

壁面振動を利用した超小型モビリティの騒音制御システムの開発 (超磁歪アクチュエータの性能に関する基礎的検討)

加藤太朗、北村拓也、前原史弥、中山弘也、池田圭吾、遠藤文人、加藤英晃、成田正敬
(東海大学)

Development of noise control system for ultra-compact mobility by plate vibration
(fundamental consideration on performance of giant magnetostrictive actuator)

T. Kato, T. Kitamura, F. Maehara, H. Nakayama, K. Ikeda, A. Endo, H. Kato, T. Narita
(Tokai Univ)

はじめに

1人から2人乗りの超小型モビリティはあらゆる世代の新たな交通手段として注目されており、地域の活性化や自動車市場の新たな需要創出への貢献が期待される。しかしながら超小型モビリティは走行中にロードノイズや風切り音などの騒音により車内の快適性欠如が問題となっている。当研究グループでは超小型モビリティの限られた車内スペースで車内騒音制御を行うため、図1のように車体の壁面に超磁歪材料を用いたアクチュエータを設置し、壁面振動によって2次音源を付加することで騒音低減を図るアクティブノイズコントロール(以下ANC)の研究を行っている^{1,2)}。アクチュエータによる壁面振動を利用した閉空間内のANCシステムを構成する場合、アクチュエータを設置する壁面の振動特性や設置位置による壁面の振動モードを考慮する必要がある。これまでに壁面から放射される制御音波と騒音からなる閉空間内の音場について検討してきた³⁾。

しかしながらアクチュエータ自体の固有振動数や出力特性もシステムの性能に影響を与える要因となる。そこで本報告では上記に示した要因の中から超磁歪アクチュエータの性能に着目し、検討を行った。既存の超磁歪アクチュエータをモデル化して電磁界解析によってアクチュエータの磁歪力と周波数特性の関係を明らかにし、超小型モビリティ搭載用の新たな超磁歪アクチュエータの設計の基礎的検討を行った。

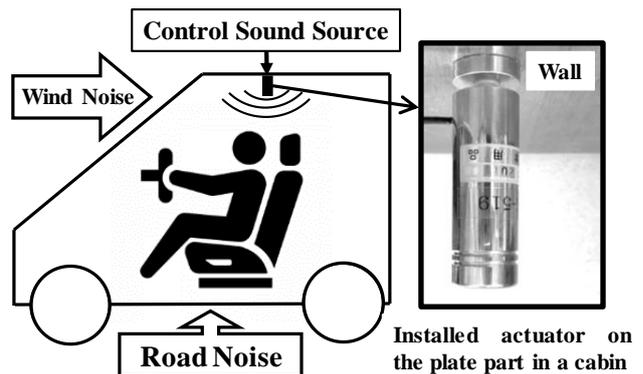


Fig. 1 Design of ANC system for ultra-compact EV by using giant magnetostrictive actuator

超磁歪アクチュエータの性能評価

超磁歪アクチュエータのコイルに電流を流した際における磁歪力と周波数応答について電磁界解析を用いて検討を行った。超磁歪アクチュエータは人の可聴域より20 Hzから2 kHzの振動を発生する必要がある。電磁界解析では、図2に示すように超磁歪アクチュエータをモデル化した。アクチュエータの過渡応答を確認するためにコイルに1 Aの電流をパルス状に入力し、同図に示すように磁歪力を算出した。

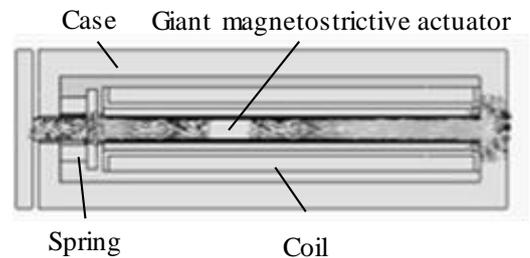


Fig. 2 Model of actuator by electromagnetic field analysis

参考文献

- 1) 石塚, 加藤, 加藤, 成田, 小島, 森山, 日本 AEM 学会誌, Vol. 25, No. 2, (2017), 88-93.
- 2) T. Kato, R. Suzuki, R. Miyao, H. Kato, T. Narita, Actuators, 7, 49, (2018).
- 3) T. Kato, R. Suzuki, T. Narita, H. Kato, Y. Yamamoto, IJAEM, Vol. 52, No. 1-2, (2016), 153-160.

