

# マルチテンプレートの挙動解析に基づく状態推定を用いた 人物追跡の研究

伊藤 雅人 福添 孝明 水戸 大輔 渡邊 睦

鹿児島大学 大学院 理工学研究科

〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-40 Tel: 099-285-8453

E-mail: {sc100005, sc098053, sc100067, mutty}@ics.kagoshima-u.ac.jp

**あらまし** 人物追跡中の複数テンプレートの挙動を解析することにより、現在の状態（安定追跡中、環境物体による遮蔽、人物同士のすれ違い、立ち止まり静止、着席）を推定し、この結果に基づいて安定な追跡を実現する手法について述べる。個々のテンプレートにはカルマンフィルタによる線形予測機能を付与し、また探索範囲などを相互に制約するように設計した。本提案方式をPC上のソフトウェアとして実装し、アクティブカメラを用いて屋内における特定人物追跡の実験を行い、有効性を確認した。

**キーワード** 人物追跡, テンプレートマッチング, 状態推定, アクティブカメラ

## Research of visual human tracking based on state estimation by analysing multi-template trajectories

Masato ITOU, Takaaki FUKUZOE, Daisuke MITO, and Mutsumi WATANABE

Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University

1-21-40 Korimoto Kagoshima, 890-0065, Japan

E-mail: {sc100005, sc098053, sc100067, mutty}@ics.kagoshima-u.ac.jp

**Abstract** The authors propose a new tracking method based on the estimation of current status, such as, “stable tracking” “occlusion by environmental object” “passing each other” “stopping” “seating” by analysing multi-template trajectories. The alignment prediction function by the Kalman filter is given to each template, and search ranges of each template are mutually restricted. This proposed method was implemented as software on PC. Experimental results of specific person tracking in indoor by using an active camera have shown the effectiveness of the proposed method.

**Keyword** Visual Human Tracking, Template Matching, State Estimation, Active Camera

### 1. はじめに

近年、計算機及びテレビカメラ等映像機器の小型化・低価格化・処理速度と記憶容量両面での性能向上が進み、従来研究が進められてきた計算機による画像認識技術が、様々な所で利用される状況が整ってきている。さらに画像認識分野において動画像中から特定の対象を認識・追跡することはビデオ監視システムへの応用やロボット視覚を構成するための基本要素であり、またコンピュ

ータビジョン研究においても重要な技術の一つである。

こうした技術を実現する方法として、追跡対象の矩形領域の特徴的な部分をテンプレートとしてテンプレートマッチングにより実現する方法や、オプティカルフローを用いて背景と対象とのフローの違いにより対象を切り出し追跡を行う方法[1][2]が従来より研究されている。さらに最近では、Condensation[3]に代表される対象の見

え方を確率的に表現し追跡を行う方法[4]や、K-means トラッキング[5]のように対象と非対象の両方の情報を保持し追跡を行う方法が提案されている。

フローを用いた研究では動きの情報を利用しているため複雑背景下において移動物体の動きが正しく抽出されれば安定に追跡を行えるという利点がある。しかし、一旦人物が静止してしまうとフローが検出されないため、追跡が不安定になるという問題点がある。

また一方、Condensation による方法では観測値が非ガウス型になる状況でも過去の観測値に基づいた予測値と現在の観測値から最適な推定値を求めることができるという利点があり、さらに K-means トラッキングによる方法では追跡対象に背景が入り混じる状況下でも追跡を行うことができるという利点がある。しかし、Condensation や K-means トラッキングでは初期の対象情報の学習に追跡すべき人物の事前情報が与えられず、出現後短時間で学習しなければならない状況下では適用が困難であると考えられる。

