

科学衛星を用いた宇宙背景放射(CMB)偏光精密測定計画 LiteBIRDのシステム概要

Lite (light) satellite for the studies of B-mode polarization and Inflation from cosmic background Radiation Detection

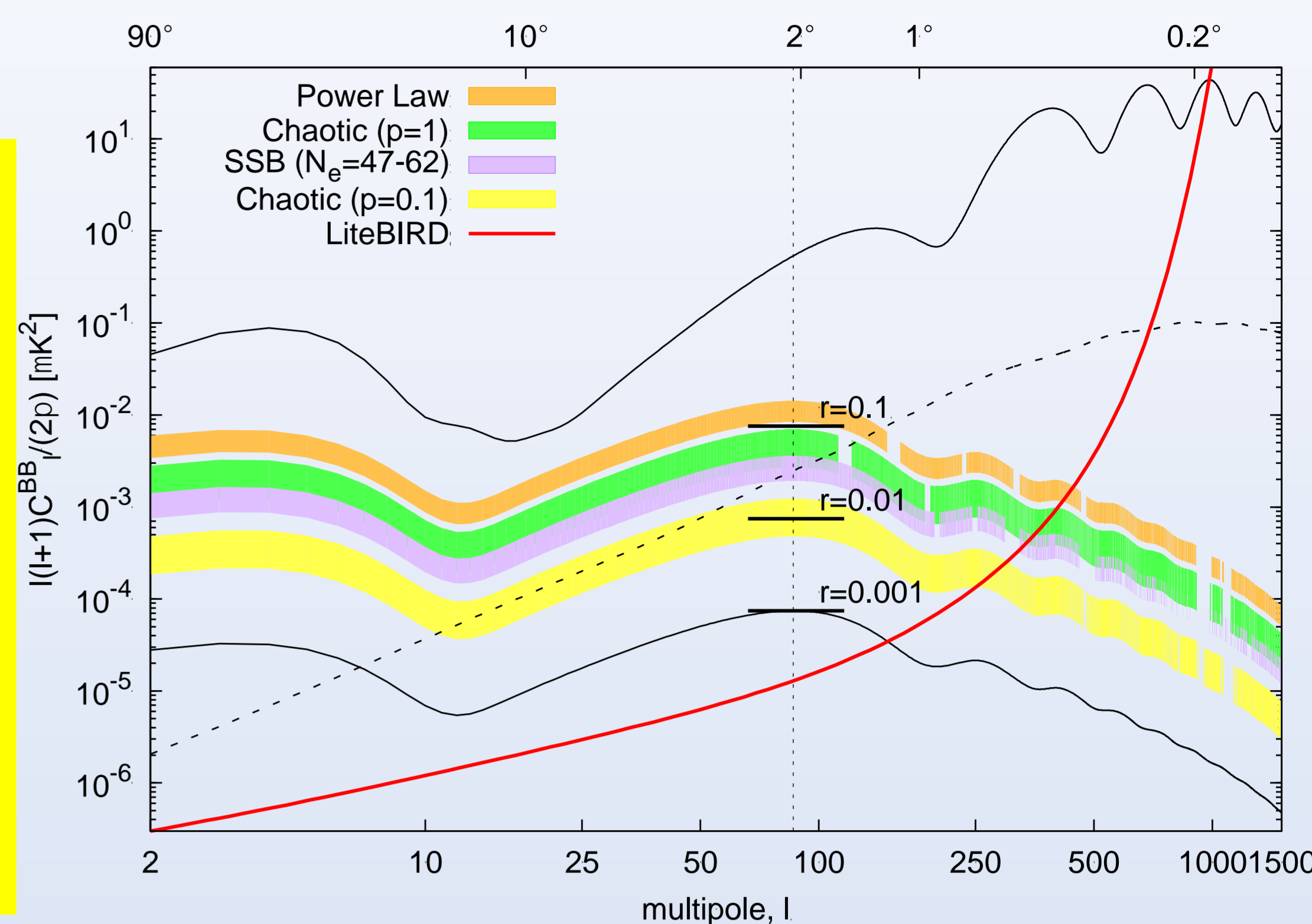
LiteBIRD ワーキンググループ (2008年9月設立)

サイエンス

ビッグバンより前に起きたインフレーションにより原始重力波が生じたと考えられる。それは宇宙背景放射(CMB)にBモード偏光という特殊な偏光パターンを残した。右図は、各種インフレーションモデルが予言するBモードスペクトルである。主要な代表的モデル*は、テンソル・スカラー比0.001以上を予言する。

