

CFRP高精度鏡の反射特性の影響評価

佐野貴広¹ 西堀俊幸² 真鍋武嗣¹ 石田良平¹
前澤裕之¹ 落合啓³ 塩谷雅人⁴
大阪府立大学大学院工学研究科¹ 京都大学⁴
JAXA² NICT³

要旨

本研究ではISSで高精度CFRP鏡の長期宇宙曝露実験(CAGOME: Carbon High-precision Composite Mirror Experiments in Space)を実施している。回収後のCAGOME試料との比較を行うために、地上対照試験の一環として宇宙環境ストレス試験と鏡面反射率測定を行ったので報告する。

➤ CAGOME試料概要

電波を反射させるため、CFRP鏡の表面にアルミニウムもしくはインバーを積層させる。本研究で用いる実験試料の大きさは、 $89 \times 93 \times 13$ mmであり、積層方法は蒸着(Al)、プラズマ溶射(Al)、接着(Inver)の3タイプである。各試料の画像を下に示す。蒸着タイプは、可視域の光学望遠鏡への応用を目的とした超高精度鏡面であり、アルミ蒸着前にエポキシ樹脂によるオプティカルフラットを形成して作られる。溶射タイプと接着タイプは、サブミリ波までの応用を目的とした高精度鏡面であり、機械加工で作られる。(参考文献[1])



蒸着試料

溶射試料

接着試料

➤ 地上対照試験

● 宇宙環境ストレス試験

曝露実験試料と同様の宇宙環境を想定した、約2年間相当の以下の3つの宇宙環境ストレス試験を行った。

● 熱サイクル試験

ISSは日照中の軌道上で約 $35^{\circ}\text{C} \sim 65^{\circ}\text{C}$ の温度変化をする。恒温槽内に試料をいれ、 $20^{\circ}\text{C} \Rightarrow 50^{\circ}\text{C} \Rightarrow 20^{\circ}\text{C}$ を1サイクルとして行う。これは実験試料の取り付け位置や、ISSの全体構造を含めた熱解析の予測に基づいている。ISSでは1サイクルが90分であるが、恒温槽は1サイクルが60分とし、1年4ヵ月(実環境2年相当)の試験を行った。

● 低温晒し試験

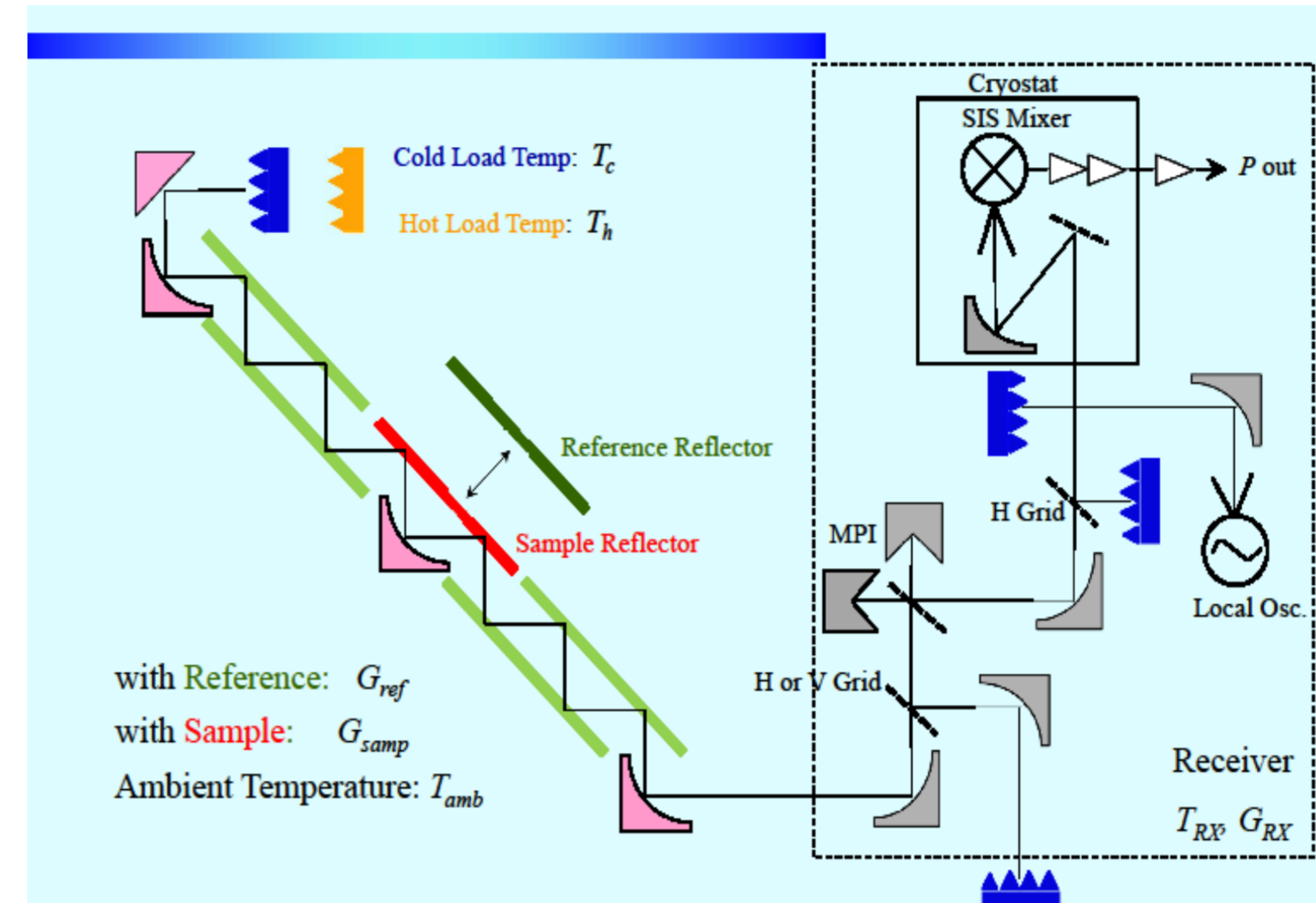
ISSは寒暖差が最も激しくなる場合、 $100^{\circ}\text{C} \sim -100^{\circ}\text{C}$ ほどの温度差になる。しかし、試料の温度にはそこまでの温度差が生じないので室温(約 25°C) $\sim -75^{\circ}\text{C}$ 程度の温度差で実験を行った。デュアー内の液体窒素に試料を近づけることによって温度を調節した。