一方、テンプレートマッチングは入力画像と参照画像(テンプレート画像)とを重ね合わせることにより比較照合する方法であり、テンプレートの学習が簡単に行えるという利点がある。類似度を評価する尺度として、正規化相関法、画素間の絶対値和、などがある。しかし単一のテンプレートを用了場合、対象の見え方の変化やオクルージョンに対して問題点がある。対象の見え方の変化とは例えば、人物の手足の動きや姿勢の変化、またカメラとの距離の変化に伴う入力画像中における人物の大きさの変化などである。オクルージョンとは環境物によって対象に隠れが生じたり、人物同士の交差によって一時的に対象を見失ったりし誤追跡となる問題である。これらの問題に対処するためテンプレートの数を増やし複数のテンプレートをを用いて追跡を行うマルチテンプレートマッチング手法が提案されている。

文献[6]では背景差分により 2 値化した画像から人物領域を外接四角形で囲みその中を背景領

域か人物領域かのどちらかになるまで 4 分割を行い人物領域になったブロックをテンプレート画像とし追跡を行っている。しかし、この研究では対象の見え方の変化に伴うテンプレート画像の更新が行われていないため、複数の人物が自由に流動している状況下で特定人物を追跡し続けることは困難であると考えられる。文献[7]では対象領域内を重なりも含めて 9 個のテンプレートに分け全体の動きをアフィン運動近似し追跡を行っている。しかし、全テンプレートの移動情報からのみテンプレート画像の更新位置を決めているため背景を含んだテンプレート画像を更新する可能性がある。

最近、こうしたオブジェクトの抽出・追跡等を目的とするだけでなくシーン中に生じる状態にラベルを付ける研究[8]が盛んになりつつある。文献[9]では階層的注視点制御の有効性を示すため複数人物の追跡問題を取り上げ複数テンプレートの集合から人物を取り扱い、人物間の距離や重なり方などから判断し状況に応じた処理を行っている。しかし、実際に対処できる状況が人物同士の遮蔽にのみ限られ環境物による遮蔽は考えられていない。

一般的にマルチテンプレートマッチングでは設定すべきパラメータが多く汎用性が損なわれるという問題がある。

そこで本研究では、

- 追跡に有効だと思われるテンプレートの選択・学習
- 人物状態の推定によるテンプレート画像の更新制御
- カルマンフィルタによるテンプレート位置予測を利用した探索範囲制御

を組み入れることにより、上記の課題に対処するとともにアドホックなパラメータ設定を極力排除した追跡手法を提案する。具体的には複数のテンプレートをを用いて人物の状態を推定することによりテンプレートの更新を制御し、さらにオクルージョンに対してカルマンフィルタによるテンプレート移動予測を用いて対処する。更に、探索範囲の可変化や選択式テンプレート学習によ

る追跡精度や処理速度向上を行う追跡手法を提案する。

## 2. 処理の流れ

本提案手法の流れを図1に示す。図中の番号は手法を説明している章番号である。

### 2.1. 選択式テンプレート画像の学習

追跡に用いるテンプレート画像は非拘束状態で自動学習する。図2におけるある決められた領域A, Bの間を人物が通過したときにテンプレート学習領域C(2行×12列の四角で示す)の中から移動後の姿勢変化が比較的少なく安定に追跡できると思われる領域を取り出し、さらにその中で差異のできるだけ大きいものを選択しテンプレート画像とする。テンプレート画像の学習を選択式とした理由は、テンプレートが同一の領域に同時に照合してしまうことをできるだけ避けるためパターンの異なる画像をテンプレートとして利用したいからである。

具体的に次の①②③④の流れでテンプレート画像の学習を行う。

- ① プログラム起動時に領域A, Bの背景画像を学習し、その後入力画像との背景差分により領域A, Bともに変化が検出されたときテンプレート学習領域にある画像を24個のテンプレート画像候補とする。
- ② テンプレート画像候補を上から領域A, Bのときと同じように背景差分により変化を検出していき、初めて変化のあった場所を頭部上端として検出する。
- ③ 頭部上端として検出されたテンプレートを含めて下に3段分のテンプレート(計6個)を頭部領域として排除し、その下4段目から9段目までにあるテンプレート(計12個)を更に絞ったテンプレート画像候補とする。
- ④ 12個それぞれのテンプレート画像候補のヒストグラムを作成し、各テンプレート間でのヒストグラムの差が大きい候補画像から順に実際にマッチングで用いるテンプレート画像としていく。上記の方法により12個の候補の中から8個を選び追跡に用いる。

