

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 14 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25750257

研究課題名(和文) 上肢と下肢の協調運動を促す骨盤支持型の歩行訓練システムの開発

研究課題名(英文) Gait Training System Enhancing Cooperation between Upper Limbs and Lower Limbs

研究代表者

中島 康貴 (Nakashima, Yasutaka)

九州大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：00632176

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、踵接地時の肩水平面回旋動作の位相変化に基づいた上肢の振り出しを促すマニピュレータを開発した。踵接地を基準とした肩の回旋動作の位相を変化させるために、トレッドミル上での歩行中の踵接地時刻を予測し、そのタイミングで任意の肩の回旋角度を与えることが可能な制御アルゴリズムを構築した。若年健康者2名を被験者とした実験では、上肢の振り出し量が最大となる肩と上腕の位相差を検証するために、肩と上腕の位相差を変化させた際の上肢のCOM軌跡の振幅の大きさを計測した。実験の結果、両名において、肩と上腕の位相差が0 [°]から20 [°]となる際に上肢のCOM軌跡の振幅が最大となることが示された。

研究成果の概要(英文)：We have developed a manipulator which induces a horizontal surface rotation motion of shoulder so as to change the phase difference between the shoulder and the upper arm. Furthermore, We constructed the algorithm that estimates the time of heel contact during subjects walking on the treadmill and controls the angle of shoulder in the axial rotation at that time. By using this system, it was verified experimentally that target young healthy person. Experimental results have shown that the phase difference between the shoulder and upper arm drawing board of the upper limb is increased significantly when the 0 [°] to 20 [°]. This study, it is possible to perform training for changing the phase difference between the shoulder and upper arm for the elderly, the possibility of drawing board of the upper limb is increased is suggested.

研究分野：福祉・介護用ロボット

キーワード：歩行訓練 トレッドミル 協調運動

1. 研究開始当初の背景

(1) 背景

我が国では高齢化に伴い、高齢者の歩行能力を維持する事が重要視されている。高齢者の歩行動作の特徴として歩幅の低下や筋活動時間の増加といった歩容が挙げられる。これらの歩容を示す原因として歩行の安定性低下が挙げられる。安定した歩行動作を行うためには下肢と逆位相で上肢を振り出し、水平面回りに発生するモーメントを相殺する動作が重要とされている。しかし、加齢に伴って上肢を振り出す量が減少するため、歩行中に安定性を維持する事が困難になる。従って高齢者が歩行中に上肢を振り出す機能を維持する事が必要である。

(2) 関連研究

上肢を振り出す動作には肩の水平面回りの回旋動作が関与している。歩行中における上肢の振り出し動作は、肩の水平面回りの回旋動作に遅れて発生する事から、肩の回旋動作によって上肢の振り出しが誘発されていると考えられる。加齢に伴う肩の回旋動作の変化に着目すると、若年者と高齢者の間で肩の回旋量に大きな差異はないが、肩の回旋がピークを迎えるタイミングに差異が見られる。これは加齢により歩行中に体幹を捻じる機能が低下した事に起因する[1]。一方で、上肢の振り出しがピークを迎えるタイミングに着目すると若年者、高齢者共に踵接地時に上腕角度がピークを迎える事が分かっている。以上より、若年者と高齢者では踵接地を基準とした肩の水平面回りの回旋の位相に差異が見られる。

2. 研究の目的

関連研究より高齢者が歩行中に上肢を振り出す量が低下する原因を踵接地のタイミングに対する肩の水平面回旋動作の位相が変化するためであると仮説を立てた。肩の回旋動作の位相変化に対する上肢の振り出し量の関係性導出を本研究の目的とする。

3. 研究の方法

踵接地を基準とした肩の位相を歩行中に任意に変化させる事は困難である。そこで、本研究では、歩行中に肩の回旋動作を誘導するマニピュレータを開発した。開発したマニピュレータを用いて踵接地を基準とした肩の回旋動作の位相を変化させる。

(1) システム構成

本研究で提案するシステムは、左右分離型のトレッドミルと肩の水平面回旋動作を誘導するマニピュレータで構成されている(図1)。本システムで使用するトレッドミルはモータに供給する電流値の変化から被験者の立脚期を左右独立して判別する事が可能である[2]。本手法を用いて被験者の踵接地のタイミングを取得する事で歩行周期 T を推定す

る。肩の水平面回りの回旋運動は歩行と同じ周期の正弦波に近似可能である。そのため、トレッドミルから取得した歩行周期 T と同周期の正弦波をマニピュレータの目標動作とした。そして正弦波入力に任意の位相 ϕ を加える事で、踵接地を基準とする肩の位相を変化させる事を可能とした。肩の振幅 A_s は事前に被験者の自由歩行を計測する事で取得可能である。

(2) 試作した肩部回旋マニピュレータ

本マニピュレータは平行リンク機構を用いて Yaw 軸回りの運動を発生させる事が可能である。また、Yaw 軸回りに過大な回旋運動が発生するのを防ぐために、装置の最大可動域が約 $20[^\circ]$ となる様に構造的な制限を加えた。マニピュレータと使用者が接する部位には、軽量で装着性が高いという理由から、クッションを内蔵したスポーツ用の装具を使用した。また、歩行動作を阻害しないためにマニピュレータには Pitch 軸回りの Passive な自由度を設けた。Roll 軸回りについては歩行中に回旋する量が $2[^\circ]$ 以下と小さかったため、自由度を設けなかった。各自由度についての可動域は若年健常者 3 名分の歩行データを基に決定した。

