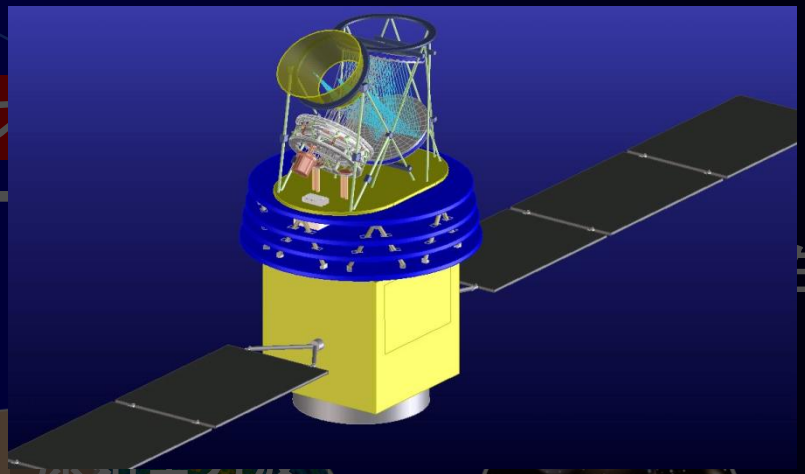
2016/9/16
日本天文学会 2016 年秋季年会

CMB偏光観測衛星 LiteBIRD における系統誤差の研究 VIII

永田 竜（KEK 素核研 CMB）
他 LiteBIRD working group

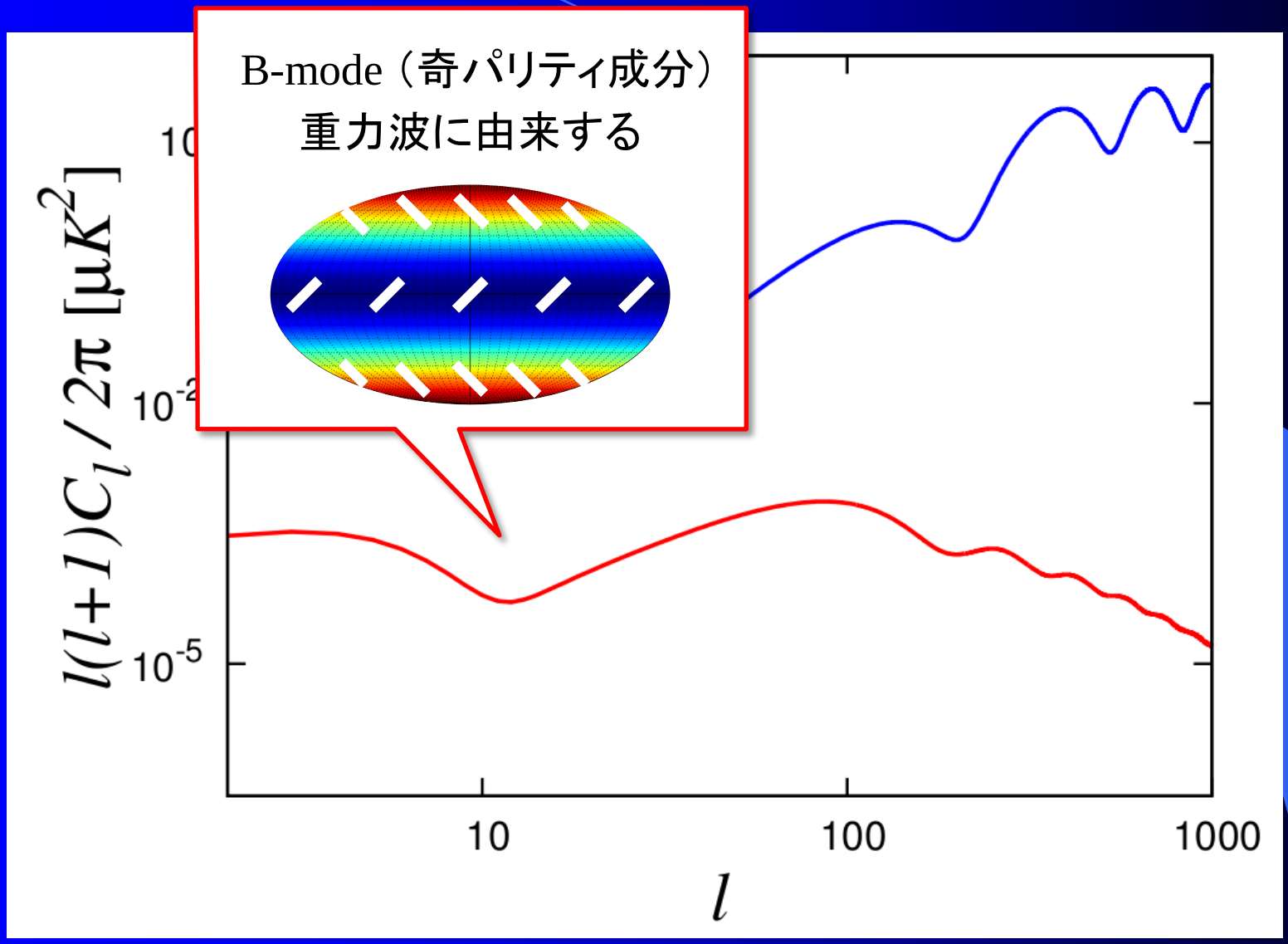
インフレーションと原始重力波

LiteBIRD プロジェクト概要

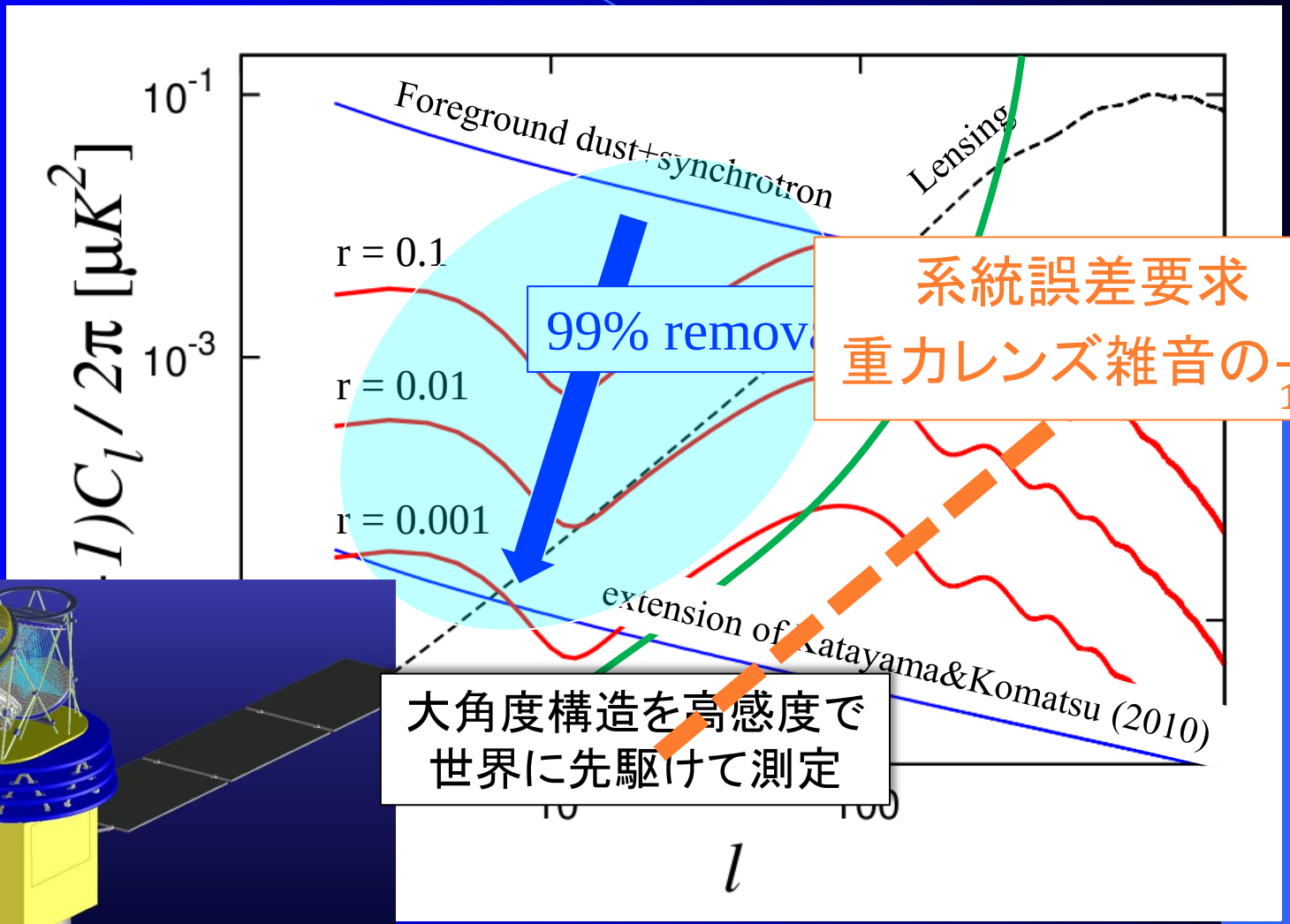


