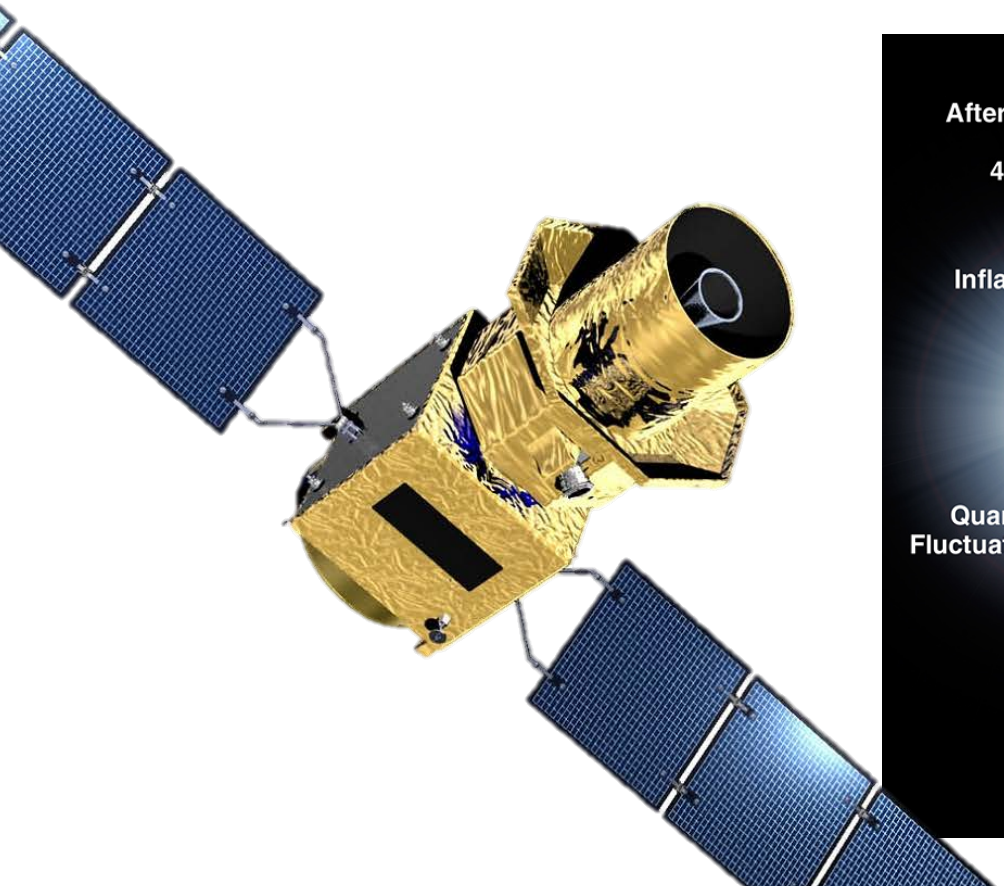
日本天文学会2017年春季年会

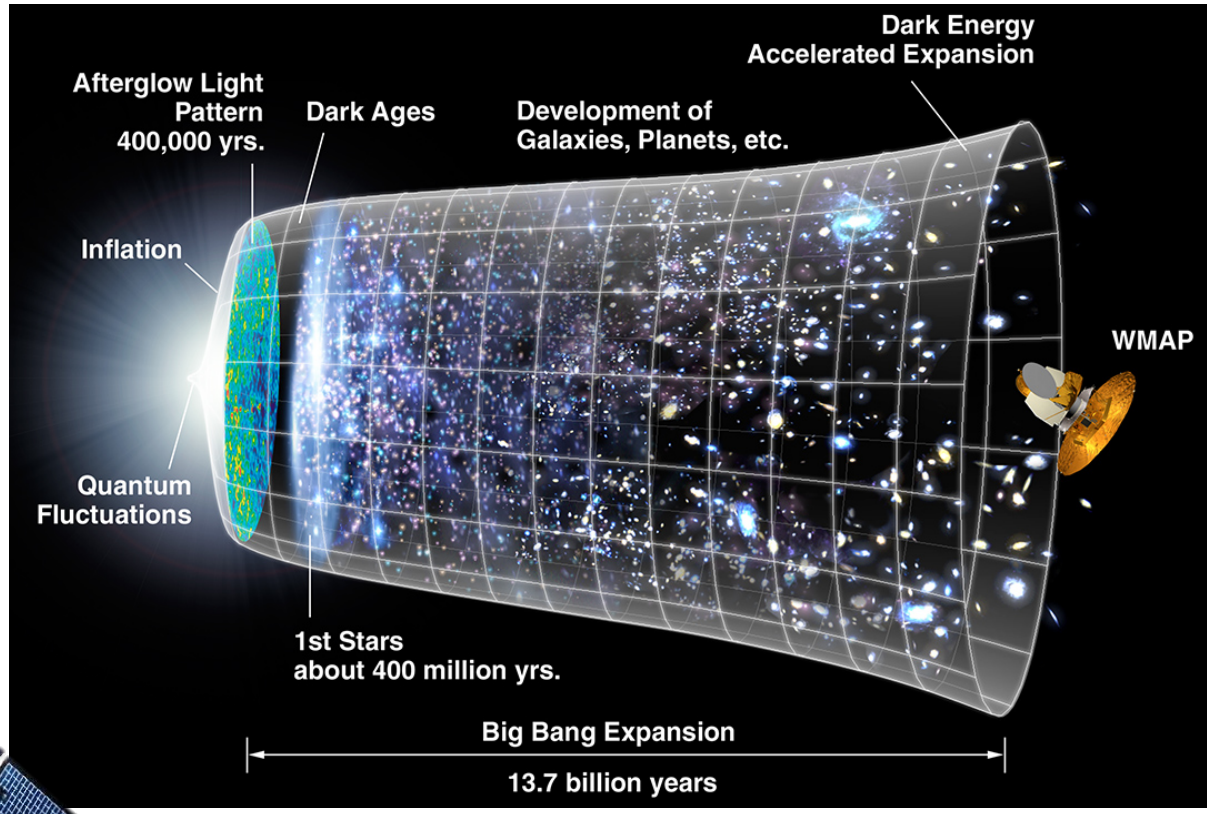
CMB偏光観測衛星 LiteBIRD計画の現状

堂谷忠靖（ISAS/JAXA）、羽澄昌史（KEK）、
他LiteBIRDチーム

概要

- 目標：CMBのBモード偏光の観測によるインフレーション仮説の検証
- 観測周波数：34ー448 GHz（15バンド）
- 米国、カナダとの国際協力
- JAXA戦略的中型ミッション
- 打ち上げ：2025年





