

重力波対応X線突発天体観測 のための超小型衛星計画

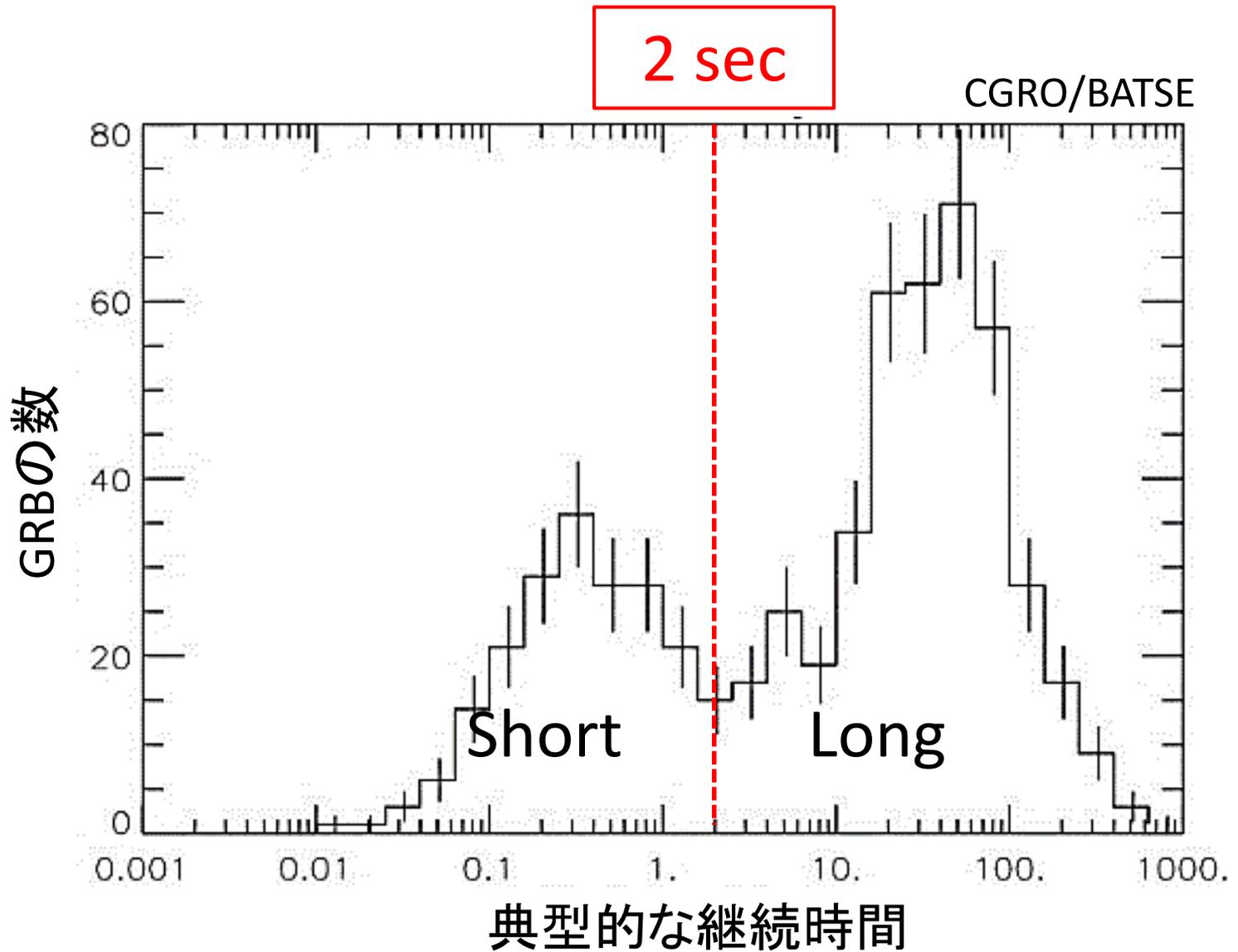
Kanazawa-SAT³

澤野達哉

米徳大輔, 三原建弘¹, 有元誠, 吉田和輝, 加川保昭, 伊奈正雄,
太田海一, 高尾祐介², 鈴木大智, 宮尾耕河, 渡辺彰汰, 池田博一³,
八木谷聡, 笠原禎也, 井町智彦, 後藤由貴, 北昂之, 小川勇太,
河越幸平, 瀬川浩史, 濱野拓也, 中嶋拓也, 源輝也, 竹下黎

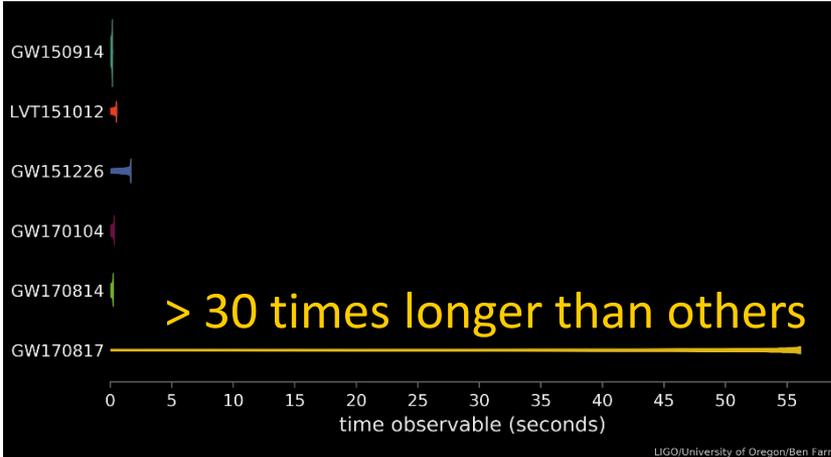
金沢大学, ¹理化学研究所, ²立教大学, ³ISAS/JAXA

ガンマ線バースト(GRB)の種族

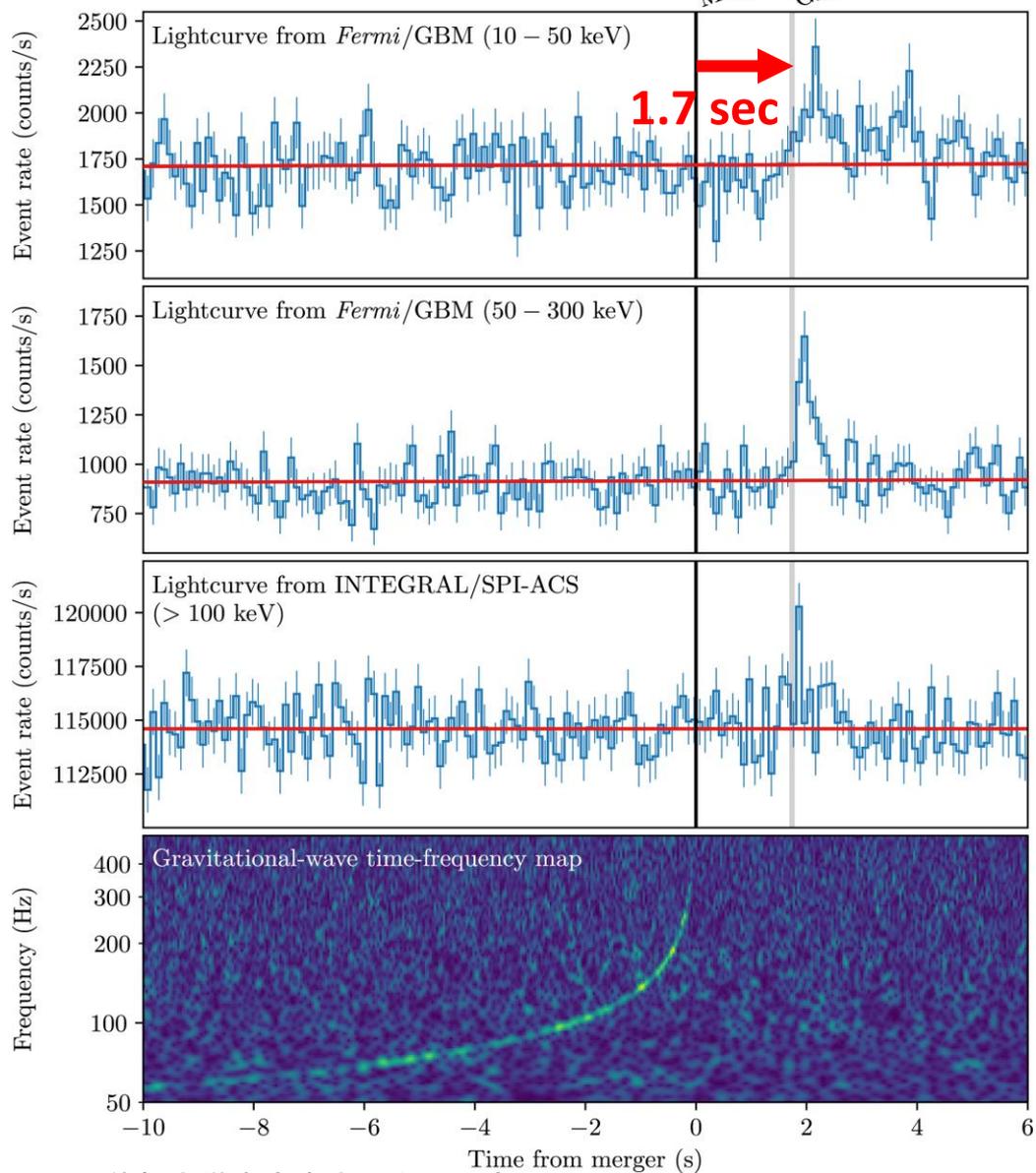


GW 170817/GRB 170817Aの同時検出

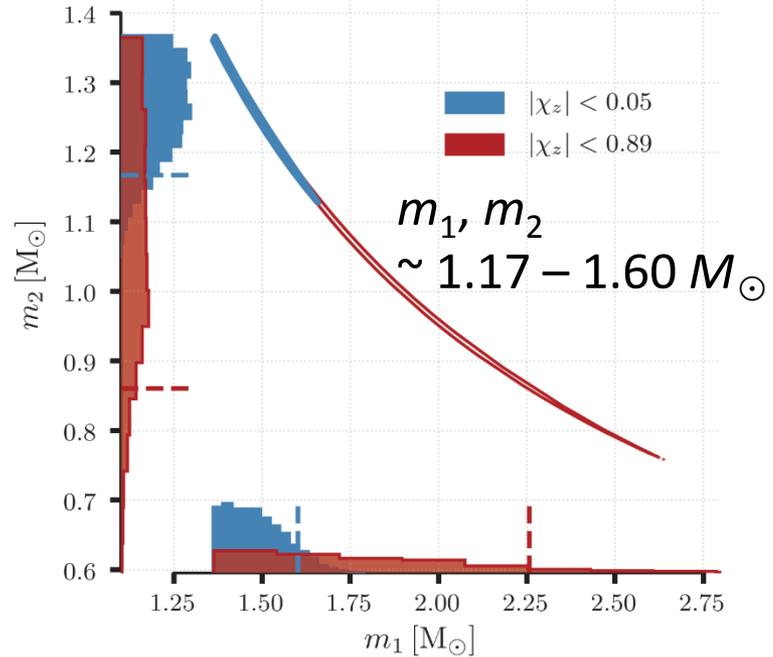
Credit: LIGO/University of Oregon/Ben Farr



