

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 20 日現在

機関番号：12401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24700157

研究課題名(和文)複数観測情報の統合による人物行動計測と応用

研究課題名(英文)People tracking and its applications by integrating multimodal observations

研究代表者

小林 貴訓 (KOBAYASHI, Yoshinori)

埼玉大学・理工学研究科・助教

研究者番号：20466692

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円、(間接経費) 1,020,000円

研究成果の概要(和文)：ヒューマンロボットインタラクションなどへの応用を想定し、広範な観測領域における、ユーザの注目方向を含む複数人物追跡システムを開発した。本手法では、全方位カメラとレーザ測域センサを組合せた複合センサ系を用い、広い観測領域で人物の位置と見えを捉える。そして、身体の向きや顔向きの推定を含めた、頑健かつ安定な複数人物の検出と追跡を行う。また、人物相互の遮蔽などにより、人物の追跡が中断、再開された場合でも、誰がどう移動したかを対応づけ、観測領域全体を通して、高精度に人物の行動計測を行う。開発したシステムはミュージアムガイドロボットやロボット車椅子に応用し、有効性を確認した。

研究成果の概要(英文)：We developed a new people tracking system which consists of simple devices such as a laser range finder and omni-directional camera attached to a pole. By just placing the several sensor poles to the environment, we could track the location and orientation of multiple persons accurately and robustly. In our experiment our system successfully tracks people in a sensing area continuously even when they are occluded sometime. We apply this system to our museum guide robot and robotic wheelchair. Because our system can track not only the position of people but also the body orientation and the gaze direction in a large environment, our robots can provide appropriate services to users by considering the behaviors of the users in detail.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学，知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：人物行動計測

1. 研究開始当初の背景

セキュリティやマーケティングなどへの応用を目的に注目方向を含んだ人物追跡手法が研究されている。監視カメラ映像などを対象とした人物追跡技術は従来から研究されており、申請者も、時系列フィルタと識別器を時空間的に統合した人物追跡手法を提案している。しかし、監視カメラでは、上方からの俯角のついた映像となるため、人物の顔が観察できず、また、広い範囲を観察しようとする、人物頭部が低解像度で観察されるため、カメラ映像からの注目方向の推定には限界があった。そこで、本研究では、人の胸あたりの高さに設置したレーザ測域センサと全方位カメラを用いることで、広い範囲で複数人物の追跡を行う手法を提案する。レーザ測域センサとカメラを用いて人物を追跡する手法は、いくつか提案されているが、それらの多くは、ユーザの位置の追跡を行うもので、注目方向などのユーザの指向性を同時に計測・追跡できるものではなかった。そこで、本手法では、レーザ測域センサを用いて、人物の身体の位置と向きを計測し、さらに、カメラ映像を用いて、顔の向きを実時間で追跡することを試みる。図1にセンサのプロトタイプとセンサ構成の概要を示す。

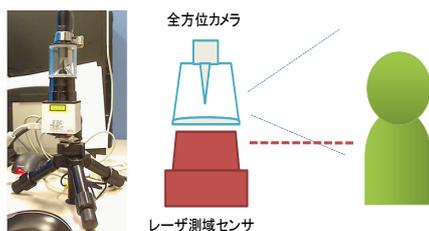


図1 センサ構成

2. 研究の目的

ミュージアムやショッピングモールでの活用が期待されているサービスロボットの研究では、ロボットが周囲の人々に適切に対応するために、広い範囲での人物行動計測が求められている。特に、人とロボットのインタラクションでは人物の位置だけではなく、その人物がどこを見ているかなどの注目方向の計測がユーザの状況や意図の理解のために重要とされる。そこで、本研究では、このようなヒューマンロボットインタラクションへの応用を想定し、広い観測領域でユーザの注目方向を含む複数人物の頑健かつ高精度な追跡手法を確立する。具体的には、人の胸あたりの高さに設置した全方位カメラとレーザ測域センサを組合せた複合センサを複数用い、広い観測領域で人物の位置と見えを捉える。そして、身体の向きや顔向きの推定を含めた、頑健かつ安定な複数人物の検出と追跡を行う。さらに、人物相互の遮蔽などにより、人物の追跡が中断、再開された場合でも、誰がどう移動したかを対応づける人物の同定についても試みる。成果は、ミュージアムガイドロボットやロボット車椅子に応用し、有効性を検証する。

3. 研究の方法

本研究では、広範囲での複数人物の追跡システムとして、センサポールシステムを開発した。センサポールとは、150cm 程度の高さの自立するポールに2つのレーザ測域センサを床面から15cm、120cmの高さに設置したものである。このセンサポールを室内に複数配置することで、およそ20m四方の観測領域内の複数人物の追跡を行うことを可能とした(図2)。

