

太陽フレアで発生するガンマ線と中性子

吉 森 正 人*

1. はじめに

太陽フレアは、黒点磁場に蓄積されたエネルギーが、短時間のうちに爆発的に解放される大規模な表面現象である。フレア時には磁気エネルギーの転化により、プラズマ粒子の加速や加熱がおこり、電磁放射や粒子放出といった高エネルギー現象が、太陽表面を舞台にして大々的に展開される。非熱的に加速された高エネルギー電子は、よく知られているようにシンクロトロン放射によりマイクロ波電波を、また制動放射によりX線をつくる。一方、高エネルギー陽子をはじめとするイオンは、原子核反応をおこしてガンマ線や中性子をつくる。加速された粒子は、太陽表面で種々の相互作用をおこして、二次的生成物をつくり出すだけでなく、さらにその一部は、直接に惑星間空間へ放出される。これら太陽表面でつくられた二次的生成物ならびに惑星間空間へ放出された高エネルギー粒子の観測を通して、フレア時における粒子加速のメカニズムや太陽大気中における相互作用を解明するための手掛りを得ることができる。特にガンマ線や中性子の研究は、イオンがどのようにして、どのようなタイム・スケールでそしてどこまで加速されたかを明らかにするための決め手を与えてくれる。

フレア粒子は、加速された太陽物質そのものであることから、そのエネルギースペクトルや化学組成の観測は、粒子加速に関する貴重なデータを提供するが、コロナや惑星間空間を伝播する間に複雑な変調をうけるために、加速過程における時間情報がわかりにくくなってしまいう欠点がある。一方、ガンマ線や中性子は、加速されたイオンの二次的生成物ではあるが、電氣的に中性であるためにフレア粒子のような伝播の影響をうけることがなく、粒子加速における時間情報をより正確に反映するという長所がある。

太陽フレアにともなって高エネルギー粒子が発生し、それらが地球にまでやってくることは、すでに 1940 年代に確認されていた。このような高エネルギー粒子が、太陽表面の原子核と衝突し核反応をおこせば、ガンマ線や中性子がつくられるであろうことは、十分に予想されることであった。1950 年代に入りピアマンらは、フレアからの中性子発生の可能性を指摘し、またモリソンは、生成されるガンマ線の強度を推定した。さらにその

後いくつかの計算がなされたが、ガンマ線および中性子生成について詳細な計算を展開したのは、リンゲンフェルターとラマティであった。彼らの計算によれば大フレアではガンマ線や中性子が大量につくられ、地球においても十分に検出できる可能性があることが指摘された。これらの計算結果に触発され、1960 年代末の太陽活動極大期には、日本をはじめアメリカやインドで太陽ガンマ線や中性子の気球観測がはじまり、パイオニア的な研究がなされた。特にガンマ線の観測に関しては、チャップらが OSO-7 にのせたガンマ線検出器により、1972 年 8 月の巨大フレアからのラインガンマ線をはじめはつきりと検出し、計算結果との比較検討がなされた。しかし中性子に関しては、強度が小さくまた検出方法のむづかしさもあり、上限値が与えられただけであった。その後太陽活動は、極小期へ向ったためにフレアの観測は、1980 年代はじめの次期極大期まで待たねばならなかった。

1980 年代はじめの太陽活動極大期には、前極大期の成果をふまえ、フレアからのX線およびガンマ線を本格的に観測する衛星が、アメリカと日本でそれぞれ打ち上げられた。アメリカは、1980 年 2 月に SMM (Solar Maximum Mission) を、また日本は 1 年後の 1981 年 2 月にひのとりを打ち上げた、これら 2 つの太陽フレア専門衛星の観測により、フレアで発生したX線の二次元像がはじめて得られ、またラインガンマ線が検出されたフレアも数 10 例にのぼり、さらに中性子がとらえられたフレアも少数例ではあるが見つかった。これらの観測の結果、フレアにおける粒子加速、ガンマ線および中性子の生成過程そしてガンマ線とフレア粒子との関係などが、種々の観点から広く議論され、フレア時におこる高エネルギー現象の解明は一段と進展した。

