

330 バイラテラルサーボによる下肢動力装具の研究

Study On Externally Powered Lower Limb Orthosis By Bilateral Servo

○学 菊池 一哉 (東電大) 正 斎藤 之男 (東電大) 音琴 浩 (東電大) 羽根吉 寿正 (東電大)

大島 徹 (富山県大) 藤川 智彦 (富山商船高専)

○Kazuya KIKUCHI, Tokyo Denki University, Ishizaka, Hatoyama-machi, Hiki-gun, Saitama
 Yukio SAITO, Tokyo Denki University,
 Hiroshi NEGOTO, Tokyo Denki University
 Toshimasa HANEYOSHI, Tokyo Denki University
 Toru OSHIMA, Toyama Prefectural University, Kurokawa5180, Kosugi-machi, Izumi-gun, Toyama
 Tomohiko FUJIKAWA, Toyama National College of Maritime Technology, Ebineria1-2, Shinminato-shi, Toyama

Externally powered orthosis is one of the necessary devices for a physically disabled in rehabilitation. Though, the externally powered lower limb orthosis has a drawback in its mechanical structure for gait training. The main problems, speed, noise, and weight are lowering the morale of the training. To overcome these problems, we developed the externally powered orthosis equipped with bi-articular muscle mechanism with bilateral-servo actuator. Our study suggests a system where a physically disabled can train with the externally powered orthosis and ambulation device in smooth action.

Keywords : Bilateral-Servo, Bi-articular Muscle, lower limbs externally powered orthosis

1.はじめに

現行の下肢動力装具は人間の様な滑らかな動きは困難である。その理由として下肢メカニズムの動作速度が遅い、可動域が狭い、サイズが大きく重いなどが挙げられる。また、実際の歩行時には上肢を松葉杖等で支えるため、歩行訓練時に肉体的に大きな負担が掛かり訓練意欲も低下してしまうのが現状である。

そこで本研究は、生体にある一つの筋で二つの関節に作用する二関節筋に着目し、二関節筋の機能を機械的に模倣することにより、滑らかな動きと正確な位置決めのできるバイラテラル油圧力伝達機構を用いた新しい下肢動力装具の開発である。最終的には下肢麻痺患者が簡易下肢動力装具により、立位での歩行を行うものである。

これらを含めた下肢動力歩行訓練システムの報告を行う。

2.バイラテラルサーボメカニズム

二関節筋を模倣したバイラテラル油圧サーボシステムを図1に示す。

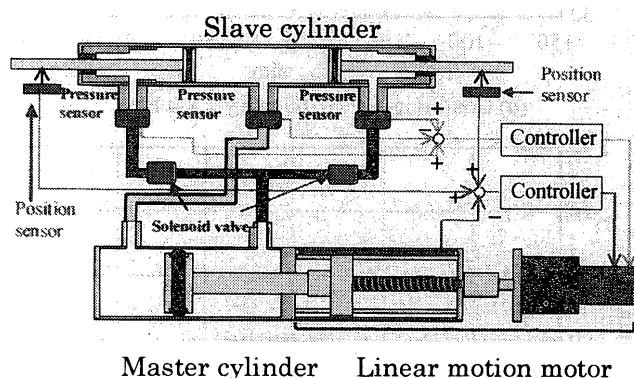


Fig. 1 Bilateral Servo System

本機構は、マスターとスレーブの2本の複動型油圧シリンダをフレキシブルチューブで並列に連結して作動油を密閉し、マスター側は、駆動源の回転→直線変換機構(ねじ送り機構)とモータで構成される。ボトム側とピストンロッド側に圧力センサを内蔵し、更に各シリンダに位置センサを組み込んでいるため力帰還形バイラテラルサーボ機構を形成することができる。また、スレーブ側は二関節筋機能を持ち、

1本のシリンダと2本のピストンロッドを有し、電磁弁の切り替えによって、一関節駆動だけでなく二関節の同時駆動が可能である。

本機構により注入したオイルの拮抗作用による安定動作が得られるとともに、油圧シリンダが持つ高出力、滑らかな動作、高い応答性が実現される。このほか、制御弁やポンプ、コンプレッサ等のパワーユニットを使用しないため、省スペース化、低騒音化、安全性の向上が得られる。

