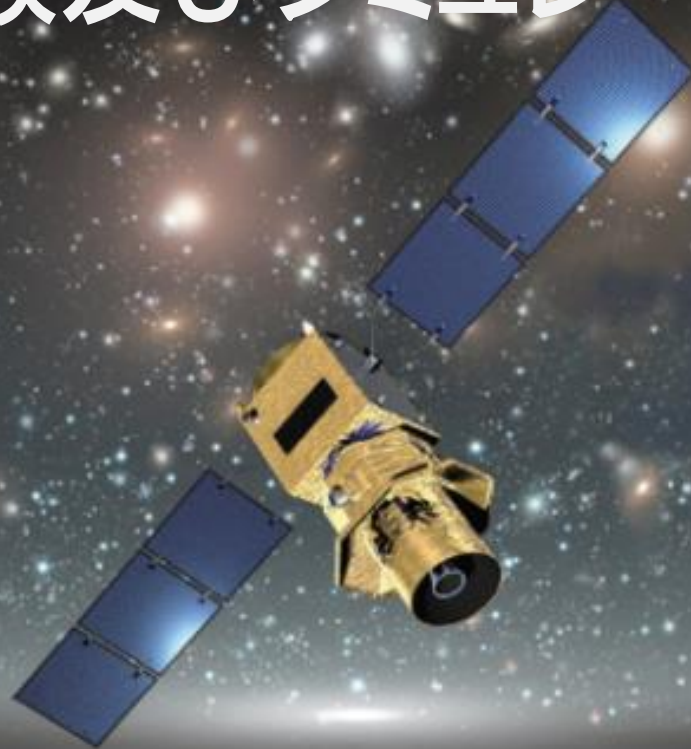


LiteBIRD用TESボロメーターの放射 線試験及びシミュレーション



南雄人、羽澄昌史, Aritoki Suzuki^A, Adrian T. Lee^A, Chao-Lin Kuo^B,
Noah Kurinsky^C, Shawn Beckman^A, Ari Cukierman^A, Johannes
Hubmayr^D、他 LiteBIRD WG
KEK、UCB^A、Stanford Univ.^B, SLAC^C, NIST^D

LiteBIRD: Lite (Light) Satellite for the studies of B-mode polarization and Inflation from cosmic background Radiation Detection

(<http://litebird.jp/>)

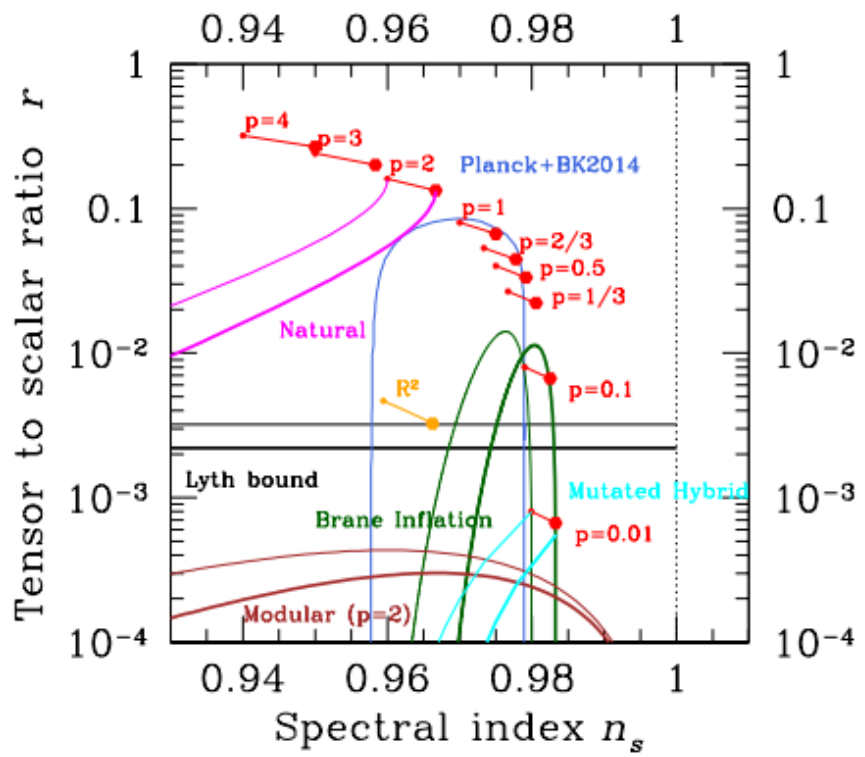


LiteBIRD は次世代の科学衛星プロジェクトである。Cosmic Microwave Background (CMB) の偏光を最高感度で観測することを目指している。