2. ガンマ線観測の現状

1980 年代はじめの太陽活動極大期には、衛星にのせた高性能の観測装置によって多数のフレアから豊富なガンマ線データが得られ、これまでの観測結果を追認しただけでなく、予想をこえるような新しい結果も見つかり、研究は急速に進んだといえよう。またいくつかのフレアではガンマ線だけでなく、X線、マイクロ波電波さらにはフレア粒子のデータも同時に得られ、それらの関連性も調べられるようになった。このようにしてフレア現象を広範囲にまた総合的に解明できるようになったこ

* 立教大 理 Masato Yoshimori: Gamma-Ray and Neutron Production in Solar Flares

とも大きな特徴である。以下にいくつかの興味ある問題点についてまとめてみる。

2.1 X線およびガンマ線放射のタイムプロフィール

フレアで放射されたX線やガンマ線放射のタイムプロフィールは、それらをつくる親の電子およびイオンの加速時間に関する情報を与えるものと考えられる。X線は電子の制動放射でつくられることから、X線のタイムプロフィールからフレア領域で電子がどのようなタイムスケールで加速されたかを推定することができる。一方、4~7 MeVのガンマ線は、主として ^{12}C および ^{16}O の励起状態から放出される4.44および6.14 MeVのラインガンマ線の寄与が大きいことから、イオンが10~100 MeV

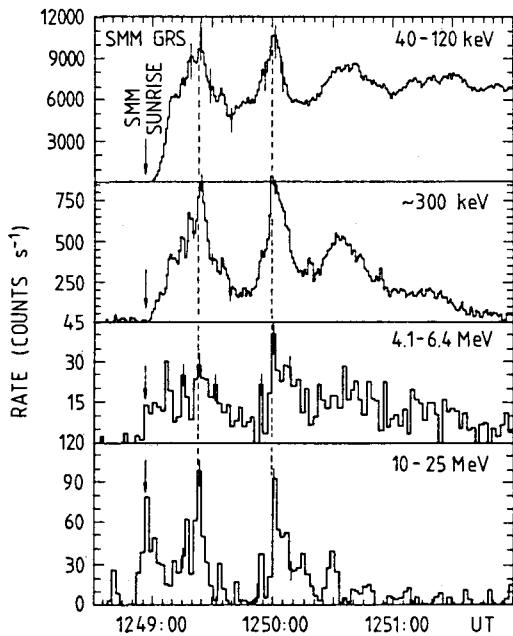


図1 1982年2月8日のインパルス型フレア (Kane et al., *Astrophys. J.* 300 (1986) L95.)

までどのようなタイムスケールで加速されたかを推定することができる。さらに10 MeV以上のガンマ線は、高エネルギー電子の制動放射や数100 MeV以上のイオンによって生成された中性パイ中間子の崩壊からつくられるもので、そのタイムプロフィールからフレアで最も高いエネルギーにまで加速された粒子のふるまいを知ることができる。

観測されたいくつかのフレアについてX線およびガンマ線のタイムプロフィールを調べてみると、フレアによって両者のタイムプロフィールに違いがあることが明らかになった。すなわち、継続時間が短くスパイク状の激しい強度変化を示すインパルス型フレアでは、100 keV領域のX線と4~7 MeVのラインガンマ線のタイムプロフィールを比較すると、ほぼ同時にピークに達しており、時間のおくれが少いのにに対して、継続時間が長くゆっくりとした強度変化を示すグラジュアル型フレアでは、ガンマ線のピークがX線ピークよりも明らかにおくれる傾向があることが分ってきたのである。代表的なインパルス型フレアとグラジュアル型フレアにおけるX線およびガンマ線のタイムプロフィールの観測結果を図1および図2に示す。これは、インパルス型フレアでは電子とイオンがほぼ同時にそれぞれ100 keVおよび数10 MeVにまで加速されるのに対し、グラジュアル型フレアでは電子にくらべてイオンがゆっくりと加速されていることを示唆している。

それではどうしてフレアのタイプによってタイムプロフィールの違いが生じるのであろうか。それを解く鍵の1つは、フレアのタイプが H_{α} 重要度(6563 Åの水素原子のバルマー線で見えたフレア領域の大きさを表す指数)と深い関わりが見られることである。すなわち、これまでの大きなフレアを統計的に調べてみると、インパルス型フレアは、 H_{α} 重要度が小さいものに多く集中しているのに対し、グラジュアル型フレアは、大きな

