

LiteBIRDの実験概要

平成23年1月7日、 JAXA 科学衛星シンポジウム

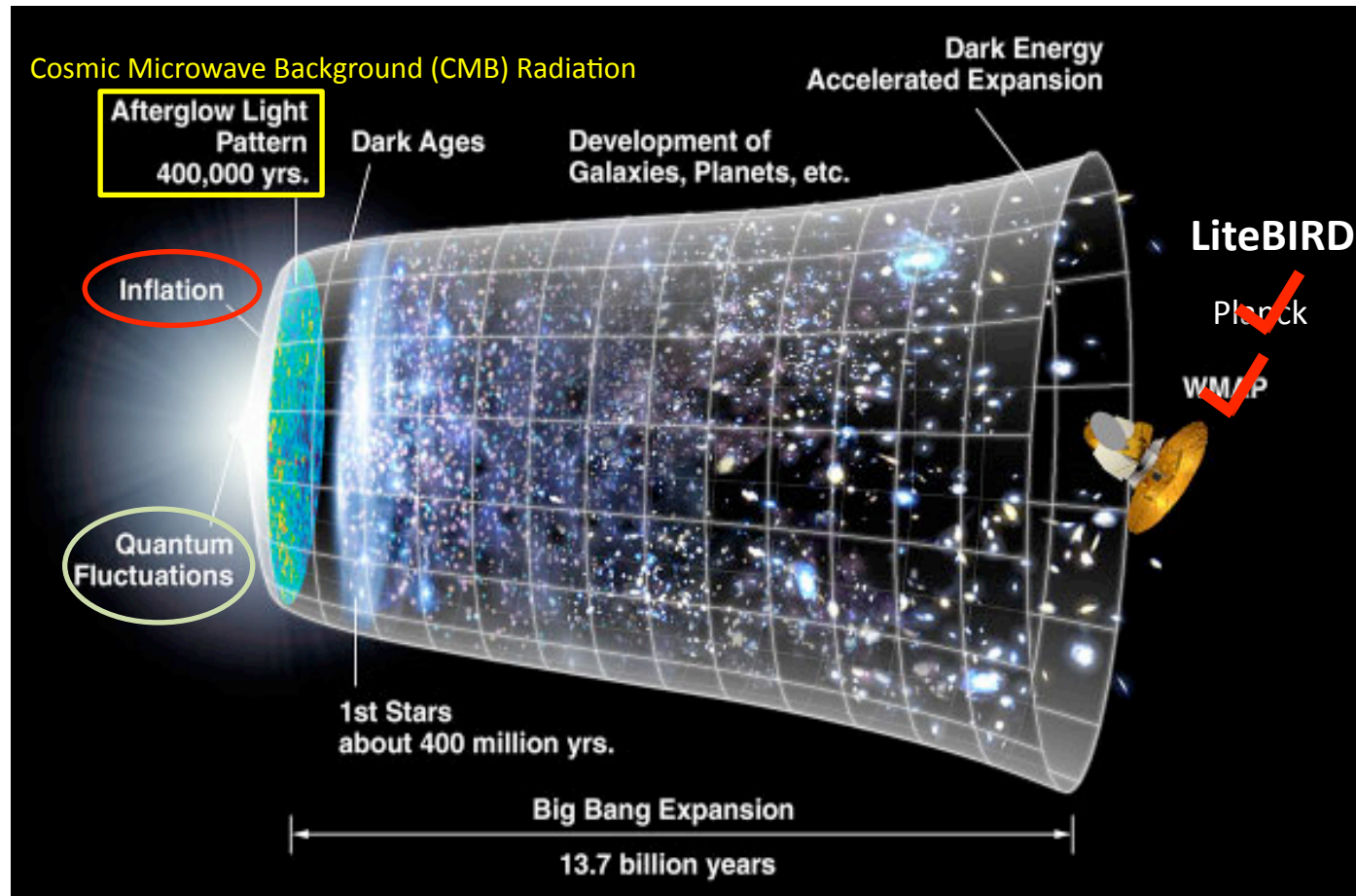
松村知岳(KEK)、LiteBIRDワーキンググループ

LiteBIRDのポスター発表

- P3-170 Development of superconducting detectors for LiteBIRD
Hirokazu Ishino, Mitsuhiro Yoshida, Hiroki Watanabe, Masashi Hazumi, Satoru Mima,
Kaori Hattori, Atsuko Kibayashi
- P3-171 広域周波数帯ミリ波背景放射偏光観測に向けたSinuousアンテナ結合型TESボロメーターと反射防
止膜の開発
鈴木有春 (UCB), 他LiteBIRDワーキンググループ
- P3-172 LiteBIRDにおける全天スキャンおよびデータサイズの研究
服部香里, 他LiteBIRDワーキンググループ
- P3-173 LiteBIRD: Simulation study of the sensitivity
N. Katayama, LiteBIRD working group
- P3-174 宇宙背景放射偏光観測小型科学衛星LiteBIRDの概要
羽澄 昌史, LiteBIRDワーキンググループ
- P3-175 Development of a millimeter/sub-millimeter camera with superconducting resonators
M. Naruse, Y. Sekimoto (NAOJ, the University of Tokyo), T. Noguchi, Y. Uzawa, A. Miyachi (NAOJ),
T. Nitta (University of Tsukuba)
- P3-176 Thermal design of the small satellite "LiteBIRD"
Suguru Takada, LiteBIRD WG
- P3-177 Design of Optics and Focal Plane for LiteBIRD
Izumi Ohta, Tomotake Matsumura, Mitsuhiro Yoshida, LiteBIRD WG

