

Solar-C (EUVST)主鏡アッセンブリ設計進捗

Design Progress of the Primary Mirror Assembly for Solar-C (EUVST)

末松芳法、原弘久、勝川行雄、納富良文、篠田一也(国立天文台)、清水敏文、小原新吾、峯杉賢治、太刀川純孝、小川博之 (JAXA/ISAS)、川手朋子(核融合研)、今田晋亮(名大)、一本潔、永田伸一(京大)

Y. Suematsu(NAOJ), H. Hara, Y. Katsukawa, Y. Nodomi, K. Shinoda (NAOJ), T. Shimizu, S. Obara, K. Minesugi, S. Tachikawa, H. Ogawa (JAXA/ISAS), T. Kawate(NIFS), S. Imada(Nagoya Univ.), K. Ichimoto, S. Nagata (Kyoto Univ.)

概要: EUVSTは、これまでにない高空間分解能、高時間分解能を達成するため、2つの結像光学系(口径28cm主鏡及び楕円回折格子)で構成される。このため主鏡アセンブリは、軽量の像安定Tip-Tilt及びスリットスキャン機構、焦点調節機構を持つ。また主鏡は、可視光遮断フィルターなしで太陽光を受けるため、積極的な排熱機能を有し、熱変形を抑制する構造及び支持機構が必要とされる。主鏡アセンブリ傾斜・焦点調節機構設計、熱設計の進捗を報告する。

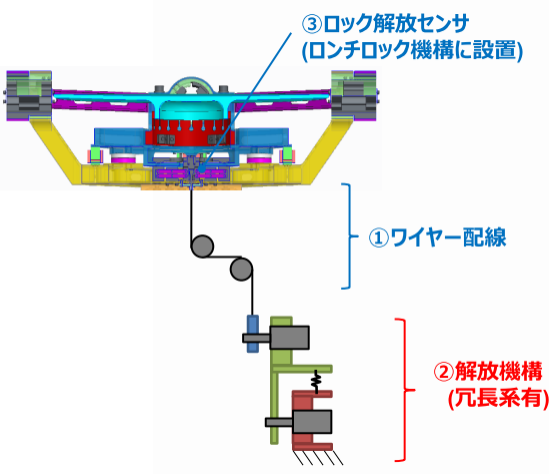
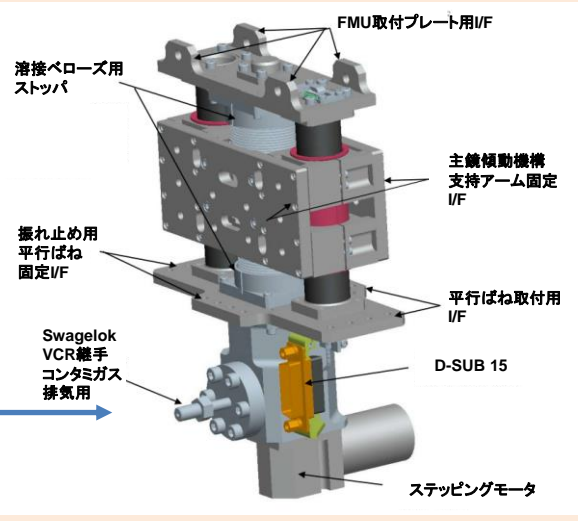
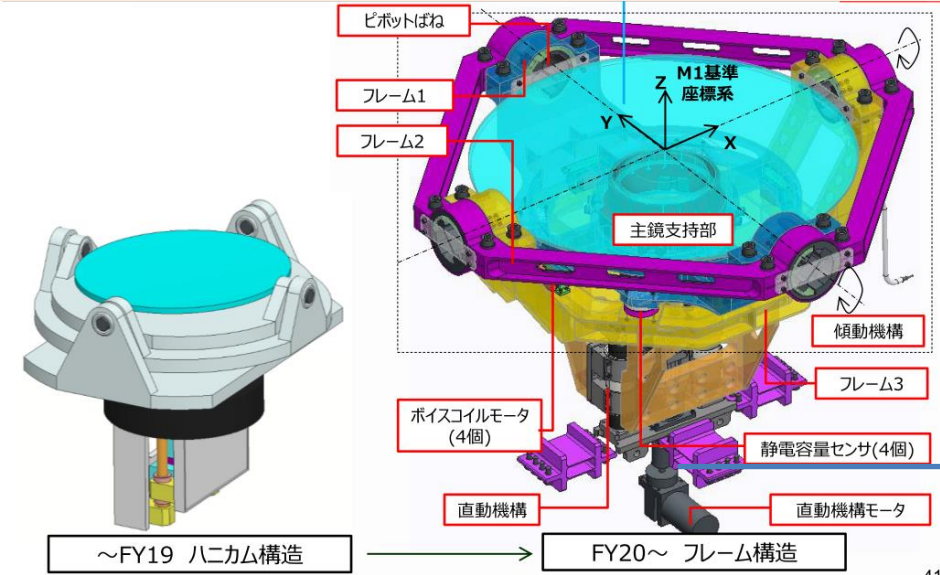
傾動機構要求仕様		
項目	仕様	備考
駆動分解能	機械角: 0.02[arcsec]以内	
駆動レンジ	機械角: ±80[arcsec]以上	
制御帯域	10[Hz]以上	
像安定度	機械角: 0.06[arcsec] (3σ)以内	太陽面角度: 0.12[arcsec](3σ)以内
スキャンステップ角	機械角: 0.8[arcsec]	AR-Context mode
露光時間	0.5[s] 整定時間0.25[s] (暫定) 撮像時間0.25[s] (暫定)	AR-Context mode
ガイド望遠鏡からの誤差信号精度	0.06[arcsec]以内	太陽面角度換算値
ガイド望遠鏡検出レンジ	機械角換算値: ±10[arcsec]以上	像安定時の検出範囲
ガイド望遠鏡読み出し速度	250[Hz]	アナログ信号を250[Hz]周期でサンプリング

