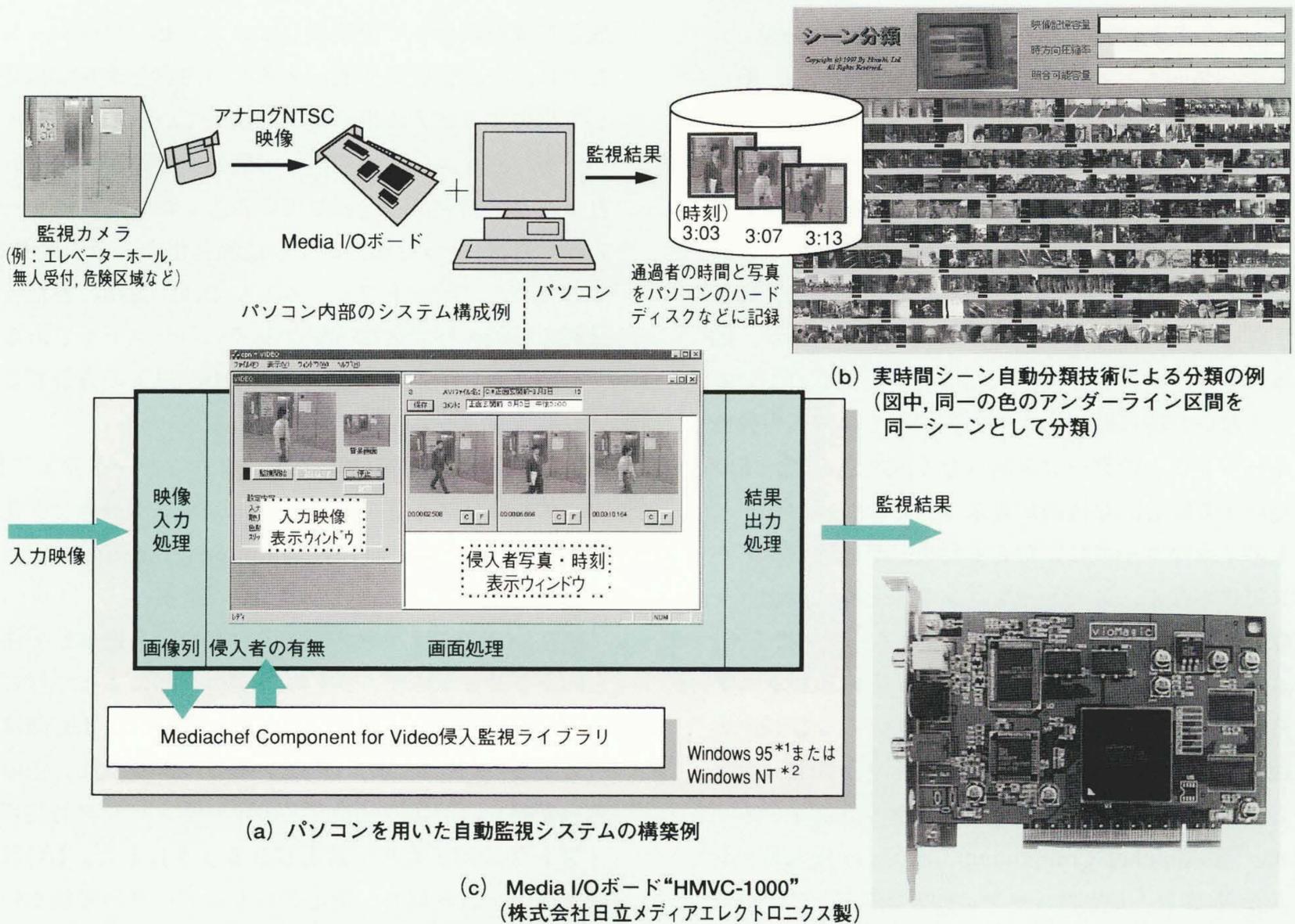


パソコン用ビデオ処理プラットフォームと監視システムへの応用

Development of PC Video Processing Platform for Automatic Surveillance System

小檜山智久 Tomohisa Kohiyama 山光 忠 Tadashi Yamamitsu

宮武孝文 Takafumi Miyatake 幸田恵理子 Eriko Kôda



注1：略語説明ほか NTSC (National Television System Committee)

