

氏 名 小林 一樹

学位（専攻分野） 博士（情報学）

学位記番号 総研大甲第 949 号

学位授与の日付 平成 18 年 3 月 24 日

学位授与の要件 複合科学研究科 情報学専攻
学位規則第 6 条第 1 項該当

学位論文題目 行為に埋め込まれたコマンドによるヒューマンロボット
インタラクションの設計

論文審査委員	主 査 教授	山田 誠二
	教授	佐藤 健
	助教授	古山 宣洋
	教授	小野 哲雄（ほこだて未来大学）
	助教授	今井 倫太（慶応義塾大学）

論文内容の要旨

今世紀に入り、掃除ロボットに代表される様々なロボットが市販され、家庭用ロボットが年々普及しつつある。しかし、現在の技術ではロボットが作業のすべてを自律的に行うことは不可能であり、ロボットと人間が何らかの協調作業を行う必要がある。つまり、現状ではすべてをロボットに任せることはできないが、人間の負担を軽減することができる状況である。

このような背景から、本論文では、ロボットにすべての作業を自律的に行わせることができないという状況において、人間とロボットが協調タスクを実行する際に、より人間の負担を軽減するヒューマンロボットインタラクションの技術を提案する。人間の負担軽減を実現する方法の1つとして、ロボット自体をより賢くすることが挙げられるが、そのようなロボットの開発は技術的な課題が多く、その実現は困難である。それに対し、本論文では、人間とロボットが分担する作業を調節し、全体としてより良い状態を目指す、ヒューマンロボットインタラクションを設計するアプローチをとる。

本論文は、ヒューマンロボットインタラクションの設計により、人間の負担を軽減させることを目的として、「行為に埋め込まれたコマンド」を用いたインタラクション設計を提案する。ロボットが完全な自律的行動を行うことができない場合、人間は必要に応じてロボットを制御する必要がある。このとき、リモコンや音声によってロボットにコマンドを与えて直接制御する方法が考えられるが、ロボット制御に関する作業は、もともと人間が分担する作業ではないため、その分の付加的な負担が生じる。それに対し、もともと人間が分担している作業を実行すること自体がロボットに対するコマンドになれば、直接制御する方法に比べて人間の負担は軽減される。これが行為に埋め込まれたコマンドである。

本論文は、行為に埋め込まれたコマンドに関する2つの実験を中心に5章から構成される。最初の実験は、人間が分担しているタスクを達成するための行為にコマンドを埋め込んだとき、人間の負担が軽減されるかを調査する実験であり、2つ目の実験は、人間の行為に埋め込むのではなく、ロボットの行為に人間へのコマンドを埋め込んだとき、人間に対してどのような影響があるのかを調査する実験である。これらの2つの実験については、第3章、第4章で述べられる。

第1章では、本論文が対象とする問題の背景とアプローチ、構成を示す。

第2章では、ヒューマンロボットインタラクションに関する関連研究と本研究の位置付けを述べる。人間、環境、ロボット間でやりとりされる情報とその処理過程を設計して知的システムを構築する研究分野はヒューマンロボットインタラクションと呼ばれ、本研究もこの分野に含まれる。この章では、ヒューマンロボットインタラクションとはどのような研究分野であるのかについて述べ、関連する研究を示した上で、それらと本研究の位置付けと方向性を示す。

第3章では、人間の行為にコマンドを埋め込むことで負担を軽減する技術を提案し、提案手法の有効性を示す。この章では、低機能なロボットであっても、インタラクションを適切に設計することで、人間との協調タスクのような高度な作業が可能であることを示す。また、人間の行為にロボットへのコマンドを埋め込んだとき、コマンド発行に

関する動作が不要になり、協調掃除タスクにおいて人間の認知的負荷が軽減することを実験的に示す。

第4章では、ロボットによる行為に埋め込まれたコマンドが人間に及ぼす影響について調査するとともに、その利用価値について考察する。この章では、第3章とは逆に、ロボットの行為にコマンドを埋め込むことは可能であるのか、可能であるとすれば人間にとってどのような影響があるのかについて、「前進後退」という具体的な動きによるコマンド発行を提案し、音や光による方法よりも提案手法が優れていることを実験的に示す。そして、その結果、環境の認識が十分に行うことができないロボットであっても、人間の行動を適切に誘導できる可能性を示す。

