

1999年3月24日
独立行政法人 理化学研究所

40億光年遠方のガンマ線バースト源に鉄を発見

理化学研究所（小林俊一理事長）は、日本の X 線天文衛星「あすか」により、1997年8月27日に起きたガンマ線バーストの残光を観測し、その X 線スペクトルに鉄の輝線を発見しました。

このことは、ガンマ線バースト源の周辺には物質が存在することを示した初めての証拠といえます。これまで、ガンマ線バーストは周辺に物質の少ないところで起こると考えられてきたため、今回の発見は、この理解に見直しを迫る重要なものです。

また、理研では、今回観測したガンマ線バースト源までの距離はおよそ 40 億光年であることも導きだしました。X 線の観測からガンマ線バースト源の距離を導出したのは初めてのケースです。

この成果については、平成 11 年 3 月 24 日（水）に、京都大学で開催される(社)日本天文学会春季年会でもプレス発表されます。

1. 背景

ガンマ線バーストとは、宇宙の一点から突然多量のガンマ線が爆発的に放射される現象です。しかし、「どのような天体が、いつ、どこでガンマ線バーストを起こすのか？」現在これは天文学の大きな謎となっています。

ガンマ線バーストは、1960年代後半の発見以来、典型的には数秒から数10秒といったごく短い時間しか継続しない突発的天体現象とみなされてきました。しかし、1997年春にガンマ線バーストには数ヵ月から1年にも及ぶ長い残光現象がともなうことが発見され、バースト天体の位置をより詳細に追観測することが可能であることが分かりました。この発見によって、世界中の多数の望遠鏡がガンマ線バースト方向に向けられました。こうしてこの約2年間に世界各地で20例以上のガンマ線バーストの残光が観測されました。その結果、ガンマ線バーストという現象は数10から100億光年もの遠方で起こるらしいということ、そして、その時にガンマ線で放射されるエネルギーは、実に超新星爆発の100倍も大きい値(10^{53} エルグ)に達する可能性があることなどがわかってきました。

2. これまでの考え方

「ガンマ線バーストはどのようにして起こるのか？」という疑問には、この莫大なエネルギーはどうやって生成されるのか？という疑問と関連づけて、いくつかのモデルが提唱されています。

(1) 「中性子星（ブラックホール）連星合体モデル」

ひとつの有力なモデルとして、中性子星と中性子星あるいはブラックホールの連星系が潰れて、両方の星が合体し、そのときに生じた超相対論的な速度(Γ ファクタ=100~1000)で膨張する火の玉によって爆発が起きるといものが提唱

されています。ただし、このモデルでも超新星爆発の 100 倍以上の爆発エネルギーをつくり出すことは困難だという指摘がなされています。

(2) 「大質量星崩壊モデル」

一方、太陽の数十倍も重い星が崩壊するときにガンマ線バーストは起こるのだと考える、別のモデルも提唱されています。

いずれの場合でも、観測されるような激しく変動するガンマ線を説明するには超相対論的な速度で膨れあがる火の玉の仕組みが必要です。これはバリオン(陽子などの重粒子)が極端に少ない清浄な環境でないと実現することができません。例えば $E=10^{52}$ エルグのエネルギーが開放されたとして、 $\Gamma=1000$ で膨張する火の玉を考えてみましょう。これに含まれるバリオンの総質量 M は、 $\Gamma=E/Mc^2$ という関係で制限されます。この場合、太陽質量のせいぜい 10 万分の一程度(すなわち、バリオンが非常に少ない正常な環境)でなければならぬことが分かります。このことから、ガンマ線バーストは、周辺に物質の少ないところで起こると考えられてきました。

3. 理研による今回の成果

- (1) 理化学研究所宇宙放射線研究室は、日本の X 線天文学衛星『あすか』により、1997 年 8 月 27 日に起きたガンマ線バースト残光を、バースト後ほぼ 1 日から観測し、減光していく X 線残光を検出しました。
- (2) しかもその X 線スペクトルに輝線構造を発見したのです。この輝線はバースト源近傍の鉄イオンから放射されたものであると考えられます。これはガンマ線バースト源の周辺に物質が存在することの、最初の証拠といえます。
- (3) さらに、輝線は 10000 秒程度の時間で変化していました。このことから、鉄輝線はかなり高い密度の物質で生成されたと考えられます。
- (4) 輝線の中心エネルギーは約 5keV で、 $z=0.33$ で赤方偏移したものであると解釈できます。このことから、バースト源までの距離はおよそ 40 億光年であると評価できます。X 線の観測からガンマ線バーストの距離が導き出されたのは、初めてのケースです。

4. 結論と課題

おそらく、バースト源の周辺には、『火の玉』の発達するバリオンの少ない清浄な領域と、鉄輝線が放射された高密度の物質を含む領域が共存していると考えする必要があります。ガンマ線バーストとその残光は、狭い立体角にビーミングされたジェット状の『火の玉』から放射されているという姿が正しいのかもしれませんが。