科学目標

標準宇宙モデルの課題

- 我々の起源（構造の起源）
- 宇宙の形（平坦問題）
- 宇宙の果て（地平線問題）

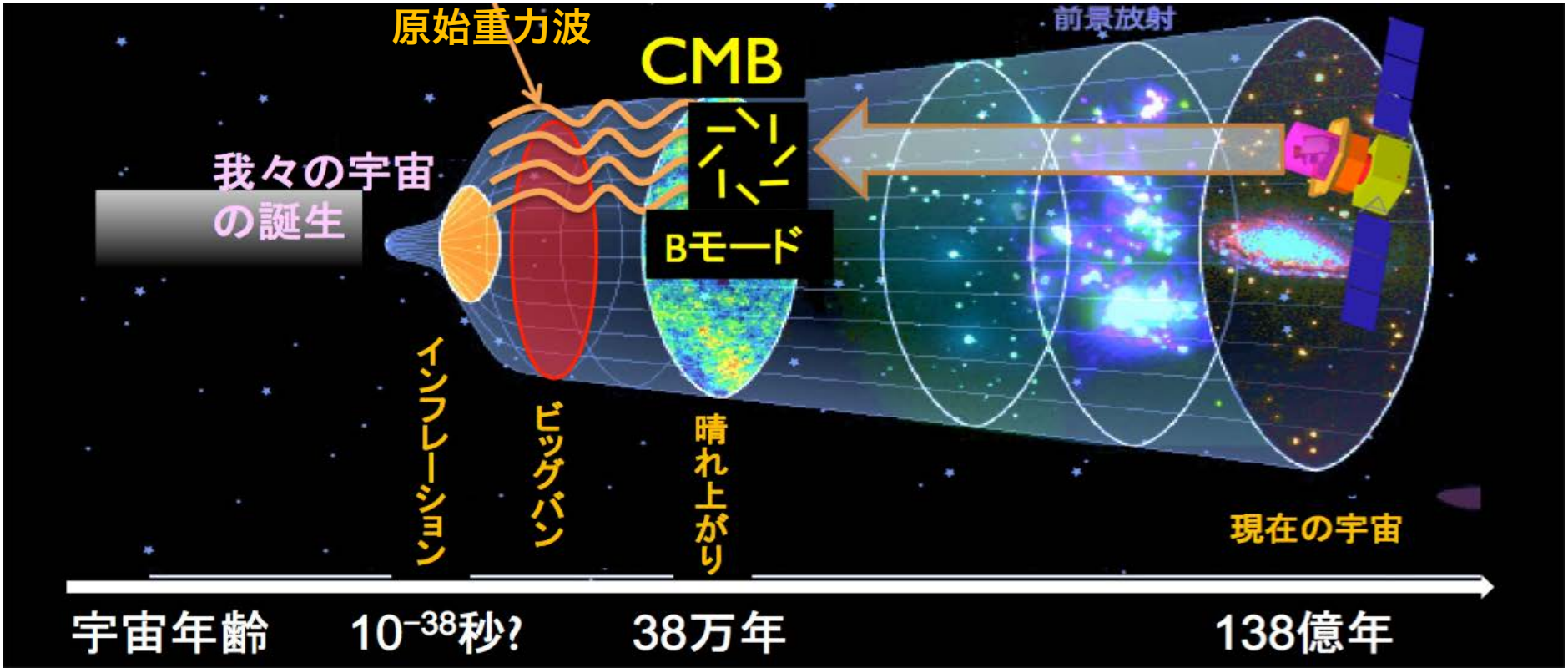
これらの課題を一挙に解決

インフレーション仮説

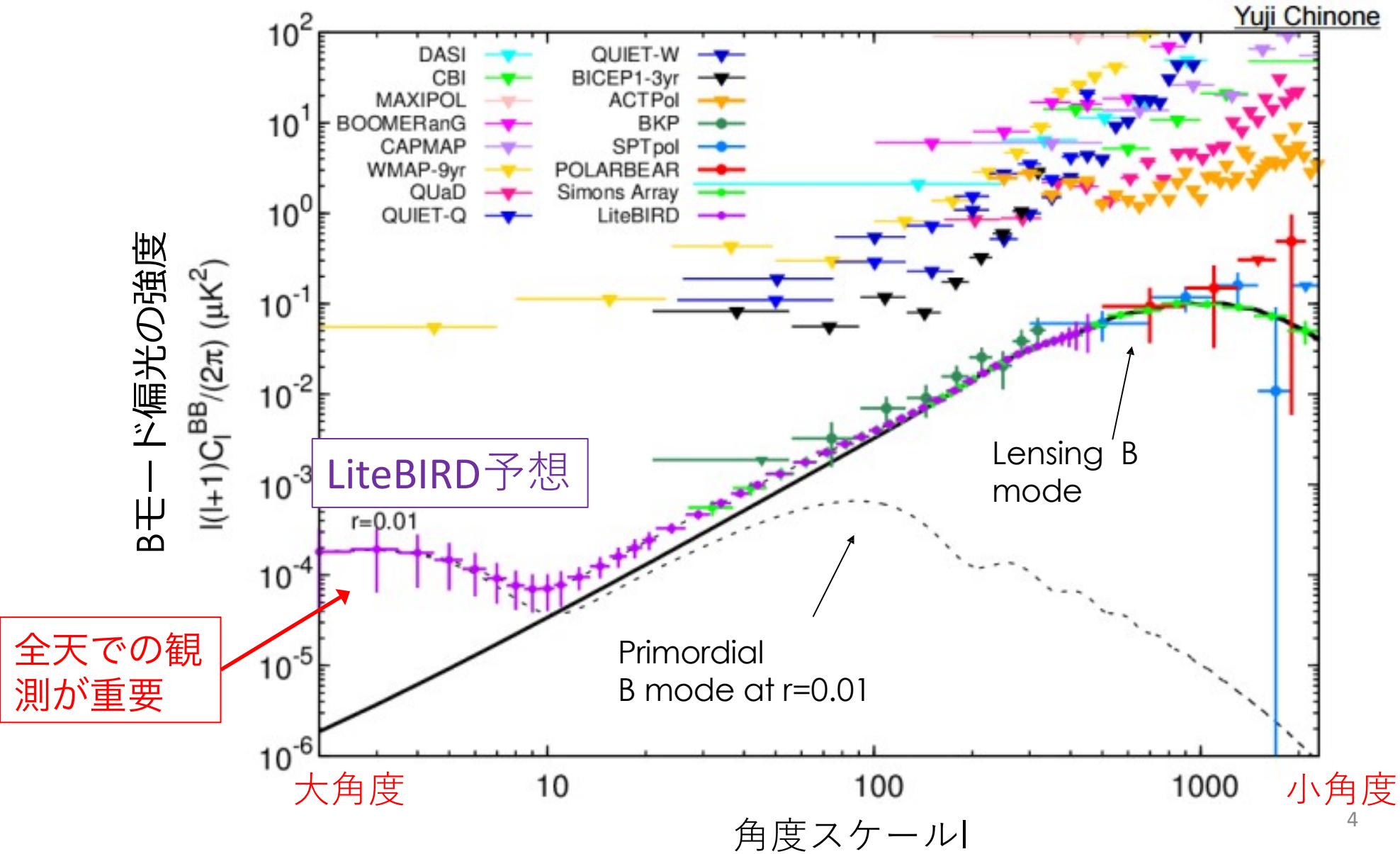
原始重力波を生成

LiteBIRD：CMB偏光観測により原始重力波からのBモードを検出。

