

## 学位論文及び審査結果の要旨

氏名 河村 拓実

学位の種類 博士(工学)

学位記番号 理工博甲第25号

学位授与年月日 令和3年9月17日

学位授与の根拠 学位規則(昭和28年4月1日文部省令第9号)第4条第1項及び横浜国立大学学位規則第5条第1項

学府・専攻名 理工学府・数物・電子情報系理工学専攻

学位論文題目 映像が人間の遠隔操作型システムに関する移動予測に及ぼす影響の研究  
(英訳) Effects of vision on operator's prediction of movement for remote-controlled systems

論文審査委員 主査 横浜国立大学 教授 藤本康孝  
横浜国立大学 教授 濱上知樹  
横浜国立大学 教授 赤津 観  
横浜国立大学 准教授 辻 隆男  
横浜国立大学 准教授 下野誠通

## 論文及び審査結果の要旨

外出困難な障害者や高齢者が自立かつ主体的に現実空間で営まれる社会活動へ参加することに対する支援は、少子高齢化の進展が深刻な先進国において、当事者のQOLの向上や健康の増進については社会での活躍に繋がることが期待され、重要な課題である。本研究では、使用者が遠隔からでも社会参加可能となる遠隔操作型のシステムを提案している。使用者の支援に重要なユーザビリティと感性的品質の双方の質の向上を目指し、使用者の予測通りの操作性を得るための基礎的検討を行っている。すなわち、遠隔操作型の小型移動ロボットおよび視覚的な認知インタフェースを用いたシンプルな遠隔移動体験を対象とし、使用者に複数の条件で現地サイトの情報を提示して、出力されるロボットの移動位置の予測誤差を評価している。その結果を踏まえ、予測誤差を補償する新しいインタフェースを提案し、予測誤差の低減に関する機能が発揮できることを確認している。

第1章では、研究の背景と関連研究および本研究の位置づけについて、第2章では関連研究について述べている。従来、遠隔移動操作の支援は客観的な視点の情報の逐次利用を前提としたアルゴリズム的な操作モードの支援に限定され、遠隔移動体験の要となる主映像の

表現に関して精緻化以外の有効な手段が見いだされていなかった。本論文では、ユーザビリティと感性的品質の双方から遠隔参加の質の向上を目的とし、ユーザの主観的な経験を活かした直観的な操作モードを支援するための認知側のインタフェースの映像表現の検討を行った。遠隔移動体験に関わる当事者等の予測の正確性を高めることで、より少ないやり直し・操作時間でより高い移動精度の操作性を実現する。

第3章では、研究手法について述べている。移動予測の正確性の向上により、本論文で定めた思い通りの移動操作性を向上させる方法論について述べている。また、移動予測の正確性を評価する指標として位置の予測誤差を導入し、その計測手法について述べている。

第4章では、映像表現に起因する予測誤差の基礎検討を行っている。遠隔操作型の小型移動ロボットシステムを用い、まず、生の映像を用いた遠隔移動操作であっても大きな予測誤差が生じる事例により映像表現が予測誤差に及ぼす影響を考察している。その結果、ターゲット位置の情報に対して、自己位置の情報が映像によって相対的に縮小して表現されることにより、移動の予測が過小評価されること示した。同時に、移動の予測がオプティック・フローの追加により変調され、過小評価される現象を示した。

第5章では、予測誤差補償手法の基礎検討を行っている。第4章での条件とは逆に、ターゲット位置の情報に対して自己位置の情報が相対的に拡大表現された場合、移動の予測が過大評価されること、および、両者のスケールが一致している場合、移動の予測が高精度になることを明らかにした。また前者は4章のオプティック・フローの追加により補償できることを示した。

第6章では、予測支援手法の基礎検討を行っている。従来のロボット視点の映像のみでは、ターゲット位置の情報と自己位置の情報を一致したスケールで表現することが困難になることを示した。そこで、両者の情報を正確な指標で表現できる新たなロボット視点の映像を用いたステレオマッチングインタフェースを提案し、ターゲット位置への移動をユーザに正確に予測させることを示した。移動の精度が要求される複数のタスクを通じて、思い通りの移動操作性の向上に有効であること、スケール等の変動にロバストであることを示した。

第7章では、本研究の総括を行っている。直観的な操作モードの支援に重要となる思い通りの移動操作性の向上に関する基礎的な知見を得るとともに、支援手法を提案・検証し、遠隔操作型の移動システムの機能要件として整理した、と結論付けている。

以上より、遠隔操作ロボットのインタフェースに関して新しい提案と検証を行った本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値があるものと認められた。