

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 23 日現在

機関番号：12401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26330186

研究課題名(和文)複数観測情報の統合に基づく人物行動計測とグループ行動の理解

研究課題名(英文)Tracking and recognition of people in groups based on observations from multiple sensors

研究代表者

小林 貴訓 (KOBAYASHI, Yoshinori)

埼玉大学・理工学研究科・准教授

研究者番号：20466692

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：レーザー測域センサを用いた、身体の向きを含めた複数人物の実時間追跡を実現した。人物追跡結果のデータからグループ行動を学習し、追跡中の人物グループの識別を可能とした。実際の美術館で実証実験を行い、得られた人物動線に対して、カーネル密度推定を用いた滞留時間分布の視覚化や、鑑賞行動の分類を行った。さらに、スマートフォンに搭載されたジャイロセンサや加速度センサ、地磁気センサから得られる情報を援用することで、追跡中の人物からスマートフォンユーザの同定を可能とした。

研究成果の概要(英文)：We have established the multiple people tracking technique which enables real-time tracking of body positions and orientations of multiple users by using LiDAR sensors. Behaviors of the people in the same group are learned in advance. Then, the group of people can be recognized by the system based on the trajectories of tracking people. We conducted the experiment for evaluating the effectiveness of our method in an actual art museum. In the result distributions of residence time for each area in front of the paintings can be visualized and people trajectory patterns can be classified into four types. By using the sensors in a smartphone, our LiDAR tracking system can identify the person who is holding his/her smartphone.

研究分野：コンピュータビジョン

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、ヒューマンロボットインタラクションなどの分野において、人物の位置や振る舞いの認識は、重要な役割を果たす。例えば、人の行動軌跡や視線配布等の情報は、不審な行動を検知するために重要である。また、ミュージアムガイドロボットの開発においては、人物の移動軌跡や視線方向、傾きなどを計測できれば、ガイドツアー参加者の積極性や説明に対する理解度を考慮したガイドが可能となるであろう。

しかしながら、これまでの人物行動計測の研究は、人物一人を対象とした行動の計測とその理解に主眼が置かれており、複数人物の行動の計測とその理解は詳細に検討されてこなかった。特に、複数人の行動の理解は、単に一人の行動計測手法を複数人に拡張するだけでは十分ではなく、人物同士の関係性や相互行為の理解が重要となる。

人物の追跡に関しては、監視カメラ映像などを対象とした追跡技術や行動認識技術の研究が行われている。近年では、Kinectに代表されるようなRGB-Dカメラの普及によって、狭い空間は密に計測できるようになってきているが、広いホール全体を計測するような場合には、一台あたりの計測範囲の狭さから、多数のセンサの設置を必要とし、大量データを処理するための大規模な処理装置が必要となる。また、監視カメラのように天井付近にセンサを設置すると、上方からの俯角のついた計測となるため、身体の向きや注目方向の推定が難しい。このような背景から、簡易な計測装置を用いて、複数人物の振る舞いを広範囲で高速・頑健に計測する技術が求められている。

2. 研究の目的

本研究では、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、レーザ測域センサを取付けたポールを観測領域中にくっつか置ただけで、複数人物の実時間追跡を行い、人物の移動軌跡の計測を行う手法を確立する。また、得られた人物移動軌跡から、グループ行動の識別や、行動パターンの識別を行う手法を開発する。

3. 研究の方法

レーザ測域センサから得られる胴体形状の一部から、人物姿勢の計測と追跡を行う。センサシステムは博物館や展示会場などにも容易に設置できる形態でセンサ同士の校正も容易であることが望ましい。そこで、高さ120cm程度のポールの「人の肩あたりの高さ」にレーザ測域センサを取付けたセンサポール(図1)を作成する。作成したセンサポールを観測領域に複数設置し、広範囲で複数人物の行動計測を行う。また、複数人を追跡するため計算量の増加が予想されるが、GPGPUを用いた並列処理を適用することで、

20人程度の行動を実時間で計測できるようにする。観測領域内の複数人物の行動計測結果から人物行動の相互関係を学習・識別し、グループ検出や行動パターンの分類を行い、人物行動の理解をめざす。

