

## 太陽フレアにおける加速電子の診断

### Diagnosis of accelerated electrons in solar flares

川手 朋子<sup>1\*</sup>, 浅井 歩<sup>2</sup>, 一本 潔<sup>1</sup>

Tomoko Kawate<sup>1\*</sup>, Ayumi Asai<sup>2</sup>, Kiyoshi Ichimoto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>京都大学附属花山・飛騨天文台, <sup>2</sup>国立天文台野辺山電波観測所

<sup>1</sup>Kwasan and Hida Observatory, Kyoto Univ., <sup>2</sup>Nobeyama Radio Observatory, NAOJ

太陽フレアは白色光の増光として初めて観測された1859年以來, 地上観測での可視光や電波, 飛翔体観測での紫外線やX線, ガンマ線まで様々な波長域で観測されてきた。しかし, ガンマ線増光までも発生させる, エネルギー解放に伴う粒子加速機構は未だ解明されておらず, 太陽フレア最大の謎と言われている。高エネルギー粒子の加速現象は太陽フレアのみならず宇宙空間での普遍的現象といってよい。従って太陽フレアにおける粒子加速機構の解明は太陽物理のみならず, より一般的な宇宙物理への詳細な加速メカニズムの議論へと拡張できると考えられる。その中でも太陽フレアは高エネルギー粒子の加速現象を多波長で, 高い空間・時間分解能で観測でき, さらに周囲の磁場構造を直接的に捕らえることの出来る唯一の現象である。太陽フレアには時間的に3つの段階があり, エネルギー解放の予兆のある段階, エネルギー解放の発生する段階, エネルギー解放により熱的な放射が現れる段階, それぞれpreflare phase, impulsive phase, gradual phaseと呼ばれる。preflare phaseでは, 様々なエネルギー解放のきっかけとなるケーススタディがなされている。impulsive phaseでは磁場のエネルギー解放により, 加速された電子は彩層で周囲の原子と衝突し制動放射による硬X線を発生, 一方イオンは彩層元素の原子核との衝突による蛍光ガンマ線輝線を発生する。同時に, 各粒子は彩層の原子を励起し, 熱的な放射が可視光や紫外線で観測される。また光速の1/3程度に加速された電子が磁場によりフレアループにトラップされ, 磁気ミラー効果によりフレアループを往復し続ける間, ジャイロシンクロトロン放射が電波で観測される。gradual phaseでは, 加速粒子などによって熱せられた彩層プラズマが蒸発してフレアループを覆い, 熱制動放射による軟X線を放射する。紫外線と電波領域の波長においても, その熱的な放射は観測される。その後, 次第に軟X線領域で放射していた電子は冷却して行き, 極紫外線, 可視光の輝線として観測される。極紫外線で観測される磁力線に沿ったループ構造をポストフレアループと呼ぶ。ポストフレアループと光球磁場構造により, フレアループの構造やそれぞれの波長の放射がどこからのものか知ることが可能である。以上のように観測に照らし合わせた大まかな粒子の運動論は整っている。しかし, 太陽フレアにおける粒子加速問題で未解決部分は多い。エネルギー解放の場所, 加速機構, エネルギー解放と加速粒子の得るエネルギーの割合, 最高エネルギー, 粒子のエネルギースペクトル, 加速の時間・空間スケール, 電子とイオンの加速状況の違いなどである。本研究では様々な波長での加速粒子の振る舞いについて多波長での観測, 主に非熱的な放射過程をもつ電波や硬X線の結果を用いた統計解析結果によって, 加速電子の数, ジャイロシンクロトロン放射における加速電子のピッチ角分布, エネルギー解放場所などを中心に議論する。データは, 野辺山電波ヘリオグラフ(17 GHz強度・偏波, 34GHz強度), RHESSI衛星(X線, ガンマ線), SOHO衛星(光球磁場・極紫外輝線), TRACE衛星(紫外線, 極紫外線)などを用いた。

キーワード:太陽フレア,粒子加速,電波放射,硬X線

Keywords: solar flare, particle acceleration, radio emission, hard X-ray