適応能評価を目的としたパワーアシストシミュレーターの開発

○福田 修, 村上 玲奈, 山口 暢彦, 奥村 浩 (佐賀大学大学院工学系研究科)
村木 里志 (九州大学大学院芸術工学研究院)

Development of power assist simulator for evaluating human adaptability

Osamu FUKUDA, Reina MURAKAMI, Nobuhiko YAMAGUCHI, Hiroshi OKUMURA

(Saga University, Graduate School of Science and Engineering),

Satoshi MURAKI (Kyushu University, Graduate School of Design)

1. はじめに

要介護者の増加や生産年齢人口の減少による生産性の低下などを解消するために、人間の運動をサポートするパワーアシスト機器の開発が進められている[1][2]。しかしながら、使用者が想定するアシストの程度と、それに適合するアシスト量とのマッチングが必ずしも容易ではないことが課題となっている。例えば、使用する機器が使用者の想定よりも過剰なアシストを行った場合、僅かな力にも関わらず重量のある物を簡単に持ち上げられるという違和感を生じてしまう。つまり人間とパワーアシスト機器の双方が、適切に働かなければ、使用者が意図する機能拡張は起こらない。本研究では、人間側もアシスト動作に適応する必要があると考える。本論文では、人間がパワーアシスト機器を使用する際に、発揮筋力から想定される運動と、実際の運動とのギャップによるアシスト効果の低減を解析するために、パワーアシスト機器に対する人の適応能を評価するシステムの開発を実施した。

2. システム概要

図1にシステムの構成を示す。本システムは、操作部、筋電計測部、軌道生成部、単軸ロボット制御部の大きく4つに分かれている。操作部では、単軸ロボットに接続されたグリップを使用者が操作し、その操作情報の取得を行う。グリップの下部には操作力を測るために力覚センサ (WGF-3A50-RG24, ワコーテック (株) 製) が埋め込まれている。筋電計測部では、グリップ操作時の筋電位の計測を行っている。軌道生成部は、操作部から操作力の情報を受け取り、Runge-Kutta法を用いて、運動方程式の数値解析を行い、グリップ部分の力学的特性(弾性、慣性、粘性)を再現したシミュレーション軌道の生成を行う。本システムでは、インピーダンスモデルの運動方程式

図1 システム構成

(a) インタフェース画面1

(b) インタフェース画面2

図2 発生力の比較

$$F(t) = M \frac{d^2x(t)}{dt^2} + D \frac{dx(t)}{dt} + Kx(t)$$

に基づいて、使用者が動かすグリップ部分の弾性 k 、慣性 m 、粘性 b を制御し、これらの変化に対する使用者の適応能を評価することができる。操作中は、ディスプレイ上に操作軌道や操作時の筋電位などの運動の詳細が使用者にフィードバックされる。単軸ロボット制御部は、軌道生成部から出力された位置をポジションコントローラにシリアル通信を用いてコマンド指示することにより、単軸ロボットの動作を制御している。

3. 実験

システムの動作確認実験では、ある目標位置を被験者に提示して、初期位置からの移動を各 10 回行い、それらの動作の様子を比較した。弾性 0[N/m]，慣性 0.5[kg]，粘性 100[Ns/m]に固定し、アシスト量を調節する力のゲインを 0.1, 0.5[倍]と変化させ、操作時の発生力の積分値を比較した。実験中に被験者に提示されるインタフェース画面を図 2(a) (b)に示す。図(a)において、左上のインジケータが緑色に点灯するタイミングに合わせて、被験者は動作を開始する。2つの横長のバーは、短軸ロボットとグリップ位置を表しており、上がグリップを移動させる目標位置、下が現在のグリップ位置を示している。被験者は、現在のグリップ位置をリアルタイムに確認しながら、目標位置にグリップを移動させる。また、画面の下半分は、実験中に計測した筋電位信号を示している。本実験では、屈筋群と伸筋群に1チャンネルずつの電極を設置し、計測を行った。図(b)のインタフェース画面も、上半分は(a)と同様であるが、下半分は力覚センサの計測値となっている。左右の中心に位置する場合、力が作用していない状態を示しており、左右方向に発生した力に比例してバーの長さが伸縮する。

実験の結果を図3に示す。このグラフから、力のアシスト量が 0.1[倍]であるときは、大きな力を必要とし、0.5[倍]になると、より少ない力で操作が可能となることが分かる。また、動作に要した時間も大幅に短縮されてい

図3 発生力の比較

る。以上より、想定した動作を実装できていることが確認できる。

4. 考察

本研究では、パワーアシストに対する人間の適応能を評価するためのシミュレーションシステムを構築した。実験の結果、力のゲインの値に応じて操作に必要な仕事量が変化することがわかった。しかしながら、適応能を定量評価する実験には、まだ至っていない。今後は、様々なパラメータを変化させながら、各条件に対する人の操作特性を評価する。また、実験の結果を踏まえながら、シミュレーション環境の改善を検討していく予定である。

本研究はJSPS 科研費 JP17H01454 の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 佐藤帆紡, 川畑共良, 田中文英, 山海嘉之: “ロボットスーツHALによる移乗介助動作の支援”, 日本機械学会論文集 C編, Vol. 76, No. 762, pp. 227-235, 2010.
- 2) 則次俊郎: “空気圧ゴム人工筋を用いたパワーアシストウェアの開発”, 日本ロボット学会誌, Vol. 33, No. 4, pp. 222~227, 2015.