

Ozaki Exchange Program 2019

日米科学技術協力事業（高エネルギー物理）では、素核分野の研究とその日米間の協力の推進に多大な貢献をされた故・尾崎敏博士†の功績をたたえ、同事業下での取組として、大学院生を対象とした日米間の若手人材交流プログラム“Ozaki Exchange Program” (https://www2.kek.jp/kokusai/us_japan/ozaki_exchange_program/) を2019年度から実施しています。初年度は、日本から2名の学生を米国に派遣、米国からは4名の学生を受け入れました。プログラムのご紹介を兼ねて、派遣された学生さんの報告書を、ご本人の了解のもと掲載していただきますので、御覧ください。米国からの学生を受け入れていただいた研究者の方にはこの場を感謝申し上げます。（KEK 素核研 小林隆）

† 尾崎敏博士については、以下をご参照ください。

- <https://www.bnl.gov/newsroom/news.php?a=112384>

- <https://www.kek.jp/ja/newsroom/2018/05/07/1100/>

Ozaki Exchange Program 成果報告書

京都大学

阿部 倫史

abe.tomofumi.74e@st.kyoto-u.ac.jp

2019年（令和元年）11月12日

1 概要

Ozaki Exchange Program の補助により、2019年の7/1から10/1までの3ヶ月間、アメリカのLawrence Berkeley National Laboratory(LBNL)に派遣され、宇宙背景放射(CMB)観測実験のチームに参加し、supervisorである日下暁人氏の指導のもと研究を行なった。CMB実験のための研究開発に取り組み、プロジェクトの進行に貢献できた。

2 研究内容

私が京都大で参加しているCMB観測実験“Simons Array”(SA)と“Simons Observatory”(SO)はLBNLのCMBグループも参加する実験であり、本プログラムに応募するきっかけとなった。今回の派遣では、主にSOに関連した研究に取り組んだ。

SOはCMBの偏光を現行の実験よりも精密に測定し、宇宙初期の進化の様子を観測によって確かめるためのプロジェクトであり、現在、2020年代の観測開始に向けた望遠鏡・受信機の開発段階にある。私はSOの小口径望遠鏡(SAT)用の、半波長板システムの開発、およびヘリウム希釈冷凍機(DR)の試験に取り組んだ。

2.1 超電導ベアリングを用いた半波長板システム

SOではノイズ削減のため、回転する半波長板を用いてCMB偏光に変調をかける。半波長板を安定・低発熱で回転させるために、超電導ベアリングを用いる。設計はすでに出来ていて、LBNLでは作成・組立から冷却試験を行う段階であった。冷却される前の波長板を固定しておく必要があり、私はそのための一部パーツの作成などを行なった(図1)。



図1 半波長板システム用に作成したパーツ。

2.2 希釈冷凍機(DR)のインストール・冷却試験

CMB 望遠鏡の内部は超電導デバイスの運用, 熱放射ノイズの低減などのために低温に保たれる必要があり, とりわけ光センサーのある焦点面は 0.1 K の超低温環境が求められる。そのための希釈冷凍機(Dilution Refrigerator, DR)を日本で購入したが, 試験は日本国内では行えなかったため, LBNL の CMB チームで試験を行うことになった。日本から発送されてきた DR を実験室で組み立て, 冷却試験を行なった (図 2)。DR を運用するための電源の確保などのためスケジュールが少しずれ込んだが, 冷却試験では問題なく稼働することが確認できた (図 3)。



