

# 論文の内容の要旨

論文題目「ボイスコイルモータを用いたアクティブシートサスペンションに関する研究」

学位申請者 遠藤 文人

キーワード：ボイスコイルモータ アクティブシートサスペンション 超小型車両  
生体情報 振動制御

公共交通機関の整備が不十分な地域や観光地を自由に周遊するための交通手段として、近年、超小型車両の需要が拡大している。超小型車両は1人または2人乗りのコンパクトな車体であり、従来の車両では通行できないような狭い道路へも容易に乗り入れることが可能である。そのため、整備の不十分な未舗装路などを走行する機会も多くなってきている。また、超小型車両は車体が非常に軽量であるため、従来の車両と比較して路面の起伏や段差による振動が乗員に伝わりやすくなるという懸念もある。これにより超小型車両は乗り心地が劣化しやすくなり、極めて小さな車体でも容易に搭載可能な振動制御装置が要求される。一方、振動による心理的影響は個々人で異なり、同じ振動が入力されたとしても、乗員によって乗り心地感覚は異なる。このためアクティブシートサスペンションによる制御が、必ずしも乗り心地向上につながらないと考えられる。そこで本研究は乗員の座面下という限られたスペースに設置でき、振動を制御するアクティブシートサスペンションに関して、制御用アクチュエータの構築と乗員の心理状態を考慮した制御手法の検討を行った。

制御用アクチュエータには、小型・軽量で高推力・高応答性を実現するためにリニアモータの一種であるボイスコイルモータ（VCM）を採用した。一般的に、アクチュエータの開発には電磁界解析を用いて推力特性や応答性のみを評価する方法が用いられる。しかし、この方法では搭載可能な電源電圧など、アクティブシートサスペンションを超小型車両に設置する際に生じる制約が考慮できていない。そのため、小型・軽量なアクチュエータで高い制御性能を発揮することは困難になる。そこで、本研究は超小型車両に搭載した際の振動制御を考慮した上で、電磁界解析と運動解析を併用し、超小型車両用アクティブシートサスペンションに適したVCMを設計した。また、アクティブシートサスペンションの制御手法として、乗員の自律神経系活動から推定した心理状態に応じて制御を切り替えるシステムを構築し、実験的にその効果を明らかにした。

本論文は4章で構成されており、以下に各章の概要を示す。

第1章は序論であり、本研究の背景と目的を述べ、従来の研究事例をまとめた。はじめに、超小型車両の利用状況から乗り心地に関する諸問題を明確にした。これにより、アクテ

ィブシートサスペンションを超小型車両で利用する際の課題点を明らかにし、アクチュエータとしてVCMの有用性について述べた。次に、従来の乗り心地制御に関してまとめ、その問題点から乗員の心理状態を考慮した制御システムの独自性と有用性について述べた。最後に、本論文の構成および概要について述べた。

第2章では超小型車両に搭載するアクティブシートサスペンション用VCMの設計について検討を行った。まず、アクティブシートサスペンションの構造と特性から、VCMのパラメータが制御性能へ与える影響を明らかにした。そして、超小型車両に設置する際に生じる制約を考慮してVCMを設計し、実機によりその制御性能を確認した。推力特性に影響を及ぼすVCMの磁気特性を電磁界解析から把握し、固定子側の永久磁石の磁化方向により推力特性を向上させることができた。一方、可動子側ではコイルの導線径に着目し、電磁界解析と運動解析から応答性と推力特性を把握することができた。それにより、搭載可能な電源電圧や走行環境を考慮した設計指針を得ることができた。製作したVCMの特性は解析結果とよく一致しており、構築した設計指針の有用性を明らかにした。

第3章では振動の乗り心地感覚が個々人で異なるということを考慮し、乗員の心理状態に応じて制御を切り替えるシステムを構築した。心理状態を評価するために用いた自律神経系活動を反映する心拍変動に関して、計測方法と2種類の評価手法を整理し、これらを利用した乗り心地制御システムの構成について述べた。また、これらのシステムを適用した制御実験を行い、その効果に関して考察した。その結果、推定した心理状態を考慮して振動の切り替えを行うことで、振動を抑制するよりも良い心理状態を維持することができた。さらに、心理状態の評価手法によって制御性能が異なることを確認した。

第4章では本論文の結論を述べた。第2章、第3章で得られた本研究の成果を総合して述べるとともに、将来の展望についてまとめた。本研究で提案したVCMを用いたアクティブシートサスペンションならびに乗員の心理状態に応じて制御を切り替えるシステムによって以下のような発展が考えられる。制御手法、運動モデル、モータ特性を考慮した設計指針を利用することで、搭載する車両の利用環境や制約が把握できれば、超小型車両に限らず、アクティブシートサスペンションの設計が可能となる。一方、心理状態を応用した乗り心地制御に関しては、異なる生体情報から心理状態を推定する手法を導入することで、より高性能な乗り心地制御が期待される。