

MPEG-2 映像に対応した画像処理システム

Image Processing System Compatible with MPEG-2 Specifications

木下 晴喜

■ AKINOSHITA Haruki

鈴木 美彦

■ SUZUKI Yoshihiko

東芝は、高速道路や一般道路のトンネル内に設置された監視カメラの映像から、車両の異常走行などを自動的に検出する画像処理システムを開発し、製品化している。通信技術の進歩に伴い、カメラ映像をデジタル伝送する方式が標準となり、ネットワーク上を流れる映像を直接画像処理することが求められるようになってきている。

このような背景から、東芝は新たに MPEG-2 (Moving Picture Experts Group-phase 2) 映像に対応した画像処理システムと、明るさが急激に変化する環境においても 1 枚の画像から安定して車両を抽出可能な画像処理技術を開発した。

Toshiba has developed traffic surveillance systems that automatically detect unusual occurrences by processing images obtained from surveillance cameras installed in tunnels on expressways and other roads. With the progress of communications technology, digital transmission of camera images has become the standard and direct processing of online images is required.

In response to these circumstances, we have now developed a traffic surveillance system that complies with the MPEG-2 specifications, as well as an image processing technology that can stably extract the car region from only one image taken in an environment of continuously changing illuminance.

1 まえがき

事故や故障車両など道路状況の監視は、現状では、道路沿線に設置した監視カメラの映像を、人が常に目視することにより行われている。しかし、近年、光ファイバ網の整備が進み、道路状況の把握に適している監視カメラの数が飛躍的に増加しており、モニタに映し出される映像を、人が常時監視する従来の監視体制は限界を迎えている。特に、閉鎖された空間であるトンネルは、ひとたび事故などが発生すると、大災害へと発展するおそれがあり、確実かつ迅速な監視体制が要求される。

このような背景により、監視カメラの映像から自動的に事故などの通行障害を検知する、画像処理システムの導入が進んでいる。

一方、画像処理装置は、様々な環境条件下での性能の向上や、映像伝送方式のデジタル化 (MPEG-2) への対応などが課題となってきている。

ここでは、これらの課題に対応するために新規に開発した、MPEG-2 映像に対応する画像処理システムと画像処理技術について述べる。

2 画像処理技術

2.1 映像のデジタル化⁽¹⁾

監視カメラの映像を対象とした画像処理では、処理の前段



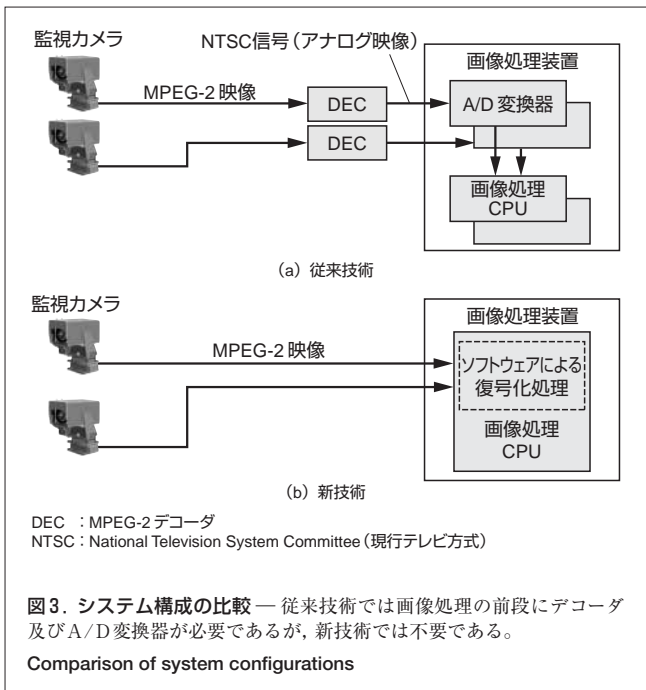
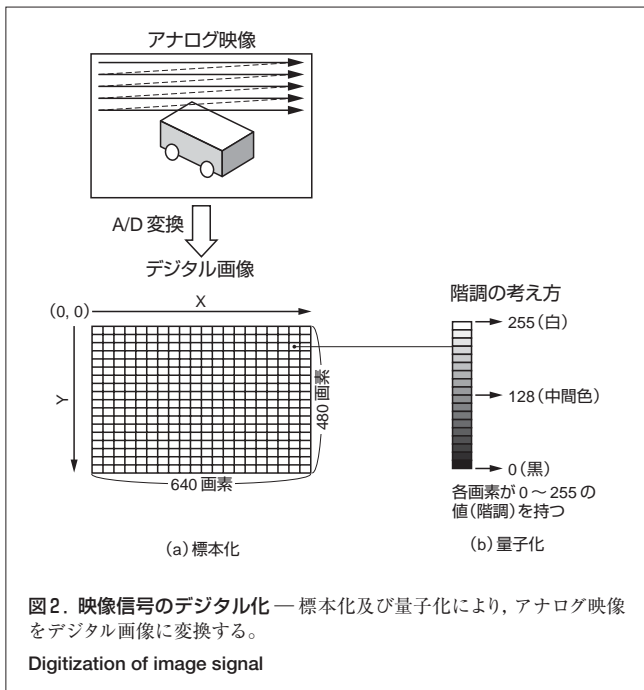
図1. 入力映像例 — トンネル内の監視カメラでとらえた映像である。
Example of input image