*1, *2 WindowsおよびWindows NTは、米国およびその他の国における米国Microsoft Corp.の登録商標である。

注2： (顧客の用途に合ったソフトウェア部分)

ビデオ処理応用システムの実例

「Media I/Oビデオ処理プラットフォーム」上に「Mediachef Component for Video侵入監視ライブラリ」を実装した自動監視システムの構成例(a)と、シーン自動分類が実時間で行われている画面(b)、および「Media I/Oアーキテクチャ」を構築するために既存のパソコンに追加が必要な唯一のハードウェアであるボード(c) [PCカード版の製品も計画中] を示す。

家庭に普及したパソコンとテレビを融合して、簡単に動画を扱えるようになれば、新たなパソコン・テレビの利用分野が広がる。そこで、パソコン用「ビデオ処理プラットフォーム」、監視システムの自動化を支援する「監視ライブラリ」、および動画編集に適した「実時間シーン自動分類技術」を開発した。

このプラットフォームの特徴は、CPU (Central Processing Unit) に負荷を掛けることなしに動画データの表示や取り込みが行えることである。これにより、CPUは

主記憶装置上に取り込んだデータの処理に専念できるので、応用システムのためにCPUの処理能力を最大限に引き出すことができる。この技術は、監視システムや動画編集などの実時間処理が求められる本格的なアプリケーションのニーズにこたえることができる。また、ソフトウェアとハードウェアのインタフェースはそれぞれ標準仕様に準拠しているため、オープンな環境で低価格・高性能な動画処理応用システムが構築できる。

1 はじめに

近年、CPU(Central Processing Unit)やメモリをはじめとする半導体技術の進歩と、マルチメディアデータを処理するためのOS(Operating System)やミドルウェアの整備により、パソコンのマルチメディア処理能力は飛躍的に向上してきた。また、WWW(World Wide Web)などのインターネットの普及により、画像表示も、静止画だけでなく動画の再生が容易に行える環境が整ってきた。このような環境を利用して、監視カメラシステムや画像編集システム、ビデオ会議システムなどに応用できる、より便利な道具としてのパソコンが望まれている。静止画はデジタル スチル カメラやスキャナなどによって手軽にデジタル化できるようになってきたが、動画の入力では、必ずしも実用的な環境が提供されているとは言えない。特に監視応用や動画編集では、入力動画のフィールドごとのデータを漏れなく取り込んで、実時間で処理する総合的な技術が要求される。

以上のようなニーズにこたえるため、デスクトップパソコンだけでなく、ノートパソコンでも手軽に動画データを取り込んで処理できる「Media I/Oアーキテクチャ」と呼ぶ「ビデオ処理プラットフォーム」と、監視システムの自動化を支援する「監視ライブラリ」、および動画編集に適した「実時間シーン自動分類技術」を開発した。

ここでは、「Media I/Oビデオ処理プラットフォーム」の構成、「Mediachef Component for Video侵入監視システム」、および「実時間シーン自動分類技術」について述べる。

2 Media I/Oビデオ処理プラットフォームの構成

2.1 システム構成

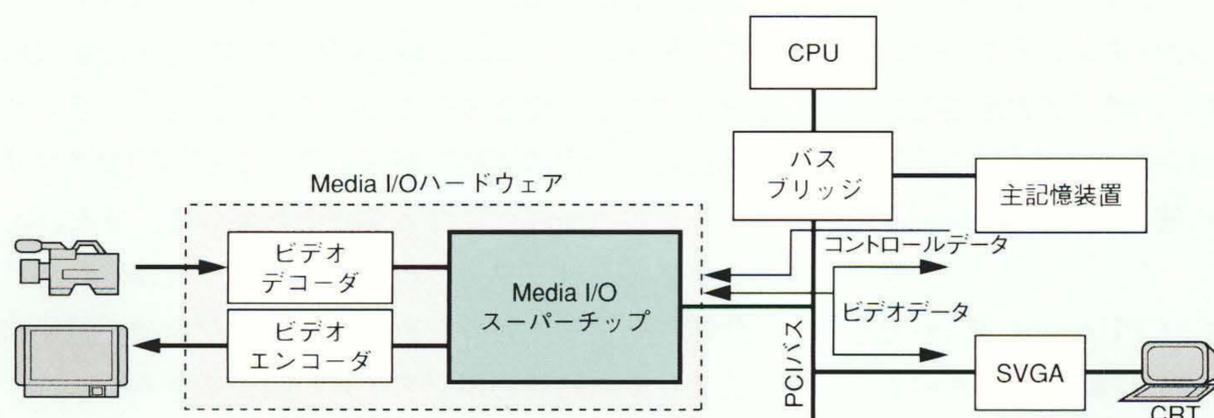
ハードウェアを中心としたビデオ処理プラットフォームのシステム構成を図1に示す。同図の点線で囲んだ部

