

広域監視ソリューション

広瀬高久*
桑原茂樹*
田辺慎二**

Wide - Area Surveillance Solution

Takahisa Hirose, Shigeki Kuwahara, Shinji Tanabe

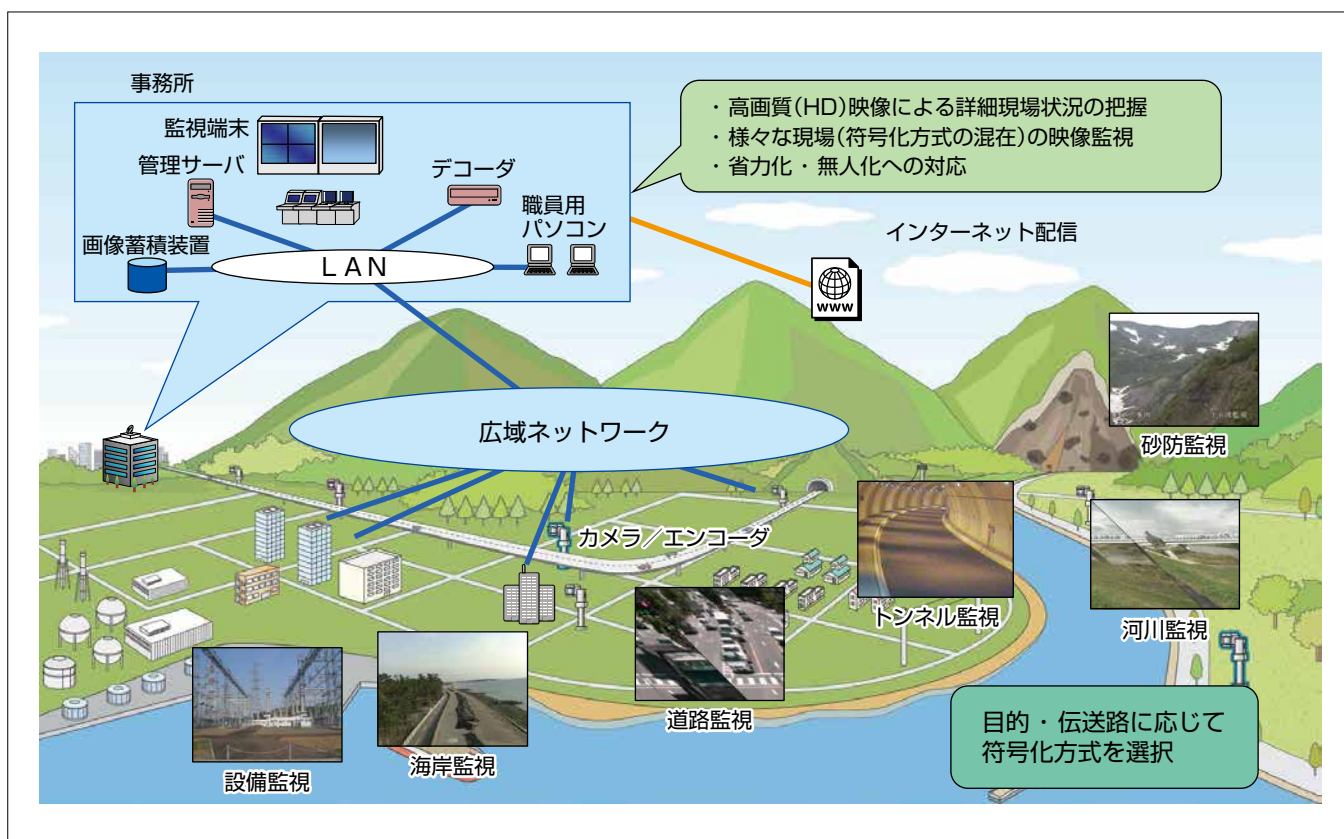
要旨

広域監視システムは主に国土交通省や地方自治体が整備する河川や道路に設置され、“防災・減災”を目的として災害の抑制、災害発生時の状況・状態をリアルタイムに把握するため広範囲の管理エリア内に設置されたカメラ映像を集中監視するシステムで運用されている。また、有料道路での交通状況の監視、電力設備、水処理施設等様々な設備の維持管理用途でも導入されている。