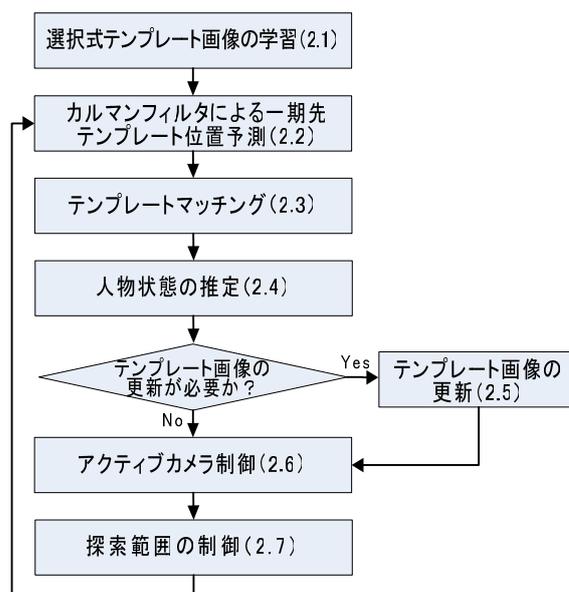


図1 処理の流れ図

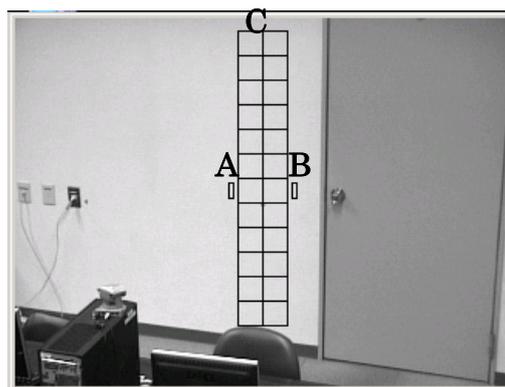


図2 各領域位置

①②における変化の検出は照明の揺らぎを考慮し用意した基準値を用いた。④においてヒストグラムを用いてテンプレート間の差異を求めた理由は、テンプレート画像学習後すぐに追跡を開始しなければならないため、処理の高速化を図るためである。

### 2.2. カルマンフィルタによる一期先テンプレート位置予測

追跡におけるテンプレートの移動を線形予測フィルタの1つであるカルマンフィルタ[10]を用いて予測する。一期先におけるテンプレートの位置を予測し、その予測した位置を中心にマッチングを行う探索範囲を設ける。

本研究ではアクティブカメラを用いているためテンプレート位置予測を行うには座標系の変換が必要となる。座標系の変換は画像座標系からこのカメラ独自のカメラ内部パラメータを使って世界座標系へ変換したものをを用いる。変換式を以下に示す。ここで  $X, Y$  は世界座標系の座標,  $X_{now}, Y_{now}$  はカメラ内部パラメータによるカメラ光軸中心の世界座標系の座標,  $x, y$  は画像座標系の座標を表す。

$$\begin{aligned} X &= X_{now} + 0.727(x - 160) \\ Y &= Y_{now} + 0.727(120 - y) \end{aligned}$$

カルマンフィルタへの入力は(1)に示す状態ベクトル  $\mathbf{X}_t$  とする。ここで  $X_t, Y_t, \dot{X}_t, \dot{Y}_t$  はそれぞれ世界座標系における時刻  $t$  の人物の  $X$  方向の位置,  $Y$  方向の位置,  $X$  方向の移動速度,  $Y$  方向の移動速度を示す。

$$\mathbf{X}_t = \begin{bmatrix} X_t & Y_t & \dot{X}_t & \dot{Y}_t \end{bmatrix}^T \quad (1)$$

