

## 2022年度 永守財団 研究助成 研究報告書

所属機関	神戸大学 大学院工学研究科 機械工学専攻
職位または役職	准教授
氏名	田崎 勇一

### 1. 研究題目

高トルクモータを用いたパラレルリンク式二足歩行ロボットの高機動制御

### 2. 研究目的

本研究では人型サービスロボットの効率的かつ安全な運用を実現する上で必要不可欠である**転倒回避と高速歩行の制御技術を開発し、小型人型ロボットを用いて実機評価**することを目的とする。人型ロボットは、人間の作業環境との親和性や省スペース性の観点で車輪・クローラやその他の多脚移動方式よりも優れた性質を有する反面、高重心であるゆえの転倒リスクがついてまわる。特に、近年では作業性向上の観点から等身大あるいはそれ以上の大型化が進んでおり、それと同時に転倒によってロボット自身や周辺環境が被る損害のリスクが増大している。このため、転倒回避・転倒安全の技術の実用化が強く求められている。加えて、荷物運びや案内などのサービスを提供するロボットには利用者である人間と同等の移動速度が求められる。そこで本研究では、大きな外乱に耐えるために必要となる踏み出しを伴う転倒回避運動と、高速かつ精確な運足・着地制御が求められる高速歩行を実現可能な人型ロボットの制御手法の開発および実機検証を行う。パラレルリンク式脚機構と高トルク・低減速比モータを組み合わせた新たな人型ロボットの実験機を開発し、パラレルリンク機構に特有の振動現象の抑制へ向けた機械設計や制御方法の改良を行う。シミュレーション技術および実機実験を通じて多方向の外乱に対する転倒回避制御の定量的な性能評価を行う。本研究の成果により人型ロボットの転倒安全性が大きく向上し、多方面での実用の促進が期待される。

### 3. 研究内容及び成果

#### 1. 高速な脚運動を想定した転倒回避および高速歩行制御法の開発

人型ロボットの運動制御の課題の中で、特に高速な脚運動が求められるものに転倒回避と高速歩行がある。大きな外乱が作用したときに転倒を回避するには、すばやく数歩を踏み出す必要がある。報告者は先行研究において、様々な状況における適切な着地位置をデータベース化し、これを利用して制御時に即座に着地位置修正を行う手法を提案した。

2022年度には多様な環境条件に対応できるように転倒回避手法の拡張を試みた。特に路面の摩擦係数に注目し、踏み出し時に滑らない(静止摩擦係数を超過しない)制約を考慮した場合や、滑りを許容する転倒回避運動の基礎的な解析を行った。主な結果として、支持足の滑りを考慮する場合、従来の線形倒立振り子モデルの前提となっている床反力が重心に向かって作用するという条件が破られ、総角運動量に変化が生じることが分かった。以上の解析により、重心の並進運動のみならず角運動量の変化も含めた転倒回避運動の重要性が明らかとなった。

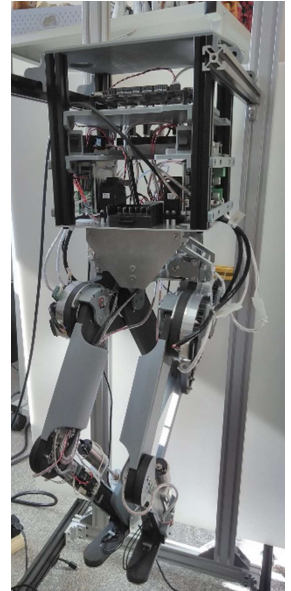
#### 2. 低減速比、高トルクモータを搭載した二足歩行ロボット実験機の開発と改良

2021年度から開発していた設計2(高トルクモータ+低減速)にもとづく試験機はほぼ完成し、ロボティクス・メカトロニクス講演会2023にて発表および実機実演を行った。期待した通り良好なバックドライブ性や脚の動作速度と自重の保持力が両立されており、基礎的な歩行運動は問題なく可能であることが確認された。

2022年度より開発を開始した設計3の試験機もほぼ組みあがった。中空での脚運動試験は実施済みであり、脚の運動性は申し分無いことは確認できた。歩行試験は未実施である。設計2の欠点であった脚の上下可動範囲の狭さが設計3では克服されているので、階段などにおける転倒回避運動の試験が期待できる。



設計2の試験機

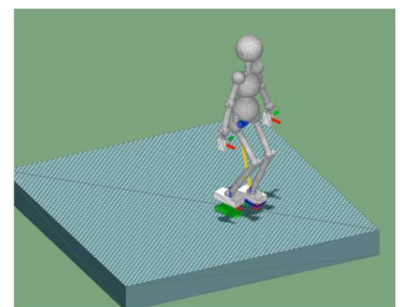


設計3の試験機

#### 3. 動力学シミュレータと外乱印加装置を用いた転倒回避性能の定量的評価(昨年度より継続)

動力学シミュレーションを用いた転倒回避運動の評価実験については、ロボットシミュレーションソフトウェアであるコレオノイドを用いて仮想環境上において加振される床上でのバランス維持運動のシミュレーションを行った。

2022年度中にかねてからの課題であった加振装置を用いた実機試験を行う予定で進めていたものの、試験機の開発に思いのほか時間を要したために、期間中での実験の実施は行えなかった。



加振床上の転倒回避シミュレーション

#### 4. 今後の研究の見通し

---

今後も研究を継続し、助成期間中に開発した試験機およびそれらを用いた実験結果については随時成果発表を行う予定である。具体的な検討項目として以下を挙げる。

- ・ 6自由度加振装置を用いた転倒回避性能の定量評価とシミュレーションとの比較
- ・ 屋外歩行試験を通じた実環境での転倒回避性能の評価

#### 5. 助成研究による主な発表論文, 著書名

---

田崎勇一: 6自由度パラレルリンク脚機構を有する小型二足ロボットの開発 第2報, ロボティクス・メカトロニクス 講演会, 1A1-E28, 2023.