

OS2-3

上腕動作機能の改善を目的とした食事補助装置の開発と試作

Development of Assistive Devices for Eating to Improve of Upper Extremity Function

○ 鈴木亮一 藤木信彰 古屋栄彦 坂本巧 小林伸明 (金沢工業大学)

Ryoichi SUZUKI, Nobuaki FUJIKI, Shigehiko FURUYA, Takumi SAKAMOTO, Nobuaki KOBAYASHI
Kanazawa Institute of Technology

Abstract: The purpose of this research is to develop an assistive device for eating to improve of upper extremity function. The control method named internal model control is applied to detect intention of users. The prototype of the assistive device is developed to evaluate the proposed method. The experimental results show that muscular activity occurs in the deltoid muscle and the triceps brachii muscle by using this prototype. The proposed prototype is expected to maintain and improve residual function of upper limbs.

Key Words: Assistive devices, human intention detection, life support

1. はじめに

高齢者の中に上腕筋力が体幹に近い側より（肩側から肘側へ）徐々に低下する障害を抱える場合がある。このような方が食事をする場合、腕を持ち上げる十分な力がないため、机の縁を利用して肘をついた状態で食事をしたり、利き手と反対の手で補高したりする代償動作を必要とする。しかしながら、代償動作をとまなう食事動作においては、上腕の筋活動が著しく低下するばかりか、動かさないことによる廃用性筋萎縮による間接の拘縮などの問題を併発することが多く、少しでも残存する筋力を維持することが重要となる。

本研究では、上腕の筋力（主に三角筋や上腕三頭筋）をできる限り使用し、正しい姿勢で摂食ができる新しいシステムを提案する。内部モデル制御⁽¹⁾を応用した動作意図検出機能を付加し、使用者の動作目的にあわせた上腕動作の支援を行うシステムを提案する。

2. 食事補助装置の構成

製作した食事補助装置の概観を Fig. 1 及び Fig. 2 に示す。本装置では腕の上げ下げのみを制御によりアシストするものであるが、前腕の回内外と手首の掌背屈を含めて、人間の腕の自由度である 7 自由度の動作が確保されている。腕を持ち上げる十分な力がない場合でも、水平方向の動作は可能なことが多く、残存機能を維持するためにも、上腕を持ち上げる動作のみを支援する。

小型化及び携行性を考慮し、制御プログラムは H8-3025F マイコンに実装する。マイコンからの制御指令値はモータドライバを介してモータに入力され、必要なトルクを生成する。アームの角度情報はロータリエンコーダで計測しカウントする。その角度情報より、使用者の動作意図を推定し、必要なアシスト力を生成する。また、突発的な下方向の荷重や、細かな振動や揺れに対して誤動作を防ぐために、角速度の変化量を基にしたフィルタ機能を付加する。

食事補助装置の支援手順は、つぎのとおりである。

[Step 1]

個々の腕の重量に対応するため、測定モードにおいてアシストに必要な基準トルクをエンコーダの値より算出する。

[Step 2]

算出した基準トルクを基準に、エンコーダより計測されるアームの角度情報から腕を持ち上げたいのか下げたいのか、その動作意図を内部モデル制御の外乱推定特性を用いて検出する。

[Step 3]

動作意図を検出した後、適切な力で腕を持ち上げたり、下ろしたりするアシスト制御を行う。

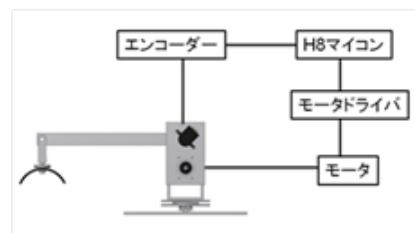
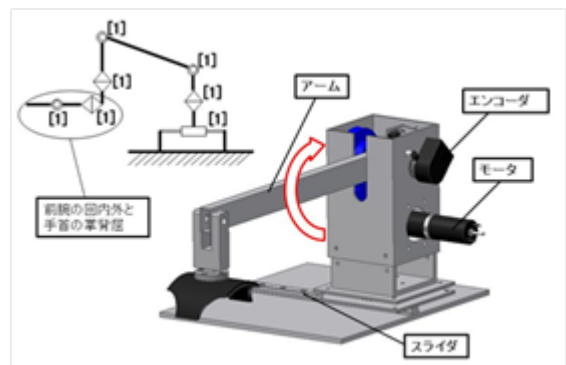


Fig. 1: Mechanical structure of assistive device

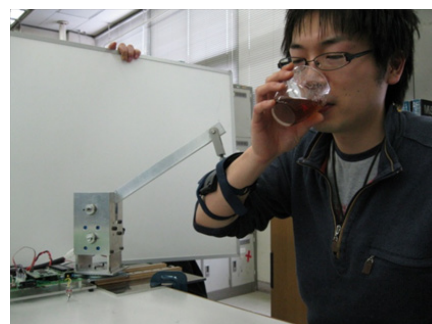


Fig. 2: Overview of assistive device

3. 実験結果及び性能評価

3-1 動作意図の検出結果

動作意図の検出（外乱の推定）とアシスト力を生成できるかを検証するため、Fig. 3 に示すようにアームの先端に 1.5kg の質量を付け制御実験を行った。動作途中で上下方向に強制的な力を加え、提案する制御方法の目標値追従特性と外乱推定特性を評価した。

