

THE ÖSSUR NEWS

Rheo Knee™

テクノロジーとアプリケーション

通常の機械的摩擦や空圧、または油圧による膝継手の制御メカニズムは、決まった設定に調節されて作用している。マイクロプロセッサは歩行周期の異なりを検出し、限定された範囲内での抵抗と速さで反応する。中活動度の義足ユーザーは歩行速度を変える可能性をもつと考えられているが、膝継手の固定されたパラメータ（制限範囲）が、期待される可能性の使用範囲を制限していることがしばしばある。ダイナミックな膝制御システムは使用範囲の可能性を広げ、大腿切断者のエネルギー効率を向上することを目的としている。Rheo Knee™は、自動調整ソフト（DLMA, Dynamic Learning Matrix Algorithm）により連続的に切れ目無く遊脚・立脚期のユーザーのニーズに適応する。これを可能にしたのは、1000Hzで装着者に反応ができる特性をもった、磁気粘性流体（以下MR流体）の革新的な使用による。MR流体の使用と他の特徴との組み合わせにより、この膝継手は大腿切断者のエネルギー効率を向上する手助けとなる。



テクノロジー

MR流体制御のメカニズム

MR流体制御メカニズム技術を応用した他の分野（例：耐震、ショック吸収、ロボット工学）では、フローモード（流動モード）が使用されるのに対し、Rheo Knee™ではシアモード（剪断モード）を使用して遊脚と立脚期での抵抗を調整している。1999年にMIT（マサチューセッツ工科大学）のHugh Herr教授が、初めてシアモードで働くMR流体の制御技術を開発し、義足の膝継手に組み込んだ。シアモードでは、アクティブな接触面積が著しく増大するため、フローモードで制御するメカニズムと比較すると、必要なエネルギー量と全体のサイズを減少することができる。össur社、メカトロニクス部のエンジニアは、このプロトタイプから現在のRheo Knee™を開発した。

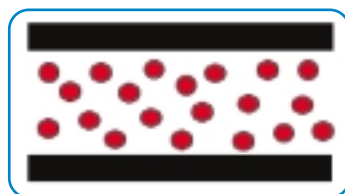


図1
MR流体中の不規則なマグネティック粒子の構造

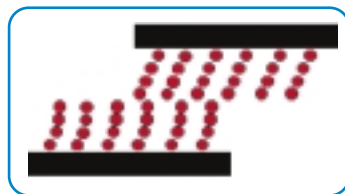


図2
磁場の影響下でのソフトマグネティック粒子の配列

MR流体は、キャリアオイルとわずか数マイクロメートルの大きさのソフトマグネティック粒子を含む懸濁液である。磁場の影響を受けると、粒子が鎖状の構造と

なり（図1,2）流体の粘度を変化させる。この変化は、遊脚と立脚期に膝継手が制御されたり作用するための抵抗に影響を与える。

磁化したプレートが互いに動いたとき、これらの構造は形態を失う、つまり鎖がくずれ、再形成される（図3）。

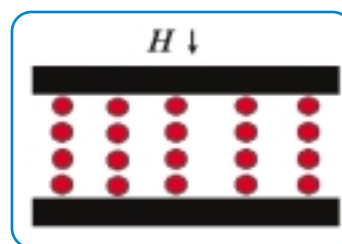


図3
プレートが互いに対抗して動くとき、粒子は分裂され、再形成する。

MR流体の反応時間がごく短いことから、1000Hzの頻度で制御することにより、抵抗を迅速に変更し歩行速度の変化に素早く適応するためにこの効果を利用することができる。この特徴は、MR流体制御と従来からある他の制御メカニズムとを区別するものである。油圧制御システムと磁性流体システムは、立脚から遊脚期への移行期において異なりがある。MR流体制御メカニズムでの早い抵抗の変化は、遊脚期初期でのより早い膝屈曲を可能にする。これにより、地面とのクリアランスが早めにもたらされ、前額面における骨盤の傾きの正常化を手助けする。従来の油圧方式はフローモードで操作されるので、流れの向きを逆転するとき、強い抵抗を乗り越えなければならない。