以下, カルマンフィルタの構成について述べる。テンプレートの移動は次の線形離散時間確率システムの状態方程式にしたがうものとする。

$$\begin{aligned} \mathbf{X}_{t+1} &= \mathbf{F}\mathbf{X}_t + \mathbf{w}_t \\ \mathbf{Z}_t &= \mathbf{H}\mathbf{X}_t + \mathbf{v}_t \end{aligned}$$

ここに,  $\mathbf{Z}_t$  は観測ベクトル,  $\mathbf{w}_t$  は系に加わる平均値 0, 共分散が  $\mathbf{Q}_t$  の 4 次元外乱ベクトル,  $\mathbf{v}_t$  は平均値 0, 共分散  $\mathbf{R}_t$  の 4 次元観測誤差ベクトル,  $\mathbf{H}$  は  $4 \times 4$  の観測行列,  $\mathbf{F}$  は  $4 \times 4$  の状態遷移行列である。

本システムでは  $\mathbf{H}$  は  $4 \times 4$  単位行列,  $\mathbf{F}$  は次に示す行列とする。

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$\mathbf{w}_t, \mathbf{v}_t$  が共にガウス性白色雑音で, 互いに, また状態量  $\mathbf{X}_t$  ともに無相関である場合, 本システムにおけるカルマンフィルタのアルゴリズムは次のように表される。

(1) フィルタリング

$$\hat{\mathbf{X}}_t = \bar{\mathbf{X}}_t + \mathbf{K}_t(\mathbf{Z}_t - \mathbf{H}\bar{\mathbf{X}}_t) \quad (2)$$

$$\mathbf{K}_t = \hat{\mathbf{P}}_t \mathbf{H} \mathbf{R}_t^{-1} \quad (3)$$

$$\hat{\mathbf{P}}_t = \bar{\mathbf{P}}_t - \mathbf{K}_t \mathbf{H} \bar{\mathbf{P}}_t \quad (4)$$

(2) 一期先予測

$$\bar{\mathbf{X}}_{t+1} = \mathbf{F} \hat{\mathbf{X}}_t \quad (5)$$

$$\bar{\mathbf{P}}_{t+1} = \mathbf{F} \hat{\mathbf{P}}_t \mathbf{F}^T + \mathbf{Q}_t \quad (6)$$

(3) 初期条件

$$\hat{\mathbf{X}}_0 = \mathbf{X}_0, \quad \hat{\mathbf{P}}_0 = \mathbf{P}_0 \quad (7)$$

各テンプレートの状態ベクトルを式(2)~(4)により最適な推定値更新処理を行う。そして式(5)(6)により一期先予測値へと変換され, 最後に世界座標系から画像座標系へと戻される。カルマンフィルタによる一期先予測は追跡に用いる 8 個のテンプレートそれぞれに行う。

### 2.3. テンプレートマッチング

2.2 章で求めた一期先テンプレート位置を探索範囲の中心として相関関数を用いたテンプレートマッチングを行う。一般に相関係数はテンプレート画像及び入力画像の濃度分散に関して正規化が行われるため, 濃淡階調の線形変換の下では不変であり, 照明条件の違いが原因となってコントラストや明度が大きく異なる場合でも用いることができるという利点がある。

2.1 章で学習した  $m \times n$  画素のテンプレート画像  $T(i, j)$  を入力画像  $I(i, j)$  内の 2.7 章によって求められた探索範囲内で走査させ次に示す相関係数  $R(a, b)$  が最大となるような入力画像内の位置を求める。

$$R(a, b) = \frac{\sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} \{I(i, j) - \bar{I}\} \{T(i, j) - \bar{T}\}}{\sqrt{\sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} \{I(i, j) - \bar{I}\}^2} \sqrt{\sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} \{T(i, j) - \bar{T}\}^2}}$$

ただし

$$\bar{I} = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} I(i, j)$$

$$\bar{T} = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} T(i, j)$$

## 2.4. 人物状態の推定

追跡中に起こりうる人物の状態を5つに分類することにより、テンプレート画像の更新制御や追跡対象の状況認識を行う。各状態の分類は個々のテンプレートの挙動と最大相関値の分散により行う。

