

太陽フレアの速いエネルギー解放はいかにして起きるのか？

高棹真介（京都大学宇宙物理学教室）

1 太陽フレアの未解決問題

太陽表面での最大の爆発現象である太陽フレアは長年研究されてきた。これまでの研究によって、太陽フレアは磁気リコネクションと呼ばれる磁場のエネルギー解放機構によって急速に磁場のエネルギーを熱や運動エネルギーに変換しているとわかってきた。しかし、磁気エネルギーが単純にジュール散逸のような拡散過程のみで解放されると考えてしまうと、その時間スケールは数十万年になってしまう。これでは数分から数時間という実際のフレア的时间スケールを全く説明できない。したがって、そのような散逸過程だけではなくプラズマの流れ（衝撃波など）も同時に考えて、磁気エネルギー解放機構を理解をしていく必要がある。

速い磁気リコネクションを実現するには、1. 急速に磁気エネルギーをリコネクション領域に運び、2. そのエネルギーを解放する必要がある。しかしそれらの過程はほとんど理解されていなかった。そこで本研究では1に注目した。

理論的には電流シートが不安定化して形成するプラズモイド（磁氣的にまとまったプラズマの塊）が速いリコネクションに重要ではないかと言われている。それは、プラズモイドがシート内を動くとき局所的に速いフローを誘導するためである。これはシミュレーションなどでも指摘されているが、観測的にリコネクションの速さとプラズモイドの関係を調べた研究はこれまでなかった。

そこで本研究ではプラズモイドの出現とリコネクションの速さ（リコネクション領域に流入するフローの大きさ）の関係を観測的に調べた。

2 観測データ

Solar Dynamics Observatory / Atmospheric Imaging Assembly (SDO/AIA) の6波長の極端紫外線画像のデータを用いて、2010年8月18日に起きた太陽フレアの時間発展を追った。

3 フレア領域で見られた重要な特徴

フレアが発生したとき、全ての波長の画像にシート構造が出現した。高温（約10MK）プラズマの画像に注目すると、シート構造の下に高温ループが確認できたので、ループ上空でエネルギー解放が起きていることがわかる。また、シート構造から上下双方向にプラズマの流れが見られた。さらに、シート構造中でプロブ状の明るい構造が複数出現、合体している振る舞いを見せていた。

4 リコネクションの速さの観測的推定

リコネクションの速さはおおよそ、（リコネクション領域に流入する流れの速度）／（リコネクション領域から流出する流れの速度）でよく議論される。今回、リコネクション領域（シート構造）に向かう見かけの流れと、そこから流出する見かけの流れの速度を測定した。Chen et al. (2004) によれば極端紫外線で見える見かけの速度と実際のプラズマの速度は近いと考えてよいため、これらの見かけの速度を用いてリコネクションの速さを見積もった。その結果、リコネクションの速さはプロブ状の構造が出現した時は、プロブ状の構造が消えた時に比べて10倍速かったことがわかった。具体的には、リコネクション領域に向かう流れの速さが10倍速かった。

5 観測結果の解釈と速いエネルギー解放機構に対する考察

我々はシート構造は電流シート、シート内に出現したプロブ状の構造はプラズモイドであると解釈した。プラズモイドは互いに合体しやすい性質を持ち、かつその合体のプロセスではプラズマが加熱されるのだが、これはプロブ状の構造の観測的特徴と矛盾しない。プラズモイドが出現しているときにリコネクションは速かったことがわかったため、プラズモイドがリコネクションを速めている可能性を初めて定量的に観測から議論することができた。以上の結果は Takasao et al. (2012) として出版されている。