

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）「加速宇宙」（H27-31、領域代表・村山斉）の計画研究「宇宙マイクロ波背景放射の広天域観測で探る加速宇宙と大規模構造」（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：パリティを破る新しい物理による宇宙論的複屈折効果の探索結果を発表**

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・アタカマ高地で観測中のPOLARBEAR望遠鏡

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。2014年に出した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。

同じ初年度のデータを用いて、POLARBEARグループでは2015年9月にパリティを破る新しい物理による宇宙論的複屈折効果の探索結果を発表した[1]。光子と相互作用する新しい擬スカラー粒子などがあると、偏光が回転する効果（複屈折効果）が生まれ、相関がないはずのCMB偏光Bモード（パリティが負のモード）とEモード（パリティが正のモード）の間に相関が生じる。POLARBEARで得られたCMB偏光データを用いて偏光の回転角を測定し、その相関を求めた。観測結果を図2に示す。前景放射の影響が十分小さい三カ所（RA23, RA12, RA4.5）とそれらを総合した結果を示している。

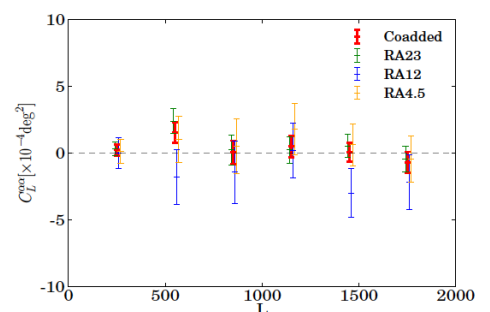


図2 偏光回転角のパワースペクトル測定結果。

得られた制限は従来の結果を約15倍改善する世界最高の結果である。POLARBEARでは、このように、主た

る科学目標以外の新しい物理の探索もおこなっている。

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。2016年度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。平成26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。

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。

### **LiteBIRD 衛星計画：JAXA 宇宙科学研究所と NASA の双方で提案が一次審査を通過**

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、学術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。

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。これが第一段階の審査(ミッション定義審査)を通ったため、現在次の審査(システム要求審査)に向けた準備を進めている。米国 LiteBIRD グループが2014年12月に NASA に対して LiteBIRD に正式参加する提案を行った。これも一次審査を通り、現在 phase A study を行っている。LiteBIRD は世界的に注目を集めているが、最終的にこの計画が採択されるためには、ミッション機器についての KEK の寄与を確定することが必要となる。

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。科研費基盤研究(S)「大角度スケール CMB 偏光パターンの地上観測実験によるインフレーション宇宙の解明」(H27-31、代表・大谷知光(理研))の補助を得ている。

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。今後の結果に期待していただきたい。

### **参考文献**

[1] “POLARBEAR Constraints on Cosmic Birefringence and Primordial Magnetic Fields”, P. A. R. Ade et al. (POLARBEAR Collaboration), arXiv:1509.02461, accepted for publication in Phys. Rev. D.