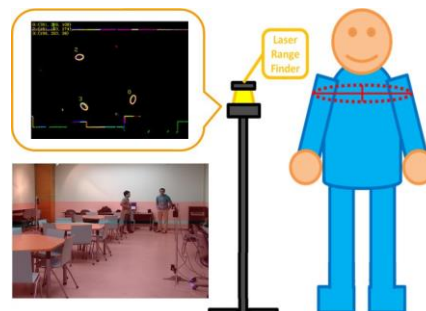


図1 センサポール

4. 研究成果

(1) 複数人の実時間追跡

まず、観測領域中の複数の人物を身体の向きを含めて実時間追跡する手法を確立した。人物の肩あたりの高さにレーザ測域センサを取付けたセンサポールを試作し、人物行動計測手法の開発を行った。開発した手法では、人の胴体の輪郭形状を楕円でモデル化し、レーザ測域センサから得られる部分的な観測情報との整合性に基づいて、パーティクルフィルタを用いて人の身体的位置と身体の向きを追跡する。整合性の評価は、図2のように、楕円モデル上の評価点とレーザ測域センサから得られたデータとの距離を用いる。高速化のため、レーザ測域センサのデータは画像上にマップし、距離画像変換を行うことで、レーザ測域センサのデータと楕円モデルとの乖離を、画素値の参照のみで可能とした。さらに、この処理をGPGPUにより並列化することで、同時に20人程度を実時間で追跡可能とした(図3)。

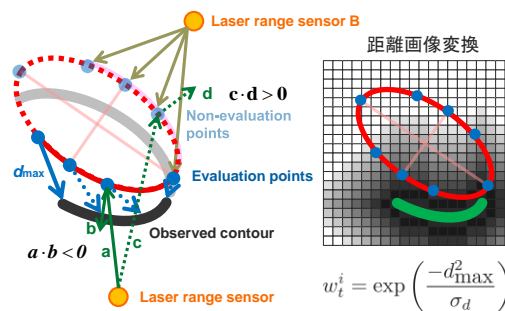


図2 楕円モデルと距離画像による評価

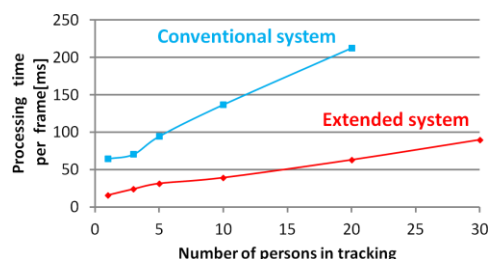


図3 GPGPUによる高速化

(2) グループ識別

次に、得られた複数人物の追跡情報に基づいて、複数の人物で構成されるグループの判別を行った。グループの判別は、追跡中の人物のすべての組合せに対して、「一緒に移動するグループ(ペア)であるか」を識別器により判定し、それらの結果を統合してグループを判別する。識別に用いた特徴は、「2人間の距離」、「相手に対する身体の向き」、「2人の身体の向きの差」、「2人の速度の差」、「2人の進行方向の差」である(図4)。特に、開発した追跡手法により、追跡時に身体の向きが高精度(誤差5度程度)で計測できるため、立ち止まっている、速度や進行方向などの情報が得られない場合でもグループの判別を可能とした(図5)。

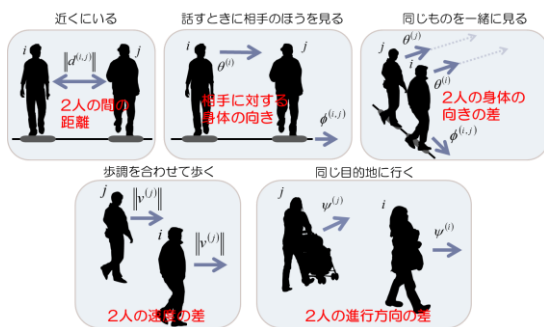


図4 グループ判別に用いる特徴



図5 グループ識別の様子

(3) 大原美術館での実験と鑑賞行動の分類

これらの複数人物追跡とグループ識別の成果の実証実験として、岡山県の大原美術館にご協力頂き、実際の美術館で人物行動の計測実験を行った。実証実験では、10m×20m程度の広さの展示室にレーザ測域センサを6台設置し、美術館を訪れた一般の来場者を対象に人物動線の計測実験を行った。

