

氏名	坂本 大介
学位名	博士（システム情報科学）
学位記番号	第8号
学位授与年月日	平成20年3月19日
学位論文題目	対話メディアとしての人型ロボットにおけるインタラクションデザインに関する研究
論文審査委員	主査 小野 哲雄 副査 大澤 英一 副査 片桐 恭弘 副査 岡本 誠 副査 石黒 浩（大阪大学）

## 論文要旨

本論文では、人と対話することを目的とした人型ロボットシステムの開発を行い、これを用いた人と人型ロボットとの相互作用（Human Robot Interaction）におけるインタラクションデザイン（Interaction Design）に関する研究について述べる。

これまでに、コンピュータとの対話的操作（Human Computer Interaction）などに関する研究を通して人と人工物の相互作用に関する研究は数々行われてきた。しかし、人に近い身体を持った人型ロボットという人工物においては、これまでの人工物以上に人に近い対話が求められることが考えられる。なぜなら、人に近い外見をした人型ロボットに対して、人は人のような対話が可能であると認識してしまうためである。本研究では人と人型ロボットの対話における機構を解明することによって、最も人に適応したインタラクティブシステムとしての人型ロボットのインタラクション設計に貢献することを目的とする。

これを行うためには2つの解決すべき研究課題がある。1つは人と対話を行うことを目的としたロボットシステムの開発。もう1つは開発したロボットシステムと人とのインタラクションデザインの実装と評価を行う研究がある。これらの課題は相互に関連した研究内容を含んでいる。

筆者はまず、解決すべき1つめの研究として、半自律遠隔操作型ロボットシステムの開発に関する研究を行った。これまでに様々なロボットシステムが開発されてきたが、高度な自由対話を行うことができるロボットシステムの実現にはいまだ至っていない。しかし、人-ロボット間相互作用研究においては、ロボットの高い対話能力が必要とされる。なぜ

なら、不完全な対話能力を有するロボットとの対話実験の結果が、将来の研究にどの程度貢献することができるのかについて多くの疑問が残るためである。このため、本研究では高度な自由対話を行う部分を人が担当し、その他のロボット自身で行動できる部分、具体的には単純な反射や簡単な行動単位を自律的に振る舞うことで、人と自由な対話を行うことができるシステムを開発する。これにより、ロボットは高度な対話に必要な知能を人に委譲することができ、人に近い自然な対話が実現されることが期待される。本研究ではこれを半自律遠隔操作型ロボットシステムと呼ぶ。

ここで開発したシステムを用いて、2つ目の研究課題である人と人型ロボットシステムの相互作用の機構解明に関する研究を行った。本研究課題には3つの解決すべき基礎例題が含まれる。これらには、人型ロボットの身体が人とのコミュニケーションに与える影響の解明、人型ロボットの社会的態度が人間関係に与える影響の解明、人型ロボットとの根源的な影響の解明という基礎例題がある。

筆者はまず、解決すべき1つめの基礎例題として、人に近い身体を持った存在であるからこそ期待される「身体性コミュニケーション」についての研究を行った。本研究では、ロボットが対話者に対して協調的、つまり、同期的な身体動作を行うことによって、どのような影響があるのかを確認するための実験を行った。本実験で用いるロボットシステムは3次元モーションキャプチャシステムから得られる人の身体動作をロボット上で再現する。これを遠隔操作によって対話の文脈に沿うように身体動作を行わせることで、人と同期的な身体動作と発話を実現する。この実験の結果、ロボットの協調的な身体動作が、対話者の感情的側面に良い影響を与えることが明らかとなった。

人とロボットの対話機構には身体動作だけでなく、その発話内容やそれに付随する「社会的態度」も重要な要素となることが考えられる。このため、次に私はロボットを含む3者対話における、ロボットの態度が与える社会的影響の解明を行うための実験を行った。本実験ではロボット1台が、被験者2人と対話する。この際、ロボットが2人の被験者に対して平等に良い印象を与える態度をとるか、1人だけに対して良い印象を与える態度をとるかによって、被験者間の印象にどのような変化が起きるかについて調べる。本実験においてもロボットは遠隔操作によって社会的態度を変化させる。この実験の結果から、ロボットの発話内容や振る舞いが人間関係の印象形成に影響を与えることが確認された。

人型ロボットの自律対話機能が進化するにつれ、いずれは人と同等の対話能力を持った人型ロボットが登場することが考えられる。さらには、ある人の外見だけではなく、人格すら同等のロボットが登場するかもしれない。上述2つの研究によって、人とロボットの対話における、ロボットの強い影響力について明らかになった。これらの研究から、将来の究極的な人型ロボットと人が対話することの意味について深く考える必要があることがわかる。

