道路監視システムへの画像処理技術の応用

武笠　稔(むかさ　みのる)　紺野　章子(こんの　あきこ)　外山　公一(とやま　こういち)

1 まえがき

道路交通事故による死亡事故は日本全国で毎年1万人にも及び，道路の整備とともに事故が発生したときの早急な対応や二次災害の防止などが課題となっている。

このため，主要な箇所にはITV（Industrial Television）カメラが設置され24時間体制で監視が行われている。しかし，人間がITV画面を監視する業務には限界があり，画像処理による一次検出が望まれている。こうした状況をふまえて，画像処理による道路安全監視システムの開発を行っているので概要を紹介する。また，道路のトンネルにおいては排ガスや霧などによる視界の低下が直接事故に結びつくため，煙霧透過率計（VI計）による透過率測定が行われ，透過率の低下があれば，排気ファンを駆動して煙霧の除去が行われている。画像処理による透過率測定装置の開発内容についても併せて紹介する。

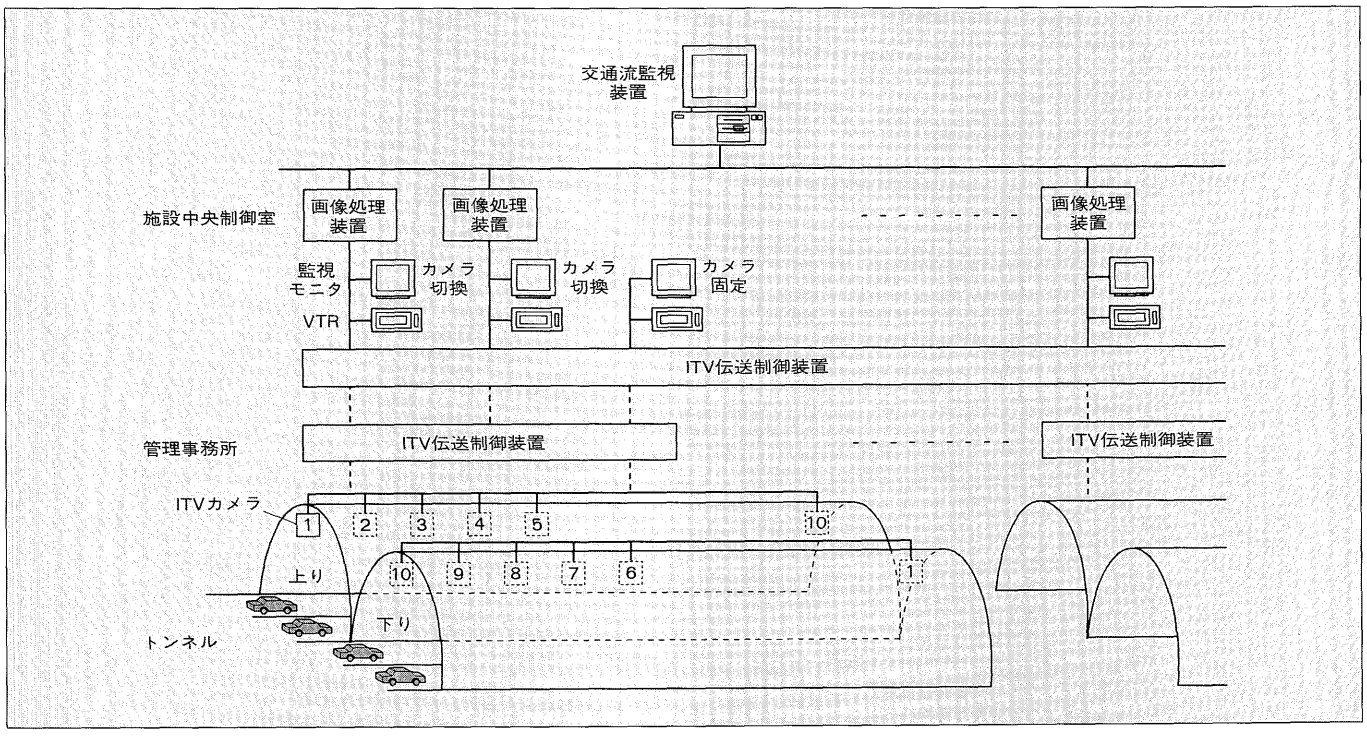
2 道路安全監視システム

2.1 システムの概要

道路設備のなかでも特に高速道路のトンネルにはITVカメラが一定間隔で設置されている。ここでは，トンネル内の安全監視システムの例を説明する。

図1は上下各トンネル内に一定間隔で設置されているITVカメラの映像を施設中央制御室の監視モニタで監視している従来システムにトンネルごとに画像処理装置を付加したものである。本システムは従来設備をそのまま使用し，監視モニタの画像を直接取り込むため導入コストを低く抑えることができる。また，画像処理装置はITVカメラの切換時間（約3秒間）内で画像処理を行う。

