

画像処理を用いた工事中接近警戒自動監視システム

松本 三千緒

本システムは、パソコン、PHS、CCDカメラ、画像処理回路などの機器、および画像認識、通信ソフトウェアで構成されている。そして、施工場所にて監視カメラの画像分析を行い、侵入物の形状、移動方向、速度などが指定された設定値を超えると、警報・警戒灯の点滅と同時に、付近の PHS に警戒信号を発信する。これらの処理は独自開発の動画像認識プログラムと通信制御プログラムにより行われる。本技術を適用した九州新幹線川内川橋梁は、隣接の在来線（JR 鹿児島本線）と離隔距離約 10 m の位置で工事を行う必要から、重機や吊り荷などが在来線に接近することのないよう、安全を最優先するシステムが要求された。そこで、本システムを現場に導入し運用した結果、接近警戒の自動化と施工の安全化を図ることができた。

キーワード：鉄道、自動監視、PHS、CCD カメラ、画像認識

1. はじめに

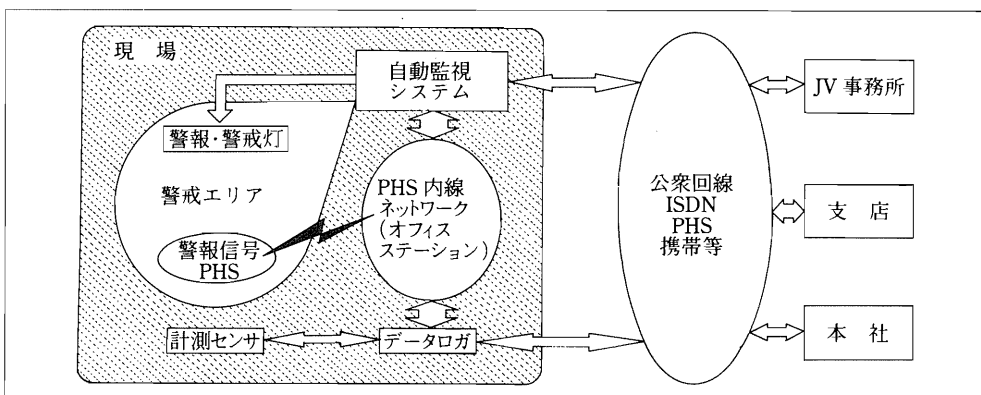
近年、CG や画像認識など様々な分野で画像関連技術の応用が進んでいる。特に、画像認識においてはコンピュータ処理の高速度化、記憶メディアの大容量化、低コスト化などに伴い、以前では実現が難しいとされていた様々な発想を低コストで短期間に実現できる見通しがついてきた。

また、コンピュータ技術の進歩とともに、ネットワークなどデータ伝送技術にも大きな進歩が見られ、ISDN、ADSL をはじめ、無線 LAN や Bluetooth などユビキタス的な利用形態を目指して応用が進められている。

本システムは、このような画像認識技術、ネットワーク技術を利用することで、建設現場での自動監視および施工データの収集を省設備、低コストで実現したものである。以下、システム概要および橋梁工事での実施例について報告する。

2. システムの全体構成

本システムは、警戒エリアへの異常接近を画像認識し、警報処理を行う自動監視システムと警報データおよび現場に設置されたセンサなどの計測データを伝送する PHS ネットワーク（内線・公衆）を中心に構成されている（図—1 参照）。



