

2001年 1月 16日

電子情報工学専攻	学籍番号	965205
申請者氏名	三好 孝典	

指導教官氏名	寺嶋 一彦 北川 秀夫
--------	----------------

論文要旨(博士)

論文題目	高速位置決めデジタルサーボシステムの制御設計に関する研究
------	------------------------------

(要旨 1,200字程度)

位置決め機構は、アクチュエーターや機構部品から構成されるプラントの部分、センサーからのフィードバック値とリファレンス値からプラントへの入力を決定するコントローラーの部分、さらに機構可動部をどの位置へどの様に動かすかを指示するリファレンス値発生の部分から構成される。近年、特に厳しさを増す位置決め機構への高速高精度化の要求に応えるためには、これらを総合的に捕らえた研究開発が強く望まれる。本研究では、高速化に有効であるフィードフォワード(リファレンス値)と高精度化に有効であるフィードバック(コントローラー)の双方の観点から位置決め機構の高性能化を試み、以下の成果を得た。

1. 一入力線形時不変システムにおいて、状態変数の初期条件および終端条件を満足させる最小次数の時間多項式表現制御入力の解析解を導出した。これにより振動システムに対して振動を誘起しない制御入力、すなわち、初期状態と終端状態において振動を完全に除去することで高速位置決めを可能にする時間多項式制御入力を導出し、天井クレーン実験機への適用により制振効果を実証した。
2. プラントの共振周波数の変動を考慮し、想定された共振周波数の変動範囲において残留振動を最小化し、高速位置決めを可能にする時間多項式制御入力を導出した。これは終端時刻の状態変数の複素位相面におけるノルムを変動周波数範囲で積分した評価関数を最小化することで実現した。天井クレーンにおける実験により、これまでの制御入力に比べロープ長変動、すなわち共振周波数変動に対する制振効果のロバスト性が確認された。
3. 荷物の巻き上げ、巻き下げを有するクレーン等の時変振動機構に対して残留振動を抑制し、高速位置決めを可能にする時間多項式制御入力を導出し、実験により制振効果を確認した。また、得られた制御入力の物理的特性をウェーブレット変換により時間-周波数解析し、システムの共振周波数の移動に合わせて制御入力の反共振周波数が変化し、時変の極零相殺により残留振動のない高速移動が可能になっていることを明らかにした。
4. フィードバックによる高精度化の観点から、多軸システムにおいて直線軌跡はもちろん、円軌跡に対しても安定性が常に保証された上で位置同期がはかれる多軸同期化制御の一手法を提案し、X-Y テーブルにおける実験により効果を確認した。これは、各軸間の干渉を考慮した軌跡誤差に対して時変重みを用いた最適制御を適用し、時変リカッチ方程式を解くことにより軌跡誤差最小の時変フィードバックゲインを求めることで実現した。

以上の研究は総合的な観点から位置決め機構の高性能化を図ったものであり、これらの知見はクレーン、X-Y テーブル、NC 工作機械など様々なシステムに応用でき、産業分野において広く貢献できるものと考えられる。