

## 審査の結果の要旨

氏名 ナックピル エドリック ジョン クルズ

自動運転技術の研究開発が進んでいるが、機械と人間の役割分担のあるべき姿は提示されているとは言えない。センサ情報のフィードバックで実現できる制御については機械に任せ、機械では信頼性を得ていない最終的な意思判断については人間が行い、その意思を機械にスムーズに伝える方法の開発に専念すべきであると主張し、その概念を **Human-centered automation** と呼んでいる。それを実現する方法の1つとして、ドライバの腕の表面筋電位により、自動車の操舵を行うシステムを提案している。ハンドルを回転させるという動作が不要であり、万人が操作できることから **Inclusive human-centered automation** と呼んでいる。その性能を、ドライビングシミュレータおよび、実車両実験を通じて評価することを目的にしている。

第1章では、研究の動機、文献調査結果、提案する **Inclusive human-centered automation** の概念の説明がなされ、目的と本論文の構成が記載されている。

第2章では、提案する表面筋電位インタフェースによる操舵制御の手法が記載されている。操舵制御器を設計する前提となる物理モデルの紹介後、表面筋電位腕の動作に伴う筋活動を検知して操舵制御を行う方法と、アイソメトリック（筋肉の収縮）活動を検知する方法の2種類を検討することが述べられている。実車両実験で用いる、小型で耐久性のある市販の筋電位計が紹介され、それをを用いる妥当性が書かれている。

第3章では、2種類の操舵制御の性能を、それぞれ、簡易型のドライビングシミュレータを用いた実験によって検討した結果と、実車をより正確に模擬したドライビングシミュレータを用いて、市街地走行をしている自動車に対して歩行者が飛び出した状態を模擬する実験を行った結果が記載されている。簡易型ドライビングシミュレータ実験においては、筋電位インタフェースを用いた操舵は、ハンドルを用いた操舵と旋回時の目標軌跡への追従性能の面で劣っていないことが示されている。また、2種類の筋電位インタフェースの利点と欠点が述べられている。歩行者飛び出し実験においては、筋電位インタフェースによる操舵の、事故を回避する性能が検討されている。回避行動時の、滑り角、車両ヨーレートの比較を通じて、より安全な緊急回避が実現できていると考察

されている。

第4章では、小型の電気自動車を用いた実車両実験の方法と結果が述べられている。用いられた市販の筋電位計の詳細、制御フローチャートが説明されている。旋回と駐車時の操舵性能について議論されている。旋回については4条件（Uターン、半径の小さいUターン、90°ターン、45°ターン）の中で、2条件（半径の小さいUターンと45°ターン）において、筋電位インタフェースの方が車両軌跡の目標に対する誤差が小さくなる一方、Uターンでは差がなく、90°ターンでは、誤差が大きくなる傾向があった。駐車時の軌跡の誤差についても許容できる範囲内であった。筋電位インタフェースは、ハンドルと比較して、同等以上のユーザビリティをもつ可能性があると書かれている。

第5章では、提案する **Human-centered automation** 中での人間の役割について考察され、研究の限界と研究の将来展望が述べられている。

第6章では、結論が述べられている。

上記のように、**Inclusive human-centered automation** の概念が述べられた後に、その具体的な実現方法として、筋電位による操舵制御について提案され、ドライビングシミュレータと実車実験を通じて、ハンドルを用いた場合と比較して問題のない軌跡追従性能を持ち、緊急時の操舵回避については、より安全に実行できることを示している。筋電位によって自動車の操舵制御を実現し、その性能検討を行った研究はまだ少なく、実車とドライビングシミュレータ実験を通じて、その性能を示したことには学術的新規性と工学的意義が感じられる。このように、制御工学、特にインタフェースの分野の研究において、新しい知見を与え、萌芽的貢献が認められる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。