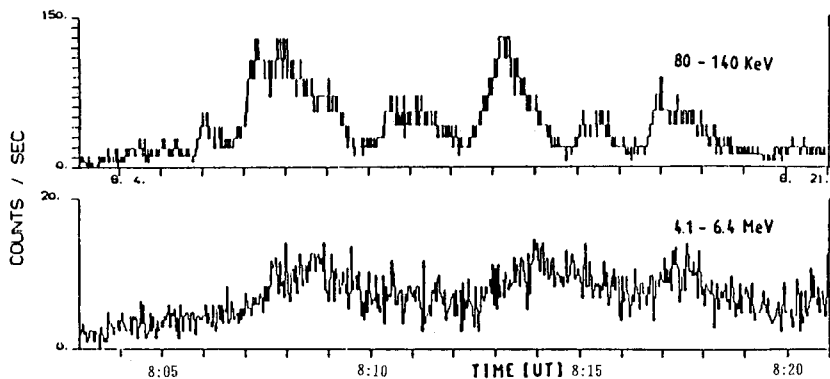


図2 1981年4月27日のグラジュアル型フレア (Rieger., *Proc. of Hinotori Symposium on Solar Flares*, ISAS, 1982, p. 246.)

H_α 重要度をもつものが多いという傾向がみられる。またそれぞれのフレアについて X 線像を調べてみると、インパルス型のもの、太陽大気中の低い場所がコンパクトに光っているのに対し、グラジュアル型ものは、コロナと思われる高い場所が、大きく広がって光っているものが多い。

フレアのタイプによるタイムプロフィルの違いを粒子加速の立場から説明するために 1 次フェルミ加速が提唱されている。この加速は、フレア発生時に電子の降下により磁気ループの両端が急激に加熱されて衝撃波が発生し、ループ内を上昇していくときにおこる。このループ内に捕捉された粒子は、磁気ボトルにとじこめられたようにループ両端から上昇してくる衝撃波と正面衝突し、反射されるたびにエネルギーを獲得し、加速されていくという統計加速である。もし磁気ループ内での粒子のピッチ角分布や衝撃波の速さが、フレアによって大きく変わらないと仮定すれば、加速効率は、単位時間あたりの衝撃波と粒子との衝突回数によって決まる。単位時間あたりの衝突回数は、磁気ループの長さで反比例するので、長いループをもつフレアほど加速効率が低くなり、粒子加速に時間がかかる。磁気ループの長さでフレア面積との関係は単純ではないと思われるが、面積の大きなフレアほど磁気ループが長くなると考えるのは、それほど不自然な仮定ではないであろう。もしそうだとすれば、H_α 重要度の小さなフレア、すなわち、インパルス型フレアの方が粒子加速の効率が高くなり、X 線を出す電子と核ガンマ線ラインを出すイオンとが、ほとんど同時に加速されるが、反対に H_α 重要度の大きいグラジュアル型フレアでは、X 線を放射する電子よりも核ガンマ線ラインをつくるイオンの方が、加速に時間がかかることになり、定性的には観測結果を説明できそうである。

またフレアのタイプによる X 線像の違いから、加速粒子のふるまいについて次のような描像が考えられる。インパルス型フレアでは、小さな磁気ループ内で効率よく短時間で加速された粒子が、高密度のループ根元に降下し、X 線やガンマ線を一気に放射するのに対し、グラジュアル型フレアでは、粒子は大きなループ内で長時間加速をうけながら捕捉されており、電子は密度の低いコロナの広い領域で X 線を出しているものと思われる。一方、イオンについてはガンマ線像が得られていないためにそのふるまいは明らかでないが、フレア粒子とガンマ線の観測結果から推測すると、加速されたイオンの一部は、ループの根本に降下して核ガンマ線ラインをつくるが、大部分のイオンは惑星間空間へ放出されるものと考えられる。

ここでのべたようにいくつかのフレアでは 1 次フェルミ加速が有効にはたらいっているものと考えられるが、き

わめて大きなフレアでは数秒以内で電子が数 10 MeV 以上に、またイオンが 1 GeV 以上にまで加速されると考えられ、統計加速のようなゆっくりとした加速ではとても説明できそうにない。このような観測結果を説明するために、衝撃波面に生じた大きな静電場による加速、電流ループの合体により磁気中性点に生じた磁力線再結合にとまらぬ加速そして大振幅磁気音波による加速などきわめて効率のよい粒子加速の理論が提唱されている。いずれにしてもフレアには多種多様なものがあり、単一のモデルですべてのフレアにおける粒子加速を説明することはむずかしそうに思われる。

