

WAM アーカイブ Ver.2 文書

寺田 幸功、田代 信、勝倉 大輔、小高 勝也、村上 爽太、高橋 海斗 (埼玉大学)、
山岡 和貴 (名古屋大学: 文責)

ver1.0 2018-02-28 最初のバージョン発行

ver2.0 2018-03-13 イベント情報を詳細化

ver3.0 2018-09-22 分類をアーカイブに合わせて修正

ver3.1 2018-09-27 トリガー ID の記述を修正

ver4.0 2018-10-10 OBSID を追加

概要

本文書は、WEB 上で公開される「すざく」衛星搭載広帯域全天モニタ (Wide-band All-sky Monitor) の公開データについてまとめられたものである。WAM は硬 X 線検出器のサブシステムであるが、ガンマ線バーストや太陽フレアなどの突発現象 (イベント) を検出でき、約 10 年間の運用で 3000 以上にも及ぶイベントを検出してきた。そのイベントのライトカーブやエネルギースペクトルを広く世界に公開することが目的である。ver2 ではライトカーブを公開し、ver3 以降でエネルギースペクトルを公開していく予定である。

1 WAM イベントの分類

WAM はガンマ線バースト (GRB) の自動検出機能を持っており、機上で自動検出することをトリガーと呼ぶ。トリガーしているものをトリガーイベント、していないものをアントリガーと呼ぶ。常に 1 秒の時間分解能のライトカーブをトランジェント (TRN) データとして取得しており、トリガーした場合には速い時間分解能をもつバースト (BST) データを取得できる。

イベント分類は、表 1 のようである。

表 1: WAM イベントの分類

分類	内容
Confirmed GRB	他衛星で検出され、ガンマ線バースト (GRB) と判断できるもの
Possible GRB	他衛星では検出されていないが、ライトカーブで GRB らしいと判断されるもの
Solarflare	GOES 衛星と同期している、もしくはそれらしい太陽フレアイベント
Confirmed AXP/SGR	他衛星で検出されている異常 X 線パルサー (AXP)、軟ガンマリピータ (SGR) イベント
Possible AXP/SGR	他衛星で検出されていないが、ライトカーブで異常 X 線パルサー (AXP)、軟ガンマリピータ (SGR) らしいと判断されるイベント
Particle/SAA	荷電粒子 (SAA 含む) によるカウントレート増加に伴うイベント
Noise/Spike	バックグラウンドの揺らぎに起因するノイズ事象や 1 秒の増加現象
Operation	オペレーションによる誤動作や高圧オン、ユニットスキャンに伴うイベントなど

2 各々のイベントの情報

各イベントにつく情報は表 2 のようである。Ver.1 ではトリガーとアントリガーと 2 つのタイプを分けていたが、Ver.2 では情報を 1 つの表で管理する。

表 2: イベントの情報

項目	Ver.†	内容
イベントナンバー/Event No.	1,2	検出された時刻をもとに、YYMMDDHHMMSS で記述
観測 ID/Obs. ID	2	すざく観測 ID。マヌーバ中などの非公開データの場合、999999999 としている
トリガー ID/Trig. ID	1,2	トリガーを発生した順番に 1 から順に番号づけしたもの トリガーしていない場合は 4001 から順に番号づけしている
日付時間/DateTime (UTC)	1,2	イベントが検出された時刻を UT で与えている
イベントタイプ/Event type	2	トリガーかアントリガーか?
トリガー WAM0	1,2	WAM0 でトリガーしたかどうか? yes/no/。アントリガーの場合、N/A‡
トリガー WAM1	1,2	WAM1 でトリガーしたかどうか? yes/no。アントリガーの場合、N/A‡
トリガー WAM2	1,2	WAM2 でトリガーしたかどうか? yes/no。アントリガーの場合、N/A‡
トリガー WAM3	1,2	WAM3 でトリガーしたかどうか? yes/no。アントリガーの場合、N/A‡
分類/Classification	2	ライトカーブや他衛星の情報をもとに判断したもの。表 1 の分類に従う
名前/Name	2	GRBYYYMMDD、1E 1547.0-5408、SGR 1900+14 など
赤経/RAC	2	位置が分かっている場合はその赤道座標 (2000 年分点)
赤緯/DEC	2	位置が分かっている場合はその赤道座標 (2000 年分点)
入射角 θ	1,2	座標に基づく、WAM への入射角 (天頂角 θ)
入射角 ϕ	1,2	座標に基づく、WAM への入射角 (方位角 ϕ)
継続時間/Duration T_{90}	1,2	継続時間を表す指標で、検出されたガンマ線イベント 全体の 5% から 95% までに対応する時間 (秒)
フルーエンス/Fluence	1,2	放射総エネルギー量 (erg cm^{-2})
他の検出/Other Detection	1,2	同時に検出した衛星・検出器名
赤方偏移/Redshift	2	GRB の赤方偏移 (決まっている場合)
座標情報/Position Reference	2	GRB などの座標についての引用先
WAM 情報/WAM Reference	1,2	GCN やカタログなど WAM 情報の引用先
GOES class	1,2	GOES 衛星による太陽フレアの軟 X 線フラックス (A,B,C,M,X)
コメント/Comments	1,2	コメント (マヌーバ中や SAA の影響など)

