

Full-HDカメラの課題と『VANCS-HD』での取り組み



株式会社JVCケンウッド ビジネス・ソリューション事業部 営業技術部

村田 俊哉

1. はじめに

TV放送のHD化に伴い、HD（High definition）画像是われわれにとって既に日常のものとなりつつあります。高解像度化への流れは、防犯カメラ設備でも同様のものとなるでしょう。しかし、高解像度化には多くの課題があります。この課題に対する『VANCS-HD』シリーズの第2弾Full-HDカメラVN-Hシリーズでの取り組みについてご紹介いたします。

2. 防犯カメラ設備の技術動向

ここ数年でネットワークカメラの販売金額がアナログカメラのそれを上回る、との予測を市場調査会社は報告しています。アナログカメラに対するネットワークカメラのメリットは多岐に渡りますが、一番わかり易いのは「高解像度化」であると考えます。防犯カメラ設備における「高解像度化」は、人相やナンバープレートがはっきり見えるばかりではなく、広い視野を一望できることから業務の効率化やコストダウンにもつながります。

NVR（Network Video Recorder）のみならず、DVR（Digital Video Recorder）においても、高解像度が求められる撮像場所に向けて高解像度なネットワークカメラも使用したい、との要望に応え、ハイブリッドタイプのDVRが出荷されています。高解像度化に伴い記録すべきデータ量が増加するため、レコーダーに搭載できるHDDの数が増える傾向にあります。HDDの故障に備えてRAID（Redundant Arrays of Inexpensive Disks、または Redundant Arrays of Independent Disks、レイド）に対応するものが増えてきています。また、高画質で記録した画像を高画質なままに表示するという目的から、モニ

ター出力もHDに対応したものが増えてきています。レコーダーの機能が多様化してきたことに伴い、従来以上に使いやすさが重視されてきています。PCがより身近なものになってきたことにあわせ、GUI—マウスによるオペレーションに対応してきています。記録状況を可視化・一覧するためのタイムライン表示も一般的になってきました。また、スマートフォンなどの携帯端末との連携によるモバイル対応も試みられています。カメラ自身もいたずら検知などのインテリジェント機能を持つものが増えてきました。

これら高解像度を実現するキーデバイスがFull-HDカメラになります。次項からはFull-HDカメラの課題を説明し、弊社製Full-HDカメラVN-Hシリーズでの課題解決への取り組みをご紹介いたします。

3. Full-HD カメラの課題

図1は現在ネットワークカメラで一般的な解像度を並べて比較した物になります。旧TV規格であるSD（Standard Definition）とほぼ同等のVGA（640×480）を基本として、1/4の解像度であるQVGA（Quarter VGA,320×240）、4倍の解像度であるQuad-VGA（1280×960）がアスペクト比4：3の系列としてあります。一方、アスペクト比16：9の系列としてHD（High definition,1280×720）とFull-HD（Full High Definition,1920×1080）があります。VGAとFull-HDを比べると実に6倍以上のデータ量となるため、ネットワークやハードディスクの容量を圧迫し、データを扱うCPUへの負担が増すなど解決すべき課題が多く存在します。ここでは、Full-HD化に伴うカメラ側の課題に絞ってご説明します。

