

日本天文学会早川幸男基金渡航報告書

2025 年 7 月 6 日採択

申請者氏名	井上峻 (会員番号 8395)
連絡先住所	〒 606-8502 京都市左京区北白川追分町
所属機関	京都大学大学院 理学研究科 物理学・宇宙物理学専攻 物理学第二教室 宇宙線研究室
職あるいは学年	D2：学振
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	Investigating the emission mechanism of the Fe K α and L α lines of stellar flares on RS CVn-type stars
渡航先 (期間)	コロンビア (2025 年 7 月 19 日–7 月 26 日)

今回の渡航では、2025 年 7 月 21–25 日にコロンビア/メデジンの EAFIT 大学にて開催された International Astronomical Union Symposium 400–Solar and stellar multi-scale activity–に参加し、Investigating the emission mechanism of the Fe K α and L α lines of stellar flares on RS CVn-type stars と題した口頭発表を行った。本会議は本年度に行われる唯一の太陽・恒星磁気活動に関する大規模な国際会議であり、太陽・恒星の両分野の研究者が多数参加し、活発な議論が行われた。

本会議において、申請者は長年 2 つの説が議論されてきた太陽・恒星フレアにおける Fe K α 輝線 (6.4 keV) の放射機構について、重要な観測的な示唆を与える結果を発表した。Fe K α 輝線は中性・低電離の鉄イオンの L 殻の電子が K 殻に遷移する際に放射される X 線帯域の輝線であり、太陽・恒星フレアの X 線観測でしばしば観測されてきた。一般的に太陽・恒星フレアにおいて放射される X 線は数 10 MK を超える高温なコロナ中のフレアループを起源とするが、そこでは鉄イオンは電子の数が 2 つのヘリウム状、1 つの水素状にまで高階電離したイオンとして存在する。そのため、Fe K α 輝線はより下層の光球内の中性・低電離の鉄イオンから放射されている、X 線の波長帯の輝線でありながら光球を起源とする非常にユニークな輝線と考えられてきた。Fe K α 輝線の放射機構は、フレアループからの硬 X 線による光電離とループトップで加速された非熱的電子による内殻励起の 2 つが 1980 年代から考えられており、未だ決着がついていない。さらに、ひのとりや SMM などの 1980 年代の X 線観測衛星以降は Fe K α 輝線のエネルギー帯を含む太陽の X 線分光観測が長年行われていないことから、本話題は太陽コミュニティで議論される機会が減り、「忘れ去られた問題」となりつつあった。また、太陽での本エネルギー帯の観測が行われなくなってからも、恒星フレアでの Fe K α 輝線の検出は行われていたが、こちらも 2000 年代後半を最後に恒星コミュニティで議論される機会はなくなっていった。本研究では、X 線望遠鏡 NICER が観測してきた潤沢な恒星フレアのデータを用いて、(1) Fe K α 輝線とフレアで放射される硬 X 線の光度の間に存在する正の相関、(2) Fe K α 輝線と熱的放射 (連続 X 線) のフレアピークの一致という 2 つの光電離説を強く支持する観測的証拠を発見した。Fe K α 輝線が光電離で放射されている場合、本輝線の等価幅や中心エネ

ルギーといった観測値を輻射輸送計算と比較することで、空間分解できない恒星フレアのジオメトリー推定を行うことが可能となるため、本成果は太陽物理の範疇を超えて恒星・惑星物理の様々な分野に波及する重要な結果である。

今回の学会は太陽・恒星の両分野の世界中の研究者が集まる場であったため、Fe K α 輝線の放射機構という「忘れ去られた問題」を改めて太陽・恒星コミュニティに喚起する非常に良い契機となった上に、Fe K α 輝線を利用した今後の研究の可能性を議論する場としても活用できた。特に、質疑応答では「Fe K α 輝線が検出されたフレアで、白色光の同時観測が行われたものはないのか？」という今後の観測計画を考える上で非常に重要な質問をいただいた。

また、Fe K α 輝線以外の話題として、恒星コロナからの X 線放射のモデリングを行っている南京大学の Yue-Hong Chen 氏と議論を重ね、彼女が現在執筆中の論文において計算した X 線スペクトルの解釈に関して共同で検討する形で、共著者として参加する国際共同研究を新たに開始することができた。申請者はこれまで観測的研究しか行なったことがなかったため、このようなシミュレーションを用いた研究に当事者として関わる機会を得られたことは、研究者として成長するために重要であると感じている。その他には、現在その予算案をめぐる様々な混乱が起きている米国のアカデミアに属する複数の研究者からその実情を聞くことができた。申請者は博士号取得後、米国でポスドクを行うことを計画しているため、実際に当事者からその現状を聞くことができた機会は大変貴重であった。

本会議ではセッションのみでなく、コーヒブレークやカンファレンスディナーなどの様々な形で参加者同士が交流する機会が設けられており、会議参加者のみでなく現地のコロンビアの学生たちとも深く交流することができた。特に、開催地である EAFIT 大学の学部生たちが、自分が書いた論文を授業で輪講したとを語ってくれたことは、自身の研究のモチベーションを大きく向上させてくれた。

以上のように本渡航では、自身の研究成果の発表だけでなく、多くの新しい繋がりや知見を得ることができた。本渡航で得られた知見をもとに、投稿論文・博士論文の執筆に取り組む予定である。またサイエンス面以外では、渡航前はその情報の少なさから治安面等に不安のあったコロンビアという国に対しても、実際に現地の人々と交流することで大きくイメージが向上し、これも現地に渡航したことの大きな収穫の一つであった。最後に今回の有意義な会議を開催してくださった SOC/LOC の皆様、渡航にご支援をいただいた早川幸男基金の関係者の皆様に心より感謝いたします。