2.2 X 線とガンマ線放射の相関

フレアにおいて電子とイオンとは、加速のタイミングの違いはあるかもしれないが、ほぼ同じように加速されていることは、X 線とガンマ線放射のタイムプロフィルから予想されることである。この事実をさらに裏付ける観測データは、X 線と核ガンマ線ラインの放射強度が、よい相関を示すことである。SMM とひのとり衛星で観測された 21 例のフレアについて、40~80 keV の X 線フルエンス (時間積分した強度) と 4~7 MeV のガンマ線フルエンスとの相関を調べた結果を図 3 に示す。この結果は、両者の間にはよい相関があることを示しており、ラインガンマ線が発生するフレアは、特別のタイプのフレアではなく、観測装置を大型化して検出感度を向上させれば、小さなフレアからでもガンマ線ラインを検出できる可能性が高いことを示唆している。同じような相関が、270 keV 以上の X 線と 4~7 MeV のガンマ線について調べられたが、両者にはよい相関があることが分かった。これらの結果からフレア研究においてガンマ線は、X 線とともに基本的な観測量になりうるものであると考えられる。

2.3 ガンマ線スペクトル

X 線からガンマ線領域にかけてのエネルギースペクトルは、電子の制動放射による連続成分、種々の核反応に

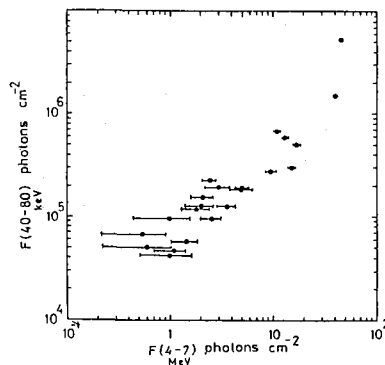


図 3 X 線 (40~80 keV) フルエンスとガンマ線 (4~7 MeV) フルエンスとの相関

よるガンマ線ラインそして高エネルギー核反応でつくられる中性パイ中間子の崩壊ガンマ線からなる。電子の制動放射は、親の電子のエネルギーまでのびる連続スペクトルをつくるので、連続スペクトルがどこまでのびているかにより、電子が最大どこまで加速されたかを推定することができる。また MeV 領域にはイオンによってつくられるラインスペクトルがあり、これらのガンマ線ラインが観測されれば、イオンが 10~100 MeV まで加速されたことを意味する。ガンマ線フレアとよばれるもののスペクトルは、一般に制動放射による連続成分の上にライン成分が重ね合わさったものになる。一例として 1981年4月27日のフレアで観測されたガンマ線のエネルギースペクトルを図4に示す。制動放射による連続スペクトルの上に陽電子消滅による 0.51 MeV ラインおよび ^{56}Fe , ^{24}Mg , ^{20}Ne , ^{28}Si , ^{12}C および ^{16}O からの核ガンマ線ラインが見られる。多くのガンマ線スペクトルは、図4のように 7 MeV 付近で急激な減少を示す。これは、発生する核ガンマ線の中では ^{16}O からの 6.14 MeV ラインが最大エネルギーであり、それ以上のエネルギーをもつラインがないためと電子の制動放射による連続スペクトルが 7 MeV 以上にまで伸びていないためである。図4では中性子が陽子に捕獲されてつくられる 2.22 MeV ラインは顕著に見られないが、これはこのフレアが太陽面の縁で発生したために、太陽大気によって吸収されたためであり、太陽面の縁からはなれたところで発生したフレアでは、2.22 MeV ラインをはっきりと見える。

観測されたガンマ線ライン強度から、ガンマ線が発生したと考えられる彩層の大気組成を推定することができ

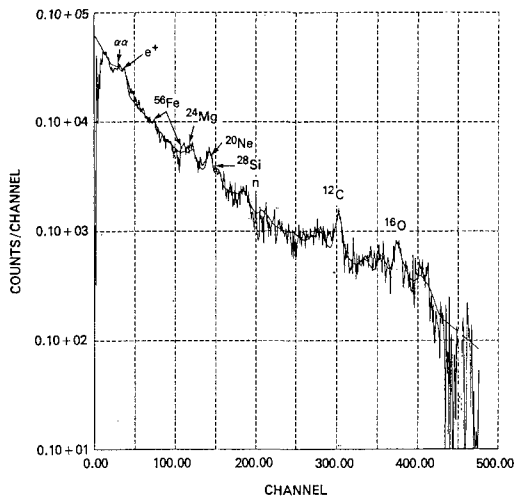


図4 1981年4月27日のフレアで観測されたエネルギースペクトル (Forrest, Positron and Electron Pairs in Astrophysics, AIP Conf. Proceedings, No. 101, 1983, p. 3).

