

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 22 日現在

機関番号：31302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350676

研究課題名(和文)力覚呈示機能を有する舌用スティック型入力デバイスの開発

研究課題名(英文)Development of a variable stiffness joystick device operated by tongue

研究代表者

梶川 伸哉 (Kajikawa, Shinya)

東北学院大学・工学部・教授

研究者番号：80290691

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：操作反力が調節可能な舌操作のジョイスティックを開発した。スティックの下端を弾性体で支持する方法により、操作剛性(反力)の調節を可能とした。実験を通して、操作反力の違いを3段階で識別させることが可能であることを確認した。また、移動ロボットの操作実験を通して、障害物の有無をスティックの操作反力の制御を通して知覚させ、衝突を回避させる方向へ誘導させることができた。

研究成果の概要(英文)：We developed a tongue-operated joystick device with adjustable reaction force. In this device, the tip of joystick is supported by a elastic element which decides the reaction force against tongue operation. The reaction force is controlled by adjusting the length of the elastic element easily.

We confirmed three levels of the reaction forces werer perceived by human operator. Furthermore, we executed an experiment of control a mobile robot using the proposed joystick device. In this experiment, human operators were notified the existance of an obstacle throug the change in reaction force against their tongue operation and succeeded to avoid its collision .

研究分野：ロボット工学

キーワード：インターフェース 操作反力 舌

1. 研究開始当初の背景

肢体運動機能に障害を持つ人の機器操作の方法として、これまでに筋電信号、まばたき、呼気、舌運動などを利用した数多くのインターフェース技術が報告されている。

しかしながら、筋電信号の利用は、そのデータ取得および解析の困難さが伴う。一方、まばたき、呼気等は ON-OFF 的な機器操作のみを対象としており、操作の多様性に欠ける。これらに対し、舌運動の利用は、自由度の観点から非常に有望と考えられる。実際に舌の多彩な運動をカメラで捉えたり、舌に埋め込んだ磁石をセンサで読みとることで機器操作に利用する試みがなされていた。

しかしながら、舌の持つ触力覚機能を機器操作に有効に活用しようとする試みは存在していなかった。舌の運動と触力覚機能の双方を活用することで、手腕系操作デバイスのような、器用で多彩な機器操作の可能性を得ることができると考えた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、肢体不自由者に対して、舌の運動機能と触圧感覚機能を利用した力覚フィードバック付のロボット操作システムを提供することである。肢体不自由者にとって舌は残存する運動器官であると同時に敏感な触圧感覚を有する器官でもある。この優れた機能を最大限に利用するため、力覚のフィードバックを有する舌用スティック型入力デバイスを開発する。

操作対象としては、多自由度マニピュレータや電動車椅子、移動ロボットなどを想定し、機器側が検知した環境情報を操作反力としてフィードバックすることにより、インタラクティブな機器操作システムを構築する。

3. 研究の方法

研究の方法は以下の3つのステップである。

(1) 操作反力調節機構を有するジョイスティックの開発

まず、本研究課題で提案する操作デバイスの製作を行う。図1に示すようにジョイスティックの下端を弾性体と接触させることにより、その運動を抑制する。これによりスティック操作時の操作反力を与える。

