

色情報を利用した指定人物の追跡

I-085

A Method of Specified Person Tracking Using Color Region

先山卓朗†

島田伸敬†

三浦純†

白井良明†

SAKIYAMA Takuro

SHIMADA Nobutaka

MIURA Jun

SHIRAI Yoshiaki

1 はじめに

高性能な計算機や安価なカメラが市場にあふれ、またセキュリティに対する関心が高まったことにより、監視カメラなどによる自動人物追跡撮影がますます注目されている [1][2]。そこで本研究では、多数の人物が存在する環境で指定した人物を追跡撮影することを目標とする。より広い範囲での追跡を実現するため、アクティブカメラを利用して能動的に人物を撮影する。本研究では、指定人物を特定するための特徴として、追跡対象人物が身につけている服の色情報を利用する。

人物追跡において一番の問題となるのは隠蔽時の対処である。追跡対象人物の全身が隠れてしまう場合は、線形予測などに頼って追跡を続けることになるため、隠蔽中に対象人物の動きが変わった場合には対処できない。しかし、他の人物とのすれ違いなどによる隠蔽では、対象人物の全身が隠されてしまうことはほとんどないため、対象人物の観測可能な一部分の情報を利用して予測を補正することで、隠蔽中の動きの変化にも対応する。

2 指定人物の色情報の登録

2.1 色情報に基づく人物同定

指定人物を特定するための情報として、その人物が身につけている服の色情報を利用する。本研究では、頭髪部分(頭部)、シャツ部分(胴部)、パンツ部分(脚部)の色を個別に登録しておき、それぞれの色領域の大きさや配置の上下関係を利用して指定人物を特定する。ただし、アクティブカメラのパン・チルトを動かしながら人物を撮影するため、世界座標系での鉛直方向と画像座標系での鉛直方向は一致していない。そこで、カメラの向きや焦点距離は既知であるとし、画像内の任意の点における世界座標系での鉛直方向は計算できるものとする。

2.2 色情報の登録

背景差分法を利用して指定人物の人物領域を抽出し、以下の手順により頭部、胴部、脚部の領域を求める(図1)。

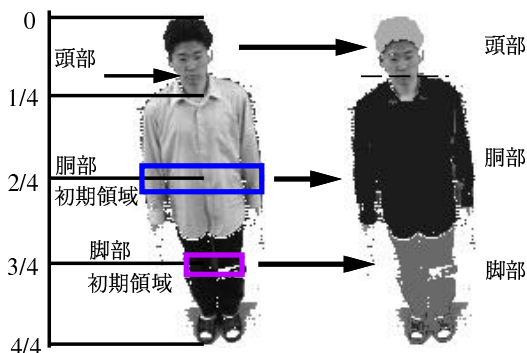


図1: 頭部・胴部・脚部の抽出

1. 人物領域の上部 1/4 の部分について、水平方向の画素数が極小となる行を求め、その行より上を頭部とする。

2. 人物領域のうち、下から 1/2 の高さ付近を胴部の初期領域とする。さらに、その領域に連結し、類似した色を持つ画素をあわせて胴部とする。
3. 人物領域のうち、下から 1/4 の高さ付近を脚部の初期領域とする。さらに、その領域に連結し、類似した色を持つ画素をあわせて脚部とする。

頭部、胴部、脚部それぞれの領域のうち肌色以外の画素について、HSV 表色系による画素値の平均 $\mu = (\bar{h}, \bar{s}, \bar{v})^T$ と分散共分散行列 Σ を計算し、指定人物の色情報として登録する。また、同時に頭部、胴部、脚部それぞれのアスペクト比と面積比も登録しておく。