テンソル・スカラー比の精度 δr<0.001 を達成する。

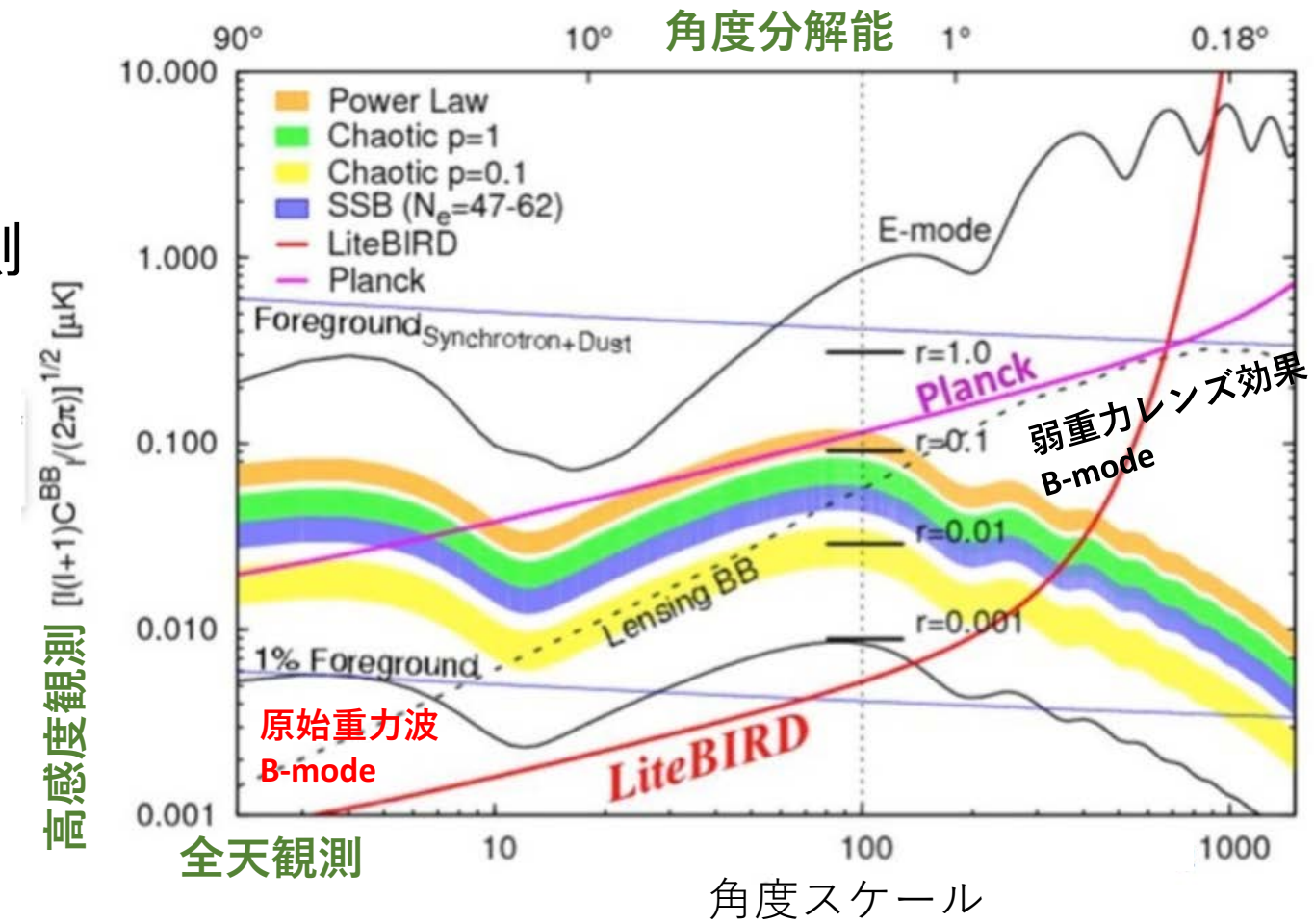


B-mode power spectrum



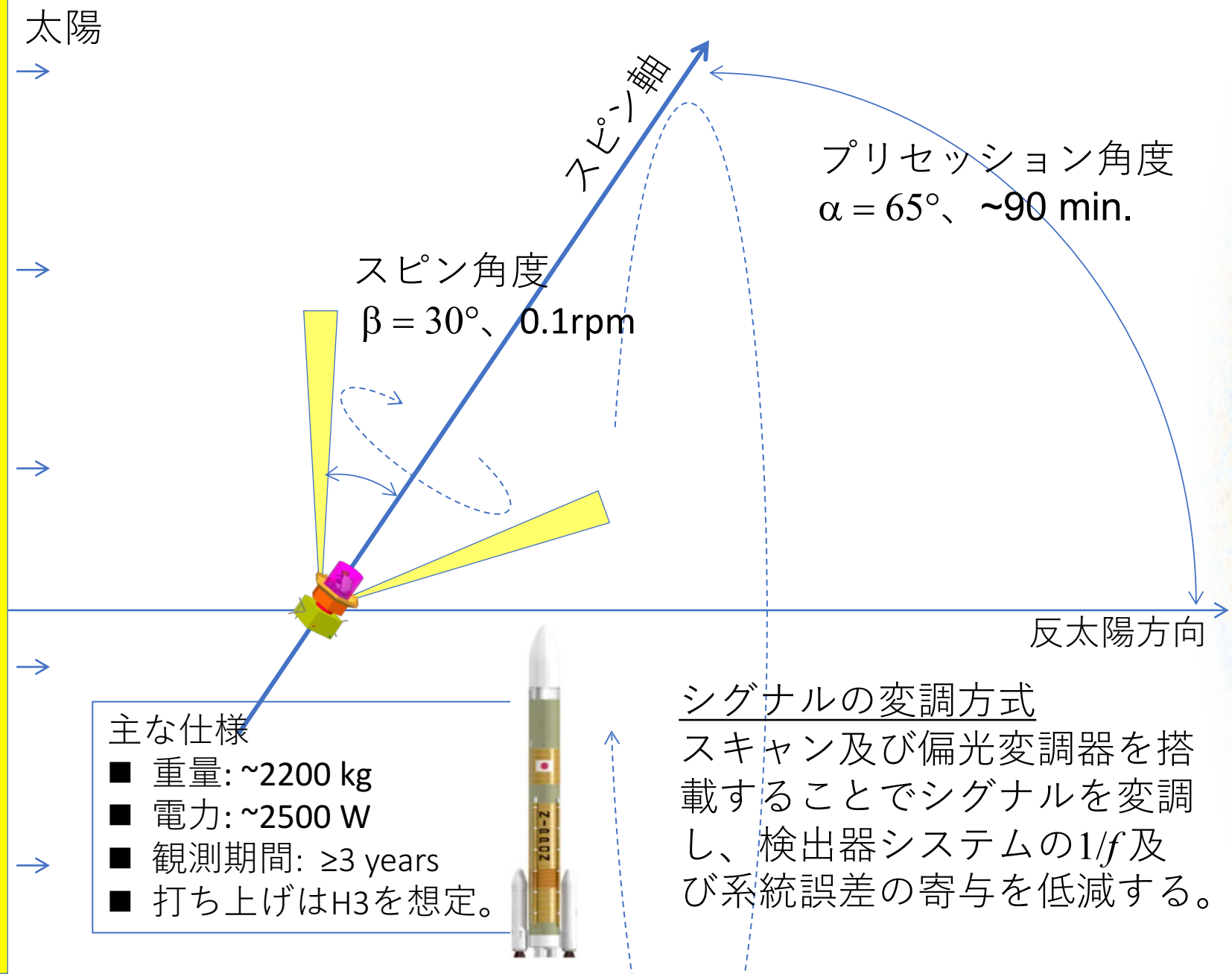
ミッション要求の概要

- 全天観測
  - スキャン方式
- 前景放射を同時観測
  - 広帯域観測帯域
- 大角度相関観測
  - 角度分解能
- 高感度観測
