

## 広帯域全天硬 X 線モニター の成果

### 山岡和貴

〈青山学院大学理工学部物理数理学科  
〒229-8558 相模原市淵野辺 5-10-1〉  
e-mail: yamaoka@phys.aoyama.ac.jp

### 大野雅功

〈広島大学理学研究科 〒739-8526 東広島市鏡山 1-3-1〉

### 田代信

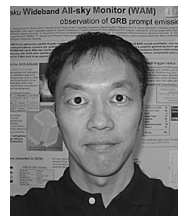
〈埼玉大学大学院理工学研究科 〒338-8570 さいたま市桜区下大久保 255〉



山岡



大野



田代

## 「すざく」WAM チーム

「すざく」衛星に搭載されている硬 X 線検出器 (HXD) には、広視野硬 X 線モニター (WAM) 機能が装備されている。HXD の周囲を取り巻くアクティブシールド結晶を観測装置として利用する機能で、衛星の周囲を広く見張っている。広い視野と硬 X 線に対する高い阻止能のおかげで、明るい突発天体の観測に威力を発揮している。すでに 234 のガンマ線バースト、152 の太陽フレアについて、100-1,000 キロ電子ボルト以上の高いエネルギー帯域の光度変動やスペクトル変化をとらえており、ユニークな観測データを公表している。

### 1. 突発現象を広視野でモニター

「すざく」衛星は、地上高度 550 km の衛星軌道上にある。東京-大阪間の距離だが、天空に向かえばそこはもう真空の世界だ。地上の 10 倍を超える数の宇宙線が飛び交っている。通常の宙域でも 1 平方センチメートルあたり毎秒 5-10 個、多いところではその数千倍の荷電粒子—数メガ電子ボルトから数ギガ電子ボルトのエネルギーをもつ陽子や電子—が人工衛星に搭載装置に飛び込み、突き抜けていく。本稿の主役である硬 X 線検出器 (HXD) は、800 平方センチメートルほどの側面をもっているのだから、少なくとも毎秒数千の宇宙線に検出器を貫かれていることになる。それで壊

れるということはないが、観測装置への雑音信号となるので、天体からの 1 秒に 1 個しかこない光子をとらえようというときには、大いにじゃまになる。たとえば、たった一人の声に耳を澄ませているときに、周囲で数千人が雑談をしているようなものだ。まずは分厚い壁で遮り、少しでも静かな環境を作り、次に信号の種類 (声質?) で聞き分ける工夫が必要になる。

「すざく」の硬 X 線検出器 (HXD)<sup>1), 2)</sup> では、このためにアクティブシールドという手法を洗練させている。この場合、シールドというのは雑音を遮る壁である。検出部を別種の井戸型シンチレータで囲むことで、宇宙線や視野外からの X 線を阻止する。しかし阻止しきれないものがあるだけ

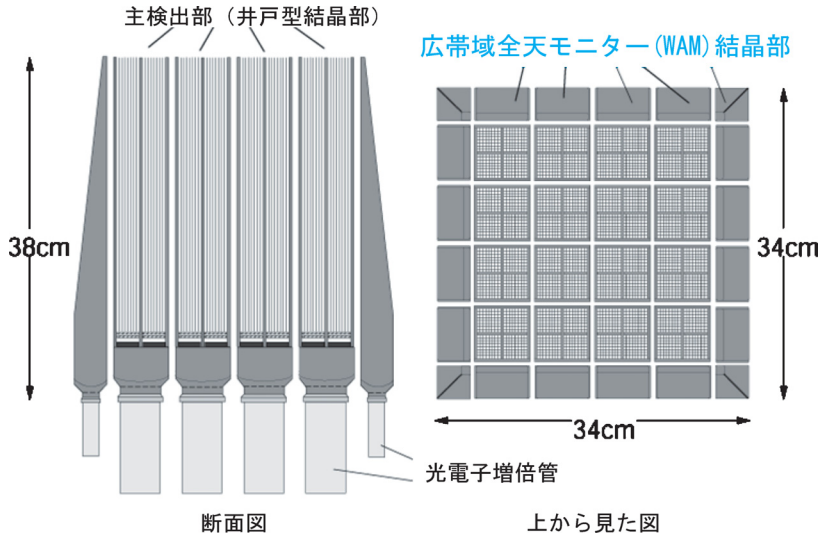


図1 「すざく」硬 X 線検出器の概観。広帯域全天モニター (WAM) は HXD の外側に配置された 20 本のシンチレーターの巨大な壁である。

でなく、光子が（コンプトン）散乱して飛び込んでくる可能性も高い。よって、単にシールドするだけでなく、シールド部にも検出能力をもたせ宇宙線や散乱光子がシールドをヒットしたことを検知し、ねらった天体からの正規のイベントと区別するのが有効である。すなわち視野を絞るための井戸型のシールドを、結晶シンチレータで作り、宇宙線や光子に対する検出能力をもたせ、アクティブに動作させることで、徹底した低雑音環境を作り出すことに成功している。

