

## 論文内容の要旨

博士論文題目 Human-Robot Interaction System for Non-Expert Users to Create and Debug Robot Behaviors Using Visual Programming

氏 名 TULATHUM PATTARAPORN

This dissertation proposes a robot behavior creator, a robot simulator, and debugging features to focus on developing a Human-Robot Interaction system for non-expert users. As a problematic consequence of an aging society with an increasing labor shortage, there is a need for service robots to efficiently support work in many places, such as convenience stores. Especially for non-expert users (e.g., shop staff) who do not understand a robotic system, it is challenging for them to create desired robot behaviors. This requires a tool to enable non-expert users to create and fix issues in robot behavior programs.

The proposed system provides a robot behavior creator that allows non-expert users to use drag-and-drop composition to create and test robot behavior programs. It consists of two features: (i) a Behavior Trees implemented on a graphical user interface; and (ii) a visualization using a robot simulator. The results with ten subjects show that non-expert users can create and fix robot behaviors based on the given situation in the convenience store scenario. According to the System Usability Scale (SUS), the proposed system has a good usability level.

The proposed system also provides four debugging features: (i) breakpoints, (ii) node execution monitoring, (iii) execution log, and (iv) robot variables, for the robot behavior programming. These features allow non-expert users to identify and fix issues in the system. The experimental results show that 14 non-expert users could achieve all the assigned tasks. According to the SUS, the proposed system has a high marginal usability level. However, only one non-expert user could utilize the breakpoints. Based on the interview with non-expert users, the concept of breakpoints is not easy to understand and use for creating a program.

Overall, this dissertation provides a concept of a robot behavior program for non-expert users based on the human decision-making process with the implementation of a robot behavior creator and debugger. Furthermore, this dissertation provides a subjective system evaluation with non-expert users to show the effectiveness of the proposed system.

(論文審査結果の要旨)

本論文は、サービスロボットやその動作に詳しくない者（非熟練者）であっても、ロボット動作の作成やデバッグを容易に行える Human-Robot Interaction システムを提案するものである。人手不足が深刻化する高齢化社会では、コンビニエンスストアなど様々な場所で、人による作業を手助けし効率化を図るサービスロボットが必要とされている。ただし、非熟練者にとって、作業の効率化に資するロボットの動きを設計し、ロボットに実行させることは容易ではない。

本論文では、ビジュアルプログラミングを採用することで、非熟練者であってもロボット動作の作成やデバッグを容易に行えるシステムを実現している。具体的には、グラフィカルユーザインタフェース上に表示された「行動ツリー」をドラッグアンドドロップ操作によって編集することでロボットの動作を定義し、ロボットシミュレータによって動作の可視化、確認することが可能である。デバッグにおいては、「ブレークポイント」、「ノード実行監視」、「実行ログ」、「ロボット変数」といった多彩な機能により、作成したロボットの動作をより多面的に確認することができる。評価実験の結果、提案システムを用いることで、非熟練者であっても、コンビニエンスストアにおけるサービスロボットを対象とした実用レベルの動作設計が、これまでになく容易に行えることが確認された。また、SUS (System Usability Scale) を用いた評価では、提案システムは良好なユーザビリティレベルを有することも確認された。なお、デバッグ機能のうち「ブレークポイント」については、その概念の理解が難しく利用し難いとの結果が得られている。非熟練者に対しては、必要とされる機能を提供するだけでなく、その理解を助ける文書や利用例の提示なども重要であることが再確認された。

以上のとおり、本論文は、サービスロボットにおける動作設計・デバッグを容易にする研究であり、当該ロボットの導入コストを低減し、利用範囲を拡大するものである。ビジュアルプログラミングを採用することで、動作の設計だけでなくデバッグをも容易にし、高いユーザビリティを実現するなかで得られた知見は、広くロボットの開発と利用の高度化、そして、ロボティクス研究の発展に大きく貢献することから、博士（工学）論文として価値あるものと認める。