● 放射線照射試験

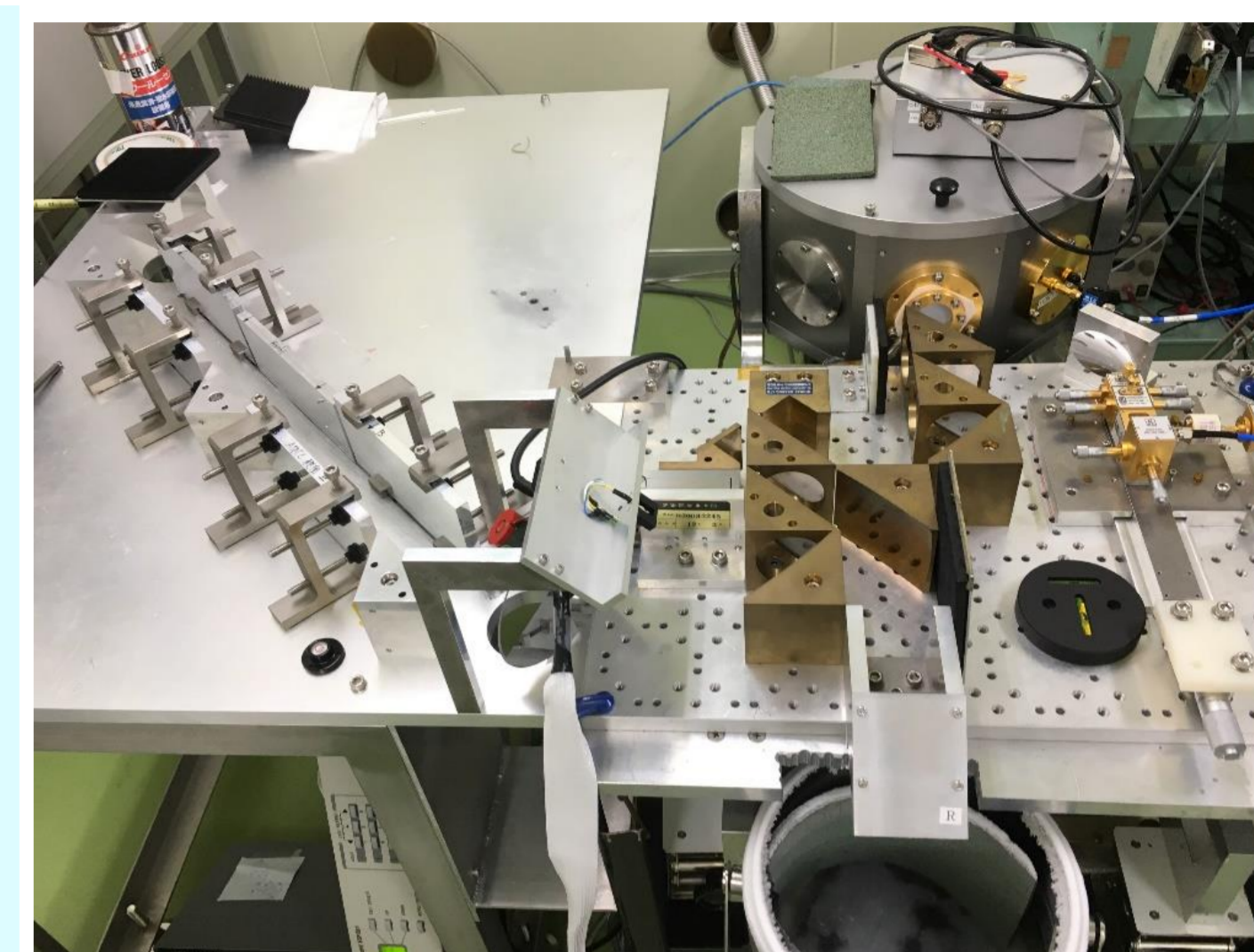
1年当りの被爆線量20Gyと仮定し、20Gy/hの線量率で2時間(実環境2年間相当)照射を行った。