安定して人物を追跡している状態を「安定追跡中」、人物同士のすれ違いや人物の一部に一時的にオクルージョンが発生するような状態を「一時的遮蔽」とする。更に、人物が部屋から退室したり屋内の環境物により完全に遮蔽されたりする状態を「完全な遮蔽」、人物が追跡中に立ち止まる状態を「立ち止まり静止」、人物が室内にある椅子に着席した状態を「着席」とした。表1に各状態とテンプレートの挙動、更に各テンプレートの最大相関値の分散の関係を示す。

	テンプレートの挙動	各テンプレートの最大相関値の分散
安定追跡中	常に移動量がある	基準値以下
一時的遮蔽	一時的変動	一時的に基準値を超える
完全な遮蔽	移動量0が続く	利用しない
立ち止まり静止	移動量0が続く	基準値以下
着席	移動量0が続く	基準値以上

表1 各人物状態の定義

以下に表1についての詳細な説明を行う。表1中のテンプレートの挙動において、「常に移動量がある」とは個々のテンプレートが常に移動している状態であり、「一時的変動」とは各テンプレートが移動状態であり、かつテンプレート学習時の配列のある範囲内で保っている状態である。更に、「移動量0が続く」とはテンプレートの移動が数フレームに渡って停止した状態とする。表1中の各テンプレートの最大相関値の分散において、基準値とは追跡開始時からカルマンフィルタによる一期先予測位置と実際のマッチング位置との誤差がある範囲内に収まっている数十フレーム間に学習した分散値から用意した値である。また「利用しない」とは「完全遮蔽」においての状態推定には最大相関値の分散を利用しないということであり、代わりに最大相関値そのもののデータから判断する。

## 2.5. テンプレート画像の更新

追跡対象の移動に伴いカメラからの見え方に変化が生じるため、安定して追跡を行うためにはテンプレート画像を更新する必要がある。しかし、更新するタイミングや場所をどこにするかという問題がある。そこで、本研究では2.4章により求めた人物状態の推定結果を用いて対象人物が遮蔽されておらず、かつ移動して見え方に変化が生じている「安定追跡中」の状態にテンプレート画像を更新する。さらに、更新する場所は前のフレームにおいて最大相関位置であったところとする。

上記に示すテンプレート画像更新のタイミングと場所で8個のテンプレート画像を更新していく。マッチングの結果8個それぞれのテンプレートの最大相関値の中で最も相関値の高いテンプレート画像を更新する。更新は対象の見え方の変化が顕著になる数フレーム置いた間隔で行う。

## 2.6. アクティブカメラ制御

追跡対象が入力画像内から逸脱しないようカメラを制御する。2.3章により求められた8箇所のテンプレートの最大相関位置を平均して得られる位置を入力画像の中心に来るようカメラを制御する。

さらに、入力画像中における追跡対象の大きさをできるだけ一定に保ち、テンプレートマッチングを安定して行うため、カメラのズーム機能も利用する。カメラの鉛直方向からのチルト角と追跡対象の胸部付近の高さからカメラと追跡対象との距離を概算しズーム値を定める。

## 2.7. 探索範囲の制御

### 2.7.1. 探索範囲の可変性

次のフレームにおいて、テンプレートマッチングにおける探索範囲を状況に応じて変化させ、追跡精度と処理速度の両方の向上を図る。

探索範囲として追跡開始時数フレームの間の人物の移動量によって設定した基準サイズを基に、それに2.2章によって求められたカルマンフィルタによる予測位置と実際にテンプレートマッチングによって求められた最大相関位置との

誤差を足すことにより探索範囲を決定する。誤差がない場合は基準値そのままが探索範囲となる。これにより誤差が大きくなるにつれて探索範囲も大きくなり見失いによる失敗を抑制できる。