LVC-GBM-INTEGRAL 2017

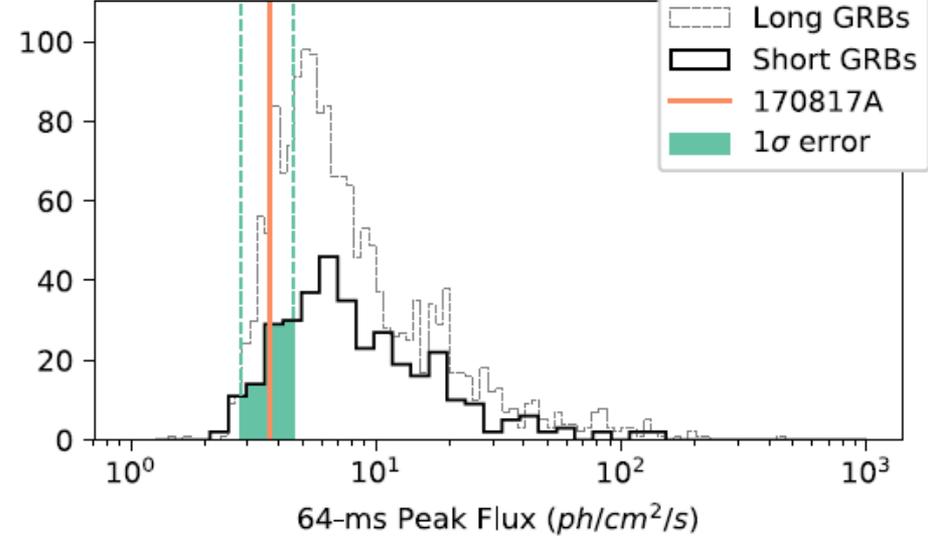
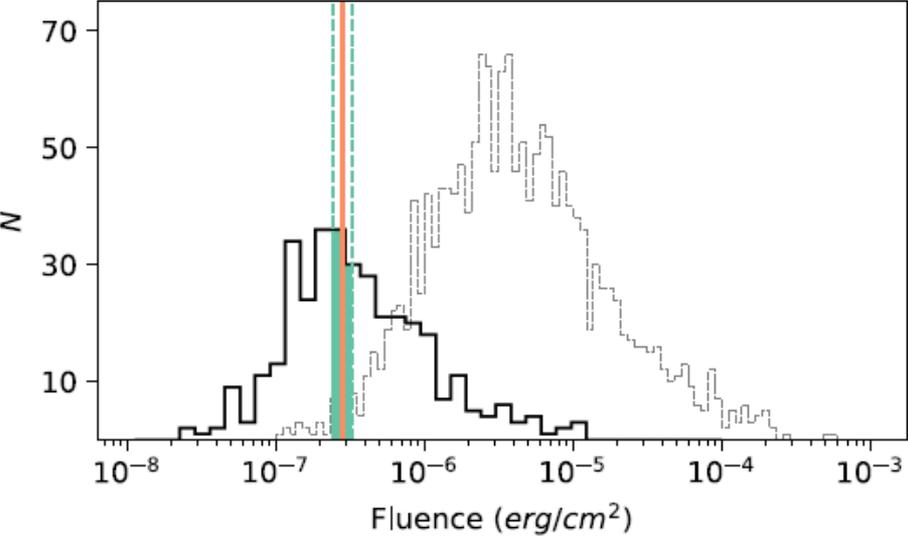


