

技術紹介

13 Active Mass Damper (AMD)の開発

Development of Active Mass Damper (AMD)

肥後 正	Tadashi Higo	航機事業部 第二技術部	主任
河野 兼三	Kenzou Kawano	航機事業部 第二技術部	主任
中里 憲一	Kenichi Nakazato	航機事業部 第二技術部	

キーワード： 振動制御、防振、リニアモータ、加速度計、位置制御

Keywords : Vibration control, Anti-vibration, Linear motor, Accelerometer, Position control

要 旨

高密度化、高精細化している製品の製造や検査にとって、製造装置、検査装置内の局部振動が問題になっています。今回開発した AMD (Active Mass Damper)は、局部振動を引き起こす振動体に対し、制振推力を出力することにより振動を抑制し、安定した製造、検査を可能としました。

本 AMD は、AMD アクチュエータ、AMD ドライバ、加速度センサから構成され、最大推力 90N、制振帯域 10 ～ 100Hz、振動加速度範囲 25mG の範囲で制振可能となっています。

SUMMARY

For fabrication and inspection of products with high-density and high-resolution, local vibration in the manufacturing and inspection systems becomes problematic. The AMD (Active Mass Damper) we newly developed can control vibration by outputting anti-vibration thrust to vibrating object causing local vibration, making stable fabrication and inspection possible.

The AMD consisting of actuator, AMD driver and acceleration sensor can control the vibration of the maximum thrust 90N, vibration bandwidth 10 to 100Hz, and vibration acceleration range 25mG.

1 まえがき

一般的に製造装置や検査装置が大型化していくと、内部に搭載された機器／装置の振動によって、装置自体を構成する構造物が局所振動を起こします。その振動が高密度化、高精細化している製品の製造や検査にとって、大きな問題となってきています。

このような局所振動を抑制する方法として TMD (Tuned Mass Damper: 動吸振器) が良く知られていますが、この方法は局所振動周波数 (共振周波数) を移動させることにより装置に対する影響を低減するものであり、発生している振動の量を低減するわけではありません。AMD は、局所振動に対し減衰器として作用させますので、振動そのものを低減させることができます。また、アクティブ制御であるため、作用させる力の大きさや帯域を自由に設定できます。さらに他のアクティブ制振機材に比べ、取り付けに際し外部構造 (反力受け等) が必要なく、コストパフォーマンスに優れるといえます。

今回、製造装置や検査装置の局所振動を低減するため、航空電子の保有技術である、リニアモータ技術、センサ技術、制御技術を用いた AMD を開発致しました。

2 制振方式の比較

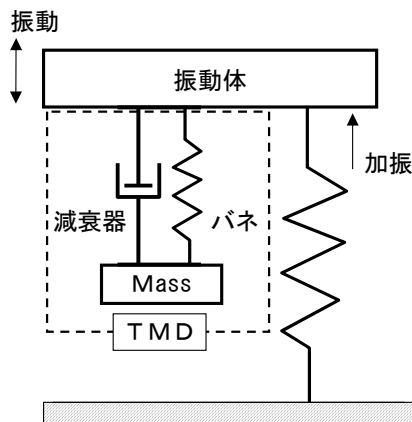


図1 TMD

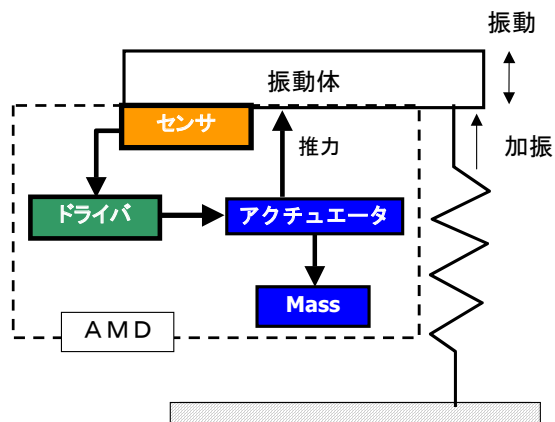


図2 AMD

局所振動を抑制する方法としてよく知られる TMD は、質量 (Mass) を有した機構的なバネ、減衰器から成っており、それを振動体上に取り付けることによって、振動体の振動低減を図ります。(図1)