### 2.7.2. 探索範囲の制約

テンプレート同士が重なったり離れ過ぎたりすると追跡が安定に行えないため、Y軸方向に限りテンプレートの移動つまり探索範囲に制約を掛けテンプレート学習時の配列をできるだけ保ちながら追跡を行えるよう制御する。X軸方向においては追跡対象の移動方向の変化に対応できるよう制約は掛けない。

カルマンフィルタによって予測された一期先テンプレート位置が画像座標系においてテンプレート学習時の位置からある範囲内に収まっていない場合強制的に範囲内に収まるよう制約を課す。

## 3. 実験結果

### 3.1. 実験条件

前章で述べた方式に基づき追跡対象の状態推定を利用した人物追跡システムを汎用パソコン(PC)上のソフトウェアとして試作し、提案手法の妥当性を確認する実験を行った。

実験に使用したPCのCPUはPentiumIV 2.4GHz、OSはWindows XP Professional、プログラミング言語はMicrosoft社製Visual C++ 6.0である。PCへの動画の取込みにはMatrox社製Meteor IIキャプチャボードを用い、解像度は320×240で行い、カメラはCanon社製VC-C4Rを使用した。

表示画面には、テンプレート画像の学習が行われるまでは初期位置を表示し、テンプレートの学習が終わると前章で述べた方式により求めた人物位置を表示した。更に、個々のテンプレートの最大相関値の位置を16×16ピクセルの四角で表し、さらにそれを囲むように2.7章で求められた探索範囲を同じく四角で表し合わせて表示した。そして、それら8個のテンプレートの場所から求めた人物位置を直径10ピクセルの円で表した。またその下に2.4章により求められた「安定追跡中」、「一時的遮蔽」、「完全な遮蔽」、「立ち止まり静止」、「着席」の状態推定結果を表示した。

なお、テンプレート画像の大きさは16×16ピクセルとし、2.7.1章における探索範囲の基準値は46×56ピクセルである。

### 3.2. 実験結果

この試作プログラムを用いて、複雑環境である実験室内で人物を移動させ、そこで起こりうる状態を推定しながら追跡を行う実験を行った。状態推定で用いる基準値は0.43とした。実験は次に示す3つの場合を行った。各実験とも処理速度は15FPS (Frame Per Second)であった。

#### 3.2.1. 実験1

図3に示すテンプレート学習領域から正しく選択的テンプレート学習が行われているか確認する実験を行った。処理結果を図3の①～④に時系列的に示す。

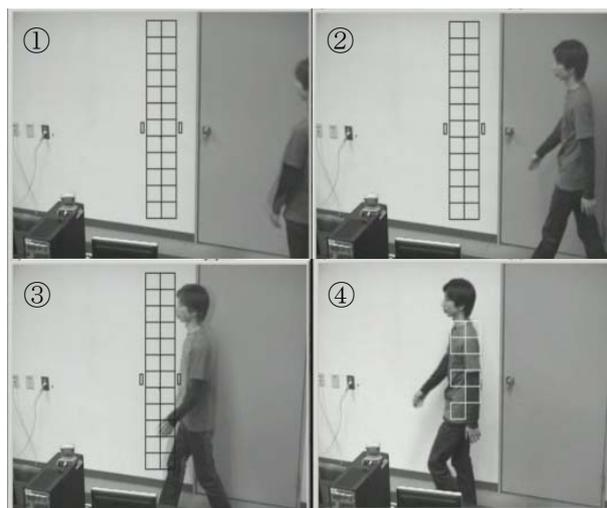


図3 選択的テンプレート学習の処理例

人物が入力画面中右側からテンプレート学習領域を通過しようとしており、③では図2におけるBの領域が変化し、④になる直前でAの領域も変化しテンプレート画像の学習が行われた。④では顔領域を除いた体領域の中から適切に8個のテンプレート画像が選択されていることが確認できる。

