

クラスタリングによる複数センサ間での物体追跡

飯野 晋[†] 小池 正英[†] 道籙 聡[†] 助野 順司[†]三菱電機株式会社 先端技術総合研究所[†]

1.はじめに

複数のカメラ・3D センサ等で人物等を検出・追跡するシステムにおいて、追跡対象をフロアマップのようなわかりやすい UI にアイコンとして軌跡表示する技術が広く用いられている。

このようなシステムにおいて、アイコンや追跡軌跡の描画のためには、検出した対象の位置情報を共通のフロアマップ座標へ投影変換する必要がある。この際、カメラ・センサ間で検出範囲の重複がある場合には、フロアマップ座標上で追跡対象者が重複して検出される。しかし、センサ間での検出結果の出力周期が異なる場合や、片側のセンサで検出漏れや誤検出が発生した場合、追跡対象を同一と判断できず、カメラ・センサ間を跨いだ追跡を継続することが困難である。このため、単純に検出結果を時系列上で距離の近いものを選択して追跡するという単純な方法では、追跡が途切れやすいという問題があった。

本研究では、同一時刻だけでなく、ある時間範囲において各カメラ・センサにて検出された物体位置情報をフロアマップ座標上でクラスタリングすることにより、検出時刻のずれによる位置の差や誤検出による外れ値の影響を軽減して安定な追跡を実現する手法を提案する。

2.関連研究と課題

画像上で物体追跡を行うアルゴリズムとしては、古典的にはカルマンフィルタ[1]、パーティクルフィルタ[2]等の手法が知られる。近年では追跡に用いる特徴量の抽出に CNN を用いる手法も提案されている[3]。しかし、これらは一つのカメラ視野内での追跡に有効な手法であり、複数のカメラ間での追跡結果を統合するという観点での研究は少ない。

3.提案手法の概要

まず、UI 表示向けに定義した世界座標系、若しくはフロアマップ上の位置座標等、複数のカメラ・センサ間で一貫した共通な座標系を持つ空間（以下、共通空間と呼ぶ）をまず考える。図 1は、共通空間の例を図示したもので、×は

左の、○は右のカメラの投影結果に対応する。

そして、本論文で提案する手法は、共通空間に投影された各センサ・カメラの検出結果である位置情報を、以下の①～⑤に示した流れに従ってクラスタリングすることで物体追跡を行う。

なお、以下の説明においては追跡対象が k 個であり、かつそれらの共通空間での位置が、現在時刻から t 秒前の過去時点において既知であるとす。

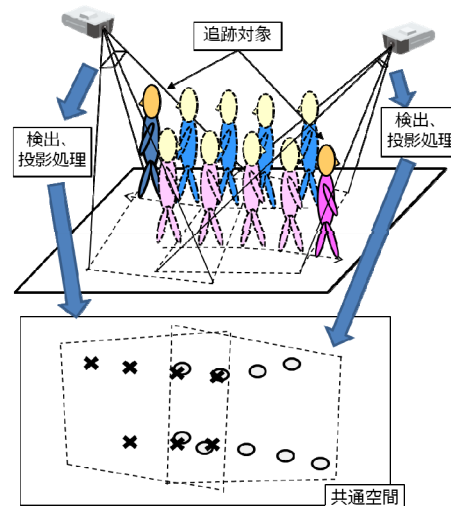


図 1. 二つのカメラでの物体検出の結果を共通空間へ投影した場合の例。

- ① 各カメラ・センサから検出した対象の位置を、時刻情報付きで記録しておく。
- ② 記録された検出対象の位置情報を、現在時刻から過去 T 秒間抽出し、共通空間での座標へ投影する。
- ③ 抽出した位置情報に対し、各追跡対象と対応する k 個のクラスタのいずれかを割り当て、 k -means クラスタリング[4]を実行する。ここで、初期クラスタの割り振りについては、ランダムではなく、共通空間で最も近い位置となる追跡対象に対応するクラスタを割り振る。
- ④ k 個の各クラスタの代表位置を算出し、追跡対象の現在時刻における位置とする。
- ⑤ 以上②～④を繰り返す。

上記②～④の処理内容を図 2に示す。図 2では、△は追跡対象の過去の位置、点線で繋がれた○または×は同一クラスタに割り振られた検

“Object Tracking between Multi-sensors using Clustering.”

Susumu Iino[†], Masahide Koike[†], Satoshi Michihata[†], Junji Sukeno[†]

[†]Advanced Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation.

