

ビッグバン以前を探る CMB 偏光観測と KEK CMB 観測グループ

インフレーション宇宙仮説の検証は現代宇宙論の最重要課題の一つである。インフレーションに起因する原始重力波の検証なくしてこれは完成しない。CMB 偏光 (B モード偏光) は、「時空に浮かぶ天然の原始重力波記録装置」であり、原始重力波を発見する唯一の方法である。さらに CMB 偏光観測はインフレーションの背後にある量子重力理論 (超弦理論等) の検証を行う唯一の方法として、高エネルギー物理学としても極めて重要である。2012年2月に公開された高エネルギー物理学将来計画検討小委員会答申においても、「高いポテンシャルを持った中小規模計画を (ILC などの) 大計画と並進して推進することにより多角的に新しい物理を探求していくことが必要であり、CMB 偏光観測によるインフレーション検証はそれに該当する研究である」、とされている。

CMB グループは 2007 年度より活動を開始し、KEK 内サポート研究者・技術者を含めた約 20 名のメンバーで機構横断的に研究を推進している。科学研究費補助金新学術領域研究 (研究領域提案型) 「宇宙創成の物理」 (H21-25、領域代表・羽澄昌史)、基盤研究 (S) 「宇宙マイクロ波背景放射偏光観測装置 POLARBEAR-2 で探る宇宙創生の物理学」 (H26-30、代表・羽澄昌史) などの補助を受けて活動している。

グループが推進している 2 つのプロジェクト (POLARBEAR、LiteBIRD) について進捗を以下に述べる。

**POLARBEAR 実験：二年目データの解析と三年目の広域観測が進展**

KEK CMB グループの現在の中心プロジェクトが、超伝導検出器アレイを用いた POLARBEAR 実験である。カリフォルニア大バークレー校、サンディエゴ校、カナダ・マギル大などと共同で準備をすすめ、望遠鏡 (図 1) をチリ・アタカマ高地 (標高 5200m) に設置し、2012 年 1 月より観測を開始した。POLARBEAR 実験は有効直径 2.5m の主鏡を持ち、原始重力波に対する高い感度に加え、重力レンズに起因する CMB 偏光 B モードを発見する上で有利なデザインとなっている。



図 1 チリ・アタカマ高地に設置した POLARBEAR 望遠鏡システム

POLARBEAR 実験では 2012 年 5 月から 2013 年 6 月まで観測したデータを用いて、2013 年 12 月 24 日に初期観測結果を発表し、二本とも Physical Review Letters に掲載され [1][2]、二本とも Editor's Suggestion (編集者が選ぶ特に興味深い掲載論文で、掲載論文の約 1/8 が選ばれる) を受けたこと、さらに 2014 年 3 月に三本目の論文を出し、Astrophysical Journal に掲載されたこと [3] は前回報告した。また、これらの成果について、KEK プレスリリースを行った。

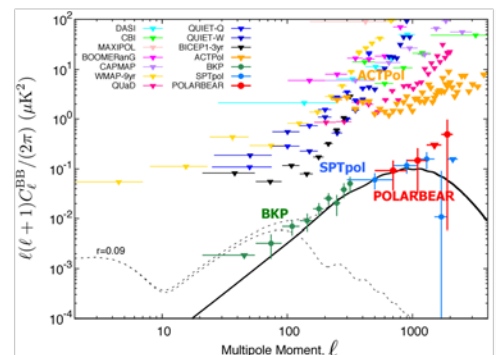


図 2 B モード偏光パワースペクトルの現状

POLARBEAR 実験の科学目標は二つあり、

1) 原始重力波の探索によるインフレーション理論・量子重力理論 (超弦理論など) の検証

2) 重力レンズの精査による宇宙のエネルギー組成の謎 (ニュートリノ質量、ダークエネルギー等) 解明である。上記の初期成果論文三編は、2) に関わるもので、初年度のデータを用いて、世界で初めて CMB のみを用いて重力レンズの証拠を検出した。POLARBEAR が世界最高感度を持つ実験であることを示すとともに、今後の素粒子物理・宇宙論への寄与を約束する進展である。現在更に二年目のデータを加えた解析を行っており、統計量を増やした結果を近日中に発表する予定である。