Fig. 4 に実験結果を示す。アシスト開始から 3 秒後（机の上から約 10 センチほどの高さの位置）に安定した外乱推定値が得られており、動作意図の推定が可能な状態となっていることがわかる。

約 7 秒の時点でアームを強制的に持ち上げているが、使用者の動作意図を検知した後、制御入力を調節してアシストしていることが読み取れる。この時、外乱推定値をもとに使用者がアシストを必要としているときにのみアシストを行っていることがわかる。

12 秒から 16 秒にはアームに対して振動的な力を連続的に与えている。このときの外乱推定値の値からその様子を検知できていることがわかる。しかしながら、アームの角度変位みるとほぼ一定の値にとどまっており、フィルタ機能が働き、幾分振動しながらも姿勢を保持できていることがわかる。

約 17 秒の時点で一定時間下方向の力を加えている。目標トルクを減少させるために制御入力の値を減少させ、アームを下ろしていることが実験結果より読みとれる。以上の実験結果より、使用者の動作意図を検出し、使用者がアシストを必要としているときに上腕動作の支援ができることがわかる。

3-2 筋活動の計測結果

Fig. 5 と Fig. 6 に表面筋電位計を用いて三角筋及び上腕三頭筋の筋活動を計測したときの実験データを示す。本補助装置を使用した場合(Fig. 5)は、肘をついたままで食事動作をした場合(Fig. 6)に比べ、明らかに筋活動を生じていることがわかる。本稿には載せていないが、上腕二頭筋及び僧帽筋の筋活動も確認することができた。

提案する補助装置の使用により、残存する上腕筋力の維持が期待できるとともに、リハビリテーション装置として本システムを継続的に使用することにより、上腕動作機能の改善が期待される。



Fig. 3: Experimental setup

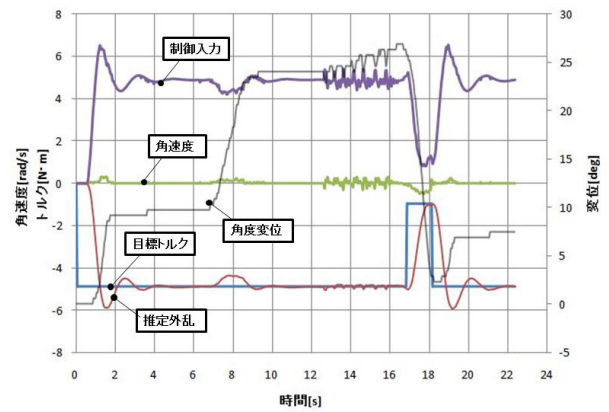
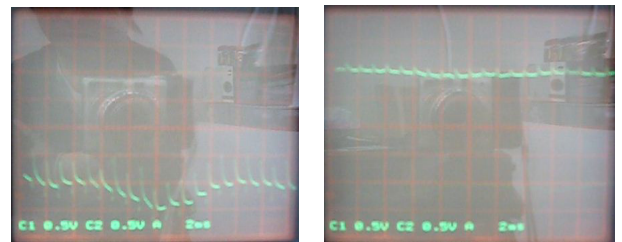


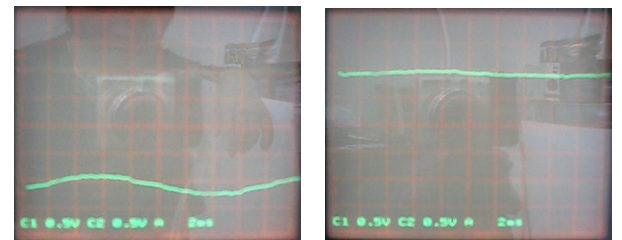
Fig. 4: Experimental result



(a) Deltoid muscle

(b) Triceps brachii muscle

Fig. 5: Experimental data of muscular activity with assistive device



(a) Deltoid muscle

(b) Triceps brachii muscle

Fig. 6: Experimental data of muscular activity without assistive device

4. おわりに

本研究では、従来のアームバルンサーにはない、使用者がアシストを必要としているときに適切な力でアシストする上腕動作機能の改善を目的とした食事補助装置を提案した。さらに、表面筋電位計を用いて、本装置の使用時に上腕の筋活動が生じることも確認した。今後は作業療法士の方々の協力のもと、本装置の有効性を検証して行く。

このような支援装置は実際に求められており、病院、在宅等での利用が期待される。さらに、書字動作、パソコンの使用動作等の支援に有効であると考えられ、広く上腕の運動機能維持・回復支援装置としての利用も期待されるため、今後は早期の実用化を目指す。

参考文献

- (1) Suzuki et al, Control System for Lower Limb Function Training Device by Using Internal Model Control, *Proc. of IEEE 11th International Conference on Rehabilitation Robotics ICORR2009*, pp. 556-559, 2009.