● 鏡面反射率測定

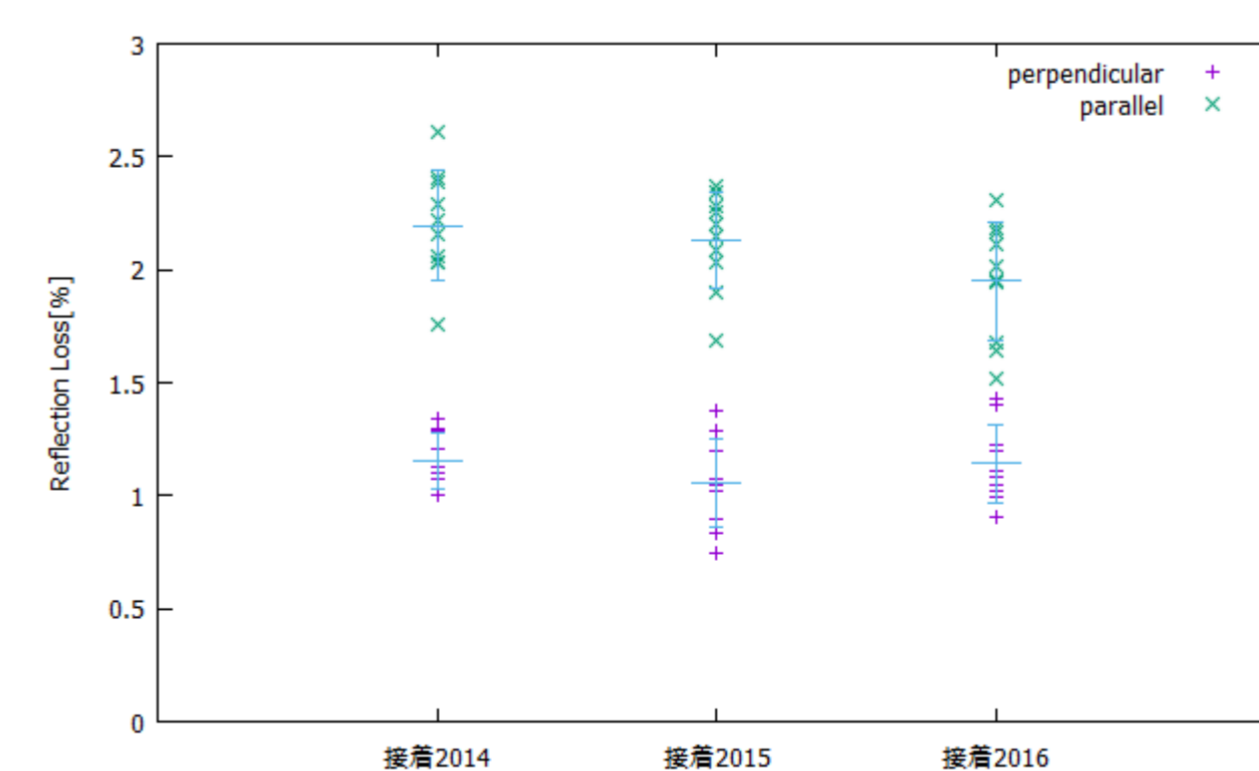
