

# 構造一体型 PCM デバイス実用化/高性能化のための研究

デジタルものづくり課 山本貴文 機械電子研究所 中村陽文  
国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 島中龍太、岡本 篤  
有限会社オービタルエンジニアリング 斎藤雅規

## 1. 緒言

宇宙産業において、単位体積(重量)あたりの吸発熱量に優れる相変化蓄熱材(Phase Change Material, PCM)を利用した熱制御技術が有望視されている。著者らは、PCMを保持する管体の製造手法としてアディティブマニファクチャリング(AM)を適用し、これまでに宇宙機実装を想定した軽量・伝熱フィン一体型 PCM デバイスを開発してきた<sup>1)</sup>。これらの実用化/量産化に向けては、品質管理の指針が不可欠であるが、AM 製造の信頼性には不明瞭な一面もある。本稿では、品質管理項目として重要視される「AM 部品の形状精度」に着目し、X 線 CT 技術により 3 次元的に PCM 管体の形状を計測するとともに、繰返し造形により造形の再現性を評価した結果を記す。

## 2. 試験結果など

図 1 に、PCM 管体造形時の 3D データ配置図を示す。PCM 管体は造形方向に対して 45°傾斜させ、両端には CT 解析時の座標調整に用いる 20 mm 角ブロックを設けた。造形には、粉末床熔融結合方式の金属 3D プリンタ(EOS 社、EOSINT-M280)を用いた。造形材料は、標準材のアルミ合金粉末(Al-10Si-0.4Mg)とし、メーカー指定のレーザー照射条件を適用した。応力除去熱処理後、ワイヤ放電加工機を用いてベースプレートから切離した PCM 管体を形状計測の供試体とした。なお、造形の再現性を評価するため、上述の工程を 5 回実施した。形状計測には、マイクロフォーカス X 線 CT 装置(島津製作所、inspeXio SMX-225CT FPD HR)を使用した。CT 撮影時の空間分解能は 0.174 mm であり、PCM 管体の大きさを考慮した際の最高分解能に相当する。データ解析には VG studio Max(ボリュームグラフィックス社)を使用した。解析手順は次の(a)~(e)のとおりである；(a)全 CT データのうち PCM 管体の領域を選択・抽出、(b)物体と空気の間閾値にて面定義、(c)基準ブロックから幾何要素を作成、(d)幾何要素を基に PCM 管体(実測データ)と CAD(設計データ)の位置合わせ、(e)実測値と設計値の変位量を計測。

図 2 に、結果の一例として、実測値/設計値の絶対偏差と累積頻度の関係を示す。横軸の絶対偏差は、変形の方角を無視した変位量を示しており、図中には 5 つの PCM

管体の形状計測の結果が区別なく記してある。図 2 から、絶対偏差の標準偏差  $1\sigma(F=68.27\%)$ 、 $2\sigma(F=95.45\%)$ 、 $3\sigma(F=99.73\%)$  の範囲は、それぞれ 0.04~0.05 mm、0.09~0.10 mm、0.15~0.17 mm に留まることが分かる。標準偏差  $3\sigma$  の最大値 0.17mm が CT 撮影時の空間分解能に相当することから、本実験で使用した X 線 CT 装置では識別困難なレベルで形状が精度よく再現できることが分かった。また、同傾向は 5 つの PCM 管体の形状計測の結果に認められた。つまり、供試体間で形状の有意な差は無いと言える。形状精度と造形の再現性の定量評価には空間分解能に優れた CT 計測が必要であるものの、AM 製造の高い信頼性を示唆する成果が得られた。

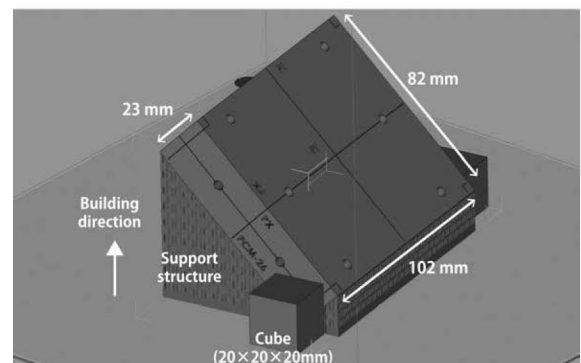


図 1 PCM 管体造形時の 3D データ配置図

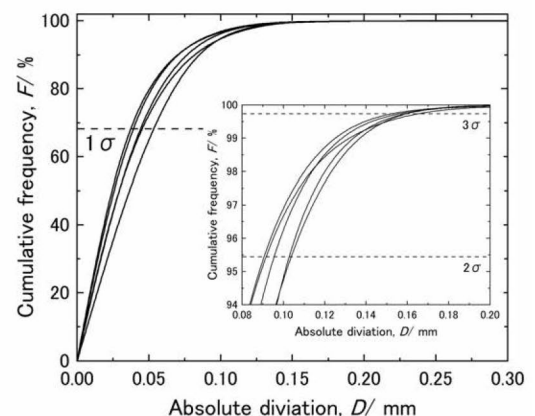


図 2 実測値/設計値の絶対偏差と累積頻度の関係

## 参考文献

- 1) R. Hatakenaka, M. Saitoh, T. Yamamoto, T. Kobayashi and H. Yokozawa, 50<sup>th</sup> International Conference on Environmental Systems, ICES-2021-247, 2021