

介護予防に配慮した歩行支援システムに関する研究*

布施 泰史^{*1}・村上 収^{*2}

Study on Walking Support System that Considers Nursing Prevention

Yasufumi FUSE and Osamu MURAKAMI

介護予防の社会的ニーズが高まる中、高齢者・障害者の歩行特性に着目した福祉機器開発が期待されている。筆者らは、先行研究において従来にない脳卒中片まひ者用の片手操作式歩行器（病院施設型）を開発した¹⁾。今回、さらなる安定歩行を実現するため、患側下腿部をアシストする歩行アクチュエータとリハビリテーション病院等から強いニーズのあった屋外向け歩行器について研究を行った。アクチュエータの制御方法としては、被験者の生体信号（表面筋電位）をインターフェースとして用い、能動的にリハビリテーション可能なシステムを構築し、屋外型歩行器については、これまで蓄積した片手操作式歩行器の機能性を活かしたデザイン提案を検討したので以下に報告する。

キーワード：片まひ，リハビリテーション，空気圧人工筋肉，マスター・スレーブシステム

1 はじめに

脳卒中中等による片まひ者数は全国で約27万人（'06年身体障害児・者実態調査）に達しており年々増加の傾向にある。一方、片まひ者のためのリハビリテーション分野における有効な機器の開発は遅れている。特に下肢の筋力低下などから膝折れなどを引き起こすことが指摘されており、患者自身が能動的に早期訓練できる歩行補助機構の開発が望まれている。昨年度までの研究においては、短下肢装具に空気圧人工筋肉を組み込み、圧縮空気の充填・解放を繰り返すことにより、足首の底・背屈をアシストする機構を試作した²⁾。下垂足のリハビリとしては、底・背屈動作機構が有効ではないかと考察したが、座位から立位へ移行する際には下肢の支持性、特に膝のアシストが重要であることを医療関係者から助言された。そこで今回、座位から立位へ移行する際のアシストと膝折れ防止を兼ね備えた新規な膝装具式アクチュエータを検討した。制御方法としては健康な半身側の信号

で患側を制御する新たなマスター・スレーブシステムを実験において検証した。

2 開発内容

2-1 立ち上がり支援システムについて

これまでの研究において、人間が安定した立位をとるには基底面を広くとること、すなわち両足の間隔に余裕を持たせ支持性を高めることが重要であることがわかった。本研究では、短下肢装具型アクチュエータ機構の利点を活かしつつ膝への適用を図るため、標準的に利用されている装具への装着が可能な空気圧人工筋肉式アクチュエータを検討した。図1は、座位から立位へ移行する際の動作をイメージしたものである。



図1 立ち上がり支援システムの特徴

* 介護予防に配慮した歩行支援システムに関する研究
(第3報)

*1 機械電子部

*2 企画・デザイン部

2-2 受動的訓練から能動的自主訓練への展開

片まひ者のリハビリテーションでは、セラピスト介助による歩行支援や徒手による受動的訓練が行われている。しかしながら、このような従来の方法では受け身であるが故、患者自身のパフォーマンスを十分に引き出すことは難しいと考えられ、患者の意志・意欲を引き出す自主訓練を高める新たなリハビリテーションが必要とされていた。そこで、われわれは、片まひ者の半身は健常であることに着目し、健康な半身側の動きを患足側に伝達させる運動として、マスター・スレーブシステムを考案し装具アクチュエータに取り入れることを検討した。主要な補助機構としては、これまでと同様に膝関節の訓練に用いられる膝装具に空気圧人工筋肉を装着する工法を検討し、圧縮空気の充填・解放を繰り返すことにより、膝の伸展・屈曲をアシストするシステムを試作した。

2-3 マスター・スレーブシステム

制御システムの構成としては、マスター側を健足下腿部とし、大腿四頭筋に取り付けた表面筋電位電極からの信号をスレーブ側（患足側）の膝装具アクチュエータの入力信号として出力するようにした。マスター側から取得された筋電 (EMG) 信号の積分値をリアルタイムに空気圧制御システムの比例制御弁に伝達し、スレーブ側では信号の振幅にあわせて空気圧を制御する (図 2, 3)。