フルサクセスミッション要求:

- 3年間の全天観測により、Bモード偏光スペクトルの**大角度 ($2 \leq \ell \leq 200$)**での測定の実現
- 原始重力波を示唆するテンソル-スカラー比 r を **$\delta r < 0.001$** の精度で測定する (重力レンズ効果の差し引きなしで)

どうして $\delta r < 0.001$?



$$r \lesssim 0.002 \left(\frac{60}{N_{slow}} \right)^2 \left(\frac{\Delta \phi_{slow}}{M_p} \right)^2$$

Lyth bound

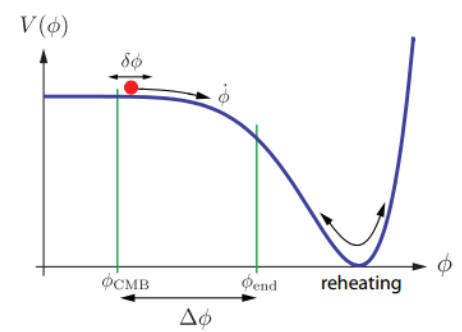
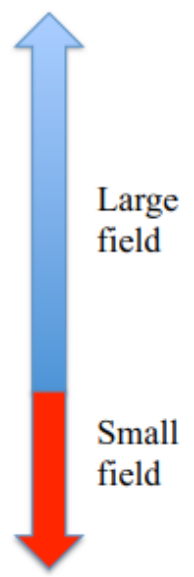


Figure by K. Kohri

D. Baumann

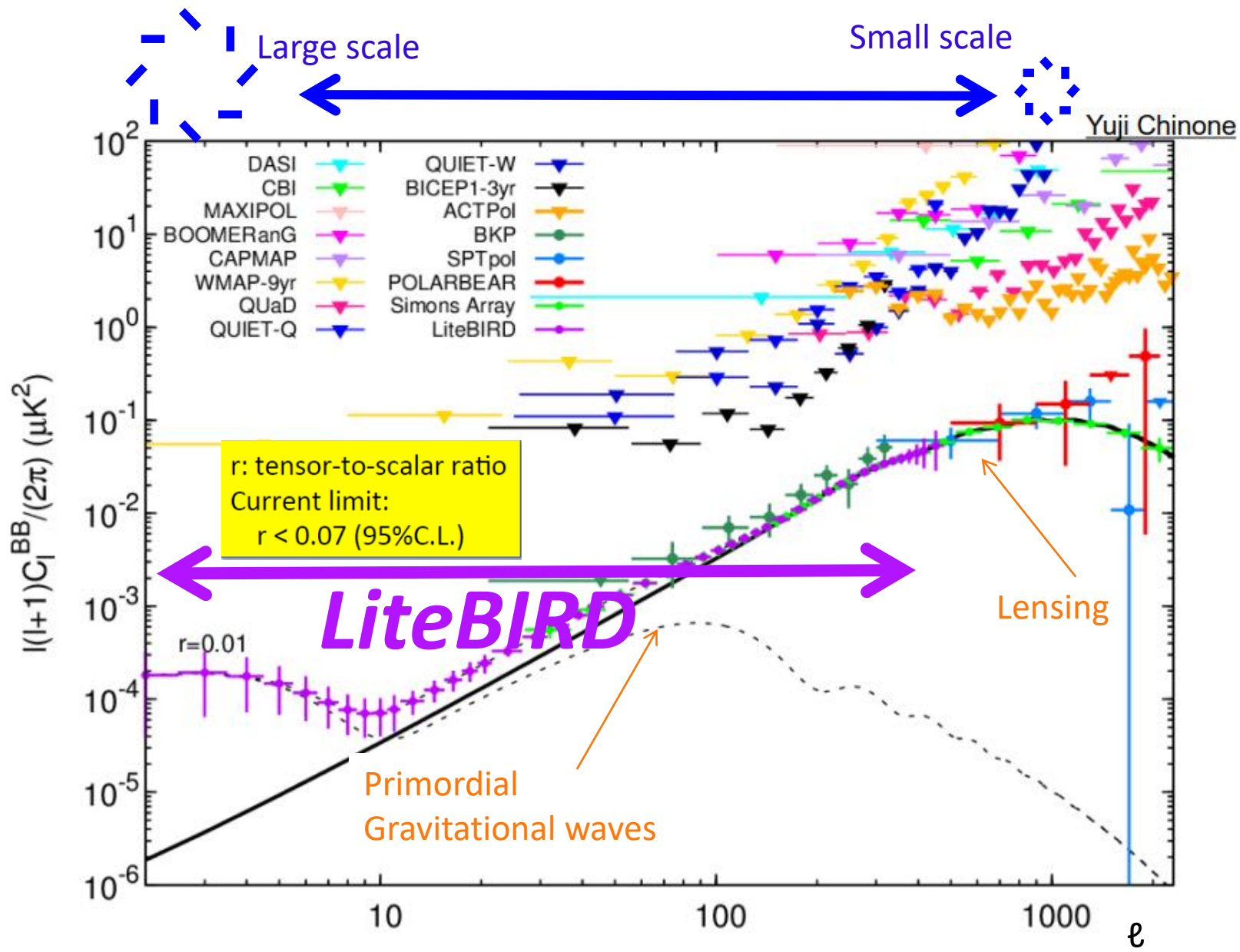
ターゲットはLyth bound ($r > 0.002$)!