これらは昼夜を問わず、台風や地震などの自然災害発生時でも監視できることが重要であるため、高感度・高倍率・高速旋回の耐環境型カメラ装置を始め、遠隔地へ高品質

画像を送るためのエンコーダ/デコーダ、画像蓄積装置、管理サーバ等でシステムを構成している。

三菱電機では、単なる映像監視ではなく整備されたカメラをセンサとして利用し、画像解析処理技術で映像から監視に必要な情報を提供することによる監視運用支援の実現、3Dレーザスキャナで収集する3D点群データを基にした三次元監視やAR(Augmented Reality：拡張現実)を使用した監視支援表示の提供、超広角画像補正技術を使用して広範囲を撮影することによる監視効率向上など、新たなアイテムを取り入れた広域監視ソリューションを展開している。



広域監視ソリューション

広域監視ソリューションは“防災・減災”を目的として社会インフラ監視のために河川、海岸、道路(トンネル)に設置されるほか、電力設備、水処理設備等に設置され、監視運用を支援するために用途に応じた様々な機能を提供している。

1. ま え が き

広域監視システムは、主に国土交通省や地方自治体が整備する河川や道路に設置され、“防災・減災”を目的とした監視運用に使用されている。また、有料道路の交通状況、SA(Service Area)／PA(Parking Area)の状況やインターチェンジのレーン監視等のほか、電力設備、水処理設備、港湾施設等、様々な監視用途に使用され、設備維持や災害発生時の状況をリアルタイムに監視することで、社会インフラの維持に貢献している。これらの監視では、昼夜、災害時にかかわらず安定して監視できることが重要であるため、耐環境性を持つとともに監視用途に合わせた製品をラインアップし、各製品を組み合わせることでシステム構築を行っている。

本稿では、広域監視システムと三菱電機の監視カメラ装置の特長について述べるとともに、三菱電機が手掛ける広域監視システムの代表的な応用例でのカメラ装置の特長と監視支援機能について述べる。

2. 広域監視システムと三菱電機の監視カメラ装置の特長

広域監視システムでは、夜間や悪天候時でも監視が行える高性能なカメラ仕様が求められている。また、多数のカメラ装置が設置される中で、映像による監視だけではなく、監視映像を利用した情報提供や効率的な監視運用などの要求が高まってきている。これらの状況から、三菱電機では監視映像を利用した画像解析技術を用い、カメラをセンサとして活用することで、効率的な監視運用支援を行う取組みを行い、より利便性の高いシステム提供を行っている。

広域監視システムでは、屋外環境下での監視目的としてカメラ装置が運用されるため、様々な気象条件や設置環境でも安定した監視映像を提供する必要がある。三菱電機のカメラ装置は、それに対応する次のような特長を持っている。

(1) 耐温度性能

屋外の直射日光を受ける環境での使用のため、直射による温度上昇を考慮した構造・耐熱設計にすることで、直射日光の温度上昇にも耐え得る性能を持っている。

(2) 耐腐食対策

屋外での使用に際し、特に河口付近や沿岸部での飛来塩分による腐食対策として、本体はアルミニウム合金、ねじ類はステンレスといった耐食性に優れた材料を使用し、塗装にも耐塩性を考慮した対策を講じている。また、アルミニウム合金の本体とステンレスねじの接合面で発生する電食(異種金属接触面の電位差による腐食)の対策としてステンレスねじへのジオメット(電食を抑えるめっき)処理を施している。

(3) 積雪地域対策

着雪・凍結による旋回動作不良を防止するため、可動部には着雪や水分の付着を抑制する目的で、撥水(はっすい)性の高いフッ素系樹脂で可動部を覆い、雪や水の付着による凍結を防止する工夫をしている。また、豪雪地域の家屋の屋根のような急傾斜形状のオプションの防雪用フードをカメラ装置上部に装着することで、カメラ装置への積雪量を減らし、旋回動作への影響を軽減する対策を行っている。