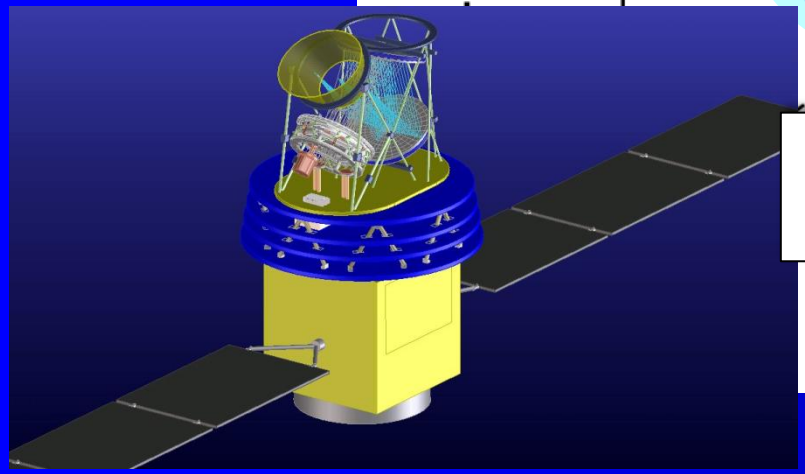
- サイエンスゴール
  インフレーション理論の検証
- 観測
  マイクロ波背景輻射（ミリ波）偏光の全天地図作成（30分角まで分解）
- 戦略
  - インフレーション由来の原始重力波に特化した観測
  - 大型望遠鏡による地上観測との相乗効果
- プロジェクトの現況
  - JAXA 科学衛星ワーキンググループの1つ
  - 2024 - 2025年の打ち上げを目指し、
    100名を超える実験コミュニティにより検討を推進中