この結晶シンチレータの城壁ともいえるのが、HXD の周囲を守る 20 本のシンチレータ群である（図1）。1面に5本の分厚い BGO 結晶を配し、4面を守る。この結晶シンチレータでできた4面の壁は、アクティブ化されているので、硬 X 線検出能力がある。よって、防御壁であると同時に、四方をにらむ見張り台になっている。

このように、主検出結晶部分を宇宙線から守るためのシールドをアクティブ化し、ついでに広視野の観測装置として利用する。この逆転の発想で、「すざく」の第4の観測器となったのが広帯域

全天モニター (Wide-band All-sky Monitor; WAM) である。これによって、雑音のなかにあっても、ひときわ響く、ガンマ線バースト (GRB)、軟ガンマ線リピータや太陽フレアからの硬 X 線放射や、場所がわかっているために継続的に明るさのモニターができる系内の明るい X 線源、これらが、特に望遠鏡を向けなくても観測できる対象になった。次の節に詳しく述べるように、分厚い城壁ゆえに、このエネルギー帯域としては、巨大な有効面積を誇る。

## 2. 広帯域全天モニター (WAM)

WAM の構造は実にシンプルである。宇宙で実績のある結晶シンチレータと光電子増倍管からなり、ガンマ線光子が入射した際にシンチレータ内で発生した青緑色の光（波長は 480 ナノメートル）を光電子増倍管や前段増幅器で電気的信号に変換する。信号は、専用設計のアナログエレクトロニクスで増幅されて、一つ一つの光子イベントの波高値（=光子のエネルギーに相当）が読み出される。これを、デジタル処理しヒストグラム

表1 「すざく」広帯域全天モニター (WAM) の特徴.

検出器の種類	BGO シンチレータ
検出器数	4面 (WAM 0, 1, 2, 3 と呼ぶ)*1
エネルギー帯域	50-5,000 キロ電子ボルト
有効面積	400 平方センチメートル @1 メガ電子ボルト
視野	全天のほぼ半分
時間分解能	1/64 秒 (BST データ, バースト前後 64 秒間)*2, 1 秒 (TRN データ, 常時)
GRB への応答	1 日以内
GRB 位置決定精度	5-10 度 (WAM 自身), <1 度 (IPN)

\*1 太陽は WAM 0 の方向にある.

\*2 2006 年 3 月 20 日以降 1/64 秒に設定されている. それ以前は, バースト前後 128 秒間を 1/32 秒で取得された.

データとして毎秒スペクトルとして積算する (TRN データ). また, WAM はガンマ線バーストが発生したことを硬 X 線強度の上昇で, 自動判定する機能ももっている. そして, ガンマ線バーストと判定されれば, 時間分解能の高いガンマ線バースト専用のデータ (BST データ) モードで取得できるようになっている. このようにして作られた, 観測情報を専用のデジタルエレクトロニクスで, HXD のデータと合わせて「すざく」衛星の規格に従ったパケットに編集し, 最終的に衛星のデータレコーダーに記録する. 記録された内容は, 鹿児島内之浦の受信局で, 1日に5回, 1回あたり10分から12分くらいの交信時間中に再生される. これでようやく, WAM データを手にすることができる. 内之浦に待機している「すざく」当番は, ガンマ線バーストが起きていたら, 直ちに WAM チームや GRB 惑星間ネットワーク (IPN) に知らせようになっている (時には偽物も混ざるので人間が判断してあげる必要がある). ただし, データ再生の時間帯が, 衛星の軌道によって決まっておき, また人間の判断が介在しているようになるので, 残念ながら, WAM は Swift 衛星のように速報を出すことはできない.

表1にWAMの諸元をまとめる. WAMの武器は, その大きな有効面積である. 図2はWAMの一つの面の有効面積を過去・将来の広帯域全天装

置と比較したものである. 一つの面は面積800平方センチメートルで, 光子のエネルギーが高くなるに従って検出器で相互作用せずに透過しやすくなるので, 有効面積はしだいに減少する. しかし WAM の場合, 1メガ電子ボルトになっても400平方センチメートルもの有効面積をもっている. これは, もともとシールドとして設計されているため, 結晶シンチレータの材質に高い阻止能をもつ BGO (ビスマスジャーマネート;  $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ ) を採用していることと, 2.6センチメートルと分厚いためだ.

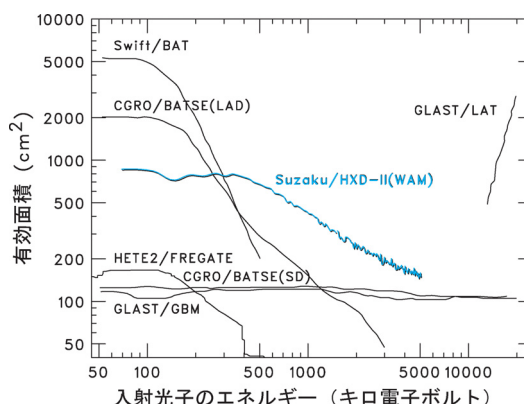


図2 他の全天モニターと比較した「すざく」WAM 1面の有効面積. WAMは, 300キロ電子ボルトの領域で他の検出器を上回る光子収集能力をもつ.

