

# 小型SAR衛星のアンテナ構造システム -EM設計，試験評価-

馬場満久<sup>(1)</sup>，石村康生<sup>(1)</sup>，中村和行<sup>(2)</sup>，久原隆博<sup>(2)</sup>，友田孝久<sup>(1)</sup>，竹谷昇<sup>(3)</sup>，伊藤憲男<sup>(3)</sup>，松井一吹<sup>(4)</sup>，  
岩崎愛樹<sup>(5)</sup>，澤田健一郎<sup>(1)</sup>，杉本諒<sup>(1)</sup>，間瀬一郎<sup>(6)</sup>，齋藤宏文<sup>(1)</sup>

(1)国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構，(2)株式会社テクノソルバ，(3)アデコ株式会社，(4)芝浦工業大学大学院，(5)神奈川大学，(6)次世代宇宙システム技術研究組合

## 1. 概要

合成開口レーダ(以下、SAR)を用いた衛星システムの具現化により，災害時などの緊急時に，広く国民に対して即応的に情報の収集および提供が可能となる。これに必要となる主要技術の確立を目指し，現在100kg級小型衛星による展開式SARアンテナシステムの開発を進めている。  
図1に小型SARアンテナの構造設計における要求の一部を示す。  
このうちEMモデルを使い熱ひずみ計測試験，展開再現性確認試験，モーダルサーベイ，機械環境試験（正弦波，サインバースト，音響，衝撃）を実施した。

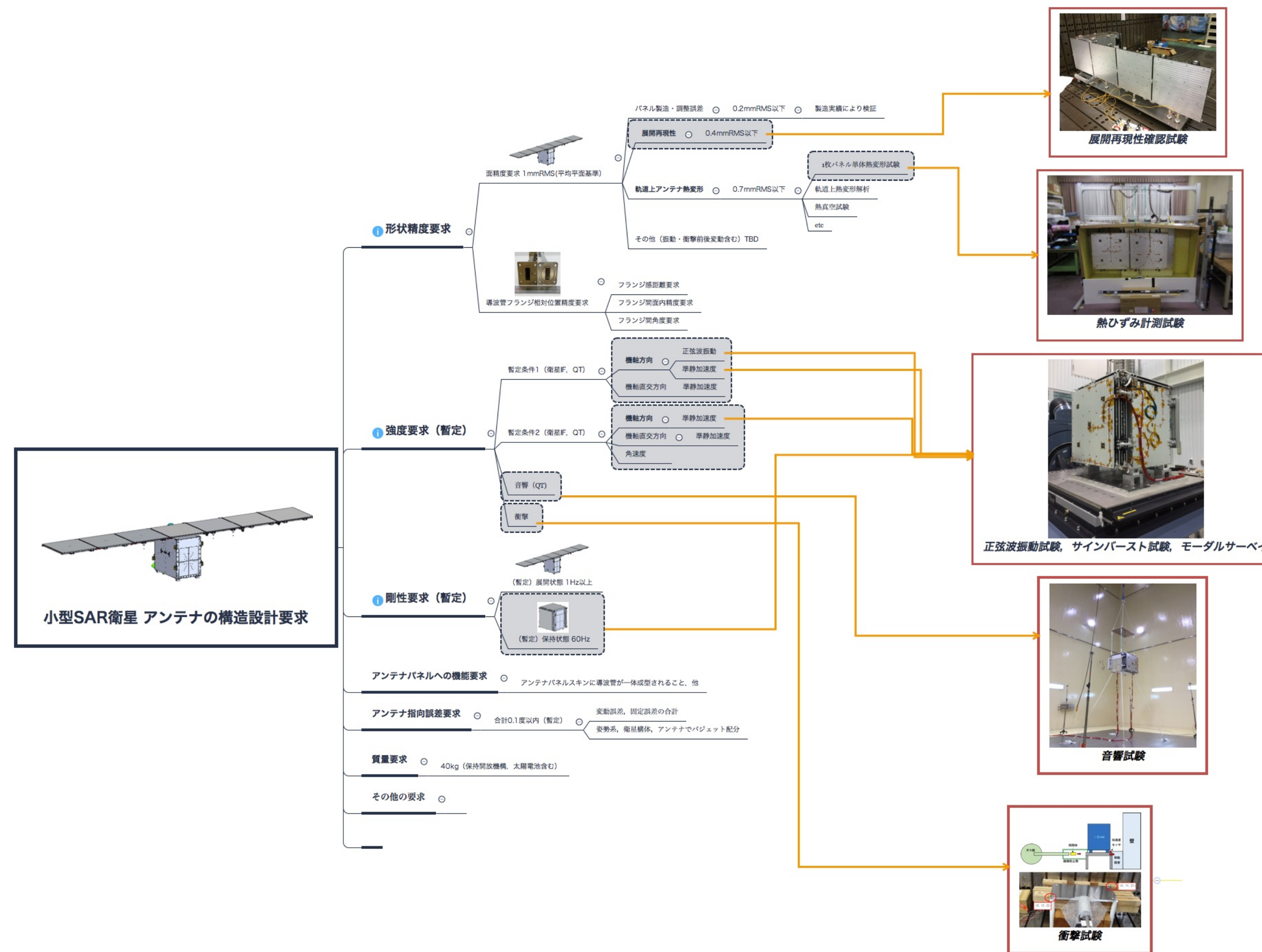


図1. 小型SARアンテナの構造設計要求（一部）

## 2. 熱ひずみ計測試験

SARアンテナBBMでは，本熱ひずみ計測試験によって熱変形解析と実際の熱変形量とを比較し，必要に応じて構造熱数学コリレーションを行うことを目的とした。ただし剛体成分補正ができない  
EMアンテナでもBBM1試験と同様にパネルの熱変形を評価することを目的とした。ただし，ヒンジ部の変形も考慮するため，EM試験ではパネル2枚を使用している。基準点を設けるため，片側パネルの端部の変位を6自由度拘束した。パネル#3とヒンジを加熱。AICONによる計測結果は，拘束されている側のパネル#2の変位が最小となるように，剛体成分補正を行った。変形を拘束しないように，バネで重力補償を行った。  
現在，試験結果と解析の比較評価を継続中である。