出位置、□は④で得られたクラスタの代表位置を示す。

なお、④における各追跡対象の現在時刻における位置は、次の繰り返し③で、 t 秒前の過去の位置として使用される。また、各クラスタの代表位置としては、各クラスタに所属する位置情報の中から、他の座標との距離の合計が最も小さくなるものを選択する。

本手法では、過去の検出位置をクラスタリングに利用するため追跡の途切れを軽減できる。また、代表位置の選択により、誤検出による外れ値の影響を排除できる。

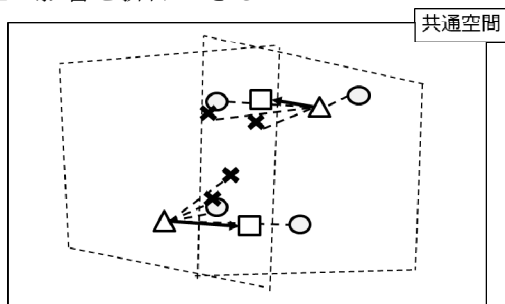


図 2. クラスタリングによる物体追跡の実行例。

4. 実験と結果

提案手法の有効性を確認するため、以下の表 1 の条件で実験を行った。

表 1. 実験条件

フロアの広さ	横 35m × 縦 22m 程度
追跡対象の数	歩行者一人 ($k=1$), 身長 1.7m
センサ種別	天井設置の魚眼カメラ
センサ設置条件	7m 間隔, 設置高さ 2.7m, 外部キャリブレーション済み
検出手法	背景差分を使用し, 視野から最も遠い箇所を頭頂部として検出位置として決定
T	300msec
t	66msec
共通空間定義	フロア入口を原点とする世界座標系

また、追跡対象の初期位置の生成条件として、2 個以上のカメラでほぼ同時かつほぼ同じ位置に人物が検出され、かつその位置に既知の追跡対象がない場合とした。ここで、ほぼ同時とは、検出時刻の差が 500msec 以内で、ほぼ同じ位置とは共通空間での距離が 1m 以内であることを指す。

さらに、提案手法の比較対象としては、共通空間において時系列で距離が近い投影位置座標を選択して追跡を行う手法を示した。

図 3, 図 4 に示したカメラ配置のフロアにて、歩行者が入口から左に向かって直線的に歩行し

た場合に、それぞれの手法で得られた同一時刻の軌跡を示す。図中では灰色の○はカメラによる検出位置を示し、実線で繋がれた○は各手法で得られた追跡軌跡を示す。従来手法では入口から 7m 程度のところで軌跡の途切れが発生したのと比較し、提案手法では 14m 程度進んでも途切れが発生しなかった。

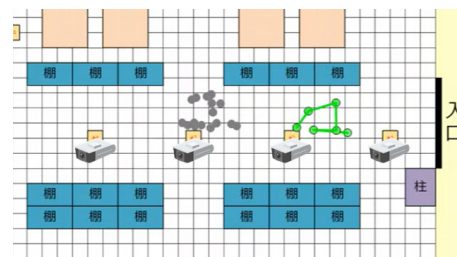


図 3. 従来手法による追跡の軌跡。

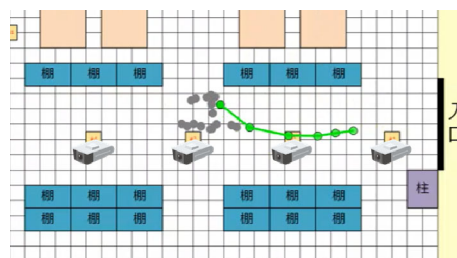


図 4. 提案手法による追跡の軌跡。

5. おわりに

本研究では、複数のカメラからの物体検出結果を共通空間上でクラスタリングすることで、安定な物体追跡を行う手法を提案した。また、実験によって、その有効性の確認を行った。

参考文献

- [1] BISHOP, Gary, et al. An introduction to the kalman filter. Proc of SIGGRAPH, Course, 2001, 8. 27599-23175: 41.
- [2] 鶴殿康太郎; 久保田彰. 複数尤度に基づく検出処理を組み合わせた Particle Filter による人物追跡. 電子情報通信学会技術研究報告; 信学技報, 2015, 114. 486: 81-86.
- [3] WOJKE, Nicolai; BEWLEY, Alex; PAULUS, Dietrich. Simple online and realtime tracking with a deep association metric. In: 2017 IEEE international conference on image processing (ICIP). IEEE, 2017. p. 3645-3649.
- [4] 神嶋敏弘. データマイニング分野のクラスタリング手法 (1): クラスタリングを使ってみよう!. 人工知能, 2003, 18. 1: 59-65.