

# 映像監視システム向けインテリジェント圧縮技術の開発

高森 哲弥\*, 胡 軼\*, 胡 学斌\*, 野口 幸典\*, 與那覇 誠\*

## Development of Intelligent Movie Data Compression Technology for Video Surveillance Systems

Tetsuya TAKAMORI\*, Yi HU\*, Xuebin HU\*,  
Yukinori NOGUCHI\*, and Makoto YONAHA\*

### Abstract

We developed “Intelligent Compression”, an intelligent movie data compression technology that is useful in video surveillance systems. We expanded our unique image recognition technology, which is used in the digital photography field, in the development of “Intelligent Compression”. With its highly accurate recognition capability, this technology realizes a high compression ratio while preserving the information necessary for surveillance. It also makes quick image searching and crowd analysis possible, contributing to wider application of surveillance systems.

### 1. はじめに

昨今の監視カメラ映像の増加は顕著である。TVなどで目にする事の多い防犯カメラだけでなく、交通監視のためのカメラや、最近では職場の従業員コンプライアンス対策や安全確保のための監視カメラも増えている。空港、駅、商業施設、金融機関はもちろん病院、会社、学校、公園にまでカメラは設置されている。カメラに写らない日はないといってもよいほどである。

一方、現在の監視カメラ映像は画質がよくないことが多い。TVなどで公開された防犯カメラの映像を見ても、すぐに人物が誰かを識別できるケースはほとんどない。この原因はカメラの画質がよくないこともあるが、映像記録装置に問題があるケースも多い。映像を記録する際に、画質を劣化させた圧縮方式で保存しているのがその原因である。これは画像データの大きさに対する要求からきている。例えば1本のVTRにカメラ4台の映像を1週間分記録したいなどの厳しい要求がある。そのため、この分野では従来から高画質かつ長期間の映像記録を可能とする圧縮技術へのニーズが強い。

近年はさらに、画質向上のためのカメラの多画素化、ネットワーク対応カメラによるシステムの大規模化、コンプライアンス利用での長期間録画要求の進展によるデータ量の増加が著しい。これらと前述のカメラ台数増

加、高画質化要求があいまってストレージコストは上昇傾向にあり、今後ますます高画質かつ長期間の映像記録を可能にする圧縮技術へのニーズが高まってくると予想している。

以上の背景に基づいて、当社では監視映像の高画質・長時間記録を可能とする圧縮技術と、この技術を搭載し高画質なネットワークカメラの映像を取得、記録できるネットワークビデオレコーダー「FUJIFILM Clearvision FVR-100 / 200」を開発した (Fig. 1)<sup>1)</sup>。

本報告では、このネットワークビデオレコーダーに搭載した圧縮技術である「インテリジェント圧縮技術」について、その内容と性能について報告する。



Fig. 1 FUJIFILM Clearvision FVR-100.

本誌投稿論文 (受理 2011 年 11 月 25 日)

\*富士フイルム (株) R&D 統括本部  
画像技術センター

〒 258-8538 神奈川県足柄上郡開成町宮台 798

\* Imaging Technology Center  
Research & Development Management Headquarters  
FUJIFILM Corporation  
Miyanodai, Kaisei-machi, Ashigarakami-gun, Kanagawa  
258-8538, Japan

## 2. インテリジェント圧縮技術

### 2.1 インテリジェント圧縮技術の概要

画像の圧縮は、①何らかの信号処理手法でデータの出現頻度に偏りを生じさせる工程、②残したい情報を選別し、それ以外を削除してデータの出現頻度に偏りを生じさせる工程、③データの出現確率に応じた符号割り当てで情報量を落とす工程、で構成されていると見ることができる。インテリジェント圧縮は上記②に着目した技術であり、「監視映像にとって残したい情報の選別」機能で実現する。言い替えると、くっきりと残したい対象に高い時間・空間分解能を与える圧縮を行なう。人物の顔をくっきりと残したい場合には、顔の領域のフレームレートと解像度を維持して圧縮するようにし、他の領域はどこであるかがわかる程度の情報を残すようにする (Fig. 2)。



Fig. 2 Intelligent Compression overview.

