

親子カメラによる自律型侵入者認識追尾システム

伊藤 渡 上田 博唯

日立電子株式会社 開発研究所

監視業務の省力化を目指し、広域監視用カメラと追尾監視用カメラの2種類を組み合わせた協調監視カメラシステムを開発したので報告する。広域監視用カメラ（親カメラ）では、差分法を用いて侵入物体の検出・追跡を行なう。追尾監視用カメラ（子カメラ）では、広域監視用カメラからの侵入物体位置情報と子カメラ自身のテンプレートマッチング結果に基づいてカメラ雲台を制御し、カメラ視野に侵入物体を捉えるように自律的に追尾する。本監視システムは、2種類の画像認識アルゴリズムを持つ監視カメラを組み合わせることで、監視員の雲台操作を不要とし、同時に侵入物体の“移動経路”や“動作・表情”などの情報を提供することが可能となる。

An Autonomous Intruder Tracking System using Master and Slave Cameras

Wataru Ito Hirotsada Ueda

Research and Development Laboratory, Hitachi Denshi, Ltd.

This paper proposes a video surveillance system using new intruder tracking method. This system consists of wide-range camera (master) and tracking camera (slave). The master camera detects intruders using subtraction method and traces loci of the intruders. The slave camera controls pan-tilt head and tracks the intruder using information from the master camera and it's own result of template matching. Thus, this system can provide "loci" and "behaviors and facial features" of intruders without any operator's action.

1. はじめに

現在、重要施設や道路、高速道路などのさまざまな場所で防犯・防災を目的として監視カメラが設置されている。しかしほとんどの場合、これらの異常発見は、監視員の目視による判断に頼っており、膨大な人的労力を必要としている¹⁾。また、ダムなどの広い範囲の監視を必要とする場所では、監視センタに常駐する監視員がカメラの雲台やズームレンズを操作して侵入物体を追跡・監視する必要がある。しかし、通

常監視センタでは、複数の監視カメラからの映像をモニタするため、ズームレンズと雲台を操作して侵入者をモニタ画面上に捉えながら、同時に別のカメラの映像も監視しなければならない。この作業は、多くの熟練を要する。さらに、侵入者が複数存在する場面では、監視員は同時に複数の雲台を操作しなければならない。このような場合、監視員一人で監視作業を続けることは困難となる。したがって、このような判断やカメラの操作を画像認識処理で自動的に行

うことで、安全性の向上や、熟練していない監視員の異常見逃しの低減、監視員の労働環境の改善など、大きなメリットが生まれる。

これまでに我々は、①差分法を用い固定視野で複数侵入物体を検出・追跡する方式²⁾と、②雲台を制御しながら侵入物体を追尾する方式³⁾を提案してきた。①は既に実用化されており、②は実用化のフェーズにある。しかし、①の方式では、複数の侵入物体を検出しその移動経路を検出することができるが、画像の解像度の制限から侵入物体の表情や細かな動作までは表示することができない。一方、②の方式では、侵入物体の表情や動作まで捉えることができるが、死角が多く、また、複数の侵入物体の追跡や監視領域内での侵入物体の移動経路を把握することが困難であるという問題もある。本報告で提案する監視システムは、差分法を用いて広域を監視する広域監視用カメラ（親カメラ）と、カメラ雲台を制御しながら視野内に侵入物体を捉えるように追尾する追尾監視用カメラ（子カメラ）の2種類のカメラで構成される。このような親子カメラの構成にすることで、親カメラによって検出した“侵入物体の移動経路”と子カメラ映像による“侵入物体の動作・表情”を監視員に同時に提供することができる。したがって、監視業務の省力化を図ると共に、侵入物体が検出された場合にその同定や行動の記録などが容易に行なえるようになる。

2. 親子カメラによる協調監視

2.1 監視処理の割当

前述の通り、親カメラと子カメラにはそれぞれ長短所がある。それぞれの長所を活かすため表1に示すような監視処理の割当を行なった。以下、親カメラと子カメラの動作について説明する。