(4) 視界確保

カメラ装置のレンズ前面はガラスになっており、雨や雪付着、ガラスの曇り、凍結、汚れの付着などを排除し、視界を確保する必要がある。良好な視界を確保するために、自動車と同様にワイパとデフロスタを標準装備している。また、ウォッシャーユニットを追加することで、カメラ前面ガラスに付着した海水塩や泥などの汚れを洗浄可能にしている。

(5) 旋回停止精度

あらかじめ登録した監視ポイントにカメラを向けるプリセット機能を使用して重要監視箇所や画像解析処理を行う場合、カメラ装置の旋回停止精度が重要となる。特に望遠で遠方を監視する場合は、旋回停止位置の僅かなずれ発生によって遠方の監視ポイントを捉えることができなくなる。三菱電機のカメラ装置は高精度駆動機構によって高旋回停止精度を実現し、監視ポイントを捉えることを可能にしている。

3. 広域監視システムの応用例

この章では、三菱電機が手掛ける広域監視システムでの代表的な応用例である河川監視システム、道路監視システム及び有料道路監視システムでのカメラ装置の特長と監視支援機能について述べる。

3.1 河川監視システム

河川の流況とともに、護岸状態の監視を目的としてカメラ装置が設置運用されている。主に国土交通省と地方自治体が管理する河川に設置され、特に大雨時で、水位増加に伴う護岸決壊による洪水を監視するために運用されている。

3.1.1 河川監視用カメラ装置の特長

昼夜を問わず、大雨等の悪天候時でも視野を確保して映像監視ができることが求められており、次の特長を持つ河川監視用カメラ装置が適用されている。

(1) 高感度化

河川では、夜間の照度が確保できない環境下での監視となるため、カメラ装置自体の高感度化が求められている。

現在では星明かり程度の照度下(0.02ルクス程度)でも監視可能な最低被写体照度が国土交通省の標準仕様で定められている。一般的なHD(High Definition)カメラ装置と高感度HDカメラ装置の夜間での視認性の比較を図1に示す。

この仕様に対応するために、三菱電機では三板フルHDカメラ装置“HM-3000”やカラー／白黒機能を搭載した単板フルHDカメラ装置“HM-7630”を製品化している。

(2) 高解像度

現在、国土交通省で整備されているカメラ装置はフルHD(1920×1080ピクセル)カメラが主流となっており、従来のSD(Standard Definition)(720×480ピクセル)カメラと比較し、高解像度化が進んでいる(図2)。

(3) 照明灯搭載

夜間監視での更なる視認性確保のために、カメラ装置への照明灯搭載が要求される場合がある。従来はハロゲン照明灯を搭載していたが、近年は長寿命化と低消費電力化を図るためにLED照明灯を採用している。

3.1.2 河川監視での監視支援機能

(1) 画像式水位計測機能^①

近年、集中豪雨や局地的な大雨などによる河川氾濫、堤防決壊等によって各地で甚大な被害が発生しており、洪水時の情報収集の迅速化と住民への適切な情報提供が重要になっている。三菱電機では、現場に設置されているカメラ装置の映像を利用して水位計測を行う画像式水位計測を開発して市場投入している。画像式水位計測は、主に現場の画像を取得する撮像機能と、その画像から水位解析を行う計測処理機能で構成している。河川に設置されたフルHD