3 色情報を利用した指定人物の追跡

3.1 色領域の抽出

入力画像から、指定人物として登録された色情報に類似した色領域を抽出する。入力画像中の各画素における画素値 $(h_i, s_i, v_i)^T$ と頭部、胴部、脚部それぞれの色情報 μ, Σ との差の計算にはマハラノビス距離を利用する。ただし、HSV 表色系では V の値が小さいときは H, S の値は信頼できないため、 \bar{v} の大きさに応じて式 (1) のように計算する。

$$\text{dist} = \begin{cases} M^T \Sigma^{-1} M & (\bar{v} \geq Th_v) \\ \frac{1}{\sigma_v^2} (v_i - \bar{v}) & (\bar{v} < Th_v) \end{cases} \quad (1)$$

$$M = (h_i - \bar{h}, s_i - \bar{s}, w_v(v_i - \bar{v}))^T$$

ただし、 Th_v はしきい値であり、 w_v は明るさの変化の影響を押さえるための重み計数である。

頭部、胴部、脚部それぞれについて、式 (1) により $\text{dist} < Th_d$ となる画素を色領域として抽出し、ラベリング処理により領域ごとにおけ、それぞれの領域について、重心 $(x^{(i)}, y^{(i)})$ 、面積 $s^{(i)}$ 、およびその形状 $A^{(i)}$ を求めておく。

3.2 指定人物の発見

3.1 節で抽出した色領域の組み合わせにより、指定人物を検出する。指定人物が最初に観測される時は隠蔽はないものとし、頭部、胴部、脚部がすべて検出され、適切な位置・順序で並んでおり、かつそれぞれのアスペクト比、面積比が正しい領域の組み合わせが検出された場合に、指定人物の領域と判定する。時刻 t において指定人物が検出されたとき、頭部、胴部、脚部それぞれの該当する色領域の重心、面積、形状を、それぞれ $(x^{(p)}(t), y^{(p)}(t))$ 、 $s^{(p)}(t)$ 、 $A^{(p)}(t)$ とおく ((p) は頭部、胴部、脚部をあらわすインデクスであるが、以下の節では省略する)。

一旦指定人物が検出されれば、追跡処理により身体の一部が隠蔽された場合でも人物領域を検出することができる。

3.3 指定人物の追跡

3.3.1 探索範囲の設定

画像の撮影間隔は十分短いため、最初に指定人物が検出された後は、線形予測により次フレームでの人物領域の探索範囲を限定する。

時刻 t における、カメラの動きによる画像のみかけの動きを $(u(t), v(t))$ 、指定人物の移動量を $(\Delta x(t), \Delta y(t))$ とすると、

†大阪大学大学院工学研究科

時刻 $t+1$ における人物領域を

$$\begin{aligned} \text{重心: } & (x'(t), y'(t)) \\ & = (x(t) - u(t) + \Delta x(t), y(t) - v(t) + \Delta y(t)) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\text{面積: } s'(t) = \sqrt{\frac{s(t)}{s(t-1)}} s(t) \quad (3)$$

$$\text{形状: } A'(t) = w_s \frac{s(t)}{s(t-1)} * A(t) \quad (4)$$

と予測する。ただし $*$ は領域の膨張・収縮を表わしている。また、動きの変化や観測誤差による変化を吸収するため、形状に重み w_s ($w_s \geq 1$) を掛けて探索範囲を広く設定する (図 2)。

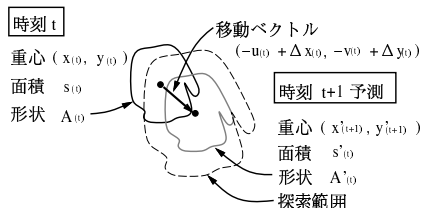


図 2: 探索範囲の設定

3.3.2 色領域の追跡

時刻 $t+1$ では、3.3.1 節で設定した探索範囲内でのみ指定人物の色領域を検出すればよい。隠蔽がない場合は、探索範囲内で検出された色領域全体を時刻 $t+1$ における指定人物の領域と判定し、重心位置や面積、形状を更新する。時刻 $t+1$ に隠蔽が発生した場合は、以下のようにして追跡処理を継続する。

1) 異なる色の他物体により対象人物の色領域が隠される場合

探索範囲内で検出される色領域の面積が急減した場合、隠蔽が発生しているため、面積 $s(t+1)$ や形状 $A(t+1)$ は更新せず、隠蔽が発生する前の状態である $s(t)$, $A(t)$ を覚えておく。また探索範囲内で $A(t)$ を走査させたとき、最も多く色領域の画素が $A(t)$ に含まれるような座標を重心 $(x(t+1), y(t+1))$ とする (図 3)。重心に該当する点が複数存在する場合は、すべてを候補として保持しておく。