LiteBIRDによるインフレーション宇宙論の検証

インフレーションに起因する原始重力波によって生み出される宇宙マイクロ波背景放射(CMB)のBモード偏光を詳細観測する。



次世代のCMB衛星を打ち上げる世界的競争がある。

ぜひ日本が主導で！

- 初期宇宙の物理を検証、そして理解したい!!
- 地上では到達できない超高エネルギー物理を理解。

なぜ衛星が必要か？

なぜLiteBIRDが必要か？

CMBの偏光観測は現在、世界中で地上、気球および衛星実験にて進行中。

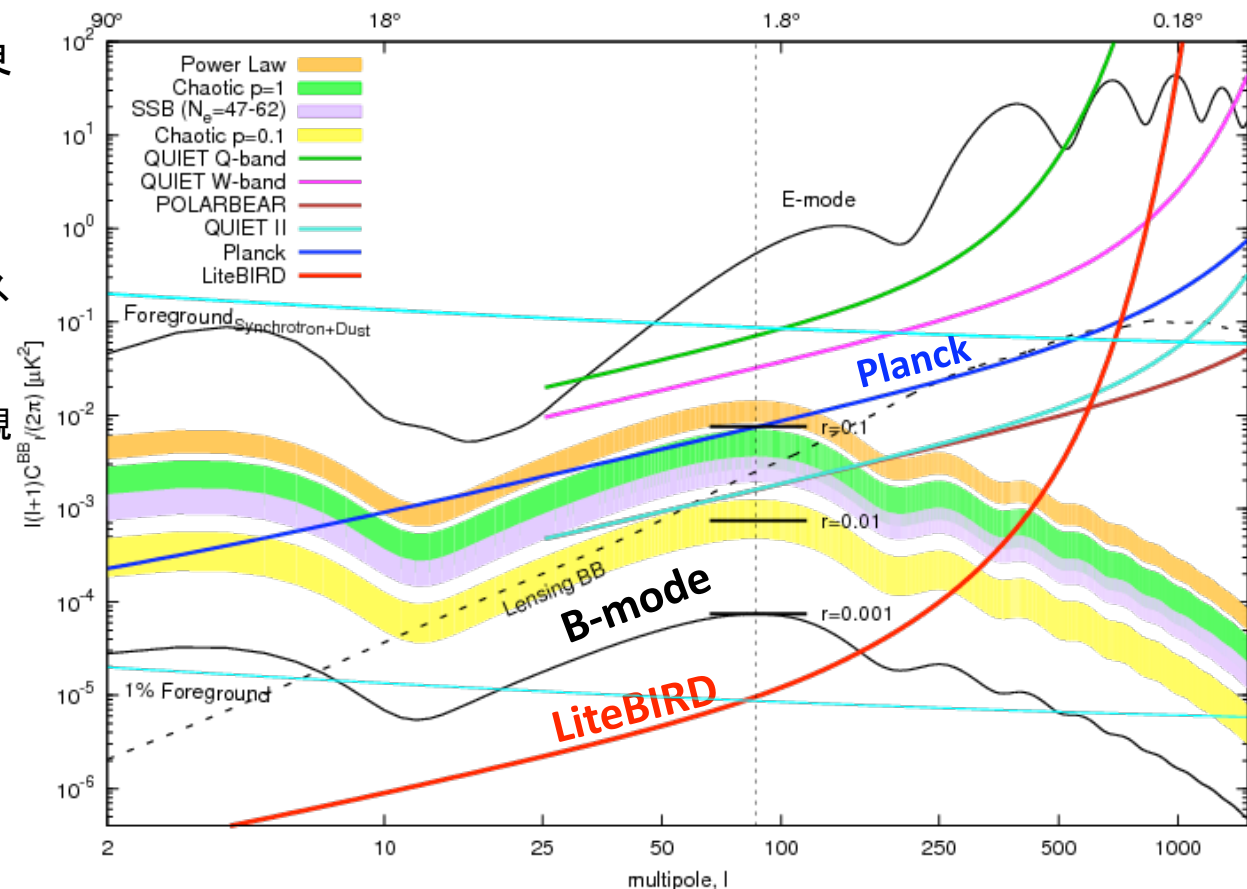
地上実験 観測時間が数年のタイムスケール。しかし、大気が邪魔。

気球実験 大気の影響は少ないが、観測時間が長くても一ヶ月。

衛星の利点

- 大気が無いため高感度
- 観測時間
- 全天観測

現在、CMB衛星としてWMAPとPlanckが観測中。



LiteBIRD: プロジェクトマネジメントの進展

- 2008年9月 小型科学衛星ワーキンググループ提案が承認される
- 2009年3月 日本物理学会・宇宙線宇宙物理領域
「宇宙背景輻射」セッション誕生
- 2009年7月 平成21－25年度科研費新学術領域研究(研究領域提案型)
「背景放射で拓く宇宙創成の物理—インフレーションからダークエイジまで—」採択
 - メインは地上でサイエンスの結果を出すこと
 - LiteBIRDに関しては基礎的試作の経費(特に焦点面検出器)
- 2010年1月 小型科学衛星ワーキンググループ継続提案が承認される
- 2010年3月 日本物理学会CMBシンポジウム
日本学術会議記録「天文学・宇宙物理学の展望と長期計画」において言及

現在は

QUIETから最初の結果が昨年12月に発表!
(arXiv:1012.3191、ApJに投稿)

前哨戦としての地上CMB実験(QUIET、POLARBEAR)
要素技術の実証
系統誤差の徹底理解

他プロジェクトとの技術的連携 → 相乗効果・波及効果
DIOS: 冷凍機システムなど
ASTE: TESボロメータ読み出しシステムなど



LiteBIRD WGメンバー

- 福家英之、松原英雄、満田和久、吉田哲也 (ISAS/JAXA) ⇒ SPICA, DIOS, 大気球
- 佐藤洋一、篠崎慶亮、杉田寛之 (ARD/JAXA)
- 石野宏和、樹林敦子、服部香里、三澤尚典、美馬寛 (岡山大理)
- Adnan Ghribi、William Holzapfel、Bradley Johnson、Adrian Lee、Paul Richards、Aritoki Suzuki、Huan Tran (UC Berkeley/LBNL) ⇒ POLARBEAR, EBEX, APEX, EPIC, BICEP, SPT
- Julian Borrill (LBNL) ⇒ Planck, POLARBEAR, EBEX
- 大田泉 (近畿大)
- 吉田光宏 (加速器/KEK)
- 石徹白晃治、片山伸彦、佐藤伸明、住澤一高、田島治、永井誠、永田竜、西野玄記、羽澄昌史、長谷川雅也、樋口岳雄、松村知岳 (IPNS/KEK) ⇒ QUIET, POLARBEAR, (Planck, BICEP, EBEX 松村)
- 木村誠宏、鈴木敏一、都丸隆行 (低温セ/KEK) ⇒ POLARBEAR
- 柳沼えり (総研大)
- 小松英一郎 (UT Austin) ⇒ WMAP
- 鵜澤佳徳、関本裕太郎、野口卓 (ATC/NAOJ)、
- 茅根裕司、服部誠 (東北大理) ⇒ QUIET (茅根)
- 高田卓 (筑波大)
- 大谷知行 (理研)
- 高木雄太、中村正吾、村山慧 (横浜国大)

- コンサルタント: 小玉英雄 (KEK)、中川貴雄 (JAXA)、川邊良平 (NAOJ)

2010年11月26日現在

LiteBIRD: 衛星の構成

打ち上げ時期: 小型衛星3-4号機として2018年頃の打ち上げ。

観測期間: 1年以上。

軌道: 太陽同期軌道。

地球周回以外にL2での観測も議論中。

ロケット: イプシロンロケット。

重量: 400 kg (バス部を含む)

姿勢: 太陽と地球に背を向けたスピン衛星。

搭載機器:

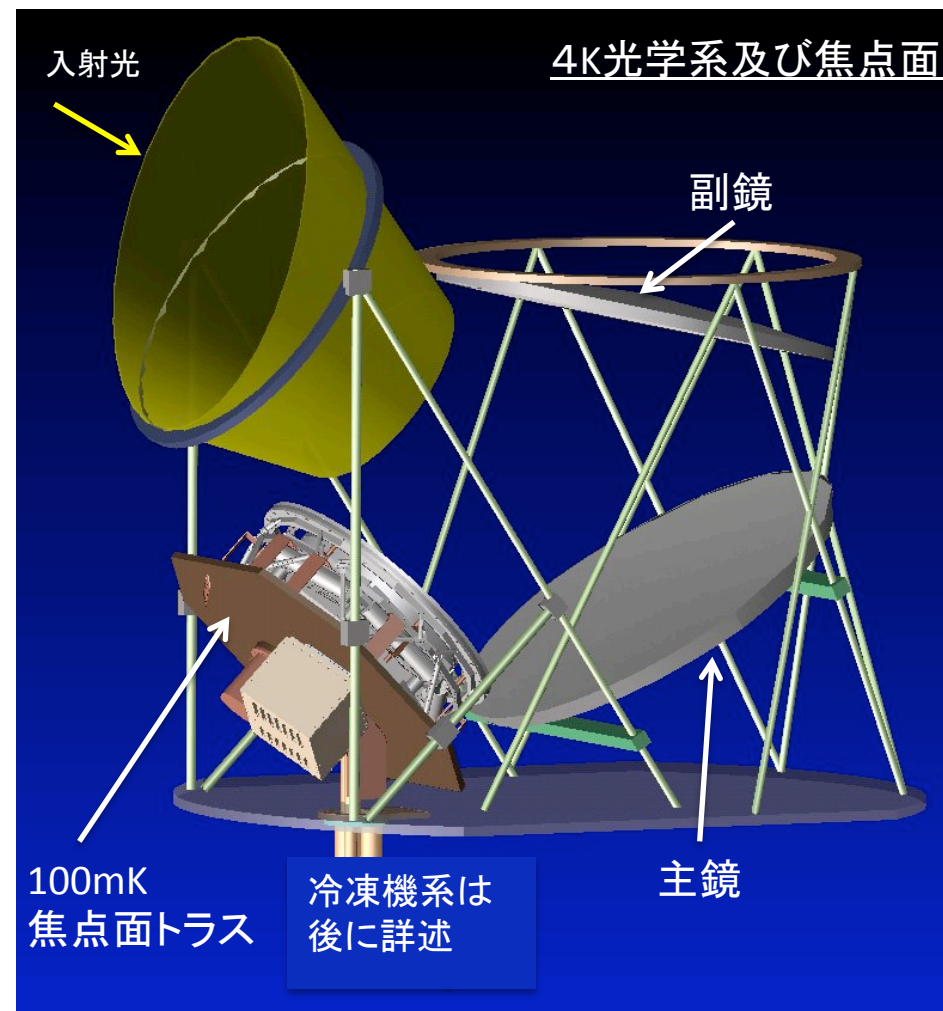
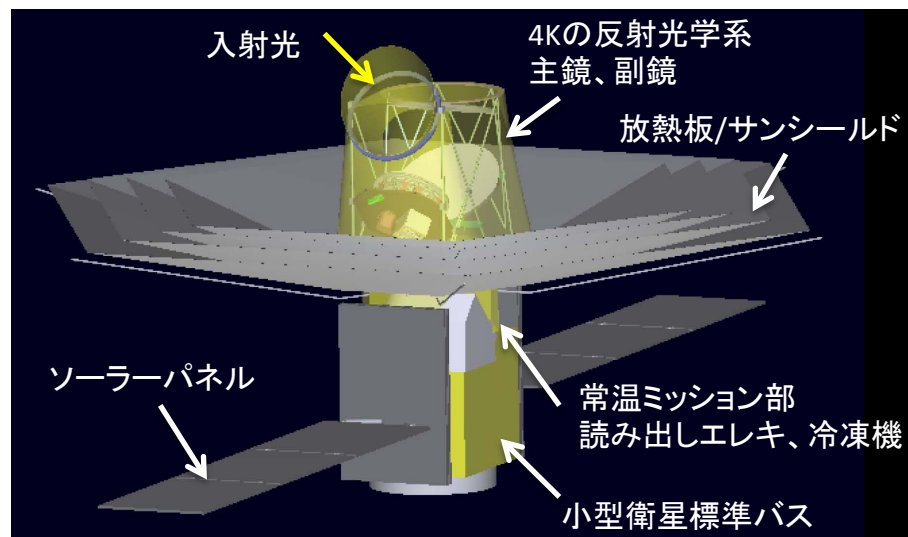
ミリ波反射型望遠鏡