Search for large field, $\Delta \phi = |\phi_{CMB} - \phi_{end}| > M_p$

➡ 95% C.L. でlarge field modelsを排除するには $\delta r < 0.001$ が必要！



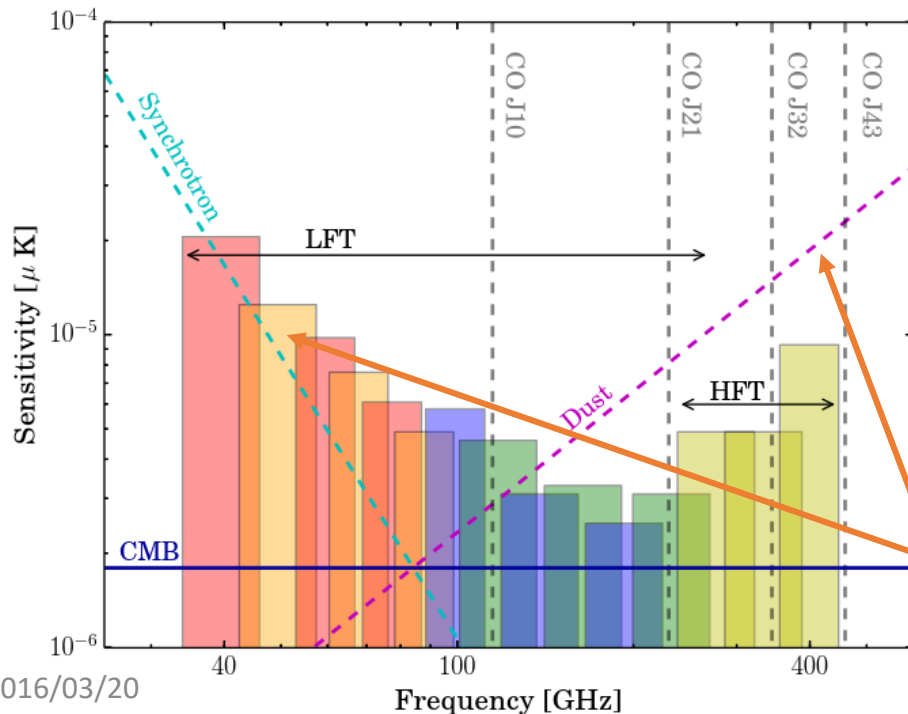
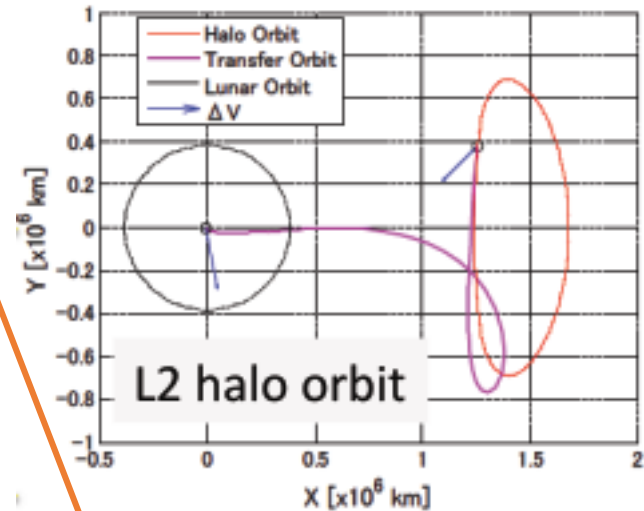
Prospects of LiteBIRD





