

HD対応広域CCTV監視システム

田村 聡* 笠井康行*
 和田哲朗* 鈴木大祐**
 桑原茂樹*

High Definition CCTV Surveillance Systems for Rivers and Roads

Satoshi Tamura, Tetsuro Wada, Shigeki Kuwahara, Yasuyuki Kasai, Daisuke Suzuki

要 旨

官公庁分野では近年増加する自然災害に対し、災害を未然に防ぐため(河川監視における堰(せき)の開閉等)の情報収集と、災害発生時の初動迅速化が喫緊の課題である。

特に、状況を正確に把握するために監視映像の画質が従来の標準画質(Standard Definition: SD)から高精細画質(High Definition: HD)への要求が高まっている。

監視映像のHD化に伴い、伝送する映像のデータ量が大幅に増えるため、データを伝送する符号化方式を従来のMPEG-2(Moving Picture Expert Group phase 2)から高効率なH.264とすることで既存伝送路を使用可能とすることも合わせて要求されている。

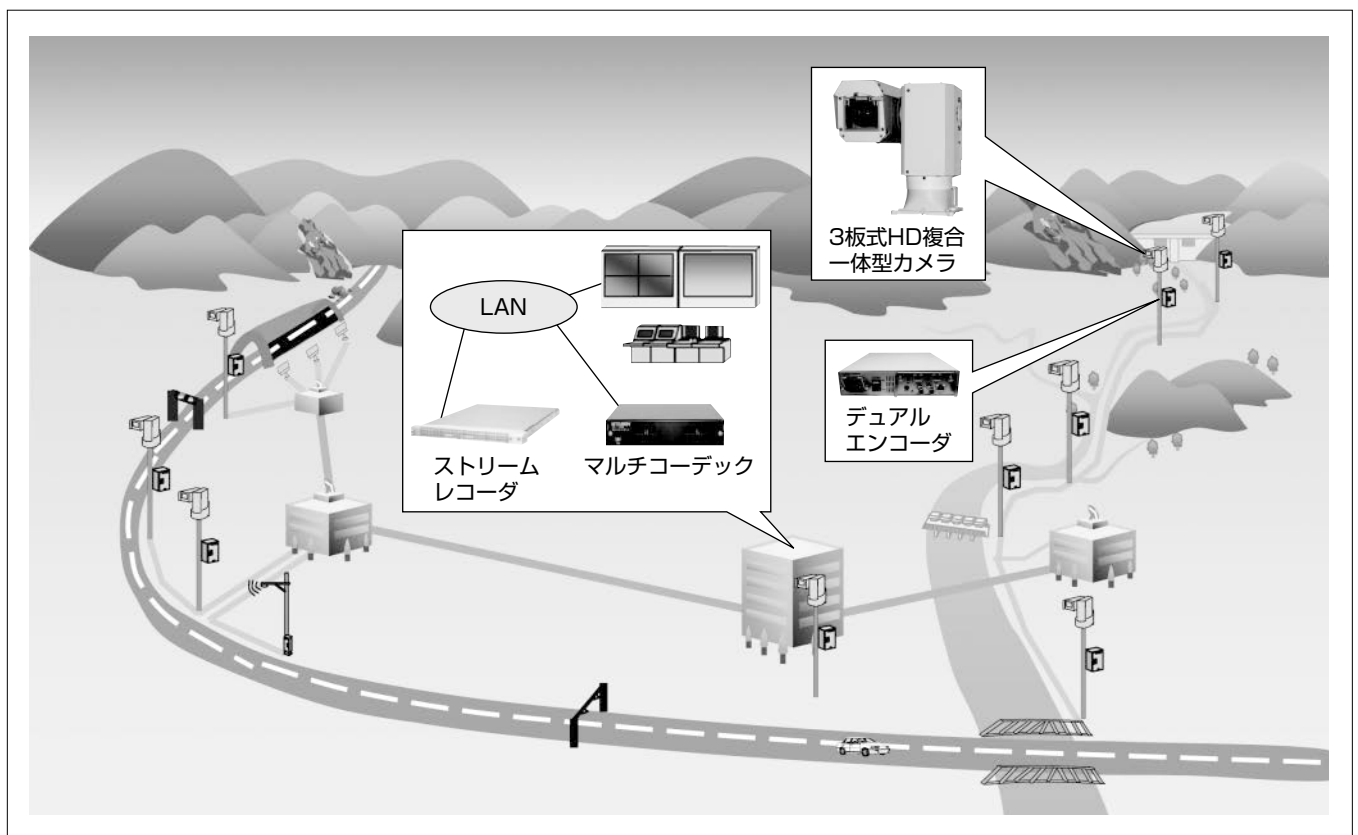
三菱電機では、HDに対応した製品を市場へ投入するこ

とによって、このような課題の解決を図った。

本稿では、開発した次のHD対応製品と適用技術について述べる。

- (1) 3板式HD複合一体型カメラ“HM-3000”
- (2) 伝送装置
 - ①マルチコーデック“HX-1000”
 - ②デュアルエンコーダ“HX-2000E”
- (3) 映像記録装置(ストリームレコーダ)“BC-5970P”

今後も河川、ダム、道路、港湾、プラント監視等、用途に応じた製品のHD化を行い、安全安心を提供できる監視システムの構築を推進していく。



HD対応広域CCTV(Closed Circuit Television)監視システム

3板式HD複合一体型カメラHM-3000の映像を伝送装置であるデュアルエンコーダHX-2000Eで符号化する。伝送路を介して映像ストリームをストリームレコーダBC-5970Pで記録し、マルチコーデックHX-1000で復号して出画するシステムのイメージである。

