



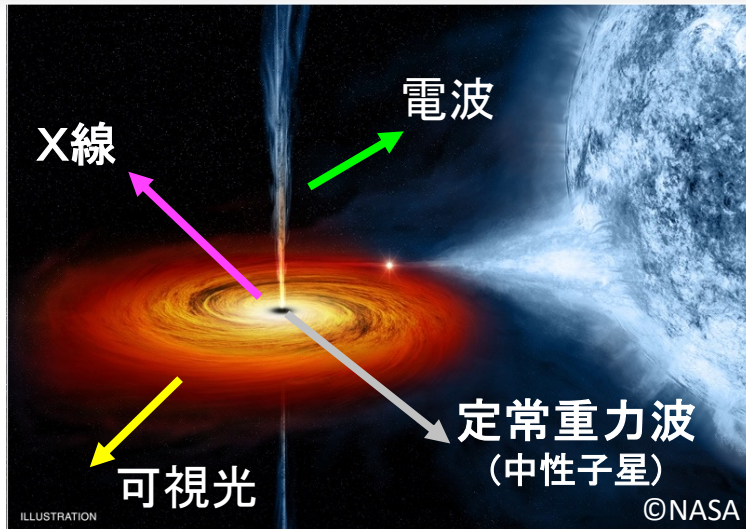
明るいX線天体を狙う 6U NinjaSat

玉川徹 (理化学研究所)

榎戸輝揚, 北口貴雄, 加藤 陽, 三原建弘 (理研), 岩切 渉 (中央大),
武田朋志, 吉田勇登, 大田尚享, 林 昇輝, 内山慶祐 (理研/理科大),
佐藤宏樹 (理研/芝浦工大), 沼澤正樹 (都立大), Chin-Ping Hu (彰化師範大),
高橋弘充 (広島大), 小高裕和, 丹波 翼 (東大), 谷口絢太郎 (早大/理研)

https://twitter.com/ninjasat_xray



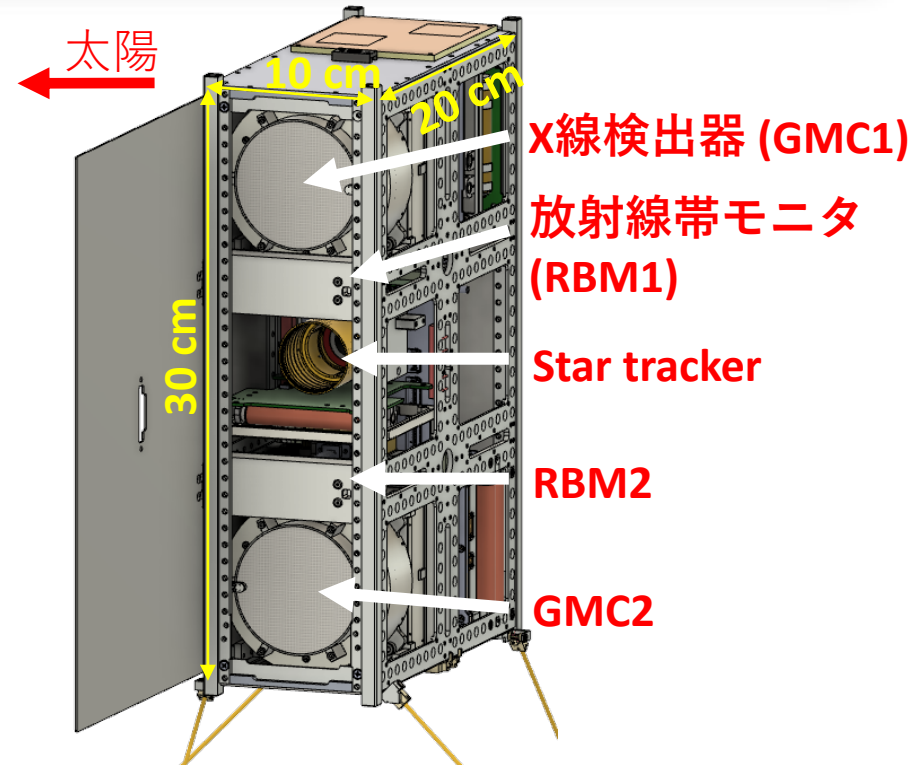


目的

- 明るいX線天体 (定常、突発) の長期占有観測
- 地上天文台との多波長同時観測

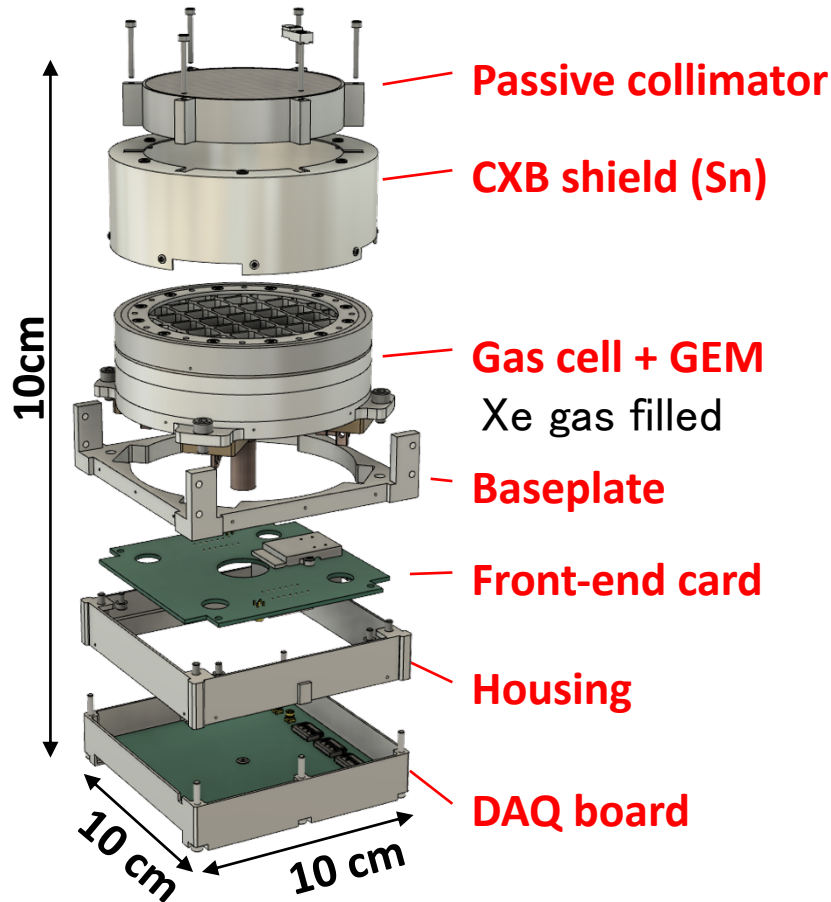
成功基準

- **Min:** 宇宙で検出器を動作、X線を観測
- **Full:** 2つ以上のX線天体を観測し、多波長連携も活用し論文化
- **Extra:** 定常重力波の発見に貢献する中性子星の情報を提供
- アウトリーチ: 公開X線天文台