LiteBIRD による偏光地図の作成



LiteBIRD の観測戦略と系統誤差要求





これまでの系統誤差評価

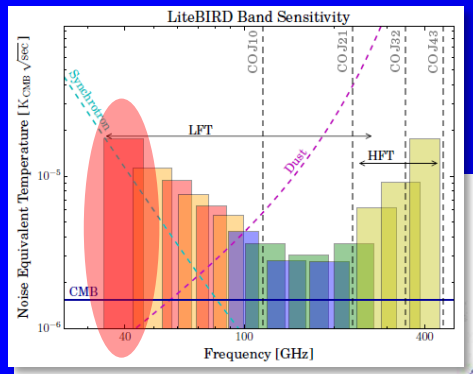
- 指向精度
  ASJ 201209
- ゲイン較正、安定性
  ASJ 201303
- メインローブの構造
  ASJ 201309
- 偏光角精度
  ASJ 201403
- 半波長板による変調
  ASJ 201503
- 焦点面構造と多画素平均
  ASJ 201509
- メインローブ近傍のサイドローブ
  ASJ 201603

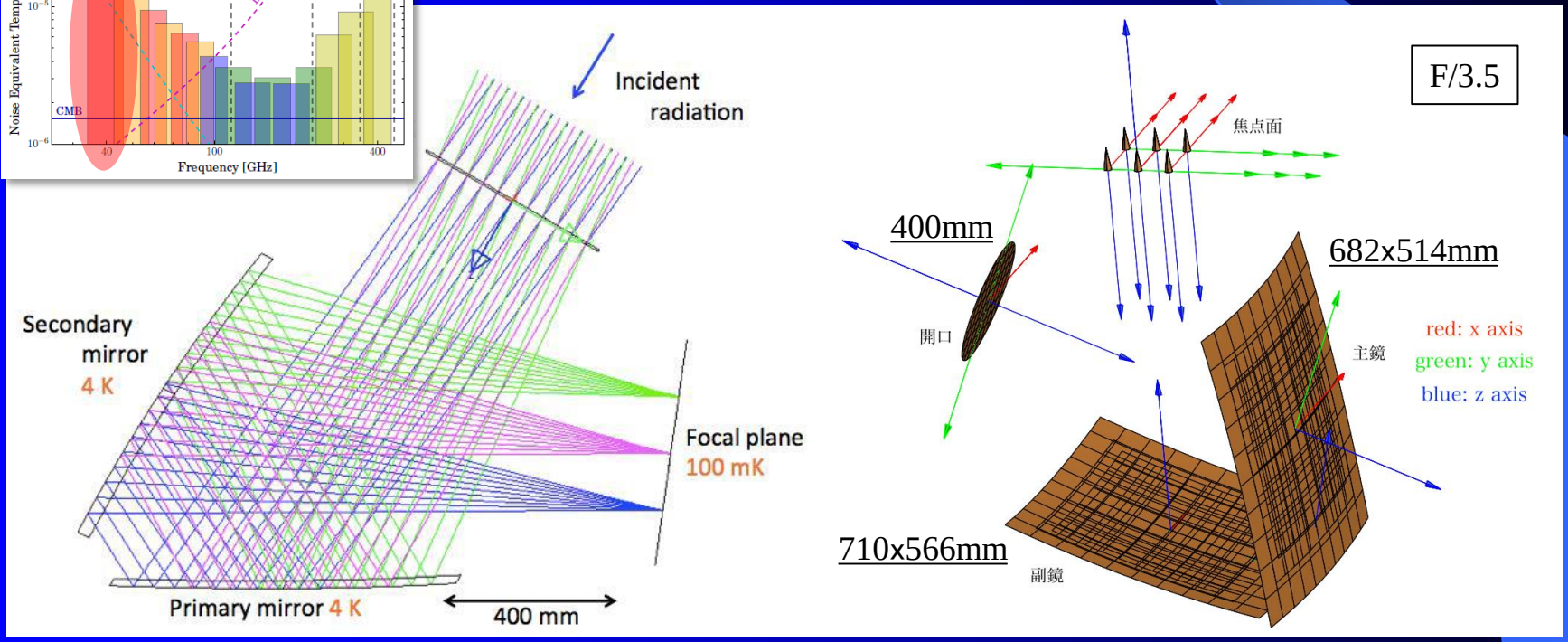
モデル化された
装置特性

設計シミュレーション
に基づいた評価へ

Optics model

LiteBIRD の主光学系はコンパクトかつ広視野なクロスドラゴン望遠鏡が検討されている。クロスドラゴン型光学系モデルに基づいたビームサイドローブが、サイエンスに与える影響の評価を行った。