『あすか』の発見は、単純な『中性子星(ブラックホール)連星合体モデル』では説明できません。『大質量星崩壊モデル』の方を示唆しているようです。

どのような天体がガンマ線バーストを起こすのか? 鉄輝線の発見はこの謎に迫る大きな一歩です。

【論文発表者】

吉田 篤正	(理化学研究所 宇宙放射線研究室 前任研究員)
並木 雅章	(理化学研究所 宇宙放射線研究室 研修生 / 東京理科大学 修士2年)
大谷 知行	(理化学研究所 宇宙放射線研究室 研究協力員)
河合 雅之	(理化学研究所 宇宙放射線研究室 副主任研究員)
村上 敏夫	(宇宙科学研究所 助教授)
上田 佳宏	(宇宙科学研究所 助手)
柴田 亮	(宇宙科学研究所 / 学習院大学 修士2年)
宇野 伸一郎	(宇宙科学研究所 COE 研究員)

(問い合わせ先)

独立行政法人理化学研究所 宇宙放射線研究室
前任研究員

吉田 篤正

Tel : 048-467-9446 / Fax : 048-462-4640

(報道担当)

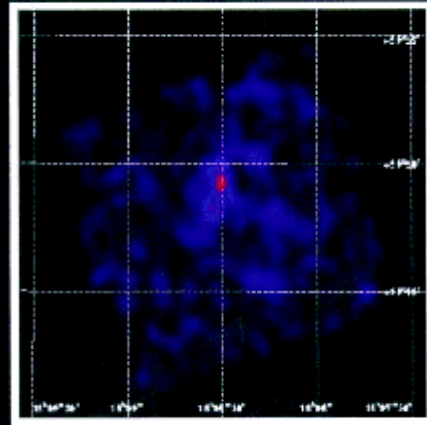
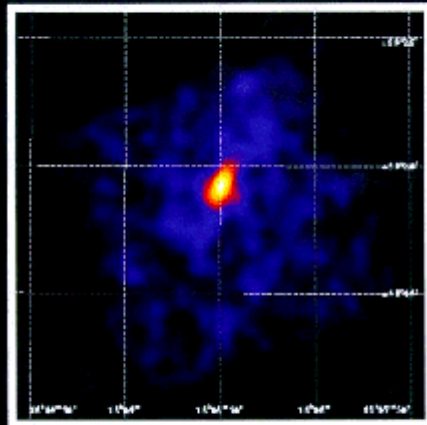
独立行政法人理化学研究所 広報室

佃、吉垣

Tel : 048-467-9271~2 / Fax : 048-462-4715

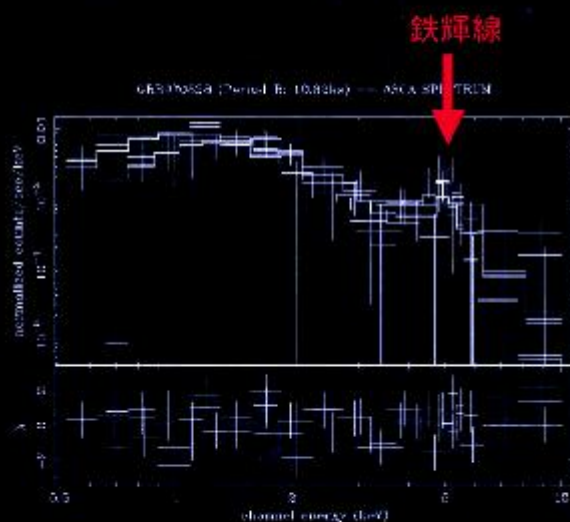
Mail : koho@postman.riken.go.jp

1997年8月28日に起きたガンマ線バーストの減光するX線残光



- この2年間のガンマ線の観測研究から、バーストには残光現象がともなうことがわかってきた。バースト残光を調べることで、バースト源の距離などについての重要な知見が得られる。
- X線天文衛星「あすか」は、1997年8月27日に発生したガンマ線バーストのX線残光を観測し、減光するX線源を検出した。左図はバースト発生から31時間後のX線残光、右図は45時間後の同じX線天体である。測定されたX線の強度を擬似色で表現している。この天体が、時間とともに暗くなっていく様子が見て取れる。

赤方偏移 $z=0.33$ を示す鉄輝線



- このバーストのX線残光は、単調な減光ではなく、有意な時間変動をみせた。
- われわれは観測データの特定の1部の期間（～10,000秒）にだけ、左図で示した中心エネルギー約5keVの輝線構造を発見した。
- この輝線はバースト天体のごく近傍の鉄イオンから放射されものと解釈される。静止している系で鉄輝線のエネルギーは約6.7keVであることから、バースト天体までの距離は、赤方偏移で表して $z=0.33$ （約40億光年）と評価される。X線の観測からガンマ線バースト源の距離が導出されたのは、初めてのケースである。

ガンマ線バースト源はどこに？

- 膨大なガンマ線バーストのエネルギーを説明するのは難しい問題である。中性子星と中性子星（あるいはブラックホール）の合体、もしくは、大質量星の崩壊によって発生するという理論が有力である。前者の場合、バーストの多くは銀河の外、周辺物質の希薄な場所で発生すると考えられる。一方、後者にしたがえば、物質の多い星生成領域がバーストの巣と考えられる。
- 発見された「鉄輝線」の詳細な解析では、輝線を放射している領域は高い物質密度をもっていると考えられる。今回の観測は「大質量星崩壊モデル」をより強く支持するものである。
- 過去の残光観測によって、ガンマ線バーストは数10億光年から100億光年遠方で発生していると考えられている。ガンマ線のエネルギー分布が、 $10^{52} \sim 10^{54}$ エルグといった広い幅をもっていることから、バーストの放射は強い異方性をもっていると思われる。おそらくジェット状に放射されているのではないか。