#### 3.2.2. 実験2

対象人物が室内にあるダンボールによって一時的に遮蔽され、その後カーテンによって完全に遮蔽される実験を行った。処理結果を図4の①～



図4 「一時的遮蔽」と「完全な遮蔽」の処理例

⑩に時系列的に示す。実験1のときと同様、①の直後にテンプレート学習が行われ、②において追跡が開始され人物状態推定結果が「安定追跡中」

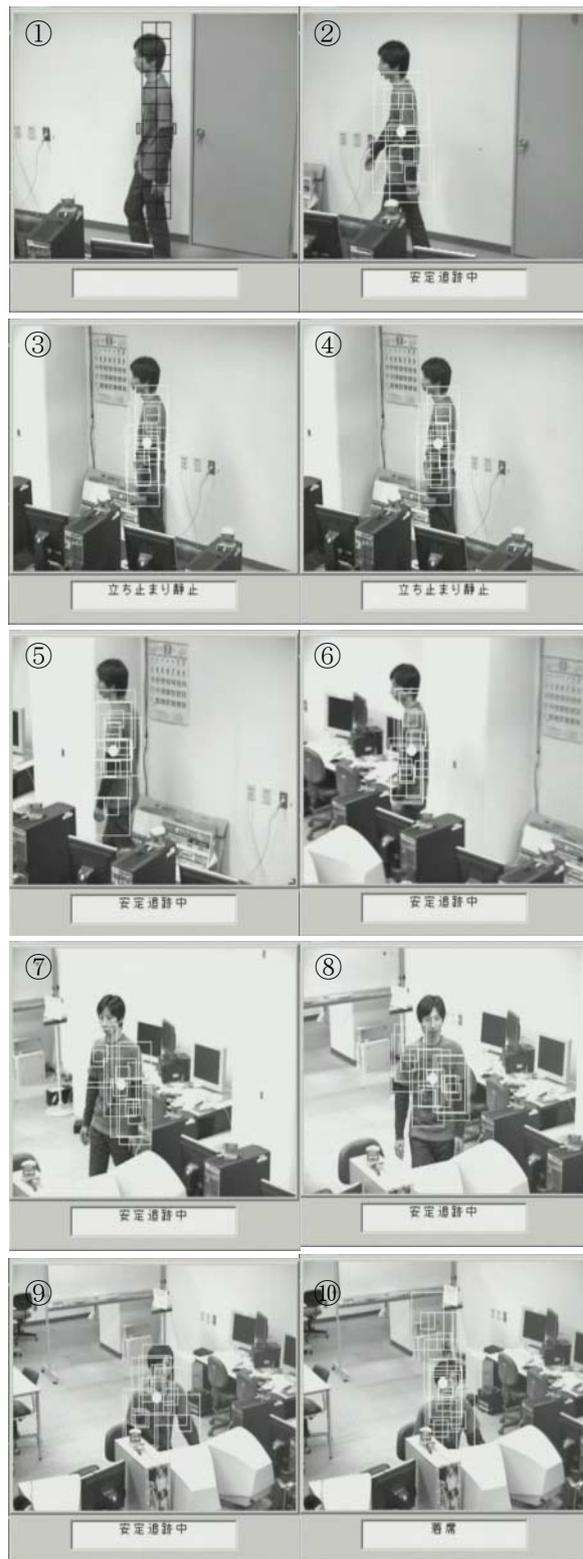


図5 「立ち止まり静止」と「着席」の処理例

となっていることが確認できる。その後③においてダンボールが現れ④、⑤において人物領域の約半分が遮蔽されているが、⑥では見失うことなく

正しく追跡を続けていることがわかる。⑩において人物がカーテンによって完全に遮蔽されると状態推定結果も「完全な遮蔽」となり正しく認識されている。

### 3.2.3. 実験3

対象人物が移動中に数秒立ち止まりその後また移動し、室内にある椅子に着席をする実験を行った。処理結果を図5の①～⑩に時系列的に示す。

実験2同様②ではテンプレート学習が終了し追跡が開始され、③、④では人物が数秒立ち止まったため状態推定結果が「立ち止まり静止」となっている。その後また移動し始め、⑨では移動が停止し着席しようとしており、⑩で完全に着席した時点で状態推定結果が「着席」と正しく認識できたことが確認できる。