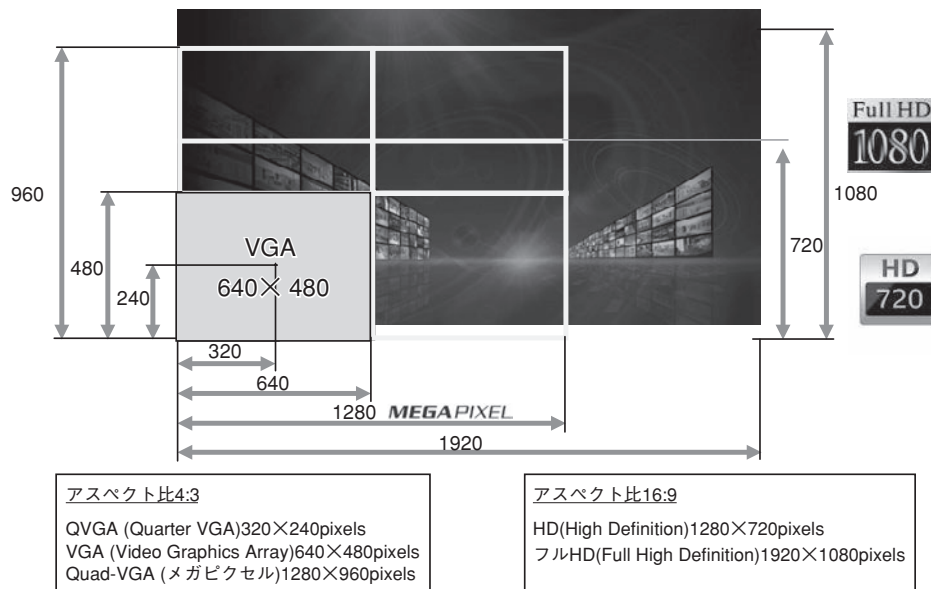


図1 解像度の種類

(1) 感度の低下

カメラの目に相当するイメージセンサー上には、多数の光電変換素子＝画素が並んでいます。一般的には画素が増えれば増えるほど感度が低下します。画素には信号を読み出すための回路や信号を転送する転送路や信号線が必要ですので、画素が増えれば増えるほどこうした光電変換に寄与しない部分が実際の光を受ける画素面積を圧迫してしまうため、感度が低下するのです。CCDイメージセンサーは、画素で光電変換した信号を電荷の形で読み出し転送しますので、画素部分はシンプルな構造となっていて、画素面積を大きくできる点がCCDのメリットのひとつです。一方で信号を電荷の形で転送するために転送路には一定の体積（面積）が必要となります。この結果、多画素になればなるほど転送路面積が画素面積を圧迫してしまい、感度低下は著しいものとなります。

また多画素化を行うと、同じフレームレートで多くの画素信号を読み出すために、必然的に電荷転送や電荷を電圧に変換する回路を高速駆動しなければならず、弊害が増えてCCD本来のメリットが活かせなくなってしまいます。その点CMOSイメージセンサーは、画素からの信号を画素の近傍で電圧に変換して読み出しを行いますので、信号量に対し転送路の体積（面積）を確保する必要がありません。しかしながらCCDイメージセンサーと違い電荷電圧変換回路を画素ごとに配置する必要があり、やはり実際

に光を受ける画素の面積を圧迫してしまいます。さらに、半導体の形成プロセス上、配線層が画素よりも上部に位置するため、画素への光の到達が制限されてしまいます。このように、多画素化によって、画素面積が低下し感度の低下は避けられません。現在の技術ではFull-HDの画素数であれば、CMOSイメージセンサーが感度的には優位といえます。

(2) 高い光学精度が必要

SDのカメラと違い、Full-HDカメラではきわめて高いピント精度が必要となります。SDであれば、ピントがやや甘いかな？と思うようなシーンも、Full-HDカメラなら直ちにピントのボケが認識できてしまいます。特に重要なのはイメージセンサーの取り付けです。レンズの光軸に対し正確に垂直に取り付けなければなりません。図2にイメージセンサーが光軸に対し垂直に取り付けられていないケースを示します。右上の部分のみがピントが合わなくなっています。一般的なSD防犯カメラでは、イメージセンサーの機構的な部品の寸法によってこの垂直度を維持しています。Full-HDのカメラでもこの構造を踏襲しているケースが少なくありませんが、イメージセンサーのパッケージと中のチップの取り付け誤差が保証値で20umとも40umとも言われていますのでSDと同様の構造では図2のような状態になりかねません。また光学精度のないカメラは、ピントのずれま

