

# すざく衛星搭載広帯域全天モニタ による太陽フレア観測

○大野雅功,高木勝俊,河野貴文,中村竜,古井俊也,深沢泰司(広島大理),  
安田哲也,石田勇介,上野遥,杉本樹信,遠藤輝,坂本明弘,丸谷美恵,寺田幸功,  
田代信(埼玉大),石川真之介(国立天文台),大森法輔,秋山満,山内誠(宮崎大),  
山岡和貴(名大STE研),杉田聡司(愛媛大),  
中川友進,国分紀秀,高橋忠幸(ISAS/JAXA),岩切渉(理研),  
花畑義隆(ICRR),浦田裕次(NCU),中澤知洋,牧島一夫(東大理),  
ほかすざくWAM チーム



# 太陽フレアのX線ガンマ線観測

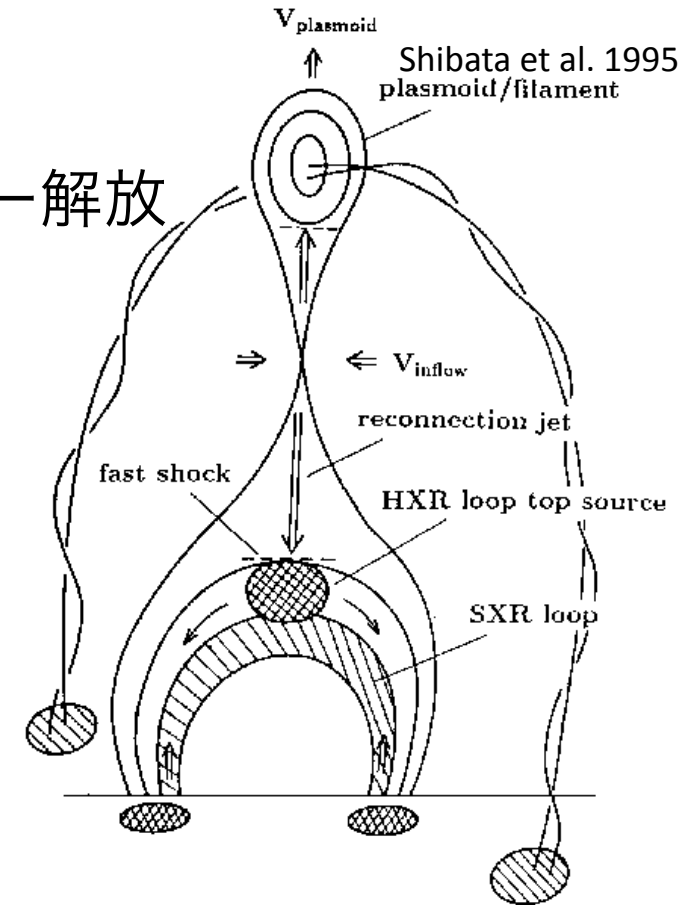
- 太陽フレア:身近な粒子加速源場
  - 磁気リコネクションによるエネルギー解放
  - 粒子加速, X/ガンマ線放射

