

科学衛星を用いた宇宙背景放射(CMB)偏光精密測定計画

LiteBIRDサイエンスと衛星概要

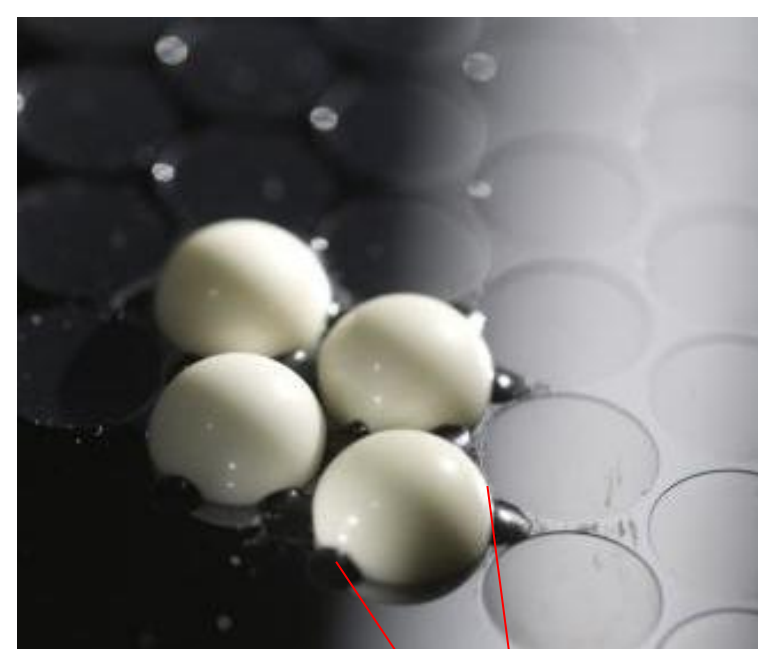
Lite (light) satellite for the studies of **B**-mode polarization and **I**nflation from cosmic background **R**adiation **D**etection

LiteBIRD ワーキンググループ (2008年9月設立)

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 $30\text{ arcmin}(@150\text{GHz})$ 、全天観測、60-270GHzの多周波数同時観測が必要である。

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”

