

論文審査の結果の要旨

氏名 長谷川 隆 祥

太陽彩層の観測的プラズマ診断は、宇宙空間物理学分野の重要問題のひとつであるコロナ加熱の解明に必要なエネルギー輸送の情報をもたらす。彩層診断では一般に、可視光紫外域の原子遷移線放射を用いて、光学的深さの異なる太陽大気中位置での運動やプラズマ状態を調べる。しかし一方で彩層は、力学的・運動学的に複雑なだけでなく、非局所平衡な電離・励起・熱力学状態なので、輻射輸送の解釈が容易ではない。そのため、これまでも様々な輻射診断が行われてきたが、彩層全域をくまなく調べるには至っておらず、いまだに全容が解明したとはいえない。本論文の研究では、水素のライマン (Lyman) 系列の輝線、特に $Ly\beta$ 線に新たに着目した。太陽大気の経験的平板モデルと電磁流体シミュレーション結果それぞれを用いた仮想観測を実施して、 $Ly\beta$ 線の診断性能を見極めたうえで、実際の観測データの解析も行っている。本論文は、7章で構成されている。

第1章は序章であり、先行研究のレビューと研究目的が述べられている。太陽大気とその加熱問題の概略に加え、そこでの彩層診断の位置づけが述べられている。さらに水素ライマン系列輝線について、その輻射物理過程と、関連する先行研究が説明されているが、太陽大気との対応解釈が十分でないことも主張されている。これを踏まえて本論文の研究目的が、ライマン系列輝線の診断性能の見極め、特に $Ly\beta$ 線輪郭の波長非対称性と太陽大気物理量との対応関係の解明である、と述べられている。

第2章では、まず簡単な経験的平板太陽大気モデルを主に用いて、 $Ly\beta$ 線の仮想観測を行った。輝線中心部が上部彩層 (温度 23000K の層) の速度・電子密度や構造の情報を持つことと、輝線ウィング部がやや低層の中上部彩層での擾乱に敏感なことを明らかにした。

第3章が本研究の結果の主要部である。太陽大気を模した現実的な輻射電磁流体シミュレーション結果のデータを用いて仮想観測を行い、 $Ly\beta$ 線について詳しく調べた。特に、波長非対称性などの輝線輪郭の特徴と、大気物理量である温度や速度分布との対応を詳しく調べた。大気を見下ろす 2次元画像の各点から得られる輝線輪郭を分類して以下の結果を得た。(1) $Ly\beta$ 線輪郭が、単一ピーク形状の場合は遷移層温度勾配が急で彩層の高度幅が狭く、いっぽう、輝線中心部凹形状の場合はなだらかで広い。(2) 輝線中心部凹形状で、短波長側ピークが長波長側より強いときは、中上部彩層での速度勾配が正 (上空ほどより速い下降) であり、弱いときは負である。(3) 輝線ウィング部の明るさが周囲より強い箇所が画像内にあったがそれは彩層底部での温度上昇と対応していた。これらに加え、輝線中心部凹みが深い輪郭の輻射が、磁気ループの頂上付近に局在分布していた。

第4章では、3章の分類法を、実際の SoHO 衛星 SUMER 望遠鏡の観測データに適用した。輝線中心部凹みが深い輪郭の輻射が、磁極周縁部、特に正負極の境界付近に位置している

ことが確かめられた。第 5 章では、Ly β 線に Ly α 線を合わせて比較解析することで、下降速度最大となる高さが推測できることを示した。

第 6 章では、研究全体をふまえた議論が展開されている。特に本研究で可能になった Ly β 線による診断から示唆される速度構造が、他の紫外線輝線を用いた先行研究の結果と必ずしも整合的でないことを述べ、その原因を考察しており、将来の高分解能分光観測への期待で結んでいる。第 7 章では、本研究の結論が簡潔にまとめられている。

以上のように、本研究は、ライマン輝線系列診断が、太陽彩層プラズマダイナミクスを理解するうえで最も大事な、速度分布の情報を引き出すことができることを示した。この診断についての知見は、宇宙ミッションにより展開する今後の太陽物理学研究にとって、重要な成果であると評価できる。

なお、本論文は全体を通じて、指導教員である清水敏文教授他との共同研究の部分があるが、論文提出者が主体となって研究を行っており、本人の寄与が十分であると考えられる。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。