→ 粒子加速機構や現場はまだ謎が多い  
ひので: フレア発生環境を捉える

X/ガンマ線観測: 加速粒子を捉える

- 様々な規模: スーパーフレア、  
フレア、マイクロフレア

→ 小規模フレアの加速機構の理解も重要



高感度X線ガンマ線観測により、様々な規模からの放射を捉え、  
他波長帯と比較することが必要



# すざく衛星搭載広帯域全天モニタ



HXD: 10-600 keV  
WAM: 50 keV ~ 5 MeV

## すざく衛星

日本で5番目のX線天文衛星

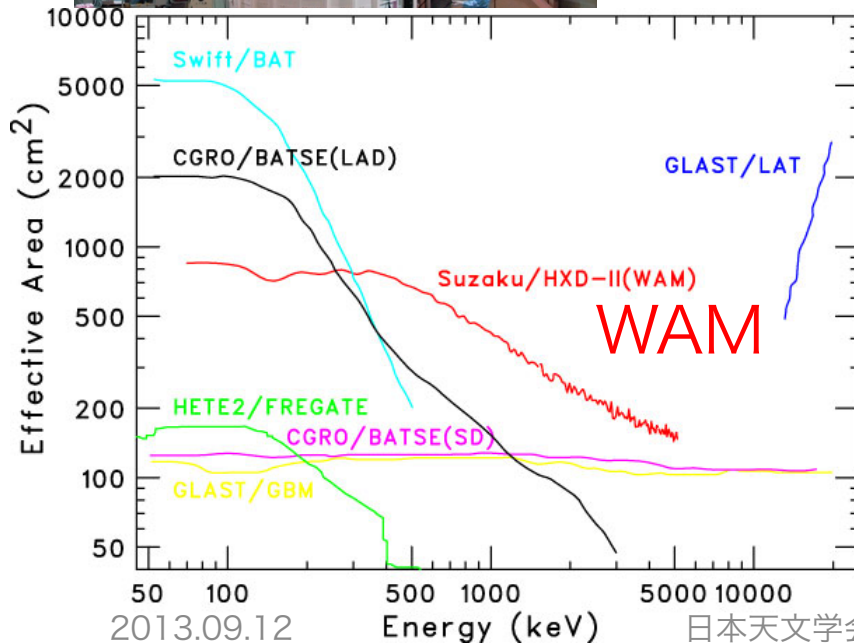
主検出器では太陽をポインティングしないが  
広帯域全天モニタ

(Wide-band All-sky Monitor: WAM)

により、太陽フレアのモニタ観測が可能

## Wide-band All-sky Monitor (WAM)

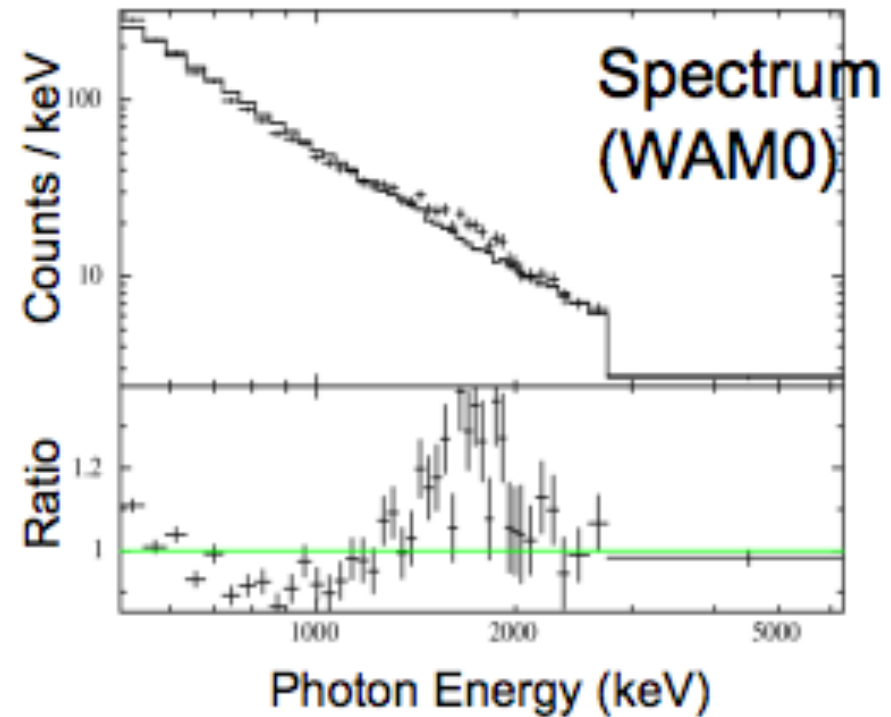
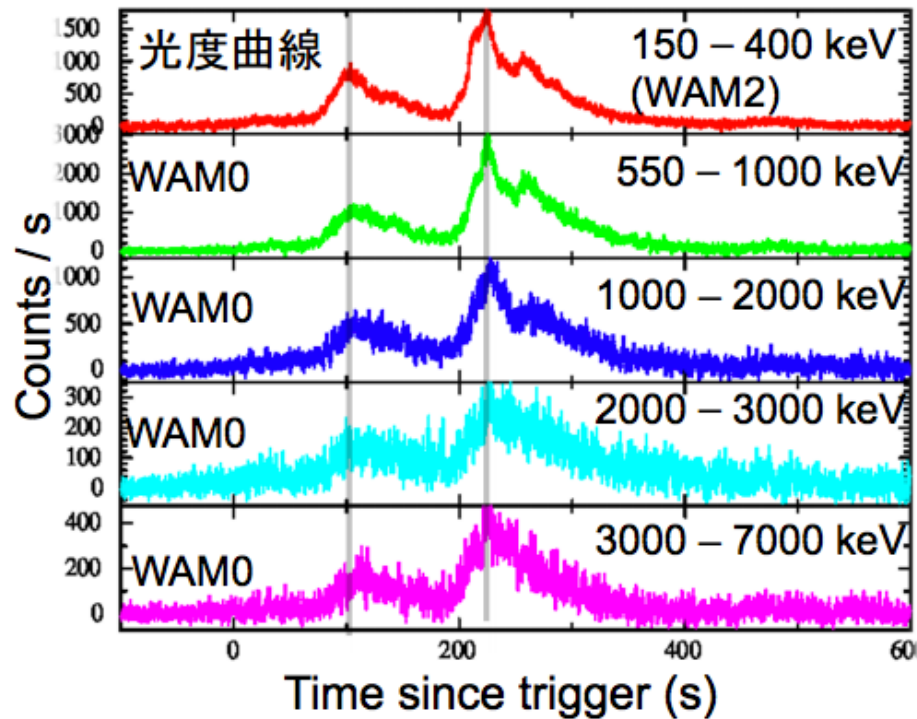
- 帯域 : 50-5000 keV
- 視野 :  $\sim 2\pi$
- 有効面積 : 800 cm<sup>2</sup>@100 keV  
(RHESSIの13倍@100 keV)
- エネルギー分解能:  $\sim 30\%$ @662 keV
- 1 s 時間分解能, 55 energy bins  
の常時モニタデータ (TRN data)
- 15ms 時間分解能, 4 energy bins,  
バースト前後 56 s 間  
のバーストデータ (BST data)