図 2 実験室にインストールされた DR システム。

2.3 DR 冷却能力試験のためのヒーター作成

DR を動かすために 4 K 程度まで冷やした環境が要求される。このための冷却装置も DR システム内に組み込まれているものであるが, この 4 K までの冷却装置が強力な冷凍能力を備えているため, 焦点面以外の冷却にも用いることができるのでは, というアイデアがある。これはさらなる次世代実験“CMB-S4”に向けて考えられているアイデアだが, 使用する DR は SO と同種のものであるため, SO の DR を使って冷却能力を測っておくことができる。この実験のため, DR の冷凍機内部, 4 K ステージ上に設置する熱負荷用のヒーターを作成した (図 4)。スケジュールのずれもあり, 実際にインストールするところまではいかなかったが, 今後の負荷試験では作成したヒーターが使用される予定であり, 私もその際のデータ解析にはリモートで加わる予定である。

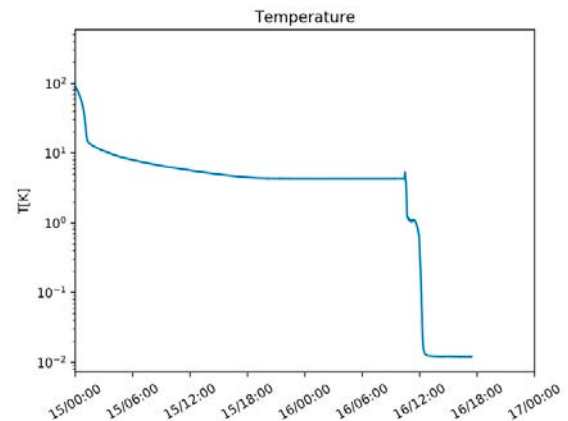


図 3 DR の冷却部に取り付けた温度計の時間変化。0.1 K までの冷却ができていることが確認できる。

3 謝辞

このプログラムに参加するにあたり, KEK 国際企画課の皆様には大変お世話になりました。京都大での指導教員である田島さんには, 応募書類の添削に始まり, 現地での生活や研究に至るまで多くのアドバイスを頂きました。現地での生活では, 先輩研究者の茅根さん, 高取さんが食事やイベントに連れて行ってくださり, 楽しく過ごすことができました。研究においては, supervisor の目下さんに丁寧な指導をしていただき, CMB グループの皆様には多くの場面で助けていただきました。お世話になった全ての方に心より感謝申し上げます。



図 4 熱負荷試験用に作成したヒーター。

Ozaki Exchange Program 2019 報告書

総研大

高取 沙悠理

takatori@post.kek.jp

2020年（令和2年）1月

派遣先機関：ローレンス・バークレー国立研究所(LBNL)

派遣期間：2019年6月1日～2019年11月30日(6ヶ月)

1 派遣先について

派遣先のローレンス・バークレー研究所(LBNL)はアメリカ西海岸のカリフォルニア、バークレーにある国立研究所である(図1)。バークレー研究所と、カリフォルニア大学バークレー校(UCB)には宇宙マイクロ波背景放射(CMB)観測のグループがあり、私が所属する日本のグループとはCMB偏光観測実験 POLARBEAR-2(PB-2)実験で共同研究を行っている。受け入れ教員の Adrian T. Lee 教授はバークレーのグループの主導者であり、PB-2 実験が使用する超伝導検出器の第一人者のひとりでもある。さらに、バークレーのグループは CMB の観測とそこで鍵となる数々の技術に対して、豊富な知識と古い経歴を持ったグループである。



図1 ローレンス・バークレー研究所からの景色。

2 派遣先で行った研究内容の概要及び成果

私が参加している PB-2 実験では、これまで PB-2 用の新型 CMB 偏光レーザーの開発を高エネルギー加速器研究機構(KEK)が中心となり行ってきた。その中で、私は主にレーザー及びレーザーに搭載される超伝導検出器用の較正光源装置の開発に携わってきた。この較正光源装置は PB-2 実験における主要な較正装置のひとつである。新型レ

シーバーと較正光源装置は、KEK での性能評価試験完了後、南米チリのアタカマ高地にある観測所に設置された望遠鏡本体へ統合され(図2)、2018年度後半より、統合試験を行っている。