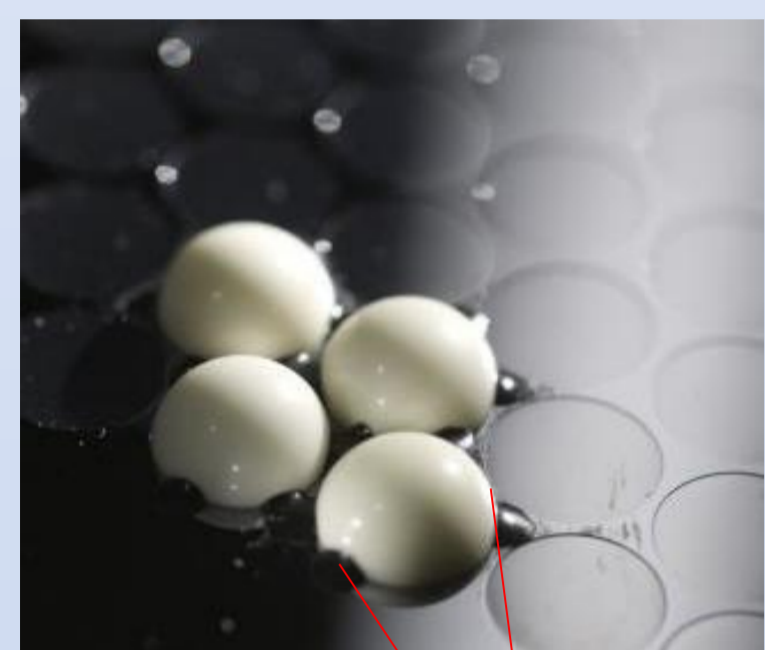
LiteBIRDはCMBの偏光を精密に測定することにより、Bモード信号強度からテンソル・スカラー比を0.001の精度で測定することを目指す。そのためには、実験感度 $2\mu\text{K}\cdot\text{arcmin}$ 、角度分解能30 arcmin(@150GHz)、全天観測、60-270GHz、帯域幅30%の多周波数同時観測が必要である。

(*) Large single field slow roll models



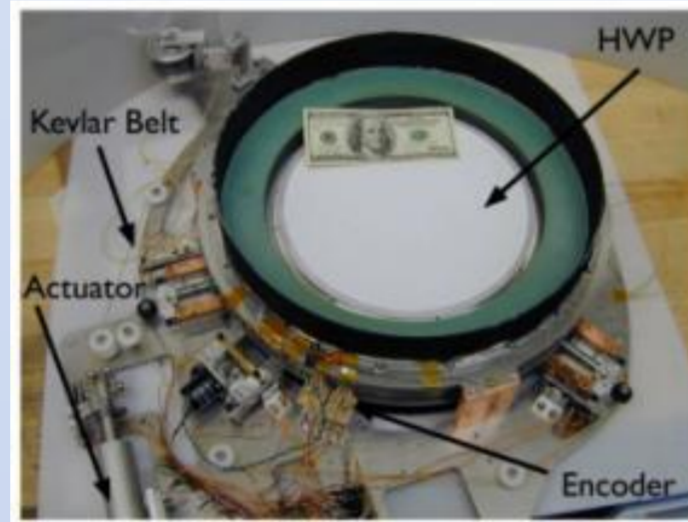
衛星の概要

数ナノケルビンの凸凹を検出する“超高感度ミリ波偏光カメラ”