# WAM の太陽フレアデータ

2006年12月5日 10:26:27 X9.0 (S06E59) フレアの例



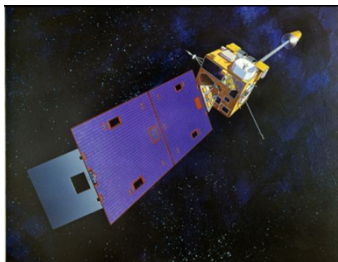
- 主にTRN data (1s時間分解能, 55 energy channels) でフレア全体を観測
- 明るいフレアでは、軟ガンマ線領域 (~MeV) まで光子を検出  
→ 岩切ポスター(M21b)



# WAMによる太陽フレア観測

WAMが観測した太陽フレアとそのGOES class

YEAR	WAM検出(TH0) 50-110 keV	GOES class				WAM検出(TH1) 110-220 keV	GOES class			
		X	M	C	B		X	M	C	B
2005(8/22~)	49	8	17	22	2	14	2	6	5	1
2006	38	4	4	18	12	11	4	3	3	1
2007	12	0	7	2	3	4	0	4	0	0
2008	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0
2009	3	0	0	3	0	1	0	0	1	0
2010	32	0	11	16	5	4	0	3	1	0
2011	147	8	11	16	5	33	5	21	7	0
2012	165	8	61	75	6	43	8	28	7	0
TOTAL	447	28	177	211	31	111	19	65	25	2



GOES: Geostationary Operational Environment Satellite  
(軟X線撮像、陽子流計測)

GOES class (1-8A):

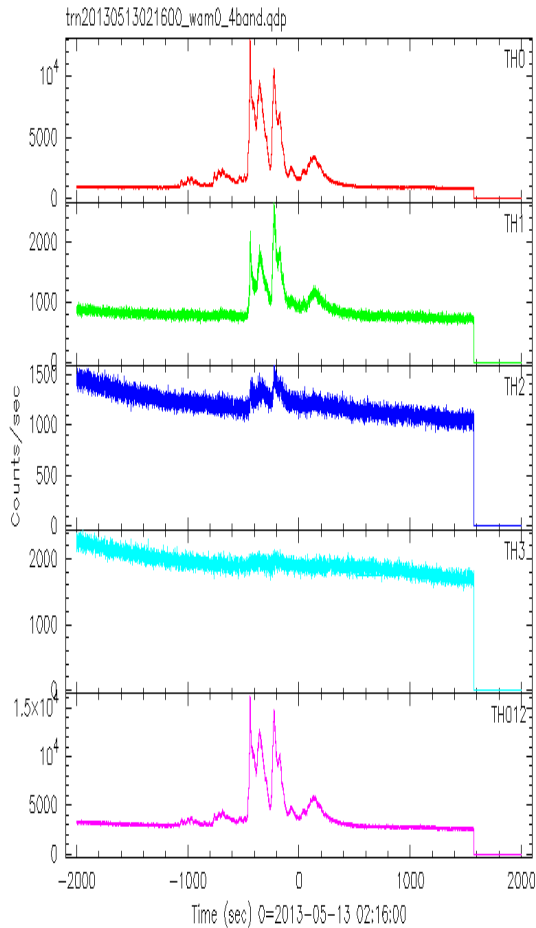
$X_n = n \times 10^{-1} \text{erg/s/cm}^2$ ,  $M_n = n \times 10^{-2} \text{erg/s/cm}^2$ , ...



