カラダ技術に関する最先端製品

C-Leg[®]義足における
ニューテクノロジーA New Prosthetic Kneejoint System C-Leg[®]

執筆者プロフィール

月城 慶一
Keiichi TSUKISHIRO

1965年5月生まれ

2003年工学院大学工学部機械工学科卒業

■主として行っている業務・研究

・義足の開発, 技術サービス

■所属学会および主な活動

日本義肢装具学会, 日本義肢装具工協会

■勤務先

オットーボック・ジャパン (株) 技術部長

(〒106-0047 東京都港区南麻布3-19-23

オーク南麻布ビル2F)

E-mail: tsukishiro@ottobock.co.jp)

1. はじめに

義足のニージョイントに最も求められる機能を二つ挙げるとすれば、立脚相制御（膝折れ防止）と遊脚相制御（歩行スピード変化に対する追従性）である。前者にはロック機構や荷重ブレーキ、4節リンク機構、バウンシング機構、イールディング機構などがある。後者には定摩擦や伸展補助ばねなど角速度によらず常に一定の抵抗を発揮する機構、流体機構（空圧や油圧）といった角速度の変化に対しある一定の範囲であれば抵抗が変化する機構がある。C-Leg[®] (computerized leg) はさらに一歩進んで、センサとマイク

ロプロセッサ、油圧機構からなるメカトロニクスにより立脚相と遊脚相の両方が制御される初めての膝継手システムで、個々の装着者のニーズとポテンシャルに合わせた義足の適合を可能にしている。例えば、歩行スピードを変えた滑らかかつ安全な歩行、脚を交互に振り出して階段を下りることなど、従来のニージョイントでは困難であったことを可能にする(図1)。

この研究プロジェクトは1980年代の終わりにカナダ、アルバータにあるエドモントン大学のケリー・ジェームスを中心とした研究グループによって進められ、オットーボック社が製品化したものである。C-Leg[®]は自然な脚に最も近づいた義足として義足の歴史上、飛躍的出来事と注目されている。

2. 構造

C-Leg[®]は以下の構成要素から成る単軸構造である(図2)。①カーボンフレームは構造上の支えとして②膝継手上部と連結している。本体の下部は③クランプとなっており、ひずみゲージを内蔵した④パイプアダプタが固定される。本体中央には⑤サーボモーター付油圧シリンダが取り付けられており、⑥マイクロプロセッサは本体前面に内蔵される。

機能的に注目すべき点は、装着者の歩行が今どのタイミングにあるか、セ

ンサによって検知され、マイクロプロセッサに取り込まれて処理されたデータによって最適化されることである。

まず足関節部分の曲げモーメントと屈曲角度がセンサで検知される。ひずみゲージと角度センサが検知したデータをマイクロプロセッサへ送り、必要とされる油圧抵抗が計算される。以上のプロセスは毎秒50回の頻度で繰り返される。

踵^{かかと}接地の際、油圧抵抗が膝折れを防ぐ。この抵抗は前足部へ荷重が移行するとなくなり、エネルギー消費の少ない遊脚相への楽な動きを可能にする。遊脚相における動きの制御は、装着者の歩行スピードを検知して瞬時に働く。踵は決して跳ね上がることがなく、ターミナルインパクトなしに膝は伸びきる。それによって歩行に要するエネルギー消費が低く抑えられる（すなわち楽に歩ける）。エネルギー供給のためのリチウムイオンバッテリーは膝軸の中に組み込まれている。バッテリーは1日1回装着者によって充電される。

3. 調節方法と機能

ゼロセッティング（センサのキャリブレーション）をまず行う。その際、装着者は平行棒がクラッチを持って立ってもらいC-Leg[®]に荷重しないようにしてもらう。その他の調節機能は以下のとおりである。

図1 脚を交互に振り出して階段を降りる

図2 C-Leg®の構成パーツ

- *切替わりポイント：安定性の非常に高い状態（膝が曲がりにくい）から膝をスムーズに曲げ足を振り出す状態へ切り替えるポイント
- *立脚相の屈曲抵抗：いすに腰掛けたり坂道や階段を下りる動作のための抵抗。好みの抵抗値にする。
- *スイング抵抗：スイング制御は膝の角度と角速度によって決まる。装着者に合わせて設定がなされると、必要とされる抵抗値は歩行の動きと共に自動的に変化する。これによって屈曲抵抗は必要とされるタイミングで働くので、装着者は抵抗なく下腿を振ることができ、疲れが少なくきれいな歩行ができる。
- *日常生活とは違う場面用のモード：例えばC-Leg®をロックし、長時間立ち仕事をする、立脚相制御なしで自転車をこぐ、もしくは屈曲可動域

を制限しクロスカントリー・スキーをするといった設定が可能（注：入力できる設定は一つ、どれか一つの動作を選択し、違う設定にする場合は再入力が必要）

以上の調節は義足の製作と適合の専門家である義肢装具士によって行われる。

従来の一般的な膝継手と比較してC-Leg®の利点を以下に挙げる。

- *電子制御による立脚相の安定性により、装着者自身による膝折れを防ぐ労力が軽減される。
- *体重をかけながら屈曲が可能
- *階段や坂道を楽に下りることができるので、健側への負担が軽減される。
- *遊脚相へ楽に移行できるので、歩行に要するエネルギー消費が抑えられる。
- *義足の動きがとても自然

- *さまざまな歩行スピードにおいて調和のとれた左右対称の歩行が可能

4. まとめ

義足パーツの開発は装着者のQOL（クオリティーオブライフ）を高めることを目標に行われる。C-Leg装着者は環境により適した状態で日常生活を送っている。C-Leg装着者の感想として、“私はもう自分の義足に集中する必要がなくなった”という言葉が頻繁に聞く。そして彼らが義足生活において自分に集中する必要がなくなった結果、より多くの注意や気持ちを彼らの周囲へ広げることができている。C-Legはまさに環境に適した義肢といえる。