1. ま え が き

近年増加する自然災害に対し、災害情報を正確に把握するために監視映像のHD化が要求されている。

従来の広域監視システムでは、カメラはSD画質で撮影し、伝送装置ではMPEG-2符号化方式で伝送することが主流であった。SD画質の解像度は640×480画素であるが、カメラのHD化によって解像度は1920×1080画素と約6倍になるため、被写体を細部まで確認可能となる。またアスペクト比が16：9と横長となるため、視認領域が拡大する(図1)。

ただし、画素数が増加すると感度は低下するため、カメラの高感度化が必要である。また、伝送側もデータ量が比例して増加することから、既存のシステムのネットワーク帯域に適用可能なH.264符号化方式が必要とされている。

本稿では、このような課題を解決するために今回開発したHDかつ高感度を実現した3板式HD複合一体型カメラ、H.264符号化方式を採用した伝送装置、及びストリームレコーダについて述べる。

2. 3板式HD複合一体型カメラHM-3000

河川、ダム、道路、プラント施設等を監視する広域監視カメラは、星あかりの低照度環境でも視認できる性能が求められる。監視カメラには多くの性能指標が規定されているが、屋外で使用される広域監視カメラでは、感度を示す最低被写体照度が重要な性能指標である。

また、近年増加する自然災害への初動迅速化が喫緊の課題であることから、被災状況を正確に把握するために監視映像の高精細化(HD化)への要求が高まっている。

これら2つの要求を満たすため、撮像素子にHD対応3CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)方式を新たに採用し、最低被写体照度0.009lx、フルHD解

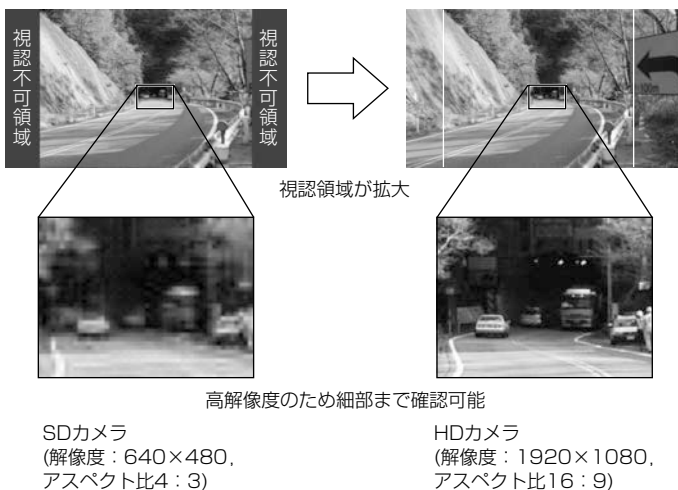


図1. HD化のメリット

像度を実現した新製品である3板式HD複合一体型カメラHM-3000を開発した(図2)⁽¹⁾。

この装置は、カメラと回転台を持つ複合一体型であり、最大180°/s(パン方向)の旋回機能、0.05°の停止精度、160倍(光学20倍×電子8倍)のズーム機能を備えている。そのため、星あかりの照度環境下でも見たい地点を明るく高精細に監視できる。

