

空気圧人工筋を用いた歩行アシストシステムの開発

The development of Walking Support System using Pneumatic Artificial Muscle

○ 大井賢（関西学院大） 嵯峨宣彦（関西学院大）

Ken Oi, Kwansei Gakuin University
Norihiko Saga, Kwansei Gakuin University

Abstract: In recent years, approximately 18% of elderly people over 65 are certification of long-term care need in Japan which faces to super-aging society, and decline in quality of life (QOL) is becoming society problem. From the above, the development of the support apparatus for people with an elderly person and handicaps carried out. A lot of studies on movement of the person are performed in the support apparatus course of the development. However, those support apparatus don't assist stance phase. So we have a development of the walking support device to assist the stance and swing phase. In this study, we investigated a system to support the extension of the knee. Afeter that, we experiment to evaluate that system and analysis by movement of knee.

Key Words: Walk Support, , Welfare Engineering

1. 緒言

現在、日本は65歳以上の高齢者が総人口の26.7%という超高齢化社会に突入している⁽¹⁾。高齢者の抱える問題として身体機能の低下がある。実際に高齢者の約18%は要介護（要支援）認定者であり、今後もその数は増加すると見られている⁽²⁻³⁾。要介護（要支援）認定者の増加は若年労働者数の低下も重なり、介護人材の不足による高齢者のQOLの低下を引き起こしつつある。

介護が必要となる原因として歩行能力の低下が挙げられる。そこで、介護者なしで歩行動作や下肢の筋力維持を行えるシステムがあれば、高齢者の自立的な活動を促し、QOLの改善につながると考えられる。

現在、歩行支援機器の開発は多数行われている⁽⁴⁻⁷⁾。これらの多くは高い剛性のフレームを持つ外骨格型⁽⁴⁻⁵⁾であり、装着、脱着に時間がかかったり、服の上からつけるため日常生活では使用しにくいという問題が考えられる。また動力源として電動モータを利用しており、重量があることや暴走時の危険もあることから、高齢者の生活支援用としては適していないと考えられる。生活支援機器は身体に直接装着するため、装置は安全・軽量の物が望ましい。そのため、出力重量比が高く空気の圧縮性による柔軟性・安全性を持つ空気圧アクチュエータは医療・福祉分野で注目され、研究されている⁽⁶⁻⁷⁾。しかし、研究されている歩行支援機器では膝関節症などで痛みが生じる立脚期でのサポートは行われず、遊脚期での下肢の振り上げ動作のみのサポートするものが多い。

そこで我々は立脚期での支援は市販のサポータにより行い、同時に空気圧アクチュエータによって遊脚期でのサポートを行うような歩行支援機器を開発している。本歩行支援機器では遊脚期のサポートとして、膝の両脇と大腿に取り付けた空気圧人工筋に空気を印加する。その際、膝関節の支援について空気の印加量を同じにすると、膝痛を抱える患者にとってそのままの膝の動作を支援されるだけで着地時の膝痛は抑制効果は低いと考えられる。そこで、本研究では膝の両脇に取り付けた人工筋の空気印加量に差を出すことによる膝関節支援時の膝動作矯正を検討し実験・評価を行った。

2. 支援機器概要

図1に開発した支援機器の概要を示す。市販されているサポータ（MODELUNO 製）人工筋（FESTO 社製）を取り付けたもので、コンパクト、軽量、安価、そして違和感が少ないという特徴がある。膝周りへの人工筋を取り付け位置として、関節や筋肉の上に巻くとその部位を補強する効果があるテーピングの巻き方を参考にいくつかのパターンから実験により筋活動の抑制に効果があったものを採用した。大腿への人工筋の取り付け位置としては日本人の人体寸法データブック⁽⁸⁾より、大腿長を求め、質量中心上付近に一端がくる位置とした。また歩行時のゆるみを考慮し人工筋の収縮量を決定して取り付けた。総重量は約650gである。

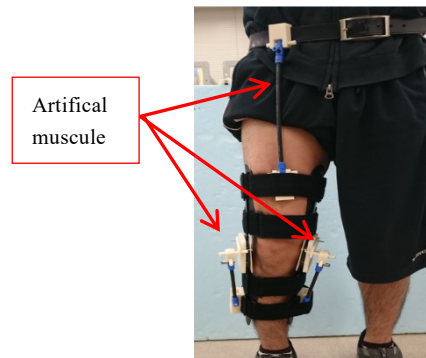


Fig. 1 the exterior of device

2.1 アシストタイミング

歩行時のアシストタイミングは、本支援機器が股関節の屈曲動作および膝関節の伸展の動作を目的としていることから、股関節・膝関節の人工筋にはそれぞれ遊脚初期（歩行周期の60%）・遊脚中期（歩行周期の73%）のタイミングで空気を印加する。以上より、本支援システムは歩行周期の60%～95%の期間で股関節の人工筋に空気圧を印加し、73%～95%の期間で膝関節の人工筋に空気圧を印加する。これは大腿の支援を始めるタイミングと膝関節の支援を始めるタイミングの組み合わせを複数パターンで検討し、股関節屈曲・膝関節伸展に関する筋の歩行時の筋電位が低いものを採用した。