見てわかるように WAM はコンプトンガンマ線天文台に搭載された BATSE 検出器, GLAST 衛星搭載 GBM 検出器, Swift 衛星搭載 BAT 検出器を 300 キロ電子ボルト以上の領域で凌ぐ。したがって、この領域では WAM のほうが光子をたくさん集められるため、短時間で統計のよいエネルギースペクトルを得られることになる。ガンマ線バーストでは 300 キロ電子ボルト程度に放射エネルギーのピーク ( $E_{\text{peak}}$ ) があることが知られている<sup>3)</sup>。このピークは、シンクロトロン放射する電子の最小エネルギーを与えるため、GRB ジェットの加速機構を考えるうえで重要である。しかしながら、現在活躍中の Swift/BAT では 15–150 キロ電子ボルトと守備範囲が狭すぎるため、ほとんどのバーストで  $E_{\text{peak}}$  が決定できない。したがって、WAM は BAT にできない大きな仕事ができる。また、一部のガンマ線バーストではメガ電子ボルト以上で単純なシンクロトロン衝撃波モデルでは説明できない超過成分があることが報告されている<sup>4)</sup>。これらの起源に迫るうえで WAM のメガ電子ボルト領域の観測は貴重である。

WAM は「すざく」打ち上げ後、約 1 カ月の 2005 年 8 月 15 日から主検出部 HXD とともに始動した。光電子増倍管にける高压電源を慎重に 850 ボルトまで上げ、アナログ、デジタルエレクトロニクスの微調整を行った。最後にガンマ線バースト自動判定機能およびデータ読み出しを 8 月 22 日より開始し、ガンマ線バースト観測が本格的にスタートした。2005 年 9 月には巨大な太陽フレアの影響もあり、検出器保護機能が働いたりしたものの、2007 年 6 月までの 1 年 10 カ月程度の間、大きな問題もなく順調な動作を続けている。検出したガンマ線バーストは他衛星と同時に検出されたものだけですでに 230 個を超えており、その他ガンマ線バースト候補を含めると、年間 150 個以上のペースで検出している。これは Swift/BAT よりも多く、現在稼動中のものの中で、実は最多である（感度は 50–300 キロ電子ボル

トで 1 秒 1 平方センチメートルあたり 0.7 光子であり、BAT には劣る）。WAM で受けた GRB のライトカーブは Web サイト<sup>5)</sup>で公開中なので、ご覧になっていただきたい。さらに WAM はガンマ線バーストだけでなく、軟ガンマ線リピータや太陽フレアも観測できる。ここ数年は太陽活動の極小期にもかかわらず、X クラスの巨大太陽フレアを多数観測している。このように WAM は、「すざく」第 4 番目の観測装置として確固たる地位を得てきたのである。

### 3. WAM の検出器較正

WAM のガンマ線に対する応答自体は単純であるが、WAM 周辺にある衛星搭載機器による散乱・吸収によって複雑な応答となってしまう。コンプトンガンマ線天文台に搭載された BATSE 検出器はガンマ線バースト観測専用だったため、周囲に何も無い理想的な環境で観測ができた。WAM は全天モニター専用ではない。ガンマ線が「すざく」衛星に入ってきて WAM にたどり着くまでにさまざまな障害物を通さなければならない。さらにそれによる吸収や散乱の仕方が方向によって違うのである。ある方向から入射すると、そこにはマイクロカロリメーター (XRS) の巨大な冷媒タンクが立ちふさがり、ある方向から入射すると望遠鏡の焦点距離を確保するための光学伸展ベンチにぶちあたるといった具合である。そのため、筆者らは地上試験でさまざまな方向からガンマ線を入射する実験を行い、それと「すざく」衛星内の装置の配置を忠実に再現したシミュレーション結果を比較して、ガンマ線に対する応答関数を構築してきた。

通常、X 線やガンマ線の観測機器の機上較正には「かに星雲」が用いられる。かに星雲は 1054 年に爆発した超新星残骸で、スペクトルにあまり時間的変化がなく、同じべき型の関数で表されることが知られている。X 線硬 X 線領域で全天で 5 本の指に入る明るい天体である。しかし、WAM

