

追跡対象の適応的グルーピングによる重なりにロバストな複数人物追跡 Multiple Person Tracking Robust to Mutual Person Overlap Using Adaptive Tracker Grouping

秋山 達勇[†] 大網 亮磨[†]
Tatsuo Akiyama Ryoma Oami

1. はじめに

店舗内の複数人物追跡は店舗内のマーケティングにおいて重要な技術である。例えば、一定時間内の顧客動線の傾向を分析して、人気商品を陳列する商品の位置や組み合わせを変更したり、スムーズに買い物ができるよう陳列棚のレイアウトを修正したりするといった応用が考えられる。

人物追跡の技術課題に重なり（オクルージョン）の問題がある。複数人物が存在する場合、人物同士が互いに重なることに起因して、追跡の途切れや、追跡対象が誤って入れ替わる等の誤対応の問題が生じる。追跡の途切れに関しては、途切れた軌跡をつなぎ合わせることによって途切れを修復できる可能性がある。実際、tracklet と呼ばれる短い追跡結果をつなぎ合わせて全体として最適な追跡結果を得るアプローチの追跡方式が提案されている[1][2]。一方、誤対応が一旦起きると、その修復は困難である。

そこで本論文では、複数人物間の重なりに起因する追跡失敗のうち、特に誤対応に関して、追跡対象の適応的なグルーピングにより低減する方法を提案する。

2. 提案手法

2.1 Data Association による複数人物追跡

本論文で取り扱う複数人物追跡は data association 処理（例えば[1][3]など）を行う方式である。具体的には、人物候補検出処理、data association、個別人物追跡、追跡対象新規生成・削除処理から構成される。

人物候補検出処理は、人物の頭部画像を事前に学習して準備した辞書を用いて、画像中から頭部領域を検出し、その結果に基づいて人物（全身）の領域を検出する。

Data association は、追跡対象が検出された人物候補のどれと対応付けられるかを求める処理である。通常、追跡対象と人物候補を 2 部グラフとする割り当て問題としてみなすことができ、ハンガリアン法などの各種最適化手法によって容易に解を算出できる。

個別人物追跡は、data association の結果に応じて導入された時系列モデルのパラメータを再推定するとともに、追跡対象のテンプレートを動的に生成し、追跡対象をテンプレートと照合することで追跡する処理である。本論文では、時系列モデルとしてカルマンフィルタを採用する。また、テンプレート照合には輝度勾配特徴と平均色特徴を併用して用い、時系列モデルのパラメータ値から推測される追跡対象の存在位置周辺で照合を行う。

追跡対象新規生成・削除処理は、新たに画面に現れた人物や画面から消えた人物について、それぞれ新規追跡対象を生成、既存の追跡対象を削除する処理である。

2.2 誤対応の原因

この方式では、人物の重なりに起因して人物候補検出処理と個別追跡処理が失敗すると、data association で誤った対応付けがなされる。例えば、図 1 のように 2 人の人物がすれ違う場合で、重なり発生前（図 1 (a)）に白い頭の人物が A、黒い頭の人物が B と追跡されている時に、重なり時に誤対応（図 1 (b)）が起きたとする。この時、本来白い頭である人物 A のテンプレートとして黒い頭の人物のテンプレートが登録される。追跡がそのまま継続されると、結果的に、重なり発生地点で人物 A と人物 B がぶつかって戻ってくるような誤った結果が得られる。

2.3 解決策

提案方式の概要フローを図 2 に示す。提案手法は data association 方式の複数人物追跡に、追跡対象のグルーピングを行う処理と、グループ内に存在していた追跡対象同士が一定程度離れたことを検知し、重なり発生前後で人物を対応付ける処理（以下、グループ解消処理と呼ぶ）を追加した方式である。

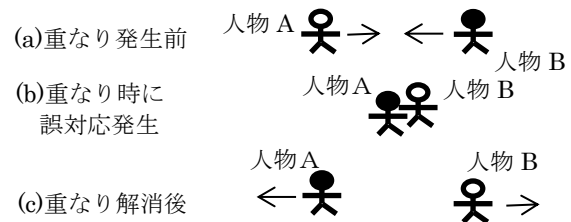


図 1 誤対応の例

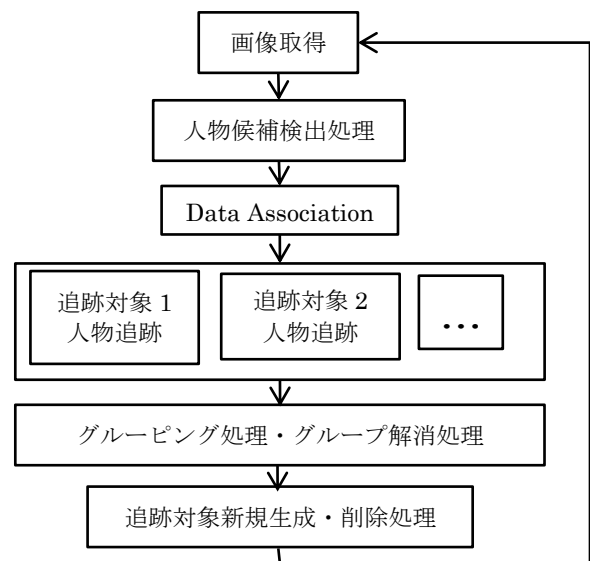
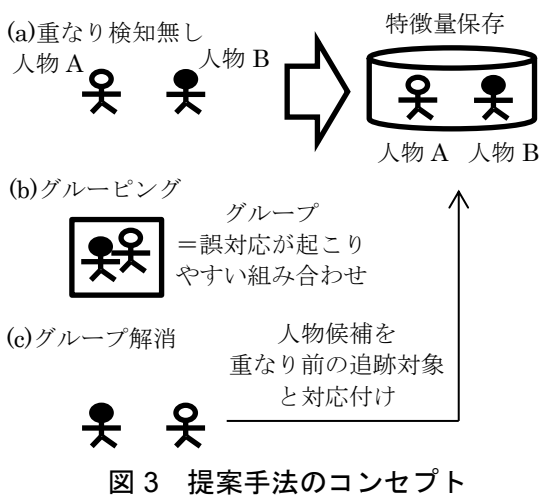