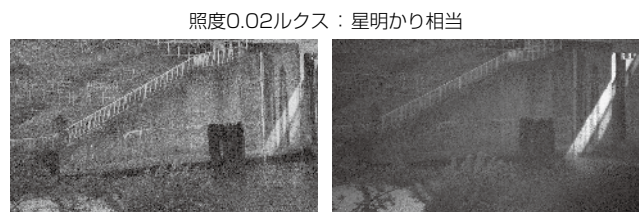


図1. 高感度カメラと一般的なHDカメラとの夜間映像比較

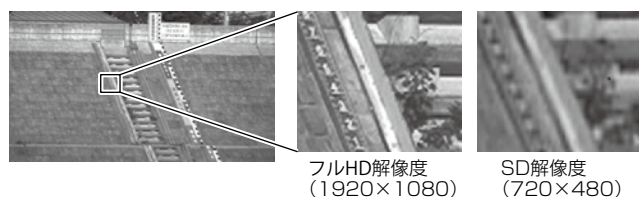


図2. フルHD／SD解像度の比較

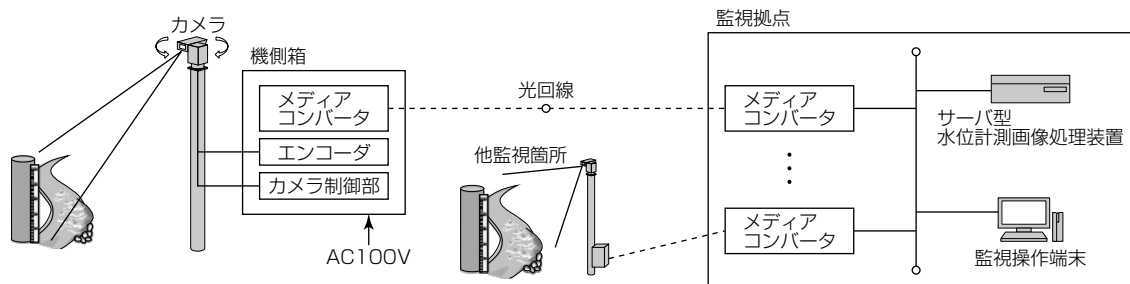


図3. 画像式水位計測システムの構成

カメラ装置が撮影した量水板の画像を水位計測画像処理装置で画像相関方式を用いて解析を行い、水位計測を精度±1cmで実現する画像水位計測システムを開発した(図3)。

(2) AIを使用した画像解析型水位計測機能

従来の画像式水位計測には、計測対象として量水板が必要であったが、AI(Artificial Intelligence)による深層学習方式を用いた画像解析型水位計測機能では、量水板の代わりに橋脚や護岸堤防の画像を対象に水位計測が可能になり、量水板のない水位計測箇所の追加が容易となった。また、光IP(Internet Protocol)網やクラウドを利用することで、計測データを集約管理することが可能になり、ユーザーへの情報提供を広く行うことができる(図4)。

(3) 3Dレーザスキャナによる監視の高度化機能

河川監視を強化する上で、従来の映像情報による二次元監視に加え、3Dレーザスキャナで収集する3D点群情報を基にした、三次元監視に関心が高まっている。三菱電機の3Dレーザスキャナ機能を搭載したカメラ装置“FV-2100”によって次の機能を提供できる。

①メジャー表示

画像中央の被写体までの距離をリアルタイムに計測することで、カメラ装置の旋回、ズーム動作によるカメラ視野範囲の変化に追従してメジャー表示が可能であり、おおよその水位や橋脚などへ付着したゴミの大きさの概況把握を可能にした(図5)。

