることができる回転ベクトルを用いることにより、コントラストの低い映像などでも、画像間で同一の車両を安定して特定することができ、的確に移動体を抽出することができる。

今回、車両の検出範囲を広域化するベクトル画像処理方式



の性能向上を図った。カメラからの距離が遠くなる映像の奥側では、手前側に比べて距離分解能が低いため画像間で車両が動く移動距離が小さく、動きのある領域の判断が難しくなるとともに速度計測の精度が低下するという課題があった。

そこで、カメラからの距離が遠く距離分解能の低い検出範囲でも、安定して移動体を検出する方法と、速度計測精度の低下を抑制する方法について検討した。

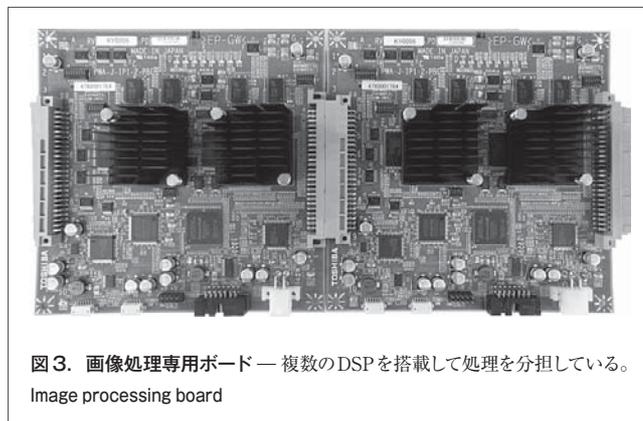
移動体を検出する方法としては、画像間の動きから抽出したフレームごとの領域を画素単位でトラッキングし、その継続性を評価し、連続して動きが検知された領域を車両領域として抽出することにより、検出領域の安定化を図った。

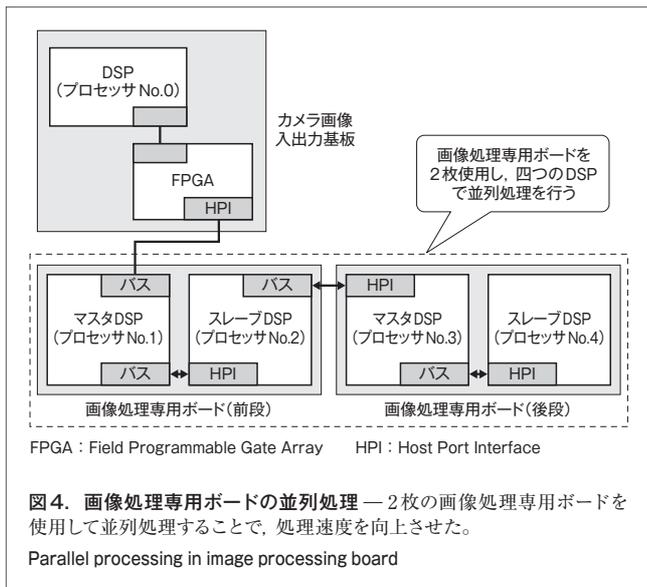
続いて、速度計測の精度低下の抑制方法について述べる。車両速度は、移動時間と移動距離から計測しているので、計測する移動距離を大きくするか、又は、移動距離の位置精度を向上させることで、速度計測の精度を向上させることができる。今回は、計測する移動距離を大きく設定することで、計測精度の低下を抑制する方法について検討した。速度計測を行う移動距離を大きく設定するには、動き検出を行う画像間の時間間隔を広げる方法がもっとも単純であるが、車両の移動距離が大きくなることにより処理演算量が増加し、リアルタイムでの処理が難しくなる。そこで、従来の時間間隔の動き検出に加え、前記処理で検出した移動距離が微細な場合に時間間隔を大きくして再度動き検出を行うことにより、距離分解能が低下することによる速度計測の精度低下の抑制を図った。

3.2 画像処理専用ボード

ベクトル画像処理などの画像処理をするため、DSP (Digital Signal Processor) による画像処理専用ボードを開発した(図3)。

この専用ボードは、同じボードが2枚連結されている。今回のシステム仕様では事象の検出周期は100 ms以内とするよう定められており、画像処理専用ボード単体では達成することが困難であった。そこで、コネクタで画像処理専用ボードを2枚連結し、処理を複数のDSPで分担して行うようプログラムを作成し、処理時間の短縮を行うことで事象の検出周期の仕様を





