

論文審査の結果の要旨

氏名 阪本康史

本論文は4章からなる。第1章は本研究の背景と目的を述べた導入部で、温度が6千度の太陽表面の上空に、数百万度に達する高温のコロナがどのようにして形成されるか、という「コロナ加熱問題」の提起、その主たる解釈である「波動加熱説」と「ナノフレア加熱説」の紹介、本研究で用いている「ようこう」衛星軟 X 線望遠鏡 (SXT) とアメリカの TRACE 衛星のデータの簡単な説明がなされている。

第2章は「SXT ループと TRACE ループの空間的・時間的な関係」と題され、コロナの中でも比較的高温 (2 百万度以上) のプラズマの発する X 線に感度がある「ようこう」SXT と、比較的低温 (百万度) のプラズマの発する極紫外線に感度がある TRACE 衛星の望遠鏡によって、観測されるコロナループにどのような関係があるかを調べている。解析は4つの活動領域についてなされた。SXT ループに比べて、TRACE ループには低空を這うようなものがある一方、高い高度では SXT ループと TRACE ループが隣り合っている場合があるなど、これだけでは定量化が難しい。そこで SXT ループと TRACE ループの対応する点での輝度の相関図を作ると、ある SXT 輝度に対して TRACE 輝度には下限があることがわかった。(一方、ある TRACE 輝度に対して SXT 輝度には下限がなく感度限界値まで分布する。) この結果は、SXT ループが多く細かいループで構成され、それらは加熱されて X 線を放射した後必ず冷えて TRACE ループとして極紫外線を放射する、と考えれば説明できる。SXT ループが2百万度以上のプラズマで一様にかつ常に満たされていけばこうはならないはずである。SXT と TRACE の輝度変化の時間差も、相関解析により TRACE が SXT の光度変化より1~2時間遅れることが有意に検出され、この仮説を裏付けている。

第3章では「X 線・極紫外線光度揺らぎの定量解析」を行い、微小な爆発現象の重畳を示唆する、光子雑音を越える輝度の揺らぎの検出を試みている。解析の結果、TRACE ループでは光子雑音より十分大きい極紫外光の揺らぎが検出された。SXT ループでは揺らぎは光子雑音と同程度だが、TRACE の場合と同じく、揺らぎの大きさが平均輝度に比例して増加するという傾向を示すことから、光子雑音を越える揺らぎが検出できていると考えられる。平均輝度も揺らぎもすべて微小爆発 (ナノフレア) によると仮定すれば、SXT ループを加熱するようなナノフレアのエネルギーは 10^{25} erg 程度、TRACE ループを加熱するようなナノフレア (高温の SXT ループを作れない) のエネルギーは 10^{23} erg と見積もられた。(もともナノフレアという名前は、最大級のフレアのエネルギー 10^{32} erg に比べて 10^9 程度

のものを想定したところから来ている。) 揺らぎと平均輝度の比例係数は SXT、TRACE とほぼ同じであり、従ってナノフレアの発生頻度も両者同じでループ一本あたり毎秒 20～30 イベントと推定された。

第4章は「ナノフレア加熱モデルと観測との比較」で、簡単なモデルと数値計算によりナノフレアの物理パラメータについての情報を得ようとしたものである。ナノフレアで加熱されたループでは必ずプラズマの圧力が磁気圧と釣り合うまで上昇すると仮定すると、ナノフレアの特徴は4つのパラメータで決まる。それらはループの長さ、エネルギー注入率、個々のナノフレアのエネルギー、そして磁場強度である。モンテカルロ法によるシミュレーションと定性的議論の両方により、SXT ループと TRACE ループの特徴的パラメータを絞り込むことができ、その結果両者の差を作っているものは主に磁場強度であることがわかった。今回の解析例では、SXT ループは典型的には 40 ガウス程度の、コロナとしては比較的磁場の強い部分で発生し、TRACE ループは 10 ガウス程度の、より弱い磁場の領域で特徴づけられる。定性的には、磁場の弱いところでエネルギー解放が起こると、磁気ループが膨張してしまい高温になれない、と解釈できる。

以上、本論文は「ようこう」SXT と TRACE 衛星の観測結果から、太陽コロナのナノフレア加熱説についてこれまで知られていなかった情報を引き出し、ナノフレアの本質に迫った重要な研究である。なお、本論文第3・4章は、常田佐久、Gregory Vekstein との共同研究であるが、論文提出者が主体となって解析・考察を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。従って、博士（理学）の学位を授与できると認める。