②AR重畳表示

3D点群データと視野情報を活用し、広角視野範囲から望遠による詳細視野範囲まで、レンズの画角に追従して水位標を映像上にAR重畳表示が可能である。

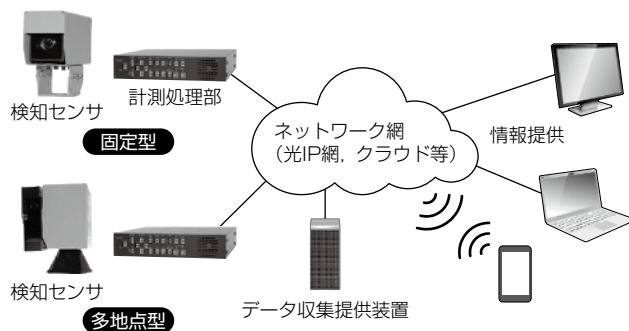


図4. AIを使用した画像解析型水位計測システムの構成

線や文字をカメラ装置の旋回、ズームに追従して表示することによって、実在する映像内の風景に仮想的な追加情報を表示する(図6)。

3.2 道路監視システム

国土交通省が管理する国道沿線にカメラ装置を設置し、降雪時での路面の凍結状況、大雨時での法面(のりめん)の崩落や落石等の監視を行うことを目的として運用されている。

3.2.1 道路監視用カメラ装置の特長

国道の監視では道路の新設に伴い、監視カメラ装置の増設が行われるとともに、東京2020オリンピック・パラリンピックに向けた計画によって、設置台数が増加する傾向にある。そのため、性能を維持しながら価格を抑えたカメラ装置が要求されている。

三菱電機では、新型LSIを採用して道路監視用に必要環境・機能・性能に対応させた低コストのカメラ設置“HM-7030”を開発した。

道路監視用カメラ装置の特長を次に示す。

(1) 感度

道路照明が整備されているため河川監視用カメラ装置ほ

どの高感度化は求められていないが、峠部・山間部での夜間監視を考慮して、月明かり程度の照度下での監視が可能になる0.5ルクスの最低被写体照度が標準仕様化されている。

(2) 近赤外LED照明灯搭載

従来、道路監視用カメラ装置で照明灯を照射した場合、運転者の視界に影響が出るため、照明灯は搭載しないことにしていたが、近赤外LED照明灯を搭載することで運転者の視界に影響を及ぼすことなく、峠部・山間部の低照度環境での監視を可能にする要求が出ている。近赤外LED照明灯を照射する場合、カメラ装置側は白黒モードに切り替えて、近赤外領域での監視を可能にする機能を持つ。

3.2.2 道路監視での監視支援機能

(1) 方向表示機能

道路を監視する上で、カメラ装置の視野が“上り方面”を向いているか、“下り方面”を向いているかが判別しにくいいため、どの方向を監視中であるかを映像上に文字重畳する機能が求められている。三菱電機では、監視事務所でカメラ制御を行うカメラ管理サーバとの連携によって、カメラ管理サーバからカメラ装置の旋回位置に基づいた方向表示の文字切替えを実現している。今後はカメラ装置の旋回に追従してカメラ装置が自動的に方向表示を映像上に文字重畳する機能を開発する。

3.3 有料道路監視システム

有料道路では、一般道路監視の用途に加え、交通流監視、トンネル坑内監視、路面監視、ETC(Electronic Toll Collection)レーン監視、SA/PAの監視等の交通・利用者状況把握や施設管理、防災を目的として運用されている。交通流監視では、事故発生時の対応を迅速に行うための状況把握に必要なシステムとなっており、常に安定稼働が求められている。

特に、トンネル坑内監視では各種防災設備(火災検知器、非常通報装置等)との連動によって、異常が発生した地点を的確に捉え、火災発生時には消火設備を動作させるとともに、トンネルを封鎖する等の処置を行うために重要な役割を担っている。

3.3.1 有料道路監視用カメラ装置の特長

有料道路監視用カメラ装置でも、一般道路監視用カメラ装置同様に東京2020オリンピック・パラリンピックに向けた計画によって、設置台数の増加が見込まれており、性能を維持しながらの低価格が望まれている。

有料道路監視用カメラ装置の特長を次に示す。

(1) ワイドダイナミックレンジ機能の搭載

高速道路でのトンネル入り口/出口付近の監視では、トンネル内部とトンネル外部の双方を同時に監視する必要がある。このような監視に対応するために、暗部から明部まで同時に撮影できるワイドダイナミックレンジ機能を搭載している。



図5. メジャー表示例



(a) 広角時



(b) 望遠時

図6. AR重畳表示例

(2) 機器小型化

機器構成を簡素化し、トンネル坑内への設置機器を小型化するため、メディアコンバータをカメラ装置に内蔵し、光出力での伝送に対応している。カメラ映像に関しては、H.264で圧縮符号化されることが標準仕様になっており、カメラ装置内蔵のエンコーダで対応し、国土交通省で定められている符号化フォーマットに準拠している。