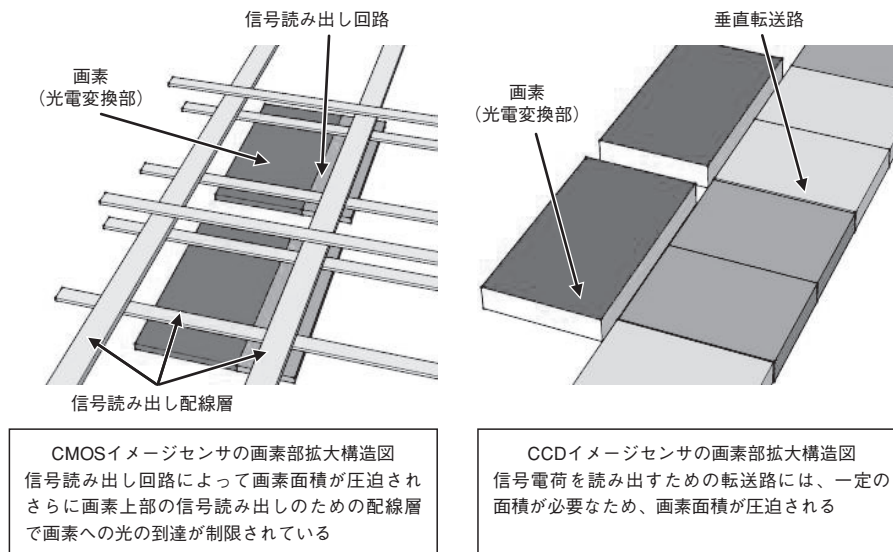


図2 CMOS/CCDイメージセンサの構造図

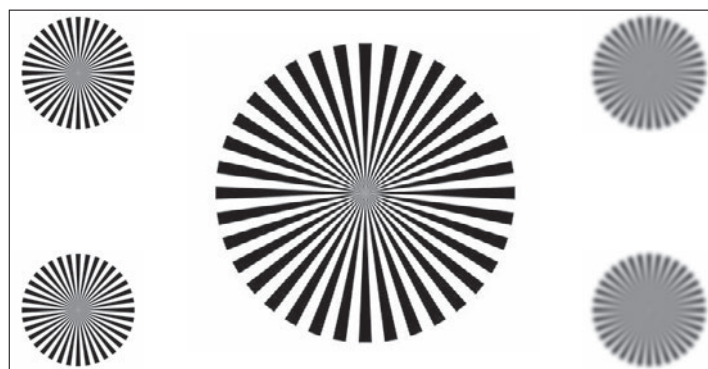


図3 取り付け精度が不十分で、画面右側の解像度が極端に低下している例

では認識できなくても、解像度が得られないこともあります。これではせっかくの多画素のイメージセンサーも意味がありません。

（3）発熱の増大による信頼性の低下

ビデオフレームという同じ単位時間内に6倍もの情報量を処理するため、発熱は非常に大きなものとなります。熱は電気機器の信頼性に最も深く関与するものの1つであり、部品によってその耐熱性は異なります。そこで単純に全体の放熱をよくするだけでなく、部品にあわせた適切な放熱設計が必要となります。SDカメラはそれほど大きな発熱ではなかったため、放熱設計をしなくてもすみましたが、Full-HDカメラでは大きな課題となります。また、熱は性能にも影響します。イメージセンサーは熱によって雑音が発生する特性を持っています。（熱雑音）したがって、イメージセンサーの放熱設計が不十分だと、

画面のノイズが激しくなります。これが、画像の圧縮率向上を阻むことはいうまでもありません。

（4）データ量増大によるトラフィックの圧迫

Full-HDカメラはSDカメラに比較し6倍の情報量を持ちます。Full-HDカメラと接続されるネットワークや記録装置には大きな負荷がかかることは否めません。これを打開するためにさまざまな圧縮形式が開発されてきました。JPEG→MPEG2→MPEG4→H.264と圧縮技術は着実に進化していますが、気をつけなければならないのは動画用の圧縮技術は、フレーム間での画像の変化の少ない部分のデータ量を制限して大きな圧縮効果を得ている点です。つまりは、圧縮回路に入力する映像の質によって圧縮効果は大きく左右されます。先ほどSDカメラに比較しFull-HDカメラは感度が劣るとの説明をしましたが、これは、映像ノイズが増大することでもあります。

圧縮アルゴリズムはランダム性のノイズに対しては“画像の変化”とみなし多くの符号を割り当ててしまいますので、圧縮伸張後も入力画像に近い品質を得ようとするならば、どんな最新の圧縮技術を用いても、実際出力されるデータ量の削減にはつながりませんし、無理にデータ量を削減しようとするれば、ブロックノイズだらけの画像になってしまいます。

さらに最新の圧縮技術であるH.264ですが、H.264であればMPEG4に比較し大きな改善効果が得られるような記述を見かけますが、H.264は複数のプロファイルが定義されており、多くの防犯カメラが使用しているbaseline profileでは、MPEG4に対し大きな改善効果は見込めません。すべてのH.264＝高圧縮、高画質と考えるのは間違いです。

4. VN-Hシリーズでの取り組み

上記の技術的な課題について、VN-Hシリーズではどのように解決しているかをご説明しましょう。

(1) 最新型高感度イメージセンサーと高感度化技術

感度は防犯カメラにとって最重要な性能のひとつです。JVCのカメラは常に感度の向上を追及してきました。Full-HD化によって、感度向上が困難なことは前述したとおりですが、イメージセンサーと信

