

# 論文審査の結果の要旨

氏名 松本 縁

本論文では、「ようこう」に搭載された硬 X 線望遠鏡(HXT)とガンマ線分光計(GRS)を用い、太陽フレアの硬 X 線像とガンマ線スペクトルのデータを同時に扱うことにより、太陽フレアにおけるガンマ線の放射のメカニズムを、世界で初めて空間的に研究している。

太陽フレアは、磁場エネルギーを爆発的に解放し、粒子を加速し、コロナプラズマを加熱して宇宙空間に噴出させる現象である。加速された電子はプラズマと衝突し、非熱的制動放射する一方で、加速された陽子や重元素はイオンと衝突して、ガンマ線ライン、中性子、パイメソン等を生成する。このように、太陽フレアは、電子やハドロンの加速が同時に観測できる、宇宙の中で稀な舞台である。

「ようこう」搭載のガンマ線分光計 (GRS) は、2組の BGO シンチレータを用い、0.3-100 MeV のガンマ線が検出可能である。論文提出者は、1997 年以降に 1 年ごとに行なわれている軌道上キャリブレーションデータを解析し、同時にガンマ線ラインの顕著な大フレアを用いることで、10 年でエネルギーゲインが低下した GRS 2 台の新しい Channel-Energy の関係を決定した。その上で、論文提出者は、「ようこう」打ち上げ後から現在まで過去 10 年間に起こった X 線フレアの中をサーチし、38 個のガンマ線フレアを見つけ、これらの統計的解析を行なった。まず、軟 X 線からガンマ線までの 7 つのエネルギーバンド毎のカウント数の相関が調べられ、これらガンマ線フレアの軟 X 線からガンマ線にわたる広帯域スペクトルには、軟 X 線領域の熱的成分、硬 X 線成分、ガンマ線成分の 3 成分が存在することが示唆されている。しかし、HXT による 30 keV 以上の硬 X 線は、ガンマ線とおおむね相関しており、論文提出者は、さらに、HXT の 30 keV 以上の画像解析を行い、ガンマ線放射の場所の同定を試みた。

論文提出者は、上記の 38 個のガンマ線フレアの中で一つ、X 線とガンマ線強度の時間変動が大きく異なる 1998-August-18 フレアに注目した。フレア時間の前半では硬 X 線のみが放射されており、途中からガンマ線が鋭く強く放射される。このフレアの HXT 画像から、ガンマ線ピークとともに光るループトップの領域が見つかった。そこで硬 X 線画像で定義したいくつかの領域ごとの明るさの時間変動を求めたところ、ループトップ領域の時間変動がガンマ線の鋭いピークをもっともよく反映しており、画像合成の際の洩れ込みを考慮しても有意な増光を示した。画像を、ループトップ領域と、フットポイント領域に、大き

く分け、2領域の HXT H バンドのライトカーブを求めた結果、フットポイント領域では gradual 成分が卓越するのに対し、ループトップ領域では impulsive 成分が有意に見られることがわかった。

ガンマ線 time profile から分離した impulsive 成分と gradual 成分についてスペクトルを調べたところ、前者は光子指数 1.4 とハードな、後者は指数 2.2 と比較的ソフトな放射とわかった。そこで先の HXT 画像から分離した、ループトップからの impulsive 成分とフットポイントからの gradual 成分の強度を、2つのガンマ線成分の強度と比較した。その結果、硬 X 線での2つの成分の強度はガンマ線の2成分を外挿したものとよく一致することがわかった。ループトップ領域からは impulsive な硬い放射が、フットポイント領域からは gradual な軟らかい放射が起こっていることが示唆される。

論文提出者は、1998-Aug-18 フレアの中で、ガンマ線放射が起きていない時でも、硬 X 線だけが強く増光する時があり、このときの硬 X 線は、光子指数 3.5 の steep なスペクトルを示すことを見出し、これを上の2成分に加えた、次のような3成分の解釈を提唱している。ループトップで衝撃加速された電子は、エネルギーの一部をループトップで放射し、これが impulsive な硬い放射に対応する。残りのエネルギーはフットポイントで放射されるが、制動放射の非等方性と光球での多数回のコンプトン散乱の結果、gradual な軟らかい放射として観測される。また、ループトップでの2次加速を受けずに、リコネクションポイントから直接落ちてきた電子が、フットポイントから硬 X 線のみの steep な放射を起こす。このように考えると、他の多くのフレアの硬 X 線からガンマ線にかけての挙動を、統一的に説明できる。

以上、論文提出者は、本論文において、太陽フレアにおけるガンマ線放射の場所を観測的にはじめて明らかにし、ガンマ線放射に寄与している粒子の加速の場所について新しい制限を加えることに成功した。これは、学位を受けるにふさわしい成果と判断される。本論文に示された観測的研究は、牧島一夫、小杉健郎との共同研究であるが、論文提出者が主体となって、データを解析し、考察を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。