

機能性流体 ECF を用いたマイクロ液圧源とその応用

金 俊完*, 吉田和弘*

Micro Hydraulic Pressure Source by Electro-conjugate Fluid and Its Application

Joon-wan KIM*, Kazuhiro YOSHIDA*

This paper proposes an electro-conjugate fluid (ECF) micropump whose pumping sources are mounted on the inside of fluidic channels. ECF is a kind of functional and dielectric fluid. A strong and active jet flow of ECF is generated between electrodes surrounded by ECF, when high DC voltage is applied to the electrodes. To combine easy fabrication and high performance, we propose a novel ECF micropump that consists of triangular prism electrode and a slit electrode (TPSE). MEMS-based TPSE is successfully fabricated. The result shows that the ECF micropump can be a good candidate as a driving source for soft microactuators. The paper also proposes a novel fluid-powered finger to integrate ECF micropumps as a micro hydraulic pressure source with the hybrid 3D printing as the fabrication method to form the unibody-like finger. Two integrated ECF micropumps control two bellows-like joints respectively through fluidic channels built in the finger to realize the compliant motion with 2 DOFs (degree-of-freedom). Instead of the traditional CNC machining, molding and multiple manual assemblies, the 3D printing technology of hybrid-material (hard and soft material) is utilized to fabricate our hybrid finger. The hybrid finger with ECF micropumps was successfully realized and the driving experiments validated the feasibility of our concept.

Key Words : ERF (electro-rheological fluid), Functional fluids, Actuator, Microrobotics, Alternating pressure

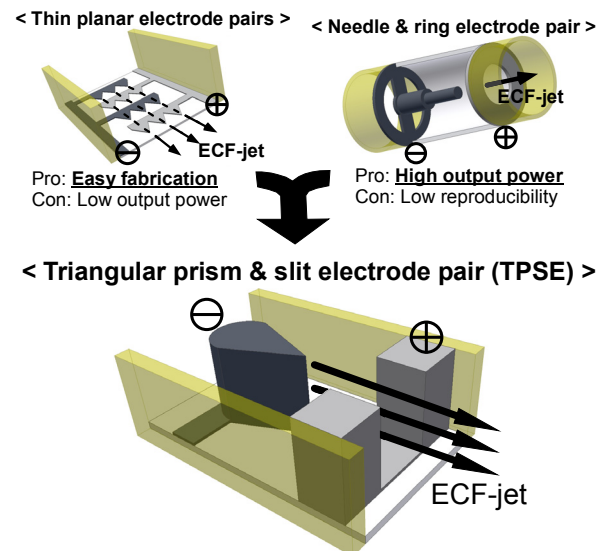
1. まえがき

本研究室では、マイクロ液圧の可能性を探っている。その手段としては、不均一な電界を印加すると著しいジェット流 (ECF ジェット) を生じる ECF (Electro-Conjugate Fluid, 電界共役流体) などのように、外部刺激により特有の機能性を発現する機能性流体による圧力を利用している。このような機能性流体を応用することで、電磁形などの従来のアクチュエータでは実現が困難であった、液圧源のマイクロ化、高機能なマイクロアクチュエータおよびマイクロセンサの開発を行うとともに、それらの応用を図っている。

2. ECF マイクロポンプ¹⁾²⁾

不均一な電界を ECF に印加し、ECF ジェットを発生させる電極対を用いて、小形化により出力パワー密度の向上が期待できる ECF マイクロポンプユニットを提案、開発している。この ECF ジェットは ECF 電極対の形状によって大きく左右される。のこ歯形電極対は MEMS 技術で製作が容易な平面形状であるが、その吐出圧力は低い。一方、針ーリング形電極対は、吐出圧力は高いが、MEMS 加工が難しい 3 次元構造である。MEMS 加工と高吐出圧力を両立するために、針ーリング形に近い形状で、高アス

ペクト比をもつ三角柱ースリット形電極対 (図 1) を提案した。三角柱ースリット形電極対 (TPSE) は平面形状をその平面に垂直な方向に伸ばした構造であるため、MEMS 加工が可能である。また、針ーリング形電極対のように急峻な電界勾配を有するため、高出力が期待できる。



1. High performance: 3D structure like Needle & ring
2. Photolithography forming: Column-like structure

Fig.1 Comparisons of electrode shapes for ECF jetting

* 東京工業大学 科学技術創成研究院 未来産業技術研究所
(〒226 - 8503 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259-J3-12)
(E-mail: woodjoon@pi.titech.ac.jp)

* Tokyo Institute of Technology

三角柱ースリット形電極対の寸法は、スリット電極のスリット幅 0.2 mm, 三角柱電極の先端角度 30°, 電極間隔 0.2 mm, 電極高さ 0.5 mm である。提案す

る TPSE は、1)高アスペクト比、2)三角柱先端の鋭さ、および 3)絶対高さを必要とするため、汎用のシリコン MEMS 技術では実現が難しい。そこで本研究室では、厚膜レジストによる鋳型製作と電解メッキ技術による電鍍を融合させた MEMS プロセスを提案、開発し、図 2 のようにデバイスの試作に成功している。開発した MEMS プロセスにより TPSE を 5 対並列、10 対直列に配置した平面形 ECF マイクロポンプを試作した。ECF として FF-101EHA2 を用い特性実験を行った結果、印加電圧 4 kV のとき、最大吐出圧力 78 kPa (1 対あたり 7.8 kPa) を実現している。TPSE は高密度な集積化が可能であるため、パワー密度の点で高出力化が期待できる。