号処理に最新の技術を投入することによって、ただのHDカメラでなく、“防犯用Full-HDカメラ”といえる性能を実現しました。まずイメージセンサーですが、JVCはカメラ技術のパイオニアとして常にイメージセンサーメーカーと親密な協力関係を持っています。VN-Hシリーズで使用しているイメージセンサーは最新技術によって大幅に感度を向上させたものです。これは、CMOSでありながら信号読み出し配線の省線化によって、チップ面積に対して光電変換を行う画素面積の比率（開口率）を大幅に向上したセンサーで、さらに半導体製造プロセスの改善で出力映像信号のS/N比を悪化させる暗電流を大幅に抑制しています。最新のセンサーに加えて、電源などの徹底的な低ノイズ設計、明るさに応じたきめ細かな信号処理によって、防犯用途に使用できるFull-HDカメラを実現しました。

(2) 高精度な光学性能

JVCではすでにSDカメラから、レンズの中心軸とイメージセンサーの中心軸の合致について調整によって性能を確保しています。さらにVN-HシリーズではHDの性能を活かすために、新開発の多軸調整機構をカメラに内蔵し、生産調整を行って完璧な性能で出荷を行います。

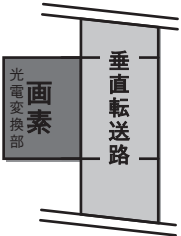
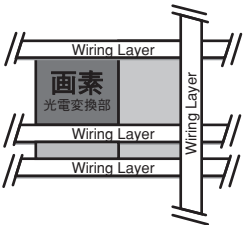
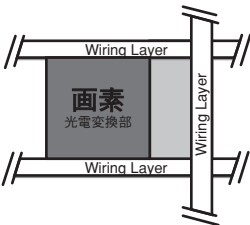



	CCD IMAGE SENSOR	CMOS IMAGE SENSOR	SUPERLOLUX IMAGE SENSOR
構造模式図			
画素面積比較			

図4 イメージセンサーの構造と画素面積

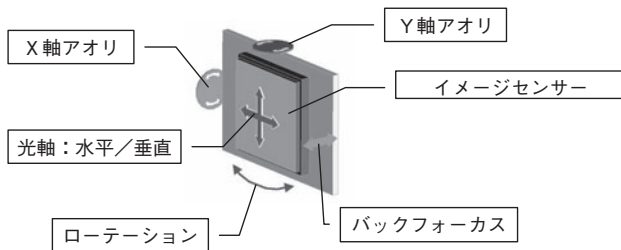


図5 多軸調整により、イメージセンサーをレンズに対し最適な位置へ固定

（３）徹底した放熱設計による、信頼性の向上

信頼性の向上のためJVCでは徹底した放熱設計を行います。構想設計段階からシミュレーションを実施し、効率的な放熱構造とし、回路設計ではできるだけ発熱の少ない省電力設計を実施します。さらに試作段階では部品一つ一つの耐熱温度の確認を行うなどして、高い信頼性を獲得しています。発熱量の大きなHDカメラでこそ、放熱設計技術の差が信頼性や性能の差となって顕著に現れます。

（４）H.264 HIGH PROFILEとCABACの搭載

H.264圧縮技術を用いたカメラを多く見るようになりましたが、H.264には複数の種類（プロファイル）が存在し、圧縮性能に差があるのは、前述のとおりです。VN-Hシリーズでは、H.264の中でも高画質を維持しつつ大幅にビットレートを削減することが可能なHigh profileを採用しています。さらにデータ量を削減するキー技術である符号化技術にCABAC（Context Adaptive Binary-Arithmetic Coding）の使用を可能にしました。ここではHigh profileに焦点を当てながら、H.264の原理を簡単に紹介しましょう。

ビデオは連続する静止画（フレーム）で構成され、各フレームは少しずつ変化していきます。1枚1枚のフレームは膨大なデータ量であっても、フレームとフレームの相違点（差分）だけを伝送することでデータ量を削減することが可能です。これがMPEG-1以降で用いられたインターフレーム処理です。H.264ではインターフレーム処理に加え、イントラフレーム処理が追加されました。これは1枚のフレームの中でも近隣の画素どうしは類似していることを利用するものです。H.264のプロファイルのひとつであるBaselineやMain profileでは、画面上を4x4画素ま

