

鉄道用異常検知・情報配信システムの開発

信号通信技術研究部 信号

主任研究員 鵜飼 正人

1. はじめに

駅構内等への監視カメラの設置が進んでいる。その使われ方はモニタリングと証拠目的の録画が一般的であるが、我々は、監視映像から何らかの異常を自動的に検知し、適切にアラームを出力する、知的な画像監視技術を開発してきた。人の交差や物の隠れに強いカルマンフィルタによる追跡アルゴリズム等を適用して、不自然な人の姿勢や手足の動き等から、けんか等の異常なシーンを検知する画像処理手法、その検知情報をシーンの内容に応じて、監視センターや必要箇所への的確に配信するシステムについて紹介する。

2. 異常な行動を検知する知的なビデオ監視システムの開発

2.1 異常事象の定義と特徴解析

図1に示すような、徘徊、暴力、置き去り荷物等のシーンを検知目標とした。例えば徘徊は「一人がある区域をいったりきたりしている」というように、それぞれのシーンについて典型的な挙動を定義した。



図1 検知目標とした異常事象(シーン)

2.2 異常検知の基本となる追尾アルゴリズム

実環境の監視カメラの映像には、ターゲットの人物や荷物以外にも、通常の通行人も映っているのが一般的である。雑踏下の監視カメラ映像から、人間の動線や荷物等の位置を正確に把握する追尾技術は、映像による異常検知システムを実現するための重要な要素技術となる。対象物の追尾(トラッキング)アルゴリズムの検証に用いる長時間のテスト映像を取得するために、通常の通行シーンを、図1に示す異常シーンと共に、スタジオ及び駅構内にて撮影した。駅等にある一般的な監視カメラはおよそ3~4mの高さに30~40度の俯角で設置されている(図2)。そこで、撮影対象としたその他の箇所においても、カメラの高さと俯角は同じ条件になるよう設定した。スタジオを使用しての撮影の様子を図3に、駅での撮影の様子を図4にそれぞれ示す。



図2 一般的な駅構内の監視カメラ

図3 スタジオでの撮影風景と監視カメラ

図4 駅での撮影風景と監視カメラ

2.3 対象物体の検知と追跡アルゴリズム

前時刻の物体位置と移動速度から現時点の推定値を計算する、カルマンフィルタ(図5)による動き推定アルゴリズムを適用した物体検知と追跡手法を考案し、リアルタイムで物体の検知と追跡を行った(図6)。楕円で囲まれた検知人物の傍に表示している数字は、個々人を識別するIDである。実験環境における追跡性能を評価するために、改札に向かう人と改札から出てくる人をそれぞれ計測し、人数をカウントした。実験結果より、一般的な解像度の監視カメラの設置条件下で、10人程度の人物を85%程度の精度で同時に追跡できることがわかった。表1に検知結果を示す。



図5 カルマンフィルタによる隠れに頑強な追跡アルゴリズム



図6 雑踏下での複数人の追跡

表1 改札通行シーンにおける検知結果

解像度720x780 俯角40°	改札へ向かう人の数	改札から出る人の数
カウンタ値(観測値) R1	76	84
カウント漏れ(未検知) M	18	15
カウント不良(二重カウント) F	2	3
実際の人数(R1+M-F) R2	92	96
検知精度 R1/R2	82.6%	87.5%

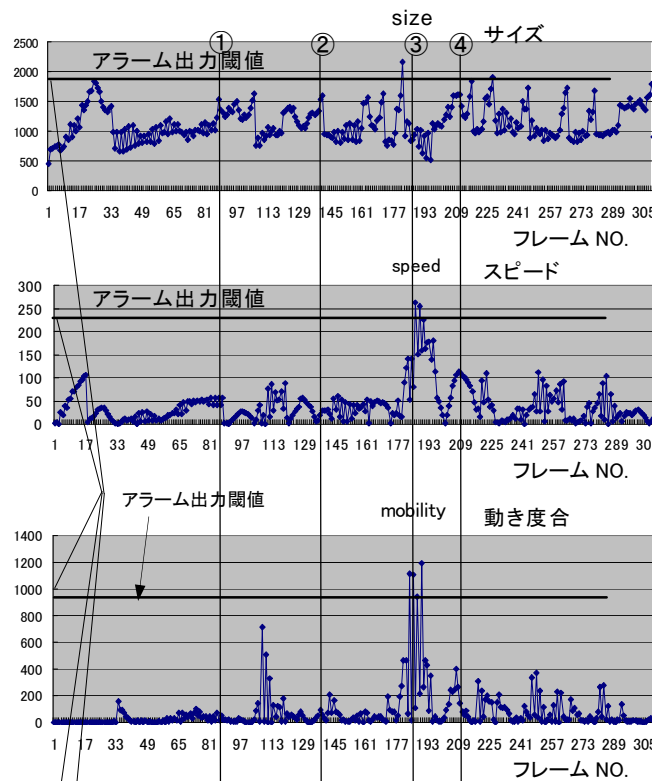
2.4 異常事象検知のための画像認識アルゴリズム

前節のアルゴリズムにより捕捉した人物や物体に対して、その挙動を表すさまざまな特徴量を時々刻々観測する。例えば図7の暴力シーンにおいて、適切なタイミングでアラームを出力するためには、当該フレームにおけるモニタ値を基準に閾値を決定する。