このような圧縮機能を実現するには、くっきりと残したい対象を検出する検出器と、検出結果に基づいて領域ごとに圧縮処理を制御する圧縮器が必要である (Fig. 3)。

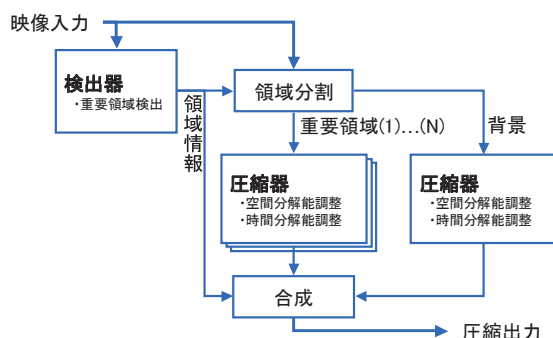


Fig. 3 Block diagram of Intelligent Compression.

### 2.2 検出器

監視映像においては、くっきりと残したい対象はほとんどが人物と動く物体である。一方、Fig. 4に示すように、

これらの検出は動物体検出技術、頭部検出技術でほとんどがカバーできる。動物体検出には利用可能な既存技術が多く存在することから、検出器実現のキーは頭部検出技術の開発にあった。

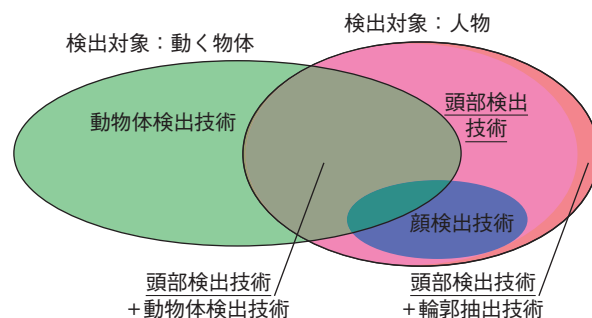


Fig. 4 Relation between detection target and technical components.

#### 2.2.1 頭部検出処理の全体像

開発した頭部検出処理の構成を Fig. 5に示す。図中の「頭部判別器」が処理の心臓部であり、画像認識技術をベースに新開発した。

当社では長年にわたり画像認識技術開発を行なっており、検出もれや誤検出の観点で高い性能を達成している。現在当社デジタルカメラに搭載され、フォーカスや露出の調整に用いられている顔検出機能が好例である。しかし、この顔認識処理をそのまま利用して監視カメラ映像中の人物頭部を検出してみると1割程度しか検出できない。これは監視カメラから撮影される顔の向きがデジタルカメラで撮影されるものと異なることに起因している。デジタルカメラでは人物は顔の正面近くから撮影されるが、監視カメラは天井から見下ろす形で撮影されるケースがほとんどであり、顔の方向も正面近くから撮影されるケースは少ない。この状況に対応するため、斜め上方向からの撮影でも、人物が水平方向どの方向を向いていても人間の頭部を検出できる技術を新開発した。

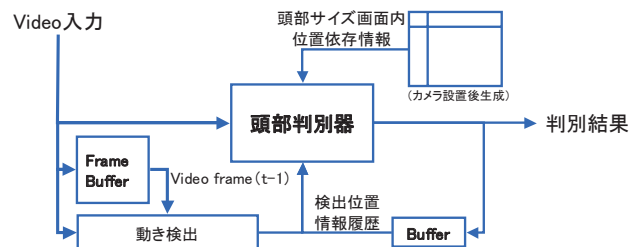


Fig. 5 Block diagram of head detector.

