

(様式 5)

指導教員 承認印	
-------------	--

2019 年 11 月 20 日
Year Month Day

学位（博士）論文要旨

(Doctoral thesis abstract)

論文提出者 (Ph. D. candidate)	工学府博士後期課程 機械システム工学 専攻 (major) 平成 28 年度入学(Admission year) 学籍番号 16833011 氏名 森口 肇 印 (student ID No.) (Name) (Seal)
主指導教員氏名 (Name of supervisor)	田川 泰敬
論文題目 (Title)	機械式フィードバックを用いた空気圧制御システムの開発と技術者育成への応用
論文要旨 (2000 字程度) (Abstract(400 words)) ※欧文・和文どちらでもよい。但し、和文の場合は英訳を付すこと。 (in English or in Japanese) 空気圧制御技術は、圧縮空気を動力源として機器を自動化する技術であらゆる産業の省力化、効率化に大きく貢献している。社会情勢が変化し、空気圧制御技術の需要が高まる中、長期間の使用を想定したシンプルな機構で安全性、信頼性の高い空気圧制御システムの実用化に対するニーズが高まっている。そこで本研究では、機械式フィードバックを用いた空気圧位置決め装置を提案し、この装置を実装したアプリケーションの実用化を目指す。アプリケーションとして想定しているマスタースレーブシステムに空気圧位置決め装置を組み込む場合の評価指標として、応答時間、動作速度、遠隔操作の距離、位置決め精度などが挙げられる。これらの性能を把握することによって、アプリケーション開発の可能性や解決すべき課題が明らかになると考える。また、課題解決力、応用力、開発力の高い空気圧制御技術者育成が急務となっているが、教育カリキュラムや教材の整備が進んでいないため、空気圧制御に関する職業教育が十分に行われていない。そのため、本研究で取り組む装置開発のプロセスを技術者育成に応用し、研究開発だけでなく生産技術を意識した効果的な空気圧制御技術者育成に必要な職業教育カリキュラムと教材を開発し、職業教育に展開する。本研究では、装置開発については、機械要素のみで構成する空気圧マスタースレーブシステムを組み込んだアプリケーションの実用化、装置開発プロセスの技術者育成への応用については、空気圧制御の理論と実際をリンクさせる職業教育の実現、効果的な空気圧制御技術者育成の実現と空気圧制御分野の技能伝承体制の確立を目的として	

課題解決に取り組み、我が国のものづくり技術や製造業の競争力の向上を目指す。

第1章では、空気圧制御技術の概要を示し、これまでに提案されている空気圧アクチュエータの位置決め精度向上に関する手法と空気圧制御に関する職業教育の現状を整理した上で、本研究の背景と目的を述べた。

続く第2章では、本研究のコアとなる空気圧位置決め装置のモデルを提案し、導出過程を示した。モデルの提案にあたり、構造が類似している機械式制御による油圧アクティブ制振装置のモデルをベースとして、空気圧位置決め装置への適用を試みた。提案したモデルの妥当性を検証するため、3種類のシリンダを組み込んだ空気圧位置決め装置を用いて特性確認実験を行い、シミュレーションと比較した結果、実機の応答とモデルの過渡特性、周波数特性がよく一致しており、実機の特徴がシミュレーションで再現できていることが確認できた。これらのことから、提案したモデルを用いた特性解析が空気圧位置決め装置を組み込んだ新たなアプリケーション開発に活用可能であることを示した。

第3章では、機械要素のみで構成する空気圧マスタースレーブシステムを世界で初めて提案し、それを組み込むアプリケーション開発の可能性を検討した。提案した空気圧マスタースレーブシステムの性能を明らかにするため、プロトタイプを製作した上で、2種類のシリンダについてマスタースレーブ間の配管長を変えて特性確認実験を行い、シミュレーションと比較した。また、特性確認実験結果の評価と実用化されているシステムの調査結果を踏まえ、想定したアプリケーション開発の可能性を検討し、移乗介助用パワーアシストスーツ、搬送システム、人間の能力を拡張するマスタースレーブロボットの開発が可能であることを示した。

第4章では、空気圧制御に関する教育の現状と課題を調査した上で、空気圧制御技術者が習得すべき技術要素を整理するとともに、空気圧制御に関する職業教育カリキュラムを提案した。また、提案する教育カリキュラムを効果的に展開するためにシラバスを作成し、提案した教育カリキュラムのカテゴリー「アプリケーション開発」において、受講者に知識やスキルを積み上げるプロセスを経験させることが可能で理論と実際をリンクさせる職業教育に不可欠な教材開発の必要性を論じた。

第5章では、空気圧制御システムの開発と職業教育との関連について論じた上で、職業教育を通して空気圧制御の理論と実際を有機的にリンクさせる方策を提案するとともに、第2章における空気圧位置決め装置の開発プロセスで得たノウハウを活用して教材を開発した。基礎教育で使用する指導要領、空気圧の基礎に関するテキストの作成について述べるとともに、作成した教材を用いた職業教育を試行し、教育訓練効果を検証した結果を示した。さらに、実践的な教育で使用する空気圧位置決め装置をベースとした空気圧アプリケーション開発実習教材を開発するとともに、実習を試行し、開発した教材を用いる教育訓練の有効性を受講者へのヒアリング結果により示した。

本研究では、シンプルな機構で安全性、信頼性の高い空気圧制御システム開発の可能性を高めるとともに、空気圧制御に関する新たな職業教育カリキュラムを提案し、開発した基礎教育用の教材および空気圧アプリケーション開発実習教材とあわせて職業教育に展開することにより、空気圧制御技術者の効果的な育成と技能伝承が実現可能であることを示した。

(英訳) ※和文要旨の場合(400 words)

Pneumatic control technology is indispensable for automating production processes and greatly contributes to labor saving and efficiency improvement in all industries. As the demand for pneumatic control technology increases, there is a growing need for the practical application of a high-performance pneumatic control system with a simple mechanism that is expected to be used for a long period of time and high safety and reliability. In order to promote practical application, it is essential to improve the performance of pneumatic positioning devices. In addition, although there is an urgent need to develop pneumatic control engineers with high problem-solving, apply properties, and development capabilities, the education curriculum and teaching materials are not well developed, so vocational education related to pneumatic control is not sufficiently conducted. Therefore, it is necessary to apply the device development process addressed in this research to engineer training, develop not only research and development but also vocational education curriculum and teaching materials that are conscious of production technology, and apply it to vocational education. This study, aims at solving problems practical application of pneumatic master-slave system with mechanical feedback, realization of vocational education linking the theory and practice of pneumatic control, realization of effective pneumatic control engineer training, and establishing skill transfer of pneumatic control field.

In Chapter 1, the background and purpose of this study were described.

In Chapter 2, a model of the pneumatic positioning device that is the core of this study was proposed, and the characteristic analysis using the proposed model can be used for the development of new applications incorporating the pneumatic positioning device was showed.

In Chapter 3, a pneumatic master-slave system consisting only of machine elements was proposed. Also, the possibility of developing applications that incorporate them was examined, and it is possible to develop power assist suits for transfer assistance, transport systems, and master-slave robots that expand human capabilities were showed.

In Chapter 4, after researching the current situation and issues of pneumatic control education, the technical elements to be learned by pneumatic control engineers were organized, and a vocational education curriculum related to pneumatic control was proposed.

In Chapter 5, measures to organically link the theory and practice of pneumatic control through vocational education was proposed, and teaching materials necessary for the effective implementation of the proposed educational curriculum were developed. In addition, vocational education using the developed teaching materials was tried, and the results of verifying the effects of education and training were shown.