

下肢麻痺者のためのシンプルな歩行補助装具システム

渡邊恭弘(福岡工技セ) 奥村克博(福岡工技セ) 石田康弘(福岡工技セ)

立石憲治(アイクオーク) 中西貴江(産業医大) 和田太(産業医大) 加藤徳明(産業医大)

蜂須賀研二(産業医大) 中元洋子(産業医大病院) 荒井光男(荒井義肢製作所)

1. はじめに

下肢麻痺者は歩行時の膝折れを防ぐために、長下肢装具(*1)を使用します。膝関節を伸展位に固定するために、リング状になった金具で固定する輪止め式や、膝を完全伸展させると自動的にロックがかかるスイスロック式等の膝継手(*2)を使用します。これら膝継手を使用することで膝折れを防ぐことができ安全な歩行ができますが、足を振り出す時に膝の屈曲がないため歩行が困難です。そのため患者から、立脚期(*3)に膝を伸展位に固定し、遊脚期(*4)に膝の固定が解除され自由に屈曲できる膝継手の強い要望があります。

そこで私達は、装具の足圧パターンから人の動きを推定し、歩行タイミングに合わせて膝のロック状態を制御する歩行補助装具システム[3][4]を開発しました。ポリオ患者による歩行解析を行い、遊脚期に膝が屈曲して、自然な歩行ができました。

*1 長下肢装具: 膝関節、足関節および足部の動きを制動して歩行を支援する補助具

*2 膝継手: 装具の大腿部と下腿部の構造を連結させる部品

*3 立脚期: 脚で体重を支える時

*4 遊脚期: 脚を前方に振り出す時

2. 歩行補助装具システムの開発

下肢麻痺者の要望に対して、すでに振り子式膝継手[5]がありますが、重量があるので患者への負担が大きく、予期せぬロック解除が起こるので日本では普及していません。また、パワーアシストスーツ[6]には駆動時間と価格の問題があるので、日常使用で普及するにはまだ時間がかかりそうです。

そこで、予期せぬロック解除が起こらず、使用中の長下肢装具に簡単に後付で装着できて、小型軽量低価格で患者に優しいシステムを目標としています。

2.1 機構コンセプト

このシステムでは、図1のように長下肢装具で一般的に使用されるスイスロック膝継手を活用します。膝を完全伸展させると“内蔵バネ”で自動的にロックがかかるので、このロックを解除する機構だけに限定することで、非常にシンプルに設計できます。よって、人の動きを推定するための足裏センサと、膝のロック状態を制御する基板と、ロック解除用モータだけを、長下肢装具に装着して使用します。

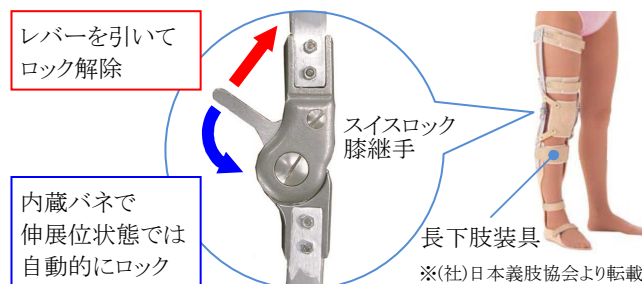


図1 機構コンセプト (スイスロック膝継手の活用)

2.2 ワイヤー方式コントローラ

このシステムを使用するために、制御基板やモータ、充電電池を装具に取り付ける場合、重量物が脚部に集中するので患者が重く感じます。

そこで、図2のように制御基板等をまとめ、手のひらに収まるサイズまで小型化したコントローラを製作しました。コントローラとスイスロック膝継手をワイヤーで繋いで長下肢装具から分離させて、重量物を腰以上の位置に持つことで患者は軽く感じることができて、負担を減らすことができます。



図2 コントローラの構成

2.3 歩行補助装具システム

図3はカーボン長下肢装具に後付で装着した歩行補助装具システムです。

このシステムは表1の部品で構成されていて、総重量は200gを下回ります。さらに、重量の大半を占めるコントローラを、脚部ではなく腰以上に持つことができるので、患者は数値以上に軽く感じます。装具自体にはワイヤーとワイヤーを固定するロックジョイント金具、足裏センサのみを装着すれば良いので、装具自体の重量増加は100g未満に抑えることができました。

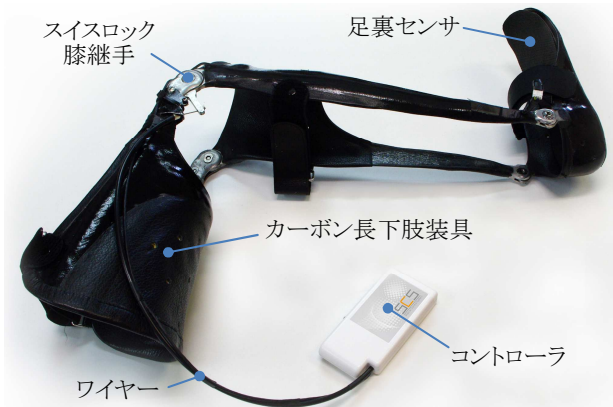


図3 歩行補助装具システムを装着した長下肢装具

表1 歩行補助装具システムの構成

構成部品	サイズ、重量
コントローラ (制御基板、モータ、充電池)	125×60×20mm, 120g
足裏センサ	厚み3mm, 10g
ワイヤー	φ5mm, 60g

