

補助事業番号 2020M-128

補助事業名 2020年度 壁面振動を利用した車内音場制御に関する研究 補助事業

補助事業者名 東海大学 工学部 動力機械工学科 成田 正敬

## 1 研究の概要

本研究計画は超小型電気自動車(以下超小型EV)の車内騒音対策において、超磁歪アクチュエータを用いた新たなアクティブノイズコントロール(以下ANC)システムの構築を目指している。小型軽量で車内スペースに制限のある超小型EVに搭載可能なANCシステムでは、超磁歪アクチュエータを用いた壁面振動による制御音波の出力が不可欠である。そのため、提案するシステムの構築に向けて以下の項目を実施した。

- ・高音質・高出力の超磁歪アクチュエータの最適設計指針を決定するため、電磁界解析による出力特性について検討する
- ・消音効果を向上させるため、車内騒音と制御音波の伝播を数値解析により可視化する
- ・超磁歪アクチュエータを設置する壁面の振動特性を実験的に検討し、最適な超磁歪アクチュエータ設置位置について検討する



図1. 超小型EVの車内騒音



図2. 超磁歪アクチュエータ

## 2 研究の目的と背景

トレッドベースや車幅が短い1人から2人乗り用の超小型EVが普及している。この車両の動力源はインホイールモータを用いているため、従来のガソリン車と比較して走行中に入力される100～500 Hzの周波数帯域のロードノイズによって車内の快適性に問題が生じている。車内の騒音対策として一般的には遮音材や防音材を用いることが多いが、超小型EVは車内スペースの制限により車内騒音対策を十分に施すことは現実的に不可能である。

遮音材や防音材による車内騒音対策に代わる手法として、制御音波によるANCがある。この手法を超小型EVに適用する場合、制御音波の出力デバイスは小型軽量であり、さらに制御効果を高めるために高音質な制御音波の出力が必要となる。そこで、小型で高出力な超磁歪アクチュエータを用いて、アクチュエータを設置した壁面の振動を利用した制御音波の出力による新たなANCシステムを提案する。このシステムはスピーカよりも小型な超磁歪アクチュエータを使用し、

超小型EVの平板部を振動させて制御音波を出力するため、高音質で大音量の制御音波の出力が可能である。さらに、ANCはより低周波数の騒音対策に有効であることから、特にその対策が必要な超小型EVの車内騒音対策として価値の高い研究である。

本研究計画は、超小型EV搭載用のANCシステムの構築に向けて、制御音波の出力に適した超磁歪アクチュエータの開発、車内の騒音と制御音波の可視化、制御音波を出力する壁面の振動特性の3点に重点を置き、以下の研究項目についてそれぞれ実施した。

- ①高音質・高出力の超磁歪アクチュエータの最適設計指針を決定するため、電磁界解析による出力特性について検討する
- ②消音効果を向上させるため、車内騒音と制御音波の伝播を数値解析により可視化する
- ③超磁歪アクチュエータを設置する壁面の振動特性を実験的に検討し、最適な超磁歪アクチュエータ設置位置について検討する

### 3 研究内容 <http://www.ed.u-tokai.ac.jp/laboratory/narita/nar/labonaritajka2020.pdf>

- ①高音質・高出力の超磁歪アクチュエータの最適設計指針を決定するため、電磁界解析による出力特性について検討する

既存の超磁歪アクチュエータの有限要素モデルを作成し、電磁界解析ソフトを用いて過渡ならびに周波数応答の解析を行った。周波数応答では、出力する周波数が高くなるにつれて、磁歪による発生力が減少していくことを確認できた。また、アクチュエータを構成する要素である永久磁石について、残留磁束密度の値が大きい方が、磁歪による発生力が大きくなり、出力される波形の歪みも小さくなることを確認できた。