図—1 システムの全体構成

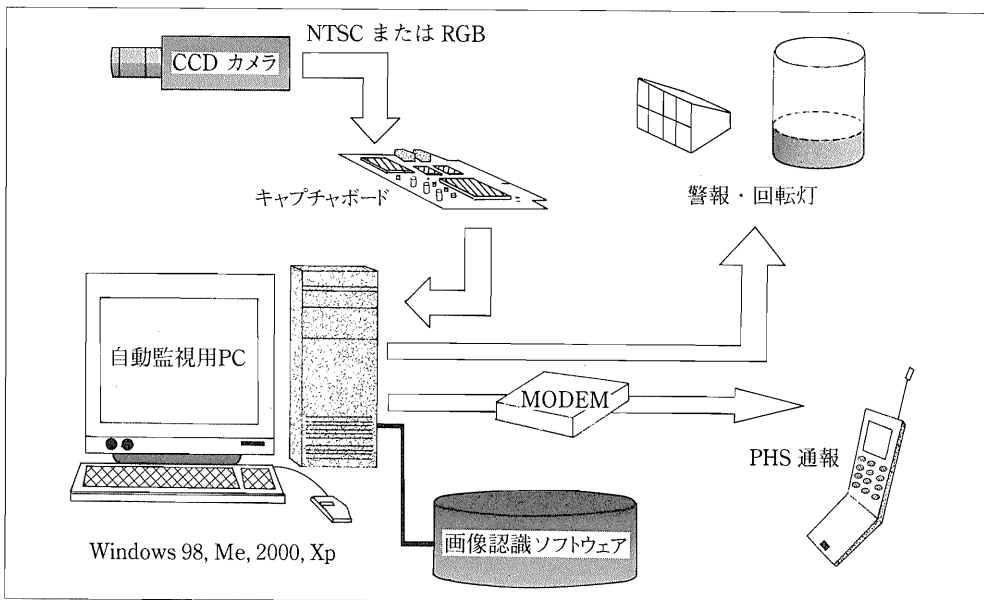


図-2 自動監視システムの構成

(1) PHS ネットワーク

PHS 公衆ネットワークは、施工現場とJV事務所、支店、本社間など広域でのデータ通信を行うものであり、PHS 内線ネットワークはOS（オフィスステーション）を中心に半径約200mのエリア内でデータ通信を行うもので、公衆・内線の2段階構成をとった。PHS 内線ネットワークの利用で、

- ① PHS 公衆アンテナの占有時間最小化と誤接続の防止（他のPHS一般ユーザへの配慮と秘匿）、
 - ② 内線モードにより常時接続を可能にする（通話料金がかからない）、
- などの効果が期待できる。

(2) 自動監視システム

狭隘な施工場所や立ち入り禁止区域などでの重機・吊り荷の侵入を防止することを目指したものであり、画像認識により異常が検出された場合、警報を鳴動すると同時にPHSに警報信号を送信するようになっている。このような機能を加えた理由は、

- ① 運転席のオペレータから警戒灯が見えない、
- ② 施工時の騒音で警報が聞こえない、
- ③ 警戒領域が複数ある場合に、どれに対する

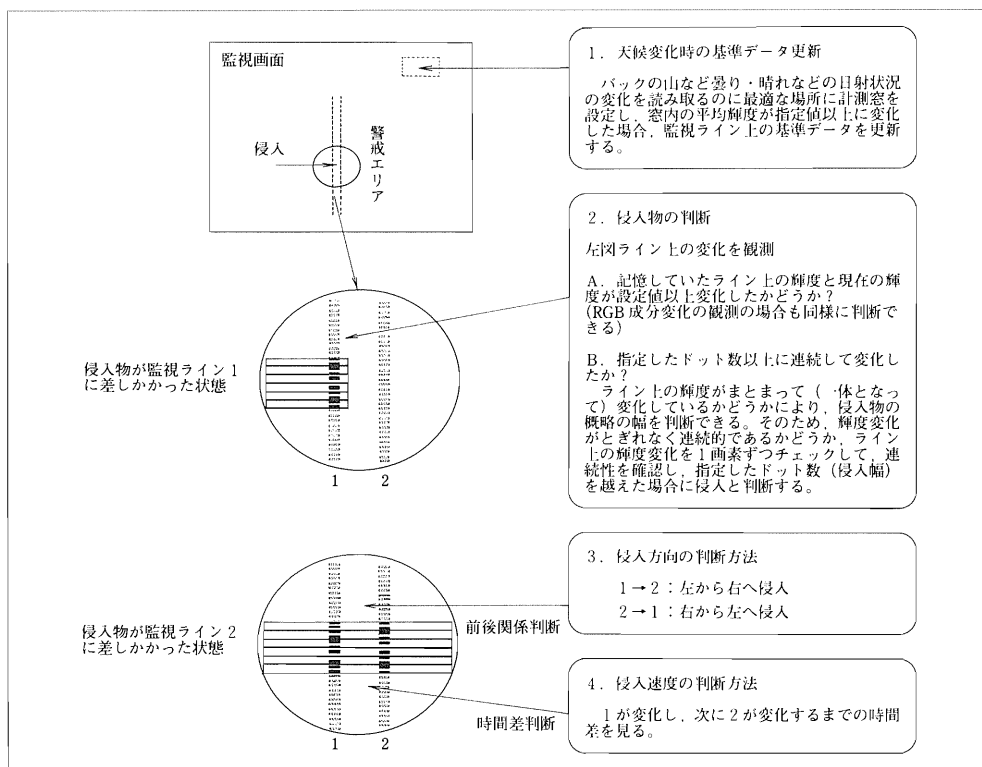
警報か区別できない、
などの場合を考慮したものであり、PHSにイヤホンを着着することで、騒音の中でも警戒内容に応じて個別に警報を発することができる。