半波長板(Half Wave Plate) 1/fノイズ軽減などの目的で、偏光信号を変調。

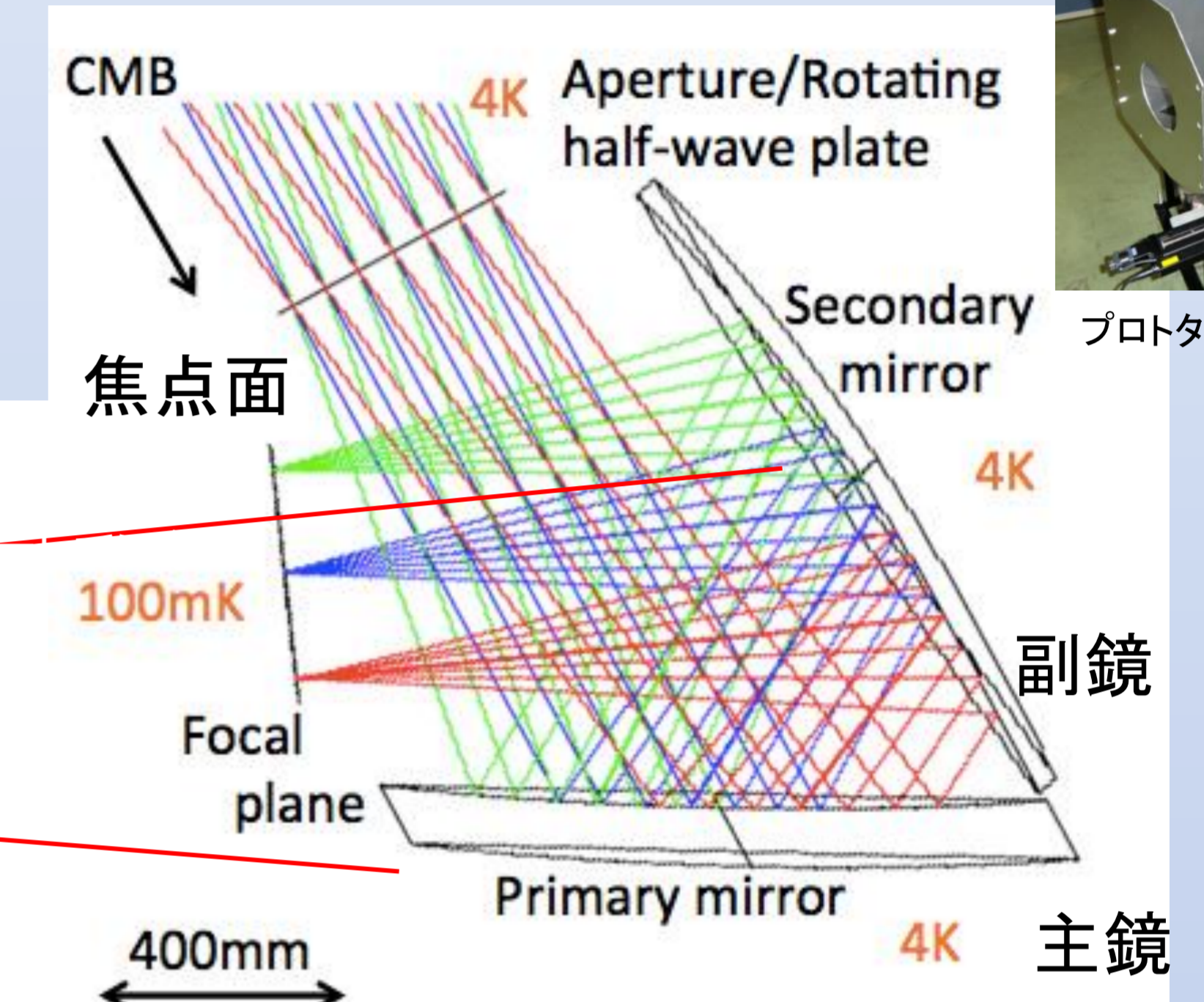
UC Berkeley



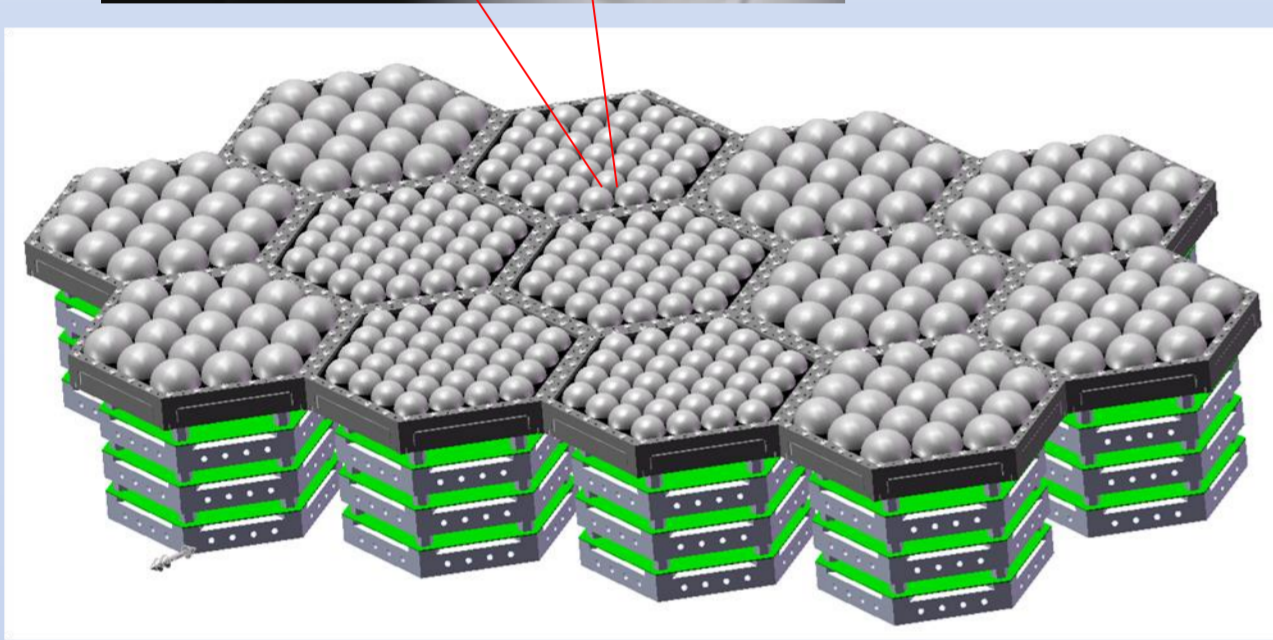
スピン軸

観測視線

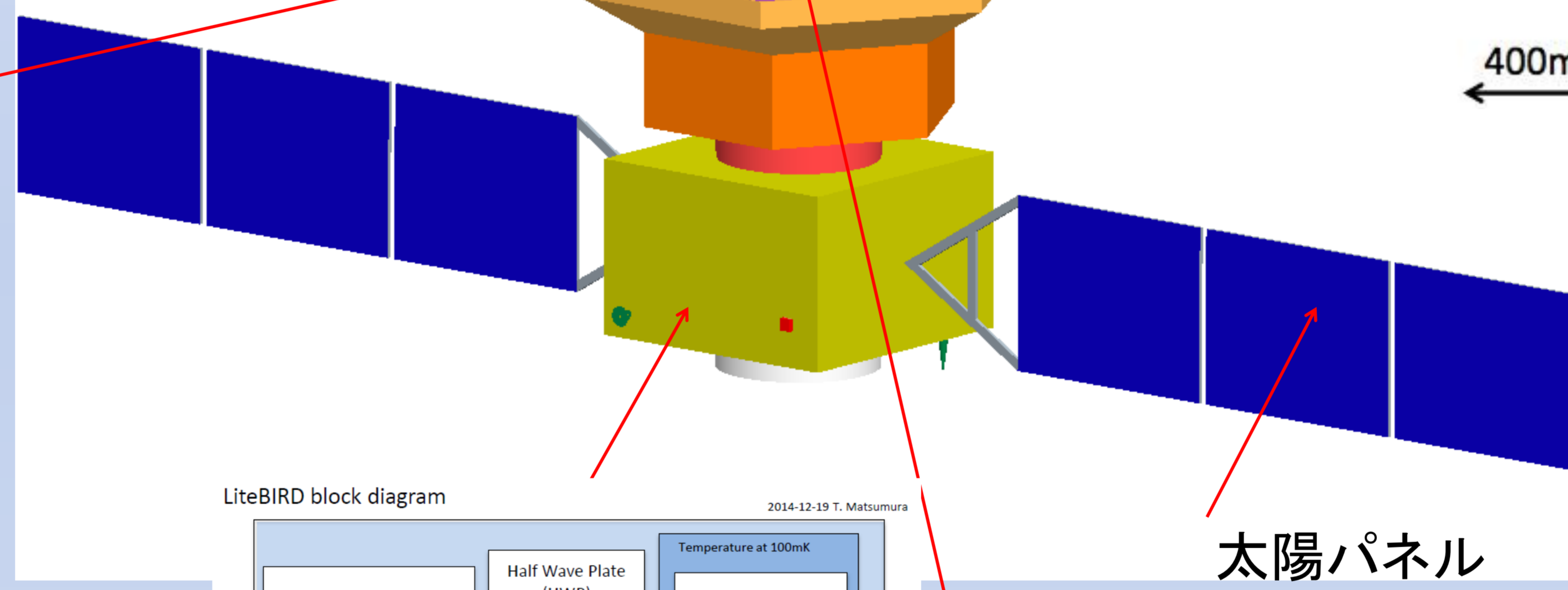
Crossed Dragonne 型反射望遠鏡



プロトタイプ望遠鏡



焦点面超伝導検出器



太陽パネル

解像度は30arcmin @150GHzで十分。そのため衛星のサイズをコンパクトにできる。重量(1.5t)・電力(1.5kW)を目標。

	質量(kg)	電力(W)
低温部ミッション部(*)	390.8	<<1
熱制御系	41.6	<<1
光学系	78.0	<<1
検出器系	29.9	<<1
データ処理・収集系(**)	8.8	<<1
構造体	232.5	<<1
常温部ミッション部(*)	230.6	765.0
構造系	73.1	0.0
冷凍機	70.2	325.0
熱制御系	64.0	252.5
光学系	1.3	26.0
データ処理・収集系	16.3	127.7
電源系	5.7	33.8
常温部バス部(***)	906.1	719.1
総計	1527.5	1484.1