LVC 2017



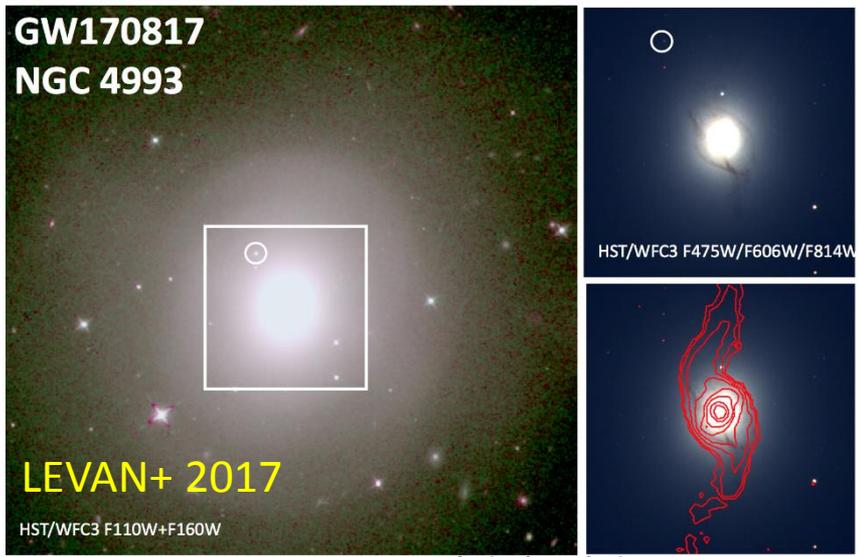
GRB 170817Aは異常に暗い

Goldstein+ 2017

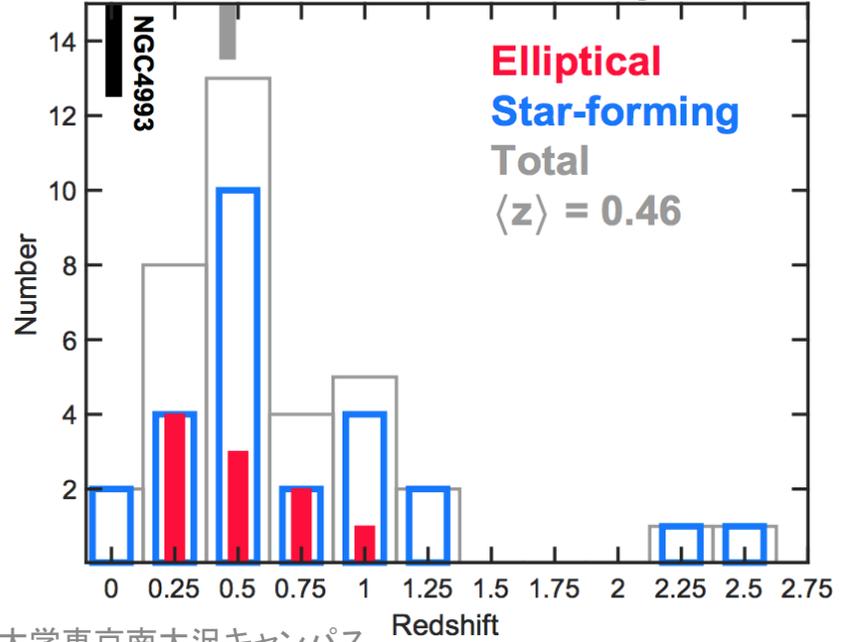


母銀河NGC 4993

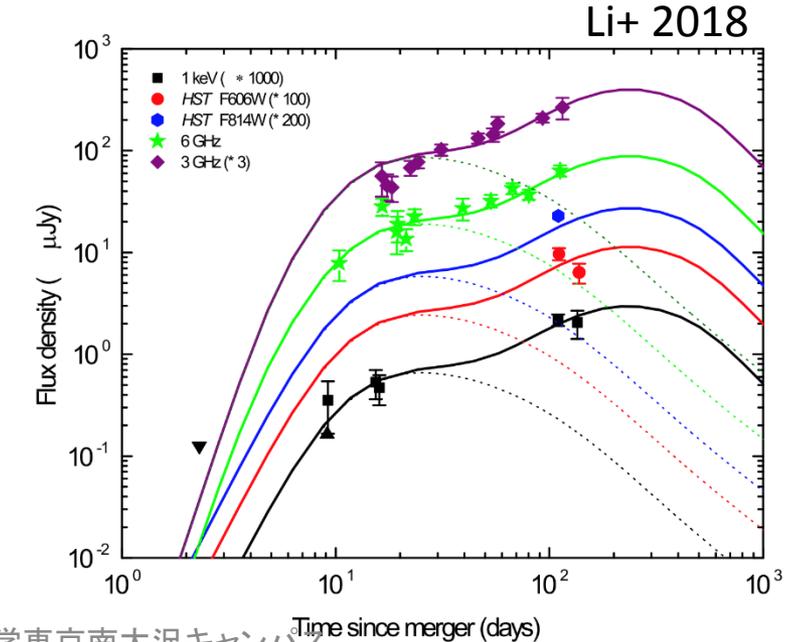
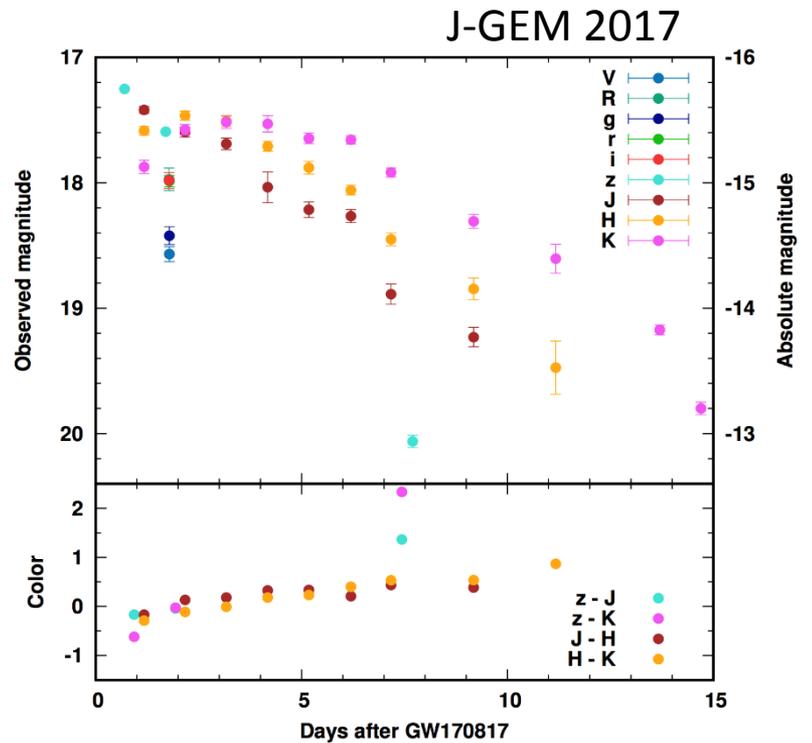
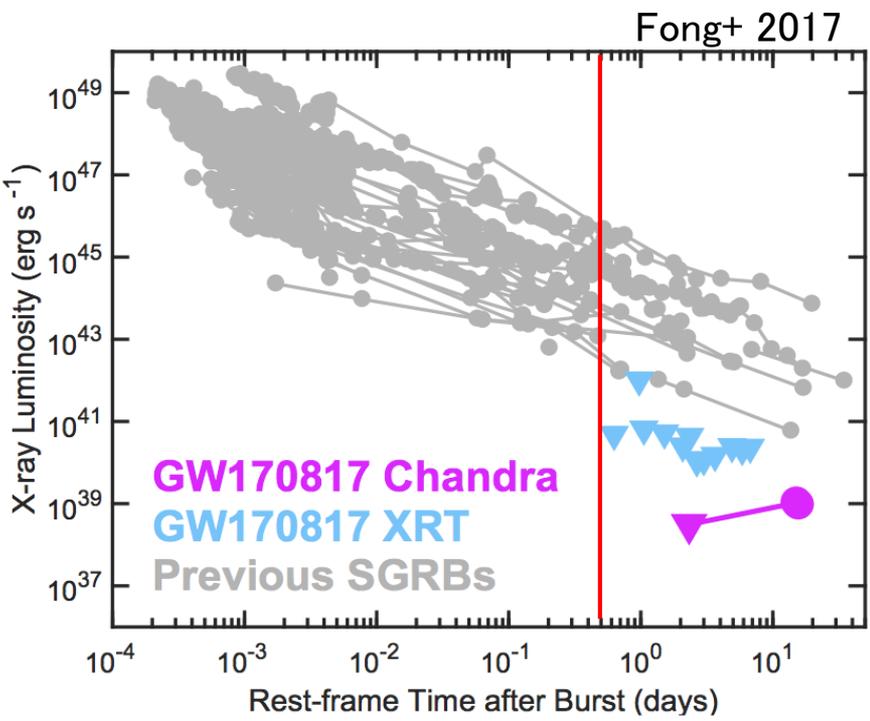
$z = 0.009783 \pm 0.000023$ (Hjorth+ 2017)



Fong+ 2017



GRB 170817Aの残光

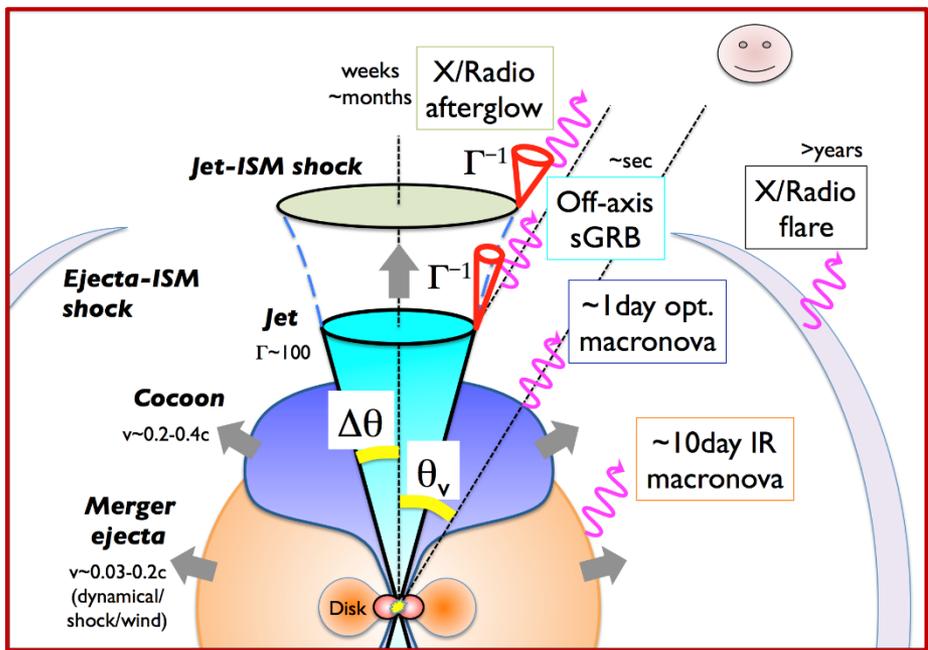


母銀河同定の報告は合体後0.5日
(GCN Circular #21529)

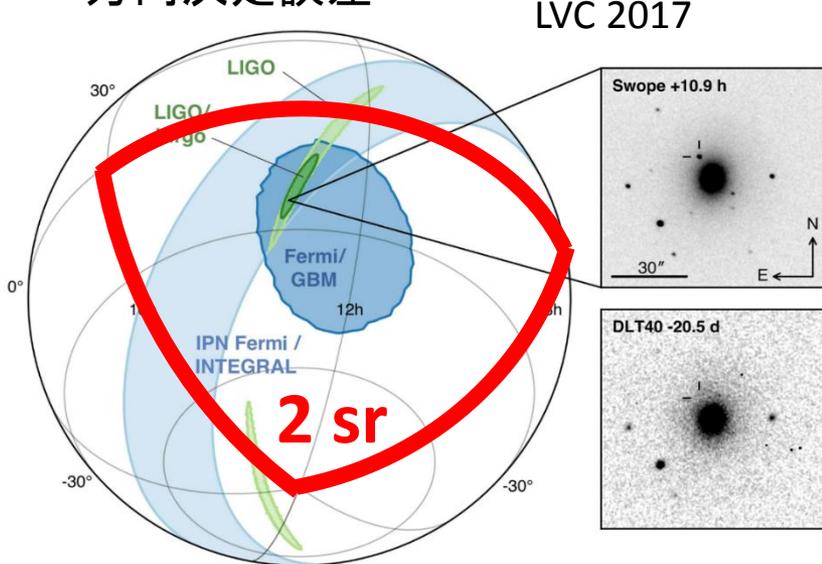
X-ray afterglow 2-3桁暗い
blue macronova 可視光 ~ 1日
red macronova 近赤外線 ~ 10日
増光する残光 X線から電波で >100日

ひとつの解釈と課題

京大 井岡さん資料 @GRB研究会 Nov.2017



GW 170817/GRB 170817Aの
方向決定誤差



LVC 2017

GRBの初期放射を系統的に観測する

- ✓ 広い視野(> 1 sr)で待ち構えて GWとの時間差を調べる(10 ms)
 - ☞ off-axisモデルの検証
- ✓ 到来方向を $< 1^\circ$ (目標15')で決定して 早期の追観測を促す
 - ☞ 初期段階(< 0.5 d)を含むmacronovaのdiversityを調べる

short GRBの放射機構の解明やr過程による超重元素合成総量の精密観測へ貢献
マルチメッセンジャー天文学の発展に寄与

金沢大学超小型衛星 Kanazawa-SAT³

目標 X線突発天体を検出し到来方向と時刻を地上に速報する

打ち上げ目標 2019年度
(H-IIA相乗りを想定)

衛星サイズ 50 kg, 50 cm立方

ミッション期間 1年以上, 目標3年

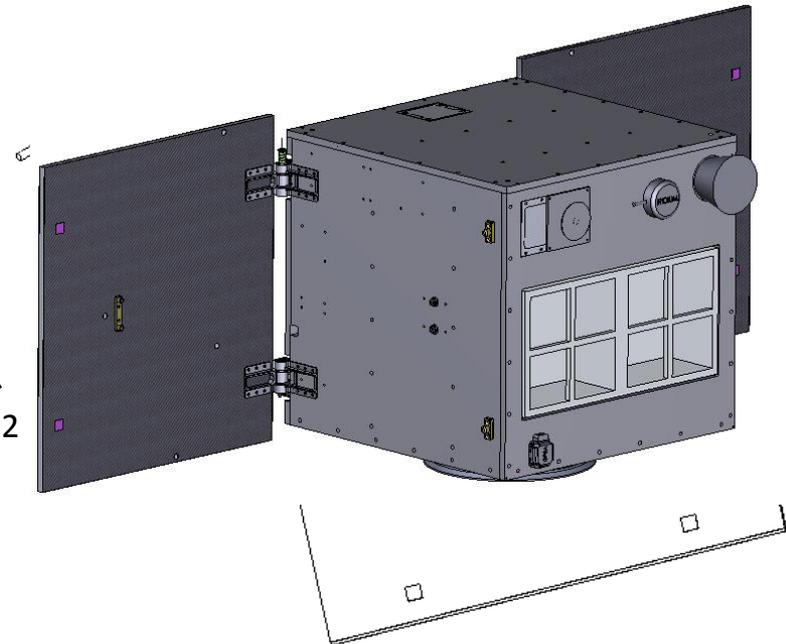
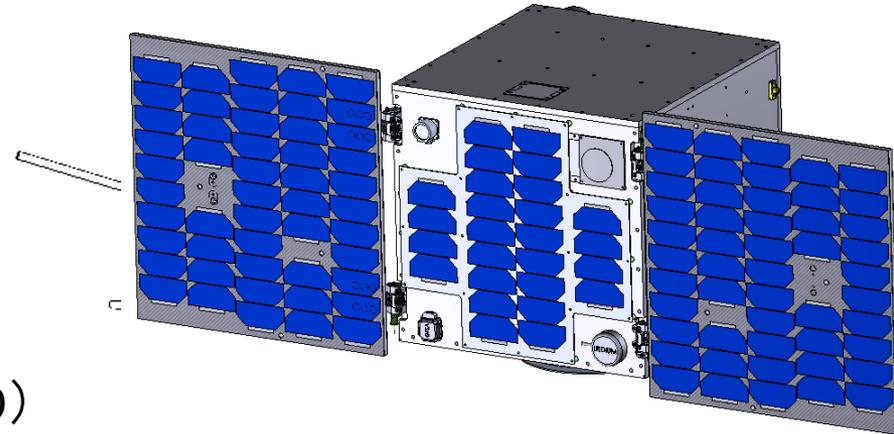
想定軌道 太陽同期準回帰軌道(LEO)

