

平成30年 2月26日

豊橋技術科学大学長 殿

機械工学専攻  
学位審査委員会  
委員長

飯田 明由



### 論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、学位審査会を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	間宮 祥太郎		学籍番号	第041104号
申請学位	博士（工学）	専攻名	大学院工学研究科博士後期課程 機械工学専攻	
博士学位 論文名	2足ロボットの用途拡大のための機構設計と実験検証 (Mechanisms Design and Experimental Verification for Expansion of Applications of Biped Robots)			
論文審査の 期間	平成 29年 1月19日 ~ 平成 30年 2月26日			
公開審査会 の日	平成29年 11月 2日	最終試験の 実施日	平成30年 2月 26日	
論文審査の 結果※	合格		最終試験の 結果※	合格
<p>審査委員会(学位規程第6条)</p> <p>学位申請者にかかる博士学位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。</p> <p>委員長 寺嶋 一彦 </p> <p>委員 竹市 嘉紀  鈴木 新一 </p> <p>内山 直樹  </p>				

※論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

## 論文内容の要旨

本論文は、多くの先進国での少子高齢化に伴う労働力不足問題への貢献および高齢者などの生活支援を目的とした2足ロボットの機構設計と制御法に関する研究をまとめたものである。現在実用化されている2足ロボットの多くはエンターテインメント応用を目的としており、産業あるいは生活支援分野での実用的な応用例は限定的である。この理由として、2足ロボットが不安定系であり安全性の確保が難しいこと、ならびに複数のアクチュエータを用いた方式では動作制御が難しくなり、また重量・製造コストが増大することをあげている。この解決のために本論文では、不整地での安定歩行に寄与する足機構および各脚一つのみアクチュエータを配する低自由度下肢動作支援機構の設計法の提案と実験検証を目的とし、全5章から構成される。第1章では、本研究の背景、研究目的、構成が記されている。第2章では関連研究の内容と課題をまとめている。第3章では、2足ロボットの不整地安定歩行のための足機構の設計制御法と実験検証結果について述べている。従来の足機構における柔らかい地面での大きな沈み込みや、低摩擦面や隆起部でのすべりを回避するため、4つのバネ付上下可動平面を足底とする機構の設計法を提案している。また、バネ変位から推定できる床反力をフィードバックする着地安定化制御系の設計法を示している。さらに、提案機構を2足ロボットの脚に取り付け、複数の床環境における歩行実験を行い、有効性を確認した結果について述べている。第4章では、現状の下肢動作支援機構の問題点を述べ、これを解決する低自由度機構の提案を行っている。脚部の大きな負荷となる装着者の自重を、鉛直方向に駆動する各脚1つのアクチュエータで補償し、同時にパンタグラフ機構の応用により水平方向への自由度を確保している。同機構の力学的解析について述べた後、複数の装着者を対象に起立・着席および踏台昇降実験を行い、大腿部の筋電位計測により有効性を確認した結果が示されている。第5章では、本研究で得られた成果をまとめると共に、今後の課題と展望を述べている。

## 審査結果の要旨

産業あるいは生活支援を目的として、移動ロボットに関する研究開発が広く行われている。工場内の搬送装置などに利用されている車輪型ロボットは安定性や移動効率に優れるが、階段や段差のある屋内環境や不整地での利用が困難であり、2足ロボットの応用が期待されている。しかしながら、実用化されているものの多くはエンターテインメント目的であり、産業や生活支援目的での応用例は限定的である。この本質的な理由として2足ロボットが不安定系であり転倒のおそれがあること、また、人間の脚のような多自由度系として構成した場合には安定化や歩行制御が著しく難しくなること、アクチュエータ数が増え重量・製作コストの点で懸念されることなどがあげられる。本論文では、2足歩行の安定性を向上するための制御系設計を考慮した新たな足機構、ならびにアクチュエータ数を低減する低自由度機構の設計法を提案し、制御系の安定性および力学的解析を行っている点で学術的な新規性を有する。また、いずれの提案法においても実験的に有効性を示しており、工学的にも評価できる。本論文の主要な成果は以下のようにまとめられる。(1) 任意の歩行ロボットの脚に装着でき、不整地での歩行安定性を向上できる4つのバネ付上下可動平面を足底に有する新たな足機構の設計法を提案した。このバネ変位から推定できる床反力を用いた着地制御法を提案し、安定性を解析的に保証した。2足ロボットを用いた複数の床環境での歩行実験により、従来の足機構に比較して歩行安定性の向上を確認した。(2) 人間の下肢動作支援を目的として、パンタグラフ機構を応用し各脚一つのアクチュエータのみを用いる低自由度機構の設計法を提案した。力学的解析を行った後、複数の利用者を対象に日常動作として基本的な起立・着席および踏台昇降に関する実験を行い、筋電位計測により有効性を確認した。2足ロボットの歩行安定性を向上する足機構と各脚一つのアクチュエータによる低自由度下肢動作支援機構の設計法の提案と理論解析は学術的に獨創性が高く、実験的にも有効性を示しており産業分野への寄与も大きい。以上より、本論文は博士(工学)の学位論文に相当するものと判定した。

(各要旨は1ページ以上可)