

岡崎 彰夫
A. Okazaki大波多 元
H. Ohata中井 宏章
H. Nakai

公共施設など重要施設のセキュリティ確保のため監視カメラによる画像監視が行われている。このようなシステムでは、監視員がモニタ画面を見て侵入者などをチェックしているが、負担軽減や見落とし防止のために自動化が望まれている。

ここでは、従来の画像監視装置に画像認識機能を付加することによりこのような要求にこたえる技術について述べる。具体的には、①知的画像監視装置をターゲットに合わせて開発する作業を効率化する(プラットフォーム化)技術、②屋外環境変動に対する信頼性(ロバスト性)を向上させる技術、③人物を抽出したり詳細に解析するための基礎となる輪郭抽出技術を紹介する。

This paper describes smart video surveillance techniques to reduce security guards' labor. A recent trend in the security field has been the widespread installation of TV cameras, for example, in important areas of public facilities, for the purpose of remote video surveillance. Demand has therefore arisen for automated video surveillance systems, because security guards have to continuously watch CRT monitors in order not to miss security breaches in conventional systems.

Several useful techniques for realizing automated systems by introducing "intelligence" to conventional systems are described here. These are (1) a technique related to the tools and environment (platform) for developing a target system, (2) a technique to improve robustness against variations in outdoor environments, and (3) an outline extraction technique for the detailed recognition of human intruders.

1 まえがき

近年、立ち入り制限場所や公共施設などセキュリティが要求される場所に、遠隔監視を行うための監視カメラが数多く設置されている。従来の監視システムでは監視員がそのモニタ画面を見て、不審な人物や事件が発生していないかを確認しなければならず、その負担軽減が必要になっている。そのために動画像認識・解析の技術を用いて、移動物体の動きにより生ずる画像変化から異常を検出する研究・開発がなされている。通常、画像変化の特徴としては変化領域の面積や外接四角形の大きさなどの簡単な特徴が処理速度の制約から用いられている。

しかし、一般屋外環境を対象とした場合には、木の揺れや定常的な(異常でない)背景変動に対して必ずしも対処できていないのが現状である。また、人間の状態・動作をある程度把握したいという要求も少なくない。ここでは、屋外を監視対象とし、アルゴリズム開発から実地検証、ターゲット装置までに対応可能な動画像処理プラットフォームを紹介する。そして、そのうえでの高レベルな処理機能として、統計的判別手法をベースとした木の葉の揺れなどの背景変動の多いシ

ーンでも移動物体だけを良好に検出できる方法と、動的輪郭モデルを用いて人物輪郭を精度よく抽出する方法を示す。

2 画像監視装置の画像認識レベル

一般には、重要施設などの監視領域に複数設置された監視カメラからの映像を監視センタのモニタに表示して、監視員がその画面を見て不審者や異常状態を発見している。監視カメラが数十台にもなる場合は対費用効果の観点からモニタの数を節約するためカメラ切換え方式がとられることが多い。このようなシステムでは、監視員がモニタを凝視する負担や、カメラ切換え時の表示されていない画面での異常状態を見落とししてしまうなどの問題点があり、自動化が望まれている。しかし、自動化といっても付加する画像認識レベルによって次のようにいろいろなレベルが考えられる。

- (1) 画像内のなんらかの変化を異常として検知する。
- (2) 移動物体(侵入物体)だけを検知する。
- (3) 移動人物(侵入者)だけを検知する。
- (4) 顔画像を切り出し、個人認識を行う。
- (5) 顔の表情や身ぶり、手ぶりを認識する。

現状では、(1)だけが実用化されているが、(2)や(3)もかなり実用に近づいてきている。(4)、(5)はまだ、研究段階である。3章、4章で紹介する技術は(2)および(3)を実現するための技術であり、5章での技術は(4)や(5)のための基礎技術として位置づけられる。

3 動画画像処理プラットフォーム

屋外シーンを対象とした種々の画像監視システムを開発する際、従来、実際の環境下で膨大な画像データを収集し、検出精度などの監視性能をシミュレーションする作業が繰り返して行われている。シミュレーション用のデータ収集はCCD（電荷結合素子）カメラを用いた現場でのVTR録画という手段によることが多い。