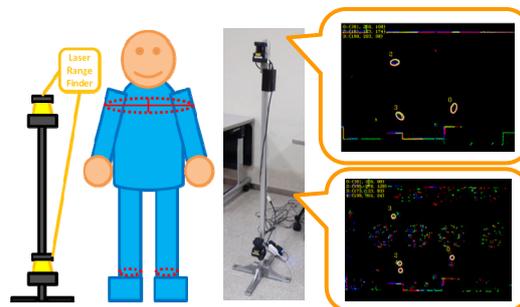


図2 センサポール

上方に設置したレーザ測域センサは人物の上体(肩付近)を計測し、下方に設置したレーザ測域センサは人物の足首付近を計測する。人物の肩付近をレーザ測域センサで水平に計測すると、その輪郭が、楕円形の一部のような形状で計測できる。そこで、人物の上体の輪郭を楕円形でモデル化し、センサと人物の位置関係に基づいて観測可能な輪郭部分を導出し、実際の計測データと比較することで、人物の位置と身体の向きの追跡を行う(図3)。GPUを用いた並列計算を行うことで高速かつ頑健な複数人物追跡を実現した。

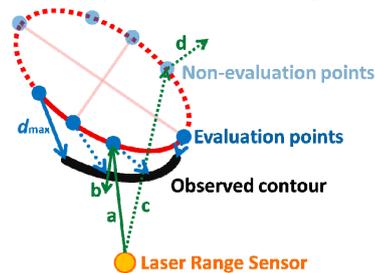


図3 楕円モデル

また、全方位カメラを用いることで、顔向きの追跡、及び複数観測間の人物同定を行った。まず、レーザ測域センサの上方に全方位カメラを設置し、人物位置から全方位カメラ画像中の人物領域を特定した。そして、顔の向き毎に AdaBoost 学習により構築した識別器を適用することで顔向きを追跡した。人物の同定は、身体の向きに紐付けた色ヒストグラムを用いて行った(図4)。

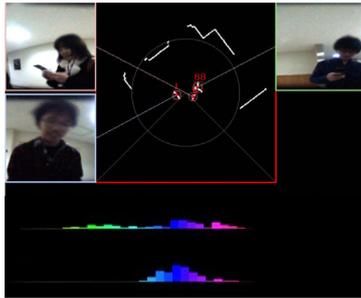


図4 見えの情報を用いた人物同定

この全方位カメラとレーザ測域センサを用いた人物追跡手法を同伴者と協調移動するロボット車椅子に応用した。車椅子に取り付けた複合センサにより、追従すべき同伴者を特定・追跡し、同伴者の位置と障害物などの周辺状況を考慮して協調移動するロボット車椅子を開発した(図5)。このロボット車椅子は、論文誌への採録(雑誌論文①)や、ヒューマンロボットインタラクションのトップカンファレンスでのデモでベストデモンストレーション賞を受賞(学会発表⑧)するなどの成果を得た。

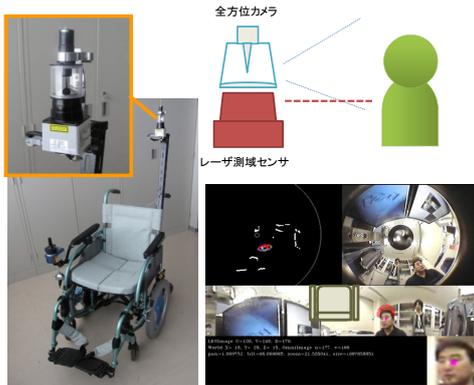


図5 ロボット車椅子

4. 研究成果

センサボールによって約20m四方の観測領域内の複数人物の追跡が可能となったため、その人物追跡結果をミュージアムガイドロボットに応用した。ミュージアムガイドロボットが来場者をガイドするシーンにおいて、センサボールにより、広範囲で複数の人物を追跡している様子を図6に示す。

図6より、複数の人物の位置と身体の向きが頑健に追跡されていることがわかる。開発したミュージアムガイドロボットは複数の観客を引き連れてガイドツアーを行う。このとき、ガイドツアーに参加している複数の観客の動きを常に把握し、よそ見や、ツアーについてこない参加者がいれば、「どうかしましたか？」などと声をかけて円滑にツアーを遂行する。実験では、3つの展示物の説明をするロボットガイドツアーを行い、3人の参加者をうまくガイドすることができた。

この実験時にツアーの途中で参加者が増減することがあった。このことから、複数人物の追跡結果からガイドツアーに参加して

いるグループを判別することができれば、さらに高度なガイドができるのではないかとこの着想を得た。現在は、これまでの研究成果をさらに発展させるべく、複数の人物相互の距離や移動速度の差、進行方向、身体の向きなどを特徴量として、複数の人物が同じグループに属するかどうかを学習データに基づいて識別する手法を開発している(図7)。

今後、これらの認識結果を用いて、より高度なグループコミュニケーションの解明を進め、グループ進路の高精度な推定や、異なる複数のグループ間インタラクションなどについて検討し、ロボットシステムに応用したいと考えている。



