



## 〔2. 建築における ICT 技術〕

## 防犯カメラ設備のデジタル化

難波 剛

TSUYOSHI NAMBA

(株)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 チーフ

## はじめに

防犯カメラ市場のうち、現在約3割程度がネットワークシステムであり、まだ主流はアナログの設備である。しかしながらシステムが大規模になるほど、ネットワーク比率が高まり、大規模案件の多い首都圏地区では既に5割程度がネットワークシステムになっている。また1年後、2年後に竣工を迎える新築案件においてもそのほとんどがネットワークで設計・計画がなされているのが現状である。社会の安全と安心を見守る防犯カメラシステムは今まさに転換期を迎えており、デジタル化、ネットワーク化によって、さらなる高度な要求に対応していくことが期待されている。

本稿では防犯カメラ設備における、アナログ方式とネットワーク方式の違い（メリット・デメリット）を明らかにし、特に大規模建築設備においてネットワーク防犯カメラ設備を構築する際の留意点を解説する。また、現在開発中の新しい技術を紹介し、将来の展望を述べる。

## 1. アナログ方式とネットワーク方式の比較

## 1.1 構成による違い

アナログの映像信号を同軸ケーブルなどで伝送する従来のアナログ設備であっても実際には録画部分は既にデジタル化されている。アナログカメラ録画用のハードディスクレコーダー（デジタルレコーダー）は内部にエンコーダーを装備しており、映像信号をデジタル化して、大容量ハードディスクドライブ（HDD）に記録している。一方ネットワーク方式の場合、映像信号のデジタル化はカメラ内部で既に完了し、LANケーブルなどでデジタル化された信号を送っている。システム全体を見た場合、録画部分でデジタル化を行っているのがアナログ方式、カメラ部分でデジタル化を行っているのがネットワーク方式であり、このことが両者の本質的な違いとなっている。

## 1.2 ネットワーク方式の特徴

## (1) 遠隔監視の実現

ネットワーク化によるメリットの1つは遠隔監視・広域監視を可能にしたことである。インターネットや様々な広域回線サービスを利用することによって、遠隔地のカメラ映像をリアルタイムで見ることが可能である。実

際に、アメリカ支社のカメラ映像を日本から小さな携帯端末で見るというアプリケーションが既に実用化されている。このアプリケーションは思わぬところで地球の時差を実感することになるわけだが、アナログの時代には考えられなかったことである。

## (2) 省線化の実現

アナログの映像信号はそのままでは物理的に1本のケーブルに多重化して伝送することが困難であり、長距離伝送するためには伝送経路を1対1に確立する必要がある。昔のアナログの電話設備が、複数の交換機を機械的に切り替えて経路を確立してからでないとい信号を流せない（通話ができない）ことが、この原理をよく表している。

ところがネットワークの場合、ネットワーク上の各機器は固有のアドレスを持っており、デジタル信号は固まり（パケット）になって、それぞれが宛先のアドレスを目指して到達するため、あらかじめ経路を確立しておく必要がなく、信号を容易に多重化可能である。

アナログの防犯カメラ設備ではカメラからセンター側（防災センター等）まで同軸ケーブルをカメラ台数分敷設する必要があり、多大な配線コストとスペースを要することになる。また映像だけではなく音声や制御（カメラの回転、ズーム制御など）を含むような大規模システムではケーブルの種別を含めてトータルの配線コストはさらに増大する。ネットワークであれば、HUBを使用することにより省線化が可能であり、映像・音声・制御の各信号はデジタル化され、LANケーブル1本での配線が可能である。PoE（Power over Ethernet）技術により電力までもLANケーブル1本で送ることができる。

## (3) ネットワークにおけるシステム設計

ネットワーク化によるメリットを述べてきたが、やはりデメリットも存在する。アナログの場合はとりあえず機器を接続すれば画像は出るが、ネットワークの場合そうはいかず、各機器にIPアドレスの設定が必要で、パラメータを1つ間違っただけでも画像は出ない。また、次章で述べるが、デジタルの場合カメラ、伝送経路（HUB等）、レコーダー、表示機これらすべてがデジタル信号を処理するため、信号処理能力の上限を超えないようなシステム設計が必要になる。

