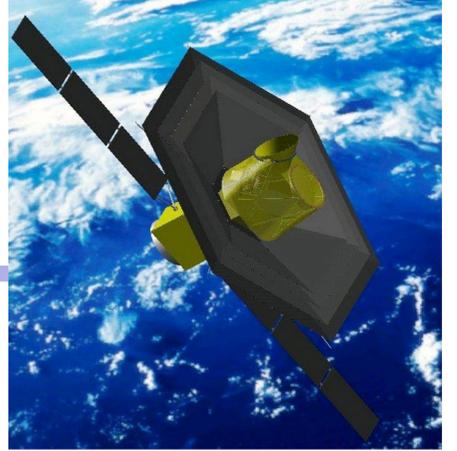


Lite BIRDの熱設計検討



○高田 卓(筑波大学), 飯田 光人(千代田アドバンスソリューションズ), 鈴木 純一, 松村 知岳, 都丸 隆行(KEK) & LiteBIRD WG

Introduction

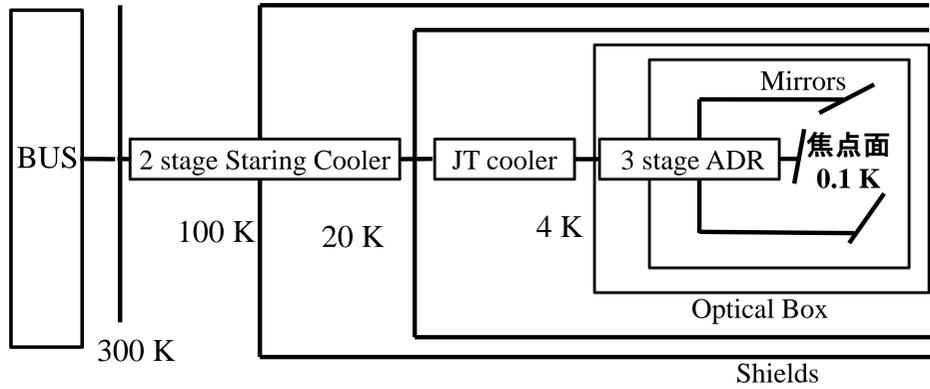
Lite BIRD: CMB B-mode 偏光観測衛星

0.1 K 機械式冷却システムの要請

小型科学ミッションで成立?

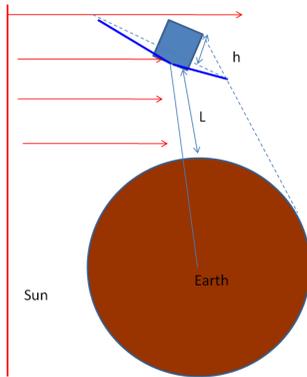
熱解析で地球周回軌道(LEO)における成立の可否を検討!

Cooling Chain



熱解析の前提条件

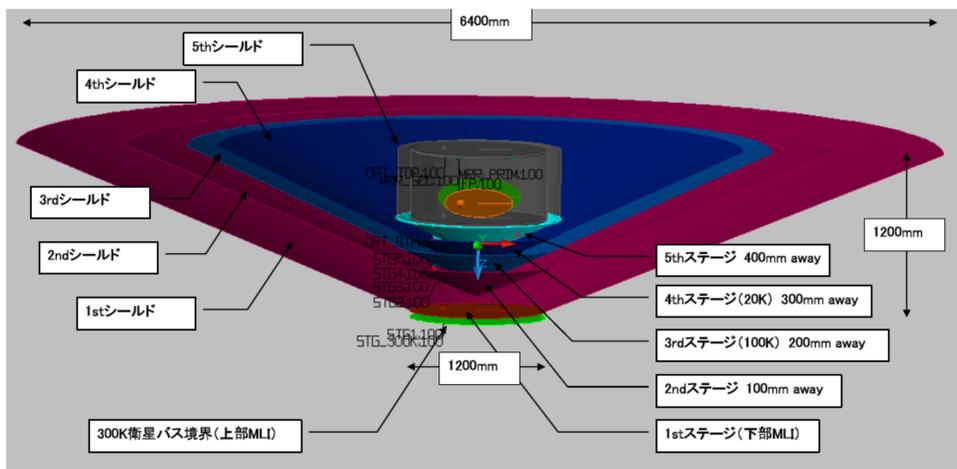
軌道: LEO 600 km
地球視野角: 71.10°
水平からの傾き角: 18.90°
鏡筒に太陽・地球からの放射光が入らない