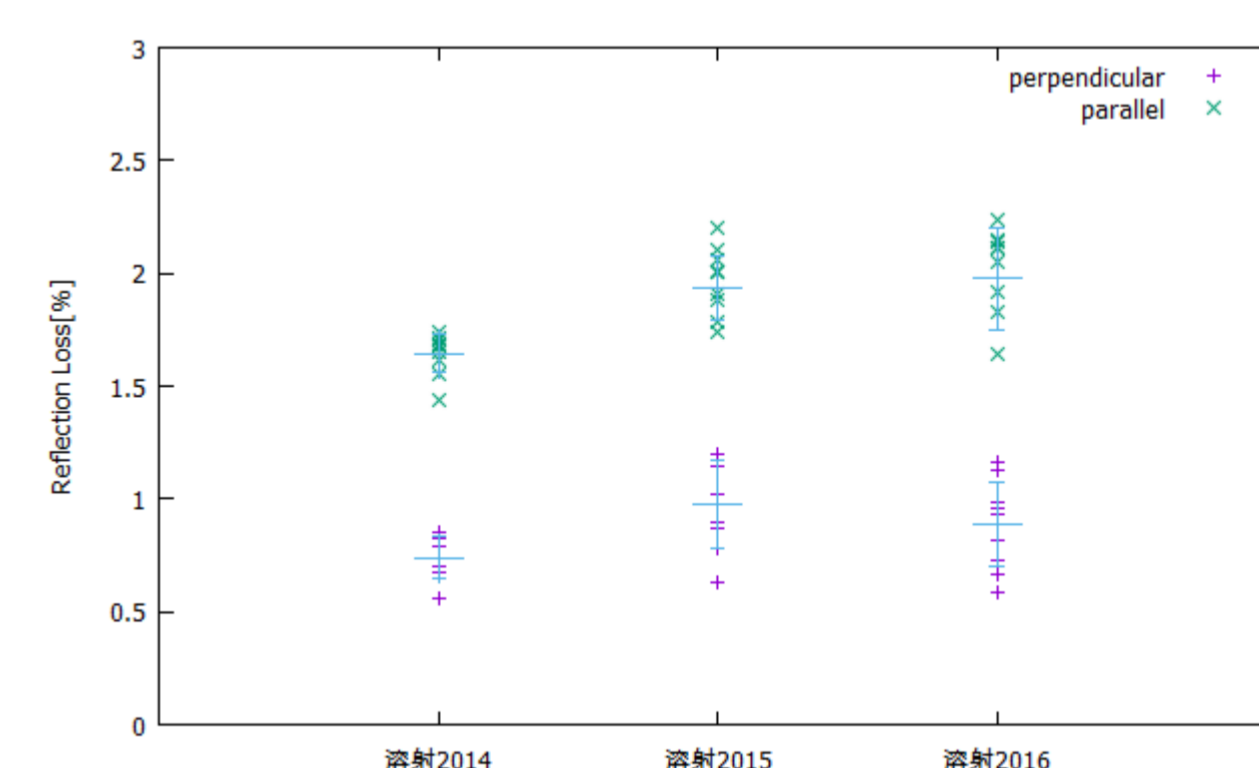
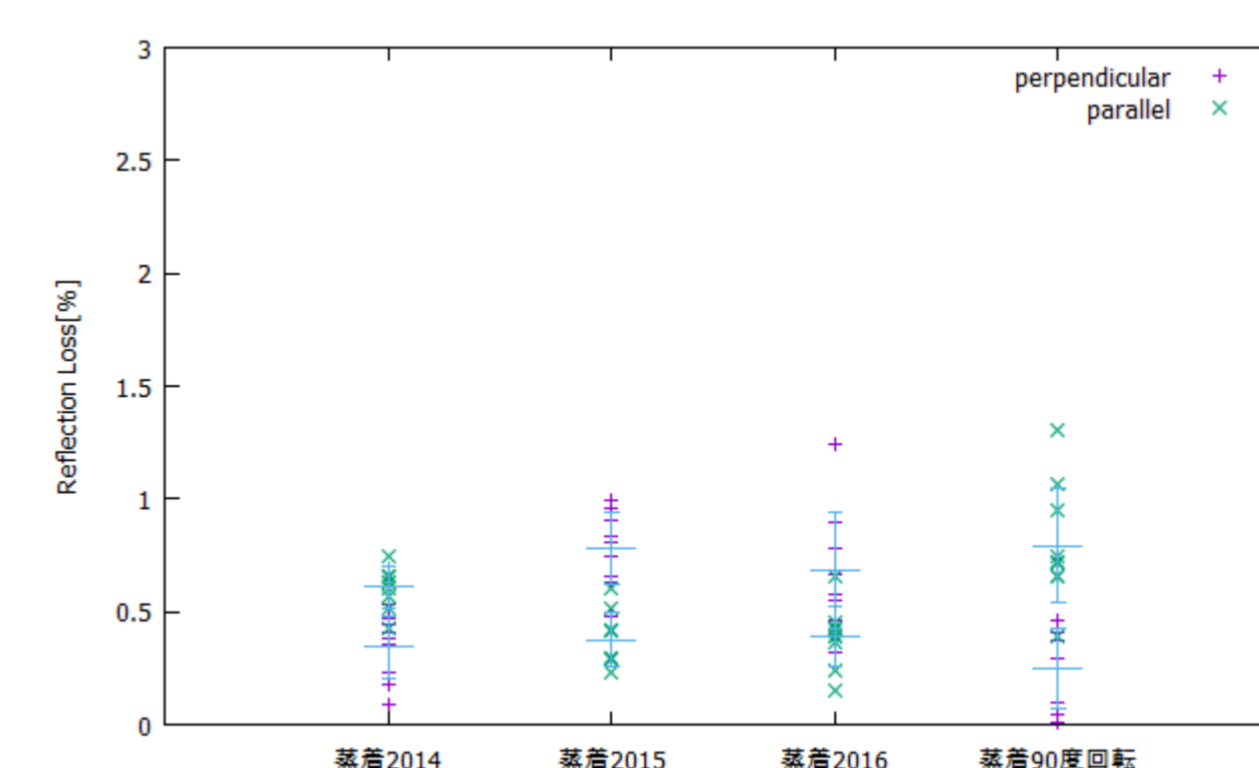
【測定光学系】



