

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 20 日現在

機関番号：54102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26420189

研究課題名(和文)磁性エラストマーを用いた人工声帯に関する研究

研究課題名(英文)Study on Artificial Vocal Cords Using Magnetic Elastomer

研究代表者

林 浩一 (Hayashi, Koichi)

鳥羽商船高等専門学校・その他部局等・准教授

研究者番号：30613947

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、磁性エラストマー部材の振動特性が、磁場印加から受ける影響について調べた。その結果、磁場印加により磁性エラストマー部材の固有振動数や減衰率は変化するが、減衰率の変化は固有振動数変化の主要因ではないことを明らかにした。また、空気流により励起される磁性エラストマー板の振動は、印加磁場強度に応じて周波数の顕著な変化は確認できなかったが、振幅は変化することを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：In this study, vibration properties of magnetic elastomer were investigated. Natural frequency and logarithmic decrement of the magnetic elastomer were changed by applying magnetic field. However, change of the logarithmic decrement was not main factor of the changing of the natural frequency. On the other hand, frequency of excited vibration of the magnetic elastomer due to air flow was not changed by the change of the applying magnetic field strength. However, amplitude of the excited vibration was changed.

研究分野：機械力学

キーワード：エラストマー 磁性 磁場 声帯 音

1. 研究開始当初の背景

電話自動応答システムや音声ナレーションをはじめ、様々なシーンで使われている合成音声を、より自然な音声とすることを目指し、人間の発声メカニズムを模擬したロボットの開発が行われていた。その音声の元となる原音は、人間の声帯と同様に、振動体が空気流により励起される振動を利用して発生させるものであり、発生させる音の高さを変えるために、メカニカルな機構を用いて振動体の張力を変える方法がとられていた。一方で、磁性エラストマーをバネ要素としたばねマス系では、磁場印加により、系の固有振動数が変化することが知られていた。これらのことから、人工声帯を磁性エラストマーで製作し、それに外部から磁場を印加することで、複雑な機構を用いることなく、発生音の高さを自由に調整することができる人工声帯実現の可能性に着目した。

2. 研究の目的

本研究は、印加磁場強度の変化に応じて、発生音の高さを調整することができる人工声帯開発の一環として、次のことを目的に実施した。

(1) 磁性エラストマーを構成する材料や、磁性エラストマー製作時の磁場印加条件、印加磁場分布が、磁性エラストマーの弾性率や固有振動数、減衰率等の特性に及ぼす影響を明らかにする。

(2) 磁性エラストマー製人工声帯への印加磁場分布が、人工声帯の動きや発生音に及ぼす影響を明らかにする。

3. 研究の方法

本研究では、シリコンゴムと鉄粉を混合して製作した磁性エラストマーはりを用い、まず磁性エラストマー部材の基礎的な特性を把握するために、次の(1)から(3)に示す実験を行った。その後、声帯を模擬した磁性エラストマー板の振動挙動や発生音に対する、磁場印加の影響を確認するため、(4)に示す実験を行った。

(1) 固有振動数の測定

磁性エラストマーはり一端固定条件で支持し、無磁場下および磁場印加条件下で自由振動させた。その時の磁性エラストマーはりの振動変位を、レーザー変位センサーを用いて測定し、測定データをFFT解析し固有振動数を求めた。試料として用いた磁性エラストマーはりは、鉄粉含有率と製作時の磁場印加条件がそれぞれ異なるものを用い、それらが固有振動数に及ぼす影響を調べた。また磁性エラストマーはりに印加する磁場の強さを調整して測定を行うことで、印加磁場強度が磁性エラストマーはりの固有振動数に及ぼす影響を調べた。

(2) 縦弾性係数の測定

磁性エラストマーはりを用い、引張試験機を用いて、準静的な引張試験を行った。試験は無磁場下および磁場印加条件下で実施した。その時の磁性エラストマーはりに作用する力と伸びを測定し、測定データから縦弾性係数を求めた。試料として用いた磁性エラストマーはりは、鉄粉含有率が異なるものを用い、それが固有振動数に及ぼす影響を調べた。また磁性エラストマーはりに印加する磁場の強さを調整して測定を行うことで、印加磁場強度が磁性エラストマーはりの縦弾性係数に及ぼす影響を調べた。

(3) 対数減衰率の測定

(1)と同様の実験において、磁性エラストマーはりの振動変位の時刻歴データから、対数減衰率を求めた。試料として用いた磁性エラストマーはりは、鉄粉含有率と製作時の磁場印加条件がそれぞれ異なるものを用い、それらが対数減衰率に及ぼす影響を調べた。また磁性エラストマーはりに印加する磁場の強さを調整して測定を行うことで、印加磁場強度が磁性エラストマーはりの対数減衰率に及ぼす影響を調べた。

(4) 流体励起振動と音の測定

声帯を模擬した中央部にスリットを設けた磁性エラストマー板を、気管を模擬したパイプの端部に取り付け、パイプ中に呼吸を模擬した一定流量の空気を流すことで、磁性エラストマー板を振動させた。そのときの磁性エラストマー板の振動変位をレーザー変位センサーで、磁性エラストマー板の振動により発生する音はマイクロホンを用いて測定した。測定データをFFT解析することで、磁性エラストマー板の振動や、それによる発生音の周波数を求めた。測定は、磁性エラストマーはりに印加する磁場の強さを調整して行い、印加磁場強度が磁性エラストマー板の振動や、それに起因した発生音に及ぼす影響を調べた。