解像度: 30 arcmin. の解像度 (@150GHz)。

検出器

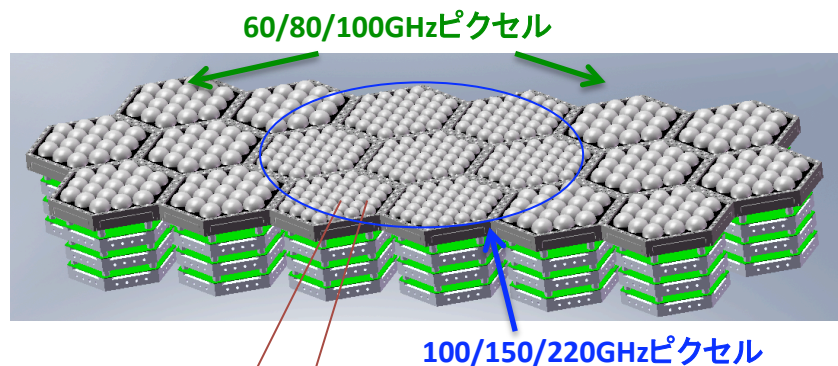
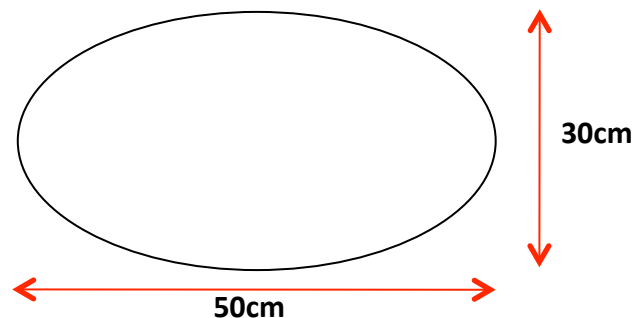
動作温度100 mKの超伝導検出器。

