

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年8月23日現在

機関番号：15301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2012

課題番号：22760188

研究課題名（和文）

バイラテラル型ウェアラブル上肢訓練装置の機構および制御に関する研究

研究課題名（英文）

Development of Mechanism for Master-Slave Wearable Training Device

研究代表者

佐々木 大輔 (DAISUKE SASAKI)

岡山大学・大学院自然科学研究科・助教

研究者番号：50372686

研究成果の概要（和文）：

本研究では、人間と同じ肩3自由度、肘1自由度、手首3自由度の合計7自由度を上肢用の訓練装置の機構開発およびマスタスレーブ制御システムの構築を行った。肩部屈曲・伸展動作において最大屈曲角度 $50[^\circ]$ において飽和しているものの他の関節はマスタ装置の角度に追従していることが確認できた。肩部屈曲・伸展動作も可動域以下の範囲ではマスタの動作に追従可能であることが実験結果より確認できた。

研究成果の概要（英文）：

The wearable master-slave upper limb training device has been developed in this study. Developed device has 7 D.O.F which are the same D.O.F of human upper limb. In addition, the master-slave control method has been introduced. It is confirmed from the result under the master-slave control that a subject who uses this device can follow a trainer movement. Therefore, this device may be possible to train all upper limb joints independently and cooperatively.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
総計	2,300,000	690,000	2,990,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・知能機械学・機械システム

キーワード：人間支援ロボット，ウェアラブルロボット，リハビリテーション

1. 研究開始当初の背景

訓練装置はその装着方法で身体の一部（手など）で装置を支持する非装着型と，直接装置を装着する装着型に分類できる。非装着型装置は，自発的な動作が可能な訓練者を対象とした大阪大学の EMUL など様々な装置が開発されている。しかし，上肢など多自由度を有する部位においては，身体の一部に外

力を加えるだけで各関節を正確に動作させるのは容易ではない。

それに対して装着型装置は，各関節に直接駆動力を加えることが可能なため，多自由度を有する部位への適用が有効である。実際に ARMin や RUPERT などが実際に研究・開発されている。

多自由度の部位を自然な動作となるよう

動作させる場合にはその目標値の決定方法が課題である。従来研究では、事前に動作を記録しそれを再現するティーチングプレイバック法が主流である。しかし、ティーチングプレイバック法では、動く物体の把持や移動させた物体を再度移動させるなど実際の状況に近い訓練の再現は容易でない。それに対して提案するマスタスレーブ制御では、マスタ装着者の動作をスレーブ装着者がコピーするよう動作するため前述のような場面での活用が有効である。

2. 研究の目的

従来研究では、ティーチングプレイバック方式などが目標値の決定方法として用いられているが、上肢全体が関連した協調動作を行う場合には関節ごとに目標軌道を決定しなくてはならない。本研究で提案する装置は、数式で表すことが容易ではない冗長自由度を有する上肢の各関節の連続的な目標値をマスタ装着者が動作するのみで決定できる点が他の研究と比較しての特徴である。

上肢全体を対象とした多自由度を有する機構を製作する場合装置の複雑化は避けられないが、人間に装着するという用途から装置を人間と同程度のサイズに納める必要があるため、アクチュエータおよび機構部の配置には制約がある。そこで本研究では電動モータに比べ出力重量比に優れる空気圧人工筋を使用した小型、軽量の装置によって最終目標とする上肢全体を対象としたマスタスレーブ方式の訓練装置の実現を目指した。

3. 研究の方法

3.1 装置外観

開発した装置の外観を図1に示す。装置は肩部の屈曲・伸展、外転・内転、内旋・外旋機構、肘部の屈曲・伸展機構、手首部の回内・回外、掌屈・背屈、尺屈・橈屈機構により構

成されている。このうち肩部屈曲・伸展、外転・内転、内旋・外旋、肘部屈曲・伸展、手首部回内・回外機構にはアクチュエータとしてDCモータを用いている。

手首部掌屈・背屈、尺屈・橈屈機構は装置の先端部であり人間が装着することを考慮すると軽量であることが望ましい。また、装置を小型化するためにはアクチュエータを配置するスペースは限定される。したがって手首部質量の軽量化並びに省スペースな機構の実現の観点から手首部掌・背屈、尺・橈屈機構にはアクチュエータとして出力重量比に優れる空気圧ゴム人工筋を用いている。

