

論文要旨

2024 年 1 月 11 日

※報告番号	甲第 3 4 8 号	氏 名	桑島 悠
主論文題名 流体駆動ソフトデバイスの構築に向けたセンシング機能を有する電気流体力学ポンプ Electrohydrodynamic Pumps with Sensing for Soft Fluidic Devices			
内容の要旨 次世代の流体駆動ソフトデバイスにとって機能と小型化を両立することが重要である。ソフトデバイスの持つ柔軟性、安全性、適応性は、多くの研究者から注目を集めている。特に、汎用性、堅牢性、製造の容易さの観点から、流体駆動システムが広く採用されている。ヒューマンアシスト、物体操作、ウェアラブル熱輸送向けの流体駆動ソフトデバイスが提案されている。流体駆動ソフトデバイスにおいて、ポンプは流体の供給源として中心的な機能を果たしている。しかし、従来の機械式ポンプはインペラ、ベアリング、モータ等から構成され、その嵩張りと硬質さに加えて、動作時に発生する騒音は、システムに多くの制約を与える。加えて、近年はセンサを組み込むことでその多機能化が進んでおり、更なる肥大化、重量化が懸念される。 近年、Electrohydrodynamic (EHD) ポンプがその静音さと高出力密度から注目を集めている。EHD ポンプは主に電極、絶縁液体、流路から構成されており、柔軟な材料を用いた製作が可能である。EHD ポンプでは高電界下において電極から絶縁性液体へイオンが注入される。そのイオンが電界に沿って移動し、中性分子を駆動することで流れが生成される。本研究では、EHD ポンプの研究領域を従来のポンピング性能に関する研究からさらに拡張し、センシング機能の統合に焦点を当てた。この新しいアプローチにより、流体駆動ソフトデバイスのサイズを小型に保ちながら、環境やポンピングに関する重要な情報をセンシングでき、フィードバック制御やシステムの信頼性の向上を可能となる。 本研究では、作動流体の流れを検知できる EHD ポンプの可能性を模索し、新たに Electrochemical dual transducer (ECDT) を提案した。電流と外部から流入する流量の関係性を実験的・理論的に調査し、センシングの物理モデル構築し、その機序を解明した。ECDT の電流はオームの法則に従う導電電流とイオンの拡散による拡散電流の和で示され、拡散電流は流量の $1/3$ 乗に比例することが明らかになった。加えて、検出可能な流量の範囲、感度係数、緩和時間、応答速度を調査した。ECDT では、センシングのために追加の部品は必要無く、システムのコンパクトさは保たれる。ECDT を活用して開発された吸盤は対象物との接触を検知することができ、接触をトリガーとした物体把持が可能であることが分かった。			

※印欄記入不要

論 文 要 旨

2024 年 1 月 11 日

※ 報告番号	第	号	氏 名	桑島 悠
内容の要旨 また、本研究ではウェアラブル熱制御のための自己検知機能を備えたポケットに入るスマートな EHD ポンプ (PSEP) を提案した。従来の液体冷却ウェアラブルの制約を克服し、寸法 $10 \times 2 \times 1.05\text{cm}$、重量 10g の PSEP は、シャツのポケットに収まるほど十分に小型であり、熱制御を可能にする。本研究の重要な貢献は、EHD ポンプにおける自己流量の検知に関する理論モデルの定式化と検証である。本研究では、モデルをさらに拡張しており、電流の差分を用いた新しいモデルを確立した。この新しいモデルでは電流の不安定性を解消し、自己流量の検知を可能にした。PSEP は最大 3°C の温度変化を実現し、個人の快適性を大幅に向上させた。さらに、開発したシステムは、ワイヤレス制御とモニタリングのための直感的なスマートフォン対応インターフェースを備えており、ユーザの利便性を向上させている。さらに、自己検知により流れの詰まりを検知してユーザに通知する機能により、効率的で長期的な運転が保証される。これらの機能は日常生活における個人の快適性を高める有望な手段となる。 本研究は EHD ポンプに流量のセンシング機能を統合することで、流体駆動ソフトデバイスのサイズを大型化、重量化せずに、物体との接触検知や閉塞検知を可能にした。本研究では、過去の研究で確立した圧力を最大化する設計とデジタルな製作手法に基づいて EHD ポンプを開発した。センシングのための特別な設計や部品の追加を行わずに、EHD ポンプの電流からセンシングを可能にした。これにより、ポンピング性能を阻害せずに EHD ポンプのコンパクトさが保たれる。流量のセンシングは拡散電流に基づいており、理論と実験で検証された。電流差分を用いることで電流の不安定性が排除され、より実践的なセンシングが可能になった。これらの技術的進歩は、機能と小型化を同時に実現する流体駆動ソフトデバイスの新たな道を切り開く。				

※印欄記入不要