個々の人物動線の獲得、グループの識別に加えて、特定の時間帯に訪れた77人を対象に、カーネル密度推定を用いて、計測対象領域における滞留時間分布の視覚化も行った。視覚化されたデータの分析の結果、来場者の絵画鑑賞行動をAnt型、Fish型、Butterfly型、Grasshopper型の4つの種類に分類することができた(図6)。

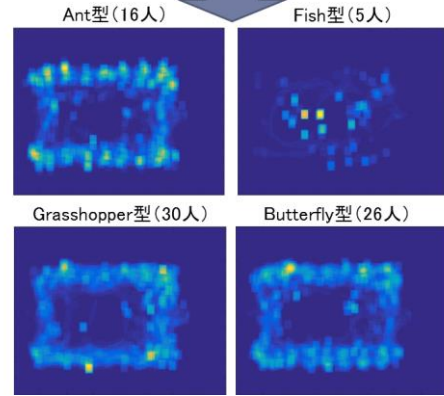
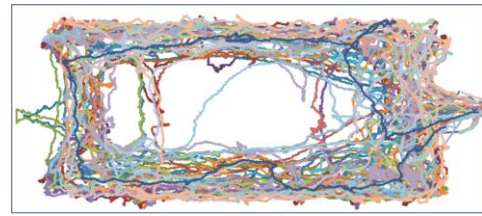


図6 来場者の行動分類

(4) 遮蔽に頑健な追跡

大原美術館での実証実験により、人物相互遮蔽に起因して安定した追跡が継続できない場合があることが明らかとなった。そこで、人物相互の遮蔽によって発生する観測不能領域をシステム内で明示的に把握し、観測不能領域の不確定性を考慮した追跡手法を開発した。さらに、追跡中の個々の人物に、それぞれ個別のサービスを提供することを目的に、ユーザが所有するスマートフォンに搭載されたジャイロセンサや加速度センサ、地磁気センサから得られる情報を統合し、ユーザの同定を可能とした(図7)。特に、基盤となる追跡システムによって、身体の向きが計測可能であることから、従来のスマートフォンを使用した歩行者追跡手法よりも高精度に人物同定が可能となった。これらの取り組みによって、観測領域内の人物行動の高度な解析を可能とする基盤技術を確立した。

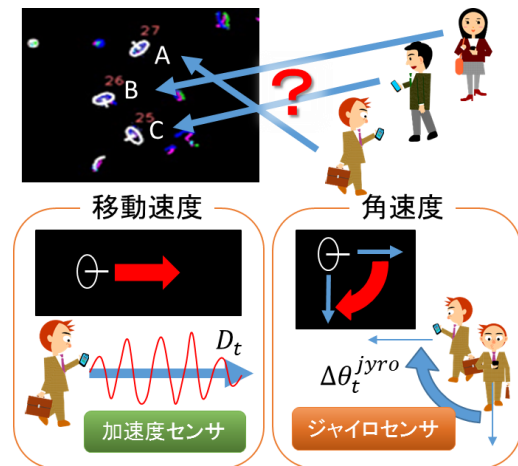


図7 スマートフォンを用いた人物同定

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計9件)

