

超小型衛星「TSUBAME」搭載用X線偏光観測システムの開発

(P3-203)

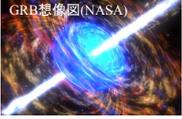
○川上孝介、常世田和樹、榎本雄太、戸泉貴裕、谷津陽一、河合誠之(東工大理)、松永三郎(東工大)、片岡淳、中森健之(早稲田大)、久保信(クリアパルス)

Abstract

東工大河合研究室は、超小型衛星「TSUBAME」に搭載するガンマ線バースト(GRB)の硬X線偏光観測システムを開発している。この衛星は高速姿勢制御を特徴としており、 2π strを常時監視しGRBを検知すると機上で座標計算を行い、15秒以内にマニューバを完了し観測を開始する。広い監視領域と高速姿勢制御により、年間2個以上のGRBで有意な偏光観測を実現する。本研究では、バーストの検知・位置決定をおこなう広視野バーストモニタと主検出器であるコンプトン散乱を応用した小型のX線偏光計の開発について発表する。

・目的

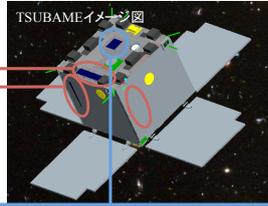
ガンマ線バースト(GRB)の硬X線偏光の観測



GRBとは？
突発的に起こる
宇宙最大級の爆発現象！
大質量星の崩壊が原因？

- ・短時間(数秒～数百秒)での多数の γ 線の放出
- ・その後、急速に減光するX線から電波までの減光

高速姿勢制御可能なTSUBAMEにより
年間2個以上の偏光を観測!!
GRB放射機構の解明へ



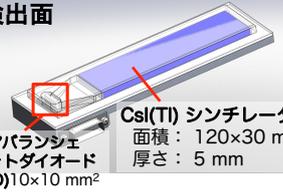
硬X線偏光計 HXCP
(Hard X-ray Compton Polarimeter)

広視野バーストモニタ WBM
(Wide field Burst Monitor)

Wide-field Burst Monitor (WBM)

5面に設置された検出器の計数比により
GRBの検知および位置決定

検出面



目標性能

- ・測定可能カウントレート： ≥ 10 kHz
- ・最小検出可能エネルギー：30 keV
- ・位置決定精度： < 5 deg
- ・重量：260 g

検出器性能評価@東工大

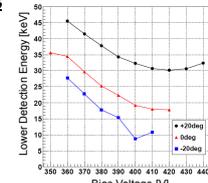
WBM EM 性能



筐体、回路基板を製作

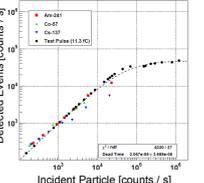
性能評価、
放射線耐性試験を
実施中

最小検出可能エネルギー



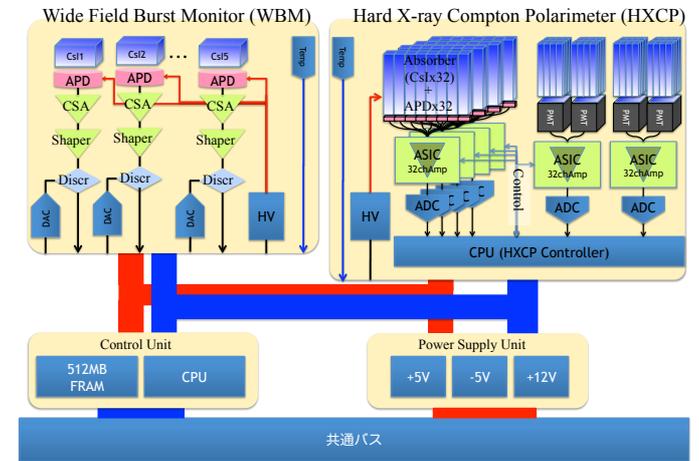
常温で30 keVの検出に成功

高レート検出性能



検出可能カウントレート > 10 kHz

・システム構成



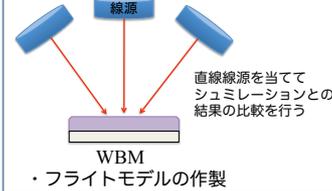
- WBM**
- ・読み出し：CSA+Shaper \rightarrow Discr \rightarrow FPGA
 - ・整形時定数(CSA)：1 μ sec
- 温度を常時モニターHV、スレッシュホールドを調整、最適な環境で運用を行う
- HXCP**
- ・トリガ：MAPMT+APDのコインシデンスを取得
 - ・読み出し：VLSI (CSA + Shaper) \rightarrow ADC
 - ・不感時間：100 μ s
 - ・取得データ：92ch 波高データ (12 bit)
 - ・データサイズ：1 Mbyte / GRB (1000 photon)