  - 観測検出器感度
  - 系統誤差の低減



衛星のメリット
- 大気からの余計なフォトンの寄与がなくなる。
- 大気揺らぎによる影響がなくなる
- 広帯域観測が可能となる

スピン衛星を用いたL2での観測



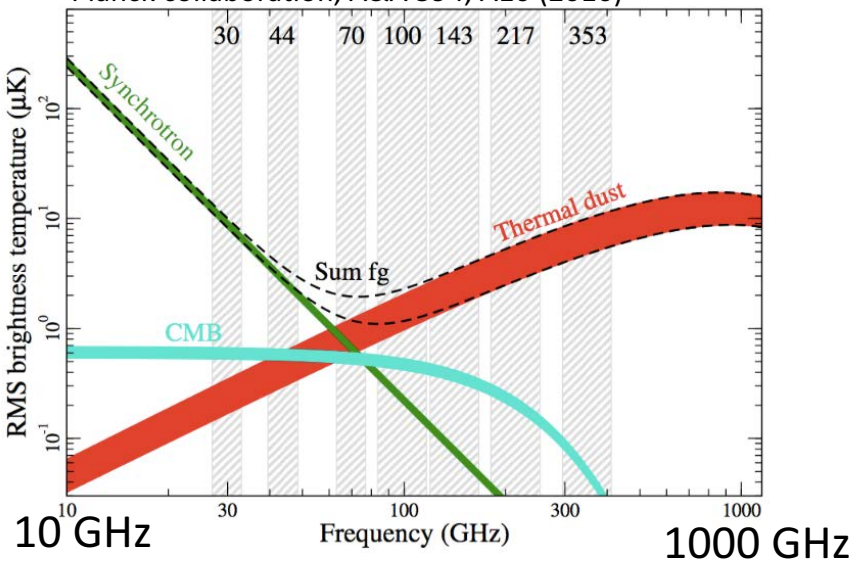
主な仕様
- 重量: ~2200 kg
- 電力: ~2500 W
- 観測期間: ≥3 years
- 打ち上げはH3を想定。

