

令和 5 年 5 月 16 日現在

機関番号：25403

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K12172

研究課題名（和文）注視情報から意図を推定する「人馬一体」型の車いすロボットの開発

研究課題名（英文）Development of Wheelchair Robot which can Estimate Users' Intention from Their Gaze Information

研究代表者

李 仕剛（Li, Shigang）

広島市立大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：50252630

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：高齢化社会において、車椅子の需要が増えている。その車椅子の操作性の向上は、安全と安心な社会の実現に繋がる。本研究は、車椅子に環境認識カメラと車椅子ユーザ顔認識カメラを取り付けて、車椅子ユーザがいつ、どこで、何を見たのかを解析することで、ユーザの意図を読み取り、さらに読み取れた意図に車椅子の移動に生かす視覚インターフェースを構築し、評価と改善を行なった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

目が心の窓であるという諺がある。本研究の学術的意義としては、車椅子ユーザの注視点から車椅子ユーザの動きの意図をどのような状況で、どのくらいの精度で推定できるのかを試みた。これからのこのような研究にも参考になると思われる。

本研究の社会的意義としては、高齢化社会において、高齢者の足の代わりに操作性の高い、使いやすい車椅子の提供は、高齢者の生活の質の向上、安全・安心な生活にもつながると思われる。

研究成果の概要（英文）：In an aging society, there is an increasing demand for wheelchairs. Improving the operability of wheelchairs can contribute to the realization of a safe and secure society. This study aims to analyze when, where, and what a wheelchair user see by attaching environment recognition cameras and a user face recognition camera to the wheelchair, to read the user's intention, and to construct a visual interface to utilize the read intention for wheelchair movement. The constructed interface is also evaluated and improved in this research.

研究分野：ロボットビジョン

キーワード：車椅子ロボット 意図推定 注視点推定

1. 研究開始当初の背景

障害物を避けて目的地までたどり着く車椅子ロボットの自律走行に関する研究は、数多く行われている。一方、事前に目的地が与えられていない場合には、経路選択が必要なときに、車椅子ロボットは障害物を回避しながら、ユーザの指示を受けなければいけない。そのユーザの指示を与えるインターフェースとしては、ジョイスティックのほかに、脳波の情報、ユーザの頭部姿勢、ユーザ頭部に取り付けられた egocentric カメラが利用されている。現状では、脳波を利用する場合に、大掛かりな装置が必要であるにも拘わらず、検出精度が低い。また、ユーザはタスクに集中する必要があるため、長時間に集中すると精神的に負担がかかり、疲労してしまう。また、頭部姿勢を利用した車椅子ロボットのインターフェースでは、車椅子の前にカメラを取り付けて、そのカメラで推定した頭部姿勢で車椅子ロボットの動きの制御を行う。しかし、車椅子の動きに応じて一定時間、頭部姿勢を保持するのが困難になる問題点が挙げられる。一例として、文献1では、図2に示すようなユーザの頭部に egocentric カメラと呼ばれる外向きのカメラを取り付け、このカメラで目的地をとらえ、その目的地を車椅子前方のスクリーンに提示し、ユーザが口頭で確認してから、定めた目的地に車椅子ロボットが移動する研究が報告されている。その際、頭部で動かす egocentric カメラは、単にポインターとしてのみ利用されている。

一方、ヒトは、日常生活においては、自分の足を無意識に動かしている。これは、我々の意図を、体中の神経回路を通して、足に伝達しているからである。この観察点に着目し、本研究では、図2に赤字で示したように、環境に対するユーザの注視の時系列から車椅子ロボットがユーザの意図を推定し、その上で推定される意図に基づいて移動するシステムを開発する。これにより、ユーザの意図を理解でき、その意図に沿う移動を可能にする車椅子ロボットを実現するという学術的「問い」に答えようとしている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ユーザの意図を理解し、その意図に沿った移動を行う車椅子ロボットを実現することである。入力と出力に着目すれば、**ユーザの視線情報の時系列から車椅子ロボットの動きへの対応**を見つけ出す。具体的なアプローチとしては、図4に示すように、ユーザに取り付けたアイカメラを利用して、ユーザの環境における注視点 (Gaze point) を検出する。次に、その注視点を車椅子ロボットに取り付けられた全天周カメラにマッピングすることで、車いすロボットを中心とする座標系でのユーザの注視点情報を集める。そうして、収集した注視位置の時系列情報と全天周カメラで観測された環境情報を解析することでユーザの意図を推定する。最後に、推定されたユーザの意図に基づき車いすロボットを制御する。

本研究の学術的独自性と創造性は以下の三つ挙げられることができる。

1. ユーザの注視情報を利用した車いすロボットのインターフェースの構築

これまでの車いすロボットのインターフェースに関する研究では、頭部姿勢の獲得、脳波、ユーザの頭部に egocentric カメラを装着する（文献1）などの手法が提案されている。本研究では、初めての試みとして、ユーザの注視情報からユーザの意図を推定し、その意図に基づき移動する車いすロボットのインターフェースの構築を行う。そのため、車椅子ロボットを中心としたユーザの注視 (Gaze) 情報を獲得する。

2. ユーザの注視情報から走行に関する意図を推定する新たなアルゴリズムの考案

これまでのユーザの注視情報解析に関する多くの研究では、ユーザの注視位置の時系列情報から次に注意が向く方向の予測に行っている（文献2）。本研究では、ユーザの注

視情報と、車いすロボットがセンシングする環境情報をリンクして、ユーザはどの方向やどの道に行きたいのかを予測することになる。ユーザの視線情報の時系列を車椅子ロボットの動きに関連付けるのは、本研究の最大の新規性と言える。