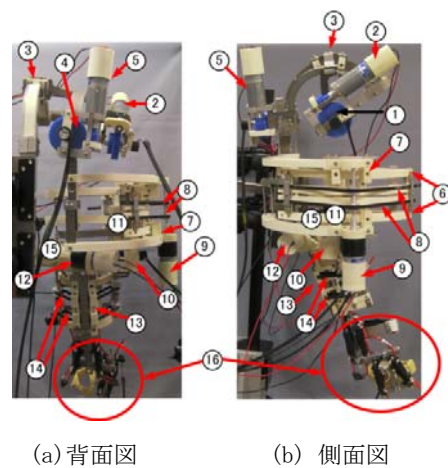


図1 装置外観

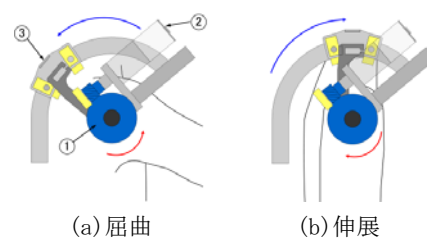


図2 肩屈曲・伸展機構動作原理

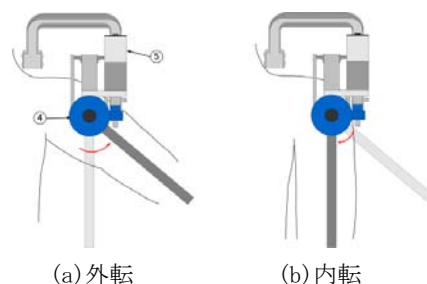


図3 肩外転・内転機構動作原理

3.2 動作原理

各機構の動作の概略図を図 2~6 に示す。また、図 1~6 の各番号に対応するパーツおよび動作を表 1 に示す。肩部屈曲・伸展、外転・内転、肘部屈曲・伸展機構は図 2, 3, 5 に示すようにモータの回転をねじ歯車を介して回転軸に伝えることで各動作を行う。肩部内旋・外旋機構は図 4 に示すようにモータの回転をタイミングベルトを介しレールパーツに伝え、レールパーツがローラーパーツ内を動作することで外旋・内旋動作を行う。手首部回内・回外機構は図 6 に示すようにモータの回転をタイミングベルトを介しローラーパーツに伝え、ローラーパーツがレールパーツに沿って動作することで回内・回外動作を行う。肩部内・外旋、手首部回内・回外機構は人間が装着する構造上回転中心に軸

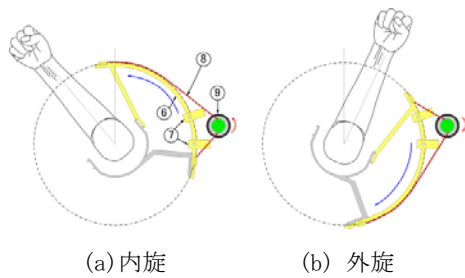


図 4 肩内旋・外旋機構動作原理

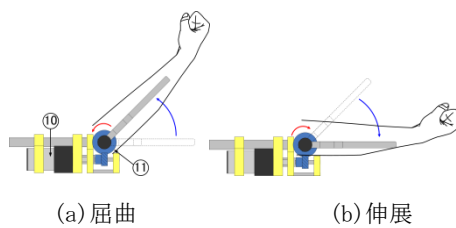


図 5 肘屈曲・伸展機構動作原理

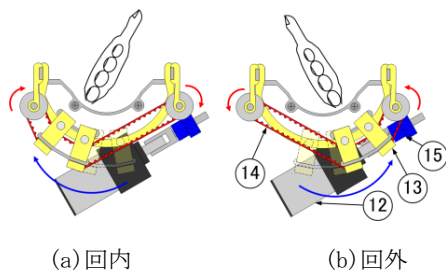


図 6 手首回内・回外機構動作原理

を配置することができないため、腕部側面にレールとローラを配置する構造としている。手首部掌屈・背屈、尺屈・橈屈機構は空気圧ゴム人工筋の拮抗構造とした。

4. 研究成果

人間の関節可動域と装置の各関節の可動

表 1 部品表

部位	部品	動作		
肩	1	ギア	屈曲・伸展	
	2	モータ		
	3	ローラ		
	肩	4	ギア	外転・内転
		5	モータ	
		6	レール	内旋・外旋
	7	ローラ		
	8	タイミングベルト		
	9	モータ		
肘	10	モータ	屈曲・伸展	
	11	ギア		
肘	12	モータ	回内・回外	
	13	ローラ		
	14	タイミングベルト		
	15	ギア		
	16		橈屈・尺屈	
		掌屈・背屈		