(3) 肩の位相と上肢の振り出し量の関係性導出実験

肩の回旋の位相変化に対する上肢の振り出し量を検証する為、提案システムを用いた評価実験を行った。実験では、若年健常者を被験者とし、提案システムを用いて踵接地に対する肩の位相差を $-90[^\circ]$ から $90[^\circ]$ までの間で変化させた。位相差は正の値を取る場合には踵接地前に、負の値を取る場合には踵接地後に肩の回旋動作がピークを迎える事を意味する。位相差の範囲は被験者が無理なく歩行できる範囲を基準に設定した。上肢の振り出し量は、上肢全体の重心点の軌跡における振幅のうち矢状面方向についての成分を評価した。トレッドミルの速度は高齢者が歩行可能であり、下肢を振り出した際のモーメントが十分に表れる $3.0[\text{km/h}]$ とした。被験者 1 名における実験結果を図 2 に示す。実験結果より位相差が右上肢で約 $30[^\circ]$ 、左上肢で、約 $16[^\circ]$ となる際に上肢の振り出し量の振幅が最大となる事が示された。この結果から、肩の位相には上肢を振るための最適値が存在する事が確かめられた。

4. 研究成果

加齢に伴い、歩行中に上肢を振り出す量が減少する原因を、踵接地に対する肩の水平面回旋の位相が変化するためであると仮説を立て、歩行中に肩の水平面回旋動作を誘導するシステムを用いて検証実験を行った。実験の結果、肩と上腕の位相差が $16[^\circ] \sim 30[^\circ]$ となる際に上肢の重心の矢状面方向における振幅が最大となった。本研究により、肩の水平

面回旋動作の位相を矯正する事で、高齢者が上肢を振り出す量が増大する可能性が示唆された。

<引用文献>

[1] R.E.A. Van Emmerik, W.J. McDermott, J.M. Haddad, E.E.H. Van Wegen, Age-related changes in upper body adaptation to waling speed in human locomotion, *Gait & Posture*, 22, 2005, 233-239

[2] E. Ohki, Y. Nakashima, T. Ando, M. G. Fujie, Treadmill motor current value based walk phase estimation, *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC 2009)*, pp.7131-7134

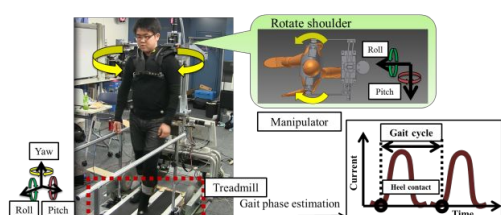


図1 システム全体

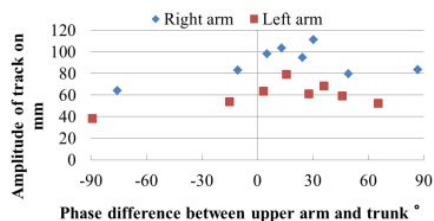


図2 実験結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計5件)

1. Yasutaka Nakashima, Shinya Kawano, Yuya Matsumoto, Yo Kobayashi, Masakatsu G. Fujie, Motoji Yamamoto, Development of Gait Training System to Encourage the Swinging the Upper Limbs Based on the Phase Change of the Shoulder Horizontal Rotation at the Heel Contact, *Proceedings of the 2015 IEEE / ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM 2015)*, Busan, Korea, Jul. 7-11, 2015. (Submitted).
2. Yasutaka Nakashima, Takeshi Ando, Yo Kobayashi, Masakatsu G. Fujie, Evaluation of Treadmill Velocity Control Based on User's Intention of Acceleration or Deceleration, *World Automation Congress (WAC) 2014, 14th International Symposium on Robotics and Applications*

(ISORA 2014), 1569917627, Kona, Big Island of Hawaii, USA, Aug. 3-7, 2014.

3. 中島康貴, 松本侑也, 小林洋, 藤江正克, 山本元司, 踵接地時の肩水平面回旋動作の位相変化に基づいた上肢の振り出しを促す歩行訓練システムの開発, 第24回バイオメカニズムシンポジウム, 岩室温泉ゆもとや(新潟), Jul. 24-26, 2015. (Submitted)
4. 中島康貴, 河野信哉, 松本侑也, 小林洋, 藤江正克, 山本元司, 上肢と下肢の協調運動を促す歩行訓練システムの開発—踵接地に基づいた肩水平面回旋動作の制御手法の構築—. *日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 (ROBOMECH2015)*, 京都市勧業館「みやこめっせ」(京都), May 17-19, 2015. (Submitted)
5. 河野信哉, 中島康貴, 小林洋, 藤江正克, 上肢と下肢の協調性に基づく歩行の運動機能評価に関する検討, 第31回日本ロボット学会学術講演会 (RSJ 2013), 3F2-03, 首都大学東京(東京), Sep. 4-6, 2013.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕
出願状況(計0件)
取得状況(計0件)

〔その他〕
なし

6. 研究組織

- (1)研究代表者
中島 康貴 (NAKASHIMA, Yasutaka)
九州大学・大学院工学研究院・助教
研究者番号: 00632176
- (2)研究協力者
河野 信哉 (KAWANO, Shinya)
- (3)研究協力者
松本 侑也 (MATSUMOTO, Yuya)
- (4)研究協力者
小林 洋 (KOBAYASHI, Yo)
早稲田大学・大学院理工学術院・准教授
研究者番号: 5042481
- (5)研究協力者
藤江 正克 (FUJIE, Masakatsu)
早稲田大学・大学院理工学術院・教授
研究者番号: 20339716

(6)研究協力者

山本 元司 (YAMAMOTO, Motoji)

九州大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：90202390