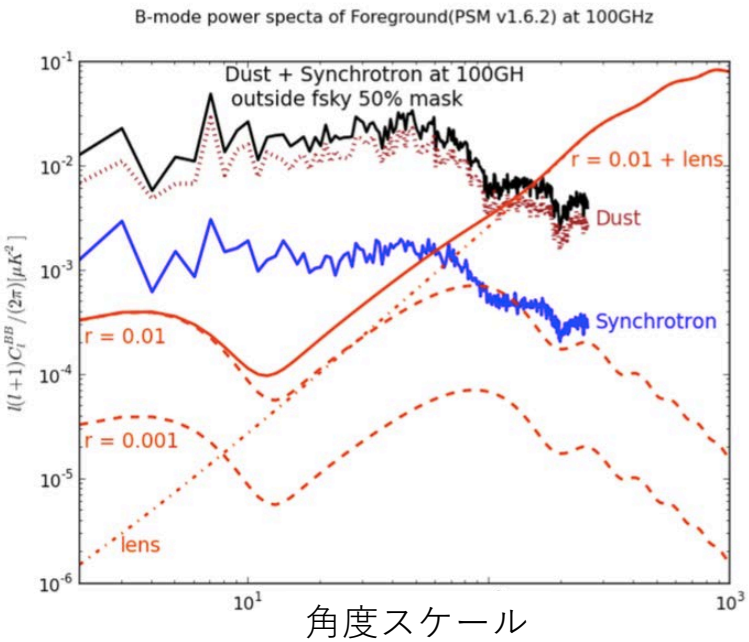
<u>シグナルの変調方式</u>

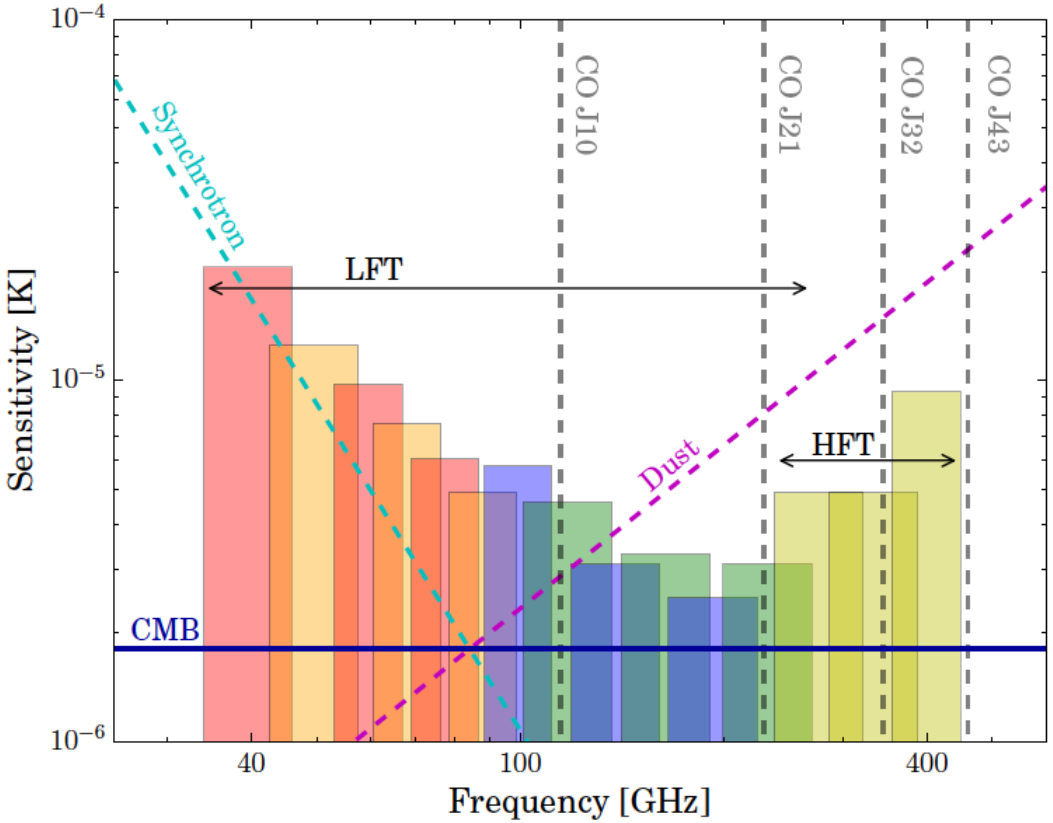
スキャン及び偏光変調器を搭載することでシグナルを変調し、検出器システムの$1/f$及び系統誤差の寄与を低減する。

前景放射成分の分離

Planck collaboration, A&A 594, A10 (2016)

