

学位論文 博士 (工学)

半自律テレプレゼンスロボットにおける
コミュニケーション操作調停の研究

2023 年度

慶應義塾大学大学院 理工学研究科

奥岡 耕平

主 論 文 要 旨

No.1

報告番号	① 乙 第	号	氏 名	奥岡 耕平
主 論 文 題 名 : 半自律テレプレゼンスロボットにおけるコミュニケーション操作調停の研究				
(内容の要旨) テレプレゼンスロボットは遠隔地に居る対話者との遠隔コミュニケーションを目的とした遠隔操作ロボットである。ビデオ通話等の平面的な映像を用いた手段に比べ、非言語動作や遠隔操作者の存在感を効果的に伝達できる。一方で、ロボットを操作する負荷が遠隔操作者に生じてしまうため、ロボットを自律化して共有制御する半自律テレプレゼンスロボットが提案されている。自律化によって操作負荷を削減するだけでなく、頷き等のコミュニケーションに有用な動作を自律化することで対話者への印象を向上することができる。しかし自律動作が遠隔操作者の意図と合致しない際に自律動作と遠隔操作の間で操作衝突を起こしてしまい、遠隔操作者に不快感を与えてしまう。衝突を削減するためには遠隔操作と自律動作を調停する必要があるが、コミュニケーションにおいてタスク情報に依存した既存の操作調停手法を適応することは困難である。そこで本論文では、タスク情報に依存しない操作調停をコミュニケーション操作調停と定義し、遠隔操作の入力に応じてシステムが自律動作を抑制するシステム側のアプローチと、操作者のシステムに対するトラストに応じて調停する操作者側のアプローチを組み合わせた半自律テレプレゼンスロボットの設計を提案する。前者のアプローチでは、汎用調停モデル ABAM を用いて遠隔操作と自律動作を適応的に切り替える調停機構を提案し、提案手法が操作負荷の削減と操作衝突の回避を両立できることを示した。後者のアプローチでは、操作者の自律システムに対するトラストに応じて自律動作と遠隔操作を切り替える手法に着目した。トラストに応じた調停では操作者のトラストを正確に推定する必要がある。そこで、半自律テレプレゼンスロボットにおいてトラストを正確に推定するために、複数の異なるロボットを用いる際のトラストの変化について調査した。自動運転車やドローンといった身近なデバイスの映像を用いて実験を行い、1つのデバイスに対するトラストの変化が他のデバイスに対するトラストに影響が生じること、エージェントデザインによってトラストの変化を制御できることを明らかにした。これらの研究の知見を基に、操作者のトラストに応じて自律動作の抑制を調整することで操作調停する半自律テレプレゼンスロボットの設計を示した。また、複数の半自律テレプレゼンスロボットを並列操作する際に有効となるエージェントデザインを提案した。				

Thesis Abstract

No. 1

Registration Number	☒ "KOU" ☐ "OTSU" No. *Office use only	Name	Kohei Okuoka
Thesis Title A Study on Communicative Operation Arbitration in Semi-Autonomous Telepresence Robots			
Thesis Summary Telepresence robots are teleoperated robots designed for telecommunication with remote interlocutors. Telepresence robots can communicate non-verbal behaviors and the presence of the teleoperator more effectively than video-based methods. However, since the teleoperator has to bear the burden of operating the robot, a semi-autonomous telepresence robot has been proposed, in which the robot is autonomous and under shared control. Automation not only reduces the operation load but also improves the impression on the interlocutor by providing autonomous behaviors that are useful for communication such as nodding. However, when the autonomous behavior does not match the teleoperator's intention, it may cause operational conflicts between them and discomfort him. Thus, it is necessary to arbitrate the two operations to reduce the conflict, but it is difficult to adapt existing methods that rely on task information in communication. Therefore, this thesis defines communicative operation arbitration as an operation arbitration that does not depend on task information. It was proposed that a design of a semi-autonomous telepresence robot combines a system-side approach in which the system inhibits autonomous behaviors in response to teleoperation inputs and an operator-side approach in which the system arbitrates according to the operator's trust in the system. In the system-side approach, it was proposed that an adaptively switching mechanism between teleoperation and autonomous operation using a general-purpose arbitration model (ABAM), and suggested that the proposed method can both reduce the operation load and avoid operational conflicts. In the operator-side approach, it was focused on the method of switching between the two operations according to the operator's trust in the autonomous system. Since trust-based arbitration requires an accurate estimation of the operator's trust, it was investigated how trust changes when several different robots are used for accurate trust estimation in semi-autonomous telepresence robots. Through the experiments using videos of familiar devices such as self-driving cars and drones, it was found that changes in trust for one device affect trust for other devices and that changes can be controlled by agent design. Based on the findings of these studies, it was proposed that a design of a semi-autonomous telepresence robot arbitrates operation by adjusting the suppression of autonomous actions according to the trust of the teleoperator. Also, an agent design that effective when multiple semi-autonomous telepresence robots are operated in parallel was proposed.			