表1 監視処理の割当

	広域監視用カメラ	追尾監視用カメラ
基本処理	・差分法	・テンプレートマッチング
監視処理	・侵入物体位置検出 ・侵入物体の追跡	・侵入物体の追跡 ・カメラ雲台の制御
表示情報	・侵入物体の移動経路	・侵入物体の表情・動作

2.2 親カメラの動作

親カメラの侵入物体追跡・認識処理は、複数の認識階層で構成されており、それぞれの階層で異なる時間幅のデータを取り扱うことで複数の侵入物体の「すれ違い」や「追い越し」といった事象に対する追跡性能を向上させている²⁾。図1に認識階層の構成を示す。第一階層では検出状態の分類を行ない、連続したフレームで検出された物体をその位置情報から“単純型”、“分離型”、“結合型”、“出現型”、“消滅型”に分類する。第二階層では、第一階層で得られた一連の状態変化を解析し、複数物体のすれ違いや交差などを判定して軌跡を確定する。第三階層では、得られた軌跡を評価して、検出物体が追尾すべき物体か否かを判定する。

図2(a)に親カメラの動作を表すフローチャー



図1 親カメラの認識階層構成

トを示す。親カメラは、先ず、差分法を用いて監視領域内の侵入物体を検出し、複数設けた子カメラの中から追尾処理をしていない子カメラを探索し、侵入物体追尾割当を行なう。子カメラの追尾割当は、

- ①待機状態の子カメラの探索
- ②待機状態の子カメラへ追尾指示
- ③追尾状態移行確認

のステップで行なっている、この制御は、タクシーの配車業務⁴⁾と類似している。次に、各フレームの検出された侵入物体に対し、先に説明した物体追尾を行なう。追尾できなかった侵入物体に対しては、子カメラでの追尾状態に応じて、子カメラで追尾できている場合は一時的に検出できなかったものとして追尾処理を継続し、子カメラでも追尾できなかった場合は、それまでの追尾結果による侵入物体の移動経路も参考にして侵入物体が監視領域から消えたか否かを判定する。このようにすることで、侵入物体の見逃しを低減させることができる。

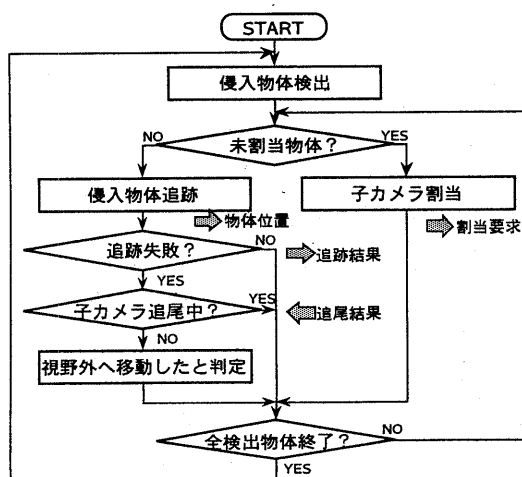


図2 親カメラの動作フローチャート
(矢印は情報伝送方向、⇒:親から子、⇐:子から親)

2.3 子カメラの動作

子カメラは、テンプレートマッチング法を使って侵入物体を追跡する。しかし、テンプレートマッチング法には、対象物体の向きが変化した時に対象物体とテンプレートの位置がズレてしまい、安定な追跡が行なえないという問題があった。この問題に対して、本方式では、対象物体は背景部分に比べエッジ成分が多いという特徴を利用し、マッチング位置周辺で最もエッジが多い位置にテンプレートを補正することで安定な侵入物体追跡を実現している³⁾。図3は、マッチング位置の周囲のエッジ画像とエッジの累積値をXY軸に投影して入力画像に重ねて表示したものである。図3より、対象物体は、背景部分に比べ多くのエッジを持つことが分かる。