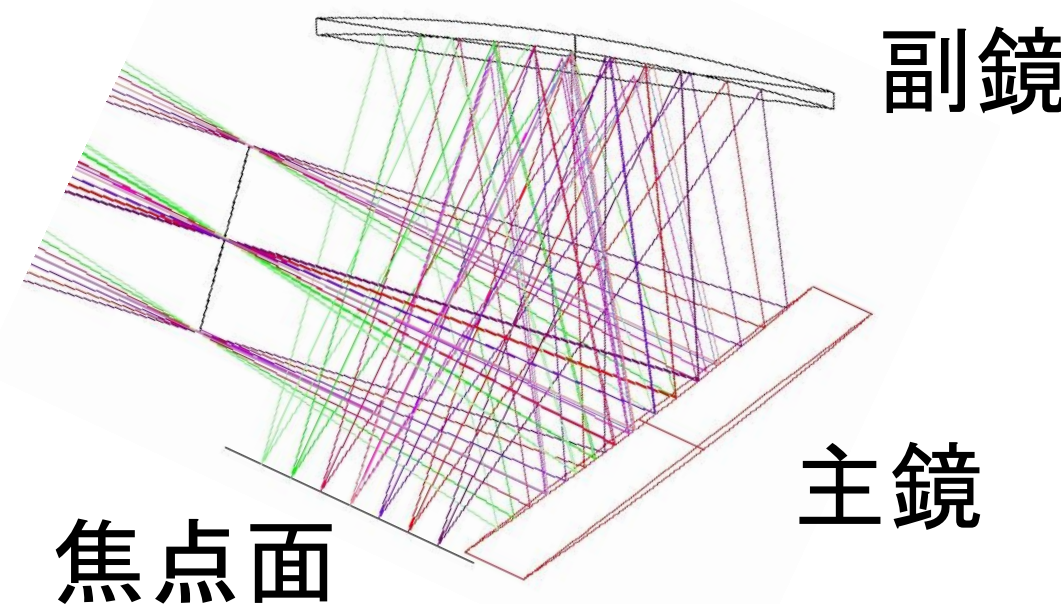


UC Berkeley

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

スピン軸

反射望遠鏡



焦点面

主鏡

観測視線

放射シールドは表示していない

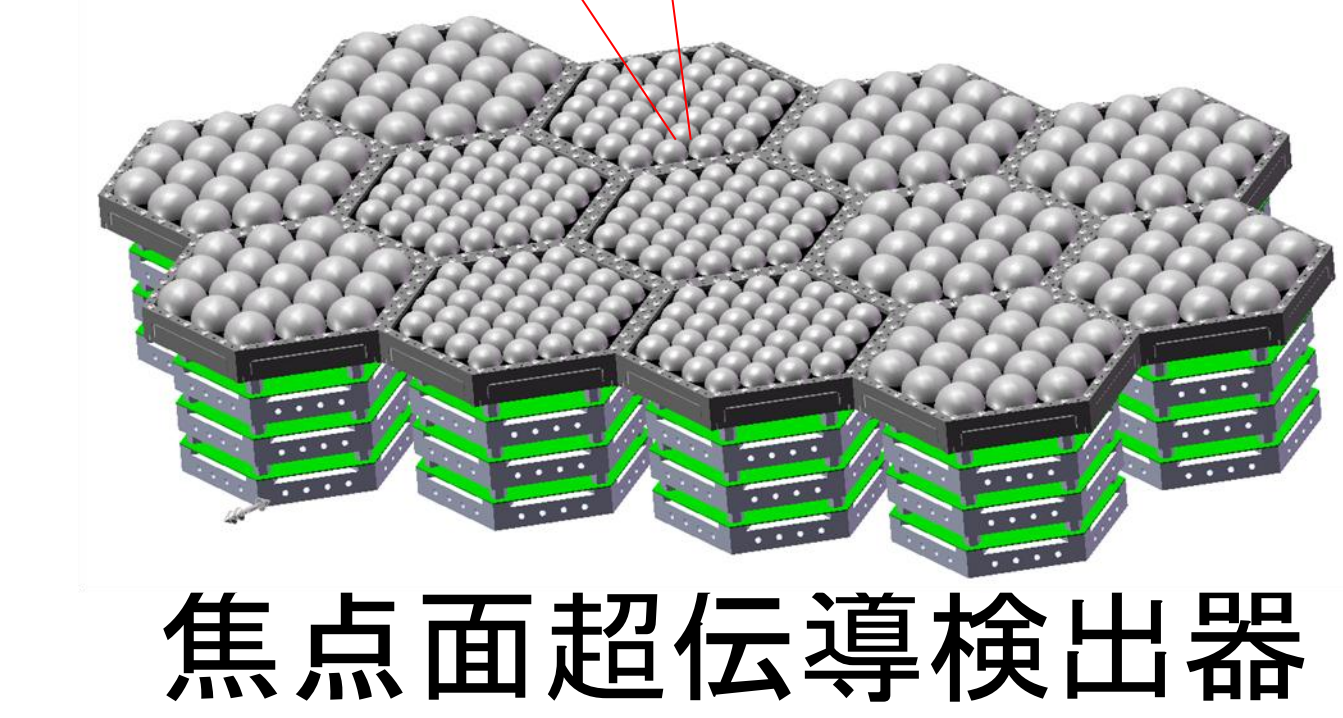
太陽パネル

解像度は $30\text{arcmin} @150\text{GHz}$ 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(550kg)・電力(1000W)を目標。