3. 自動監視システムと画像認識方法

本システムは、監視カメラ、パソコン、キャプチャ回路、PHS機器、および画像認識ソフトウェアで構成されている（図-2参照）。また、画像認識ソフトウェアは以下の点に留意し開発を行った。

- ① 画面内に警戒領域を自由に複数設定できる。
 - ② 領域毎にパラメータを個別設定できる。
 - ③ 警戒領域毎に警報動作を設定できる。
 - ④ 単なる画像比較ではなく、侵入物の大きさ、移動方向、移動速度を検出する。
 - ⑤ 天候の影響を極力低減する（雨、霧など）。
 - ⑥ 画像認識から警報までの短時間化。
- ①、②、③は使用者（係員）の操作を簡便化するため、マウスでの描画的な設定方法とした。
- ④は警戒ライン（領域）を2つ設定することで移動方向、移動速度を検出する。図-3に侵入物判断方法の概要を示す。

図-3では、警戒ライン上の輝度がまとまって



図—3 侵入物判断方法の概要

（一体となって）変化しているかどうかにより、侵入物の概略の幅を判断できる。そのため、輝度変化がとぎれなく連続的であるかどうか、ライン上を1画素ずつチェックし、連続性を確認する。指定したドット数（侵入幅）を越えた場合に侵入と判断する。

⑤の天候の影響を低減する方法としては、天候監視ウィンドウや変化部分の連続性判断により晴れ、曇りの検出や画像ノイズとの区別などを行っている。

⑥については画像処理時間+制御時間+警報機器の初動時間となるため、PHSへの発信動作などを含め、最短時間で動作するように工夫した。

4. 現場での実施例

本システムを適用した橋梁工事の例を示す。この現場では、施工場所が在来線（JR本線）と約10mの距離で工事を行う必要があり、安全を最優先する方法が望まれていた。そこで、警戒エリアへの侵入物体の自動検知を目的に本システムを

表—1 適用したシステムの仕様

警戒範囲設定	位置、形状、個数などをマウスにより自由に設定可能
監視サイクル	1/30秒以下（NTSC信号のタイミングに同期）
検出項目	侵入方向、速さ、大きさ
警報出力方式	リレー接点、PHS発信
PC対応機種	Windows 98, Me, 2000, Xp
画像入力	NTSC, RGBなど
その他の機能	画像平均化、天候監視など

適用した（表—1参照）。

監視カメラは、在来線と施工場所の中間位置（警戒位置）に設置し、パソコンおよびキャプチャ回路、警報器、PHS機器等は近傍のガードマンBOX内に設置した。また、PHS子機はクレーンのオペレータや監視員が所持することとし、警報発生と同時に作業を中止できる体制をとった。

