

氏 名	武 田 秋
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 2179 号
学位授与の日付	平成 12 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 宇 宙 物 理 学 専 攻
学位論文題目	太陽コロナの温度・密度構造について ——皆既日食観測より導かれる新たな描像——

論文調査委員 (主 査) 教 授 黒 河 宏 企 教 授 齋 藤 衛 教 授 柴 田 一 成

論 文 内 容 の 要 旨

太陽のコロナ加熱の問題、即ち「6000 度の太陽表面の外側になぜ百万度を越える高温コロナが広がっているのか」という問題は、太陽型恒星活動の研究にとって基本的な重要課題の一つである。1960 年代には、対流層で励起された音波がコロナ中で衝撃波化して加熱するという「音波衝撃波説」が有力とされていたが、その後の観測技術の進歩によって、太陽磁場こそが本質的な役割を演じていることが明らかになってきている。この為、太陽磁場が支配しているコロナ中の微細構造の観測が重要となっている。

コロナ観測の難しさは、可視光では 100 万倍も明るい太陽本体(光球)の光を取り除く必要があるということであり、皆既日食観測がコロナの高精度観測に欠かせないのはこの為である。

本論文は、1991 年メキシコ日食で京大観測隊によって撮影された高分解のコロナ単色像を詳細に解析したものであり、これによって活動領域コロナの三次元温度密度構造を導出することに成功したものである。用いた観測データは、200 万度プラズマの指標である FeXIV イオンから放出される 530.3 nm 輝線、100 万度プラズマの指標である FeX 637.4 nm 輝線、及び温度に依らない密度の指標である 610 nm 連続光等で撮影された、高空間分解単色像である。これらは写真フィルムによって撮影されたものであったので、マイクロデンシトメータによるデジタル化や絶対強度への変換等の測光処理が注意深く行われている。又、写真フィルムの持つ広い視野にわたる高空間分解の画像情報を損なうことなく、膨大なデータを計算機上で解析する新たなソフトの開発に新しい工夫が成されている。

本論文は、まずコロナの基本構造はループであるという観点に立って、ループ構造に着目した解析を行っている。OMC (Octo-directional Maxima of Convexities) アルゴリズムを適用することにより抽出された、530.3 nm と 637.4 nm の輝線ループと連続光のループに対して、それらの軸位置の重なり具合を数値的に評価している。その結果、530.3 nm と 637.4 nm のループ構造の重なり具合は極めて低く、両者が極めて排他的な位置関係にあることを初めて定量的に示すことに成功している。また、これまでの定説に反して、637.4 nm のループも連続光成分に対して重要な寄与をしていることを見い出している。更に、個別の輝線ループに対する電子密度の解析からは、両輝線のループ密度はほぼ同様の値を示しており、530.3 nm ループが 630.4 nm ループより数倍高密であるというような過去の文献で報告されてきた大きな差異はないという結果を得ている。

また、個別に求めた輝線ループの柱密度を同じ場所の連続強度から得られる全柱密度と比較することから、両輝線とも、前者は後者の 15% 以下でしかないことが明らかになったので、本論文では次に、目に見えるループ以外の diffuse なプラズマ成分が、全柱密度へどの程度寄与しているかを定量的に評価している。その結果、解析した領域の柱密度のほとんどは、ループの 1/3 程度の密度を持った、200 万度の diffuse なプラズマ成分によって占められており、100 万度の成分はほとんどループに集中しているという描像を得ている。

以上の解析結果から、本論文は、安定的な活動領域コロナの温度として、100 万度から 200 万度が支配的であり、最近太陽

X線観測衛星 Yohkoh の軟 X 線望遠鏡で得られた 300 万度から 500 万度の高温プラズマについては、支配的な成分ではないと結論している。

論文審査の結果の要旨

太陽コロナを 100 万度以上に加熱するメカニズムについて、これまで多くの研究が成されてきているが、最近の観測から、太陽磁場こそがコロナ加熱に本質的な役割を演じていることが明らかになってきている。この為、太陽磁場が支配しているコロナ中の微細構造の観測が重要となっている。

本論文は、1991 年 7 月 11 日のメキシコ皆既日食で、京大観測隊が撮影した高空間分解のコロナ単色像を詳細に解析したものであり、これによってコロナの微細ループ構造の温度密度特性を調べるとともに、それ以外の背景成分をも含めたコロナの三次元温度密度構造を導出することに成功している。

本論文では、200 万度のコロナプラズマから放出される FeXIV イオン 530.3 nm 輝線、100 万度の FeX 637.4 nm 輝線、及びコロナ電子の光球光散乱 (Thomson 散乱) による 610.0 nm 連続光のコロナ単色像を互いに詳細に比較することによって、次の新しい結果を得ている。

まずこれら三種類の単色像に OMC (Octo-directional Maxima of Convexities) アルゴリズムと呼ばれる画像処理法を適用して、コロナループ構造を浮き上がらせることに成功し、三種類の単色像上に見られるループ相互位置関係を統計的に調べた結果、(1) 200 万度ループと 100 万度ループは互いに近くに存在するが、重なり合うものはほとんど無く、互いに排他的であることを定量的に示した。この事実は以前から指摘されていたが、統計的に定量化して明確に示したのは初めてである。又、(2) ほとんどの連続光ループに対して 530.3 nm 輝線ループと 630.4 nm 輝線ループのどちらかが位置的に対応していることを見出した。従来、連続光の構造は 530.3 nm 輝線構造と良い相関を示すことは知られていたが、637.4 nm 輝線ループも連続光放射に重要な寄与をしていることを明確に示したのはこれが初めてである。

更に本論文は、530.3 nm 輝線放射と 637.4 nm 輝線放射からそれぞれのループの電子密度を求めるとともに、ループに分解されていないコロナ背景成分 (diffuse 成分) の奥行きと電子密度の定量的な評価を行って、(3) 両輝線から求めた電子柱密度の合計が、連続光から求められる電子柱密度と良く一致する解が存在することを示した。この結果は、活動領域上の定常的なコロナプラズマの主たる成分は、100 万度から 200 万度近辺の温度を持っていることを示すものである。

最近、太陽 X 線観測衛星 Yohkoh の軟 X 線望遠鏡による観測から、300 万度から 500 万度にいたる高温コロナループの存在が発表されて以来、活動域コロナループの温度構造について、多くの議論が成されているが、本論文は上に述べたように、高精度の解析手法を用いて、これまでにない高空間分解の皆既日食コロナ画像を解析して、コロナループの微細温度密度構造について、従来より信頼できる重要な新しい知見を与えるとともに、定常的な活動領域コロナの温度は、最近の軟 X 線観測から得られている程高温ではなく、100 万度から 200 万度近辺の温度が支配的であることを明確に示したことは、コロナ加熱機構を考える上でも基本的な物理量を与えたものであり、高く評価される。

よって、本申請論文は博士 (理学) の学位論文として十分に価値あるものと認められる。

なお、主論文に報告されている研究業績を中心として、これに関連した研究分野について、平成 12 年 1 月 21 日に試問を行った結果、合格と認めた。