

## 宇宙地球フロンティア実地研修 報告書

## Report for Onsite Training in Earth-Space Frontier Science

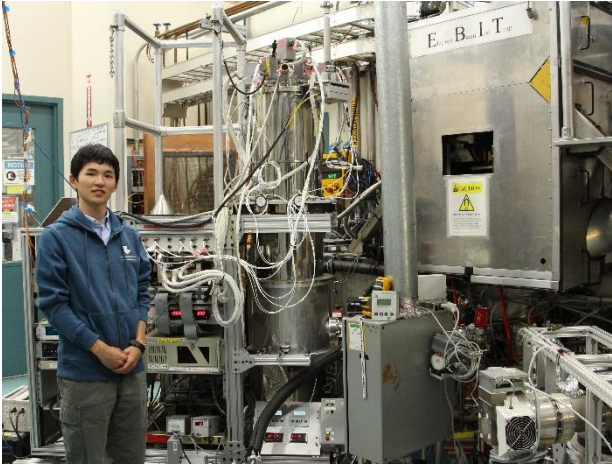
氏名/Name	栗原 明稀 Kurihara Miki
所属部局/ Affiliation	理学系 研究科 天文学 専攻 Department of Astronomy, Graduate School of Science
研究機関・企業名 /Hosting Institution	Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL)
期間/Period	2023 年 7 月 1 日 ~ 2023 年 7 月 31 日 *西暦で記入 07/01/2023 07/31/2023 mm/dd/yyyy

筆者の専門である X 線天文学分野では、今年 8 月に打上げが予定される XRISM 衛星がもたらす精密分光データに期待が高まっている。筆者は XRISM 搭載 Resolve 分光器を用いて恒星フレアの観測を行い、加速電子の存在を定量的に示すことを計画している。フレア中に加速電子が存在すると、電子速度分布が Maxwell 分布から乖離し、高速度側に裾をひく  $\kappa$  分布で表現される。Resolve で分離可能な Fe XXV の w (6.700 keV), z (6.637 keV), j (6.644 keV) 輝線間の強度比は、そのパラメータ  $\kappa$  に依存する。しかし、現状の原子データベースでは、z/w や j/w を  $\kappa$  の関数として正しく扱えない。電子とイオンの衝突電離・励起率の計算において、電子速度分布の畳み込み計算の際に、暗に Maxwell 分布を仮定してしまっているためである。

そこで、筆者は電子ビームイオントラップ (EBIT) 装置を用いた地上プラズマ実験でこれらを直接測定することを考え、今回の滞在を計画した。EBIT は、標的となる単一原子種からなるプラズマを磁場トラップに閉じ込め、電子ビームを入射することで衝突励起・電離や再結合率を直接測定できる。訪問先である米国 LLNL の EBIT は、電子速度の高速掃引により任意の電子速度分布 ( $\kappa$  分布含む) のプラズマを生成でき、加えて XRISM 衛星に搭載される Resolve 分光器と同原理のもので測定できる点で特別である。昨年度までに非平衡電離プラズマ測定の一環として取得された Ar を対象としたデータを現地で解析した。本滞在はこのプラズマ実験手法に習熟することを目的としており、それを達成することができた。来年度以降、自らが PI として測定を行い、データを取得することを計画中である。

The upcoming launch of the XRISM (X-Ray Imaging and Spectroscopy Mission) in August this year is highly expected to open up a new frontier in the field of X-ray astronomy. With the excellent spectral resolution of the Resolve spectrometer onboard XRISM, I aim to quantitatively demonstrate the presence of accelerated electrons of stellar flare phenomena for my Ph.D. During flares, the electron velocity distribution deviates from the Maxwell distribution and is often represented by the  $\kappa$ -distribution, exhibiting a tail on the high-velocity side.  $\kappa$ -distribution is characterized by a parameter  $\kappa$ , which is investigatable by FeXXV emission lines w (6.700 keV), z (6.637 keV), and j (6.644 keV), separable with Resolve for the first time. However, the current atomic database inadequately handles z/w and j/w as functions of  $\kappa$ , as it implicitly assumes the Maxwell distribution during the convolution calculation of electron velocity distribution for electron-ion collisional ionization and excitation rates.

Therefore, I planned to benchmark  $\kappa$ -distribution through plasma experiments using the Electron Beam Ion Trap (EBIT) device. EBIT confines plasma consisting of a single atomic species in a magnetic field trap as a target of an electron beam, allowing for direct measurements of collisional excitation, ionization, and recombination rates. The EBIT facility at LLNL is exceptional in generating plasmas following any electron velocity distribution, including the  $\kappa$ -distribution, through the rapid sweeping of electron beam energy. Furthermore, it uses the same type of spectrometer as the Resolve. For this stay, I analyzed Ar data obtained as part of ionizing plasma measurements until the previous year. This visit aimed to gain proficiency in this plasma experimental technique, which has been accomplished very much. In the subsequent year and beyond, I am willing to acquire my own data by conducting measurements as the principal investigator (PI).



Lab にて