

めったに見られないフレア

A certain flare

Davide Lazzati

軟γ線リピーターの巨大なフレアは壮大な光景だがめったにみられない出来事で、我々の銀河系ではまだたった3回しか観察されていない。もっと遠く離れたところで起こっているものを見逃しているのではないかということも疑われている。

Nature Vol.434(1075-1076)/28 April 2005

2004年12月27日、軌道上にあるほぼすべてのγ線検出器が観測史上最も明るいγ線の閃光を捉えた。今回と同じ種類に属するがそれぞれ別のγ線源で発生した同様のフレアは、過去30年間の観測で2回、1976年3月5日と1998年8月27日に検出されている^{1,2}。だが今回のフレアは、なかでも特に極めて珍しいものと考えられるべきである。過去2度のフレアより2桁強い光を放ち、最初の一瞬のうちに放出されたエネルギーは太陽が25万年かけて放出するのと同じ位のものだったのだ。Natureに掲載された5編の論文³⁻⁷で、この例外的な出来事のあらましが述べられている（原著論文はNature 4/28号を参照のこと）。

このアウトバーストの源はSGR 1806-20として知られ、太陽系からはおよそ15キロパーセク（ほぼ5万光年）の距離にある「軟γ線リピーター」（SGR）である（図1）。SGRは極めて強い磁気を帯びた中性子星⁸「マグネター」で、エネルギーの高い光子（電磁波）である低エネルギー（軟）γ線のバーストを繰り返し発生する。SGR 1806-20が生み出すフレアの特徴は、1秒以上は持続しないその最初のスパイクに、エネルギーの最も高い、つまり「最も硬い」光子とともにバーストのほとんどのエネルギーが含まれていたというものである^{3,4}。このスパイクの後、放射される光は指数的に減少しながらフレアは約400秒間持続した。また、鎮静期のずっと強度の小さいX線放射の計測によって明らかになったのは、SGR 1806-20の回転周期（7.56秒）でフレアから放射される光の強度が振動していたことである。

SGR 1806-20のフレアの特徴は、比較的若い（誕生後約5,000年）中性子星の表面に固定された、地球表面より 10^{15} 倍以上強い巨大な磁場が再調整された結果だとして説明できる⁸。このような再調整によって、放射線と電子-陽電子対の熱い「プラズマ」内に蓄えられた

磁場の内部エネルギーの一部が相当量解放され、フレアの最初の明るいスパイクを生んだ。

SGR 1806-20のスパイクの光子束は非常に強く、ほとんどの検出器が飽和したため³、スパイクの特徴をつかむことは難しかった。しかし寺沢たち⁵は、スパイクで検出された光子数が約60ミリ秒の周期で振動する変調を受けていると報告している（Nature 4/28号 p.1110）。フレアのプロファイルに現れたこのような「コブ」型の周期性は、系へエネルギーが繰り返し注入されたことを示しているというのが寺沢たちの考えだが、その原因ははっきりしていない。

フレアの減衰部分でのパルス状の放射は、当初は中性子星に固定された磁力線に閉じこめられたままになっていたプラズマの一部に由来する。中性星が回転すると「灯台」効果生まれ、明るさに周期的な振動が生じる。

最初のフレアの後数日間、SGR 1806-20に由来するX線⁹と電波^{6,7}も観測された。Gaenslerたち⁶は、膨張する電波星雲は（1998年8月のフレアの後）検出された唯一の類似天体より500倍明るかったと報告している（同 p.1104）。ある点では、残光は持続時間の長いγ線バースト（GRB）の残光に似ていた。GRBは別の種類の明るいγ線の閃光で、宇宙の観測可能な範囲内で最も端にある銀河に由来することが知られている。持続時間の長いGRBは数十秒間明るく発光し、その後数週間から数ヶ月かけて減光する。しかし、Cameronたち⁷は今回のSGR 1806-20のスペクトルと発光曲線を持続時間の長いGRBの標準モデルに当てはめる際の一般的な問題点を指摘している（同 p.1112）。

SGR 1806-20フレアの際立った特徴の最たるものは、その光度が異常に大きいことである。このため、今回の巨大フレアとこれに先立つ2つのフレア^{1,2}が、1990年代に打ち上げられたNASAのコンプトンγ線観測衛

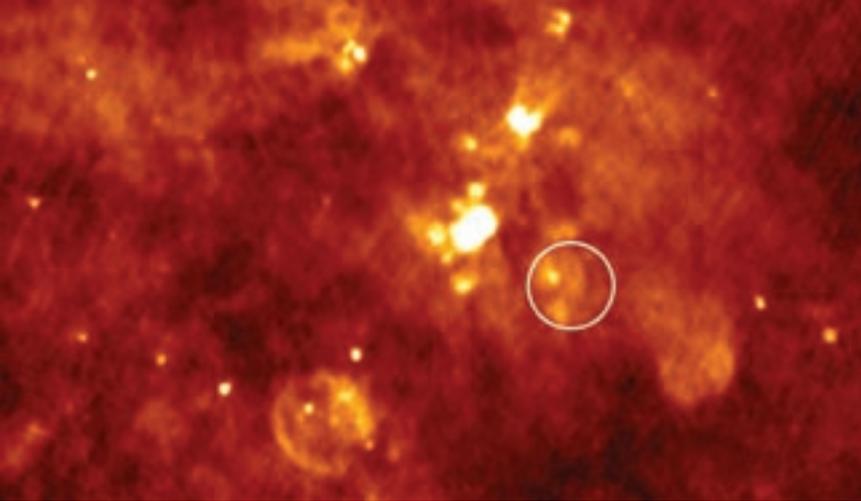


図1 見えない現場。2004年12月27日の巨大 γ 線フレアが発生する前のSGR 1806-20(白い円の中心)をとりまく領域を電波観測によって捉えた広角画像。この時点ではSGR 1806-20はまだ「電波が弱かった」。中性子星から生じた明るい電波星雲は最初の γ 線バーストの数日後になってやっと観測された。

