LiteBIRDの概要と成立性の検討

2015年3月21日 石野宏和(岡山大学) on behalf of the LiteBIRD WG

LiteBIRD

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

http://litebird.jp/

ビックバン以前の宇宙加速膨張(インフレーション)の謎にせまる!

全天をスキャンし、原始重力波の強度rを0.001の精度で測定
 Planck の100倍の感度、地上実験よりも桁違いの感度

r>0.002を予言する全ての代表的インフレーションモデルを検証

LiteBIRD working group

JAXA 宇岡河坂佐篠杉竹西西野福松松松満山吉四和 都本野井藤崎田井城堀田家浦原村田崎田元田 宮篤功真洋慶寛洋邦俊篤英周英知和典哲和武 真 一一亮之 俊幸司之二雄岳久子也彦彦 郎	大 井 田 川 村 津 山 野 本 田 林 部 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一	版府大上 将德小 将德山 平丁 平小 木丁 平小 木市小 木市市市市市市エエエ	<mark>国立天文台</mark> 稲倍島律 日本 日本 日本 谷 明 中 一 関 関 関 市 一 関 関 関 本 谷 島 津 口 根 本 名 の 町 内 の 市 の 大 ス の の の の の の の の の の の の の の の の の	<u>筑波大</u> 永井 誠	APC Paris R. Stompor	UC Berkeley / LBNL 日下暁人 鈴木有春 堀泰斗
				<u>東工大</u> 松岡 聡	CU Boulder N. Halverson	
				R. Chendra	<u>McGill U.</u> M. Dobbs	J. Borrill A. Cukierman T. de Haan
				版部 誠 森嶋 隆裕	<mark>MPA</mark> 小松 英一郎	J. Errard J. Errard N. Goeckner-wald P. Harvey C. Hill W. Holzapfel O. Jeong A. Lee(US PI) E. Linder P. Richards U. Seljak B. Sherwin P. Turin B. Westbrook
				名古屋大 市來 淨與 横浜国大 入江村目野 東那 大 村 日野 邦 市 御 王 田 田 田 田 田 田 田 田 田 田 田 田 田 田 田 田 田 田	NIST G. Hilton	
	山田 要介 <u>核融合研</u>				J. Hubmayr <u>Stanford U.</u> 並河 俊弥 K. Irwin CL. Kuo	
	高田 卓					
	片山 伸彦 十日八 菅井 肇 大田 泉 西野 玄記	大田泉	秋葉			
<u>大阪大</u> 黒宮 章太 高倉 理 高野 恵介	瀬川 優子 富田 望 渡辺 広記			大谷 知行 美馬 覚		N. Whitehorn <u>UC San Diego</u>
		K. Arnold T. Elleot B. Keating				
中 响 禄	X-ray astrophysicis	ts Rastronc	omers 本初理学会@早稲i	Superconc	lucting	G. Rebeiz

これまでのBモード偏光探索の結果



LiteBIRDミッション

 実験感度:2.6 μK・arcmin(マージン込) - 観測期間:3年間 - 超伝導検出器約2000チャンネル • 観測周波数:50-320GHz -帯域幅23%(低周波側)と30%(高周波側)が それぞれ3バンド - COのラインを避ける • 角度分解能: 40 arcmin @ 140GHz – 光学系のサイズ: ~2m ø x 2mt
-太陽・地球のL2ハロー軌道、スピン衛星

期待される検出器の感度







多周波数観測と前景放射

前景放射を除くために、多周波 数観測を行う。

based on N. Katayama and E. Komatsu, ApJ 737, 78 (2011)

- バッフルと鏡を4Kに冷却 • ビームサイズ:6つのバンドで1度以下 •
 - 視野 10 x 20度
- 光学系の大きさ: $2m\phi \times 2mt$

- Half-wave plateによる偏光 変調
- Tele-centric

cross-Dragon に基づいた光学系

GRASP10 シミュレーション@60GHz バッフルを置き、サイドローブを除去。

焦点面検出器

- 感度: Optical NEP=2 x 10⁻¹⁸ W/sq(Hz)
- 50-320GHzの広帯域
- 多色化(3バンド/素子)

tri-chroic(140/195/280GHz)

tri-chroic (60/78/100GHz)

日本物理学会@早稲田大:

- 2022チャンネルで2.6μK・ arcmin (マージン込)
- 100mKで作動
- 焦点面サイズ:50cm x 30cm

検出器:TES or MKID

2015/3/21

全天スキャンの方法@太陽・地球L2

クロスリンクが小さくなり、太 陽からのサイドローブへの入り 込みを最小化 ・ α=65度 ・ β=30度 歳差周期:90分 スピン周期:10分 データレート:330kbps テレメトリー:X-band