コントローラはワイヤー方式で長下肢装具から分離しているので自由に装着できます。図4のように、首から下げたり、腰のベルトに巻きつけたりして装着します。

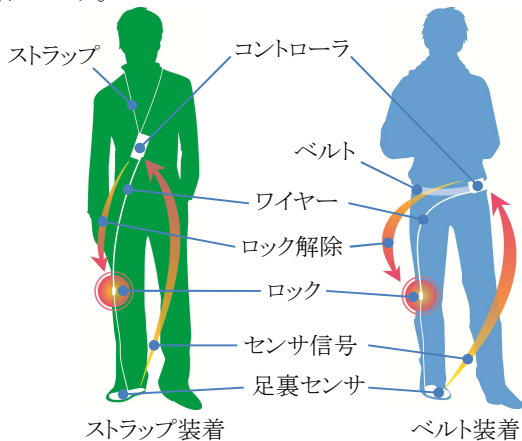


図4 コントローラの装着例

3. 動作確認

(A)装具なし、(B)通常の長下肢装具（膝固定）、(C)歩行補助装具システムを装着した長下肢装具（立脚期：膝ロック、遊脚期：膝ロック解除）の3種類について直線歩行を行い、3次元歩行解析装置、床反力計を使用して歩行解析を行いました[1][2]。

図5は、右上肢重度麻痺、左下肢に中等度、右下肢に軽度の弛緩性麻痺があるポリオ患者（男性、64歳）の歩行時のスティックピクチャーです。(A)では立脚期にも膝屈曲が見られて、膝折れの可能性があります。(B)では膝が固定されているので、振り出しが困難でした。(C)では立脚期に伸展位で固定されて安

定し、遊脚期に膝関節が屈曲してスムーズな振り出しができて、自然な歩行が得られました。

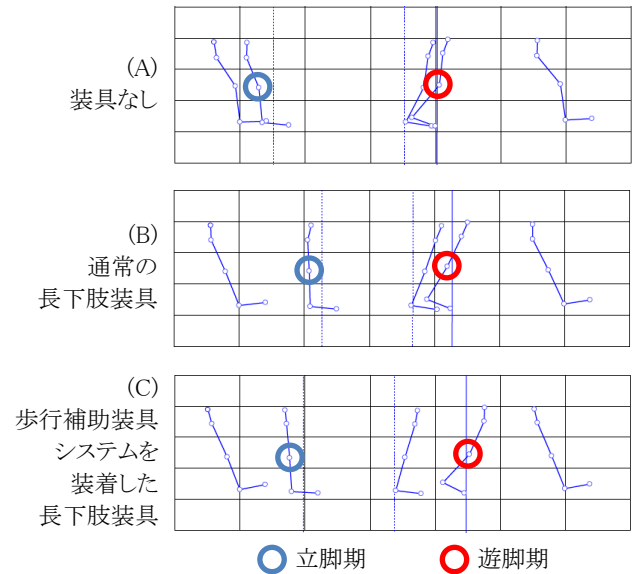


図5 歩行補助装具システムの有無による歩行比較

4. おわりに

私たちは、歩行タイミングに合わせて膝のロック状態を制御する歩行補助装具システムを開発しました。一般的なスイスロック膝継手を活用することで、非常にシンプルなシステムができました。ポリオ患者の歩行解析でも効果的なことがわかりました。

謝辞

独立行政法人科学技術振興機構（JST）「平成22年度A-STEP【FS】探索タイプ」、およびロボット産業振興会議「平成23年度ロボット技術実用化事業」の助成を受けて行いました。深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 中西貴江, 和田太, 加藤徳明, 蜂須賀研二, 中元洋子, 古田奈美, 渡邊恭弘, 奥村克博, 荒井光男: “立脚期制御膝継手を用いたポリオ患者の歩行解析”, 第28回産業医科学会総会, 2010.
- [2] Nakanishi, Y., Katou, N., Wada, F., Hachisuka, K., Watanabe, Y., Okumura, K., Arai, M.: “Development of a simple stance-control system for persons with poliomyelitis and an associated gait analysis”, 2012 ICME international Conference on Complex Medical Engineering, pp.169-173, 2012.
- [3] 渡邊恭弘, 奥村克博, 中西貴江, 和田太, 加藤徳明, 蜂須賀研二, 中元洋子, 古田奈美, 荒井光男: “下肢麻痺者のための立脚期制御膝継手システムの開発 —ポリオ患者の自然な歩行—”, ロボティクス・メカトロニクス講演会2012講演論文集, 2P1-T10, 2012.
- [4] 渡邊恭弘, 奥村克博, 石田康弘, 立石憲治, 中西貴江, 和田太, 加藤徳明, 蜂須賀研二, 中元洋子, 荒井光男: “下肢麻痺者のための簡易な歩行補助装具システムの開発 ~システムの小型化、軽量化~”, ロボティクス・メカトロニクス講演会2013講演論文集, 2P1-C09, 2013.
- [5] BASKO HEALTHCARE: “SPL 2 Hinge system”, <http://www.basko.info/>
- [6] CYBERDYNE 株式会社: “ロボットスーツ HAL®”, <http://www.cyberdyne.jp/>