

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H00616

研究課題名（和文）ヒトの身体性に柔軟に協調するインタフェースの制御手法の構築

研究課題名（英文）Control method for interface considering flexible collaboration on embodiment

研究代表者

宮下 朋之（miyashita, tomoyuki）

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：20329080

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 28,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、上肢の身体性を取り入れたインタフェースの開発、人の力知覚特性を考慮した反力提示の提案と影響の調査、および上肢の身体性を取り入れたインタフェースに力知覚特性を考慮した反力提示を行うことの操縦への影響の調査を目的とした。また、入力識別による意図した入力の反映、両手による左右差の協調なども併せて検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

この実験の結果から、上肢の身体性を取り入れたインタフェースに力知覚特性を考慮した反力提示を組み合わせることで、ゲームパッドと比較して、撮影タスク成績では差異は見られなかった一方で、操縦時間を短縮することができた。この研究成果から、操作を要する多様なロボットや乗り物の直感的な操作を実現することができるようになった。

研究成果の概要（英文）：The objectives of this study were to develop an interface that incorporates the physicality of the upper limb, to propose and investigate the effects of a reaction force presentation that takes into account human force perception characteristics, and to investigate the effects on maneuvering of a reaction force presentation that takes into account force perception characteristics in an interface that incorporates the physicality of the upper limb. Reflection of intended input by input discrimination and coordination of left-right differences by both hands were also examined together.

研究分野：知能ロボティクス

キーワード：インタフェース

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

様々な分野で、遠隔操作ロボットへの期待が高まっており、遠隔操作の需要の増加が見られる。

そこで、人とロボット間のインタラクション(HRI)が遠隔操作において重要であり、操作インターフェースの重要性が示唆されている。

ロボットの遠隔操作において HRI を実現する方法として、人間にとって、より直感的かつ自然な動作での操作が可能な操作インターフェースを使用することが提案されており、NUI(Natural User Interfaces)を使用することが効果的であるとも考えられている。しかし、Kim らの研究により、人間にとって自然な入力であるとされる、モーションキャプチャ等の NUI では、入力感覚が乏しくなってしまう、精緻な操作が求められる操縦対象には向いていない。

また、従来のインターフェースの反力提示は、バネ等によって、入力強度に比例した反力を提示しているものが多いが、そのような反力の特性が必ずしも人にとって最適であるかは定かではない。

2. 研究の目的

本研究では、人の力知覚特性を考慮した、反力提示の提案と影響の調査、上肢の身体性を取り入れたインターフェース提案と操縦への影響を明確にすること及びインターフェースより得られる指令値より操作者の意図を抽出するためニューラルネットワークの利用を試み利点を明確にすることを目的とする。

また、入力識別による意図した入力の反映、両手による左右差の協調なども併せて検討する。

3. 研究の方法

3.1 上肢の身体性を取り入れたインターフェース

直感的な操作と精緻な操作を両立できるインターフェースを開発した。上肢を使用した直感的な操作と、ジョイスティックを用いた精緻な操作を組み合わせる事によって、操作性の向上を目指している。

X 軸と Y 軸にはモーターモジュールが取り付けられており、トルク制御によって反力の提示が可能になっている。

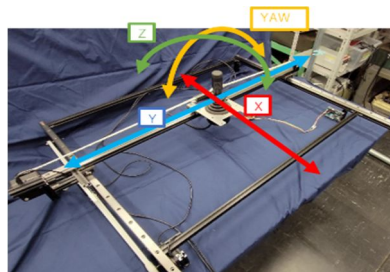


Fig.1 Interface incorporating the physicality of

3.2 力知覚特性を考慮した反力提示

本研究では、人間の四肢骨格系を 2 リンク 2 自由度でモデル化し反力の知覚特性を求めた。手先位置から、手先操作力楕円を求め、そこに、ウェーバー・フェヒナーの法則を適用することによって、手先反力知覚楕円を求めた。

その手先反力知覚楕円をもとに、インターフェースへの入力方向によらず、入力大きさが等しいときに知覚する反力が一定になるように、また、入力大きさに知覚する反力が比例するように反力を提示するプログラムを作成した。

3.3 ロボット操縦実験

被験者による 6 自由度協働ロボットの操作において、開発したインターフェースを使用した場合とゲームパッドを使用した場合とで、ロボット操作における、上肢の身体性及び、反力知覚特性の考慮による影響が確認できるかを目的とした。