る。この推定された結果を他の方法で求められている光球やコロナの組成と比較すると、彩層では光球にくらべ C と O とが 30% 程度しかなく、またコロナの値とくらべると O と Mg とが 50% 程度しかないことが分る。ガンマ線ラインの観測から彩層の大気組成が推定されているフレアは少数であるために、結論は出せないが、コロナと光球とでいくつかの元素について存在比の違いが報告されていることから、彩層の組成も光球やコロナの値と異ってくることは考えられることである。

10 MeV 以上の高エネルギーガンマ線が発生したフレアは、これまでに 10 例程度しか観測されていないが、特大のフレアからは数 10 MeV 以上までガンマ線の発生が認められている。このような高エネルギーガンマ線は、数 10 MeV 以上に加速された電子の制動放射でつくられる以外に数 100 MeV 以上に加速された陽子と太陽大気中の水素との衝突でつくられる中性パイ中間子の崩壊 (平均寿命 8×10^{-17} 秒) によってもつくられる。この崩壊過程では2つのガンマ線がつくられるが、そのエネルギースペクトルは、70 MeV になだらかなピークを示す (中性パイ中間子の静止質量は 140 MeV なので、70 MeV のガンマ線が2つできる)。高エネルギー核反応では中性パイ中間子に加えて正電荷および負電荷のパイ中間子がつくられる。正負のパイ中間子はそれぞれミュー中間子に崩壊し、さらに陽電子と電子に崩壊する。このように二次的につくられた陽電子と電子も制動放射により連続スペクトルをつくる。また特に陽電子は、制

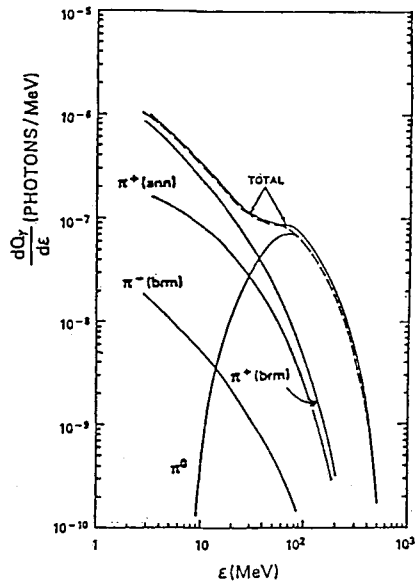


図5 高エネルギー陽子の核反応でつくられるパイ中間子の崩壊から生成される高エネルギーガンマ線スペクトルの計算結果 (Murphy et al., Astrophys. J. Suppl. 63 (1987) 721.)

動放射以外に走りながら電子と合体して消滅するために、制動放射に加えて消滅による連続スペクトル（走行中に陽電子が消滅する場合は、0.51 MeV のラインにならない）をつくる。図 5 に 3 種類のパイ中間子からつくられるガンマ線スペクトルの計算結果を示す。さらにフレアで数 10 MeV 以上に加速された電子があれば、制動放射をおこして連続スペクトルをつくるので、図 5 に示されたパイ中間子によるスペクトルと重ね合わさったものが観測される。フレアのスペクトル中に 70 MeV 付近にもり上がりが観測されたならば、パイ中間子がつくられたことを意味しており、陽子が数 100 MeV 以上に加速された証拠となる。これまでにパイ中間子による 70 MeV のもり上がりが、報告されたフレアは、1982 年 6 月 3 日の超大フレアだけである。

