

氏 名 (本籍)	米倉 健太		
学 位 の 種 類	博 士 (工 学)		
学 位 記 番 号	博 甲 第 7300 号		
学位授与年月日	平成 27 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	動作リズムに基づく人とロボットの協調方策		
主 査	筑波大学 教授 (連携大学院) (産業技術総合研究所)	博士 (工学)	横井 一仁
副 査	筑波大学 教授	博士 (工学)	葛岡 英明
副 査	筑波大学 教授	博士 (工学)	中内 靖
副 査	筑波大学 准教授	博士 (工学)	鈴木 健嗣
副 査	岩手大学 准教授	博士 (工学)	金 天海

論 文 の 要 旨

本論文は、「動作リズム」を核とした人とロボットの新たな協調方策を体系的に論じたものである。人とロボットの協調方策には、未だ決定的な解がない。二人三脚、大縄跳び、綱引き等における人の動作人同士の協調作業を見ると、多くが繰返し動作で構成されており、人は繰返し動作の周期と位相を相手に一致させるよう振る舞っている。本論文では、この人の動作の周期的なパターンを「動作リズム」と捉え、人とロボットが相互に「動作リズム」を同期させるように振る舞いながら、一般には人よりも動作能力の劣るロボット側から積極的に動作リズム提示を行うことで、人同士のよ

うな円滑な協調を実現する人とロボットの協調方策を提案している。

第 1 章で、研究の背景、目的、関連研究について述べた後、第 2 章では、人同士の協調について人が感じるモダリティを部分的に遮断した状態の協調のスコアを比較し、人にとって最も協調しやすい動作リズムの提示方策として、触覚によるリズム提示が視覚、聴覚によるリズム提示と比べ大きな影響を与え、視覚のリズム提示は逆に影響が小さいことを人間工学実験により検証した結果を示している。第 3 章では、人の動作から動作リズムを抽出し、周期と位相を算出しながら動作の予測も行うアルゴリズムを提案し、それを実装した動作リズム認識システムを開発した。人の指揮動作を模擬するロボットを開発し、それを用いて動作リズム認識システムの基本的な性能を確認した後、実際の人による指揮動作実験により、開発した動作リズム認識システムにより、人の動作リズムを正しく認識し、周期と位相を計算できていること、抽出した動作リズムを用いて人の反復動作

の予測が行えることを検証している。第4章では、動作リズムに合わせた様々な協調作業を実現するために、ヒューマノイドロボットの動作を、簡易モーションキャプチャシステムを用いて、人の静止姿勢の組から生成する手法を提案し、その有効性を等身大ヒューマノイドロボット HRP-4C を用いた実験により検証している。第5章では、人とロボットの協調作業の例として縄回しを対象に、新たに考案したアトラクタを用いてロボットの動作リズムを人の動作リズムと同期させる手法を用いつつ、視覚や聴覚により目標動作リズムを人に提示した場合、人とロボットの協調がどのように変化するかを実験的に確かめている。実験結果より、ロボット側が人に対して目標とするリズムを提示することで人の動作リズムを誘導可能なこと、人に動作リズムを提示する際は、視覚よりも聴覚を利用した方が、目標リズムに対するエラーが少なくなることを確認している。第6章では、本論文をまとめた上で、今後の課題を示している。

審 査 の 要 旨

【批評】

本論文は、従来注目されていなかった協調作業における時系列的な繰り返しパターンである「動作リズム」に注目し、人とロボットがお互いの動作リズムを合わせつつ、ロボット側から人に対して別のモダリティを用いて動作リズムを提示することによって、ロボットの物理制限の中でよりよい協調作業を実現する、新しい人とロボットの協調方策を提案している。人に対して、どのようなモダリティから動作リズムの提示を行うのがよいのかを実験的に明らかにするとともに、人の動作リズムの検出法、ヒューマノイドロボット動作の生成法を提案し実験的に有効性を検証している。また、人とロボットがお互いの動作リズムを合わせつつ、ロボット側から人に対して別のモダリティを用いて動作リズムを提示する方法についても、単なる提案にとどまらず、人間工学的な実験を行いその有効性を検証している点は評価できる。本論文の成果は、少子高齢社会による労働力不足を解消するために期待されている人とロボットのよりよい協調作業を実現するために有効なものである。

【最終試験の結果】

平成27年2月10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。