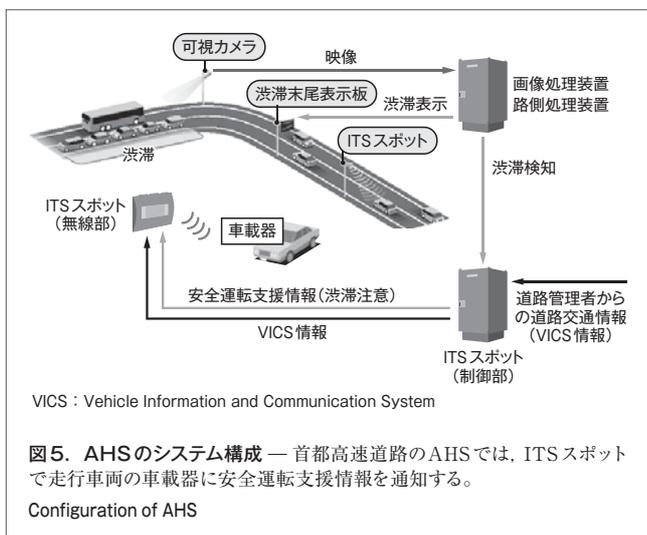
達成した(図4)。また、画像処理専用ボードを3枚、4枚と連結し、更に処理速度を向上させることも可能である。

開発にあたってはまず、アルゴリズムをパソコン(PC)上で動作するソフトウェアを用いて検証を行い、性能確認できた後アルゴリズムをDSPに移植した。

4 首都高速道路のAHS

首都高速道路のAHSは、走行車両の状況を撮像する可視カメラと、その映像データから渋滞や停止車両などの事象を検知するベクトル画像処理装置、その検出結果をITSスポットや渋滞末尾表示板へ伝送する路側処理装置で構成されている(図5)。

今回開発した画像処理装置は、首都高速道路の参宮橋カーブと新宿カーブに設置された。



5 画像処理装置の性能評価

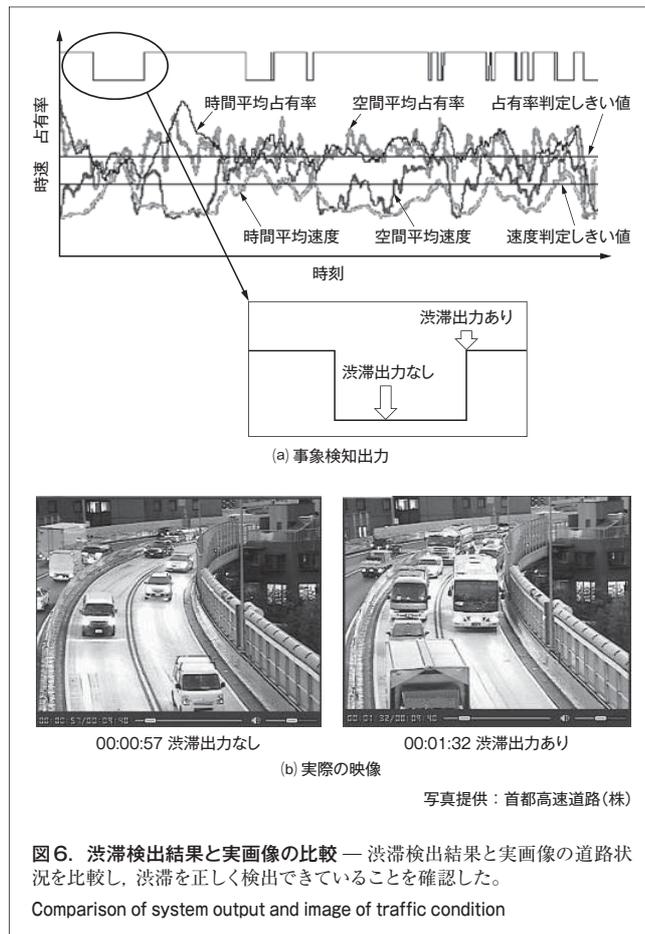
画像処理装置の性能評価として、次の3項目を評価した。

- (1) 事象判定評価
 - (2) 台数計測精度評価
 - (3) PCとDSPの演算精度差による画像処理出力誤差評価
- これらの評価で使用する現地映像は、事前評価用映像収集システムを現地に設置して遠隔操作で収集した。