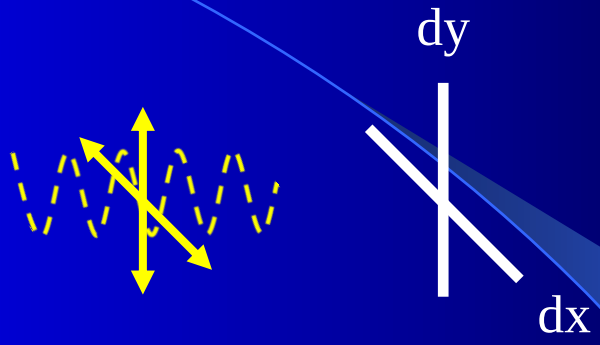




by LiteBIRD optics team

差分偏光計と検出器特性のミスマッチ

偏光測定の原理



dx = (無偏光成分) **＋ (偏光成分)**

dy = (無偏光成分) **－ (偏光成分)**

~~⇒ (dx－dy)/2 = (偏光成分)~~

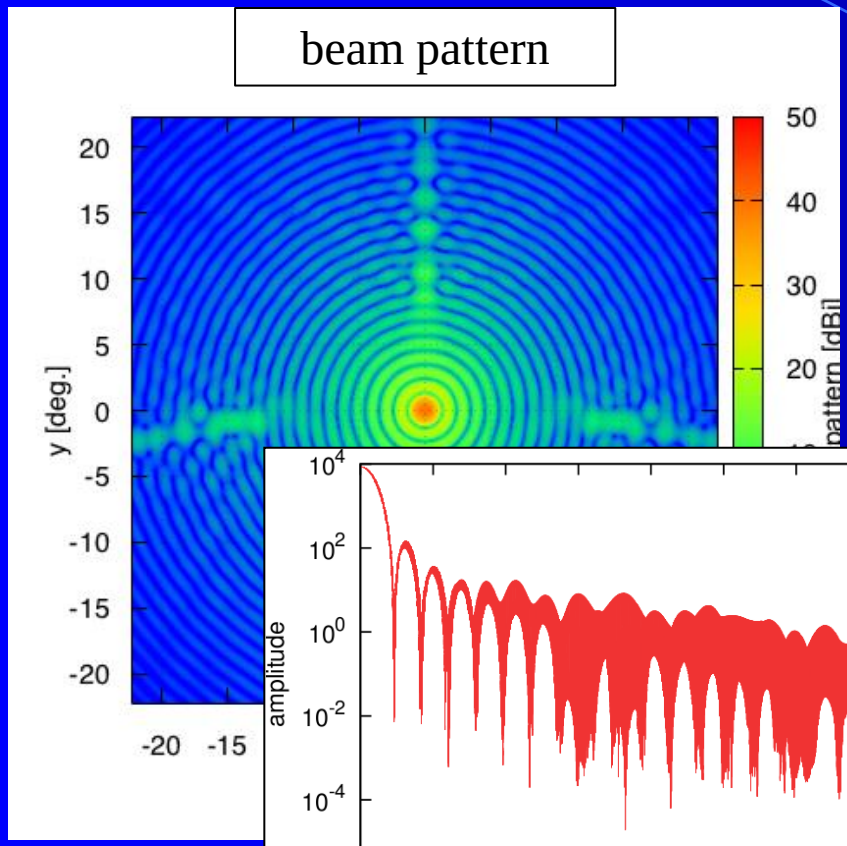
検出器特性が等価でないと残差が生じる

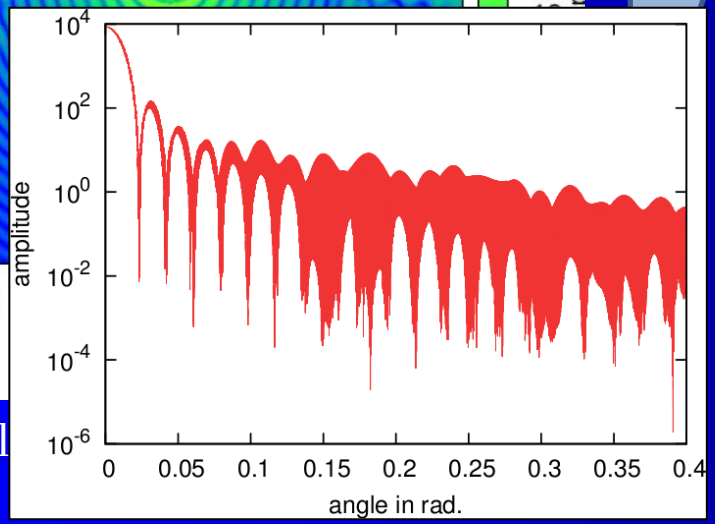