実験では健常男性 (41歳) 1名の計測を実施し、空気圧人工筋肉の補助ありを「装具アシストあり」、ない場合を「装具アシストなし」として行った。

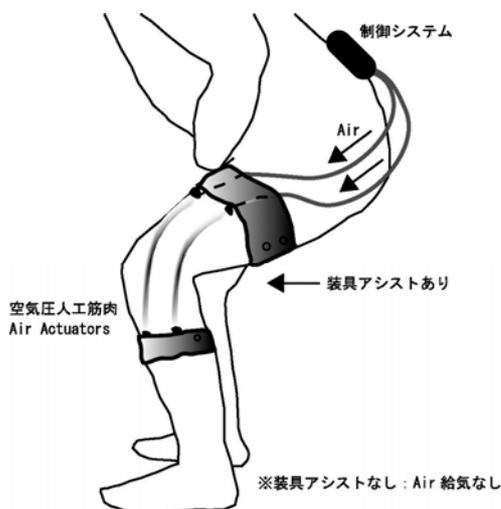
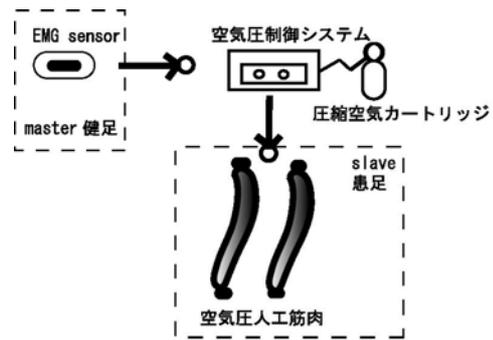


図 2 膝装具式アクチュエータ



マスター・スレーブシステムの制御フロー

- ① 患者の健足下腿部 (master 側) に取り付けられた EMG センサからの信号を空気圧制御システムにより、リアルタイム信号処理する。
- ② システム内の比例制御弁を EMG の電圧値に応じて開度調整する。
- ③ カートリッジ内のガスがレギュレータを通して人工筋肉に送られる。
- ④ 空気圧人工筋肉は膨張・収縮を制御信号により繰り返し、患足下腿部 (slave 側) に装着した膝装具式アクチュエータを患者自身の意志で伸展・屈曲する。

図 3 マスター・スレーブシステムの制御

3 結果

健足側の筋電信号の指令により空気圧人工筋肉を制御し、患足側の膝装具を伸展・屈曲するシステムの実験結果を以下に示す。

3-1 表面筋電位の測定結果

図 4 は、装具アシストの有無によって表面筋電位電圧値に変化があるかどうかを検証した結果で、Personal-EMG (株追坂電子製) で計測した。

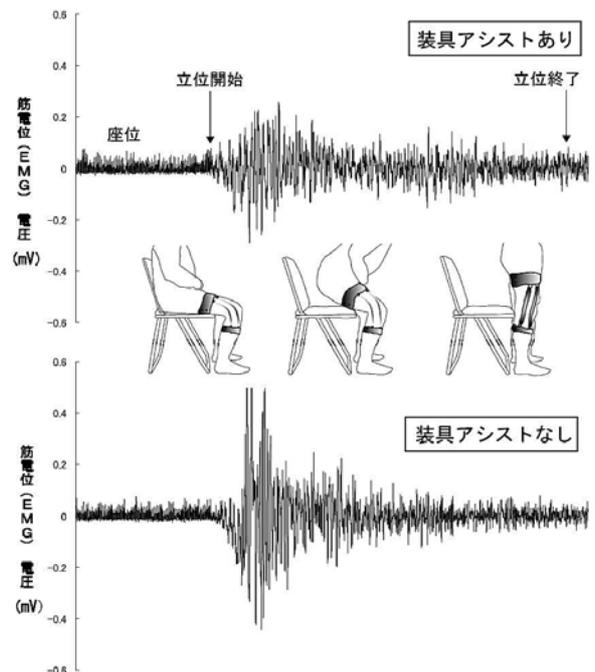


図 4 装具アシスト有無による表面筋電位

座位から立位へ移行すると同時に大腿四頭筋への筋電位が増加したことがグラフから読み取ることができる。ここで波形の振幅に注目すると、「装具アシストあり」の場合、振幅が小さいことがわかった。これを詳しく示したのが図5の筋電位電圧の積分値である。波線が「装具アシストなし」で実線が「装具アシストあり」である。波形の筋電位が小さいほど下肢の筋負担が少なくできるということで装具アシストの効果が現れた結果と言える。図6は筋電位を最大値と平均値で定量化したものである。最大値を比較した結果、「装具アシストあり」の場合約22%の筋負担低減が図られた。アシスト効果という観点から比較した場合、試作した装具は患足への筋負担を低減することが実証できた。

