

審 査 の 結 果 の 要 旨

論文提出者氏名 大 槻 治 明

本論文は「メカトロニクス機器サーボ機構の制御方式に関する研究」と題し、9章からなっている。

従来メカトロニクス機器のサーボ機構では、直列補償やフィードバック補償を用いつつループゲインの調整を行って帯域を広げ、サーボモータの制御系を構成する手法の適用に留まっており、設計手法としては経験的且つ試行錯誤に依存する部分が大きかった。

本論文は、種々のメカトロニクス機器のサーボ機構における誤差の発生する要因を広く分析分類して6つの制御系設計のアプローチ形態を抽出し、これらの各々の制御系構成手法を開発するとともにこれらを実際の系に適用して、それらの有効性を明らかにしたものである。

本論文の第1章は「緒言」で、サーボ機構に関する技術的背景、電気サーボ機構における誤差要因の分析と分類を体系的に行い、従来からの対応策の概要を述べ、本研究の必要性を明らかにし、かつこの論文の内容及び特徴を概説したものである。

第2章は、「サーボ機構の応答誤差の抑圧能力向上法」と題し、前章の分析分類で抽出された6課題について、①モデル化可能な負荷変動や外乱、フィードバック制御系の応答遅れ等、システムティックな性格を持つ誤差要因の影響を具体的な制御対象を前提に打ち消す手法、②外乱やパラメタ変動によってサーボ機構の動特性が影響を受け、応答誤差を発生するのを避けるための線形補償法、③非線形固定パラメタ方式の手法であるスライディングモード制御を定速動作を行うデジタルサーボ系に適用する手法、④広帯域の応答を得るための2ステージアクチュエータの制御手法、⑤サーボ機構のフィードバックループの外側にある誤差要因への対応例として機構部の熱変形を圧電素子による補償制御法、⑥外乱がシステムティックな要因を含んでいる場合の誤差推定方法を提案している。

第3章から8章まで、第2章で導いた各補償方式を具体的な対象に適用し、提案した方式の有効性を示している。

第3章は、「モデルに基づく補償による誤差要因の抑圧—多自由度サーボ機構系の軌道制御—」と題し、直並列駆動方式のロボットアーム軌道精度向上のため、機構部の質量配分の調整と制御系の非干渉化補償により各関節サーボ機構間の干渉を除いた上で、逆システムによる応答遅れの補正を行う方法を実際のロボットに適用した結果を述べている。

第4章は、「ロバスト化による制御対象の特性変動、外乱の抑制1—線形補償による動特性の負荷依存性の抑圧—」と題し、線形固定パラメタ方式に属する手法である負荷無反応電気サーボ系を構成して、従来の単なる状態フィードバック系と比較している。

第5章は、「ロバスト化による制御対象の特性変動、外乱の抑制2—スライディングモード制御系の適用—」と題し、可変構造制御系によるスライディングモード制御に基づき定速動作を行うサーボ系設計法を理論的に明らかにし、この手法による全デジタル電気サーボ機構を高速レーザービームプリンタの紙送り機構に適用した結果について述べている。

第6章は、「広域化による外乱の抑圧—マルチステージサーボ機構—」と題し、電気サーボ機構により駆動される機構部に圧電素子を用いた高応答微小変位アクチュエータを付加した2ステージアクチュエータのサーボ機構を磁気ディスク装置のアクセスサーボ機構に適用した結果について述べている。

第7章は、「フィードバックループ外の誤差要因の抑圧1—誤差要因（熱変形）の検出と補正—」と題し、磁気ディスク装置の位置信号検出用ヘッドと情報記録再生用ヘッドとの間に生じる熱変形誤差を記録再生用ヘッドの相対位置を間欠的に検出して、圧電素子による微動機構で誤差を補正する方式を磁気ディスク装置に適用した結果について述べている。

第8章は、「フィードバックループ外の誤差要因の抑圧2—ならい動作における学習的手法の応用—」と題し、刻々検出される曲面の位置情報と既知の曲面形状の情報とを用いて対象曲面の設置誤差を推定する手法を導き、水車の翼形表面の習いにこの手法を適用した場合のシミュレーション結果について述べている。

第9章は「結言」で、以上の結果を要約したものである。

以上を要約するに、本論文は、各種メカトロニクス機器のサーボ機構に発生する誤差の要因を体系的に分類し、これらの誤差要因の考察に基づき、種々の条件に対して誤差を抑圧できる制御系の構成法を提案し、具体的な装置への適用を示して、その効果を確かめたものである。この誤差要因の体系的分類に基づく誤差抑制の各種手法は、益々応答の高速化、高精度化をコストの制約の中

で達成することが求められているメカトロニクス機器の制御系設計の指針となるものであり、機械工学ならびに制御工学に寄与するところが少なくない。
よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。