(無偏光成分 X) — (無偏光成分 Y) ≠ **0**

⇒偽偏光の生成

LiteBIRD 40GHz beam pattern

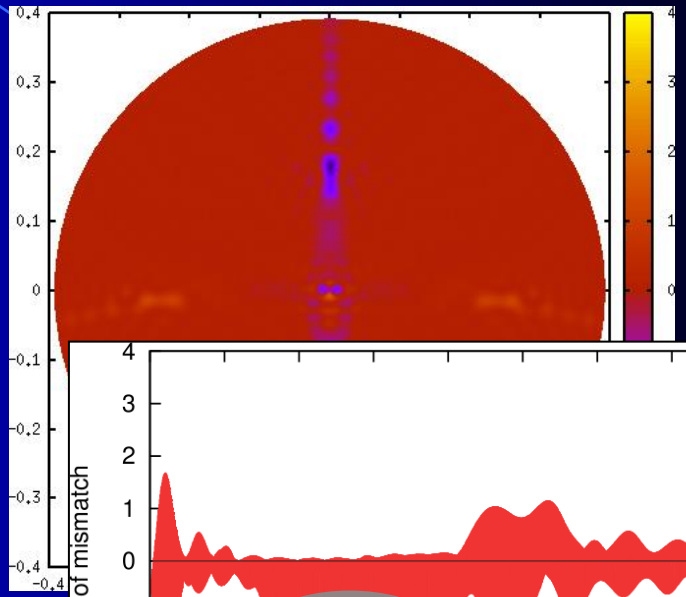
beam pattern

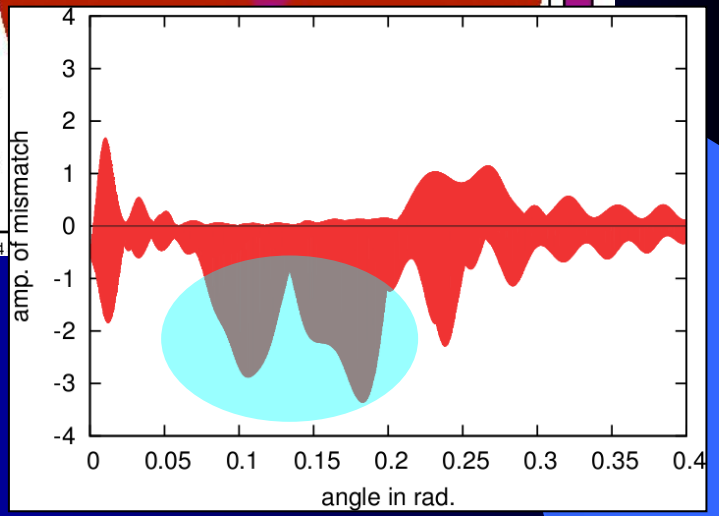




GRASP simul

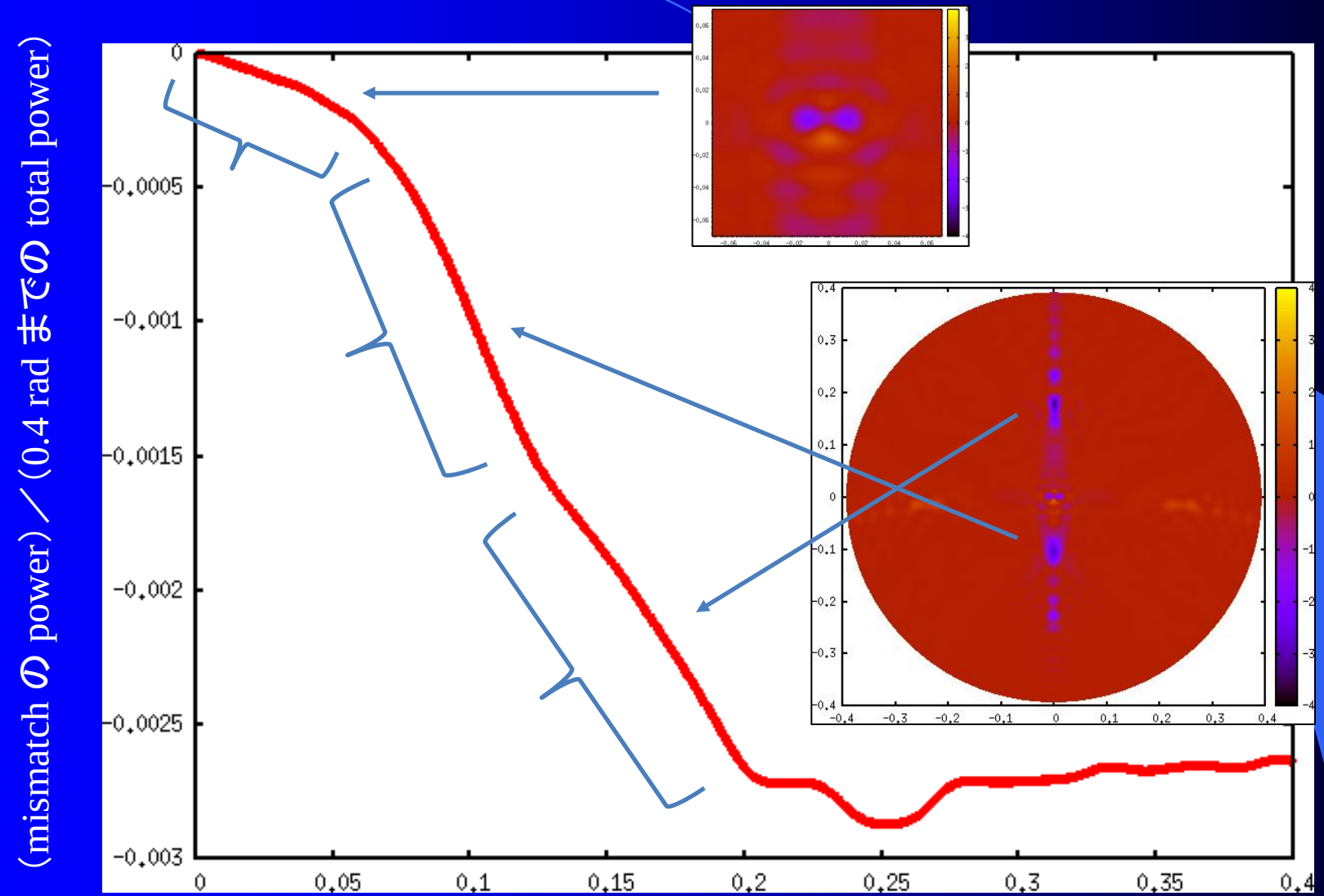
mismatch pattern





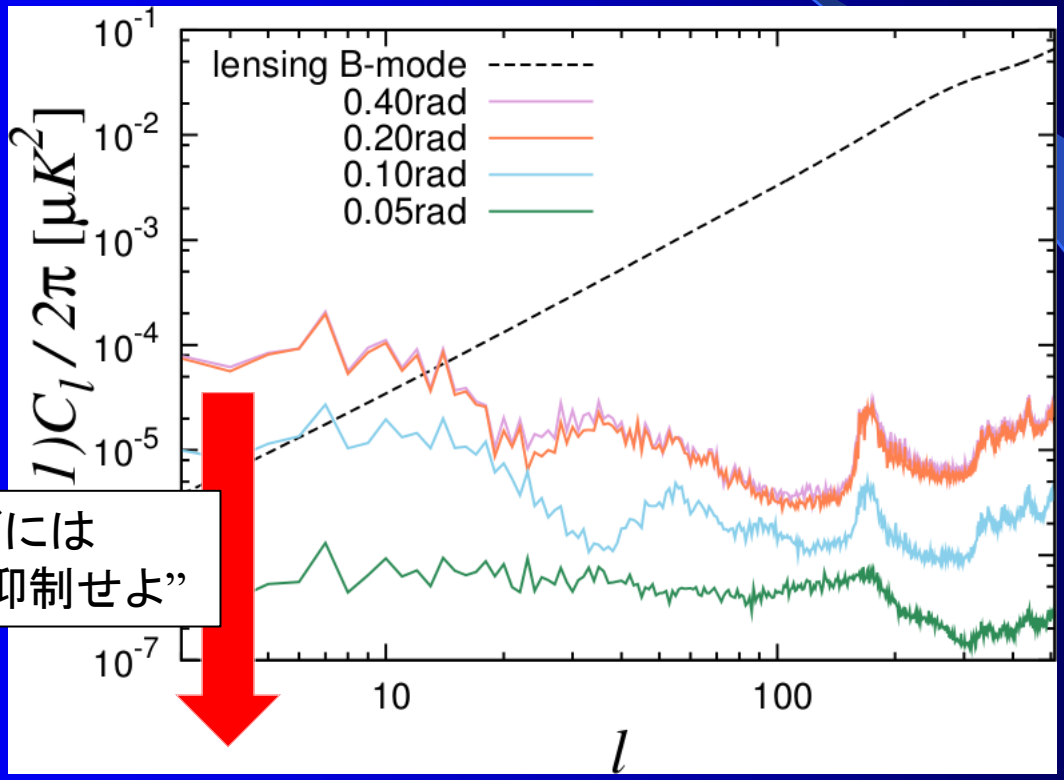