本プログラムでは、バークレー研究所にて主に統合試験のデータ解析とデータベースの作成を、バークレーのチームと議論しながら行った。統合試験では、複数の観測周波数帯で、較正光源装置からの参照信号を数千個の検出器で検出することに成功し、信号データの取得を行うことが出来た。この信号データを解析し、参照信号に対する検出器の応答を評価することで実際に各検出器のゲイン変化や時定数変化の測定を行った。較正光源装置をつかった、検出器の状態に関するこれらの評価結果および、ノイズレベルの推定や、光学効率の測定結果についてはコラボレーションミーティングにて報告を行い、チームにフィードバックを行った。また、望遠鏡による天体の観測データと組み合わせることで、較正光源装置の光源強度の測定を行い、装置の性能評価も行った。これらの成果については2019年11月にマレーシアで行われた、Asia-Pacific Physics Conference 2019にて報告を行った。

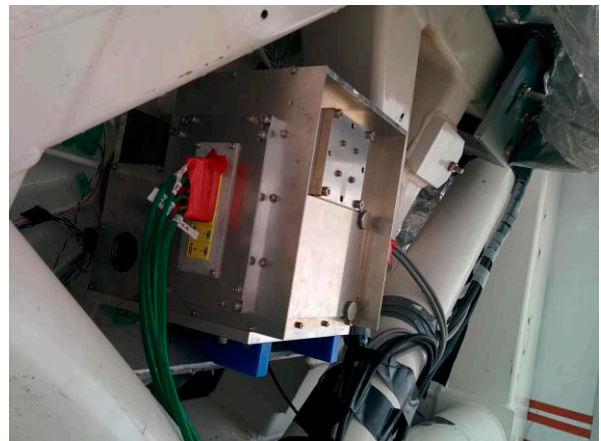


図2 望遠鏡へインストールされた較正光源装置。

3 事前準備

受け入れ教員を通して LBNL の Human Resources (HR) と連絡を取り、ビザの準備を進めた。指定された書類 (CV, 財政証明, 在学証明, 保険の証明, パスポートなど) を提出し、DS2019 を発行してもらい、大使館にてビザの申請を行った。

DS2019の発行にはおよそ1ヶ月、ビザの申請発行には数週間かかった。バークレーに到着後、最新の入国状況についての書類(I94)を提出し、研究所に出入りするためのIDパスを発行して貰った。発行には数日かかったため、その間カリフォルニア大学バークレー校にて実験室の見学などをさせて頂いた。

4 日常生活

滞在先として以前カリフォルニア大学バークレー校で働いていた方に下宿先を紹介して頂いた。食事は基本的に日本より物価が高いため、普段はスーパーで食材や冷凍食品をまとめ買いして、簡単なものをつくってやりくりしていた。放課後は大学のサークル活動に参加したり、日本人研究者の集まりに参加させて頂いたり、ご近所さんのホームパーティーに呼んで頂いたりした。地元の警察の情報や、犯罪マップなどは時々チェックして、事件が起きやすい場所や時間帯は、念のためなるべく避けるようにしていた。秋の山火事の時期(10月)にサンフランシスコで数回大規模な計画停電があり、その影響でLBNLや滞在先で数日間にかわたり停電となるハプニングがあった。

5 謝辞

実際に研究所でのプログラムに参加してみて、周りの方と議論することで初めて気づいたこと、海外の一流の研究所で研究することで学べたことが書ききれないほど沢山あり、自分の視野を大きく広げることができました。今回この様な非常に贅沢な機会を与えて下さいました Ozaki Exchange Program 事務局の皆さまと、手続きに関して大変サポートを頂きました KEK 国際企画課の皆さま、受け入れてくださった Adrian 教授、LBNL および UCB で大変お世話になりました、茅根さん、日下さん、鈴木さん、事前にアドバイスを頂きました西野さん、長谷川さん、そして快く送り出してくださった指導教員の羽澄さんはじめ皆様に厚く御礼申し上げます。