姿勢制御 3軸制御による(反)太陽指向

通信回線 (速報)イリジウム衛星
(テレコマ)Uバンド, Sバンド

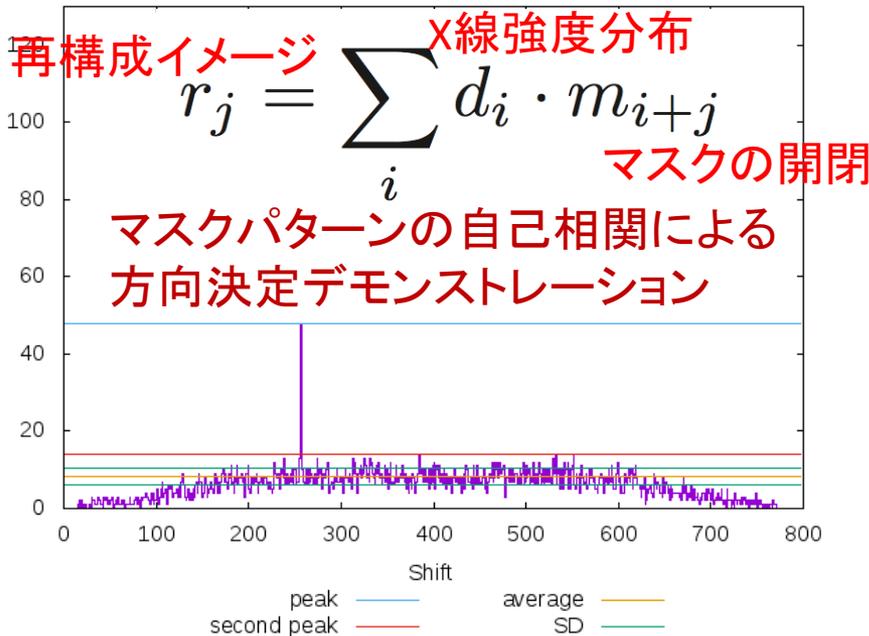
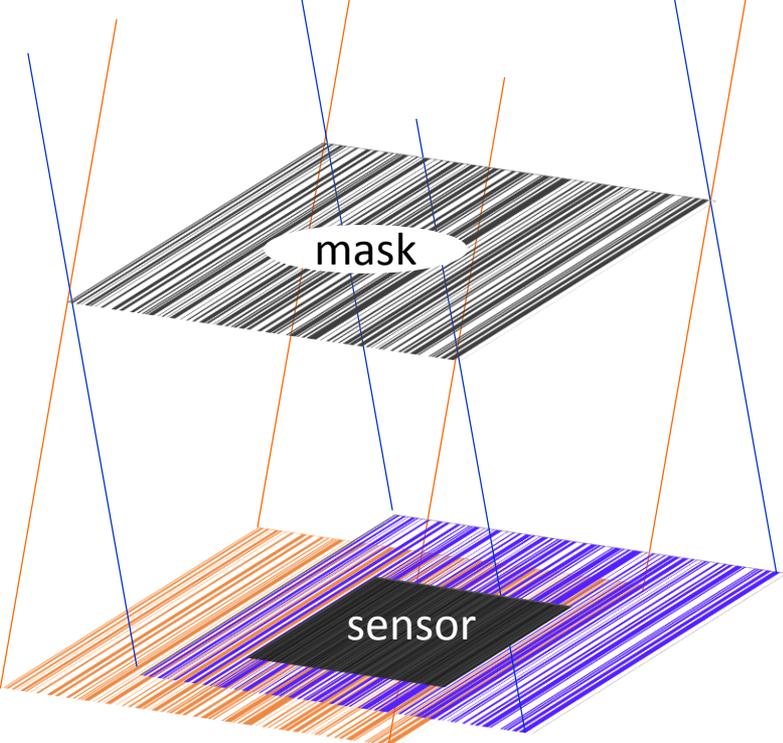
観測装置 X線撮像検出器(T-LEX)
1次元コーデッドマスクシステム
2 – 20 keV, 15分角, 1 sr, 100 cm²

ガンマ線検出器
コリメータなしシンチレータ
20 – 200 keV, 3 sr, 50 cm²

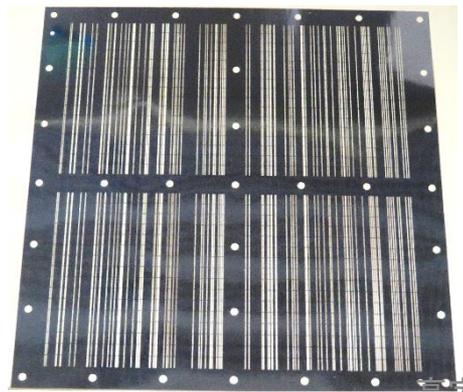


1次元コーデッドマスクによるX線撮像

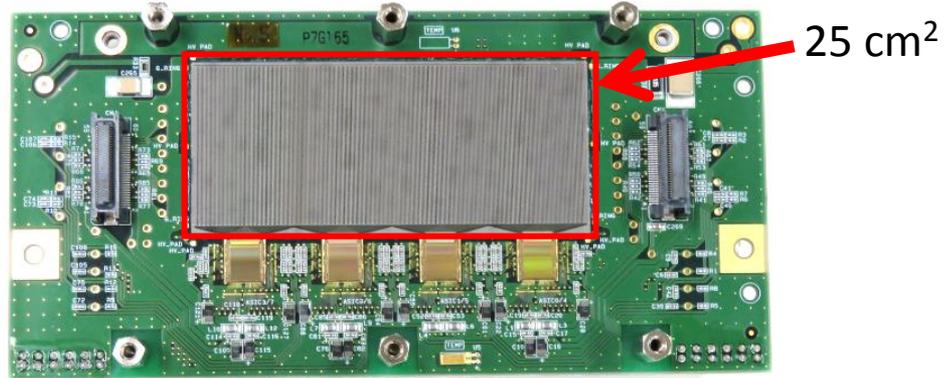
マスクの絵柄とX線の影絵をマッチングする
 ⇒ 相互相関をとる



タンゲステン材(50umt, 0.3mmピッチ)
 ランダムパターンマスク(開口率~20%)



シリコンストリップ検出器(500umt, 0.3mmピッチ)

