

# 除振とは・・・

## パッシブ除振台の概要



# SHOWMA SCIENCE



株式会社 昭和サイエンス

## パッシブ除振台の概要

### ・はじめに

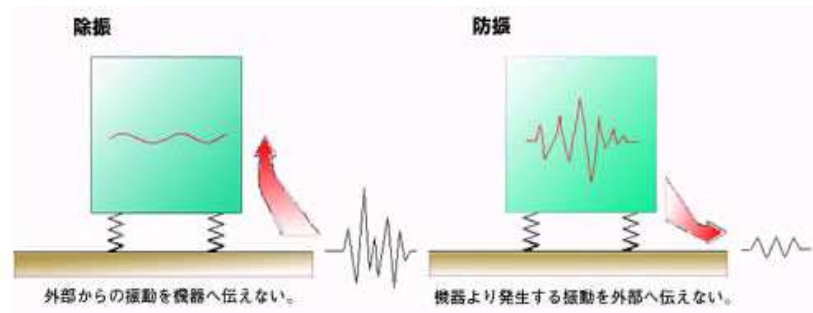
精密機器を設置する場合の環境条件として、振動、音、温湿度、空気の対流、クリーン度、磁気などがあげられます。これらの条件をいかにコントロールするかが、精密機器の精度・性能維持に大きく影響を及ぼします。

除振台は、地盤、基礎、床などから伝達する振動を遮断する目的で使用されており、精密機器の精度・性能維持に不可欠な装置です。除振台の扱う振動の大きさは精密機器により異なり、精密機器の特性に合わせて除振性能を設定しなければなりません。さらに除振という意味合いでは、設置床から伝達してくる振動のみを減衰することは技術的にも容易ですが、単純に固有振動数を低くして除振領域を大きくしても、機器側の移動質量が直接除振台へ作用した場合、機器の最終性能や、操作性に大きく影響するため、これらを考慮した十分な計画が必要です。

また、除振台には精密機器の精度に悪影響を及ぼす振動を取り除く「除振」の役割の他に、機械（プレス、ポンプ等）の振動を外部に伝えないことを目的とした「防振」の役割もあります。

弊社では、各精密機器や一般的な設置環境を考慮して除振台の設計を行っておりますが、計画段階で要求事項が明確になっていれば、精密機器に適合した除振台設計を行うことは可能です。

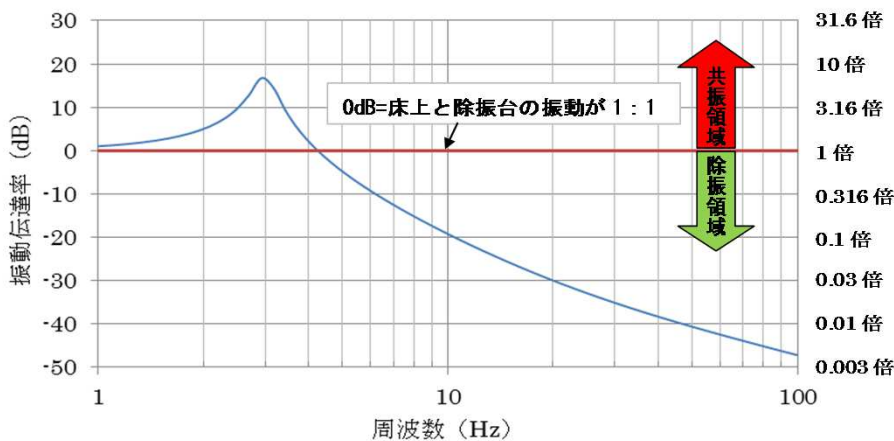
本書では、除振台種類と主要部品のご紹介と除振台構成例と除振台の特性例を記載しています。



### 1. 除振台の除振効果

除振効果とは、除振台を使用することにより設置床からの振動をどの程度減少させることができたかを示すものです。設置床の振動と除振台上の振動の比「振動伝達率」で表示します。