表 2 可動域

部位	動作	人体[°]	装置[°]
肩	屈曲(+)/伸展(-)	-50~180	-20~70
	外転(+)/内転(-)	-30~180	-20~40
	内旋(+)/外旋(-)	-60~80	-25~40
肘	屈曲(+)/伸展(-)	0~145	0~110
手首	回内(+)/回外(-)	-90~90	-30~30
	掌屈(+)/背屈(-)	-70~90	-25~25
	尺屈(+)/橈屈(-)	-25~50	-25~25

域を表 2 に示す。ここでは肩部屈曲，外転，内旋，肘部屈曲，手首部回内，掌屈，尺屈を正方向とする。身体に装着する構造のため，人間の可動域全域において支援を行うことはできないが，身体前方での動作に十分な可動域が得られることを確認した。

次に，マスタスレーブ制御を導入しマスタ装着者が身体前面で訳 30[cm]の円を図 7 のように上肢全体を使って描く。開発した装置をスレーブ装置として使用し，マスタの動作に追従可能かを確認した。実験結果を図 8 に示



図 7 実験の様子(左:マスタ 右:スレーブ)

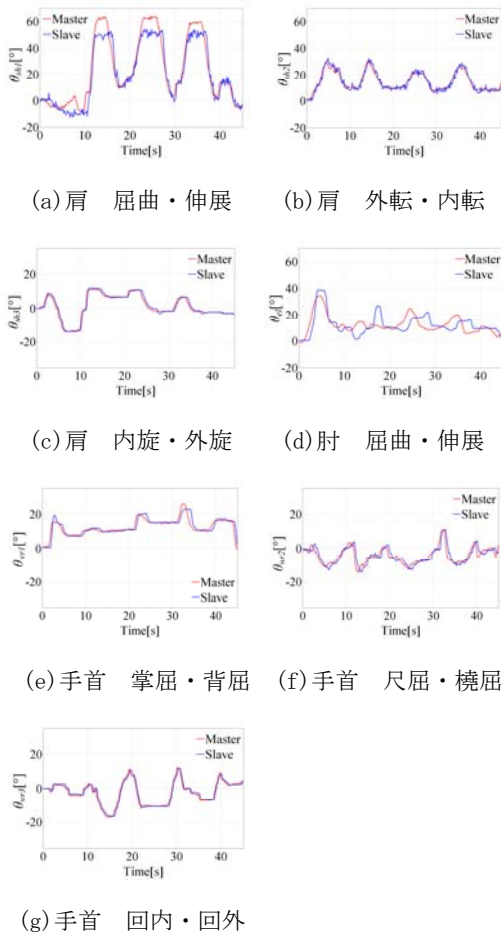


図 8 マスタスレーブ制御実験結果

す。実験結果からわかるように各関節がマスタ装置の角度に追従していることが確認できた。

今後は，スレーブ装着者の訓練状況に応じて装置の関与を低減させる制御手法を本 7 自由度装置に導入することで，装置の機能および性能向上を行う。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

①佐々木大輔、則次俊郎、高岩昌弘、空気圧人工筋を用いた上肢用ウェアラブル型マスタスレーブ訓練装置の開発、計測自動制御学会論文集、査読有、Vol. 49、No. 1、pp. 166-175

〔学会発表〕(計 2 件)

①西村篤人、佐々木大輔、則次俊郎、高岩昌弘、7自由度を有するマスタ・スレーブ型上肢訓練装置、日本機械学会中国四国支部第51期総会・講演会、2013年3月8日、高知工科大学
 ②佐々木大輔、則次俊郎、高岩昌弘、空気圧人工筋を用いた上肢用ウェアラブル型マスタスレーブ訓練装置の開発、第12回計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会、2011年12月25日、京都大学

〔図書〕(計 0 件)

該当なし

〔産業財産権〕

該当なし

〔その他〕

該当なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐々木 大輔 (DAISUKE SASAKI)

岡山大学・大学院自然科学研究科・助教

研究者番号：50372686