3.二関節筋モデル

今回試作した下肢の二関節筋モデル実験装置を図2に示す。また、その動作図を図3に示す。下肢モデルは、スレーブシリンダを、人間の大腿部に存在するハムストリングスに取り付け、二関節筋機能を模倣する。これにより、股関節部と膝関節部の1関節駆動と2関節同時駆動が可能となる。マスターシリンダ(内径φ50mm)、スレーブシリンダ(内径φ30mm)とし、電磁弁2個をそれぞれ取り付けた。

図4にオープンループでの二関節同時駆動の位置センサの測定値と圧力変化値を示す。Aはスレーブ中部圧力変化値、Bはマスター変位、Cはスレーブ下部圧力変化値、Dはスレーブ下部変位、Eはスレーブ上部変位、Fはスレーブ上部圧力変化値を示す。

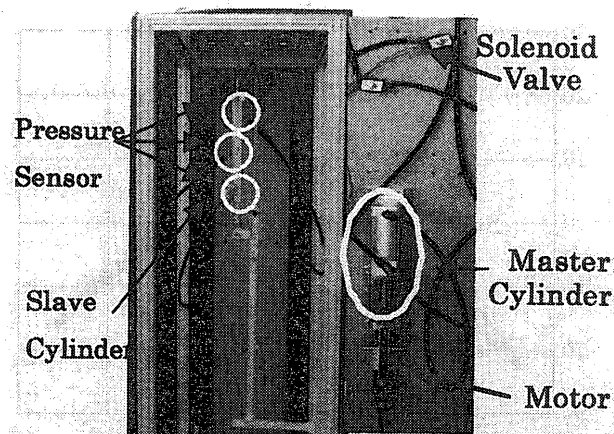


Fig. 2 Experimental Apparatus (Bi-articular muscle model)



(Move a joint) (Move two joints)
Fig.3 Experimental Apparatus (Motion)

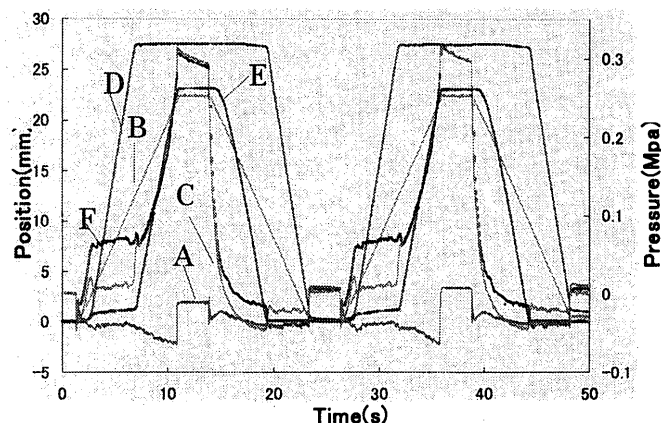


Fig.4 Position and Pressure measurement experiment

4. 二関節筋モデルにおける位置フィードバック特性

今回、繰り返し歩行を行うために位置フィードバックの実験を行った。実験結果を図5に示す。これより、スレーブシリンダが目標値までくると、膝関節屈曲から股関節屈曲に切替っていることがわかる。また、目標値内で動作しているため、繰り返し歩行動作を行う事が可能である。

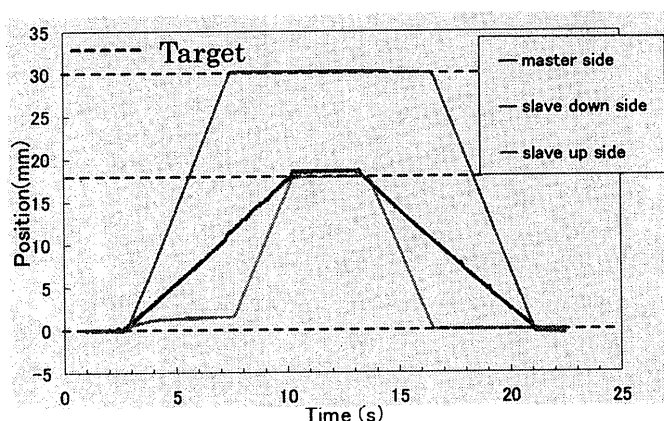


Fig.5 Position feed back control (Bi-articular)