主な仕様

- 軌道 : L2 (ラグランジュ点2) のhalo軌道
 - Planck衛星は L2 Lissajous軌道
- 打上目標: 2025年
 - 観測期間: 3年
- 周波数帯: 40-400 GHz (15 bands)
- 感度: 3 $\mu\text{K arcmin}$ (マージン込)
 - Planck: $\sim 20 \mu\text{K arcmin}$ at 150 GHz



- LiteBIRD衛星におけるscan strategyの研究 (20pH22-5)
- LiteBIRDで使用する光学部材の陽子線による影響(4) (20pH22-4)
- 本講演

LiteBIRDの前景放射除去シミュレーションのための擬似観測マップ作成 (20pH22-6)

LiteBIRD衛星観測装置概要

LiteBIRDにおける偏光変調器のための連続回転機構の開発 (20pH22-3)

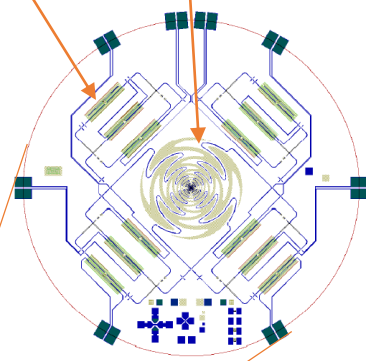
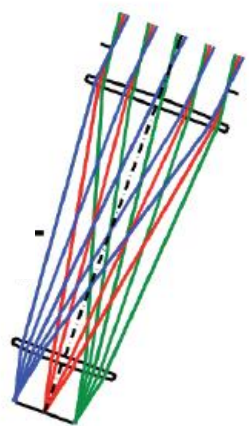
回転式半波長板



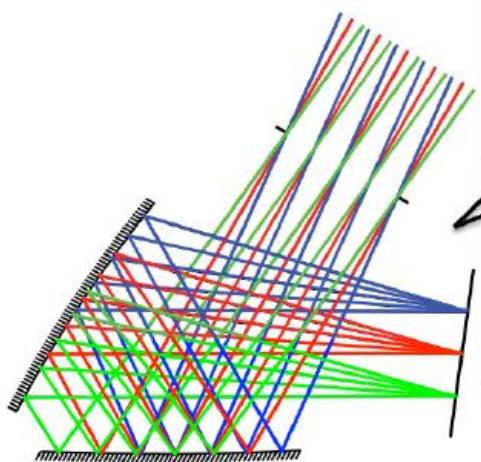
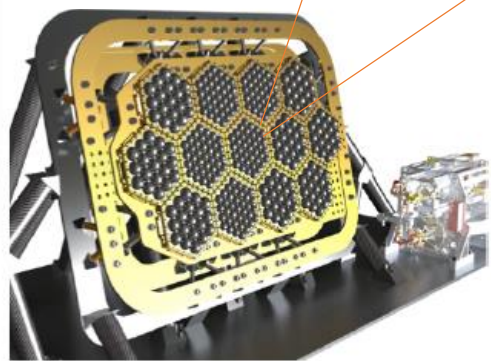
TES bolometer

