

歩行時のエネルギー回生を考慮した短下肢装具の開発

知能機械力学研究室

長田寛志

1. 緒言

脳卒中障害等による片麻痺患者の多くは、麻痺側の足先の垂れ下り（下垂足）による転倒などを防ぐ目的として短下肢装具（以下 AFO）を用いる。現在では外観がよく、安価、軽量などの点からプラスチック製の靴べら型 AFO (Fig.1) により足首を固定することで下垂足の防止が図られているのが一般的だが、剛性の高い装具で足首を固定すれば、健常者と違った歩行を強いられることになる。

健常歩行では足首関節回りに適切な制動モーメントをかけることでなめらかな歩行を実現していることから、なめらかな歩行を実現するためには歩行状態に合わせて適切な制動モーメントを発生させる必要があると考えられる。

本研究ではこのことに着目し、歩行状態に合わせて足首関節の減衰係数を可変することによって適切な制動モーメントを与えることが可能なインテリジェント AFO を開発した。このとき制動モーメントを発生させるために DC モータの電磁ブレーキを利用し、昇圧チョッパを PWM 制御することによって減衰定数の可変制御を行っている。またその過程で生まれる電気エネルギーを回生し充電することで、長時間使用可能なインテリジェント AFO の開発を行った。

2. 開発した AFO と実験内容

Fig.2 に示す開発した AFO は、足首関節が自由に回転可能なプラスチック製 AFO をベースとし、歩行状態のセンシング用に感圧センサを足裏 2 か所、ふくらはぎ部にコントローラと DC モータを取り付けてあり、足の動きに連動してモータが回転し発電する機構となっている。足裏のセンサから歩行状態をセンシングし、それに応じた減衰定数を設定することでできるだけ自然な歩行に近づくように歩行補助を行う。



Fig.1 Plastic AFO



Fig.2 Overview of the developed AFO

2.1 歩行時の昇圧電圧測定実験とその考察

歩行 2 周期間の DC モータ発電電圧とその時の昇圧電圧の測定を行いその有効性を検討した。Fig.3 に実験結果を示す。歩行開始直後の昇圧量は少ないが、2 周期目からは歩行に勢いがつき昇圧量が上昇傾向にあり、さらに連続して歩行を行うことで 6V 程度までの昇圧が可能と考えられる。これだけの昇圧が可能であれば、バッテリーへかなりの回生が可能と考えられ、実際にバッテリーを取り付け、充電時のみ LED が点

灯する簡単な実験を行った。結果、モータ回転時にはほぼ常に LED が点灯し充電が確認された。このときの電流はバッテリーの電圧と内部抵抗からオームの法則より 200~300mA 程度となり、消費電力をほぼ補うことが可能と考えられる。

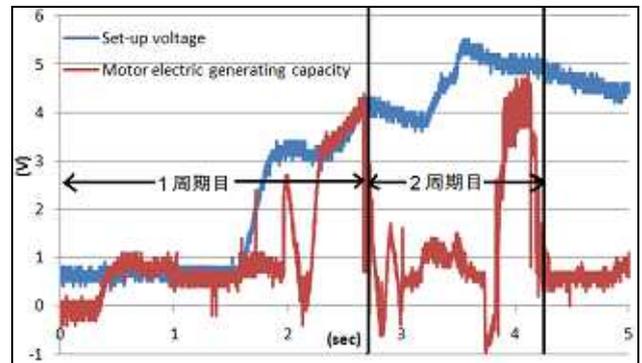


Fig.3 Set-up voltage

2.2 歩行比較実験とその考察

健常者の歩行と健常者が片麻痺歩行を模倣した場合とを 3 次元動作解析システムによって比較し、有効性を検討した。膝、足首、つま先に測定用マーカーを装着し足首関節角度を測定した結果を Fig.4 に示す。

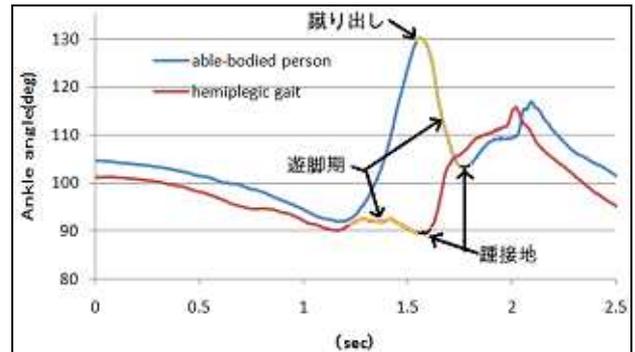


Fig.4 Ankle angle

蹴り出し以外の部分で健常者の歩行とほぼ同じ結果が得られ、下垂足を防ぎながらなめらかな歩行が行えていることが読み取れる。このことから歩行状態をセンシングし、それに適した減衰定数の設定が行えていると考えられる。

3. 結言

本研究では AFO による片麻痺歩行の補助において歩行状態に適した足首回転の減衰制御が重要であることに着目し、足首部の回転減衰が歩行状態に応じて自由に变化可能な AFO を作製した。また、歩行時に発生する運動エネルギーをバッテリーへと回生することで長時間使用可能なインテリジェント AFO を目指し研究を進めた。研究の結果、下垂足の抑制と、健常者の歩行に近いなめらかな歩行が可能であることと、消費電力をほぼ補うことが可能であることを示した。今後は、計測データと理論から、どの程度消費電力を補えることが出来ているのかを検証する予定である。