

氏名	高 岩 昌 弘
授与した学位	博 士
専攻分野の名称	工 学
学位授与番号	博乙第3219号
学位授与の日付	平成10年3月25日
学位授与の要件	博士の学位論文提出者 (学位規則第4条第2項該当)
学位論文題目	外乱オブザーバの導入による空気圧駆動システムの制御性能向上に関する研究
論文審査委員	教授 則次 俊郎 教授 大崎 紘一 教授 井上 昭 教授 鷲尾 誠一 教授 田中 豊

学位論文内容の要旨

近年のメカトロニクス技術の高度化に伴い、空気圧アクチュエータにもより高度な作業への応用が期待されている。本論文では、種々の空気圧駆動システムに対してモーションコントロールを実行し、その制御性能の向上をとおして空気圧駆動システムの実用化を促進する。

第1章では、ロバストなモーションコントロールを行うには制御対象を変動のないモデルに固定することが要求され、空気圧系では圧力制御系の構成が不可欠であることを示す。またその実現手法として外乱オブザーバが効果的に機能することを述べる。第2章では、空気圧アクチュエータの理論モデルを導出した後、外乱オブザーバを用いた制御系に改良を加えて高機能化する。第3章では、長ストロークの空気圧シリンダによる高速・高精度な任意点位置決め制御を行う。また、圧力制御を主体とする位置制御系を新たに構成する。第4章では、位置制御系自体の弾性特性をばめ合い動作における位置決め誤差の吸収機能として利用するため、第3章で用いた長ストローク空気圧シリンダを対象物の搬送・挿入作業へ応用する。第5章では、空気式パラレルマニピュレータに対して、位置制御系およびインピーダンス制御系を構成し、その制御性能の向上をはかる。第6章では、パラレルマニピュレータにおいてセンサを使用しない外力/モーメント検出法を提案する。第7章では、圧力制御系の構成は、空気圧アクチュエータのロバスト制御を達成するだけの要素技術に留まらず、圧縮性という空気固有の特徴の影響を調整できる可能性があることから、空気圧駆動システムをより高度な作業へ応用する際の主要な制御技術となりうることを述べて結論とする。

論文審査結果の要旨

空気圧アクチュエータは、産業界において自動化設備を支える主要な自動機器として多用されているが、その使用形態はアクチュエータ自体のパッシブな特性を利用した単純な on-off 動作によるものがほとんどである。近年のメカトロニクス技術の高度化は、空気圧アクチュエータにもより複雑かつ多様な動作を要求し、制御性能の向上は不可欠である。本論文は、種々の空気圧駆動システムにおけるモーションコントロールに対して、外乱オブザーバを効果的に活用することで制御性能を向上させ、空気圧駆動システムの実用化を促進することを目的としている。

第 1 章では、空気圧アクチュエータの特徴である空気の圧縮性が、制御性能に及ぼす影響について整理し、制御系のロバスト性を向上させるには圧力の制御が不可欠であり、外乱オブザーバが効果的に機能することを述べている。

第 2 章では、空気圧アクチュエータの理論モデルを導出した後、外乱オブザーバを用いた制御系において、特性補償の考えを導入したロバスト性とロバスト安定性の同時改善法、ならびに、むだ時間制御法の一つであるスミス法の適用法について示している。また、力センサを使用しないインピーダンス制御系についても述べている。

第 3 章では、長ストロークの空気圧シリンダによる任意点位置決め制御を通して、対象物の高速・高精度な搬送作業の実現をはかっている。この中で、圧力制御を主体とし、外乱オブザーバを効果的に活用した位置制御系を新たに構成している。また、メータアウト駆動方式により生じる非線形な圧力応答特性に対して、記述関数法を導入した解析手法を提案している。

空気圧アクチュエータでは、位置制御系を構成した場合でも、圧縮性の影響により、一種の弾性体として機能する。第 4 章では、この特性はめ合い動作における位置決め誤差の吸収機能として利用することで、長ストローク空気圧シリンダによる、対象物の搬送・挿入作業を達成している。この中で、挿入の実現精度と弾性特性の関係が解析的に求められている。

第 5 章では、空気圧シリンダを用いたパラレルマニピュレータにおいて、関節サーボと手先サーボの 2 種類の位置制御系を、先の圧力制御を主体とする方法に基づいて構成している。また、接触作業に有効であるインピーダンス制御系において、従来通りの位置ベース型、および力ベース型に加え、制御アルゴリズムが容易な簡易位置ベース型を新たに提案し、それらの制御性能を比較・検討している。

第 6 章では、第 4 章で提案した概念の応用として、マニピュレータ自体の弾性特性を利用した、センサを使用しない外力/モーメントの検出法を提案している。

第 7 章では各章の結果をまとめている。外乱オブザーバと圧力制御系の組み合わせは、空気圧アクチュエータの位置や力の制御性能向上に有効だけでなく、圧縮性という空気固有の特徴を調整できる可能性があることから、空気圧駆動システムをより高度な作業へ応用する際の主要な制御技術となりうることを述べている。

以上の論文内容、参考論文などを総合的に審査した結果、本研究は学術上ならびに実用上の寄与が大きく、博士（工学）の学位論文に値するものと判断した。