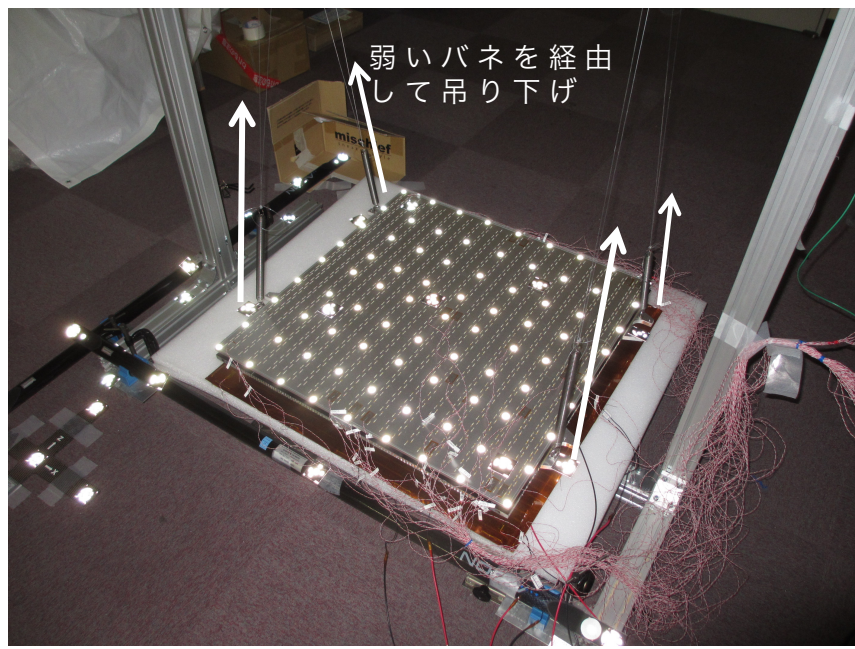


図2. 小型SARアンテナBBM1パネル熱変形試験  
パネル1枚のみ

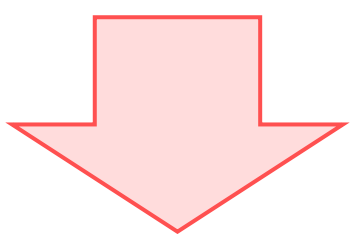


図3. 小型SARアンテナEMパネル熱変形試験  
パネル2枚+ヒンジ

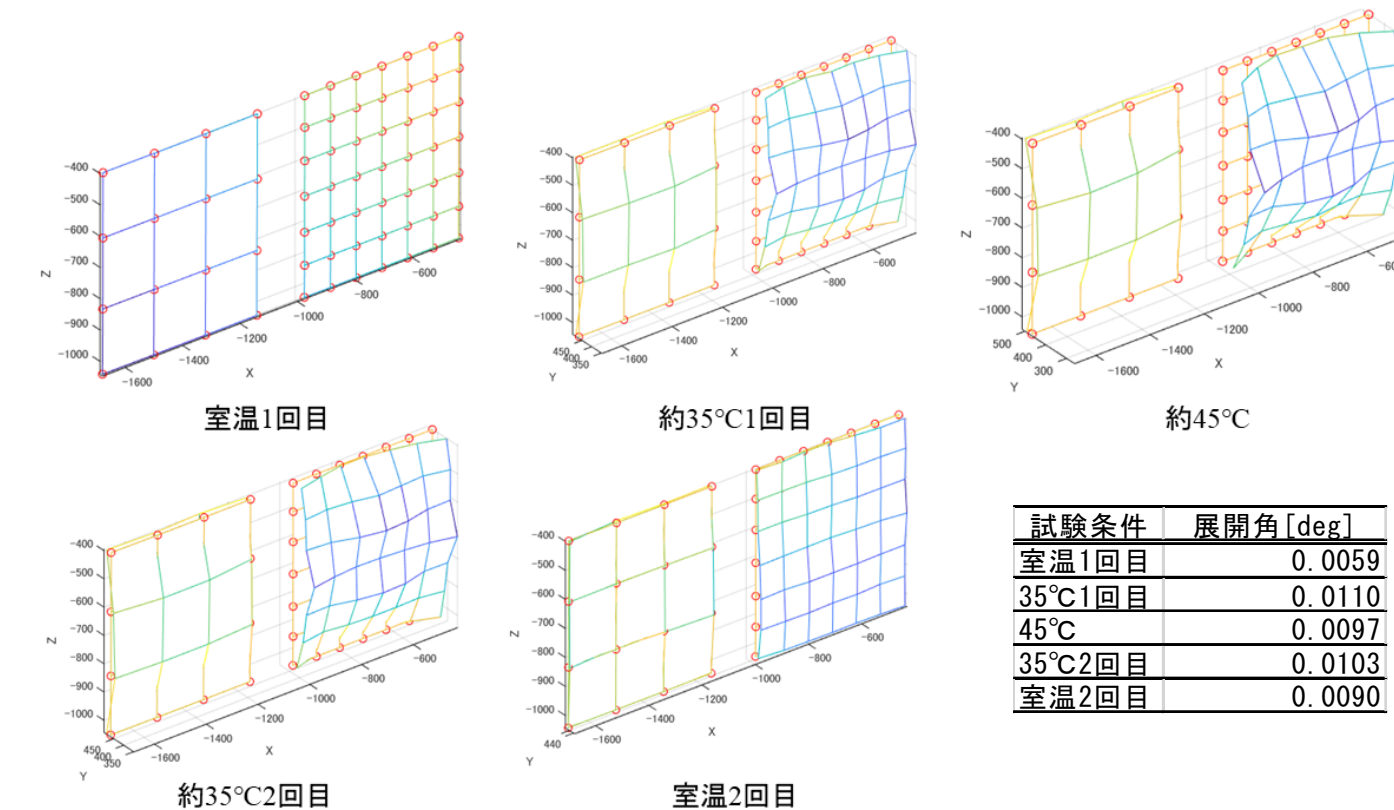


図4. AICONによる熱変形計測結果  
変形を500倍に拡大

- 評価手順
1. フォトグラメトリによる実測点および測定した温度分布を基にした熱変形解析の結果から，最小二乗法により平均平面を導出した
  2. 面外変位（z方向）を平均平面からの変位として評価した
  3. 上記の処理を行い，剛体変位を除き，平均平面からの変位で比較しRMSを導出した

