

研究の課題名

空気圧ゴム人工筋を用いた身体装着型パワーアシスト装置の開発とその応用に関する研究

岡山大学 大学院自然科学研究科 助手

報告者 佐々木 大輔

報告日 2006 年 (平成 18 年) 6 月 14 日

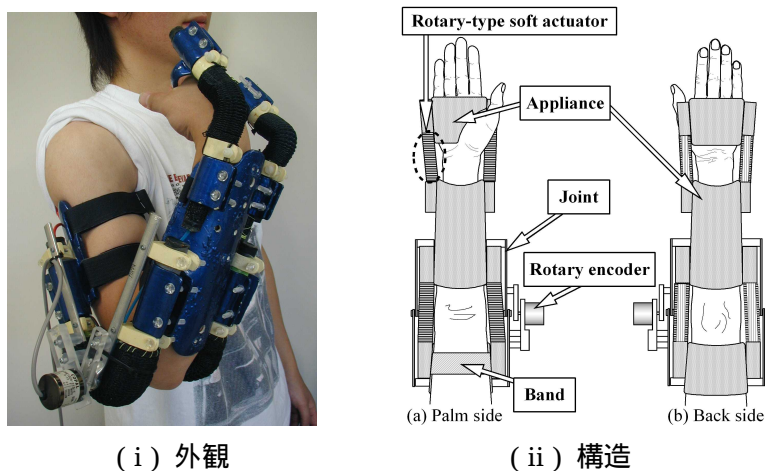
1. 本研究の意義・特色

少子高齢化にともなう労働力不足を解決するために身体装着型支援装置の開発を行う。身体に直接装着するため、装置は安全かつ軽量である必要がある。本研究では、出力/重量比が高く、本質的な柔軟性を有する空気圧ゴム人工筋を使用する。

2. 実施した研究の具体的内容、結果

本研究では腕部装着型パワーアシスト装置を実現するため、人工筋ならびに装着具を開発した。つぎに装着者の意思によって装置を制御するため、身体—装着具間の接触力変化を利用した制御手法を提案した。また、開発した装置を肘関節用リハビリテーション支援装置に応用した。

開発した腕部支援装置は、図 1 のように圧縮空気を供給することで湾曲する空気圧ゴム人工筋と継手、装着具から構成されている。人工筋の発生トルクを効率よく身体に伝達するため肘関節には継手を使用しているが、人工筋はそれ自体が湾曲するため、原理的には継手を用いなくても本装置は屈曲動作の支援が可能である。なお継手の可動域は $130[^\circ]$ であり、継手によって装置の可動域が人間の肘関節可動域以下に制限されるため、過度の支援トルクが肘関節に加わることを予防できる。また、継手側面にはロータリーエンコーダ (COPAL 社製 RE30E) を取り付けられている。



(i) 外観

(ii) 構造

図 1 装着型腕部支援装置

肘部に使用した湾曲型空気圧ゴム人工筋の断面図を図 2 に示す．人工筋は内，外径 14,20[mm]，全長 290[mm]のゴムチューブを外径 40[mm]，全長 90[mm]のポリエステル繊維製の蛇腹で覆った構造である．また，ゴムチューブ両端には長さ 100[mm]のポリウレタン製の栓を挿入している．蛇腹の一部を軸方向に繊維強化することで強化部分と非強化部分のゴムチューブ伸長量が異なるため人工筋は湾曲動作を行う．装着具は，既存の肘関節装具の形状を参考に，両側面に配置した人工筋取付部品とともにポリウレタンを一体成型したものである．

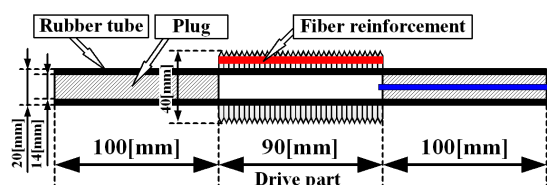
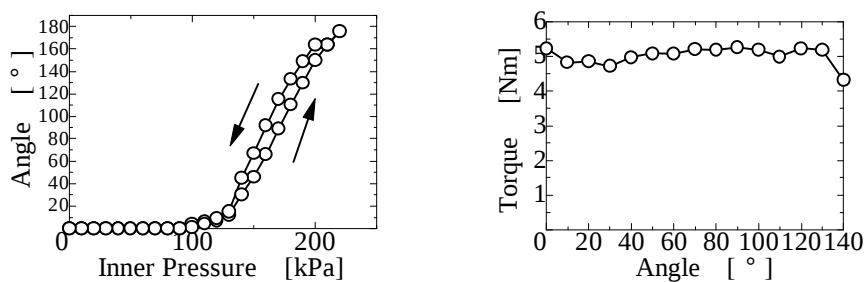