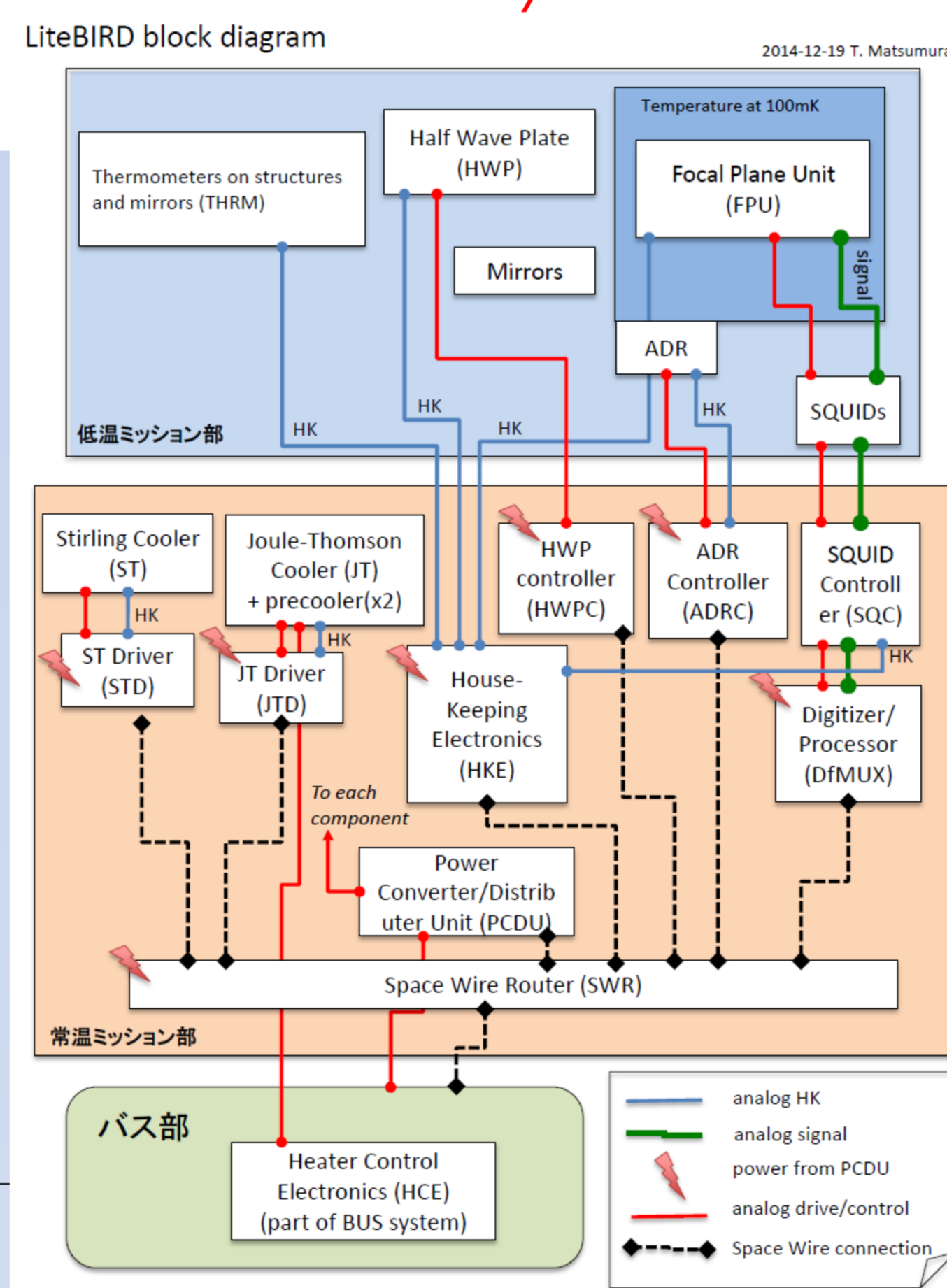
(*) それぞれ3割マージンを含む。

(**) TESオプションを仮定

(***) 暫定値。

冷凍機システム
・初段冷凍機(JT/ST coolers)
・断熱消磁冷凍機(ADR)

バスユニット(スペースワイヤを用いた読み出し回路・姿勢制御装置・通信機器)



