

EHD (電気流体力学) ポンプを用いた流体駆動型アクチュエータ

○武井裕輔*, 佐藤直紀*, 中山遥介*, 三井和幸*

The fluid power driven actuator using EHD pump

Yusuke TAKEI*, Naoki SATO*, Yosuke NAKAYAMA*, Kazuyuki MITSUI*

Recently, studies and developments about actuator which used a fluid power as a drive source are conducted. Especially, the fluid power actuator is paid attention as a power source of a medical robot or a rescue robot. However, this type of actuator has many problems such as occurrence of the vibration and noise. Therefore, we decided to develop the new type of fluid power actuator which used the electro-hydro-dynamics phenomenon which generates the flow in the insulating fluid by applying a high voltage electric field.

Key Words: EHD, robot hand, artificial muscle, articulated robot

1. 緒言

近年, 流体を駆動源としたアクチュエータの研究・開発が行われている. その中でも, 介護・福祉ロボットのように人間の生活をアシストする機器や, 災害ロボットのように複雑に入組んだ場所を移動可能な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, これら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, 発熱が問題となるのみならず, バルブや調整弁などの付加装置も必要となるため, システム全体が大型化してしまう問題がある. そこでこれらの問題を解決するために, 流体が電圧印加により外力を受けずに自ら流動するという EHD 現象に着目し, それを応用したアクチュエータの開発を我々は行ってきた.

2. EHD 現象及び EHD ポンプ

EHD 現象とは, Electro Hydro Dynamics(電気流体力学)現象の略称で, 例えば Fig.1(a)に示すように, 絶縁性流体中に二枚の電極を挿入し, その電極間に高電圧を印加すると流体中に流れが発生する現象である. 我々は, Fig.1(b)に示すような平板の+電極とその上に傾斜させた GND 電極の組合せを用いることで, 電極間に一方向の流れを発生させることのできる EHD ポンプの開発を行ってきた. さらに, Fig.1(b)の電極構造を Fig.2 のように直列に多段化することで, 吐出圧力を高めることが可能で, Fig.3 に示すように, 対称に配置した GND 電極をスイッチで切替えることで, 流れの方向を切替えることが可能である双方向 EHD ポンプの開発も行ってきた²⁾. そこで, この双方向 EHD ポンプを駆動源とすることで, 駆動源単体で流体の圧送と吸引が可能となることから, 結果として外部に駆動源や複雑な配管, 弁

などの付加装置も不要なため, システム全体が小型なアクチュエータの開発が可能であると考えた.

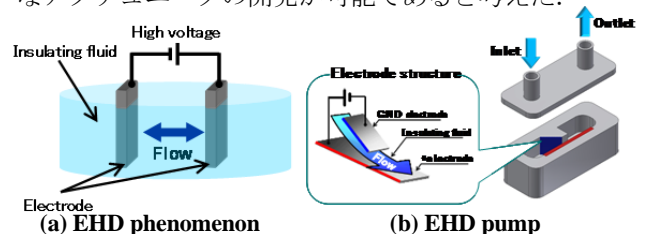


Fig.1 EHD phenomenon and EHD pump

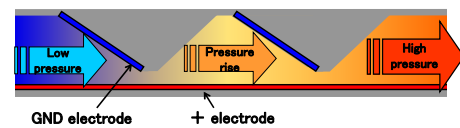


Fig.2 Multistage of the electrode structure

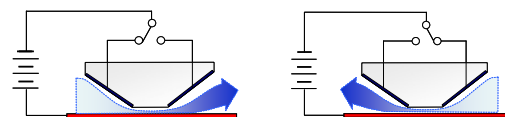


Fig.3 Sucking and pumping of fluid

3. EHD ポンプのアクチュエータへの応用

3.1 EHD 人工筋とロボットハンド²⁾

EHD ポンプのアクチュエータへの応用として, EHD 駆動の人工筋及びロボットハンドの開発を行った. 考案した人工筋を Fig.4 に示す. 人工筋は軟質ポリウレタン製の蛇腹型の膨張体とスリーブの代わりにプラ板とテグスで構成した. この人工筋は, 膨張体が縦方向に膨張し, テグスの作用により横方向に収縮する仕組みである. 実際に製作した EHD 人工筋の伸展時と収縮時の様子を Fig.5 に示す. さらに, この製作した EHD 人工筋の応用としてそれを組込んだロボットハンドを製作した (Fig.6(a)). ロボットハンドは EHD 人工筋, 双方向 EHD ポンプ, 指, 固定台で構成しており, 2 つの人工筋が交互に伸展と収縮をすることで指が開閉する構造である. 実際に製作したロボットハンドを駆動させたところ, 250[g] の物体の把持に成功した (Fig.6(b)).

