

令和 4 年 6 月 22 日現在

機関番号：34416

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01801

研究課題名(和文) 行動・生体・環境情報の常時センシングに基づく意図察知とベストタイム行動支援

研究課題名(英文) Always-on Human Sensing for Intension Estimation and Best-timing Support

研究代表者

前 泰志 (Mae, Yasushi)

関西大学・システム理工学部・教授

研究者番号：50304027

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,350,000円

研究成果の概要(和文)：サービスロボットが人の行動や生体状態のセンシングに基づいて人の意図を察知し、適時に人の行動を支援することを目的に、人の行動や生体状態の常時センシング手法、動作予測法、行動支援法について研究を行った。RGB-Dカメラを用いた人の3次元動作の計測手法、近い未来の3次元姿勢の予測手法、画像上の低解像度の目領域から視線方向を識別する手法、カメラ画像からの非接触による心拍数推定法、サーモグラフィカメラを用いた人全身の表面温度分布計測手法、電動車椅子の搭乗者への注意支援法について研究開発を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で提案しているユーザの行動や生体情報を常時センシングし、そのセンシングデータからユーザが今求める行動を予想することができれば、ユーザの明示的な指示なしに適切なタイミングでサービスロボットがユーザの行動を支援することが可能となる。本研究の成果は、学術的には、人の負荷の少ない常時センシング技術、センシングに基づく人間行動のモデル化・人間理解、社会的には、超高齢社会における生活の質向上につながると期待される。

研究成果の概要(英文)：In this research, we have been studying and developing always-on human sensing methods for estimating human motion and biological states in order for service robots to support human at the best timing depending on the human states. We studied and developed methods: estimating 3D pose of a person using an RGB-D camera, predicting 3D pose in the near future, recognition of eye direction from low resolution image, estimating heart rate by a normal RGB camera, estimating a surface temperature of a person detected on a thermal image, supporting attention of the user operating the electrical wheelchair by detecting pedestrians around the wheelchair.

研究分野：知能ロボティクス

キーワード：常時センシング 非接触センシング 動作計測 動作予測 生体計測 注意支援

## 1. 研究開始当初の背景

超高齢社会の進展に伴い、日常生活における行動支援が求められる人口が急増しており、日常生活空間をロボット環境化してユーザを支援することが期待される。ロボット環境での行動支援として、ユーザが求める物をロボットが取ってくるなど種々のサービスが考えられる。従来、人がロボットに指示する場合、特殊なインタフェースが必要であったが、近年では、音声による指示も現実化してきている。しかし、音声による指示であっても、ロボットへの逐次の指示は煩雑であり、特に高齢者にとっては、指示となる適切な言葉が即座に出ないということや、指示が曖昧になってしまうということが頻繁に起こる。一方、近年、簡易に装着して生体計測を行うセンサが普及してきており、脳波や心拍といった人の内面状態を反映する生体情報の計測が可能となってきている。しかし、人が装着型のセンサを常に身に付けていれば、その人の状態をセンシングできるが、装着の負荷がかかるので、常時センシングの非接触化が望まれる。このような状況の中、人の行動や生体状態を常にセンシングし、センシング情報から人の状態を推定することにより、システムが、ユーザの意図を察知し、ユーザが求める行動支援を適切なタイミングで行う人支援システムが実現できれば有用である。

## 2. 研究の目的

生活空間をロボット環境化して人の日常行動を支援する場合に、ロボットへの逐次の指示は煩雑である。特に高齢者では、行動支援(物を取る等)が必要な時に、指示が曖昧であったり、即座に適切な指示が出せないことがある。そこで、環境センサや非接触生体センサ、簡易装着型センサを用いて、日常の様々な状況での個々人の生体情報(脳波や心拍など)、行動情報(位置や動作など)、環境情報(時刻や室温など)を常時センシングする。このセンシングデータを学習することによって、学習後には、非接触の常時センシングにより得られる生体情報や環境情報、視線などわずかな予備動作や初動作から、ユーザの意図している行動を推定し、ユーザからの明示的な指示がなくても適切なタイミングでユーザの行動を支援できる可能性がある。

生活空間をロボット環境化して、ユーザの明示的な指示がなくても適切なタイミングでユーザの行動を支援するシステムを想定し、日常でのセンサ装着負荷をなくすための行動や生体情報の非接触による常時センシング法、人の行動や生体状態の予測法、人への支援法について研究を行う。