で入力映像 (図1) のデジタル化が必要となる。

映像のデジタル化とは、アナログ信号であるカメラの映像をデジタル信号に変換し、更に、濃淡を伴ったモノクロのデジタル画像に変換することである。

アナログ映像をデジタル画像に変換するには、標本化及び量子化処理を行う (図2)。

- (1) 標本化 通常、アナログ映像を 33 ms の間隔で、幅 640 画素 × 高さ 480 画素から成るデジタル画像に変換する。この条件で標本化すると、30 フレーム/s のデジタル画像が生成される。



(2) 量子化 各画素の明るさを256段階で表現した値(256階調)に変換する。256階調とは、黒を0、白を255とし、中間色は明るさに応じて0~255の値をとる。画素が持つ明るさのことを輝度と呼ぶ。

2.2 監視カメラシステムにおける映像の取込み

近年、監視カメラシステムにおいては映像伝送のデジタル化が進んでおり、カメラ映像をMPEG-2のデジタル画像へ符号化し、LAN上で伝送するシステムが一般化してきている。

従来のシステムで画像処理を行うには、デジタル化した画像をいったんアナログ映像へ復号化し、画像処理装置側であらためてデジタル化して処理する方法をとっていた。この方法では、画像処理を行うカメラごとにMPEG-2デコーダとアナログ/デジタル(A/D)変換器が必要で、機器構成が増えることによりコストアップの要因となっていた。

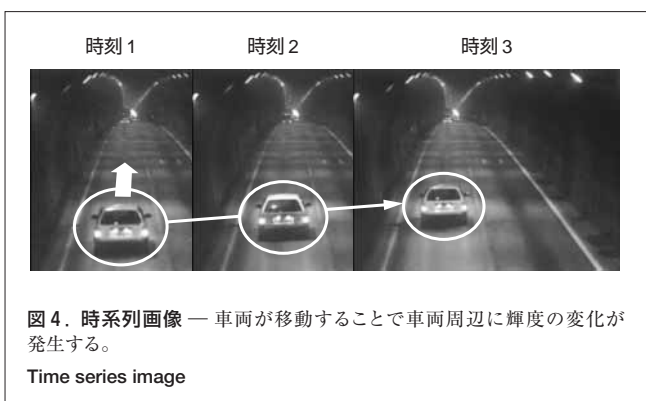
そこで、今回、LAN上を流れるMPEG-2映像を直接受信し、画像処理装置でアナログ処理を介さずにソフトウェアによる復号化処理を行いながら、並行して画像処理を行う装置を開発した。また、新たに開発した画像処理アルゴリズムと最適な負荷制御技術により、2台のカメラ映像をソフトウェアで並列処理することを実現した。その結果、新技術ではハードウェア構成を大幅に削減することができた。

2台のカメラ映像を処理する場合の従来技術及び新技術のシステム構成を図3に示す。

2.3 車両検出の仕組み

画像から車両を検出する仕組みについて説明する。

2.3.1 従来技術⁽²⁾ 従来の画像処理では画像の輝度情報を用い、時系列的な画像において発生する輝度の変化



に着目することで、車両を検出する。時系列画像の例を図4に示す。

次に、画像から車両の位置を検出するための、従来の画像処理アルゴリズムの具体例をいくつか説明する。

代表的な画像処理手法である背景差分と時間差分の処理方法を図5と以下に示す。

- (1) 背景差分処理 道路上に車両が存在しない画像(背景画像)と現在の画像どうして引き算を行い、画像中で輝度差が発生した領域を抽出する。抽出した領域の中で、ある大きさ以上の領域を車両として検出する。なお、背景画像は複数枚の画像から車両の存在しない画像を定期的に作成する。
- (2) 時間差分処理 時間差分処理とは、異なる時刻の2枚の画像どうして引き算を行い、画像中で輝度差が発生した領域を抽出する。抽出した領域の中で、ある大きさ以上の領域を車両として検出する。