図1　道路安全監視システムの構成例



武笠　稔

画像処理応用システムの開発に従事。現在，富士ファコム制御(株)システム本部ソリューション技術部担当課長。

紺野　章子

画像処理・パターン認識アルゴリズムの研究開発に従事。現在，(株)富士電機総合研究所情報通信研究所画像処理グループ副主任研究員。

外山　公一

画像処理装置の開発・設計に従事。現在，東京工場特機・FA機器部主任。

図2　交通流監視画面例

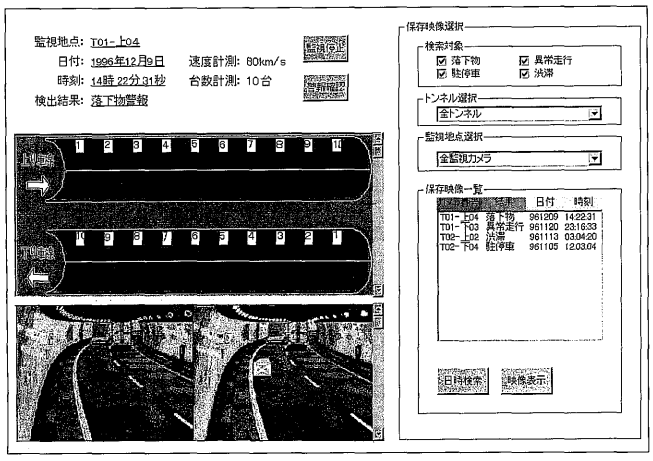
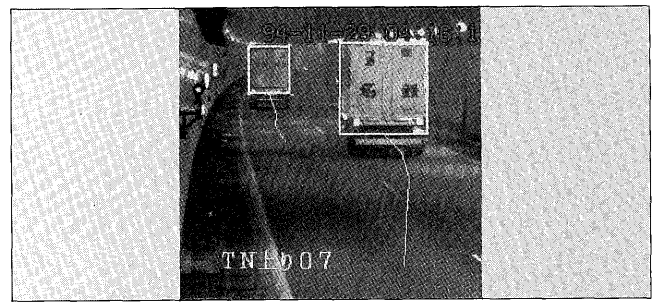


図3　異常走行検知例



2.2　画像処理機能

画像処理装置では移動体を抽出・追跡し速度と方向を検出して台数・速度計測，異常走行検出を行い，静止領域を抽出して渋滞検出，落下物検出を行う。トンネル内ではカメラの設置位置が低いため，大型トラックなどがカメラ前を走行すると検出性能が十分に取れない場合があり，現在，実現に向けてシミュレーションを行っている段階である。

2.3　交通流状態表示機能

各トンネルの状態は交通流監視装置に表示される。**図2**は状態表示画面であり，現在監視しているトンネル番号とカメラ番号，異常時の検出結果が表示される。また，台数と速度の計測結果が表示される。監視員は異常が検出された場合に固定の監視モニタによって詳細な状況を把握することができる。

2.4　画像記録機能

異常が発生した場合は，対象画像を記録する必要があるため，画像を圧縮してサイクリックにハードディスクに書き込み，事後に検索することができる。また，記録間隔の設定ができる。

2.5　画像検索機能

ハードディスクに記録された画像を発生時刻順，事象分類順に表示することができる。**図2**の表示は落下物（イメージ図）を検出したときの保存画像を検索した例である。左が正常時，右が異常発生時の例である。

3　道路安全監視アルゴリズム

3.1　台数・速度計測

車両の抽出を行う場合，連続するフレーム間の時間差分画像を作成し，移動領域を抽出して2値画像に変換後，近接する変化領域をまとめ，各領域の形状の特徴量を求めて車両形状モデルとの類似度の判定を行う方式としている。次に各領域の移動量を算出し速度計測の演算を行う。この場合，トンネルの曲率や遠近の換算を行っている。台数は移動体の数を判定し，速度は各移動体の平均速度を算出している。

3.2　異常走行検知

車両の単位時間あたりの移動方向の変化を演算して検出する。特に走行車線を変更しているか抽出することができる。

図3に異常走行を検出した例を示す。手前のトラックが短時間に移動方向を変えているのが捕らえられている。

3.3　落下物・停車車両検知

各フレームの積分画像を作成することによって静止している領域のみを抽出することができる。これと基準画像との差分画像を作成し，静止領域の大きさ・形状を判定して落下物または停車車両を検出する。静止領域の大きさも車両と同様，画面上の位置により画面上の大きさを実際のトンネル内のサイズに換算して判定を行う。