ボイスコイル・アクチュエータと静電容量ギャップセンサーによる検討:

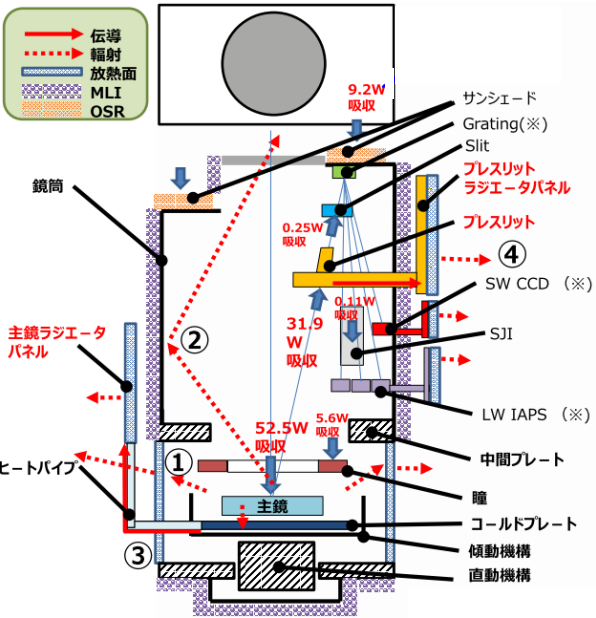
- ・アクチュエータ発生力(設計値): 1.68[N/A]
⇒ 電流0.1[A]で必要発生力を満たす
- ・アクチュエータのコイル抵抗値(設計値): 1.5[Ω]
- ・アクチュエータ1個あたりの最大発熱量: 0.015[W]
⇒ アクチュエータ4個での最大発熱量: 0.06[W]

主鏡アセンブリの軽量化を図るため、傾動機構をフレーム化(フォーカス調整直動機構可搬質量12kg→8.75kg)。打上げ環境条件から可搬質量は7.9 kg 以下にする必要があり、0.85Kg減量必要。望遠鏡全体構造モデルの固有値解析から主鏡アセンブリの1次固有値47Hzで、傾動機構制御帯域10Hzが可能。傾動機構のロンチロックとして、リンク機構とピンプラーによるリリース機構を検討。

フォーカス調整直動機構: 軌道上でのCFRP構造脱水収縮、温度変化を考慮して、主鏡詣同機構を光軸方向に動かすボールねじとステッピングモーターにより駆動される直動機構を持つ。ストロークは±5 mm、分解能は10 μm。ボールねじの耐荷重許容応力から、可搬質量は7.9 kg以下にする必要がある。

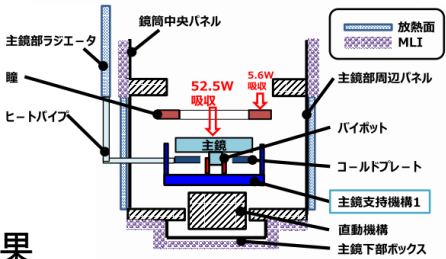


主鏡熱変形を抑制する熱設計検討



■排熱コンセプト

- 【主鏡】
①鏡面側より周囲の下部鏡筒(外表面は放熱面) 経由で宇宙空間に輻射排熱
②鏡面側より鏡筒内部側壁→開口経由で宇宙空間に輻射排熱
③主鏡裏面よりコールドプレートへ輻射排熱→ヒートパイプ経由で主鏡ラジエータパネルへ伝導結合し、外付ラジエータパネルより宇宙空間へ輻射排熱
【プレスリット】
④プレスリットとプレスリットラジエータパネルを一体構造とし、鏡筒上部側面に配置することにより、より開口部経由で宇宙空間に輻射排熱