2.1 主な特長

HM-3000の主な特長を次に挙げる。

- (1) 高解像度
フルHD解像度(1920×1080)
- (2) 高感度
最低被写体照度0.009lx
- (3) 高倍率
160倍(光学20倍×電子ズーム8倍)
- (4) 高速旋回(プリセット時)
最大旋回速度180°/s(水平)、90°/s(垂直)、停止精度0.05°
- (5) 旋回角度
水平360°エンドレス回転、垂直±90°
- (6) 耐環境性能
IP65(JIS C 0920 防噴流形・耐塵(たいじん)形)

2.2 高感度

HDは高解像であるが、SDと比較して撮像素子1画素あたりの大きさが約1/6となることから、原理的に感度の低下が発生する。高解像と高感度は相反する項目であるため、HDカメラでSDカメラ相当の感度を実現するためには高感度化の技術が必要となる。

HM-3000では、以下の高感度手法を採用した。

- (1) 光量のロスが少ない光学系の採用
 - ① レンズ
解放F値1.4の明るいレンズを採用し、最大望遠(光学20倍)時でもF2.0と、夜間の望遠監視にも対応した。
 - ② 3CMOS
3CMOS方式を採用し、光の3原色であるRGB(Red,



図2. 3板式HD複合一体型カメラHM-3000

Green, Blue)それぞれに専用CMOSを割り当てること
によって、高効率な光学系を実現した。

(2) 露光時間を長くする撮像制御

長時間露光制御として電子増感機能を搭載することで、
低ノイズ、高感度を実現した。フレームレートが低下する
欠点はあるが、動きの少ない河川監視等に有効である。

(3) 画像信号処理による高感度化

画素混合信号処理によって感度を向上させる。フレーム
レートが低下しないため動きのある被写体に強いが、解像
度が低下する欠点がある。

HM-3000ではこの欠点を解消するため、アルゴリズム
を見直して新しい信号処理方式を開発した。一般的に、画
素混合信号処理では、注目画素の信号と注目画素の近傍画
素の信号を混合することで高感度化を実現するが、単純に
混合すると画像の解像度が低下することからHD解像度が
損なわれる。開発した画素混合信号処理では、注目画素の
近くにある色や明るさの類似した画素のパターンを抽出・
混合し、解像度低下の少ない高感度化を実現した(図3)。

2.3 高倍率

HD解像度はSDの約6倍であるため、2倍の電子ズーム
を行ってもSD以上の解像度を維持できることから、HDカ
メラでは電子ズームが有効である。HM-3000は最大8倍
の電子ズーム機能を持っており、20倍の光学ズームと合わ
せて最大160倍までズームが可能である。

また、電子ズームによる解像度の低下を抑えるため、画
素間の補間方式を変更した。当社従来機種はバイリニア方
式による補間を行っていたが、画素間を線形で補間する方
式であることから解像度の低下が目立っていた。そこで
HM-3000では画素補間としてバイキュービック方式を採
用した。画素間を曲線的に補間する方式であることから、
解像度の低下が少なくなる。

電子ズームにバイキュービック方式を組み合わせること
によって、解像度劣化を抑え、最大160倍の広範囲監視を
実現した。

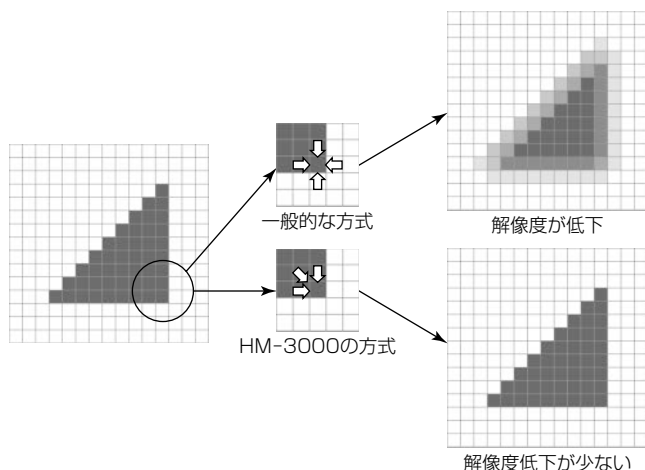


図3. 画素混合処理のイメージ

3. マルチコーデック(HX-1000)