4　道路安全監視システムの課題

トンネルを除く道路設備では屋外環境にITVカメラが設置されているが，日照や気象，季節などによる画像上の変化が大きいため一般に画像処理による検知は困難である。また，トンネルにおいても出入口付近の照明は幻惑を防止するために外部との照度が調整され状態が一定でない。

このような条件のなかで画像処理による監視を行う場合，誤報防止技術が重要になる。今回の画像処理アルゴリズムは移動体追跡技術を基本にしており，ロバスト性を保つように工夫しているが，今後，画像だけではなく他の情報を加味した総合判断による監視技術が必要となる。

5　画像による透過率測定

5.1　概　要

VI計は，トンネル内の空気の汚れを透過率として計測し，トンネル換気設備や遠方監視制御装置などに対して，効果的な換気制御に必要な信号を送出するセンサである。

今回，富士電機の画像処理技術をベースに，VI計を開発したので，ここに紹介する。

図4　VI計の設置例

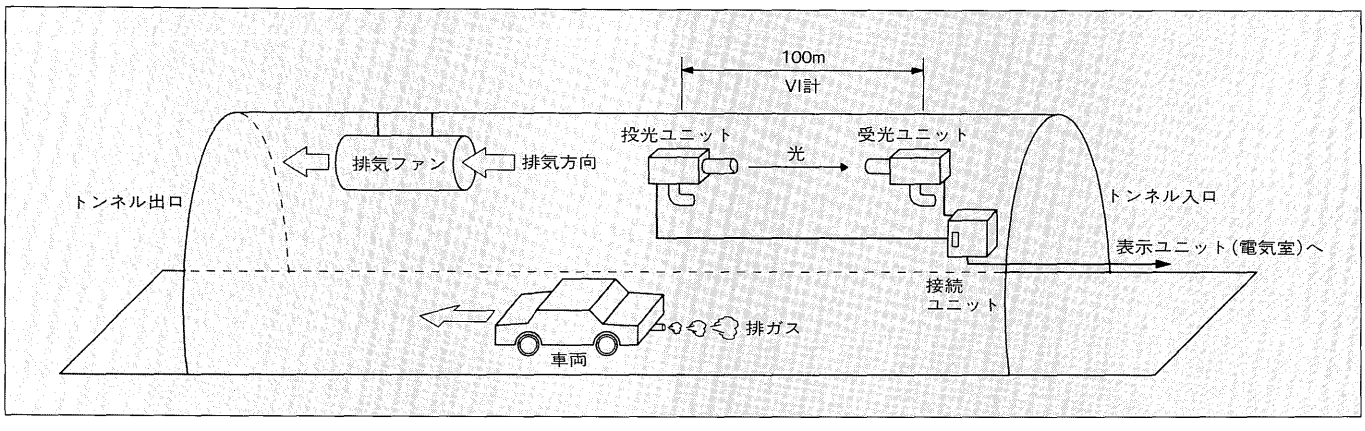


図5　投受光ユニットの外観

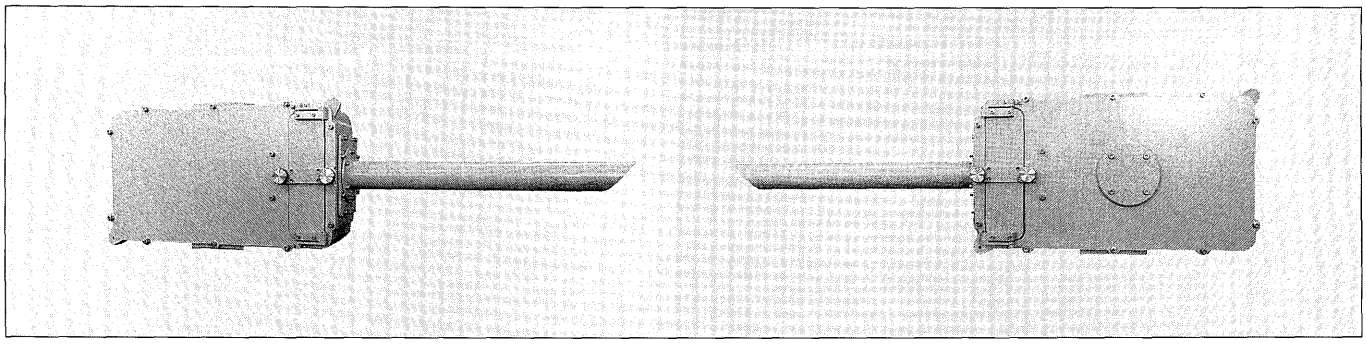
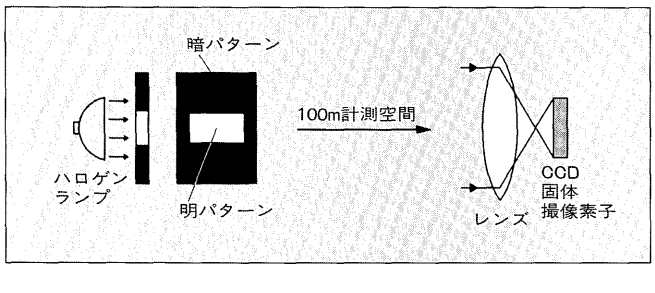