4. 研究成果

本研究では、次に示す結果が得られた。

(1) 磁性エラストマーはりの固有振動数

磁性エラストマーはりの固有振動数は、外部からの印加磁場が強くなるにしたがい高くなる現象を確認した。また印加磁場の強さが同じであれば、磁性エラストマーはりの鉄粉含有率が高いほど固有振動数も高くなる傾向があるが、各磁性エラストマーはりの無磁場下における固有振動数を基準とした、磁場印加による固有振動数の変化率は、鉄粉含有率の違いによる顕著な差が無いことを明らかにした。一方、磁性エラストマーはりの鉄粉含有率や印加磁場の強さが同じであれば、磁場印加条件下で製作した磁性エラスト

マーはりの固有振動数は、無磁場下で製作した磁性エラストマーはりの固有振動数よりも高くなることを明らかにした。ただしこの場合も、各磁性エラストマーはりの無磁場下における固有振動数を基準とした、磁場印加による固有振動数の変化率は、磁性エラストマーはり製作時の磁場印加有無の違いによる顕著な差が無いことを確認した。

(2) 磁性エラストマーはりの縦弾性係数

磁性エラストマーはりの準静的引張試験において、外部からの磁場印加が無い条件下での測定では、鉄粉含有率が高い磁性エラストマーはりほど縦弾性係数が高くなることを明らかにした。一方で、磁性エラストマーはりへの印加磁場の強さを変えた場合においても、磁性エラストマーはりの縦弾性係数に顕著な差は見られないことを確認した。このことから、(1)で述べた磁性エラストマーはりの磁場印加による固有振動数変化は、磁性エラストマーはりの縦弾性係数の変化に起因したものではないことを明らかにした。

(3) 磁性エラストマーはりの対数減衰率

磁性エラストマーはりの対数減衰率は、印加する磁場が強くなるほど小さくなる傾向があることを明らかにした。この現象は、磁性エラストマーの鉄粉含有率が違う場合も同じように見られたが、鉄粉含有率の違いによる対数減衰率の顕著な差は見られなかった。また、各磁性エラストマーはりの無磁場下における対数減衰率の大きさを基準とした、磁場印加による対数減衰率の変化率は、(1)で述べた磁性エラストマーはりの磁場印加による固有振動数変化量に比べて非常に小さいことから、磁場印加による磁性エラストマーはりの対数減衰率の変化は、磁場印加による固有振動数変化の主要因ではないことを明らかにした。

(4) 磁性エラストマー板の振動と発生音

磁性エラストマー板の流体励起振動は、印加磁場を強くするにしたがい、振幅が大きくなることを確認した。しかし、印加磁場の強さを変えることによる、振動のピーク周波数に顕著な差は見られなかった。同様に、磁性エラストマーの振動による発生音は、印加磁場を強くするにしたがい、振幅が大きくなったが、音のピーク周波数に顕著な差は見られなかった。

以上の(1)から(3)で述べた結果は、磁性エラストマー製人工声帯をはじめ、他の様々な磁性エラストマー振動利用機器を設計する際に有用なデータであると考えられる。また(2)で述べた、磁場印加により縦弾性係数が変化しない現象や、(3)で述べた磁場印加による対数減衰率の変化挙動等の知見は、磁性エラストマーの応用範囲を広げる可能性があるものと思われる。一方で(4)で述べた

ように、磁場印加による磁性エラストマー板の振動や、それによる発生音のピーク周波数が変化しないことは、磁場印加により発生音の高さを変えることができる人工声帯を開発するといった目的に対して否定的な結果であるが、一方で磁場印加により振動や発生音の振幅が変化するという現象は、磁場印加により音の抑揚をつけることができる人工声帯を実現できる可能性を示唆していると考えられる。今後は異なる条件(振動体である磁性エラストマー部材の形状や構成材料、印加磁場分布等を変えた条件)において同様な実験を行い、目的とする機能を満足する人工声帯の開発へとつなげていく予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

林 浩一，磁性エラストマー製はりの磁場印加による固有振動数変化，日本 AEM 学会誌，査読有，Vol. 24，No. 3，2016，pp. 118-123.

〔学会発表〕(計3件)

林 浩一，磁性エラストマー製はりの磁場印加による固有振動数変化，第 24 回 MAGDA コンファレンス，2015 年 11 月 12-14 日，東北大学電気通信研究所および流体科学研究所(宮城県仙台市)。

林 浩一，磁性エラストマーはりの内部構造が固有振動数に及ぼす影響，第 28 回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム，2016 年 5 月 18-20 日，慶應義塾大学日吉キャンパス(神奈川県横浜市)。

林 浩一，磁性エラストマー板の流体励起振動，日本機械学会東海支部第 66 期講演会，2017 年 3 月 14-15 日，静岡大学浜松キャンパス(静岡県浜松市)。

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

林 浩一(HAYASHI, Koichi)

鳥羽商船高等専門学校・電子機械工学科・准教授

研究者番号：30613947

(2)研究分担者

(3)連携研究者

井門 康司 (IDO, Yasushi)

名古屋工業大学・大学院工学研究科・
教授

研究者番号：40221775

(4)研究協力者