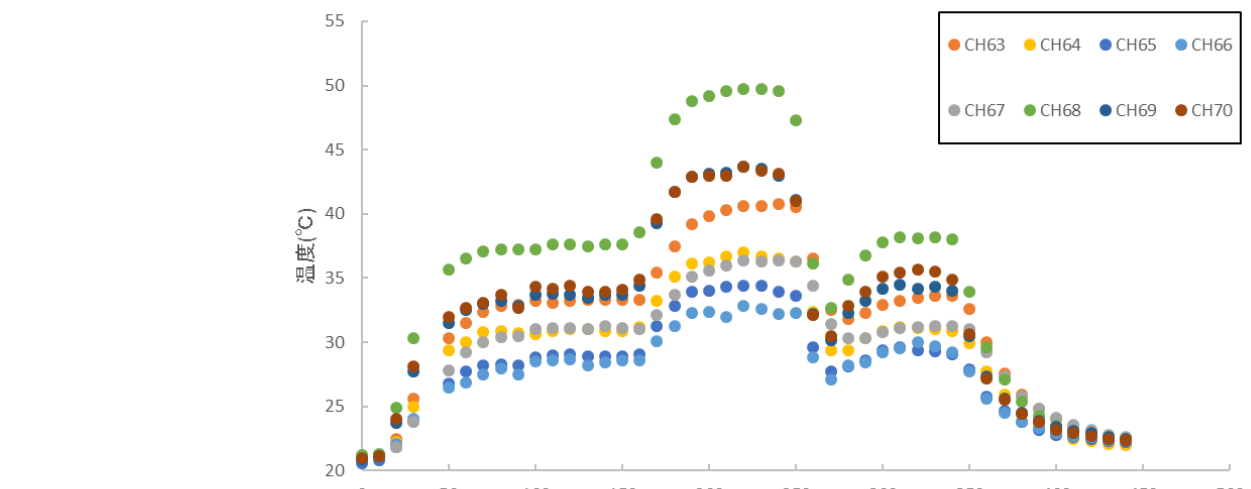
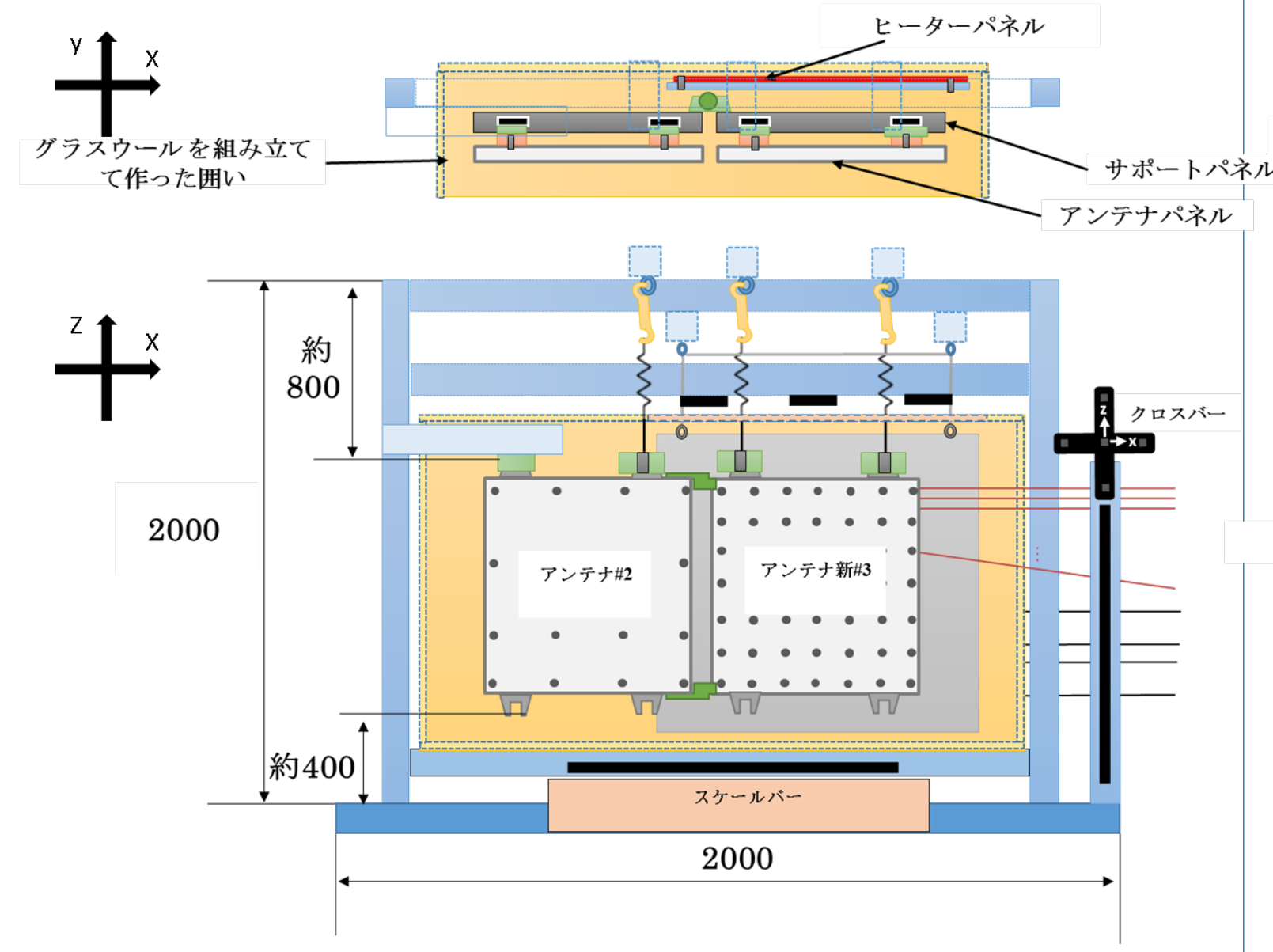


