

単結晶形状記憶合金を適用したエンジンマウント振動減衰器の提案と基礎特性取得

著者	勝又 暢久, 樋口 健, 佐藤 伸平, 小野 寛王
雑誌名	室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センター年次報告書
巻	2016
ページ	70-74
発行年	2017-08
URL	http://hdl.handle.net/10258/00009795

単結晶形状記憶合金を適用したエンジンマウント振動減衰器の提案と基礎特性取得

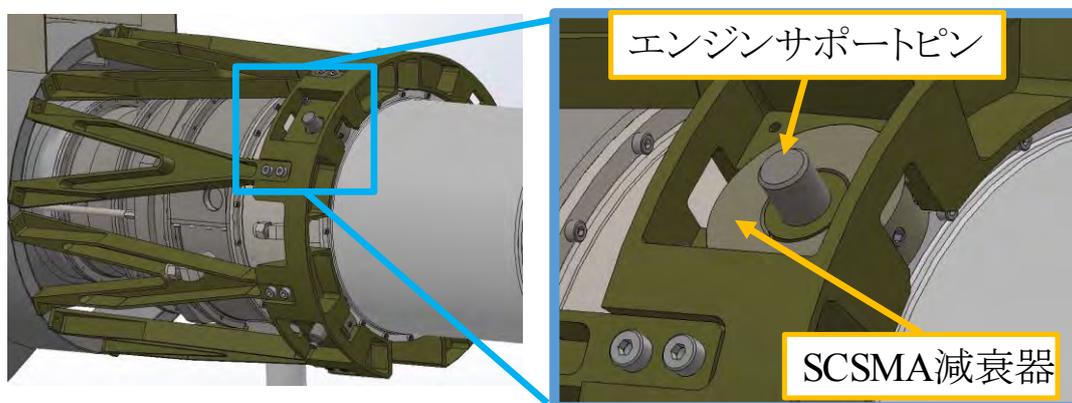
○勝又 暢久 (航空宇宙システム工学ユニット 助教)
樋口 健 (航空宇宙システム工学ユニット 教授)
佐藤 伸平 (航空宇宙総合工学コース 研究生)
小野 寛王 (航空宇宙システム工学コース 学部4年)

1. はじめに

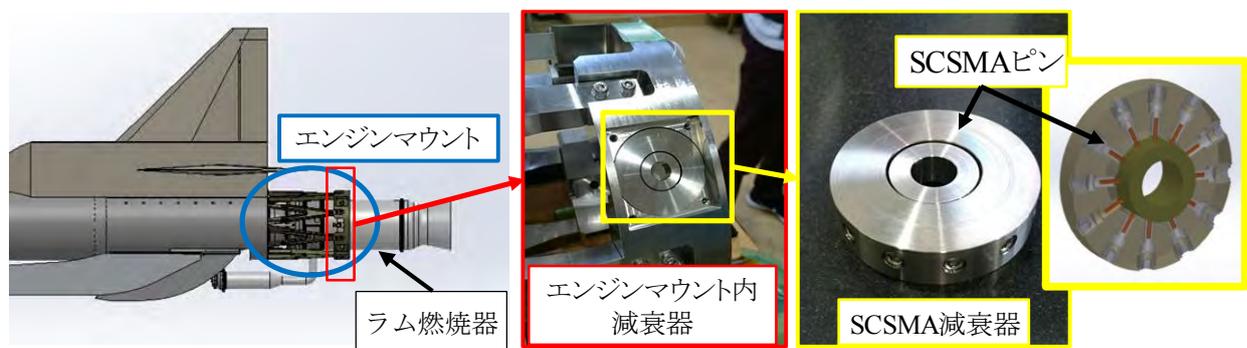
小型超音速実験機は、革新的基盤技術の1つである GG-ATR エンジンによる飛行を計画しているが、エンジン振動が機体構造へ伝達することを軽減する必要がある。また、エンジン燃焼器外表面は約 1000°C と高温になることが予想されることから、油圧や空気圧を用いた一般的な減衰器を適用することが困難である。そこで、高温となるエンジンマウント部でも使用可能な単結晶形状記憶合金 (Single Cristal Shape Memory Alloy, SCSMA) を適用した全金属製の振動減衰器を提案し、設計したエンジンマウント振動減衰器 (以降、SCSMA 減衰器と呼ぶ) の基礎特性を取得した。