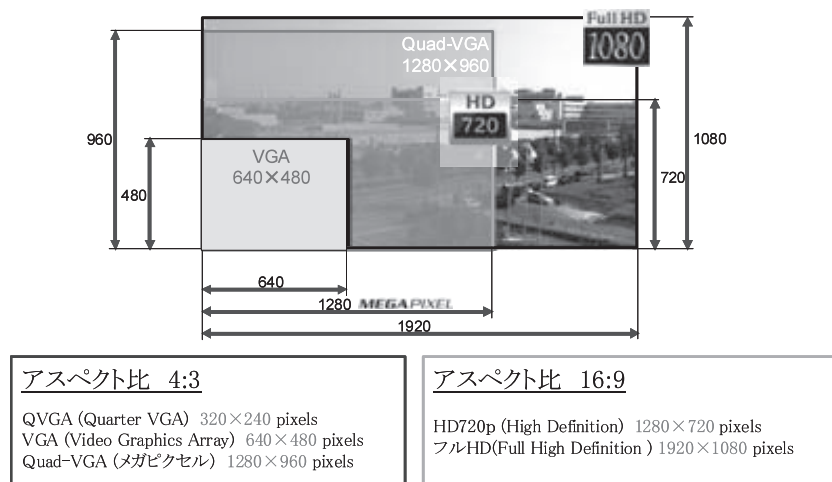


図-1 解像度一覧

## 2. ネットワークシステム構築上の留意点

### 2.1 3つのパラメータ

ネットワーク防犯カメラ設備のシステム設計を進める上でまず基本になるのが「解像度」、「圧縮率」、「フレームレート」の3つのパラメータである。

#### (1) 解像度

カメラの画像を構成する縦横のピクセル数（構成ドット数）を解像度という。現在の主流はVGAサイズ（640×480）でこれを基本として面積比1/4にしたのがQVGA（320×240）である。1画面に拡大した時、ぼやけた画像になってしまうので現在はほとんど使われない。

数年前より、メガピクセルカメラといわれる高解像度のカメラが出現し、この解像度がQuadVGA（1280×960）で、VGAの面積比4倍である。QuadVGAで録画した映像を後から再生した時、画面の一部を拡大するデジタルズームをかけても、実用的な画質を保てる特徴がある。

もちろん、解像度が高いほうが見た目の画質は良くなるが、その分データ量が増え、途中の伝送経路や録画や表示の能力（パフォーマンス）、録画容量に多大な負荷をかけることになるため、注意が必要である。

上記の解像度はいずれも縦横比（アスペクト比）が4:3であるが、ディスプレイがワイド画面（横長16:9）に移行しつつあるように、防犯カメラの画像もワイド画面のものが出現している。1280×720やフルHDと呼ばれる1920×1080である。図-1に解像度の一覧を示す。

#### (2) 圧縮率

映像信号をデジタル化するとその情報量は莫大なものとなり、一般的に扱うことができない。そこで情報量を減らすために圧縮を行うわけだが、どれだけ圧縮するかの度合いを表すのが圧縮率である。静止画をベースにした圧縮方式にJPEGがあり、圧縮は静止画1枚の中で完

結している。一方動画を前提にした圧縮方式にMPEG 2やMPEG 4があり、これらを発展させたのがH.264と呼ばれる方式である。いずれも圧縮率を上げればデータ量は小さくなるがその分画質は悪くなり、圧縮ノイズが目立つ画像となる。

#### (3) フレームレート

1秒間のコマ数をフレームレートと言い、単位はfpsやipsを使う。（fps：frame per second, ips：image per second）30ipsをフル動画と呼び滑らかな動画を表す。因みに映画は1秒間に24コマである。防犯や監視用途では特に録画において、録画媒体HDDの容量との兼ね合いで、普通コマ落ち（フル動画ではない）の映像が使用される。ネットワークカメラでは映像信号の圧縮はカメラ内部で行っているため、ライブの動画であってもデータ量を減らすためにコマ落ちの動画が使用される。