図4に子カメラの動作を表すフローチャートを示す。子カメラは、侵入物体が存在しない場合は待機状態になっており、親からの追尾割当によって追尾を開始する。追尾を開始すると、先ず、親カメラからの侵入物体の位置情報をもとに雲台を制御してカメラ視野内に侵入物体を捉え、連続するフレーム間の差分から侵入物体の画像を抽出し、テンプレートに登録する。雲

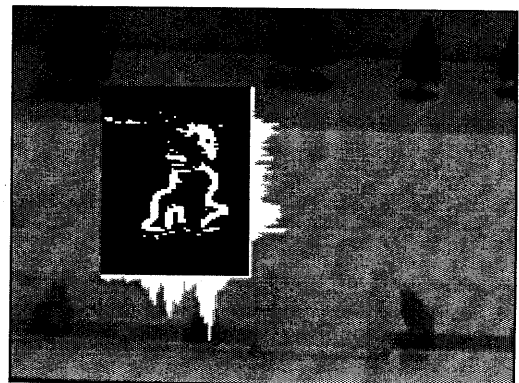


図3 対象物体のエッジ画像とその累積値

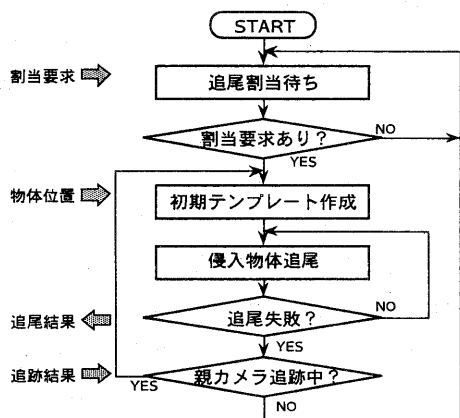


図4 子カメラの動作フローチャート
(矢印は情報伝送方向、⇒:親から子、⇐:子から親)

台制御中でテンプレートが作成できない間は、親カメラからの位置情報をもとに雲台制御を続ける。次に、作成したテンプレートを使ってマッチングを行ない、先に説明した位置補正を行なって侵入物体の移動位置を検出し、移動位置に基づいて雲台を制御する³⁾。マッチングが行なえなかった侵入物体に対しては、親カメラでの追跡状態に応じて、親カメラで追跡できている場合は初期テンプレートの作成を行ない、親カメラでも追跡できなかった場合は、侵入物体が子カメラの監視範囲から消えたものとして待機状態に戻る。

3. 親子型協調監視システムの試作

図5に試作した親子型協調監視システムの構成を示す。親カメラは、カメラ HITACHI KP-D51 (1/2型CCD、最低被写体照度:2lx) とパソコン DELL OptiPlex GXpro 6200 (CPU: Pentium Pro 200MHz×2)、画像処理ボード HITACHI IP-5005 (画像メモリ: 512×512×8bit×40面、画像間演算・積和演算速度: 13.6ns/pix) で構成される。子カメラは、画像処理ハードウェア内蔵カメラHITACHI IPcam4010SH (CPU: SH-3、60MHz、画像メモリ: 512×512×8bit×12面、画像間演算・積和演算速度: 27.6ns/pix、最低被写体照度: 100 lx) と高速電動雲台 HITACHI HC-210 (最大回転速度: パン 180°/sec、チルト60°/sec) で構成されている。各機器は、RS485 を使って通信することができる。

4. 実験および結果

図6に実験概要を示す。実験では、親子カメラ1台ずつの構成で監視を行なった。実験で使用した模型は、一周約190cmのレール上を2体の人形(図6(b)、高さ約7cm)が約30sで周回するようになっている。この速度は、実寸に換算すると人間が早歩きするときの速さに相当する。画像サイズは、親カメラ512×440、子カメラ256×220、各カメラの画像処理速度は、親カ

