

日本天文学会早川幸男基金渡航報告書

2024年6月10日採択

申請者氏名	二之湯 開登 (会員番号 8792)
連絡先住所	〒 278-85110 千葉県野田市山崎 2641
所属機関	東京理科大学
職あるいは学年	M2
任期 (再任昇格条件)	
渡航目的	研究集会での口頭発表
講演・観測・研究題目	IXPE Observation of Cygnus X-1: Polarized X-Rays Correlated with Short-Timescale Variability
渡航先 (期間)	アメリカ アラバマ州ハンツビル (2024年9月15日~19日)

本渡航では、9月15日から19日にかけてアメリカ アラバマ州ハンツビルにて開催されたIXPO:International X-ray POLarimetry Symposiumに参加し、口頭発表を行った。本研究会は、IXPE(Imaging X-Ray Polarimetry Explorer) 衛星打ち上げ以降初めて行われたX線偏光観測を主軸とした国際研究会である。本研究会では、IXPEによる様々な観測実績に関する講演と、現在または将来の偏光観測プロジェクトに関する講演も行われた。さらに、IXPEのこれまでの観測実績を基に、Martin Weisskopf氏、Paolo Soffitta氏、並びにIXPE teamにRossi Prizeが贈られ、その記念授賞式も合わせて行われた。日本からは玉川氏(理研)、高橋氏(広島大)も参加されており、現地では大変お世話になった。

偏光観測の歴史は長く、天文衛星による初めての有意な偏光観測は、まさにWeisskopf氏らによる1976年OSO-8衛星での「かに星雲」の観測である。OSO-8衛星に搭載された偏光計はブラッグ反射を利用して偏光を検出する偏光計であるため、感度がブラック条件を満たす2.6 keVと5.2 keVに限定されていた。その後、高感度で連続帯域での偏光観測は技術的な困難を極め、数十年の時を経て、2010年代にPoGO+気球実験において硬X線帯域でかに星雲やCygnus X-1(Cyg X-1)のような明るい天体の偏光を有意に観測した。そして、華々しく登場したのが、IXPE衛星(2021~)である。IXPE衛星には偏光X線が光電吸収されたときの光電子の放出方向の異方性を利用して偏光を検出する偏光計(GPD; Gass Pixel Detector)が搭載されており、軟X線帯域で、位置(撮像)、時間、エネルギー、偏光の4つの物理パラメータを測定することができる。このGPDに取り付けられているガス電子増幅フォイルは理研/玉川研究室で開発されたものである。詳細は天文月報2024年4月号IXPE特集(1)を参照されたい。打ち上げから現在までの約2年間で、IXPEは様々な天体において有意な偏光観測を実現し、その成果に対してRossi Prize賞が贈られる運びとなった。

今回開催された研究会では、超新星残骸、活動銀河核、中性子星、恒星質量ブラックホール(BH)のIXPEの偏光観測結果に関する講演が行われ、偏光特性からわかること・X線偏光のメカニズムについて様々な議論がなされた。加えて、気球偏光実験XL-Calibur(高橋氏の口頭発表)やXPoSatなど現在またはこれからの偏光観測ミッションに関する講演も

行われた。天文学会などの国内の学会でも X 線偏光観測に関する講演は行われているが、その数は少ない。そのため、本研究会で世界の研究者らによる偏光に関する研究は新鮮に感じられ、とても興味深かった。また、世界の中での自身の研究の立ち位置を理解するとても良い機会になった。IXPE team の方々も多く参加し、IXPE によるここ 2 年の新しい観測結果が多く講演されたこともあり大変大きな盛り上がりを見せた 4 日間であった。

本研究会において私が行った発表は、IXPE による恒星質量 BH Cyg X-1 における観測結果に関するものであり、PASJ に投稿されている Ninoyu et al. (2024) に基づいている。BH 連星では、伴星からの質量降着により、BH 周辺に降着流が形成される。これまでの観測により、BH 周囲には数百万度の降着円盤と数億度の高温電子雲コロナが形成されていることがわかってきたが、降着円盤やコロナの幾何構造は議論的となっていた。降着円盤に対するコロナの幾何学的位置によって偏光度・偏光角が異なることが知られており、IXPE で観測した Cyg X-1 の偏光は、コロナが円盤面に平行な方向に分布していることを示唆していた。また、Cyg X-1 のスペクトル状態遷移に伴って、偏光度の遷移も観測され、偏光からは状態遷移が BH 周辺のガスの大きさや電離度の変化によるものだと考えることができる。このように、X 線偏光は BH 周囲の環境を知るための強いツールとして重要な役割を果たす。本研究では、状態遷移のタイムスケールよりもさらに短い、Cyg X-1 で観測される数秒スケールの強度変動に注目して解析を行った。光度曲線から複数の強度変動を抽出し足し合わせることで、統計を上げて強度変動における偏光特性の解析を実現した。その結果、1 s スケールの X 線強度変動に相関して、偏光が変動しており、これは BH 近傍の降着円盤内縁が BH に落ち込んでいく現象を見ていると考えている。何人かの研究者の方にはこの研究手法について興味を持っていただくことができた。さらに、Cyg X-1 をはじめとする BH 連星の時間変動解析に詳しい M. Nowak 氏には自身の研究手法の根幹に直結する質問を頂いた。Coffee Break などの時間では、IXPE の Cyg X-1 の観測データを解析しておられる Nicole 氏 (Washington Univ.) と Cyg X-1 や Swift J1727.8-1613 の解析に関して情報を共有し、議論できたことがとても大きな収穫であったと感じている。

本研究会は、私にとって初めての国際会議での口頭発表であった。発表では自身の研究を正しくかつ印象に残るように発表することを心掛けた。英語での口頭発表や海外の研究者との交流の難しさや自身の実力不足を痛感したと同時に、英語スキルを伸ばして海外の研究者とより活発に議論していきたいという思いが強まった。本研究会に参加させていただき、良い刺激を受け新たな視点を得ることができた。最後に、このような貴重な経験をさせていただき、ご支援をいただいた早川幸男基金ならびにその関係者の皆様から心からの感謝の意を表す。



図 1: 会場の様子



図 2: Rossi Prize 授賞式の様子