5.1 事象判定評価

首都高速道路に設置した道路センサでは、可視カメラで撮像した映像から事象を検知するため、この事象検知出力が実際の道路状況に即して行われているか評価する必要がある。

そこでシステムからの事象検知出力をグラフ化したものと実際の映像を比較することで評価を行った。このシステムでは時間ごとに占有率、速度、及び事象を出力している。今回、“渋滞”は、これら占有率と速度から空間平均速度、時間平均速度、空間平均占有率、及び時間平均占有率を算出し、それぞれの値を用いて判定を行っている。空間平均速度と空間平均占有率は車線全体から、時間平均速度と時間平均占有率は車線上に設定した局所領域から出力された速度と占有率の過去数秒における平均値である。図6は、空間平均速度、時間平均



均速度、空間平均占有率、時間平均占有率、速度判定しきい値、占有率判定しきい値、及び事象出力状態を時間ごとにグラフで示したものである。このグラフを用いて、事象出力が行われているタイミングと目視により実映像上で事象が生じているタイミングを突合し、一致していることを確認した。

5.2 台数計測精度評価

今回のAHSサービスの評価指標である台数検知精度として、仕様書には夜間、晴れ、及び自然流の条件下で98%以上と定められていた。そこで、事前評価用映像収集システムで収集した台数計測用基準映像を用いて、目視による台数計測結果と画像処理装置のログとの突合評価を行った。結果は、表1に示すとおり、台数検知精度98%以上を達成した。

5.3 PCとDSPの演算精度差による画像処理出力誤差評価

前述のように、今回のシステム開発では、画像処理のアルゴリズムは開発及び評価をPC上で行い、性能確認後にDSPボードへ移植した。しかし、同じアルゴリズムであってもPC上で動作した結果とDSP上で動作した結果とでは演算の精度に差異が発生する可能性があるため、図7に示すように、PC及びDSPでの画像処理後のデータを用いて画像処理装置の性能上の影響について評価を行った。画像処理アルゴリズムは、入力映像から車両存在位置を画素単位で出力し、車両存在割合を占有率として計算し、事象判定を行う。このしきい値は%値の整数で設定しており、そのため、平均値が小数点未満の誤差であれば性能に影響しないと判断できる。PCとDSPの誤差を70フレームにわたって評価を行い、平均値を求めた。

表1. 台数計測精度評価結果

Results of accuracy evaluation of measurement of number of vehicles

入力映像	車線	台数検知精度 (%)
後方撮像	走行	100
	追越	100
前方撮像	走行	99.7
	追越	99.2



写真提供：首都高速道路(株)

図7. PCとDSPの処理画像の比較 — 入力画像をPCで処理した場合とDSPで処理した場合を比較すると、処理のプラットフォームが異なっても、ほとんど同じ処理結果が得られる。

Comparison of results of image processing by PC and digital signal processor (DSP)

表2. 出力画像における占有率のPCとDSPの誤差
Comparison of processing errors by PC and DSP outputs

判定指標値	PCとDSPの誤差 (%)			
	最小値	最大値	平均値	偏差
平均占有率	0.000	0.12	0.035	0.033

結果は表2に示すように、最大でも0.12%の誤差でほぼ一致したので、PCとDSPの演算精度差による画像処理出力誤差はシステムに影響しないと判断した。

6 あとがき

道路事業の新たな柱として開発を進めてきたベクトル画像処理技術を適用して、今回、首都高速道路での本格的AHSサービス用画像処理装置の開発を完了した。

また、PC上で開発し性能確認したアルゴリズムをDSPボードに移植しても、その性能を満足することを検証できた。

わが国のITSをけん引するITSスポットサービスは、従来からの渋滞情報だけにとどまらず、今後、安全運転支援サービスへの発展が期待されている。

今後は、全国1,600か所に配備されたITSスポットサービス向け画像処理装置の提供や一般道路交差点における安全運転支援システム(DSSS: Driving Safety Support System)への適用、また交通流計測装置や突発事象検出装置などへの適用を推進することで、より安全で安心な道路交通環境の実現に貢献していく。

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) 中川 淳 他. 安全で快適な道路環境の実現に貢献する画像処理装置. 東芝レビュー. 65, 7, 2010, p.45-47.



倉田 亮一 KURATA Ryoichi

社会インフラシステム社 自動車システム統括部 道路システム技術部主務。ITSのエンジニアリング業務に従事。
Automotive Systems Div.



上田 浩史 UEDA Hirofumi

社会インフラシステム社 小向工場 SAハードウェア設計部。道路機器のハードウェア開発・設計に従事。
Komukai Operations