

氏名	太田 俊介
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博甲第104号
学位授与の日付	平成27年3月24日
学位論文の題目	身体の接近を伴う握手動作を生成する握手ロボットシステム
学位審査委員会	主査 渡辺富夫 副査 佐藤洋一郎 副査 山崎大河 副査 神代 充（富山大学理工学研究部）

## 学位論文内容の要旨

少子高齢化に伴い医療介護や生活支援などにおいて、ロボットの導入が期待されている。このようなロボットは人間に不安や不快感といった負のイメージを抱かせることなく、初対面時でも受け入れられる必要がある。そのため、ロボットと人間の間においても、人間同士と同様のインタラクションを行うことが重要である。一方で、人間は昔から親愛の気持ちや喜びといった互いの好意を伝え合う方法としてノンバーバルなコミュニケーションの一つである握手を行う。握手は物理的な接触を伴う身体的インタラクションであり、握手を求めるタイミングやそれに応じるタイミングなどから互いのリズムを同調させることで、信頼関係が持てるコミュニケーションの始まりを創出している。とくに、手部同士を接近させる動作は握手動作の導入部分であり、互いの身体的リズムを同調させる上では極めて重要である。

これまでに人間との握手動作を生成する握手ロボットシステムの開発が行われてきた。この研究では、人間同士の握手動作を解析し、握手を求める側と求められた握手に応じる側が互いに静止した状態における、握手応答動作モデルと握手要求動作モデルを開発している。さらに、成人男性の大きさに合わせた握手ロボットを用いて、その有効性を示している。しかしながら、家庭用ロボットなどにおいては、ロボットは小型であることが望ましい。また、これらの研究は主に互いの手部が接近することなく届く状況を前提としている。しかしながら、一般的な握手動作では手の届く距離まで接近する必要があり、日常生活において多くの人間は移動を伴いながら握手動作を行っている。

そこで、本論文では、人間より小型のロボットにおいて、人間とロボットが互いに静止している場合、ロボットが静止しており人間が接近する場合、および人間が静止しておりロボットが接近する場合の握手動作を生成することを対象とする。まず、小型ロボットにおいて、先行研究で提案されている互いに静止状態において人間に握手を求める握手要求動作を生成する握手要求動作モデル、および人間が握手を求めてきた際にそれに応じる握手応答動作を生成する握手応答動作モデルが有効であることを示す。つぎに、小型ロボッ

トを対象として、人間、ロボットそれぞれが移動を伴う場合の握手を求める動作、および求められた握手に応じる動作を生成する握手動作モデルを提案する。さらに、提案モデルを適用した小型握手ロボットシステムを構築し、官能評価実験により提案モデル、およびそれを適用したロボットシステムの有効性を示している。

本論文は、全6章により構成されている。各章は以下の内容である。

1章では、本研究の背景と目的を述べ、本論文の構成を述べている。

2章では、先行研究によって有効性が示されている成人男性と同じ大きさのロボットによる互いに握手可能な距離で静止した状態での、握手要求動作モデル、および握手応答動作モデルについて述べている。まず、ロボットから人間に対して握手を求める動作を生成するモデルである握手要求動作モデルについて述べ、官能評価実験の結果からその特徴について示す。次に、人間から求められた握手に応じる動作を生成するモデルである、握手応答動作モデルについて述べ、官能評価実験の結果からその特徴について示す。

3章では、人間よりサイズの小さい小型握手ロボットシステムを開発している。この握手ロボットシステムには非接触により人の手部位置を推定するための画像処理による手部位置認識手法を適用している。そして、第2章で述べた2つのモデルを適用した小型握手ロボットシステムを構築し、官能評価実験により小型握手ロボットにおける握手要求動作モデル、および握手応答動作モデルの有効性を示している。さらに、2台のロボットにこれらのモデルを適用することでロボット同士での握手動作を実現している。