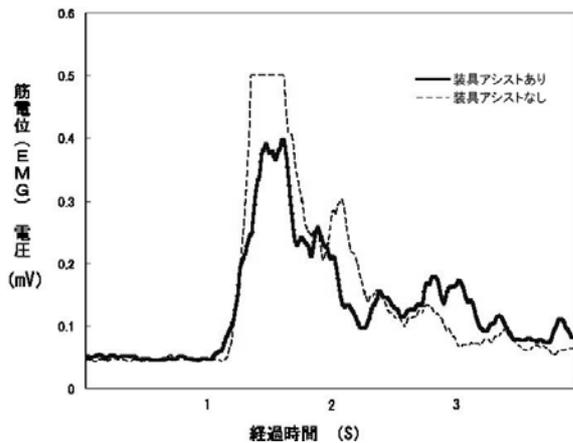


図5 筋電位(EMG)電圧の積分値

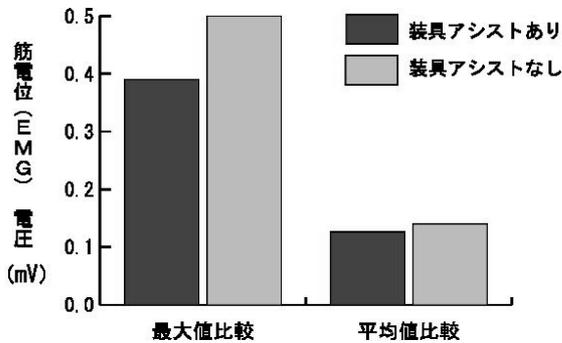


図6 筋電位電圧積分値の最大値・平均値

4 屋外型歩行器のデザイン提案

デザイン面の研究においては、病院や利用者等から屋外で利用できる片手操作式歩行器のニーズが強いことから、椅子、折りたたみ機能を取り入れグリップ形状を調整できる構造でデザインした。図7のように、歩く・座る・収納するの3要素を加えたアクティブなウォーカーをデザイン提案した。

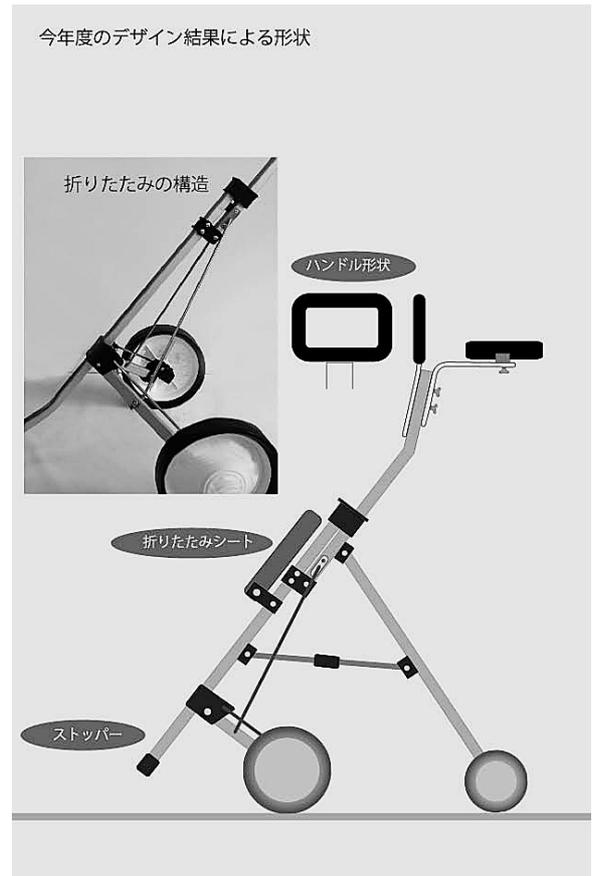


図7 屋外型歩行器のデザイン提案

5 考察

5-1 マスター・スレーブシステムの効果

今回、片まひ者の利用を想定した機器開発として空気圧人工筋肉を組み込んだ膝装具式アクチュエータを研究した。健足側(マスター)の筋電位信号を利用して患足側(スレーブ)装具が伸展・屈曲する、新たな制御方法によるリハビリテーション装具を試作することができた。表面筋電位の実験結果からは、「装具アシストあり」の筋負担低減が確認できた。今回、健常者での実験であったが、興味深いデータが得られたことから今後、臨

床での評価等を予定している。さらなる実用化が進めば、立ち上がり訓練等の場面において介助等が必要な患者への能動的自主訓練として適用が期待できる。

6 まとめ

脳卒中等により運動機能低下を呈した患者のリハビリテーションは、これまでセラピスト(理学療法士、作業療法士)などの専門職による訓練で行われてきた。しかしながら病院等の現場では、近年の介護保険制度の大幅な見直しにより1日あたりのリハビリを受ける時間の制約があり、自主訓練を取り入れることが訓練時間を増す上でも急務ということで「患者の残存機能を活かす技術開発」を研究してきた。そこで注目したのが、患者自身の意志で訓練できる生体信号(筋電位)を取り入れる制御技術である。空気圧人工筋肉アクチュエー

タと組み合わせることにより、人体との親和性も高まり、これまでにはないリハビリテーション装具が実現した。今後、実用化に向けた取り組みを産学官連携で取り組んでいきたいと考えている。

片まひ者用歩行器(ワンハンドウオーカー)については、構想から5年でようやく商品化の目処がたち本県発の福祉機器として今後、県内外にPRし、販路拡大を行っていく予定である。屋外型のニーズも強いことから、操作性や安全性については特に配慮した設計を企業等と連携し進めていきたい。

7 参考文献

- 1) 布施 泰史, 村上 収ら: 第3回生活支援工学系学会連合大会講演論文集, 53 (2005)
- 2) 布施 泰史, 村上 収: 宮崎県工業技術センター研究報告, 52, 31-32 (2007)