- size : ターゲットの面積
- speed : ターゲットの移動速度
- mobility : 単位時間当たりの重心からの平均距離



図7 暴力シーンに有効な特徴の時系列での観測



2.5 主成分分析と固有空間を用いた行動認識

一般的に“異常”そのものを定義することは難しい。しかし通常動作を認識できれば、それに該当しない動作として検知することができる。統計的に分布が集中する動作を“通常”と考え、それから逸脱する分布を異常な動作とした。実験には、図8に示すように、通常の行動として改札へ向かう人及び改札から出てくる人を、普通でないシーンとして「徘徊」を撮影した。固有空間法による分析を行い、65人分の主成分得点と累積寄与率を計算した。累積寄与率が約90%となる第2主成分までで主成分得点をプロットした結果を図8に示す。改札へ向かう画面奥と手前の歩行者、さらに改札から出てくる歩行者の大体3つのグループに分類されているのがわかる。徘徊者のプロット点とは明らかに距離が離れていることから、異常な動きの識別の可能性が示された。

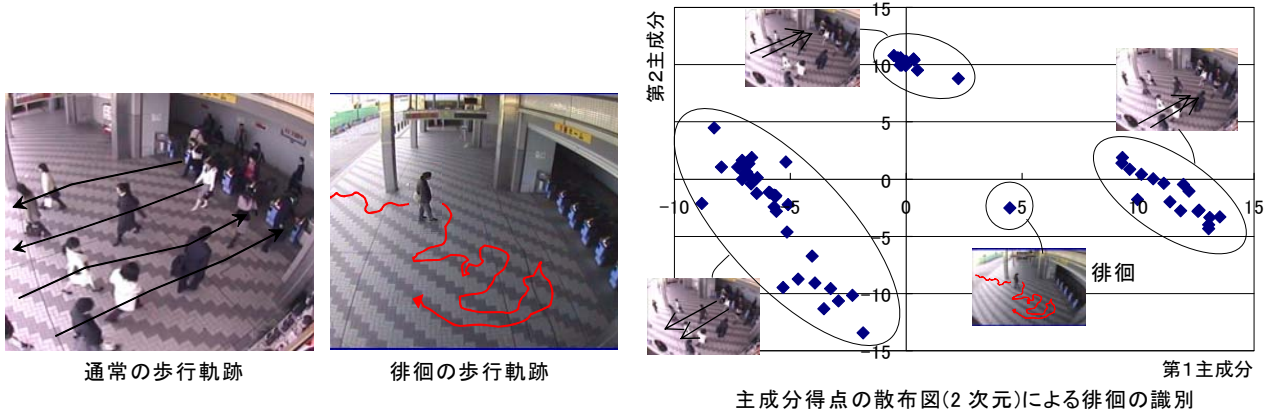


図 8 歩行軌跡の学習と固有空間法による通常歩行と徘徊との識別

3. 位置検知・情報配信システムの開発

3.1 連続的位置検知技術の検討

駅員等の位置を連続的に把握するシステムについては、駅建物内、沿線等さまざまなエリアに対応できるように、屋外ではGPSを、屋内ではアクティブ型無線タグを利用して位置検知を行う方式を提案し、システムを試作して現地実験を行った。無線タグ受信機を改札内外に配置した場合に、タグが存在するエリアを識別できること、及びGPSとの連続した位置追跡が可能であることを確認した(図9)。

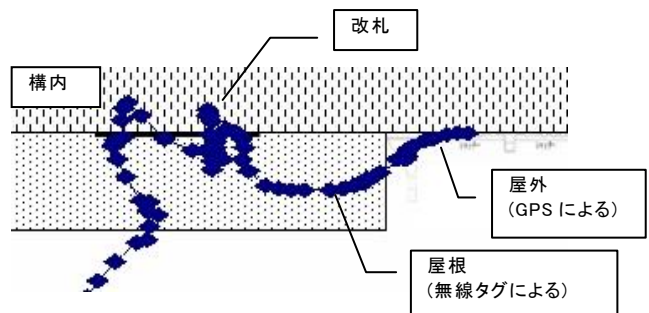


図 9 無線タグおよび GPS 受信機を持つ人の追跡例

3.2 アラーム通知インターフェースの開発

異常検知と情報配信システム間のインターフェースプログラムを開発した(図10)。これに基づき、異常検知システムから異常発生通知を受信すると、情報配信システムでは、発生事象種別、緊急度等に応じて宛先を動的に選択して配信する機能を実現している。