2.4 核ガンマ線とフレア陽子

フレアで核ガンマ線ラインが検出されたことは、陽子をはじめとするイオンが 10~100 MeV に加速されたことを物語っているが、このような核ガンマ線が観測されたフレアではいつもフレアでつくられた陽子が地球近傍までやってきているかどうかは、加速された陽子の放出ならびに伝播のメカニズムを明らかにする上で貴重な情報を与える。核ガンマ線をつくる陽子も惑星間空間へ放出される陽子もともに同じフレアで加速されたものではあるが、前者は、加速域から高密度の彩層に降下したものであるのに対し、後者は、コロナを通して惑星間空間

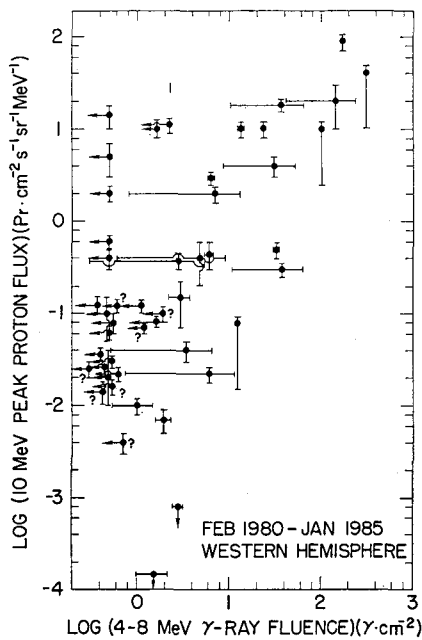


図 6 4~8 MeV ガンマ線フルエンスと 10 MeV の陽子フラックスとの関係。両者の間には明らかな相関がみられない (Cliver et al., 20th Int. Cosmic Ray Conf., 10 (1987) 342.)

へ逃げ出していったものである。核ガンマ線を多く含む 4~7 MeV のガンマ線フルエンスと地球近傍で観測された 10 MeV 付近の陽子強度との関係を、多くのフレアについてプロットした結果を図 6 に示す。図 6 にプロットされたフレアは、すべて太陽面上の西側で発生したもので、フレア発生場所と地球とが磁力線で結ばれており、惑星間空間をフレア粒子が伝播するのによい条件をもつと考えられるものである。しかしながら図 6 の結果は、フレア粒子の伝播条件がよいにもかかわらず、核ガンマ線とフレア陽子との間にははっきりとした相関は見られない。すなわち、核ガンマ線をつくった陽子と惑星間空間へ逃げ出した陽子とは、必ずしも同じ加速を受けた同一グループの粒子であるとは限らないことを示唆している。

このような観測結果を説明するために、核ガンマ線をつくる陽子と惑星間空間へ逃げ出す陽子とは、加速される場所が異っているのではないかと指摘もなされている。すなわち、前者は、磁気ループ内で捕捉されながら加速され、大部分が彩層に降下するのに対し、後者は、惑星間空間へのびている磁力線上で衝撃波によって加速され、大部分のものが惑星間空間へ逃げ出すという考え方である。しかしフレア領域における磁場構造は、複雑なため、同一場所で加速されても伝播条件の違いで図 6 のような結果が生じるという考え方もある。加速された粒子の伝播の問題は、最も分りにくい問題の 1 つであり、まだ明らかにされていないのが現状である。

3. 中性子観測の現状

加速された粒子のエネルギーがおおよそ 100 MeV 以上になると、主として陽子とヘリウムとの核反応により中性子がつくられるようになる。したがって中性子の生成は、フレアで核ガンマ線をつくる陽子よりもさらにエネルギーの高い陽子が発生したことを意味するので、パイ中間子の生成とともに最も高いエネルギーに加速された粒子に関する手掛りを与えてくれる。

中性子は、核ガンマ線と同じように彩層中でつくられるが、生成後に中性子のおこす過程は、ガンマ線に比べて複雑である。惑星間空間へ逃げ出す中性子、光球中で熱化し、最後には水素に捕獲され 2.22 MeV のラインガンマ線を出す中性子さらには ³He に吸収される中性子がある。また中性子は、不安定な粒子で半減期 900 秒で陽子にベータ崩壊するために、惑星間空間へ逃げ出した中性子の一部は、途中で陽子に変身してしまう。中性子が崩壊する割合は、低エネルギーのものほど大きくなり、例えば 100 MeV の中性子で、崩壊しないで地球に到達できるのは、わずかに 30% しかない。