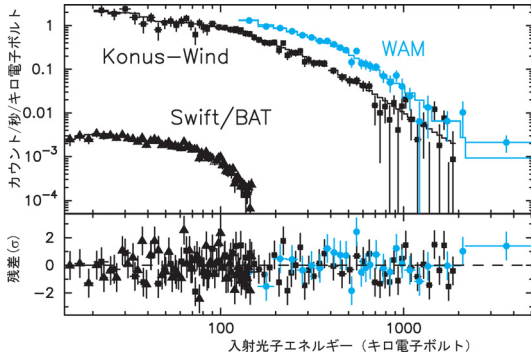


図3 GRB 051008 における相互較正の例。Swift/BAT, Wind/Konus, WAM の各検出器で受けたカウント数をプロットしたエネルギースペクトル。実線はある一つの放射スペクトルモデルを仮定したときに予想される各検出器の応答で、下段にモデルとデータの残差を示している。系統的なずれは見られない。

にとってはこのかに星雲でさえ、微弱にしか検出できない。かに星雲よりも明るいものはかに何があるのか？ 突発的に起こるガンマ線バーストや太陽フレアである。これらの天体は瞬間的にかに星雲の数百-数万倍の明るさにも達する。そこで筆者らはガンマ線バーストを用いて較正を行うことにした。しかし、ガンマ線バーストは決まった明るさでもスペクトルでもないのだ。どうするか？ 筆者らは、現在稼働中のアメリカのSwift/BAT (15-150 キロ電子ボルトに感度)、ロシアのWind/Konus チーム (20-10,000 キロ電子ボルトに感度) との国際相互較正を行うことにした。3者で同時に受けたガンマ線バーストを使うのである。2006年8月にキックオフミーティングをワシントンDC郊外のNASAゴダード宇宙飛行センターで行い、スタートした。

これまでに全23個のGRBのデータを互いに交換している。図3がGRB 051008に関して、相互較正を行った結果の例である。スペクトルは検出器が実際に受けたカウント数の空間で書かれており、3者がずれているのは、検出面積を反映し

ている (WAMとKonusは1台あたり、BATは1ピクセルあたり)。WAMがKonusよりも大きいのは、面積が大きいためである。このバーストはSwift/BATで検出され、Swift/XRTでX線での詳細な位置決めがなされた。可視光残光は見つかっていない。BATの結果では、15-150キロ電子ボルトのスペクトルは光子指数  $1.10 \pm 0.05$  のべき関数と矛盾がなかった<sup>6)</sup>。しかし、広帯域をもつWAMやKonusを組み合わせると、スペクトルの折れ曲がりが必要になり、そのエネルギーが  $730 \pm 110$  キロ電子ボルトと求まった。下はそのモデルとの残差である。3者で大きなうねりのようなものは見られておらず、15-10,000キロ電子ボルトの広い帯域を同一のモデルできれいに表せることがわかった。このような較正の結果、WAMの応答関数は、XRSの冷媒タンクなど特定の方向を除いて20-30%程度の不定性であることがわかり、十分スペクトル解析ができることがわかったのである。現在、スペクトル解析したものを速報として、ガンマ線バーストサーキュラー(GCN)に投稿している (2007年6月までに39編)。

#### 4. ガンマ線バースト (GRB) の観測

前節で較正に用いたことから明らかのように、WAMの硬X線感度と、大面積かつ広視野という特徴は、GRBの観測にうってつけである。特にほかの観測装置に比べて大きい有効面積は、短時間のGRBや短時間のスペクトル変動などの観測で威力を発揮する。最後に、「ショートGRB」の観測結果をWAMによる観測成果の一例として紹介しよう<sup>7)</sup>。なおGRBについての一般的な解説は、このシリーズの6月号に掲載されているので参照されたい<sup>8)</sup>。

##### 4.1 ショートGRB

ガンマ線バースト (GRB) は、残光を除くバースト本体の継続時間が、2秒を境に大きく二つの分布に分かれることが知られている。長時間 (ロング) GRBの平均継続時間が、20秒ほどである



のに対して、GRB 全体のおよそ 1/4 を占める「短時間（ショート）GRB」の平均継続時間は、およそ 0.3 秒にすぎない<sup>9)-14)</sup>。

バーストの継続時間は GRB を引き起こす系の広がりによるので、この違いは、GRB を引き起こす天体の違いによるのかもしれないと考えられている。すなわち超新星爆発と結びつけられて考えられている「ロング GRB」と違って、「ショート GRB」は中性子星とブラックホール（あるいは中性子星）の連星系が崩れ、両者が合体するときのエネルギー放射ではないかと予想されてきた<sup>15), 16)</sup>。さらに最近、2005 年夏に相次いで、HETE-2<sup>17)</sup> や Swift<sup>18)</sup> が、ショート GRB の X 線残光を発見した。X 線残光を用いた精密な位置決定をもとに、ショート GRB に対しては初の可視光での追観測が可能になり、それらの母銀河が決定された。これらは、ロング GRB と異なり、もはや星形成を行っていない種類の銀河であった。つまり超新星によらず、むしろ「合体」によって、ショート GRB が引き起こされている仮説を支持する結果となったのである。