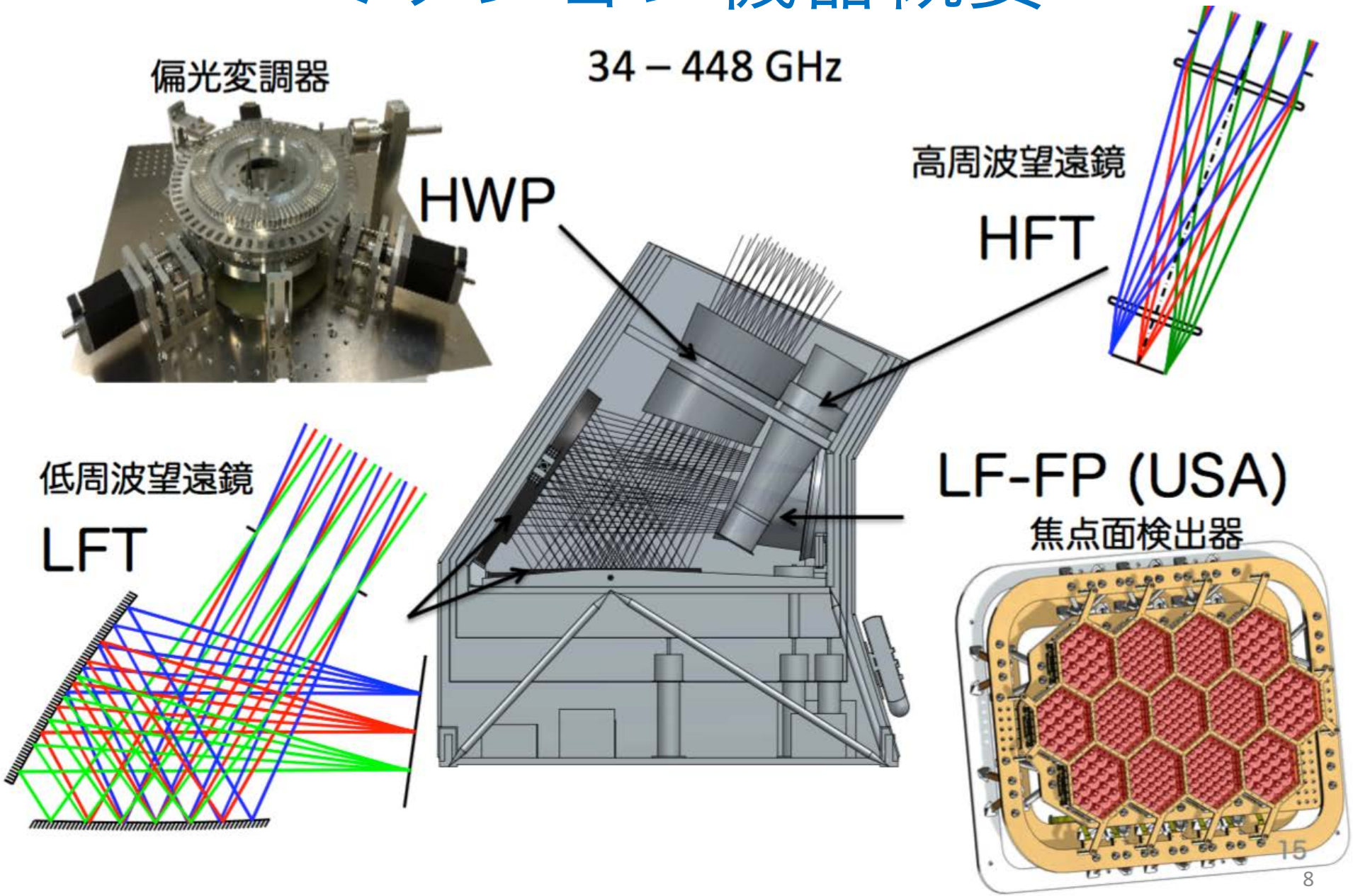




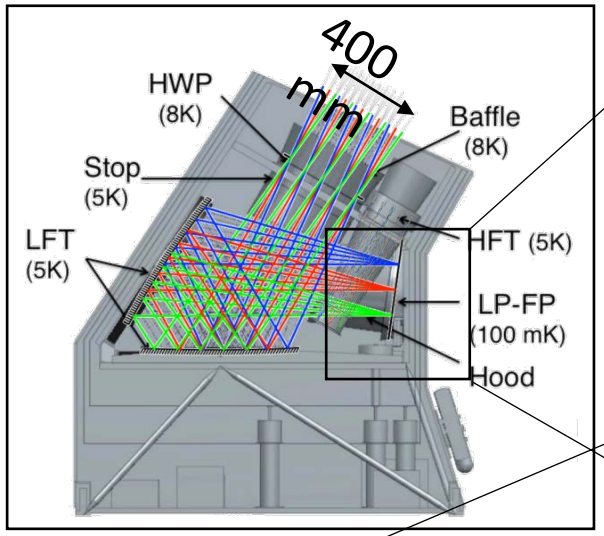


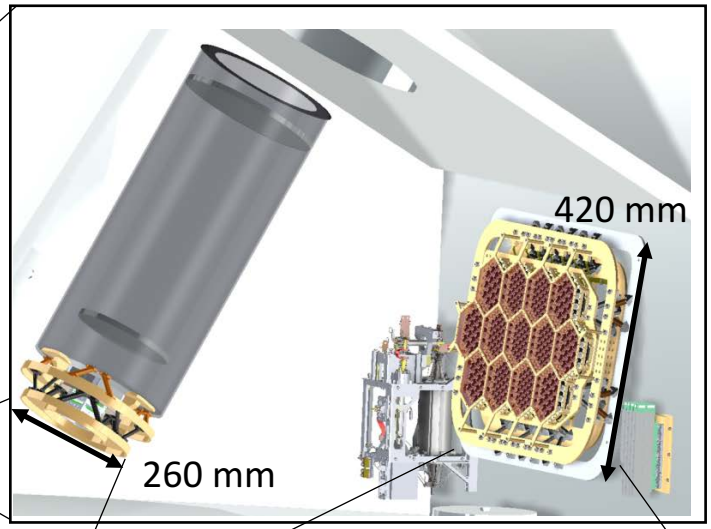
大角度相関にて原始重力波由来B−modeを観測することに最適化した観測帯域。
15バンド、34−448GHzをカバーすることで、シンクロトロン及びダスト放射を同時観測を行い、自前で前景放射成分を分離。