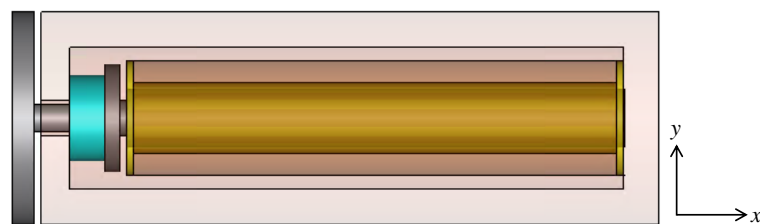


図3. 超磁歪アクチュエータの有限要素モデル

- ②消音効果を向上させるため、車内騒音と制御音波の伝播を数値解析により可視化する

超小型EVの車内騒音と制御音波の伝播について、シミュレーションにより検討を行った。検討ではFDTD法を用いて超小型EVの車内をプログラムにより作成し、騒音源と制御音源から出力された音がどのように伝播して制御されるか可視化した。また、制御音源の位相による制御点の変化について基礎的な検討を行った。

- ③超磁歪アクチュエータを設置する壁面の振動特性を実験的に検討し、最適な超磁歪アクチュエータ設置位置について検討する

超小型EVの平板部であるフロントガラスと天井部分の振動特性について実験的検討を行った。実験ではインパルスハンマと加速度ピックアップを使用し、平板部の固有振動数と振動モードを測定した。また天井部において、超磁歪アクチュエータの設置位置の違いによって車内に設置した制御点での音圧レベルの違いと制御効果について実験的検討から最適な設置位置が明らかとなった。



図4. 超小型EVの外装部

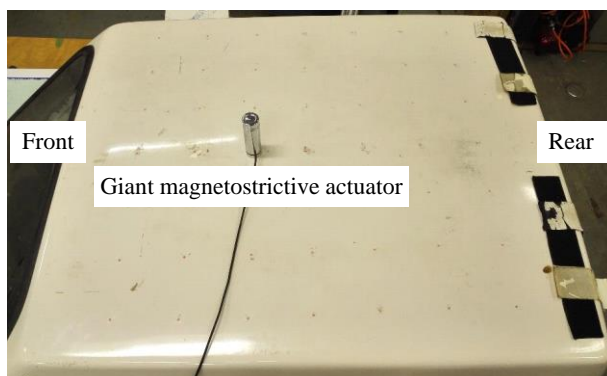


図5. 天井部の超磁歪アクチュエータ設置位置

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

上記研究から小型なデバイスを用いたANCシステムの提案と、それを実現するための『アクチュエータ』、『車内音場』、『壁面の振動特性』の3点の基礎的な検討を行った。これらの成果は、初期段階の検討ではあるが、将来的には超小型EVに限らず、普通自動車や室内空間にも応用が可能であると考えている。

#### 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

申請者が提案している超小型EV搭載用の新たなANCシステムの構築では、電磁気学、振動工学、音響学など様々な分野の学問を組み合わせた今までにない研究を行っている。申請者はこれまでに、超小型車両を模擬した消音実験用箱を用いて、超磁歪アクチュエータの壁面振動による消音効果の実験的検討や、その検討を応用して超小型EVの外装部を用いた消音実験を行ってきた。本補助事業は、これまで検討できていなかった提案するANCシステムに特化した超磁歪アクチュエータの最適設計や車内騒音と制御音波の可視化、超磁歪アクチュエータの設置位置と壁面の振動特性による消音効果など、より実用性を高めるためのANCシステムの設計指針を体系的に確立することを目的としたものである。

本補助事業の成果より、今後は超磁歪アクチュエータと設置する壁面の連成解析や、壁面振動による制御音波の可視化、壁面の固有振動数と振動モードによる超磁歪アクチュエータの設置位置の影響など検討を行っていく予定である。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等  
論文投稿 計2件(うち1件が英文誌)  
学会発表 計7件(うち1件が国際会議)

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

該当なし

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

該当なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 東海大学 工学部(トウカイダイガク コウガクブ)

住 所: 〒259-1292

神奈川県平塚市北金目4-1-1

担 当 者: 講師 成田 正敬(ナリタ タカヨシ)

担 当 部 署: 動力機械工学科(ドウリョクキカイコウガクカ)

E - m a i l: narita@tsc.u-tokai.ac.jp

U R L: <http://www.ed.u-tokai.ac.jp/laboratory/narita/>