開発状況

WBM
EMの性能評価試験を実施中

今後の予定

- ・実機を用いた位置決定実験



・フライトモデルの作製

HXCPエンジニアリングモデルの開発

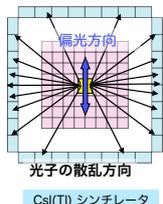
- ・パッシブシールド (W, Sn, Cu) を搭載
- ・APD用高性能VLSIを採用し、S / Nの大幅改善
- ・軽量化 (~ 4 kg / 1 HXCP)

放射線耐性試験実施済み

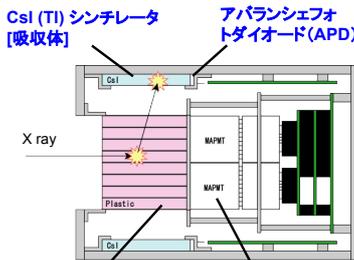
今後の予定
・性能評価試験

Hard X-ray Compton Polarimeter (HXCP)

コンプトン散乱角の
偏光方向依存性を利用した、
硬X線偏光検出



散乱方位角の分布 \rightarrow 偏光情報

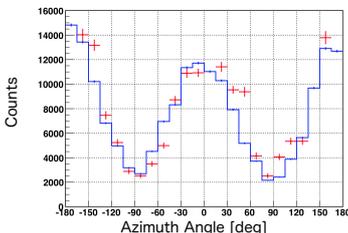


プラスチックシンチレータ [散乱体] マルチアノード光電子増倍管 (MAPMT)

目標性能

- ・検出エネルギー領域：30-100 keV
- ・視野： ~ 15 deg² ・有効面積：7 cm² @ 100 keV
- ・モジュレーションファクター(MF) (一様照射時)：47.8 %
- ・MDP (Minimum Detectable Polarization (3 σ))：6.2 % (GRB021206)

HXCPプロトタイプ 性能評価実験 @ KEK / PF (2009,12)



ビームテスト結果
MF = 72.3 \pm 5.4 %

シミュレーション
MF = 68.7 \pm 1.2 %

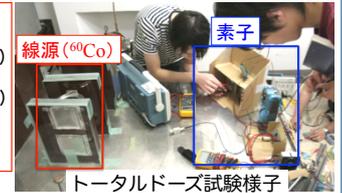
プロトタイプの性能は、
シミュレーションによる予想性能と
誤差の範囲内で一致

使用素子選定

衛星軌道上では、放射線による障害(トータルドーズ、SEL、SEUなど)が発生するため、放射線耐性を考慮して、使用する素子を選定

⁶⁰Co照射試験 (トータルドーズ耐性検証)
場所：東工大 コバルト60照射施設
線源：⁶⁰Co (ガンマ線：1.17, 1.33 MeV)
照射レート： ~ 10 krad / h
(1時間で軌道上5年分相当)

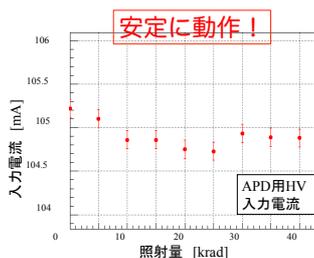
耐性判定基準
20 krad(軌道上10年分)照射後でも、
問題なく使える事



トータルドーズ試験様子

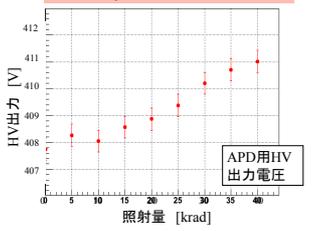
国産高圧電源ユニット (HV基板)

APD用：MAX +500V
PMT用：MAX -1000V



安定に動作!

20 krad(10年分相当)で1V上昇
APDゲインに換算すると、
AM = 0.1 / year



絶縁型DCDCコンバータ

衛星電源バスから変圧して、偏光計などに電源を供給
HVが電源バス系に与える影響を考慮して、絶縁型を採用

出力電圧：
10 krad で3%増加、
20 krad で9%増加 (20W出力時)
変換効率：
20 krad 照射で ± 0.2 %の変化

その他、
放射線医学総合研究所にて
プロトン照射試験を実施
結果を解析中