

圧縮コイルばねを利用した片麻痺患者向け歩行補助装具の開発

大和朋生[†] 村田嘉利[†] 鈴木彰真[†] 佐藤永欣[†]

岩手県立大学ソフトウェア情報学部[‡]

1. はじめに

国内において脳血管疾患患者数は 117.9 万人に上り¹⁾、片麻痺等の障害が残る場合が多い。そのような患者は、転倒によるけがの危険性が高いとされる。中でも歩行中の転倒発生率は 40~60%と言われ²⁾、原因として蹴り出し力低下を要因とするつま先や足全体を引きずるような歩行形態が挙げられる。その問題解決手段の 1 つとして、圧縮コイルばねによる地面反力を利用した蹴り出し機構を備えた靴が考えられる。本靴の利用により、脳血管疾患による片麻痺患者や筋力が低下している後期高齢者らへの歩行時の蹴り出しの補助効果と、それによる転倒の減少が期待できる。

本稿では、蹴り出し補助機構を備えた靴を作成し、片麻痺患者と学生を対象とした歩行実験を行った。その補助効果を角速度と筋電位の 2 つの観点より検証し、一定の有用性が見られた。

2. 関連研究

平瀬らは、高齢者を中心にみられる足を引きずりながら歩く歩行形態に、下肢筋力低下との相関があるとし、その歩行形態が転倒の危険につながるとしている³⁾。

吉田らは、片麻痺患者と健常者両者に対してウェアラブルデバイスを用いて蹴り出し力とつま先の上げ角度を計測している。その結果、健常者に対し片麻痺患者は蹴り出し力、つま先の上げ角度共に低いことを確認している⁴⁾。

3. 圧縮コイルばねを利用した歩行補助装具

平瀬らの研究³⁾⁴⁾において、蹴り出し力の低下が、つまずきや転倒につながることが分かった。そこで図 1 に示す補助機構を備えた靴を作成した。

今回作成した靴は 2 つの機構を持つ。1 点目は、踵部の圧縮コイルばねを用いた蹴り出し補助機構である。これにより、足の踏み込みと同時に圧縮



図 1 補助機構を備えた靴

コイルばねが縮み、足が地面から離れる際にばねが開放されることによって、蹴り出し力を生む。2 点目に、つま先部のローラーを用いた転倒防止機構がある。これにより、片麻痺患者特有のつま先垂れによるつまずき・転倒を防止する。今回作成した靴は右足のみ補助機構を持つ。ばねの強さは、最大圧縮から解放する際に 15kg 程度の重量を持ち上げる強さのものである。靴のサイズは、片麻痺患者に多く見られる足の腫れを想定して 28 cm のものを作成した。被験者によっては大きすぎたため、マジックテープで固定して実験を行った。

4. 歩行補助装具の効果の検証

4.1. 角速度による補助効果の検証

蹴り出し力は踵部の角速度となってあらわれることから、補助靴を履いた時とそうでない時で角速度がどのように変化するかを比較した。利用したジャイロセンサは、STMicro-electronics 社製 STEVAL-WeSU1 である。靴外部の踵部にマジックテープを使用しセンサを固定した。

吉田らの研究⁴⁾において、健常者と片麻痺患者の歩行形態が異なることがわかる。1 点目に蹴り出し後の遊脚期のつま先の床に対する角度が小さいことが挙げられる。これは、転倒につながりやすい特徴である。つま先の床に対する角度が小さいことで、つま先が地面に引っ掛かりやすくなり転倒につながる。次に、健常者より片麻痺患者のほうが蹴り出しの力が弱く、値が安定しないことが挙げられる。これらを元に比較を行った。

Development of Walking Supporting Device with Compression Coil Spring for Hemiplegia Patient

[†]T. Yamato, Y. Murata, A. Suzuki and N. Sato

[‡]Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

実験では、片麻痺患者に通常靴で歩いてもらった後、補助靴に履き替えて歩行してもらった。1歩ごとの蹴り出し力の例を図2に示す。本グラフでは、補助靴を用いることにより、通常靴の場合より蹴り出し力が低く安定していることがわかる。健常者9人に対して同様の実験を行い、各人の平均値と標準偏差を図3に示す。いずれの被験者においても、補助靴の蹴り出し力は、通常靴の蹴り出し力を下回っている。

これは通常靴を履いた場合、自分の足の力で蹴り出しを行わなければならないのに対して、補助靴を用いることで補助靴の蹴り出し補助に頼った形の歩行ができたと考察する。補助靴のほうが、値の推移が安定していることについては、圧縮コイルばねによる押し出しの力に頼ることでばねの推進力が値に現れる形となっている。