被験者 5 名に対して各インターフェースで 10 回ずつ、ロボットの周囲に配置された 4 つのターゲットを順番に撮影していくタスクを実施した。

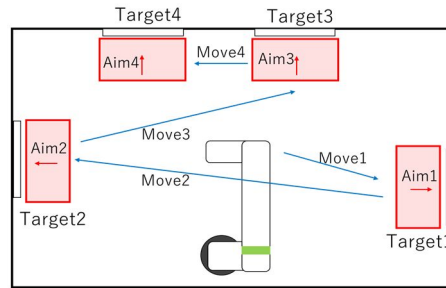


Fig.2 Control Course

3.4 AI による入力識別操作

6 自由度の各軸方向の入力の変位や回転量を計測し、それらのデータを時系列の機械学習に取り込んで、意図した操作入力を識別させるモデルを構築した。LSTM (Long Short-Term Memory) というモデルを用いる。入力値として得た変数[X,Y,Z,Yaw]に対し、それぞれの要素に対して、入力、無入力の分類を学習させた LSTM モデルによる識別を設ける事により、入力、無入力の識別を行う。学習は予備実験により機械の動作指示を使用者に提示し、インターフェースを操作することにより、指示と操作の対応をデータ化し学習した。

3.5 両手の左右差の共著

ヴァーチャル環境下で左右差を検証するためのシステムを構築した。両手で同じ操作をした際にそれぞれの正確さなどが計測できるシステムである。6 自由度それぞれで検証可能である。また、奥行き感などもゴーグルで視差を体感できる。

4. 研究成果

4.1 力覚実験

開発した、反力知覚特性を考慮した上肢の身体性を取り入れたインターフェースではゲームパッドを使用した場合と比較して、操縦時間全体で 20.1%短縮することが可能となった。その時間の短縮は特に移動距離が長い区分 (Move2, Move3) で見られた。これらの区分はロボットの手先の移動距離においても短縮が確認された。

したがって、複数軸の同時入力を使用し、より直線的に撮影ターゲットへの移動が可能になったと考えられる。一方で撮影精度にはほとんど有意差は確認されなかった。

4.2 入力識別実験

機械学習による入力識別を用いたドローン操作実験を実施した。比較対象は閾値制御である。実験の結果、操作達成時間は有意に減少した。一方で、操作精度の有意差は見られなかった。すなわち、閾値による入力識別とニューラルネットワークモデルを用いた入力識別とで、比較検討を行うことで、6 DOF-IF を使用した UAV 操縦におけるニューラルネットワークの活用について調べ、ニューラルネットワークモデルを用いた入力識別と閾値による入力識別では、通過位置成績では差異は見られなかったが、作業時間で差異がみられた。また、入力傾向についてニューラルネットワークモデルを用いることで、誤入力の発生が抑えられることが確認された。

4.3 両手による操作の有意差

各 6 自由度を有するインタフェースで両手で操作したところ、各軸方向の自由度で並進で特に大きな左右差が見られることが分かった。腕の可動で肩や肘など動かす箇所が多いほど、利き手と非利き手の有意差が大きい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Parque, V., Miyashita, T.	4. 巻 8
2. 論文標題 Smooth Curve Fitting of Mobile Robot Trajectories Using Differential Evolution	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 82855 - 82866
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ACCESS.2020.2991003	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 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Parque, V., Miyashita, T.
2. 発表標題 Towards Fast Data-Driven Smooth Path Planning with Fair Curves
3. 学会等名 2020 IEEE 44th Annual Computers, Software, and Applications Conference, COMPSAC 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Parque, V., Miyashita, T.
2. 発表標題 Estimation of Grasp States in Prosthetic Hands using Deep Learning
3. 学会等名 2020 IEEE 44th Annual Computers, Software, and Applications Conference, COMPSAC 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sogo Ito, Satoshi Miura
2. 発表標題 Design of finger-contact device reducing the amount of mouse pointer operation and typing
3. 学会等名 Proceedings of the Society of Instrument and Control Engineers (SICE) Annual Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Satoshi Miura, Masaki Seki, Yuta Koreeda, Yang Cao, Kazuya Kawamura, Yo Kobayashi, Masakatsu G. Fujie, Tomoyuki Miyashita
2. 発表標題 Evaluation of Virtual Shadow's Direction in Laparoscopic Surgery
3. 学会等名 Proceedings of The 8th IEEE International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics (BioRob2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Satoshi Miura, Masaki Seki, Yuta Koreeda, Yang Cao, Kazuya Kawamura, Yo Kobayashi, Masakatsu G. Fujie, Tomoyuki Miyashita
2. 発表標題 Accuracy of Virtual Shadow for Forceps Position Cognition in Laparoscopic Surgery
3. 学会等名 Proceedings of the 5th International Conference on Design Engineering and Science (ICDES2020) (国際学会)
4. 発表年 2020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	山川 宏 (Yamakawa Hiroshi) (00097263)	早稲田大学・理工学術院・名誉教授 (32689)	
研究分担者	菅野 重樹 (Sugano Shigeki) (00187634)	早稲田大学・理工学術院・教授 (32689)	
研究分担者	高信 英明 (Takanobu Hideaki) (40308177)	工学院大学・工学部・教授 (32613)	

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	Parque Victor (Victor Parque) (50745221)	早稲田大学・理工学術院・准教授（任期付） (32689)	
研究分担者	三浦 智 (Miura Satoshi) (70724566)	東京工業大学・工学院・講師 (12608)	

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