Sinuuous antenna

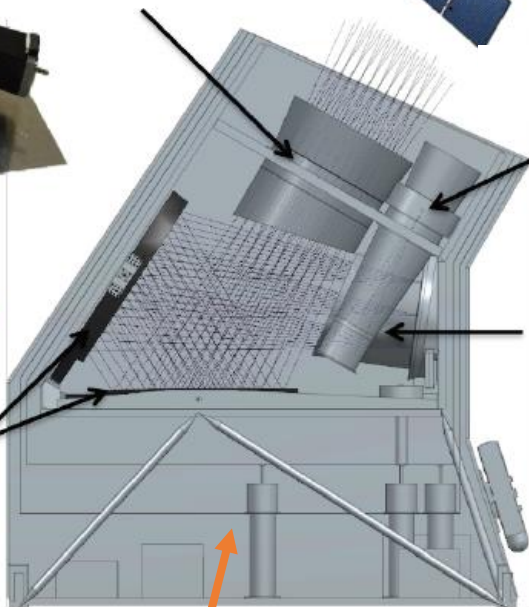
高周波用望遠鏡



低周波用焦点面検出器



低周波用望遠鏡



LiteBIRD光学系の熱検討 (20pH22-2)

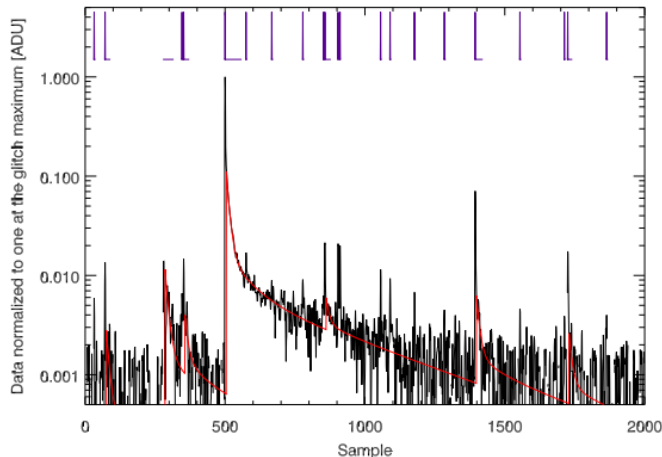


宇宙空間における問題

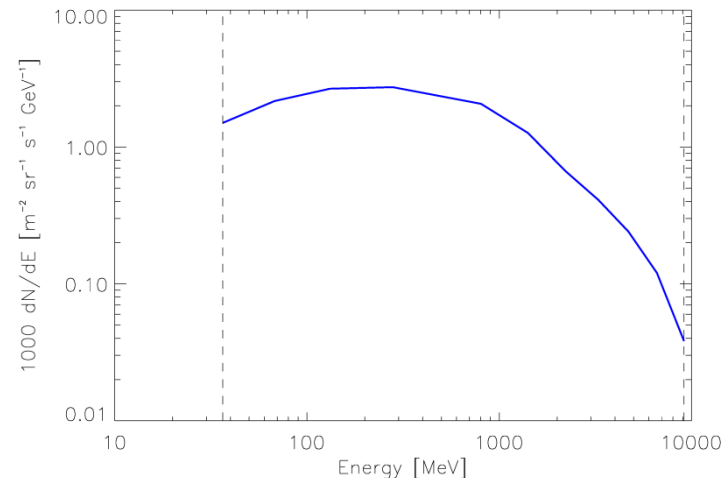
地上のCMB実験と違って宇宙線の影響を考えなくてはならない！

Planck衛星の経験

- 宇宙線の検出器への入射により、想定以上の大きなデータを失った
 - “グリッチ”と呼ばれる信号が検出器の時系列に
- Planck実験グループは、地上での放射線試験などから弾道フォノンと熱拡散でグリッチができると予想