4章では、ロボットに接近してくる人間に対して、握手動作を生成する小型握手ロボットシステムを開発している。まず、人間同士における接近する人間に対する握手要求動作を計測し、その動作解析結果および第2章で述べた握手要求動作モデルを基に、人間が接近してきた場合における握手要求動作モデルを提案している。そして、開発したロボットシステムに提案モデルを適用し、官能評価実験により提案した握手要求動作モデルおよび、それを適用した握手ロボットシステムの有効性を示している。つぎに、接近する人間に対する握手応答動作を計測し、その動作解析結果および第2章で述べた握手応答動作モデルを基に、人間が接近してきた場合における握手応答動作モデルを提案している。そして、開発したロボットシステムに提案モデルを適用し、官能評価実験により提案した握手応答動作モデルおよび、それを適用した握手ロボットシステムの有効性を示している。さらに、人間がロボットに対して接近する場合において、人間から先に握手を求めてきた場合にはそれに応じ、求めてこない場合にはロボットから握手を求める動作を生成するために、人間の接近を伴う握手応答動作と握手要求動作を切り替える動作を提案している。そして、切り替え動作を適用した握手ロボットシステムを用いて、握手要求動作モデルと握手応答動作モデルが人間に好まれるタイミングにより適切に切り替えられることを官能評価により示している。

5章では、ロボットから人間に対して能動的に接近し、握手動作を生成する移動握手ロボットシステムを開発している。まず、人間同士における接近する人間の握手要求動作を計

測し、その動作解析結果および第 2 章で述べた握手要求動作モデルを基に、ロボットから人間に対して接近する場合における接近握手要求動作モデルを提案している。そして、開発したロボットシステムに提案モデルを適用し、官能評価実験により提案した接近握手要求動作モデルおよび、それを適用した握手ロボットシステムの有効性を示している。つぎに、人間同士における接近する人間の握手応答動作を計測し、その動作解析結果を基に、ロボットから人間に対して接近する場合における接近握手応答動作モデルを提案している。そして、開発したロボットシステムにモデルを適用し、官能評価実験により提案した接近握手応答動作モデルおよび、それを適用した握手ロボットシステムの有効性を示している。さらに、ロボットから人間に接近する場合において、人間から先に握手を求めてきた場合にはそれに応じ、求めてこない場合にはロボットから握手を求める動作を生成するために、接近握手応答動作と接近握手要求動作を切り替える動作を提案している。そして、切り替え動作を適用した移動握手ロボットシステムを用いて、接近握手要求動作モデルと接近握手応答動作モデルが人間に好まれるタイミングにより適切に切り替えられることを官能評価により示している。

6 章では、本研究で得られた成果をまとめると共に、今後の発展性について述べている。

## 主業績

No.1	
論文題目	A Mobile Handshake Robot System for Generation of Handshake Request Motion during Active Approach to a Human
著者名	S.Ota, M.Jindai, H.Yamauchi, and T.Watanabe
発表誌名	Proceedings of First International Symposium on Socially and Technically Symbiotic Systems, No.26, pp.1-6, 2012-8.
No.2	
論文題目	接近を伴う握手要求動作を生成する握手ロボットシステム
著者名	太田俊介, 神代充, 山内仁, 渡辺富夫
発表誌名	第 14 回 IEEE 中国支部学生シンポジウム論文集, pp.7-8, 2012-11.
No.3	
論文題目	人間との握手接近動作を行う小型握手ロボットシステム
著者名	太田俊介, 神代充, 山内仁, 渡辺富夫, 柴田論, 山本智規
発表誌名	日本機械学会論文集(C 編), Vol.79, No.803, pp.2383-2393, 2013-7.
No.4	
論文題目	人間の接近を伴う握手要求への応答動作を生成する握手ロボットシステムの開発
著者名	太田俊介, 時枝和平, 神代充, 渡辺富夫
発表誌名	日本機械学会 2013 年度年次大会講演論文集, No.S121022, pp.1-4, 2013-9.
No.5	
論文題目	接近する人間に握手要求動作を生成する握手ロボットシステム
著者名	太田俊介, 時枝和平, 神代充, 渡辺富夫
発表誌名	第 14 回 計測自動制御学会, システムインテグレーション部門講演会 (SI2013) 論文集, pp.2637-2638, 2013-12.
No.6	
論文題目	接近する人間への音声挨拶を伴う握手要求動作生成モデルの開発
著者名	太田俊介, 神代充, 渡辺富夫
発表誌名	ロボティクス・メカトロニクス講演会 2014 (ROBOMECH2014), 2A1-G07, 2014-5.
No.7	
論文題目	A Handshake Response Motion Model during Active Approach to a Human.
著者名	S.Ota, M.Jindai, T.Fukuta, and T.Watanabe
発表誌名	Proceedings of the 2014 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII2014), pp.310-315, 2014-12.