このため、次に筆者は「人型ロボットとの対話の根源的な影響の解明」を行うための研究として、人の外見に酷似した人型ロボットであるアンドロイドロボットを用いた対話実

験を行った。本実験では人がアンドロイドを通して、アンドロイドの前にいる人と対話を行う。これはつまり、ロボットと対話する人にとっては、人と同等の対話能力を持ったロボットと対話することとなる。実験ではこのような人と同じ対話能力を持ったロボットとの対話は、人にとってどのような影響があるのかの解明を行った。本実験の結果から、アンドロイドロボットを通じた会話は、他のメディア、具体的には現在の遠隔コミュニケーションの手段として用いられているテレビ電話や電話よりも、存在感を有し、自然な対話を行うことができる優れたメディアであることが確認された。さらに、人に酷似したアンドロイドロボットと対話をする人にとって、他の人工物との対話のなかでも、より人同士の対話に近いものであると感じることが確認された。

以上3つの基礎研究から、人とロボットの対話におけるロボットの身体動作の影響だけではなく、ロボットの社会的態度の重要性について明らかになった。さらに、近未来の究極的な人型ロボットを想定した対話実験を通して、ロボットの対話メディアとしての影響力についても明らかとなった。

これらの結果から、本研究はロボット共存社会における人々にとっての新しい他者としての人型ロボットのインタラクションデザインの基本要素を明らかにすることができたと考えている。

## 審査結果の要旨

本研究は、人と対話することを目的とした人型ロボットシステムの開発、および、これを用いた人と人型ロボットとの相互作用 (Human Robot Interaction) におけるインタラクションデザインに関する研究である。具体的には、半自律遠隔操作型ロボットシステムの開発を行い、このロボットシステムを用いて、身体性コミュニケーションに関する研究、ロボットの社会性に関する研究、アンドロイドロボットを用いたロボットの存在感に関する研究を行った。

本研究ではまず、半自律遠隔操作型ロボットシステムの開発に関する研究を行った。このロボットシステムでは、高度な自由対話を行う部分を人が担当し、その他のロボット自身で行動できる部分、具体的には単純な反射や簡単な行動単位を自律的に振る舞うことで、人と自由な対話を行うことができるロボットシステムを開発した。これにより、ロボットは高度な対話に必要な知能を人に委譲することができ、人に近い自然な対話が実現されることが期待される。

次に、この半自律遠隔操作型ロボットシステムを用いて、人と人型ロボットの円滑な相互作用を実現するために、インタラクションデザインに関する3つの研究を行った。まず第1に、ロボットが人に近い身体を持った存在であるからこそ期待される「身体性コミュニケーション」についての研究を行った。本研究では、ロボットが対話者に対して協調的、

つまり同期的な身体動作を行うことによって、インタラクションにどのような影響があるのかを確認するための実験を行った。本実験で用いるロボットシステムは3次元モーションキャプチャシステムから得られる人の身体動作をロボット上で再現している。これを遠隔操作によって対話の文脈に沿うように身体動作を行わせることで、人と同期的な身体動作と発話を実現する。この実験の結果、ロボットの協調的な身体動作が、対話者の感情的側面に良い影響を与えることが明らかとなった。

第2に、人とロボットの対話機構には身体動作だけでなく、その発話内容やそれに付随する「社会的態度」も重要な要素となることが考えられる。このため、次にロボットを含む3者対話における、ロボットの態度が与える社会的影響の解明を行うための実験を行った。この実験の結果から、ロボットの発話内容や振る舞いが人間関係の印象形成に影響を与えることが確認された。

最後に、「人型ロボットとの対話の根源的な影響の解明」を行うための研究として、人の外見に酷似した人型ロボットであるアンドロイドロボットを用いた対話実験を行った。本実験では人がアンドロイドを通して、アンドロイドの前にいる人と対話を行う。これはつまり、ロボットと対話する人にとっては、人と同等の対話能力を持ったロボットと対話することとなる。実験ではこのような人と同じ対話能力を持ったロボットとの対話は、人にとってどのような影響があるのかの解明を行った。本実験の結果から、アンドロイドロボットを通じた対話は、他のメディア、具体的には現在の遠隔コミュニケーションの手段として用いられているテレビ電話や電話よりも、存在感を有し、自然な対話を行うことができる優れたメディアであることが確認された。

以上3つの研究から、人とロボットの対話におけるロボットの身体動作の影響だけではなく、ロボットの社会的態度の重要性についても明らかになった。さらに、近未来の究極的な人型ロボットを想定した対話実験を通して、ロボットの対話メディアとしての影響力についても明らかとなった。以上、これらの結果から、本研究はロボット共存社会における人々にとっての新しい他者としての人型ロボットのインタラクションデザインの基本要素を明らかにすることができた。