頭部判別器は、入力されたビデオ信号から各フレーム画像中に人物頭部が存在するかどうかを探索、判定する。判定は複数の画像特徴で記述された頭部のテンプレートと画像との比較によって実現され、このテンプレートを

さまざまなサイズ、回転角度に応じて画像上でスキャンし判定を行なうことで探索が実現される (Fig. 6)。

この頭部判別は当社デジタルカメラに搭載されている顔検出と同一の手法を用いているが、人物の頭部は顔に比べさまざまな画像特徴を持つこと、画像中に頭部に似た画像特徴を持つものが多く存在することから、前述のテンプレートを構成する画像特徴の種類を顔検出よりも大幅に増やし高い検出精度を達成している。



Fig. 6 Scanning procedure for head detection.

## 2.2.2 頭部探索範囲の制限

頭部判別の探索範囲を制限することによる判別の高速化と誤検出抑制実現は、今回の頭部検出処理開発の重要なポイントである。この探索範囲制限は以下に述べる2つの手法によって実現している。

一つ目は、監視カメラが多くの場合俯角を持って取り付けられ、その視野が比較的長い時間固定されることに着目したものであり、人物頭部の画像内位置と画像上のサイズとの関係を利用する。

カメラが俯角をもって取り付けられた場合、同じ大きさの物体ならば撮影対象とカメラの距離が長いほど小さく、かつ画面のより上方位置に表示される。一方、監視カメラからの撮影において人間の頭の床面からの高さや大きさは一定の範囲にあるため、画面上の位置によってとりうる頭部のサイズも一定の範囲に収まる (Fig. 7)。

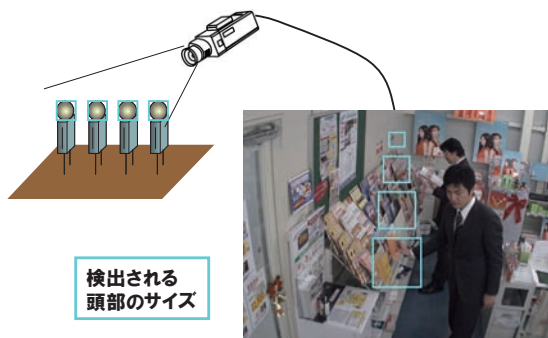


Fig. 7 Relation between the head size and position on screen.

この性質を利用して画面上の位置ごとに探索する人物頭部のサイズを大きく絞り込み、高速化と誤検出低減を実現した。

この手法を実際の商品に用いる場合には、カメラ設置条件によって変化する人物頭部の画面上の位置と頭部サイズとの関係変化に対応する必要があり、設置されたカメラで撮影した映像を分析し、人物頭部の画面上の位置ととりうる頭部サイズとの関係を自動算出・設定する機能もあわせて開発した。

二つ目は監視カメラの視野が比較的長い時間固定されることに着目したものであり、画像上での動きの有無を検出し利用する。

画像上の各領域での動きの有無をフレーム間の差分情報を用いて判断し、動きのない画面領域を頭部探索範囲から除外する。カメラの微妙な動きや画像のノイズによる誤判断を防止するため、画像上のやや広い範囲の情報をを用いて動きの有無を判断している。

また、動きのない画面領域を頭部探索範囲から除外しただけだと動きの少ない人物が探索されなくなってしまうため、過去の検出結果を分析して探索範囲を修正する機能を追加している。

## 2.3 圧縮器

圧縮器は、検出された重要領域が必要な画質を保って圧縮されなければならない。一般的な動画圧縮手法は画面全体、映像ファイル全体で同じ圧縮を行なっているため、細かなテキストチャーが多く動きや変化の激しいシーンで人物の顔などのディテールがつぶれてしまうことや、静止しているシーンが必要以上に高画質になってしまうことがある。

今回開発した圧縮器は、領域ごとに空間解像度、空間・時間方向の量子化誤差を制御できるように構成したので、シーンによらず対象ごとに適切な画質で安定した圧縮を行なうことができる (Fig. 3)。

