

2021 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。

2021 年度で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行う予定であったが、ハードウェア開発(項目 2)に注力した結果、期待した進捗が得られなかった。同項目には継続して取り組み、2022 年度前半に成果を出す予定である。

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

転倒回避や高速歩行で求められる一歩あたり 0.2~0.3 秒程度の踏み出し時間が実現可能なパラレルリンク式脚機構を用いた人型ロボットの設計の改良および実機開発を継続して行う。

2021 年度にはボールネジと DC モータを組み合わせた直動アクチュエータを用いた設計案 1 および高トルクモータと低減速比構成の設計案 2 の試作機の開発を行った。

設計案 1 については、パラレルリンク特有の振動現象が強く生じることが明らかとなり、剛性の向上などの改善が求められている。また、ボールネジベースの設計では足先の機械的コンプライアンスの低減が難しく、着地衝撃の吸収などが困難であることが分かった。上述のようにいくつかの問題点が認められる結果となったものの、今後の設計改善の足掛かりとなった。

設計案 2 については製作をおおよそ終了し、試験を開始している。設計案 1 で認められたような不具合は生じておらず、やはり高トルクモータを低減速比で用いる方が良好であることが明らかとなった。特に脚のバックドライバビリティが高いので着地衝撃が全身に伝搬してしまうことが押さええられ、静粛な歩行が可能となっている。また、設計案 1 で懸案事項であった剛性不足も改善され、高速に脚を運動させても目に見える振動は生じていない。

当初は早期に試験機の開発を終え、加振機などを用いた実機試験を 2021 年度中に実施する見込みであったが、機体開発に想定以上の時間を要した結果、これらを実施することができなかった。

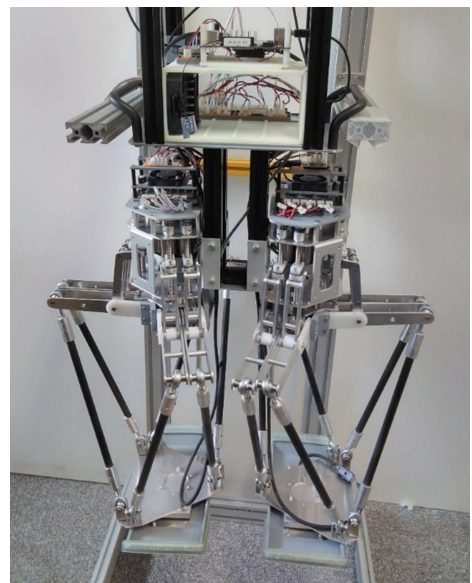


図 1 設計案 1 の試作機

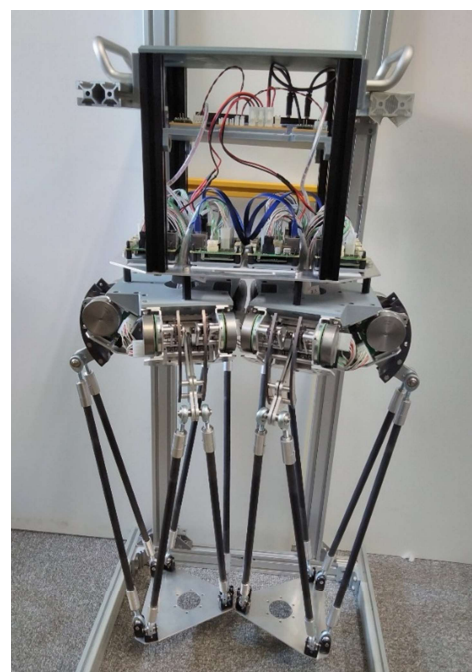


図 2 設計案 2 の試作機

4. 今後の研究の見通し

多様な環境条件に対応可能な転倒回避制御

2021 年度内の実施予定項目であった多様な条件下での転倒回避運動生成手法の開発に優先的に取り組む。具体的には、異なる路面摩擦係数を想定した複数の着地位置データベースを事前に生成し、制御時に、推定される路面摩擦に応じて使用するデータベースを切り替える方法を検討する。その上で、周囲に障害物が存在するケースや段差路面への対応など、より発展的な状況への対応を検討する。

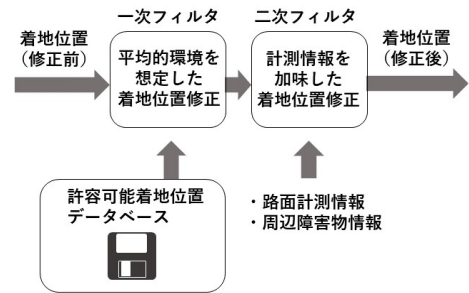


図 3 着地位置修正器の処理の流れ

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 年度に開発した設計案 2 の試験機が良好な性能を示したので、基本的にはこれを主力として実機評価を行っていくが、これと並行し、同様の設計コンセプトを発展させた試作機をもう一台製作する。アクチュエータとしてはアキシアルフラックスモータとハーモニック減速器の組み合わせ(日本電産シンポ)を用い、機構はパンタグラフ式パラレルリンクとする。特に屋外での高速歩行の実現に重点をおいて開発する。

動力学シミュレータ、外乱印加装置および屋外歩行試験を通じた転倒回避性能の定量的評価

動力学シミュレータを用いた評価はノウハウを蓄積できているが、外乱の向きや大きさに対する転倒回避性能の定量評価は行っていないので、最終年度に重点的に実施する。

外乱印可装置を用いた実機試験に関しては、スチュワートプラットフォーム式の加振テーブルは製作済であるので、2021 年度に開発した試験機を用いて実機試験を実施する。

最終的には屋外環境における歩行安定性が実用性を測る上で重要となる。そこで、大学構内での歩行試験を通じて、屋外舗装路の凹凸や傾斜に対して問題なく歩行が行えるかの評価を実施する。

5. 助成研究による主な発表論文、著書名

ロボティクス・メカトロニクス講演会(予定)