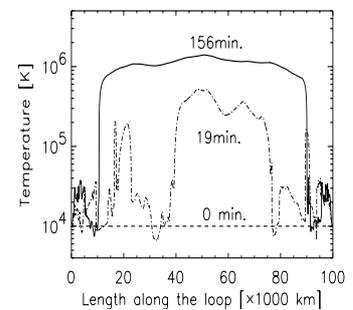


(18) コロナループの Alfvén Wave 加熱

太陽コロナは数 100 万度にも達する高温プラズマで、光球に比べ 2 桁も高いこの高温を実現する加熱のメカニズムが太陽物理学の大きな謎となっています。また、コロナは磁気圧優勢のプラズマであることが知られているので、加熱は磁場と関連しているはずで、そこで現在有力な考え方として、磁場を伝わる波動、Alfvén wave によってエネルギーをコロナへ運ぶ [Alfvén wave 説]、小さなフレア (磁場のつなぎかえで起きるエネルギー解放現象) が頻繁に起こることでコロナを加熱する [微小フレア説] の 2 つがあります。

ところで、最近の研究、Kudoh&Shibata(1999)によると、光球上のランダムな $\sim 1\text{km/s}$ の運動が、光球からコロナへと抜ける磁束管の足下を擦ることで torsional Alfvén wave を発生させれば、静穏コロナを加熱させるのに十分なエネルギーが Alfvén wave によってコロナに伝えられることがわかりました。そこで今回、Alfvén wave によるコロナ加熱を実現すべく、Kudoh&Shibata(1999)と同様の手法を 10 万 km の浮上磁気ループに応用し、それに放射冷却、熱伝導も加えた 1.5 次元 MHD シミュレーションを行いました。

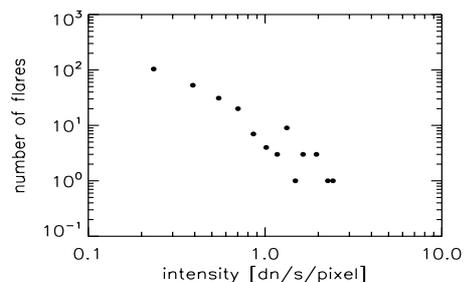
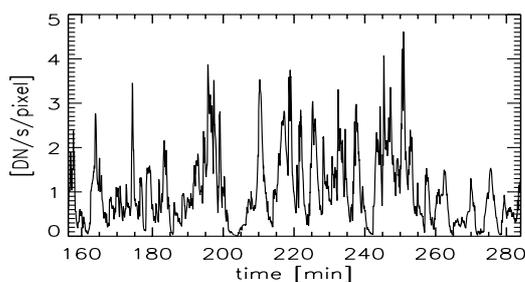
その結果、初期に 1 万度であったプラズマを 100 万度以上の温度まで加熱することに成功しました (右図)。加熱の仕組みは、torsional Alfvén wave (非圧縮の横波) の非線型効果によって圧縮波 (縦波) が励起され、shock wave に成長し、その shock heating で加熱するというもので、shock wave はループの両側から絶えず伝播して断続的にプラズマを加熱し、それと熱伝導、放射冷却がつりあって準定常状態が得られました。



さらに、このシミュレーション結果を TRACE の 171\AA フィルターで観るとどのように観測されるか計算すると、コロナループの頂上について、shock による断続的な加熱を反映する激しい時間変動を示しました (下左図)。これはまるで小さなフレアが頻発しているかのような振る舞いで、この増光の統計をとってみると、その規模と数とが、power-law 型の分布を示し (下右図)、まさにフレアが従っている頻度分布と同様のものです。

微小フレア説は現在、観測されるフレア全てを足し合わせてもコロナを加熱するエネルギーに足りないことから、さらに小さな、今の観測機器では見つからないくらいのフレアを想定する段階にあります。本研究によれば、将来そのようなフレアが観測されても、もはや Alfvén wave 加熱と区別することができないこととなります。

今回、Alfvén wave による加熱に成功しましたが、このモデルが正しいか判断するには、次世代のさらなる高精度な観測 (Solar-B) による Alfvén wave の直接検出等が待たれます。



(森安 聡嗣 記)