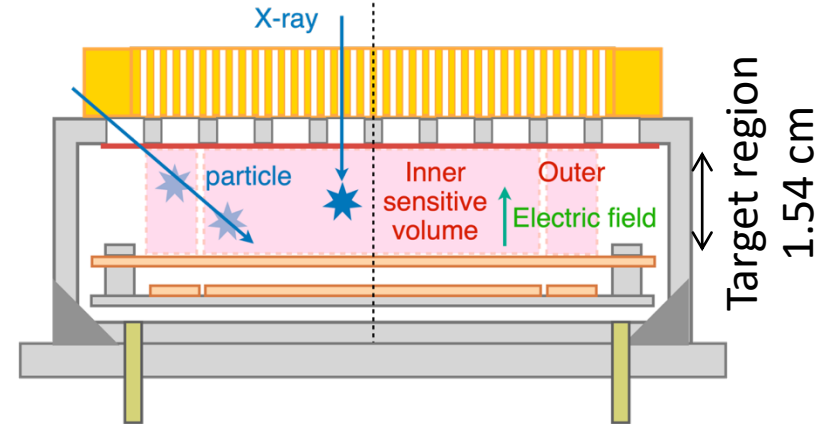
- 開始 2020, 打上 2023 (運用: 1年以上)
- 6U CubeSat (bus: **NanoAvionics/MBA**)
- 質量: ~8 kg, 電力: 16 W (w/ 40% margin)
- 姿勢制御: 3軸 (w/ star tracker), <0.1deg
- 通信: S-band/VHF (初期運用)
- 時刻: GPS timing
- 軌道: 450-500 km, 傾斜角 51.6°

Gas Multiplier Counter (GMC) x 2台



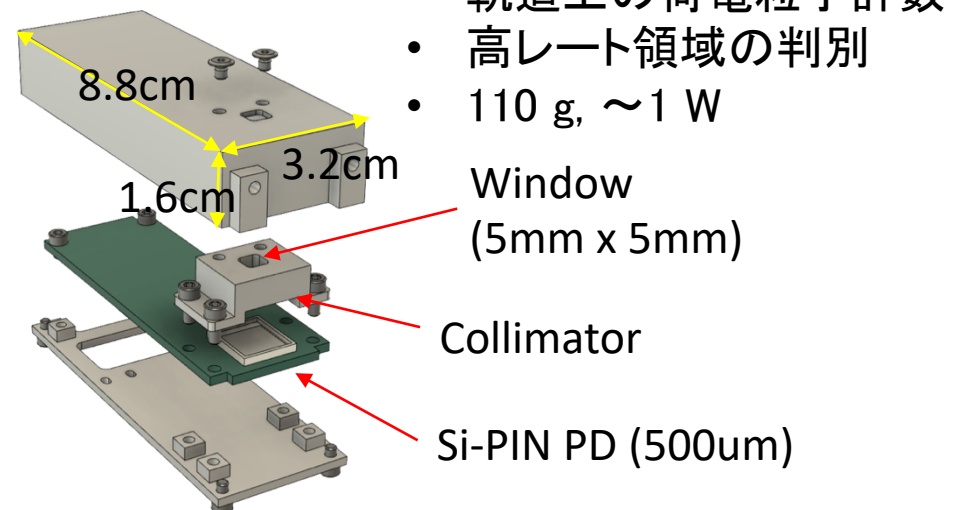
- 質量: 1.2 kg, 電力: ~2 W (軌道平均)
- 帯域: 2-50 keV, 時間分解能: 122 us
- コリメータ: 2.3 deg (FWHM)