歳差スピン

既存の技術で4 K Optical Box が成立するかを確認
使用ソフト: THERMAL DESKTOP (SINDA)

熱解析したデザイン



- 展開機構を必要とするSun Shield
- V-groove 輻射シールドを採用(表面を黒色塗料/反対面をアルミ蒸着)
⇒ Sun Shield に radiator の役割を兼ねさせる

各ステージでの発熱、サポートによる熱侵入量

4 K : 9 mW
(SQUID等の発熱+ADRの排熱)

20 K : 45.72 mW(ケーブル等)
100 K : 410.37 mW(ケーブル等)

構成材料

構成品名称	直径(m)	厚さ(μm)	高さ(m)	角度(水平から)	材料	光学特性		備考
						下面(太陽光吸収率/赤外放射率)	上面/下面	
1stシールド	6.8	25	-	23	ポリミド	0.05/0.80	~/0.05	OSR/AL蒸着
2ndシールド	5.2	25	-	23	ポリミド	~/0.05	~/0.05	AL蒸着/黒色塗料
3rdシールド	4.3	25	-	25	ポリミド	~/0.05	~/0.05	AL蒸着/黒色塗料
4thシールド	3.7	25	-	25	ポリミド	~/0.05	~/0.05	AL蒸着/黒色塗料
5thシールド	1.2	25	0.51	90	GFRP	~/0.05	~/0.05	AL蒸着/AL蒸着 外面MLI付き
4Kステージ・シールド・サイド	1.0	5x10 ³	0.51	90	GFRP	~/0.05	~/0.05	AL蒸着/AL蒸着
4Kステージ・シールド・トップ	1.0	25	-	25	ポリミド	~/0.05	~/0.05	AL蒸着/AL蒸着
300K衛星/バス境界	1.0	20x10 ³	-	0	GFRP	~/0.05	~/0.05	AL蒸着/AL蒸着 上面MLI付き
1stステージ	1.0	5x10 ³	-	23	GFRP	0.05/0.80	~/0.05	AL蒸着/AL蒸着 下面MLI付き
2ndステージ	1.2	5x10 ³	-	23	GFRP	0.05/0.80	~/0.05	AL蒸着/AL蒸着
3rdステージ	1.2	5x10 ³	-	25	GFRP	0.05/0.80	~/0.05	AL蒸着/AL蒸着
4thステージ	1.2	5x10 ³	-	25	GFRP	0.05/0.80	~/0.05	AL蒸着/AL蒸着
5thステージ	1.2	5x10 ³	-	90	GFRP	0.05/0.80	~/0.9	AL蒸着/黒色塗料
4Kステージ	1.0	5x10 ³	-	0	GFRP	~/0.05	~/0.05	AL蒸着/AL蒸着
焦点面	0.3x0.5	10x10 ³	-	-	銅	~/0.04	~/0.81	Cu/Si
主鏡	0.6	20x10 ³	-	-	アルミ	~/0.05	~/0.05	AL面/AL面
副鏡	0.6	20x10 ³	-	-	アルミ	~/0.9	~/0.05	黒色塗料/AL面

