

CCTV画像を用いた危険事象検知システムの低コスト化

金澤文彦* 鈴木彰一** 田中良寛*** 佐治秀剛****

1. はじめに

国土交通省では、落石、法面崩壊、越波、路面凍結等の監視を行うため、全国の約9,000箇所にCCTVを設置している。国土技術政策総合研究所では、これらのCCTVを効果的・効率的に活用するため、安全運転支援システムの研究開発にあわせ、CCTV画像を用いた停止車両や避走車両等を自動検知する「危険事象データ収集装置」や路面上の凍結や湿潤等を自動検知する「路面状況データ収集装置」の開発・実用化を行ってきた¹⁾。

本稿では、過去の取り組みを踏まえつつ、CCTV画像を用いた危険事象検知システムのコスト面の問題に着目し、システムの低コスト化の検討を行った結果、低コスト化したシステムの模擬環境下および実環境下での検証結果について報告する。

2. 低コスト化対策の検討

2.1 文献調査、道路管理者へのヒアリング調査

CCTV画像を用いた危険事象検知システムについて、最新の技術的動向、導入状況を幅広く把握

するため、既往文献の調査および導入している道路管理者へのヒアリング調査を行った。得られた情報については、①画像収集（撮影）、②画像伝送、③画像処理、④システム構成に分類し整理した。調査結果の一例を表-1に示す。

2.2 低コスト化対策の検討

表-1に示した危険事象検知システムの技術的動向および導入状況から、システム低コスト化の手法に関する検討を行った。

2.2.1 処理方式による低コスト化検討

既設の危険事象検知システムにおいては、路側での個別処理（1カメラに画像処理部1基）により検知処理を行っていたため、多くの画像処理部が必要となり、カメラ1台あたりのコストが高くなっている。また、国土交通省では、道路管理用に光回線を整備済みであり、カメラのIP化が進んでいる。それに伴い、IP化されたカメラによる事象検知を既に行っている国道事務所もあり、その運用実績から、画像エンコード/デコードによる画像低下や、タイムラグについて運用上の支障がないことが確認されている。

表-1 文献調査、道路管理者へのヒアリング調査結果

分野	画像収集(撮影)	画像伝送	画像処理	システム構成
文献調査	・道路管理分野では、既設のCCTVを活用して事象検知システムを構築するケースも増えている。 ²⁾ ・近年では、デジタル画像として記録する傾向となっており、道路管理分野においてもデジタル画像による集中管理の方向性となっている。	・通信技術の進歩に伴って、光ファイバー網の整備が進み、また監視カメラの数も飛躍的に増加してきていることから、カメラ映像をデジタル画像へ符号化し、LAN上で伝送する方式が標準的となってきている。	・ベクトル画像処理方式では、画像の明るさの変化や低いコントラストに対しても適切に車両を検知することができるようになってきている。 ³⁾	・複数のカメラ映像を一定周期で切り替えながら画像処理を行うシステムなど、中央局に処理装置を配置し、集中管理を行う事例も出てきている。 ⁴⁾
道路管理者へのヒアリング調査	・既設の旋回式カメラを運用している国道事務所では、画像処理用のプリセット位置は必ずしも道路状況の監視用に向かないと評価している。	・IP化されたカメラのデジタル画像をエンコード/デコードして画像処理している国道事務所では、画像処理装置と50～60km離れた自動車専用道路の映像を国道事務所ネットワーク経由で取得しているが、人が感じられるようなタイムラグは生じていないと評価している。	・コスト削減のため、4カメラを1つの画像処理部で処理している国道事務所があり、トンネル監視に利用されている。 ・既設カメラを使用している箇所では、自動車専用道路の明かり部で夜間に誤検知がある。	・現行のシステムは非汎用部分(ソフトウェア等)の初期投資が大きいため結果的にメーカーが固定される。