スポーク形埋込磁石磁気ギヤの性能向上に関する検討

水穴裕真, 中村健二, *鈴木雄真, *大石悠平, *立谷雄一, *操谷欽吾
(東北大学, *㈱プロスパイン)

Performance Improvement of Spoke-shaped Interior Permanent Magnet Magnetic Gear

Y. Mizuana, K. Nakamura, Y. Suzuki, Y. Oishi, Y. Tachiya, K. Kuritani

(Tohoku University, *Prospine Co., Ltd.)

はじめに

磁気ギヤは非接触で動力を伝達できるため、機械式ギヤと比べて振動・騒音が小さく、保守性に優れる。その中でも磁束変調型磁気ギヤは、他の磁気ギヤと比べてトルク密度が高い¹⁾。磁束変調型磁気ギヤの実用化には、さらなるトルク向上と損失低減が必要である。先に筆者らは、回転子の埋込磁石 (IPM) 構造化²⁾、磁気ブリッジの位置変更³⁾、アモルファス合金の適用⁴⁾により、トルクと効率を向上させた。

本稿では、IPM 磁気ギヤの高トルク化・高効率化を目的として、軸方向漏れ磁束を相殺可能な磁石を新たに提案するとともに、これまでに提案したすべての改善策を取り入れた IPM 磁気ギヤの解析設計および試作試験を行ったので報告する。

高トルク化・高効率化に関する検討

Fig. 1 に、IPM 磁気ギヤの諸元を示す。同図(a)の従来機は、ギャップ側に磁気ブリッジが設けられており、回転子鉄心およびポールピースの材料はそれぞれ無方向性ケイ素鋼板 (35A250) と圧粉磁心 (SMC) である。一方、同図(b)の提案機は、バックヨーク側に磁気ブリッジが設けられており、回転子鉄心とポールピースの材料はアモルファス合金である。また、軸方向の漏れ磁束を打ち消すため、漏れ磁束と逆方向に着磁された厚さ 5 mm のネオジウムボンド磁石が内側回転子側面に取り付けられている。

Fig. 2 に、内側回転数 300 rpm におけるトルクの測定結果を示す。同図より、外側回転子の最大トルクは、従来機が 13.9 N・m であるのに対し、提案機は 20 N・m であり、トルクが約 44% 向上していることがわかる。

Fig. 3 に、内側回転数 300 rpm および 100 rpm における効率の測定結果を示す。同図を見ると、提案機の効率は従来機と比べて大幅に向上していることがわかる。また、提案機の最大効率は 99.85% (内側回転数 100 rpm) を達成した。

本研究の一部は東北大学 AIE 卓越大学院プログラムにより支援された。

参考文献

- 1) K. Atallah and D. Howe, *IEEE Trans. Magn.*, **37**, 2844 (2001).
- 2) T. Ikeda, K. Nakamura, and O. Ichinokura, *J. Magn. Soc. Jpn.*, **33**, 130 (2009).
- 3) Y. Mizuana, K. Nakamura, Y. Suzuki, Y. Oishi, Y. Tachiya, and K. Kuritani, *T.Magn. Soc. Jpn. (Special issues)*, **3**, 74 (2019).

