

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 19 日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24710184

研究課題名(和文) 装着型ロボットの使用により生じる転倒リスクの定量化とその低減方法の提案

研究課題名(英文) Quantification and reduction of fall risk induced by a wearable robot

研究代表者

秋山 靖博 (Yasuhiro, Akiyama)

名古屋大学・工学(系)研究科(研究院)・研究員

研究者番号：00610536

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円、(間接経費) 1,050,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、装着型ロボットの装着から生じる動作制約を原因とする転倒を対象とし、その転倒リスクの評価および転倒回避戦略の解明を行った。製作した装着型ロボットを装着した被験者を歩行させ、障害物、予期せぬアシストといった転倒惹起要因に対する対応をモーションキャプチャ、フォースプレートを用いて計測し、転倒回避戦略の解明、転倒リスクの評価、装着型ロボットの影響等を解析した。その結果、転倒回避時に被験者は一種の代償歩行と類似した歩容をとった。また、それにより転倒リスクの増大は抑制されており、本研究では転倒回避戦略の一端が明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：This study focuses on the fall induced by a wearable robot and analyses the fall risk and the recovery motion. A wearable robot was developed for gait experiment and the motion of subjects who use the wearable robot is measured using motion capture system and force plate. Reaction motions after tripping or application of unintended torque are analyzed to evaluate the recovering strategy, the fall risk.

As a result, recovering motion was similar to some kind of compensation motion of patients who have locomotor dysfunction and balance of gait was improved by such motion.

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学

キーワード：装着型ロボット 安全工学 転倒

1. 研究開始当初の背景

人体に装着して装着者の関節屈伸動作を補助する装着型パワーアシストロボットは、日本が直面する少子高齢社会で強く求められる、労働者の生産性や障害者・高齢者のQOLの向上を目的としたロボットである。しかし、人間に装着するという特性から装着型ロボットには特段の安全性が求められるにも関わらず、その安全性評価方法および安全基準は確立されていない。こうした状況では、開発企業に対する製造物責任の負担は極めて重くならざるを得ず、安全基準の未確立はその普及を妨げる一因となっている。特に、ロボットの装着から生じる動作制約を原因とする装着起因型転倒は危害の深刻度も高く、そのリスクの低減は必須である。

2. 研究の目的

本研究では、装着型ロボットおよび外部環境より転倒リスク要因を抽出し、それら転倒惹起要因に対する装着者の挙動を被験者実験によって取得することで、転倒回避戦略の解明、転倒リスクの評価を行い、装着型ロボットの影響を評価すると共に、その低減方法を提案する事を目的とした。

3. 研究の方法

本研究ではまず、装着型ロボット装着に起因した転倒リスクの抽出および分類を行った。

表1. 装着型ロボットの転倒リスク

| Category | Hazard source | Potential consequence result |
|---|---|--|
| Wearable robot factor | Restraint of joint DOF | Lose a balance because it is impossible to do the normal motion |
| | Decrease of joint motion range | Lose a balance because it is impossible to do the normal motion |
| | Restraint and torque of joint motion | Lose a balance because there is the mismatch of purpose and motion of user |
| | Change of gravity center and inertia moment | Lose a balance because mechanical characteristics is unfamiliar for user |
| Environmental factor | Mismatch of gait timing | Lose a balance because torque is applied at unintended timing |
| | Collision with obstacle | Lose a balance because there is sudden external force |
| | Collision with low obstacle | Lose a balance because it is impossible to swing the leg |
| | Instability of footing | Lose a balance because it is impossible to support body weight |
| | Narrow way | Lose a balance because it is impossible to keep supporting leg polygon |
| Device failure and the factor which is not associated with contact (light, sound etc.) are omitted. | | |

表1に示すように、転倒リスクには装着型ロボット自体に起因するものと環境との相互作用によって発生するものが存在する。本研究では、これらの中から、意図しないタイミングでのアシストおよびつまずきを対象とした。これらは、事前の訓練等で除去することが難しいリスクであり、発生頻度も無視できないものである。