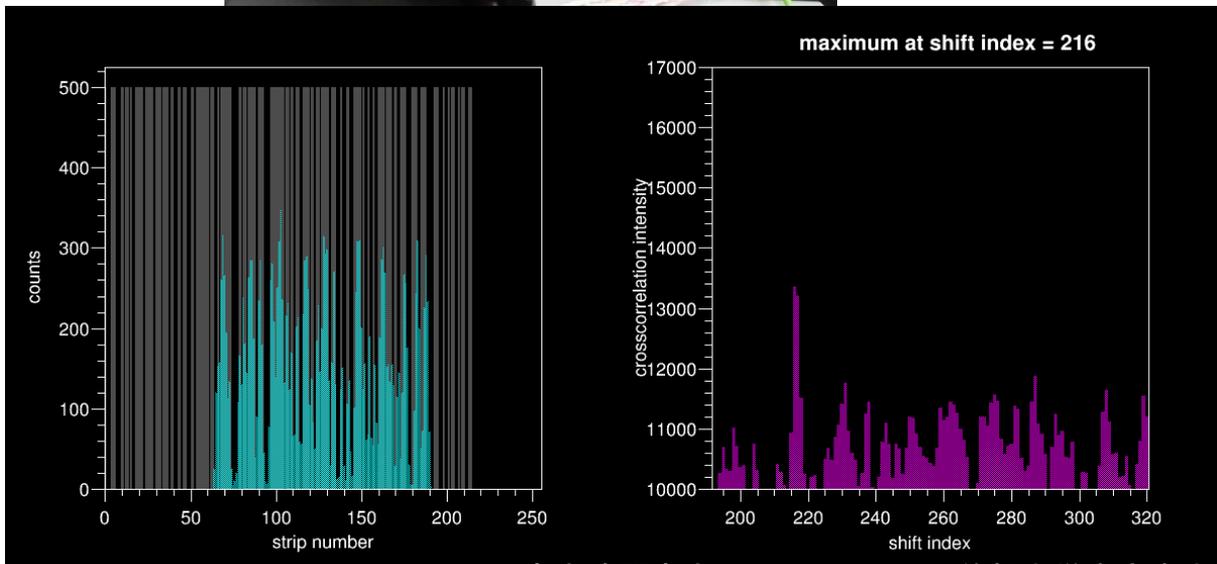
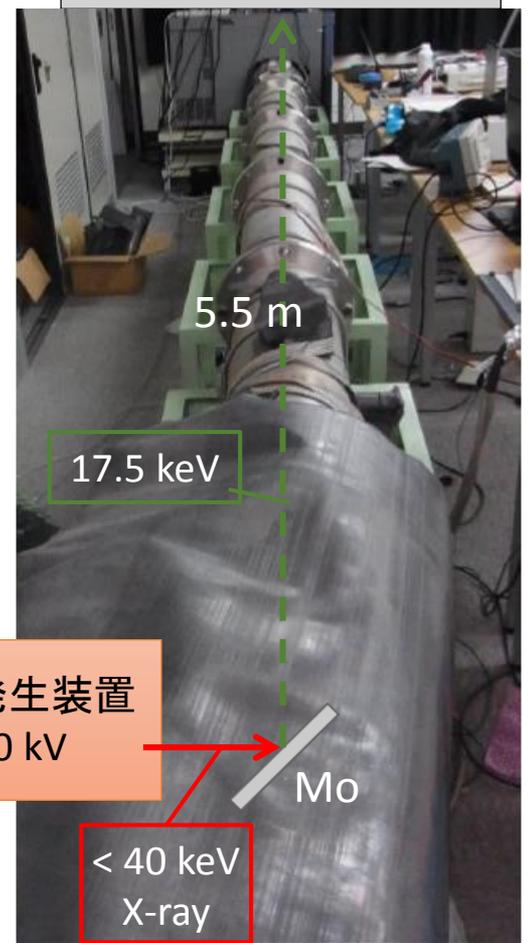
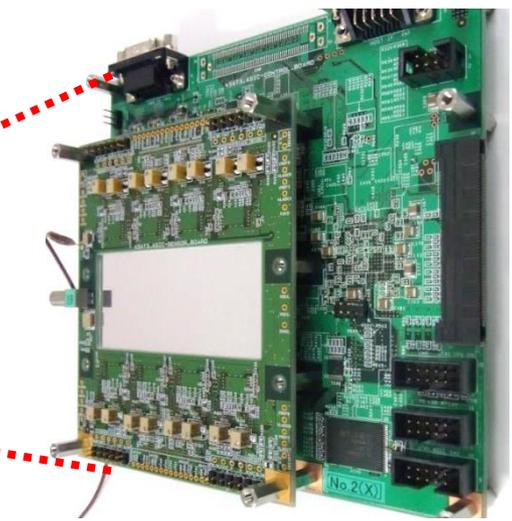
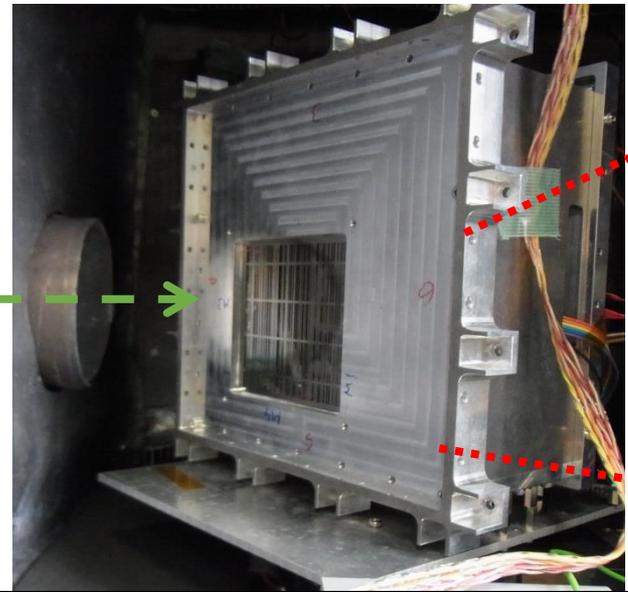


T-LEXプロトタイプモデルによる 撮像原理実証試験

恒温槽 0°C



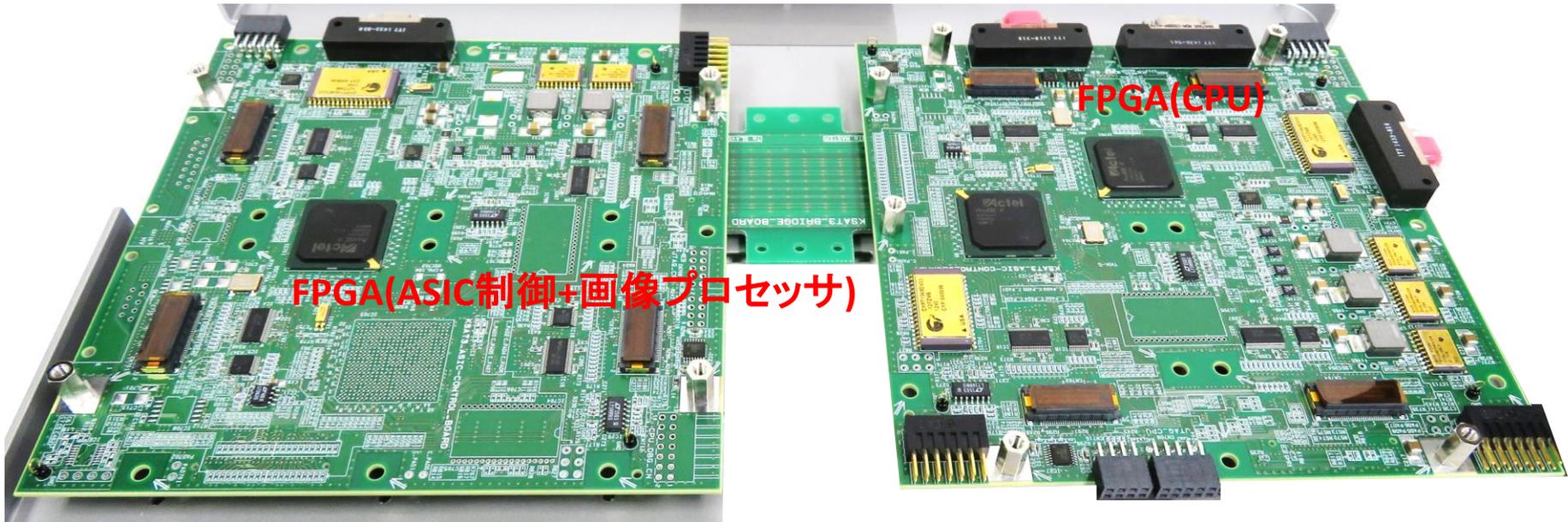
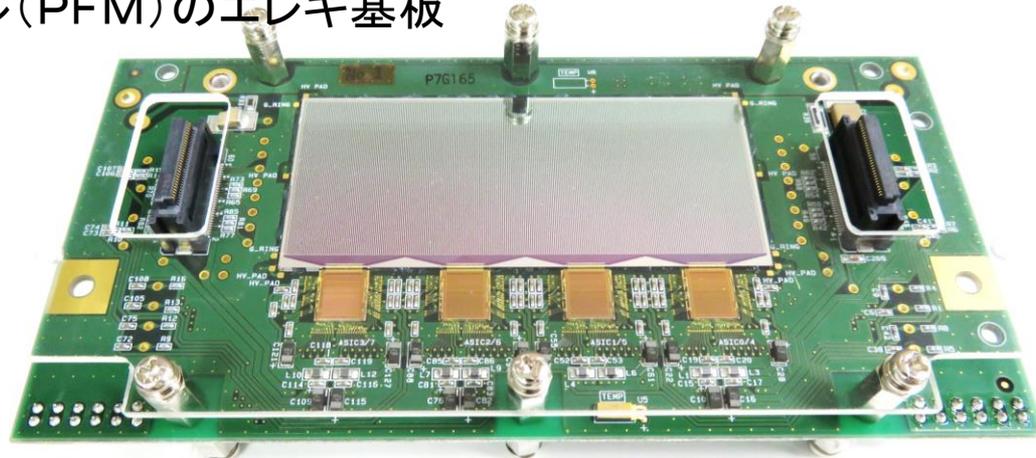
17.5 keV
Mo-K α



5-m beamline @ Kanazawa Univ.

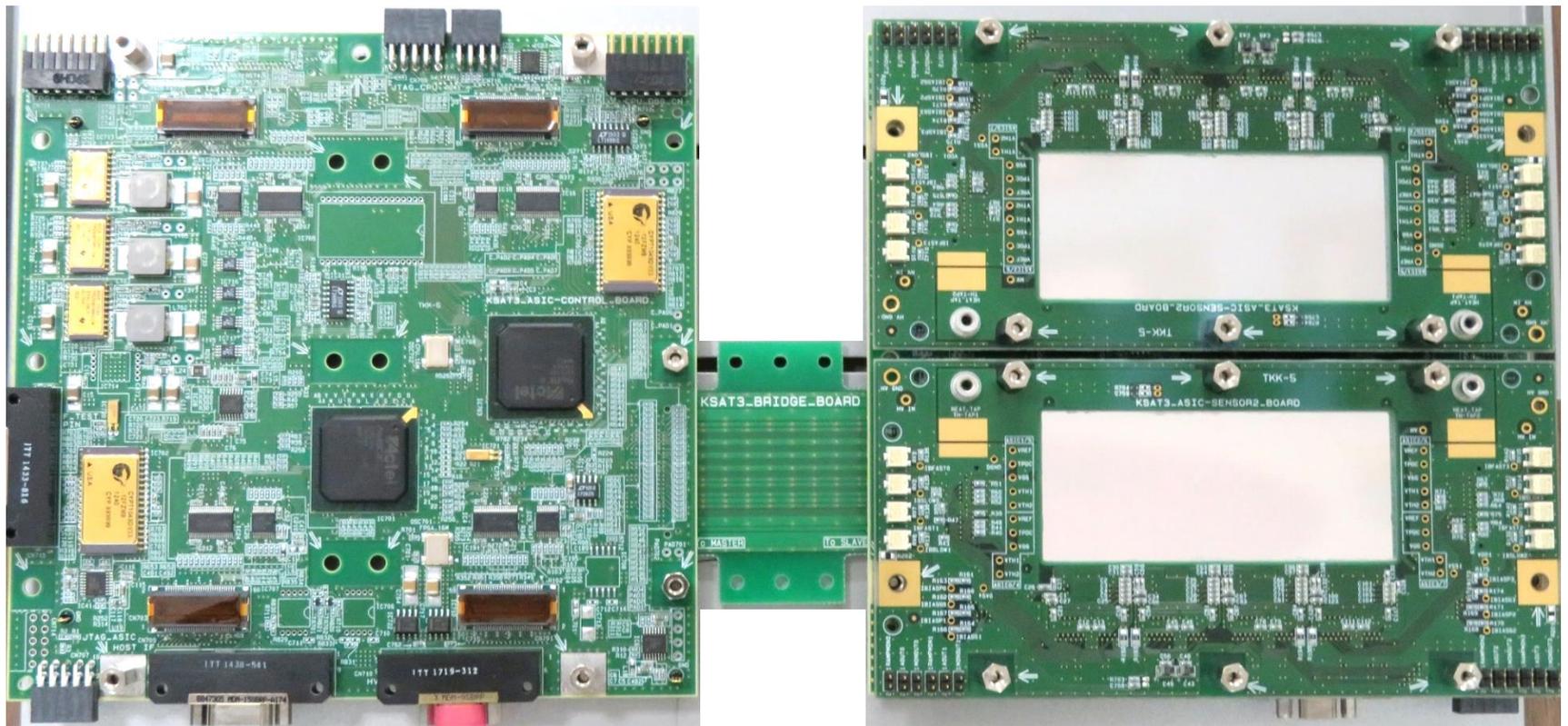
X線撮像検出器T-LEX Transient Localization Experiment

