

# 複数のカメラで撮影された人物の対応付けと移動経路の推定技術

High-Accuracy Trajectory Estimation Technology for Plurality of People Based on Images Captured by Multiple Cameras

## カメラ台数の増加など様々な撮影環境の変化にもロバストに、複数人物の移動経路を高精度に抽出

安全・安心な社会づくりに向けて、防犯カメラを用いた高度な防犯ソリューションサービスの実現が期待されています。そのサービスを大規模施設などに提供する場合に必要な、複数箇所に設置されたカメラ映像から同一人物を精度良く対応付けて、各人物の移動経路を高精度に把握する技術を開発しました。それぞれのカメラにおいて、見え方の変化に耐性のある特徴量を用いて対応付けの間違いを減らし、複数人物が同一人物として対応付けられるような矛盾を生じないように、複数のカメラ間で全体の整合性を考慮した最適な組み合わせを高速に選択する手法を実現しました。

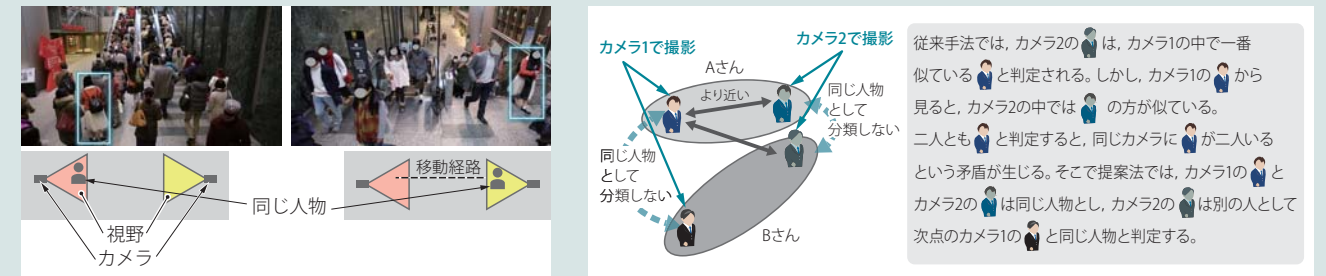


図1. 異なるカメラで撮影された同一人物の対応付け

複数箇所に設置されたカメラ映像で同一人物を対応付けることにより、各人物の広範囲にわたる移動経路を取得できます。

図3. 全体の整合性を考慮した同一人物判定

全体として最適な組み合わせを考慮することで、整合性の取れた結果が得られます。

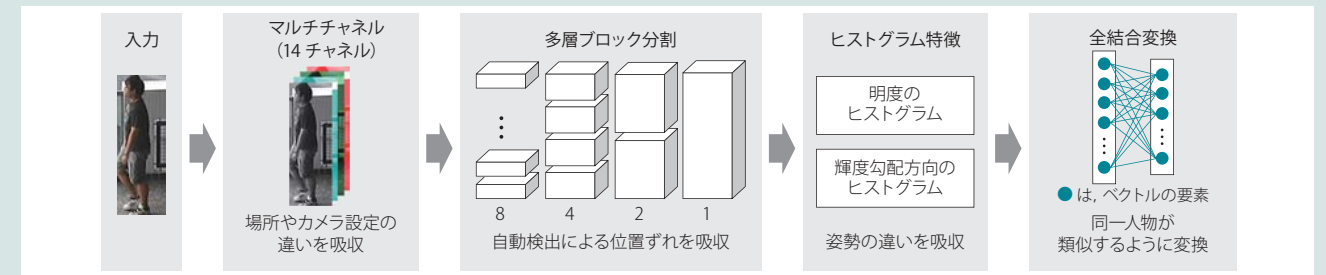


図2. 人物画像を取得する際の様々な撮影環境の変化にもロバストな特徴抽出手法

場所ごとの明るさやカメラごとの設定が異なる条件でも、できるだけ不変な特徴量を抽出できます。

### 技術的背景

東芝は、安全・安心な社会づくりに向け、高度な防犯ソリューションサービスを実現するため、1台のカメラ映像から人物の属性(性別、年齢)や行動を把握する技術を開発しています。そのサービスを提供する場合、大規模施設などでは、複数箇所に設置されたカメラ映像で同一人物を対応付け、各人物についてそれらを把握する必要があります。しかし、同一人物であってもカメラごとに見え方が異なるので、複数のカメラ間で同一人物を精度良く対応付けることは容易ではありません。更に、複数人物の移動経路を取得する場合には、その組み合わせの数が膨大となり、計算量が多くなるのが問題でした。

