

# 太陽電池兼用小型SARアンテナの熱設計

## Thermal Design of Small SAR antenna with Solar Array

和田 紗希<sup>(1)</sup>, 杉本 諒<sup>(2)</sup>, 間瀬 一郎<sup>(3)</sup>, 石村 康生<sup>(2)</sup>, 馬場 満久<sup>(2)</sup>, 中村 和行<sup>(4)</sup>, 齋藤 宏文<sup>(2)</sup>

(1) 東大・院 (2) JAXA (3) NESTRA (4) (株)テクノソルバ



MicroXSAR

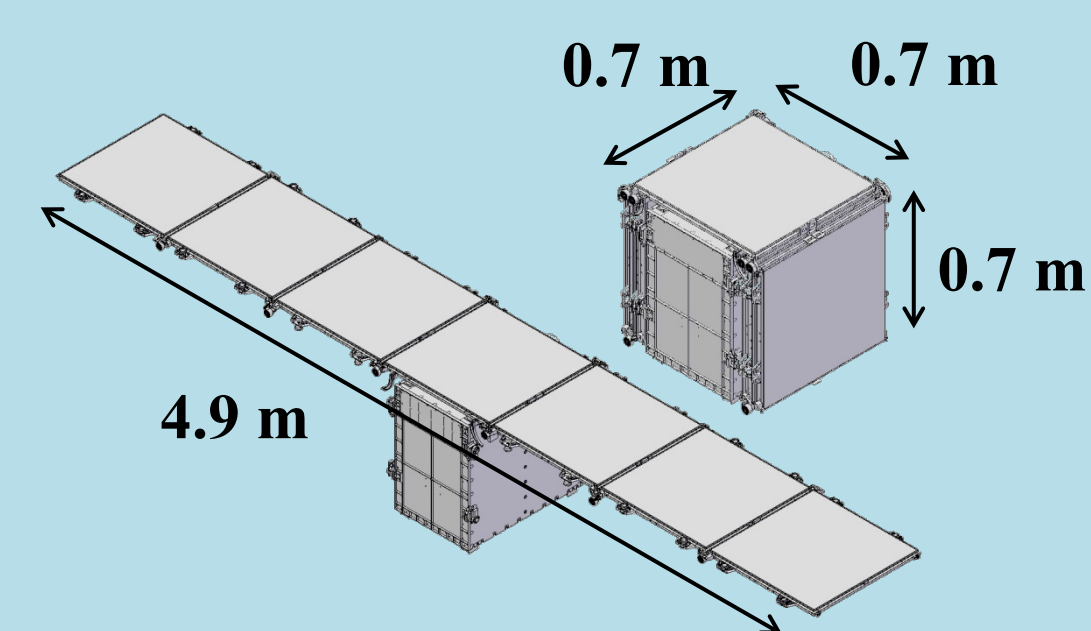
### Abstracts

- ✓ アンテナ裏面に薄膜太陽電池を搭載し、アンテナと太陽電池パドルの共用化による衛星の小型化を提案
- ✓ 薄膜太陽電池は100°C以上温度変動するため、アンテナ温度が大幅に変動することで電波放射面内に熱歪が発生
- ✓ 電氣的性能要求より観測波長Xバンド (波長31 mm) アンテナの熱変形を0.7 mm RMS以下に抑えることが目標
- ✓ 0.7 mm RMS以下の熱変形要求を満たすために、アンテナ製造時温度と表裏温度差を要求範囲内に収まるような熱設計が必要
- ✓ 熱設計検証として熱平衡試験を行い、第1次熱数学モデルコリレーションを実施