振動伝達率グラフ



$$\frac{\text{【除振台上の振動】}}{\text{【設置床上の振動】}} = \text{【比率】}$$

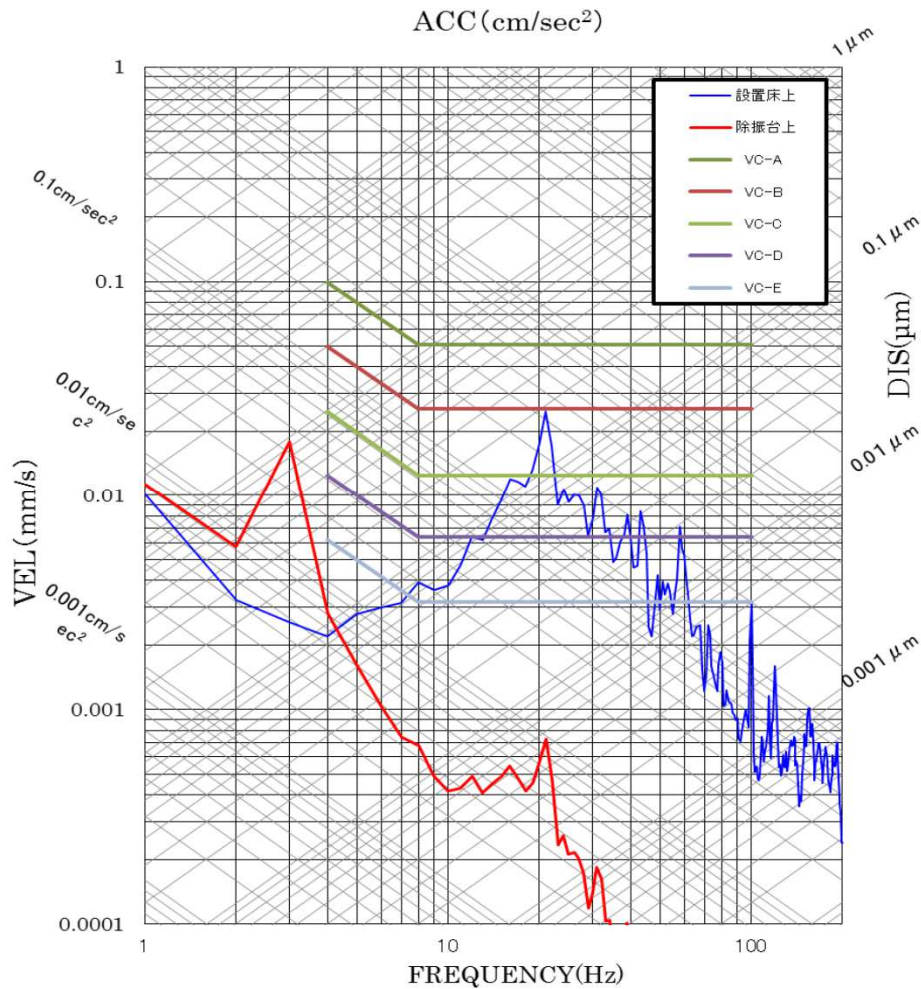
$$\text{dB} = 20 \log_{10} (\text{比率}), \text{0dB} = 1 \text{倍}$$

これは、固有振動数3.0Hz、共振倍率17dBの除振台の除振効果を示しています。

除振台上の振動が床振動と比較して、除振台の固有振動数3.0Hzで約7倍（17dB）増幅し、約4.2Hz（固有振動数の約 $\sqrt{2}$ 倍）以上の周波数領域で減少させている（除振している）ことを表します。

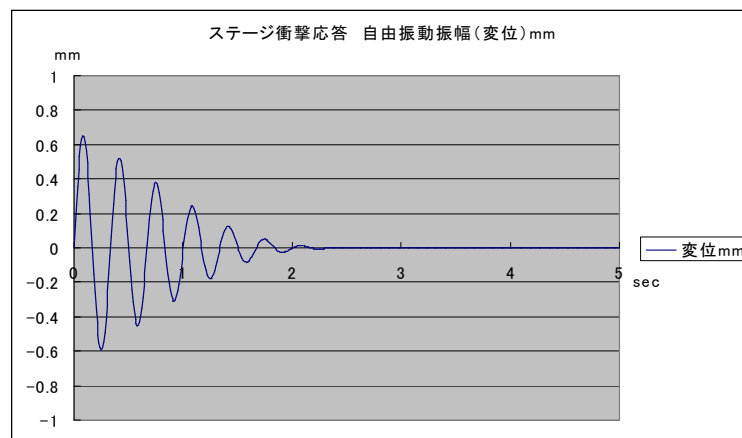
グラフから読み取ると、除振台上の振動は6Hzで-10dB（床振動の30%）、10Hzで-20dB（床振動の10%）、20Hzで-30dB（床振動の3%）まで減少させていることとなります。