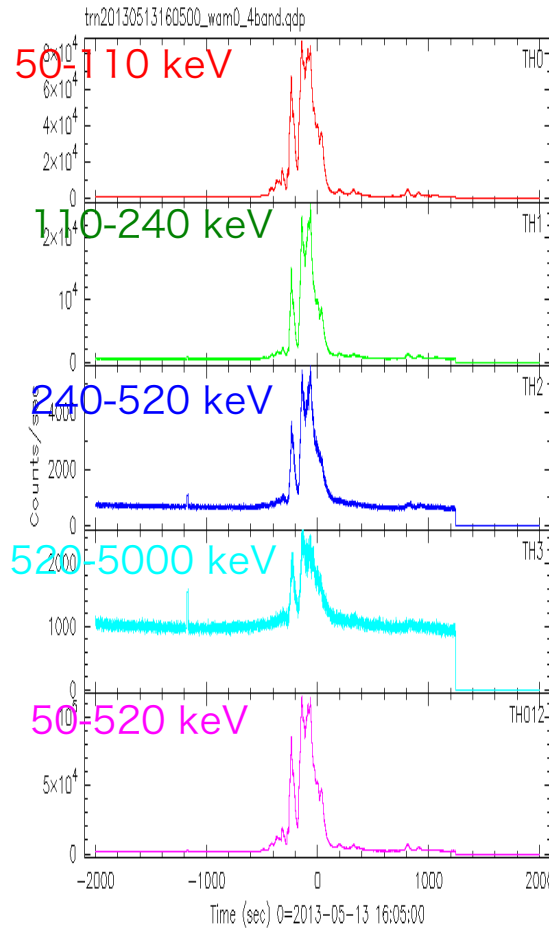
# 2013/05 X-class フレア

2013年5月に起きた4つのGOES-Xクラスフレアのうち、3つを検出  
(1つは検出器オフ)