継続時間の違いから現象論的に分類されていたショート GRB であるが、どうやら本当に別種の発生機構をもつ GRB であるらしい。そこで筆者らは、大面積を誇る WAM とこれまで実績のある Wind/Konus という組み合わせで、同時に観測された四つのショート GRB について、Konus チ-

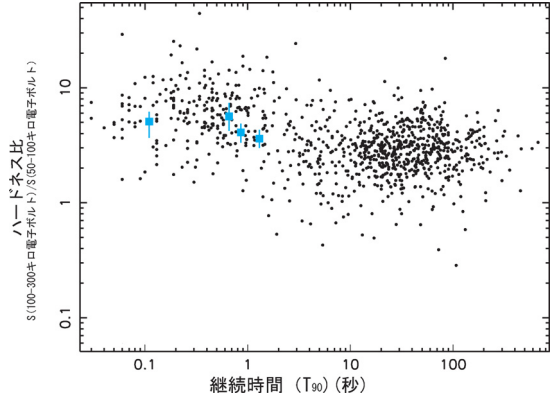


図4 継続時間 ( $T_{90}$ : 光度曲線で 90% の光子が入る時間) とハードネス比の関係。BATSE のサンプルと比較すると、今回の四つの WAM のショート GRB は典型的なものである。

ムと共同でスペクトルデータの解析を進め、詳細にその性質を明らかにすることにした。Konus は WAM に比べると小規模であるが、シンプルな構造でよく較正されたエネルギー応答をもっている。応答がやや複雑だが大面積と WAM と補い合いながらの観測になる。

#### 4.2 観測

WAM と Konus が同時観測できた GRB は、打ち上げ後 2 年間で 100 を超える。この中で正確に位置が求められたショート GRB は八つであったが、筆者らは高エネルギー帯域まで質の良いスペクトルが取得できた四つの GRB について同時解

表2 WAM-Konus で観測された四つのショート GRB と同時に観測した惑星間ネットワーク (IPN) に参加している観測機器。

	検知時刻 (UT)		Konus, WAM 以外の同時観測機器*
	Suzaku-WAM	Wind-Konus	
GRB 051127	22 : 55 : 19.896	22 : 55 : 15.860	Odyssey HEND, HETE-2 FREGATE
GRB 060317	11 : 17 : 39.104	11 : 17 : 35.996	INTEGRAL SPI-ACS
GRB 060429	12 : 19 : 51.031	12 : 19 : 49.712	Odyssey HEND & GRS, INTEGRAL SPI-ACS, RHESSI
GRB 060610	11 : 22 : 23.544	11 : 22 : 22.632	Odyssey HEND & GRS, INTEGRAL SPI-ACS, RHESSI

HEND は High Energy Neutron Detector, GRS は Gamma-Ray Sensor head<sup>19)</sup>, SPI-ACS は spectrometer anti-coincidence detector<sup>20)</sup> の略。

析を行った。これらを表2にまとめる。

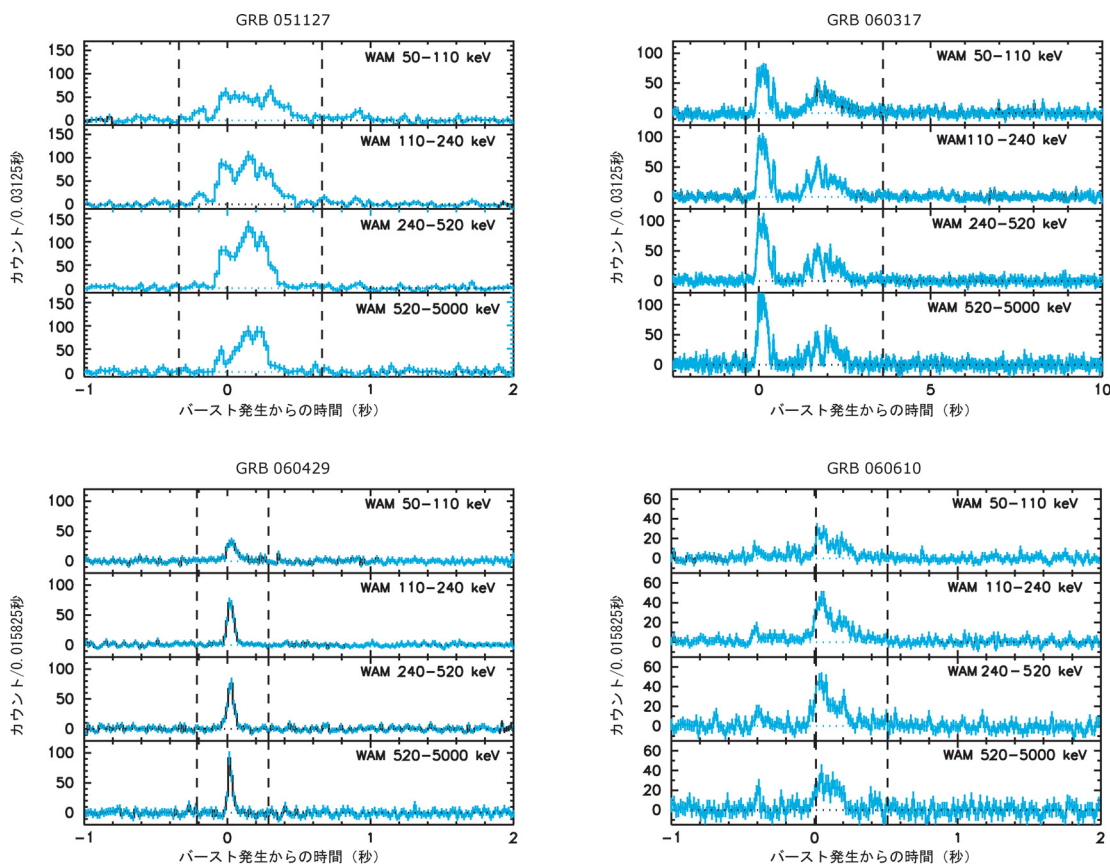
さらに図4に、ここで取り上げた四つのショートGRBの継続時間と、100-300キロ電子ボルト帯域と50-100キロ電子ボルトの強度比（ハードネス）の関係を示した。背景に示した従来の分布（コンプトン・ガンマ線天文台搭載BATSE検出器のデータ）と比較して、典型的なサンプルであることがわかる。