### Introduction

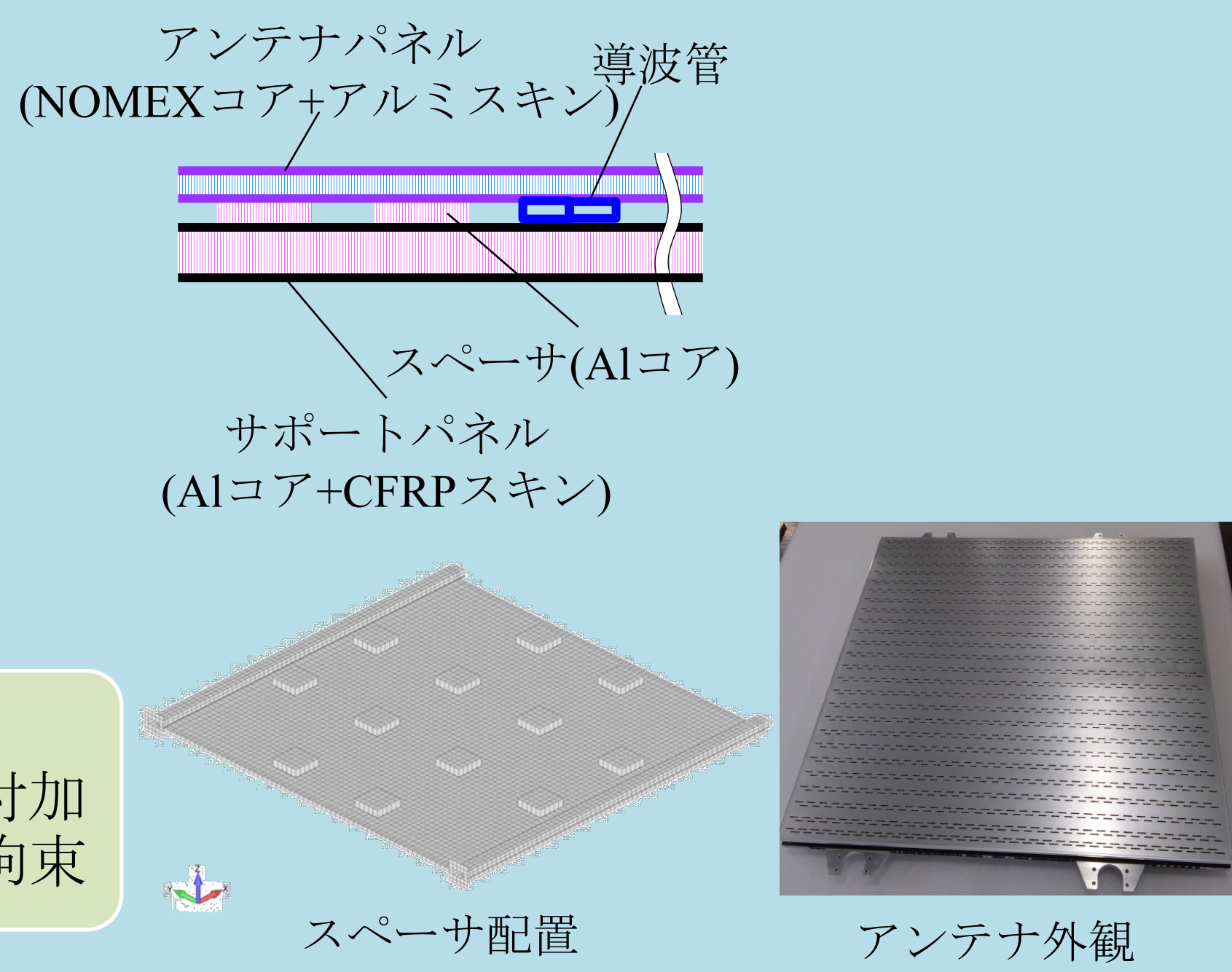
#### Project Demand

- 100 kg級小型衛星
- 0.7 m × 0.7 m × 0.7 mサイズ
- 観測周波数：Xバンド (9.6 GHz, 波長31 mm)
- 面内の位相ばらつき 波長の1/20 (1.5 mm) 以下