## 3. インテリジェント圧縮の性能

### 3.1 画質-圧縮率性能

画質と圧縮率はトレードオフの関係にあり、圧縮率を上げれば画質が劣化し、画質をよくすれば圧縮率が低下する (Fig. 8)。画質、データサイズは大きく変化するため、性能はデータサイズを固定した時の画質、または画質を固定した時のデータサイズで比較し評価する。

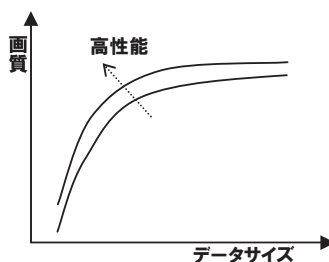


Fig. 8 Compression rate-image quality curve.

Fig. 9は市販の監視カメラ映像記録装置DVR（デジタルビデオレコーダー）、インテリジェント圧縮を搭載した当社のネットワークビデオレコーダー“FVR-100”を用い、両者の圧縮結果が同程度のサイズになるようにした際の画像を比較したものである。人物の判別という観点からFVR-100の画質がDVRを大きく上回っており、インテリジェント圧縮の画質-圧縮率性能が一般的な画像圧縮より高いとすることができる。

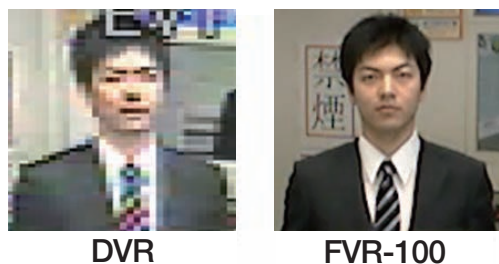


Fig. 9 Comparison of image quality between different compression rates.

また、Fig. 10はJPEG圧縮、H.264圧縮（ワンセグ、Blu-rayなどに採用されている最新の動画圧縮方式）、インテリジェント圧縮を用い、人物の判別という観点から同レベルの画質となる圧縮処理を行なって圧縮後のデータサイズ（複数の金融機関・商業施設における実証実験から得た値の平均値）を比較したものである。接続するカメラの画質や撮影環境により圧縮率は変動するが、インテリジェント圧縮画像が他の圧縮方式に比べ高い圧縮率を実現できていることが確認できる。

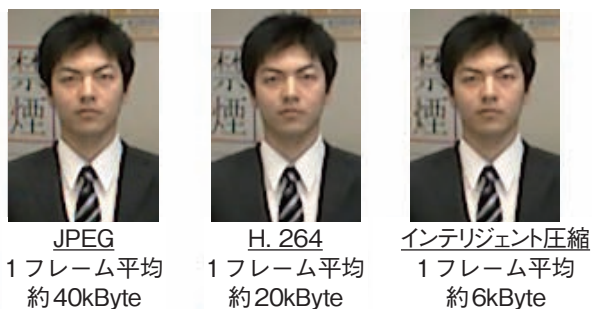


Fig. 10 Comparison between compression rates.

### 3.2 圧縮処理速度

インテリジェント圧縮で用いている頭部検出処理は一般的に計算量が多く処理に時間がかかる画像認識処理であるが、前述した頭部探索範囲の制限技術を開発することにより大幅な高速化を達成している。

インテリジェント圧縮処理（検出・圧縮）をすべてPC（Intel Core 2 2GHz CPU, 2GB memory）で処理した場合でも、処理時間は1フレーム平均160ms程度であり、PC/サーバー上で本技術を活用することが可能である。

## 4. インテリジェントサーチ

インテリジェント圧縮は圧縮率が高いため、長時間のデータが記録されるケースが多くなると考えられる。このようなケースでは記録した映像から必要な部分を素早く検索する機能が必要である。この要求に応えるためにインテリジェントサーチ機能を開発した。