JPEG圧縮の場合コマ数とデータ量は単純に比例するが、MPEG系の圧縮の場合は動画が大前提の圧縮方式のため、フレームレートが高くなるほうが圧縮効率は向上する。たとえば、JPEGの場合フレームレートを15ipsから30ipsに上げるとデータ量は倍になるが、MPEG 4ではデータ量をほとんど上げずに圧縮効率を高めることで、15ipsから30ipsにすることができる。

### 2.2 データ量の計算

モデルケースとして、カメラ64台、レコーダー2台、大画面常時表示ディスプレイ4台、代表モニターとしての統合監視パソコン1台、サブ監視ルームにもう1台パソコンが設置されるシステムについての考察を行う。

#### (1) システムの構成

システムの構成は図-2のとおりとなり、各フロアに設置されたフロアHUBにその階のカメラ16台を接続する。フロアHUBから1階防災センターのセンターHUBまでLANケーブル1本で接続する。センターHUBから各レコーダーおよび2台のパソコン、大画面表示のため

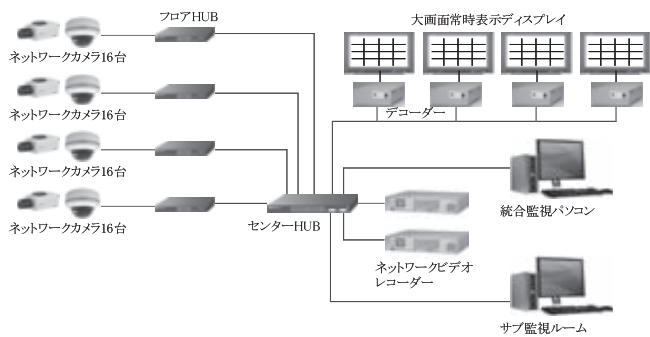


図-2 システム構成図

のデコーダー4台がLANケーブルで接続される。

### (2) カメラの配信ストリーム数

ネットワークカメラは基本的にはサーバーであり、パソコンなどのクライアントからの配信要求がない限りデータを配信することはない。クライアントからの要求に従ってカメラがデータを出力することをストリームを配信するという。ネットワークカメラもアナログカメラのように電源が入っている限りデータを常に出力していると思われがちだが、これは誤りである。(ユニキャストである限り)

今回のモデルケースではレコーダーが常時すべてのカメラを録画し(常時録画)、大画面が常時すべてのカメラを16分割×4枚で表示しているとすると、各カメラは常時レコーダーとデコーダーに2ストリーム配信することになる。もしデコーダーが16分割ではなく、4分割の自動切換え(シーケンシャル)で見ている場合は、各カメラは常時はレコーダーに1ストリームのみ配信し、シーケンシャルで表示された時だけ、さらにもう1本、ストリームをデコーダーに配信することになる。

パソコンは操作者が見たいカメラを切換えて見るものであり、通常は、カメラ1台、多くて16台同時に分割画面で監視を行う。事件が発生した時など、同時に2台のパソコンが同じカメラを見に行っただけとして、そのカメラはレコーダーとデコーダーとパソコン2台に合計4本のストリームを同時に配信することになる。

### (3) カメラの配信データ量

カメラから配信される画像データの解像度をVGA(640×480)、圧縮方式をJPEGで静止画1枚のデータ量を30KB(普通画質)とし、デコーダー、レコーダー、2台のパソコンがそれぞれ10ipsのストリームを要求した場合、ストリーム1本のデータ量は下記の通り計算できる。

$$30\text{KB} \times 10\text{ips} \times 8 = 2.4\text{Mbps}$$

ここで8をかけているのはB(バイト)をb(ビット)に変換するためである。したがってカメラは最も条件が厳しい場合に合計 $2.4\text{Mbps} \times 4 = 9.6\text{Mbps}$ のデータ量を配信することになる。現状のネットワークカメラはこの倍ぐ