一方、AMD は、振動を検知するセンサ、センサの出力を受けアクチュエータを駆動させるドライバ (コントローラ)、力を発生させるアクチュエータとその力を受ける質量 (Mass) から構成 (図2) されており、振動体上のセンサによって検知した振動に合わせて推力をアクチュエータが出力することによって振動低減を図ります。

3 AMD の原理

AMD の原理図を図 3 に示します。振動体の振動量を加速度計で検出し、その量を演算処理し、AMD アクチュエータを動かします。このとき、AMD アクチュエータが発生する力が、振動体の振動を抑制します。また、AMD アクチュエータの反力は可動子が慣性力として受けるため、外部に反力受け等余分な機構を必要としません。

全体の制御系の概要を制御ブロック図として図 4 に示します。

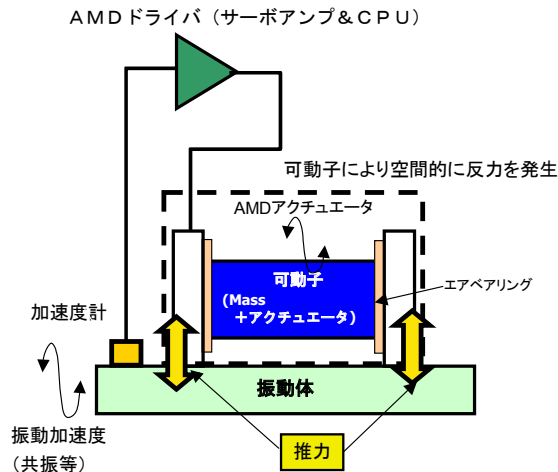


図 3 AMD 原理図

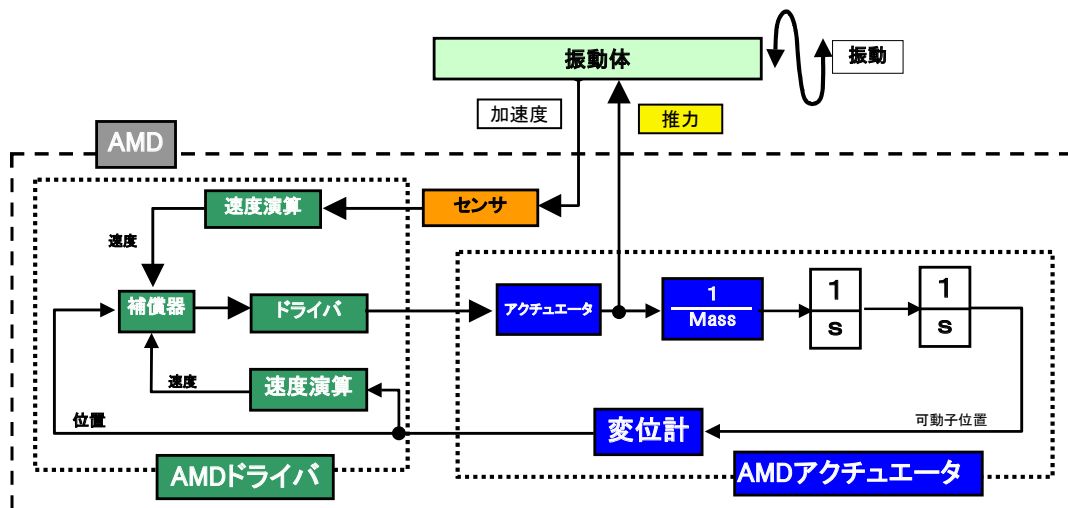


図 4 制御ブロック図

4 制振性能

振動体を剛体モデルとした場合の AMD による振動低減能力を解析した結果を図 5 に示します。この結果、AMD は共振点における振動を約 37dB 低減できる結果を得ました。TMD には共振点の移動が見られましたが、AMD には共振点は発生せず、低減能力においても TMD を上回りました。