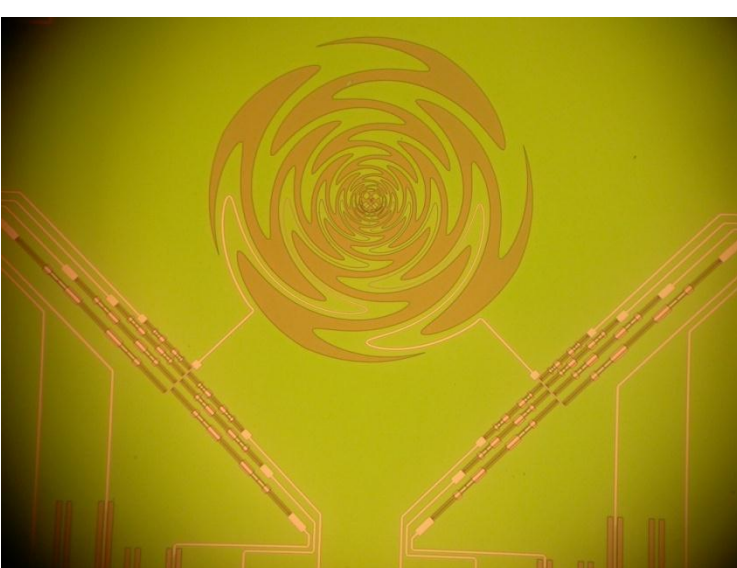
	質量(kg)	電力(W)
低温部ミッション部		
熱制御	86.0	250.0
光学系	37.4	<<1
検出器系	23.0	<<1
データ処理・収集系(*)	6.8	<<1
構造体	153.0	<<1
常温部ミッション部		
熱制御系	49.2	194.2
光学系	1.0	20.0
データ処理・収集系	12.6	98.2
電源系	4.4	26.0
常温部バス部(**)	169.9	417.5
総計	543.3	1005.9

(*) TESオプションを仮定

(**) 暫定値。小型科学衛星標準バスの値を使用。



焦点面超伝導検出器



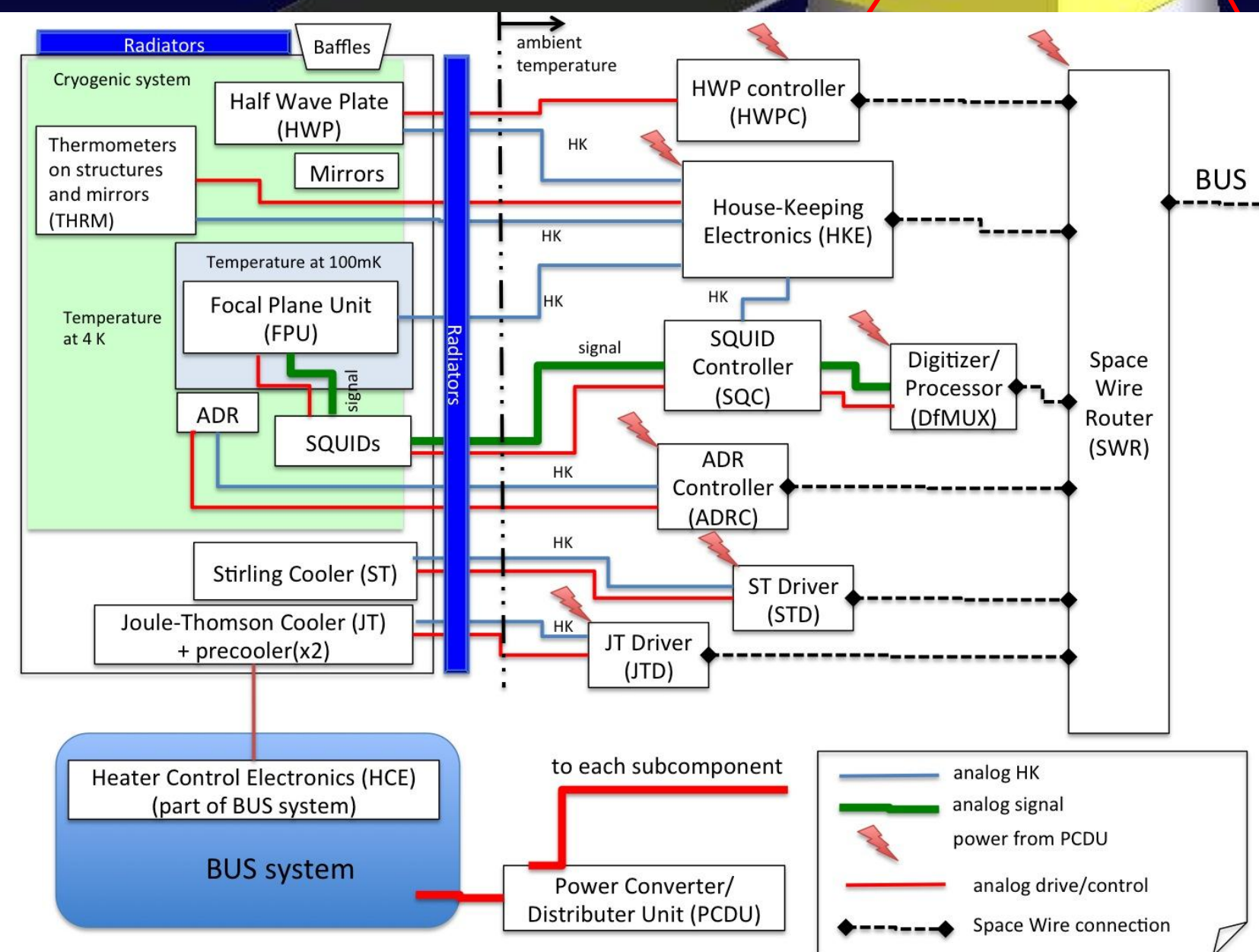
TESボロメータ (UC Berkley)