熱解析結果

冷凍機に必要とされる冷凍能力

4 K : 30.9 mW
20 K : 76.0 mW
100 K : 430 mW

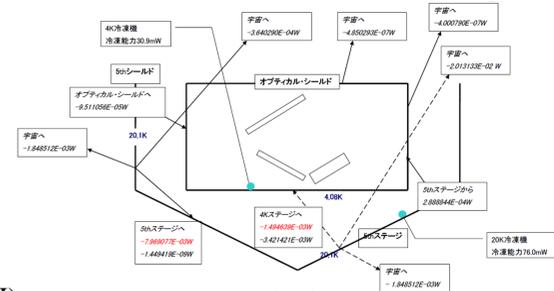
既の実績を持つ冷凍機で実現可能

4.5 K : 40 mW (4He JT cooler / ASTRO-H)

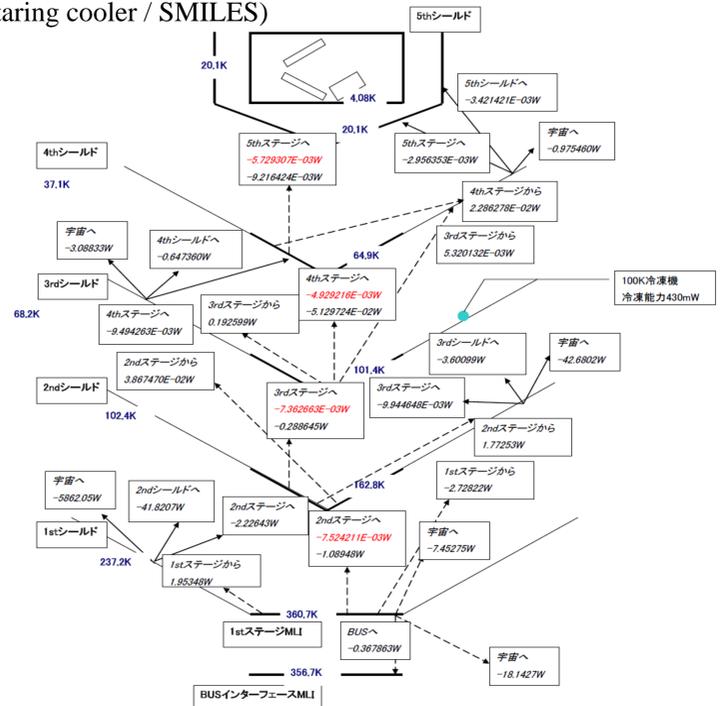
20 K : 200 mW (2 Staring cooler / SMILES)

100 K : 1000 mW (2 Staring cooler / SMILES)

各ステージ(中心部)の熱解析結果



各ステージの温度と熱の収支 (Optical Box 周り)



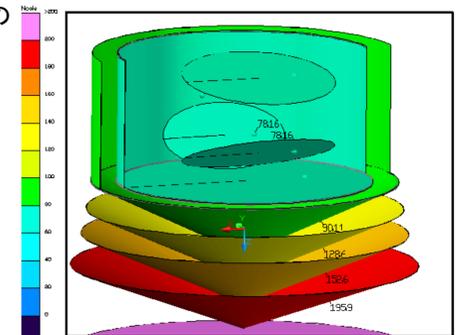
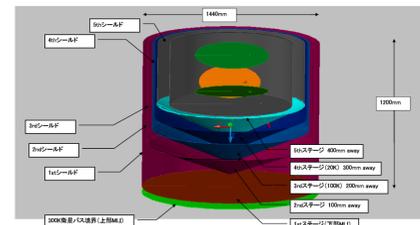
各ステージの温度と熱の収支 (全体)

円筒型シールドの場合

同様の条件でシールドを展開しない場合を解析:
(イプシロンロケットのフェアリングにそのまま入るサイズ)

輻射熱の排出使える実効的表面積が
圧倒的に小さくなるため、熱侵入は小さくなるものの
冷却されない。

非常に大きな冷凍機を仮定しなければならず
実現性は低い。



Optical Box に 30.9 mW の冷凍機を搭載したと仮定した場合

LEO 軌道 600 km における熱解析から以下の事が結論できる。

- Sun Shield の大きな展開、30 mW @ 4 K 4He JT 冷凍機を搭載で Optical Box 4 K は成立する。
- Sun Shield を展開しない円筒型のシールドでは、成立しない。