

太陽フレア-コロナ質量放出の多層層格子電磁流体 シミュレーション

井上 諭(名古屋大学 宇宙地球環境研究所)

本研究では、多層格子法を実装した電磁流体力学(MHD)シミュレーションコードを用いて、太陽フレアの発生からコロナ質量放出(CME)につながる大規模な磁気フラックスロープ(捻れた磁力線群:図 1(c)参照)の噴出過程の再現を行った。初期条件は、太陽表面の観測磁場から上空の磁場をフォースフリー近似に基づいて数値的に外挿した 3 次元の磁場を与えた。太陽フレアは、活動領域の局所的な領域での磁場の不安定化、あるいは平衡条件の消失により発生すると考えられており、太陽フレアの発生機構から CME を駆動する大規模な磁気フラックスロープの放出過程を再現するには、多層格子が有力となる。本計算の特徴は、多層格子を用いることで、局所的な領域で起こるフレアの発生から、数太陽半径スケールの現象である CME までを捉えることである。

まず始めに、太陽サイクル 24 において最大のフレア(X9.3)を発生させた活動領域 12673 の磁場を初期条件として MHD 計算を実施した。図 1(a)は X2.2 フレアが発生する約 20 分前(X9.3 フレアが発生する約 3 時間 20 分前)の太陽表面観測磁場で、図 1(b)は太陽表面の観測磁場から数値的に外挿された 3 次元磁場である。用いた多層格子は 3 層で、それぞれ 256x256x256 の格子点で構成されており、840 コア用いて計算を実施した。その結果、図 1(a)と(b)の矢印で示した局所的な領域で、「磁気リコネクション」と呼ばれる磁力線の繋ぎかえ現象が起き、結果として大規模な磁気フラックスロープが形成されて放出される様子が再現された(図 1(c))。この計算では、磁気フラックスロープを 1 太陽半径弱まで追跡しており、CME を担うフラックスロープの形成過程の追跡に成功した。先行研究である Inoue et al. 2018 や Jiang et al. 2018 での追跡は半太陽半径にも及んでいない。また、磁気フラックスロープが噴出する過程で、足元が東側に広がる様子も再現され、この結果はフレアリボンが東側に広がる観測事実を説明しているのかもしれない。先行研究ではこの振る舞いも再現できておらず、計算領域を大きくとることの重要性を示した。今後は、どのような擾乱がフレアを発生させて CME へと成長させるのかなどを統計的にしらべる。さらに、領

域を拡大することで、観測と計算から得られた CME を比較することで、CME の 3 次元構造を明らかにする。

参考文献

[1] Inoue, S. Shiota, D., Bamba, Y. & Park, S-H. “Magnetohydrodynamic Modeling of a Solar Eruption Associated with an X9.3 Flare Observed in Active Region 12673”, *The Astrophysical Journal*, 867, 83

[2]Jiang, C, Zou, P., Feng, X., et al. “Magnetohydrodynamic Simulation of the X9.3 Flare on 2018 September 6: Evolving Magnetic Topology”, *The Astrophysical Journal*, 869, 13

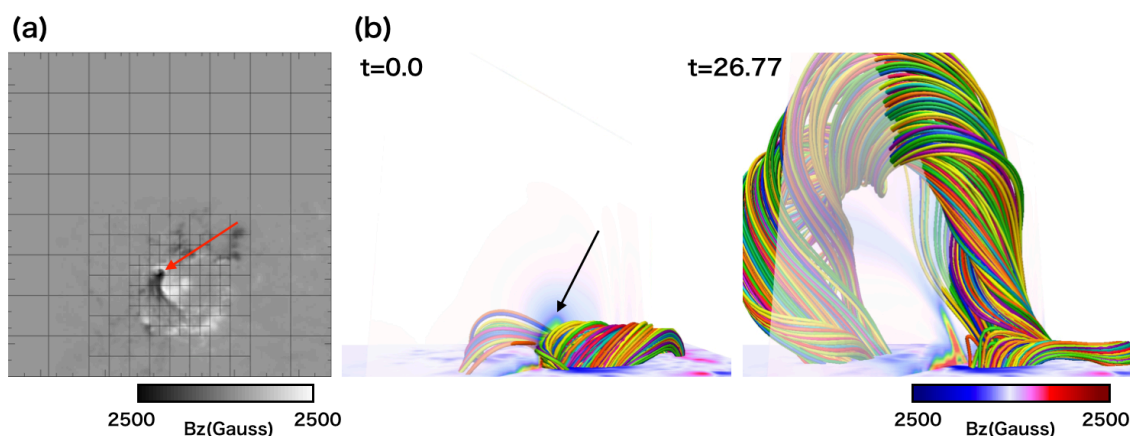


図 1(a)活動領域 12673 での太陽表面の磁場分布。白と黒は正極と負極の磁場を表している。これらの磁場の強い領域は「黒点」として観測されている。縦横の線で囲まれたブロックに計算格子(32×32)を包括しており、磁場の強い領域を細かく解像している。(b)太陽表面の磁場から数値的に外挿された 3 次元の磁場。線は磁力線を表している。巨大フレア(X2.2)が発生する 20 分前の観測磁場を用いた。矢印で示した箇所で、「磁気リコネクション」が発生しフレアを駆動する。(c)噴出する磁気フラックスロープ。CME へと成長することが期待される。