

円筒形状の鉛直方向移動用リニアアクチュエータの開発 (形状が推力特性に与える影響に関する基礎的検討)

野阪肇、小川和輝、内野大悟、加藤太朗、池田圭吾、遠藤文人、成田正敬、加藤英晃
(東海大学、*¹東京工科大学、*²北海道科学大学、*³福岡工業大学)

Development of Cylindrical Linear Actuator for Vertical Transfer
(Fundamental Consideration on Effect on Thrust Characteristics with Shape)

H. Nosaka, K. Ogawa, D. Uchino, T. Kato, K. Ikeda, A. Endo, T. Narita, H. Kato
(Tokai Univ., *¹Tokyo Univ. of Tech., *²Hokkaido Univ. of Sci., *³FIT)

はじめに

超高層ビルなどの大型建造物において人や荷物などを運搬する際にエレベータなどの昇降用デバイスが利用される。このようなデバイスを昇降させるには滑車やタイヤなどを用いてケーブルと接触させることにより発生する摩擦力を利用して昇降する駆動方式が一般的である¹⁾。しかしながらケーブルの摩擦係数が小さい場合は、デバイスの自重を上回る摩擦力を必要とするため、接触面方向の力が増加する。この接触面方向の力の増加は効率の低下や、異物の巻き込みによるケーブルの破損の原因となる。そこで著者らは Fig. 1 に示すような導電体で一様なケーブル (リアクションプレート) を鉛直方向に昇降する円筒型リニア誘導モータ²⁾を用いたアクチュエータを提案する。提案したリニア誘導モータが円筒型であることの利点は、アクチュエータからケーブルに対して磁力を均一に印加できる点である。本報告は、有限要素法による電磁界解析を行い、ケーブルの形状や材質が発揮される推力特性に与える影響について検討を行った。

電磁界解析によるリニアアクチュエータの推力特性

作成した有限要素解析モデルを Fig. 2 に示す。可動子となる 1 次側には、6 個のコイルとコア、ボビンが設置され、導体であるケーブルが固定子となる。コイルは 3 相交流源に接続されており、上から U⁺、W⁻、V⁺、U⁻、W⁺、V⁻相となる。各コイルの巻数は 182 回、電流値は 7.85 A、周波数は 7 Hz とした。ケーブルに使用する材料は銅とし、直径は 30 mm、可動子とのエアギャップは 1 mm とした。以上の解析条件をもとに過渡応答解析を行い、発生する鉛直方向の推力について検討を行った。解析の結果ケーブルの直径を増加させることによって、可動子の重量も増加するが、推力を自重で除した比推力において増加する傾向が得られた。

参考文献

- 1) 松野, 最近のエレベータ制御技術, 計測と制御, Vol. 21, No. 7, pp. 686-689, 1982.
- 2) 森尋, 古関, 正田, 円筒型リニア誘導モータの鉛直移動への応用可能性の検討, 電気学会論文誌 D, Vol. 122, No. 12, pp. 1149-1156, 1991.

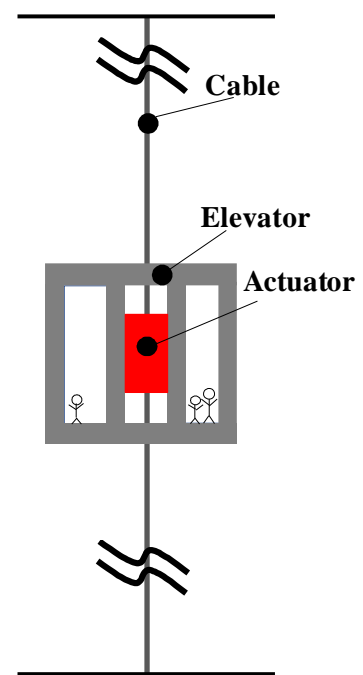


Fig. 1 Schematic diagram of an elevator that omits the counterweight and moves on a single cable.

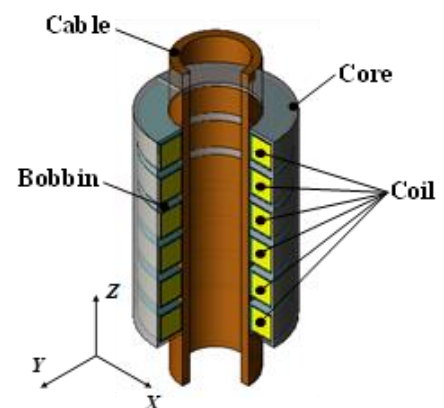


Fig. 2 Analysis model of proposed cylindrical linear induction motor for vertical transfer.