また、これらの警戒情報と埋設計器などのデータ収集にはPHS公衆回線を利用したネットワークを用いて、現場事務所、本社などから施工情報の収集が行えるようにした。

図—4に施工場所の全体イメージを、図—5に施工場所での監視エリアの現況とシステム稼働状況を示す。

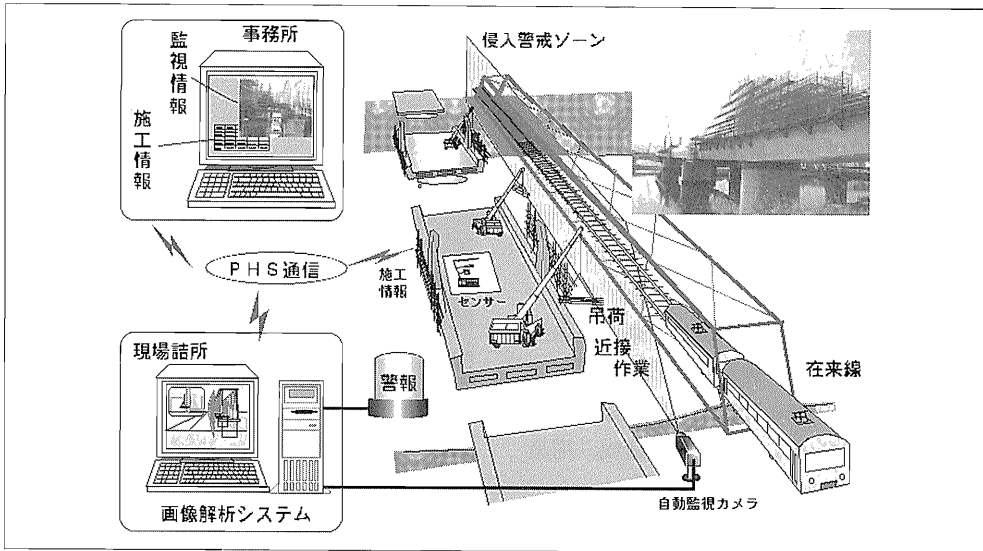


図-4 施工場所の全体イメージ

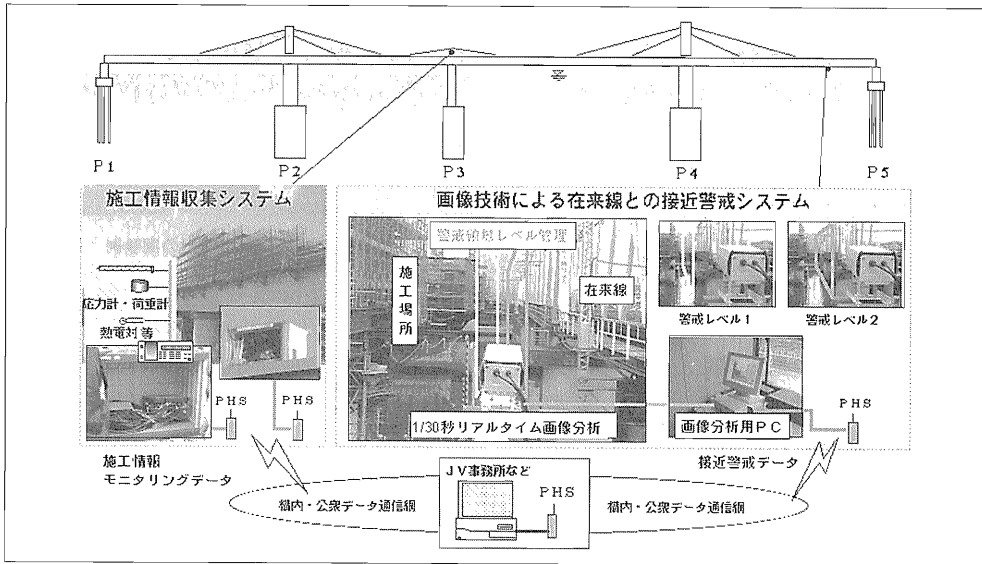


図-5 自動監視エリアの現況

5. 本システムの効果

本システムを現場で試行した結果、以下の効果を確認できた。

- ① カメラを設置するだけで警戒エリアへの侵入を判断でき、手間がかからない。
- ② 画面内で警戒エリアは幾つでも設定できるため警戒個所が増えても安価ですむ。
- ③ 侵入物の判断が短時間にできる（高速監視

1/30秒で処理できる）。

- ④ 日射の変化など侵入物以外の要因で変化する状況を除外出来る。
- ⑤ 監視窓を複数重ねて、警戒ランク（A, B, C）を付けることができる。
- ⑥ 監視窓を複数重ねることにより、移動物体の早さも判定可能。
- ⑦ 輝度識別に RGB 識別を付加すれば、特定色だけを警戒することも出来る。
- ⑧ 現場のカメラ映像を有線・無線で伝送する

ことで、遠隔集中監視が可能。

このように、本システムで検証された技術は、接近警戒のみならず施工場所での様々な情報収集の応用可能性を示しており、以下にその応用例、実験例を示す。

6. 車両通過ゲートへの応用

このような画像認識の応用として、車両通過検出への応用が考えられる。前述の手法を拡張することで、物体の侵入方向、通過速度、物体形状などの認識、検出が可能となる。掘削や造成、構築などの作業とそれらを結ぶ車両の搬入出ルートからなる現場（図-6 参照）では、監視員による車両のチェックや通過台数の確認が行われている。これを自動化する場合、現地にセンサなどを設置するのが一般的であるが、工事の進行に合わせ、走行ルートも変更するケースが多い。

このような時、画像内に指定した映像監視スリットで通過車両を検出し、速度、形状などを判断できれば、ルート変更などにフレキシブルに対応できるシステムを作ることができる。

