

学位論文及び審査結果の要旨

氏 名 浦川 禎之

学位の種類 博士（工学）

学位記番号 博乙第 391 号

学位授与年月日 平成 25 年 9 月 30 日

学位授与の根拠 学位規則（昭和28年4月1日文部省令第9号）第4条第1項及び横浜国立大学学位規則第5条第2項

学 府 ・ 専 攻 名 工学府

学位論文題目 デジタル制御における演算時間遅れを考慮した限定極配置法の研究
(Studies on limited pole placement method considering calculation delay of digital control system)

論文審査委員 主査 横浜国立大学 教授 藤本 康孝
横浜国立大学 教授 河村 篤男
横浜国立大学 教授 大山 力
横浜国立大学 准教授 市毛 弘一
芝浦工業大学 教授 島田 明

論文及び審査結果の要旨

平成25年7月29日（月）に審査委員全員出席のもと、浦川禎之氏の博士論文審査会を開催し、審査を行った。

本論文は、メカトロニクス機器のデジタル制御系において制御器の構造があらかじめ既定される場合に、制御系の主要な極配置から自動的に制御器のパラメータを求める手法を提案するものである。従来、制御系の次数と制御パラメータの個数が等しい場合は、連立方程式を解くことで制御パラメータを決定することができたが、現実のメカトロニクス制御系では、制御演算時間やセンサ読み取りの遅延時間などのむだ時間が存在するため、最終的に試行錯誤による経験的なパラメータ調整が必要となっていた。

第1章では、研究の背景と関連研究、および、本研究の位置づけについて述べている。本研究は、これまで研究開発例の少なかった古典的サンプル値制御のメカトロニクス応用に位置づけられる。従来は試行錯誤的に制御パラメータを調整して極配置を行っていたものを、提案手法で高速かつ正確にパラメータ決定を行うことができる。

第2章では、提案する限定極配置法の基本原理について述べている。限定極配置法は、修正された **Diophantine** 方程式を解くことで正確に制御器のパラメータを決定する。制御器のパラメータの個数と同じ数の極を設計値として与え、残りの極は従属的に決定される。

第3章では、限定極配置法の2自由度 **PID** 制御への適用について述べている。連続系で設計した制御系と、限定極配置法で設計した制御系の比較を行い、後者がより安定限界が高いことを示した。また、電子部品実装機の制御に適用し、実験により有効性を示した。

第4章では、限定極配置法の光ディスク制御系への適用について述べている。光ディスク制御系は、二重積分系の制御対象に対して、位相進み補償器と低域強調ローパスフィルタからなる制御器が用いられる。これに現実の制御システムに基づいて見積もったむだ時間を加え、限定極配置法を適用している。その際に、閉ループ極を4重極とすることで従来制御器と同一の次数でありながら低域ゲインを大幅に高くする設計（高ゲインサーボ）を提案し、実験により従来法よりも高い性能が得られることを示した。

第5章では、高ゲインサーボ制御の実用化における課題とその解決法について述べている。高ゲインサーボ制御では、サーボ引き込み失敗率が従来法よりも高くなってしまいう問題があった。初期値補償法を適用することでこれを解決し、従来制御よりも低いサーボ引き込み失敗率を実現した。

第6章では、記録密度を高めた次世代の超多層光ディスク制御へ向けた制御システムの改善について述べている。超多層光ディスクでは、記録層はサーボ情報を持たない簡便な膜構造であることが望まれる。そこで改良型隣接トラックサーボ方式を提案し、限定極配置法を適用して制御系の高性能化を図り、従来法と比較して6倍の性能を実現した。

第7章では、限定極配置法における従属極の挙動について考察を行っている。**PID** 制御系と位相進み制御系の場合について、むだ時間の大きさと制御性能の限界の関係を調査し、制御性能の限界がむだ時間の大きさにほぼ反比例することを明らかにした。

第8章で、本研究の総括を行っている。制御器の構造が限定される場合でも簡便かつ正確に極配置を行うことのできる限定極配置法を提案し、各種制御系に適用し、その有効性を示したと結論づけている。

以上より、新しい制御系設計法の提案と検証を試みた本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値があるものと認められた。