A Study on low-cost hazard detection system using CCTV image

そのため、光回線を用い、多くのカメラ画像を事象判定・検知対象とする集中処理を実施すると、画像処理部の必要台数が大幅に削減でき、危険事象検知システムを低コスト化できる可能性が大きいことが確認できた。

2.2.2 機器構成による低コスト化検討

既設の危険事象検知システムでは、画像処理部や事象判定部等、各処理部は専用基板上で動作しているため、システム全体として、非汎用であり、システム導入における初期投資が大きくなり、結果的にメーカーが固定されていた。

既存の各処理部について、ソフト（機能）とハード（装置）を分離させ、汎用サーバ上^[1]で、同様の処理を行うことができれば、危険事象検知システム導入の低コストを図ることができる。またメンテナンスやカメラの追加等による機能改修時においても、コストの低下を期待できる。

2.3 集中処理システムによる低コスト化

低コスト化対策の検討結果から、画像処理や事象判定を、汎用サーバ上で集中処理させるシステム（以下、「集中処理システム」という。）を構築することで、コストを大幅に削減できることが確認できた。そこで、集中処理システムへの適用が効果的と考えられるクラウドコンピューティング技術を参考に、多数のCCTV画像をインターネット回線等で集約し、リアルタイムで大量集中処理・情報提供等を行うためのシステム構成の検討を行った。

具体的には、危険事象検知システムの各機能に対し、「ハードウェア」、「ソフトウェア」、「利用回線」等の観点で集中化の効果の有無を整理し、検知精度、リアルタイム性を担保した構成の「検知精度重視型」、画像処理部等の各処理部のハードウェアを1箇所にとりまとめて集約した構成の「機器集中型」および機能の集中を重視した構成の「機能集中化重視型」のシステム構成案(図-1)を作成した。

各構成案について「機能拡張性」、「検知精度・リアルタイム性」、「移行容易性・実現性」、「機密性」、「安定性」、「運用容易性」、「集中度」、「経済性」といった項目で比較検討した結果、「機能集中化重視型」の集中処理システムは、対応するCCTVのカメラ数を増やすことで費用対効果が高くなり、低コスト化、集中化への大きな効果が期待できることが明らかになった。

3. 実験用集中処理システムの検証

3.1 模擬環境下での検証

2.の検討結果を踏まえ、「機能集中化重視型」の実験用集中処理システムを汎用サーバの仮想環境^[2]上に構築し、模擬環境下における検証を行った。

模擬環境システムの構築イメージを図-2に示す。既存の危険事象検知システムは、ハード依存型で、ソフトウェア（画像処理）とハードウェア（専用基板）が一体となっており、カメラ毎に専用基板

構成案	【構成案1】検知精度重視型	【構成案2】機器集中型	【構成案3】機能集中化重視型
概要	検知精度、リアルタイム性を担保した構成。	画像処理部等の各処理部のハードウェアを1箇所に集約した構成。	機能の集中化を重視した構成。
概略イメージ			
特徴	各カメラについて、常時即時事象検知、即時事象提供が可能。	1つの画像処理部で1つのカメラ画像を処理する。常時事象検知が可能。	1つの画像処理部で複数のカメラ画像を処理する。常時事象検知が困難。
集中化の範囲	事象判定機能のみの集中化。	機能は集中せず、機器を集中化。	画像抽出・事象検出・事象判定等、すべての処理を集中化。
メリット	高い検知精度、リアルタイム性を確保。	各カメラに対応した画像処理部が存在するため、常時監視が可能。	機器数の低減によるコスト削減。追加カメラに柔軟に対応できる高い拡張性。
デメリット	集中化につながる要素が少ない。	伝送路の制約からリアルタイム性(即時事象検知)の確保が困難。	伝送路の制約からリアルタイム性(即時事象検知)の確保が困難。全て集中化するため、処理スペックを要する。

図-1 集中処理システム構成案

が必要であった。そこで、1台のハードウェア上にあたかも複数台のハードウェアが存在するように動作させることができる仮想化技術を用いて、汎用サーバ上に仮想環境を構築し、危険事象検知システムの集中化を行った。これにより、ハードウェア更新・増設時の低コスト化やCCTVカメラの増設が容易となる。

