

K4-60

ED-01 塔状弾性体を搭載したアクティブ除振台の上下・水平方向制振制御

Simultaneous horizontal and vertical Vibration Control of an Active Vibration Isolation table loading Elastic Tower-like Object

渡辺研究室
Watanabe Lab.

池延 翼, 青柳 吾陽
Ikenobe Tsubasa, Aoyagi Michiharu

This paper deals with the control system design for active isolation table that loads a dynamical object. When elastic loads are put on the isolation table, vibration modes of the table are changed. Therefore, the controllers for the active isolation table should be designed taking account of elastic loads.

In this research, an experimental active isolation table with an elastic load is built. Its dynamical model is identified by using experimental modal analysis or FEM analysis. A controller is designed to suppress horizontal and vertical vibration simultaneously. In this study, the experiment system is designed to suppress vertical vibration. Property of the improved control system is qualified through computer simulations and control experiments.

1. 緒言

高精度の精密機器は微小な振動で、性能・精度が低下する。この微小な振動対策として、除振装置の研究が様々に行われている。その多くは地面からの振動絶縁のみを考慮したものである。しかし、除振台に大型の精密機器や縦長の形状をしているものを搭載したときには、搭載物による連成振動がおき、除振台と搭載物が一体となって揺れるような振動が生じ、問題となっている。本研究では除振台のみを用いた制御で振動絶縁と制振効果を与えることを目指す。そのために、塔状弾性搭載物の振動特性も考慮したモデリング、制御系の設計を行う。

設計をするにあたり、水平、上下、回転それぞれの制振性能と除振性能を段階的に確認していく。一昨年度の研究結果では水平方向の制振性能と除振性能が確認でき、昨年度の研究結果では上下方向の制振性能と除振性能が確認できた。本年度は今までの研究結果を踏まえ、水平方向と上下方向の同時制御を行うことにより、制御性能の向上を目指す。

2. 実験装置概要

本研究では、鉛直方向に高い電子顕微鏡を搭載することを想定している。テーブルは 320×320×15 mm のアルミ製である。搭載物は高さ 710 mm で、2 本の角柱と 2 つのブロックより構成される。テーブル部は鉛直方向に 4 つの円弧ばね、水平方向に 8 つのリニアガイドにより支えられており、各々ピアノ線で接続している。また鉛直方向に 4 つ、水平方向に 4 つのボイスコイルモータによって制御力を伝えている。

Fig.1 に実験装置の外観を示す。

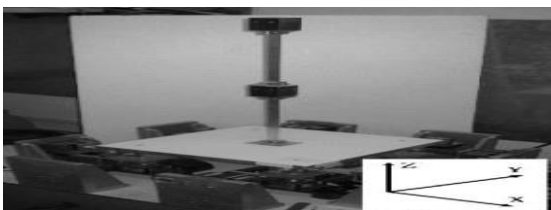


Fig.1 Overview of the Isolation System

3. 先行研究の結果

水平方向に速度 FB・FF 制御理論の 2 つを組み合わせ合わせた準最適 FF 併合制御を用いた結果を Fig.2 に、上下方向に最適制御を用いた実験結果を Fig.3, Fig.4 に示す。Fig.4 より水平方向と上下方向に連成の影響があることが確認された。

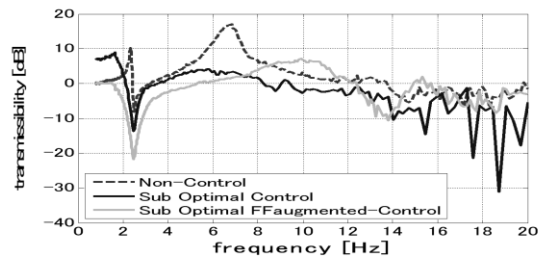


Fig.2 Frequency response ground disturbance at table(X direction)

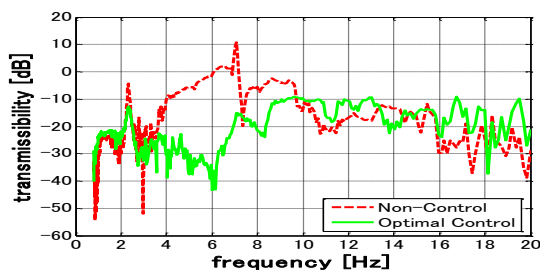


Fig.3 Frequency response ground disturbance at table(Z direction)

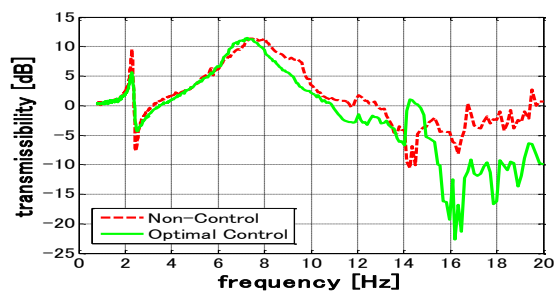


Fig.4 Frequency response ground disturbance at table(X direction)

