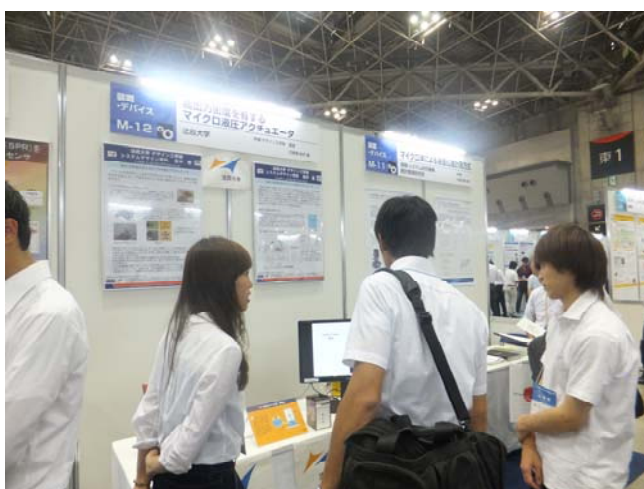
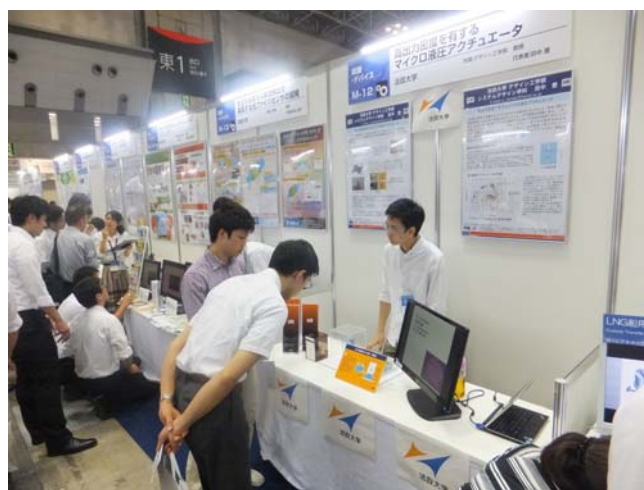
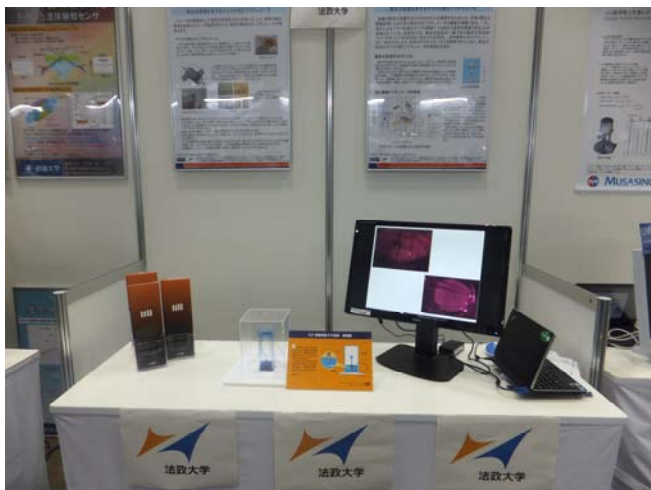


イノベーションジャパン 2014 (東京ビッグサイト)



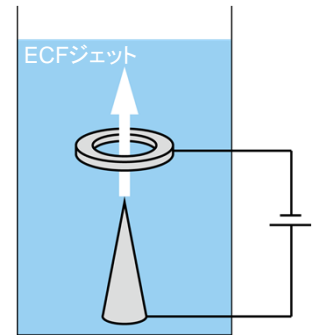
高出力密度を有するマイクロ液圧アクチュエータ

医療分野等で活躍するマイクロロボットを実現するためには、従来と異なる駆動原理による小形で高出力なアクチュエータの開発が課題である。一方、液圧によるパワー伝達はマイクロ環境下でも高出力密度を実現できることが指摘されている。本研究では、機能性流体の一種である電界共役流体 (ECF) を使った小形液圧源の高出力化を達成し、流体駆動小形アクチュエータと一体化することで、従来のアクチュエータでは実現できていない、高出力密度のマイクロ液圧アクチュエータの実現を目指す。

電界共役流体 (ECF) とは

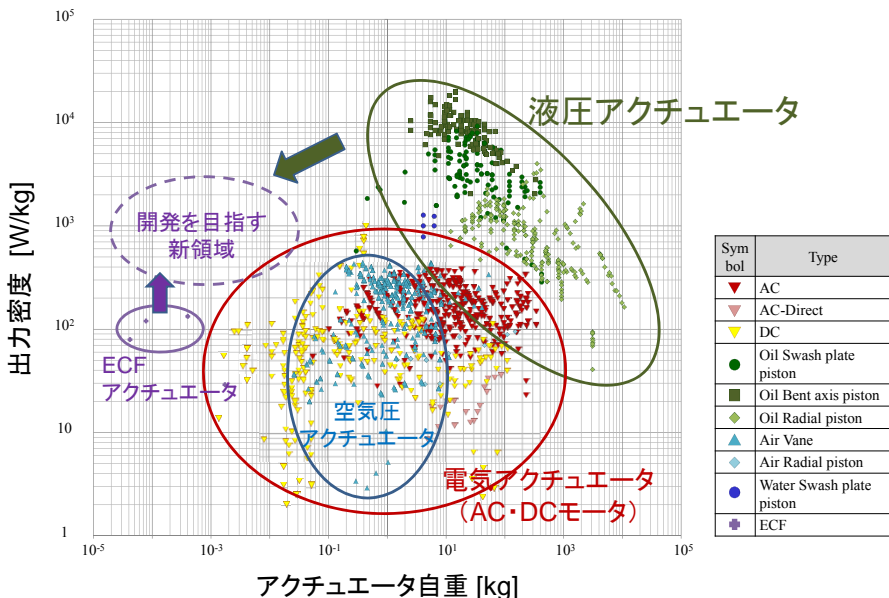
電界共役流体 (Electro-Conjugate Fluid : ECF) は、電極間に直流高電圧を印加するだけで電極間に活発な流動現象 (ECF ジェット) が生じる機能性流体の一種である。