図 2 湾曲型空気圧ゴム人工筋断面図

人工筋の揺動角度および最大発生トルク特性を図 3 に示す．発生トルク測定時の供給圧力は 500[kPa]である．人工筋を装着具に取り付け 200[kPa]から 100[kPa]間隔で 500[kPa]までの圧力を供給した場合のトルク特性を図 4 に示す．500[kPa]時の発生トルクが約 10[Nm]であることから，前腕装具に 6[kg]程度の負荷を積載した場合でも，装置は最大可動域で屈曲可能なことがわかる．



(a) 角度特性

(b) トルク特性

図 3 湾曲型空気圧ゴム人工筋基本特性

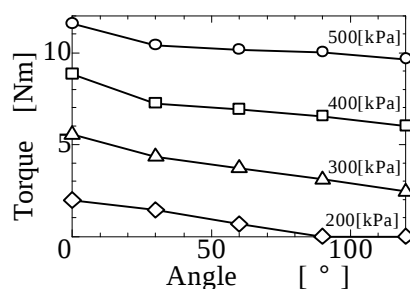


図 4 支援装置トルク特性

つぎに装着者の意思に基づく装置の制御手法を提案した．これは図5のように肘関節を屈曲・伸展する時の前腕-装着具間の微小な角度変化による接触力の変化を利用したものである．まず，前腕-装着具間の接触力を検出するため小型力センサ(NITTA PD3-30-10-040)を図6のように装着具に配置し，力センサ上に幅 20[mm]長さ 190[mm]厚さ 4[mm]のアルミ板を取り付ける．力センサから得られた力に基づきモーメントの釣り合い式より図中 y 方向の圧力中心を求める．圧力中心の初期値からの変化量に応じて人工筋を加減圧することで装置を装着者の腕の動作に追従させる．

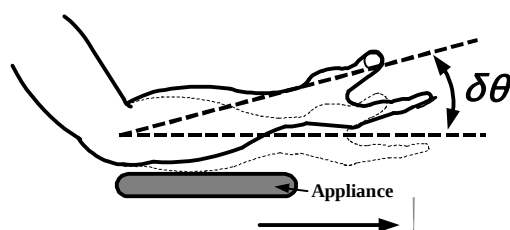


図5 検出原理

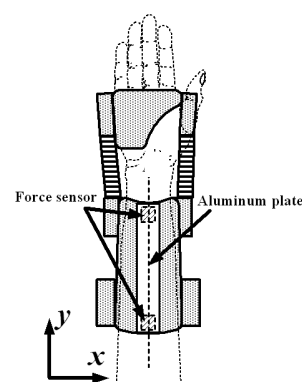
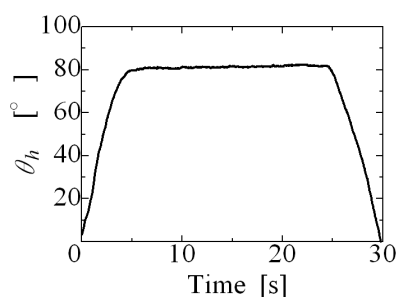


図6 カセンサ配置

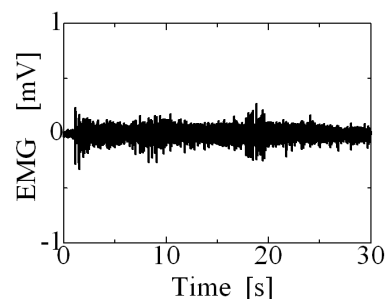
つぎに提案手法の評価実験を行う．実験では前腕が地面に垂直な状態の肘関節角度を $0[^\circ]$ とし，

1. $t = 0 \sim 5[s]$: 肘関節を約 $80[^\circ]$ まで屈曲
2. $t = 5 \sim 25[s]$: 肘関節を維持
3. $t = 25 \sim 30[s]$: 肘関節を $0[^\circ]$ まで伸展

以上の動作を 2[kg]の負荷を取り付けた状態で行い，支援の有無による筋肉の活性度を比較するため上腕二頭筋の筋電位を測定する．図7，8に示す実験結果より，装着者はわずか