主鏡 / 副鏡の外縁部の影響により
x / y 軸に沿ってビームパターンに不規則な構造が生じる。

積算 mismatch の半径依存性



Sidelobe mismatch による T2B leakage

sampling rate 10Hz でサンプリング毎に beam convolution を実行、scan & map making の simulation を行った。

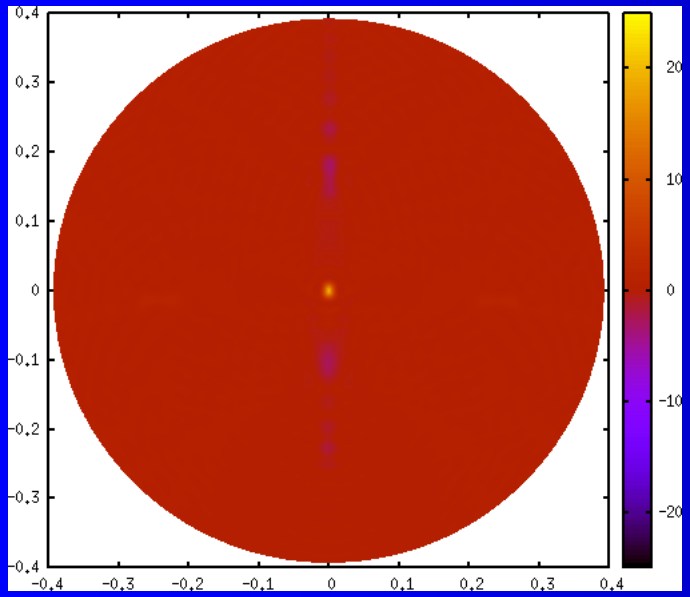


ナイーブには
“-60dB まで抑制せよ”