らしいの配信能力を持つため今回のモデルケースにおいて、ネットワークカメラは常時配信している2ストリームに加えて、2台のパソコンから同時にアクセスされた場合でも、ストリームを4本同時に出力することが可能である。

### (4) ネットワークの回線容量

前項より各フロアHUBのカメラポートには最大約10Mbpsのデータ量が流れ込むことになり、各フロアのカメラ台数は16台のため、フロアHUBからセンターHUBにつながる1本のLANケーブルには最大約160Mbpsのデータが流れることになる。そのためフロアHUBのカメラが接続されるポートの処理速度は100Mbpsで十分だが、上位のHUBにつながるアップリンクポートは100Mbpsでは容量が不足するため、1000Mbpsに対応している必要がある。当然のことながらそれらを受けるセンターHUBは全ポートが1000Mbps対応のギガビットイーサネット対応HUBが必要になる。

### (5) 録画や表示のパフォーマンス

レコーダーやデコーダーは録画や表示の合計のコマ数が性能として定められている。本モデルケースではレコーダーは2台のため、1台のレコーダーは10コマ/秒のカメラを32台同時に記録することになり、合計320コマ/秒の録画性能が必要となる。レコーダーの性能がこれに満たない場合は録画フレームレートを下げる必要がある。本ケースでは説明の都合上、ライブと録画のフレームレートを同じ10コマ/秒としたが、実際の案件では録画条件は秒1から5コマの要求例が多い。

デジタルデータをデコードし、人間が見える画像にするデコード作業は機器のCPUにとってかなり負荷のかかる作業であり、デコーダーの表示性能(分割画面表示時の合計コマ数)もシステム設計時に十分に考慮すべき仕様条件の1つである。デコーダーが大画面に表示する最大分割数が16であれば、今回の表示コマ数の合計は160コマとなり、これは妥当な表示コマ数といえる。仮に16分割のすべてのカメラで30コマ/秒のフル動画表示を要求された場合は現在の機器の能力的に不可能である。

### (6) 録画可能時間

本モデルケースでは1台のレコーダーでカメラ32台分のデータを、JPEG30KB、10コマ/秒の録画条件で内蔵HDD容量4TBに録画すると、録画可能時間は下記の通り計算できる。

$$4,000,000,000\text{KB} / (32\text{台} \times 30\text{KB} \times 10\text{ips} \times 3600\text{秒}) = 115\text{時間}$$

約4.8日間録画可能ということになる。圧縮方式がJPEGの時には、録画コマ数と必要なHDD容量は比例するため、要求仕様に従って録画条件を決定しなければならない。

## 2.3 マルチキャスト配信

2.2で行った考察はすべてネットワークの配信方式がユニキャストの場合である。今回のモデルケースでは1台のネットワークカメラは条件が厳しい時には同時に4

本のストリームを配信することになり、フレームレートがフル動画を要求されるような案件になるとカメラの配信能力を超えてしまう。これを回避する手段としてマルチキャスト配信を使う方法がある。

#### (1) ユニキャストとマルチキャスト

ユニキャストの場合カメラは配信要求のあるクライアントの数だけストリームを配信するが、マルチキャストの場合カメラはマルチキャストアドレスに対してストリームを1本配信するだけで、HUB等のネットワーク機器がストリームをコピーして各ポートに配信し、必要なクライアントがそれを受け取るようになる。マルチキャスト配信の場合カメラの負荷は軽減されるが、HUB等のネットワーク機器に対する負荷が増えることになる。ネットワーク機器やデータを送受する両端の端末機器がマルチキャストに対応している必要があり、設定には高度な専門知識が必要となる。

#### (2) モデルケースにおけるマルチキャスト

2.2ではすべてのフレームレートを10コマ/秒で検討したが、たとえばライブのフレームレートとして30コマ/秒のフル動画を要求された場合、マルチキャスト配信方式と圧縮方式としてMPEG4を使うのが有効な方法である。MPEG4はJPEGに比べて高フレームレートになるほど圧縮効率が上がり、JPEG30KBの場合フル動画のストリームは7.2Mbpsのデータ量となるが、MPEG4を使うと約半分のデータ量で同等の画質とフレームレートを実現することができる。