### 複数のカメラ間での人物対応付け技術

複数のカメラの視野範囲にまたがって移動する複数人物の移動経路を、少ない計算量で精度良く認識するため、次の三つの手法を導入しました。

(1) ロバストな特徴抽出手法 場所ごとの明るさやカメラごとの設定が異なるため、同一人物でも得られた画像は異なった見え方になります(図1)。この違いに対し、できるだけ不変な特徴量を抽出するために、複数の異なる輝度情報・色情報を用いるマルチチャンネルの画像から特徴量を抽出します(図2)。人物検出処理

で得られた画像中の人物位置は、本来の位置とは多少ずれることがあります。人物矩形(くけい)を異なる分割数で複数のブロックに分ける多層ブロック分割を導入することで、位置ずれの影響を相補的に緩和します。また、人物の姿勢の変化に対しては、分割した各ブロック内において、ピクセルごとの位置情報を無視して頻度の統計量を記述するヒストグラム特徴を導入します。最後に、全てのヒストグラム特徴を連結した高次元のベクトルから、同一人物は類似するが他人とは類似しないように、ベクトル空間上で低次元のベクトルへ変換して、最終的な特徴量とします。

- (2) 複数の画像間での効率的な類似度算出手法 人物同士の重なり耐性のある同一人物判定を行うため、カメラ映像から各人物を追跡し得られた複数フレームの人物画像を用いて特徴量を算出します。各フレームの画像1枚ごとに独立して特徴抽出する方式に比べ、処理の一部を共通化する工夫で大幅に計算量を削減しました。
- (3) 複数のカメラ間で全体の整合性を考慮した同一人物判定手法 異なるカメラ間で撮影された同一人物を、正しく同一人物として判定するため、ベクトル空間上で最も近い人物同士を単純に同一人物として判定するのではなく、全体として組み合わせの整合が取れた対応付けを行います。具体的には、図3のように、カメラ2で撮影されたBさんが誤ってAさんとして判

定されるおそれがある場合、同じカメラに映る人々はそれぞれ同一人物として判定しないという制約を加えたグラフマッチングをベースとしたクラスタリング手法を導入することで、カメラ1のBさんと同一人物として正しく判定できるようになります。

このグラフマッチングに基づく手法は、特徴空間上で近接する人物を表す部分グラフだけを計算するという工夫により、対象のカメラ台数が増加しても、高速性を維持して処理することができます。

### 評価実験

5か所に設置した防犯カメラで1,360名、13,164枚の人物画像を撮影した公開DB(データベース)であるCUHK03<sup>(1)</sup>を用いた評価では、ラベル付きデータ(手で人物領域を切り出したデータ)に対して84.8%、検出データ(自動検出した人物領域であるデータ)に対して79.6%の精度を達成しました。これは、強力な機械学習手法であるディープラーニングを用いた従来手法<sup>(2)</sup>でのラベル付きデータに対する精度73.0%よりも高い、世界最高水準<sup>(注1)</sup>の精度です。

また、8か所に設置した防犯カメラで、97名の人物が自由歩行する様子を約3分間撮影した独自データを用いて、導入した各手法の効果を確認しました。各人物の移動経路をどれだけ正しく推定できたかを示す評価指標が、前

(注1) 2018年2月現在、当社調べ。

述の(1)だけを導入した場合70.5%、(2)を追加導入した場合76.0%、更に(3)を追加導入した場合88.4%に、それぞれ改善されました。また、(2)の導入により特徴抽出処理が2.5倍高速になり、(2)及び(3)の導入では、全員分の移動経路を算出する処理が1,300倍高速になりました。

### 今後の展望

三つの新たな手法を導入した、複数台のカメラ映像から高精度に人物の移動経路を把握する技術を開発しました。

この技術は、大規模な施設内における迷子や要注意人物などの特定人物の移動経路の把握や、現在の防犯カメラ映像などを提供した防犯サービスに活用することで、監視業務の省力化につながると考えています。今後、この技術を、東芝コミュニケーションAI RECAIUSで活用すべく、更なる開発を進めていきます。

### 文献

- (1) Wan, X. "CUHK Person Re-identification Datasets". CUHK Re-ID. <http://www.ee.cuhk.edu.hk/~xgwang/CUHK\_identification.html>, (accessed 2018-02-01).
- (2) Xiao, Q. et al. Cross Domain Knowledge Transfer for Person Re-identification, Computer Vision and Pattern Recognition. 2016, arXiv:1611.06026v1.

### 柴田 智行

研究開発本部  
研究開発センター メディアAIラボラトリー  
電子情報通信学会・情報処理学会・ヒューマンインタフェース学会会員