## 3. 研究の方法

日常環境で人を常にセンシングするためには、デバイスの装着の負荷を考えると、非接触によるセンシングが望ましい。人の行動情報(動作や視線)や生体情報(心拍数)に焦点をあて、その非接触によるセンシング法の開発を行った。適切なタイミングで行動支援するための動作予測、人の状況による生体状態の変化分析、電動車椅子の搭乗者への注意支援について研究を行った。

(1) 日常環境での設置が容易な RGB-D カメラを利用して、人の 3 次元の姿勢や動作の計測、予測する手法の開発を行った。近年、カラー画像(赤:R, 緑:G, 青:B)だけでなくカメラからの距離(深度:Depth)も取得できる RGB-D カメラが小型、安価となり利用しやすい状況にあり、これを利用することとした。RGB-D カメラを環境中に設置し、RGB 画像から人の画像上の姿勢を表す人骨格を検出し、人骨格に対応する画像座標での深度情報から人の 3 次元姿勢を推定する手法を開発した。いくつかの動作における 3 次元姿勢変化を計測し、計測データを機械学習することによって、近い未来の 3 次元姿勢の予測を行った。また、人が注目している物や次の行動を推定するために、人の視線は重要な手がかりとなるが、人がカメラからある程度離れると、画像上の目の領域も小さくなり、視線推定は困難となる。常時センシングにおいて、人がカメラから離れたときに低解像度となる場合を想定し、画像からの視線計測を試みた。

(2) 生体状態の非接触による常時センシング法として、画像から検出された顔領域から非接触での心拍数計測を試みた。実験によって、顔が正面を向いている場合には、装着式の心拍センサと同様な心拍数変化が得られることを確認した。サーモグラフィカメラを用いて人の 2 次元姿勢を表す人骨格を推定すると同時に人骨格上の温度分布を得る手法を提案した。また、人の日常生活シーンの一つである運転シーンを想定し、簡易なドライブシミュレータを用いた運転シーンにおける心拍センサによる心拍変動の計測から、運転シーンと運転者や同乗者との心拍変動の変化の関連を分析した。

(3) 人共存環境においても人に安心安全な移動ロボットの開発やその動作生成法の開発を行った。電動車椅子を操縦しているユーザへの注意支援として、電動車椅子に設置したカメラからの画像情報から、ユーザの死角となる後方から近づいてくる人を検出し、音により操縦者に注意を促す手法を提案した。

## 4. 研究成果

(1) 人の行動情報(動作や視線)の常時センシングの非接触化について、RGB-D カメラの RGB 画像から人の画像上の姿勢を表す人骨格を検出し(図 1 左)、人骨格に対応する画像座標での深度

情報から人の3次元姿勢を推定した結果を図1右に示す。いくつかの動作における3次元姿勢変化を計測し、計測データを機械学習することによって、1秒以下程度の近い未来の3次元の姿勢を予測する実験を行った。実験結果の例として、「椅子から立つ」動作について、計測姿勢を橙色の骨格、約0.5秒前に予測した姿勢を緑色の骨格で描いた結果を図2に示す。また、深層学習を利用してカメラ画像上の低解像度の目領域から目の方向を識別する手法を提案した。

(2) 生体情報の常時センシングの非接触化の一例として、画像から検出された顔領域から非接触での心拍数計測を試みた。実験によって、顔が正面を向いている場合には、装着式の心拍センサと同様な心拍数変化が得られることを確認した。人の動作と生体情報を同時に計測する手法として、サーモグラフィカメラを用いて人の姿勢計測と人の表面温度分布を取得する手法を提案した。図3にサーモグラフィカメラから得られる熱画像から人の骨格を推定し、骨格上の表面温度分布を取得している例を示す。また、人の日常生活シーンの一つである運転シーンを想定し、簡易なドライブシミュレータを用いた運転シーンにおける心拍センサによる心拍変動の計測から、運転シーンと運転者や同乗者との心拍変動の変化の関連を分析した。

(3) 人共存環境においても人に安心安全な移動ロボットの開発やその動作生成法の開発を行った。電動車椅子を操縦しているユーザへの注意支援として、電動車椅子に設置したカメラからの画像情報から、ユーザの死角となる後方から近づいてくる人を検出し、音により操縦者に注意を促す手法を提案した。図4に電動車椅子への全天球カメラを設置した様子、図5に全天球カメラの360度視野の画像から人を検出している様子、図6に電動車椅子の右後方から近づいてくる人を検出し搭乗者に音で知らせているときの様子を示す。