分を従来のパソコンに追加することにより、プラットフォームを構成できる。機能的には、アナログビデオ信号をデジタルに変換し、システムバスであるPCI(Peripheral Component Interconnect)バス経由で表示や取り込み(キャプチャ)を行うビデオ入力機能と、パソコンで再生した動画のテレビ画面への表示や、パソコンで作成した資料のテレビを使用してのプレゼンテーションのために、主記憶装置や表示メモリの内容をテレビ信号として出力するビデオ出力機能を備えている。

一方、パソコンや周辺機器の製品サイクルは短く、各社は次々と新製品を発表している。しかし、ユーザーの立場からは、買った製品がすぐに陳腐化するのは困る。このため、プラットフォームとしては、長期にわたって最新の機能・性能を維持できるアーキテクチャであることが望ましい。これを達成するため、以下の方針でこのプラットフォームを開発した。

- (1) I/O(入出力)部のプログラマブルなハードウェア化
- (2) アルゴリズム部のソフトウェアコンポーネント化
- (3) API(Application Programming Interface)やハードウェアインタフェースの標準仕様準拠

現在、CPUにマルチメディア処理命令を追加して性能を向上させる試みが、多くのCPUベンダによって行われている。しかし、CPUがいくら速くなっても、I/O部は不可欠である。そこで、I/O部をハードウェア化し、色の表色系変換や、解像度変換などのルーチンワーク的処理をソフトウェアで柔軟に設定できるようにした。I/O部は設定情報を読み取り、指定どおりのデータの変換や転送を行う。この間、CPUに負荷を掛けることがないので、CPUは本来の画像処理アルゴリズムに集中することができる。3章で述べる応用技術は標準APIに準拠しているため、他のプラットフォーム上でも稼動し、図1に示すプラットフォーム上で最高の性能を発揮する。アルゴリズムの改良やパソコン自体の高性能化は日進月歩で進



注：略語説明
SVGA (Super Video Graphics Array)

図1 ビデオ処理プラットフォームのシステム構成

右側の標準的な構成のパソコンに点線で囲んだMedia I/Oハードウェアを接続することにより、ビデオ処理プラットフォームを構成することができる。

むため、結果として陳腐化知らずの、日々進化する製品にできる。また、ハードウェアとソフトウェアのインタフェースを標準仕様に準拠することにより、既存のパソコンシステムへの導入が容易になる。

マイクロソフト社のWindows 95には、“Video for Windows”という動画用のAPIがある。Video for Windowsに各種ドライバを組み込むことで、動画のキャプチャ(取り込み)や再生、圧縮などが可能となる(図2参照)。このVideo for Windowsドライバを利用することにより、市販のAP(Application Program)では、統一されたVideo for Windows APIを用いてMedia I/Oプラットフォームを制御することができる。

Media I/Oプラットフォームを制御するデバイスドライバは、Video for Windowsドライバであるキャプチャドライバと、ハードウェアを直接制御するMedia I/O制御ドライバで構成する。導入するパソコンシステムの構成にMedia I/Oプラットフォームを組み込むため、デバイスドライバはWindows95の描画ライブラリである“DirectDraw”を利用して、動画データを描画する表示制御部(グラフィックスボード)のハードウェア情報を取得する。ハードウェア情報とは、フレームメモリの容量や画面の解像度、RGB(光の三原色)やYUV(輝度と色差)といった表色フォーマットなどの情報である。デバイスドライバは、それを基にMedia I/Oハードウェアに対して動画データの転送先やキャプチャの開始、終了などを設定する。このようにして、Media I/Oキャプチャドライバは、APからの呼出しに従ってピクチャや、複数の連続したピクチャである動画データをキャプチャするように、Media I/O制御ドライバを使ってハードウェアを制御する。キャプチャした動画データは、RGBやYUVフォーマットといった指定の表色系で、共有メモリやフレームメモリに直接書き込まれる。