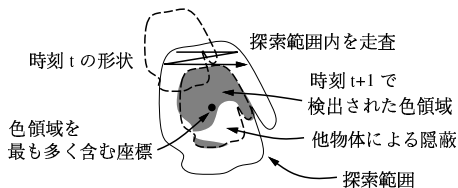


図 3: 隠蔽時の重心決定

2) 対象人物の色領域が同じ色の他物体と重なる場合

探索範囲内で、指定人物以外の領域が検出されてしまうことは都合が悪いので、探索範囲のさらに外側に監視範囲を設定し、探索範囲内へ近づくような類似色領域が存在すれば、3.3.1 節の手法によりその領域の重心、面積、形状を調べておく。

指定人物の探索範囲内に他物体の色領域が含まれた場合 (図 4)、双方の探索範囲の重複していない部分に色領域が存在する場合 (図の左側) は、1) の手法に「探索範囲の重複していない部分の色領域をすべて含む」という条件をつけて重心位置を決

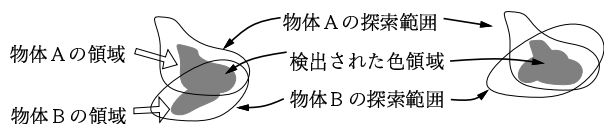


図 4: 同じ色の他領域と重なる場合

定することで、指定人物の領域をうまく検出することができる。しかし、双方の探索範囲の重複部分にのみ色領域が存在する場合 (図の右側) は、指定人物の領域を正確に判定することはできない。

3.3.3 人物領域の決定

隠蔽や類似色の他物体との重なりにより、頭部、胴部、脚部が一意に決定できなかった場合、頭部、胴部、脚部が鉛直方向に並ばないような重心位置の候補を削除することで、候補を限定する。

4 実験

カメラを動かしながら指定人物周辺を撮影した映像に対して、オフラインで人物追跡の実験を行った。図 5 にその結果の例を示す。図の左列は指定人物の追跡結果であり、図中の枠は上から順に頭部、胴部、脚部の検出結果を示している。また右列は、胴部の類似色領域として抽出された領域を示している。2 段目や 3 段目を見れば、隠蔽により胴部がいくつかの小領域に分割された場合や他の類似色領域と重なった場合でも、胴部が正しく検出できていることがわかる。

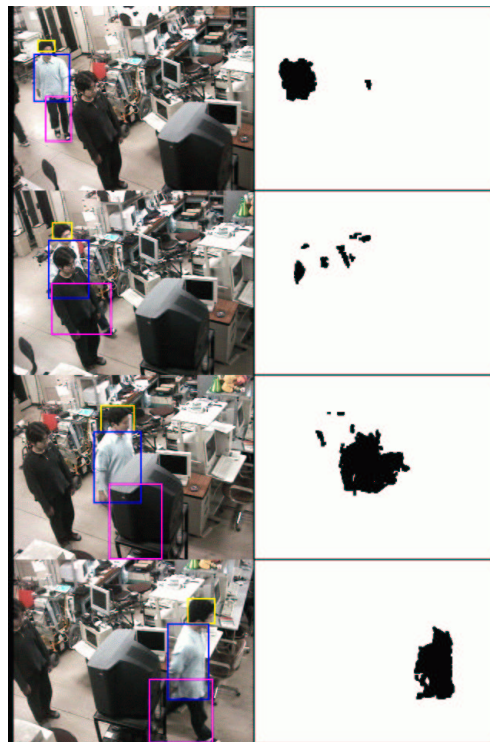


図 5: 実験結果の例

5 おわりに

本研究では、服装の色情報を利用して指定人物を追跡する手法を提案した。他の人物と次々とすれ違うことで隠蔽が生じた場合でも、観測できる一部分の情報をもっと利用して線形予測による追跡結果を補正することで、安定した追跡を実現することができた。今後の課題としては、より長時間・広範囲にわたる追跡実験や、処理の高速化、並列化による実時間追跡などがあげられる。

参考文献

- [1] 堀口昌彦, 竹内義則, 大西昇: “滑らかなパンチルトによる移動物体追跡,” 信学技法, IE99-127, pp.43-48, 2000.
- [2] 羽下哲司, 藤原秀人, 鷺見和彦: “首振り, ズームカメラを用いたトラッキング型侵入監視システム,” 信学技法, PRMU99-67, pp.23-30, 1999.