今回は支援機器を装着する前に実験協力者に歩行動作を数回行ってもらい、歩行周期時間を算出した。その歩行周期時間を用い前節で求めたタイミングで空気圧を印加した。1歩行周期は右脚踵接地から次の右脚踵接地とした。

2.2 支援機器の制御

図2に支援機器の制御の流れを示す。電空レギュレータ(ETR200-1, コガネイ製)にはコンプレッサ(YC-4; 株式会社八重崎空圧)から圧縮空気が供給されている。パソコンからの制御信号をI/Oボード(Q8; Quanser Consulting Inc.)を介して電空レギュレータは制御信号の値に応じた空気圧を人工筋(FESTO)に与える。支援機器を動かす際のトリガとして力覚センサ(ショッククッチップ, Touchence inc.)をフットセンサとして用いた。

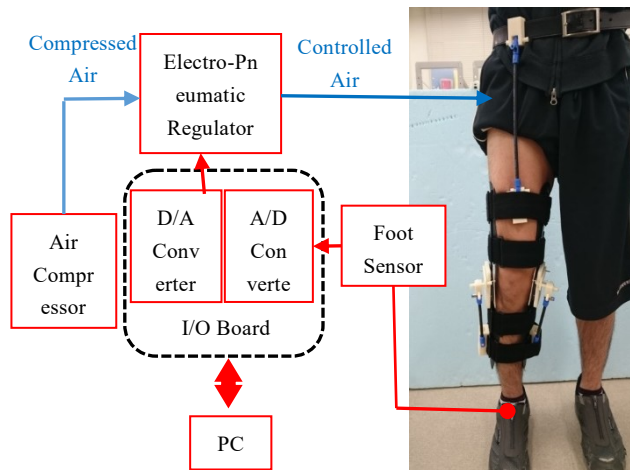


Fig. 2 Control Flow of Assist device

3. 膝関節支援の評価実験

3.1 実験概要

今回検討する膝関節動作の支援システムによる膝の動きを評価する。評価は3次元動作計測により行う。

実験協力者には、膝に障害を持たず歩行に問題のない21歳の健常男性(身長: 171cm)とした。実験協力者には6mの歩行路を任意の歩行速度で3歩行周期分歩いてもらった。膝の両脇にとりつけた人工筋へは初期値としてそれぞれ、支援時に0.6MPaになるよう空気が印加されるが、今回の実験では高齢者に多いとされるO脚患者を意識し、伸展時に膝が内向きに入ることを防ぐように膝の内側の人工筋の圧力を100%として、外側の人工筋の圧力を100%,75%,50%,25%,10%,印加なしのパターンでの実験を行った。これらを支援機器を装着していない時の歩行時の膝の動きと比較する。3次元動作は2台のCCDカメラを用いて、膝上にマーカーを付けた状態でモーションキャプチャを行った。

3.2 結果

計測したマーカーから求められる膝の軌跡について進行方向正面から見た時の軌跡を図3に示す。単位はcmで、縦軸は地面からの距離。横軸は歩行時の歩行経路の中心軸からの距離を示している。図のパターン名称中の%は内側の人工筋の空気の印加量が外側の人工筋に対して何%かを表している。それぞれそれぞれの軌跡は計測した3歩行をそれぞれ1歩行が100%となるように時間軸で正規化を行った後平均した。

図から、膝の上下のふり幅が通常歩行時やサポータのみ装着時と比較して減少している。また今回の実験では左右歩行の膝の動作の矯正は確認できなかった。しかし、今回の実験協力者は歩行に問題がないため、O脚の患者を想定した左右歩行の矯正は生じなかったと考えられる。また、この機器の利用は高齢者を主に対象としているため、矯正時の力が強すぎると、より膝に負荷がかかり、2次的な怪我に繋がる危険性があるため、今回の実験では過度な矯正にならないことを示せたと考える。