次に、実験室環境においてそれらの転倒惹起要因を再現し、被験者を公募して転倒模擬実験を行った。

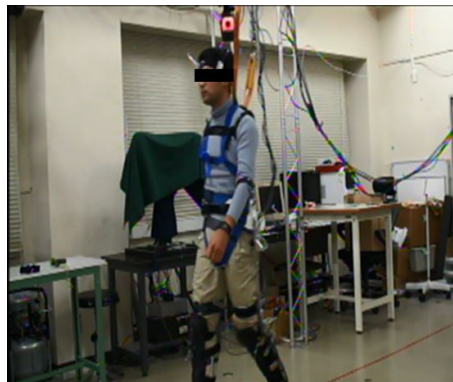


図1. 転倒模擬実験

被験者は本研究において開発した装着型ロボットおよび安全装置、計測機器を装着し、計測領域内を歩行した。計測はモーションキャプチャおよびフォースプレートを用いて行った。また、実験に際しては名古屋大学工学部倫理部会の承認の元、被験者の安全に十分な配慮をした。具体的には、図1のように、下肢にサポーター、プロテクターを装着すると共に、天井免荷装置を用いることで転倒時にも支持される構造となっている。また、図

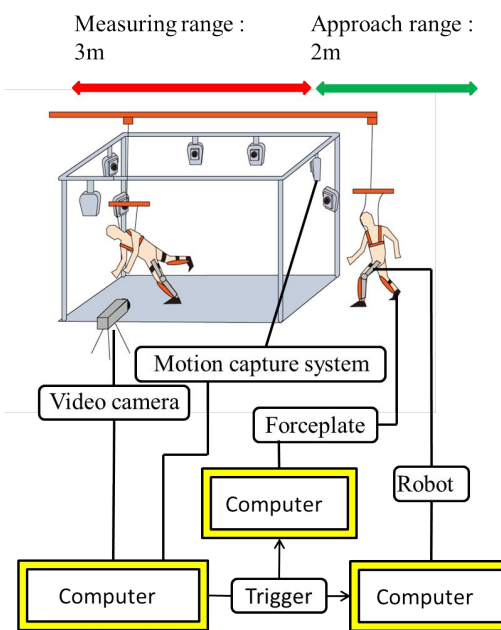


図2. 実験装置構成

2に、実験装置の概要を示す。

また、図3にプロトコルの一例を示す。実験に際しては、装置の装着を行った後ロボットに対する適応のための歩行を行い、被験者が十分に歩行に慣れた後に実験を行った。また、実験時の転倒惹起の有無は被験者には知らされず、無作為に選択された順序で与えられた

実験の結果、装着型ロボット装着時には被験者の歩行速度は一般的な歩行速度よりも低下することが分かった。特にケイデンスの減少が著しく、歩行動作に時間を要するようになっている。これは、装着型ロボットの装着により被験者が普段よりも慎重な歩行を行っていることを示唆している。一方、膝関節角度、股関節角度にも変化が見られ、アシストの効果によって屈曲角度が増加している。後者は、一般的な装着型ロボットに期待される効果と一致し、妥当なアシストを行っていることを示唆している。

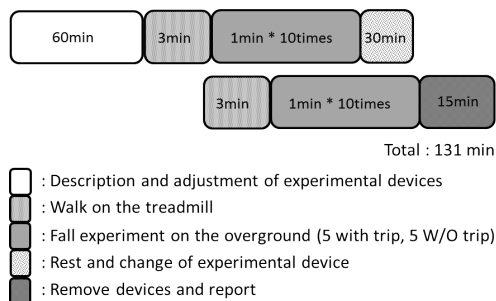


図3．実験プロトコルの一例

意図しないアシストに対する装着者の反応は、影響を受けた関節の動作を他の関節および姿勢によって代替し、バランスを維持するというものであった。図4に示すケースでは、膝関節の屈曲を妨げるようなトルクが働いており、実際に足関節は20°程度までしか屈曲していない。通常の歩行では60°程度まで屈曲するため、屈曲角度の減少は遊脚の送りに支障をきたす。