グリッチイベントとフィットされたテンプレート



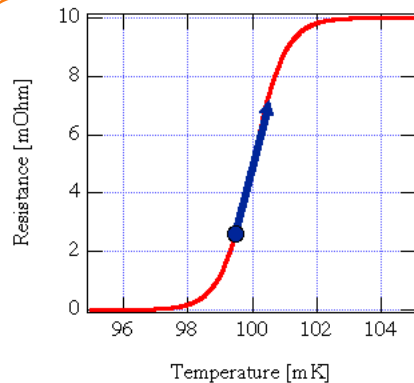
L2での陽子線分布



どうしてシミュレーションが必要か？

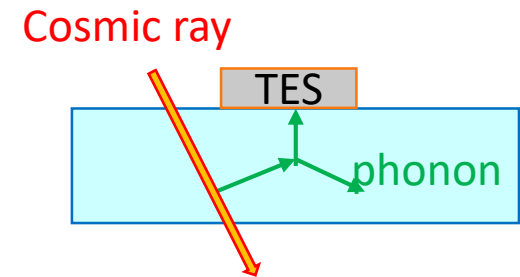
1. 宇宙線の影響を軽減できるTESの開発

- 軽減のためのアイデアの検証
 - 金属の層をSi基板とTES bolometerの間に挟むことでphononの伝達が減らせるか？



- TES(Transition Edge Sensor)
- 超伝導転移端を用いた高感度検出器
- 約100 mKで動作

http://web.mit.edu/figueroagroup/ucal/ucal_tes/



2. LiteBIRDへの宇宙線の影響のフルシミュレーション

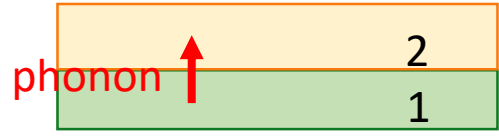
- グリッチのテンプレートを打ち上げ前に準備
 - Planckでは大量の生データを取得できたが、LiteBIRDはピクセル数が多くダウンサンプリングが必要



1. 宇宙線の影響を軽減できるTES の開発

金属の層をSi基板とTES bolometerの間に挟むことでphononの伝達が減らせるか？

Impedance mismatch model



仮定：
境界が鏡面で、弾性散乱

$$\zeta = \frac{4 Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

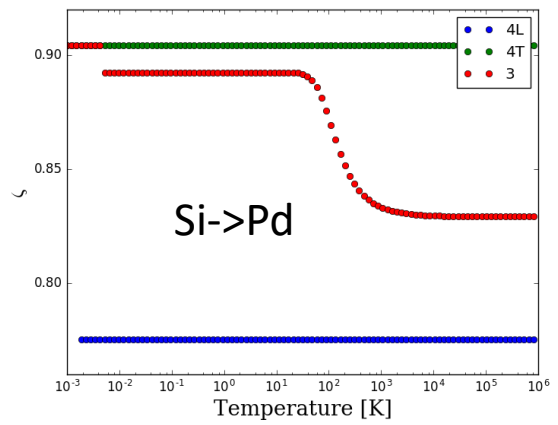
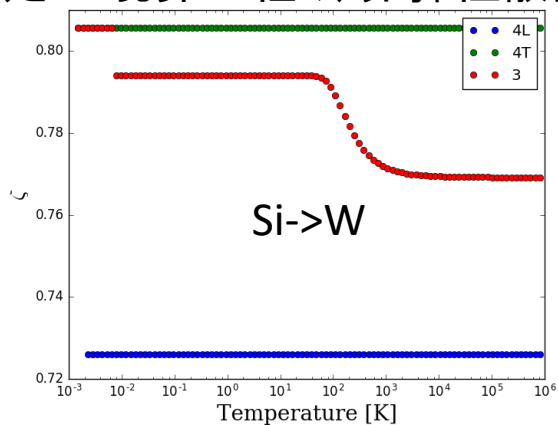
$Z = \rho v$
 ρ は密度, v は音速