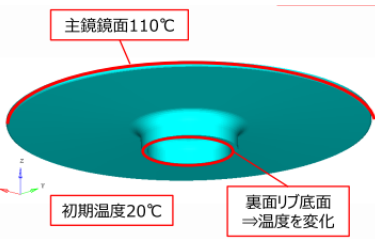


熱解析結果

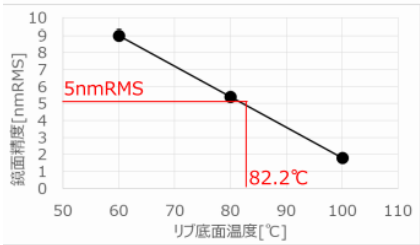
	FY19モデル	Case01	Case02	Case03
解析目的		FY19モデルとの比較	主鏡支持構造 1 の輻射放熱を抑制	①主鏡支持機構1の輻射放熱抑制 ②ヒータによる主鏡下部の加熱
解析条件				
主鏡への入力熱量[W]	60	52.5	52.5	52.5
主鏡支持機構1 MLI実装	なし	なし	全面あり	中央部のみあり
主鏡支持機構1 ヒータ実装[容量]	なし	なし	なし	中央部のみあり [9.6W]
予測温度 [°C]				
主鏡鏡面(平均)	100	95	98	108
主鏡鏡面(max)	105	109	111	118
主鏡裏面(平均)	100	94	97	106
主鏡下部: 接着部 (平均)	37	54	69	108
コールドプレート (平均)	-25	-15	-14	-13
ラジエータパネル(平均)	-32	-32	-31	-30
バイポット	-	45	66	117
主鏡支持機構1(平均)	-24	27	59	122
主鏡支持機構1-MLI(平均)	-	-	25	82
主鏡支持機構2	-37	-17	-17	6
主鏡下部ボックス (平均)	-	-35	-35	-28
瞳 (平均)	-	-27	-27	-24
鏡筒主鏡周辺パネル (平均)	-53	-49	-49	-46
鏡筒中央パネル(平均)	-	-30	-30	-29
鏡筒先端パネル(平均)	-	-20	-20	-19
プレスリット (旧排熱鏡)	70	83	83	83

主鏡熱変形を抑制するため:
主鏡のみ
温度勾配30℃にて
5nmRMS以下
(目標2nmRMS以下)

主鏡+バイポット+傾動機構
全体温度上昇60℃
(組立20℃、軌道上80℃)
温度勾配30℃にて
5nmRMS以下



解析条件	1	2	3
解析モデル	2020年モデル	2020年モデル	2020年モデル
温度条件	鏡面110℃、リブ底面60℃	鏡面110℃、リブ底面80℃	鏡面110℃、リブ底面100℃
ウェルニク多項式補正分を除いた鏡面変位コンター			
鏡面精度 [nmRMS]	9.00	5.40	1.80
PV値[nm]	41.51	24.91	8.30
MAX[nm]	30.73	18.34	6.14
MIN[nm]	-10.79	-6.47	-2.16



主鏡詳細熱解析結果

	Case01	Case02	Case03
A.主鏡鏡面(平均)	95	98	108
B.主鏡下部: 接着部 (平均)	54	69	108
主鏡表面平均温度と主鏡下部接着部の平均温度差 ΔT (=A-B)	41	29	0
【参考】			
主鏡鏡面(max)	109	111	118
支持機構2ヒータ[W]	-	-	9.6
備考		主鏡面の温度上昇を最大111℃以下に抑えることができるが、ΔTiは29℃程度となる	ΔTを最小にすることができるが、主鏡鏡面温度は最大118℃となり、コーティング許容温度120℃*1に影響する可能性あり

- ・主鏡支持機構1に対して、MLIおよびヒータを実装することにより、主鏡表面平均温度と主鏡下部接着部の平均温度差 ΔT=0℃まで低減できることが分かった。(Case03) 主鏡面熱変形 ≤ 2nm rms
- ・プレスリット温度は83℃となり、主鏡鏡面温度に対して10℃以下となり、コンタミ管理要件を満たす。