2.2 プラットフォームの製品と製品化予定

Media I/Oアーキテクチャは、PCIボードや「CardBus PCカード」の形態で製品化される。CardBusとは、日本電子工業振興協会(JEIDA)と米国のPCMCIA(Personal Computer Memory Card International Association)が共同で策定、標準化した32ビットのPC(Personal Computer)カード用インタフェース規格である。現在製品化されているMedia I/O関連製品としては、PCIボード版[41ページの図(c)参照]があり、今後、CardBus PCカード版の製品化を考えている。

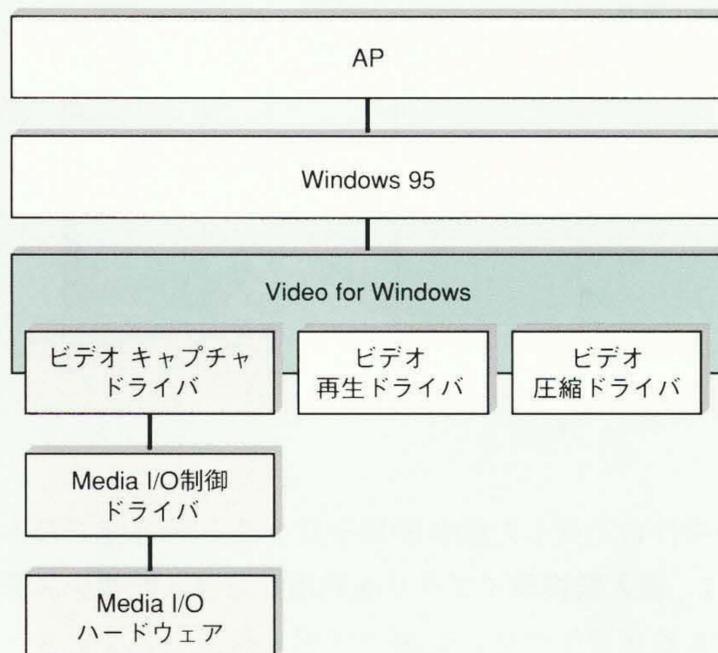


図2 Video for Windowsドライバの構成

Video for Windowsドライバは、キャプチャドライバとハードウェアを直接制御するMedia I/O制御ドライバで構成する。

3 応用技術

3.1 Mediachef Component for Video侵入監視システム

3.1.1 侵入監視について

道路上の交通量の計測や、線路・踏切での犯罪防止など、映像監視へのニーズはきわめて高い。ところが、現在の映像監視は技術的な問題から人手に頼らざるをえない状況にあり、パソコンなどによる監視処理の自動化が求められている。そこで、さまざまなシステムへの応用を可能にするために、「侵入監視ライブラリ」という形態でこの自動監視機能を提供することとした。監視処理の自動化を達成するために、これまでもモデルやテンプレートなどを用いた方法が提案されている。侵入監視ライブラリでは、映像を1枚の画像データにし、その画像データ上に「スリット」と呼ぶ監視部分を設定する(図3参照)。そして、その監視部分だけに着目し、背景としてあらかじめ登録しているスリット画像と現在のスリット画像の相違により、侵入物を検出する。侵入物の形による検出漏れを防止するため、このライブラリでは、物体がスリット部分に侵入した瞬間に「侵入予想」の結果を返す。この「侵入予想」は、移動速度の速い物体の検出にも効果的である。そのほか、「背景更新」という情報も返すようにしている。これは、画面の明るさの変化や、物体がスリット上で停止した場合、またはカメラの向きが変更された場合に返される情報で、その時々照明や日

