

アクティブ RFID リーダとマルチカメラを用いた追跡手法

People Tracking Using an Active RFID Reader and Multiple Cameras

日高由量* 石寺永記*
Yukikazu Hidaka Eiki Ishidera

1 はじめに

人物の見失い時の追跡性能の向上を目指し、マルチカメラに加えアクティブ RFID リーダを用いた人物の追跡手法について提案する。

従来の人物追跡 [1] では、障害物への隠れなどによって人物を一時的に見失うと、その後の追跡が困難になるという問題がある。

そこで、本研究では、カメラで追跡中の人物を見失った場合でも RFID リーダで検知している ID タグ情報の有無から、障害物に隠れているだけなのか、実際にその場から退去しているのかを特定することで追跡性能の改善を行う。

2 追跡手法

2.1 検出 ID タグによる追跡中の人物の特定

カメラで追跡中のある人物を X_n ($n = 1, \dots, N$) とする。この人物が誰なのかを特定できる人物 ID θ_m ($1 \leq m \leq M$) を、観測した I_n 回の誤りを含む ID タグ情報 $Z_n = Z_{(n,1:I_n)} = Z_{(n,1)}, \dots, Z_{(n,I_n)}$ を用いて特定することを考える。実際に得られた ID タグを z_m とし、人物 θ_m に対応する ID タグは z_m と同じ添字で表す。今、追跡中の人物 X_n が誰かを特定できる確率

$$P(X_n = \theta_m | Z_n) = P(X_n = \theta_m | Z_{(n,1)}, \dots, Z_{(n,I_n)})$$

を考える (以下、認証確率と呼ぶ)。この認証確率を、事前確率が一樣に確からしいとしてナীবベイズを用いて展開すると

$$P(X_n = \theta_m | Z_n) = \frac{\prod_{j=1}^{I_n} P(Z_{(n,j)} | X_n = \theta_m)}{\sum_{\theta_m=1}^M \left(\prod_{j=1}^{I_n} P(Z_{(n,j)} | X_n = \theta_m) \right)} \quad (1)$$

と時系列統合することができる。ここで、式 (1) の尤度は

$$\begin{cases} P(Z_{(n,j)} = z_l | X_n = \theta_m) = \alpha \cdot e^{(h/T)} & (l = m) \\ P(Z_{(n,j)} = z_l | X_n = \theta_m) = \alpha & (l \neq m) \end{cases} \quad (2)$$

*NEC 共通基盤ソフトウェア研究所

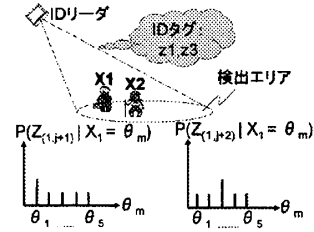


図1: 検出エリア内の追跡人数に応じた尤度

とし、 α は

$$\sum_{1 \leq l \leq M} P(Z_{(n,j)} = z_l | X_n = \theta_m) = 1$$

を満たす正規化定数とする。式 (2) において、 $l = m$ の場合は人物 ID θ_m に関する ID タグが正しく得られていることを表し、 $l \neq m$ の場合は本人以外の ID タグが得られている場合を表す。 $h > 0$ はセンサの精度を表す定数で、 T はリーダの ID タグ検出エリア内にいる人数である。

本論で用いる RFID リーダはアクティブ型であり、ID タグの検出エリアが広く不安定で、更に検出場所の指向性に乏しいため、検出エリア内にいる人数 T が増えるほど正解の対応付けの特定が困難となる。

そこで、式 (2) の T を変えエリア内の人数に応じた尤度を設定する (例として図 1)。

この尤度を用いることで、式 (1) において信頼できる ID タグ情報 ($T = 1$) を曖昧性の高いもの ($T > 1$) よりも優先して統合していくことで、一貫して付与される正しい ID へ収束する速度を早め確定することが期待できる。

個々の追跡人物に対して ID タグ情報の時系列統合を行った後、ある人物の ID は他の人物の ID と重複せず排他的に割り当てられるべきという性質を用いて、追跡中の全ての人物に矛盾のない ID の割り当てを行う。

カメラで追跡中の人物を障害物への隠れなどにより一時的に見失っている場合、排他的な ID の割り当てから誰を見失っているのかを推定することができることから、見失いからの復帰後に追跡を継続することが可能となる。



図2: 人物位置の混合ガウシアン分布 (等高線表示)