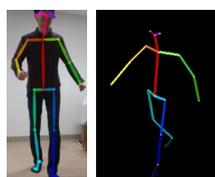


図1 RGB-Dカメラを用いた人の姿勢の3次元計測

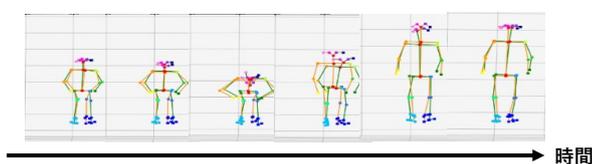


図2 「椅子から立つ」動作の計測姿勢(橙色)と約0.5秒前からの予測姿勢(緑色)

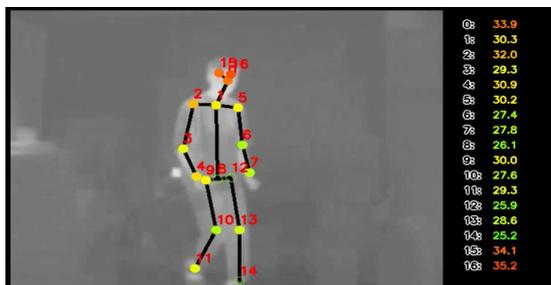


図3 熱画像上での骨格検出と表面温度分布計測

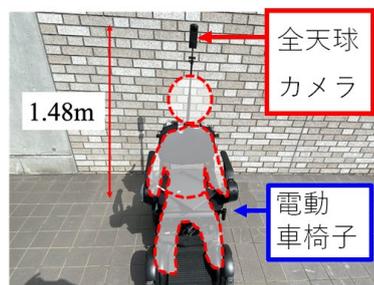


図4 電動車椅子への全天球カメラの設置

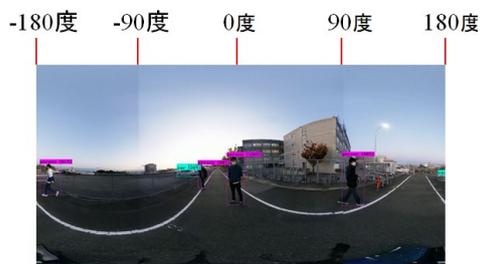


図5 全天球カメラによる人検出



図6 全天球カメラによる人検出と車椅子搭乗者への音による注意支援

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Photchara Ratsamee, Yasushi Mae, Kazuto Kamiyama, Mitsuhiro Horade, Masaru Kojima, Tatsuo Arai	4. 巻 8
2. 論文標題 Object segmentation in cluttered environment based on gaze tracing and gaze blinking	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ROBOMECH Journal	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s40648-021-00214-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Tomohiro Umetani, Yuya Kondo and Takuma Tokuda	4. 巻 32
2. 論文標題 Rapid Development of a Mobile Robot for the Nakanoshima Challenge Using a Robot for Intelligent Environments	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 1211-1218
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20965/jrm.2020.p1211	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 梅谷智弘	4. 巻 14
2. 論文標題 IoTシステムのプロトタイピングを用いたロボット技術PBLの試み	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 甲南大学紀要知能情報学編	6. 最初と最後の頁 181-190
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14990/00004169	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 梅谷智弘	4. 巻 13
2. 論文標題 ROS対応移動ロボットを用いた屋外ロボットチャレンジへの取り組み	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 甲南大学紀要知能情報学編	6. 最初と最後の頁 187-196
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14990/00003697	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計27件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 廣瀬由樹, 上杉航平, 前泰志
2. 発表標題 Web会議画面での顔追跡によるオンライン心拍数計測
3. 学会等名 第22回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 梅谷智弘, 武田晟央, 岡本丈弥, 森脇遼輝
2. 発表標題 オープンソースハードウェアを用いた屋外情報収集ロボットのラピッド開発
3. 学会等名 第64回自動制御連合講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西島龍, 前泰志
2. 発表標題 部分複合画像の学習による注視領域推定
3. 学会等名 第39回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉村晏輝, 前泰志
2. 発表標題 熱画像を用いた人検出と体表面温度分布計測
3. 学会等名 第39回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yasushi Mae, Akihisa Nagata, Kaori Tsunoda, Tomokazu Takahashi, Masato Suzuki, Yasuhiko Arai, and Seiji Aoyagi
2. 発表標題 Real-Time Prediction of Future 3D Pose of Person Using RGB-D Camera for Personalized Services
3. 学会等名 2021 International Conference on Intelligent Computing (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yasushi Mae, Ryu Yuki, Masaru Kojima, Tatsuo Arai
2. 発表標題 Extraction of Mental Stress Scenes by Simultaneous Measurement of Heart Rate Variability of Automobile Passengers
3. 学会等名 2021 IEEE International Conference on Advanced Robotics and Its Social Impacts (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 榎本広大, 西島龍, 眞茅吾成, 前泰志
2. 発表標題 オンライン学習の質向上のための学習者計測に基づく音声刺激
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会'21講演論文集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 角田香, 永田暁久, 前泰志
2. 発表標題 RGB-Dカメラを用いた人の実時間3次元動作予測
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会'21講演論文集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉留理訓, 前泰志, 小嶋勝, 堀井隆斗, 長井隆行
