

次期太陽観測衛星 Solar-C 搭載用

高頻度回転駆動機構駆動試験におけるアウトガス高精度計測

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

次期太陽観測衛星計画 (SOLAR-C) 用光学磁場診断望遠鏡 (SUVIT) への搭載を目指して、国内開発中の高頻度回転駆動機構の要素開発を行っている。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に、アウトガス性能の良いグリースを使用し、軸受けの構造を工夫するなどの各種アウトガス対策を施しているが、潤滑油を使用している限り、アウトガス量はゼロにはならない。そのため、回転駆動機構などの機器使用時に発生するアウトガスを把握し、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。回転駆動機構からの発生アウトガス量は<1Hz以下と少量であるため、高精度のアウトガス計測を確実にこなす必要がある。現在、高頻度回転駆動機構を約1億回 (回転数60rpmで3年以上使用した場合の全回転数) 回転させることを目指して連続駆動寿命試験を行っている。この試験中において、回転駆動機構使用時のアウトガス量と、グリースの変質などによるアウトガス量の変化を見るために、高精度アウトガス計測のために製作したTQCM計測具を使用し、定期的にアウトガス測定を行っている。現在のところ1年以上に渡って機構を回転させており、毎月アウトガス量を計測しているが、発生アウトガス量に目立った変化は計測されておらず、低アウトガス率を維持できていることを確認している。今回は、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を報告する。

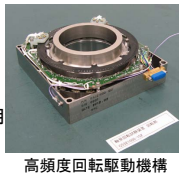
実験目的

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

- ・アウトガス性能の良いMAC系基油のグリース潤滑剤を使用
- ・潤滑剤が外部に出にくい構造を構築 (ラビリンス構造)
- ⇒ 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

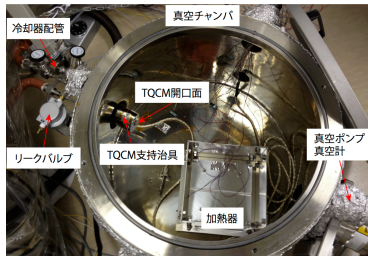


高頻度回転駆動機構

実験装置概要

真空チャンバ (φ610mm, 高さ560mm)

- 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: -70, -45, -15, 0°C
- 新TQCM冷却ジグ
冷媒温度: -60°C



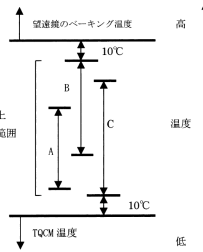
アウトガス測定の温度条件

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, 40°C
- ・冷却した検出器の表面 -60°C が最も低温の部位 → 評価する吸着面温度: -70, -45, -15, 0°C



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

$$\text{アウトガス放出レート} = \text{TQCM 吸着レート} + \text{真空ポンプ排気レート} + \text{冷媒配管吸着レート}$$

$$\Phi = FS (A_{\text{TQCM}} + A_{\text{pump}} + A_{\text{jig}})$$

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)

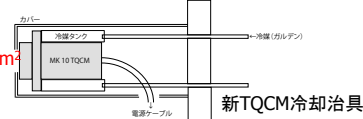
A_{jig}: 冷媒配管による実効的な断面積 ← 冷却時のみ (冷媒不使用時 A_{jig} ~ 0 cm²)

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。

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

本実験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) の値を導出

- ・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: 74.2 cm²



回転駆動機構連続寿命試験におけるアウトガス測定

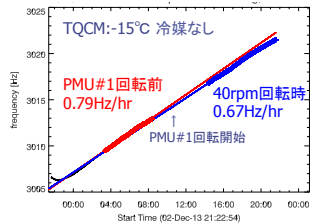
PMU#1のアウトガス量 (数値単位:Hz/hr)

TQCM温度	-45度	-15度	0度
PMU#1 回転前	0.22	0.79	0.58
PMU#1 40rpm	0.49	0.67	0.30

※実測値・TQCM温度-45°Cのみ冷媒使用

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が、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。これは回転による機構の温度上昇によるものと考えられる。

PMU#1回転前後における周波数変化



PMU#1 40rpm 回転時 (25°C) アウトガス実測値

TQCM温度	-70度	-45度	-15度	0度	-15度	0度
2013年12月	0.88	0.49	0.32	0.16	0.67	0.30
2014年1月	0.79	0.47	0.25	0.23	0.54	0.40
2014年2月	0.95	0.85	0.29	0.15	0.88	0.49
2014年3月	0.75	0.64	0.21	0.15	0.68	0.63
2014年4月	0.56	0.47	0.29	--	0.82	0.47
2014年5月	0.40	0.42	--	(0.12)	0.40	0.22
2014年6月	0.77	0.69	0.21	(0.04)	0.75	0.53
2014年7月	0.73	0.69	0.19	(-0.61)	0.78	0.47
2014年8月	0.69	0.63	0.28	(0.01)	0.64	0.43
2014年9月	0.65	0.62	(0.57)	(0.12)	0.64	0.46
2014年10月	0.63	0.63	0.28	0.16	0.68	0.48
2014年11月	0.47	0.45	0.15	0.13	0.51	0.38
2014年12月	0.37	0.43	0.14	(-0.11)	0.45	0.32

(数値単位:Hz/hr)

PMU#1 100rpm 回転時 (40°C) アウトガス実測値

TQCM温度	-70度	-45度	-15度	0度	-15度	0度
2014年1月	1.41	0.98	0.33	0.20	0.72	0.44
2014年2月	1.10	0.84	--	(0.71)	--	(3.69)
2014年3月	1.25	0.94	0.35	0.20	(4.06)	0.33
2014年4月	1.19	0.83	0.45	0.24	(1.56)	0.89
2014年5月	0.66	0.59	0.29	(0.59)	(0.55)	0.36
2014年6月	0.72	0.59	(0.17)	(0.16)	(0.54)	0.36
2014年7月	1.06	0.90	0.35	0.26	0.96	0.32
2014年8月	1.05	0.84	0.34	0.26	0.99	0.60
2014年9月	0.98	0.81	0.33	0.14	0.82	0.59
2014年10月	0.96	0.83	0.30	0.20	0.85	0.60
2014年11月	0.49	0.46	0.21	0.07	0.43	0.29
2014年12月	0.64	0.62	(0.15)	(0.20)	0.55	0.34

(数値単位:Hz/hr)

機構からのアウトガス量は、一年近くに渡ってほぼ一定値であったことが確認され、突発的なアウトガス量の変化などは確認されなかった。実際に測定されたアウトガス量は最大でも実測値で 1 Hz/hr 程度と少量に押さえられており、長期間にわたって低アウトガス状態で高頻度回転駆動機構を多数回安定して使用できることが確認された。

今後の予定

- ・これまでに約4700万回の回転を達成しているが、今後も1億回の回転を目指して回転駆動機構を回転させ、アウトガス量の変動をモニターしてゆく。
- ・観測装置内にあるアウトガス源は高頻度回転駆動機構だけではなく、焦点調節機構や他にも多数の要素が存在することから、アウトガス量の総合的な評価も今後行ってゆく。