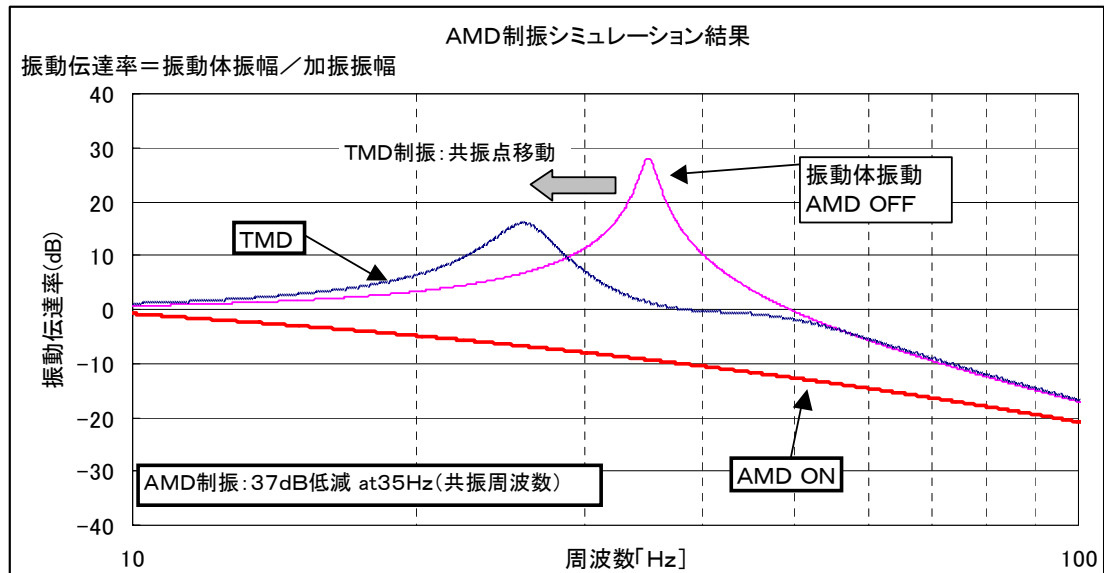


図 5 AMD 制振シミュレーション結果

また、実使用での弾性体を使用した評価試験での振動低減効果を確認した結果を、図 6 に示します。その結果、振動体の共振点で振動を 28dB 低減していると同時に、TMD で見られるような共振点移動も見られず、AMD の特長である広い帯域で安定した振動低減が得られ、精密な製造装置や検査装置への適用に問題ないことが確認できました。