図6 複数人物追跡結果のミュージアムガイドロボットへの応用

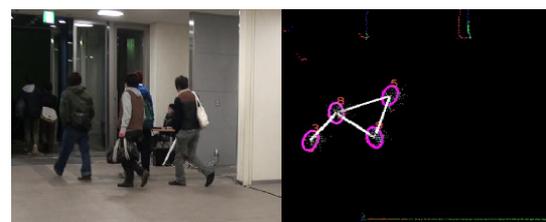
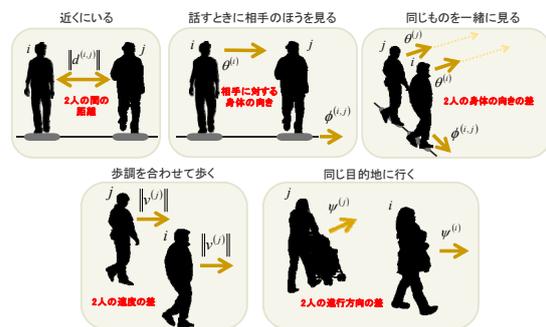


図7 移動中の人物のグループ識別

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 7件)

- ① 小林 貴訓, 高野 恵利衣, 金原 悠貴, 久野 義徳, 小池 智哉, 山崎 晶子, 山崎 敬一, “同伴者の振舞いの観察に基づいて自動併走するロボット車椅子,” 情報処理学会論文誌, vol.53, no.7, pp.1687-1697, 2012. (査読あり)

〔学会発表〕(計 16件)

- ① A. Kanda, M. Arai, R. Suzuki, Y. Kobayashi and Y. Kuno, “Recognizing Groups of Visitors for a Robot Museum Guide Tour,” to appear in Proc. HSI2013, 2014年6月16-18日. (リスボン, ポルトガル)
- ② 神田 敦, 小林 貴訓, 久野 義徳, “ミュージアムガイドロボットのための移動軌跡に基づく観客グループ判別,” 2014年電子情報通信学会総合大会, pp.155, 2014年3月18-21日. (新潟大学, 新潟)
- ③ Y. Sato, R. Suzuki, M. Arai, Y. Kobayashi, Y. Kuno, M. Fukushima, K. Yamazaki and A. Yamazaki, “Multiple robotic wheelchair system able to move with a companion using map information,” Proc. Human Robot Interaction (HRI2014), pp.286-287, 2014年3月3-6日. (ビーレフェルト, ドイツ)
- ④ Y. Sato, M. Arai, R. Suzuki, Y. Kobayashi, Y. Kuno, K. Yamazaki and A. Yamazaki, “A Maneuverable Robotic Wheelchair Able to Move Adaptively with a Caregiver by Considering the Situation,” Proc. Ro-Man2013, pp.282-287, 2013年8月26-29日. (慶州, 韓国)
- ⑤ 新井 雅也, 佐藤 慶尚, 鈴木 亮太, 小林 貴訓, 久野 義徳, “周辺状況を考慮してコミュニケーションを支援するロボット車椅子,” 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2013), 2013年7月29日-8月1日. (国立情報学研究所, 東京)
- ⑥ T. Oyama, E. Yoshida, Y. Kobayashi and Y. Kuno, “Tracking Visitors with Sensor Poles For Robot’s Museum Guide Tour,” Proc. HSI2013, pp.645-650, 2013年6月6-8日. (グダニスク, ポーランド)
- ⑦ Y. Kobayashi, R. Suzuki, Y. Sato, M. Arai, Y. Kuno, A. Yamazaki and K. Yamazaki, “Robotic Wheelchair Easy to Move and Communicate with Companions,” Proc. CHI2013 Extended Abstracts, pp.3079-3082, 2013年4月27日-5月2日. (パリ, フランス)
- ⑧ R. Suzuki, Y. Sato, Y. Kobayashi, Y. Kuno, K. Yamazaki, M. Arai and A. Yamazaki, “Robotic Wheelchair Moving Alongside a Companion,” Proc. HRI2013 Demo, p.D01, 2013年3月3-6日. (日本科学未来館, 東京) (**Best Demonstration Award**)
- ⑨ T. Ohyama, E. Yoshida, Y. Kobayashi and Y. Kuno, “Tracking a Robot and Visitors in a Museum Using Sensor Poles,” Proc.

FCV2013, pp.36-41, 2013年1月30日-2月1日. (仁川, 韓国)

- ⑩ Y. Kobayashi, R. Suzuki and Y. Kuno, “Robotic Wheelchair with Omni-directional Vision for Moving alongside a Caregiver,” Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON2012), pp.4157-4162, 2012年10月25-28日. (モントリオール, カナダ)
- ⑪ R. Suzuki, E. Takano, Y. Kobayashi, Y. Kuno, K. Yamazaki and A. Yamazaki, “Robotic Wheelchair Easy to Move and Communicate with Companions,” Proc. IROS2012 Workshop on Progress, Challenges and Future Perspectives in Navigation and Manipulation Assistance for Robotic Wheelchairs, 2012年10月7-12日. (ヴィラモウラ, ポルトガル)

〔その他〕

- ① 報道 テレビ埼玉 2013年7月13日放送, 埼玉ビジネスウォッチ, コミュニケーションロボット

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小林 貴訓 (KOBAYASHI, Yoshinori)

埼玉大学・理工学研究科・助教

研究者番号: 20466692