

## 太陽活動現象におけるフレアとCMEの関係性

皿海 翔大 (高1) 【武蔵高等学校】

### 要 旨

本研究では、フレアをベースに同一の磁気現象によって発生したフレアとCMEの対応関係を調査した。大規模で長寿命なフレアほどCMEを伴いやすく、両者のエネルギー間にはべき関係がみられ、一般的にCMEが卓越していることが判明した。また、CMEエネルギーはフレアピークフラックスによって上限がある可能性を示唆した。

#### 1. 背景・目的

太陽面での磁気エネルギーの解放現象として、主にフレアとコロナ質量放出(Coronal Mass Ejection; CME)が知られている。両現象で解放するエネルギー量は典型的には同程度であるとされているが、CMEを伴わないフレアやその逆も多い。両現象では引き起こす宇宙天気被害が異なり、その予測が求められている他、これらの現象を探索することによって恒星における磁気現象の解明へと繋がると思われる。

本研究は、アーカイブデータを組み合わせフレアとCMEのより詳細な関係を明らかにすることを目的とする。

#### 2. 方法

2006年11月から2024年12月に発生したC8クラス以上のフレアの時間及びフラックスをひのでフレアカタログ[1]より取り出し、それに伴って発生したと考えられるCMEの運動エネルギーをSOHOのCMEカタログ[2]から取り出して対応させた。同一現象であるかは時間とカタログの動画上での放出位置の一致から判断した。

フレアエネルギーは時間変化を線形に近似して求めた。近似は対数スケールでの傾向解析に支障はないと考える。

$$\text{フレアエネルギー(erg)} = \frac{1}{2} \times (\text{ピークフラックス(erg/s)}) \times (\text{フレア時間(s)}) \times \{4\pi \times (1\text{au/cm})^2\}$$

#### 3. 結果

##### 3-1. CMEを伴う割合

はじめに、フレア統計別にCMEを伴った割合を表にまとめた。ピークは黒点による輝度損失[3]が最大の月の前後6ヶ月とした。表aから時期別には統一的な傾向は見られず、表b, cから大規模で長寿命なフレアはCMEを伴う割合が高いことが判明した。

##### 3-2. フレアとCMEエネルギーの関係

次に、CMEを伴ったイベントについて、フレア各パラメータとCMEエネルギーを比較して図にまとめた。

図a, bのフレアピークフラックスと経過時間は、それぞれ図中の左上、右下の領域を制限しているようにみられた。

また、図cからフレアエネルギーとCMEエネルギーについて比較的良好な相関が認められて、両数の関係は比例関係より有意に急激に増大する、指数1.5ほどのべき関係であることが判明した。

#### 4. 議論

##### 4-1. CME発生率について

表aで時期別に統一的な傾向が見られなかったことは、24周期で南北半球のピークがずれた影響が考えられる。

また、表b, cから大規模で長寿命なフレアをつくる磁場の形状はCMEを発生させるものと類似していると考えられる。

##### 4-2. フレア-CMEエネルギーの関係について

CMEがエネルギー的に卓越するのは、磁気現象で放出される物質が大局的に効率よく加速されることを表していると考えられる。

べき関係は、フレアでは磁気再結合が局所的な一方、CMEではロープ全体が関与し、 $B^2L^3$ スケール則から、大きな活動領域でCMEに寄与するエネルギーが相対的に増加するためと考えられる。

##### 4-3. 制限領域について

図aのピークフラックスによる領域制限はフレアフラックスによる最大効率のCMEエネルギーへの変換を表していると考えられる。

他方、図bのフレア時間による制限は本研究でC8以上のイベントを扱ったことによるバイアスである可能性が高い。

#### 5. 結論

大規模で長寿命なフレアほどCMEを伴いやすく、CMEエネルギーは同一イベントのフレアエネルギーに対して有意に急激な増加(指数 $\approx 1.5$ のべき関係)を示すことを指摘し、その過程への考察を施した。また、フレアフラックスによってCMEエネルギーに制限がかかる可能性を示唆した。

謝辞：本研究は、ひのでフレアカタログ[1]、SOHO CMEカタログ[2]を使用して実施されました。

##### 主要参考文献

- [1] Hinode Flare Catalogue, [https://hinode.isee.nagoya-u.ac.jp/flare\\_catalogue/](https://hinode.isee.nagoya-u.ac.jp/flare_catalogue/), ISAS & ISEE (2025/12/25閲覧)。
- [2] SOHO CME Catalogue, [https://cdaw.gsfc.nasa.gov/CME\\_list/](https://cdaw.gsfc.nasa.gov/CME_list/), ESA & NASA (2025/12/25閲覧)。
- [3] 新黒点望遠鏡黒点面積データ, [https://solarwww.mtk.nao.ac.jp/jp/db\\_sunspot.html](https://solarwww.mtk.nao.ac.jp/jp/db_sunspot.html), NAOJ(2025/12/29閲覧)。
- [4] シリーズ現代の天文学10「太陽」, 桜井 隆ら, 日本評論社, 2018。

