

多数の移動軌跡情報を用いた群集内の主要な流動抽出アルゴリズム Main Stream Detection in Complex Confluences using Multiple Trajectories

帷子 京市郎† 趙 卉菁† 柴崎 亮介† 坂本 圭司‡
Kyoichiro Katabira Huijing Zhao Ryosuke Shibasaki Kiyoshi Sakamoto

1. はじめに

近年、マーケティングやセキュリティ等の目的のために、GPS や RFID タグ、CCD カメラなどを用いた人物追跡および行動認識に関する研究が盛んに行われている[1-4]。既存の研究は各々の人物を精度良く追跡し、その行動パターンを識別・予測するようなミクロな解析をすることに主眼が置かれてきたが、各々の人物の動きをマクロに捉え、群集の中から主要な流れの抽出を試みている研究事例はまだ殆ど見当たらない。そこで本研究では、それぞれの歩行者の移動軌跡情報を用いて、群集の中の主要な流動を抽出・可視化するアルゴリズムの開発を目的とする。このアルゴリズムはカメラやGPS等のセンサに依存せず、取得されたどの移動軌跡データにも汎用的に使えることを想定して設計する。

2. レーザスキャナを用いた歩行者追跡

2.1 センサ概要

本研究で用いるセンサは、SICK 社のレーザスキャナ (LMS200) を用いる。このセンサの利点は、対象物までの距離が高精度に計測できる点、照明条件の影響をほぼ受けない点、比較的広範囲を計測できる点、などである。カメラを用いる場合、良好な設置環境が整えば、高所から隠蔽が生じにくい状況で広範囲の計測が可能だが、そのような設置が困難な場合も多い。また、レーザスキャナは屋内/外、昼夜問わず計測可能で、GPS やタグといったセンサよりも正確な位置情報を取得できる。しかし欠点としては、色情報や ID が直接得られるわけではないので、一度見失った人物を再び同定することが困難である。

2.2 歩行者のトラッキング

歩行者の位置を計測するために、レーザスキャナを床から約 20cm の高さにスキャン面が水平になるように設置する (図 1)。したがって、レーザ光は主に歩行者の足首に当たるため、比較的隠蔽が少ない状況で複数の歩行者の位置を得ることができる。また、複数台のセンサを設置することによって、より広範囲を計測するだけでなく、多方向から計測することで隠蔽領域を緩和させている。

まず前処理として、レーザスキャンにより得られるレンジデータから背景情報を抽出し、背景差分を行うことによって移動物体のみを抽出する。複数センサのキャリブレーションは、背景情報の重複領域を重ね合わせるように移動・回転を行うことで統合させる。移動物体は、殆どは歩行者の足の位置とみなすことができるため、これらのポイントを過去のフレームと共に時空間的なクラスタリングを行うことにより、各々の人物を追跡する。

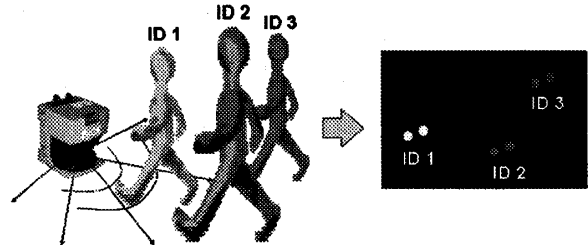


図 1 レーザスキャンの概観およびレンジデータ

3. 群集内の主要な流動の抽出

3.1 アルゴリズム設計要件

多数の移動軌跡データから主要な流動を抽出する際、様々な表現方法が考えられるが、本研究では以下の点を要件として流動抽出アルゴリズムを設計する。

- (1) 軌跡情報群の中から、群集流動の位置、面的な広がり具合、通行量、密度といった情報を抽出し、かつ時系列上にその変化が捉えられるようにする。
- (2) 広告の評価や空調の制御といったニーズによっては、流動を抽出したい時間間隔が異なり、かつリアルタイム性を要求する場合もある。群集の流れは時間帯によって刻々と変動するため、軌跡情報を考慮する時間帯、時間間隔をフレキシブルに調整できるようにする。
- (3) ある時間間隔における複数の軌跡情報を考慮すると、同じ位置でも複数の流れの方向が存在する場合がある。そのため、それぞれの流れの方向を同時に捉えられる可視化の方法が必要である。

3.2 流動抽出アルゴリズム

歩行者の追跡によって得られた軌跡情報群を基に、群集内の主要な流動を抽出する。これまでの研究事例では、交差点などのシーンで車や歩行者の交通流を可視化する試みは存在するが[3, 4]、それらは駅構内のような多数の歩行者が入り乱れている状況は想定されておらず、混雑した状況下ではうまく流動を抽出・可視化することは難しい。そこで本研究では、上記の要件 (3) を満たすために、まず計測領域を等間隔な 2 次元グリッドに分割し、さらに高さ方向を軌跡の角度に対応させた 3 次元状のバッファを用意し、各グリッド上を通過した軌跡ベクトルの角度を基にヒストグラムを計算する (以下、これを角度ヒストグラムと呼ぶ)。この角度ヒストグラムは、軌跡の更新と共にリアルタイムに更新する。したがって、各グリッド上の位置を通過した軌跡ベクトルの卓越した角度を得ることができる。すなわちこれは、群集の主要な動きの方向とみなすことができる。また要件 (2) の達成のためには、過去どれくらいまで遡って軌跡情報を計算対象とするかを調整できるようにする必要がある。この時間間隔の調整には、ヒストグ