No.8	
論文題目	接近を伴う握手要求動作を生成する握手ロボットシステム
著者名	太田俊介, 神代充, 山内仁, 渡辺富夫
発表誌名	日本機械学会論文集, 掲載決定.

#### 副業績

No.1	
論文題目	A Small-Size Handshake Robot System for a Generation of Handshake Approaching Motion
著者名	M.Jindai, S.Ota, H.Yamauchi, and T.Watanabe
発表誌名	Proceedings of the 2012 IEEE International Conference on Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (IEEE-CYBER 2012), pp.80-85, 2012-5.

#### 関連業績

No.1	
論文題目	人の手部動作および発声解析に基づく手渡し動作モデル
著者名	神代充, 太田俊介, 池本有助, 笹木亮
発表誌名	日本機械学会論文集, Vol.80, No.817, pp.1-13, 2014.

## 論文審査結果の要旨

本論文は、人間より小型のロボットにおいて、人間とロボットが互いに静止している場合、ロボットが静止しており人間が接近する場合、および人間が静止しておりロボットが接近する場合のロボットから握手を求める動作と人間から求められた握手に応じる動作を対象として、それぞれの動作を生成する動作モデルを提案すると共に、それらを適用したロボットシステムの開発について論じたものである。

少子高齢化に伴い医療介護や生活支援などの分野において、ロボットの導入が期待される中で、ロボットは人間に対して不安や不快感といった負のイメージを抱かせることなく、初対面時でも受け入れられる必要がある。人間同士では身体的インタラクションの一つである握手を行うことで、互いのリズムを同調させ、コミュニケーションの開始を円滑にしている。また、家庭用ロボットは小型であることが望まれ、一般的に握手動作は移動を伴ったものである。そのため本論文では、小型のロボットにおける身体の移動を伴った握手動作を生成する動作モデルの提案、およびそれらを適用した握手ロボットシステムの開発を行っている。具体的には、まず先行研究で提案されている静止状態での握手における人間に握手を求める握手要求動作を生成する握手要求動作モデル、および人間が握手を求めてきた際にそれに応じる握手応答動作を生成する握手応答動作モデルを適用した小型握手ロボットシステムを開発し、小型ロボットにおける動作モデルの有効性を示している。つぎに、人間、ロボット的一方が移動を伴う場合での握手を求める動作、および求められた握手に応じる動作を生成する握手動作モデルを提案している。そして、提案モデルを適用した握手ロボットシステムを構築し、官能評価実験により提案モデル、およびそれを適用したロボットシステムの有効性を示している。さらに、握手応答動作と握手要求動作を適切に切り替えることで、人間から握手を求めてきた場合にはそれに応じ、求めてこない場合にはロボットから握手を求める動作を実現し、その有効性を官能評価実験により示している。

本論文は、人間同士の握手動作を解析し、その解析結果に基づいて人間との身体的インタラクションを生成する動作モデル、およびそれらを適用したロボットシステムの研究開発を行っている。そのため、本論文で得られた人間同士の動作解析結果や提案モデルは今後の人間共存型ロボットシステムの開発において基盤となるものである。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。