下のグラフは、装置が設置される予定の床の振動値と、その床に前頁の振動伝達特性を持った除振台を設置した場合の除振台上振動値をトリパタイトグラフにて示したものです。除振台上の振動は固有振動数である3Hz周辺で床振動より増幅していますが、4Hz以降の周波数で除振効果が得られていることが分かります。



## 2. 除振台の衝撃応答

ステージ等を除振台上に搭載すると、その駆動時の衝撃によりばね上の物体は衝撃終了後も系の固有振動数にて自由振動を行います。自由振動の加速度が大きいと衝撃後、その揺れが停止するまでの時間（セッティングタイム）が長くなります。



このグラフは、固有振動数3.0Hz、共振倍率17dBの除振台上に、ステージ質量50kg、ステージ速度0.2m/s、支持質量500kgを搭載した場合、ステージ速度0.2m/s、支持質量500kgを搭載した場合、ステージ移動の衝撃後に予想される自由振動を示しています。

パッシブ除振台の性能は一般的に固有振動数を低くする（軟らかくする）と除振性能は良くなりますが、衝撃減衰性能（セッティングタイム）が悪くなり、固有振動数を高くする（硬くする）と除振性能は悪くなるが、衝撃減衰性能（セッティングタイム）は良くなります。

除振台の選定や設計は、搭載機器の特性を把握し、除振性能と衝撃減衰性能について適切なバランスを考慮する必要があります。

### 3.防振材の種類と性能

#### 3-1防振材の種類別特徴比較

除振台には様々な防振材（ばね）があり、それぞれに性能の特徴があります。

主な防振材は

- ・空気ばね（ペローズ型）
  - ・空気ばね（ダイヤフラム型）
  - ・コイルスプリング
  - ・防振ゴム
- などがあります。

防振材種類別特徴比較

	除振性能	衝撃減衰性能 (セツリングタイム)	レベル復帰性能	価格
空気ばね (ペローズ型)	○	◎	◎	○
空気ばね (ダイヤフラム型)	◎	○	◎	○
コイル スプリング	○	○	△	◎
防振ゴム	△	◎	△	◎

◎：最も良い（価格が安い）

○：良い

△：良くない（価格が高い）

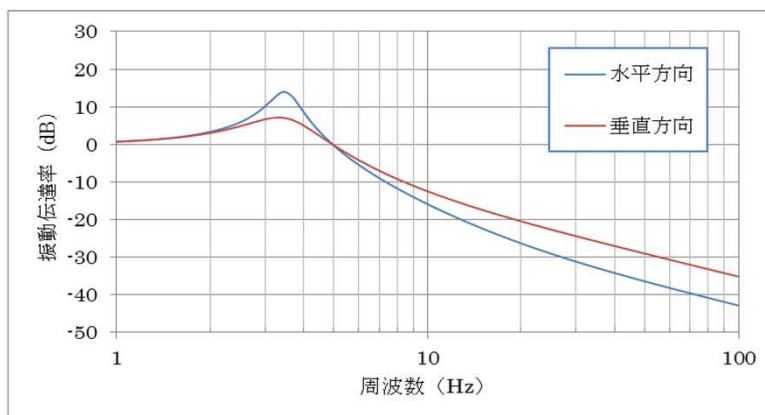
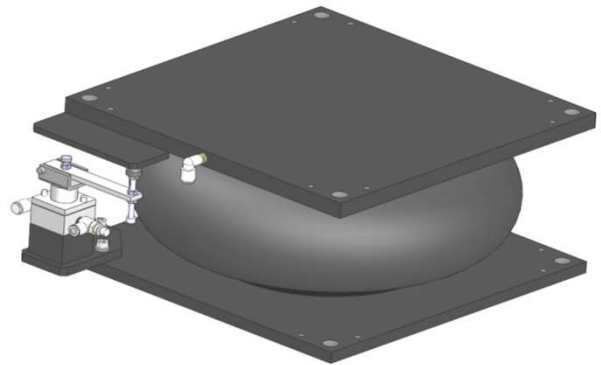
\*レベル復帰性能は、除振台上でステージなどの重量が移動した場合に発生するばねの傾きを復帰させる性能。