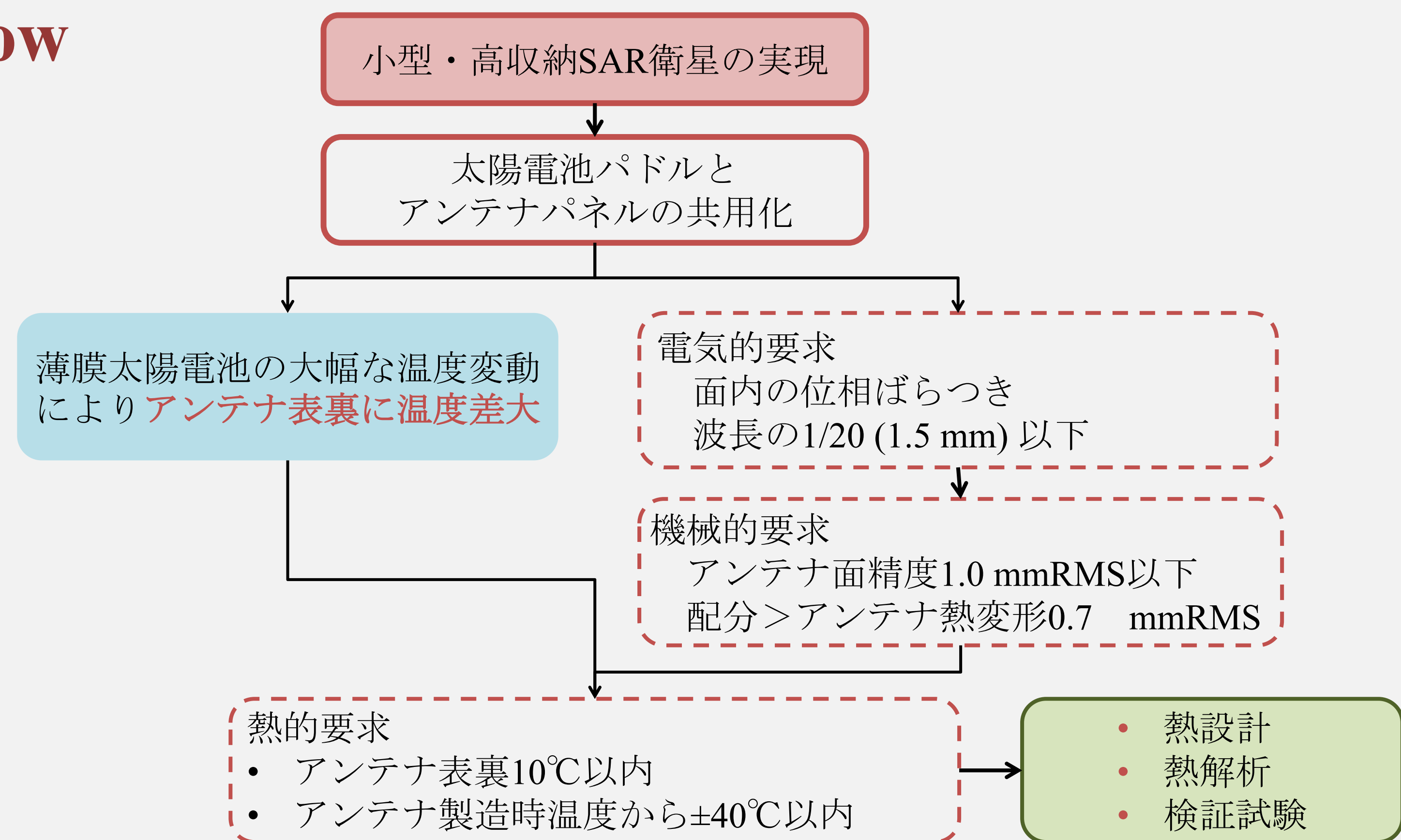
#### Antenna Structure

- 方形スロットアレイアンテナ
- アンテナパネル アルミスキン+NOMEX®ハニカム
- 保持パネル(サポートパネル) CFRPスキン+アルミハニカム
- スペーサ アルミスキン+アルミハニカム



