

EHD(電気流体力学)現象を用いた流体型アクチュエータ

○三井和幸*, 高橋智久*, 佐藤洋輔*, 長瀬広明*, 寺阪澄孝**, 下大川丈晴**

Development of the fluid power actuator using EHD phenomenon

Kazuyuki MITSUI*, Tomohisa TAKAHASHI*, Yousuke SATHO*, Hiroaki Nagase*,
Sumitaka TERASAKA**, Takeharu SHIMOOKAWA**

Recently, many types of fluid power actuators are used in a lot of field. However, this type of actuator has many problems such as occurrence of the vibration and noise. It is because this type actuator needs the peripheral device such as the compressor and the pump. To solve this problem, we decided to develop the new type of fluid power actuator by using the electro-hydro-dynamics (EHD) phenomenon which makes insulating fluid flow when a high voltage electric field is applied to that fluid.

Key Words : EHD, actuator, robot hand, snake type robot

1. 緒言

近年介護ロボットなど人間の身近で使用される機器や、災害現場などのように複雑に入り組んだ場所に入り込むロボットとして蛇型などの多関節ロボットにおいて流体駆動のソフトアクチュエータが注目されている。しかしこのアクチュエータにはポンプやコンプレッサ等の外部機器が必要となり、振動や騒音の発生、発熱および、バルブや調整弁などにより配管が複雑化し、結果としてシステム全体が大型化してしまうという問題がある。そこで我々はこれらの問題点を解決するために、流体が外力を必要とせず電圧印加により自ら流動するという EHD 現象を利用したアクチュエータを開発することとした。

2. EHD 現象及び EHD ポンプ

EHD(Electro Hydro Dynamics)現象とは、絶縁性流体中に 1 組の電極を挿入し、その電極間に高電圧を印加すると流れが発生する現象である。我々は Fig.1 に示した傾斜させた GND 電極と平板の+電極の間に EHD 現象による一方向の流れの発生が可能な電極構造を考案し、これを多段化し実用的な圧力の発生が可能な EHD ポンプを開発してきたり。そして、数段から最大 200 段の電極構成を持つ EHD ポンプを試作し、瞬間値であれば最大で約 800[kPa]の圧力の出力を実現し、500[kPa]程度までであれば安定した出力が可能となった。この EHD ポンプを駆動源としてシステムに組み込むことで、外部に駆動源を必要とせず、複雑な配管も必要としない小型・軽量のアクチュエータの開発が可能であると考えた

* 東京電機大学工学部機械工学科先端機械コース
(〒120 - 0026 東京都足立区千住旭町 5)
(E-mail: mitsui@cck.dendai.ac.jp)

** 三洋金属工業株式会社
(〒571 - 0042 大阪府門真市深田町 18-10)

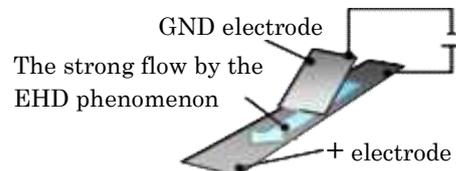


Fig.1 Electrode composition which generates the EHD phenomenon

3. EHD ポンプのアクチュエータへの応用例

3.1 EHD ポンプによるロボットハンドの駆動

EHD ポンプのアクチュエータへの応用の一つとして試作したロボットハンドの EHD ポンプでの駆動を試みた。試作したロボットハンドは Fig.2 に示したように、2 本の指がそれぞれ一つの関節を有し、その関節内に樹脂製の蛇腹を内装している。この蛇腹に EHD ポンプからの出力を接続し、液圧で指の関節を駆動する方法を採用した。

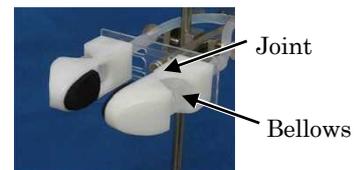


Fig.2 The robot hand by the EHD pump drive

このロボットハンドを実際に駆動したところ、水を満たした 2 リットルのペットボトルの口を指で挟んで保持できる握力を発揮した。

3.2 揺動型 EHD アクチュエータとヘビ型ロボット

3.2.1 揺動型 EHD アクチュエータ

EHD ポンプのアクチュエータへの更なる応用例として、EHD ポンプを駆動源として内蔵した Fig.3(a) のようにシーソーのように揺れ動くアクチュエータすなわち揺動型 EHD アクチュエータを考えた。さ

らに、この揺動型 EHD アクチュエータを 1 つの関節とし、これを Fig.3(b)のように多段に接続していくことで、関節それぞれに駆動源を有した多関節ロボットが開発できると考えた。