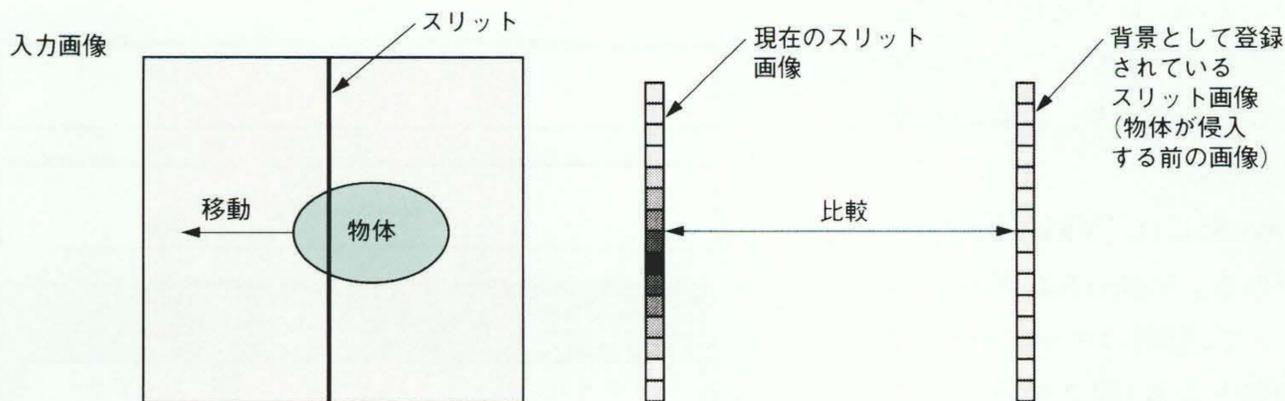


図3 侵入監視機能の概要

動画画面上にスリットを定義し、スリットを通して得られる画像から動く物体を検出する。スリットの位置や長さは自由に定義できる。

照の条件に追従した動体検出を行うことが可能である。

3.1.2 侵入監視ライブラリを利用した侵入監視システム

侵入監視機能には、従来の防犯・監視カメラシステムに、自動監視という付加価値を追加することができる(図4参照)。侵入監視ライブラリを用いて開発した自動監視システムの構築例を41ページの図(a)に示す。侵入者または侵入物の写真や侵入時刻などをパソコンに記録し、記録した監視結果の確認や、分類・統計、印刷、ネットワーク転送など、顧客のソフトウェアに合わせて、さまざまな監視システムの構築支援を行うことができる。このライブラリの適用を想定した応用分野を図5に示す。

3.2 実時間シーン自動分類技術

3.2.1 シーン自動分類の必要性

ビデオ映像を効率よく管理し、自由に取り出して利用できる映像システムへの期待が高まっている。そのため、映像の構成や内容をすばやく把握できるようにするインデクシング手法や、内容に基づいた検索手法などの研究が行われている^{2),3)}。今後、大容量記録メディアの普及が進めば、1週間あるいは1か月といった長時間の放送映像を家庭で蓄積し、任意の時間に視聴することが現実になるものと考えられる。

長時間の映像に対して横断的に、内容別に分類するシーン自動分類が可能となれば、長時間の映像全体に対する階層的なアクセスが可能になる。さらに、実時間で分類が行えれば、特定の分類に属する映像や出現頻度の高い映像などを検出して通知を行うこともできる。Media I/Oプラットフォームとの組合せにより、この実時間処理が可能となる。映像分類の方法にはさまざまなアプローチが考えられ、日立製作所は、映像中で繰り返し現れる同一のシーンに注目した。テレビの連続番組には、共通のオープニングや主題歌シーンが用いられ、同じ話題に関するニュースなどでは、同じ取材映像が繰り返し利用される特徴がある。このような繰り返しシーンを共通に含む、ひとまとまりの映像区間をグループにまとめて整理することにより、一連の番組ごと、あるいは共通の話題を単位とした映像分類が可能になる。

3.2.2 シーン照合手法

この方式では、連続して入力される映像について、その特徴を小さく圧縮して記憶すると同時に、圧縮されたままの特徴量を用いて高速に照合を行う。具体的には、シーンをフレームごとの平均色の時間的な変化パターンで特徴づけ、その特徴系列にランレングス^{*)}符号化に基