インテリジェントサーチ機能は、インテリジェント圧縮の過程で生成される映像フレームごとの検出位置情報を圧縮データ内に保持できるようにすることで実現している。検出結果位置情報のフォーマットは全体の圧縮率への影響が小さくなるような独自のものを考案した。

保持した検出位置情報を用いることで、例えば撮影エリア内に指定した特定領域と検出位置情報を比較し、指定した位置に人など検出対象が侵入したシーンの画像を素早く検索することができる。検索結果をビデオ再生の頭出しに利用すれば、確認が必要なシーン以外をスキップしながら映像を確認できるスキップサーチが実現でき、シーンを早送りしての映像検索と比較しても検索時間を大幅に短縮することができる（Fig. 11）。



Fig. 11 Intelligent search.

## 5. 混雑度分析

頭部検出結果情報を利用して、撮影されているエリアにどれだけの人間がいるかを計測することができる。この情報を時間軸で集計するとFig. 12に示すようなそのエリアでの混雑度など人々の動きの情報を得ることができる。

混雑度分析のような機能は、監視映像からマーケティング情報など利用者に有用な付加情報を抽出するものであり、新しい顧客価値を生み出す機能として注目している。監視映像の有効活用に対する顧客の期待も大きく、今後複数カメラの情報統合など機能の充実をはかっていきたい。

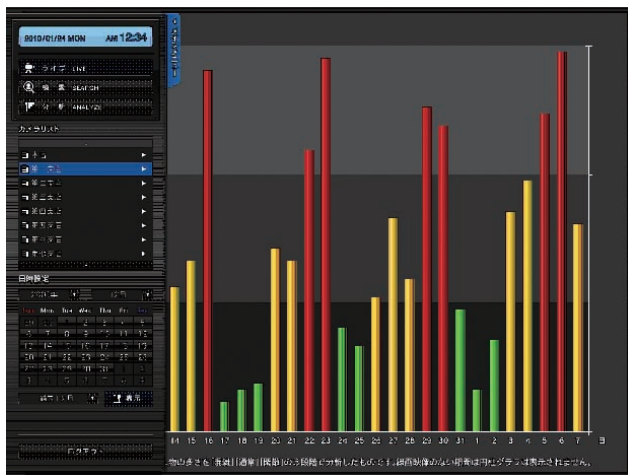


Fig. 12 Number of people count.

## 6. おわりに

本報告では映像監視用途向けに開発したインテリジェント圧縮技術について、その内容と特徴について述べた。今回開発したインテリジェント圧縮は、人領域の映像情報を劣化させることなくコンパクト化することができるので、監視映像記録でのストレージコスト削減に有用である。この圧縮技術を搭載したネットワークビデオレコーダー“FVR-100”では、この分野で一般的に用いられているMotion-JPEGに対し30分の1以上の圧縮性能を実現している。さらにこの特徴はその他の用途、例えばテレビ会議や遠隔監視など人物の画像が重要な通信用途にも有用である。検出対象を人物以外に広げればさらにさまざまな情報を劣化させることなくコンパクト化したいという要求に応えることができる。そして、このようなコンパクト化への要求は、ICT環境の進展に伴ってますます強く、対象も拡大していくと予想している。今後これらの多様なニーズに広く活用できるように、本技術の機能・性能向上を進めていきたいと考えている。

### 参考文献

- 1) 平田健二. 高画質・超高压縮エンジン搭載、次世代ネットワークビデオレコーダー「FUJIFILM Clearvision FVR-100」. 画像ラボ. 20 (11), 72-76 (2009).

(本報告中にある“ワンセグ”は社団法人デジタル放送推進協会の登録商標です。“Blu-ray”はブルーレイディスクアソシエーションの登録商標です。“Intel Core”はインテルコーポレーションの登録商標です。“FUJIFILM Clearvision”は富士フイルム(株)の登録商標です。)