アンテナパネル変形抑制のため  
 ・熱歪微小で剛なサポートパネルを付加  
 ・離散スペーサを介してパネル間を拘束

#### Flow

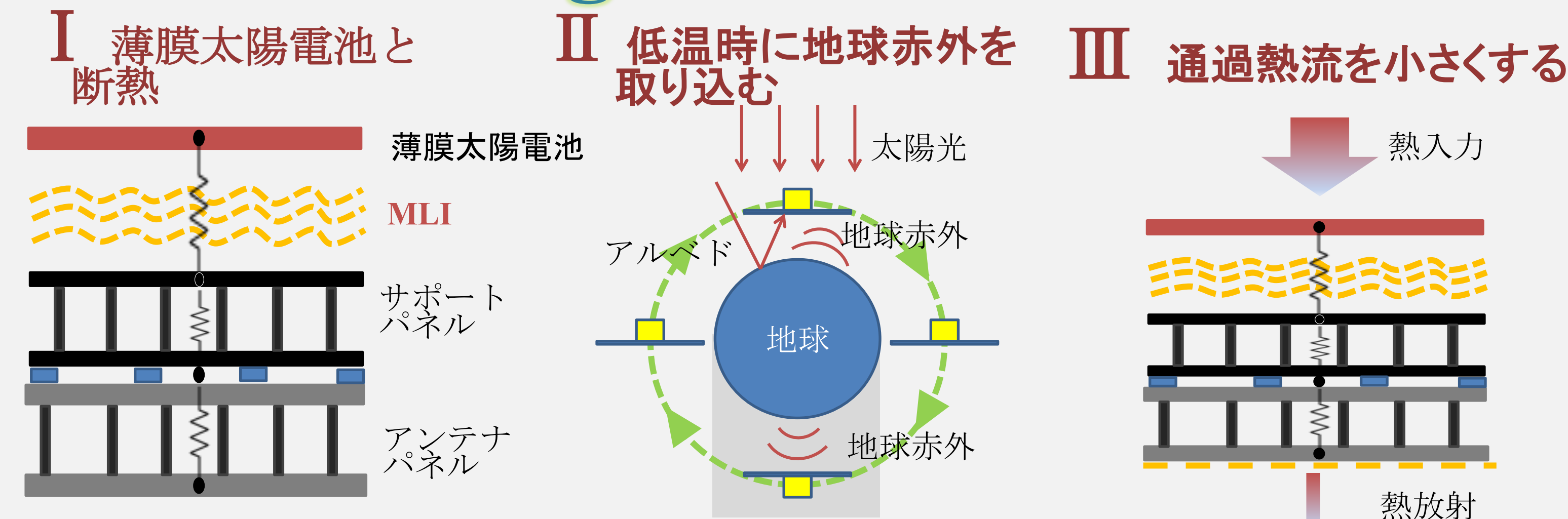


#### Constraint condition

- アンテナ内部への機器の搭載 → ×
- アンテナスキンへ機器の取り付け → ×
- ヒータ等への電力供給 → ×

➡ パッシブな熱制御・熱設計

### Thermal Design

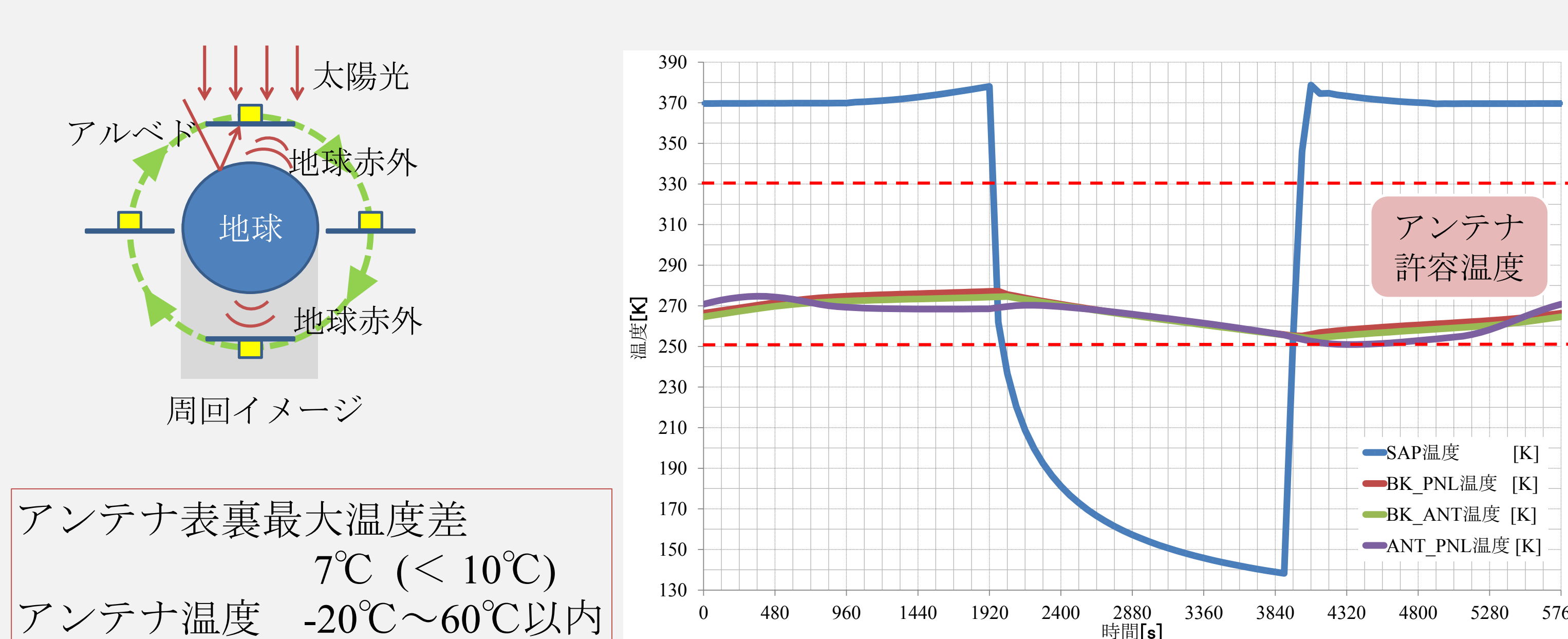