図5a. サポートパネル#3 ヒーター側 温度履歴

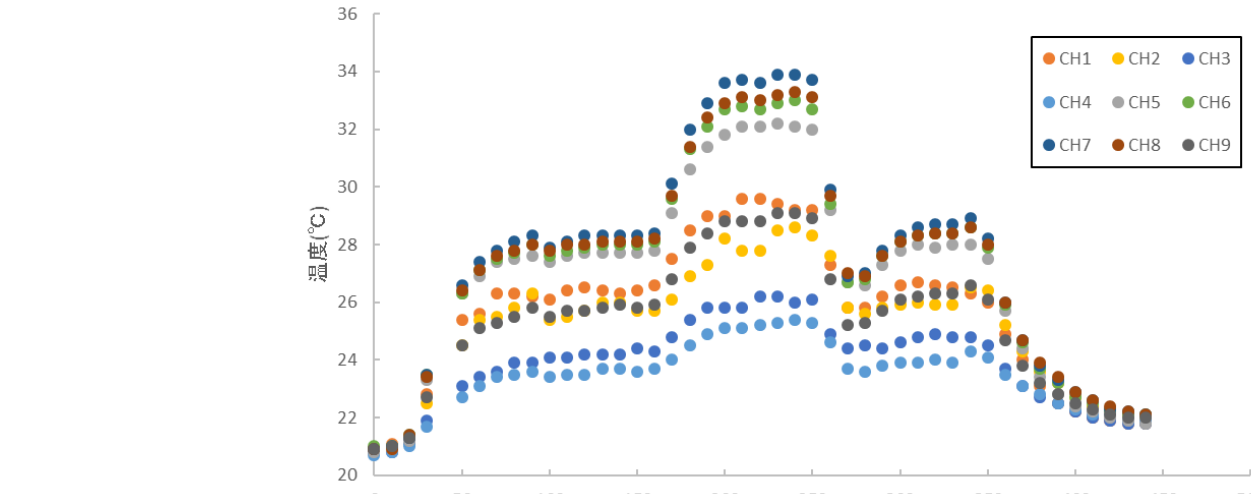


図5b. アンテナパネル#3 表面側 温度履歴

## 3. 