しかし、性能評価の信頼性を上げようとすればするほど長時間のシーンが必要となり、収集の手間がかかるばかりでなく記録容量も増大する。また、記録シーンの中には冗長なシーンも含まれており、評価に必要なシーンだけを選択するといった編集作業も非常に手間のかかるものである。

そこで、データ収集の際に実運用にできるだけ近い形で冗長性をなく目的とする映像やそれに付随する情報を選択的に記録できれば上記の問題はかなり解決される。さらに、評価済みのアルゴリズムをターゲットマシンに実装する段階でも、シミュレーションでのものが、ほぼそのまま移植できれば開発コストがかなり低減できる。

以上のような観点から、知的画像監視システムの開発効率を大幅に向上させるための動画画像処理プラットフォームを試

作した。図1にハードウェア構成、図2にソフトウェア構成を示す。

このプラットフォームをベースに種々の知的画像監視装置を実現することができる。一例として、移動物体を検知し自動的に追尾して画像監視を行う装置を紹介する。この移動物体自動追尾装置の構成は以下のようにになっている。

- (1) 全体制御モジュール
- (2) 入出力モジュール
- (3) 画像メモリモジュール
- (4) DSP (Digital Signal Processor) モジュール
- (5) 画像記録モジュール
- (6) シリアル通信モジュール

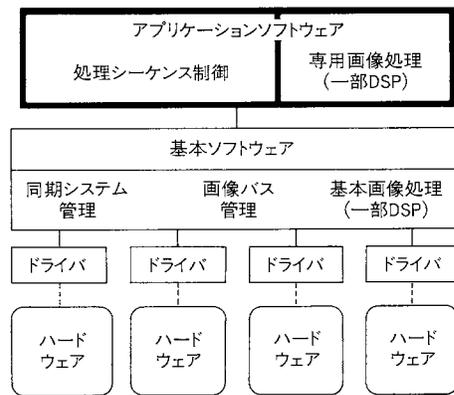


図2. 動画画像処理プラットフォームのソフトウェア構成 アプリケーションソフトウェアにより各種の用途に対応可能である。
Software configuration of moving image processing platform

