

# 日本天文学会早川幸男基金渡航報告書

2025 年 3 月 10 日採択

|             |                                                  |
|-------------|--------------------------------------------------|
| 申請者氏名       | 石神瞬 (会員番号 8114)                                  |
| 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 316          |
| 所属機関        | 総合研究大学院大学/国立天文台                                  |
| 職あるいは学年     | D3                                               |
| 任期 (再任昇格条件) |                                                  |
| 渡航目的        | 研究集会での口頭・ポスター発表                                  |
| 講演・観測・研究題目  | Study of heating mechanism of quiet region loops |
| 渡航先 (期間)    | イギリス (2025 年 6 月 15 日～6 月 28 日)                  |

2025 年 6 月 15 日–6 月 27 日にかけてイギリスのエディンバラ・ニューカッスル・ロンドンで研究会・学会に参加した。

本研究のテーマである太陽大気の温度は、熱源（約 1600 万 K）に近い太陽表面（光球）よりも、より上空に位置するコロナの方が高温である（光球: 6000 K、コロナ: 100 万 K 以上）。このようなコロナの高温状態を説明する加熱モデルは多く提案されてきたが、加熱機構の領域依存性などの詳細は解明されていない。

Ishigami+2024 では、18 の活動領域ループの長さに沿った電子温度分布  $T_e$ ・電子密度分布  $n_e$  を Hinode/EIS の分光観測データから導出し、加熱分布を推定した。コロナ底部の加熱率  $E_0$  とループ上方に沿って加熱スケール長  $s_H$  で減少する加熱率分布を仮定した定常加熱の数値計算からループに沿った  $T_e \cdot n_e$  が得られる。この計算から得た  $T_e \cdot n_e$  と輝線強度比を通して得た  $T_e \cdot n_e$  から、 $E_0$  と  $s_H$  をベイズ推定手法で推定した。その結果、活動領域ループでは下部に加熱が集中していることが示唆された ( $L_{\text{half}}=24\text{--}104$  Mm,  $s_H=4\text{--}22$  Mm:  $s_H/L_{\text{half}} \approx 0.2$ )。次に加熱分布をループ長に沿って積分して得られる加熱フラックス  $F_H$ 、加熱のエネルギー源である磁場強度  $B_{\text{base}}$ 、熱入力の空間スケールを決定するループ半長  $L_{\text{half}}$  の関係を  $F_H = \alpha B_{\text{base}}^\beta L_{\text{half}}^\lambda$  という冪乗関係で表し、 $\beta$  と  $\lambda$  の数値の違いから提案されているコロナ加熱機構を調査した。解析の結果、 $\beta = 1.04$ 、 $\lambda = -0.99$  が最も観測を説明し、不定性の範囲内でリコネクション加熱モデルを許容した。

さらに、より磁場の弱い静穏領域の小規模構造（静穏領域ループ:  $L_{\text{half}}=11\text{--}19$  Mm）に Ishigami+2024 の方法を適用し、活動領域ループと加熱過程が異なるか調査した。調査の結果、短い静穏領域ループの長さに沿ってほぼ一様な加熱分布が得られた ( $L_{\text{half}}=11\text{--}19$  Mm,  $s_H=20\text{--}90$  Mm:  $s_H/L_{\text{half}} \approx 6 \gg 1$ )。また、静穏領域ループ解析から得られた  $\beta \cdot \lambda$  の不定性は、解析サンプル数の少なさから活動領域ループから導出されたものよりも大きく、複数の加熱機構を許容した。仮に両方の指数を満たすリコネクション加熱モデルでループが加熱される場合、周囲に他の磁気構造が少ない静穏領域に位置するループの加熱分布は、長さに沿って一様に起きるコンポーネントリコネクションによってもたらされると考えることができる。一方、周囲に他の磁気構造が多く存在する活動領域に位置す

るループの加熱分布は、ループ下部における小規模磁気構造とのリコネクションと、コンポーネントリコネクションとの組み合わせによってもたらされることが考えることができる。

エディンバラでは“Solar Atmospheric Abundances in Space and Time”という研究会に参加した。この研究会では太陽の元素組成を主題とし、議論が行われた。特に注目されていたのはFIP バイアス（第一イオン化ポテンシャルの低い元素の組成と高い元素の組成の比が、光球よりもコロナの方で高いという現象）である。P. Testa は、FIP バイアスが活動領域の中でも中心部とその外側の領域で異なることを示した。私は、領域ごとの加熱過程の違いについて調査しているため、何がこの差を生み出しているのかについて質問した。まだ明確な原因はわかっていないようだが、ループの加熱が光球元素のコロナへの輸送に影響するため、領域ごとの加熱過程の違いが、このようなFIPの違いが生む可能性があるとの回答を得た。

ニューカッスルではノーザンブリア大学で“Spectroscopic Study of Heating Distributions and Mechanisms Using Hinode/EIS”というタイトルでIshigami+2024の結果と、現在進めている研究成果についての講演を行った。P. Antolinからは、ループ下部に集中した加熱によって生じる非熱平衡状態の可能性や、ループ中の温度分布とフィリングファクタの関係について指摘いただいた。これらについては詳細に検討していなかったため、博士論文にまとめるにあたって調査する必要がある。また、J. Reepからは活動領域中心部に存在する2 MK以上の温度をもつ短いループ（Hot loop）の加熱スケール長はどうなっているのかという質問を受けた。以前、3 MK程度のプラズマに温度感度のある輝線を使い、Hot loopの電子密度分布がその長さに沿って一様な加熱分布で説明できることは確認していたが、温度分布も含めたより詳細な調査が必要であることを再認識した。

ロンドンでは“Hinode 18-IRIS 16 Meeting”に参加し、“Study of heating mechanism of quiet region loops”というタイトルで現在進めている研究成果についてポスター発表を行った。W. Barnesのモデル計算では、ループに沿った電子密度が私の結果と比較すると1桁程度低く、興味を持っていただいた。彼の計算では長い半長のループかつ短い加熱スケール長（ $L_{\text{half}}=300$  Mm に対し  $s_H=3$  Mm）の場合を考えており、本研究との違いに繋がっている可能性がある。

このように多くの質問・コメントをいただき、海外の研究者と意見交換できた。これらは、今後博士論文をまとめる上で大変価値のある収穫であった。今回の渡航に際して、多大な援助をいただいた日本天文学会早川幸男基金および関係者の皆さまに厚く御礼申し上げます。ありがとうございました。