### 4.3 ショートGRBの硬X線スペクトル

図5に、WAMとKonusで得られた明るさの変動の様子を、エネルギー帯域ごとに示した。いずれも1秒以下の鋭いピークをもつ典型的な

ショートGRBであることがわかる。またいずれも520-5,000キロ電子ボルトというWAMの一番高いエネルギーバンドでも、明瞭な光度曲線が得られているが、ピークを迎える時刻にバンドごとの違いはあまり見られない。つまり、スペクトル変化を起こしていないということを示唆する結果である。これは、しばしばスペクトル変化が観測されるロングGRBと大きく異なったショートGRBの特徴として指摘されてきたが、WAMの優れた精度の観測でも確認された。

顕著なスペクトル変動がないことが確認できたので、それぞれのGRBについて、平均スペクトル



\* keV = キロ電子ボルト

図5 四つのショートGRB (GRB 051127, GRB 060317, GRB 060429, GRB 060610) のWAMのエネルギー別のライトカーブ。高いエネルギーまで見てもピークの位置に差が見られない。

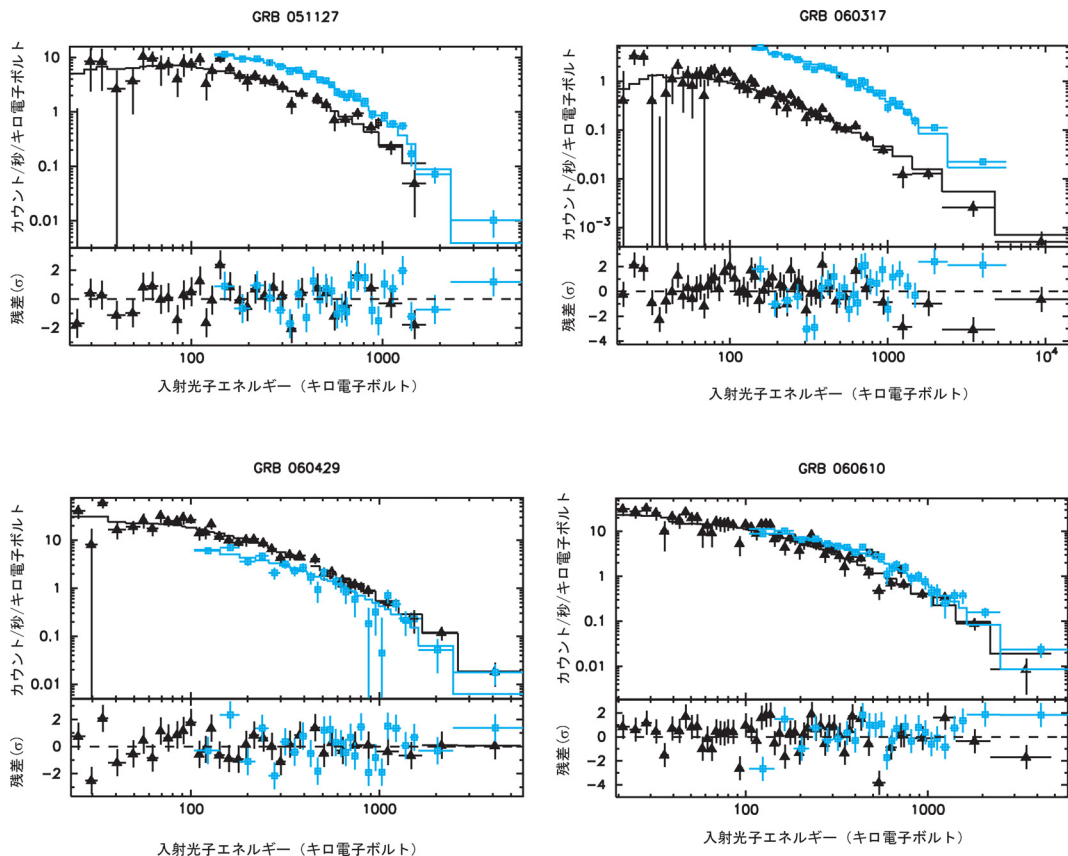


図6 WAMとWind/Konusのエネルギースペクトルを折れ曲りをもつ巾関数でモデル化したもの。上が検出器が受けた空間での光子カウントスペクトル。下がモデルとデータの残差。

ルを評価することにする。図6に、四つのGRBからWAMとKonusで得られた硬X線スペクトルをまとめた。四角でWAMのデータを、三角でKonusのデータを表している。いずれも検出器のエネルギー応答を戻さず、実際に得られたカウントレートで明るさを表している。ヒストグラムで表しているのが、これらのデータをGRBのスペクトルを表現するのに一般的によく用いられている折れ曲りをもつべき関数でフィットしたものである。とくに $E_{\text{peak}}$ は、GRBの物理を考えるうえで重要な指標であり、得られたエネルギースペクトルの折れ曲り具合から $E_{\text{peak}}$ が導出できる。特にロングGRBでは、GRBの放射強度と強い相関

を示すことが知られている（発見者にちなんでAmati相関<sup>20), 21)</sup>と呼ぶ）。そこで平均スペクトルから得られた $E_{\text{peak}}$ をAmati相関と比較することにする（図7）。ただしこれらのショートGRBについては、赤方偏移がわかっていないので、 $z=0.1-10.0$ までの間で変化させたときの推定値を線で結んで示した。Amati相関は、相対論的速度で吹き出すGRBジェットのエネギーがシンクロトロン放射へと変換されるときに磁場と電子へのエネルギー分岐比が一定であることを示唆していると考えられるが、少なくともこの四つのショートGRBについては、この相関に乗っていないことが明らかである。やはり放射機構が根本的に異



