

専攻	システム情報工学	学籍番号	947952	指導教官氏名	片山 正純
申請者氏名	呉 建青				宇野 洋二
					白井 支朗

## 論 文 要 旨

論文題目	未知の柔軟環境に対するロボットマニピュレータのための動的ハイブリッド制御
------	--------------------------------------

(要旨 和文 1,200 字程度)

(1)

柔軟対象物に対する接触作業の研究は、複雑な環境におけるロボットの制御原理を探る上で重要な研究課題である。ロボットが柔軟対象物に接触するときに、対象物が複雑に変形をし、また、接触点での対象物ダイナミクスがロボットの運動によって変動するため、ロボットの制御系設計がきわめて困難な問題である。

本研究は、この問題を解決することを目的とする。そのために、まず、対象物の分布定数系動特性を線形集中変数系で近似する。また、非線形補償を用いて、作業座標系におけるロボットの位置・力制御ループの関係を明確に示す。作業座標系において、ロボットの位置制御ループが環境反力に影響されなく、独立に制御することができるが、力制御ループのダイナミクスがロボットの接触位置によって変化し、一種の線形集中変数系となる。そのため、本研究では、制御理論の立場から、最近研究されている単純適応制御理論およびゲインスケジューリング制御理論をこの問題に適用できるように展開し、ロボットの位置応答が力ループの制御特性にいかに関与し、また、いかに力ループの制御特性を考慮してロボットの位置制御ループの再設計を行うかについて考察した。第3、4章では、まずロボットの位置制御ループを決め、線形集中変数系となる力制御ループを線形時変系として扱い、

最近の単純適応制御理論を応用し、適応ハイブリッド制御策を提案した。しかし、単純適応制御方式は、ロボット+環境の全体のシステムのリアプノフ安定性を保証できるが、過度時間におけるロボットの力制御特性を確保できない。また、具体的にロボットの位置時間応答が力の適応制御系にどのように影響しているかについても明確でない。そのため、第5、6章では、ロボットのカループをそのまま線形集中変数系として考え、ゲインスケジューリング制御設計を行う。第5章では、まず、既知の線形集中変数系に関するゲインスケジューリング制御理論の考察を行い、実際ロボットの作業対象に不確かさ(構造的な不確かさおよびパラメータの不確かさ)があることを考慮し、従来の既知の線形集中変数系に対するゲインスケジューリング制御理論を、不確かさをもつシステムのゲインスケジューリング制御に発展した。これを第6章で、ロボットの位置・力のハイブリッド制御に応用した。これらの研究によって、ロボットの位置応答が力制御ループ設計に関するリカッチ方程式の解に影響することがわかり、位置制御ループが環境反力に直接に影響されないにもかかわらず、力の制御特性を考慮して再設計する必要があることを明確にした。これらの制御設計法が上のモデル近似のもとで行ったもので、その有効性の実験検証が重要であると考え。本研究では、PUMAロボットを用いて、実際にアルミ板上で接触作業実験を行い、良好な実験結果を得ている。