



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ロボットからの社会的なはたらきかけのデザインに関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	水丸, 和樹
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第15535号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/89377
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Kazuki_Mizumaru_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（情報科学） 氏名 水丸 和樹

学 位 論 文 題 名

ロボットからの社会的なはたらきかけのデザインに関する研究
(Study on Design of Robot-Induced Social Interactions)

近年さまざまなロボットが社会の中で多様なタスクを人の代わりに行い、共生するようになりつつある。これらのロボットは接客や道案内などといったサービスとして情報を提供するもの、物の運搬や掃除などといった特定の物理的なタスクを行うもの、ペットロボットとして人と生活するものなどがある。また、自動運転技術が急速に発達したことにより物体認識のための LiDAR センサやロボットの自律移動を行うための駆動モジュールなどが高機能かつ安価になってきている。従来の HRI(Human-Robot Interaction) 研究やロボットの利用方法では単体のロボットに対して人が積極的にインタラクションすることがほとんどであった。将来的には、自律移動ロボットから人に積極的にサービスを提供したり、多種多様なロボット同士が連携する際に生じるインタラクションによって周囲の人間に影響を与える可能性がある。特に公共空間において多くの人とインタラクションする機会があるコミュニケーションロボットは、社会規範を維持するために人の行動変容を生じさせることによって高度な社会的機能と豊かな表現を可能にする。これらを実現するためにはロボットから積極的に人への呼びかけを行うことで気付かせるほか、ロボットの集団が作り出す心理的な空間によって自然に影響を与える必要がある。このようなロボットからの社会的なはたらきかけによる影響は、これまでの研究や利用方法における人からロボットへの 1 対 1 のインタラクションに比べて多様で強力な影響を与える可能性があるがほとんど考慮されていない。

本研究では、単体の自律移動ロボットによる人への積極的なインタラクションと複数ロボット同士によるインタラクションについてのデザインおよびそれらの効果を明らかにする実験を行った。単体ロボットにおいては、注意するためのアプローチがどのような行動変容を促すかについての調査を行い、ロボットから人への積極的なインタラクションが不適切な行動をやめさせる効果があることについて明らかにした。さらに、ロボットのアプローチを実現するための人物追跡および自律移動システムの設計を行った。複数ロボットにおいては、ロボット同士の活発な会話によって創発された心理的空間が人にどのような行動変容を促すかについての調査を行い、ロボット同士のインタラクションが観察者の動線を変化させる効果があることについて明らかにした。また、会話以外の心理的な空間を創発する方法として感情表出に着目し、ロボット間の関係性がどのように知覚されるかについて調査を行い、ロボットの集団においても感情の観点から関係性を評価できることを明らかにした。複数ロボットを利用するには必ずしも同じアーキテクチャのロボットだけでなく異なるロボット同士を連携することが必要となる。そのため、異なる複数ロボットを接続し、ロボット同士のインタラクションを実現するためのシステムとそれらのロボットを用いたシナリオ設計を容易にするためのインタフェースについての設計も行った。本研究ではロボットシステムの開発や研究に一般的に良く使われるフレームワークである ROS (Robot Operating System) を用いてシステム構築を行った。

本論文の構成を以下に示す。2 章ではこれまでに研究および利用されてきた公共空間におけるロ

ボットの社会的役割について述べ、単体および複数のロボットが社会的タスクの一部としてどのように行動変容を促す必要があるか述べる。さらに、人間の集団による心理的空間や感情の観点から見た関係性が与える影響についてまとめ、それらの機能をロボットにどのように適用可能か述べる。

3章では単体ロボットから人への積極的なインタラクションが行動変容に与える影響を明らかにするための事例研究として、注意のためのアプローチ方法に着目する。ロボットによる注意アプローチを実現するための前段階として、実際の警備員が歩きタバコを行う歩行者に対して注意する場合にどのようにアプローチするかデータ収集と観察を行い、それに基づいてアプローチモデルを構築する。同様に道に迷っている歩行者に対して友好的にアプローチする場合のモデル化も行い、2つのモデルの違いを示す。さらに、それらのモデルをどのような方法でロボットに実装するかを示し、2つのアプローチ手法を用いて歩きスマホを行う歩行者へ注意するフィールド実験の手順と結果をまとめる。実験結果より、警備員が注意する際の要素を適用した注意アプローチ手法では友好的アプローチ手法と比べて統計的に有意に歩きスマホを止めた人が多かったことを示し、考察をまとめる。また、注意アプローチを実現するためのロボットシステムの設計について提案する。

4章では複数ロボット同士のインタラクションが人の行動変容に与える影響を明らかにするための事例研究として、ロボット同士の会話を観察することによって知覚される心理的空間に着目する。人間の会話でよく見られる発話の重なりをロボット同士の会話シナリオに適用し、クラウドソーシングを用いたビデオ調査実験によって会話の活発さを向上させる効果が明らかになったことを示す。さらに、活発な会話によってどのような心理的空間が創発され、会話を観察した人間にどのような行動変容を促すか調査するための実験室実験の手順と結果をまとめる。実験結果より、発話の重なりが生じる会話を観察した場合には1秒の発話間隔での会話を観察した場合と比べて統計的に有意に2体のロボットの間を避けた人が多かったことを示す。つまり、ロボットの集団においても人間の場合と同様にロボット同士のインタラクションによって心理的空間が創発され、それを観察した人の行動に影響を与えることを示す。

5章では複数ロボットの集団に会話以外の方法によって心理的な空間を創発するための事例研究として感情表出するロボット間の関係性の知覚に着目する。先行研究においてロボットの感情表出によく利用されるジェスチャと感情に関する研究でよく利用される評価指標であるラッセルの円環モデルを用いて行った2体のロボットによる短いインタラクションのビデオ調査実験についてその手順と結果をまとめる。単体のロボットにおける感情表出については多くの研究が行われているが複数ロボットの感情表出についてはほとんど着目されていない。そのため、ロボットの集団において個々のロボットの感情表出が関係性の評価にどのように影響するか考察をまとめる。

6章では4章と5章で述べた複数ロボットの利用を実現するシステムを構築する際の課題として、必ずしも同じロボットではなく異なるアーキテクチャのロボットを相互に接続して制御できるシステムを構築する必要があることを示す。これを実現するためのシステムを3章でも利用するROSフレームワークを用いて構築する。さらに、複数ロボットの会話を容易に設計し制御するためのインタフェースについても提案を行う。

7章では本論文で設計した自律移動システムを備えた単体ロボットによる注意アプローチと複数ロボットによる集団のインタラクションが人に与える行動変容および関係性知覚の影響についてのまとめと今後の展望を述べる。