MKID (天文台・KEK・岡山大)

50-290GHzを2022素子で読み出し。2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。

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)



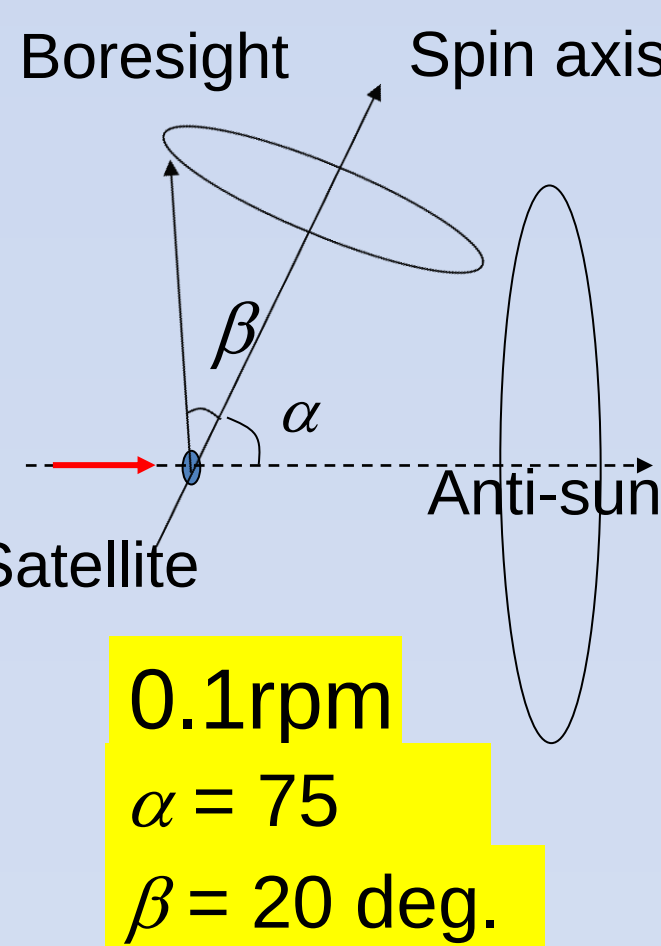
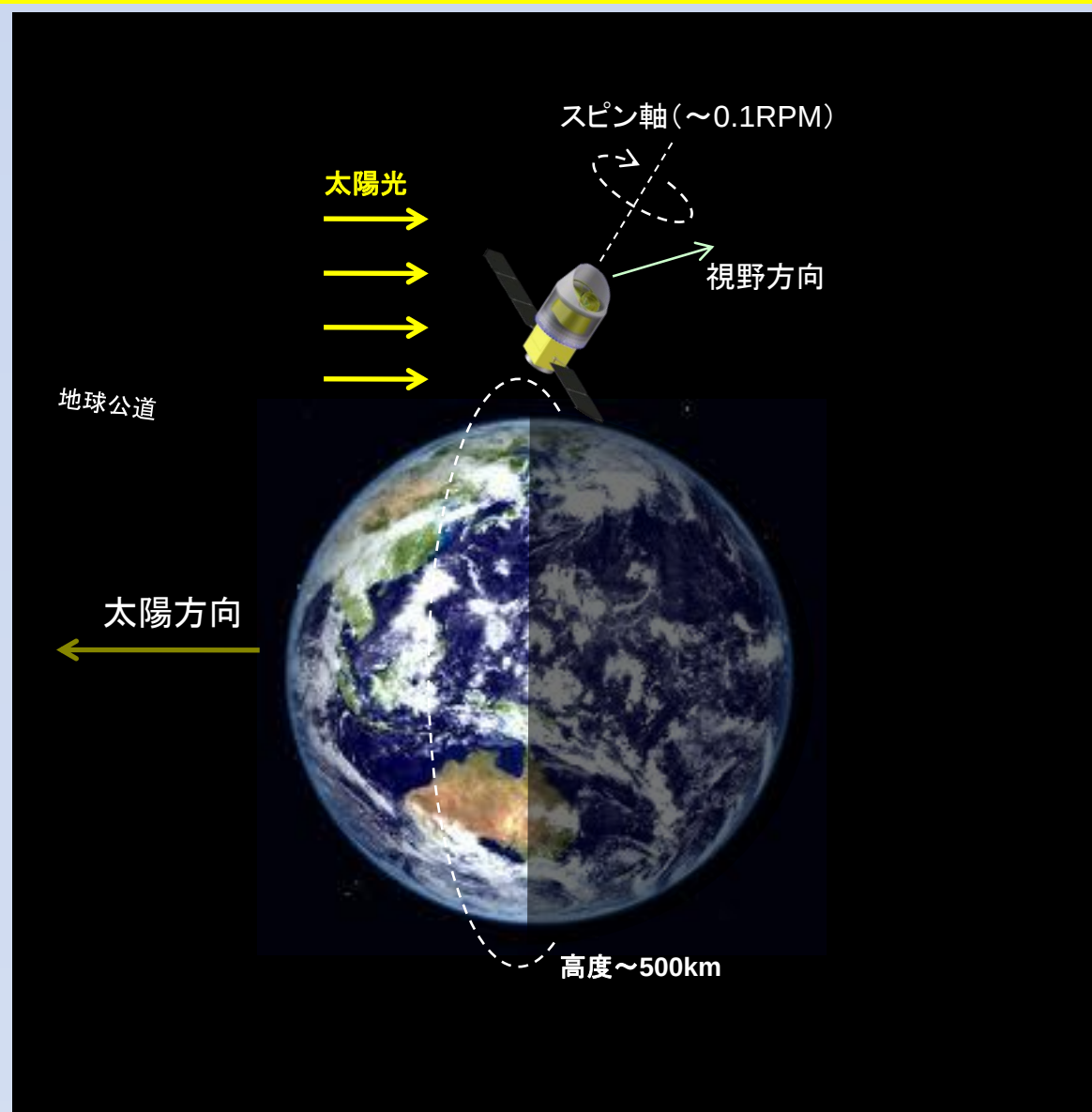
冷凍機システム