空のあるピクセル 掃引方向

黄経方向

	Requirement	Requirement	
Effects	in bias case $(L2)$	in random case	Notes
Pointing knowledge	3 arcmin.	5 arcmin.	
Abs. gain calibration	Parity preserved	$10\%^{(*)}$	(*)Calibration in every 10 min.
Beam size stability	Parity preserved	O(10%)	
Angle calibration	1 arcmin.	$10 \mathrm{deg.}$	
Effects	Requirement in bias case (L2)	Requirement in random case	Notes
Diff. gain calibration	0.002%	$0.04\%^{(*)}$	(*)Calibration in every 10 min.
Diff. beam pointing	3 arcsec.	20 arcsec.	
Diff. beam width	$0.8\%@\ell = 2, \ 0.2\%@\ell = 200$) 2%	
Diff. beam ellipticity	$7\%@\ell = 2, \ 0.04\%@\ell = 300$	3%	
Effects	Requiremen	t in bias case (l	L2 w/ HWP)
Diff. gain calibrat	ion	3%	
Diff. beam pointi	ng	2 arcmin.	
Diff. beam widt	h	10%	
Diff. beam elliptic	eity	10%	
要求値	δr<0.57 x	10-3 以下	R. Nag

E→B

T→B

T→B w/ HWP

日本物理学会@早稲田大学

海外の動向

アメリカ: PIXIEが2017年に提案可能性あり
 最速で2023年打ち上げ

 ヨーロッパ:COrE+ M4に 提案

https://hangar.iasfbo.inaf.it/core/index.html

- 2020年台前半に先んじて打ち上げることが 重要!
 AVA/ISASTICE/EXTENDED
 - JAXA/ISAS平成26年度戦略的中型宇宙科学ミッション 募集にLiteBIRDの提案書を提出済み

- 今後CMBの偏光Bモード測定の競争はさらにヒートアップ。
- LiteBIRDは、これまで達成された測定精度を100倍以上改善可能。
 rの測定精度:0.001
- コミュニティの合意:
 - 日本学術会議が策定した「第22期学術の大型研究計画に関するマスタープラン」の「重点大型研究計画」27件のうちの一つに選ばれた。
 - 文科省「ロードマップ2014」の新たに掲載する10計画の内の
 一つに選ばれた。

バックアップスライド

軌道:太陽・地球L2ハ ■一軌道

▶宇宙背景放射によるインフレーションの検証
▶ミリ波(50-320GHz)の偏光度全天観測

重量目標:1.6t 電力目標:1.5kW

日本物理学会@早稲田大学

インフレーション起源の原始重力波

原始重力波の強度を表す指標: $r = \frac{A_T}{A_S}$

r とインフラトンのポテンシャルの関係 (Lyth):

 $V^{1/4} = 10^{16} \times \left(\frac{r}{0.01}\right)^{1/4} \text{GeV}$

r の測定によりインフラトンのポテン シャルエネルギーを測定 →インフレーションモデルを同定

前景放射除去

テンプレート法による前景放射除去ア ルゴリズム→ δr < 0.001を達成可能

N. Katayama and E. Komatsu, ApJ 737, 78 (2011)

Band	Sens. with
(GHz)	margin
	$(\mu K \cdot \operatorname{arcmin})$
60	15.7
78	9.9
100	7.1
140	5.6
195	4.7
280	5.7
total	2.6

焦点面検出器の仕様

Band	Beam	NET	Pixels	$N_{\rm wf}$	$N_{\rm bolo}$	$\operatorname{NET}_{\operatorname{arr}}$	Sens.	Sens. with
(GHz)	(ar-	$(\mu K \sqrt{s})$	per			$(\mu K \sqrt{s})$	$(\mu K \cdot \operatorname{arcmin})$	margin
	$\operatorname{cmin})$		wafer					$(\mu \mathbf{K} \cdot \mathbf{arcmin})$
60	54.1	94	19	8	304	5.4	9.6	15.7
78	55.5	59	19	8	304	3.4	6.0	9.9
100	56.8	42	19	8	304	2.4	4.3	7.1
140	40.5	37	37	5	370	1.9	3.4	5.6
195	38.4	31	37	5	370	1.6	2.9	4.7
280	37.7	38	37	5	370	2.0	3.5	5.7
total					2022		1.6	2.6

T. Matsumura, T. Suzuki

検出器候補(TES)

Transition Edge Sensor (TES) bolometer

Fabricated Triplexer Filter

- PolarBEAR実験のTESに基づくデザイン
- Sinuousアンテナによる広帯域受信
- ・ 周波数フィルターによりそれぞれのアン テナで3バンド測定
- 64 チャンネル周波数領域読み出し
 - 2W/SQUID →読み出し電力64W

2015/3/21

日本物理学会@早稲田大学

検出器候補(MKID)

国立天文台作製

T. Nitta et al., LTD-15, 2013

- 周波数領域読み出しにより1000
 チャンネル同時読み出しが可能
- Al, Al/Ti, TiNにより要求観測周波数
 をカバー可能
- 6 x 10⁻¹⁸ W/sq(Hz)を達成