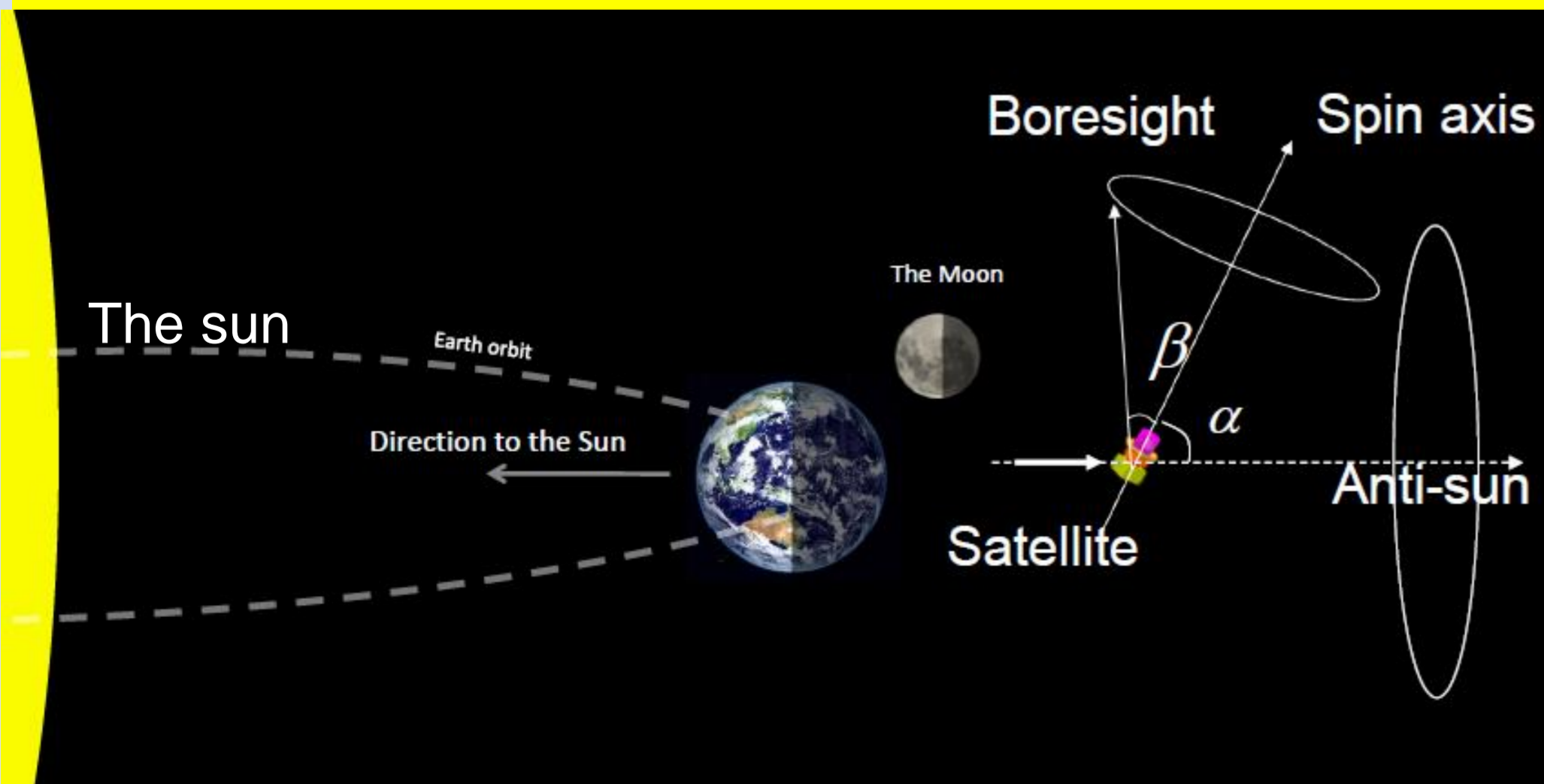
50-320GHzを2022素子で読み出し。3年間で $1.8\mu\text{K}\cdot\text{arcmin}$ の精度で測定する設計。検出器はTESボロメータまたはMKID。