本実験では、汎用サーバ上の仮想環境に、既存の危険事象検知システムである現行システムの画像処理部および事象判定部と同様の処理が可能なソフトウェア、その他2種類の事象検知・判定ソフトウェアが稼働するシステム構成とした。

構築した模擬環境システムを用いて、複数の試験画像による危険事象検知処理を行い、以下に示す内容の検証を実施した。

- (1) 画像処理に必要な汎用サーバの基本性能の検証（現行システムと同等の処理に必要な仕様）
- (2) 汎用サーバの仕様と同時処理可能カメラ数の相関関係の検証
- (3) 異なる画像処理ソフトウェアが同時稼働した場合の処理性能に対する影響有無の検証

検証結果を表-2に示す。

3.2 実環境下での検証

3.1の模擬環境下における検証結果を踏まえ、図-3に示すような構成の実験用集中処理システムを国道事務所に構築し、実際に運用されているCCTVのリアルタイム映像（ストリーミング画像）を用いて、以下に示す検証を実施した。

- (1) ストリーミング画像を用いた実環境での画像の処理性能の検証
- (2) 同時に画像処理が可能なカメラの台数の検証
- (3) CCTVカメラが画像解析用のプリセット位置にあるか否かを通知することによる誤報防止機能の有効性検証
- (4) 異なる画像処理ソフトウェアが同時稼働した場合の処理性能に対する影響有無の検証
- (5) サーバ負荷に対する影響要因（気象・交通）の検証

検証結果を表-3に示す。

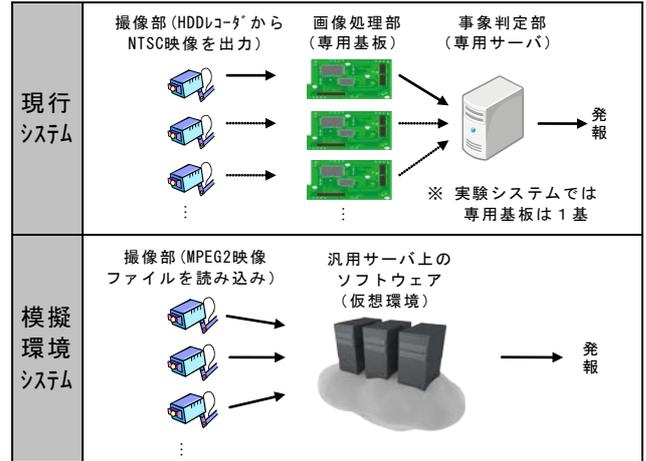


図-2 模擬環境システムの構築イメージ

表-2 模擬環境の検証結果

No.	検証結果
1	現行システムと同等の処理に必要な1サーバあたりの仮想環境スペックは、CPUが2.26GHz、メモリが1GB
2	仮想環境の汎用サーバ上で、30台分のカメラ画像を同時処理しても、互いの処理に影響を及ぼさない。
3	異なる画像処理ソフトウェアを同時稼働した場合でも、互いの処理には影響を及ぼさない。

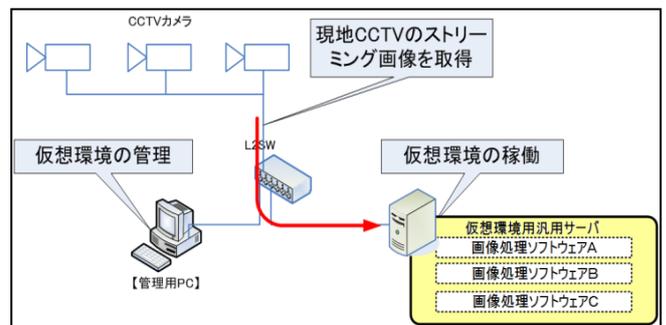


図-3 実環境システムの構成イメージ

表-3 実環境における検証結果

No.	検証結果
1	現地環境（ストリーミング画像）でも実現可能であることを確認
2	実験用汎用サーバ1台で29台のカメラを同時に処理可能、また29台の同時稼働時においても、処理性能の変化がないことを確認。
3	プリセット通知機能が誤報防止に有効であることを確認。
4	現地環境においても、異なる画像処理ソフトウェアを同時稼働しても互いの処理に影響を及ぼさない。
5	天候・車両台数に変化があっても処理能力に変化は生じない。