右図のように ECF で満たされた容器内に針状の正電極とリング状負電極を配置し、この電極間に直流電圧を印加すると、ECF 中の不均一な電界により、電極間に強いジェット流が生じる。機械的可動部を必要としない簡易な構造で、電気-流体パワー変換素子を実現することができる。



ECF 流動現象

液圧駆動アクチュエータの特長



液圧駆動アクチュエータは、大形化とともに出力密度が小さくなる。しかし液圧駆動アクチュエータは、電気駆動アクチュエータに比べ、出力密度は一桁以上も大きい。また共同研究を行っている別の研究グループの ECF アクチュエータ (東工大・横田ら) のこれまでの試作成果は、従来の領域から大きく離れた領域に分類される。

開発目標としている小形液圧駆動アクチュエータは、構造上、より一層の小形化が実現できれば、従来より、大きな出力密度を達成できる可能性がある。

アクチュエータの質量と出力密度の関係

本研究は下記の補助金の支援を受けて実施されました。



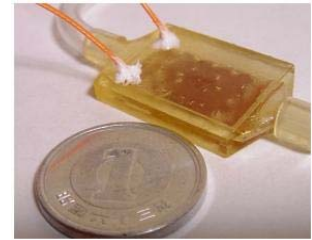
科学研究費 基盤研究 (C) 22560256 「機能性流体を用いたマイクロ流体/パワー素子の研究」(日本学術振興会 2010~2013年)
 研究成果最適展開支援事業 (A-STEP) 「高出力密度を有するマイクロ液圧アクチュエータの開発」(科学技術振興機構 2013年)
 私立大学戦略的研究基盤形成支援事業「グリーンテクノロジーを支える次世代エネルギー変換システム」(文部科学省 2013~2017年)

高出力密度を有するマイクロ液圧アクチュエータ

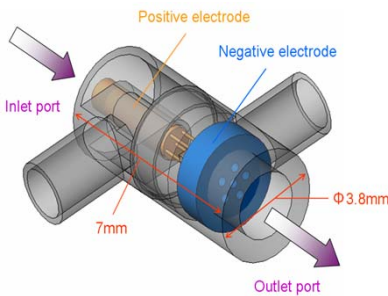
パワーの伝達媒体として電界共役流体 (ECF) を用いることで、複雑な構成部品を必要としない、可動部を持たない単純な構造のポンプモジュールが実現できる。

マイクロ液圧ポンプモジュール

25対の櫛状電極 (電極間隔200 μm 、電極幅100 μm) をフィルム基板上に製作し、ECFの満たされた薄型容器内に配置することで、全長20 mm、全幅11 mm、厚さ3 mmの平面形ECFポンプ (最大吐出圧力: 2.6 kPa、無負荷最大吐出流量: 613 mm^3/s) を実現した。



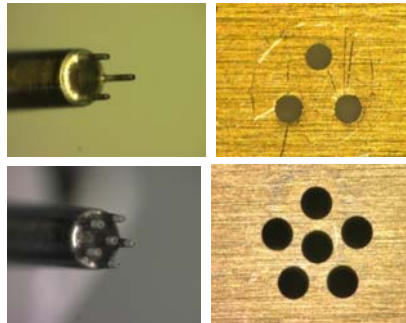
平面形ECFポンプ



小形高出力化をねらい、マイクロ放電加工により電極形状をピン状に工夫した指先大の円筒形ECFポンプ (質量: 5g、最大吐出圧力: 6.1kPa、無負荷最大吐出流量: 172 mm^3/s) を試作し、その特性評価を行った。電極形状や配置はポンプ性能に大きな影響をおよぼすことが明らかとなった。



指先大の円筒形ECFポンプ



電極形状

1 mm細線の先端に加工されたピン状正電極 ($\phi 100 \mu\text{m}$) と、穴の配置を対応させた負電極 ($\phi 300 \mu\text{m}$)

- 電極間隔は狭いほど出力は大きいですが、あまり狭いと放電しやすく、限界電極間隔は0.2 mmである。
- 正負電極の寸法は、針状正電極の径0.1 mmに対して、リング穴径0.3mmの対応が最も高出力である。
- 正電極の針と負電極のリング穴は同じ形状で、できるだけ同軸上に配置される方が良い。これは電極の数が複数でも同様である。
- 針状正電極の電極エッジ長さ (電極の周囲長さ) は、長いほど高出力である。
- 針状正電極の突起高さは出力圧力に影響しない。従って小形化には、突起高さはできるだけ小さくすることが望ましい。
- リング状負電極の板厚が薄いと大きな出力圧が得られず、厚すぎても出力圧は小さくなる。針状正電極の径0.1mm、リング穴径0.3mmの場合、リング状負電極の板厚は0.3mmが最も高出力である。
- 正電極をタングステン、負電極を黄銅で製作した電極対から大きな出力が得られる。

本研究は下記の補助金の支援を受けて実施されました。