GMC センサー一部断面

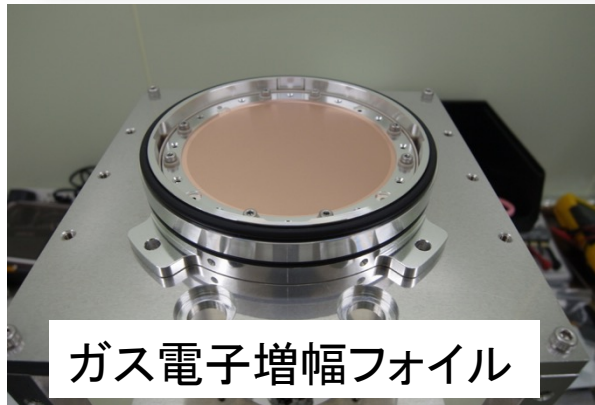


- 1U に詰め込むのは予想外に大変

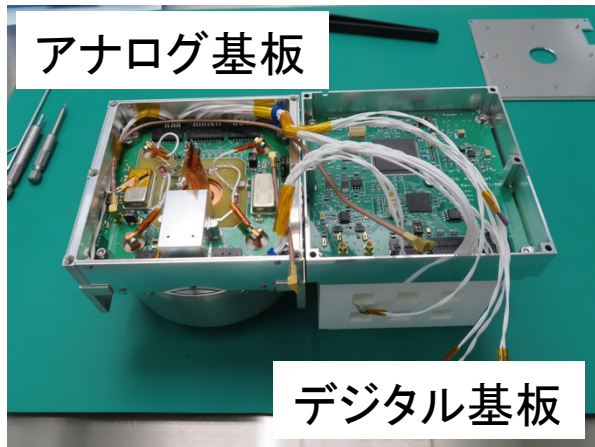
Radiation Belt Monitor (RBM) x 2台



- 軌道上の荷電粒子計数
- 高レート領域の判別
- 110 g, ~1 W

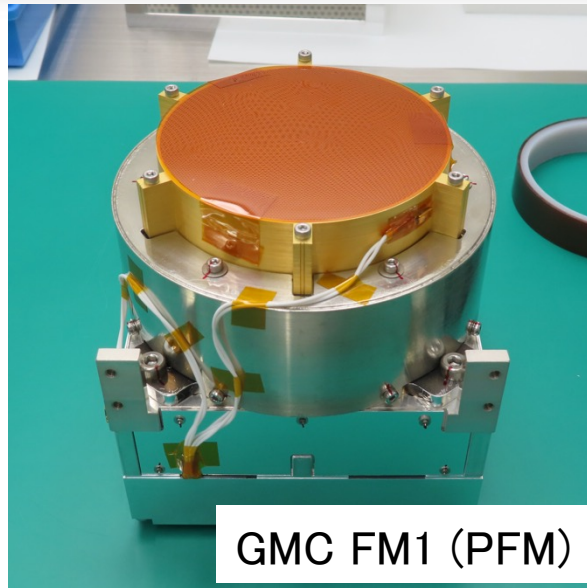


ガス電子増幅フォイル

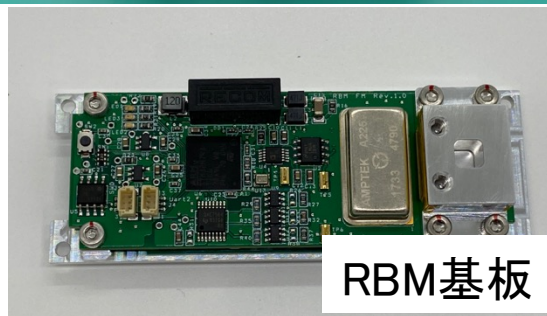


アナログ基板

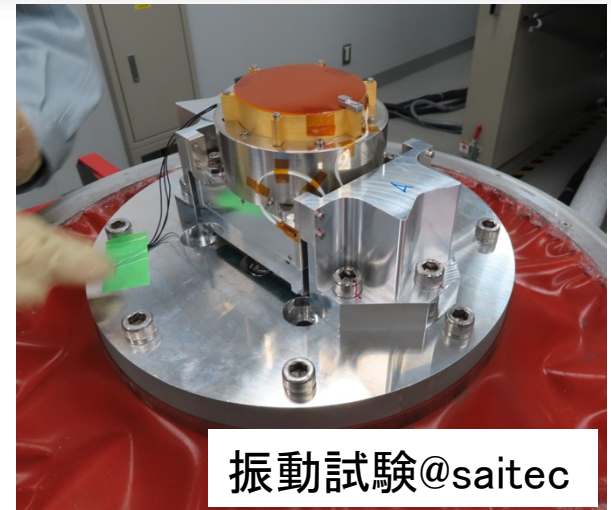
デジタル基板



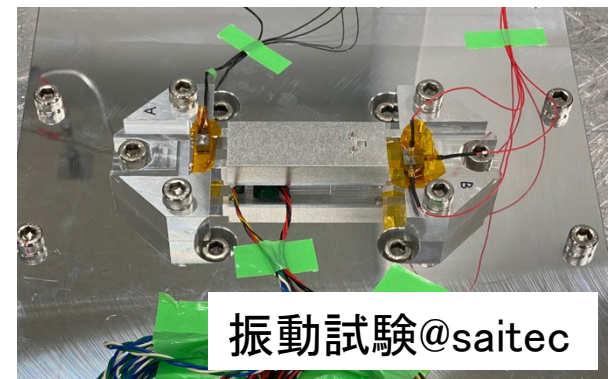
GMC FM1 (PFM)



RBM基板

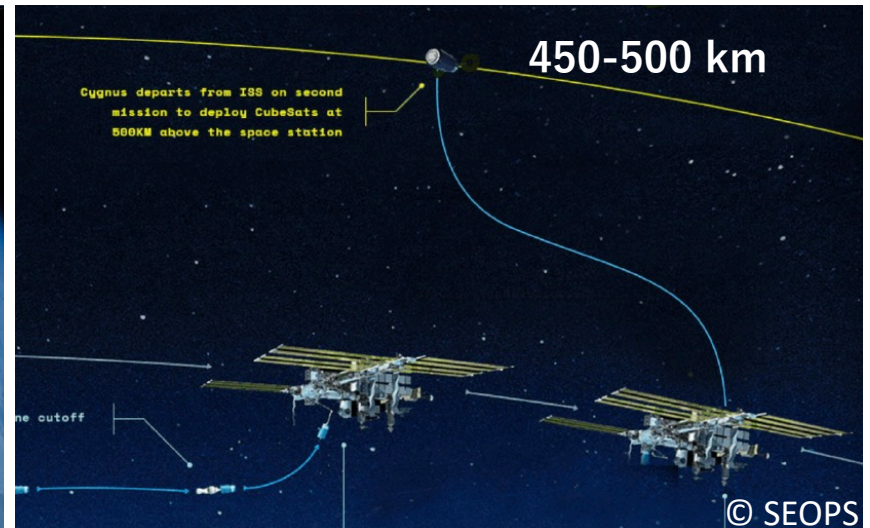
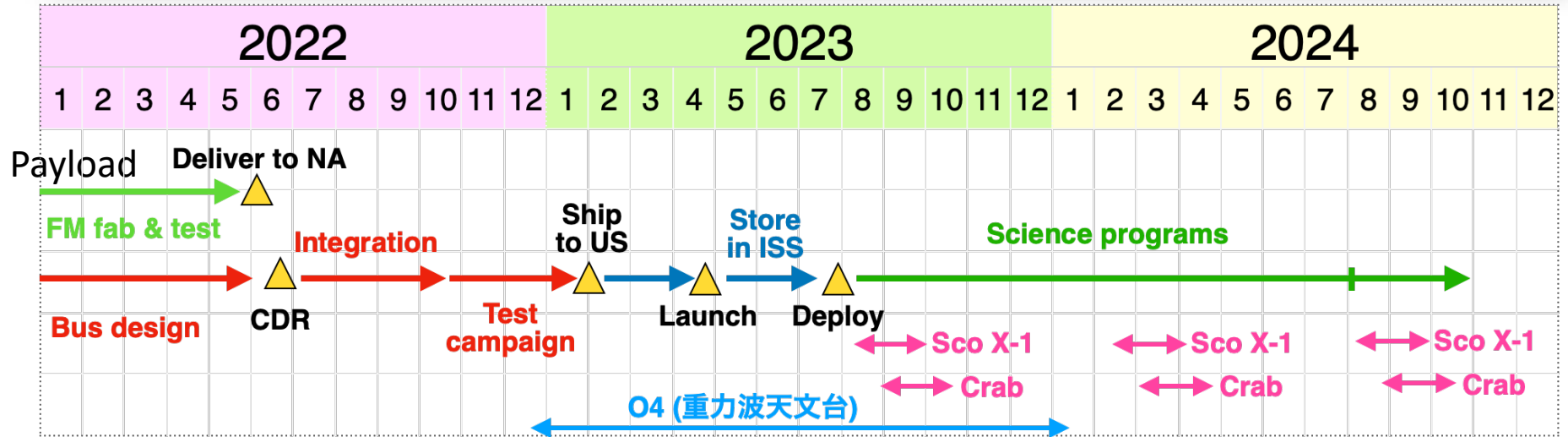