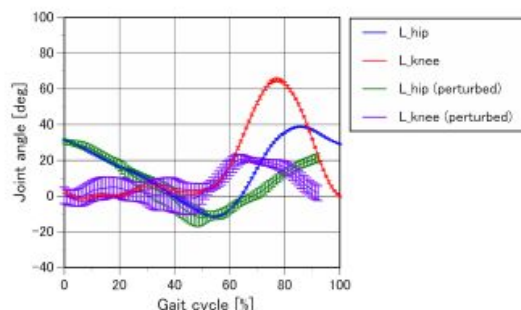


図4．トルク負荷側の関節角度

しかし、このケースでは図5に示すように股関節の内外転角度の変化が見られる。これにより骨盤を傾斜させ、遊脚のクリアランスを確保することが可能となり、つまずきが防がれている。これは、股関節屈伸が障害された場合の代償歩行である、ぶん回し歩行に類似した動作である。今回の条件では股関節に対しては変化を加えてはいないが、膝関節屈曲抑制時には股関節屈曲量も減少しており、結果的にぶん回し歩行と類似の歩容となった。

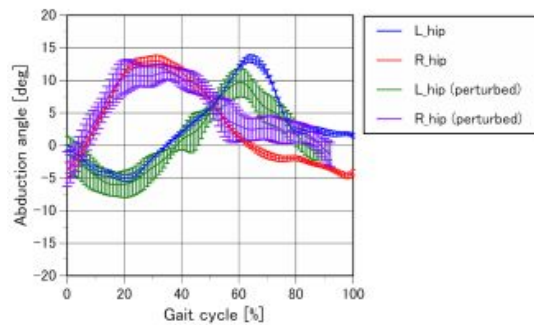


図5．股関節外転角度の変化

また、その際のバランスを支持脚側足圧中心(CoP)を用いて比較したものを図6に示す。意図せぬトルクを印加した際には、CoPは内足側へ移動している。これは安定度余裕の減少を意味しているものの、遊脚の接地により安定度余裕は増加する。さらに、遊脚の接地が妨げられる要素も観測されておらず、これが転倒リスクの増加につながるとは考えにくい。

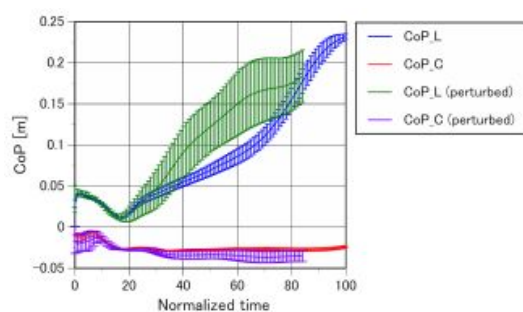


図6．CoPの変化

4．研究成果

本研究では、装着型ロボット装着時の歩容及び外乱に対する転倒回避動作の計測を行い、その結果から、装着者の転倒回避戦略および転倒リスクの解明を行った。装着型ロボット装着時にはその拘束およびアシストによる歩容の変化が観測され、足底クリアランスの減少等、一部転倒リスク増大につながる可能性のある事象が確認された。また、転倒回避動作においては関節部障害時の代償歩

行と類似した動作が見られた。一方、バランスについては重心が内側に遷移するなど、有効に転倒リスクを低減できている例もあった。こうした転倒回避戦略の一般性、限界等に関しては、さらなる研究が必要である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔学会発表〕(計 1 件)

1. Yasuhiro Akiyama, " THE ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN MOTION RESTRAINTS CAUSED BY PRESSURIZED SUITS AND RISK OF FALLING " , 64th International Astronautical Congress, IAC-13-A1.6.1, 2013

〔その他〕

ホームページ等

名古屋大学 大学院工学研究科 機械理工学専攻 山田研究室 (安全知能学研究グループ)

<http://www.mech.nagoya-u.ac.jp/asi/ja/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

秋山靖博 (研究者番号: 00610536)