また、弾性体の有効長さを調節することで、その剛性を制御し、結果としてスティックへの操作反力の調節を実現する。

(2) 操作反力知覚特性の解析

試作したジョイスティックを利用し、その操作反力を調節し、実際に被験者に舌で操作してもらうことを通して、その違いに対する識別性能について検討する。

次に、スティックの操作剛性を方向毎に変え、

最も操作しやすい(操作反力の小さい)方向に舌先を動かす実験を行い、操作反力による舌運動の誘導が可能か検証を行う。

これらの結果を基に、操作反力の提示レベル、種類および提示方法についての指針を得る。

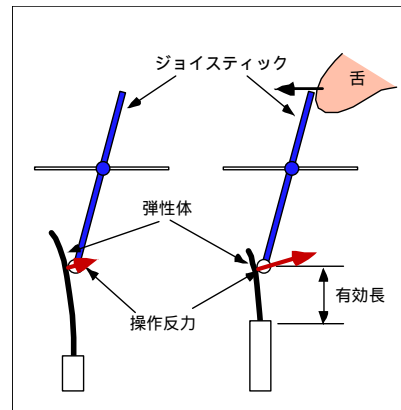


図1 操作反力調節方法

(3) ロボットの操作による有効性の検証

最後に、移動ロボットの操作実験を通して、操作反力の調節の機器操作に対する有効性の検証を行う。ここでは、被験者に目隠しをし、障害物の存在するフィールド内で移動ロボットの操作をしてもらう。移動ロボットが障害物の検出した際に、スティックの操作反力を高める、一方、進行方向に障害物ない場合は、反力を弱めるといった調節を行い、障害物を回避した操作が可能か、検証する。

4. 研究成果

(1) 操作反力調節機構を有するジョイスティックの開発

製作したデバイスの外観を図2に示す。スライダクランク機構を利用し、弾性体の有効長さを調節する方式を採用した。前後、左右方向の4方向に対して、個別に操作反力を個別に拘束に調節できるものである。

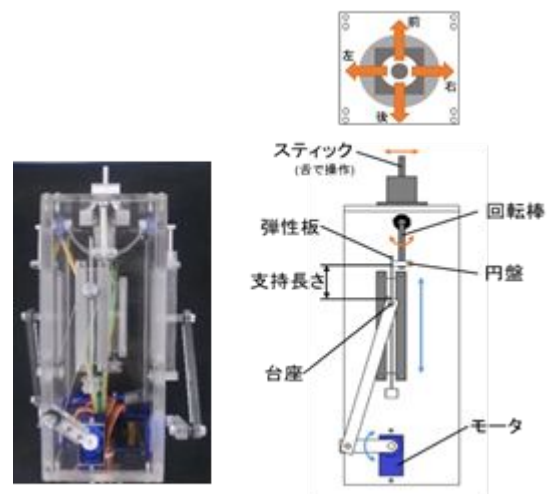


図2 ジョイスティック試作品

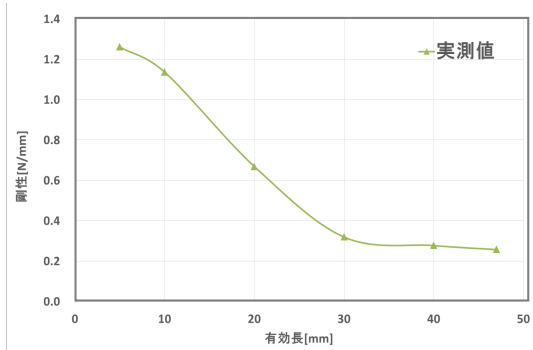


図3 剛性可変域の計測結果

また、弾性体の有効長の調節により、およそ5倍の操作反力の調節域が実現できることが実験により確認された(図3参照)。

(2) 操作反力知覚特性の解析

まず、弾性体の有効長を変え、異なる操作反力を提示する実験を行い、その違いの有無について申告をしてもらった結果、3つのレベルの操作反力(有効長5mm, 20mm, 30mmの設定時)を識別できることを確認した。

次に、4方向のうち1方向のみを操作反力を低下させ、被験者には柔らかいと思われる方向にスティックを傾倒させるよう指示を与えた。スティックの各操作方向に対する反力の強弱の切り替えは、15秒ごとに行うこととした。

図4に実験結果を示す。最上段は、スティックの操作反力調節の状況から、期待される操作方向のパターンを示している。中段、下段はそれぞれ二人の被験者の操作パターンを示している。両被験者とも、ほぼ期待通りのスティック操作を行うことができ、操作反力の知覚、およびスティック操作の誘導が可能であることがわかる。