これまで中性子の発生は、2.22 MeV ラインの検出が

ら間接的には知られていたが、より直接的な観測はなかなか実現できなかった。しかし1980年代はじめの前太陽極大期において中性子を直接とらえたと思われるフレアが3例報告された。これらは、SMM、地上中性子モニターおよびISEE-3のいずれか2つ以上によって、中性子と思われる計数値の増加が、ガンマ線とほぼ同期して認められた。SMMでは300 MeV以下の中性子、地上中性子計では300 MeV以上の中性子そしてISEE-3では130 MeV以下の中性子崩壊からの陽子が検出された。なかでも1982年6月3日のフレアでは、これら3つのデータがすべて得られており、中性子イベントにまちがいないものと考えられている。図7にはこのフレアに対してSMMで観測された4~6 MeVの核ガンマ線および25 MeV以上の高エネルギーガンマ線および中性

子のタイムプロフィールさらにユングフラウヨッホ (3550 m) の中性子モニターのタイムプロフィールを示す。この結果から粒子加速に関して興味ある推測ができる。最も特徴的なタイムプロフィールは、25 MeV以上のガンマ線+中性子の結果である。フレアのはじまりではスパイク状に増加するが、いったん放射がなくなり、次いでなだらかな増加を示す。前者を第1ピーク、後者を第2ピークとよぶと、4~6 MeVガンマ線は、第1ピークでは顕著な増加を示すが、第2ピークでは小さな増加しか見られない。4~6 MeVのガンマ線スペクトルから加速された陽子のスペクトルを推定すると、第1ピークでは統計加速から予想されるスペクトルが得られ、第2ピークでは衝撃波加速から予想されるスペクトルが得られる。すなわち、2つの時間帯でそれぞれ異った粒子加速のメカニズムが存在したことになる。両者を比較すると、第2ピークにおける陽子のスペクトルは、第1ピークのスペクトルよりもハードになっている。またこのフレアで放出された高エネルギー陽子のスペクトルが、惑星間空間で観測されているが、第2ピークにおける陽子のスペクトルとほぼ一致する。この結果から第1ピークの時間帯では、統計的に加速された陽子の大部分は、彩層に降下したガンマ線や中性子をつくり、第2ピークの時間帯では衝撃波によって加速された陽子の大部分が惑星間空間へ逃げ出し、残りの一部分が彩層でガンマ線や中性子が発生させたと考えられる。さらにユングフラウヨッホの中性子モニターで検出された300 MeV以上の高エネルギー中性子のタイムプロフィールをみると、ガンマ線発生後わずか1分程度で地球に到達していることから、フレア発生時にきわめて効率のよい加速がおり、一部の陽子はGeVにまで加速されたと推定される。そしてその後、10分以上にわたって高エネルギー中性子が検出されていることから、陽子の加速は、フレアのはじめから継続的におこなわれていたものと考えられる。また太陽面で発生した中性子のエネルギースペクトルを、SMM、中性子モニターそしてISEE-3の観測結果から推定すると、 $E^{-2.4}$ のべき型で近似され、1 GeV以上にまで伸びていることがわかる。

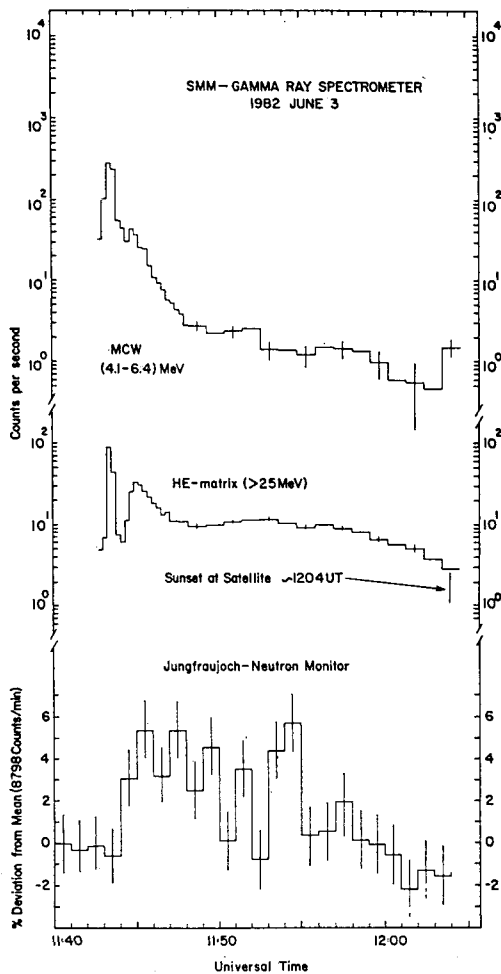


図7 1982年6月3日のフレアで観測されたガンマ線(4.1~6.4 MeV)、25 MeV以上のガンマ線+中性子およびユングフラウヨッホの中性子モニターのカウント数の時間変化 (Chupp et al., *Astrophys. J.* 318 (1987) 913.)