帯域: 50-250 GHz



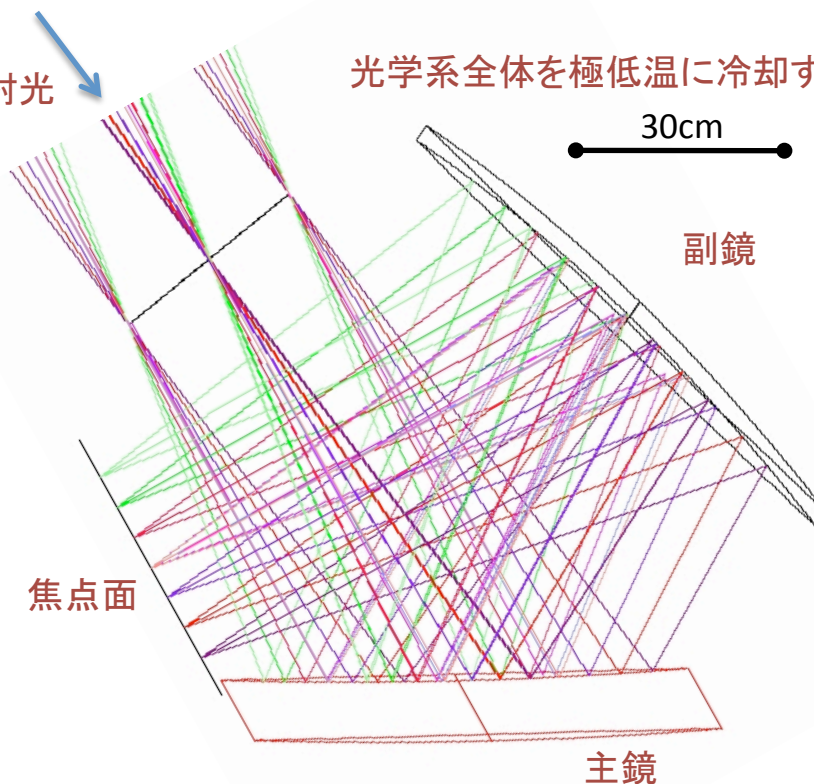
LiteBIRD: 光学系

この光学系で利用可能な焦点面



空からの入射光

光学系全体を極低温に冷却する。



CMBだけでなく、前景放射(シンクロトン放射およびダスト放射)も同時に全天観測。

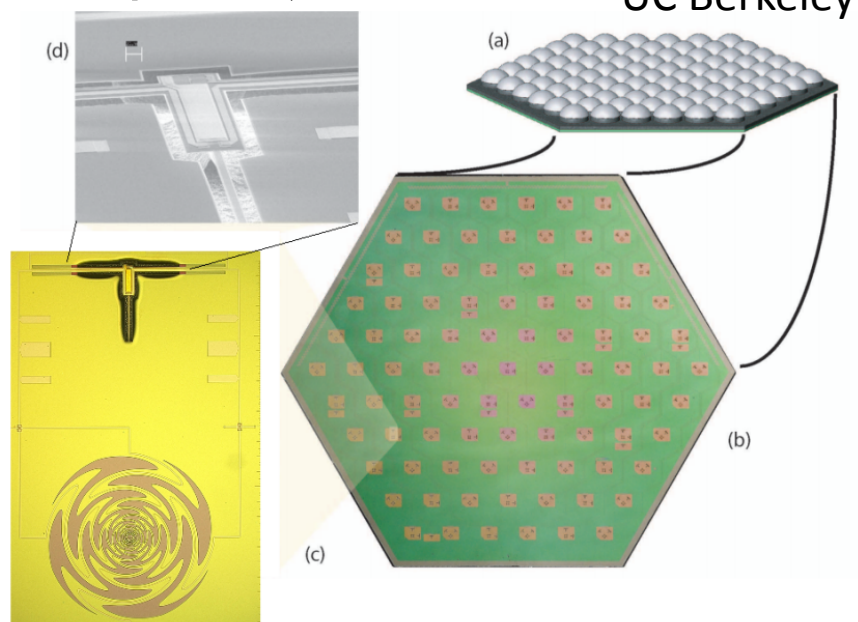
小型科学衛星に適した、
実験感度を上げるための焦点面の有効活用

1つのピクセル(レンズ)で6つの超伝導素子
- 直交する2つの直線偏光
- 3つのバンドをカバー

偏光検出器数 ~2000
実験感度 2 $\mu\text{K} \cdot \text{arcmin}$

LiteBIRD: 検出器

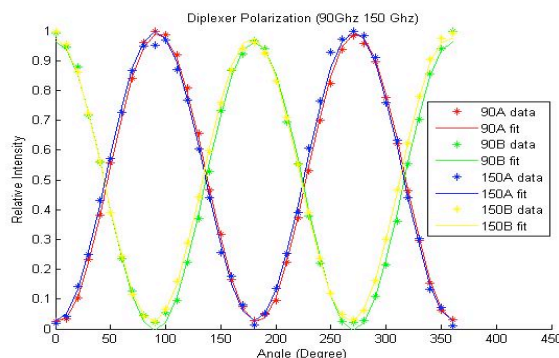
TESボロメータ



UC Berkeley

- 信号ノイズより低いノイズレベル(aW·Vs)
