

次期太陽観測衛星 Solar-C 搭載用機器のコンタミネーション管理と回転駆動機構長期寿命試験の最新状況

渡邊恭子、清水敏文、飯田佑輔、大場崇義、Kyoung-Sun Lee (ISAS/JAXA)、
今田晋亮(名古屋大学)、原弘久、坂東貴政 (NAOJ)

次期太陽観測衛星計画 (SOLAR-C) 用観測望遠鏡への搭載を目指して、国内開発中の回転駆動機構や焦点調節駆動機構などの機器の要素検討を行っている。コンタミ管理レベルの厳しい望遠鏡内部で使用できる機器を実現するため、アウトガス性能の良いグリースを使用するなどの各種アウトガス対策を施しているが、それでも出てくるアウトガスについては、その量を把握し、観測にどのような影響を及ぼすか見積もっておく必要がある。<1Hz以下の高精度のアウトガスレート計測を確実に行うために、新しいTQCM治具を製作し、それを用いていくつかの要素部材を計測した。今回は、その治具の性能とともに、これらの測定結果について報告する。また、回転駆動機構を1000万回回転させることを目指して連続駆動寿命試験を行い、回転時における機構からのアウトガス測定を行っている。この寿命試験における回転駆動機構のアウトガス性能について最新状況も報告する。

実験目的

次期太陽観測衛星Solar-C搭載用可動機構機器の国内開発

- ・高頻度回転駆動機構 (PMU#1)
- ・焦点調節駆動機構

これらはコンタミ管理レベルの厳しい望遠鏡内部で使用

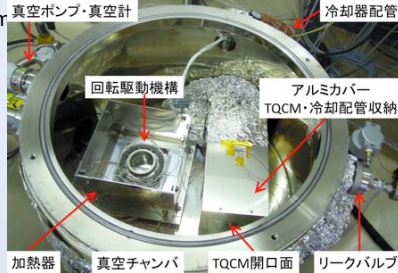
- ・MAC系基油およびグリースを潤滑剤として使用
- ・潤滑剤が外に出にくい構造を構築(ラビリンス構造など)
- ・アウトガスはゼロにはできない
- ・どのくらいのアウトガスが発生するか見積もることが必要

今回は、「焦点調節機構」に使用されている部品の中でもアウトガス源と考えられる潤滑剤を塗布した「ボールねじ」と樹脂材である「ベアリー材」からのアウトガスの測定を行った。また、回転駆動機構の連続寿命駆動試験においてもアウトガス測定を随時行っている。

実験装置概要

真空チャンバ (φ610mm, 高さ560mm)

- 真空ポンプ・真空計
- ヒータ箱(加熱器)
- 回転駆動機構の温度設定
40rpm 回転時: 25°C
100rpm 回転時: 40°C
- TQCM アウトガス検出器
設定温度: -80, -45, -15, 0°C
- TQCM 支持ジグ
- 冷媒配管 冷媒温度: -60°C
- アルミカバー
冷媒配管やTQCM支持ジグを
アウトガス吸着面にしないため



高頻度回転駆動機構

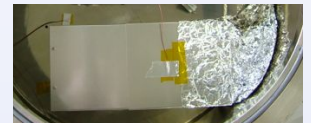
焦点調節駆動機構

今まで使用してきたTQCM冷却治具

- ・チャンバ内のTQCM支持治具と冷媒配管全体がアウトガス吸着面となっていた。
 - ・アルミカバーにより治具などへのアウトガス吸着量は減少したが、カバーの隙間から入ってしまうアウトガス量は無視できない。
 - ・チャンバ内にある冷媒配管の繋ぎ目からの冷媒の漏れがアウトガス源となった。
- フランジ型体のTQCM冷却治具を作成



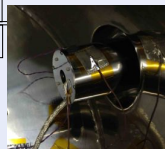
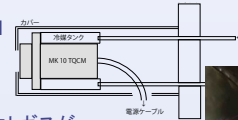
TQCM支持治具と冷媒配管



アルミカバー設置時

新TQCM冷却フランジ

- ・チャンバ内に接合部を持たない新TQCM冷却フランジを作成。
- ・カバーを2重にすることで、放射冷却による影響を小さくしている。
- ・電源ケーブル用に空いている穴からアウトガスが入り込んで冷媒配管に吸着する可能性はある。
→ 穴を塞げば(TQCM電源ケーブル用コネクタを同じフランジに設置するなど)吸着は無くなる。



アウトガス放出量の評価

アウトガスは全てTQCM・冷媒配管に吸着、又は真空ポンプにより排気されるとする

$$\begin{aligned} \text{アウトガス放出レート} &= \text{TQCM吸着レート} + \text{真空ポンプ排気レート} + \text{冷媒配管吸着レート} \\ \Phi &= F \cdot S (A_{\text{TQCM}} + A_{\text{pump}} + A_{\text{jig}}) \end{aligned}$$