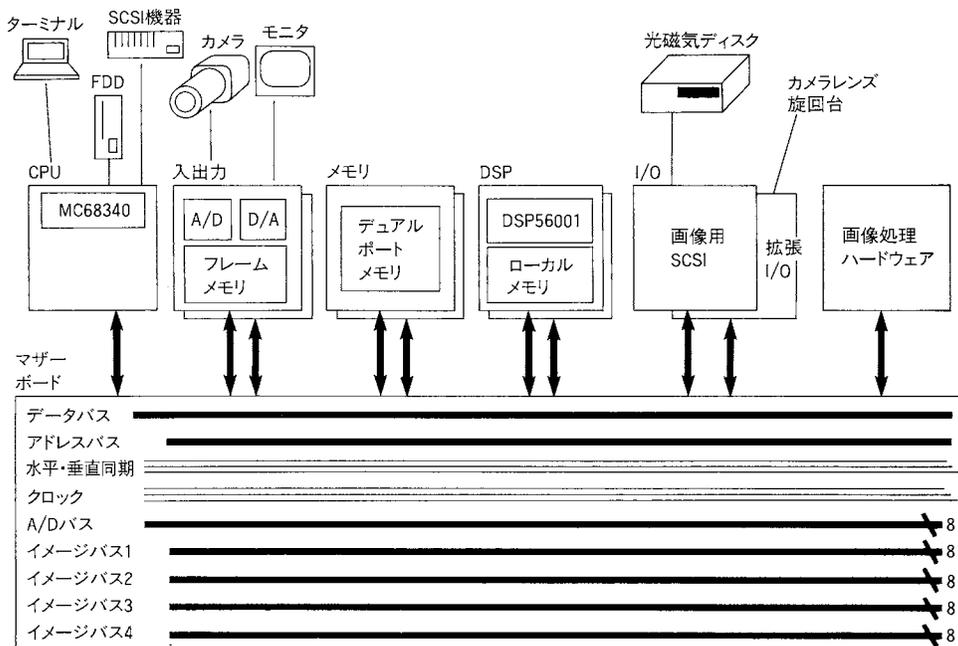


図1. 動画画像処理プラットフォームのハードウェア構成 各種入出力機器が接続可能なようにプラットフォーム化されている。

Hardware configuration of moving image processing platform

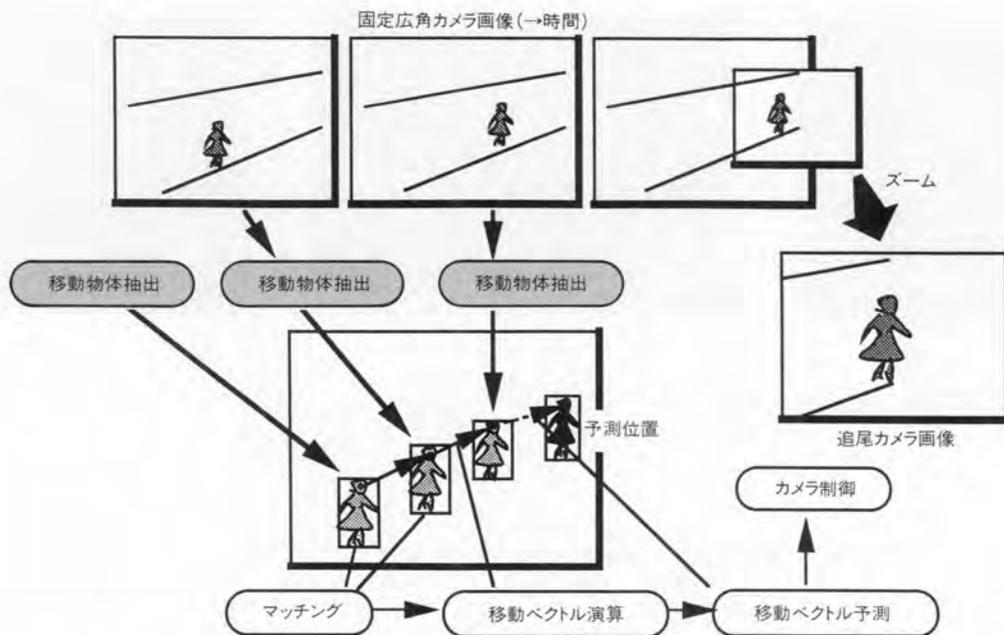


図3. 自動追尾の原理 移動物体の抽出と移動ベクトルの算出により、次の移動位置を予測し追尾を行う。
Basic concept of moving object tracking

この装置の応用ソフトウェア（プログラムはROMに内蔵）が行う処理概要は次のとおりである（図3）。

- (1) 移動物体の検出（ステップ1） 二つのDSPがフレーム間差分（0.3秒間隔）に基づく移動物体の検出を行う。
- (2) 移動物体の認識・追跡（ステップ2） DSPが詳細な移動物体の認識処理、追跡処理を行い、カメラ制御系が移動物体を追尾する。
- (3) 移動物体の記録（ステップ3） DSPは画像を（必要なら圧縮して）、SCSI（Small Computer System Interface）を通して光磁気ディスクに記録する。

みなせる変動は検知対象としないことにする。

映像の1フレームが与えられたとき、各画素の値を観測値としてその事象を判別する方法としては、統計的決定手法であるベイズの判別を用いる。すなわち、輝度値 I を観測する前での S_1, S_2 の起こる確率をそれぞれ w_1, w_2 （ここで、 $w_1 + w_2 = 1$ ）、条件付き確率分布をそれぞれ $p\{I/S_1\}, p\{I/S_2\}$ とすると S_2 （変化事象）の事後確率 w_2' は、

$$w_2 \cdot p\{I/S_2\} / (w_1 \cdot p\{I/S_1\} + w_2 \cdot p\{I/S_2\}) \quad (1)$$

となる。そして、 $w_2' > 0.5$ のとき“変化あり”と判別する。

ここで、 $p\{I/S_1\}$ は移動物体のないシーンから求める。 $p\{I/S_2\}$ は予測困難であるのでどの I でも同じと仮定し、 $1/I_{\max}$ とする。また、 w_1, w_2 は初期値としておのおの 0.5 とし、その後逐次的にフレーム t で求めた事後確率を次のフレーム $t+1$ の事前確率とする。

図4に検出例を示す。

4 事後確率を用いた移動物体検出

フレーム間差分演算に基づく画像変化検出だけでは、シーン中の樹木や水面などの揺らぎをも動物体として誤検知してしまう可能性がある。これに対処するためには、一般的には複雑な解析処理を加味しなければならないが、ここでは、定常的変動は移動物体ではないと仮定して誤検知を減少させる簡便な方法の基本的な考えかたを紹介する。