星に搭載された軟 γ 線検出器BATSE (the Burst and Transient Source Experiment) によって多数見つかった、未解明で持続時間の短いGRBの類と関係があるのかという疑問が生じる。現在のところはこういったGRBからの残光の発生は確認されていない。だが、考えられているよりも約1,000倍遠い数メガパーセクの距離にあるものと仮定してSGR 1806-20のフレアの特徴を考え直すと、BATSEのような計測器では時間スケールが数百ミリ秒でスペクトルのほとんどすべてが硬い光子からなるフレアの、最初の明るいスパイクを捕らえるのでせいっぱいだろう。Hurleyたち³はBATSEで検出可能と思われる巨大フレアの発生率を1年につき約30個と推定しており、これは実際に見つかった持続時間の短いGRBの最大約40%を占めることになる(同p.1098)。

BATSEで見つかった短いバーストの一群からSGRフレアの存在を識別するには3つの方法がある。まず第一に、SGRフレアは宇宙論的なGRBよりもかなり近く、それゆえ明るい銀河に伴うものであるはずだ。天空上の位置について求められる精度でわかっているものは持続時間の短いGRBのうち5つしかないが、この5つはどれも明るい主銀河と関連づけられず¹⁰、BATSEで見つかった短いバーストの一群でSGRフレアの可能性があるものは20%以下ということになる。次に、SGRはバーストの後の200秒間に周期的な信号を発生しているはずである。しかし、このような信号の探索はこれまで成功していない。最後に、BATSE一群中のSGR候補はそのスペクトルで識別できる。SGRフレアからは一般的に(光学的に厚い媒体であることを示す)熱的な「黒体」スペクトルをもつ光が放出される。これに対して、GRBの特徴は(光学的に薄い物体が放出する)広帯域のべき乗型スペクトルであり、周波数で何桁にもわたって広がる光を放射している。SGR 1806-20のフレアの平均温度は

$2 \times 10^9 \text{K}$ であり、熱的でないGRBのスペクトルとは容易に区別できるはずである。しかし、およそ100を数えるBATSEの持続時間の短いGRBについて行った高温の熱スペクトルの探索は成功していない。

こういったことを考え合わせると、持続時間の短いGRBの中でSGRフレアであるかもしれないものは、予想していたよりも1桁小さい値で最大でも5%ということになる。では、銀河系外のSGRフレアはどこにあるのだろうか。

いくつかの要因でこの食い違いが見られる結果を説明できるかもしれない。第1に、SGR 1806-20の距離が正確でない可能性がある。フレアの距離がこれまで想定していた距離の半分であるならばその光度は4分の1に減り、銀河系外のSGRを見つけれられる宇宙空間の体積は8分の1に限定される。SGR 1806-20の距離としては、すでにより短い距離が提案されている。Cameronたち⁷は上限を9.8キロパーセク、これまでの作業仮説における15キロパーセク¹¹の3分の2であるとしている。

計算を行う上でのもう一つの要素は、銀河系における巨大フレアの発生率である。SGR 1806-20はその規模において過去30年間の観測で見られた唯一のフレアであり、30年に1回が発生率の最良の推定値である。もちろん、今回の観測は幸運に過ぎなかったのかもしれない。真の発生率ももっと小さいかもしれない。私たちはこのようなフレアの1つが無作為に生じた時代に偶然生きていただけかもしれないのである。

これらの疑問に対する答えが何であれ、銀河系外フレアの探索は続けられている。Palmerたち⁴は、GRBの謎を明確に解明するため2004年に打ち上げられたNASAのSwift衛星のデータを解析に用いており(同p.1107)、このミッションの迅速な追跡能力によってさらなる発見もあり得るだろう。これまで2004年12月27日の一回きりの例でしか示されていない極端な現象を解明する上で、新しい発見の重要性が評価されすぎることではない。■

コロラド大学(米)、Davide Lazzati

1. Mazets, E. P. *et al. Nature* **282**, 587–589 (1979).
2. Hurley, K. *et al. Nature* **397**, 41–43 (1998).
3. Hurley, K. *et al. Nature* **434**, 1098–1103 (2005).
4. Palmer, D. M. *et al. Nature* **434**, 1107–1109 (2005).
5. Terasawa, T. *et al. Nature* **434**, 1110–1111 (2005).
6. Gaensler, B. M. *et al. Nature* **434**, 1104–1106 (2005).
7. Cameron, P. B. *et al. Nature* **434**, 1112–1115 (2005).
8. Thompson, C. & Duncan, R. C. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* **275**, 255–300 (1995).
9. Mereghetti, S. *et al. Astrophys. J. Lett.* (submitted); preprint available at www.arxiv.org/astro-ph/0502577 (2005).
10. Nakar, E., Gal-Yam, A., Piran, T. & Fox, D. B. preprint available at www.arxiv.org/astro-ph/0502148 (2005).
11. Corbel, S. & Eikenberry, S. S. *Astron. Astrophys.* **419**, 191–201 (2004).