LiteBIRDの観測周波数と感度

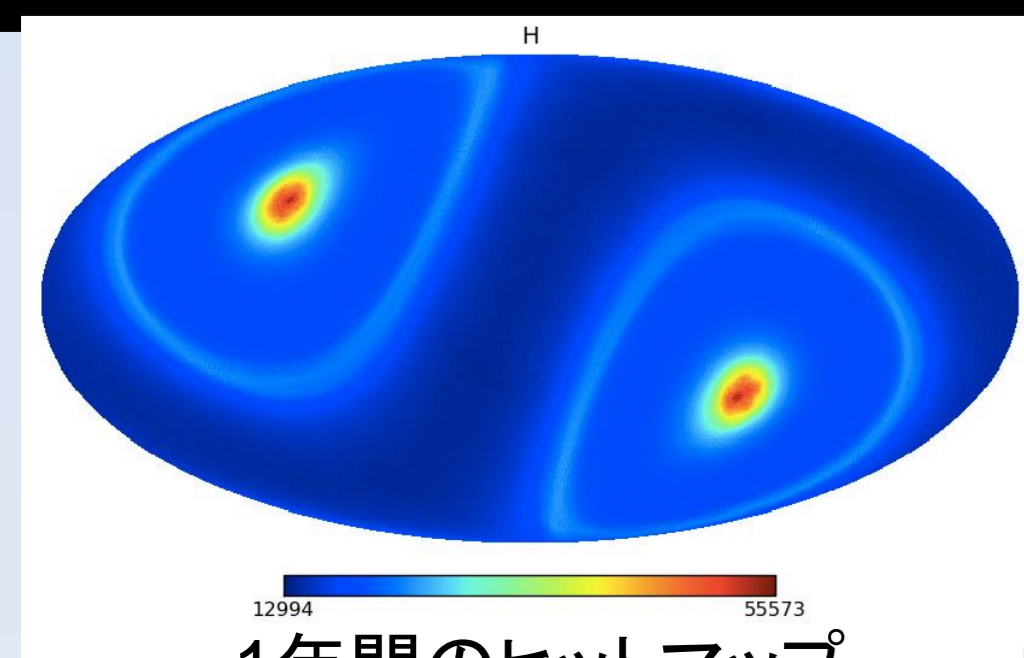
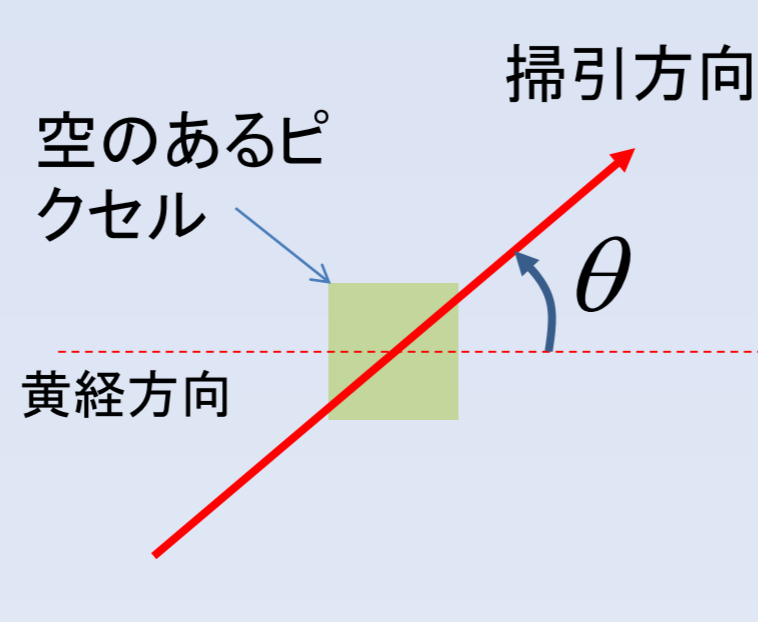
Band (GHz)	Beam# (arcmin)	NET ($\mu\text{K}\sqrt{\text{s}}$)	Pixel # per wafer	Wafer #	Bolometer #	NETarr ($\mu\text{K}\sqrt{\text{s}}$)	Sensitivity ($\mu\text{K}\cdot\text{arcmin}$)
60	75	99	19	8	304	5.7	10.3
78	58	62	19	8	304	3.6	6.5
100	45	45	19	8	304	2.6	4.7
140	32	40	37	5	370	2.1	3.7
195	24	33	37	5	370	1.7	3.1
280	16	40	37	5	370	2.1	3.8
Total			168	13	2,022	1.0 (1.6 ^a)	1.8 (2.9 ^b)

LiteBIRD衛星の全天スキャン方法

全天を万遍なく観測(スキャン一様性):ある空のピクセルを一樣な方向から掃引(観測偏向角一様性)・太陽からのサイドローブへの入り込みを最小限にする。



L2での全天スキャン:
 $\alpha = 65\text{ deg.}$
 $\beta = 30\text{ deg.}$
Precession : ~90 min.
Spin rate : 0.1 rpm
Data rate : 330kbps
Telemetry : X-band 8Mbps