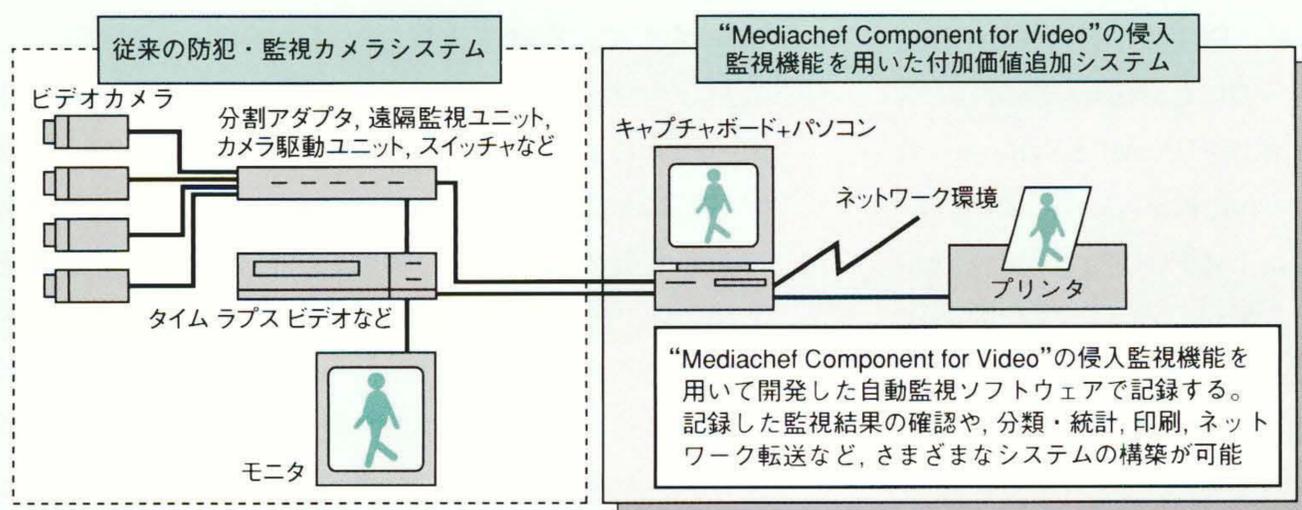
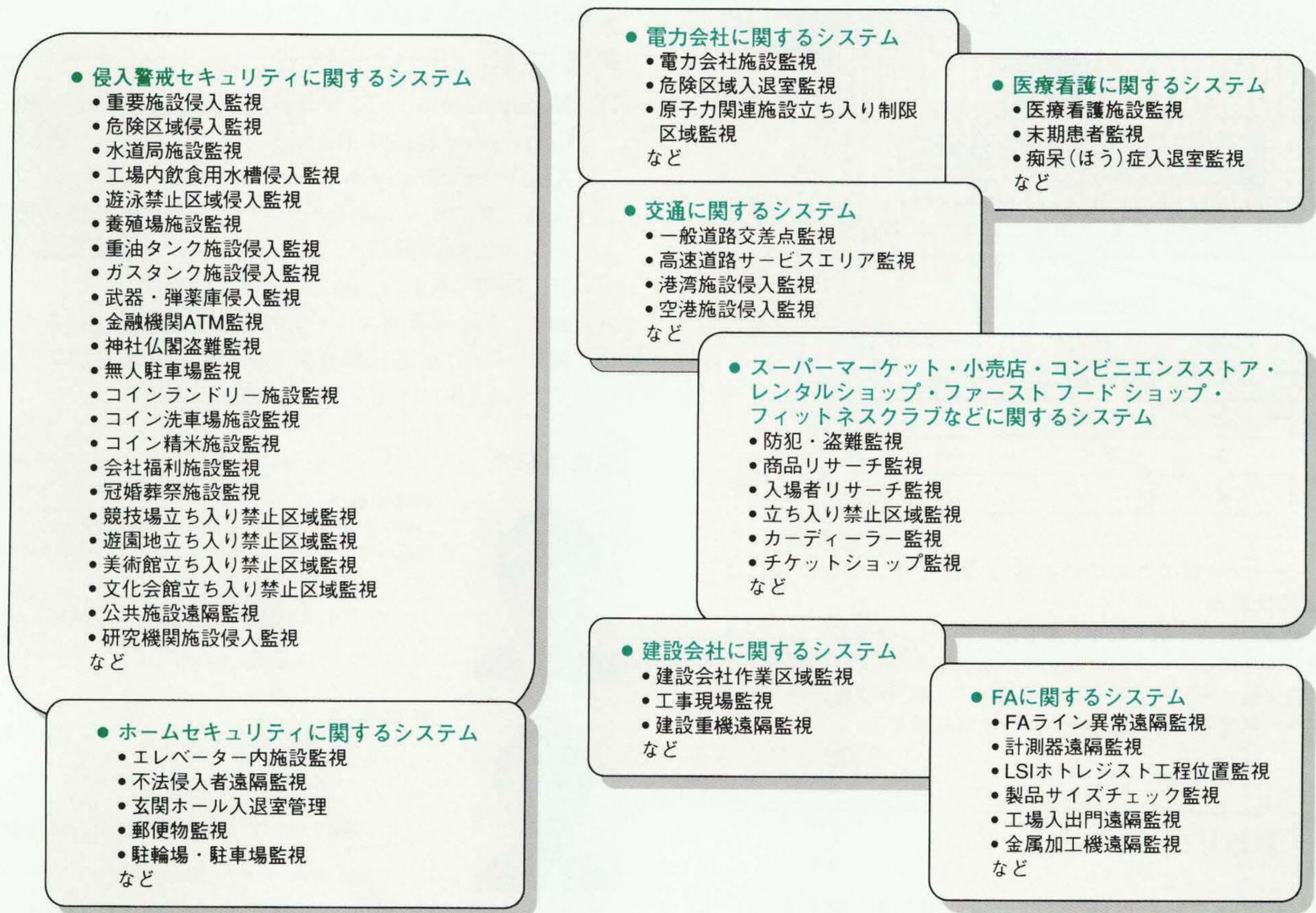