振動試験@saitec



振動試験@saitec

- FM ペイロード製作
- FM ペイロード環境試験、校正試験



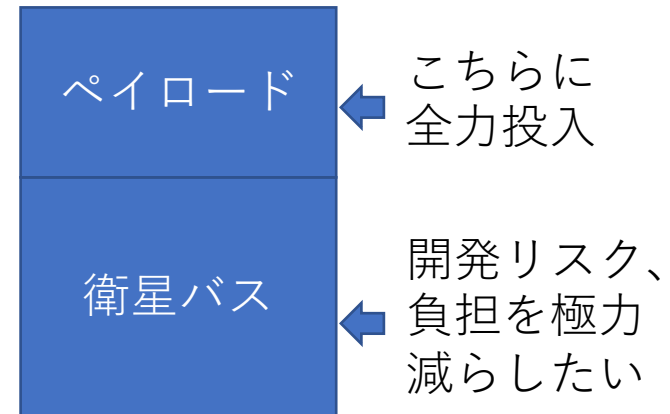
- 太陽活動期に当たるので軌道寿命低下を懸念
- より高い高度 (> 475km) から放出を選択

現状

- 科学衛星は大型化し、プロジェクトサイクルが10年を超える時代
 - 自分のアイデアが、研究者人生の間 (~30年) に実現する可能性すら薄れつつある
- 意欲のある (若手) 研究者が宇宙で活躍できる場をつくり出したい**

科学衛星

- ペイロードを宇宙に運んで、観測(実験)を行い、結果が出せてナンボの世界。
- 衛星を作ること自体が目的ではないので、ペイロード製作にマンパワーを投入したい。



プラットフォーム

- 地球低軌道のバスについては、工学的な開発要素(魅力)はそれほど多くない(と思う)
- かと言って、信頼度の低いバスでは成功率が下がる(時間を失う)
- 経験豊富な民間企業(ただし生きる糧をお持ちの企業)があれば、ぜひお願いしたい

チャンスがあるなら、悩むより、動いてみよう

感じたこと

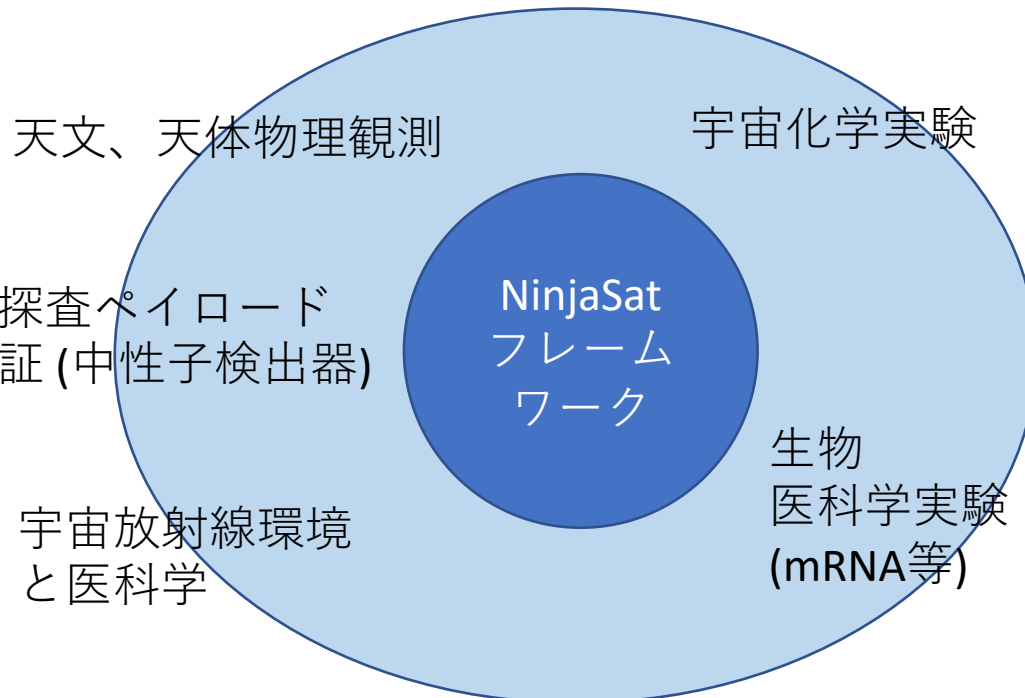
- 単に装置を小型化するだけでなく、計画を衛星バスに合わせこむ努力(能力)も必要

NinjaSatフレームワーク

- 特定の衛星バスやプロジェクトを指すものではない。民間企業の衛星バスやスペース (ISS民間枠を含む) を活用し、宇宙理学実験を実施するフレームワーク
- 宇宙での実験に興味を持ってくれる人は多い。でも、どうすれば良いかわからない人が大半。研究サイクルの短い分野は、5年も待てない。
- 多くの分野を巻き込んで、全体のパイ (財源) を増やす。それにより、科学技術の進歩と、民間企業のベースアップを図る。