- SQUIDを用いた低ノイズ+多チャンネルの読み出し
- 地上(POLARBEAR1,2)、気球実験(EBEX)での実績
- 広域周波数帯アンテナとの結合も実証済み

二色ピクセル
(90, 150 GHz)
の偏光測定結果



日本グループ開発体制(新学術領域)

クーパ対破壊型検出器

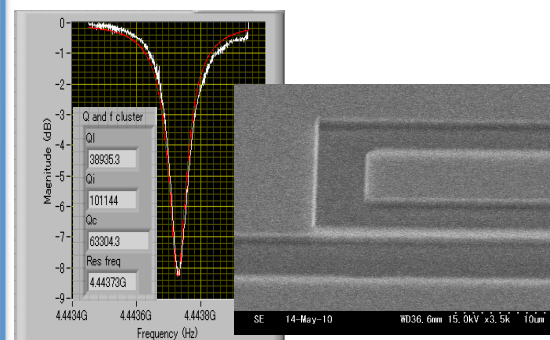
理研:テラヘルツ工学で培った技術

国立天文台:ALMAの受信機開発で培った技術

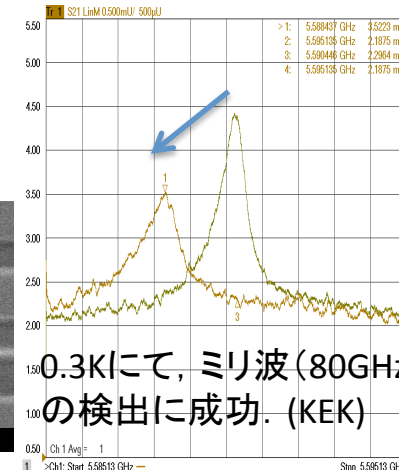
KEK、岡山大:高エネルギー実験で培った信号読み出し技術、

MKID

高品質レゾネータ
(国立天文台)

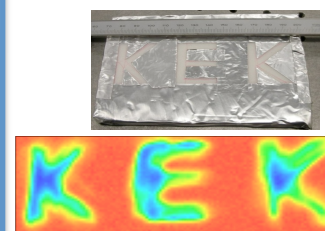


ミリ波受信の原理検証

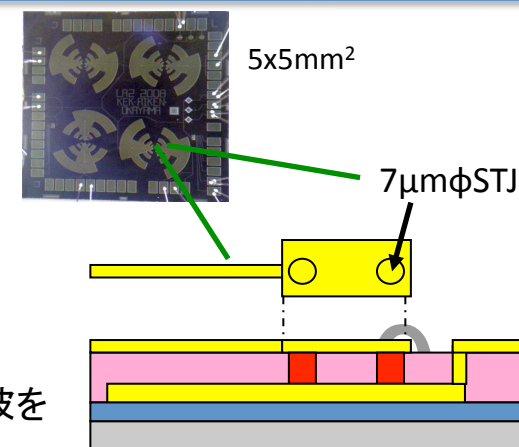


0.3Kにて、ミリ波(80GHz)
の検出に成功。(KEK)

