

次世代大型スペースチャンバ実現に向けた研究開発

SATテクノロジー・ショーケース2026

■ はじめに

宇宙航空研究開発機構(JAXA)の筑波宇宙センターでは、宇宙機の機能性能の健全性および熱設計の妥当性を検証するための試験設備として大型スペースチャンバを保有している(Fig.1)。スペースチャンバは宇宙機が晒される宇宙空間の熱真空環境を地上で模擬する機能を有しており、宇宙機の信頼性確保に必須の地上設備である。

筑波宇宙センターでは宇宙機システム試験用の大型スペースチャンバを2機保有しているものの、いずれも老朽化が進行しており、今後長期にわたって運用することが困難な状況になると予測される。そこで将来の宇宙開発需要に対応可能な次世代大型スペースチャンバの整備に向けた検討を実施している(Fig.2)[1]。本稿では次世代大型スペースチャンバ実現に向けた仕様検討および研究開発状況について述べる。



Fig.1 スペースチャンバにおけるXRISM熱真空試験の様子

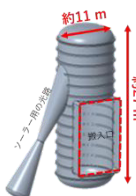


Fig.2 次世代大型スペースチャンバの概念図[1]

■ 次世代大型スペースチャンバの機能と実現に向けた課題

1. 基本機能

スペースチャンバに求められる基本的な機能として、冷暗黒環境模擬及び高真空排気機能が挙げられる。

冷暗黒環境模擬は周囲の壁面が宇宙機の温度分布に与える影響を小さくし、宇宙機の熱設計を正しく評価するために必要である。常温付近(～300K)の宇宙機では、黒色化されたシュラウドを液体窒素によって100 K以下に冷却することによって実現される。

高真空排気機能は対流熱伝達がほとんど影響しない宇宙空間の熱環境を再現するため、および真空環境下での機器の健全性を確認するために必要である。油回転ポンプなどの粗引排気系とクライオソーブションポンプなどの高真空排気系によって 1.33×10^{-4} [Pa]以下の高真空環境が実現される。

2. ソーラシミュレータ

熱真空試験において宇宙機への外部熱負荷を再現する方法としては、ソーラ法、IR法、スキーンヒータが挙げられる[2]。複雑形状の宇宙機や実績の少ないミッション機器においては、放射スペクトル、平行度、均一度の観点で実環境に最も近い熱環境を再現できるソーラシミュレータを使用するソーラ法が有効であることから、次世代大型スペースチャンバにはソーラシミュレータの具備を検討している。一方で均一・平行光を実現する照射系の光学設計技術や真空環境下での放射照度・均一度測定技術は”ロストテクノロジー”となりつつあり、更なる注力が必要である。

3. 液体ヘリウムシュラウド

天文衛星では観測精度向上のために望遠鏡や検出器を極低温に冷却する必要がある。近年では機械式冷凍機とV-grooveと呼ばれる放射冷却構造を組み合わせる冷却手法が主流となっている[3]。

こうした極低温冷却構造は50 K以下となるため、液体窒素シュラウドではシュラウドから供試体への輻射入熱の影響が大きくなり、十分な精度での熱設計検証が困難である。

そこで次世代大型スペースチャンバには液体ヘリウムによって4 K温度域に冷却可能なシュラウドの具備を検討している。しかし極低温域においては黒色塗装やメッキ処理面の赤外放射率・吸収率が極端に低くなり、供試体からの赤外放射がシュラウドで反射し再び供試体に入熱してしまう影響が大きくなる。そこでオープンハニカムといった立体構造を用いて極低温面からの赤外放射に対するシュラウドの吸収率を実効的に高める手法を検討している(Fig.3-4)。



Fig.3 黒色メッキオープンハニカム [4]

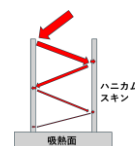


Fig.4 ハニカムによる実効吸収率向上の模式図

■ 参考文献

- [1] 岡崎ら, 第69回宇宙科学技術連合講演会, 2E08, 2025.
- [2] JERG-2-130-HB005B 熱真空試験ハンドブック
- [3] 村上, 低温工学, 53.6, 2018.
- [4] DiPirro, M. et al., *Cryogenic Optical Systems and Instruments XII*. Vol. 6692., 2007.

■キーワード: (1) 宇宙機環境試験
(2) 熱真空試験
(3) 熱設計検証

■共同研究者: 岡崎峻(JAXA)
大里伸一(同上)
安藤成将(同上)
稲垣哲哉(同上)

代表発表者 五味 篤大(ごみ あつひろ)

所属 宇宙航空研究開発機構
環境試験技術ユニット

問合せ先 〒305-0817 茨城県つくば市千現 2-1-1
TEL: 070-3117-7437
gomi.atsuhiro3@jaxa.jp