多くの分野を宇宙実験に巻き込め

Ninja=正規軍ではない裏組織だが、
時として世界を変える力を持つ



衛星スペース貸しなども活用

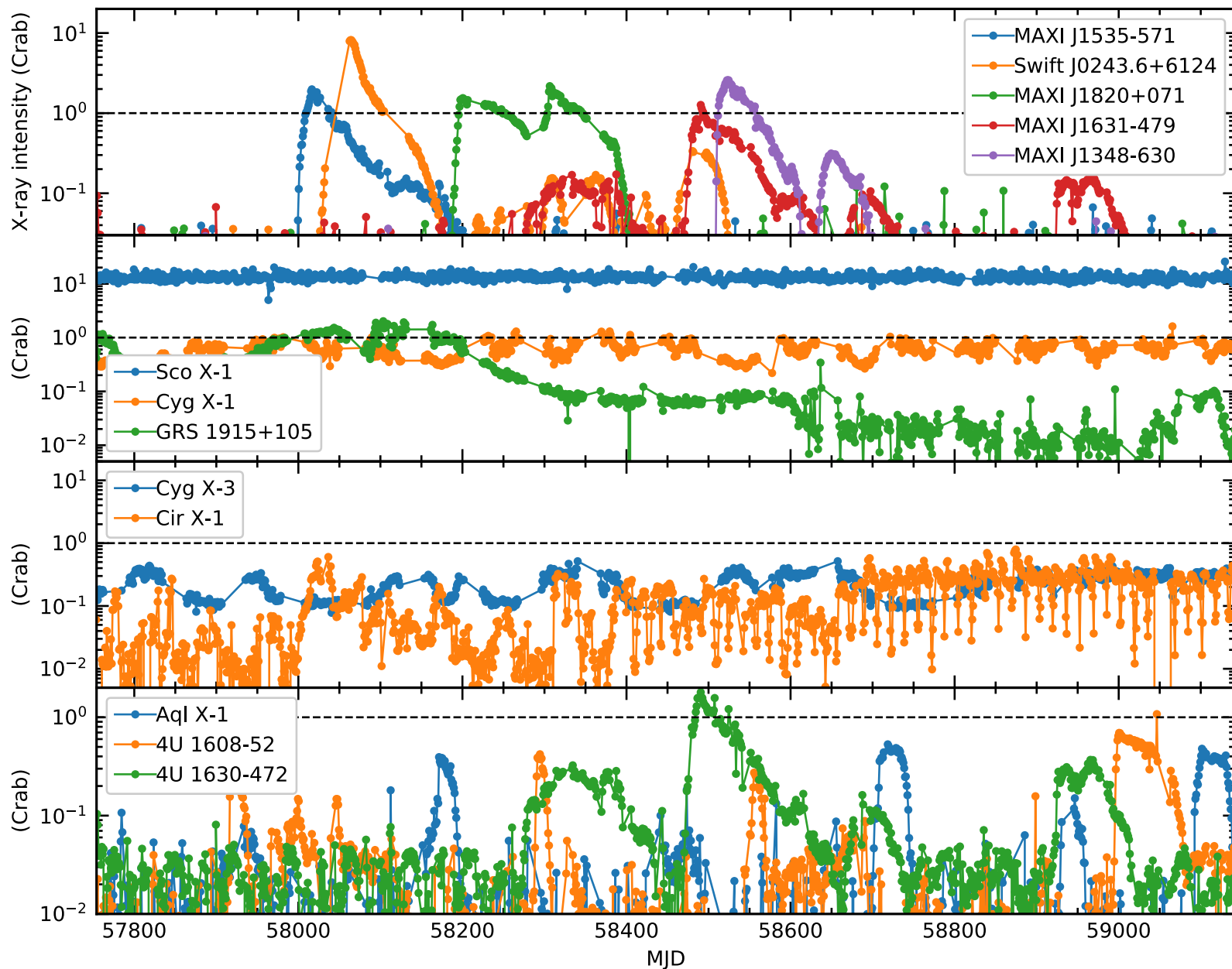


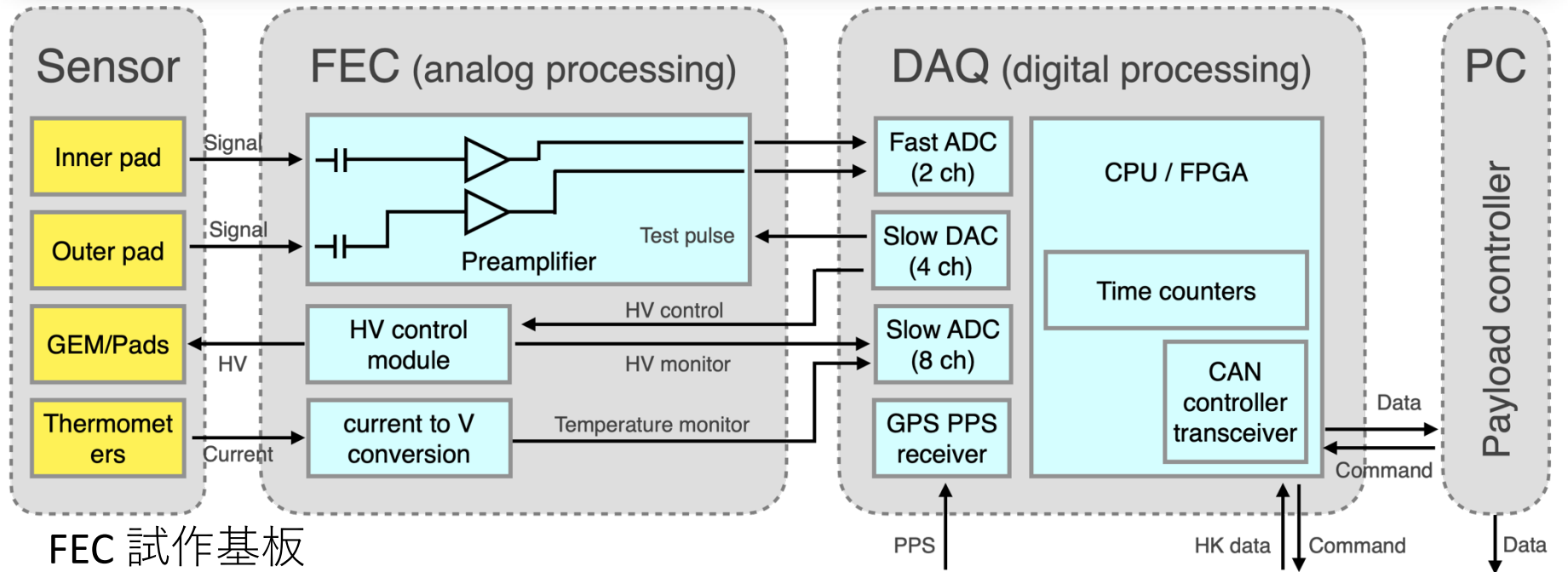
© LOFT ORBITAL

1. 明るいX線天体を観測する、6U X線天文衛星 NinjaSat プロジェクトを推進中。2023年4月打上げ、地上の可視光、電波、重力波天文台と連携し、**多波長、マルチメッセジャー観測**を目指す。一般への**公開天文台活動**も予定。
2. ペイロード製作に集中し、6U衛星バスは民間企業に任せる方針を選択。この方式のノウハウを習得するための、パイロット実験的な要素を含む。**まずは、やってみよう！**