#### 3-2空気ばね（ペローズ型）タイプ

空気ばね（ペローズ型）除振台の特徴

ペローズ型とは、その形状がじゃばら（ペローズ）状をしているところからこの呼び名がついております。ペローズ型空気ばねは、ゴム膜の変形が少なく耐久性が優れているため、一般産業用空気ばねのほかにも高速なステージ（ガントリー）や高重心な装置にも採用されております。

- ・除振性能も衝撃減衰性能（セツリングタイム）も良い。  
水平方向固有振動数：3.0Hz程度  
垂直方向固有振動数：3.0Hz程度
- ・搭載物の重心が移動してもレベル調整器による空気供給でレベルを水平に保つことが可能。
- ・空気の供給が必要。



ペローズタイプの除振性能  
搭載重量：7ton 空気ばね4個使用時

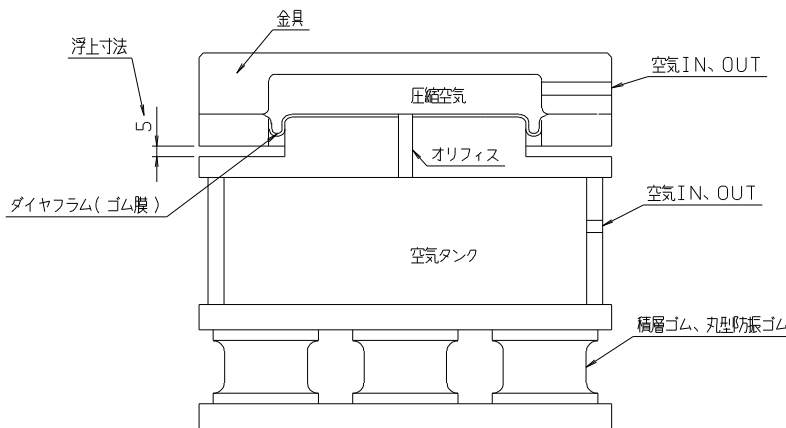
### 3-3空気ばね（ダイヤフラム型）タイプ

#### 空気ばね（ダイヤフラム型）除振台の特徴

- ・除振性能も衝撃減衰性能（セットリングタイム）も良い。
- ・このダイヤフラム型空気ばねは一般的に防振ゴムとセットで使用する。  
防振ゴム（積層ゴム）の硬さや配置で水平固有振動数の設計が可能。  
空気タンクの容積で垂直固有振動数の設計が可能。
- 水平方向固有振動数：1.5～4Hz程度
- 垂直方向固有振動数：1.5～4.5Hz程度
- ・搭載物の重心が移動してもレベル調整器による空気供給でレベルを水平に保つことが可能。
- ・空気の供給が必要。

#### 空気ばね（ダイヤフラム型）の構造

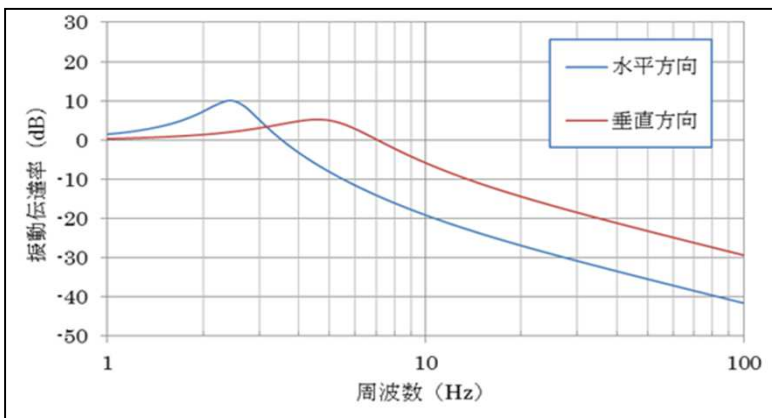
ダイヤフラム型空気ばねは、金具とゴム膜で形成されており、空気ばねに圧縮空気を封入して空気の圧縮性をばねに利用する構造です。レベルを水平に保つ目的で空気供給を必要とするため、自動レベル調整器をセットで使用します。