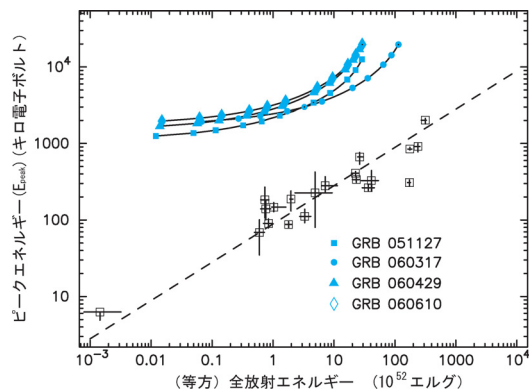


図7 WAMによる四つのショートGRBに関する、等方的放射を仮定した場合の全放射エネルギー ( $E_{\text{iso}}$ ) とピークエネルギー ( $E_{\text{peak}}$ ) の関係 (Amati 相関). どのように赤方偏移を調整しても破線の相関の上にはこないことから, 別起源であることが示唆される.

なっていることを示しているのかもしれない。

また, 今回のWAMのサンプルにはハードネス比が8を超えるようなスペクトルの極めて硬いものはなかった(図4). しかしながら, BATSE ではこうしたイベントが30%を占めている. BATSEで観測されたものが本当にあるのか? ないのか?, はたまた, そのスペクトルはどのようなものなのか, WAMで検証していくことが今後の課題である.

## 5. ま と め

以上見てきたようにWAMは, 「すざく」第4の検出器として現在のGRB観測において非常に重要な地位を占めている. 問題は, 複雑な応答関数であったが相互較正によってその目処も立ち, 今後続々と結果が発表できるだろう. 今回は詳細は触れられなかったが, 太陽や地球の食を利用した白鳥座X-1などの硬X線天体のモニターに関しても結果が出つつあり, いずれ紹介していきたい.

硬X線での宇宙は非常に激動に満ちていて楽

しい. 昔から観測されているにもかかわらず, 何が起きるかわらない魅力を秘めている. WAMによる新しい発見を期待したい.

## 謝辞と共同研究者リスト

これらWAMに関する研究は, 山岡, 大野, 田代のほか以下の「すざく」WAMチームのメンバーによってなされた. 寺田幸功, 玉川 徹 (理研), 浦田裕次, 恩田香織, 遠藤 輝, 鈴木正信, 小高夏来, 守上浩市 (埼玉大), 鈴木素子, 国分紀秀, 高橋忠幸 (ISAS/JAXA), 深沢泰司, 大野雅功, 高橋拓也, 上原岳士, 吉良知恵 (広島大), 牧島一夫, 中澤知洋, 宮脇良平, 榎戸輝揚 (東京大), 洪 秀徴 (日本大), 山内 誠, 園田絵里, 前野将太, 田中裕基, 原 龍児 (宮崎大), 中川友進, 杉田聡司 (青山学院大), 村上敏夫 (金沢大), 田島宏康 (SLAC).