- ・初段冷凍機(JT/ST coolers)
- ・断熱消磁冷凍機(ADR)

日本独自の冷凍機と熱制御技術により、CMB観測衛星としては画期的に小型軽量なものを目指す

LiteBIRD衛星の全天スキャン方法

全天スキャンの条件: 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様な方向から掃引(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。



0.1rpm
 $\alpha = 75^\circ$
 $\beta = 20\text{ deg.}$

データレートの見積もりとテレメトリー成立性

$$R = \frac{4N\omega \sin \beta}{\Delta\theta} \times B \times r \times N_{det} \times p$$

$N = 3$ (Half Wave Plateによるビーム角当たりの偏光変調数)
 $\omega = 0.1\text{ rpm}$
 $\Delta\theta = 0.25\text{ degs.}$ (最小ビーム角)
 $B = 16\text{ ビット}$
 $r = 0.23$ (データ圧縮率)
 $N_{det} = 1914$ (検出器素子数)
 $p = 1.9$ (符号化による増大分)

Freq [GHz]	Beam [degs]	Ndet	sample rate [Hz]	raw data rate [kbps]	total data rate (R) [kbps]
60	1.17	304	9.9	47.9	20.9
78	0.9	304	9.9	47.9	20.9
100	0.7	304	9.9	47.9	20.9
140	0.5	370	9.9	58.3	25.5
190	0.37	370	9.9	58.3	25.5
280	0.25	370	9.9	58.3	25.5
total		2022		318.7	139.3