展開再現性確認試験

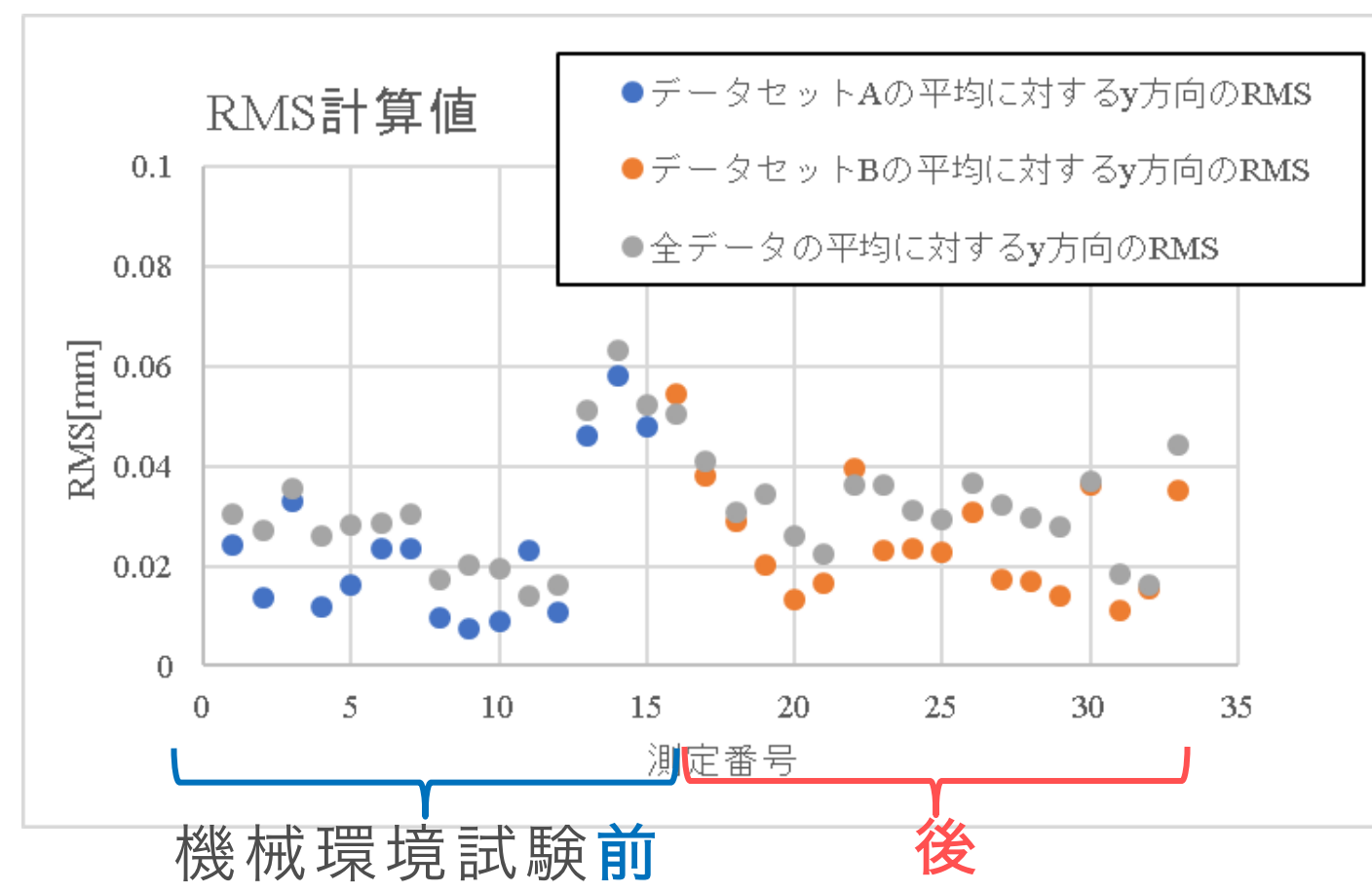
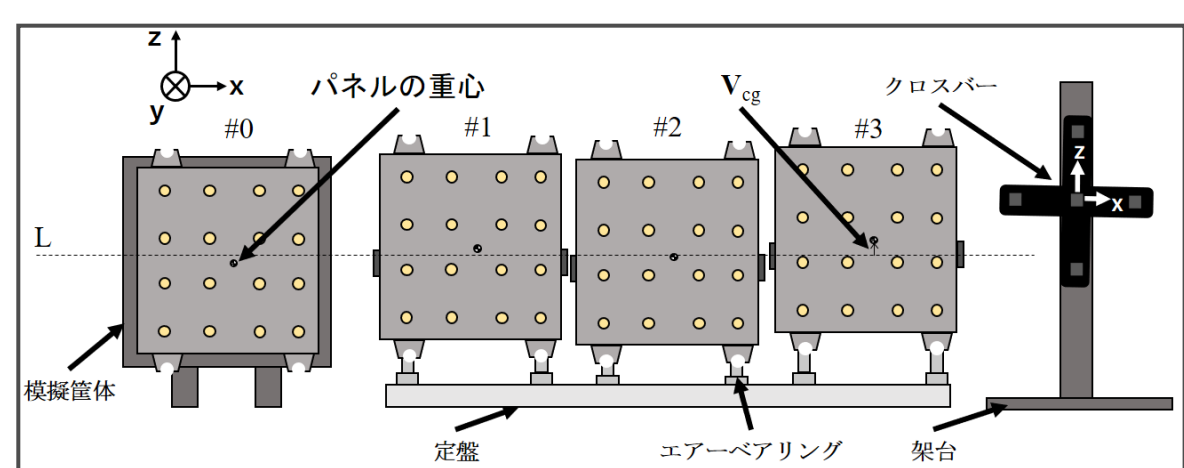
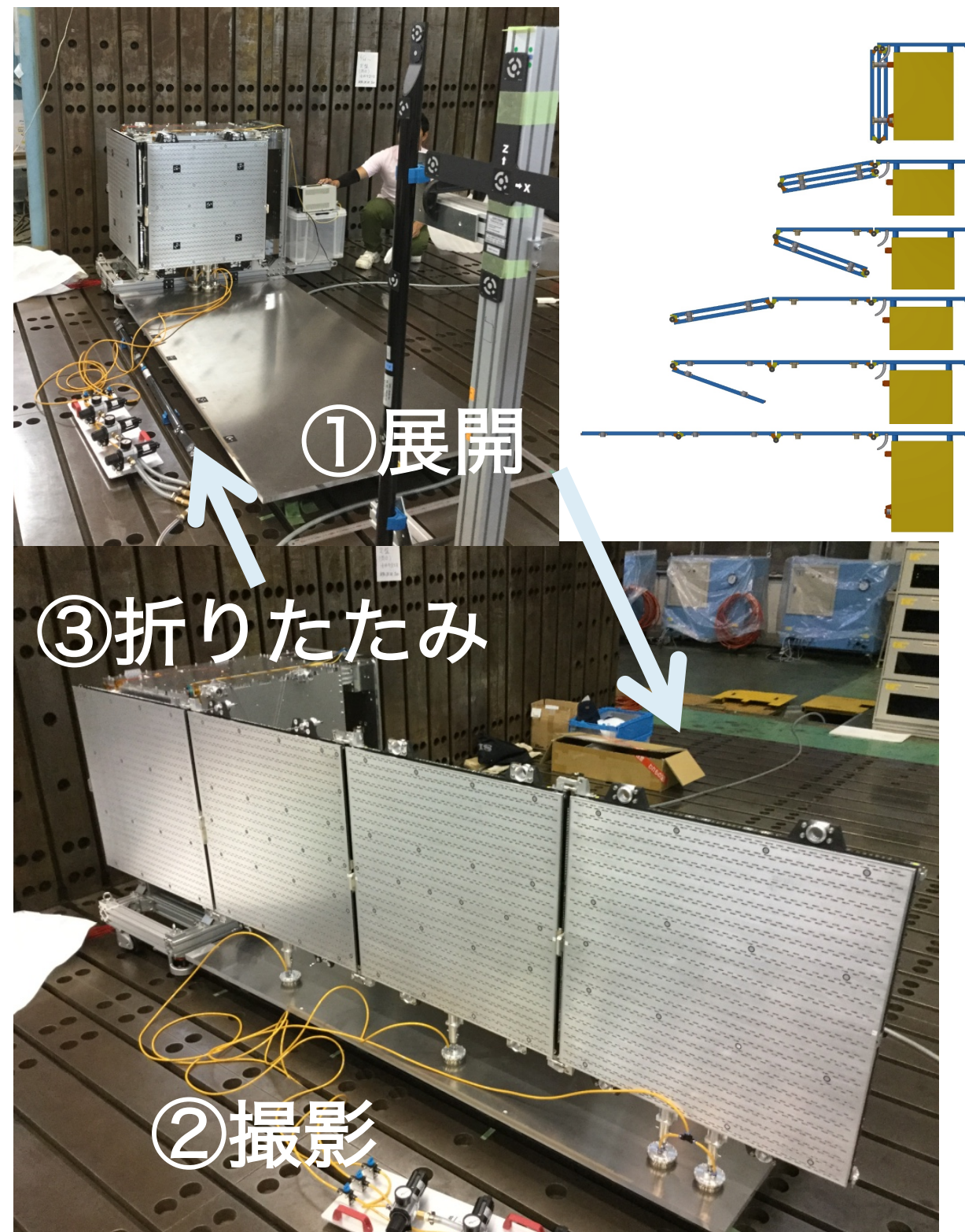