図4 侵入監視ライブラリ応用による侵入監視システムの構成

従来の監視システムに「Mediachef Component for Video侵入監視ライブラリ」を導入することにより、自動監視機能を付加することができる。



注：略語説明 ATM(Automated Teller Machine)

図5 侵入監視ライブラリの適用分野

侵入監視ライブラリの適用分野として視野に入れたシステムの例を示す。ライブラリで動体検出した結果をどのように処理するかにより、さまざまな分野への応用が可能である。

づく時間軸方向のデータ圧縮を施す。

特徴量抽出の流れを示す概念を図6に示す。逐次入力されるフレーム画像の1枚1枚から、それぞれの特徴量を抽出する。このときの特徴量の抽出には、フレーム画像の色平均を利用する。RGB表色系の各成分について色平均を求め、それら三つを組にしてフレームの特徴量とする。次に、特徴量の系列に対してランレングス圧縮によるデータ圧縮を施す。映像は時間方向の冗長性が非常に高く、特に上記のように色平均を特徴量とした場合、ほとんど同じ値が続くことになる。この冗長性を、圧縮によって省く。そして、照合をラン単位で行うとともに、

フレーム入力のたびに一度にシーン全体の照合を行うのではなく、まず候補を見つけ、その後のフレーム入力ごとに段階的に候補を絞り込む。これにより、フレーム当たりの処理時間を低減し、無制限の長さのシーン照合を実時間で可能とする。

3.2.3 実験と評価

この手法を一般的なパソコンに組み込んだMedia I/Oプラットフォーム上に実装し、放送中の商業映像を分類する実験を行った。その結果、1秒当たり平均20バイト以下の容量で特徴量を記憶しながら、漏れなく一意にシーンが分類できることを確認した〔41ページの図(b)参照〕。また、過去8時間分の映像を記録した状態でも1フレーム入力当たりの処理時間は平均10ms以下であり、数日分の映像に対して実時間で分類ができる見通しを得た。