2. SCSMA 減衰器の構造と振動減衰の原理

全金属性の振動減衰器として設計された SCSMA 減衰器の概要を図1に示す。エンジンラストピンと結合する円板内 (図1(a) 青枠) に、SCSMA 減衰器が取り付けられている。減衰器内には 24 本の SCSMA ピンが放射状に配置されており (図1(b) 黄枠)、エンジンからの加振によって SCSMA ピンに縦ひずみが生じる。



(a) エンジンサポートピンと SCSMA 減衰器の関係



(b) エンジンマウント部・SCSMA 減衰器の実物と SCSMA の配置

図1 単結晶形状記憶合金（SCSMA）を適用したエンジンマウント振動減衰器の概要

SCSMA ピンに生じた縦ひずみは、SCSMA の超弾性特性により、図2に示す狭い応力負荷範囲に対して広いヒステリシスループでひずみが増加する。そのため、エンジン加振によって SCSMA ピンに生じる縦ひずみの負荷と除荷が繰り返され、ヒステリシスループが循環する。ヒステリシスループで囲まれた面積が減衰性能に対応し、振動によるヒステリシスループが繰り返されることによって振動減衰が行われる。

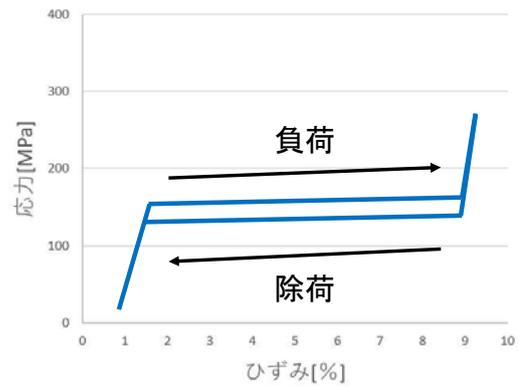
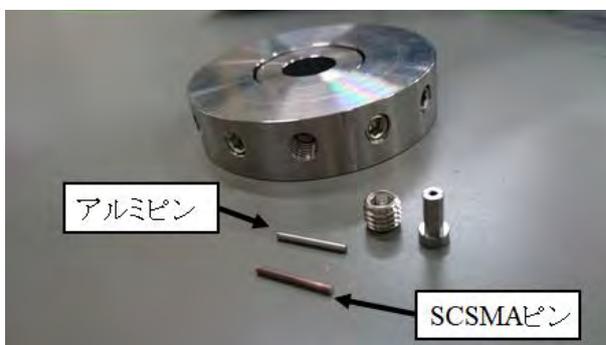


図2 SCSMA の応力-ひずみヒステリシスループの一例

3. 打撃試験による基礎特性の計測

SCSMA 減衰器の基礎特性を計測するため、減衰性能を打撃試験により測定した。SCSMA ピンと剛性が近いアルミピンを用いることで、減衰性能を比較した。図3(a)に試験で用いたアルミピンと SCSMA ピンを示す。

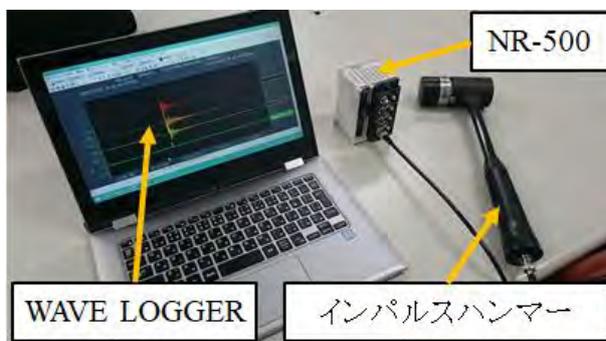
計測系は、図3(b),(c)に示す装置を用いた。打撃による加振入力をするためにインパルスハンマーを用い、エンジンマウントと SCSMA 減衰器を含む供試体に加速度センサを3つ搭載して過渡応答を計測した。実際のエンジンに取り付けられるサポートピンと同様のサポートピンが取り付けられた支持用治具を製作し、図3(b)のように支持用治具を紐で吊り下げて固定した。図3(d)に示す支持用治具の底面を下から打撃することで加振した。