(a) 屈曲角度



(b) 筋電位

図7 実験結果（支援なし）

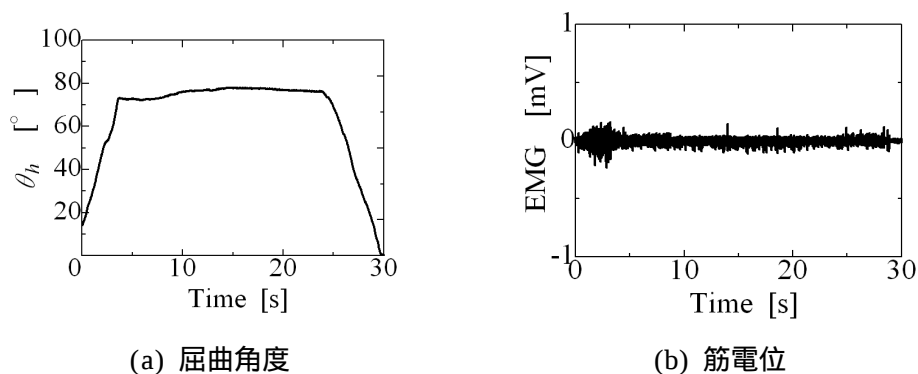


図8 実験結果（支援あり）

な筋力で意図した角度(本実験では $80[^\circ]$)に装置を駆動できることから前述した圧力中心による制御手法が有効に機能していることがわかる。

本装置を図9のように肘関節拘縮患者のためのリハビリテーション支援装置に応用した。患者の関節特性から装置に求められる発生トルクが約 $2[\text{Nm}]$ であったため、外径 $20[\text{mm}]$ の湾曲型空気圧ゴム人工筋を2個使用している。また、コンプライアンス制御を導入することで、最大可動域近辺で患者に過度の屈曲トルクが加わることなくリハビリテーションを行うことができる。

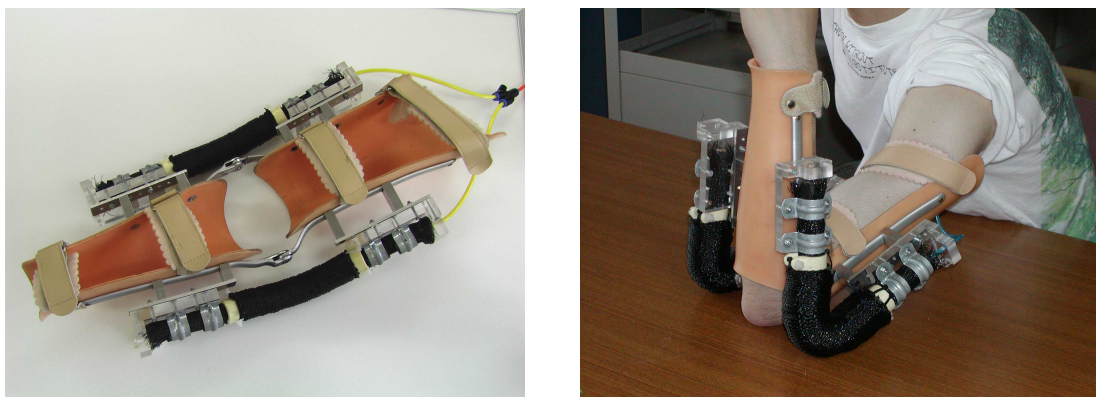


図9 リハビリテーション支援装置外観

3. 本研究を実施したグループに属するおもな研究者の氏名・役職名

則次俊郎・岡山大学大学院自然科学研究科 教授

佐々木大輔・岡山大学大学院自然科学研究科 助手

4. 研究実施時期

2005年（平成17年）4月1日から 2005年（平成18年）3月31日

5. 本研究に関連して発表した主な論文等

リハビリテーション支援装置に関する研究成果を日本ロボット学会誌に投稿予定

6 . 内外における関連研究の状況

国内では筑波大学や東京理科大学，神奈川工科大学，海外ではカリフォルニア大学などで身体各部位のパワーアシスト装置の研究・開発が行われている。特に筑波大学のHALは，筋電位信号から身体各部位の動作を検出し電動モータを制御するものであり，身体装着型パワーアシスト装置の分野では先進的な研究である。しかし，本研究のように，身体装着型パワーアシスト装置をウェアラブルリハビリテーション支援装置に応用した研究は行われていない。

7 . 今後の発展に対する希望

リハビリテーションプログラムおよび患者の関節特性の定量化を行い装置の知能化について取り組む予定である。