†: 1,2 は ver1 から継続するもの。2 は ver2 から新設されたものを示す。

‡: トリガーイベントの中に各 WAM 検出器からのトリガーが全て no の場合があり、N/A としている。

3 データプロダクトの情報

A. TRN データ 対象: 全てのイベント (アントリガー、トリガーとも)

A1. イベント周辺時刻を切り出した TRN イベントデータ FITS

`ae[ObsID]_YYYYMMDDHHMMSS_wam_[short,long].evt`

以下のように、2 種類の時間帯 (short,long) を継続時間に応じて用意している。 T_0 は検出時刻を示す。

- long: $T_0 - 500 \text{ s} \sim T_0 + T_{90} + 400 \text{ s}$ ($T_{90} \geq 100 \text{ s}$)
 $T_0 - 5 \times T_{90} \text{ s} \sim T_0 + 5 \times T_{90} \text{ s}$ ($T_{90} < 100 \text{ s}$)
- short: $T_0 - 0.5 \times T_{90} \text{ s} \sim T_0 + 2 \times T_{90} \text{ s}$ ($T_{90} \geq 10 \text{ s}$)
 $T_0 - 5 \text{ s} \sim T_0 + 15 \text{ s}$ ($T_{90} < 10 \text{ s}$)

A2. TRN ライトカーブ FITS(デッドタイム補正なし) エネルギー 4 バンド、時間ビン (1s)

`ae[ObsID]_YYYYMMDDHHMMSS_wam[0-3]_th[0-3]_[short,long]_ndtc.lc`

A3. TRN ライトカーブ FITS(デッドタイム補正あり) エネルギー 4 バンド、時間ビン (1s) 4 バンドのエネルギー帯については BST データ TH 0,1,2,3 のバンドとそろえている。

`ae[ObsID]_YYYYMMDDHHMMSS_wam[0-3]_th[0-3]_[short,long].lc`

A4. QDP、PNG 形式 時間ビン (1s)

- `ae[ObsID]_YYYYMMDDHHMMSS_wam[0-3]_trn_4band_[short,long].{qdp,png}`
デッドタイム補正あり
- `ae[ObsID]_YYYYMMDDHHMMSS_wam[0-3]_trn_4band_[short,long]_ndtc.{qdp,png}`
デッドタイム補正なし

B. BST データ 対象: トリガーイベントのみ

B1. BST イベントデータ FITS `]hxd_[0-9]_bst0[1-9]_uf.evt`

B2. BST ライトカーブ FITS(デッドタイム補正なし) 各面 (0,1,2,3)、エネルギー 4 バンド (TH0,1,2,3)

`ae[ObsID]_YYYYMMDDHHMMSS_wam[0-3]_bst_th[0-3]_ndtc.lc`

B3. BST ライトカーブ FITS(デッドタイム補正あり) エネルギー 4 バンド (TH0,1,2,3), 時間ビン (1/32s, 1/2s もしくは 1/64s, 1/4s)

`ae[ObsID]_YYYYMMDDHHMMSS_wam[0-3]_bst_th[0-3].lc`

B4. QDP、PNG 形式 時間ビン (1/32, 1/2 s もしくは 1/64, 1/4 s)

- `ae[ObsID]_YYYYMMDDHHMMSS_wam[0-3]_bst_4band_nobin.{qdp,png}`
1 ビンまとめ (1/32 or 1/64 s)、デッドタイム補正あり
- `ae[ObsID]_YYYYMMDDHHMMSS_wam[0-3]_bst_4band_nobin_ndtc.{qdp,png}`
1 ビンまとめ (1/2 or 1/4 s)、デッドタイム補正なし
- `ae[ObsID]_YYYYMMDDHHMMSS_wam[0-3]_bst_4band_16bin.{qdp,png}`
16 ビンまとめ (1/32 or 1/64 s)、デッドタイム補正あり
- `ae[ObsID]_YYYYMMDDHHMMSS_wam[0-3]_bst_4band_16bin_ndtc.{qdp,png}`
16 ビンまとめ (1/2 or 1/4 s)、デッドタイム補正なし

C. GTI (Good Time Interval) FITS `ae[ObsID]_YYYYMMDDHHMMSS.gti`

検出器が正常な状態でその天体を観測している時間帯を示す。具体的には、

- 高圧電源をオフしている
- 検出器の健康診断 (WAM スキャンと呼ぶ) を行っている
- 座標が精度よく決定されているイベントに対して、地食になっている時間帯。ただし、地球大気の影響は考えていない。