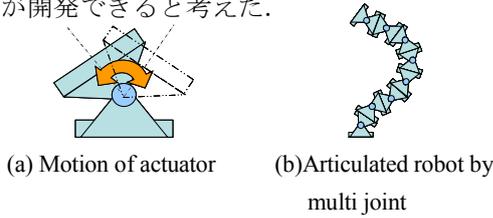


Fig.3 Swing motion type EHD actuator

Fig.4 に考案した揺動型 EHD アクチュエータの基本構造を示す。このアクチュエータはアッパーデッキ、ブリッジ、双方向 EHD ポンプを内蔵したロアデッキ、及び 2 基の稼動部により構成した。双方向 EHD ポンプとは Fig.5 に示すように、印加電圧を切り替えることにより流れを双方向に切り替えることが可能なポンプである。稼動部にはベロフラムシリンダを用い、ロアデッキ内蔵の双方向 EHD ポンプに直接接続した。Fig.6 に双方向 EHD ポンプの内部構造を示す。Fig.5 で示した電極構造を 15 段直列に配置しており、圧力は最大で 57.3[kPa]、流量は最大で 8.5[mL/s]である。このポンプを内蔵したアクチュエータの動作の概念図を Fig.7 に示す。双方向 EHD ポンプに電圧を印加し、一方のベロフラムに流体を圧送することでピストンがアッパーデッキを押し、回転軸を中心としてアッパーデッキが傾き、双方向 EHD ポンプに印加する電圧を切り替え流体の流れの方向を反転させることで動作させるベロフラムシリンダが切り替わり、アッパーデッキの傾く方向を切り替えられ、揺動運動ができる。この揺動型 EHD アクチュエータは、双方向 EHD ポンプを内蔵したロアデッキに直接稼動部を接続しているため、外部駆動機器や複雑な配管を必要としないシンプルな構造にすることが可能となった。実際に製作した揺動型 EHD アクチュエータを Fig.8 に示す。大きさは $48 \times 64 \times 68$ [mm]、重さは約 170[g]となった。アッパーデッキとロアデッキを平行にした状態を 0 [deg]とした場合、 -12 [deg]~ $+12$ [deg]の範囲で揺動運動ができる構造となっている。

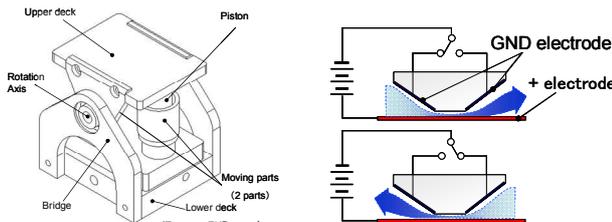


Fig.4 Structure of swing motion type EHD actuator Fig.5 Electrode structure of two-way EHD pump

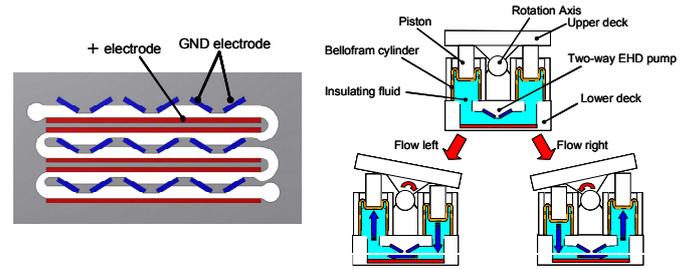


Fig.6 Internal structure of two-way EHD pump (Lower deck)

Fig.7 Actuation mechanism of swing motion type EHD actuator

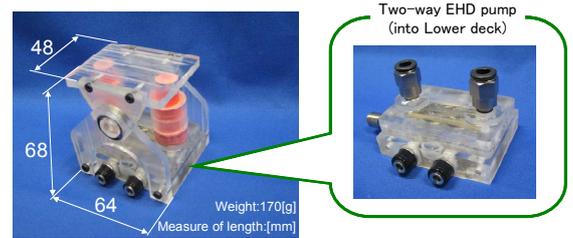


Fig.8 Developed the swing motion type EHD actuator

3.2.2 EHD ヘビ型ロボットの試作

Fig.9 に示すように揺動型 EHD アクチュエータを二組製作し、2 段に接続した場合の動作確認を行ったところ、2 段に接続しても滑らかな揺動動作が可能であった。この結果に基づき、揺動型 EHD アクチュエータを関節とした、3 節の EHD ヘビ型ロボットを試作した(揺動型 EHD アクチュエータに受動車輪を取り付けたものを 2 つ接続している)。実際に試作した EHD ヘビ型ロボットを Fig.10 に示す。各アクチュエータを操作することで、ロボットが前進することが可能であった。



Fig.9 Two device

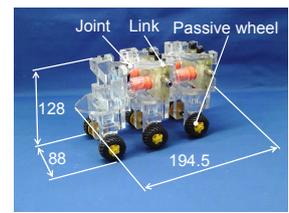


Fig.10 EHD snake

4. 結言

本研究では、EHD 現象を用いた流体駆動型アクチュエータの開発を行った。その結果、ロボット等を駆動する流体駆動型アクチュエータとして実現可能性を示すことができ、周辺機器が不要な小型アクチュエータとしての応用が期待される。

参考文献

- 1) 澤田瑞徳, 三井和幸ほか: EHD 現象を利用した高圧力ポンプの開発に関する研究, 平成 22 年度秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集, 133-135 (2010)