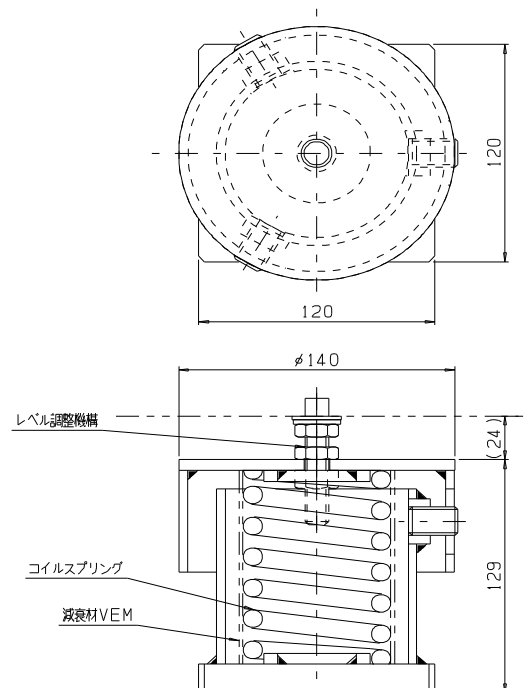
### 3-4コイルスプリングタイプ

#### コイルスプリング除振台の特徴

- ・除振性能も衝撃減衰性能（セットリングタイム）も比較的良好い。  
水平方向固有振動数：2～4Hz程度  
垂直方向固有振動数：4～7Hz程度
- ・空気を必要としない（メンテナンスフリー）。
- ・デメリットとして、搭載物の重心が移動するとスプリングのたわみにより、傾きが生じる。



標準品コイルスプリング (VSM) の除振性能





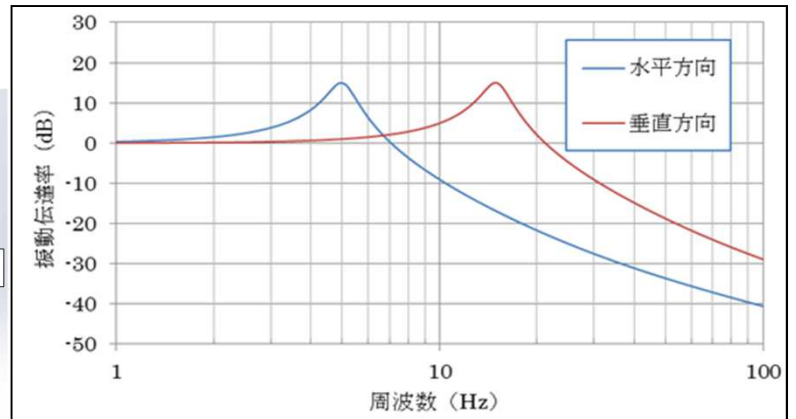
### 3-5防振ゴムタイプ

#### 防振ゴム除振台の特徴

- ・除振性能があまり良くないが、衝撃減衰性能（セッティングタイム）が良く安定性が高い。
- ・価格が安く、空気を必要としない（メンテナンスフリー）。
- ・デメリットとして、搭載物の重心が移動すると防振ゴムのたわみにより、傾きが生じる。  
一般にステージ移動で防振ゴムがたわむ量：0.3～0.4mm程度（目安）

