OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Gap between Robot Service and Human Expectation: Evaluation and Classification for Sit-to-Stand Service Robot from the Viewpoint of Physical-Human-Robot-Interaction
Author(s)	王, 天一
Citation	大阪大学, 2020, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/76477
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　王　天一　）	
論文題名	Gap between Robot Service and Human Expectation: Evaluation and Classification for Sit-to-Stand Service Robot from the Viewpoint of Physical-Human-Robot-Interaction （ロボットサービスとそれに対する人が抱く期待の間のギャップ：フィジカルヒューマンロボット インタラクションの視点からみた起立支援ロボットの評価および分類の研究）

論文内容の要旨

【背景】高齢者における座位から立位へ(STS: Sit-to-Stand)の起立支援サービスロボットに関する研究は注目されている。しかし、人が起立動作をロボットによって支援される時の、フィジカルヒューマンロボットインタラクション (pHRI: physical-Human-Robot-Interaction)に焦点をあてた研究は少ない。STS動作におけるロボットによる起立支援とそれに対する人間が抱く期待との間にギャップが存在するという先行論文に刺激を受け、本研究では、“ロボットによる支援とそれに対する人間が抱く期待の間のギャップはどのように生じるのか”、“望ましくないギャップはロボットに伝達することは可能なのか”の疑問について、pHRIの視点から研究した。本研究は３つのパートから構成される。

【研究１：STSサビースロボットによる支援とそれに対する人間が抱く期待の間のギャップの検証とギャップが生じる原因についての検討、更にこれらのギャップをロボットに伝える手法の探索】方法：STS動作における脚の圧力中心及び人の重心の変化を計測し、アンケート調査から対象者の心理的な変化を調べ両者の関係を検討した。対象者(n=10)は（１）低い椅子(43cm)と高い(62cm)椅子から自立で立ち上がる、（２）ロボットの速度が速い(2秒)と遅い(5秒) 支援を設定し、低い椅子(43cm)から立ち上がる、という実験を行なった。各実験後、対象者にアンケートを実施し、それぞれの起立動作時に感じた「大変さ」について調査した。床反力の計測は圧力中心動揺計 (Wii Balance Board) を用いた。得られた床反力から周波数解析を行い各動作の特徴点を抽出した。同時に高速度カメラシステムにより対象者の動作をキャプチャーし、ヒトの重心を計算し、周波数解析手法を用いて重心軌跡の特徴点を抽出した。その後、前述の特徴点を利用し、機械学習の一つの手法として、単純ベイズ分類器を用いて、主観的な心理的変化とそれに伴う起立動作を分類した。結果：アンケート結果では、ロボットによって低い椅子(43m)からの起立動作を、遅い速度(5秒)で支援された場合、起立動作は「困難」と感じるという結果となった。ロボットによって低い椅子(43m)からの起立動作を、速い速度(2秒)で支援された場合、起立動作は「容易」であることが分かった。以上より、主観的なギャップを、圧力中心と人の重心の二つの視点から定量化・数値化できること、及び、機械学習により、これらのギャップをロボットに伝える一つの手法を提案できた。

【研究２：STS運動を対象者の体幹、大腿及び脚の3つのリンクの視点から人間の骨格シミュレーションモデルを構成し、サービスロボットによる支援とそれに対する人間が抱く期待の間にギャップが生じたときのSTS運動の特徴点を解明する】方法：研究１と同じ実験環境で、対象者の動作を高速度カメラシステムによりキャプチャーし、体幹と大腿及び大腿と脚の最大屈曲に至るタイミングのズレ、及び下肢の最大伸展速度を計算した。結果：アンケートで「容易」と報告された起立動作と比べ、起立支援ロボットと人間の期待の間にギャップが生じた起立動作では、体幹と下肢の最大屈曲になったタイミングのズレは大きかった。また、最大伸展速度が遅くなることはギャップが生じる一つの原因と考えられた。

【研究３：研究１と研究２の結果を踏まえて、位相の概念を用いて、起立動作を支援する際の対象者の全身の動きの調和・なめらかさに注目した、起立支援サービスロボットに対する新たな評価方法の提案】方法：対象者(n=6)は同一の高さの椅子(43cm)から、足の位置が後(膝の角度は約80度)の姿勢で自分で立ち上がる場合と、同じ条件で、ロボットの支援を受けて立ち上がる場合での実験を行った。ロボットによる支援速度は速い(2秒)場合と遅い(5秒)場合に設定した。高速度カメラシステムにより対象者の動作をキャプチャーした上で、RP(relative phase)により動作の協調性を計算し、その最小値から協調性を評価した。結果：STS動作において動作協調性に注目することで新たな起立動作の評価指標を提案できた。この指標は、自立動作でもロボット使用時でも用いることが出来、全身的な調和のとれた動作かそうでないかの判別指標としても優れていることが示唆された。