プロトフライトモデル(PFM)のエレキ基板



今年度はプロトフライトモデルの製作を行った

X線撮像検出器T-LEX Transient Localization Experiment



~ 40 cm

T-LEXの主な雑音事象と感度予想

軟X線帯域の広視野検出器の場合

- 宇宙背景X線放射
(活動銀河核からの放射の足し合わせ)

Gruber+ 1992, Kushino+ 2002, Lumb+ 2002

- 銀河面のプラズマからの放射

Kaneda+ 1997

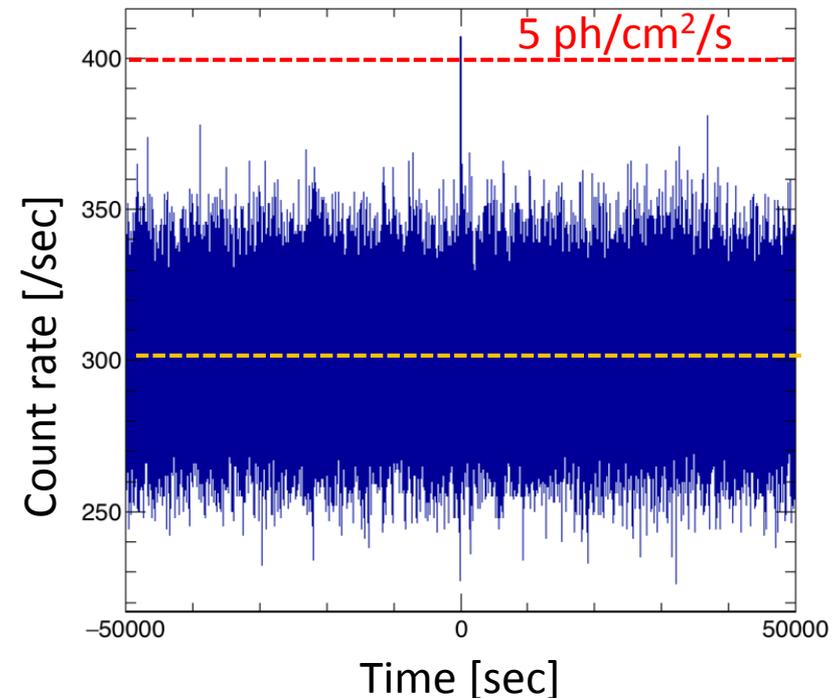
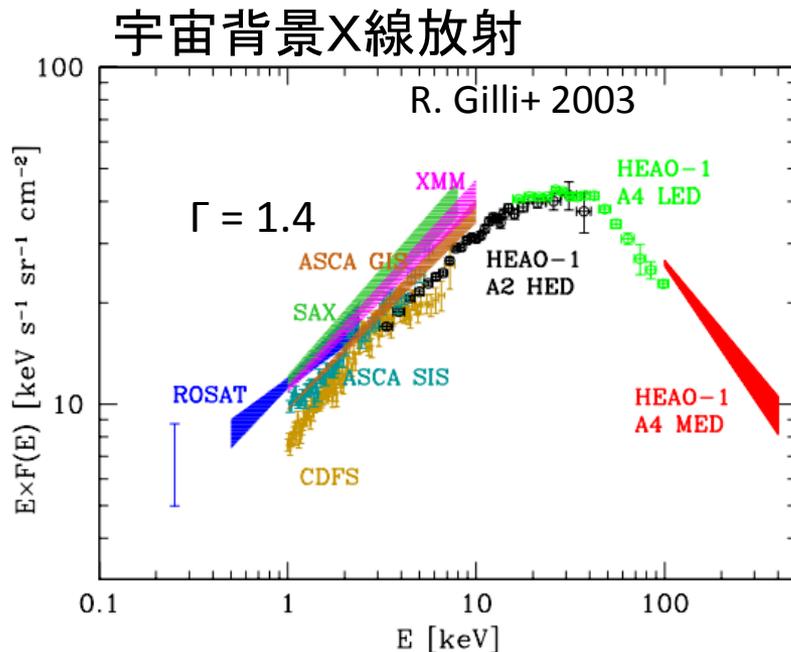
雑音事象 $B\Omega = 15 \text{ cnts/cm}^2/\text{s}$

検出器面積 $A = 100 \text{ cm}^2$

コーデッドマスク開口率 $f = 0.2$

天体明るさ $S = 5 \text{ ph/cm}^2/\text{s}$

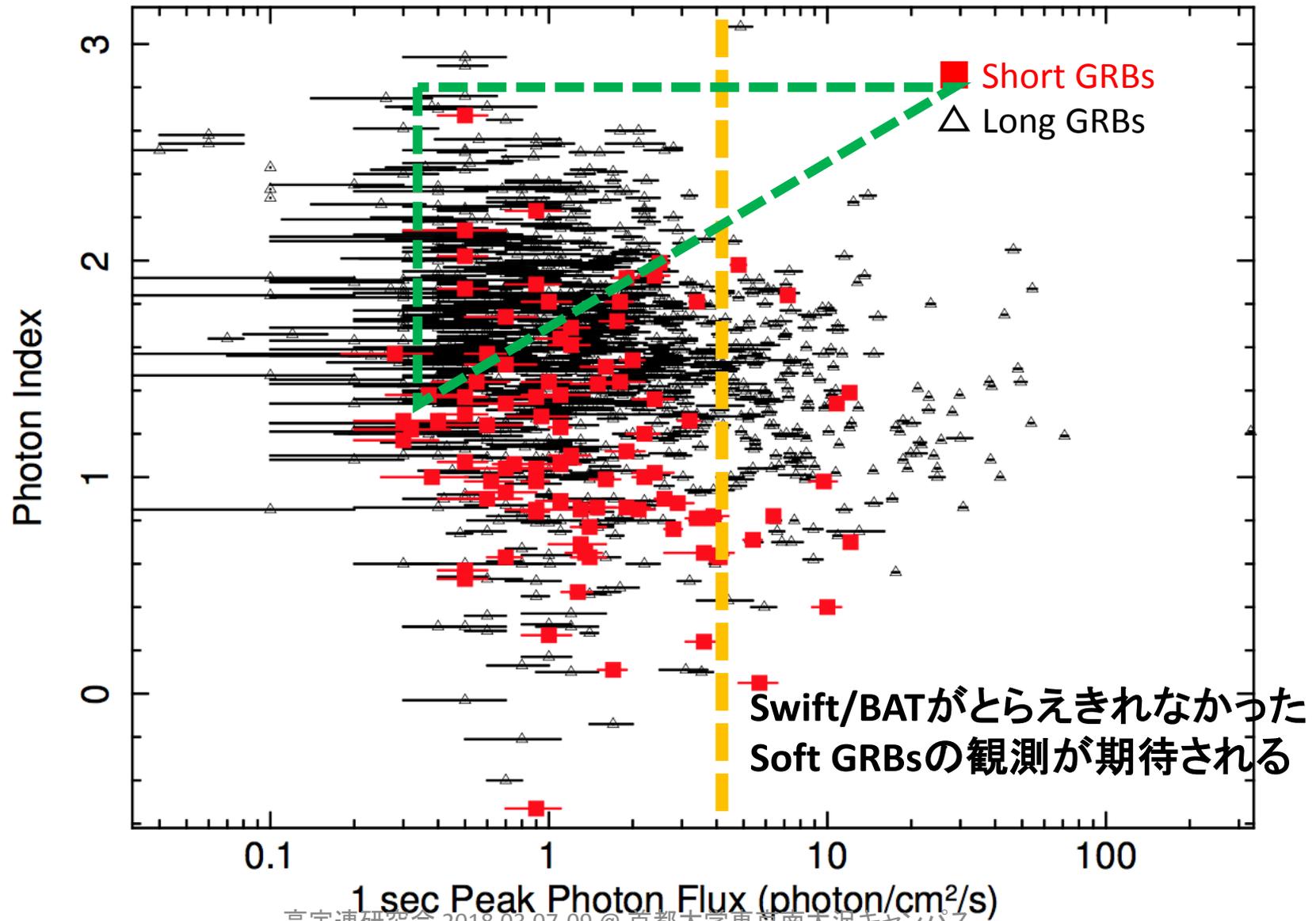
1秒bin x 10^5 秒のライトカーブMC



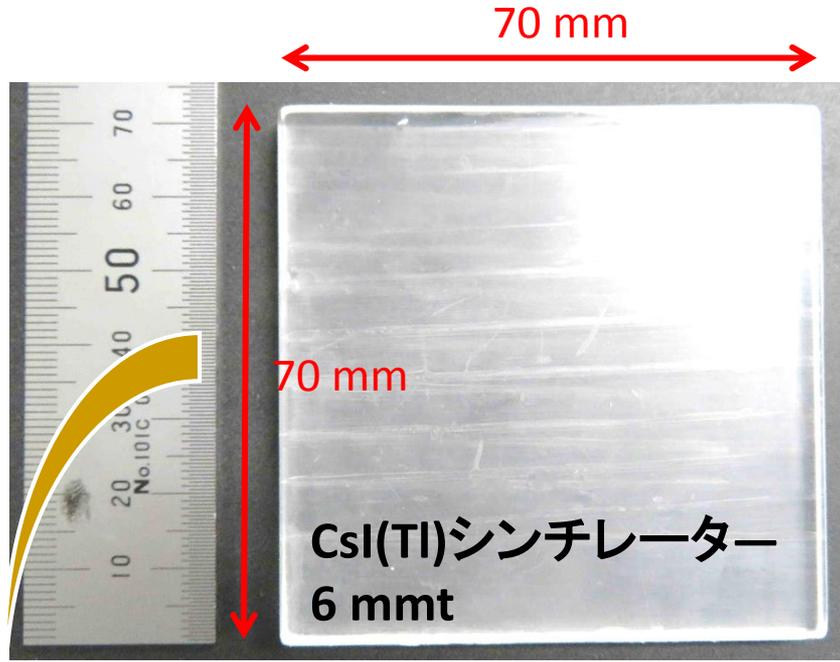
単純なモデルでは**2 – 20 keV**で**5 ph/cm²/s**あれば統計学的有意度**5.8 σ** で検出可能