防振ゴムは、搭載質量に合わせてサイズ、個数を選定します。

例) 防振ゴムを使用した除振台



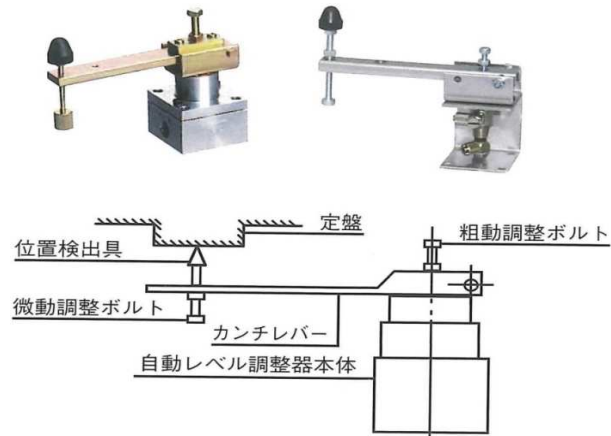
防振ゴムタイプの除振性能

### 4.自動レベル調整器

除振台の主要構成部品として自動レベル調整器があります。

自動レベル調整器には各種の型式がありますが、標準的除振台に使用しているタイプを下図に示します。この自動レベル調整器は、内部に空気のシール部品として極めて小さなダイヤフラムを内蔵。リングなどの摺動部品が無いいため、半永久的な寿命を保有します。

粗動調整ボルトまたは微動調整ボルトを時計方向にひねり、カンチレバーを下方に変位させると空気ばねに給気され、定盤のレベルが上昇します。  
(下降の場合、反時計方向)



この調整により、定盤のレベルを設定すると、負荷荷重変動などで定盤にレベルの変動が生じて、自動的にレベルの補正を行います。

#### ・集中排気型自動レベル調整器

自動圧力調整器から排出される空気は、本体に取付けられたチューブを通り排出されます。このチューブの先端を室外などに開放すると、室内の空気を汚すことはありません。クリーンルームに適しています。



## 5. 除振効果の測定

精密除振台に要求されるユーザーニーズに応え、さらに高性能な除振台を開発すべく、各種高性能振動計・振動解析機（FFT、モーダルアナライザー）、コンピュータ等を利用し、解析に役立てています。以下に図1～図3の解析例を示します。

図1は、大型加振実験台を使用し、測定した振動伝達率を示します。

本解析方法は精度よく振動伝達率等の測定を行う方法です。

実機搭載時にはモーダルアナリシス・振動許容値の確認等が行えるメリットもあり、また、周波数・加速度、振幅等を自由にコントロールできます。

その為、周囲の環境に影響されず精度及び再現よく測定が可能です。

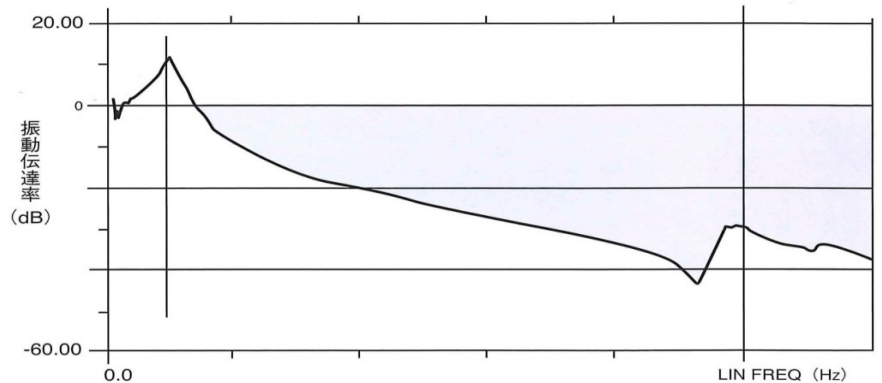


図1 大型加振実験台使用の振動伝達率測定例

図2は、床上に除振台をセットし、暗振動において測定を行った実験例で除振台の床上と定盤上の加速度のスペクトルを示しています。

この解析方法はFFTにより、ある時間におけるスペクトルの平均値を求めたもので、床の加速度レベルより、除振台上の加速度レベルが、共振点付近を除いて低いレベルを示しています。