STJ



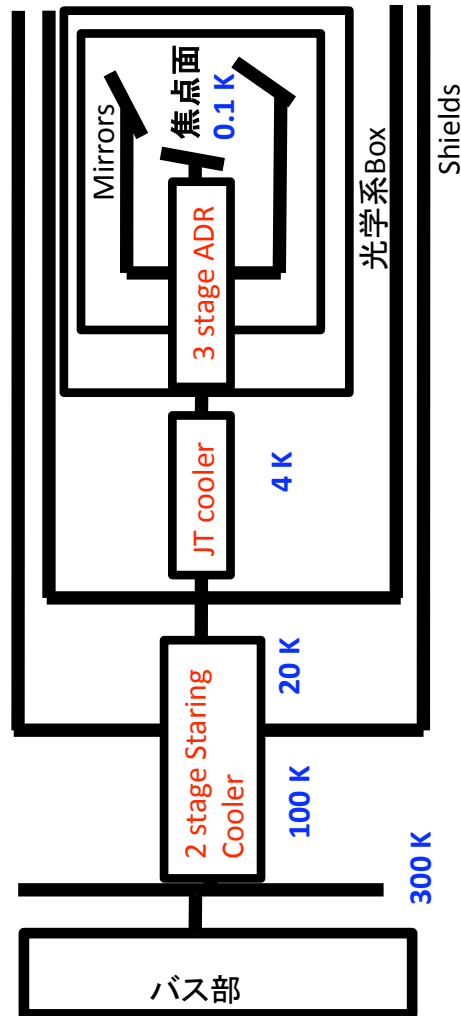
上のスクリーンにミリ波
(80GHz)を照射し、透過波を
0.3KのSTJを用いて検出