薄膜太陽電池の温度変化の波及を遮断するため、薄膜太陽電池-サポートパネル間にMLIを搭載

日陰中にアンテナが冷えすぎることを防ぐため、日陰中アンテナを地球指向させ、地球赤外を取り込む

アンテナ放射面には放射率の低い塗装を採用し、通過する熱量を抑え、アンテナ表裏間の温度差を縮める

### Thermal Simulation

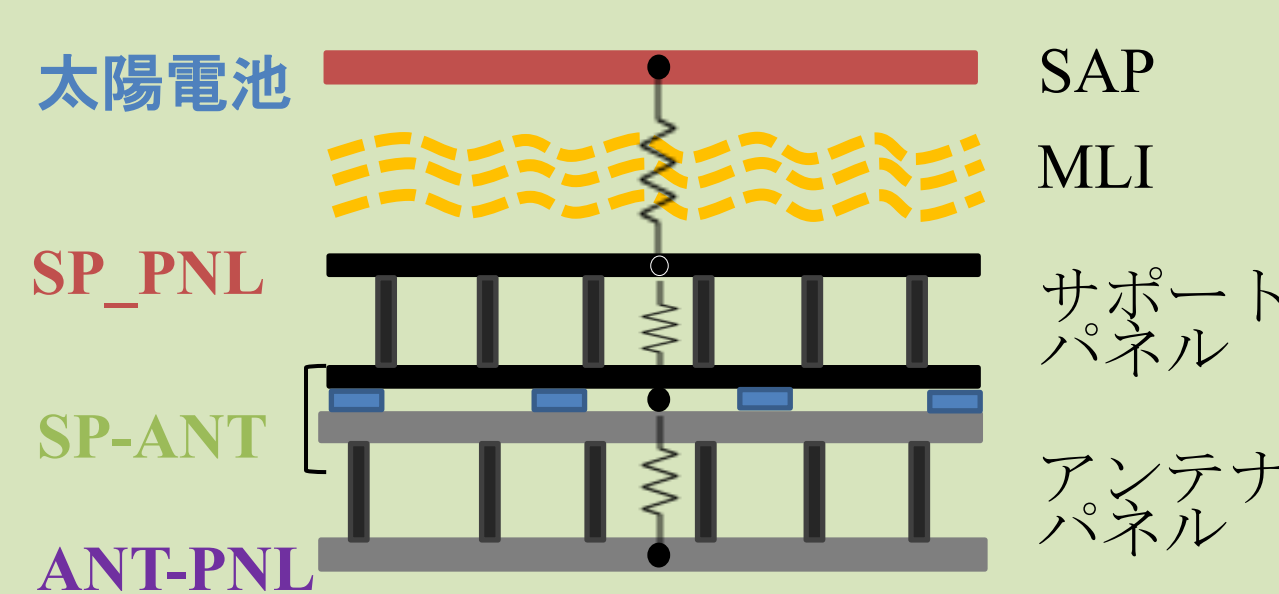


アンテナ表裏最大温度差 7°C (< 10°C)  