## 4. 考察

図4,5の実験結果ではカルマンフィルタによる一期先予測や探索範囲の制御の正当性を定量的に評価することはできないが、人物の追跡は安定して行われていることが確認できた。

本実験では発生しなかったが、状態推定の基準値を固定にしていることで状態推定に失敗することが考えられる。その理由として、追跡開始時のテンプレート画像から用意した基準値を保ったまま状態推定を行っていき、その後テンプレート画像を更新してしまうと適切な状態推定を行えなくなる恐れがあるからである。これに対処するためには、テンプレート画像の更新の度に状態推定を行う基準値も更新することが考えられる。

本研究ではカルマンフィルタによる一期先予測を行う際、人物領域からある定まった1点を取得しカメラと人物との距離を正確に求めることができなかったため世界座標系においてX軸方向、Y軸方向のみの予測しか行っていない。移動時の方向・距離の変化に適切に対処するためには、Z軸方向も含めた予測を行う必要があるため、今後は追跡結果から人物頭部を適切に抜き出しその中心を人物領域の1点としカメラとの距離を求めることによりZ軸方向も含めたカルマンフ

ィルタの予測を行う予定である。

## 5. おわりに

非拘束状態で追跡に有効だと思われるテンプレートを選択的に複数学習し、テンプレートマッチングにおける探索範囲制御のためカルマンフィルタを用いてそれらの移動を予測し、さらにテンプレート画像更新制御のため人物状態の推定を行うことにより人物の追跡を実現する方法を提案し、屋内実験によりその有効性を示した。また、マルチテンプレートを利用した追跡で問題となるアドホックなパラメータ設定を極力排除することにも成功した。

## 謝辞

本研究は、日本学術振興会の科学・基盤研究(C)(2)のプロジェクト「分散視覚認識エージェントの統合に基づく親和的情報空間の展開」(平成15～17年度、課題番号:15500115)の援助を受けた。ここに深謝します。

## 文 献

- [1] 白井良明, 三浦純: "複雑背景における人の追跡", 情処論: コンピュータビジョンとイメージメディア (CVIM) 研究会論文誌, vol.43, no.SIG4, 2002
- [2] 羽下哲司, 鷺見和彦, 八木康史: "時間平均シルエットを用いた能動カメラによる人の追跡", 信学論 D-II, Vol. J88-D-II No.2 pp.291-301, 2005
- [3] M. Isard and A. Blake: "Condensation - Conditional Density Propagation for Visual Tracking", International Journal of Computer Vision, vo.29, no.1, pp.5-28, 1998
- [4] 鈴木達也, 岩崎慎介, 佐藤洋一, 杉本晃宏: "環境モデルの導入による人物追跡の安定化", 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2004), pp. I-243-I-248, 2004
- [5] 和田俊和, 濱塚俊明, 加藤丈和: "K-means トラッキング: 背景混入に対して頑健な対象追跡法", 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2004), pp. II-7-II-12, 2004
- [6] 齋藤慎也, 佐治斉: "テンプレートの可変分割と統合による人物の動作追跡", 情処研報 CVIM, 2004-CVIM-145, pp.33-39, 2004
- [7] 三谷浩輔, 佐治斉: "可変ブロック分割を用いたテンプレートマッチング", 情処研報 CVIM, 2004-CVIM-144, pp.17-24, 2004
- [8] 申熙卓, 渡辺俊典, 菅原研: "テンポラルテンプレートを用いた動画解析手法", 信学技法 vol.102 PRMU2002-111, 2002
- [9] 佐竹純二, 尺長健: "階層的注視点制御による動画像上での複数人物追跡", 信学論 D-II, Vol. J86-D-II No.8 pp.1212-1221, 2003
- [10] 片山徹: "応用カルマンフィルタ", 朝倉書店, 1983