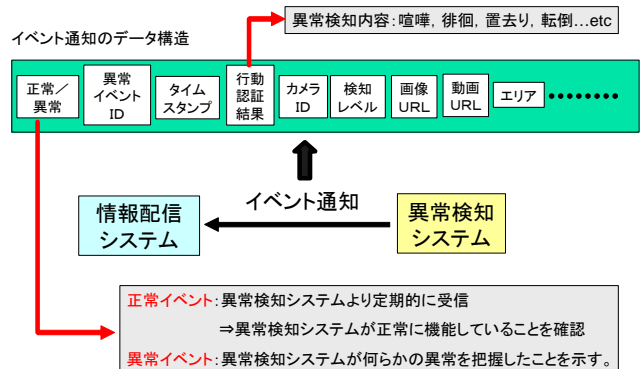


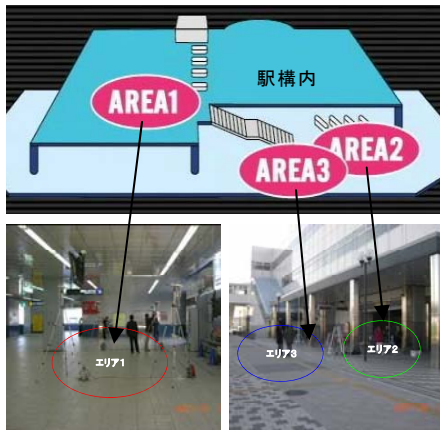
図 10 異常検知システムと情報配信システムのインターフェース

4. 総合結合試験

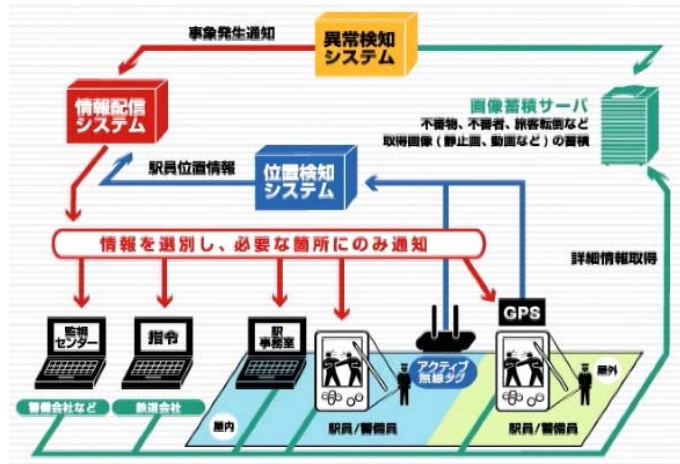
監視カメラ映像をリアルタイムで処理し、異常の検知からアラームの配信までを総合的に結合したフィールド試験を実施した。けんか等の異常事象を模擬的に発生させ、異常検知システムから異常発生通知を受信した際、その発生事象の種別や緊急度及び、駅員の現在位置に応じて、表2に設定した通知先(指令所、駅事務室、事象発生箇所の最寄りの駅員等)に選択的に配信されるかどうかを試験し、実際の駅環境においても正しく動作することを確認した(図11)。

表2 事象に応じたアラーム情報の配信先の定義(一例)

事象	発生時刻	発生エリア	隣接エリア定義	イベントデータ			通知先					
				行動認証結果	カメラID	緊急度	指令	監視センター	駅事務室	エリア1駅員	エリア2駅員	エリア3駅員
置き去り荷物	夜間	2	3	置き去り	2003001	1		○	○		○	○
徘徊	夜間	2	3	徘徊	2003001	1		○	○			
けんか	夜間	2	3	けんか	2003001	1	○	○	○		○	○
落書き	夜間	2	3	いたづら	2003001	1		○	○			



実験における駅構内のエリア定義



実験システムの構成とサブシステム間の関係動作



「置き去り荷物」アラーム通知



配信情報を表示している様子



PDAに配信された情報を確認する駅員

図11 異常検知・情報配信・位置検知の連携動作確認のための総合結合試験

5. おわりに

検知アラームの信頼性向上を図るためには、検証実験の積み重ねによるパラメータチューニングが、実用に向けた次のステップとして重要な作業となる。また当該システムの要素技術として開発した人の追尾技術は、異常検知以外にも、例えば流動解析、窓口の待ち行列の長さやサービス時間計測等への応用が考えられる。なお、本研究は国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施した。