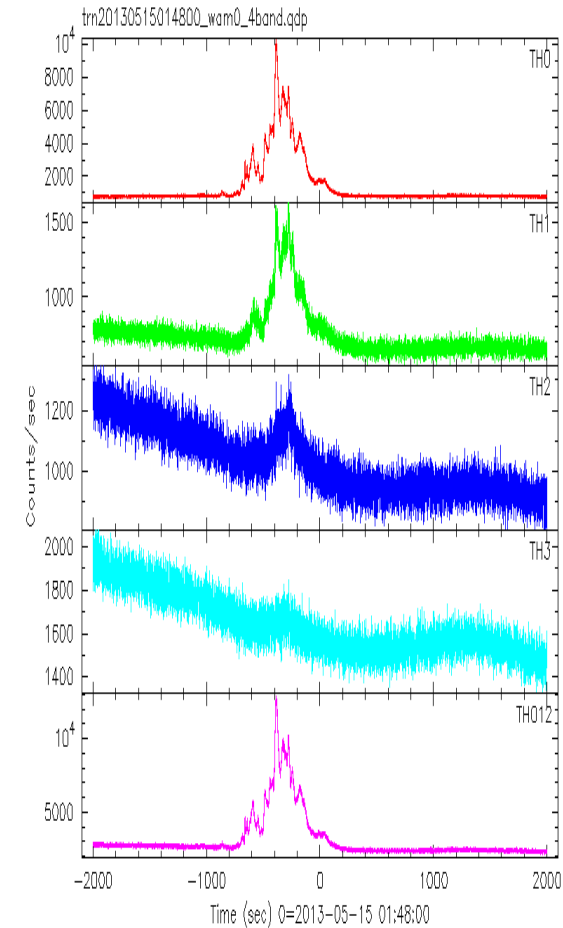
2013-05-13 02:16 X1.7



2013-05-13 16:05 X2.8



2013-05-15 01:48 X1.2

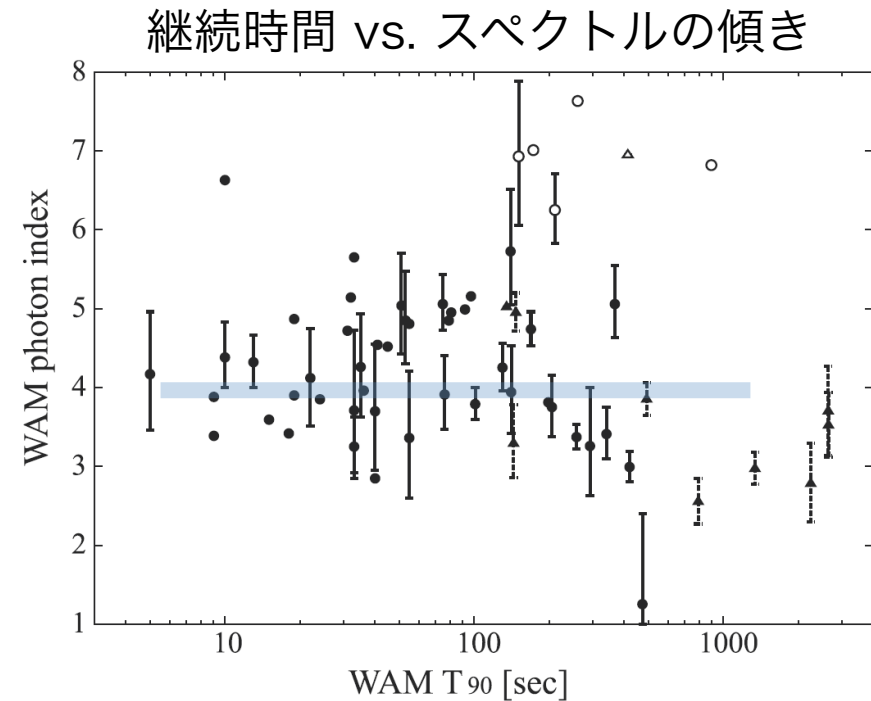
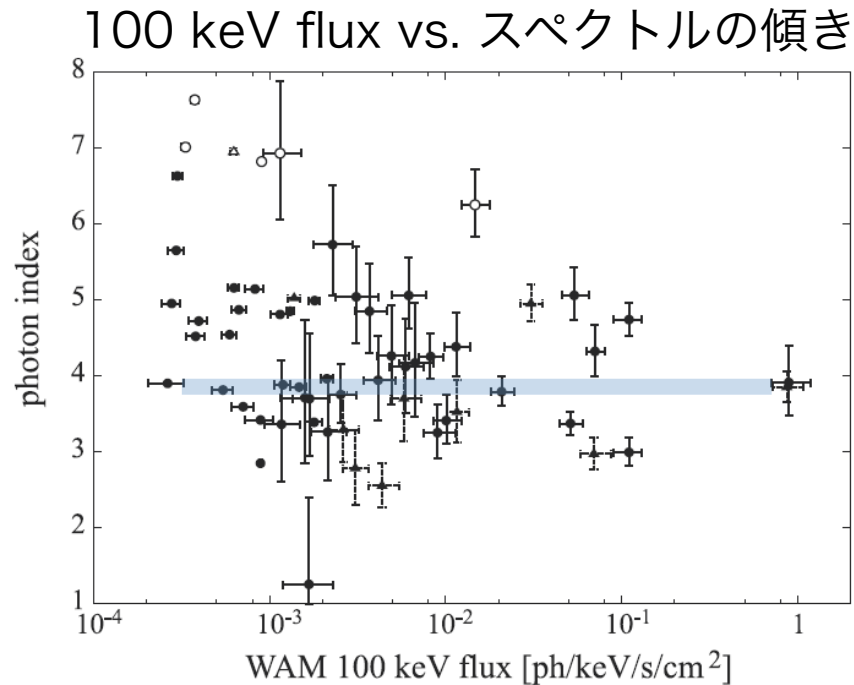




# WAMによる非熱的制動放射の観測： 硬X線領域スペクトルに見られる特徴

“A Catalog of Suzaku/WAM Hard X-Ray Solar Flares” by Endo et al.

PASJ 62, 1341–1349 (2010)

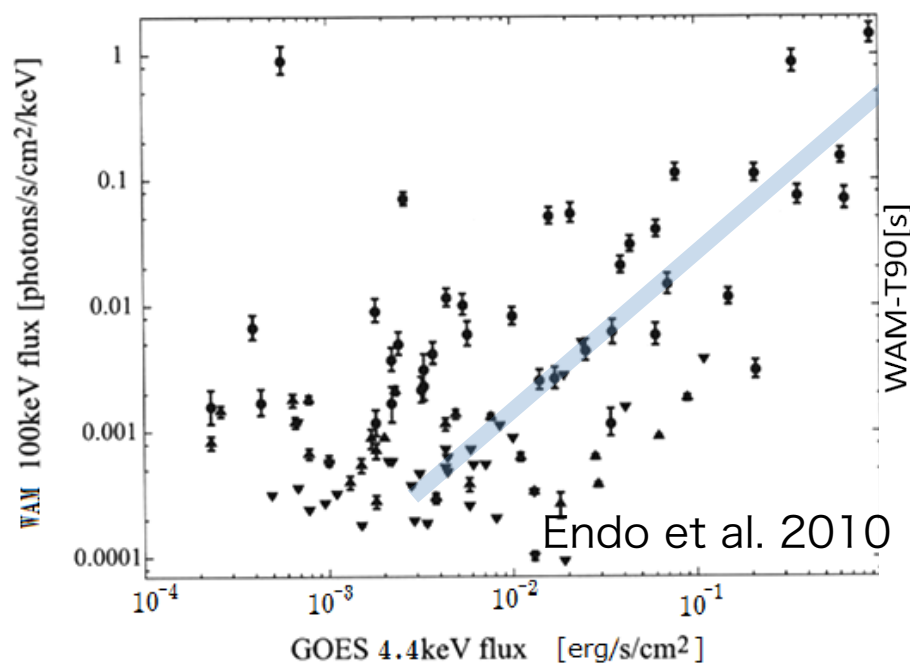


最大強度(flux)でも、継続時間(光子数の90%を含む時間)のいずれも、WAMで得られた非熱的制動放射の傾きにおおきな影響をあたえず、 $\Gamma$  3~5 に分布。