5. 下肢動力装具の装着

図6は、下肢動力装具の装着状況を示す。我々の下肢動力装具は駆動源として二関節筋アクチュエータ4本、下腿半月、大腿半月、骨盤帯、アクチュエータを取り付けるリンクバー（材料：メゾアライト）で構成されており、取り付けられているアクチュエータは、障害者の障害レベルに合わせ取り外しが可能な設計となっている。また装具自体が6°程傾斜しており、これは人の立幅が肩幅に相当するもので、より安定性を増すものである。更に、アクチュエータ自身が支柱の役割を果たすので、軽量化にも繋がっている。

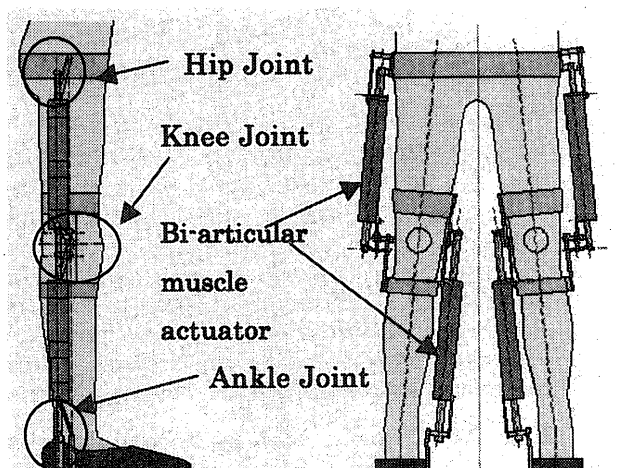


Fig.6 Installation of our externally powered lower limb orthosis

6. 一人用歩行訓練装置による歩行訓練

歩行訓練には、体幹保持機能を持った歩行訓練装置が必要である。図7の一人用歩行訓練装置は、立位姿勢のまま障害レベルに合わせて体幹吊り上げ率を変えることで、負荷を免荷することができる。靴底には、圧力センサが内蔵されており、常に体重を測定し、一定床反力となるように上部保持機構をサーボし、保持力を一定に保つ。このような訓練装置によって、介護者が左右から訓練者の体を保持することもなく、安心して歩行訓練が行えるもので、本人の歩行意欲を維持できる。また、図中左側に示したものは、下肢動力歩行訓練システムによる訓練様子である。

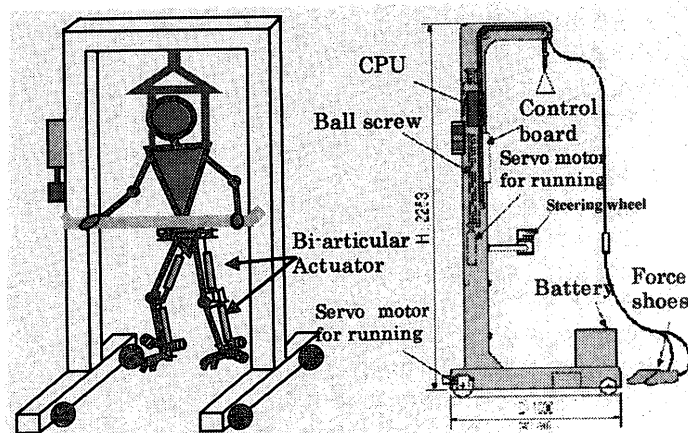


Fig.7 Gait training equipment for one person

7. まとめ

二関節筋を応用した下肢動力装具の機能及び、設計指針を示した。片足の自由度は4自由度でありバイラテラルサーボ系から静止時には、ブレーキ状態を保ち、動作時には、自然歩行に近い歩行シミュレーションが可能になった。動力装具の総重量は設計上7Kgである。以上のことにより、二関節筋アクチュエータを用いた歩行が可能であることを示した。

参考文献

永岡利之, 田島孝光, 斉藤之男: 二関節筋を模倣した歩行用動力装具の研究, 日本機械学会関東支部第7期総会講演予稿集, pp131-132(2001)

菊池一哉, 斎藤之男, 音琴浩: 二関節筋アクチュエータによる下肢動力装具の研究, 電気学会システム・制御研究会, SC-047~22, pp. 53-57(2004-3)