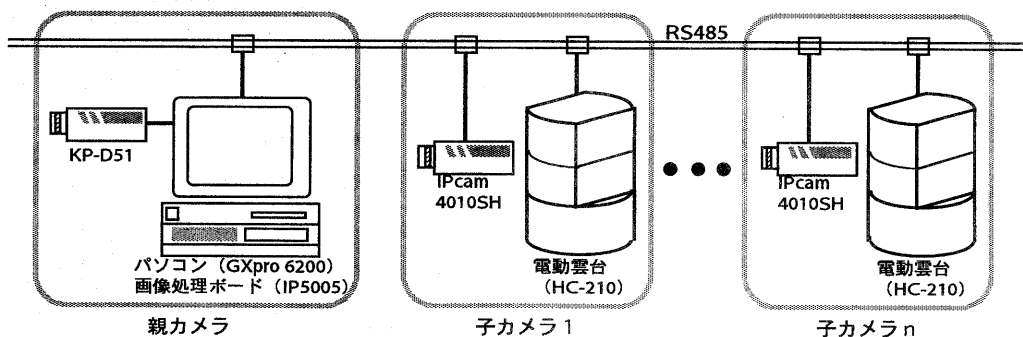
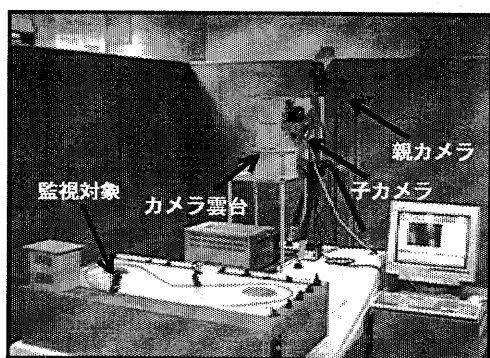
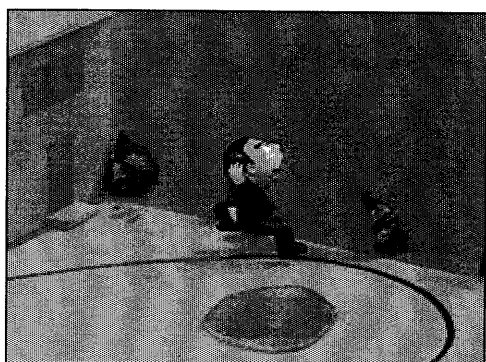


図5 親子型協調監視システムの構成



(a) 実験の外観



(b) 対象とする侵入物体

図6 実験概要

メラ 約 300 ms/fr、子カメラ 約 200 ms/fr である。

図7、図8に親子型協調監視システムの処理結果を示す。図7は、親カメラによる監視処理結果を表している。図7は、(a)~(e)の順で約8s間隔で並べており、図7中、太い方の白枠で囲んだ侵入物体を子カメラで追尾していることを表している。図8は、子カメラによる監視処理結果であり、図7と同様に、(a)~(f)の順で約8s間隔で並べたものであり、親カメラからの侵入物体位置情報をもとにその位置変化も重ねて表示している。また、図8中、上下左右に付いた三角印は、雲台の制御方向を表している。図7に示すように、親カメラは、視野内の侵入者を追跡し、その監視処理結果から侵入物

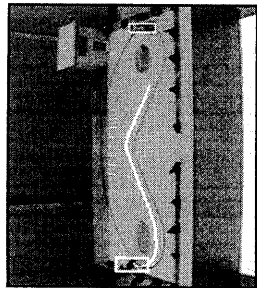
体の移動経路を把握することができる。また、図8に示すように、子カメラは、親カメラの位置情報をもとに侵入物体を追尾しており、その表情や動作を把握できることが分かる。