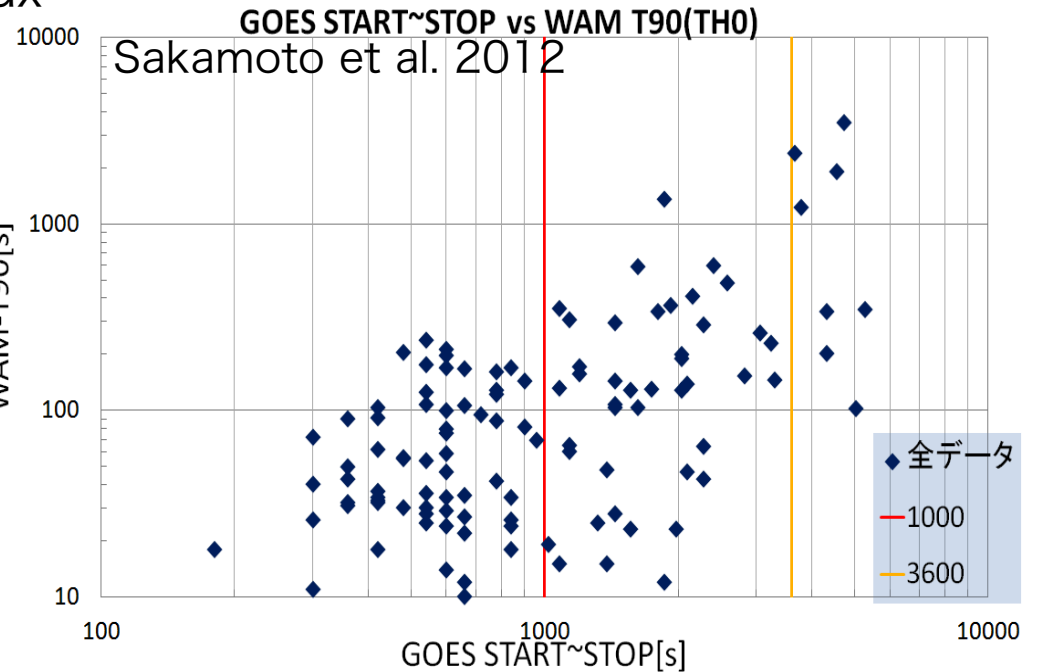
# 軟X線と硬X線領域の比較

GOES (soft X-ray: 4.4 keV)  
vs WAM (hard X-ray: 100keV) flux



⇒両者とも、おおむね相関  
→熱制動放射と  
非熱制動放射機構が相関

GOESの継続時間 vs. WAMの継続時間

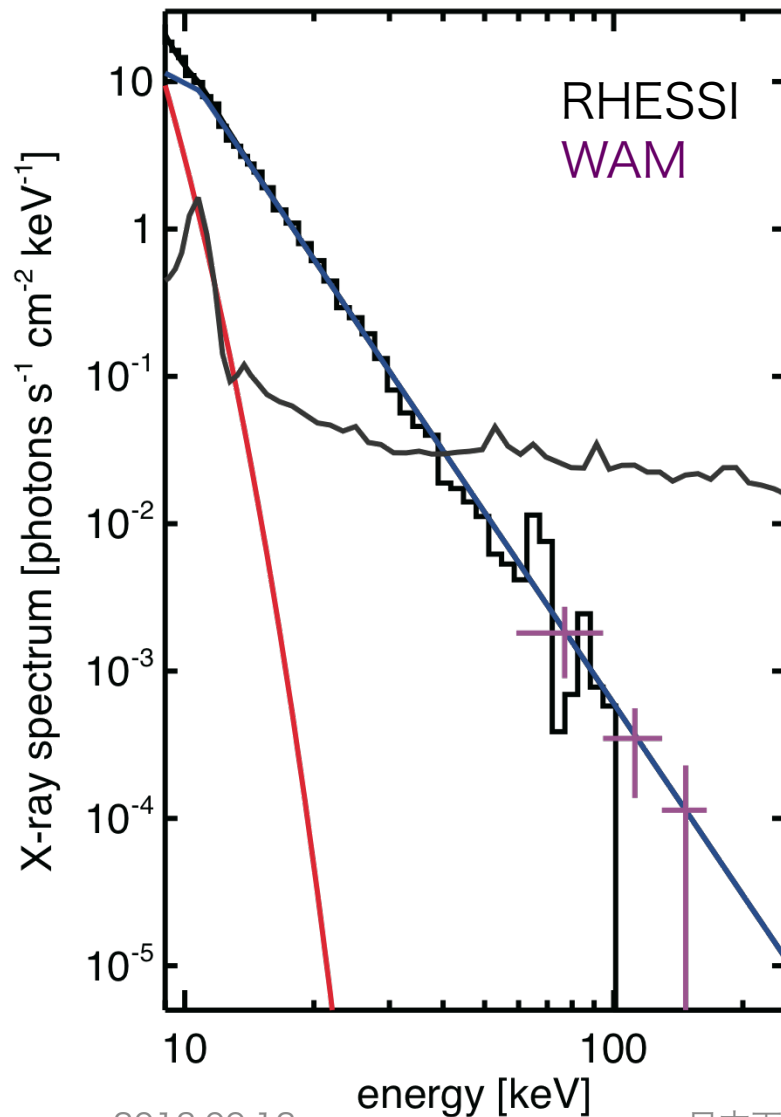


⇒硬X線の継続時間は軟X線のおよそ1/10  