図6. 小型SARアンテナ展開再現性 RMS

本SARアンテナシステムは展開アンテナ2対と衛星構体上の中央パネルにより全長4.9mとなる。  
EMパネルでは，機械環境試験前後での展開再現性を確認することが必要である。エアベアリングを用いた空気浮上装置とフォトグラメトリを用いたアンテナパネルの座標測定により評価した。昨年度のBBM1では考慮していないパネル間ハーネスも実装した状態で比較している

- 展開再現性確認試験 手順
- ① エアベアリングで空気浮上させながら，準静的にパネルを展開する
  - ② フォトグラメトリによりパネル面内の測定点を撮影し，座標を取得する
  - ③ 元の状態まで再びパネルを折りたたむ  
上記①～③を繰り返す

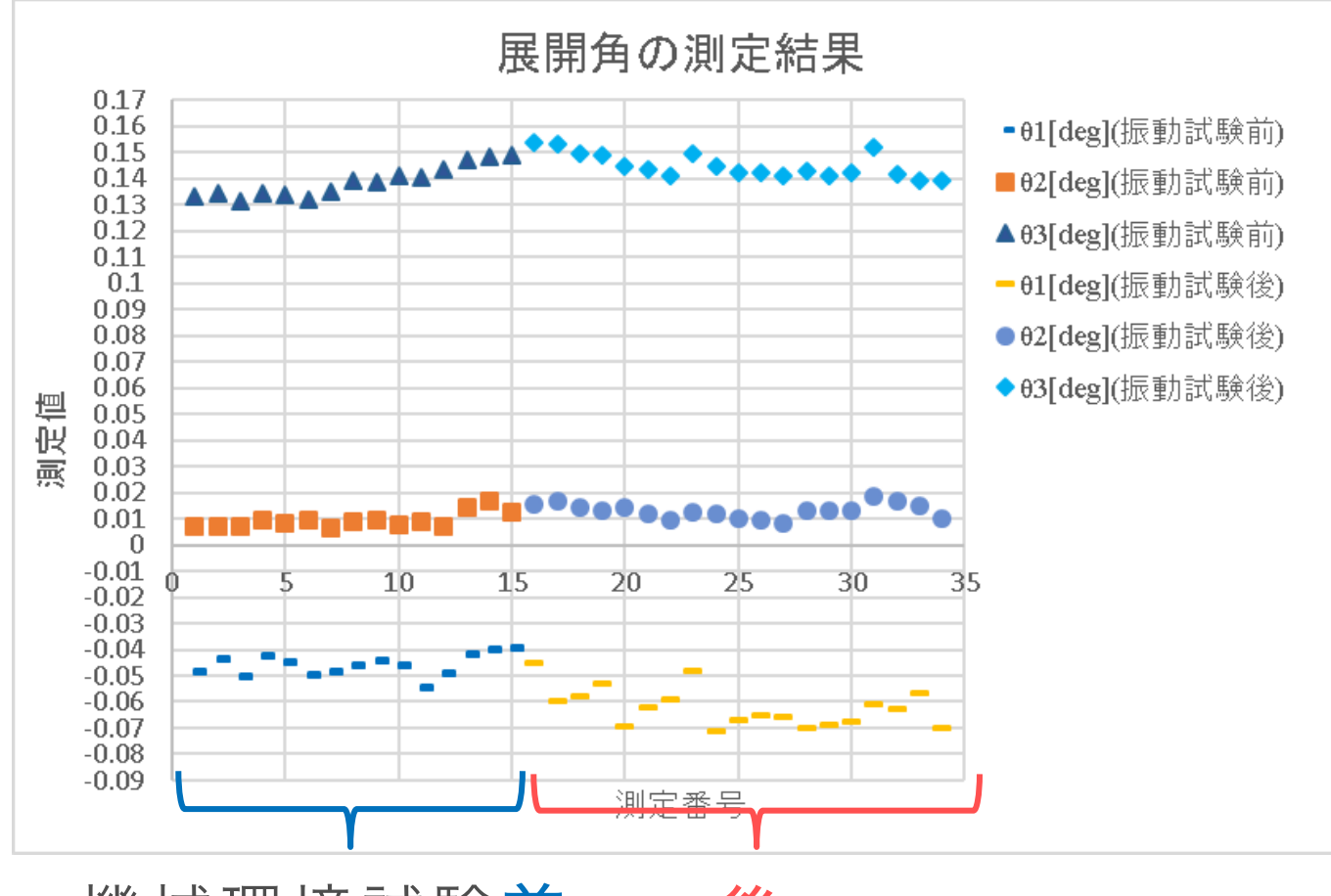
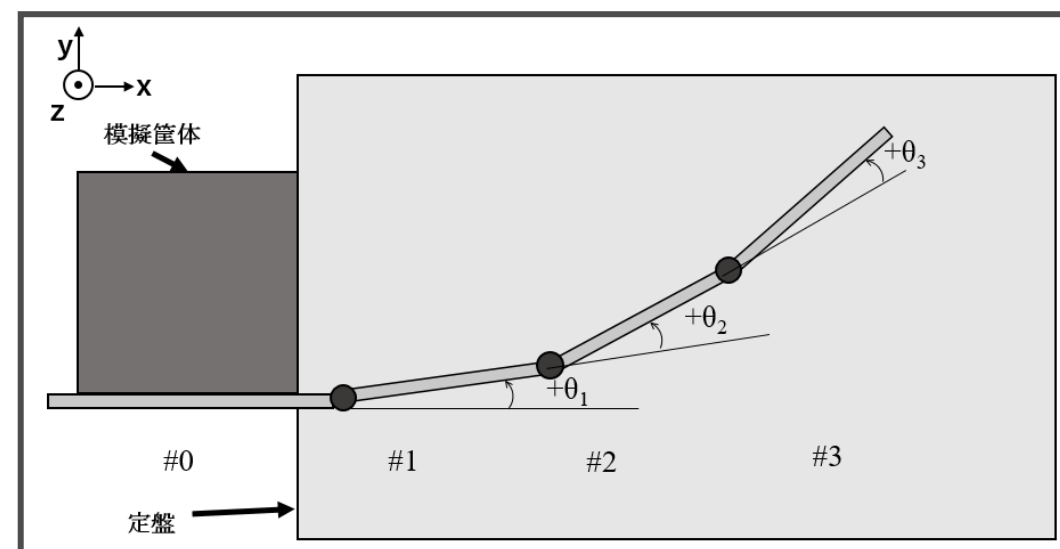


図6. 小型SARアンテナ展開再現性 展開角

機械環境試験前後で展開再現性試験比較の結果，試験後にバラツキは大きくなるものの，0.1mmRMS(<バジェット0.4mmRMS)であるため，展開の再現性が十分であることを確認した。本評価は片翼での評価であり，剛体補正によって再現性を良い方向に評価してしまっているが，4倍の差がある。