マルチコーデックHX-1000⁽²⁾はMPEG-2とH.264及び
M-JPEG(Motion-Joint Photographic Experts Group)の
符号化方式に対応し、従来のSDカメラシステムと今後主
流となるHDカメラシステムのどちらにも利用可能な高画
質・高機能なコーデックである(図4)。

この装置は、映像インタフェース入出力としてNTSC
(National Television System Committee), HD-SDI
(High Defintion-Serial Digital Interface), HDMI^(注1)
(High Defintion Multimedia Interface)を持ち、3種類
の符号化(H.264, MPEG-2, M-JPEG)を同時に行うこと
ができる。これによって既設のSDカメラと新設のハイビ
ジョンカメラを混在させることができるため、シームレス
にカメラ更新も増設も可能な拡張性の高い監視システムを
低コストで構築することができる。

また64画面分(1画面に最大4,096文字表示可能)の文字
表示機能、2種類の音声符号化方式、Webサーバ機能を
実装し、さらにJISラック1Uサイズに2台搭載するた
めの小型化と、エンコーダとデコーダ装置のハードウェア共
通化によるコストダウンを実現した。

(注1) HDMIは、HDMI Licencing LLCの登録商標である。

3.1 主な特長

HX-1000の主な特長を次に挙げる。

- (1) 多種多様な符号化・復号機能
 - ①H.264エンコード機能(SD画像/HD画像)
 - ②MPEG-2エンコード機能(SD画像/HD圧縮SD画像)
 - ③M-JPEGエンコード機能(SD画像/HD画像)
 - ④3種符号化を同時に行うトリプルエンコード機能
 - ⑤ステレオ音声MPEG-1 Audio/MPEG-2 AAC(Advanced Audio Coding)圧縮機能
 - ⑥全符号化方式のデコード機能(映像音声同時各1種)
- (2) テロップ文字発生機能
 - ①1文字列128文字, 1画面32文字列, 64画面登録可
 - ②JIS第1・第2水準漢字, カナ, 外字(最大48文字)対応
 - ③文字サイズ10種(文字列ごと指定可)
 - ④文字飾り4種(文字列ごと指定可)
 - ⑤テロップ向き, 速度任意(文字列ごと指定可)



図4. マルチコーデックHX-1000

⑥文字色・文字飾り色 8色任意組合せ(文字列ごと指定可)

(3) グラフィック機能

①任意形状の線, 台形, 矩形(くけい)表示可能(最大16)

②矩形単位の色指定可

③16×16画素の任意BMP(BitMaP)128枚を使用して任意速度で順次再生アニメーションを表示可能

3.2 低コストなフルハイビジョン化

HX-1000は、装置本体ハードウェアの共有化によるコストダウンを実現するため、フルハイビジョン化の設計に先立ち、HD画像データを入出力できるインターフェースを持ち、伝送フレームレート30fpsでH.264符号化・復号化が可能な演算能力を持つTI社のマルチメディアCPU“TMS320DM6467T”を選定している。外部インターフェースには画像入出力専用のVPIF(Video Port InterFace)と呼ばれるインターフェースを持ち、SD画像フォーマット規格のBT.656とHD画像フォーマット規格のSMPTE274の両方に対応しており、SD/HD各映像フォーマットの映像入出力ができる仕様となっている。演算能力に関しては、コプロセッサにH.264符号化・復号化に有効なAPI(Application Programming Interface)関数がバンドル提供されているため、最も演算能力(CPU処理能力)を必要とするHD画像の符号化・復号化は、コプロセッサとDSP(Digital Signal Processor)で行い、ARM^(注2)プロセッサは音声コーデックとネットワーク制御を実行させる構成とし、処理能力としてはHD画像に対応し得る十分な性能を確保した。