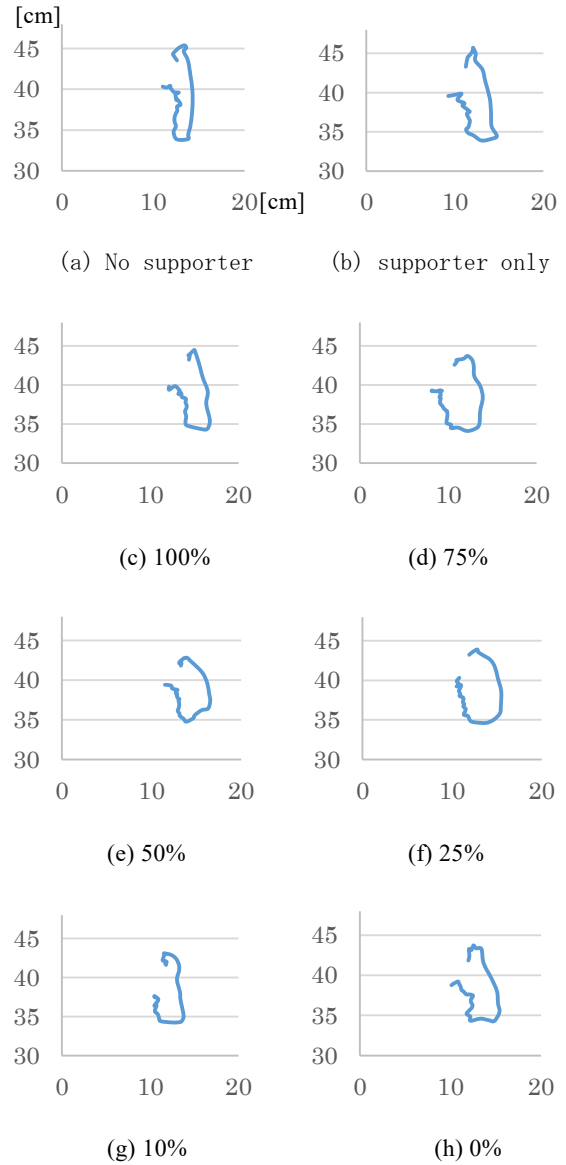


Fig. 3 Trajectory of the knee from the front

4. 結言

本研究では開発している歩行支援機器について、膝関節の動作支援手法についての空気圧印加量の変化に対応する膝の動きから評価するために実験により計測・解析を行った。

進行方向正面からの膝の軌跡を基に空気印加量の変化を比較したが、左右歩行の膝の動作の矯正は確認できなかった。しかし、この機器の利用は高齢者を主に対象としているため、矯正時の力が強すぎると、より膝に負荷がかかり、2次的な怪我に繋がる危険性があるため、今回の実験では過度な矯正にならないことを示せたと考える。

今後はO脚の健常者を用いた実験を行うことで膝軌跡の矯正を確認する。また、膝痛の痛みを軽減することを考え

たとき立脚期の支援も重要であると考えられるので、現在のサポーターだけの支援についても再検討して行きたいと考えている。

本研究は関西学院大学倫理委員会より「人を対象とする医学系研究倫理審査」に基づき審査を受け、関西学院大学学長より承認されている。

参考文献

- (1) 総務省統計局：高齢者の人口（平成 27 年 9 月 20 日公表），<http://www.stat.go.jp/data/topics/topi901.html>
- (2) 厚生労働省：介護保険事業状況報告(平成 27 年 9 月分)，<http://www.mhlw.go.jp/topics/0103/tp0329-1.html>
- (3) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の将来推計人口（平成 24 年 1 月推計），
<http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/newest04/sh2401top.html>
- (4) Kawamoto H., Lee S., Kanbe S., Sankai Y.: “Power Assist Method for HAL-3 using EMG-based Feedback Controller”, Proc. of Int’l Conf. on Systems, Man and Cybernetics (SMC2003), pp.1648-1653, 2003
- (5) A. T. Asbeck, K. Schmidt, I. Galiana, D. Wagner, and C. J. Walsh, : ”Multi – joint Soft Exosuit for Gait Assistance”, IEEE ICRA, pp.6197-6204(2015)
- (6) T. Kawamura, K. Takanaka, T. Nakamura, and H. Osumi : ”Development of an orthosis for walking assistance using pneumatic artificial muscle”, IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics, pp.1-6(2013)
- (7) Wehner, M., Quinlivan, B., Aubin, P. M., Martinez-Villalpando, E., Baumann, M., Stirling, L., ... & Walsh, C.”A lightweight soft exosuit for gait assistance”. In Robotics and Automation (ICRA), 2013 IEEE International Conference on (pp. 3362-3369). IEEE.
- (8) 人体寸法データブック 2004-2006，一般社団法人 人間生活工学センター