The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	ロボットにおけるコンプライアンスの理解とその応用に関する研究
Author(s)	周, 桑完
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/41061
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【 110 】

氏　　名	周　桑完（じゅ さんわん）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学位記番号	第　13541　号
学位授与年月日	平成10年2月18日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	**ロボットにおけるコンプライアンスの理解とその応用に関する研究**
論文審査委員	（主査） 教　授　宮崎　文夫 （副査） 教　授　小坂田宏造　　教　授　新井　健生

論文内容の要旨

ロボットによる様々な作業の実現には，先ず運動学・幾何学に基づいた作業計画が必要であり，作業の実行には，ロボット自体の運動制御や手先効果器のデザイン問題がある。これらに関する研究の範囲と方向は，対象作業の力学的状態（静，動力学）によって決まる。なお，ロボットの運動制御はその数学的モデルを用いるのが一般的である。しかし，モデリングの際必要な様々なパラメータの同定問題は，長い間ロボット工学の一研究分野となっているにも拘らず，まだ完全なパラメータ同定方法は確立されていない。特に，ロボットのモデリングの際，運動方程式に本来は関与しているはずの駆動力伝達機構のダイナミックスや物理定数の同定法についての議論は未だ深められていない。

これらの中で，最も問題となるものがモーターの駆動トルクをリンク側に伝える駆動力伝達機構の剛性特性の影響のモデル化である。さらに，ロボットの高精度な制御を行うとすると，アームの弾性変形，サーボ剛性なども考慮しなくてはならない。これらによる誤差は，ロボットの姿勢，ワークの重量，運動状態によって変化し，リンクパラメータのキャリブレーションだけでは校正できない。一方，ロボットの手先剛性は，各関節の駆動力伝達機構系における等価関節剛性によって決まるため，それらを正確に同定し，モデリングに反映することは非常に重要である。本論文の前半では，垂直多関節型ロボットの関節剛性パラメータの同定問題に，汎用的に適用可能な方法を提案し，開発した測定装置についても紹介する。

次に，ロボットによる作業において手先効果器は人間の手のように作業の質を大きく左右する重要な要素であるため，手先効果器に柔軟性を持たせるのは作業戦略にも大きく影響を及ほす。例えば，はめ合い作業をターゲットに開発されたRCC（Remote-Center-Compliance）には，現在特性固定式しか実用化されていないが，それを可変型にすることで応用作業の範囲や柔軟性は飛躍的に高まる。

本論文の後半では，RCCの弾性体として使われるESP（Elastomer Shear Pad）の新しい力学的解析方法を紹介し，それに基づいたRCCの設計・開発を行う。さらに，実用性の高い特性可変型RCCの開発について紹介し，その有効性を示す。可変型RCCの主な作業対象としては，エンジンバルブ，各種モータ，各種電気・電子機器，自動変速機の

バルブ，エアコン部品などの組み立て作業や，リーマ通し，ツールの位置決めと交換などの加工作業などが考えられる。

論文審査の結果の要旨

本論文は，ロボットマニピュレータの制御性能の向上と作業能力の拡大をはかる方法を提案したものである。いずれもロボット本体に内在するコンプライアンス（機械的順応性）が関わっており，前者はそのモデリング，後者はそのデザインがテーマとなる。

マニピュレータの各関節の駆動力伝達機構系における等価関節剛性を正確に同定しモデルに反映させることは，非線形フィードバッタ制御や力制御などのアドバンスドな制御方式を利用する場合に不可欠となるモデリングにおいて重要な課題であるにもかかわらず，詳細に検討し具体的な手法としてまとめあげたものはほとんどない。本論文の前半では，この等価関節剛性を同定する汎用的な方法と測定装置の開発について述べている。開発された3次元手先微小変位測定装置は半導体レーザ変位センサを互いに直交する3面のテストリグにそれぞれ2個ずつ装着したもので，ロボットの手先に取り付けるキューブの変位量や姿勢変動量を十分な精度で計測できることを確認している。一方，各軸の等価関節剛性は，手先の外力とそれによる微小変動を精密測定し，静力学的関係を用いて同時に推定する。この「同時推定法」は，各軸の等価関節剛性を個別に推定する「独立推定法」と比較され，同等の推定精度が得られることを明らかにしている。

本論文の後半では，軸挿入作業に適した特定の方向に大きなコンプライアンスを備えた手先効果器(RCC：Remote Center Compliance）のトータルな設計法ならびにその特性を自由に変化させることのできる可変型RCCの開発について述べている。望ましいコンプライアンスを得るための設計方程式を導き，シミュレーターを介した設計手法を示すと同時に，実際に設計し製作されたRCCが目標仕様を満たすことを確認している。さらに一部を可変構造とすることにより，作業に応じてコンプライアンスを自由に設定できることを示すとともに，その応用例として精密部品のはめ合い作業における最小挿入力の実現方法を示している。

以上のように，制御性能と作業能力を大きく左右するコンプライアンスについて深く考察した本論文は，ロボット制御分野の発展に寄与するものであると同時にフレキシブルオートメーションの基盤技術となり得るものであり，博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。