検証結果から実環境下において使用されているCCTVのリアルタイム映像（ストリーミング画像）を用いても危険事象検知を実現できることが確認された。一例として、図-4に1フレーム当たりに必要な処理時間について、画像の同時処理を行うカメラの台数を変更した場合の、比較結果を示す。図-4より、複数のカメラ画像の同時処理を行ったとしても、危険事象検知の処理速度に影響はないことが分かる。

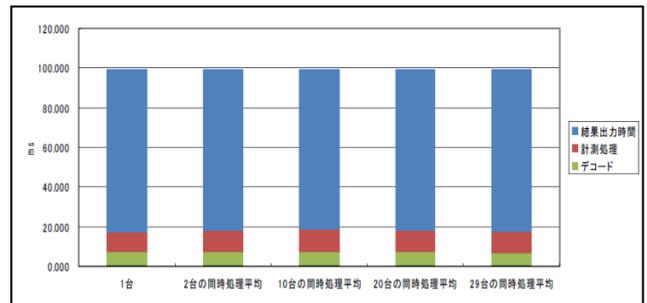


図-4 複数台同時処理時の処理速度

4. まとめ

これまで専用基板によって行っていたCCTV画像を用いた危険事象検知について、汎用サーバ上に仮想環境を構築するシステムでも、現行の危険事象検知と同様の水準で検知が可能であることを実証した。また仮想環境によるシステムの集中化を行うことにより危険事象検知システムの導入・更新時に低コスト化が可能なシステム構成を示すことができた。

今後は、システム導入時の検査や品質確保のために、危険事象検知システムの標準試験法等を開発することが必要と考えている。

注釈

- [1] ある処理のために、専用に制作されたサーバではなく、様々な処理を用いることができる汎用性が高いサーバのこと。
- [2] 1台のサーバにあたかも複数台のサーバ（コンピュータ）であるかのように論理的に分割した環境。別々のOSやアプリケーションソフトを動作させることが可能。

参考文献

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所：AHS画像処理センサーを活用した道路管理業務の現状と展望、交通工学 /2007、No.3、Vol.3、2007.
- 2) 警視庁：警察が設置する街頭防犯カメラシステムに関する研究会最終とりまとめ（案）、<http://www.npa.go.jp/safetylife/seianki8/7th_siryou_2.pdf>
- 3) 中川淳、相川徹郎：安全で快適な道路環境の実現に貢献する画像処理装置、Vol.65、No.7、pp.45、2010. <http://www.toshiba.co.jp/tech/review/2010/07/65_07pdf/f05.pdf>
- 4) 国土交通省中部地方整備局中部技術事務所：道路管理業務支援システムの調査研究 多カメラ対応画像処理装置の開発、平成16年度技術管理業務の概要、No.6、2005. <<http://www.cbr.mlit.go.jp/chugi/kanri/project2005/pdf/6.pdf>>

金澤文彦*



国土交通省国土技術政策総合研究所高度情報化研究センター高度道路交通システム研究室長
Fumihiko KANAZAWA

鈴木彰一**



国土交通省国土技術政策総合研究所高度情報化研究センター高度道路交通システム研究室 主任研究官
Shoichi SUZUKI

田中良寛***



国土交通省国土技術政策総合研究所高度情報化研究センター高度道路交通システム研究室 研究官
Yoshihiro TANAKA

佐治秀剛****



国土交通省国土技術政策総合研究所高度情報化研究センター高度道路交通システム研究室 交流研究員
Hidetaka SAJI