(3) トンネル監視用固定カメラ装置の環境性能

トンネル坑内に設置されるカメラ装置については、主に非旋回の固定カメラ装置が採用される。構造面として、トンネル壁面清掃時の水洗浄噴射に耐え得るために、IP65以上の防塵(ぼうじん)・防水性能を実現している。

(4) 制振機能の搭載

有料道路では特に都市部で、道路が高架となっており、通行する自動車、トラック等の影響によってカメラ装置も振動するため映像の揺れが発生する。その振動を吸収するため、カメラ装置本体に制振機能を搭載している。

(5) 超広角カメラ

トンネル坑内で、カメラ装置の設置場所を通過する車の前方・後方の監視を180°以上の水平画角を持つ超広角カメラ1台で可能にしている。

3.3.2 有料道路監視での監視支援機能

(1) 車線監視装置との連携によるETCレーン監視機能

インターチェンジでのETCレーンを操作管理する車線監視装置と連携し、ETCレーンでのバー開閉異常発生時等にカメラ映像での状況確認が行えるシステムを構築している。

(2) 超広角カメラ映像の平面化处理機能

水平画角180°以上の超広角レンズによって広範囲監視を実現しているが、レンズの特性上、周辺部分が湾曲した映像となるため、超広角カメラ映像の平面化处理機能を導入している。中央部は平面化处理を強め、周辺部は平面化处理を弱めることで、自然な距離感での監視と周辺部の滑らかな表示の両立を実現している(図7)。ETCレーン全体を真上から見た映像にすることによって、視認性が改善され全体の状況把握が可能になり、監視効率が向上する。

4. 今後の課題

4.1 運用支援機能の開発

広域監視では、主に“安心・安全”の社会を目指し、社会インフラの維持を目的とした“防災・減災”や電力設備、水処理設備等の各種設備管理を目的として監視カメラ装置が導入されている。その中で、監視効率化や省力化に結び付く運用支援機能を継続して開発し、提供していくことで社会に貢献していく必要がある。

4.2 監視カメラ装置の更なる高感度化と高倍率化

夜間での河川流況監視を行うとともに、安定して画像処理による事象検知を行うためにも、監視カメラ装置の更なる高感度化が要望される。また、広範囲で遠方監視を行うために、ズーム倍率の向上が求められる。

4.3 電源

災害発生による停電時での電源バックアップ方法について検討が進められている。発電機や蓄電池による電源バックアップ運用時での長時間稼働を可能にするために、構成機器の省電力化を進めていく必要がある。

5. むすび

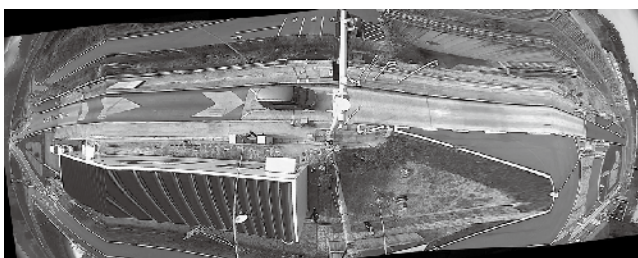
国土強靱(きょうじん)化計画の一つとして取り組まれる国土交通省の電気通信技術ビジョン3にも掲げられている⁽²⁾、映像データを用いた画像処理による事象検出システムに対応する広域監視ソリューションについて述べ、同時に今後の課題も提示した。今後も主製品の性能・機能向上は元より、画像処理関連技術やAI、その他技術との融合による新たな監視技術の開発に努め、監視業務支援・監視効率向上、自然災害に対する防災・減災・復旧支援、社会の安心・安全につながる広域監視ソリューションを提供していく。

参考文献

- (1) 本田吉朋, ほか: 非接触型画像式水位計, 環境システム計測制御学会誌, 23, No.1, 22~26 (2018)
- (2) 国土交通省: 電気通信技術ビジョン3 (2018)
<https://www.mlit.go.jp/common/001226690.pdf>



超広角カメラで撮影した原画



平面化处理後の画像

図7. 超広角カメラ映像の平面化处理