3. ユーザの意図に察知して移動を行う「人馬一体」型の車いすロボットの試作

本研究では、車いすロボットはユーザが十分に注意を払って操作するものではなく、車いすロボットが能動的にユーザの注視情報からユーザの意図を推測して移動する「人馬一体」型の新しい車いすロボットを試作する。これは本研究の創造性と言える。

3. 研究の方法

本研究は、以下の3つのタスクに分けて遂行する。

1. ユーザの注視情報を利用した車いすロボットのインターフェースの構築

申請者の準備段階の成果を踏まえて、ユーザの装着型視線計測装置から推定した環境に対する注視点情報を、車椅子ロボットに取り付けられた全天周カメラで撮像した全天周画像にプロットすることで、車椅子ロボットを中心とした注視点マップを作成する。これにより、車椅子ロボット側はユーザが時々刻々どこを見ているのかがわかる。第1年目は、準備段階の成果を生かしこのタスクを完成する。

2. ユーザの注視情報から走行に関する意図を推定する新たなアルゴリズムの考案

現在 AI (人工知能) で注目されている深層学習 (Deep Learning) の技術を用いて試みる。現在、深層学習の手法で、環境の画像の顕著性マップの生成、注視点の予測に関する研究が報告されているが、本研究では、RNN (Recurrent Neural Network) のような手法を用いてユーザの視線情報の時系列を車椅子ロボットの動きに関連付ける。第2年目は、そのアルゴリズムを考案しシミュレーションで検証を行う。

3. ユーザの意図に察知して移動を行う「人馬一体」型の車いすロボットの試作

上記のタスク1とタスクの結果を利用して、ユーザが車椅子ロボットに乗り実験環境を走行するデータ (ユーザの視線情報、環境画像、車椅子ロボットの運動情報) を収集し、システムの学習を行い、実環境において提案手法の有効性を検証し、問題点を見つけ改善を図る。

4. 研究成果

具体的には、以下の研究成果を収めた。

1. ユーザの注視情報を利用した車いすロボットのインターフェースを構築した

申請者は、購入された車椅子の後部に周囲を観測する全天周カメラを取り付けて、その前方の両サイドに車椅子のユーザの顔を観測するカメラを取り付けて、制御用コンピュータでそれらのカメラから取り込んだ画像情報を処理し、注視点の検出や制御を行う視覚インターフェースを構築した。

2. ユーザの注視情報から走行に関する意図を推定する新たなアルゴリズムを考案した

顔観測カメラからの顔画像と全天周カメラからの環境画像からなるデータセットを作成し、深層学習の手法を利用して顔画像から全天周環境画像上での注視点推定するアルゴリズムを提案した。さらに、全天周環境画像から周囲の物体を検出し、注視点情報と物体情報を統合してユーザの動きに関する意図を推定した。

3. ユーザの意図に察知して移動を行う「人馬一体」型の車いすロボットを試作した

上記のタスク1とタスクの結果を利用して、ユーザが車椅子ロボットに乗り実験環境を走行するデータ (ユーザの視線情報、環境画像、車椅子ロボットの運動情報) を収集

し、システムの学習を行い、実環境において提案手法の有効性を検証し、問題点を見つけ改善を図った。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 片岡 あかり、李 仕剛、王 楽、小崎 貴弘	4. 巻 J105-D
2. 論文標題 顔観測カメラと周囲の環境観測全天周カメラを用いた車椅子ユーザの注視点推定	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌D 情報・システム	6. 最初と最後の頁 138 ~ 141
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14923/transinfj.2021JDL8005	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Wang Le, Li Shigang	4. 巻 17
2. 論文標題 Discrete Spherical Image Representation for CNN-Based Spherical Camera Pose Estimation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering	6. 最初と最後の頁 194 ~ 199
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/tee.23506	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shan Yuhao, Li Shigang	4. 巻 8
2. 論文標題 Discrete Spherical Image Representation for CNN-Based Inclination Estimation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 2008 ~ 2022
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ACCESS.2019.2962133	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Le Wang, Shigang Li	4. 巻 -
2. 論文標題 Wheelchair-Centered Omnidirectional Gaze-Point Estimation in the Wild	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Human-Machine Systems	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） 10.1109/THMS.2023.3263541	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nurul Hidayah Rahim, Shigang Li	4. 巻 143
2. 論文標題 Estimate Gaze Point of Table-Meeting Participants by Spherical Camera	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems	6. 最初と最後の頁 569-575
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejieiss.143.569	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Nurul Hidayah Rahim, Ryusuke Nakayama, Shigang Li
2. 発表標題 A Dataset for Table-Meeting Analysis Using Spherical Camera
3. 学会等名 10th IEEE Global Conference on Consumer Electronics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Akari Kataoka, Shigang Li
2. 発表標題 Estimating Gaze Point of Omnidirectional-Vision-Wheelchair User by Remote Camera
3. 学会等名 The Robotics Society of Japan
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Lei Guo, Yuhao Shan, Shigang Li
2. 発表標題 CNN-LSTM-Network Based Robot Localization Using Spherical Images of Neighboring Places
3. 学会等名 IEEE 9th Global Conference on Consumer Electronics (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Lei Guo, Yuhao Shan, Shigang Li
2. 発表標題 Localization without Pose by Spherical Image
3. 学会等名 IEEE 9th Global Conference on Consumer Electronics (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shigang LI, Norika Fujii
2. 発表標題 Estimating Gaze Points from Facial Landmarks by a Remote Spherical Camera
3. 学会等名 25th International Conference on Pattern Recognition (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Wang Le, Shan Yuhao, Li Shigang, Kosaki Takahiro
2. 発表標題 Estimating Pose of Omnidirectional Camera by Convolutional Neural Network
3. 学会等名 2019 IEEE 8th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE) (国際学会)
4. 発表年 2019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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------