3. NinjaSat **フレームワーク**は、特定の衛星バスを指すのではなく、**民間の宇宙技術を最大限に活用し**、多くの科学分野で宇宙実験を身近なものにするための活動の総体。

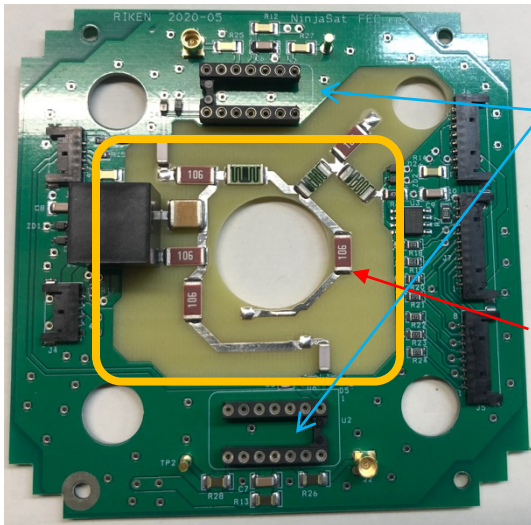
Backup slides

MAXI Light curve of bright X-ray sources





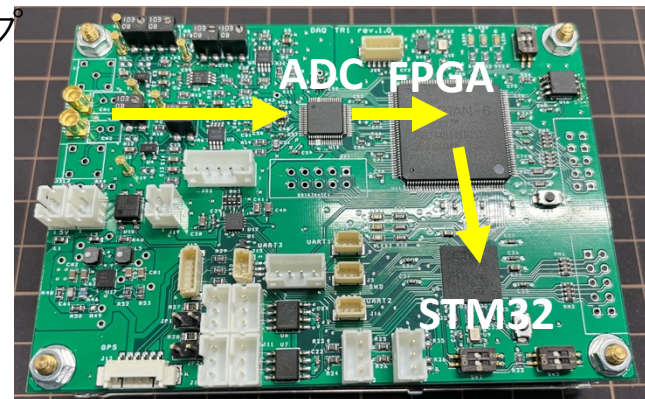
FEC 試作基板



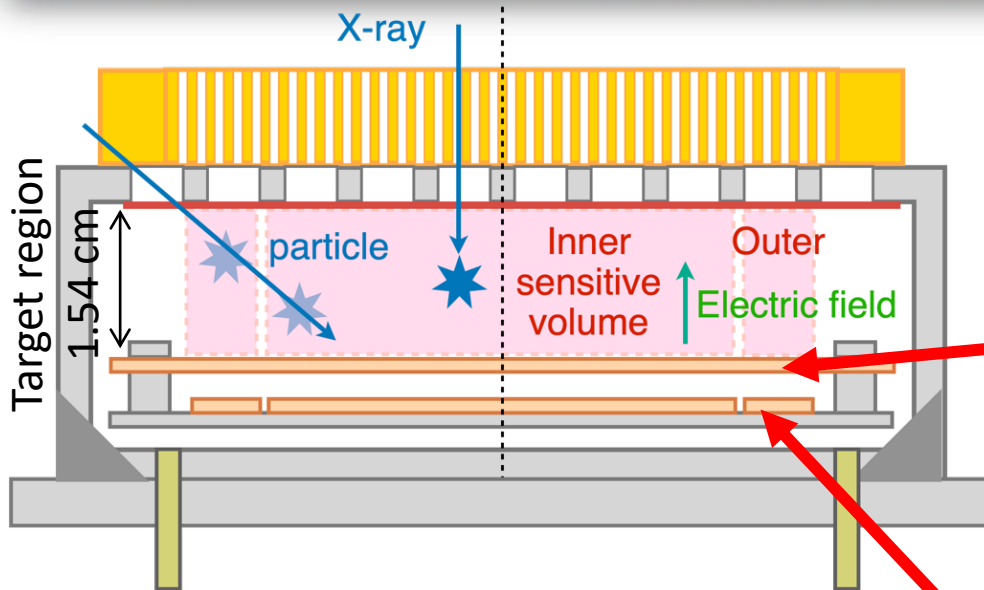
88

アナログ処理部
A225プリアンプ

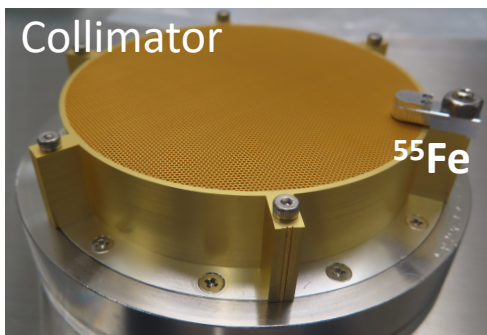
高電圧供給部
UMHV0520 +
ブリーダ回路
(1.8 kV max)



