

太陽観測衛星 SDO の画像データを用いたフレアトリガ領域の 磁場構造可視化ツールの構築

Construction of visualization tool of magnetic field structure for flare trigger region using image data from the solar observation

1245034 赤松 直 (宇宙地球探査システム研究室)
(指導教員 山本 真行 教授)

1. 背景

太陽活動の源は太陽内部で生成された磁場であり、黒点はその磁場が太陽表面(光球面)に露出した場所(活動領域)である。太陽フレアはその黒点付近で発生する爆発現象で、その発生の予測には何がフレアをトリガするのかの理解が重要である。これまでの研究で、日本の太陽観測衛星「ひので」による詳細観測データを用いたフレア発生トリガメカニズムの解明に関する成果が挙げられた(Bamba, 2013)[1]。その後、米国 NASA の太陽観測衛星 SDO(Solar Dynamics Observatory)の広域観測データを用いた比較が行われ、SDO を用いてフレアトリガが検出可能であると示された(Bamba et al. 2014)[2]。

2. 目的

本研究では、太陽フレア発生の予測における活動領域の磁場構造を、SDO 観測データを用いて統計解析するために、フレア発生の前兆となる構造を可視化するツールの構築を目的とする。

3. 手法

黒点は N 極と S 極が対になって現れ、両者の境界線は磁気中性線と呼ばれる。Python を用いて、太陽面内の活動領域における磁気中性線を自動抽出可能なアルゴリズムを構築した。

3.1 3 値化画像処理

JSOC (Joint Science Operation Center) データベース上から Fits 形式で取得した SDO 衛星の HMI(磁場観測データ)画像ファイルを読み込み画像表示させる(図 1(a))。必要な情報を取り出し解析するため、元画像に格納されている磁場強度のピクセル値(±2000 の範囲)に対し、0 に近いしきい値 t を決め、 $\pm t$ を境に 3 つの値で置き直し 3 値化を行った(図 1(b))。

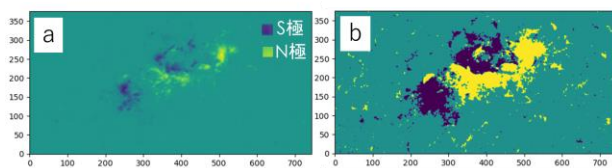


図 1 磁場強度の元画像(a)と $t=50$ の場合の 3 値化画像(b)

3.2 磁気中性線の可視化

次に 3 値化画像の黒点の両極を同色となるよう 2 値化し、磁気中性線を強調表示させる(図 2(a))。中性線のみを抽出するために膨張収縮処理をかけ(図 2(b))、2 値化画像との差分を取った(図 2(c))。さらにこの画像に OpenCV を用いて輪郭線抽出を行った(図 2(d))。

以上の過程によりフレアトリガとして注目すべき活動領域の主たる磁気中性線を可視化した。

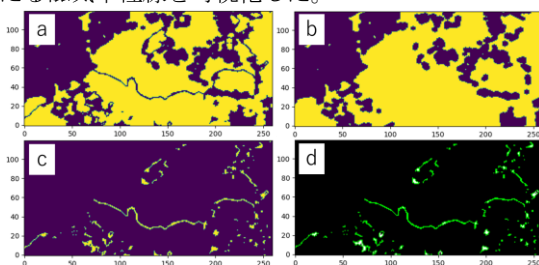


図 2 2 値化画像(a)、膨張収縮(b)、
上 2 枚の画像の差分(c)、輪郭線抽出(d)

4. 結果・考察

4.1 活動領域と磁気中性線の時系列変化

本研究で構築した手法で、2011 年 2 月 13 日に発生したフレアを表示させた(図 3(a, b, c))。フレアは図 3(c)中の赤枠部分で発生した。図 3(d, e, f)の中性線画像で、フレアに至るまでに中性線がはっきり表れ屈曲してくる様子がわかる。フレアの発生に至るには、ひとつなぎの長い中性線が観測できることが 1 つの指標になり、これを自動抽出できるツールがフレアのデータ分析に役立つ。

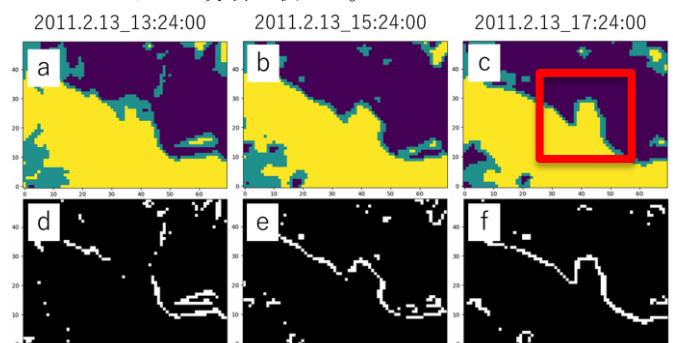


図 3 3 値化画像(上)とその時の中性線形成(下)の時系列変化

4.2 主たる磁気中性線の抽出

フレアは、主たる磁気中性線の上で発生する。活動領域においてフレアが起きるかどうかはこの中性線の形成が重要である。この中性線は図 2(右下)で検出した全ての輪郭線の中から、最も面積の大きな輪郭を取得し、図 4 のように表示できる。主たる中性線よりも大きな面積をもつ輪郭が同画像上に存在した場合、意図しない抽出が行われる可能性があり、中性線を確実に抽出する必要がある。

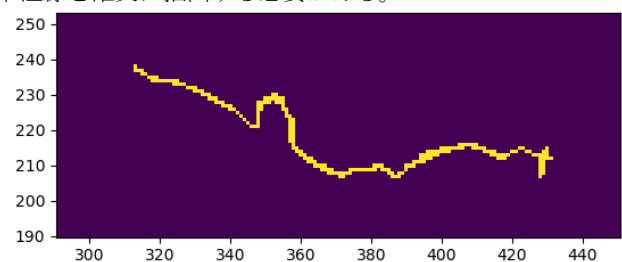


図 4 主たる中性線の抽出結果

5. 結論

本研究では、JSOC 上で作成した各 SDO 磁場(HMI)データにアクセス可能な URL を取得しておけば、データファイル群のダウンロードから磁場構造の可視化に必要な画像処理を行い動画ファイルにまとめる自動ツールを構築した。

参考文献

- [1]伴場由美, “太陽フレアのトリガ過程に関する観測的研究”, 平成 24 年度 名古屋大学 修士論文, 2013
[2]Bamba, Y., Kusano, K., Imada, S., & Iida, Y. “Comparison between Hinode/SOT and SDO/HMI, AIA data for the study of the solar flare trigger process”, PASJ, 66, SP1, Dec 2014, S16