※) ランレングス：同じ値が連続することをランといい、ランレングスとはその長さを指す。例えばnという値がm個続いたときのランレングスはmである。

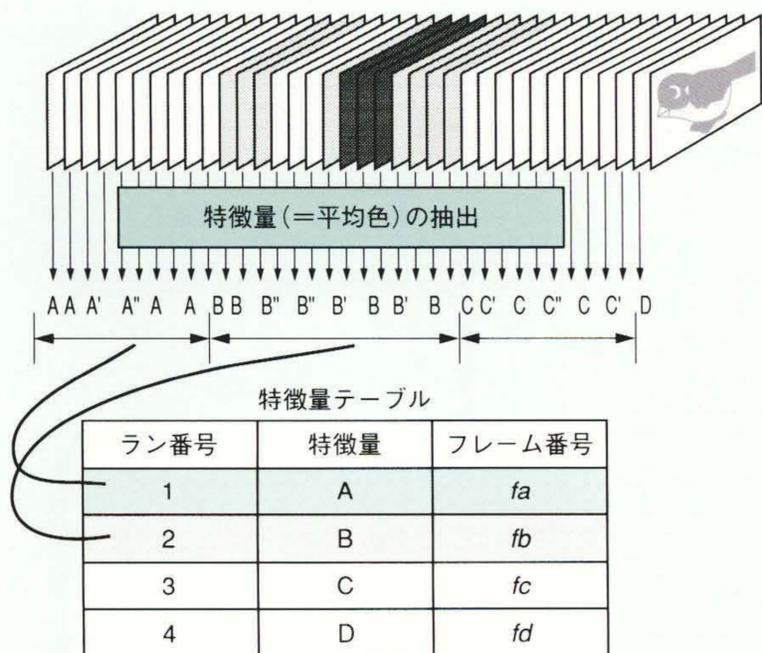


図6 シーン分類のための特徴量の抽出とランレングスによる圧縮の仕組み

入力動画の画像1枚1枚から特徴量を抽出し、特徴量が許容できる範囲内で連続している区間を一つにまとめる。そして、区間ごとにその特徴量と先頭のフレーム番号を組にして特徴量テーブルを作成する。区間内の特徴量はランレングス圧縮する。

4 おわりに

ここでは、このたび開発した実時間処理に適した「ビデオ処理応用技術」と、それをオープンな環境で低価格・高性能に実現する「プラットフォーム」について述べた。

パソコンを取り巻くマルチメディア環境は年々複雑さを増しているが、真に実用的なシステムを実現するのは、やはりCPUの処理能力によるところが大きい。CPUの性能を十分に引き出すためには、動画データの入力とデータ処理でのハードウェアとソフトウェアの機能分担を明確にすることが重要と考え、Media I/Oアーキテクチャによるプラットフォームとその応用技術を開発した。

今後、さらにアルゴリズムに改良を重ね、より実用的な応用システムを構築していく考えである。

参考文献

- 1) Nagaya, et al. : Moving Objects Detection by Time-Correlation-Based Background Judgment, Proc. of ACCV '95(Singapore), pp. 205-216(1995)
- 2) 長坂, 外: カットの時系列コーディングに基づく映像シーンの実時間識別法, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J79-D-II, No. 4, pp. 531-537(1996)
- 3) 長坂, 外: 時系列フレーム特徴の圧縮符号化に基づく映像シーンの高速自動分類手法, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J81-D-II, No. 8(1998) (掲載予定)

執筆者紹介



小檜山智久

1984年日立製作所入社, システム開発研究所 第六部 所属
現在, パソコン デジタル メディア処理技術の研究開発に従事
電子情報通信学会会員, 情報処理学会会員, 映像情報メディア学会会員, 電気学会会員, ACM会員, IEEE Computer Society会員
E-mail : kohiyama@sdl.hitachi.co.jp



宮武孝文

1971年日立製作所入社, 中央研究所 マルチメディアシステム研究部 所属
現在, 知的映像ハンドリングの研究に従事
工学博士
電子情報通信学会会員, 情報処理学会会員, 映像情報メディア学会会員
E-mail : miyatake@crl.hitachi.co.jp



山光 忠

1985年日立製作所入社, ソフトウェア開発本部 AI設計部 所属
現在, マルチメディアソフトウェア“Mediachef”の開発に従事
E-mail : yamamitd@soft.hitachi.co.jp



幸田恵理子

1991年日立製作所入社, PC事業部 PC本部 ソフトウェア設計部 所属
現在, MPEG編集ソフトウェアの開発に従事
情報処理学会会員
E-mail : eriko@ebina.hitachi.co.jp