Life Without Limitations

ソフト

自動学習機能のあるDLMAのソフトは、MR流体システムと平行して開発された。過去においては、よく知られたタイプの膝継手の調節は、通常、義肢装具士によってされなければならなかった。調節の値は、通常、ユーザーが安全に快適で、自然に活動できるまで、テスト歩行を通して導かれたものである。テスト中の状況に沿って得た、これら調節した設定はいつも理想的であるわけではない。一度テストフィッティングが終わった後も、ユーザーの歩き方や他の影響による変化には、調節が再度必要ということになる。例えばユーザーが動作の速さを変えれば、抵抗値は同じ値に留まらない。Hugh Herr博士は、パッシブな機械的な膝継手の場合でも、自動調節ソフトと統合したセンサーにより、十分に生理学的な歩行を獲得できると仮説を進めている。(1)

この目的をもって、Rheo Knee™は5つのステージで自然な動作周期を記録するようプログラムされている。

立脚期の屈曲

ヒールコンタクト時に、膝のゆるやかな屈曲が始まる。

立脚期の伸展

立脚相での最大屈曲がもたらされてから、膝は最大伸展する。

立脚終末期(遊脚移行期)

立脚期伸展の終わりに、膝は屈曲を始め、足部は遊脚期をもたらすために地面を離れる準備をする。

この時、ダブルサポートが始まる。伸展モーメント(つま先への最大荷重)がこの期で限定される。Rheo Knee™は、立脚期後期での伸展モーメントを計測し、

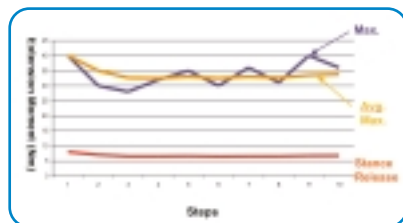


図4
トリガーマーメントの大きさを決定する、立脚終末期での最大伸展モーメントから計算された、平均値(最大平均カーブ)

平均値を計算、トリガーマーメントの閾値となる因数を代入する。(図4) これは、動的な伸展モーメントを計測していることと、ユーザーの活動の変化に追従できることを意味する。

遊脚期屈曲

足部が地面を離れ、膝がさらに屈曲し股関節が動く。

遊脚期伸展

最大屈曲の後、伸展が始まる。踵が次のステップのために床につく。

これら5つの期の中では、限定された移行のみが許容される。最大の安全を確保するために、いつでも立脚期屈曲に変化させることが可能である、例としてつま先く時である。認識された歩行周期内での他の許容された移行は、立脚期伸展を省略することを可能にする。つまり膝継手は立脚期屈曲直後にトリガーステージに移行する。Rheo Knee™がどの期にスイッチするかを決定するのは、何分の1秒で行われるので、これらの工程にユーザーは気づくことはない。

歩行周期の異なりを認識する膝継手の能力に加えて、制御アルゴリズム(演算法)は、歩行周期が相互にどう関係しているかを測定している。

このようにして、立脚期のインプットから次の遊脚期へと抵抗が調節される。立脚期において歩行速度の増大がただちに認識され、それに応じて遊脚期での抵抗が調整される。この“リアルタイム”調整の働きが、フィールドテストでのポジティブな評価から得られたことを確認しておきたい。

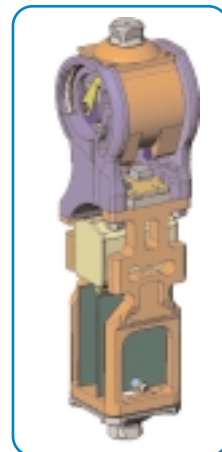


図5 膝継手のデザイン図

以下次号へと続く

出典:

Orthopadie-Technik Quarterly, English edition II / 2005
Published with courtesy of ORTHOPAEDIE TECHNIK (Germany)"

参考文献:

- (1) Herr, H., A. Wilkenfeld: User-adaptive control of a magnetorheological prosthetic. Industrial Robot: An International Journal, Volume 30,(2003), 42-55
- (2) Kelso, S. P.: Precision Controlled Actuation and Vibration Isolation Utilizing Magnetorheological (MR) Fluid Technology, American Institute of Aeronautics and Astronautics 2001-4568, 1-8

著者:

K.Lechler, OMM
Ossur Hf. R&D
Grjothals 5
IS-110 Reykjavik



Life Without Limitations