Material	Density (g/cm ³)	Sound Velocity (m/s)	Impedance (g/m ² /s)	Transmissivity against Si
Si	2.328	8433.	1.963	1.000
Au	19.320	3240.	6.260	0.727
W	19.250	5200.	10.010	0.548
Pd	12.000	4540.	5.448	0.779

“Springer Handbook of Condensed Matter and Materials Data”, Springer

Diffuse mismatch model

仮定： 境界が粗く、非弾性散乱



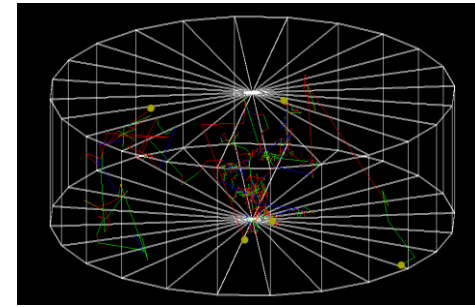
タングステンとの境界がフォノンを多く減衰させる



2. LiteBIRDへの宇宙線の影響のフルシミュレーション

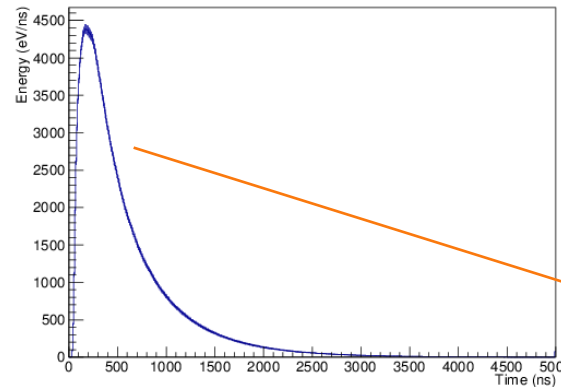
現状できていること

- 球状のLiteBIRD筐体へのL2での陽子線の入射 (Geant4)
 - 物理学会2014春:27pTK-6
- Si-wafer へのエネルギー付与からフォノンの生成
 - G4CMPというソフトを利用
- フォノンのSi wafer表面への伝達



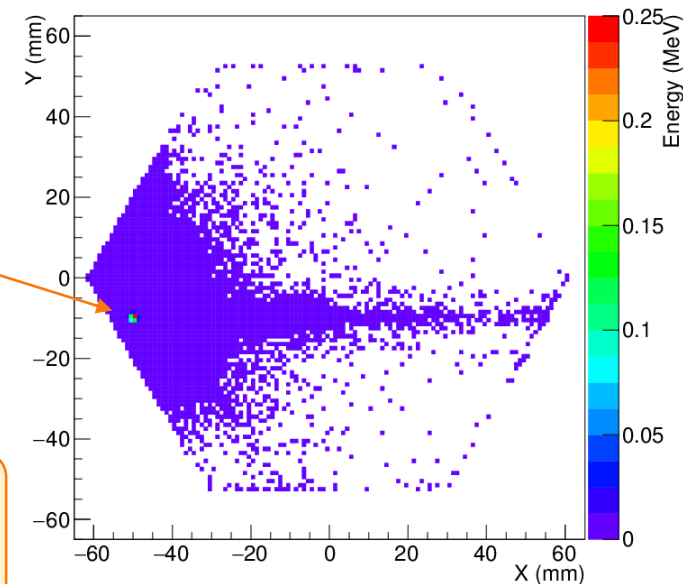
Phononの伝達の様子

エネルギーの時間発展



今後の課題

- 金属中のphononの減衰
- 金属からTESへの伝達
- 放射線試験との比較及びチューニング



Energy leakage at the surface of Si wafer



- LiteBIRDは次世代の衛星計画
 - Small ℓ search ($2 < \ell < 200$)
 - $\delta r < 0.001$
- 宇宙線シミュレーションが必要
 1. 宇宙線の影響を軽減できるTESの開発
 2. LiteBIRDへの宇宙線の影響のフルシミュレーション
- タングステンを使うことでフォノン伝達が軽減できる
- 宇宙線からSi基板表面までのシミュレーションは実装可能
- やるべきことは多い
 - 金属中のphononの減衰
 - 金属からTESへの伝達

Backups

