2015/9/9 日本天文学会 2015 年秋季年会

CMB偏光観測衛星 LiteBIRD における 系統誤差の研究 VI

永田 竜(KEK 素核研 CMB)

西城邦俊、松村知岳(JAXA) 鈴木有春、堀泰斗(UC Berkeley/LBNL) 石野宏和(岡山大) 羽澄昌史、服部香里(KEK) 菅井肇(Kavli IPMU) 関本裕太郎(国立天文台) 他 LiteBIRD working group



ーションと原始車力波

- 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 クォーク
 JAXA 科学衛星ワーキンググループの1つ
 2020年代前半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



潜在的な系統誤差群

- differential gain calibration
- differential beam width
- differential beam pointing
- differential beam ellipticity
- pointing knowledge
- absolute gain calibration
- beam size stability
- angle calibration

false polarization

pattern distortion

差分偏光計と検出器特性のミスマッチ dy 偏光測定の原理 dx dx = (無偏光成分) + (偏光成分)dy = (無偏光成分) - (**偏光成分**) \Rightarrow (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) \neq 0

⇒偽偏光の生成

検出器特性のミスマッチによる偽偏光

検出器の較正精度に対して非常に厳しい要求を課す

Effects	Types	Requirement in bias case (L2)	Requirement in random case	Notes
Diff. beam width	False polarization	0.8 % @ ell=2 0.2 % @ ell=200	2 %	Instantaneous
Diff. beam pointing		2 arcsec.	20 arcsec.	
Diff. beam ellipticity		7 % @ ell=2 0.04 % @ ell=300	3 %	Focal plane average eases them by (up to)
Diff. gain calibration		0.002 %	0.04 %	Calibration in every 10 min.

「インやヒーム形状といったミスマッナを敢しく抑制する必要かある

Cross-link of full focal plane average 時間的にコヒーレントな特性のミスマッチがあった場合

横偏光

⇒同一の pixel を等方的に何縦偏撮くことで偽偏光が相殺される



焦点面は約 300 のピクセルで構成されており (姿勢の代わりに)アンテナの向きに応じて cross-link を稼ぐ

A focal plane model (based on TES FP design)



9

Hit count distribution



HFIとLFIで同じ傾向を示す。 特定の周波数で不完全なマップになることはない。 Diff. gain w/ 1% mismatch



要求値は HFI only <u>0.02%</u>、LFI only <u>0.05%</u> total <u>0.04%</u> (1pix <u>0.002%</u>)

Diff. gain w/ 1% mismatch (aligned)



検出器の方向を全て同じに揃えた場合 1 pix に比べてほとんど改善しない

Diff. gain w/ 1% mismatch (Q/U two components)





要求値は ell=2 で 20arcsec、ell=200 で 9arcsec と見積もった。

Focal plane average (in bias case w/o HWP)

Effects	Requirement w/ 1 pixel	Requirement w/ full array	Notes
Diff. beam width	0.8 % @ ell=2 0.2 % @ ell=200	30 % @ ell=2 3 % @ ell=200	
Diff. beam pointing	2 arcsec.	20arcsec @ ell=2 9arcsec @ ell=200	
Diff. beam ellipticity	7 % @ ell=2 0.04 % @ ell=300	no cross-link dependence	possibility of mitigation by beam-antenna coupling
Diff. gain calibration	0.002 %	0.04 %	

<mark>偏光変調器(HWP)を用いた場合程(二~三桁)ではないが 要求が一桁前後は緩和される</mark>

Summary

LiteBIRDの系統誤差研究の一つとして、検出器特性のミスマッチに由 来する偽偏光を検討し、焦点面平均によるその抑制度を評価した。

- ゲインのミスマッチに由来する偽偏光の生成では 0.04%のミスマッチまで許容されるようになる。
- ビーム形状のミスマッチに由来する偽偏光の生成では ビーム径のミスマッチの場合で3%、
 ビーム指向のミスマッチの場合で9arcsec.まで許容されるようになる。
- ビーム楕円率のミスマッチに関しては アンテナと光学系のカップリングに誤差軽減の余地がある。

(これらの評価は偏光変調器を利用することで、さらに 二~三 桁程度緩和される見通し)

<u>焦点面ピクセルのアンテナ方向の一様性に応じて誤差低減度は大きく</u> 変化する。製造の観点を鑑みるならば(今回採用したモデルの様に)ウエ ハレベルで回転して配置するといった工夫は有効である。