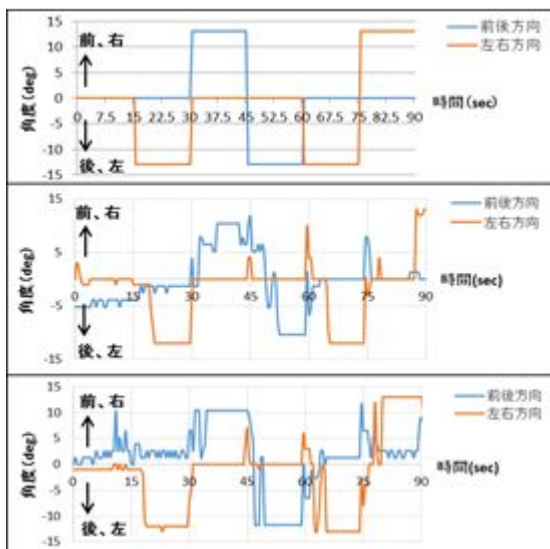


図4 操作反力によるスティック操作の誘導

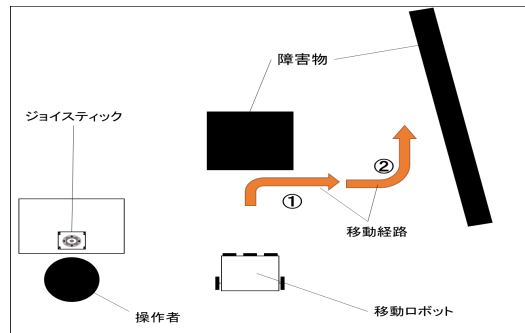


図5 移動ロボット操作環境

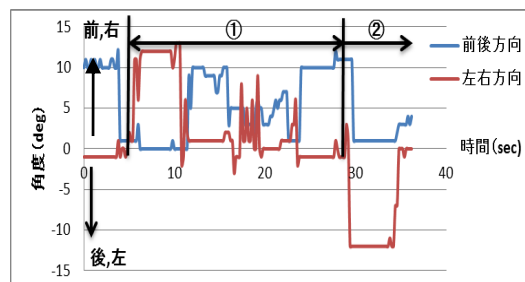


図6 スティック操作履歴

(3) ロボットの操作による有効性の検証

図5、図6に移動ロボットの走行環境およびスティックの操作履歴を示す。

実験では、まず、障害物に接近し、ロボットに搭載した距離センサがその存在を検出した時点で、前方方向へのスティック操作を抑制するよう操作反力を高める調整が行われた。被験者は、その変化を感知し、スティックが操作できる方向へスティックを傾倒させた。その結果、右側への進路変更を行い、その後、別の障害物が検出された時点で、同様のスティック反力調節とそれに誘導されるスティック操作が続けられた。結果として、障害物を回避するロボットの移動が実現された。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計1件)

Shinya Kajikawa, Aruto Suzuki, Compact Variable Stiffness Joint with Force Sensing Ability-Application to Classify Contact Surfaces, Journal of Automation and Control Engineering, vol.3,no.3, 2015, 215-225
DOI: 10.12720/joace.3.3.215-221

[学会発表](計6件)

大場拓、梶川伸哉、操作反力調節機能をもつ舌用ジョイスティック-操作反力の知覚と対話的機器制御への応用-、日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会講演論文集 2016、2016.6、「パシフィコ横浜(神奈川県・横浜市)」

Shinya Kajikawa, Kyohei Takahashi, Akihide Mihara, A joystick interface for tongue operation with adjustable reaction force feedback, Proceedings of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Systems and Robots (IROS2015), 51-56, 2015.10,

「Conference Center Hamburg, Hamburg (Germany)」

梶川伸哉、高橋恭平、三原明秀、操作反力の調節可能な舌用ジョイスティック、日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会講演論文集 2015、2015.5、「京都勧業会館（京都府・京都市）」

Shinya Kajikawa, Alois Knoll, Analysis and Modeling of Hand-Ball Contact Force during Tossing Motion, Proceedings of International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC2014), 51-56, 2014.10, 「Paradise Resort & Spa, San Diego」

Shinya Kajikawa, Aruto Suzuki, Compact Variable Stiffness Joint with Force Sensing Ability-Application to Classify Contact Surfaces, Proc. of Int. Conf. on Control, Robotics, and Cybernetics (ICCRC2014), RC0004, 2014.8, 「Singapore」

梶川伸哉、菅原慎彌、鈴木貴大、力覚呈示機能を有する舌用入力デバイスの基本設計、日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会講演論文集 2014、2014.5、「富山国際会議場（富山県・富山市）」

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.mech.tohoku-gakuin.ac.jp/kaji-lab/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

梶川 伸哉 (KAJIKAWA Shinya)

東北学院大学・工学部・教授

研究者番号：80290691