ミッション機器概要



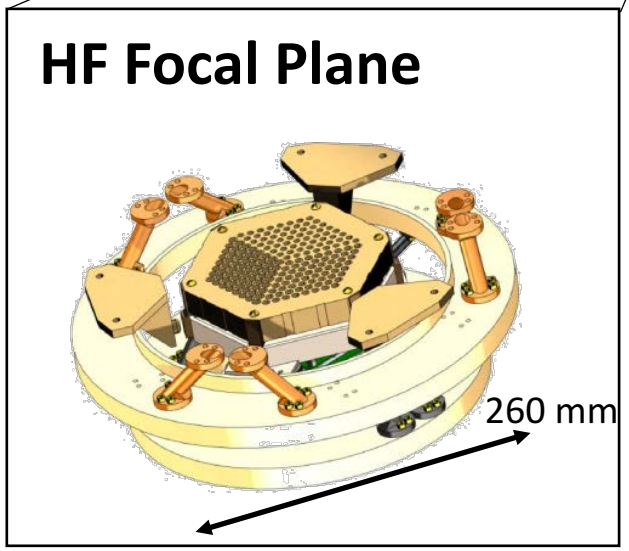
TESを用いた焦点面検出器

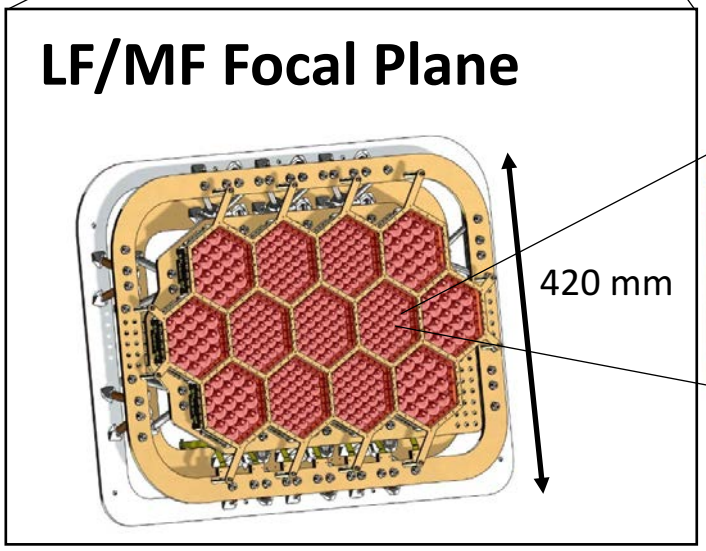




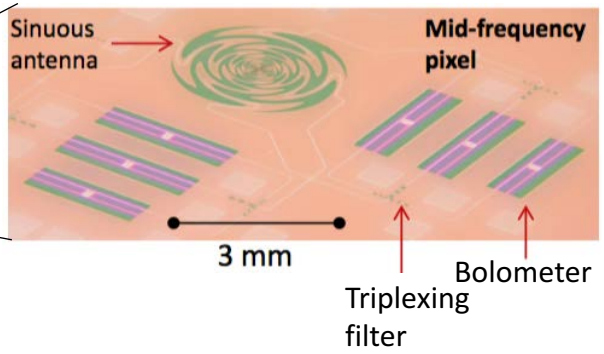
焦点面ユニット

- 2238個(LF/MF)および384個(HF)の超伝導検出器。
- 焦点面（100 mK）の放射による熱流入を低減するために赤外ローパスフィルター。
- 読み出しエレキはSQUID/DfMUX （mux factor of 64）。発熱は～100W以下。
- データレート：4 GB/day（含マージン）

