

(様式 11)

平成 29 年 2 月 8 日

学 位 論 文 審 査 要 旨 (課程博士)

東京農工大学大学院工学府長 殿

審査委員 主査 ポンサトーン R.
副査 遠山 茂樹
副査 田川 泰敬
副査 毛利 宏
副査 鎌田 崇義
副査



学位申請者	機械システム工学 専攻 平成 25 年度入学 学籍番号 13833701 氏名 井上 慎太郎
申請学位	博士 (工学)
論文題目	車両のアクティブ制御技術を用いたシェアード・コントロール型運転支援システムに関する研究 Shared Control Based Driver Assistance Systems Using Active Chassis Control Systems
論文審査要旨 (2000 字程度)	<p>本論文では、予防安全技術のさらなる進化を目指し、車両のアクティブ制御技術を用いたドライバと制御システムのシェアード・コントロール(以下、Shared Control とする)型の運転支援システムを提案することを目的としている。本研究における Shared Control の設計概念は、ドライバが主体的に運転をおこなっている状態を前提とする。その運転状態において、制御システムが外界環境認識に基づきそのシーンにおける潜在リスクに応じた規範運転を演算する。その規範運転は、ステアリングの能動的な反力トルクを用いてドライバに教示され、ドライバの運転操作の変容を促すことを特徴とする。この変容によって、ドライバの運転操作がより安全で滑らかなものに導かれることが本システムの狙いである。</p> <p>規範教示のための操舵トルク支援制御の課題の一つは、ドライバと制御システムのステアリングまわりのトルク干渉である。軌跡追従性能を上げるためにトルク支援の制御ゲインを大きく設定すると、トルク干渉が増大してしまう課題がある。そこで本論文では、軌跡追従性能とトルク干渉のトレードオフの関係を打開し、より高い協調特性を得るために、操舵トルク支援制御に直接ヨーモーメント制御(以下、DYC とする)を組み合わせた、新しい制御系を設計提案する。</p> <p>第 1 章「序論」では、はじめに、予防安全技術の発展の歴史を整理した。次に、わが国における交通事故の発生状況を示しながら、高齢ドライバの増加とそれに伴う安全に関わる課題を整理した。最後にこれらを踏まえて本研究の問題提起と目的を示した。</p> <p>第 2 章「経路追従時のシェアード・コントロールの設計と理論解析」では、はじめに提案する Shared Control システムの全体構成を示した。次に DYC が操舵支援に与える影響を、車両のダイナミックスの</p>

(様式 11)

アプローチから理論的に解析した。解析の結果からは、DYC を組み合わせると、同じ操舵支援の制御ゲインでも制御システムの経路追従性が向上すること、またドライバは規範軌跡に追従させやすい車両が得られることを明らかにした。最後にシミュレーション検討結果を示し、上記の効果によって、提案するシステムが操舵トルク干渉を減らしながら同時に高い軌跡追従性能を実現できることを明らかにした。

第 3 章「経路追従時のシェアード・コントロールの実験的検討」では、第 2 章で提案した制御系について、ドライビングシミュレータを用いた実験検討を示した。若年ドライバ 10 名と高齢ドライバ 8 名を被験者としたシングルレーンチェンジの実験結果からは、提案システムの有効性を確認することができた。また、支援有無に対する若年ドライバと高齢ドライバの運転操作の変化度合いを評価したところ、提案する Shared Control システムの効果は、高齢ドライバの方により顕著であることを明らかにした。さらに、ドライバトルクに対する横加速度のリサージュ波形からは、ドライバと制御システムが同調関係を有していること、また互いが適切に協調することでドライバ-機械の閉ループ系で安定的な車両挙動が実現されていることを示した。

第 4 章「潜在リスク予測型シェアード・コントロールの設計と理論解析」では、提案する Shared Control システムを潜在リスク予測運転シーンに拡張させた。駐車車両回避のシーンを題材に制御系設計をおこない、駐車車両を安定的に回避し、かつ側方間隔を正しく取るように誘導するための機能として、Shared Control システムを構築した。はじめに、ポテンシャルに基づく規範運転の演算方法を示した。次に第 3 章で得られた知見を踏まえ、DYC の制御則の見直しについて述べた。最後にシミュレーション検討を示し、ポテンシャルに基づく規範運転演算法が、規範ドライバモデルとして期待通りの動作をおこなうことを示した。

第 5 章「潜在リスク予測型シェアード・コントロールの実験的検討」では、第 4 章で示した制御設計の有効性を評価するために、ドライビングシミュレータを使った実験検討を示した。具体的には、13 名の高齢ドライバを被験者とした駐車車両回避実験をおこなった。考察では、規範ヨーレイト追従制御におけるドライバと制御システムの Shared Control 比率を理論的に導出し、実験で高い協調特性が得られた理由を定量的に示した。さらに実験結果を使ってドライバモデルの内部パラメータを同定することで、運転操作の変容メカニズムを整理した。パラメータ同定結果からは、DYC を組み合わせた Shared Control 下においては、ドライバはコース誤差の認知遅れをより積極的に力覚教示で補償するような運転行動に変化している可能性を明らかにした。

第 6 章「実験車両を用いた有効性検証」では、これまで確認した提案システムの有効性を、実車で確認することを目的とした。小型電気実験車と市販車改造実験車 2 種類の実車実験結果を示し、経路追従性能とステアリングのトルク干渉の関係を実験的に解析した。また被験者から得られた主観的評価を纏めることで、今後取り組むべき応用課題についても整理した。

第 7 章「結論」では、各章から得られた知見をまとめた。本論文の最終的な研究成果として、ドライバの運転操作をより高みに導くための支援システムの一形態として、操舵トルク支援制御を用いた Shared Control システムの実現が示されたとした。また、DYC を組み合わせることで、ドライバと制御システムの協調特性はより高い次元で実現され、予防安全技術のさらなる進化が可能であるとした。

以上を要するに本論文は、人間と協調する運転支援システムの設計論として、シェアード・コントロールという概念に基づき、アクティブ操舵力支援および直接ヨーモーメントを用いた多入力系の運転支援システムを提案し、熟練ドライバの規範運転行動に追従させる支援量を決定し、その有効性を示しており、工学および工業上当該分野の発展に果たす役割が極めて高い。従って本論文は、博士（工学）の学位論文として十分な価値を有するものと認められる。