

巡回制御入力による空圧式除振台の3軸振動抑制制御

著者	銀屋 統
学位名	修士(工学)
学位授与機関	東京海洋大学
学位授与年度	2019
URL	http://id.nii.ac.jp/1342/00001895/

巡回制御入力による空圧式除振台の3軸振動抑制制御

銀屋 統 (海洋サイバネティクス, 指導教員: 小池 雅和)

1. 序論

1) 背景と目的

精密部品の測定や製造分野では、床から伝わる振動が精密さに大きな影響を及ぼす。そのため、除振台と呼ばれる装置を用いることで、床から伝わる振動の絶縁を行っている。

特に、この振動絶縁性能が高いという理由から、空圧式除振台が広く用いられている。

今回使用する空圧式除振台は、空気ばねと呼ばれる機器によって台を支えているタイプである、この空気ばねを仲介することによって床からの振動は台上に伝わりづらくなり、高い振動絶縁性能を実現している。

空圧式除振台は大きく分けてパッシブ型とアクティブ型の2つのタイプが存在する。パッシブ型は台の上にアクティブ型は空気ばねと呼ばれるバネの上に台が載っているだけであり、ばね内の流量を操作するアクチュエータは取り付けられていない。一方のタイプと比べると装置の製作コストを低くすることができる。

しかし、台自体が振動すると振動を床に逃がすことが困難であるため、振動が持続してしまうという問題を抱えている。この問題を解決するために、空気ばねの内圧をアクティブに変化させることで、振動抑制を目的とした研究がある[1][2]。

先行研究ではアクチュエータとしてサーボ弁を各空気ばねに取り付け、各空気ばね内の流量を自由に操作することで、台の鉛直方向、ロール回転方向、ピッチ回転方向の動きで振動を抑制する(図1)。しかし、サーボ弁は高価なアクチュエータのため空圧式除振台のコストが高くなるという問題点がある。そこで、サーボ弁の代わりに電磁弁を使用し3軸の振

動抑制を行う研究がある[3](図2)。電磁弁のみを使用するとオフセットが残ってしまうというデメリットが存在する。そこで1個のサーボ弁と流路を切り替える電磁弁を組み合わせることにより従来の装置に比べてコストが低く、同等の性能を持った除振台を製作することが目的である(図3)。

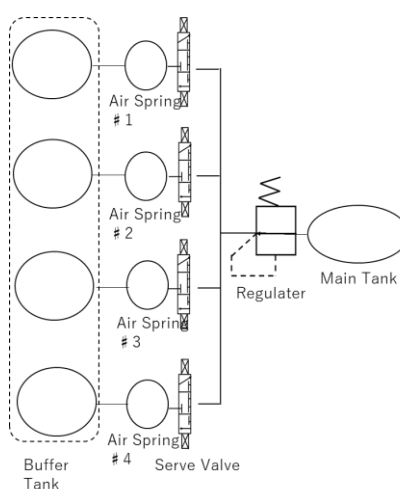


図1 従来の空圧回路

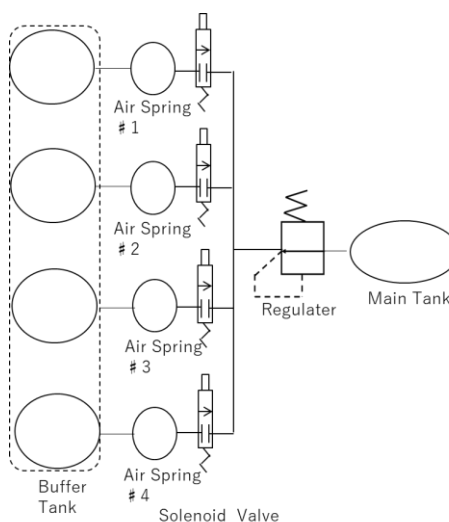


図2 電磁弁のみを使用した空圧回路

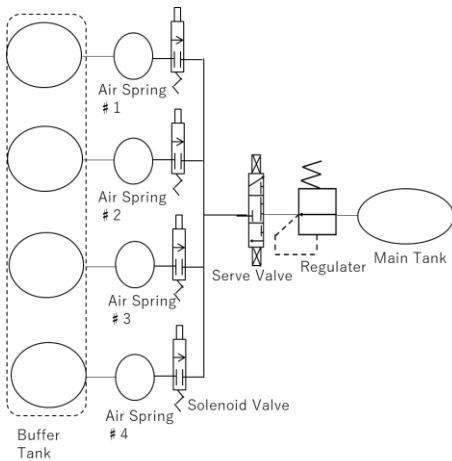


図3 本研究の空圧回路

2. 空圧式除振台の概要

本研究で扱う空圧式除振台（ヘルツ株式会社製，DT-4048M-A）を示す（図4）．本装置の空圧回路図を図2.2に示す．給気時にはコンプレッサから空気を放出し，空圧レギュレータが0.4[MPa]に減圧し，一定の圧力になった空気をサーボ弁に送る．排気時にはサーボ弁の排気ポートから排気を行う．使用するサーボ弁はスプール型（ピー・エス・シー株式会社製，AS310L-007 S/N 065）を使用する．流路を切り替えるための電磁弁は（クロダニューマティクス製 VA01HPSC24-1P）を使用する．



図4 本研究で使用する空圧式除振台

3. 制御手法

本装置はアクチュエータの数が1つしかないという

制限があるため各空気ばねの流量を同時に操作することができない．そのため各ステップに電磁弁を順番に切り替え1個の空気ばねの流量を操作する．このときシステムは線形スイッチドシステム

$$x[k+1] = Ax[k] + b_1u_1[k], \quad i \in \{1,2,3,4\}$$

と表すことができる．

さらに使用する電磁弁を開ける順番を

$$\text{valve\#1} \rightarrow \text{valve\#2} \rightarrow \text{valve\#3} \rightarrow \text{valve\#4} \rightarrow$$

とする．

このとき入力

$$u_1 \rightarrow u_2 \rightarrow u_3 \rightarrow u_4 \rightarrow$$

とする．これを「巡回制御入力」と名付ける．

システムは4ステップごとに安定になるように設計する．よって

$$x[k+4] = (A - b_1f_1)(A - b_2f_2)(A - b_3f_3)(A - b_4f_4)x[k]$$

上式の右辺が安定行列になるようなゲインを見つければよい．

そこで本研究では巡回制御入力を前提とし，最適レギュレータ，LMI（線形行列不等式）や分散型 PSO（粒子群最適化）を用いて，適切なフィードバックゲインを求め，数値シミュレーションで性能を確かめた．そして実機に適応し効果を検証する．