1年間のヒットマップ

$$c = \langle \cos^2\theta \rangle + \langle \sin^2\theta \rangle$$

LiteBIRDで使用する部材の放射線耐性

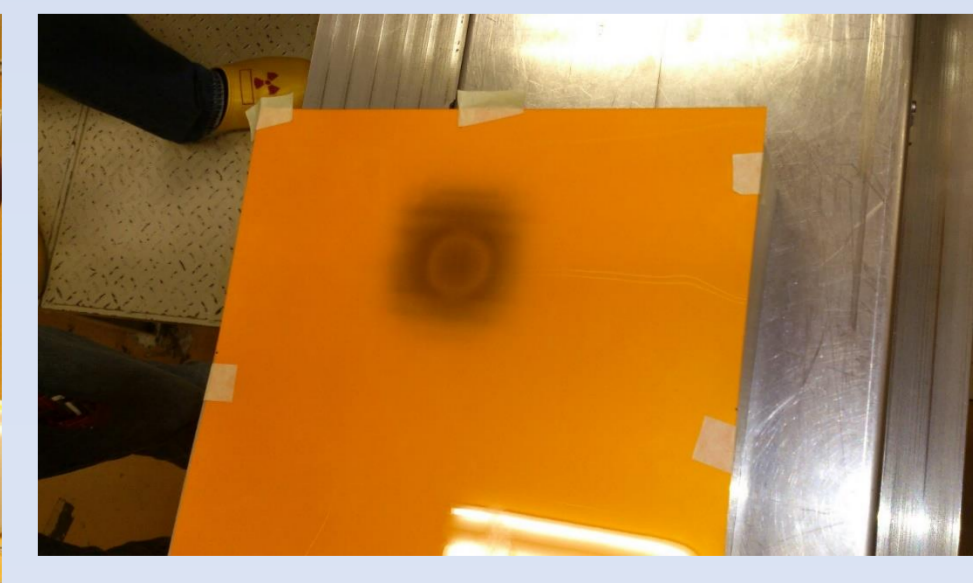
2014年11月17日に放射線医学総合研究所のHIMACを用いて160MeV陽子ビームの照射試験を行った。積分照射量は10kradで、L2軌道で5年分に相当。照射試料は、超伝導検出器(TES, MKID)、HWP、反射防止膜、超伝導軸受け用の高温超電導体YBCO。



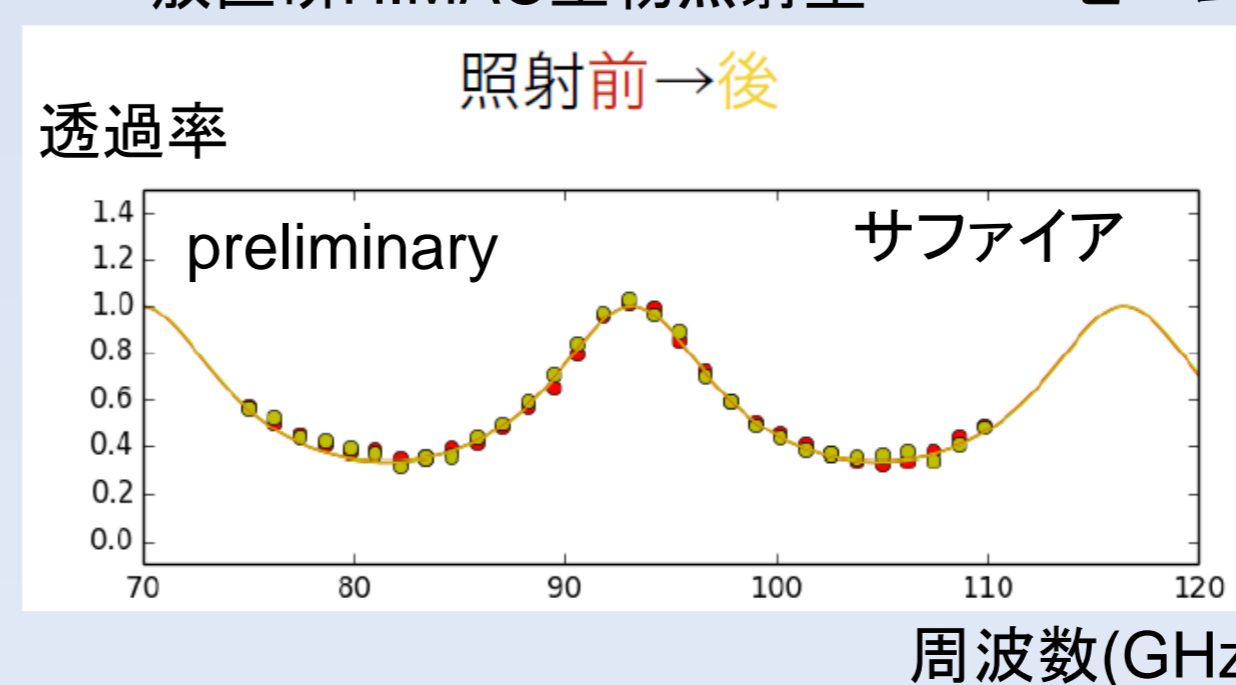
放医研HIMAC生物照射室



ビームライン上に照射試料を配置



感光フィルムによるビーム強度とプロファイルの測定



照射前後の試料の光学的な透過率、検出器のノイズ、YBCOの転移温度等、現在測定中。