電磁駆動バルブシステムにおけるリニアモータの開発 (アクチュエータ形状に関する基礎的検討)

黒田純平, 木村海斗, 真島悠平, 田中雅人, 内野大悟, 小川和輝,
加藤太朗^{*1}, 池田圭吾^{*2}, 遠藤文人^{*3}, 成田正敬, 加藤英晃
(東海大学, ^{*1}東京工科大学, ^{*2}北海道科学大学, ^{*3}福岡工業大学)

Development of linear motor of electromagnetic valve drive system
(Fundamental consideration on actuator shape)

J. Kuroda, K. Kimura, Y. Majima, M. Tanaka, D. Uchino, K. Ogawa, T. Kato,
K. Ikeda, A. Endo*, T. Narita, H. Kato
(Tokai Univ., ^{*1}Tokyo Univ. of Tech., ^{*2}Hokkaido Univ. of Sci., ^{*3}FIT)

はじめに

先進国ではカーボンニュートラルの実現を目的として自動車の電動化が推し進められている。今後、自動車の動力は電動化が加速するが、内燃機関も引き続き使用されていくものと予想される。エンジンの更なる性能向上を目的にリニアアクチュエータを用いてエンジンバルブを駆動させる方法が検討されている^{1,2)}。しかしながら運転状況に応じて動作タイミングを自在に変化させる手法ははまだ実現していない。そこで当研究グループでは、環境保護を念頭に置いたエンジンの性能向上を目的に、リニアアクチュエータによってバルブを開閉する電磁駆動バルブシステム (EVDS) を用いた吸排気系システムの開発を目指している。

本報告では電磁界解析を利用したアクチュエータ形状が推力特性に与える影響について基礎的検討を行った。

電磁界解析を用いた EVDS の推力に関する検討

Fig. 1 に EVDS の概略を示す。EVDS は永久磁石とコイルで構成されている。駆動方法はローレンツ力を利用している。コイルを通る電流と永久磁石の磁場をコイルに直交させることで可動子が駆動する。バルブの変位量を最大 10mm に設定し、バルブを 1mm ずつ変位させた際の推力を電磁界解析によって求めた。解析によって得られた変位 0 mm における EVDS の磁束密度のベクトルプロットを Fig. 2 に示す。同図より磁束がコイルに直交していることが分かる。このことからバルブの上下運動における推力変化が少なく安定した推力を得ることができた。しかしながらケース中央上部で磁気飽和が発生していることが分かった。

参考文献

- 1) 宇野, 村口, 金野, 岡田, 「運動と振動の制御」シンポジウム講演論文集, Vol. 10, (2007), 177-180.
- 2) 柴崎, 岡崎, 小倉, 日本機械学会関東学生支部総会講演会論文集, Vol. 19, (2013), 451-452

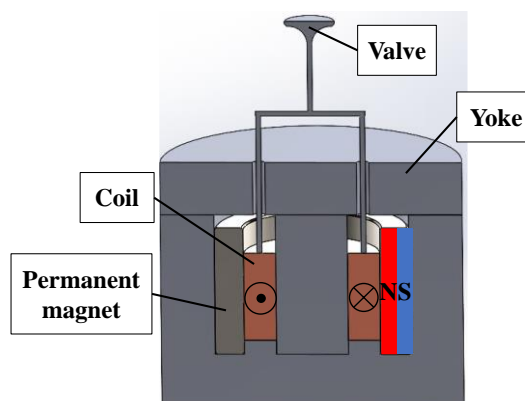


Fig. 1 Analysis model of linear actuator for EVDS.