4. 水平方向と上下方向の同時振動制御

先行研究の成果として水平方向のみの振動制御と上下方向のみの振動制御では各々良好な性能が得られる制御器が設計されている。本論文では、さらなる性能向上のため、水平方向と上下方向の同時振動制御に向けて制御器を設計し、その性能を検証する。

本実験では、水平方向の振動制御では準最適 FF 併合制御を、上下方向の振動制御では最適制御を適用している。

5. インパルス実験

同時振動制御における最適制御を用いたインパルス実験を行った。その結果を Fig.5, Fig.6 示す。各図から水平方向での制振効果は達成されたが、同時制御とした事による性能の向上は見られなかった。

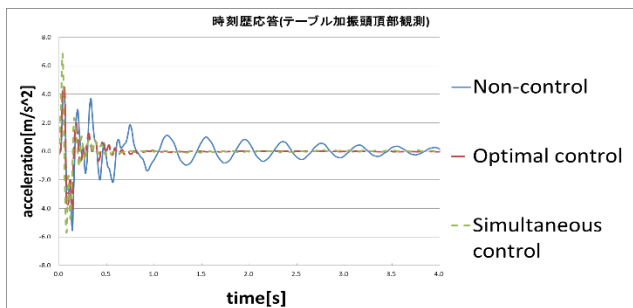


Fig.5 Time history (1)

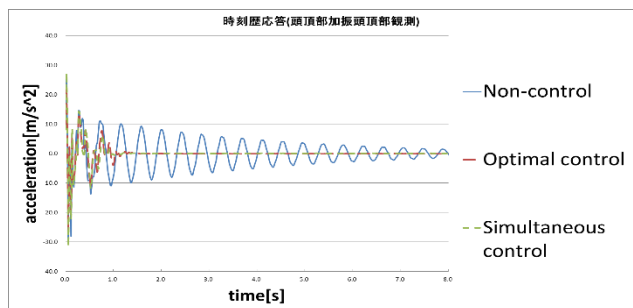


Fig.6 Time history (2)

6. 同時振動制御の抑制効果

水平方向と上下方向の同時振動制御の効果について検証した。Fig.7 に水平方向加振に対する搭載物の周波数応答を、Fig.8 に水平方向加振に対するテーブル部の周波数応答を示す。各図から水平方向での制振効果は達成されたが、同時制御とした事による性能の向上は見られなかった。

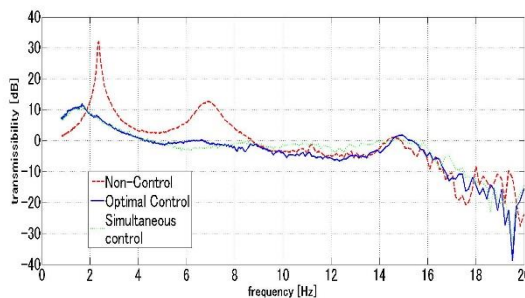


Fig.7 Frequency response ground disturbance at table (X direction)

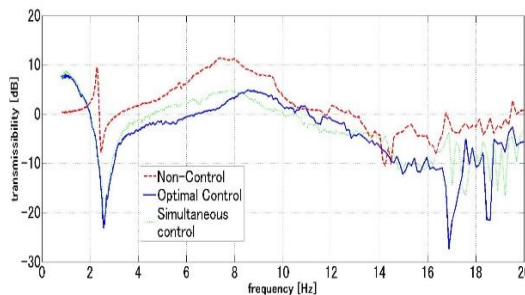


Fig.8 Frequency response ground disturbance at table (Z direction)

7. 考察

現状の上下方向の制御はテーブルの中心部真下の変位を観測し制御を行っている。非制御時は大きく振動するが水平方向の制御を行うと中心部の振動はかなり抑えられてしまうので変位を観測できていないことが考えられる。また、現在の上下方向の制御は直線振動を対象として設計しているが、装置は回転運動を介して振動しているので対応できていないことが考えられる。

8. 結論

本年度は、一昨年度と昨年度の研究結果を踏まえ、水平方向と上下方向の同時制御を行った。結果として、水平・上下各方向それぞれで安定した制御性能を得ることはできたが、同時制御による制振性能と除振性能の向上は認められなかった。原因として、今回の制御器設計では水平方向と上下方向の制御器のモデリングがそれぞれの重ね合わせであり、制御器設計においては振動の回転運動と、それによる水平・上下・回転の連成とを考慮していないことが挙げられる。今後は水平方向上下方向を合わせたモデリングの設計、回転運動と各自由度との連成を考慮したモデリングの設計を目指す。

9. 参考文献

[1]長松昭男 著 「モード解析入門」 コロナ社
 [2]背戸 一登・丸山 晃市 著 「振動工学 解析から設計まで」 森北出版株式会社
 [3]背戸 一登 著 「構造物の振動制御」 コロナ