

# 対麻痺者用の制御型下肢装具の開発研究 —MRブレーキを応用した背屈制御機構組み足継手部の試作開発と臨床評価—

工学部福祉システム工学科 森本正治  
橋本義肢製作株式会社 橋本泰典

Key Words: 下肢装具 椎麻痺 脊髄損傷 立位歩行補助

## 1. はじめに

下半身の運動機能を完全に喪失し、感覚神経も麻痺している対麻痺者は、従来、車いすが唯一の移動手段であったが、立たせて歩かせることができれば健常者との生活空間の共有が大幅に増大するだけでなく、障害者自身の身体の代謝機能が向上し、延命の効果も期待できる。しかし、現用の下肢装具の中で座位と立位の移行を障害者が自分一人で行えるものは外側支柱方式 (ARGO ; Steeper 社) のみであり装着が困難という問題があった。

この問題を解決するために、我々は対麻痺者用の、日本の生活環境に適した着脱が容易で、膝継手部に組込んだ膝屈曲・伸展のロック (解除) をケーブルで操作する機械的な記憶機構により立位と座位の移行を一人で行え、股継手部にはリンク機構による生理的な股関節高さと一致した回転軸と、両脚の長下肢装具との着脱機構とを備え、足継手部には足関節背屈補助機能を組込んで両手杖歩行で脚の滑らかな振出を可能にする内側支柱式下肢装具を開発することを目指した。既に膝継手部のロック・アンロック操作を手先の把持能力が弱い対麻痺者でも容易に行えるメカニカル記憶機構を組み込んだ膝継手部を試作開発した。本報告では、これと組み合わせて使用し、遊脚期に分回しや体幹の大きな側方傾斜を行わなくても足底が地面と接触せず脚を滑らかに振り出せるよう遊脚期に装具の足継手部を背屈位に保持して立脚期開始直後に解除する足関節背屈補助機能を組込んだ足継手の試作結果について述べる。

## 2. MR流体による足継手ブレーキトルクの生成

MR 流体 (Magneto-Rheological Fluid) は磁場の変化に対して見かけの粘性を数[ms]の間に非常に速く変化させる機能性流体の一種であり、通常はニュートン流体に近い特性を示すが、磁場を印加するとビンガム流体に似た特性を示し、さらに磁場の強さに応じて降伏応力が変化する。剪断速度が0の静止状態でも降伏応力が発生するのでブレーキに用いることができ、磁場を印加することで数十[kPa]の大きいせん断応力を発生できるので、他の機能性流体に比べて小型軽量化が可能となる。

## 3. 足関節背屈補助機能組込足継手機構の試作

遊脚期に足底が地面と接触せず、脚を滑らかに振り出せるように (分回し歩行や体幹の大きな側方傾斜を伴う歩行を行わない) するためには、遊脚期に装具の足継手部を背屈位に保持して立脚期開始直後に解除する足関節背屈補助機能が必要である。メカトロニクス技術を応用して、歩行の各時期を検出して背屈保持開始時と解除時を決定し、機能性流体の一種である磁性流体の流量を永久磁石移動による磁場強度調節方式により制御して、僅かなエネルギーで足継手を背屈位に短時間保持する機構を実現した。

### 3.1 遊脚期の足継手背屈位固定のためのブレーキトルク

遊脚期に装具の足継手部を背屈位に保持するブレーキトルク<sup>3)</sup>は症例ごとに異なり分散が大きいかれども、対麻痺の場合は痙攣などによるトルクを考慮する必要がないので、最大トルクは約10[Nm]以下でよいと考えられる。この程度のブレーキ力であれば、リニア型の場合にレバーアーム

長10[cm]とすれば100[N]の力を出せればよく、機構設計も容易であるが、後方への突出部があり実用的ではない。これを解決するため、扇型構造のブレーキ機構を設計した。空気圧アクチュエータ程度のシーリングを保持することは比較的容易であるので、最大圧力を 10[kgf/cm<sup>2</sup>]程度として構造寸法を計算した。扇型内部のペーンの面積  $S[\text{cm}^2]$ 、平均半径  $r_0[\text{cm}]$  とすると、 $S \cdot r_0 \geq 10$  である。 $r_0$  が 3[cm] の場合は扇型の外周半径が 7[cm] 内周半径が 1[cm] 程度になり、ペーンの幅は 0.55[cm] となる。また、 $r_0$  が 2[cm] の場合は扇型の外周半径が 5[cm] 内周半径が 1[cm] 程度になり、ペーンの幅は 0.825[cm] となる。摩擦抵抗を考慮しても、扇型の幅を 1[cm] 程度にすればよく、この程度の大きさであれば装具の足継手部として組込むことができる。

### 3.2 足継手MRブレーキ機構の構造

試作した足継手MRブレーキはアルミ合金製で重量は約400gである。外部流路の間隙は幅 8mm で厚さは 0.8[mm]、0.6[mm]、0.4[mm]、0.2[mm] を用意し、交換できるようにした。MR 流体は LORD 社の MRF-132AD、MRF-122-2ED を用意して、個々の障害者に必要なブレーキ力に対応できるようにした。図1に実際の下肢装具に組み込んだ外観を示す。制御回路部、足底スイッチ、電池部を含め、装具の外側に取り付ける構造とした。制御回路部は Visual BASIC でプログラム可能な 8 ビットマイクロ プロセッサを用い、足底スイッチの ON/OFF 情報により永久磁石移動用サーボモータを駆動する。MR 流体外部流路に永久磁石を接近させて閉にした状態と、永久磁石を離して開にした状態との間の磁石移動回転角度は約 30 度であり、移動に要する時間は 0.04[sec] で、装具歩行には十分に追従できる。



図1 装具足継手部に組み込んだMRブレーキ

## 4. おわりに

対麻痺者が一人で容易に着脱でき、両手杖使用による椅子座位と立位の移行と円滑な歩行運動ができることを目指した内側支柱方式の下肢装具の開発を目標として、磁性流体の流量を永久磁石移動による磁場強度調節方式により制御して、僅かなエネルギーで足継手を背屈位に短時間保持する機構を試作した。今後、ブレーキ機構の小型軽量化・モジュール化等をはかって臨床での使用に耐える下肢装具の製品化を目指す予定である。

連絡先: Tel/Fax: 086 256 9785 E-mail: morimoto@are.ous.ac.jp