

セミアクティブ S-FRP アクチュエータを用いた 高所腕上げ作業用スマートスーツの基礎実験

北海道大学大学院情報科学研究科 ○松本浩輔 田中孝之 金子俊一 奈良博之
北海道立総合研究機構 吉成哲 前田大輔
スマートサポート 鈴木善人

要 旨

ストレッチ FRP アクチュエータという新しいデバイスを用いて上腕を高い位置で保持したままで行われる作業のための補助装具を開発した。この補助装具はモータでストレッチ FRP アクチュエータを制御することにより補助効果を調整することが可能である。今回、補助効果を調整可能であるか調べるための実験を行った。実験の結果から、上腕に対する補助効果の調整が可能であることが確認された。

1. はじめに

上腕を高い位置に挙げたままで行う様な作業をする際には腕や肩に大きな負担が掛かるため、その負担の軽減が求められている。実際、このような腕を挙げたままで行う作業を要求される職業として手話通訳者、内装作業員、果樹園作業員、自動車のメンテナンス作業員などが挙げられる。このような腕を挙げたままで行う作業の負担軽減に関する研究は数多くなされており、既にモータの力を補助力に用いる東京農工大学の農作業用パワーアシストスーツ [1] や、弾性材の復元力を補助力に用いる協和テクノ株式会社が発売しているグレイパーなどが製作されている。本研究では弾性材の復元力で腕を補助し、その補助力をモータで変更することで腕を補助する力を調整し負担を適切に軽減することの可能な装着型の補助器具を提案し、そのための新しいアクチュエータの開発を目的としている。

2. 高所腕上げ作業用スマートスーツ

高所腕上げ作業を補助する器具には腕を下から支える方式や、腕を肩部上方から支える方式 [2] 等が存在する。Fig.1 は高所腕上げ作業用スマートスーツの外観を示したものである。高所腕上げ作業用スマートスーツは腰部と上腕部に弾性材を固定し、上腕の重さで弾性材を変形させた際に得られる復元力で上腕を支える補助器具である。この図からもわかる様に、高所腕上げ作業用スマートスーツは腕を下から支える方式を採用している。しかし、この方式には Fig.2 に示すように上腕を低い位置まで下ろすことにより、上腕を支える材料が過度な変形を起こすことと、その際に過度な補助力が発生するという二つの問題を抱えていた。そこで、本研究では後述するストレッチ FRP アクチュエータ (以下、S-FRP アクチュエータと略記) というデバイスとセミアクティブ機構を用いること

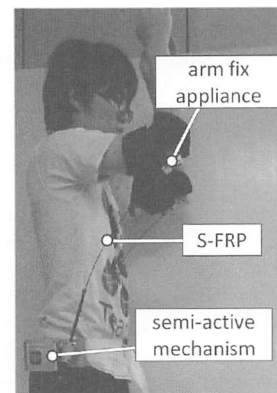


Fig. 1: smart suit for arm raising work

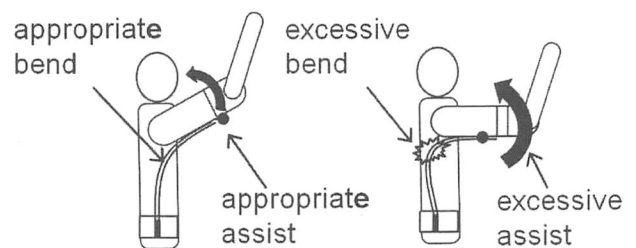


Fig. 2: bending problems

で S-FRP アクチュエータを取り付ける角度を制御し、過度な変形を避け、適切な補助力を発揮することが可能な補助器具である高所腕上げ作業用スマートスーツの開発を目標としている。

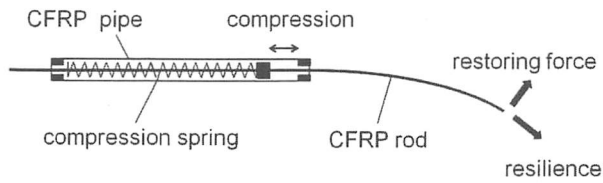


Fig. 3: structure of stretch FRP actuator

3. ストレッチ FRP アクチュエータの機能と構造

Fig.3 はストレッチ FRP アクチュエータの内部構造を示したものである。Fig.3 に示す様に、S-FRP アクチュエータは大きく分けて CFRP（炭素繊維強化プラスチック）製のロッドとパイプ、金属製の圧縮バネの3つの部品から構成されている。