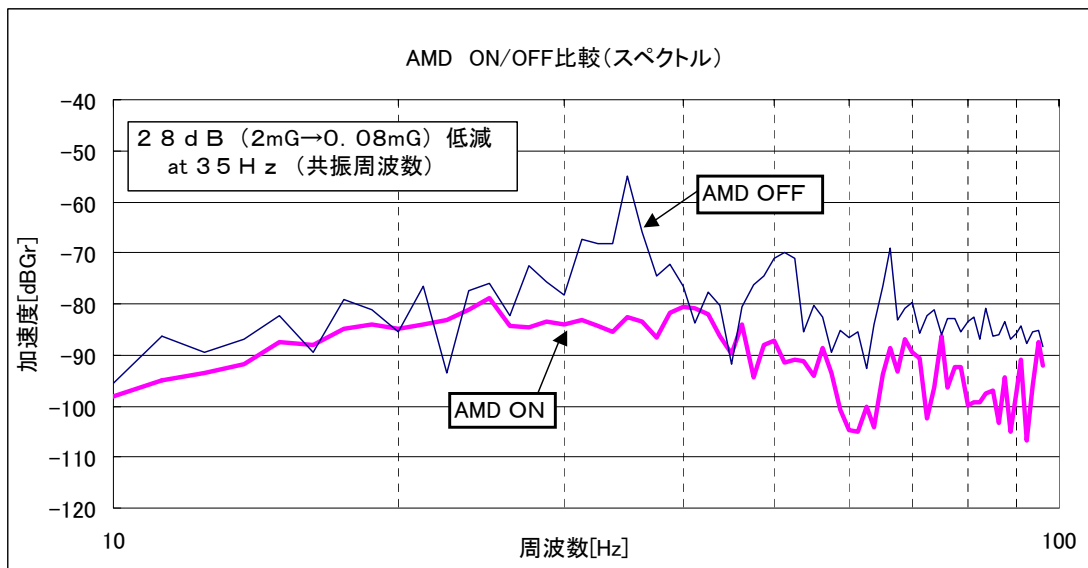


図 6 AMD 制振性能

5 AMD仕様および構成

AMDの主な仕様を表1に示します。

表1 主な仕様

項目	仕様	備考
電源	AC170 ~ 240V 単相 1A	
有効帯域	10 ~ 100 Hz	加速度-推力 位相差 $-90 \pm 30^\circ$
最大推力	90 N	
計測加速度範囲	$\pm 25 \text{ mG}$	
アクチュエータ冷却	液冷方式	
インターフェース	DeviceNet	装置制御

本AMDは加速度計(写真1)、AMDアクチュエータ(写真2)、AMDドライバ(写真3)から構成されています。それらの寸法は表2に示します。



写真1 加速度計 (JA-29MA)

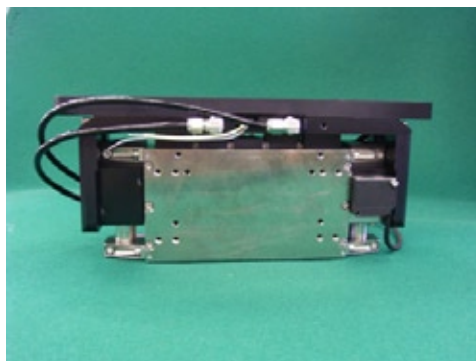


写真2 AMDアクチュエータ



写真3 AMDドライバ

表2 構成・寸法

構成部品	寸法 [mm]	備考
AMDドライバ	430(W) × 95(H) × 377(D)	19インチ標準ラック 接続数 アクチュエータ 最大2台 加速度計 最大4個
AMDアクチュエータ	330(W) × 150(H) × 81(D)	質量10kg以下 内可動子4kg
加速度計	$\phi 25.4 \times 40$	JA-29MA

6 特長

今回開発した AMD は、大型化する精密機器の製造装置、検査装置内の局部振動を抑制するため、以下の特長を有しており、精密機器の製造装置、検査装置における生産性や性能の向上を図ることが可能です。

6.1 高い制振性

TMD は、振動体の振動に合わせて質量 (Mass) や機構的なバネ、減衰器を選択し、それらを調整することで、振動体の振動を抑えるため、振動の変化に制振力を適応させることが困難です。

一方、AMD は振動検知部 (加速度計) によって検知された振動体の振動に合わせて、ゲインを制御することにより振動を抑えるため、制振力を最適化することが可能です。

さらに本開発品では振動検知部分 (加速度計) と推力出力部分 (アクチュエータ) が分離されており、振動体の振動モードを的確に検知する部分に加速度計を配置し、かつ制振に最も有効な部分 (例えば、構造共振の場合は振動の腹) にアクチュエータを設置できるため、高い制振性が得られます。

6.2 多自由度振動に対応

最大 4 個の加速度計入力によって、より複雑な振動 (回転や複数の自由度) の検知が可能となっており、振動体の振動モードの推定精度が向上します。

また、アクチュエータが 2 台接続できるため、その配置の仕方によって、2 自由度 (直動と回転など) の制振が可能です。

6.3 ネットワーク化に対応

インターフェースとして DeviceNet を装備しています。既存のネットワークに接続していただくことで、ネットワーク内での装置制御が容易に行えます。

6.4 制振対象への適応性

アクチュエータ、加速度計がそれぞれ分離しているため、制振対象によって構成を容易に変更することが可能です。

7 むすび

今後、さらに装置の大型化、製品の高密度化、高精細化が進むことによって、種々の局部振動による問題が発生しやすくなり、それらが装置の付加価値を低減してしまいます。

このような問題に対応すべく、今回開発したAMDの特長を生かし、低域振動への対応や、多自由度局部振動モードへの対応等の開発を進めていく所存です。