Φ: アウトガスレート

F: TQCM周波数レート (測定値 Hz/hr)

S: TQCM感度 (= 1.96×10^{-9} g/cm²/Hz)

A_{TQCM}: TQCM断面積 (= 0.316 cm²)

A_{pump}: ポンプの排気による実効的な断面積 (= 48.3 cm²) (今田他, 2011)

A_{jig}: 冷媒配管による実効的な断面積 ← 冷却時のみ (冷媒不使用時 A_{jig} ~ 0 cm²)

冷媒使用時(F₁)と不使用時(F₂)における計測を用いることによりA_{jig}が求められる。

$$A_{\text{jig}} = (A_{\text{TQCM}} + A_{\text{pump}}) (F_2 - F_1) / F_1$$

「ボールねじ」からのアウトガス測定値を用いて、新TQCM冷却治具使用時におけるA_{jig} (冷媒配管による実効的な断面積) の値を求めた。

- ・冷媒配管むき出し時: 194.5 cm²
- ・アルミカバー設置時: 100.5 cm²
- ・新TQCM冷却治具使用時: 25.6 cm² ← 非常に小さい吸着面積を実現

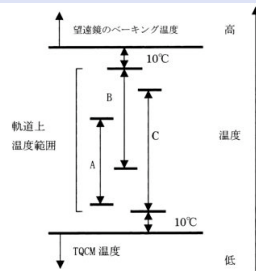
アウトガス測定の温度条件

測定の温度条件・評価基準: NASA MSFC-SPEC-1238

- ・コンタミネーションの影響を調べたい光学素子
→ 軌道上予測最低温度からさらに10°C低い値
- ・汚染源の温度
→ 軌道上温度範囲の上限から10°C高い値

今回の計測:

- ・焦点調節駆動機構は 0~30°C程度の常温環境での運転を想定 → 供試体温度: 25°C (常温)
- ・冷却した検出器の表面 -70°C が最も低温の部位
→ 評価する吸着面温度: -80, -45, -15, 0°C



アウトガス測定と放出量の評価(ボールねじ)

アウトガス計測例
(ボールねじ走行後)



ボールねじ走行後におけるアウトガス放出量を用いて、吸着した汚染物質の密度を1g/cm³、放出アウトガスが全て光学素子(10 cm²)に吸着したとして、透過率10%低下を引き起こすまでの期間を算定 (NASA Report 4740 より)

特に観測波長が紫外線であるときは影響が大きい。ボールねじ自体はペローズで囲み、中のガスはベントするため、これらのアウトガスは問題とならなくなるはず。

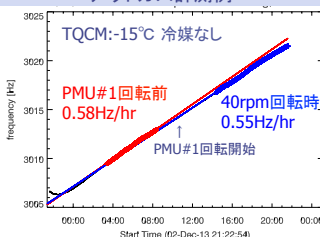
冷却治具吸着量補正後のアウトガス量 (数値単位: Hz/hr)

TQCM温度	-80度	-45度	-15度	0度
納品されたボールねじ	10.79	6.85	1.94	0.53
ボールねじベアリング後	0.75	0.17	0.32	0.17
ボールねじ往復走行後	2.24	1.60	1.10	0.41

光学面温度	可視光 (堆積厚み: 0.35-0.90μm)	紫外線 (堆積厚み: 0.2-0.3μm)
-80°C	3.8 ヶ月	1.3 ヶ月
-45°C	5.4 ヶ月	1.8 ヶ月
-15°C	7.8 ヶ月	2.6 ヶ月
0°C	20.8 ヶ月	6.9 ヶ月

回転駆動機構連続寿命試験におけるアウトガス測定

アウトガス計測例



PMU#1のアウトガス量 (数値単位: Hz/hr)

TQCM温度	-45度	-15度	0度
PMU#1 回転前	0.18	0.58	0.47
PMU#1 40rpm	0.60	0.55	0.24

バックグラウンド・冷却治具吸着量補正済
PMU#1回転前後において、アウトガス量の変化はほとんどみられなかった。

TQCM温度-45°Cでは、回転駆動機構回転時にアウトガス量が増加していた。TQCM温度-15°Cでは見られなかったことから、回転による機構本体の温度の上昇によるものとも考えられる。

今後の予定

- ・1000万回の回転を目指して回転駆動機構を回転させて行くが、この回転中におけるアウトガス量の変動をモニターしてゆく。
- ・温度の変動によってアウトガス量に変化していることから、機構温度とアウトガス量の関係について探る。