## 4. モーダルサーベイ試験，正弦波振動試験，音響試験，衝撃試験

衛星システムから要求される剛性要求，強度要求を満足しているかを模擬衛星構体を用いて試験を実施した。ただし片翼はダミーアンテナである。

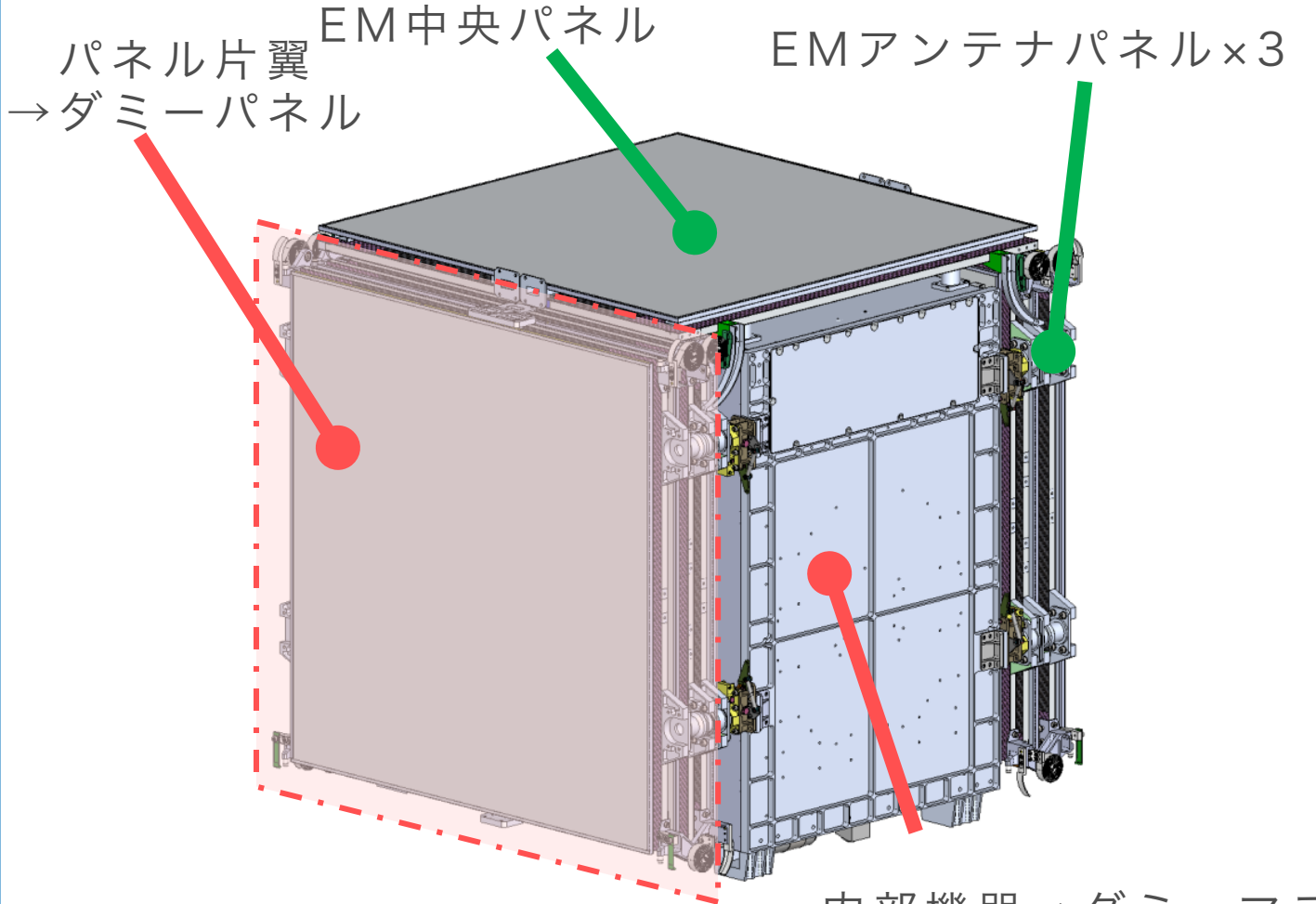


図7. EM振動試験構体とFMとの比較

	試験結果 [Hz]	解析結果 [Hz]
最低固有振動数 X	80	83
最低固有振動数 Y	93	81
最低固有振動数 Z	179	174
アンテナX方向1次	106	101
アンテナY方向1次	114	114
アンテナZ方向1次	179	182

