

博士論文要約

所属: 慶應義塾大学

氏名: 米田巖根

博士論文題名

「遠隔位置決め動作時の映像遅延に対する運動方略の不随意適応」

近年、ロボット技術および ICT (Information and Communication Technology) の発達に伴って、動作の自由度が高いロボットによるマンマシン型の遠隔操作が可能となっている。このため、人が立ち入ることができない被災地や、容易に行くことができないへき地などの環境では、遠隔操作に期待が寄せられている。また、現地では得られにくい専門的スキルが必要な作業を、遠隔操作によって提供することが可能となるため、人材不足解消や技能伝承の観点から、ロボットを用いた遠隔操作の社会的応用範囲は広い。

しかし、遠隔地間の通信回線経路や映像の圧縮解凍処理が原因で、遠隔操作側モニタに映像遅延が発生し、操作者の協調動作が乱れて作業性が大きく低下するという問題を抱えている。この現象は操作者のストレスに繋がるため、疲労の増加に伴う作業ミスなどのリスクが懸念される。

医療分野を例にとると、被災地や限界集落、離島などに対して医療サービスを提供できる点で遠隔医療が進められている一方で、遠隔操作を伴う遠隔手術の実用化については、上記の理由からリスクの想定が難しく、長年、実験的な試みのままに留まっているのが実態である。

そこで、本研究では、視覚的な映像遅延が作業性の低下に与える影響を明らかにするために、心理物理学的な手法を適応し、被験者が位置決め動作を行う際の映像遅延と作業時間の関係を調べていった結果、従来の研究では示せなかった、映像遅延量の増加に伴う運動方略の多段階な変化点を、明確に示すことができる方法を見つけ出した。

このことは、映像遅延による違和感に適応しようと、操作者が不随意に行っている運動方略変化のメカニズムの解明に貢献できる可能性を示し、将来的には遠隔操作のリスク想定を容易にさせることを示唆しており、この分野の今後の研究に大きな一歩を踏み出したと考えている。

以下、本論文の構成を説明する。第 1 章では、序論として全体の要約を行うことにより、論文の全体像を読者に対して提示した。続く第 2 章では、映像遅延の発生原理、映像遅延によって低下する作業性、そして運動に関する脳神経科学の領域について先行研究を交えながら概念の整理を行い、研究の目的を設定した。第 3 章では、予備実験として、映像遅延量とターゲットサイズの水準の組み合わせにおける作業時間から、作業性の低下は位置決め難しさおよび映像遅延が密接に関係していることを明らかにした。第 4 章では、映像遅延によって発生する作業性低下を抑制

するための訓練方法の提案として、遠隔手術において重要な要素である作業性に着目し、映像遅延を伴った動作学習では、ランダムな刺激は間違っただけの誤差学習をすることを示唆した。第 5 章では、映像遅延が微細な位置決めおよびその後の押し下しに与える影響を明らかにするため、Fitts の法則を応用して作業課題を定量的に設定し、被験者が不随意に行っている運動方略の変化が、映像遅延による位置決め難しさに適応するための不連続な反応であることを示した。第 6 章では、耳鼻咽喉科手術の専門医を対象としたケーススタディを行った。具体的には、内視鏡を用いた鼻部狭小空間における位置決め課題実験を行い、手術器具のような特殊な形状のデバイスや手首のスナップによる特異な位置決め動作などの実験環境においても、第 5 章における基礎実験から得られた関係が同様に示せることを確認した。第 7 章では、これらの研究結果に対して、映像遅延によって変化する運動方略の変化について学習理論の視点から考察を行い、第 8 章にて結論を述べた。