

氏名	西岡 靖貴
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 4263 号
学位授与の日付	平成 23 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	共振駆動バルブの開発と多自由度空気圧システムへの適用
論文審査委員	教授 鈴森康一 教授 則次俊郎 教授 五福明夫 准教授 神田岳文

学位論文内容の要旨

近年ロボット開発において、電磁気、圧電、油空圧など多種多様なアクチュエータが盛んに開発されている。またヒューマノイドやアシストスーツを初め、自由度が高く複雑なシステムが多くなっている。アクチュエータはこのような多自由度で構成されるシステムにおける構成要素であり、高出力や小型・軽量などそれぞれの用途に向けて機能の向上が求められている。

本論では空気圧アクチュエータに着目し、多自由度空気圧システム全体の小型化に関する新しい制御方法について述べる。空気圧アクチュエータは軽量、安価であることから産業分野における生産ライン上のロボットに多く用いられている。加えて、高いコンプライアンス性を持っていることからハプティックインターフェイスやリハビリテーションツールなどへも用いられている。

この様に様々な分野で用いられているが、空気圧システムにはシステム全体が大型になりがちという問題点がある。エネルギー源であるコンプレッサは、その容量や圧縮機の大きさが出力に、依存するため、電池のように携帯性は高くなく、アクチュエータ本体への搭載には現状不向きなものが多い。また、空気圧の入出力に関する制御を行う空気圧バルブは電磁石を用いたものが主流であり、1ポートにつき制御配線が最低2本必要となる。さらに空気圧供給配管も同様に必要となり、産業用ロボットをはじめ、複数用いられることが多い空気圧システムではその複雑さがより顕著に問題となっている。

本研究では、このような空気圧システム全体の小型化を目的とした空気疎密波重畳駆動システムを提案している。本システムでは空気供給配管中を伝播する空気振動によって駆動する、本システム専用の共振駆動型バルブを用いる。共振駆動型バルブには空気振動を機械振動に変換し、系の固有振動数を選択することで空気の開閉を行う機構が設計されている。固有振動数の異なる共振駆動型バルブを、その振動数を持った疎密波を伝送することで、制御配線を用いず供給配管のみで、独立制御することが可能となる。本システムを用いることで、従来のシステムにおける制御用バルブからの配線が省略され、シリアルに接続された供給配管のみで空気圧システム全体を構築でき、大幅なシステム全体の小型化につながる。本論では大きく分けて、検証用共振駆動型バルブを用いた実験による空気疎密波重畳駆動システムの制御原理の確認、小型共振駆動型バルブの開発とそれを用いた多自由度を持つ複数のアクチュエータ郡の制御実験、音響効果を用いた疎密波重畳駆動システムの開発などを実施した。共振駆動バルブの開発より本システムを用いた4個の空気圧シリンドラの独立制御に成功し、疎密波重畳駆動制御方式の有効性を示した。また、音響共振駆動システムの構築により、小型・多自由度化への展望を示した。

論文審査結果の要旨

空気圧アクチュエータは、軽量、安価、高コンプライアンスといった特徴を有し、古くから生産ラインをはじめとする産業界で幅広く使用され、また近年はリハビリテーションツール等、人間と接する機器においても幅広く使われはじめている。このようなシステムでは、空気圧アクチュエータが単独で使用されるのはまれで、数個から数10個の空気圧アクチュエータが一つのシステムに使われることが多い。この場合、アクチュエータごとに電磁バルブが備え付けられ、空気圧の供給管からの空気を個別に切り替える方法がとられるため、コントローラから電磁弁までの電気信号ラインと、空気供給管から電磁弁への空気チューブ、ならびに電磁弁からアクチュエータへの空気チューブが必要となり、システムが複雑になる。

このような状況を踏まえて、本研究は、空気供給管内の空気に振動を加え、この振動によって各アクチュエータを個別に駆動する新しい制御方法を提案し、その可能性を理論と実験の両面から実証したものである。これにより、複数のアクチュエータを空気供給管に接続するだけで、他の電気配線や空気チューブを一切不要にする新しい空気圧アクチュエータシステムの実現が可能になる。

本論文では、まず、計算機シミュレーションによりこのようなシステムの実現可能性を示した。次に、特定の周波数によって生ずる弁体の共振を利用したバルブを数種類考案し、試作、実験評価を通じてその設計手法を具体的に示した。次に振動の印加方法について検討を行い、複数周波数を重畳する方法、時分割で周波数を切り替える方法、高周波振動による音圧を弁体の共振周波数に合わせて加える方法、の3つの方法について、実験を行い、それぞれの特徴を明確にした。

これらの成果を踏まえて、1本の空気圧供給管に4つの空気圧シリンダを取り付けたシステムを対象に実験を行い、それぞれの空気圧シリンダを独立に制御できることを実証した。

このように、本研究は、これまでにない新しい空気圧制御システムの構成を提案し、その可能性を実証したものであり、その成果はこれまでの空気圧制御システムの構成法を大きく変える可能性をもっている。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。