硬X線の継続時間も軟X線でのイベント種別に対応



# マイクロフレアの硬X線スペクトル

Ishikawa, MO et al. 2013



RHESSI マイクロフレア (GOES A~B class) の内6つが WAM でも検出

RHESSI の非熱的制動放射成分の延長で WAM のスペクトルがよく説明できる

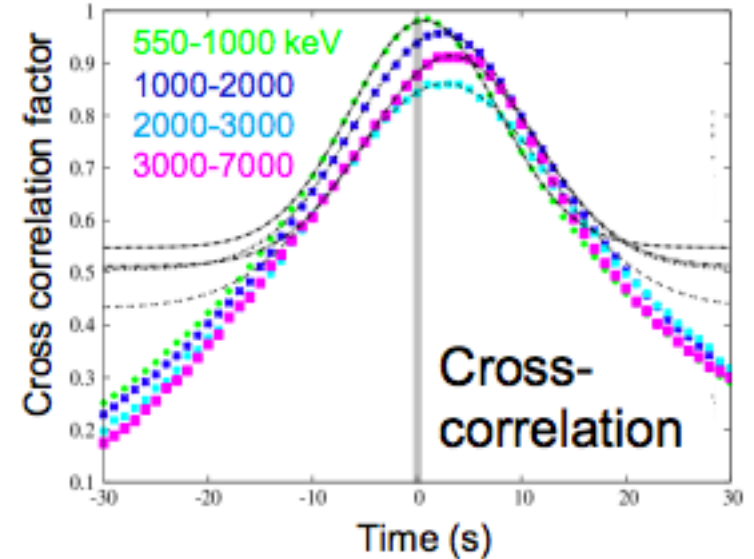
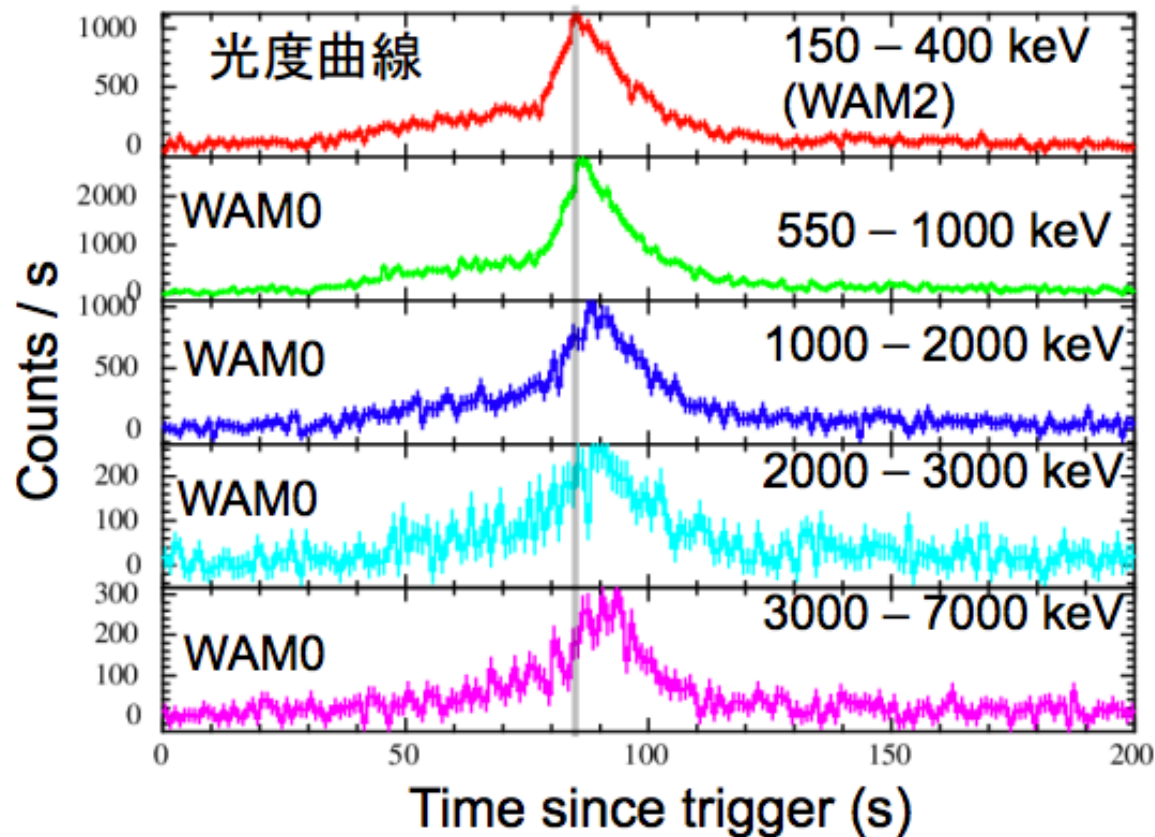