を除いている。

4 ver1 と ver2 の違い

- ver1 では QL(Quick Look) ベースであり、できるだけ早い公開を行うため、地上局である JAXA 内之浦空間観測所 (USC) で一時的に作成されたデータ (QL データと呼ぶ) を使用していた。ver2 では正式にプロセスされた公開データを用いる。違いとしては、

- 衛星姿勢や時刻補正情報が更新されている。
- マヌーバ中のデータや正常な状態で観測を行っていないデータは、公開データに含まれない。データを補完するため、一部非公開の QL データを用いた。そのデータの Obs. ID は、TRN データの場合には 999999999、BST データの場合には 99999[TrigID] としている。
- ver2 では新たに以下のプロダクトを追加している。
 - イベントデータ FITS(TRN と BST) の追加。ユーザーが FTOOLS を使用して自身で解析可能である。
 - BST データについては、16 ビンまとめ (1/2 もしくは 1/4 s 相当) したライトカーブを追加。
 - デッドタイム補正したライトカーブの追加
 ver1 ではデッドタイム補正をしていないため、一部明るい太陽フレアなどの場合にライトカーブが不自然に落ち込む現象がみられているが、それはデッドタイム補正をすることで改善する。ただし、BST データについてはデッドタイム補正する明確な手段がないため、現段階では参考とする。現在、ライトカーブ作成ツール `hxdmkbst1c` にも実装されている補正手法については付録に示す。
 - GTI FITS の追加

5 その他

- 本アーカイブを使用して論文を執筆する場合には、謝辞として以下を記述すること。
 This research has been made using the WAM archive data products ver. 2 provided by JAXA C-SODA and Suzaku WAM team.
- 今後の WAM アーカイブの予定としては以下がある。
 - 任意の時間帯からライトカーブを作成できる WEB ツール
 - カタログ (GRB、太陽フレア)
 - スペクトル関連プロダクト (イベントのエネルギースペクトル、バックグラウンドスペクトル、応答関数など)

A デッドタイム補正法

A.1 デッドタイムカウンタによる方法

PH データ (1 秒ごとに出力) については、デッドタイムカウンタを使用して補正する。WAM のデッドタイム DT はデッドタイムの幅を周期 $T_{\text{CLK}} (=12.8 \mu\text{s})$ のデッドタイムクロックで数えている。したがって、数えたクロック数を N_{DT} とすると、

$$DT = N_{\text{DT}} \times T_{\text{CLK}} \quad (1)$$

で与えられる。このカウント値 N_{DT} をデッドタイムカウンタと呼び、TRN データに 1 秒毎、BST データに 0.5 秒もしくは 1 秒ごと出力される。

A.2 イベントレートによる方法

1秒を切る TH データのデッドタイムについては、デッドタイムカウンタは使用できない。したがって、処理された PH データの数から推測することになる。典型的な 1 イベントあたりのデッドタイムは、PH データ (Overflow データを含む 0-55 チャンネルデータ: <5 MeV) が $D_{\text{PH}}=13.0 \mu\text{s}$ 、UD イベント (>5 MeV) が $D_{\text{UD}}=25.6 \mu\text{s}$ であるため、近似的に、

$$DT = DT_{\text{PH}} \times N_{\text{PH0-55}} + DT_{\text{UD}} \times N_{\text{UD}} \quad (2)$$

と表すことができる。ただし、デッドタイムは固定ではないため、カウントレートが高い場合にはこの関係式から外れると予想される。

BST データの場合、得られているのは TH0+1+2+3 の 2-55 チャンネルの情報であり、UD や PH0-1 チャンネルのカウント情報については 0.5 秒もしくは 1 秒のデータしかない。したがって、PH0-55 チャンネルの 1/32 秒もしくは 1/64 秒のカウントレートの変化は、0.5 秒もしくは 1 秒のカウントレートの変化と同じであると仮定をおき、PH0-55 チャンネルと PH2-55 チャンネルのカウント比から求めている。また、UD については荷電粒子イベントが主体のため、0.5 秒もしくは 1 秒の間で変化しないとしている。これらから、

$$DT = DT_{\text{PH}} \times N_{\text{PH2-55}} \times N(0.5/1s)_{\text{PH0-55}} / N(0.5/1s)_{\text{PH2-55}} \\ + 1/32 \times (N(0.5/1s)_{\text{DT}} \times T_{\text{CLK}} - DT_{\text{PH}} \times N(0.5/1s)_{\text{PH0-55}}) \quad (3)$$

で求めている。第 1 項が PH データによるデッドタイムの寄与、第 2 項が UD のデッドタイムの寄与である。今は時間によってスペクトルの形状が変化しないということを前提としているが、時間とともに大きく変化する場合には上記の関係は成り立たず、今後の課題として残る。