図6　VI計の撮像方式



5.2　構　成

VI計は，投光ユニットから発せられる光学パターンを100m離れた位置にある受光ユニットで読み取り，その光の減衰量から100m透過率を算出する。

主な構成要素としては，投光ユニット，受光ユニット，接続ユニットおよび表示ユニットがあり，**図4**にその設置例を示す。投光・受光の各ユニットは，対向する位置となるようにトンネル壁面へ専用架台により取り付けられる。接続ユニットについても，トンネル内の壁面に設置される。表示ユニットは，電気室内の制御盤に設置されて，計測された透過率を表示するとともに，別置されるトンネル換気制御装置に対して，透過率データを中継する。

トンネル内の車両の通行が増加してばい煙などが充満すると，視界が低下してくる。VI計は，100m透過率を常時検出しており，透過率が定められた値を下回ると換気制御装置がそれを検知して，視界が回復するまで排気ファンを運転し，トンネル内の換気を行う。

このような動作によって，トンネル内の視界が自動的に維持されるので，不必要に排気ファンを運転することはなく，安全かつ経済的な運用を実現できる。

投受光ユニットの外観を**図5**に示す。トンネル内に設置する性格上，十分な防じん対策がなされている。各機器に取り付けられているパイプは，投光窓および受光窓へのばい煙の侵入を抑制するための防じん筒である。

5.3　特　長

受光ユニットに内蔵されたCCD（Charge Coupled Device）カメラにより，光学パターンを読み取り，透過率演算処理を行う。光学系が人間の視覚系に近い構成となっており，光の二次元的広がりに対応した透過率が算出できる（**図6**）。

(1)　光軸ずれ補正・透過率測定

大型車の通過に伴う振動や経年的な光軸ずれを補正するため，光学パターンの位置を画像処理により絶えず演算して，自動的に検出する。検出された位置に基づいて光学パターンの透過レベルを算出する。位置ずれが大となり，正常に動作できなくなると外部へ警報を出力する。

(2)　外乱変動対策

トンネル内には各種照明や表示板，車両のヘッドライトなどの光の外乱要因が存在する。これら外乱光による突発的な変動の影響を受けないように，安定した透過率算出を可能とする機能を備えている。

(3)　距離補正

実際のトンネルではカーブなどの設置上の制約があり，

表1　VI計の主な仕様

項　目	仕　様
測定方式	パターン画像処理方式
測定距離	標準100m（30～99m設定可能）
測定範囲	透過率0～100%
精　度	±2%（FS）
応答速度	10秒以内
パターン光源	ハロゲンランプ（安定化制御付き）
受光素子	CCD
光学窓校正	自　動
光軸ずれ補正	自　動（パターン追尾）
外乱除去機能	あ　り
透過率出力	4～20mA
警報出力	各　種
所要電源	AC100Vまたは200V単相

100mの見通し距離が取れない場合がある。このため，短距離となっても，あらかじめ設定を行えば100m換算透過率を出力することができる。

(4)　光学窓校正

トンネル内のばい煙による汚れが光学窓に付着して透過光量が低下し，透過率が低めに算出されないよう自動的にフィルタを制御して，光学窓を常にクリーンな状態に保つ。

(5)　保守性

投受光ユニット間での光学パターンの撮像状態，光軸状況などは，現場でテレビモニタを接続することにより，容易に確認することができる。また，ランプなどの消耗品の交換時期を外部へ出力している。

VI計の主な仕様を**表1**に示す。

5.4　画像処理

CCDカメラにより撮像された光学パターンの画像は，接続ユニットに内蔵される計測ユニットに入力され，濃淡レベルに応じてディジタル画像に変換される。画像入力後，外乱変動を避けて画面内の光学パターンの位置を識別し，パターンの透過レベルを検出し，校正時の100%透過率光量を基準として，その時点の透過率を算出する。算出された透過率は，4～20mA出力として外部へ出力される。

6　あとがき

道路設備のなかで特にトンネルにおいては事故回避のための工夫が行われているが，コスト削減用に画像処理技術が期待されている。今後とも，新技術を取り入れながら期待にこたえるべく研究開発を進めていきたい。

参考文献

(1)　Shinkai, K. : Research of Human Safety Monitoring System in the Expressway Area, 2nd International Conference on Safety in Road and Real Tunnels. (1995)

(2)　井藤義行ほか：画像処理を用いたトンネル内交通流監視システムの研究，ドーシス・レビュー（1996）

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。