また、トリプルエンコード実施の際は、M-JPEG符号化処理はDSPの余力を活用してDSP上のプログラムで実施する。

(注2) ARMは、ARM Ltd.の登録商標である。

3.3 H.264のハイビジョン対応

HX-1000では“SD画像をMPEG-2によって6Mbpsで符号化”した画質と“HD画像をH.264によって8Mbpsで符号化(符号量の増加は、1.3倍まで許容)”した画質を可能な限り同一品質に近づけるために独自のイントラフラッシュ現象の改善を加えている。

画面内の情報で復号可能なIピクチャーと画面間の予測情報に基づくPピクチャー構造に対し、Iピクチャーの圧縮率の指定が可能な仕様とし、イントラフラッシュが目立つ細やかな動きの多い画像の際にはIピクチャーの符号化データ量倍率を上げてIピクチャーを高品質にする。システムによって異なる画像品質要求に対し、HX-1000は様々な微調整手段を提供している。

4. デュアルエンコーダ

HD/SD対応H.264デュアルエンコーダHX-2000Eは今後主流となるH.264符号化方式を採用し、HD映像とSD映像を同時に配信することで、HDによる高精細な監視とSDに



図5. デュアルエンコーダHX-2000E

よる長時間記録を可能とするエンコーダである(図5)。

この装置は、アナログカメラの伝送で使用されていた“BCシリーズ”と同一サイズとすることで、既設筐体(きょうたい)への増設及び置き換えが可能な構造とし、監視システムの更新費用を抑制することを可能とした。

4.1 主な特長

HX-2000Eの主な特長を次に挙げる。

(1) 映像入力インターフェース

①HD-SDI, SD-SDI, NTSC

(2) 符号化方式

①H.264 High Profile(HD画像)

②H.264 Main Profile(SD画像)

③MPEG-1 Audio/MPEG-2 AAC選択式(ステレオ音声)

(3) テロップ文字発生機能

①1文字列最大26文字

②JIS第1・第2水準漢字, カナ, 外字対応

③文字サイズ4種(文字列ごと指定可)

④文字飾り4種(文字列ごと指定可)

4.2 デュアル符号化・配信

HX-2000EではH.264HD/H.264SDの同時配信を実現するため、1チップでH.264HD/H.264SDの符号化が可能な符号化LSIを選定した。映像入力インターフェースはデジタル映像のフォーマット規格SMPTE274(HD)及びITU-R BT.656(SD)に対応し、HD映像入力時はHD映像とLSI内部でダウンコンバートしたSD映像をH.264で符号化し、ISO13818-1に準拠したTS(Transport Stream)をそれぞれ出力する。また、SD映像入力時は同一映像を2本のTSとして出力可能である。

符号化LSIの後段にはFPGA(Field Programmable Gate Array), CPUを実装し、符号化LSIから出力されたTSをRTP(Real-time Transport Protocol)化しIP(Internet Protocol)網に配信している。

今回、デュアル配信に当たってCPUの高速化を図り、部品を再選定した。CPU再選定の際には既設MPEG-2エンコーダのBCシリーズとユーザーインターフェースを統一、また開発費を抑制するため同一シリーズのCPUを採用し、内部動作クロックを200MHzから400MHz、周辺バスクロックを66MHzから100MHzへ高速化し、デュアル配信を実現させた。

4.3 他社互換性

符号化LSI採用に当たっての課題として、他社互換性があった。LSI自体は市場での実績はあったが主に蓄積系で使用されていたため、監視システムへ適用するためLSI及び後段に実装したFPGA、CPUで符号化ストリームのカスタマイズを行った。主な項目を次に述べる。