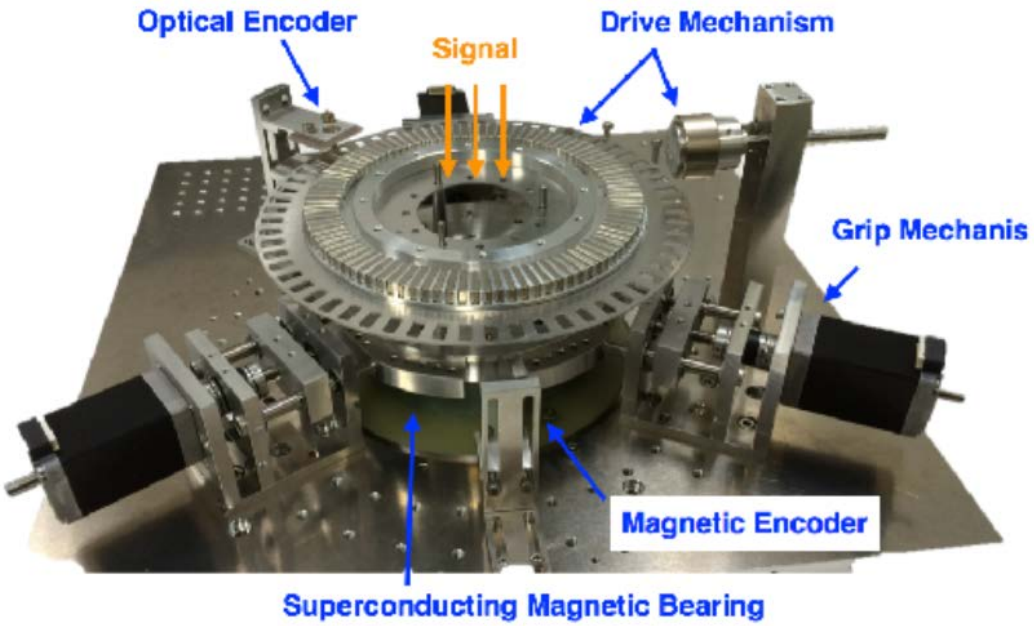




Sinuous Antenna



偏光変調器の開発

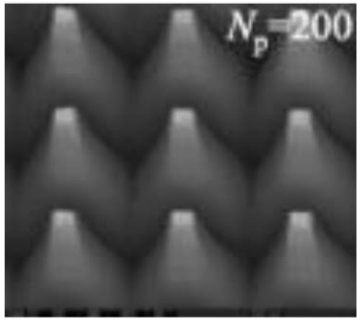


偏光変調器（半波長板）

連続回転する半波長板により入射直線偏波を変調することで、1/fノイズの影響を低減する。

開発項目

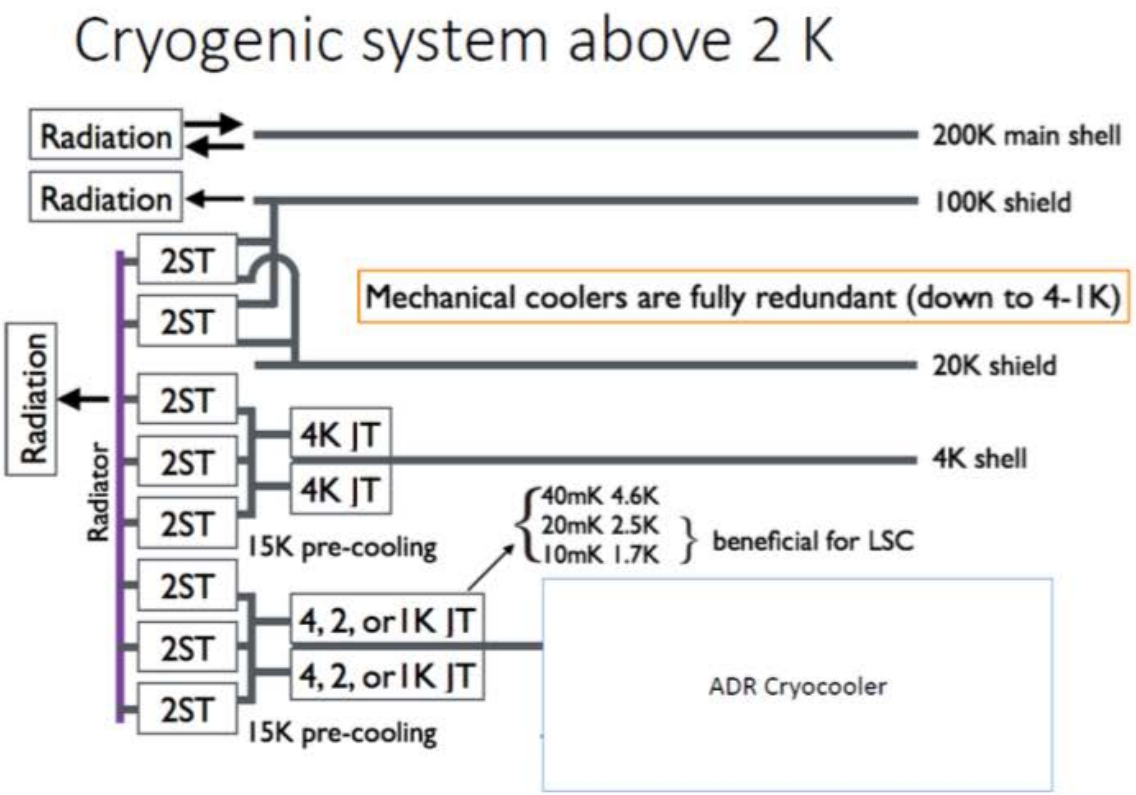
- 広帯域偏光変調効率：98%以上@34-270 GHz
- 反射防止コーティング：透過率90%以上@34-270 GHz
- 熱的成立性：10K以下、発熱3.5mW以下
- 駆動系：1-5 Hz
- エンコーダー：精度1E-3 deg
- 磁気シールド：DC成分 < 0.2 Gauss、AC成分 < 5E-5 G/√Hz
- 保持機構、Launch lock



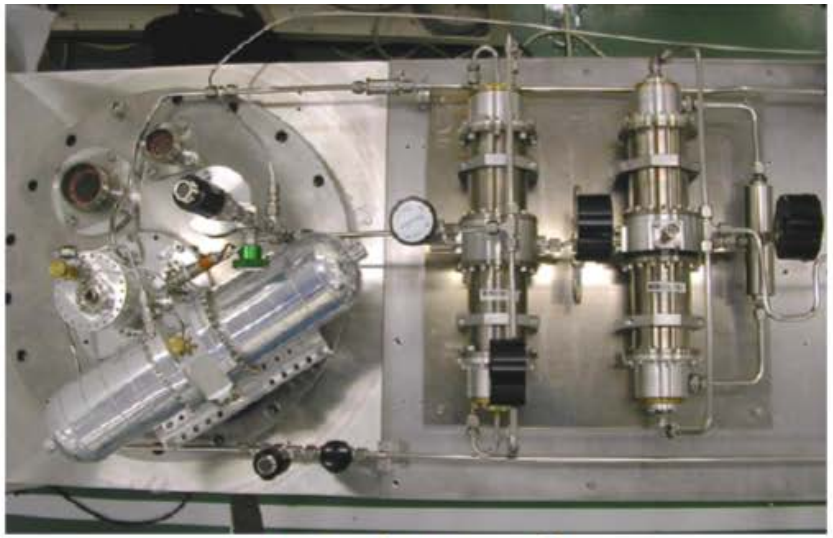
半波長板表面

Matsumura, T. et al. Appl. Opt. 55 (2016) 3502

冷却系



冷凍機の構成案



JT and ST coolers

ADR

波長板、ミラー　5K
検出器 0.1K 以下に冷却

LiteBIRD計画の進捗

ISAS/JAXAでの状況

- 2015年2月、戦略的中型ミッションの公募に応募。
- 2015年6月、理学委員会から推薦。
- 2016年5月、国際レビュー、８月に計画審査。
- 2016年9月、Phase A1スタート（ノミナル２年間。２件のうちのひとつ）

- 日本学術会議マスタープラン2014、重点大型研究計画のひとつ。
- 文科省の指定する新大型研究計画のひとつ（ロードマップ2014）。
- 日本学術会議マスタープラン2017、重点大型研究計画のひとつ。

米国側の状況

- 2014年12月、MASA MO (Mission of Opportunity)に応募。
- 2015年8月、NASA MOに採択(全２件のひとつ)。Phase Aスタート。
- 2016年7月、Concept Study ReportをNASAに提出。
- 2017年4月、NASA MO down-selection予定。

まとめ

- LiteBIRDは、CMBのBモード偏光を観測することで、インフレーション仮説の検証を目指す。
- 現在、Phase A1の開発を実施中。
- $\delta r<0.001$達成のため、前景放射分離（観測バンド、検出器感度）、統計誤差（検出器数）、系統誤差低減（回転半波長板、スキャン姿勢etc）のための観測システムの概念設計を進めている。
- 今後、ミッション系の検討をさらに進めるとともに、冷却系の検討、バス系の検討も進めていく。