図-7には実際の現場でダンプの速度検出を行ったときの様子を示す。画像で白枠は、ダンプの位置で1mに相当する幅を持つスリットであり、このスリット左にダンプ先端が進入した時刻と右端に達した時刻から、ダンプの走行方向、速度を知ることが可能である。

また、図-8のようにスリット内の変化部分の画像をスリット幅と速度、および背景画像との関



図-7 速度検出の実験例

係（クロマキー的手法）を考慮して短冊状につなぎ合わせれば、通過物体のみの抽出画像を得ることが可能である。

この面積や長さ、高さから車種や人などの相違を自動判定することも可能である。しかし現実には、施工フィールド特有の、

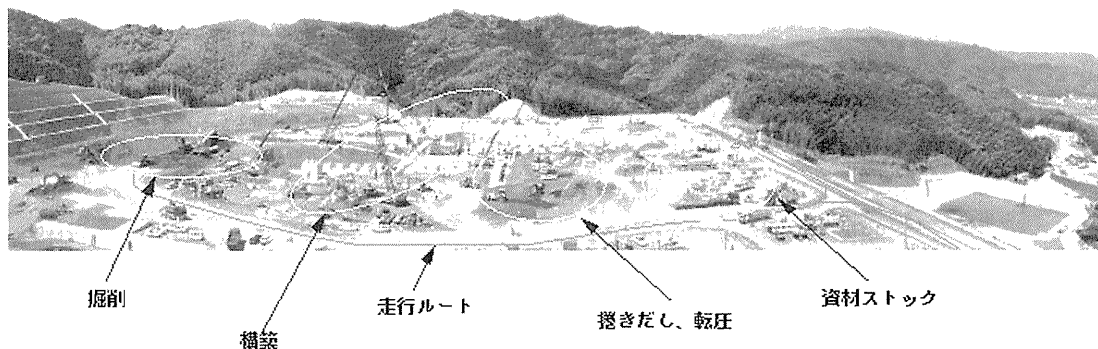


図-6 現場の全体イメージ

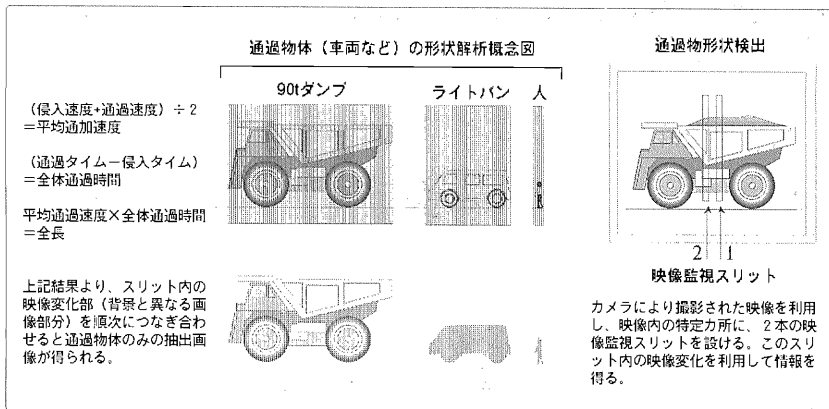


図-8 通過物体の映像抽出

- ・画像ノイズの処理
- ・影などの誤判断の処理
- ・カメラ解像度と対象エリアの限界
- ・天候など環境の影響
- ・対象速度の分析限界

などについて、研究すべき課題は多いものと考えられる。

7. まとめと今後の課題

画像認識技術は、前述の車両走行管理や本報文で紹介した接近警戒自動化システム以外にも様々な応用分野が考えられる。また、CCDカメラの

高解像度化やコンピュータの高速化、低価格化も急激に進む中で、さらに高度な画像認識や画像処理の可能性も出てきた。

今後は、現場のニーズと最新の画像技術の調査・研究を進めながら、画像応用システムの展開を図っていきたいと考えている。

J C M A

【筆者紹介】

松本 三千緒 (まつもと みちお)
大成建設株式会社
技術センター
土木技術開発部



建設機械図鑑

本書は、日本建設機械要覧のダイジェスト版として、写真・図版を主体に最近の建設機械をわかりやすく解説したものです。建設事業に携わる方々、建設施工法を学ばれる方々そして一般の方々と、建設事業に関心のある方々のための参考書です。

A4判 102頁 オールカラー 本体価格2,500円 送料600円

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8(機械振興会館) Tel.03-3433-1501 Fax.03-3432-0289