leakage を評価する際の convolution の積分範囲を（ビーム中心からの半径をパラメターにして）変化させて結果を比較した。

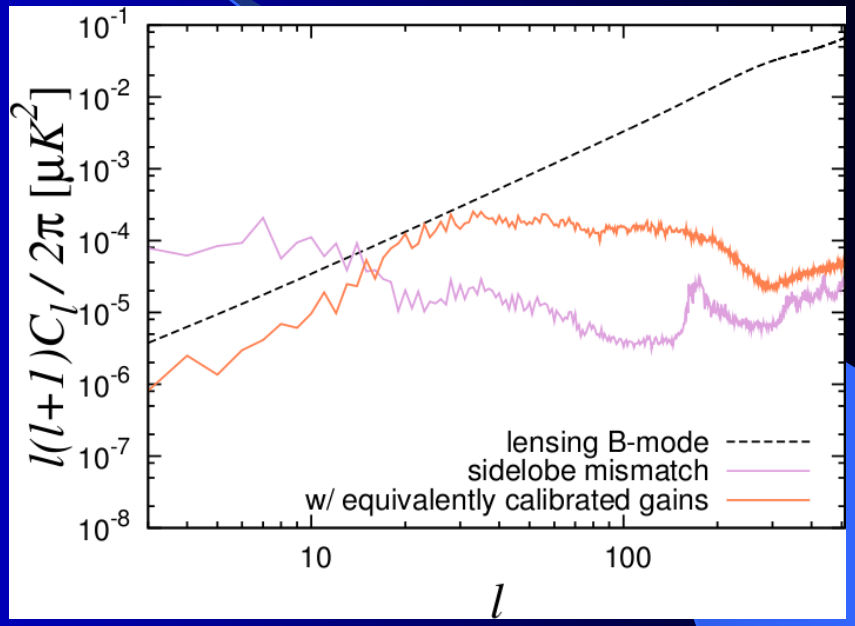
ゲインが等価になるよう norm を一致させた場合

mismatch pattern



[in rad.]

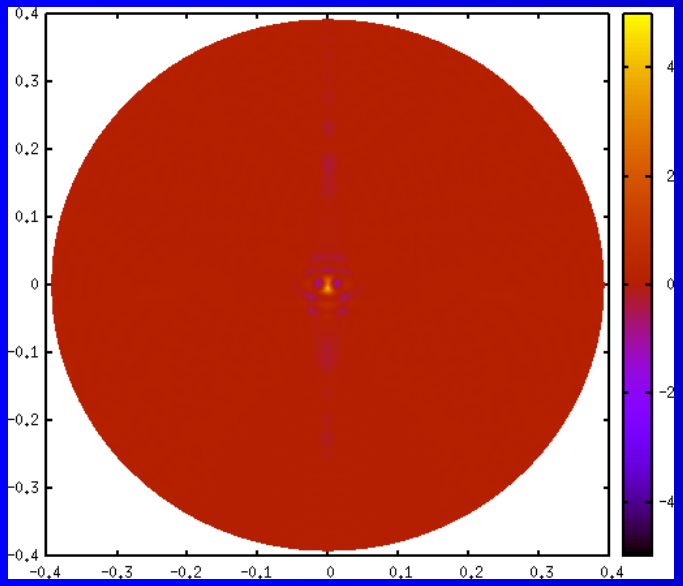
contamination in ClBB



⇒大角度側のコンタミが減少する一方 ell~数十に構造が生じ
サイドローブが数度角までの非一様性と結合した効果と考えられる。

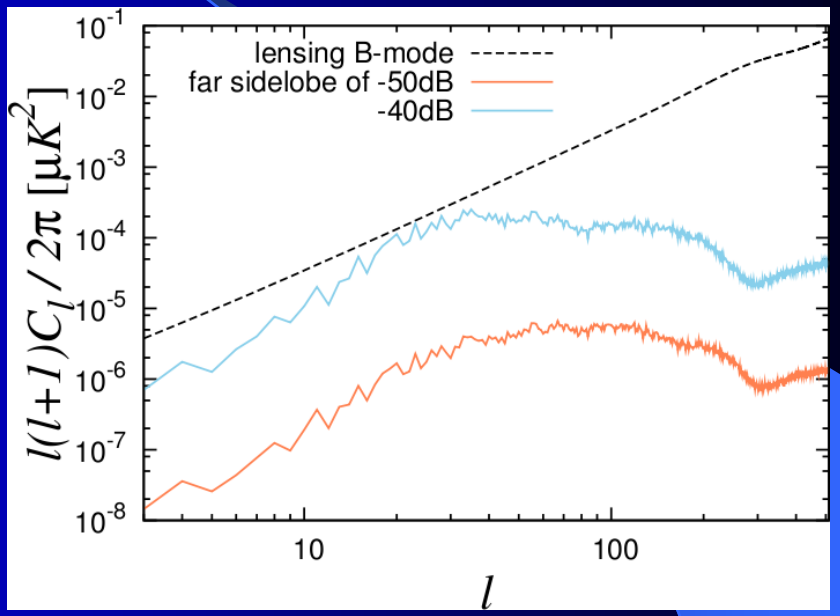
Suppressed sidelobe (matched norm)

mismatch pattern



[in rad.]