 アンテナ温度 -20°C~60°C以内

I~IIIを考慮して熱設計を行った。

- ・厚み方向1次元簡易モデル
- ・4節点に分割 SAP, SP\_PNL, SP\_ANT, ANT\_PNL
- ・各面の温度を一様と仮定

※厚み方向温度分布に影響の少ない導波管は省略



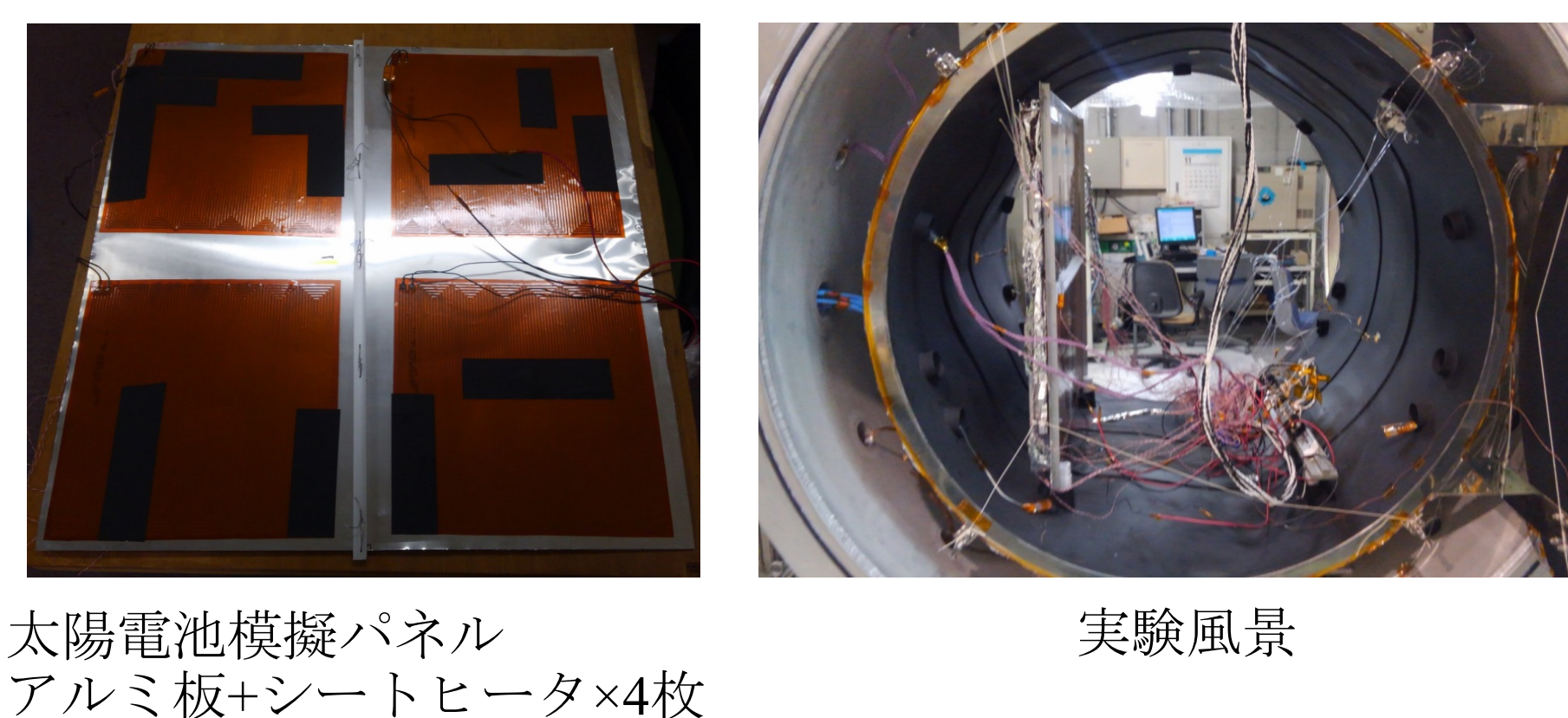
➢ 簡易モデル：不確定性の小さい各接点間の熱コンダクタンスを一定とし、不確定性の大きいMLIの実行輻射率を変数として振る。

