

論文内容要旨（和文）

氏 名 韓 現 泰



論 文 題 目 ミニチュアヒューマノイドを用いた遠隔コミュニケーションに 関する研究

近年、携帯電話やスマートフォン、タブレットPCなどが普及し、距離にかかわらず遠隔地の人間同士がコミュニケーションを図ることができるようになった。これらの機器にはカメラとディスプレイが付いており、お互い相手の顔を見ながら会話することも可能である。しかし、これらのデバイスを用いてもフェイストゥフェイスと同等の質を持つコミュニケーションを実現することは困難である。

これに対し、テレコミュニケーターと呼ぶウェアラブルロボットが開発されている。テレコミュニケーターは遠隔地にいる人々との豊かなコミュニケーションを実現させるためのロボットアバターである。これまで全20自由度を持つミニチュアヒューマノイドロボットMH-2のハードウェアが開発されてきた。MH-2は人間に近いプロポーションを持ち、7自由度の双腕と3自由度の首部を持っている。

本論文では、ミニチュアヒューマノイドロボットによる豊かな遠隔コミュニケーションの実現を目的に研究を行った。

第1章「序論」では、研究の背景と目的について述べた。相互テレプレゼンスの必要性を示し、テレプレゼンス技術を用いて開発された先行研究のロボットとミニチュアヒューマノイドロボットMH-2の特徴について説明した。すなわち、人と同様の自由度とプロポーションを持ったコミュニケーション用小型人型ロボットを開発した例は他にないことを示した。そして、ロボットを用いた人間とのコミュニケーションに関する先行研究を示し、このようなロボットを用いたコミュニケーションの解析がこれまで行われていないことを述べ、本研究の位置付けを明らかにした。

第2章「MH-2腕部の制御」では、MH-2の7自由度腕部の制御方式について論じた。MH-2では、小型化のためにワイヤ駆動が採用されている。しかし、その小ささ故に、矛盾のないワイヤ経路を確保することが困難であり、これを許容するために、ワイヤだけではなくゴムが内挿されている。このため、正確に操作者の動作を再現することが困難であった。そこで、ワイヤ経路の幾何モデルを導入することで、正確なワイヤ経路を明らかにすると共に、ゴムの伸びを利用した重力補償モデルを提案した。また、実験により冗長関節を除けば、誤差が5度以内に収まることを示し、提案手法の有効性を示した。

第3章「テレプレゼンス実験システム」では、リアルタイムでMH-2を遠隔操作できるようにモーションキャプチャーシステムを利用した操作インタフェースを新たに開発した。また、MH-2の制御システムに操作システムを繋ぐ通信システムを構築した。通信による時間遅れを最小にするために、モーションデータと画像データは有線を用い、音声データは無線で伝送する構成とした。操作者の頭部動作や両腕の動作はMH-2の動作と同期する。また、HMDを通して、操作者が向いた方向のステレオ映像を見ることが出来ると共に、遠隔地に居る人と遅延のない会話を実現した。

第4章「遠隔コミュニケーションにおけるMH-2の効果」では、MH-2のコミュニケーション能力を実験により検証した。まず、インディアンポーカーゲームを選定した。本ゲームは、プレーヤー間で騙し合うため、高度なコミュニケーションが要求される。実験では六つの評価項目「Emotion or personality」、「Line of sight」、「Familiarity」、「Presence」、「Enjoyment」、「Smoothness of game progress」により評価した。比較対象として

Skype(ディスプレイのみ)を選んだ。Skypeは、操作者の表情を提示できるため、表情のないMH-2にとって厳しい比較対象である。実験では、MH-2が「Line of sight」と「Smoothness of game progress」の2項目で有意差を示し、Skypeを用いたコミュニケーションより高い評価を得た。一方、Skypeは「Emotion or personality」の項目で有意差を示し、高い評価を得た。操作者の表情が果たす役割が大きいことが示された一方、実在する小型人型ロボットがコミュニケーションの質の向上に貢献することが示され、MH-2の有効性が示された。

第5章「遠隔コミュニケーションにおける冗長腕部の効果」では、ミニチュアヒューマノイドの冗長関節の有効性を検証するため、MH-2のグラフィックスモデルを用いて4自由度(冗長軸あり)と3自由度(冗長軸なし)の場合における比較実験を行った。「Negative」、「Question」、「Anger」を示す三つの動作の中で、後者二つの動作に対し、4自由度アームの方が3自由度アームより高い評価を得、有意差を示した。

第6章「結論」では、第1章から第5章までで得られた主要な知見を総括し、今後の展望を示した。

論文內容要旨 (英文)

氏 名 韓 現 泰



論 文 題 目 Study on Remote Communication with a Miniature Humanoid

Recently, Internet access has become very popular owing to the widespread use of smart phones, tablets, etc. These devices have enhanced remote communication capabilities. The combination of a built-in camera and display is a popular option for video communications. However, it is still difficult to match the quality of direct or physical communication. In our previous work, a small-sized humanoid robot named MH-2 was developed for wearable telepresence system. The MH-2 consists of seven degrees-of-freedom (7-DOF) arms, a 3-DOF head, and a torso scaled according to human-like proportions. Meanwhile, to achieve rich communication between humans through the use of robots, it is necessary to evaluate and analyze the mechanism of human communication that is robot mediated. But, previous studies focused on human-sized robots, small-sized non-humanoid robots, or small-sized humanoid robots without human-like proportions. A small-sized humanoid robot with human-like proportions has not been studied because of the absence of such a small humanoid.