また、Fig.3 に示すように S-FRP アクチュエータは、ロッドを曲げることによってロッド復元力を得ることができ、ロッドをパイプ内に押し込んでバネを圧縮することによりロッドをパイプから押し出す方向にバネ復元力を得ることができる。このロッドとバネの復元力が S-FRP アクチュエータを身体に装着した際の上腕を補助する力として機能する。

更に、バネの圧縮と同時に S-FRP アクチュエータのパイプ先端から露出するロッドの長さも短くなることになる。このパイプから露出するロッドの長さを変化させられるという機能によって前述したデバイスが過度な変形をする問題を回避することが可能である。

4. 補助効果の確認実験

4.1. 実験の内容

今回、セミアクティブ型試験機の補助効果を確認するために上腕を挙上及び保持し、その姿勢を保った状態で S-FRP アクチュエータの固定角度を6秒間掛けて25°回転させる実験を行った。そして、この時の三角筋の筋活動の様子を探るために表面筋電計を用いて筋電図を記録した。この実験を、上腕の屈曲位 90°、100°、110° に対してそれぞれ行った。

4.2. 実験の結果

Fig.4 はそれぞれの屈曲位における三角筋の筋負担の様子を示したものである。尚、このデータはノイズ除去のためのフィルタを通し、全波整流を掛けた後に0.5秒毎の積分値を、最大筋発揮力測定時の0.5秒間の筋電の積分値で割ることで正規化している。この結果より、各々の屈曲位

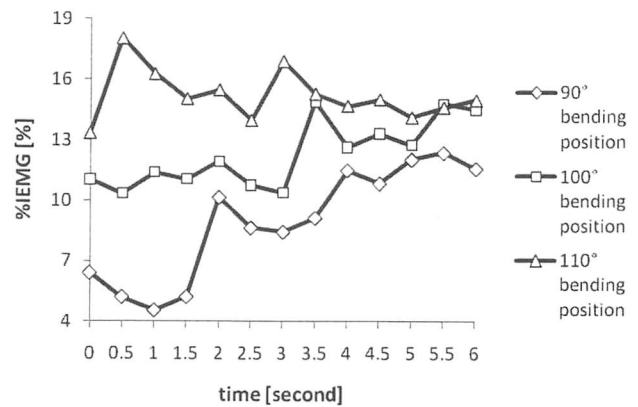


Fig. 4: result of experiment

で S-FRP アクチュエータの固定角度に応じて筋負担の変化が見られた。特に 90° 屈曲位では固定角度の違いにより最大で 7.8% の差が発生した。以上のことから、S-FRP の固定角度を変更することで上腕に対する補助効果を調整できることが確認できた。

5. まとめと今後の展望

本研究で開発したストレッチ FRP アクチュエータを用いた場合に上腕に対して補助効果の有無と、アクチュエータを支持する角度の違いによる補助効果の変化の検討を筋活動の測定を通して検討を行なった。実験の結果、アクチュエータ未装着時に対して、装着時の筋活動量が低減することからアクチュエータを使用することにより、上腕を補助することが可能であることが確認された。また、アクチュエータを支持する角度を変更することにより補助効果も変化することも確認された。

今後は動的な運動に対する補助の有効性の検討、及び適切な補助を行うことのできるアクチュエータの支持角度を算出するアルゴリズムの構築を目指す。

参考文献

- [1] 遠山ほか：“高出力超音波モータを用いたパワーアシストスーツの開発 (OS4 健康・福祉機器の開発)”. 機素潤滑設計部門講演会講演論文集 2004(4), 89-90, 2004-04-16
- [2] 山田ほか：“肩関節追従機構を有する上腕装具の開発”. 日本機械学会論文集 (C 編) 77 巻 775 号 (2011-3)