マイクロフレアでも 少なくとも 100 keV までは電子が加速されていることを示唆



# 時系列解析による加速粒子の研究

Iwakiri et al. in prep. : poster M21b



高エネルギーほどガンマ線のピークが遅れてくる。  
(Hulot+ 1992, Dauphin+2007等)

MeV以上の帯域の遅れの観測により、加速粒子輸送機構への制限をつけることに期待



# まとめ

## すざく衛星搭載広帯域全天モニタ(WAM)による 太陽フレアの硬X線観測

- ❖ スペクトルのべきは  $\Gamma=3\sim 5$  継続時間の依存性なし。  
軟X線領域と継続時間の相関はあり  
→ フレアの規模によらず、軟X線領域(熱制動放射)と  
硬X線領域(非熱的制動放射)の関連を示唆
- ❖ マイクロフレアのスペクトルは硬X線まで同一のべき  
→ マイクロフレアでも 100 keV までは同一の粒子加速
- ❖ MeV 領域の放射の遅れ  
→ 粒子加速の輸送機構の制限に期待

他、太陽フレア研究グループとの共同研究も進行中  
今後も新しい共同研究歓迎します!

データはこちらで公開中

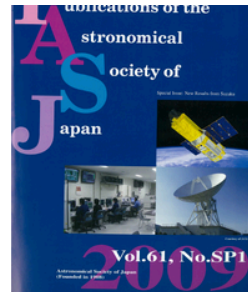
<http://www.astro.isas.jaxa.jp/suzaku/HXD-WAM/WAM-GRB/>  
コンタクトはこちら [suzaku-wam@astro.isas.jaxa.jp](mailto:suzaku-wam@astro.isas.jaxa.jp)



# まとめ

## すざく衛星搭載広帯域全天モニタ(WAM)による 太陽フレアの硬

- ❖ スペクトルのべきい  
軟X線領域と継続  
→ フレアの規模  
硬X線領域(非
- ❖ マイクロフレアの  
→ マイクロフレア
- ❖ MeV 領域の放射の  
→ 粒子加速の輸送機構の制限に期待



2013-07-05  
[AO-8 長期観測スケジュールを更新](#)  
2013-02-28  
[AO-8の採択天体リストを公開しました](#)

データプロセス・解析情報

2013-04-11 [CALDB が更新されました。](#)  
2012-12-21 [Suzaku software v20 \(Heasoft v6.13\)](#)  
2010-12-14 [データプロセスが v2.5.16.29 に更新](#)

[これまでの研究者向け情報一覧 \(新着情報\)](#)

国際会議: "Exploring the X-ray Universe: Suzaku and Beyond" 2011年7月20日-22日, Kavli  
Institute for Particle Astrophysics and Cosmology  
観測: [AO-8 採択天体リスト](#) | [観測スケジュール](#) | [観測ログ](#)  
すざく技術資料: [HTML](#) | [PDF](#)  
[HXDによるガンマ線バースト観測: トップ | 仕組み | 検出GRB一覧 | 検出太陽フレア一覧](#)  
データ解析に関するお問合せ: [すざくヘルプデスク](#)

主なし。

放射)と

き

のべき

の粒子加速

他、太陽フレア研究グループとの共同研究も進行中  
今後も新しい共同研究歓迎します!

ライトカーブデータはこちらで公開中

<http://www.astro.isas.jaxa.jp/suzaku/HXD-WAM/WAM-GRB/>  
コンタクトはこちら [suzaku-wam@astro.isas.jaxa.jp](mailto:suzaku-wam@astro.isas.jaxa.jp)

Suzaku Wide-band All-sky Monitor (WAM)

[WAM Introduction](#)

[WAM Results](#)

[WAM Data Analysis](#)

WAM Data

GRB trigger	all	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
GRB untrigger	all	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
SGR/AXP trigger	all	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
SGR/AXP untrigger	all	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Solar flare trigger	all	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Solar flare untrigger	all	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013

[WAM event candidate list \(2005 Aug. - 2013 Apr.\)](#)



# 太陽フレアからのX線ガンマ線放射