例えば、樹木の揺れや水面の揺らぎなどの一定場所での変動は輝度変動を起こすという意味では“変化である”といえるが、シーン中につねに存在するという見かたをすれば“変化ではない”とも解釈できる。ここでは、ある画素の観測輝度値において、“通常の輝度値である（事象1： S_1 ）”と“通常の輝度値でない、言い換えればめったに起こり得ない値である（事象2： S_2 ）”という二つの事象があると考え。そして、事象2の場合を検知すべき変化とする。すなわち、定常的と

5 動的輪郭モデルを用いた人物輪郭抽出

画像中に写っている人物の輪郭を抽出することは、人物の動作・状態を認識したり、顔画像を切り出して個人認証する場合の前処理として重要である。ここでは、動的輪郭モデルに基づいて、モノクロ階調画像から人物輪郭を精度よく自動抽出する方法を紹介する。

- (1) 初期輪郭（動的輪郭の初期値）を求める。ここでは、あらかじめ設定した帯状領域内で、原画像およびエッジ画像（原画像に対し微分演算を施した多値画像）の投影波形



図4. 事後確率を用いた移動物体の検出例 (a)が平常状態で、(b)の異常状態のとき(侵入者あり)、侵入者が(c)のように検出される。
Example of moving object detection based on posterior probability

を用いて人物の肩と頭頂部の高さを検出し、これらを用いて自動設定する。

- (2) ここでは、輪郭を両端を固定した折れ線としてモデル化し、中間に配置される複数の制御点を以下の式に示すベクトル V_k だけ移動させる⁽⁴⁾。

$$V_k = a1_k \cdot V1_k + a2_k \cdot V2_k + a3_k \cdot V3_k \quad (2)$$

$V1_k$: 制御点 k の近傍のエッジ強度(微分値) 最大点へ向かうベクトル

$V2_k$: 制御点 k の弾性釣合位置へ向かうベクトル

$V3_k$: 制御点 k での輪郭に垂直な固定長ベクトル

$a1_k, a2_k, a3_k$ は重み係数であり、背景部分の不要なエッジにとらわれず、速やかに真の人物輪郭に移動するように近傍のエッジ強度により動的に変化させる。

- (3) 輪郭の移動を、全制御点でのエッジ強度の変化量が一定値以下になるまで繰り返す。



図5. 人物輪郭の抽出例 初期輪郭(もともと外側の折れ線)が逐次的に内側に移動し、正しい人物輪郭に収束する。

Example of human outline detection

上記のアルゴリズムにより、原画像のコントラストがある程度確保されていれば、良好の人物輪郭を自動抽出することができる。図5に抽出例を示す。

6 あとがき

監視カメラを用いた画像監視の省力化、知的化のための画像処理・解析技術を紹介した。屋外を監視対象とした場合、天候、時刻、季節などさまざまな環境変動が考えられ、どのようにして検出性能を保証するかが今後の課題である。しかしながら、現状でも監視対象や監視環境をある程度限定すれば実用レベルにある。

文献

- (1) 大波多 元, 他: 知的画像監視装置, 東芝レビュー, 47, 6, pp.487-490 (1992)
- (2) 富樫雄一, 他: 動画画像処理プラットフォームの提案, 第24回画像工学コンファレンス, 9-3 (1993)
- (3) 中井宏章: 事後確率を用いた移動物体検出手法, 情報処理コンピュータビジョン研究, 90-1 (1994)
- (4) 井手賢一, 他: Active Contour Model を用いた人物輪郭線の自動抽出, 電子情報通信学会秋期大会, D-35 (1994)



岡崎 彰夫 Akio Okazaki, D.Eng.

1980年入社。画像認識・処理の研究・開発に従事。現在、マルチメディア技術研究所開発第六部課長、工博。Multimedia Engineering Lab.



大波多 元 Hajime Ohata

1982年入社。自動化情報システムの研究・開発に従事。現在、柳町工場要素技術開発部課長。Yanagicho Works



中井 宏章 Hiroaki Nakai

1990年入社。コンピュータビジョンと動画画像処理の研究・開発に従事。現在、研究開発センター関西研究所。Kansai Research Lab.