軟X線帯域で観測が期待されるSoft GRBs

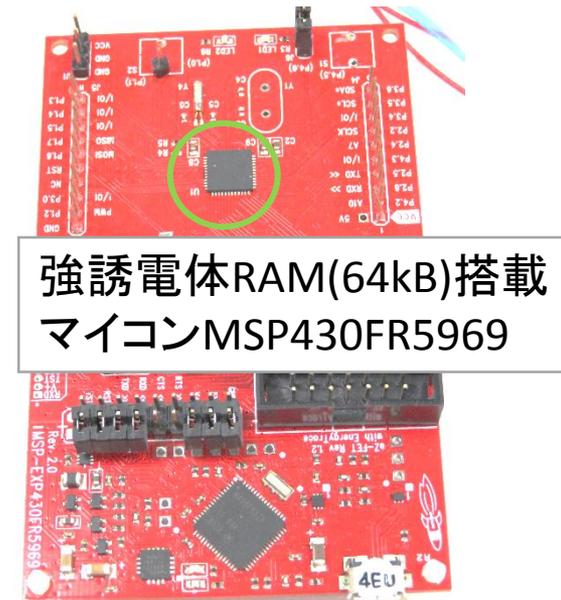
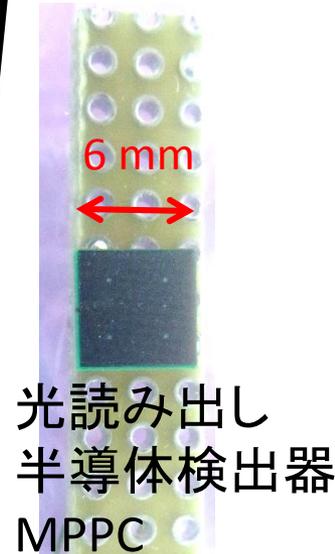
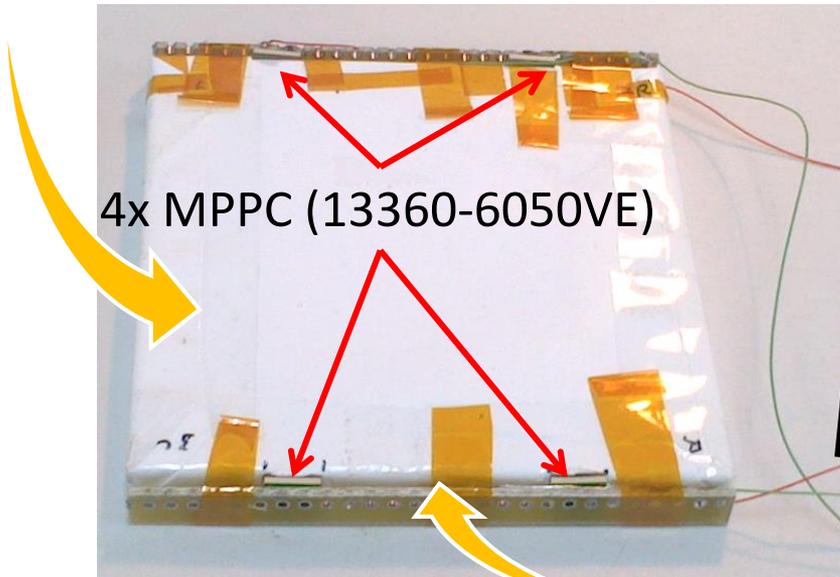
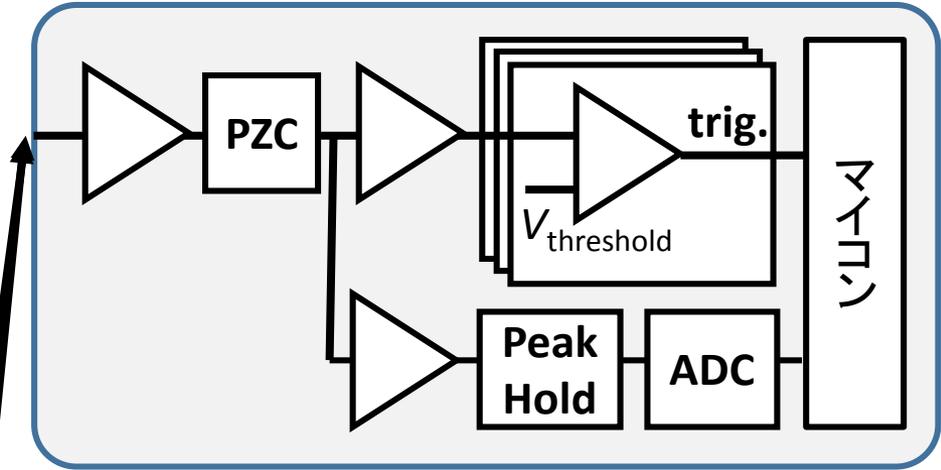
Swift/BAT 15 -150 keVでの観測 **での観測**



ガンマ線検出器KGD

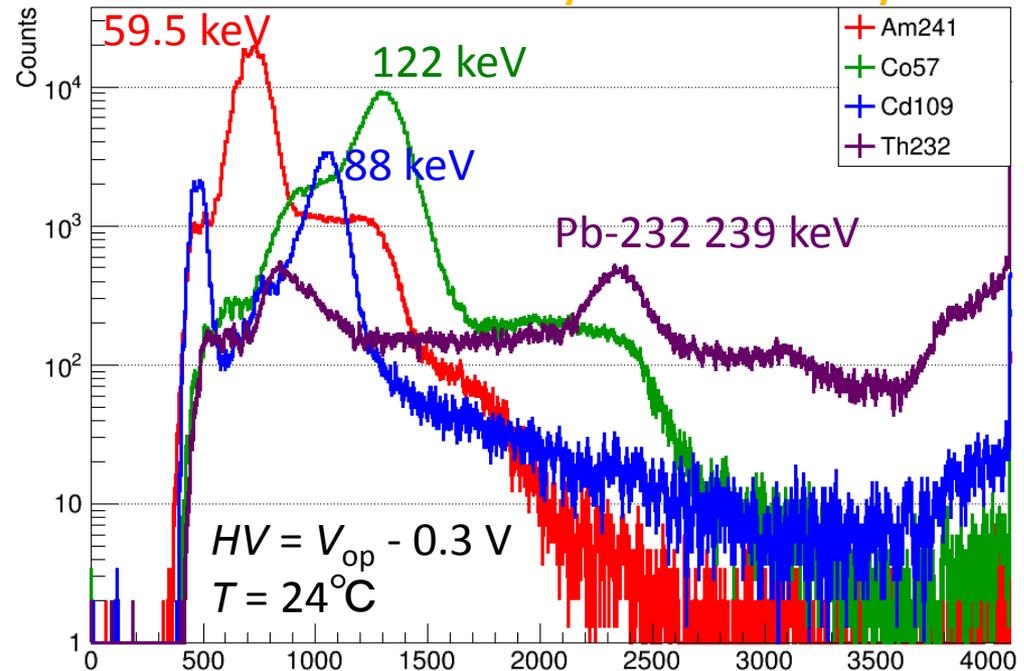
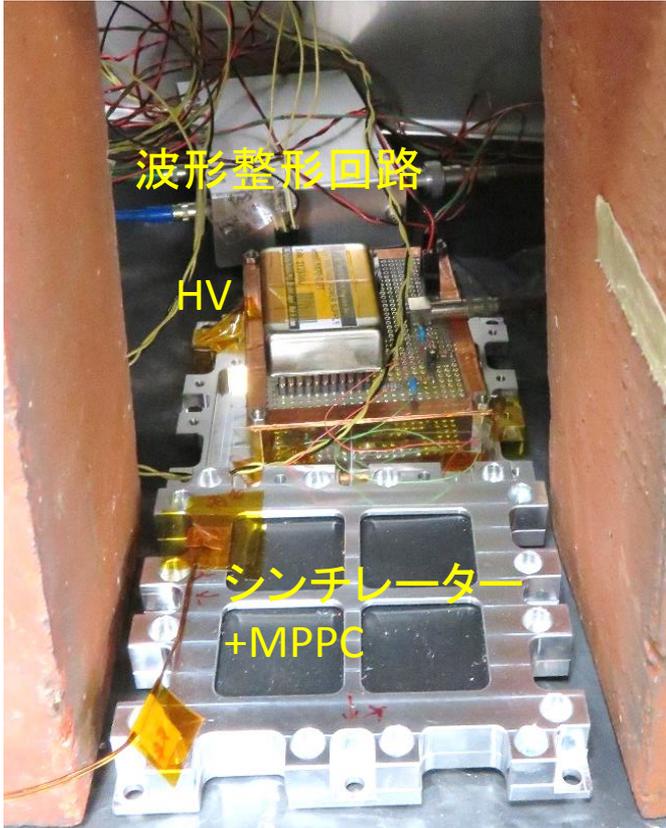


KGDフロントエンド読み出しブロック図

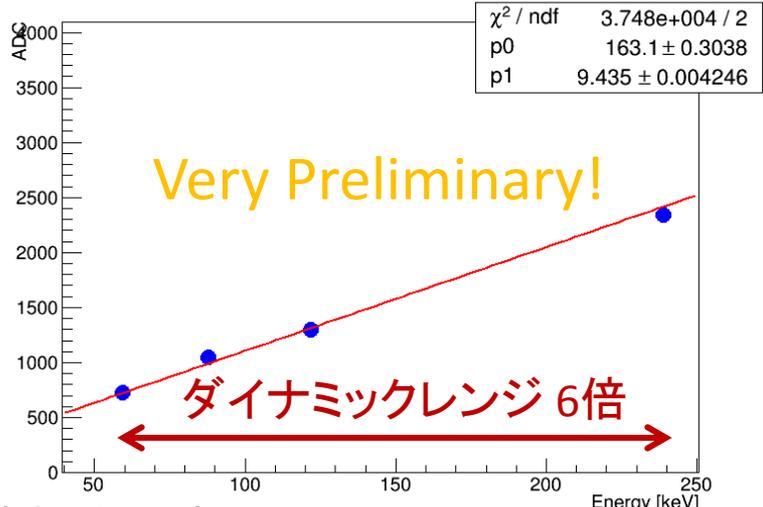


KGD Bread Board Modelの基礎性能

Very Preliminary!