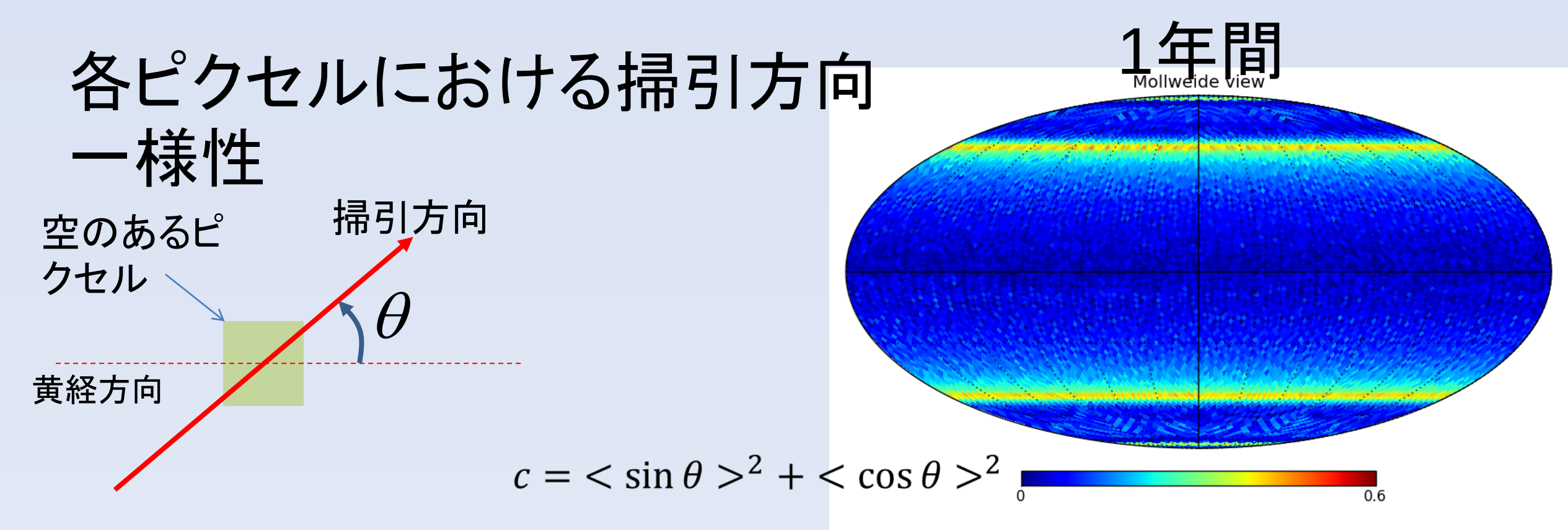
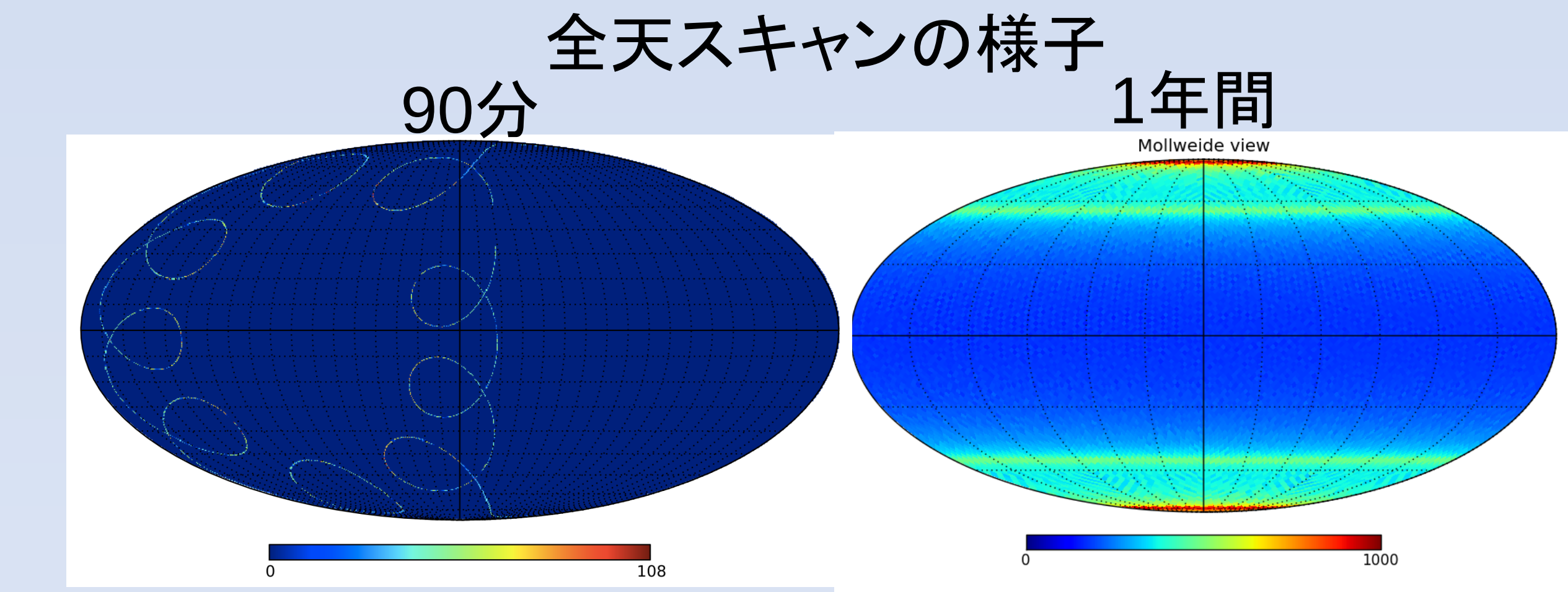
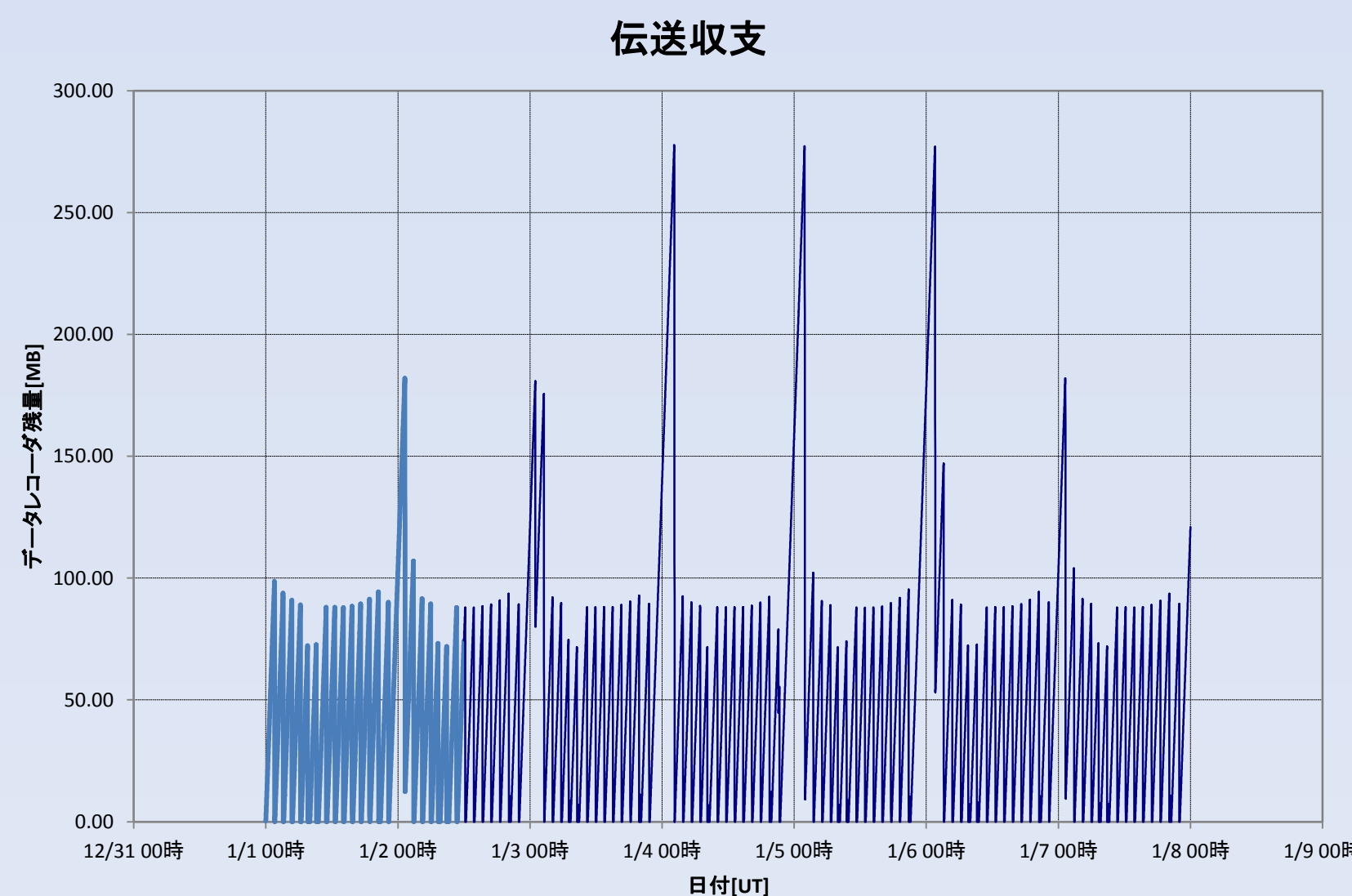
通信回線の成立性

power [W]	antenna gain [dBi]	{C/N0} cal [dB]	{C/N0} req [dB]*	margin
5	3	98.4	80.5	+17.9
1	3	91.4	80.5	+10.9

LGA・1Wで十分なマージンで成立。

テレメトリーデータ転送収支

地上2局(KEKとスバルバード)・通信はXバンド(8Mbps)という仮定の下では成立。



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