



Title	柔軟構造物の振動抑制制御に関する研究
Author(s)	三浦, 享博
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/58352">https://hdl.handle.net/11094/58352</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=" <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> ">大阪大学の博士論文について</a>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

## 【26】

氏 名	三 浦 享 博
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学 位 記 番 号	第 24197 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 22 年 9 月 22 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科機械工学専攻
学 位 論 文 名	柔軟構造物の振動抑制制御に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 准教授 浅井 徹 (副査) 教 授 金子 真 教 授 大須賀公一

## 論文内容の要旨

本論文では、生産現場における精度要求が高まるに連れて大きな問題となってきた柔軟構造物の振動抑制制御を考察するために、代表的な制御問題である移動と位置決めの制御、及び外乱抑制制御を取り上げ、それぞれ制御対象として片持ち梁型搬送機と透過型電子顕微鏡を選んだ。そして、現実問題において適用しやすいように、振動する部分を直接観測せずに効果的な振動抑制を実現するための制御手法をそれぞれについて提案した。

片持ち梁型搬送機の先端にワーク（被搬送物）を搭載した場合、搬送機の水平移動によって、ワークは鉛直方向に振動する。このような搬送機を真空チャンバーや高温炉で使用する場合、ワークの振動を直接観測するのは困難である。そこで、梁の取り付け部にあたる手先のジャーキー（加速度）を抑制することで、ワークや梁の振動を計測することなくワークの振動を抑制する制御系の設計を行った。また、ジャーキーを測定する実用的なセンサは現状では存在していないため、変位と速度の情報をフィードバックすることでジャーキーを抑制する手法は従来の研究でもなされているが、ワークが手先との間の一対のバネ・ダンパによって水平に振動する集中定数系としてモデル化できるような単純なものであった。それに対して本論文ではワークが振動する部分を分布定数系でモデル化しなければならない複雑な搬送機を対象とした点、搬送機の有限要素モデルを作成し、現実に近いモデルでシミュレーションを行った点、手先のジャーキーでなく手先の速度の擬似2次微分を抑制する設計手法により、モデルのパラメータが不確かな場合でもワークの振動を効果的に抑制する制御器設計手法を提案した点などで、実際の生産現場への導入の可能性を高めた。

電子顕微鏡の外乱抑制としては床振動の鏡筒部への伝達の抑制を考える。床振動の影響を抑制するために空気バネを用いた除振が既に実用化されているが、工場の敷地内など振動外乱の大きい場所で使用する場合、空気バネのみでは床振動の影響を十分に抑制できない。本論文では現状の除振台の下にさらに空圧式アクティブ除振台を設置する2段式除振構造を採用した。この構造により、電子顕微鏡の振動モードが多数存在する高周波数域の床振動の伝達をさらに抑制することができる。電子顕微鏡を使用するためには低周波数域の床振動伝達も抑制する必要があるが、この帯域はアクティブ除振台を制御することにより対応した。アクティブ除振台を制御するために、2剛体12自由度の運動方程式モデルの導出、モデルのパラメータ同定、同定したモデルに対する制御器の設計に関する一連の手法について提案を行い、電子顕微鏡にアクティブ除振台を設置した実機実験によりその制御手法の効果を確認した。

## 論文審査の結果の要旨

産業装置の性能の要求は年々増してきている。生産性の向上のために巨大な製品を高速で搬送することが求められ、加工や検査の精度はナノメーターオーダーが求められている。このような場合、生産装置を剛体としてみなすことはできず、柔軟構造物とみなして様々な振動対策をしなくてはいけない。通常の使用環境では、主要な振動を観測してその振動を抑制する制御手法が考えられ、そのような研究は数多くなされている。しかし、実際問題において使用環境の制約などにより振動を直接観測することが困難な場合は多い。

本論文では、生産装置における柔軟構造物の振動抑制制御を考察するために、代表的な制御問題として挙げられる移動と位置決めの制御、及び外乱抑制制御を取り上げ、制御対象としてそれぞれ片持ち梁型搬送機と透過型電子顕微鏡を選ぶ。そして、実際問題において適用しやすいように、振動する部分を直接観測せずに効果的な振動抑制を実現するための制御手法をそれぞれについて提案を行う。

片持ち梁型搬送機の先端にワーク（被搬送物）を搭載した場合、搬送機の水平移動によって、ワークは鉛直方向に振動する。このような搬送機を真空チャンバーや高温炉で使用する場合、ワークの振動を直接観測するのは困難である。そこで、梁の取り付け部にあたる手先のジャーキー（加速度）を抑制することで、ワークや梁の振動を計測することなくワークの振動を抑制する制御系の設計を行う。また、ジャーキーを測定する実用的なセンサは現状では存在していないため、変位と速度の情報をフィードバックすることでジャーキーを抑制する手法をとる。この搬送機のジャーキーを抑制する手法は従来の研究でもなされているが、ワークが手先との間の一対のバネ・ダンパによって水平に振動する集中定数系としてモデル化できるような単純なものであった。それに対して本論文ではワークが振動する部分を分布定数系でモデル化しなければならない複雑な搬送機を対象とした点、搬送機の有限要素モデルを作成し、現実に近いモデルでシミュレーションを行った点、手先のジャーキーでなく手先の速度の擬似2次微分を抑制する設計手法により、モデルのパラメータが不確かな場合でもワークの振動を効果的に抑制する制御器設計手法を提案した点などで、実際の生産現場への導入の可能性を高める。

電子顕微鏡の外乱抑制としては床振動の鏡筒部への伝達の抑制を考える。床振動の影響を抑制するために空気バネを用いた除振が既に実用化されているが、工場の敷地内など振動外乱の大きい場所で使用する場合、空気バネのみでは床振動の影響を十分に抑制できない。本論文では現状の除振台の下にさらに空圧式アクティブ除振台を設置する2段式除振構造を採用する。この構造により、電子顕微鏡の振動モードが多数存在する高周波数域の床振動の伝達をさらに抑制することができる。電子顕微鏡を使用するためには低周波数域の床振動伝達も抑制する必要があるが、この帯域はアクティブ除振台を制御することにより対応する。アクティブ除振台は設置の容易さを考慮して、質量が小さく高さが低い除振台を採用するが、そうすると、2段式除振構造は高重心かつ偏重心の非常に制御の難しい対象となる。

る。この構造を制御するために、2剛体12自由度の運動方程式モデルの導出、モデルのパラメータ同定、同定したモデルに対する制御器の設計に関する一連の手法について提案を行い、電子顕微鏡にアクティブ除振台を設置した実機実験によりその制御手法の効果を確認する。

以上の内容は工学的に十分な貢献を果たしていることから、本論文は博士論文として価値あるものと認める。