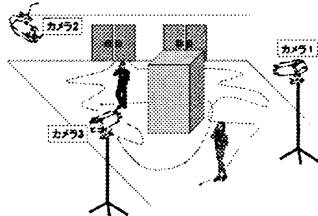


図3: 実験の様子

2.2 マルチカメラによる人物追跡

本研究では追跡性能向上のために複数のカメラを用いた人物追跡を行う。カメラはキャリブレーション済みとし、死角を減らすために監視領域を共有するように設置した。各カメラからの映像に適応的背景差分 [2] を適応し人物検知を行い、そのスクリーン座標上の位置をフロア地図に投影する。投影位置はカメラの画角やカメラからの距離に応じて信頼度の異なるガウシアン分布として表され、各カメラからの投票方式によって人物の存在位置を表す混合ガウシアン分布を作成する (図2)。この分布のうち、ある閾値以上の場所に人物が存在すると推定し、その中央を人物位置とする。この人物の位置と過去の履歴位置との紐付けを行い追跡を行う。

3 実験

図3のような約6m×8mの室内を2人の人物がすれ違いを繰り返しながら、うろつくという約600フレームのシーンを合計12シーンを撮影し、追跡中の人物がフロア地図上に設定したRFIDリーダのIDタグ検出エリアに入った際に検出IDタグを対応付けることで実験を行った。

追跡のID割り当て性能に関して、マルチカメラのみを用いた場合とマルチカメラとRFIDリーダを併用した場合とで比較を行った。カメラのみを用いる追跡には、出現順番を追跡IDとし、カメラ・RFIDリーダ併用による追跡には、RFIDリーダにより検出され、人物に割り当てられたIDタグを追跡IDとする。評価指標として [3] を参考にして、Object Purity (OP、見失うことなく追跡を行えた成功率) と Tracker Purity (TP、IDの入れ替わりなく

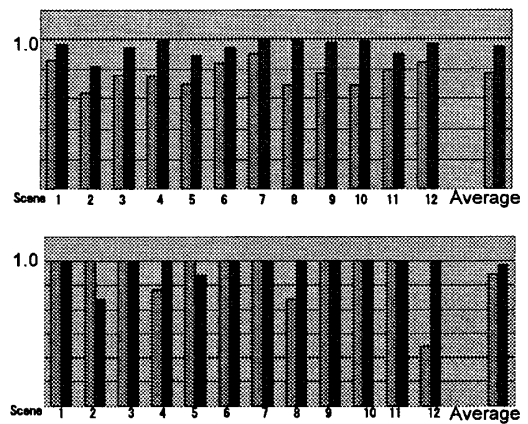


図4: 12シーンにおける Object Purity (上図) と Tracker Purity (下図) の評価。左棒:カメラのみの従来法、右棒:カメラ&RFID リーダによる提案法

追跡を行えた成功率) を用いた。

比較評価の結果を図4に示す。これらに示されるようにカメラのみによる追跡よりも、カメラとRFIDリーダを併用する提案手法の方が良好な結果が得られた。従来手法 (カメラのみ) の平均 OP=0.77 に対し、提案手法 (カメラとRFID 併用) の平均 OP = 0.95 であり、従来手法 (カメラのみ) の平均 TP=0.95 に対し、提案手法 (カメラとRFID 併用) の平均 TP=0.99 と、特に OP エラーを 18%改善することができた。

4 おわりに

本研究ではIDの持つ一貫性と排他性という性質を活用し、マルチカメラに加えアクティブRFIDリーダを用いた人物の追跡手法について提案した。本提案手法の性能をOP(見失うことなく追跡を行えた成功率)とTP(IDの入れ替わりなく追跡を行えた成功率)を指標として評価を行った結果、特に従来手法 (カメラのみ) の平均 OP=0.77 に対し提案手法 (カメラとRFID 併用) の平均 OP = 0.95 と見失いに対する追跡成功率を18%向上することができた。今後は追跡人物の位置とIDタグの対応付けの複数仮説化などを行い精度向上を目指したい。

参考文献

- [1] K. Kim and L. Davis, "Multi-camera tracking and segmentation of occluded people on ground plane using search-guided particle filtering," in *ECCV*, LNCS, 2006.
- [2] 池田他, "輝度情報の時間的性質を用いた背景のモデル化とそれに基づく物体検出," *FIT2006*.
- [3] K. Smith, et. al., "Evaluating multi-object tracking," in *Proc. of CVPR*, 2005.