

2020年 12月15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

佐藤 海二



## 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	船戸 一弘		学籍番号	第159103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	医療介護施設での移乗および回診支援のための移動ロボットの設計と制御 (Design and Control of a Mobile Robot to Support Transfers and Rounds in Medical Care Facilities)			
論文審査の 期間	2020年10月8日 ~ 2020年12月15日			
公開審査会 の日	2020年11月19日	最終試験の 実施日	2020年11月19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	高木 賢太郎			
委員	真下 智昭		内山 直樹	
		印		印
		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

少子高齢化社会において医療介護従事者の負担増大が懸念され、ロボット技術の応用が広く期待されている。特に、移乗・移動作業は介護者等の身体的負担が大きいため実用的な支援方式が求められている。本論文は、移乗支援のためのリフト装置を搭載した移動ロボット（移動リフト）の設計法ならびに、移動支援のための介護者や医師へ移動ロボットを追尾させる制御法についての研究をまとめたものである。本論文は全5章から構成される。第1章では、本研究の背景、関連研究、研究目的、論文構成を述べている。医療介護施設において想定されるロボット技術による支援内容をまとめ、既存の方法での課題を示している。第2章では、新たな移動リフトの設計および制御法を提案している。移動リフトを用いた移乗作業について必要な機能等をまとめた後、移乗および移動時の力学的負担を軽減するためのパワーアシスト機能、スムーズな移動を実現するための全方向移動機能を搭載し、かつ一般的な家庭内環境で利用できる大きさで実現するための設計法を示している。さらに、移乗作業においてパワーアシスト機能を利用する際の問題を指摘し、これを考慮した移動リフトの新たな制御法を提案している。被験者を椅子からベッドに移乗する一連の作業の支援実験を実施し、提案法の有効性を示している。第3章では、パワーアシスト機能を有するリフト装置において発生する被介護者の揺れの状態を分析し、その低減法を提案している。仰向けに横たわる被介護者の吊り上げ実験を行い、揺れの低減効果を確認している。第4章では、上記の移動リフトを含め、被介護者や介護物品の移動支援のために、移動ロボットが介護者等を自動追尾するための制御法を提案している。測域センサが一般的に利用されているが、これに加えて慣性センサを用いることで、追尾対象者が測域センサの範囲外に移動した場合や、他の人物と交差した場合にも追尾が可能な方法を示し、実験により有効性を確認している。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

ロボット技術の医療介護支援への応用が広く期待されている。特に、移乗作業は介護者の腰痛など身体的負担が大きく、介護リフト装置が製品化されている。また、歩行機能が低下した場合の移動手段として車椅子が広く用いられている。しかしながら、これらの装置においては、例えば吊り上げや移動のための駆動力のみを補うなど支援が限定的である。本研究では、介護作業の一層の高度な支援を目的として、移動リフト等ロボット装置の新たな設計および制御法の提案と、装置開発、実験検証を目的としている。本論文の主要な成果は以下のようにまとめられる。1) 移乗作業の一連の流れを分析し、介護者の操作性向上のために、パワーアシスト機能により移乗が可能な全方向移動型リフトの設計を行った。同設計法を一般的な家庭内で利用できる装置として実現した。さらに、パワーアシスト機能を有するリフト装置において、被介護者が着座する際に発生するリミットサイクルを、荷重計測に基づき動作速度を切り替えることで回避する制御法を提案した。検証実験を行い、リミットサイクルの発生がなく、かつ使用者の力学的負担もなく移乗ならび全方向への走行が可能であることを確認した。2) 横たわる被介護者をリフト装置により起こす際に発生する揺れ現象を分析し、比較的高速での動作時に不快な揺れが発生することを確認した。このため、パワーアシスト装置において、荷重計測に基づき動作速度を切り替えることで揺れを抑制できる制御法を提案した。実験により、動作速度の切り替えを行わない場合と比較して、揺れの振幅を約30%に低減できることを確認した。3) 移動ロボットの人物追尾のために、従来の測域センサを用いた人物位置の推定法に加えて慣性センサを併用し、この姿勢角補償により推定精度を向上する方法を提案した。実験により位置推定誤差を約15%に抑制できることを示した。また、従来法では追尾が困難な3つのケースに対し有効であることを実験により確認した。新たなロボット装置の設計と制御法の提案はシステムインテグレーション分野での学術的独創性が高く、実験により有効性を示しており医療介護分野への寄与も大きい。以上より、本論文を博士（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)