(1) 低遅延化

画質と遅延量はトレードオフの関係にあるが、符号化バッファモデルを見直し、符号化画質を極力維持しつつ監視システムで要求される1秒以内の低遅延化を実現した。

(2) SDダウンコンバート

マルチコーデックHX-1000と互換性を持たせるためサイドカットを適用した。

(3) PSI情報の変更

符号化LSIからは蓄積系で主に使用されるPSI(Program Specific Information)情報が付加されており、監視システムで使用されるデコーダの中にはその情報が影響して正しく復号できない可能性があった。このパケットはLSIでは削除できなかったため、後段のFPGA、CPUで符号化ストリームを解析し、不要なパケットを削除した。

4.4 既設コーデックとの親和性

基板サイズは既設MPEG-2エンコーダのBCシリーズで使用しているBASE筐体や屋外複合一体型カメラと組み合わせ可能なようにBCシリーズと同サイズとすることで既存機種との互換性確保を図った。また、アナログ映像(NTSC)入力端子も持ち、既存のアナログカメラをより圧縮効率の高いH.264で伝送することを可能とした。

ユーザーインタフェースもBCシリーズをベースとすることで、既設システムとの親和性を図った。

また、従来機種は文字をスーパーインポーズする機能を持っているが、フォントデータがSD用しかないため、単純に適用すると文字が小さくなるという課題があった。これについては、FPGAで文字データをバイキュービック方式で拡大するとともに、文字のエッジ部にスムージング処理をかけることでHD使用時にもBCシリーズの文字表示と違和感のない性能を実現した。

5. ストリームレコーダBC-5970P

ストリームレコーダBC-5970Pは、“BC-5550E”“FX-7100”“FX-7400”“HX-1000”“HX-2000E”などのエンコーダ装置から出力されたMPEG-2、MPEG-4、H.264、H.264TS、H.264TTS(Stamped TS)のIPデータストリームをイーサネット回線から受信して装置内に蓄積し、端末からの要求に従ってイーサネット回線へ再配信することが可能な動画サーバである。従来の“BC-5960P”の後継に位置付け、H.264拡張対応機能(特殊再生対応、TS/TTS対応、HD対

応)を追加している。

5.1 主な特長

BC-5970Pの主な特長を次に挙げる。

- (1) 最大4TBのHDDにMPEG-2/MPEG-4/H.264/H.264TS/H.264TTSの映像ストリームの記録が可能
- (2) 記録された映像ストリームを、要求されたアドレスへ配信が可能
- (3) 用途別に異なる映像記録方法を持ち、一次蓄積機能によって映像をエンドレスに常時記録し、警報などのイベントをトリガーに記録領域が上書きされないように保護
- (4) ディスク容量(記録時間)や記録/配信数、耐ディスク故障性などの運用に合わせて、RAID(Redundant Arrays of Inexpensive Disks)の構成をRAID1(工場出荷時設定)、RAID5から選択が可能
- (5) イベントの種類、カメラID、記録時刻などをキーとした記録映像の検索が可能
- (6) 早送り再生、早戻し再生、一時停止などの特殊再生ストリームの配信が可能
- (7) 入力されたMPEG-2映像ストリームを間引いて蓄積することによる長時間記録モードを保有
- (8) ネットワーク経由で動作状態監視及び設定変更が可能
- (9) 動作ログ出力とネットワーク経由でのログ確認が可能

5.2 H.264TS/TTSの特殊再生と記録時間

特殊再生とは、再配信先のデコーダ装置で高速再生、コマ飛ばし再生、一時停止再生の状態映像表示するための機能である。符号化ストリームのままの状態再生制御が可能であるため、大容量の蓄積映像の中から所望の映像をネットワーク経由で効率よく検索することが可能となる。

HD画質(6Mbps)のH.264符号化方式のストリームは、最大で792時間(RAID5の場合の目安)の記録が可能である。

6. む す び

今回開発したHD対応広域CCTV監視システム製品の投入によって、市場で要求されている高精細HD画質による監視システムの構築を実現した。さらに、低価格なデュアルエンコーダを投入することでシステムのHD化を促進している。

今後は製品ラインアップの強化と周辺機器の充実化を図り、HD化の導入を促進する。

参 考 文 献

- (1) 笠井康行：3板式HD複合一体型カメラ“HM-3000”，三菱電機技報，89，No. 1，61(2015)
- (2) 新房健一：HD対応マルチコーデック“HX-1000”，三菱電機技報，88，No. 6，365～369(2014)