

氏名	Caixeta Leme, Bruno Cesar			
学位の種類	博士(工学)			
学位記番号	博甲第9414号			
学位授与年月日	令和2年3月25日			
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当			
審査研究科	システム情報工学研究科			
学位論文題目	A Study on a Walking Companion Robot for Physical and Social Interaction in Gait Training (歩行訓練における物理的・社会的インタラクションのための随伴型ロボットに関する研究)			
主査	筑波大学 教授	博士(工学)	鈴木 健嗣	
副査	筑波大学 教授	博士(工学)	中内 靖	
副査	筑波大学 教授	博士(工学)	矢野 博明	
副査	筑波大学 准教授	博士(工学)	河本 浩明	
副査	筑波大学 准教授	博士(工学)	三河 正彦	
	(図書館情報メディア研究科)			

論文の要旨

現在、系内に人を含み、人と物理・情報空間を共有するロボットの中で歩行を支援するロボティクスの研究が盛んに行われている。ここでは、人と機械間での物理的な相互作用のみならず、社会的な相互作用の側面を考慮し、人間の行動や意思決定からその仕組みを理解する認知科学的アプローチによる人の理解が必要不可欠である。そこで本論文の著者は、歩行訓練に資する物理的・社会的相互作用を考慮した随伴型ロボット技術に必要な要件を明らかにする課題に取り組んできた。提案する手法は、人とロボットにおける非言語的コミュニケーションの中で、人の行動を追従し誘導するという随伴型ロボットの設計における新たな観点を提供するものである。病院におけるロボットを用いた実証実験や介入研究を通じ、ロボットと人がともに歩行する場面における人の行動解析や社会的インタラクションの比較検証に関する一連の研究を行っている。ここでは、手を繋ぐことで行う車輪型ヒューマノイドとの並列歩行、身体の体重を支える免荷機能を有する移動支援装置と異なるシナリオにおいて研究を行ってきた。特に、人が有する社会的なキューを理解する仕組みを積極的に活用し、非言語情報を用いて追従・誘導するために主要な要因を明らかにするための新たな試みについて検討を行っている。これより、人とロボットの位置関係の解析及び歩行解析に加え、主に上半身からの社会的なキューを創出する仕組みを活用した評価実験を通じて、人とロボット間の物理的・社会的インタラクションの理解について新たな知見を得るとともに、これを人と相互作用する次世代のロボット設計に活かすことを目的としている。

本論文は英文で全6章からなり、これら一連の研究成果が纏められている。

第1章は序論で、本研究の位置づけと研究の背景を述べるとともに、研究目的、リサーチ・クエスチョン及び本研究における学術的な貢献について明らかにしている。

第2章では、歩行支援の研究に関連し、特に、高齢者の軽微な物理的支援、歩行機能障害を有する患者に対するニューロリハビリテーション、ロボット治療に加え、その物理的・社会的側面を考慮した支援に関する背景と代表的な関連研究を述べている。

第3章では、社会的インタラクションを考慮した軽微な物理的支援を行うために隣接して動作する車輪型ヒューマノイドとの並列歩行に関する設計論、制御方法、及び検証実験について述べている。外界からのセンサ情報、および内部での情報処理の方法が示されている。

第4章では、社会的インタラクションを考慮した身体を支えることが可能な移動支援機器に関するロボットのシステム構成について述べている。ここでは、若年者及び実際の患者に協力頂いた実証実験について述べられている。アンケート調査を通じた定性的な評価の結果から、開発したロボット支援機器における人とともに歩行する際の必要要件を明らかにしている。

第5章では、提案手法の妥当性を含めた実験結果に関して、制御手法、物理的インタラクションと動機、社会的インタラクションの各項目について考察と評価を行っている。

第6章では、研究成果のまとめに加え、応用の将来展望について述べている。

審査の要旨

【批評】

本論文は、歩行機能が衰えていく高齢者が増加する社会において重要となる歩行訓練の支援に着目し、実際に物理的空間を共有して人とロボットが移動することが可能な随伴型ロボットの設計指針を示すとともに、開発したロボットシステムと患者・若年者との相互作用の中で、位置や力といった物理的特性に加え、人が示す社会的特性に対する詳細な分析を行っている。このように特定の環境に限定しているが、高度なロボットシステムとのインタラクションにより、人の意思決定と行動に影響を及ぼすシステムを実現し、非言語的な意図の理解に加え、人に対するロボットの社会的行動の影響について新たな知見を得ている。また、人間機械系に適切に介入することで、協調歩行における人との物理的・社会的なインタラクションの理解を深化させる研究手法の有効性を示している。

本研究は、ソーシャル・ロボット及び人支援ロボティクスの分野において、人と機械間の相互作用特性の理解の深化といった学術的意義とともに、高齢者の重要な生活機能である歩行支援及び外出行動の促進に資する随伴型ロボットに対する新たなデザイン指針を提供するという社会的意義も大きく、サイバニクス及び人支援技術の新しい応用の可能性を拓くものとして高く評価できる。

これらの成果は、ロボット工学のみならず、社会的インタラクションを伴う人支援技術の発展に資すること大である。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として相応しいものであると認める。

【最終試験の結果】

令和2年2月12日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。