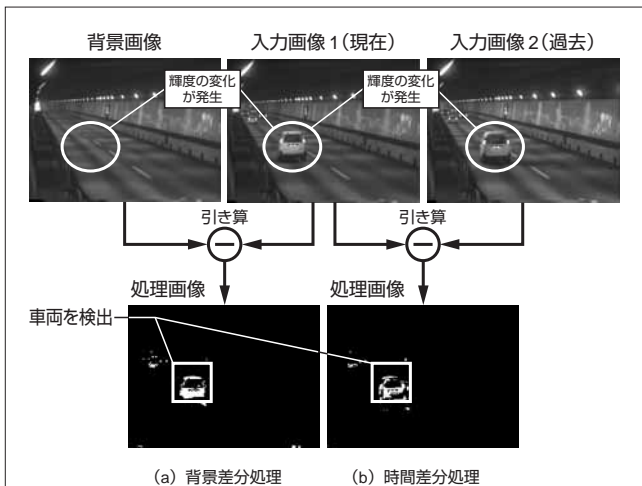


図5. 背景差分処理と時間差分処理 — 現画像と背景画像又は過去の画像を比較することで車両を検出する。

Time difference processing and background difference processing

(3) その他処理 背景差分処理，時間差分処理のほか，画像中で，周囲の画素と比べて輝度が大きく変化している画素を抽出する処理などがある。

なお，これらの従来技術では，どれも環境の違いによる画像処理の調整が非常に煩雑で，かつ，環境変化に対するロバスト性が低く，動きのない静止物の検知に弱いという欠点がある。

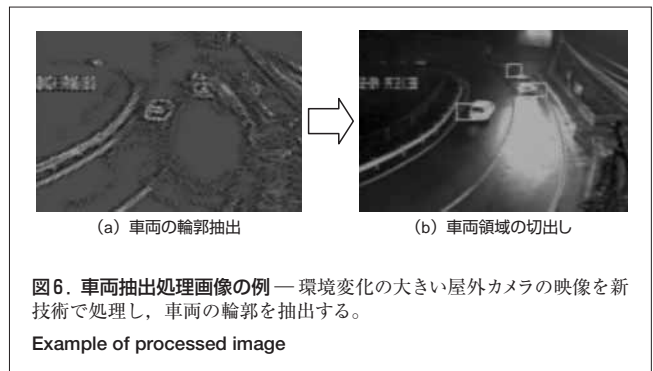
2.3.2 新技術 今回，MPEG-2映像に対応した画像処理技術を開発した。この技術は，MPEG-2映像のソフトウェアによる復号化処理と画像処理アルゴリズムで構成される。

新技術では，従来技術よりもソフトウェアによる復号化処理の計算負荷が増大することから，処理レートを低減しながら，検出性能を確保する画像処理アルゴリズムを開発した。従来技術では連続画像がなければ物体を抽出することができなかったが，今回開発した画像処理アルゴリズムは，Iピクチャ(一定間隔で符号化される基準となる画像)のような1枚の画像から車両などの対象物を検知できることを特徴としている。

更に，新たに開発した動的負荷制御技術により処理負荷を軽減した結果，1台のCPUで複数のMPEG-2映像の並列処理が可能となった。この技術は，処理レートを動的に変えることにより全体の処理負荷を抑制することができる。

新技術では，画像中の輝度の特徴から車両などの輪郭部分を抽出する特殊な演算を行うことで，環境変化に対して従来よりもロバスト性が高い特徴がある。

処理結果の画像例を図6に示す。新技術は，環境の異なる屋外やトンネル内，天候の変化など様々なシーンに対して，ほとんど調整することなく，安定かつ一定の性能を発揮する。