2. 発表標題 階層的物体検出を用いた低解像目領域からの視線推定
3. 学会等名 第63回自動制御連合講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 永田暁久, 上杉航平, 高橋智一, 鈴木昌人, 青柳誠司, 新井泰彦, 前泰志
2. 発表標題 全天球画像認識を用いた車いす操縦者への注意支援
3. 学会等名 第63回自動制御連合講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 十代淳貴, 前泰志, 小嶋勝, 堀井隆斗, 長井隆行
2. 発表標題 RGB-Dカメラを用いた人の実時間3次元姿勢推定法と評価
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会'20講演論文集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 梅谷智弘, 近藤悠矢, 徳田拓馬
2. 発表標題 ロボットチャレンジにおけるROSを利用した屋外移動システムの構築と検証
3. 学会等名 第64回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西田有希, 北村達也, 梅谷智弘
2. 発表標題 位置情報履歴を利用したコミュニケーションロボットの話題提供システムの検討
3. 学会等名 第64回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉留理訓, 前泰志, 小嶋勝, 堀井隆斗, 長井隆行
2. 発表標題 CNN による階層的物体検出を用いた視線推定
3. 学会等名 第25回ロボティクスシンポジア
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 梅谷智弘, 近藤悠矢, 徳田拓馬
2. 発表標題 中之島チャレンジ2019における甲南大学ロボティクス研究室の取り組み
3. 学会等名 第20回システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 東敦斗, 前泰志, 小嶋勝, 長井隆行
2. 発表標題 人-物インタラクション観察による逐次3Dモデリング
3. 学会等名 第62回自動制御連合講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Umetani, T. Kikuchi and N. Saiwaki
2. 発表標題 Remote Reference-Desk Service System using Android Robot for University Librarian
3. 学会等名 2019 IEEE International Conference on Advanced Robotics and its Social Impacts (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Umetani and Y. Tamura
2. 発表標題 Change Detection of Environmental Conditions based on Signal Strength of Wireless LAN using Multiple Micro Controllers
3. 学会等名 SICE Annual Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 十代淳貴, 前泰志, 小嶋勝, 長井隆行
2. 発表標題 動作予測のためのRGB D カメラを用いた実時間 3 次元姿勢推定
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会'19講演論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 前泰志, 武内基彦, 結城龍, 小嶋勝, 新井健生
2. 発表標題 脈拍計測に基づく生理的特徴シーンの抽出
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yasushi Mae, Ryu Yuki, Masaru Kojima, Tatsuo Arai
2. 発表標題 Extraction of Mental Stress Scene in Driving Car by Wearable Heart Rate Sensor
3. 学会等名 2018 IEEE International Conference on Intelligence and Safety for Robotics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shuhei Sato, Hiroko Kamide, Yasushi Mae, Masaru Kojima, Tatsuo Arai
2. 発表標題 Friendly Motion Learning towards Sustainable Human Robot Interaction
3. 学会等名 2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 結城龍, 前泰志, 武内基彦, 小嶋勝, 新井健生
2. 発表標題 心拍計測に基づく自動車搭乗者のストレス分析
3. 学会等名 第19回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 前泰志, 川島広暉, 小嶋勝, 新井健生
2. 発表標題 物体移動操作の観察による物体の見えの逐次獲得と物体認識への応用
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 一井 翔, 上出 寛子, 小嶋 勝, 前 泰志, 新井 健生
2. 発表標題 非言語動作の分析および実ロボットへの実装
3. 学会等名 第35回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤 修平, 上出 寛子, 小嶋 勝, 前 泰志, 新井 健生
2. 発表標題 対話時における親密性動作の生成
3. 学会等名 第35回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 前泰志, Christian Penaloza, 小嶋勝, 新井 健生
2. 発表標題 パーソナライズドサービスのための環境知能化
3. 学会等名 第60回自動制御連合講演会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	小嶋 勝  (KOJIMA Masaru)  (00533647)	大阪大学・基礎工学研究科・准教授   (14401)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	梅谷 智弘  (UMETANI Tomohiro)  (10397630)	甲南大学・知能情報学部・准教授    (34506)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関