

論文の内容の要旨

論文題目「超磁歪アクチュエータを用いた小型モビリティの車内音響制御に関する研究」

学位申請者 加藤 太朗

キーワード：小型モビリティ 超磁歪アクチュエータ アクティブノイズコントロール
マスキング 快適性評価

近年、ガソリンエンジンなど内燃機関を搭載した自動車に代わる新たな交通手段として、1人もしくは2人乗りの小型モビリティが販売され始めている。小型モビリティは、小型かつ軽量の電気自動車であるため、環境への負荷が少なく、都市部や公共交通機関が整備されていない地域においても手軽な移動手段として利用が拡大することが予想されている。しかし、小型モビリティは外板の剛性が低いことから、タイヤが回転することで発生するロードノイズや、車体の突起形状から発生する風切り音などの雑音が車内に透過しやすく、快適性の劣化が懸念される。従来の自動車では、車両の内装に吸音材を用いた防音対策がなされ、一部の高級車では制御音波を出力するスピーカを搭載することで、騒音を抑制するアクティブノイズコントロールシステムが実装されている。一方、小型モビリティでは、上述した吸音材や遮音材による防音対策やアクティブノイズコントロールシステムの搭載が、車内空間に制限があるため困難である。今後、新たなモビリティツールとして需要が拡大していくことが予想される小型モビリティの車内騒音対策は不可欠であるが、この問題に対する研究や騒音制御システムの開発例は極めて少ない。

そこで本論文では、車載スピーカの代わりに車内の壁面に超磁歪アクチュエータを設置して壁面から制御音波を発生させ、車内に透過した騒音をアクティブに制御するシステムを提案した。本システムの特長は、同等の性能を持つ車載用スピーカの約1/7サイズの超磁歪アクチュエータによって、車内の壁面から制御音波を出力するため、小さな車両での騒音対策が可能となる。またアクチュエータに用いる超磁歪材料は、他の機能性材料に比べて、応答性とエネルギー密度が高く、長時間動作した時の発熱量も小さいことから、壁面による制御音波の生成が実用上可能である。

本論文の検討では、車内に透過する騒音のうち吸音材による防音対策が困難なロードノイズを制御対象としたアクティブノイズコントロールシステムの構築を試みた。本システムにおいて、超磁歪アクチュエータは制御音波の出力に十分な推力と制御音波の歪みや遅れの小ささが要求される。そこで、磁界によって超磁歪材料の形状が変化した際に発生する推力の特性について、電磁界解析によって得られた周波数応答から検討した。また、提案し

たシステムでは小型なアクチュエータに対して振動させる壁面が大きい場合、アクチュエータの設置位置によって壁面から出力される音波の音圧レベルに差が生じると考えられる。そこで、超磁歪アクチュエータを設置する壁面の振動特性を把握し、これを考慮した騒音制御について検討した。さらに、構築したシステムを実装した際に乗員が感じる快適性を定量的に評価するため、生体情報の1つである脳波から評価を行った。

本論文は5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について説明した。また、小型モビリティに搭載可能なアクティブノイズコントロールシステムの必要性と、超磁歪アクチュエータの壁面振動を制御音波として利用する手法の独自性を示した。さらに本論文の構成および概要について述べた。

第2章では、小型モビリティに搭載する超磁歪アクチュエータが振動を発生させる推力について検討した。超磁歪アクチュエータは超磁歪材料の周囲に永久磁石を設置してバイアス磁界に加え、コイルから交流磁界を発生させて音源となる振動を出力させる。そこでコイルに正弦波上の電圧を入力した際に超磁歪材料の磁歪による発生力を解析にて算出した。得られた周波数応答から、本研究で設計した超磁歪アクチュエータはロードノイズの周波数帯域において良好な出力特性が得られた。

第3章では、超磁歪アクチュエータによる騒音制御性能の向上を目的とし、アクチュエータを設置する壁面の振動特性について検討した。本検討では、壁面に対して打撃試験を行い、騒音が透過しやすい周波数を求めた。さらにアクチュエータの動作実験と壁面の振動モードからアクチュエータの設置位置を決定し、消音実験を行った結果、良好な制御性能が得られた。

第4章では、超磁歪アクチュエータを用いたアクティブノイズコントロールによる乗員の快適性について検討した。本検討では、アクティブノイズコントロールによる騒音を制御した場合と乗員の好みの音楽を重畳したマスキングを行った場合にて実験を行い、車両に乗車した実験協力者の脳波測定をより快適性を定量的に評価した。その結果、騒音制御でリラックスするグループとマスキングでリラックスグループに分かれることが明らかとなった。

第5章では、本論文の結論を述べた。第2章、第3章、第4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。