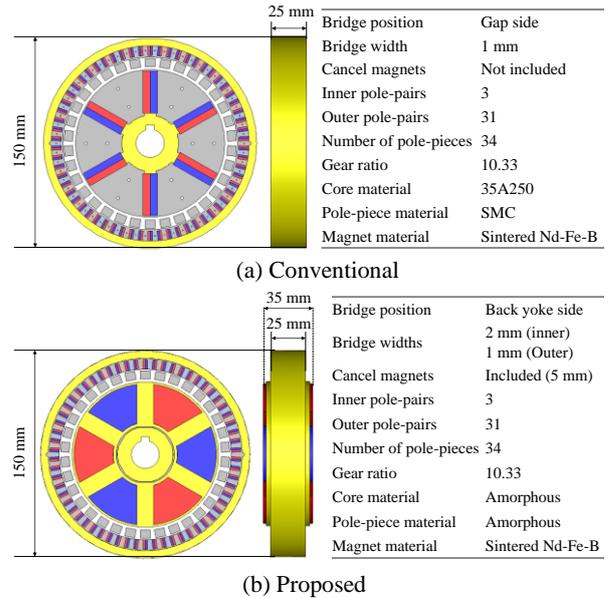


Fig. 1 Specifications of IPM magnetic gears.

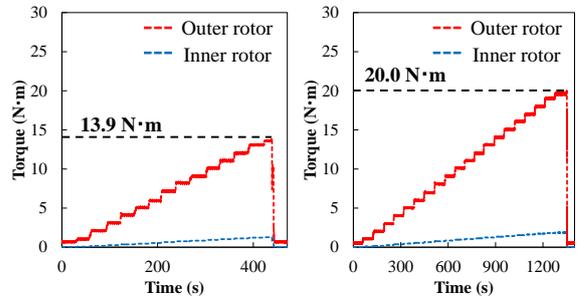


Fig. 2 Comparison of measured torque behavior of the prototype IPM magnetic gears (left: conventional, right: proposed).

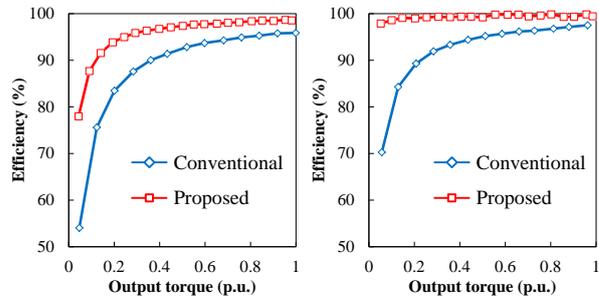


Fig. 3 Comparison of measured efficiency of prototype IPM magnetic gears (left : 300 rpm, right : 100 rpm).

- 4) Y. Mizuana, K. Nakamura, Y. Suzuki, Y. Oishi, Y. Tachiya, and K. Kuritani, *T.Magn. Soc. Jpn. (Special issues)*, **4**, 52 (2020).

磁気トルクによる磁石振動を用いた触覚提示手法の検討

佐野友輝, 栢修一郎, 石山和志
(東北大学 電気通信研究所)

Study of wireless haptic display using magnetic torque with magnet vibration

Y. Sano, S. Hashi, K. Ishiyama

(Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University)

はじめに

近年、バーチャルリアリティ技術の応用として視覚や聴覚だけでなく、指に対して触覚を再現する手法が提案されている。しかしながら提案手法にはいずれも欠点がある。例えばアクチュエータの振動により触覚を再現する手法では自然な触覚を再現できるが、配線やバッテリーが必要となる。超音波による音響放射圧で押し力を作り出す手法¹⁾では非接触で触覚を感じることができるが、超音波振動子と指の間に遮蔽物があると触覚を感じることができない。磁場勾配により手に付けた磁石に静的な力を作る手法²⁾では一軸方向の力のみしか作れない。そこで本研究ではこれらの欠点を解決するため、ワイヤレス、かつバッテリーレスで、遮蔽物の影響を受けず、指の姿勢も問わない手法として、指先に貼付した永久磁石に外部から磁場を加えることで、永久磁石に磁気トルクを発生させ、永久磁石の振動により指先に触覚を提示することを提案する。