- 不確定パラメータを熱平衡試験にて検証する
  - ・MLIの実行輻射率
  - ・NOMEX®ハニカム表裏熱結合
  - ・接合部熱伝導

### Thermal Vacuum Test

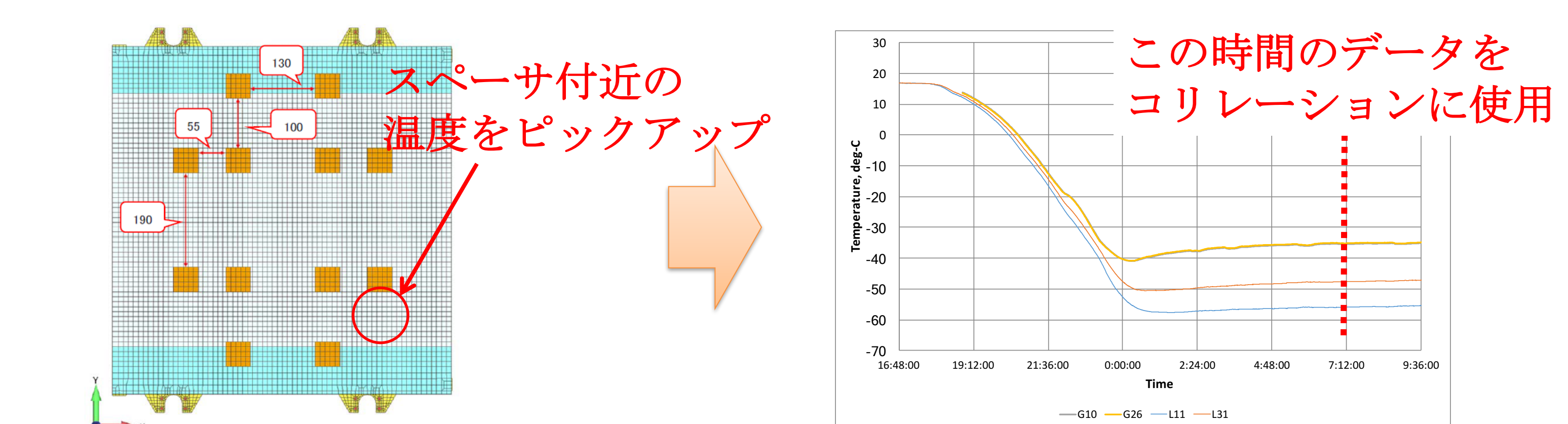
#### Experimental Setup

- ① 太陽熱入力 太陽電池模擬パネルの軌道上での予測温度をヒータで与える ※アルベド、地球赤外は省略
- ② 宇宙背景を液体窒素シュラウドで模擬
- ③ パネル端面は輻射遮蔽し、試験誤差軽減