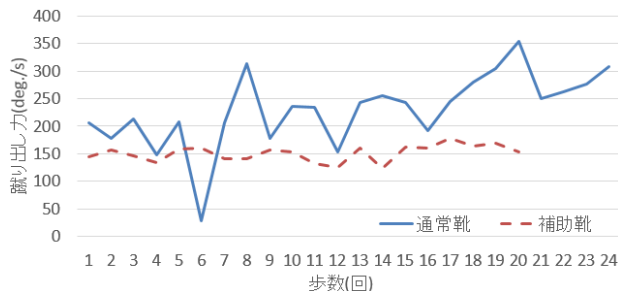


図2 片麻痺患者 右足蹴り出し力比較

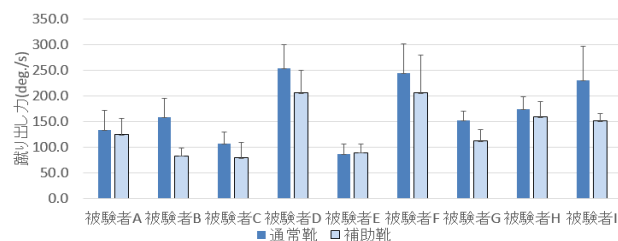


図3 被験者ごとの平均蹴り出し力比較

4.2. 筋電位による補助効果の検証

筋電位計を用いてふくらはぎ部の筋力の変化を計測した。筋電位計測器として、LogicalProduct社製のワイヤレス筋電センサ・EMG ロガーを使用した。電極を右足腓腹筋の上下端にあたる場所に取り付けた。計測データは iEMG 値に変換した。iEMG 値は、電極を皮膚に取り付けることで計測可能な値である EMG 値に全波整流平滑化処理を施したものである。実験は、片麻痺患者を対象に3名行ったが、1名については計測値に異常が見られたので、考察対象から除いた。その結果を図4に示す。本図には、通常靴と補助靴の両方で歩いた時の1歩ごとの蹴り出しの瞬間における iEMG 値を描画している。補助靴を装着した際の iEMG 値のほ

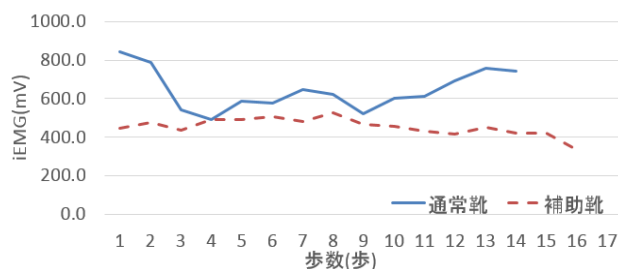


図4 片麻痺患者 歩行時筋電位比較

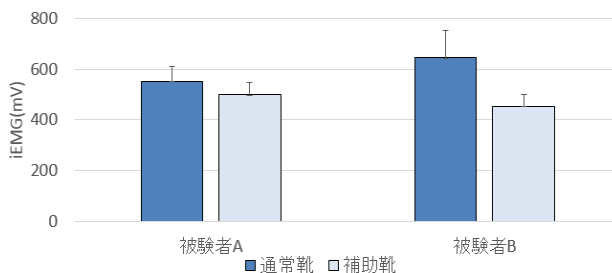


図5 被験者ごとの平均 iEMG 値比較

うが低く推移していることがわかる。図5に被験者2名の両靴それぞれの蹴り出し時における iEMG 値の平均のグラフを示す。図4, 5より補助靴を履いて歩行した方が、通常靴での歩行よりも筋力が低く、角速度による検証結果と同じ結果となった。

5. まとめと今後の展望

片麻痺患者の転倒減少を目的として、圧縮コイルばねを用いた蹴り出し補助機能を備えた靴を作成した。角速度、筋電位を用いて検証した結果、本靴による蹴り出し補助効果が確認された。今後は、圧縮コイルばねの開放タイミングを制御することで、より高い精度の蹴り出しの補助を行うことのできる補助装具に改良していく。

参考文献

- 1) 平成26年(2014) 患者調査の概況
<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/kanja/14/dl/05.pdf>
- 2) 宍戸健一郎, et al. "脳卒中片麻痺患者の方向転換課題における歩行特性." 理学療法科学 33.2 (2018): 229-234.
- 3) 平瀬達哉, et al. "高齢者におけるバランス能力と下肢筋力との関連性について." 理学療法科学 23.5 (2008): 641-646.
- 4) Shohei Yoshida, et al. "Comparative Analysis of Walking Gait Cycle between Healthy People and Walking Disabilities to Prevent Tripping Using Wearable Device and KINECT" International Journal on Advances in Life Sciences, vol 9 no 3 & 4 (2017): 186-197.