4. 次期太陽活動極限大期へむけて

1980年代はじめの前太陽極大期にはガンマ線観測が著るしく進展し、また中性子の検出もはじめておこなわれ、フレアにおける高エネルギー粒子の加速や太陽大気中の核反応のようすが、明らかにされてきた。1990年代はじめの次期太陽極大期には、さらに高性能の観測装置による太陽フレアの研究が計画されている。

日本においてはSOLAR-Aにより軟X線および硬X線線の精密観測とならんで、X線からガンマ線までの広

帯域スペクトルの観測が計画されている。ガンマ線スペクトル計による核ガンマ線と連続ガンマ線との分離や 10 MeV 以上の高エネルギーガンマ線スペクトルの精密観測などがなされる。また中性子観測では乗鞍岳 (2750 m) の中性子モニターを増設し、検出感度の向上をはかる準備が進められている。また高エネルギーフレア粒子の化学組成や同位元素の観測も GEOTAIL と ETS-6 とによりなされ、電磁放射と粒子の両面から総合的にフレアの研究が行なわれる予定である。

一方、外国においてもいくつかの計画が進められている。アメリカでは Max '91 計画で気球を長時間とばしてフレアをとらえる計画である。エネルギー分解能のよい Ge スペクトル計により、ガンマ線ラインを精密測定したり、1 MeV 以下でガンマ線イメージを観測するために大型の観測装置を気球にのせる予定である。さらに銀河ガンマ線バースト観測を目的とした大型衛星 Gamma-Ray Observatory の一部の機器を太陽観測にふりむ

けることも考えている。フランスではソ連と協同で銀河ガンマ線バースト観測の衛星を打ち上げ、その一部の機器により太陽ガンマ線スペクトルの観測を計画している。また中性子観測についても世界各地で地上中性子モニターを充実し、観測網を整備する準備が進められている。

次期太陽極大期は、予想以上に早いペースで太陽活動度が高くなっており、特大フレアの発生も大いに期待できそうである。衛星や気球による観測と地上施設による観測とが協力し、さらに国際的なネットワーク体制により太陽フレア研究が進められ、実り多い次期太陽極大期にしたいものである。

本稿を書くにあたって下記論文を参考にした。

- (1) E. L. Chupp: Ann. Rev. Astron. Astrophys., 22 (1984), 359.
- (2) R. Ramaty and R. J. Murphy: Space Sci. Rev., 45 (1987), 213.
- (3) M. Yoshimori: Space Sci. Rev. (1989) 印刷中.

天体観測専門誌

天文ガイド

7月号 定価460円(税込み) 〒91 6月5日発売

特集 夏の星雲・星団の探し方見方

広角シュミットによる写真を星図代わりに、双眼鏡、望遠鏡で見る、夏の夜の美しい星空を探訪。

ヘール天文台・口径5m大望遠鏡

各種百科辞典や天体写真集の星雲・星団の写真のほとんどを提供する望遠鏡をカラーページで紹介。

ニューフェイステストレポート

アメリカのパークス社製口径25cm反射赤道儀はしっかりした作りで価格が安いのですが…性能は？

- 7月のスターウォッチング ● 7月の観測資料
- 観測ガイド ● 情報ボックス…など情報満載

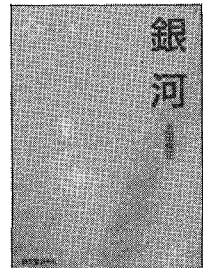
天文 / グラフィティ

● 2冊・好評発売中 ● 古田俊正著

銀河

31cm反射望遠鏡で写した銀河の写真集。見て楽しく、自分の撮影のガイドとして、また超新星の捜索にも役に立つ。

● 3000円(税別)〒260



銀河系の星雲・星団

同じく31cm反射による星雲・星団の写真による小事典。

● 2200円(税別)〒260