本モデルケースでは各カメラからは録画用に10コマ/秒のJPEGユニキャストストリームを1本配信し、パソコンやデコーダのライブ表示機器にはMPEG4マルチキャストストリームを1本配信することになり、カメラの合計のデータ配信量は2.4Mbps+3.6Mbps=6Mbpsとなる。ただしこの場合もデコーダの表示では16分割時、すべてのカメラを30コマ/秒で表示することは不可能なので、フレームレートを低減する設定をデコーダに行う、もしくは表示分割数を少なくし6分割までとするなどの制限が必要である。

#### (3) IGMP (Internet Group Management Protocol)

ユニキャストではネットワークカメラはサーバーなのでパソコンなどのクライアントから要求がない限り、ストリームを配信することはないが、マルチキャストではストリームマネージャー等が存在しない限り、ネットワークカメラは電源ON状態で常時マルチキャストアドレスに対してストリームを配信する状態となる。これを受信したネットワーク機器はマルチキャスト制御に対応していないと、どこにマルチキャストを要求しているクライアントが存在しているかわからないため、すべてのポートにストリームを配信してしまい、ネットワークは途端にデータが溢れかえる状態になる。当然カメラ側にもデータが配信されるため、ネットワークカメラは自分以

外のすべてのカメラが配信するマルチキャストデータを受信し、これを破棄する作業が発生し、肝心の自分のデータを配信できないという事態に陥ってしまう。こうしてシステム上のネットワークは事実上破綻してしまうことになる。

このような状態を回避するために、マルチキャストを制御するためのプロトコルがIGMPである。これによってネットワーク機器はどこにマルチキャストを要求しているクライアントが存在するかを知るようになり、必要なポートにしかデータを配信しないようになる。また、クライアントがカメラの閲覧を停止した時、すぐにネットワーク機器はデータの配信を止めることができる。

マルチキャストを適切に制御するプロトコルの使用により、ネットワークカメラシステムでもフル動画のストリームを複数のクライアントに、フレームレートを低下させることなく配信することが可能になった。これはアナログの防犯カメラシステムで当然のように可能であったことが、ようやくネットワークでも可能になったことを意味し、機能的な制限や弱点をすべて克服したといえる。

### 3. ネットワークカメラシステムの将来展望

#### 3.1 カメラの高解像度化

カメラの解像度については2.1(1)で述べたが、フルHD解像度(1920×1080)の防犯用ネットワークカメラが既に出現している。VGA(640×480)と比較して実に6倍超もの面積比を誇るフルHDカメラであるが、データ量も6倍になったのでは実際の案件で、伝送回線の容量の問題、録画容量の問題などで使いづらいものになってしまう。従来のJPEGやMPEG2に比べて2倍程圧縮効率が良いといわれるH.264によって、カメラの高解像度化に伴うデータ量の増大を効率よく押さえ込むことができる。今後もカメラの高解像度化と高効率圧縮方式はさらなる発展を遂げるものと考えられる。

#### 3.2 録画データのクラウド化

大容量記録媒体であるHDDは消耗品であり、交換メンテナンスが避けられない。HDDは壊れることを前提にRAIDなどの技術により信頼性の向上が図られているが、大量のHDDをカメラ映像の録画に使用している防犯カメラ設備のライフサイクルコストを考えた場合、その交換メンテナンス費用は管理者に重い負担となっている。そのため、高速大容量回線の存在が前提にはなるが、現場にはカメラのみ設置し記録はデータセンターなどネットワーク上のより安全などこかで行うという考え方が当然生まれてくる。近い将来、防犯ネットワークカメラ設備は情報通信サービスの1つになり、カメラはネットワーク上の1端末になるような時代が来るのかもしれない。

(平成23年12月15日 原稿受理)