また, 惑星間ネットワーク (IPN) のボスである U.C. Berkeley の Kevin Hurley 氏や Wind/Konus チームの Valentin Pal'shin 氏らには本研究のみならず, GRBに関してさまざまな情報を毎日のように提供していただいている. 坂本貴紀氏や佐藤悟朗氏ほか Swift/BAT チームの方々には較正などさまざまな面でお世話になっている.

最後に, WAMは, 「すざく」の前身 Astro-Eの時代にさかのぼり, WAMの設計, 日々の手作業による製作, 徹夜での地上較正, そして「すざく」打ち上げ後の日々の運用や機上較正など, 10年以上もの歳月でHXDやWAMにかかわってきたすべての人々の血と汗の結晶である. 心からお礼を申し上げるとともに, すべての方を列举することができないことをお許しいただきたい.

## 参考文献

- 1) Takahashi T., et al., 2007, PASJ 59, 35
- 2) Kokubun M., et al., 2007, PASJ 59, 53
- 3) Band D., et al., 1993, ApJ 413, 281
- 4) Gonzalez M. M., et al., 2003, Nature 424, 749
- 5) 「すざく」 WAM ホームページ <http://www.astro.isas.jaxa.jp/suzaku/HXD-WAM/WAM-GRB>
- 6) Barthelmy S., et al., 2005, GCN 4077
- 7) Ohno M., et al., 2007, PASJ 59 accepted
- 8) 田代, 2007, 天文月報 100, 6, 254
- 9) Mazets E., et al., 1981, Ap&SS 80, 119
- 10) Norris J., et al., 1984, Nature 308, 434
- 11) Dezalay J.-P., et al., 1992, in Gamma-Ray Bursts, eds. W. Paciesas and G. Fishman, Huntsville, AL, AIP Conf. Proc. 265 (AIP Press, New York), 304
- 12) Hurley K., 1992, in Gamma-Ray Bursts—Proceedings of the Gamma-Ray Burst Workshop—1991, Huntsville, AL, Eds. W. Paciesas and G. Fishman, AIP Conf. Proc. 265 (AIP Press, New York), p. 3
- 13) Kouveliotou K., et al., 1993, ApJ 413, L101
- 14) Norris J., et al., 2000, BAAAS 32, 1244
- 15) Katz J. I., Canel L. M., 1996, ApJ 471, 915
- 16) Rüter M., Janka H. T., 1999, A&A 344, 573
- 17) Ricker G. R., et al., 2003, in Gamma-Ray Burst and Afterglow Astronomy 2001, AIP Conf. Proceeding 662, ed. G. R. Ricker, R. K. Vanaderspek (AIP Press, New York), p. 3
- 18) Gehrels N., et al., 2004, ApJ 611, 1005
- 19) Hurley K., et al., 2006, ApJ 164, 124
- 20) Rau A., von Kienlin A., Hurley K., Lichti G., 2005, A&A 438, 1175
- 21) Amati L., et al., 2002, A&A 390, 81
- 22) Amati L., 2006, MNRAS 372, 233

### Initial Results from the Suzaku Wide-band All-sky Monitor

**Kazutaka YAMAOKA**

*Department of Physics and Mathematics, Aoyama Gakuin University, 5-10-1 Fuchinobe, Sagamihara, Kanagawa 229-8558, Japan*

**Masanori OHNO**

*Department of Physics, Hiroshima University, 1-3-1 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, Hiroshima 739-8526, Japan*

**Makoto TASHIRO**

*Department of Physics, Saitama University, Shimo-Okubo, Sakura-ku, Saitama-shi, Saitama 338-8570, Japan*

「Suzaku」 WAM Team

Abstract: We present the initial results of Suzaku wide-band all-sky monitor (WAM) based on its 1.5-year operations. The WAM is the secondary functions of large, thick lateral shield of the Hard X-ray Detector (HXD), which has a large effective area with 400 cm<sup>2</sup> at 1 MeV and a wide field of view of about 2 pi str. The WAM has already detected more than 234 gamma-ray bursts and 152 solar flares. Thus, it has established the firm positions as the fourth instruments on board Suzaku. We have also cross-calibrated with Swift/BAT and Wind/Konus instruments using bright GRBs, and the WAM energy response can be used for spectral analysis within 20–30% accuracy. We finally introduce the WAM observations of the four short-duration GRBs simultaneously detected with Wind/Konus. The spectral shape and no lag behavior are similar to that in the previously known short GRBs, but the estimated isotropic energy and energy peak the four short GRBs is out of the Amati relation, suggesting that the origin of short GRBs is different from that of the long GRBs.