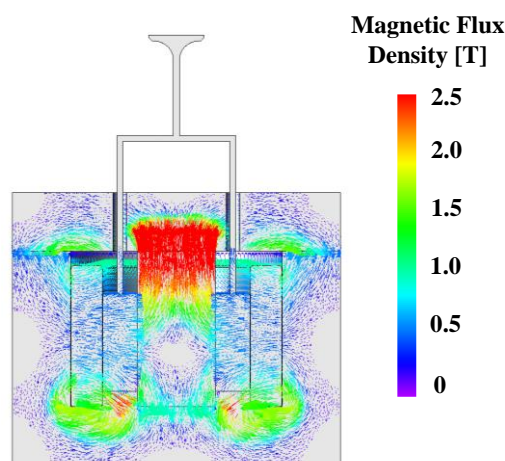


Fig. 2 Vector plot of magnetic flux density

デュアルハルバッハ配列を用いた高速往復運動用 リニアアクチュエータに関する基礎研究 (磁石配列が推力特性に及ぼす影響に関する基礎的検討)

田中雅人、木村海斗、黒田純平、真島悠平、内野大悟、小川和輝、
加藤太朗^{*1}、池田圭吾^{*2}、遠藤文人^{*3}、成田正敬、加藤英晃
(東海大学、^{*1}東京工科大学、^{*2}北海道科学大学、^{*3}福岡工業大学)

A basic study on linear actuators for high-speed reciprocating motion with dual halbach arrays
(Fundamental consideration on effect of magnet arrangement on thrust characteristics)

M. Tanaka, K. Kimura, J. Kuroda, Y. Majima, D. Uchino, K. Ogawa, T. Kato,
K. Ikeda, A. Endo, T. Narita, H. Kato

(Tokai Univ., ^{*1}Tokyo Univ. of Tech., ^{*2}Hokkaido Univ. of Sci., ^{*3}FIT)

はじめに

機械製品を動作させる上で往復運動は様々な箇所に用いられている。一般に往復運動を発生させるためには、カム機構やピストン・クランク機構など、モータやエンジンの回転運動から機構的に変換される場合が多い。しかしながら高精度かつ高速な往復運動を利用する目的で、リニアアクチュエータによるダイレクトドライブが求められている。著者らはより高速な往復運動が可能なりニアアクチュエータの実現を目的として、固定子の永久磁石配列にデュアルハルバッハ配列を用いたリニアアクチュエータを提案し検討を行っている。本報告は、永久磁石の形状を変化させた際に推力特性に与える影響について検討を行った。



(a) Schematic of the actuator (b) Shape of the array at 2:1

Fig. 1 Analysis model of linear actuators with dual Halbach arrays

電磁界解析を用いた永久磁石配列と推力に関する検討

Fig. 1(a)にハルバッハ配列を用いたリニアアクチュエータの概略図を示す。このリニアアクチュエータは永久磁石を配列した固定子と可動子となるコイルで構成され、ローレンツ力により可動子を駆動する。可動子の変位量は最大24mmとし、0.1mmずつ上下方向に変位させた際の推力を電磁界解析によって求めた。ラジアル方向とスラスト方向の永久磁石の寸法の比をRT比とし、ラジアル方向の永久磁石の領域をスラスト方向の2倍としたモデルをFig. 1(b)に示す。解析によって得られた変位0mmにおけるの磁束密度のベクトルプロットをFig. 2に示す。同図より磁束が直交し、安定した推力を発生させることができた。

参考文献

T. Jimbu and Y. Okada: Development of Lorentz force type self-bearing motor using Halbach magnet, 日本機械学会論文集 (C編) 70巻 698号 (2004-10).

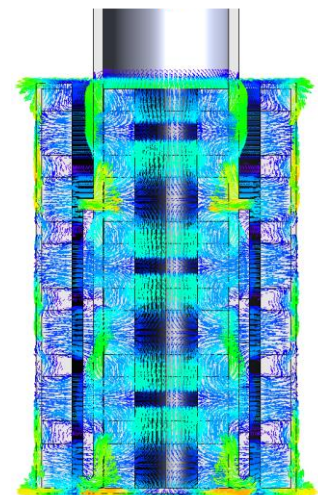


Fig. 3 Vector plot of magnetic flux density

小型化した磁気駆動マイクロポンプの冷却性能

田中龍之介、本田崇
(九工大)

Cooling performance of a miniaturized magnetically driven micropump

R. Tanaka, T. Honda
(Kyushu Inst. Tech.)

はじめに

著者らは、ノート PC 等に搭載する液冷システムへの応用を目指し、弾性板の羽ばたきを利用した磁気駆動マイクロポンプの開発を進めている。本研究では、磁石サイズを見直すことでポンプの低背化を図るとともに、直列接続した場合の液冷システムの冷却性能を評価したので報告する。