この熱平衡試験技術の開発成果の一部は、早稲田大学理工学研究所プロジェクト研究「次世代宇宙システム技術開発」の一環として行われたものである。

#### Results ⇒ ヒータ板温度120°C



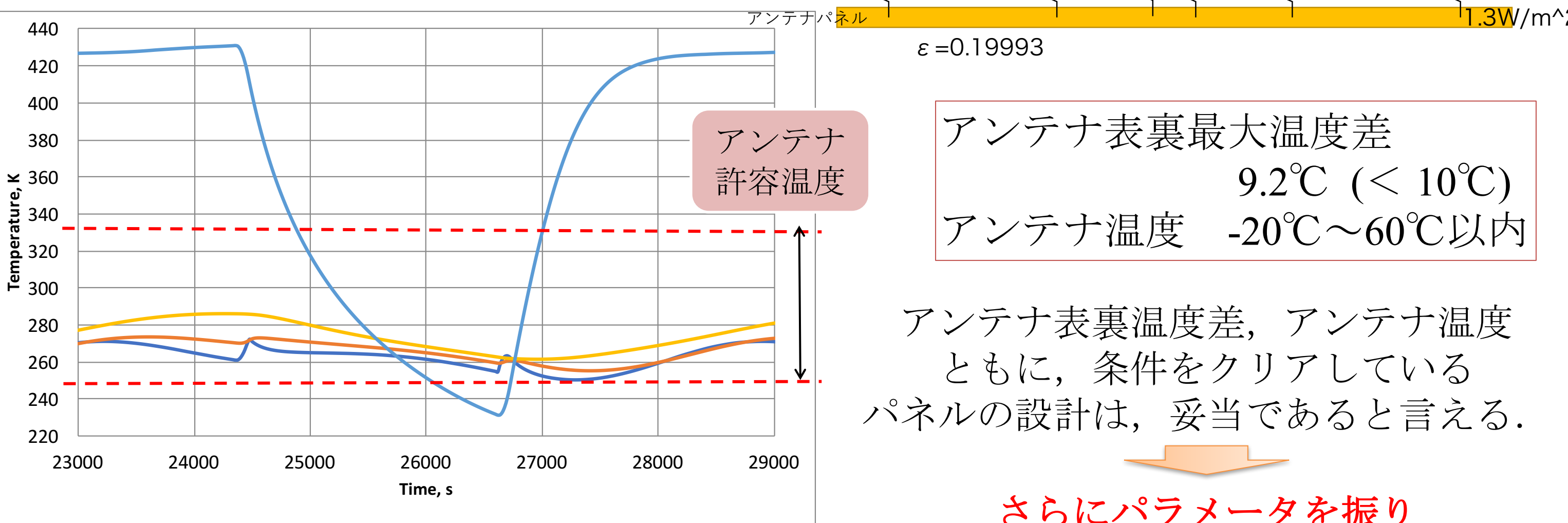
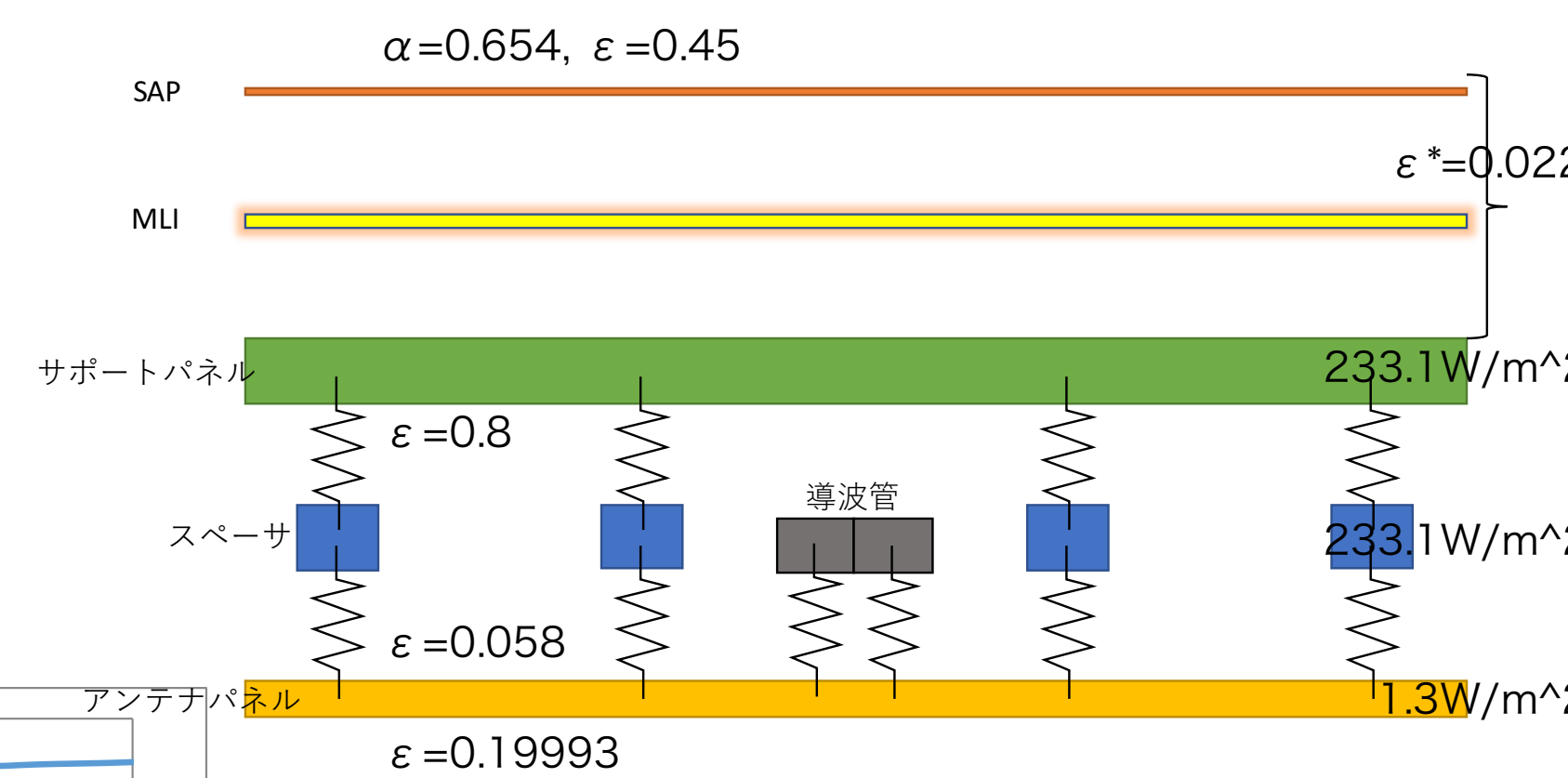
### Future Works

- ✓ 展開ヒンジ等をモデル化した詳細モデルの作成
- ✓ 完成後の熱数学モデルを用いて熱歪解析を行い、熱的要求と見合うか検証
- ✓ 詳細モデルでの解析・合わせ込みによる、熱数学モデルの完成

【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。

### Correlation

各パネルに対して、試験-解析の温度差を±1°C以内とした。右図に、その際の表面光学特性および接触コンダクタンスを示す。



アンテナ表裏最大温度差 9.2°C (< 10°C)  
 アンテナ温度 -20°C~60°C以内

アンテナ表裏温度差、アンテナ温度ともに、条件をクリアしているパネルの設計は、妥当であると言える。

さらにパラメータを振り最適な設計へと近づける

パネルに対するコリレーションを行い、設計を妥当性を確認。