第5章では、本論文の結論と展望を述べる。この章では、第3章、第4章における2つの実験を通して、人間の行為にコマンドを埋め込む場合とロボットの行為にコマンドを埋め込む場合との両面から、提案する「行為に埋め込まれたコマンド」の有効性を評価・検証する。実施した2つの実験は、現在の技術で十分に設計可能であるため、設計者のメリットとして、高性能なロボットの開発が不要な点が挙げられる。また、ユーザのメリットとして、作業時の負担軽減とコマンド理解時の負担軽減の2つが挙げられる。よって、本論文で提案している手法は、現状において、あるいは、将来的にも実用性の高い優れた方法だと結論づけられる。

論文の審査結果の要旨

今世紀に入り、掃除ロボットに代表される家庭用ロボットが年々普及しつつある。しかし、現在の技術ではロボットが作業のすべてを行うことは不可能であり、ロボットと人間が何らかの協調タスクを行う必要がある。本論文では、このような現状において、より人間の負担を軽減するヒューマンロボットインタラクションの技術を提案する。ロボット自体をより賢くすることは困難であるため、ロボットが分担する作業と人間が分担する作業を調節し、全体としてより良い状態を目指す、ヒューマンロボットインタラクションの設計によるアプローチをとる。

本論文では、人間の負担を軽減させるヒューマンロボットインタラクションとして、「行為に埋め込まれたコマンド」を用いたインタラクション設計を提案する。協調タスクにおいて、人間がロボットを制御するとき、リモコンや音声によるコマンドでロボットを直接制御する方法が考えられるが、直接制御の作業は、もともと人間が分担する作業には含まれていないため、その分の付加的な負担が生じる。それに対し、人間が分担している作業を実行すること自体がロボットにとってコマンドになれば、直接制御する方法に比較して人間の負担は軽減される。これが、行為に埋め込まれたコマンドである。

本論文は行為に埋め込まれたコマンドに関する2つの実験を中心に5章から構成される。

第1章では、本論文が対象とする問題の背景とアプローチ、構成を示す。

第2章では、ヒューマンロボットインタラクションに関する関連研究と本研究の位置付けを述べる。

第3章では、人間の行為にコマンドを埋め込むことで負担を軽減する技術を提案し、提案手法の有効性を示す。低機能なロボットであっても、インタラクションを適切に設計することで協調作業のような高度な作業が可能であることを示す。また、人間の行為にロボットへのコマンドを埋め込んだとき、コマンド発行に関する動作が不要になり、協調掃除作業において人間の認知的負荷が軽減することを実験的に示す。

第4章では、ロボットによる行為に埋め込まれたコマンドが人間に及ぼす影響について調査するとともに、その利用価値について考察する。第3章において、人間の行為にロボットへのコマンドを埋め込んだとき、人間の認知的負荷が軽減することを確認したが、この章では逆に、ロボットの行為にコマンドを埋め込むことは可能であるのか、可能であるとすれば、人間にとってどのような影響があるのかという疑問に答える。実験により、環境の認識が十分に行うことができないロボットであっても、人間の行動を適切に誘導できる可能性があることを示す。

第5章では、本論文の結論と展望を述べており、第3章、第4章における2つの実験を通して、人間の行為にコマンドを埋め込む場合とロボットの行為にコマンドを埋め込む場合との両面から、提案する「行為に埋め込まれたコマンド」の有効性を評価・検証する。実施した2つの実験では、いずれも市販されている掃除ロボットと同程度のロボットを採用しており、現在の技術で十分に設計可能である。そのため、設計者のメリットとして、高性能なロボットの開発が不要な点が挙げられる。また、ユーザのメリットとして、作業時の負担軽減とコマンド理解時の負担軽減の2つが挙げられる。

行為に埋め込まれたコマンドは、人間がロボットの作業に介入することを前提としているが、人間とロボットの協調タスクは、今後ロボットがいかに知能化しようとも、長い将来において最も現実的な研究課題である。よって、本論文で提案している手法は、現状において、あるいは、将来的にも実用性の高い優れた方法だといえる。また、本研究の成果は、論文1篇、査読付き国際会議での発表4件により公表されている。

以上の点をもって、本論文は、博士（情報学）の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

審査委員全員の出席のもと、公開の公聴会を行った。まず、出願者による論文内容の発表を45分間行い、引き続き一般傍聴者による質疑を15分間行った。引き続き、出願者と審査委員のみで、非公開の質疑応答を30分間行った。公聴会において、出願者は、博士論文の研究についてその背景、方法論、意義を明確に発表し、質疑応答ではその発表内容と博士論文に関する様々な質問に対し、的確かつ簡潔に答えた。

以上の研究発表、質疑応答を鑑みて、出願者は情報学および関連する学問分野において、十分な学識を有するものと審査員全員一致で判定した。また、英語による国際会議の論文執筆と口頭発表を4件行っており、十分な英語の語学力を有するものと審査員全員一致で判断した。

以上により、最終試験は合格との判定となった。