【結論】

本研究により提案した新たな指標は、今後STS動作支援のロボット評価指標として用いることができるだけでなく、自立動作でもロボット使用時でも用いることが出来る。評価の視点に本人の動きの滑らかさ、全身的な調和のとれた動作かそうでないかという視点を導入したことにより、STS動作だけでなく他の動作についての検討、評価も可能と考える。

様式７

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　王　天一　）		
論文審査担当者	（職）	氏　名
	主 査　教授	大野　ゆう子
	副 査　教授	近江　雅人
	副 査　教授	遠藤　誠之

論文審査の結果の要旨

起立（Sit to Stand: STS）動作支援ロボット開発に関する研究は多いが、ロボットによって支援される時のフィジカルヒューマンロボットインタラクション（physical-Human-Robot-Interaction: pHRI)に焦点をあてた研究は少ない。STS動作におけるロボットによる起立支援とそれに対する人間が抱く期待との間にギャップが存在するという先行論文に刺激を受け、本論文では【研究１】ロボットによる支援とそれに対する人間が抱く期待の間のギャップを評価する方法の提案、【研究２】STS動作をヒトの体幹、大腿、脚の3つのリンクからなるモデルで表現しギャップが生じる時のSTS動作の特徴を解明、【研究３】対象者の全身の動きの調和・滑らかさに注目した新たなSTS動作支援ロボットの評価方法の提案をpHRIの視点から研究した（大阪大学医学部附属病院の倫理審査の承認済)。

【研究１】STS動作における脚の圧力中心及び人の重心の変化を床反力計により計測し、同時に対象者の心理的な変化を調べて両者の関係を検討した。対象者(n=10)は（１）低い椅子(43cm)/高い(62cm)椅子からの自力でのSTS動作、（２）低い椅子(43cm)からロボット支援により起立速度が速い(2秒)/遅い(5秒)STS動作を行う場合、を比較した。対象者の心理は自記式アンケートで調査した。床反力の計測には圧力中心動揺計（Wii Balance Board）を用い、得られた床反力から周波数解析を行い各動作の特徴点を抽出した。同時に高速度カメラにより対象者の動作を撮影、重心を計算し、周波数解析手法を用いて重心軌跡の特徴点を抽出した。さらに前述の特徴点を用いて機械学習の一つの手法である単純ベイズ分類器を用いて主観的な心理的変化とそれに伴う起立動作を分類した。その結果、アンケート結果では、ロボットによって低い椅子(43m)からの起立動作を、遅い速度(5秒)で支援された場合、起立動作は「困難」と感じる結果となり、ロボットによって低い椅子(43m)からの起立動作を、速い速度(2秒)で支援された場合、起立動作は「容易」と感じることが示された。以上よりギャップを、圧力中心と人の重心の二つの視点から定量化・数値化できること、機械学習によりギャップを明示出来、ロボットに伝える一つの手法を提案できた。

【研究２：】研究１と同じ実験環境で、高速度カメラにより撮影した対象者の動作を３リンクモデルで表現し、体幹と大腿及び大腿と脚の最大屈曲に至るタイミングのズレ、及び下肢の最大伸展速度を計算した。その結果、主観的に「容易」と報告された起立動作と比べ、ギャップが生じた場合は体幹と下肢の最大屈曲になったタイミングのズレが大きいこと、最大伸展速度が遅くなることがギャップの生じる一つの原因であることが示唆された。

【研究３】対象者(n=6)は同一の高さの椅子(43cm)から、膝の角度が約80度となる足の位置からの姿勢で、自力で立ち上がる場合と、ロボットの支援［支援速度は速い(2秒)/遅い(5秒)］で立ち上がる場合を高速度カメラにより撮影、動作の滑らかさをRP(relative phase)により表現し、その最小値から協調性を評価した。その結果、STS動作において動作協調性に注目することで新たなSTS動作の評価指標を提案でき、全身的な調和のとれた動作かそうでないかの判別指標としても優れていることが示唆された。

本研究は、pHRIの視点からロボットによる支援にヒトが期待するものと実際の支援のギャップを見える化し、支援ロボットの有用性評価に新たな指標を提案しただけでなく、自立動作についても動きの滑らかさを表現できる指標を提案した点で学術的にも社会的にも重要な研究といえる。

以上より本研究は博士（保健学）の学位に値すると評価した。