

## 放射冷却を用いた LiteBIRD低温ミッション部の熱検討

<u>長谷部 孝</u>, 今田 大皓, 関本 裕太郎, 辻本 匡弘, 堂谷 忠靖, 満田 和久, 石野 宏和<sup>A</sup>, 魚住 聖<sup>A</sup>, 野田 博文<sup>B</sup>, 鹿島 伸悟<sup>C</sup>, 宇都宮 真<sup>D</sup>, 菅井 肇 <sup>D</sup>, 松村 知岳 <sup>D</sup>, 羽澄 昌史 <sup>E</sup>, 他LiteBIRD Phase-A1 team

所属: ISAS/JAXA, 岡山大理<sup>A</sup>, 東北大学際<sup>B</sup>, 国立天文台<sup>C</sup>, Kavli IPMU<sup>D</sup>, KEK<sup>E</sup>

長谷部 孝 @日本物理学会 第73回年次大会

## 研究動機



- LiteBIRD衛星は太陽-地球のラグランジュ点 L2 でスピン-歳差運動による全天観測を行う
- 歳差角αは衛星への太陽入射角と同義のため、衛星の熱環境を左右する重要なパラメータ
- αの値は衛星スキャン方法による系統誤差と、熱環境の双方から最適化を行う必要がある

## LiteBIRD 低温ミッション部

- LiteBIRDでは放射冷却と機械式冷凍機を用いて、望遠鏡を5K以下、検出器を 100mK以下に冷却する。
- 機械式冷凍機の冷却能力から5K部への熱負荷を30mW以下に抑える必要がある。
- ・ 放射冷却を最大限に活用するため、Planckで使用され、SPICA等で予定されている
   V-Groove方式を検討する。
- V-Grooveのデザインは衛星への太陽入射角 α に依存するため、α = 5, 30, 45° そ れぞれの場合においてV-Grooveを設計し定常熱解析を行った。



長谷部 孝 @日本物理学会 第73回年次大会

V-Groove 設計条件

- 1. 5K 筐体部は1.7×1.7×1.4 m<sup>3</sup>の直方体とする。
- 2. ロケットへの収納の制限から、V-Grooveの最大外径を4400mmとする。
- 3. 衛星姿勢制御の観点から、αに5度のマージンを持たせ設計する。
- 4. 地球、月からの光の太陽光に対する最大離角を、それぞれ10°, 20°とする。
- 5. 地球、月からの放射は数mWオーダーなので、V-Groove中間層への照射は許容する。ただし、5K筐体部にとっては無視できない熱負荷となるため、5K部への照射はV-Grooveによって遮蔽することとする。
- 6. 望遠鏡から空へ抜けるビームの裾野がV-Grooveで終端されることを防ぐため、V-Groove とLFT視野範囲の間に10度のクリアランスを持たせて設計する。
- 7. 常温ミッション部とV-Groove底面の間にSun shieldを設ける。



2018/3/23

長谷部 孝 @日本物理学会 第73回年次大会

*α* = 45° 設計トレードオフ検討



- Case 1: V-Groove 3 内面を低放射率にして5K部への放射熱を減らす
- Case 2: V-Groove 3 内面を高放射率にして放射冷却を利かせる
- Case 3 : Sun-shieldを大型化して太陽入射熱を減らす

 $\alpha = 45^{\circ}$  設計トレードオフ結果 250 熱入力は太陽熱と常温ミッション部からの Case1 V-Groove1 200 放射熱のみを考慮した。 Case2 V-Groove3内面を低放射率にした方が5K 150 shield温度が下がる Case3 V-Groove2 Sun-shieldを大型化すると各層の温度が下 100 がる。5K部熱負荷換算で2.5 mW程度改善 V-Groove3 以上の結果からCase 3 を採用することとし 50 た 5K shield 0 ε=0.04 ε=0.8 ε=0.04

 ε=0.04
 ε=0.8
 ε=0.04

 σ
 σ
 σ
 σ

 σ
 σ
 σ
 σ

 Gase 1
 Gase 2
 Gase 3

- Case 1: V-Groove 3 内面を低放射率にして5K部への放射熱を減らす
- Case 2: V-Groove 3 内面を高放射率にして放射冷却を利かせる
- Case 3 : Sun-shieldを大型化して太陽入射熱を減らす

 $\Xi$ 

均温度

計

α = 30°設計トレードオフ検討

5K shield	表面	放射率
	Sun shield	0.025
V-Groo	We2 V-Groove1,2,3 底面	両面 0.04
V-G	V-Groove1 側面	外面 α(solar absorptivity)=0.2, ε=0.8
		内面 0.04
常温ミッション部 (300K) SUN shield	V-Groove2 側面	両面 0.04
	V-Groove3	外面 0.04
	eld 5K enclosure	外面 0.04
ε=0.04	ε=0.8	ε=0.04
Case 1	Case 2	Case 3

- Case 1: V-Groove 3 内面を低放射率にして5K部への放射熱を減らす
- Case 2: V-Groove 3 内面を高放射率にして放射冷却を利かせる
- Case 3 : Sun-shieldを大型化して太陽入射熱を減らす

α = 30° 設計トレードオフ結果



- Case 1: V-Groove 3 内面を低放射率にして5K部への放射熱を減らす
- Case 2: V-Groove 3 内面を高放射率にして放射冷却を利かせる
- Case 3 : Sun-shieldを大型化して太陽入射熱を減らす

 $\alpha = 5^{\circ}$  設計トレードオフ検討





- Case 1: Sun-shieldを小型化し、V-Groove 3 内面を高放射率にする
- Case 2 : Sun-shieldを大型化し、V-Groove 3 内面を高放射率にする
- Case 3 : Sun-shieldを大型化し、V-Groove 3 内面を低放射率にする





- Case 1: Sun-shieldを小型化し、V-Groove 3内面を高放射率にする
- Case 2 : Sun-shieldを大型化し、V-Groove 3 内面を高放射率にする
- Case 3 : Sun-shieldを大型化し、V-Groove 3 内面を低放射率にする

*α* = 45° 熱フロー図



長谷部 孝 @日本物理学会 第73回年次大会

11

SAS LAXA

*α* = 30° 熱フロー図



長谷部 孝 @日本物理学会 第73回年次大会

SAS LAXA

*α* = 5° 熱フロー図



長谷部 孝 @日本物理学会 第73回年次大会

13

SAS LAXA

まとめ

- LiteBIRD衛星の歳差角αの最適化のため、α = 5, 30, 45°において定常熱解 析を行った。
- それぞれのαにおいてV-Groove設計のトレードオフを行った。
- 5K冷却部への熱負荷について以下のような結果が得られた。

<b>α</b> [度]	5K部熱負荷 [mW]
5	12.6
30	12.1
45	15.4

## 今後の検討課題

- V-Groove構造解析による支持構造を熱解析に取り込む。
- 冷凍機リサイクル時や面内熱伝導を考慮した解析を行う。