また，1枚の画像から車両の有無を判定するため，静止物に対する検知性能が従来技術よりも向上している。

図6の例は，ヘッドライトが路面に強く反射しているシーンであるが，従来の処理だとこのような路面反射が画像全体の輝度を一時的に大きく変化させるため，過去の画像との差分をとる方式では正常に検出することが難しかった。一方，新技術では，過去の画像との差分をとるのではなく，1枚1枚の画像ごとに，その画像の特徴から対象物を検出するため，時系列的に輝度が大きく変化するこのような画像でも，ほとんど影響を受けない。

2.4 新技術の性能検証

2.4.1 性能比較 今回開発した画像処理アルゴリズムの性能を，従来技術との比較試験により検証し，従来技術よりロバスト性が向上しているほか，監視可能距離など基本的な性能が向上していることを確認した。その検証結果を表1に示す。

2.4.2 課題 新技術は，従来技術と比較して基本性能の向上，ハードウェア構成の削減によるコストダウン，及び実装効率向上など様々なメリットがあり，更に，今後，次の点

| Verification results | | | |
|-------------------------|---|-----------------------|--------------------------------------|
| 項目 | 方法 | 検証結果 | |
| | | 新技術 | 従来技術 |
| 交通量の変化による車両捕捉(ほそく)率への影響 | トンネル監視カメラの映像で，画像処理による車両の捕捉状況を検証 | 交通量の変化による影響少 | 交通量の変化による車両捕捉率の変動大(混雑時は車両が重なり，精度が低下) |
| ロバスト性 | 1カメラでパラメータ調整後，異なるカメラ環境で試験を実施し，車両の捕捉状況を検証。屋外及びトンネル内のカメラが検証対象 | 正常検出が可能(パラメータの再調整は不要) | 正常検出が不可能(パラメータの再調整が必要) |
| 監視可能距離(m) | トンネル監視カメラの映像で，車両の検出距離を検証 | 約150 | 約120 |

を改善していく予定である。

- (1) 検出性能の向上
- (2) 処理レートの高高速化と安定化 1台のCPUで3台以上のカメラ映像を同時処理

3 適用システム

監視カメラ映像を画像処理することによって得られる情報は、道路管理者の監視支援や、道路利用者への情報提供などに利用されている。

画像処理を利用したシステムの事例について、以下に述べる。

3.1 監視支援システム

通常、監視カメラシステムにおいては、限られた人員で監視業務を行っている。また、監視モニタの設置にも限界があるため、複数台のカメラ映像を一定周期で切り替えながら監視モニタに表示している。

トンネルの場合、防災上の理由で、火災センサや押ボタン通報装置といった設備が備え付けられているケースがあるが、これらの設備が起動すると警報を発生すると同時に、自動的に該当箇所の監視カメラ映像に切り替える非常連動システムが導入されている。

画像処理による突発事象検出においても、突発事象を検出した該当カメラの映像に自動的に切り替え、警報を発生するシステムが構築されている。

3.2 情報提供設備との連携

画像処理による突発事象の検出結果は、監視カメラシステムとの連携のほか、情報板などの情報提供設備と連携して直接ドライバーへ情報を提供するシステムにも利用されている。

トンネル内での事故及び、見通しの悪いカーブでの対向車両の検知や前方車両の停止など、二次災害や事故を防止するため、情報板と連携して画像処理結果に基づく注意喚起を行っている。

4 あとがき

道路監視を対象とした画像処理システムは、精度の向上とともに、今後、導入件数が増えるものと予想される。

ここでは、車両検出を目的とした画像処理技術及びシステムについて述べた。画像処理技術は、監視目的や環境の違いなどにより様々な技術が開発されている。今後は、今回開発した画像処理技術の性能向上と、この技術を応用した新たなシステムの開発を進めていく。

文献

- (1) 谷内田正彦, ほか. コンピュータビジョン. 東京, 丸善, 1990, 276p.
- (2) 鈴木美彦, ほか. “対面通行道路における停止車両検出”. 2004年度ITS研究会論文集, 104, 325. 東京, 2004-09, 電子情報通信学会, p.5-10.



木下 晴喜 KINOSHITA Haruki

社会システム社 社会システム事業部 通信システム技術部 主務。画像処理システムの商品企画, システム提案業務に従事。

Infrastructure System Div.



鈴木 美彦 SUZUKI Yoshihiko

電力システム社 電力・社会システム技術開発センター 制御・ネットワークシステム開発部主務。道路監視向け画像処理アルゴリズムの開発に従事。技術士(情報工学部門)。

Power & Industrial Systems Research & Development Center