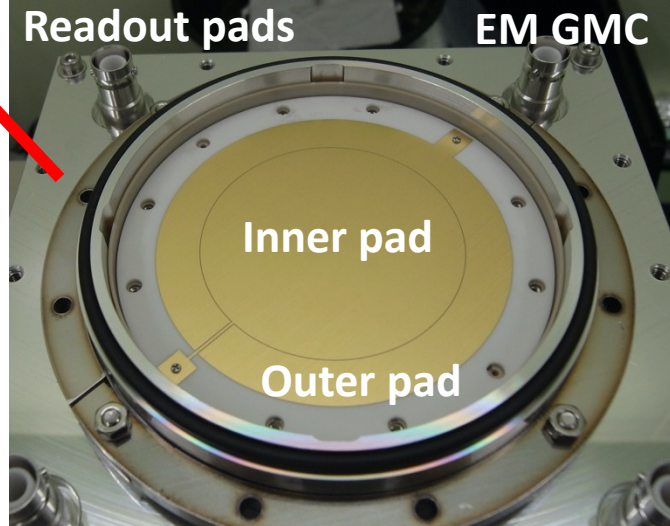
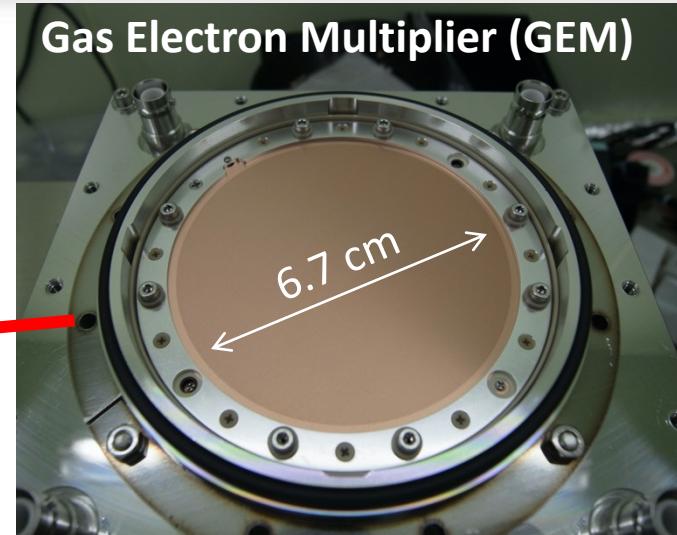
DAQ
試作基板



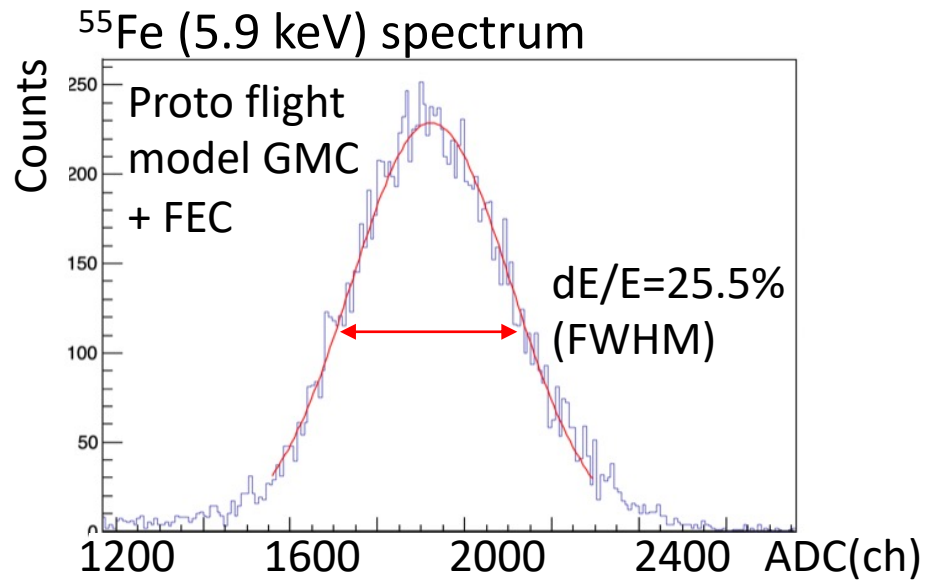
- Gas counter w/ Gas Electron Multiplier
- Xe (75%) Ar (24%) DME (1%), 2-50 keV
- Energy resolution $\sim 25\%$ at 6 keV
- Area 76 cm^2 at 6.4 keV, timing $122 \mu\text{s}$



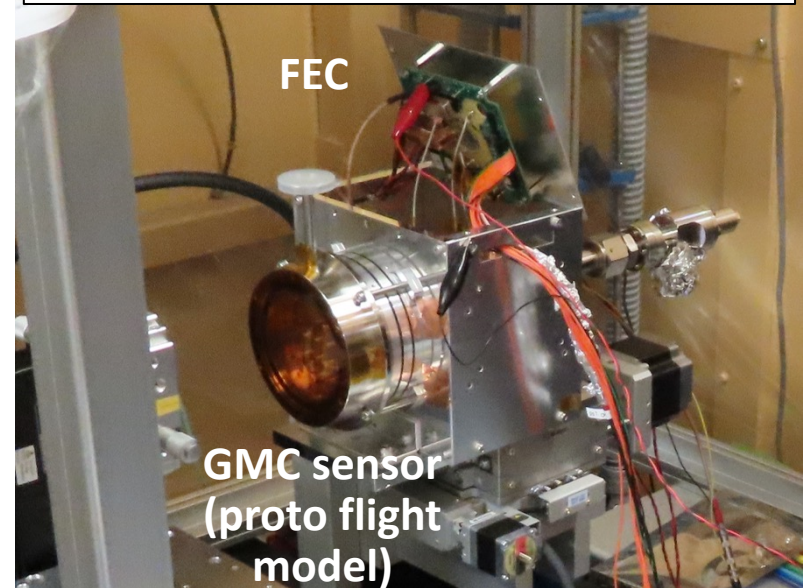
- Passive collimator 2.3deg FOV (FWHM)
- ^{55}Fe calibration source