†東京大学 空間情報科学研究センター

‡JR 東日本研究開発センター フロンティアサービス研究所

ラムに加算する値をある大きさの値とし、角度ヒストグラムの更新時に全てのグリッドのヒストグラム値を1つつ減算する。この加算する値および減算する値を調整することにより、軌跡情報を考慮する時間間隔を調整することができる。これはリーキーバケットと呼ばれるアルゴリズムである。

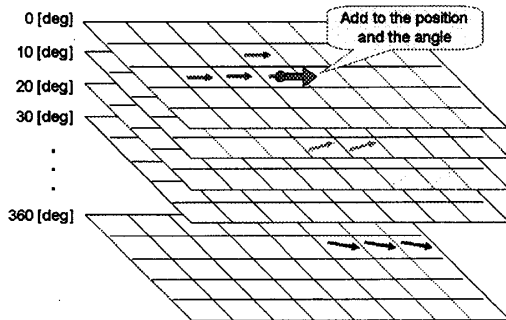


図2 角度ヒストグラム

例えばヒストグラムの加算値を60とし、1秒毎に更新を行った場合、過去60秒間の軌跡情報を考慮に入れることができる。したがって比較的新しい軌跡情報はより大きな値を示し、同じ位置・同じ角度で複数の歩行者が続けて通過すると、他の位置に比べてヒストグラムの値が卓越する。つまり一人だけ孤立した比較的小規模な流れは値が小さく、大規模な流れにおいてはより大きな値を示す。またこの手法は、リアルタイム処理において過去の軌跡情報をメモリ上に保存する必要が無く、また各時刻における軌跡情報の移動平均的な捉え方ができる。

また、視覚化に関しては、それぞれのグリッド内に矢印を表示させ、その角度に対応して矢印を色分け表示する。また、矢印の明度および太さを角度ヒストグラムの値に対応させる(図2)。

4. 実験結果

本提案手法の有効性を検証するために、東京都内のJR駅コンコースにて8台のレーザスキャナを用いて実験を行った。歩行者の追跡結果を図3に示す。線状のシンボルが追跡処理によって得られた軌跡情報である。また、図4に示すのが、軌跡を考慮する時間間隔を(a)は10秒間、(b)は60秒間に変えた場合の流動抽出結果である。グリッド間隔は1m、角度は10度間隔でサンプリングした。これらは同時刻に得られた結果だが、(b)の方は(a)には無い画面左上から下方に向かっていく流れを見ることができる。

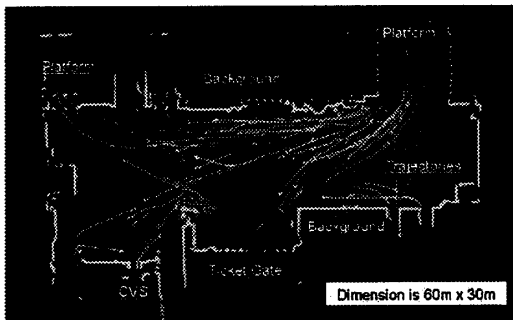


図3 JR駅コンコースにおける歩行者追跡結果



(a) 10秒 (b) 60秒
図4 軌跡を考慮する時間間隔を変えた場合の結果



(a) 2m間隔 (b) 0.5m間隔
図5 グリッドの間隔を変えた場合の結果

また、図5に示すのは、角度ヒストグラムを計算するグリッドの間隔を(a)は2m、(b)は0.5mにして同時刻に得られた結果である。(a)の方はグリッドの間隔が荒いため、細かい流動が抽出されていないが、(b)の方は細かい流動まで見ることができる。しかし、グリッド間隔が細かすぎても、近接した流れを同じものとして抽出できない可能性もある。

5. まとめ

本研究では、レーザスキャナから得られた多数の人物追跡結果を基に、群集の中の主要な流動の抽出を試みた。計測領域を2次元グリッドに分割し、それぞれのグリッド内で軌跡ベクトルの角度のヒストグラムを計算することにより、ある特定の時刻、時間間隔における卓越した流動を抽出した。しかし、ヒストグラムの分割する間隔によっては出力結果が異なるという問題点がある。

今後は、群集の流動抽出アルゴリズムについてさらに検討し、グリッドの分割方法に依存しない手法を開発したい。例えば、カーネル関数を用いた核密度推定法により、各軌跡情報の(x, y, 角度)空間における密度分布を計算することにより、卓越した流動の抽出を試みたい。

参考文献

- [1] H. Zhao, R. Shibasaki, "Pedestrian Tracking using Multiple Laser Range Scanners", Proc. of Computers on Urban Planning and Urban Management, 2003.
- [2] C. Curio, J. Edelbrunner, T. Kalinke, C. Tzomakeas and W. von Seelen, "Walking pedestrian recognition", IEEE Trans. Intel. Trans. Systems, vol.1, no.3, pp.155-163, 2000.
- [3] W.E.L. Grimson, C. Stauffer, R. Romano, L. Lee, "Using Adaptive Tracking to Classify and Monitor Activities in a Site", cvpr98, pp.22, 1998.
- [4] 趙 卉菁, 邵 肖偉, 帷子京市郎, 中村克行, 柴崎亮介, "レーザスキャナを用いた交差点における移動体の識別とトラッキング", 第12回画像センシングシンポジウム, CD-ROM予稿集, 2006.