(a) 減衰器に装着するアルミピンと SCSMA ピン



(b) 加速度計の配置



(c) 計測装置の概要



(d) 打撃点

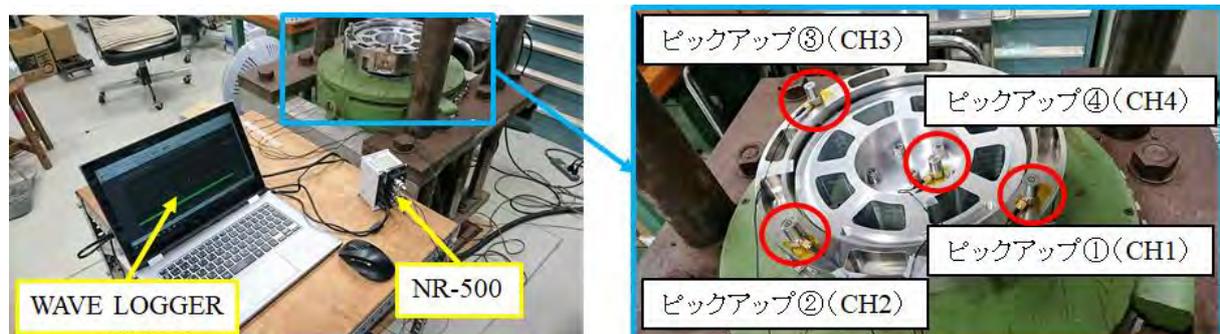
図3 打撃試験の試験装置と概要

アルミピンと SCSMA ピンを用いた場合の周波数応答曲線から、アルミピンと SCSMA ピンで保持されている場合の一次固有振動数を取得した。それぞれの一次固有振動数は約 1300 Hz となり、アルミピンと SCSMA ピンの剛性に差がないことが確認された。

次にインパルスハンマーの入力加速度と加速度センサに得られた出力加速度を用いて振幅応答倍率を取得した。アルミピンの場合の振幅応答倍率の最大値が 23.6 dB であるのに対し、SCSMA ピンの場合には 10.2 dB と計測された。以上の結果より、本打撃試験においては SCSMA ピンの方がアルミピンに比べて約 4.7 倍の振動減衰効果があることが計測された。

4. 周波数スイープ正弦波加振試験による基礎特性の計測

3 の打撃試験に加えて周波数スイープによる正弦波加振試験を行い、SCSMA 減衰器の基礎特性を計測した。3 の打撃試験と同様に、アルミピンと SCSMA ピンを用いて計測結果を比較した。加振器ヘッドと支持用治具を固定し、支持用治具側に入力加速度を計測するための加速度センサを 1 つ搭載した (図 4 (b) CH 4)。出力加速度は、エンジンマウント部に加速度センサを 3 つ搭載して計測した (図 4 (b) CH 1~3)。周波数は 200~1500 Hz 間を片道 6 分間かけてリニアスイープさせ、アップサンプリングとダウンサンプリングの両方を計測した。



