

## 学位論文審査の結果の要旨

報告番号	先端科学技術 第 189 号	氏名	武井 裕輔
論文題目	EHD ポンプの高流量化に基づく新たな流体駆動源の開発とそのロボット駆動機構への応用に関する研究		
論文審査委員会	委員 (主査) D○合	三井 和幸	教授 (先端技術創成専攻)
	委員 (副査) D○合	大西 謙吾	教授 (先端技術創成専攻)
	委員 (副査) D○合	住倉 博仁	准教授 (先端技術創成専攻)
	委員 (副査) D○合	桑名 健太	准教授 (先端技術創成専攻)

### 研究の背景

産業界ではヒトとの協調作業を行うロボット、また、多品種少量生産化が進むことから工場等では形状や硬さ等が異なる対象物の把持や搬送を行う機器やロボット、さらにはバイオミメティクスの導入など、あらゆる分野で従来のロボットとは異なり柔らかな動きが可能なソフトロボットおよびそれらに搭載されるソフトアクチュエータへの注目度が高まっている。しかし、その実現のために電磁モータを使用した場合には、本来コンプライアンス性をモータは有していないため、各種センサを使用した複雑な制御が必要となってしまう。これに対して、アクチュエータ自身がコンプライアンス性を有する空気圧アクチュエータの使用が有力視されてはいるが、これを駆動するためにはコンプレッサなどの外部の駆動源が必要となるばかりではなく、吐出する圧力の制御のために電磁弁などの外部機器が必要となり、システムとして大型化するばかりか振動や騒音の問題も大きい。そのため、これらの問題点を解決する新たなアクチュエータの開発が望まれている。

### 研究の目的

上記の従来のソフトアクチュエータの問題点に対して、著者は機能性流体に注目し、その中でも機械的駆動部を有さず流体中に配置した電極により印加する電界のみで流体に流動を発生させることが可能な EHD 現象を応用した EHD ポンプを駆動源とする新たな人工筋を開発し、ロボット駆動機構への応用を本研究の目的としている。

### 研究の内容

EHD (Electro Hydro Dynamics : 電気流体力学) 現象とは、絶縁性流体中に配置した電極から絶縁性流体に電界を印加することでその流体に流動を発生させる現象である。先行研究により、平板電極とそれに対して傾斜状に配置した電極構成が強い EHD 現象による流動を生じさせることができ、それを搭載することで電極のみで機械的駆動部や外部駆動源が不要な EHD ポンプと名付けた新たな電子制御型小型ポンプが開発された。この EHD ポンプは機械的駆動部を有していないことから振動や騒音の発生や、熱の発生が少な

い従来には無いポンプと言える。しかし、この EHD ポンプは高い圧力の吐出は可能であるが、流量が少なく、アクチュエータとして使用する場合には、稼働速度が遅いという欠点を有していた。これに対して著者は、電極構成に着目し、電磁界解析を行い、高流量の発生が可能な電極構成の条件式を導き、その結果に基づく高流量型 EHD ポンプの設計・開発を行っている。そして、この高流量型 EHD ポンプを駆動源とすることで、ソフトアクチュエータとして従来から利用されている McKibben 型人工筋の基本的な問題点である駆動圧力の高さと、発揮する収縮力の算出の難しさを解決する人工筋である EHD 人工筋と名付けたあらたな構造の人工筋を開発し、その特性評価を行っている。この成果は、

[1] 武井裕輔，寺阪澄孝，下大川丈晴，三井和幸，EHD ポンプを駆動源とした人工筋システムの開発，日本フルードパワーシステム学会誌，Vol.53，No.2，pp.28-35（2022）としてまとめられている。

さらに、この EHD 人工筋をソフトロボットの駆動機構への応用の実証例として、EHD 人工筋と EHD ポンプを搭載した魚型ロボットの尾ひれ駆動機構を開発し、振動や騒音もない実際の魚のような柔らかい動きが可能なロボット駆動機構を実現している。

以上、本論文において著者が検討して得た結論に記された事柄は、新たなソフトアクチュエータの開発を、リアルマシンとして従来応用の試みが少ない EHD 現象を応用し、電磁界解析からその性能向上実現のための電極構成の条件式を導き、さらには実際のロボット駆動機構への応用を実現するなど、ロボット分野のみならず、アクチュエータ分野への貢献が認められる点で極めて有用であると判断できることから、本論文の価値は工学的、工業的な観点からも十分に評価できる。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値を有するものと認められる。