- [1] R. Suzuki, Y. Kobayashi, Y. Kuno, T. Yamada, K. Yamazaki, A. Yamazaki, "Maintaining Formation of Multiple Robotic Wheelchairs for Smooth Communication," *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, vol.25, no.5, pp.1-19, 2016. DOI:10.1142/S0218213016400054. (査読有)
- [2] G. Rashed, R. Suzuki, T. Kikugawa, A. Lam, Y. Kobayashi, Y. Kuno, "Network Guide Robot System Proactively Initiating Interaction with Humans Based on Their Local and Global Behaviors," *LNCS9226*, pp.283-294, 2015. DOI:10.1007/978-3-319-22186-1_28. (査読有)
- [3] 鈴木亮太, 新井雅也, 佐藤慶尚, 山田大地, 小林貴訓, 久野義徳, 宮澤怜, 福島三穂子, 山崎敬一, 山崎晶子, "複数同伴者とのグループコミュニケーションを考慮した複数ロボット車椅子システム," *電子情報通信学会論文誌*, vol. J98-A, no.1, pp.51-62, 2015. (査読有)
- [4] R. Suzuki, T. Yamada, M. Arai, Y. Sato, Y. Kobayashi, Y. Kuno, "Multiple Robotic Wheelchair System Considering Group Communication," *ISVC2014*, *LNCS8887*, pp.805-814, 2014. (査読有)

[学会発表] (計48件)

- [1] 遠藤文人, 鈴木亮太, 福田悠人, 小林貴訓, 久野義徳, "スマートフォン搭載センサを用いた歩行者同定," *電子情報通信学会総合大会*, 2017. 3月25日, 名城大学(愛知県・名古屋市).
- [2] Md. Rashed, R. Suzuki, T. Yonezawa, A. Lam, Y. Kobayashi, Y. Kuno, "Tracking Visitors in a Real Museum for Behavioral Analysis," *SCIS-ISIS2016*, 2016. 8月26日, 北海学園大学(北海道・札幌市).
- [3] 米澤拓也, 鈴木亮太, Md. Golam Rashed, 小林貴訓, 久野義徳, "美術館来訪者の興味度の推定に向けた移動行動の分析," *電子情報通信学会総合大会*, 2016. 3月16日, 九州大学(福岡県・福岡市).
- [4] 松藤彰宏, 鈴木亮太, 本田秀明, 山本昇志, 小林貴訓, "全方位カメラ画像からの継続的な人物追跡手法の提案," *映像情報メディア学会冬季大会*, 2015. 12月15日, 早稲田大学(東京都・新宿区).
- [5] Y. Kobayashi, R. Suzuki, T. Yamada, Y. Kuno, K. Yamazaki, A. Yamazaki, "Formations for Facilitating Communication among Robotic Wheelchair Users

and Companions," *ICSR2015*, 2015. 10月29日, Paris (フランス).

- [6] 板垣大二朗, 小林貴訓, 久野義徳, "レーザ測域センサを用いた環境情報を考慮した人物追跡," *電子情報通信学会総合大会*, p.193, 2015. 3月13日, 立命館大学(滋賀県・草津市).
- [7] M. Arai, Y. Sato, R. Suzuki, Y. Kobayashi, Y. Kuno, S. Miyazawa, M. Fukushima, K. Yamazaki, A. Yamazaki, "Robotic Wheelchair Moving with Multiple Companions," *Ro-Man2014*, pp.513-518, 2014. 8月27日, Edinburgh (イギリス).
- [8] A. Kanda, M. Arai, R. Suzuki, Y. Kobayashi, Y. Kuno, "Recognizing Groups of Visitors for a Robot Museum Guide Tour," *HSI2014*, pp.123-128, 2014. 6月16日, Lisbon (ポルトガル).

[図書] (計1件)

- [1] 小林貴訓, 久野義徳, 山崎敬一, 山崎晶子, "ミュージアムガイドロボット開発," 佐藤知正監修「人と協働するロボット革命最前線」, *NTS*, pp.107-118, 2016.

[産業財産権]

○出願状況 (計3件)

名称: テレビ電話によるロボットの遠隔制御システム

発明者: 小林貴訓, 久野義徳

権利者: 埼玉大学

種類: 特許

番号: 特願 2016-030525

出願年月日: 平成 28 年 2 月 21 日

国内外の別: 国内

名称: 先導ロボット

発明者: 小林貴訓, 久野義徳

権利者: 埼玉大学

種類: 特許

番号: 特願 2016-030526

出願年月日: 平成 28 年 2 月 21 日

国内外の別: 国内

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・准教授

研究者番号: 20466692

(2) 連携研究者

久野 義徳 (KUNO, Yoshinori)

埼玉大学・理工学研究科・教授

研究者番号: 10252595