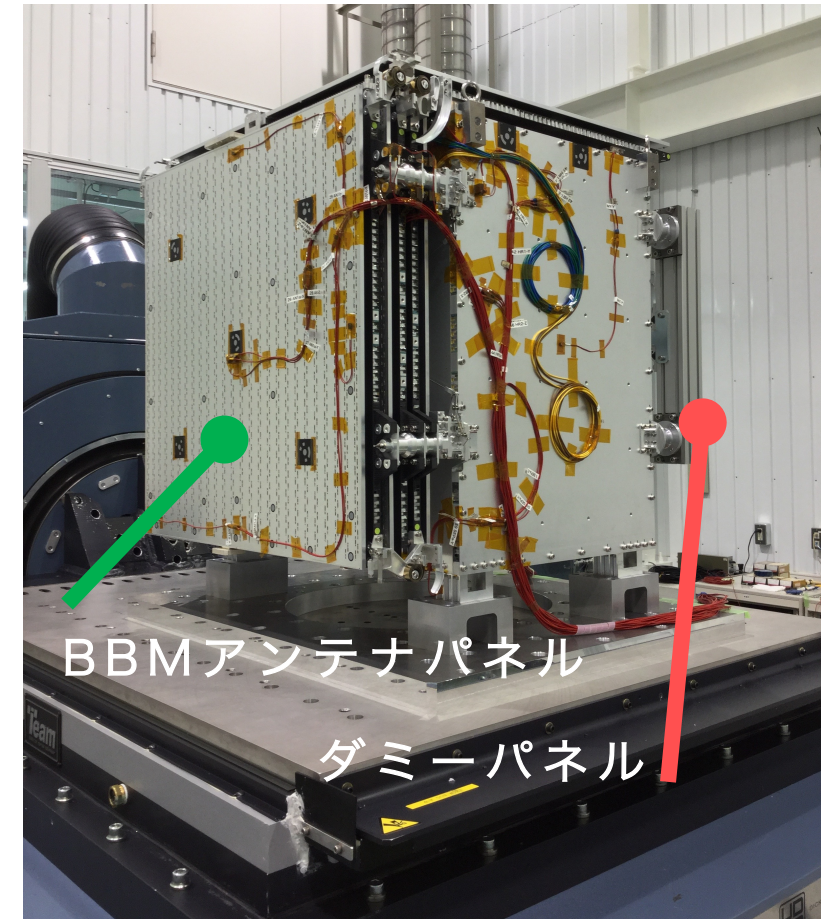


図8. Y軸加振前の状態



図9. Z軸加振前の状態

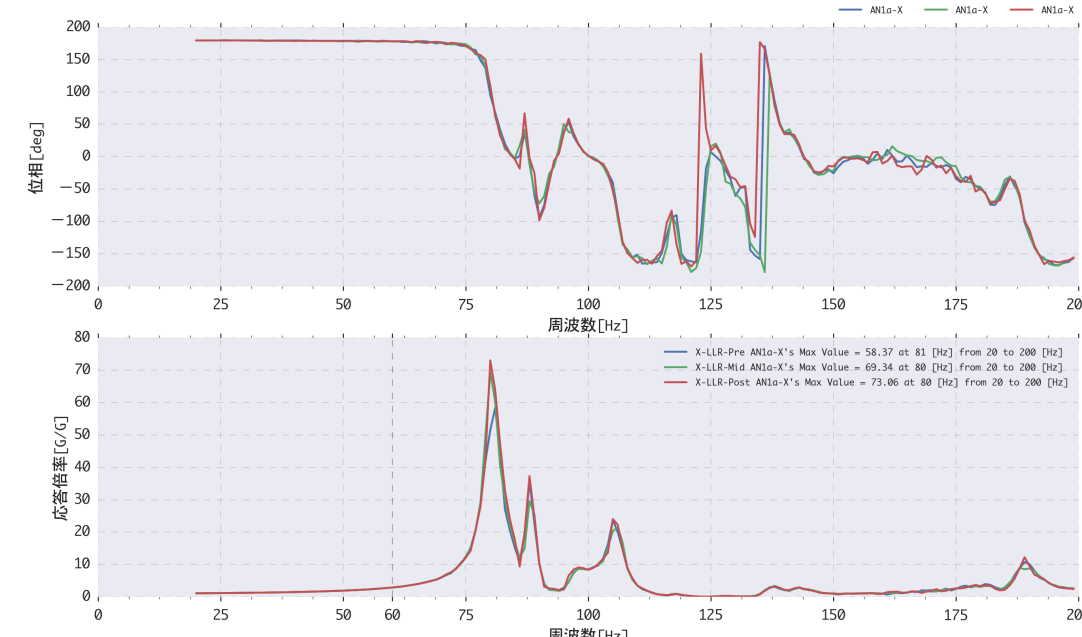


図10. X方向加振時 EMアンテナ最外中央



図11. 音響試験

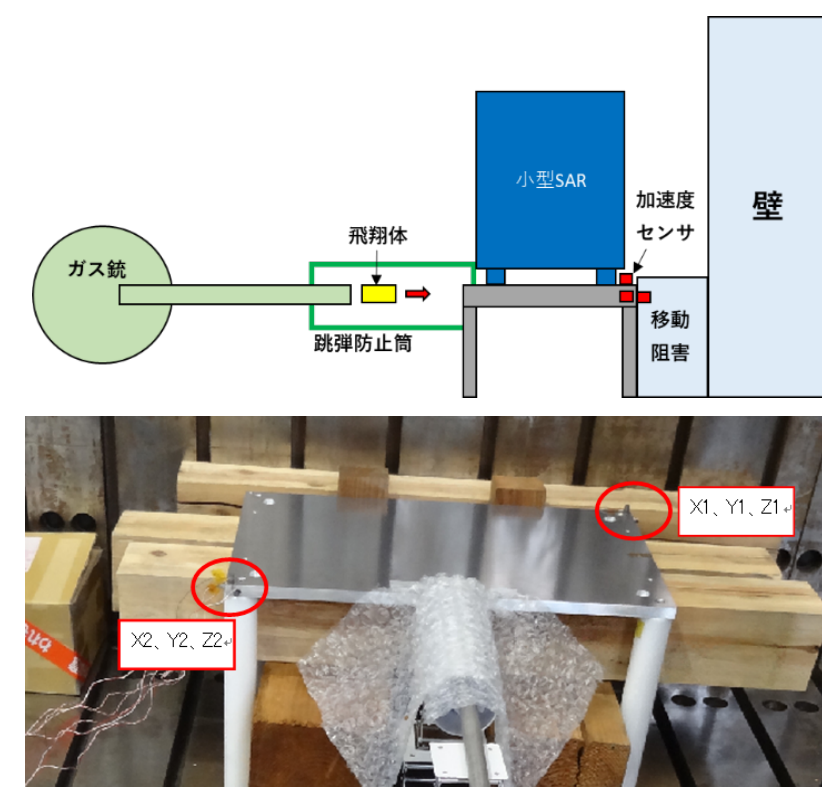


図12. 衝撃試験

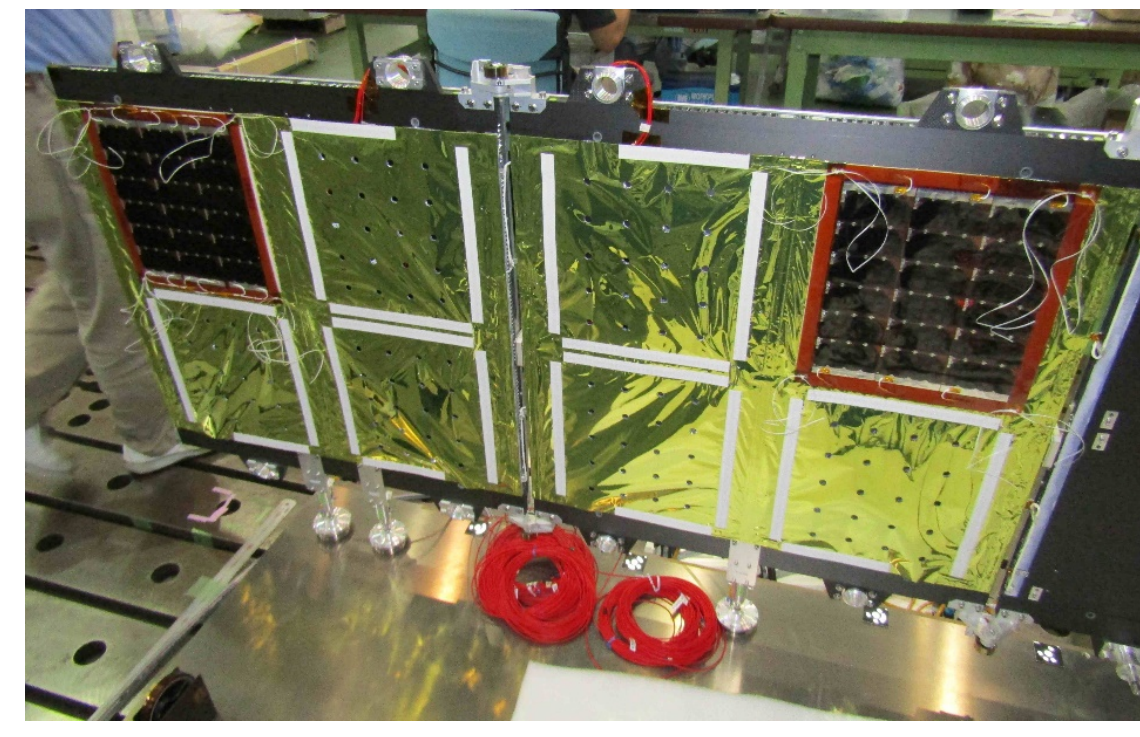


図13. アンテナ裏面の薄膜太陽電池セル

EM試験構体の最低次固有振動数81Hzが，衛星システムから要求される剛性要求を満足していることが確認できた。  
強度検証として正弦波振動試験，サインバースト試験を実施した。試験後の外観検査でも問題がなく，試験前後のLLRの比較で有意な差が見られず，十分な余裕を有する設計が行えていると判断した。続いて音響試験，衝撃試験を実施した。一連の試験後にフランジボルトによるアンテナパネル展開を確認した。また機械環境試験前後で太陽電池セルの電気特性を評価し，問題がないことを確認した。

### 謝辞

本研究は，総合科学技術・イノベーション会議により制度設計された革新的研究開発推進プログラム（ImPACT）により，科学技術振興機構を通して委託されたものです。