システム構成

本研究で用いた装置の構成図を図1に示す。3次元磁場ベクトル制御のための3軸正方形コイル(x軸1辺: 260mm, y軸1辺: 475mm, z軸1辺: 370mm, x, y, z軸それぞれの各コイル間隔: 204mm)と、ファンクションジェネレータ計3ch, バイポーラ電源3台, および指の位置検出のため光学式モーションキャプチャのLeapMotionを使用した。触覚提示のために人差し指先に円盤形ネオジウム磁石(直径10mm, 厚み2mm)を両面テープにて張り付けた。LeapMotionにより指の位置を検出し、常に任意の磁気トルクを生成できるようLabVIEWによるプログラミングを行った。

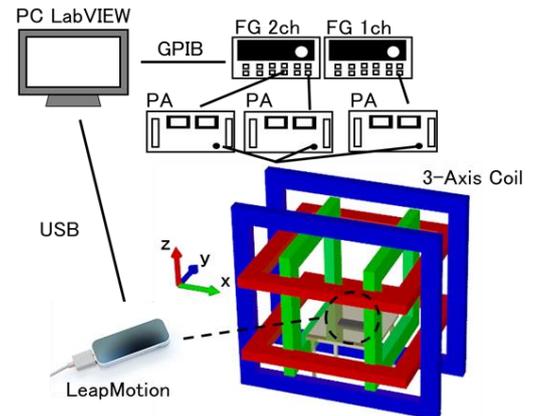


Fig. 1 Device configuration.

結果

まずコイル中央付近に指を配置し, x軸コイル(図1: 緑)に基本的な4種類の波形の交流電流を通電した。それぞれの通電波形において指先が振動を感じる磁界の閾値を測定した結果を図2に示す。250Hz付近で閾値は最小となり, 得られた閾値曲線は一般的に知られている触覚の閾値曲線³⁾と一致した。次に指をコイル内で動かし, 動かした指の位置情報から速度を検出し, 速度と位置に応じて通電電流の周波数, 振幅を高速に変化させた。これにより指先が仮想的な凸凹表面をなぞっている感覚が得られた。この感覚を用いることで仮想的な物体の表面形状の再現ができ, よりリアルに物を触っている感覚を得ることが期待される。

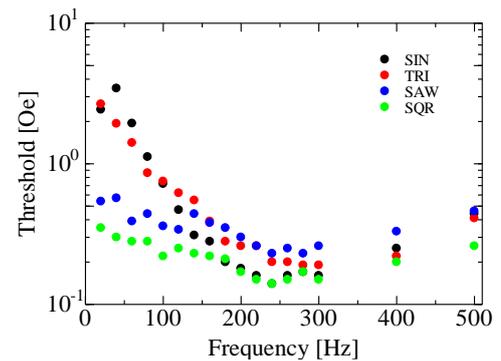


Fig. 2 Frequency response of threshold.

参考文献

- 1) T. Hoshi, M. Takahashi, T. Iwamoto, and H. Shinoda: *IEEE Trans. Haptics.*, **3**, 155 (2010).
- 2) Q. Zhang, H. Dong, and A. E. Saddik: *IEEE Access.*, **4**, 299 (2016).
- 3) S. J. Bolanowski, G. A. Gescheider, R. T. Verrillo, and C. M. Checkosky: *J. Acoust. Soc. Am.*, **85**, 1680 (1998).