(a) 計測装置と加振器

(b) 加速度センサの配置

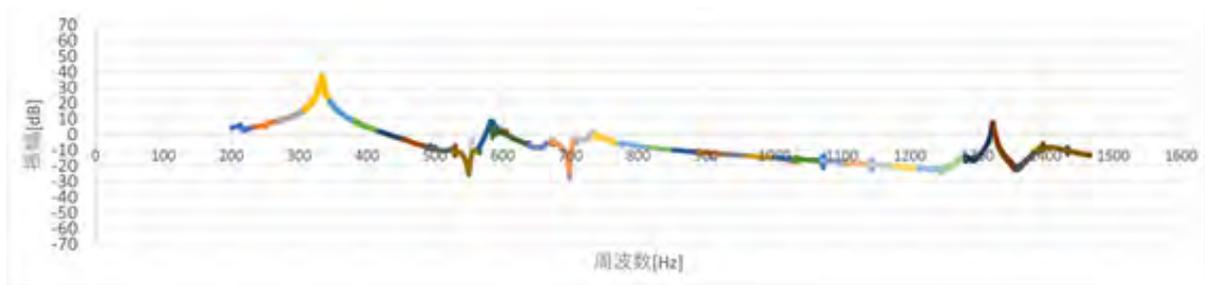
図 4 周波数スイープ正弦波加振試験の概要

図 5, 6 に加速度振幅の周波数応答曲線の一例を示す。それぞれ約 200~1500 Hz のアップスイープの場合で、加振器入力レベル 1 の微小振幅に対する応答を図 5 に、加振器入力レベル 3 の振幅に対する応答を図 6 に示す。加振器の性能上、振幅や加速度を一定に保った状態での周波数スイープが行えなかったため、今回は加振器の入力調整つまみのレベルで比較している。

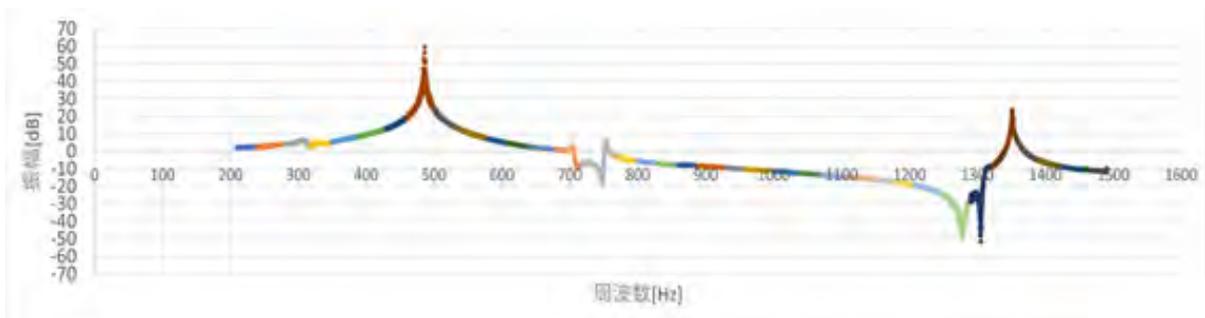
図 5 の結果から、加振レベル 1 の微小振幅の場合には、一次固有振動数における SCSMA の応答倍率がアルミピンより高くなる結果となった。また打撃試験ではアルミピンと SCSMA ピンで一次固有振動数は一致したが、正弦波加振試験においては SCSMA ピンの方がアルミピンに比べて固有振動数は約 1.5 倍高くなった。図 6 の結果から、加振レベル 3 の場合には、アルミピンでは微小振幅時に得られた一次のピークもなくなり、全体として振動が減衰される結果となった。一方 SCSMA ピンでは、加振レベル 1 の場合に比べると一次のピークに対して応答倍率が約 25 dB 減少したが、アルミピンに比べると減衰性能が劣る結果となった。また、エンジンの定格回転数である 56,000 rpm (933 Hz) 付近においては、どの場合においても減衰していない結果となった。

加振レベル 1 の場合には、微小振幅のために SCSMA のヒステリシスループが機能しなかったことが考えられる。また、実験終了後に SCSMA ピンを観察した結果、曲げによる塑性変形が生

