

Title	組立機械のコンプライアンス設計に関する研究
Author(s)	宋, 在晟
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/40615">https://hdl.handle.net/11094/40615</a>
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、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

氏名	宋 在 晟
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 13843 号
学位授与年月日	平成10年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電子制御機械工学専攻
学位論文名	組立機械のコンプライアンス設計に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 赤木 新介  (副査) 教授 三好 隆志    教授 花崎 伸作    教授 古荘 純次

#### 論文内容の要旨

本論文は、部品組立生産などにおける組立機械の高度化を目的に、組立作業におけるパッシブコンプライアンスの設計とそれを実現する組立機械の基本構造の設計プロセスを、接触状態の解析、手先コンプライアンスの設計、ならびにコンプライアンスの配置設計の3つの数学的定式化から理論的に構成する方法に関する研究成果をまとめたものであり、以下に述べる全8章から構成される。

第1章では組立機械の設計を取り巻く環境と問題点を述べた後、本論文の研究目的、研究の位置付け、ならびに論文の構成の概要を述べている。

第2章では、まず、本論文の設計対象である組付機械を初め、移送、供給機械をも含む組立システムの設計についての概要を述べている。また、ロボットマニピュレータに代表される組立機械の一般的な設計プロセスと、各設計段階における要求条件と設計項目について分析している。このような組立システムと組立機械の設計過程についての概観を通して、本研究のパッシブコンプライアンス設計の位置付けを行った後、本論文で提案する設計プロセスと各設計段階における入出力情報について説明している。

第3章では、まず、組立作業を、接触状態の遷移という観点から考察している。次に、組立機械が持つパッシブコンプライアンスの定式化を行い、パッシブコンプライアンスを記述する数学モデルと、組立作業を表す準静的平衡式を導いている。

第4章では、組立過程を接触状態の遷移としてとらえ、任意の接触状態における運動学的、静力学的拘束を解析し、望ましい組付運動の方向と、摩擦を含めた接触反力の範囲を求める手法を与えている。このとき、運動モードの概念を導入し、望ましい組付運動による接触状態の遷移を考慮している。

第5章では、前述の接触状態の解析結果に基づいて、与えられた作業に対してパッシブコンプライアンスが満たすべき条件を検討し、その条件を満足する手先コンプライアンスを設計する手法を述べている。これにより、与えられた作業に対して、パッシブコンプライアンスの実現可能性も検証できることを示している。

第6章では、まず、設計された手先コンプライアンスの分解を通じて、望ましいコンプライアンスを構成するバネ要素の配置の機構学的構造と、各バネ要素間のバネ定数の比の力学的構造を設計する手法を説明している。次に、本研究で提案する解析的設計手法の限界を示し、それに対処するために力学的な組立シミュレーションを導入して、過度な接触力を防ぎつつ安定な作業になるようコンプライアンス全体の剛性を決定する手法を示している。

第7章では、円筒軸の挿入作業の一例に対し、本論文の第2章で示した設計プロセスと、第4章から第6章までで提案した設計手法を適用した結果を示し、コンプライアントハンドの設計を行っている。本論文で提案された解析的  
設計手法の有効性と、挿入作業に対するコンプライアントハンドの設計解の有効性は、組立シミュレーションを通じて検証されている。

第8章では、各章の結論をまとめるとともに、組立機械のコンプライアンス設計に関する本論文の研究成果を総括している。

## 論文審査の結果の要旨

組立作業の機械による自動化は、製造企業における生産性の向上と製品品質の改善に大きく寄与することから、組立機械の設計に関してはこれまで多くの研究開発が行われてきた。近年においては、組立部品相互の形状の関係を積極的に利用するパッシブコンプライアンスを用いた組立が柔軟性とコストの面から注目されている。本論文はこれまで経験的に設計されてきた組立機械のパッシブコンプライアンスの理論的な基盤を確立し、それに基づいた体系的な組立機械の設計手法を示したものであり、その主な研究成果は以下の通りである。

- (1)現状の組立システムの調査に基づいて組立機械の設計において考慮すべき要因の分析を行い、その分析結果に基づいて接触状態解析、手先コンプライアンス設計、機構要素配置設計の3段階からなるパッシブコンプライアンスを用いた組立機械の設計過程を示している。
- (2)組立機械の持つべき重要な性質であるコンプライアンスをスクリュール理論に基づく手先剛性行列として、また組み付け部品の挙動を準静的平衡式として定式化することで、設計すべき組立機械コンプライアンスの統一的表现と数学的操作を明らかにしている。
- (3)組付部品が接触により受ける運動学的拘束を解析し、その結果に基づいて目標状態に近づく組付部品の望ましい変位方向を求める手法を提案している。また、接触による運動学的拘束と組付部品の変位方向から、摩擦を含めた接触反力の範囲を求める手法についても示している。
- (4)手先コンプライアンス設計に関して、手先剛性行列が満足すべき条件として平衡条件、対称性条件および準正定性条件の3つを示し、これらを満たすコンプライアンスの設計手法を手先剛性行列要素間の比の決定問題と全体剛性決定問題の2段階問題として定式化できることを示している。これにより、作業の安定性や接触反力の大きさを考慮することを可能とした。
- (5)上述の段階により決定された手先剛性行列を実現するコンプライアンス機構の基本構造を求める設計手法を提案し、複数の候補案を力学的シミュレーションにより評価することを行っている。また、円筒部品の組み付けの例を用いて、本論文で提案している設計手法の有効性を示している。

以上のように、本論文はこれまで経験的に行われてきた組立機械のコンプライアンス設計に関して、力学理論による定式化を行うことで統一的な問題の表現と数学的操作を可能とするとともに、理論に基づいた体系的な設計過程を示すことにより、組立機械のコンプライアンス設計の計算機支援への方法を示した点は、生産工学の分野において組立理論に対する新たな知見を加えるとともに、組立製造の高度化に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。