たは16x16画素のブロック単位で差分を計算しますが、High profileでは8x8画素のブロックも利用可能です。HDカメラのように多画素になると、この8x8の画素ブロックを利用できることは非常に効果が高く、さらなるデータ量の削減を可能にしています。人間の視覚は画像の緩やかな変化（低周波成分）には敏感ですが、細かい変化（高周波成分）には鈍感です。そこで画像を周波数成分に分割し、高周波成分を削減する手法がJPEG以降の圧縮技術で用いられてきました。MPEG-4まではDCT変換（Discrete Cosine Transform, 離散コサイン変換）により周波数成分に分割していましたが、これは実数による演算だったために誤差が発生し、ノイズとなっていました。H.264では整数演算を用いることで演算誤差を無くし、ノイズを防いでいます。

BaselineおよびMain profileでは4x4画素単位で整数演算をしますが、High profileでは8x8画素単位での整数演算も可能であり、画像の周波数特性に応じて最適な方式を選択できます。特にHDのような大きな解像度では領域によって周波数特性が異なることが多く、符合量の削減と高画質化に貢献にします。

最終的にデータ量を削減するのは符号化（エントロピー符号化）です。これはデジタル映像のデータの中で、出現頻度が高いデータに短いコードを、出現頻度が低いデータに長いコードを割り当てることで、全体としてコード量を削減する方法で、MPEG-4まではハフマン符号化という方法が用いられてきました。しかし動画の場合には刻々とデータの出現頻度が変わるので、常に同じハフマン符号化を適用する方法では最適化は難しく、データ量削減に限界がありました。H.264では刻々と変化するデータの出現頻度に応じて符号化方式を切り替えることで、常に最適な圧縮を行います。Baselineではエン

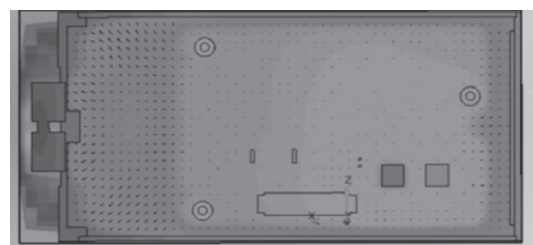


図6 筐体内の温度分布と風の流れをシミュレーションで事前確認

トローピー符号化としてCAVLC（Context Adaptive Variable Length Coding）を使いますが、MainおよびHigh profileではCAVLCに加えCABACも利用することができます。CAVLCは整数の符号化しかできず、処理は軽く済みますが、データ量の削減効果は十分ではありません。CABACでは算術符号化を利用して

非整数の符号化が可能であり、データ削減に大きな効果を得ることができます。巷で言われているようなH.264圧縮形式の本当の効果を得たいなら、High profileとCABACが必要です。もちろんVN-HシリーズではHigh profileを搭載しさらにCABACの利用が可能です。

	Constrained Baseline Profile	Baseline Profile	Extended profile	Main profile	High profile
イントラフレーム予測8X8	X	X	X	X	◎
整数演算単位8X8	X	X	X	X	◎
CABAC符号化	X	X	X	◎	◎

（５）インテリジェントクリア（CLVI）の搭載

HD-IPカメラは防犯カメラなので、本来の目的である”目的の被写体を鮮明に見やすく映し出す”ことができなくてはなりません。CLVI（Clear Logic Video Intelligence）はJVCのオリジナル技術の一つで、ワイドダイナミックレンジ技術をさらに発展させ、低下したコントラストを復元させます。特

にスモッグや霧などの入力画像そのものにコントラストに乏しい映像に効果を発揮します。CLVI処理をしていない圧縮ロスのない映像（例１）とCLVI処理を施してデータ量を66%まで圧縮した映像（例２）の比較を示します。データ量を2/3まで圧縮しても、CLVI処理によって映像が鮮明に再現されていることがお分かりになると思います。

例1: Original Image with Lossless Compression（Bitrate: 100%）



例 2：CLVI and Lossy Compression（Bitrate: 66%）



5. おわりに

株式会社JVCケンウッドは、2011年10月1日付で日本ビクター株式会社、株式会社ケンウッド、J&Kカーエレクトロニクス株式会社の3社を合併いたしました。伝統の技術とサービスによりお客様のビジネスと安全をサポートしてまいります。