図 2 提案方式の概要フロー

[†] NEC データサイエンス研究所



グルーピング処理に関して、本論文では、追跡対象人物の矩形領域間に共通領域があり、あらかじめ行ったキャリブレーションに基づき推定された人物の世界座標中の位置が近い追跡対象の組み合わせを、グルーピング対象とする(図 3 (b))。なお、共通領域が一定程度大きいときは、動的な特徴量の更新を停止する。

グループ解消処理に関して、具体的には、過去にグルーピングされていた追跡対象が処理時点で共通領域を持たなくなったときにグループ化が解消された可能性があるを判断し、近くで発生した人物候補を追跡対象と対応付ける(図 3 (c))。本論文では 2 人がすれ違う場合について検証するため、人物候補が重なり解消前の 2 個の追跡対象のどれであるかを判定する 2 クラス識別問題に帰着される。本論文では、高橋らによって提案されたコンパクト色特徴記述子[4]を用いて、識別の信頼度を計算し、信頼度の高い方を採用する。

3. 評価実験

3.1 グループ内追跡対象の 2 クラス識別実験

まず、重なり前後での対応付けの基本精度を評価するための実験を行った。評価に用いる画像は、店舗を模した室内で 5 台のカメラを用いて、4 人の人物が互いにすれ違いを起こすように歩いた映像 2 シーンから、すべての人物の画像をすべてのフレームから切り出して作成した。

これらを用いて 2 クラス識別の精度を評価した。各フレームから切り出した人物(例えば A)の 1 つの人物領域画像に対して、同一シーンの他のフレームから切り出した同一人物(A)画像のうち最も高い類似度と、同一シーンから切り出した別の人物(例えば B)の画像の中から最も高い類似度を求め、前者の類似度が高ければ正解、後者の類似度が高ければ誤りとして評価する。映像中から切り出されたすべての人物画像に対して、すべての 2 人の組み合わせに関する識別実験を行ったところ、識別成功率は 97.8% (識別成功 24975 画像, 失敗 555 画像)であった。

3.2 グルーピング導入前後の比較実験

提案手法により誤対応がどれだけ低減したかを、3.1 節の実験に用いた映像 2 シーンを用いて実験した。結果、誤対応は 9 件から 5 件に減少した(表 1 参照)。ここで、追

表 1. 改良処理導入前後による精度比較

	追跡成功	誤対応	追跡漏れ	途切れ
導入前	97(69.8%)	9(6.5%)	27(19.4%)	6(4.3%)
導入後	96(68.1%)	5(3.6%)	30(21.6%)	8(5.8%)



図 4 改善事例

(上段: 提案手法 左 - すれ違い前 右 - すれ違い後
下段: 従来手法 左 - すれ違い前 右 - すれ違い後)

跡漏れは人物検出漏れ、人物の再検出を伴わない追跡中止などである。途切れは人物の再検出を伴う追跡中止である。

本手法による改善例を図 4 に示す。従来例(下段)では、すれ違い前に右側にいた人物に対応づいていた追跡対象(白色破線)がすれ違い後に追跡対象の入れ替わりを起こしていた。提案手法では、入れ替わりを起こさず、同一の追跡対象(白色実線)により追跡されていることを示している。

4. おわりに

本論文では、複数人物追跡において、人物同士の重なりによって生じる誤対応を、追跡対象を適応的グルーピングし、グルーピング前後で人物の対応付けを実施することで改善する方法を提案した。すれ違いが 139 回起こる模擬店舗内映像シーンを用いて提案手法を評価したところ、グルーピング処理を行わない場合と比較して、誤対応が 9 回から 5 回に減少しており、提案手法の有効性が確認された。

参考文献

- [1] X. Chen, Z. Qin, L. An and B. Bhanu, "An Online Elementary Grouping Model for Multi-target Tracking", In IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2014.
- [2] J. F. Henriques, R. Caseiro and Jorge Batista, "Globally Optimal Solution to Multi-Object Tracking with Merged Measurements", In IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), 2011.
- [3] 宮野, 石寺, "追跡対象数の変動を確率的に考慮した疑似独立な複数物体追跡", 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2011)予稿集, pp. 786-793.
- [4] Y. Takahashi and H. Miyano, "A compact color descriptor for person re-identification with clothing selection from a wardrobe", 2015 IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME), pp. 1-6.