

## 論文審査の結果の要旨

氏名 北川 直優

本論文は、八章からなる。

第一章は、本論文が主眼とする、太陽活動領域の周縁部における定常的な上昇流(活動領域アウトフロー)についてのこれまでの研究を紹介している。活動領域アウトフローは、太陽観測衛星「ひので」に搭載された極端紫外線撮像分光装置(EUV Imaging Spectrometer: EIS)や X 線望遠鏡によって発見されたものである。このコロナ下部からの上昇流は、コロナの低高度側にある遷移層が急激に加熱されて圧力が高まり発生したものである、もしくは、低速太陽風の源である、と示唆されてきた。つまり、活動領域への遷移層からプラズマ供給や活動領域から太陽圏へのプラズマ放出に関連しており、太陽物理、太陽圏物理においても重要な現象である。しかしこれまでは、EIS データ解析におけるドップラー速度導出法や輝線プロファイル・フィッティング手法の任意性があり、活動領域アウトフローの駆動メカニズムを観測的に論じることは難しい状況であった。これに対し、EIS データからドップラー速度をこれまでにない精度で決定する手法を開発し、遷移層~コロナにわたる広い高度(すなわち温度)範囲におけるアウトフロー領域のドップラー速度を求め、アウトフローにおける電子密度を求め、それら決定された物理量に基づいてアウトフローがどのように活動領域のプラズマの供給・消失に寄与するのかを理解する、というのが本論文の独特の着眼点であると述べられている。

第二章は、太陽の分光スペクトルにおいて極紫外域に高階度電離イオンからの輝線が多数存在すること、それらの輝線が遷移層やコロナにおいてどのように形成されるかということが述べられている。さらに、使用したデータの源となった「ひので」の装置概要、特に EIS の観測性能について説明している。

第三章は、静穏領域におけるドップラー速度の求め方を説明している。これまでの SoHO 衛星などの先行研究の結果、遷移層上部より低い高度での空間平均ドップラー速度が  $10 \text{ km s}^{-1}$  程度の下降流を示すことは知られていたが、より高高度のコロナに関しては未知であった。太陽面で子午線上を南北極域までカバーする EIS の分光データを用いて、遷移層~コロナの広い高度(温度)範囲における輝線について解析して得られた結果は、遷移層温度においては先行研究の結果と整合的であり、またコロナにおいては  $5 \text{ km s}^{-1}$  程度の上昇流を示すという新しい知見をもたらしたことが述べられている。また、ここで確立された新しい手法が第4章の基盤となっている。

第四章は、アウトフロー領域において、遷移層~コロナにわたる広い高度範囲でのドップラー速度を調べた結果を述べている。活動領域アウトフローを主に構成するプラズマの温度が100-200万度であることがこれまでに知られていたが、本研究により、より低高度、低温の遷移層においてもコロナに比べると低速の上昇流が存在するという新しい知見がもたらされている。また、アウトフロー領域の近傍に存在するため、これまで混同されることのあったコロナの構造(ファンループ)との識別が、遷移層輝線のドップラーシフトに調べることで可能であることが示されている。

第五章は、Fe XIV というひとつのイオン状態から放射される二つの輝線を用いて活動領域アウトフローの密度を調べた結果を述べている。この二輝線は同じ流速と温度をもつひとつのイオン状態から放射されるため、同じドップラー速度・ドップラー幅をもつ。本研究では、この条件でフィッティングパラメータを制限することで、活動領域アウトフローの電子密度を初めて導出している。その結果、ある注目した活動領域の東西に存在するアウトフローにおいて、上昇流の密度が東西の領域で大きく異なるという

新しい知見がもたらされた。

第六章では、電子密度診断において、フィッティングに依らない新しい手法を提案している。輝線プロファイルをフィッティングするのではなく、ドップラー速度の情報が畳み込まれたまま、電子密度を波長の関数として導出することにより、第五章で得られたアウトフロー密度についての新しい結果が、新しい手法によっても確認されたことが述べられている。

第七章は、さきの四つの章において得られた結果が、活動領域アウトフローの空間構造や駆動メカニズムにどのような示唆を与えるのかを議論している。これまで活動領域アウトフローと混同されることのある近傍のファンループを識別することで、両者は別の磁力線により形成されている可能性が高いことを示唆した。また、得られたアウトフローの速度や密度から遷移層における強い急激な加熱がアウトフローの原因ではないことを示した。また、ある活動領域の西側のアウトフローは活動領域からのプラズマの消失に寄与しているが、東側では、アウトフロー領域が活動領域を形成するコロナループの足元部分に対応し、活動領域へのプラズマ供給に寄与しているという可能性を議論している。

第八章は、結論を述べている。本論文は、太陽面で子午線上を南北方向にカバーする分光スキャンを用いることで、これまで困難であったドップラー速度の正確な決定を可能にし、遷移層～コロナにわたる広い高度(温度)範囲でアウトフローのドップラー速度を調べ、アウトフロー領域においてはコロナだけではなく遷移層高度でもプラズマが上昇しているという新しい知見をもたらした。また、活動領域アウトフローの密度を初めて導出し、活動領域の東西においてアウトフローの特徴が大きく異なることを観測的に示した。これらの観測結果に基づいて本論文が提唱する新しい描像は、活動領域アウトフローが活動領域プラズマの供給・消失の両方に寄与している、というものであり、太陽物理、太陽圏物理の進展に寄与するものであると判断する。

これら新しい知見を得るに至った解析は論文提出者が主体となって行っている。したがって、博士(理学)の学位を授与できると認める。