

プロジェクト名：レバー揺動型操作入力デバイスの制動トルク呈示性能の改善

代表者：氏名（所属・職名） 楓 和憲（理工学研究科・助教）

1 概要

本プロジェクトでは、制動トルク呈示が可能な操作入力レバーの改良試作を行い、性能改善を検証した。これまでに研究代表者が実施した研究においては、操作レバーを模したリンク機構を用いて実証実験を行うなかで、リンクの自重が操作感に与える影響が無視できないことがわかった。すなわち、重力に従った向きへの操作と逆らった向きへの操作では、同じ制動トルクで同じ操作感覚を得られず、リンクの角度が鉛直方向を越える際にレバーの回転方向と力覚の変化する方向が反転するという問題が生じていた。これを解決するため、機構および制動トルク呈示方法の改良提案を行い、装置の試作と性能評価を行った。

2 背景

力覚フィードバックを実装した操作デバイスに関する研究は広く行われているが、モータなどによる能動的動作によって実現されているものが多い。一方で、研究代表者は磁性粉体ブレーキによる制動トルクの呈示のみによって操作入力機器に付加価値を与える研究に取り組んでいる。これは、いわば受動的な動作であり、使用者との接触に関して本質的な安全性を持っている。また静粛性が高く、使用場所を選ばないことも特徴である。これまでに、研究代表者が実施した研究において、磁性粉体ブレーキをリンク機構に応用し、自重補償、制動トルク呈示による位置決め補助、接触センサによる操作意図推定などを実現している。

あらゆる人間にとって適切な操作感触をあらかじめ設計に盛り込むことは、実現に多大なコストがかかるため、現実的には使用者側が慣れ等により適応しているのが一般的なヒューマンマシンインタフェースデバイスの現状である。本システムは、性別、年齢、障害、嗜好など個人により異なる操作者の特性、さらには周囲の状況に適合するよう、動的に操作感触を設定変更できる点を特色としている。

3 制動トルクを呈示する操作入力レバー

ジョイスティック等の操作入力装置では、レバーの操作感が適確な操作に影響を与える。そこで、図1に示すようなレバーによる操作入力を行うことができる実験装置を試作した。ベース部には制動トルクを発生する磁性粉体ブレーキとレバーの姿勢を検出するロータリエンコーダが取り付けられており、その先にレバーとしてのリンクがある。磁性粉体ブレーキとロータリエンコーダはタイミングベルトによって駆動される。また、ばねにより中立位置へ復帰する機構が組み込まれている。検出したレバーの回転角度をもとに操作入力決定される。また、ばねによる復元トルクはレバーの揺動角度と使用するばねの特性により算出できるため、ばねによる復元トルクに釣り合う制動トルクを出力することにより、レバーの姿勢保持が可能となる。適切な制動トルクを磁性粉体ブレーキによって呈示することにより、レバーの姿勢保持だけでなく、力覚による情報呈示機能を実装することができる。



Fig. 1 Experimental setup.

4 制動トルク呈示の操作性への影響

操作対象として、ハンドル型電動車いす等の移動体のアクセル操作を想定したシミュレーションモデルを構築した。一般的に、アクセル操作をレバーによって行う移動体においては、レバーによって目標速度を設定している。そこで、実験装置のレバーの揺動角度を取得し、これをもとに目標値を決定する。また、加減速はマス・ダンパ系の運動モデルをPI制御により駆動することで再現した。

被験者9名(20代男性)の協力を得て、制動トルクが呈示されるレバーを用いた操作入力実験を行った。制動トルクを呈示しないときのレバーの角加速度の軌跡を図2に示す。これに対して、制動トルクを呈示したときのレバーの角加速度の軌跡を図3に示す。実験では、10sごとに目標値が変更されたため、10sおきに大きくレバーを操作した後に微調整をしている様子があらわれている。制動トルクを呈示していない場合は、常にレバーの操作をし続けていることがわかる。一方で、制動トルクを呈示した場合は、微調整をしている期間が短縮されている。これは、被験者が制動トルクによって適切なレバーの揺動角度を知ることができるために、それぞれの期間の後半ではレバーをほとんど操作していないことを意味している。

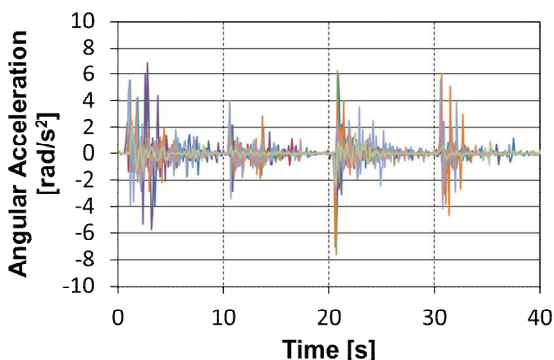


Fig. 2 Acceleration Profile of Lever Operation without Resistance Torque Display.

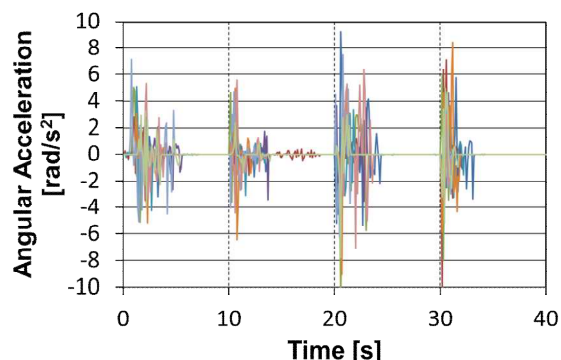


Fig. 3 Acceleration Profile of Lever Operation with Resistance Torque Display.

5 まとめ

本プロジェクトにおいて試作機の製作とそれを用いた実験を行うことにより、提案する機構の有益な特徴を実証するデータ取得が可能となり、研究を進展させることができた。また、誰にでも使いやすく安全な機器操作スイッチを提供し、その制御をするための知見を得た。

本研究の成果は、直観的な使用が可能な受動的機構をもち、可変な制動トルクにより節度感や操作域制限、注意喚起を可能とする操作入力デバイスの開発を進めるものとなる。機器の操作感は作業者の運動能力の差、体調、感情に依存するが、制動トルクの適切な設定により操作者はより快適に的確な操作入力を行うことが可能となる。本技術は、レバー揺動型操作入力機器としての利用に限らず、福祉機器・サービスロボット等の操作性向上へ応用可能なものであり、Universal Design や Orphan Technology といった観点で、工学の分野から社会に貢献する成果を得る研究としての意義をもつといえる。

参考文献

- 1) 楓和憲, 綿貫啓一, "把持位置により異なる操作力が呈示される直接操作型リンク機構の開発," 日本機械学会, 第12回機素潤滑設計部門講演会, 1103, (2012).
- 2) 楓和憲, 綿貫啓一, "磁性粉体ブレーキを応用した操作レバーの揺動角度保持による操作入力の支援," ロボティクス・メカトロニクス講演会概要集, 1A1-V09, (2012).
- 3) 楓和憲, 綿貫啓一, "操作入力用レバーの操作性向上を目的とした磁性粉体ブレーキによる制動力呈示," 日本機械学会, 年次大会講演論文集, J027011, (2012).
- 4) 楓和憲, 綿貫啓一, "操作入力機器を介した制動力による情報呈示が操作性に与える影響," 計測自動制御学会, 第13回システムインテグレーション部門講演会, 1M1-4, (2012).