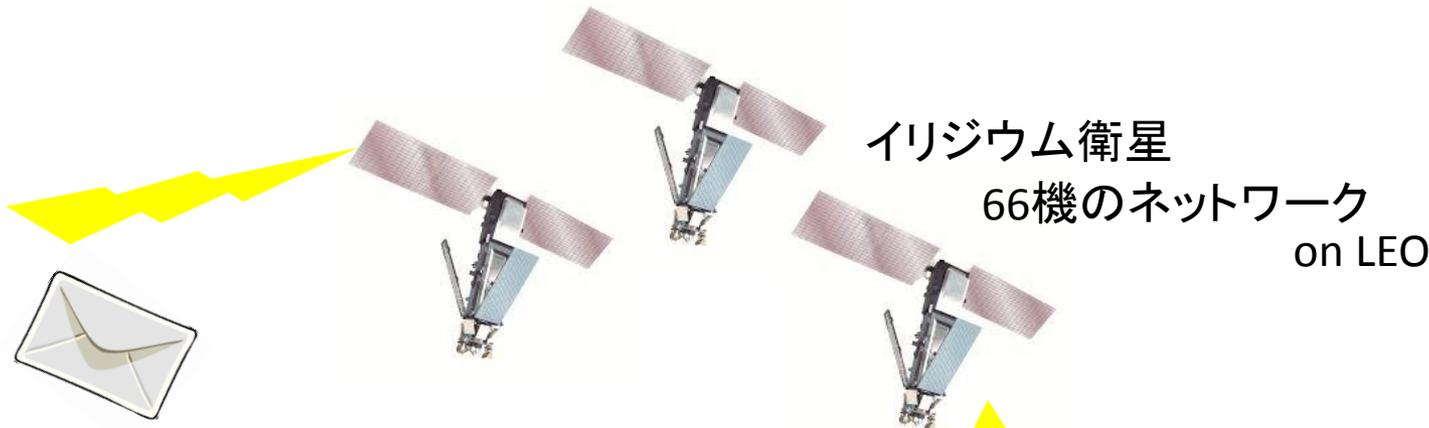


- ✓ 放射線照射試験 (>20krad) をパスした民生品素子のみでスペクトル取得
- ✓ ダイナミックレンジ > 6 (59.5 – 239 keV) ゲイン調整で目標値 ~ 10 (20 – 200 keV) 近くに到達見込み



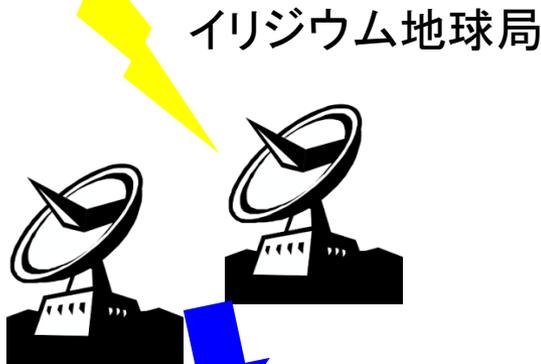
衛星バス系の開発

衛星電話の packets 通信による速報



イリジウム衛星
66機のネットワーク
on LEO

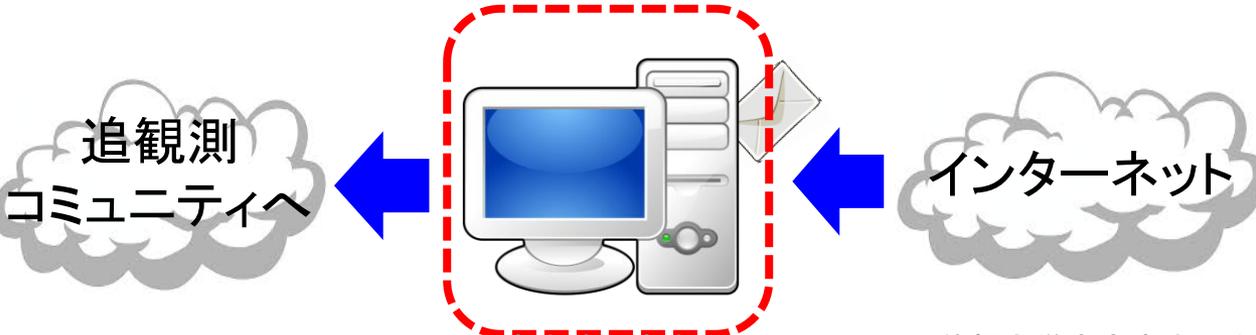
「ショート・バースト・データ」
イリジウム衛星を経由して
メール(1通当たり340バイト)を送受信できるデバイス
我々が地上で用意するのはメール送受信のPCのみ



イリジウム地球局



ショート・バースト・データ
システムサーバー



インターネット

追観測
コミュニティへ

衛星熱構造モデルの振動試験

2017.11.6-2017.11.10

衛星熱構造モデルの振動試験を実施

衛星熱構造モデル

コンポーネントのマスタミーを製作

質量36.15 kg

(ハーネス等の非構造物~10 kg除く)

試験項目

ランダム振動試験 1軸x3

全軸 Qualification Test (QT) Level

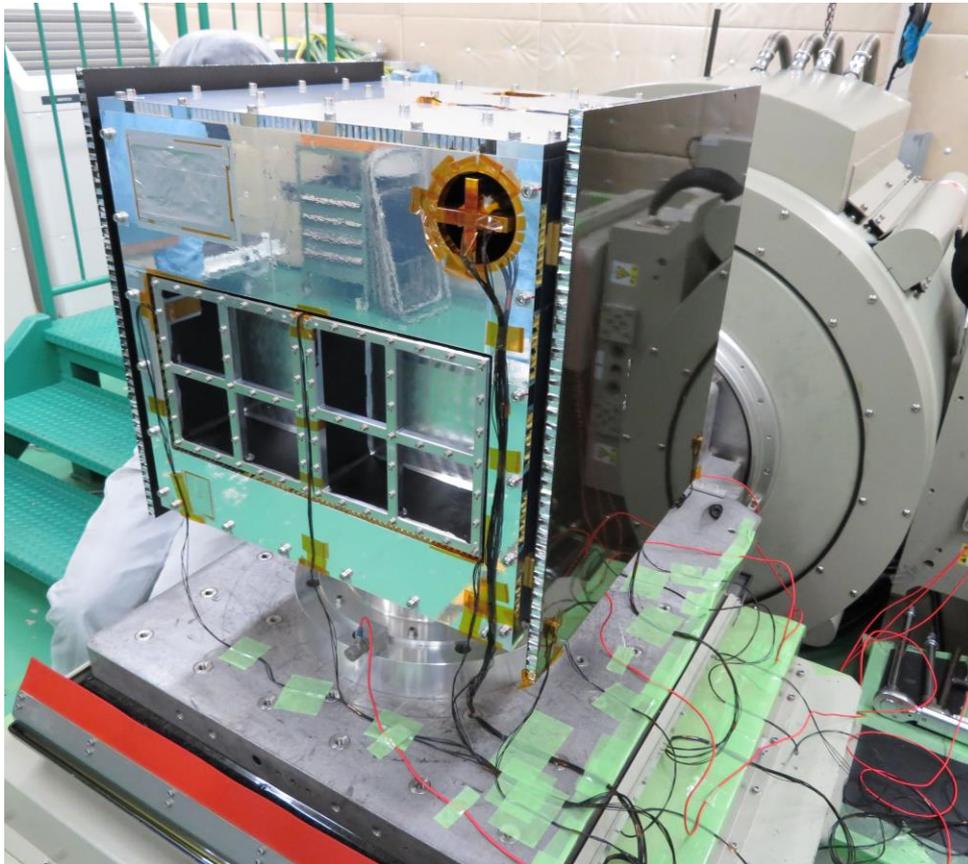
正弦波振動試験 1軸x3

機軸方向 QT

機軸直交方向 弱い加振(0.2 G)

確認項目

- ✓ 破壊の有無確認(目視・PSD応答)
- ✓ 振動の1次モードのモデルとの比較



熱構造モデルを機軸直交方向に
振動試験機にとりつけた状態

振動試験結果

機軸方向正弦波QT

	質量 [kg]	1次モード[Hz]		
		X	Y	Z
実測	36.15	86	285	80
試験前モデル	138.04	54.62	185.0	50.5
残差	+3.3%	-36.5%	-35.1%	-36.9%
試験後モデル	36.15	85.4	278.9	78.3
残差	±0%	-0.65%	-2.1%	-2.1%

- ✓ パネルせん断等の破壊なし
- ✓ 試験結果のフィードバックによりモデルは1次モードを~2%で再現

⇒相乗りの構造基準を満たす
衛星PFM設計を制御可能

まとめ

- 金沢大学超小型衛星計画Kanazawa-SAT³
 - FY2019を目標
- X線撮像検出器 (T-LEX)
 - 1次元コーデッドマスクシステム
 - 2 – 20 keV, 15分角, 1 sr, 100 cm²
 - PFMエレキを製作
- ガンマ線検出器
 - コリメータなしシンチレータ
 - 20 – 200 keV, 3 sr, 50 cm²
 - BBMでエネルギー較正システム構築
- 衛星バス
 - 熱構造モデルを製作
 - 振動試験を実施
 - 熱真空試験の実施 (今回は発表省略)