* 東京電機大学大学院工学研究科
(〒120-0026 東京都足立区千住旭町 5 番)
(E-mail: 16kmf16@ms.dendai.ac.jp)

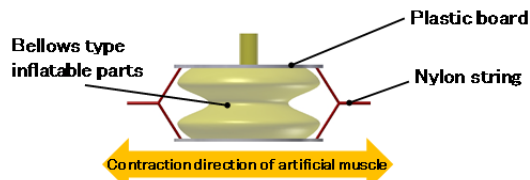


Fig.4 Developed artificial muscle



Fig.5 Manufactured artificial muscle

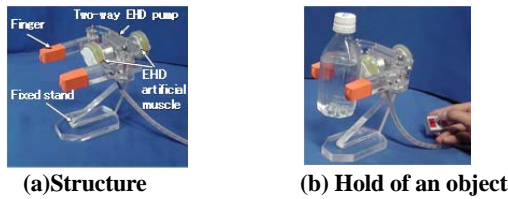


Fig.6 Manufactured robot hand

3.2 揺動型 EHD アクチュエータと多関節ロボット³⁾

EHD ポンプのアクチュエータへの次なる応用として、揺動型 EHD アクチュエータの開発を行った。EHD アクチュエータは、ロアデッキに内蔵した双方向 EHD ポンプにより稼働部へ流体を圧送し、稼働部がアッパーデッキを押すことで回転軸を中心とした揺動運動を行う構造である。さらに、この応用として、揺動型 EHD アクチュエータを1つの関節とし、このアクチュエータを Fig.7(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の開発が可能であると考えた。

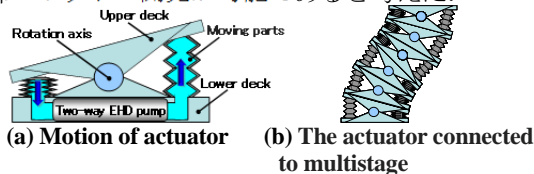


Fig.7 Swing motion type EHD actuator

設計した揺動型 EHD アクチュエータの構造を Fig.8 に示す。各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、稼働部（ニトリルゴム製の蛇腹）により構成した。製作した小型及び大型のアクチュエータを Fig.9 に示す。小型の寸法は 60×50×45[mm]・質量 120[g]、大型の寸法は 80×50×45[mm]・質量 190[g]である。また、Fig.2 で示した電極構造を小型では 15 段、大型では 20 段直列に配置しており、小型では最大圧力約 60[kPa]・最大流量約 5.5[mL/s]、大型ではそれぞれ約 50[kPa]・約 6.5[mL/s]を双方向で吐出することが可能な性能となった。

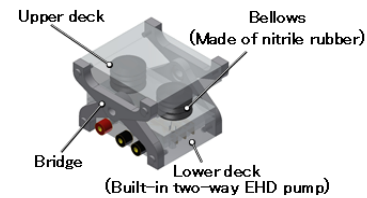


Fig.8 Structure of designed actuator



Fig.9 The fabricated swing motion type EHD actuator

そこで、これらの揺動型 EHD アクチュエータを各 3 組製作し、6 段接続した多関節ロボットを製作した (Fig.11(a)). 寸法は 80×50×230[mm]である。実際に動作させたところ、象の鼻のように滑らかな揺動運動を行い、左右対称の動作が確認でき、その時の揺動角度は約 25[deg]であった。また、Fig.11(b)に示すように、EHD ポンプを内蔵したことで、外部にポンプや配管を必要とせず、配線のみで動作が可能である。さらに、各アクチュエータに EHD ポンプが内蔵されているため、それぞれのアクチュエータを別々に制御し、動作させることも可能な多関節ロボットが製作できた。

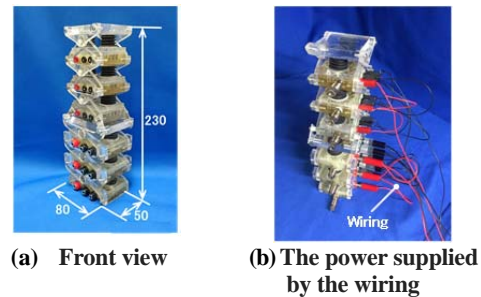


Fig.11 The actuator connected to multistage

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の可能性を示すことができ、システム全体が小型なアクチュエータとしての応用が期待できる。

参考文献

- 1) 寺阪澄孝, 三井和幸: EHD 現象を応用した揺動運動型アクチュエータの開発, 日本フルードパワーシステム学会論文集, Vol. 42, No. 5, pp. 95-100 (2011)
- 2) 佐藤直紀, 三井和幸他: EHD ポンプを駆動源とした人工筋の開発に関する基礎的研究, 平成 29 年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集, pp. 34-36 (2017)
- 3) 長瀬広明, 三井和幸他: 揺動型 EHD アクチュエータの多関節ロボットへの応用に関する基礎的研究, 平成 27 年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集, pp. 11-13 (2015)