In this thesis, to achieve rich remote communication, quality of communication with the MH-2 is analyzed. First of all, motion control methods for MH-2 are proposed and developed. We introduce a geometrical model which includes detailed wire paths and a gravity compensation model with elastic rubber wires. To confirm the feasibility of these methods, a fundamental experiment is performed. In addition, we developed an experimental telepresence system, and evaluated its performance through communication. In the experiment, Skype using a flat display, was compared with the MH-2. The "Indian Poker" game was employed for the experiment. It is an ideal evaluation platform because it is a psychological game that requires careful observations among the players. The evaluations were conducted in terms of six aspects: emotion or personality, line of sight, familiarity, presence, enjoyment, and smoothness of the game progress. The experimental results showed that the MH-2 performed positively in two out of six aspects, namely the line of sight and smoothness of the game progress. Furthermore, we performed another experiment to confirm the feasibility of redundant arms of MH-2, because it is one of the major features of MH-2. The experimental results show the advantages of redundant motion in communication.

From a comprehensive standpoint, the MH-2 demonstrated good capabilities for rich remote communications.

学位論文の審査及び学力確認の結果の要旨

平成 30 年 8 月 7 日

理工学研究科長 殿

論文博士論文審査委員会

主査 妻木 勇一

副査 水戸部 和久

副査 井上 健司



学位論文の審査及び学力確認の結果を下記のとおり報告します。

記

論文申請者	氏名 韓 現泰		
論文題目	ミニチュアヒューマノイドを用いた遠隔コミュニケーションに関する研究		
学位論文審査結果	合格	論文審査年月日	平成 30 年 7 月 25 日～ 平成 30 年 8 月 7 日
論文公聴会	平成 30 年 8 月 7 日	場 所	工学部 5 号館 301 教室
学力確認結果	合格	学力確認年月日	平成 30 年 8 月 7 日
学位論文の審査結果の要旨 (1,000 字程度)			
本論文は、人と同様の自由度とプロポーションを持つ小型人型ロボット MH-2 を用いた遠隔コミュニケーションについて論じたものであり、6 章から構成されている。 第 1 章では研究の背景と本研究の位置付けを示している。すなわち、人と同様の自由度とプロポーションを持ったコミュニケーション用小型人型ロボットを開発した例が他にないことを述べ、このようなロボットを用いたコミュニケーションに関する評価が行われていないことが示されている。 第 2 章では MH-2 の冗長腕部の制御方式について論じている。ワイヤで駆動される MH-2 を精度良く制御するためにワイヤ経路の幾何モデルを導入すると共に、ワイヤ途中に挿入されているゴムの伸びを利用した重力補償モデルを提案し、実験により提案手法の有効性が示されている。 第 3 章では新たに開発したトレイグジスタンスシステムについて述べている。光学式モーションキャプチャによる操作システムが構築され、通信時間遅れを小さくするために有線と無線の 2 回線を用いた通信システムが採用されている。 第 4 章では MH-2 を用いた遠隔コミュニケーションを実験的に評価している。Skype を比較対象に、高度な駆け引きが要求されるインディアンポーカーゲームを通して評価が行われている。操作者の表情を提示できる Skype に対し、表情のない MH-2 が 2 つの評価項目で優位な結果を示し、その有効性が示されている。 第 5 章ではジェスチャ表現において MH-2 の冗長自由度が有効に働いていることを実験により示している。 第 6 章では第 2 章から第 5 章までに得られた主要な知見を総括し、今後の展望を示している。 以上要するに本論文は、人と同様の自由度とプロポーションを持つ小型人型ロボットの制御システム及びこれを用いたトレイグジスタンスシステムを新たに構築し、本システムの遠隔コミュニケーションにおける有用性を示しており、得られた知見およびその成果は、ロボット工学及び機械工学の発展に寄与するところが少なくない。一方、その研究成果は、1 報の全文査読付き国際会議で発表（英語、筆頭著者）され、1 報の査読付き筆頭著者論文（英文）に掲載が決定している。これは当該専攻の審査基準を満たしている。よって、本論文を学位論文として合格と判定した。 本研究は、工学部倫理委員会承認（承認番号 27-15, 29-24）のもとで行われており、研究倫理関係規定を遵守している。なお、利益相反等に係る学内規則に基づく手続きは必要ない。			
学力確認の結果の要旨			
論文申請者は、平成 28 年 9 月に課程博士単位取得満期退学しており、すでにロボット工学および機械工学などについて十分な学力を有している。博士論文公聴会における 40 分の口頭発表についての 40 分の質疑応答と博士論文審査委員による面談を通して、改めて専門知識についての理解力、研究能力、語学力など、博士の学位を授与するのに十分な知識と能力が確認できたので、合格と判定した。			