素子構成

Fig. 1(a)にポンプ単体の構成と動作原理を示す。可動子は、厚さ方向に着磁された2個のNdFeB磁石($\phi 3\text{mm} \times 1\text{mm}$)の間に、NdFeB磁石($\phi 1\text{mm} \times 0.5\text{mm}$)を2個重ねたものを両端の2ヶ所に配置し、その磁石間に厚さ $50\mu\text{m}$ のPIフィルム(幅 3mm 、長さ 6mm)を挟んで構成した。この可動子を固定子内に回転軸を介して取り付けた。ポンプの厚さは 5.5mm である。ポンプ長手方向に交流磁界 H を印加すると、磁石の磁気モーメント M が磁気トルク T を受け、磁石は回転軸を中心に回転振動する。それに伴い弾性板が揺動し液体を送り出すことでポンプとして機能する。

本研究では、ポンプ性能向上のため、2つのポンプを直列接続したストレートポンプ(同図(b))、U字ポンプ(同図(c))を作製し評価を行った。

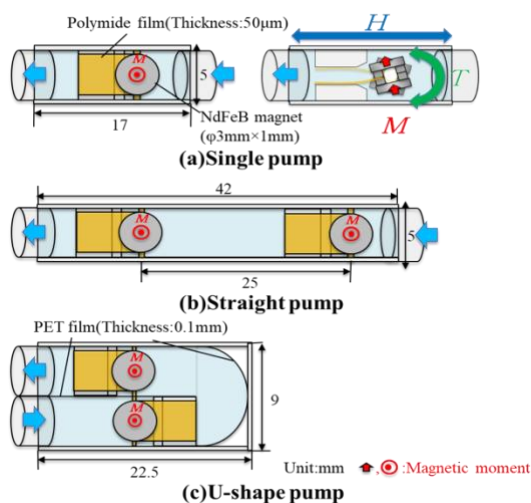


Fig.1 Structure of micropump

実験結果

Fig. 2に 4kA/m の交流磁界印加時における無負荷流量の周波数特性を示す。但し、濃度 20% に水で希釈した不凍液を使用し、駆動はソレノイドコイルによって行った。流量はいずれのポンプも 170Hz で最大値を示す周波数特性となった。その最大値は単体に対し、直列接続することで 40% 程度向上した。

Fig. 3に各ポンプをノート PC を模した自作の冷却システムに組み込んだ際の冷却性能を示す。但し、ヒーター出力を 50W とし、測定開始 60 分後までのヒータープレート表面温度を評価した。ストレートポンプ、U字ポンプにおいて目標温度である 55°C 以下を満たすことができた。この結果より、小型化したポンプにおいても連結することで冷却システムへの応用が可能であることがわかった。

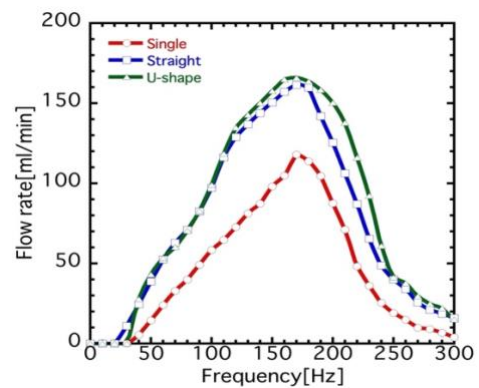


Fig.2 Frequency characteristics of flow rate

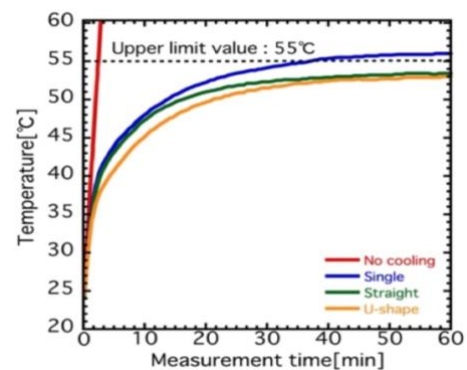


Fig.3 Cooling performance

磁気駆動羽ばたき PAV における推力と翅構造の関係

上原 健太郎、本田 崇
(九工大)