フレキシブル基板を用いた高周波磁化測定用励磁コイルの開発

森賢太郎、萬年智介、磯部高範、柳原英人 (筑波大学)

Development of excitation coils for high-frequency magnetization measurement using a flexible substrates

K. Mori, T. Mannen, T. Isobe, H. Yanagihara (Univ. of Tsukuba)

はじめに

SiC や GaN パワーデバイスの登場によって数MHz 以上の高周波で高効率なパワーエレクトロニクス機器への関心が高まっている[1]。一方でインダクタ等の受動部品品の磁心材料の損失評価の問題が顕在化しており、現在数MHz を超える高周波電力用磁心を動作環境に近い高磁場下で評価する装置や手法が確立されていない。我々は、プリント回路基板(PCB)を用いて多段の直列共振回路を構成して励磁用コイルとすることで高周波、高磁場下での軟磁性材料の測定の実現を目指し、まずはリジット多層基板を用いた励磁用コイルの作成を試みた[2]。磁化測定を行う際には、励磁用コイルに加え磁束変化を捉えるピックアップコイルも組み込む必要があるがリジット基板では設計を柔軟に変えることが困難であり、試作の効率が悪い。そこで今回は1層ずつフレキシブル基板を積み重ねることにより任意の層にピックアップコイルを配置できるようにした。

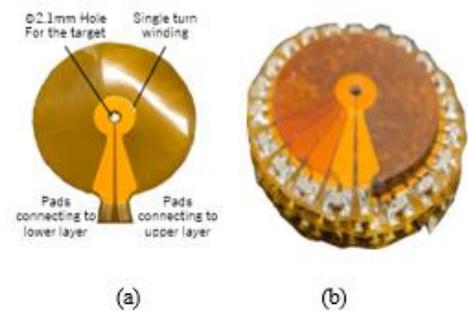


Fig.1 (a) one-turn excitation coil

(b) 60-layer excitation coil

実験方法

Fig.1(a)に試作した一層分の励磁用コイルを示す。これを18度ずつずらしながら接着し、60層の励磁コイルを作製した(Fig.1(b))。一層毎に積層セラミックコンデンサを挿入した60段のLC直列共振回路とし、共振周波数が4MHzとなるように積層セラミックコンデンサを適用した。このコイルにFig.2のようにハーフブリッジ回路に接続して測定を行った。

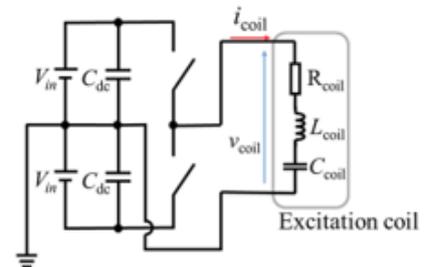


Fig.2 Experimental circuit

結果

インバータ出力電圧を $V_{in}=163.8\text{V}$ としてコイルに流れる電流をデジタルオシロスコープで観測した波形を Fig.3 に示す。この際測定全体で数 μs 程度の動作で済むので発熱によるコイルの破損は問題にならない。今回の実験ではコイルに最大23Aの電流を流すことができ、これはコイル中心に0.21Tの磁場が発生していることを意味する。本手法を用いることでコイルの磁場発生部分に高周波かつ大振幅の磁場を発生させることができることが確認された。今後は実際に励磁コイルにピックアップコイルを実装し、ピックアップコイルを用いた磁化測定について検討を進める。

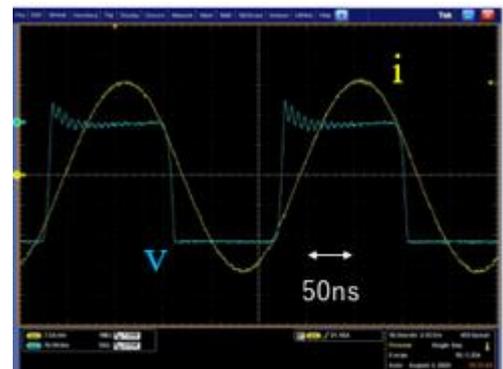


Fig.3 Result of current waveform

参考文献

- [1] Han, Yehui, Grace Cheung, An Li, Charles R. Sullivan, and David J. Perreault. IEEE Trans. Power Electron. Vol. 27, No. 1, pp. 425-435, Jan. (2012).
 [2] Koichi Yoshida*, Takanori Isobe, Hideto Yanagihara 平成31年電気学会全国大会 セッション A210-3 講演番号 4-039