じていた。このことから、本加振試験においては SCSMA に縦ひずみが生じず、想定していた減衰性能を得られなかったと考えられる。

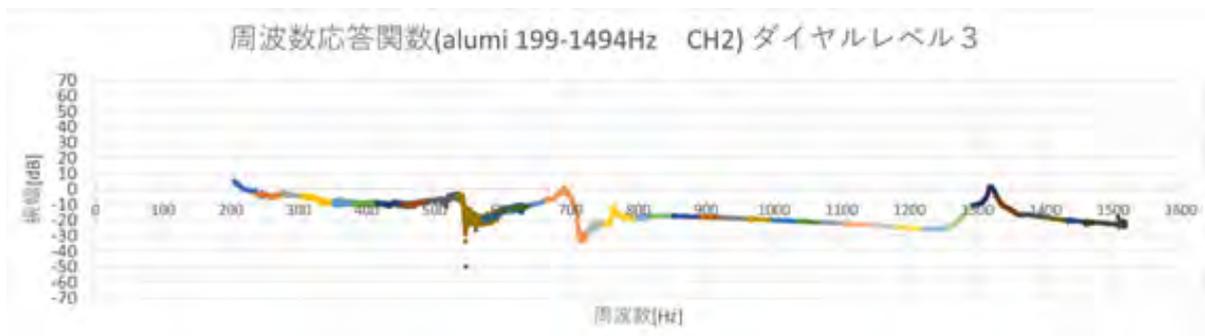


(a) アルミピンの周波数応答曲線 (CH 1)

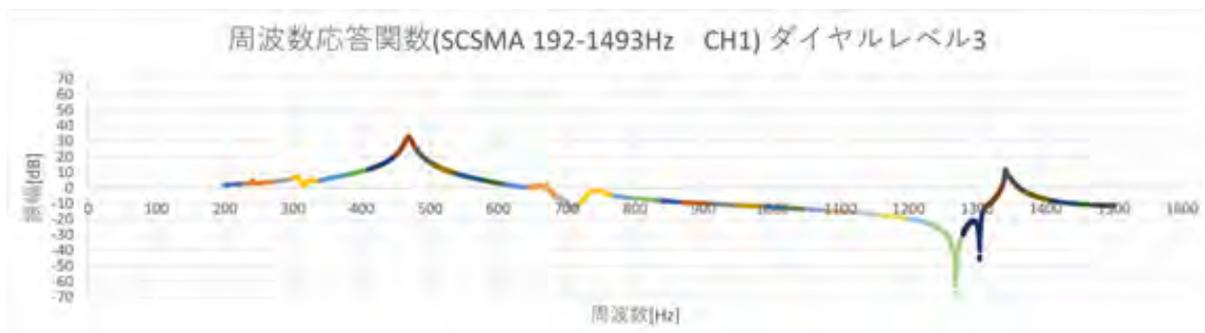


(b) SCSMA ピンの周波数応答曲線 (CH 1)

図5 加振レベル1の場合のアルミピンとSCSMAピンの周波数応答曲線



(a) アルミピンの周波数応答曲線 (CH 1)



(b) SCSMA ピンの周波数応答曲線 (CH 1)

図6 加振レベル3の場合のアルミピンとSCSMAピンの周波数応答曲線

5. まとめ

エンジン燃焼器付近の高温環境でも利用できるエンジンマウント振動減衰として、単結晶形状記憶合金 (SCSMA) の応力-ひずみヒステリシスを用いた全金属製の振動減衰器を提案し、試作した SCSMA 減衰器の基礎特性を打撃試験と周波数スイープ正弦波加振試験により計測した。

打撃試験の結果から、比較のためにアルミピンを用いた減衰器に比べて SCSMA ピンを用いた減衰器の場合には約 4.7 倍の減衰性能があることが確認された。しかし、周波数スイープ正弦波加振試験においては、SCSMA に圧縮変形ではなく曲げ変形が生じ、ヒステリシスループが循環しなかったと考えられることから、想定した減衰性能を得ることができなかった。

SCSMA ピンに曲げ変形が生じないためのピン支持・固定方法の検討とそれを踏まえた減衰器の再設計、また SCSMA 減衰器の振幅依存性の確認などが今後の課題である。