

氏名	松岡 大樹
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博甲第5347号
学位授与の日付	平成28年 3月25日
学位授与の要件	自然科学研究科 産業創成工学専攻 (学位規則第5条第1項該当)
学位論文の題目	気液相変化駆動アクチュエータに関する研究
論文審査委員	准教授 神田 岳文 教授 五福 明夫 教授 山崎 謙治 教授 渡邊 桂吾

学位論文内容の要旨

エアシリンダのように、空気圧により駆動されるアクチュエータは他のアクチュエータと比較して高い発生力/重量比を持っており、構造が単純で高い信頼性をもつことから産業界で盛んに使用されている。また、近年ではパワーアシストやリハビリ装置への応用を想定した空気圧人工筋肉にも注目が集まっている。その一方で、これらの駆動にはポンプやコンプレッサといった圧力源の他、配管やバルブなど多くの周辺機器が必要であり、少数のアクチュエータを使用するだけでもそのシステム全体が大型化するという問題を抱えている。

このような問題を解決するため空気圧アクチュエータ用の小型圧力源は様々に検討されており、小型・高効率な電動コンプレッサやポンプ、化学反応によるガスの放出や圧縮気体の性質を利用したものなどがある。本研究では、作動流体が液体と気体の間を変化する際に生じる体積変化を利用した新たな圧力源を提案する。この気液相変化に伴って発生する体積変化は極めて大きいため、作動流体の量はわずかでよい。さらに気液相変化は熱エネルギーにより励起されるため、装置は簡便である。そのため、アクチュエータシステムの大幅な小型化が期待できる。

本研究では、まず気液相変化型の圧力源について基本的な検討を行った。気液相変化に関する理論値な考察を行い、圧力源として有用であるとの結論を得た。さらに、圧力源自体をアクチュエータに組み込むことが可能であると考え、水を作動流体として筐体となるエアシリンダを駆動するアクチュエータのプロトタイプを製作した。静特性計測実験としてアクチュエータを炉内に静置し、雰囲気温度で加熱することにより、アクチュエータの動作と作動流体の飽和蒸気圧の関係を明らかにした。さらに、高温雰囲気下においてアクチュエータに取り付けたヒータに通電することで、アクチュエータの駆動を確認した。これらの実験の結果、気液相変化型圧力源を組込んだアクチュエータの可能性を示した。

気液相変化型アクチュエータの応用を想定し、これまでにない特殊な環境での使用を想定したプロトタイプを試作した。本プロトタイプはトリエチレングリコールを作動流体とし、ベローズを伸長させることで高温環境用への対応を目指しており、300℃の温度環境下において安定した直動運動を実現した。高温環境で駆動可能な直動形アクチュエータには、炉内での試料操作などに需要がある。

さらに、新しいアクチュエータに本圧力源を組み込むことで新たな分野へのアクチュエータ応用の可能性を示した。シリコンゴムのみで構成されるソフトアクチュエータを試作し、フッ素系不活性流体とカートリッジヒータを用いてその駆動が可能であることを確認した。ソフトアクチュエータはその柔軟性から人と近い場所での作業や、壊れやすい試料のハンドリングデバイスとして近年注目が集まっている。

本研究で試作したいずれのアクチュエータも、駆動に必要なものは電源装置のみであり、システム全体が極めて小型である。本研究の成果は、十分なスペースが取れない小規模な装置内での空気圧アクチュエータシステムの使用が可能になる他、ウェアラブルデバイスや移動ロボットといった機器において高い出力/重量比を活かしたアプリケーション開発への貢献が期待できる。

論文審査結果の要旨

本研究では、気体の圧力により駆動するアクチュエータの圧力源として、気液相変化の原理を用いることを提案している。この原理に基づく駆動方式を用いることにより、圧力源、さらにアクチュエータ駆動システムを小型化することが可能となる。また、作動流体によってはアクチュエータを高温環境で利用することが可能となる。

はじめに、気体の圧力を用いるアクチュエータの駆動源の現状に関して調査を行った結果を示し、小型圧力源の必要性について論じた。続いて、気液相変化駆動について理論的な検討を行った。この結果に基づき、機能検証モデルの試作を行い、作動流体として水を利用した実験によって、提案した駆動方式の有効性を示した。また、気液相変化駆動に用いる流体について検討を行い、使用する作動流体によるアクチュエータの特性の違いを実験的に検証するとともに、作動流体によっては高温環境においても駆動可能であることを実験的に示した。さらに、ゴムによって構成されたソフトアクチュエータに対して気液相変化駆動を適用し、この駆動方式が有効であることを示した。

以上から、気液相変化の原理によりアクチュエータを駆動することが可能であり、この駆動方式がアクチュエータ駆動システムの小型化に有効であることを示した。

本学位審査委員会は、学位論文の内容ならびに参考論文等を総合的に判断し、博士（工学）の学位に値するものと判断する。