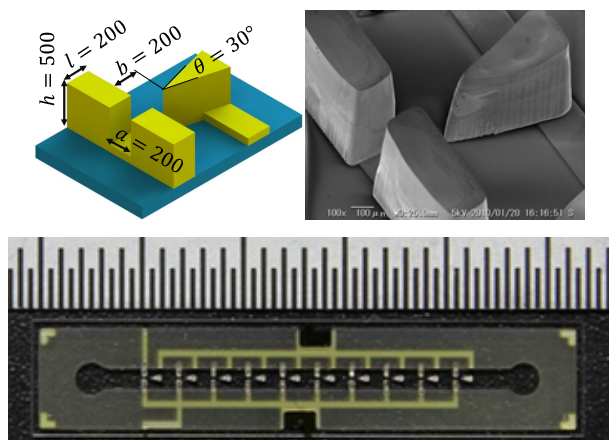


Fig.2 Fabricated ECF micro pump

3. ハイブリッド 3D プリンタによる ミニサイズ ECF フィンガ³⁾

ECF マイクロ液圧源を内蔵した新たなフィンガを提案している。この ECF フィンガは、図 3 のように、柔軟な材料の蛇腹構造体によるジョイント（2 個）と ECF マイクロ液圧源（2 個）を内蔵したフィンガボディで構成されている。ECF マイクロ液圧源で蛇腹構造のジョイントを加圧することで蛇腹が伸び、フィンガの関節が屈曲するメカニズムで動作する。

本研究では、Stratasys 社のハイブリッド 3D プリンタ技術を導入することで、製作と同時に組立てができる新たな方法を提案している。MEMS 技術で製作した ECF マイクロ液圧源チップをハイブリッド 3D プリンタで製作したフィンガボディと一体化することで図 3 のようなミニサイズ ECF フィンガが実現できた。

図 4 のように ECF マイクロ液圧源に 0.9 kV の電圧を印加することで ECF フィンガのジョイントが変形し、X 方向に 11.4 mm、Y 方向に 5.2 mm の変位を得た。ハイブリッド 3D プリンタによる ECF フィンガ特性を明らかにすることで有効性を示している。

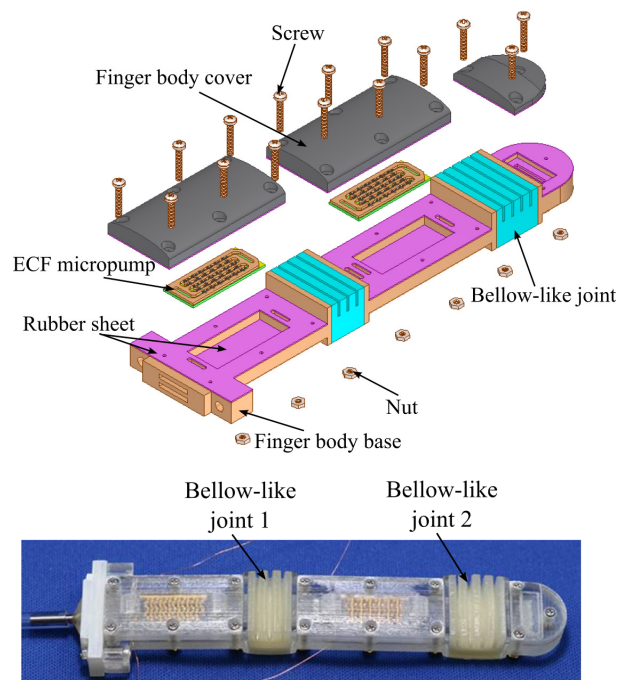
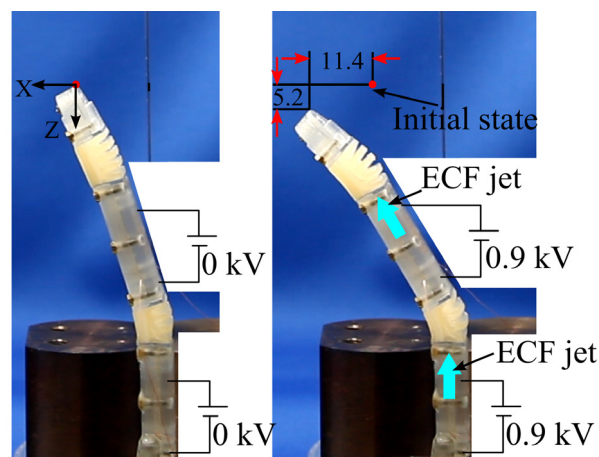


Fig.3 Finger with two integrated ECF micro pumps



(c-1) Initial state (c-2) ECF micro pump 1 and 2 applied voltage of 0.9kV

Fig.4 Finger's movement by ECF micro pump 1 and 2

4. あとがき

本研究室の ECF ジェットを用いたマイクロ液圧源とその応用として ECF フィンガを紹介した。

参考文献

- 1) J.-w. Kim, T. Suzuki, S. Yokota, K. Edamura, Sensors and Actuators A, **174** 155/161 (2012).
- 2) J.-w. Kim, T. Nguyen, K. Edamura, S. Yokota, Int'l. J. of Automation Technology, **10** 470/478 (2016).
- 3) D. Han, H. Gu, J.-w. Kim, S. Yokota, Sensors and Actuators A, **257** 47/57 (2017).