

平成 29年 8月 28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	SHUAIBY MOHAMED SHUAIBY RAGAB		学籍番号	第149106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	Design and Control of a Redundant Wheeled Drive System for Fail Safe Motion and Energy Saving (フェイルセーフ動作と省エネルギー化のための冗長車輪駆動系の設計と制御)			
論文審査の 期間	平成 29年 7月27日 ~ 平成 29年 8月28日			
公開審査会 の日	平成29年 8月 1日	最終試験の 実施日	平成29年 8月 1日	
論文審査の 結果※	合格		最終試験の 結果※	合格
審査委員会(学位規程第6条)				
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。				
委員長				
章 忠				
委 員				
佐藤 海二				
内山 直樹				
印				
印				

※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、高齢化社会での利用拡大が予想されるパーソナルモビリティや電動車椅子、工場内での自動搬送装置（AGV）などの多くの応用を有する車輪型移動機構の安全性と省エネルギー性向上を目的とした新たな設計・制御法に関する研究をまとめたものであり、全5章から構成されている。第1章では、本研究の背景、関連文献、目的、構成が記されている。第2章では、多くの装置に応用されている2輪差動型移動機構に関して、駆動装置の故障に対するフェイルセーフ動作と省エネルギー化を目的とし、アクチュエータ数を従来の2個から3個に増加させ、各アクチュエータを効率の良い動作点付近で駆動し負荷分散することができる冗長機構を提案している。本機構では、3個のアクチュエータの動力を結合するために遊星歯車機構を利用しており、試作装置の構成や仕様について説明し、その動特性モデルを理論的に導出している。第3章では、指定された移動機構の速度軌道から3個のモータに適切に負荷分配する制御法を提案している。付加的なアクチュエータに分配する負荷割合を指定する方法について述べた後、その割合を用いて各アクチュエータの速度指令値を生成する方法を提案している。また、この速度指令値を用いた多入出力状態フィードバック制御系の応用法を示している。さらに、その負荷割合の省エネルギー効果をシミュレーションおよび実験により示している。第4章では、屋外での動作を想定し、外乱の影響下においても良好な動作性能が得られるロバスト制御法の応用法を提案している。また、提案法を用いた制御系の安定性について理論的に解析している。提案法による速度追従性や省エネルギー性の向上について、線形最適制御法および極配置法との比較結果、ならびに制御入力信号の飽和関数を導入することによる効果を、シミュレーションおよび実験により示している。第5章では、本研究の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

各種社会問題の解決のために生活支援ロボットの大きな市場拡大が期待され、重要な要素技術である車輪移動機構についても、より高い安全性が望まれている。また、パーソナルモビリティなど電源を搭載する装置においては、省エネルギー化は重要な課題である。産業分野に関しても世界中の工場では昼夜を問わず利用されるAGVなどの装置では、地球環境・資源エネルギー問題の観点から一層の省エネルギー化が求められている。本論文は、車輪移動型ロボットとして最も利用されている2輪差動型移動機構の安全性と省エネルギー性向上を目的とした新たな機構の設計・制御法を提案後、特性解析を行い学術的な新規性を有する。実験的に有効性を確認しており、工学的にも価値がある。本論文の主要な成果は以下のようにまとめられる。(1) 遊星歯車機構を用いた3個のアクチュエータで駆動する2輪差動型移動機構の設計法を提案した。実際に装置を製作した後、一部のアクチュエータ機能を停止しても機構全体の動作に支障がないことを確認し、パーソナルモビリティなどへの応用時の安全性向上に寄与することを示した。また、本機構の動特性モデルを理論的に導出し、実験により妥当性を確認した。(2) 本機構に基づく移動装置を指定された速度/角速度で制御するために、各アクチュエータに負荷分配する新たな動作軌道生成法を提案した。付加的なアクチュエータに分配する負荷割合を指定して各アクチュエータの指令速度を決定した後、多入出力フィードバック制御系と組み合わせ効果を検証した。複数の軌道での動作実験により本分配法の有効性を確認するとともに、省エネルギー化が可能であることを実証した。(3) 屋外等での動作を想定し、外乱に対するロバスト性向上のためにスライディングモード制御の応用法を提案した。制御入力信号の飽和関数の導入により位置制御性能向上と省エネルギー化を実現し、線形最適制御法等との比較実験により有効性を示した。広範な応用を有する2輪差動型移動機構の安全性と省エネルギー性向上のために、冗長性の付与という新たな視点に基づく機構設計・制御法の提案と特性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)