Relationship between thrust and wing structure for magnetically driven flapping Pico Air Vehicle

K. Uehara, T. Honda
(Kyushu Inst. Tech.)

はじめに

超小型飛翔体における最小の分類として PAV(Pico Air Vehicle)がある。PAV に関する先行研究では、圧電素子による羽ばたき PAV があるが、駆動にはケーブルによる給電が必要であった。これに対し本研究では、永久磁石を素子に搭載し、外部磁界を印加することで羽ばたき飛翔を行う PAV の開発を進めており、交流磁界中においてワイヤレスでの飛翔に成功している。しかし、課題として翅の設計指針が確立できていなかった。本報告では、基準となる翅構造を新たに選定し、推力増大のための指針を実験的に考察した。

素子構成と動作原理

Fig.1 に素子の上面図を示す。胴体部は、厚さと形状の異なる 2 種類の PI フィルム(25 μm 厚,125 μm 厚)を重ね合わせた構造で、左右に露出した厚さ 25 μm の PI フィルム(4.5mm 長)が捻りバネとして機能する。この捻りバネの中央部分に NdFeB 磁石($\phi 1 \times 2\text{mm}$)を極性が逆になるように配置した。翅は長方形の PI フィルム(5 μm 厚)であり、その上に V 字形の棒(PEs)を配置し、翅の根元部分のみで接着した。なお、翅フィルムの翼弦方向へのたわみを防ぐため、従来の翼弦 10mm から 6mm へと基準を変更した。Fig.2 に動作原理を示す。外部から交流磁界を印加することで、素子に搭載した磁石は磁気トルクを受け捻りバネを中心に回転振動し羽ばたき運動が起こる。このとき打ち上げと打ち下ろしで翅形状が変化することで抗力差が発生し上向きの推力となる。

実験結果と考察

本実験では、捻りバネ幅を 0.50mm から 1.00mm の 4 種類、翼長を 3mm から 9mm と条件を変えて推力の測定を行った。駆動する磁界強度は 4kA/m とした。Fig.3 は横軸に翼長、縦軸に各素子の最大推力を示した周波数をプロットしたものである。とくに 0.45mN 以上の高推力(自重は 0.35mN)が発生した点を赤色で示した。また、捻りバネ幅 0.50mm、1.00mm における V 字型の棒と磁石による羽ばたき運動の共振周波数の計算値を実線で表し、両者に囲まれる範囲をグレーで着色した。各素子の最大推力を示した周波数は羽ばたき運動の共振周波数の近傍にあり、バネ幅が長く翼長が短いほど高周波数となった。ここで高推力の赤色に着目すると、長い翼長では羽ばたき運動の共振周波数の低周波側、短い翼長では高周波側で発生する傾向が見られる。この赤点を累乗近似すると青色の破線のように翼長の -2 乗の曲線が得られた。この結果は羽ばたきの共振と翅フィルムの曲げ共振が一致する条件で高推力が得られることを示唆している。この知見から翼長を短くする小型化には、捻りバネのバネ定数を高くし羽ばたき運動の共振周波数を高めるか、翅フィルムの曲げ共振の周波数を低下させる必要があると考えられる。

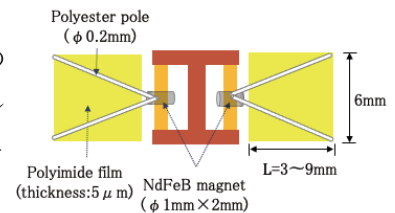


Fig. 1 Structure of flapping mechanism

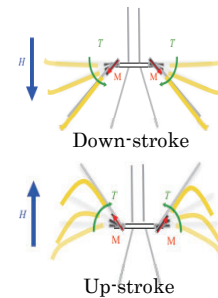


Fig. 2 Actuation principle

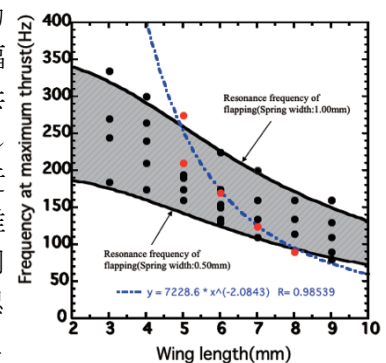


Fig. 3 Relation between frequency at maximum thrust and wing length