【実験器具】



サブミリ波帯鏡面反射率測定では、試料(Sample Reflector)と反射率既知の鏡面(Reference Reflector(A6061))での測定値を比較して実験試料の反射損失を求める。また高感度な測定が求められるため、多重反射およびY-factor法を利用した。サブミリ波帯鏡面反射率測定の光学系を上図に示す。(参考文献[2]) 付け替えを行う反射鏡面以外の反射鏡面にはA6061, A5052を2つつつ使用している各試料について、水平偏波と垂直偏波の2パターンを測定する測定する。試験に使う試料の基準鏡面はアルミニウムである。各試料の測定結果を下図に示す。溶射試料は反射損失が少し大きく、接着試料はほとんど変化なしであった。蒸着試料は宇宙環境ストレス試験により水平偏波時反射損失が少なくなり、垂直偏波時よりも少なくなった。鏡面のクラックの影響を確認するため、2016年の測定時には試料を90度回転させた場合の測定も行った。



2014:試料作製時
2015:放射線,低温晒し試験終了
熱サイクル試験15ヵ月分終了時
2016:全ての宇宙環境ストレス試験終了時

■ まとめ

宇宙環境ストレス試験の接着試料の反射損失への影響はほとんど無い。溶射試料は少し劣化があるように思われる。蒸着試料は2015年以降、偏波による反射率が理論値と異なる結果となった。蒸着試料鏡面には細い線状のクラックが同方向に多数入っており、クラックの方向が反射率へ影響を及ぼすのではないかと考えた。それを確かめるべく試料を通常時より90度回転させた測定を行い、クラックの方向が反射率に影響することが確認できた。

■ 参考文献

- [1]西堀俊幸ら, "宇宙ステーション「きぼう」船外簡易取付機構(ExHAM)を用いたCFRP製軽量高精度鏡の長期宇宙曝露実験(CAGOME)準備の状況" 第11回宇宙環境シンポジウム, Osaka, December 10-11, 2014.
- [2]真鍋武嗣ら, "アルミ鏡面材料の640GHz帯サブミリ波反射特性の測定" 第9回ミリ波サブミリ波受信機ワークショップ, Osaka, January 15-16, 2009.