POLARBEAR が三本目の論文を発表した一週間後に、米国を中心とした BICEP2 チームが南極における CMB

偏光の観測によって原始重力波を発見したと発表したのが、その後の Planck 衛星の銀河ダスト観測により、BICEP2 の発見は誤りであるとわかった。この顛末に関わらず、POLARBEAR 実験でも、昨年より BICEP2 が観測した天域を含む広域観測を継続しており、より大角度の相関に関する観測結果を公表する予定である。図 2 に B モード偏光パワースペクトルの現状を示す。

KEK ではさらに二台目の望遠鏡を導入し、感度を 6 倍程度改善し、95GHz、150GHz の同時観測を行う POLARBEAR-2 計画も推進しており、検出器システム製作を主導している。この計画は KEK 羽澄とカリフォルニア大バークレー校 Adrian Lee 教授の 2 人が共同代表をつとめている。2015 年度の終わりにチリへ配備することを目指している。これが完成すれば地上における CMB 偏光観測装置として最高の性能を持つこととなる。昨年度から科学研究費補助金・基盤研究 (S) (代表・羽澄昌史) 等の補助を受けて準備を進めているところである。図 3 に検出器システムの写真を示す。

さらに三台目の望遠鏡を導入し、より多くの周波数で観測を行い銀河ダスト等の影響をより低減するサイモンズアレイという計画 (POLARBEAR-2 を一部に含む拡張計画) も進めている。これについては次回以降で報告したい。

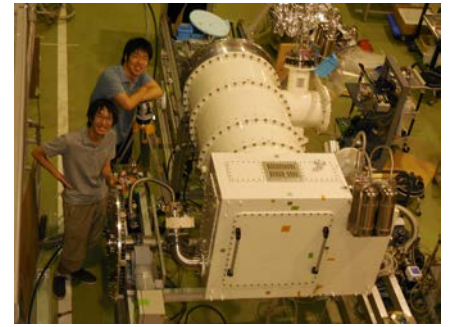


図 3: POLARBEAR-2 検出器システムの概観

### LiteBIRD 衛星計画 : JAXA 宇宙科学研究所に衛星計画提案

KEK CMB グループでは究極の CMB 偏光観測を行うための科学衛星計画 LiteBIRD を 2008 年に発案した。2020 年代前半の打ち上げを目指して、JAXA 小型科学衛星ワーキンググループ (主査: 羽澄昌史) が結成され、R&D とデザインを進めてきた。現在国内外の約 120 名からなる研究者が活動している。本計画は、学会会議マスタープラン 2014 の重点大型研究計画であり、かつ文部科学省のロードマップ 2014 に新たな 10 大型計画として掲載された[4]。最高評価 (ダブル a) を受けた 5 計画の一つに選ばれている。以上を受けて、LiteBIRD ワーキンググループは、2015 年 2 月に、JAXA 宇宙科学研究所の中型衛星計画公募に対して LiteBIRD 計画を提案した。現在審議中である。更に、LiteBIRD が宇宙空間で実現するサーベイを地上でいち早く試し大角度相関を測定する GroundBIRD 装置の開発研究も進めている。

以上のように、着実に新しい成果論文を出版し、かつ、将来に向けた準備も順調に進めている。今後の観測結果に期待していただきたい。

### 参考文献

- [1] “Evidence for Gravitational Lensing of the Cosmic Microwave Background Polarization from Cross-Correlation with the Cosmic Infrared Background”, P. A. R. Ade et al. (POLARBEAR Collaboration), Phys. Rev. Lett. 112 (2014) 131302.
- [2] “Measurement of the Cosmic Microwave Background Polarization Lensing Power Spectrum with the POLARBEAR Experiment”, P. A. R. Ade et al. (POLARBEAR Collaboration), Phys. Rev. Lett. 113 (2014) 021301.
- [3] “A Measurement of the Cosmic Microwave Background B-Mode Polarization Power Spectrum at Sub-Degree Scales with POLARBEAR”, P. A. R. Ade et al. (POLARBEAR Collaboration), Astrophys. J, 794 (2014) 171.
- [4] 「学術研究の大型プロジェクトの推進に関する基本構想 ロードマップの策定 - ロードマップ 2014 -」、平成 26 年 8 月 6 日、科学技術・学術審議会 学術分科会 研究環境基盤部会 学術研究の大型プロジェクトに関する作業部会、[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/gijyutu/gijyutu4/toushin/1351171.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu4/toushin/1351171.htm)