LiteBIRD: 熱解析及び冷凍機

Cooling Chain

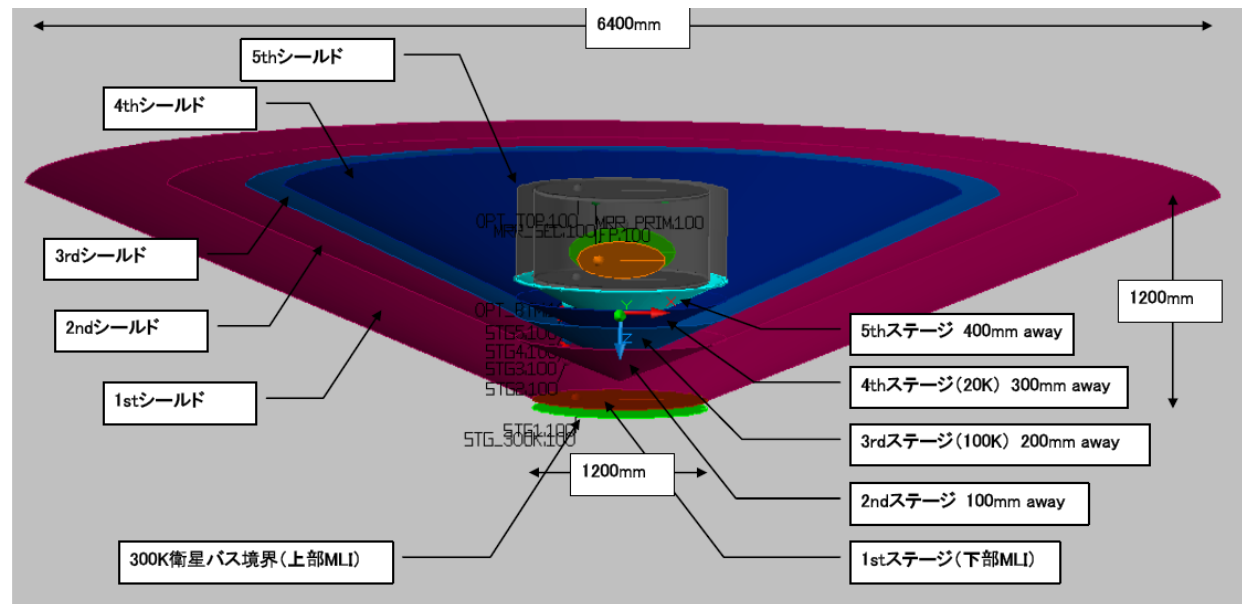
深宇宙



太陽側

SPICA, Astro-H, Diosで検討されている冷凍機を利用。

地球周回軌道を仮定したThermal desktopによる熱解析



展開式サンシールドによる熱放射により、既存の冷凍能力を仮定した冷凍機で、4Kの光学系を達成可能。

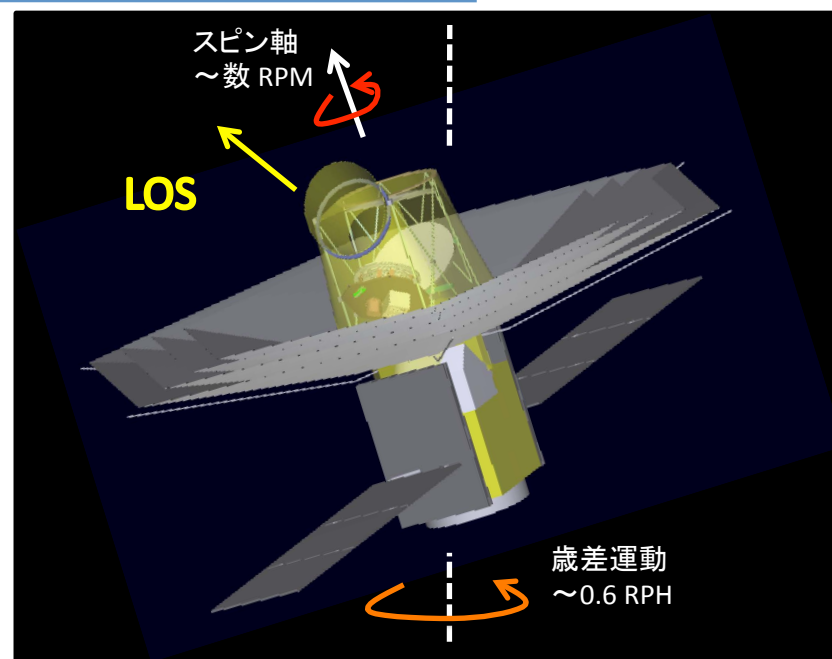
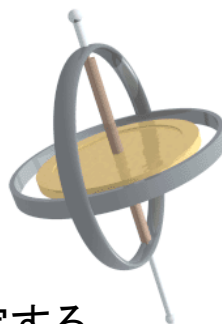
現在、放熱板シールドの大きさの最適化(最小化)、について検討中。

LiteBIRD: 軌道/スキャン

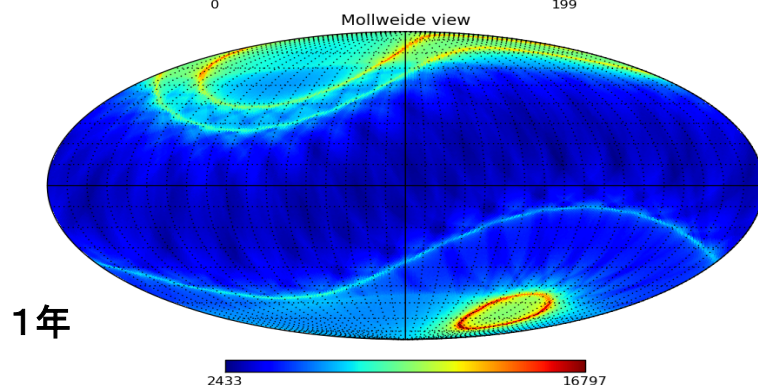
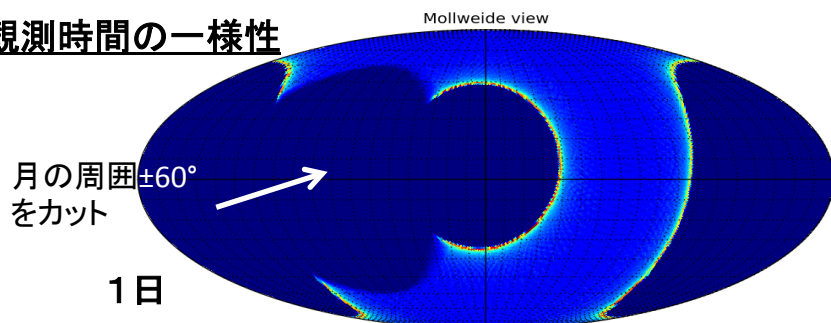
軌道: 太陽同期軌道を仮定。

歳差運動と地球の公転で全天観測。

衛星スピンの回転速度を数RPMに設定する。
結果、CMBのシグナルの変化を検出器の $1/f$ よりも高い周波数にシグナルを設定。



観測時間の一様性



3RPMを仮定した場合

2000個の超伝導素子の時系列
~2.5 Mbps $\Rightarrow$ オンボード圧縮で ~.64 Mbps



地上局

まとめ

CMB偏光Bモードをとらえることができれば、ビッグバン以前の宇宙からの信号(原始重力波)を検出できる！

WGグループでシステム設計が進行中。

- 熱設計及び冷凍機/ADRのデザイン検討
- 焦点面デザイン及び、検出器のプロトタイプ作成/試験
- オンボード圧縮のアルゴリズム及びテレメトリーの検討
- 実験感度に基づいた前景放射除去のシミュレーション
- LiteBIRDのプロトタイプの作成。

衛星成功へ地上実験QUIETとPOLARBEARで科学的そして技術的準備中。

他プロジェクトとの技術連携

超伝導検出器/読み出しシステム、冷凍機

END