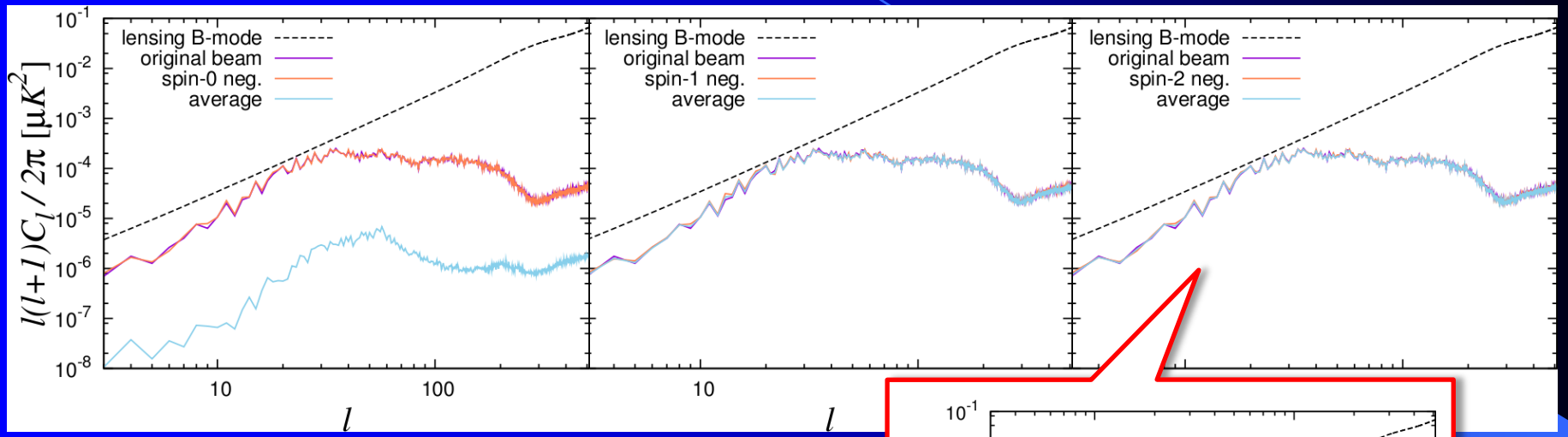
contamination in ClBB

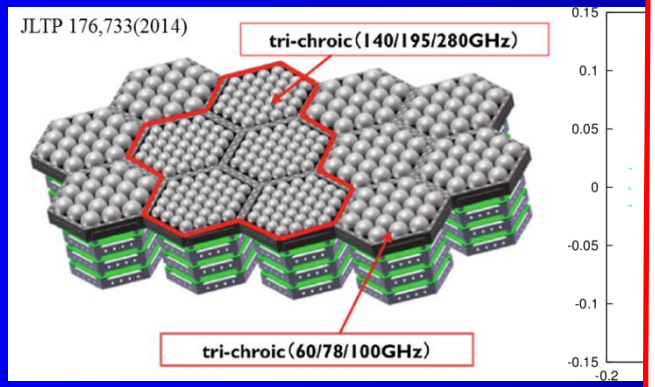


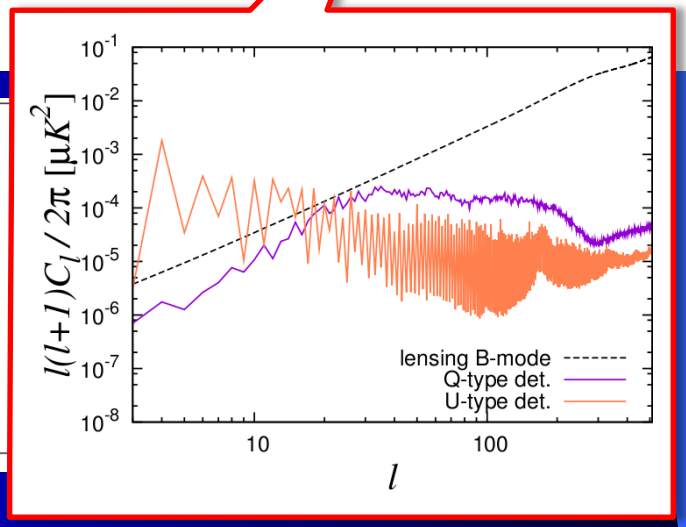
⇒サイドローブの振幅を一桁落とすことで、コンタミのレベルが約二桁減少。

Cross-link に対するレスポンス

spin - 0, 1, 2 diagnostic







⇒ pixel 毎の beam の詳細にもよるが
焦点面平均でコンタミのレベルが1~2桁減少する可能性はある。

Summary

LiteBIRD の系統誤差研究の一つとして、光学シミュレーションから評価された 40GHz 帯のサイドローブに由来する奇パリティ偏光パターンの汚染を検討した。
ミラー外縁部の影響により -40dB レベルのサイドローブが 10度角近辺まで生じており、それに付随する偽偏光には対策が必要である。

mitigation plan

- なんとか -60dB までサイドローブを抑えるデザインをする
  或いは、シミュレーションに基づいて解析時に -60dB 相当まで差し引く

- -50dB までサイドローブを抑えるデザインをする
  或いは、サイドローブを測っておき、解析時に -50dB 相当まで差し引く
- ゲインの較正で大角度のコンタミを減らす
- 焦点面平均で cross-link を稼ぐ

- 連続回転半波長板でサンプリング時に相殺する