

2021年 2月8日

豊橋技術科学大学長 殿

機械工学専攻
学位審査委員会
委員長

佐藤 海二



論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、学位審査会を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	配島 拓司		学籍番号	第179105号
申請学位	博士（工学）	専攻名	大学院工学研究科博士後期課程 機械工学専攻	
博士学位 論文名	自動車用ワイパシステムの振動抑制制御と最適動作生成 (Vibration Suppression Control and Optimal Motion Trajectory Generation for Automotive Windshield Wiper Systems)			
論文審査の 期間	2020年7月16日 ～ 2021年2月8日			
公開審査会 の日	2021年2月8日	最終試験の 実施日	2021年2月8日	
論文審査の 結果※	合格		最終試験の 結果※	合格
審査委員会(学位規程第6条)				
学位申請者にかかる博士學位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。				
委員長	河村 庄造			
委員	竹市 嘉紀		内山 直樹	
		印		印
		印		印

※論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

論文内容の要旨

自動車製造は日本の基幹産業であるが、一層の高性能化を目的とした研究開発が継続的に広く行われている。ワイパは重要な保安部品であるが、車体形状ごとに設計開発が求められるため、この効率化が望まれている。特に近年では、自動車の電動化に伴う走行効率化、小型化を目的として、車室の確保や空気抵抗を下げるため、フロントガラスが傾斜し払拭面積が拡大する傾向にある。このため、ワイパームとブレードが薄肉、長尺化することで剛性が低下し、これまでの設計開発の方法では十分な払拭性能を得ることが難しくなっている。

本論文は、従来の機械設計的なアプローチではなく、制御系設計により効率的にワイパの動作性能を向上する方法についての研究をまとめたものである。本論文は全5章から構成される。第1章では、本研究の背景、関連研究、研究目的、論文構成を述べている。ワイパ動作において課題となるびびり振動ならびに払拭領域の逸脱（オーバーラン）について説明している。第2章では、新たなワイパの動特性モデルと、びびり振動の主要因となる非線形摩擦力を含めた状態推定法を提案している。提案する動特性モデルの妥当性を実験により示した後、摩擦力推定のために、この非平滑性を考慮した新たな数式モデルを提案している。このことにより、有力な推定法である拡張カルマンフィルタの応用を可能としている。シミュレーションおよび実験により提案法の有効性を確認している。第3章では、2章の方法を用いて推定したワイパの状態量を利用し、びびり振動の抑制と共に目標動作軌道にワイパを追従させるためのサーボ性を両立する制御系の設計法を提案している。安定性向上のために、同両立に関係するモードのみを選択的に調整できる方法を提案している。シミュレーションおよび実験により、特にびびり振動が発生する低速動作域での提案法の有効性を確認している。第4章では、ワイパの目標動作軌道を生成する方法を提案している。設計者が視覚的に動作軌道を調整できるよう2変数に基づく表現方法を提案している。また応答曲面法により、この2変数を調整することで、オーバーランを最小化する方法を提案し、実験により有効性を確認している。第5章では、本研究で得られた成果をまとめると共に、今後の課題と展望を述べている。

審査結果の要旨

電動化に伴い今後一層の多様化が予想される自動車設計において、安全性能の確保は重要な課題である。自動車用ワイパは、ガラス面に対する払拭面積の割合や、往復運動周期が法規化されている重要な保安部品であるが、多様な車体形状に応じて、ガラス面の摩擦特性変化などを考慮しつつ、効率的に設計開発を行う必要がある。本研究では、従来の機械設計的なアプローチではなく、制御系設計により効率的にワイパの動作性能を向上する方法の提案と実験検証を目的としており、高い新規性を有する。本論文の主要な成果は以下のようまとめられる。1) ワイパは車外部品であり、びびり振動を計測するためのセンサ設置が構造上困難なため、これをリアルタイム推定するための方法を提案している。びびり振動の主要因である非線形摩擦特性の非平滑性を考慮した新たな数式モデルを提案し、有力な状態推定法である拡張カルマンフィルタを応用可能にしている。実験により、一般的なカルマンフィルタに比較して50%以上の推定精度の向上を確認している。2) ワイパの動特性は高次モデルとして表現されるが、モード解析により、びびり振動とサーボ性のみを選択的に制御する新たな制御系設計法を提案している。これにより制御器ゲインの増大化を防ぎ、制御系の安定性を向上し安全面で優れている。実験により、一般的な比例積分制御と同程度のサーボ性能を維持しつつ、40%以上のびびり振動振幅の抑制を確認している。3) オーバーランの低減を目的としてワイパの周期的な目標動作を最適化するために、最大速度位置と反転位置付近の減速度の2変数を調整する動作軌道の表現法を提案している。これにより、同2変数とオーバーランを3次元空間で表現することで設計者の視覚的な性能調整を可能にしている。また、応答曲面法を用いた最適化手法を応用し、実験的に有効性を確認している。自動車用ワイパの新たな制御法と動作生成法の提案は、システム工学分野での学術的独創性が高く、実験により有効性を示しており自動車産業への寄与も大きい。以上より、本論文を博士（工学）の学位論文に相当するものと判定した。

(各要旨は1ページ以上可)