5. まとめ

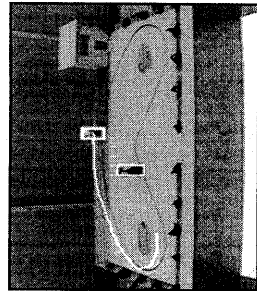
広域監視用カメラと自動追尾監視用カメラを組み合わせ、監視員に侵入物体の“移動経路”や“動作・表情”などの情報を同時に提供することができる監視システムを提案した。このシステムでは、親カメラと子カメラを協調させて監視させることで、いずれか一方が侵入物体を見逃した場合でも、他方の監視処理結果に基づいて監視を継続することができるため、監視システムの侵入物体追跡性能を向上させることができる。また、親カメラと子カメラで異なる画像認識アルゴリズムを採用しているため、ロバスト性も向上している。今回は、模型を使って監視処理の有効性を確認したが、屋外環境での実験を進め、より実用的な監視システムに改良していきたい。

参考文献

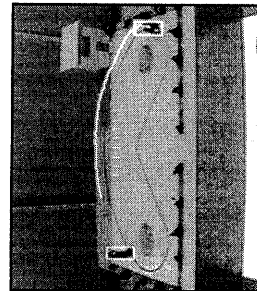
- 1) 元木他：“小得集 モニタリング技術”，TV学会誌，Vol.140，No.3，pp.260~283（1995）
- 2) 伊藤他：“物体検出状態の階層的解析による複数物体追跡方式を用いた侵入物体検出”，MIRU'98 論文集II，pp.II-13~II-18（1998）
- 3) 伊藤他：“画像認識ハードウェア内蔵カメラを用いた自律動物体追尾監視カメラ”，SII'99 講演論文集，pp.13~18（1999）
- 4) 外山：“タクシーはどのように配車されるのか”，情報処理学会誌，Vol.41，No.1，pp.96~101（2000）



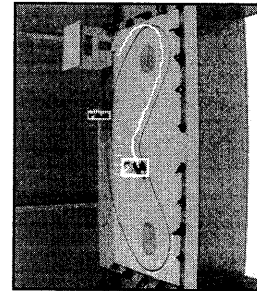
(a) 時刻 t_0 での監視結果



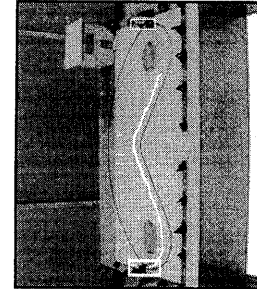
(b) (約 8 s 後)



(c) 約 16 s 後

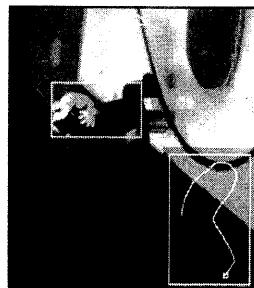


(d) 約 24 s 後

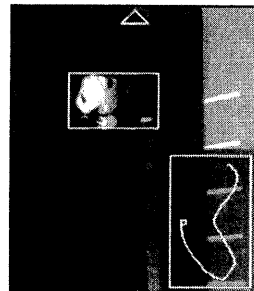


(e) 約 32 s 後

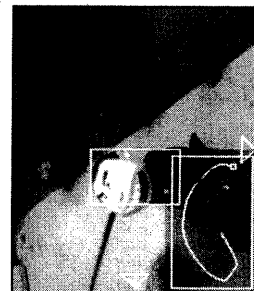
図 7 親カメラの処理結果
(太い矩形は、追尾中の侵入物体を表す)



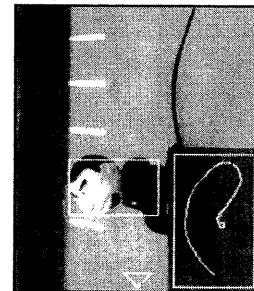
(a) 時刻 t_0 での監視結果



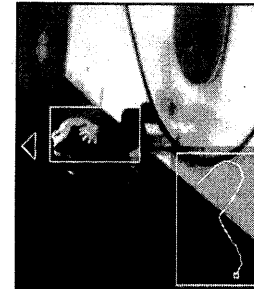
(b) (約 8 s 後)



(c) 約 16 s 後



(d) 約 24 s 後



(e) 約 32 s 後

図 8 子カメラの処理結果
(矩形はデンプレート位置、上下左右の三角印は雲台の制御方向を表す)