

日本天文学会早川幸男基金渡航報告書

2024 年 12 月 10 日採択

申請者氏名	内藤由浩 (会員番号 7227)
連絡先住所	〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1 国立天文台中央棟北 313
所属機関	総合研究大学院大学
職あるいは学年	D2
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	Penetrating waves along spicules to the corona
渡航先 (期間)	イギリス国 (2025 年 6 月 21 日～6 月 28 日)

本渡航では、2025 年 6 月 22-26 日にかけて、イギリス・ロンドンの University College London で開催された太陽物理学分野に関する国際研究会「Hinode-18/IRIS-16 meeting」に参加しました。当研究会では、太陽観測衛星「ひので」および「IRIS」による結果を中心とした太陽物理学分野の最新の研究成果についての議論が行われました。

申請者は当研究会において、“Penetrating waves along spicules to the corona”という題目で口頭発表を行いました。本研究では、太陽の低層大気である光球・彩層から磁力線に沿ってコロナまで伝播するアルヴェン波の彩層における伝播過程に着目しました。アルヴェン波は、特に惑星間空間まで開いた磁力線が占めるコロナホールにおいて、コロナホールを流源とする高速太陽風の追加速、コロナ加熱のためのエネルギー源をコロナまで輸送すると考えられています。しかし、コロナ手前の遷移層で反射されてしまう波動のエネルギー量の評価が観測からなされていないという課題があり、光球・遷移層間の彩層を伝播する波動がコロナへ運ぶエネルギー量は、観測から定量的に得られていないのが現状です。本研究では、彩層・遷移層下部のアルヴェン波を時空間分解が可能な「IRIS」の Si IV 輝線による分光観測を用い波動ごとにエネルギーフラックスを導出し、反射波・進行波の平均したエネルギーフラックスを求めることで、コロナへ輸送されるエネルギーフラックスを定量的に評価しました。結果として、分光スリットに沿って伝播する、視線方向に横揺れを示すような横波が示す輝線のドップラー速度の特徴的な時空間変動から 120 例の波束を検出することに成功しました。上昇波が遷移層で反射されて下降波になると仮定すると、アルヴェン波によって遷移層を通過してコロナへ輸送されるエネルギーフラックスは $1.0 \times 10^5 \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ となり、上昇波のエネルギーフラックスのうちその半量が遷移層を通過した波動によりコロナへ輸送されていることを初めて示すことに成功しました。さらに、Si IV スペクトル形状の時間変動を確認すると速度振幅が 2～3 倍程度である可能性があり、現在の値は過小評価されていることが示唆されました。速度振幅の二乗がエネルギーフラックスの値に比例することから、本研究で求めた値はコロナ加熱・太陽風加速に必要とされる $5 \times 10^5 \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Withbroe 1988) と同程度になる可能性があります。このように、本研究では、遷移層における反射を加味しても、彩層を伝播するアルヴェン波がコロナホールの太陽風加速・コロナ加熱のための十分なエネルギーフラックスをコロナへ輸送していることを初めて観測的に実証しました。

私の発表は現地時間の 25 日午後一つ目のセッションに行われました。本発表のセッション前後や発表後の質疑応答において、太陽大気中の波動についての理論・観測研究が盛んなイギリスのノーザンブリア大学、アルヴェン波による太陽風形成の数値計算についての研究が盛んなベルギーのルーベン・カトリック大学、「IRIS」衛星の開発母体であるロッキード・マーティン太陽物理学研究所 (以下、LMSAL) などの研究者の方々と活発な議論をすることができました。特に、ノーザンブリア大学の Richard Morton 氏と

James McLaughlin 氏からは、本研究で検出した遷移層で反射される前のアルヴェン波の速度振幅と、SDO 衛星のコロナの撮像観測で計測できる、遷移層を通り抜けてコロナへ伝播した後の波動の速度振幅を、周波数に関して比較することで、遷移層での波動の反射率についてより詳細に知れるのではないかというご助言をいただきました。また、SDO 衛星のコロナの撮像観測で波動を自動で検出する際に彼らが用いている NUWT(Northumbria University Wave Tracking) コードも提供していただき、投稿論文後の発展的な研究のための足がかりを築くことができました。さらに、LMSAL の Bart De Pontieu 氏とは、本研究で議論していた Si IV 輝線スペクトルの複数の視線方向速度成分の重ね合わせによる LOS 速度の過小評価について意見を交わすことができました。複数速度成分の重ね合わせが存在する場合はスペクトルがガウス関数的な形状から逸脱しますが、そのようなスペクトルを機械的に判断するため、まずはスペクトル形状の非対称性を指標として使うと分かりやすいのではないかと、というご助言をいただきました。

私が主に研究を進めている波動についての発表や、「ひので」・「IRIS」衛星に関連した発表以外にも、ここ数年で観測を本格的に開始し、多大な研究成果を出し始めている探査機「Solar Orbiter」や、口径 4m の太陽望遠鏡「DKIST」といった、日本の研究者の間ではまだ研究が進んでいない観測データを用いた発表も多く存在しました。そのため、ひとつひとつの講演が非常に刺激的で、自身の研究を進める上で視野が広がったと感じました。

私自身にとっても、国際学会における口頭発表を初めてするとともに、今まであまり議論をする機会のなかったイギリスの研究者の方と活発に議論ができた素晴らしい経験となりました。また、現在ノーザンブリア大学に在籍している国吉秀鷹氏には、海外での研究生活についての貴重な経験をお聞きするとともに、ノーザンブリア大学に所属している研究者の方とのコミュニケーションのきっかけ作りなどで手助けをしていただきました。改めて、ここに深く感謝の意を表します。最後になりますが、今回の渡航に際し多大な援助をしてくださった日本天文学会早川基金の関係者の皆さまには心からお礼申し上げます。本当にありがとうございました。