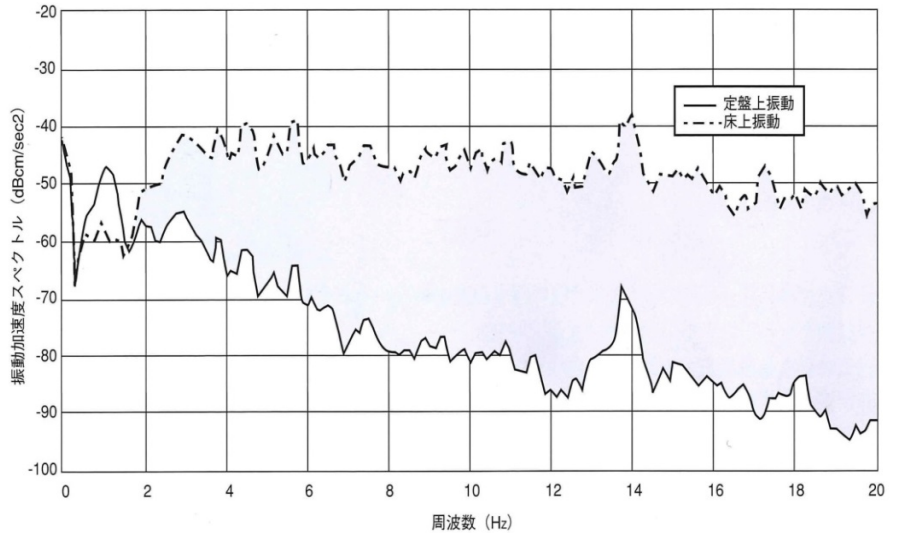


図2 振動加速度パワースペクトラム

図3は、図2で示した暗振動測定の振動伝達率を示しています。

この図は共振点においても、低い共振倍率でダンピングが利いている空気ばねの特長を示しています。

また、0dBより下の部分が除振領域を示しており、低い周波数から効果があることがわかります。

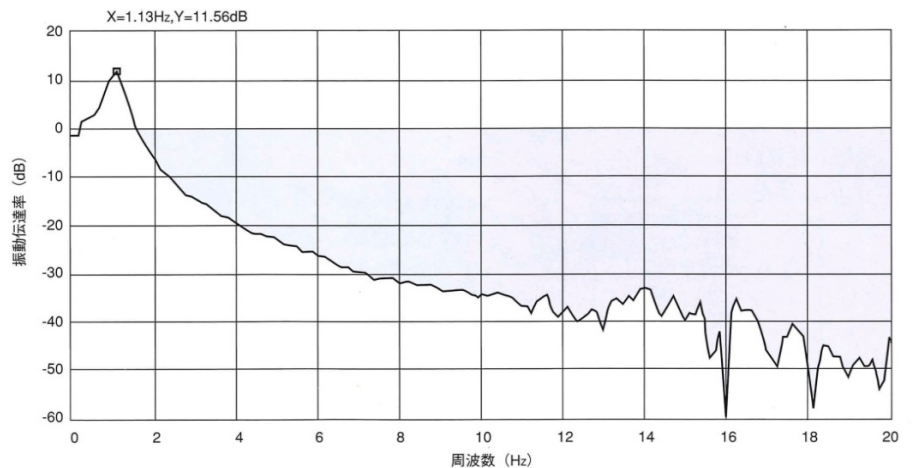


図3 振動伝達率

### ・おわりに

パッシブ除振台は、除振性能と衝撃減衰性能（除振台上の安定性）のバランスを考慮し、搭載装置の特性に合わせた選定、設計をすることが重要です。

特に「重心位置の高い装置」、「移動質量の大きいステージ」、「移動加速度の高いステージ」などを搭載する場合は、慎重な設計を必要とします。

また、装置設置予定場所や装置振動障害などの問題が発生している場合、振動計とデータレコーダで振動を計測し、除振台を設置した場合のシミュレーションを行う必要があります。

パッシブ除振台  
各種防振ゴム  
除振工事  
除振コンサルタント  
光学機器

アクティブ除振台  
制振材  
防振工事  
振動測定及び解析  
計測機器

防振装置  
吸音材  
制振工事  
定盤



株式会社 昭和サイエンス

本社 〒210-0024 神奈川県川崎市川崎区日進町1-14 (JMF川崎01 2F)

TEL (044)223-0571 (代) FAX (044)223-0577

大阪営業所 〒550-0013 大阪府大阪市西区新町1丁目6番22号 (新町新興産ビル)

TEL (06)7661-2608 (代) FAX (06)7661-2576

相模原工場 〒252-0253 神奈川県相模原市中央区南橋本4丁目1番1号 (SWCC相模原事業所内)

TEL (042)774-9230 FAX (042)774-7458

<https://www.ssvi.co.jp/>