

審査の結果の要旨

氏名 ジョリ アントナ

本論文は、ハンドルに微小なトルクを与えることにより、ドライバに目標軌跡への追従を誘導する力覚操舵支援を扱っている。入力されたトルクとハンドルの回転角の応答を観測することにより、ドライバの腕の神経筋系の状態変化を検知することを目的とするものである。力覚操舵支援を行いながら、ドライバの状態推定を行うシステムを作ることを目指している。

第1章では、背景として、日本の交通事故統計が紹介され、交通事故による死亡者数は減少傾向にあるが、さらに減らす努力が必要であることが述べられている。実用化している先進運転支援システム(ADAS)の紹介を通じて、これらの技術が交通事故の減少に寄与することが説明されている。交通事故の主な要因は、疲労、注意散漫などのヒューマンファクタに関することであるため、ドライバの状態推定技術への期待が高く、それが力覚操舵支援を通じてドライバ状態を推定する研究を行う動機であると書かれている。

第2章では、力覚操舵支援技術の概要と、関連研究の文献調査が紹介され、その後、具体的な力覚操舵支援制御の手法が説明されている。ドライバの状態によって力覚操舵支援の効果が変わるため、ドライバの状態を観測することが重要であると結ばれている。

第3章では、ドライバの神経筋系の変化を検知する手法とその力覚操舵支援への応用方法が述べられている。ハンドルにトルクを与えて、それに対するドライバの応答から、腕の等価アドミッタンスを求め、その値から、神経筋系の変化を検知する方法が提案されている。アドミッタンスは、剛性の逆数を意味し、その値が大きくなることは、与えられたトルクへの抵抗力が低下し、安易に追従してしまうことを示唆している。アドミッタンスの増加を観測することにより、ドライバ状態の悪化を検知することができる。ドライバに電極などのセンサを取り付ける必要がないため、心拍などのバイタルサインを通じて状態観測を行う方法に対して有利であると述べられている。

第4章では、実験を行う方法について記述されている。主な実験装置であるドライビングシミュレータの概要と、倫理審査と実験協力者の扱いについて述

べられ、ハンドル把持力の測定、アドミッタンスの計算、視線計測等の方法が説明されている。実時間でアドミッタンスを求める実験、アドミッタンスを通じて神経筋系の変化を検知する実験、力覚操舵支援がアドミッタンスに与える影響の評価、という3種類の実験を行う方法が説明されている。

第5章では、実験結果が記述されている。ハンドルの把持力とアドミッタンスの相関式が実験より求められ、個人差は見られるものの、反比例の関係にあることが示されている。これにより、アドミッタンスから把持力を推定することが可能になる。また、低周波のトルク摂動に対して、眠気を感じているドライバのアドミッタンスが、通常の状態のドライバのものに対して、有意に大きくなっていることも示された。暗算タスクを課せられたドライバのアドミッタンスにも同様の傾向がみられ、アドミッタンスにより、ドライバの状態が推定できる可能性が示されている。最後に、複雑な道路と、単純な道路を運転する条件において、強さを変えた力覚操舵支援を行った際のアドミッタンスの変化を実験で調べた結果が示されている。複雑な道路を走行する際の方がアドミッタンスは低下し、力覚操舵支援を行うとアドミッタンスが上昇することが述べられている。

第6章では、考察が行われている。アドミッタンスとハンドルの把持力の相関関係を把握すれば、ドライバの神経筋系の状態変化を検知することにより、状態推定が可能であること、力覚操舵支援は、複雑な操舵操作が必要な時、眠気を感じている時、注意が散漫になっている時などに行うと効果があること、複雑な操作が必要でない時には、力覚操舵支援の効果が薄れることなどが考察されている。最後に、今後の課題が示され、実際の運転に本手法を応用するためには、ドライバの姿勢など、様々な神経筋系に影響を与える要因の調査が必要であると述べられている。

第7章にて、本論文の概要が述べられ、得られた知見が整理されている。

力覚操舵支援は、ドライバの状態が悪化している時に行うと効果がある。その一方、腕の等価アドミッタンスの推定を通じて、ドライバの筋神経系の変化を観測し、ドライバの状態悪化を検知することが可能であることが分かった。これらの知見を活かせば、ドライバの状態に適応した効果的な力覚操舵支援を行うことが可能であり、今後の力覚操舵支援の研究分野の発展に寄与する知見が得られたと思われる。博士論文に相応しい工学的有用性、学術的新規性および完結性を持つ論文と認識された。

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。