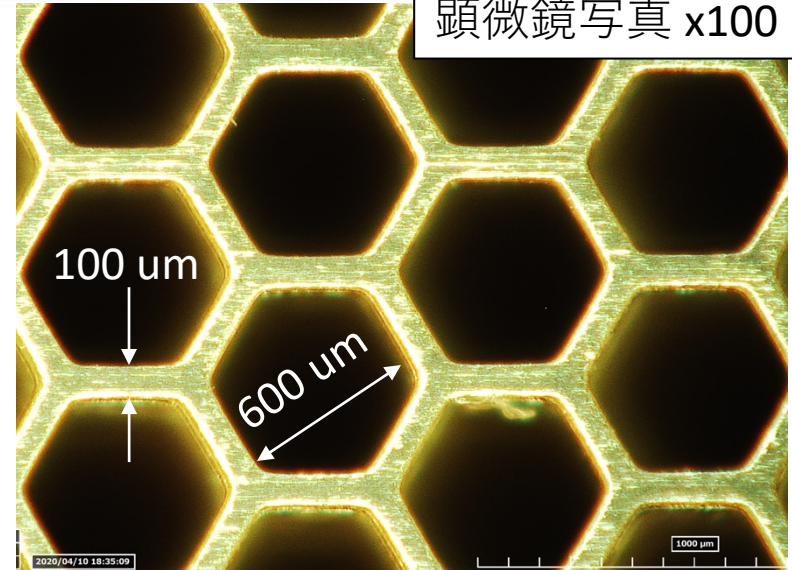
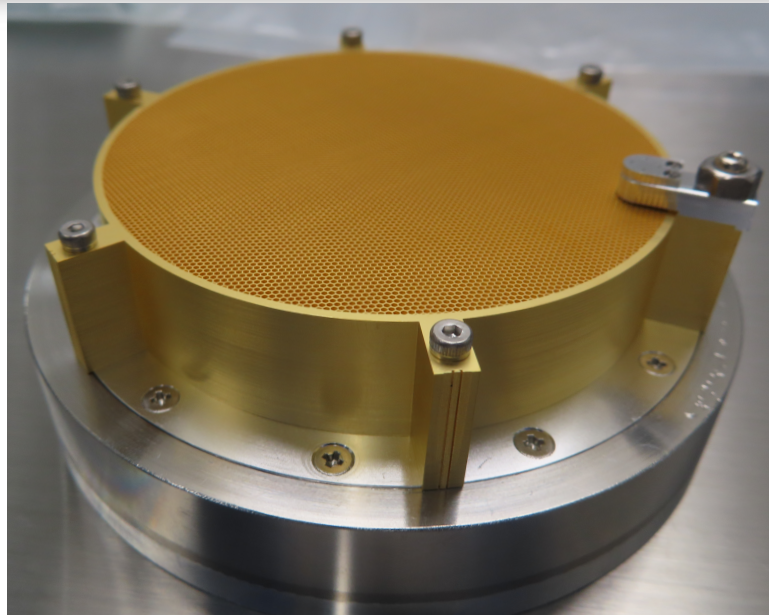


- Particle rejection w/ anti-coincidence
- Gain monitoring (outer pad only)

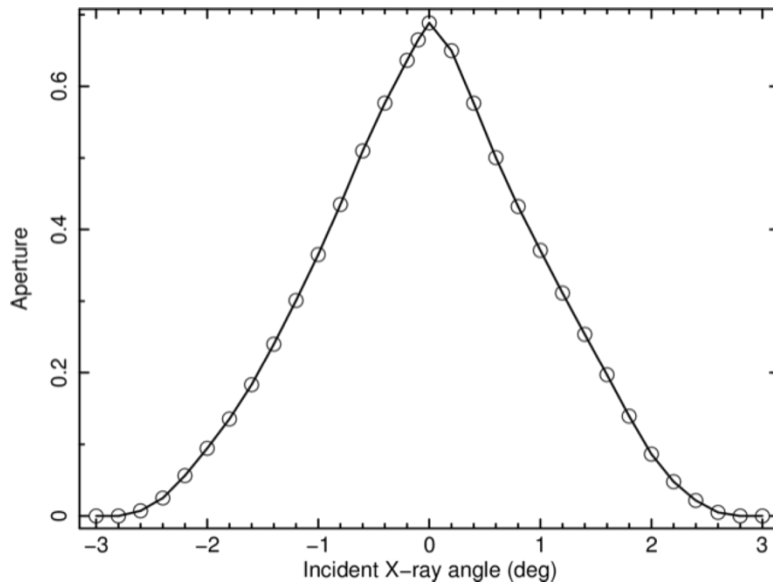


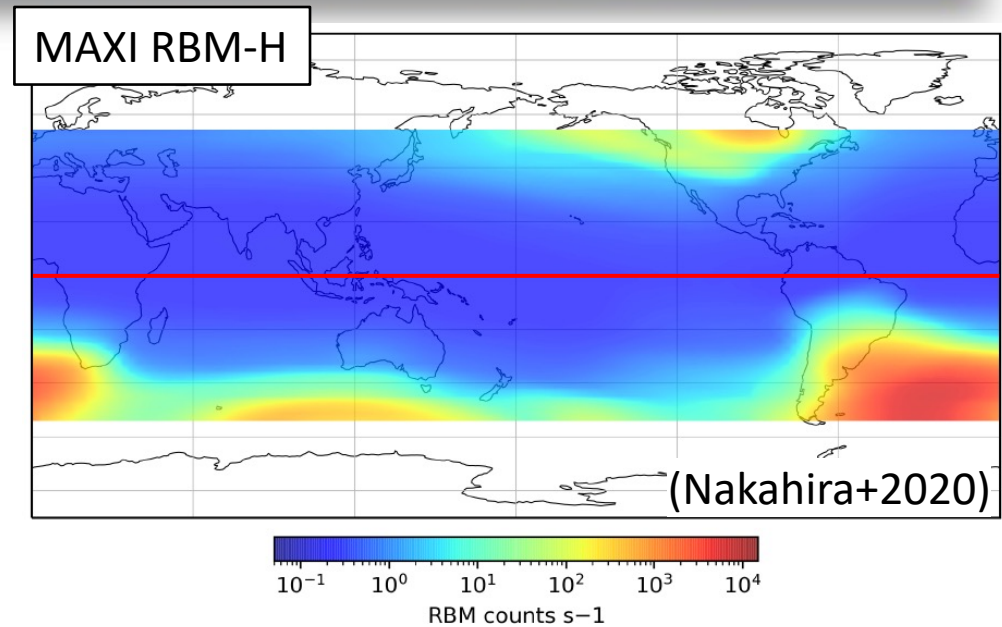
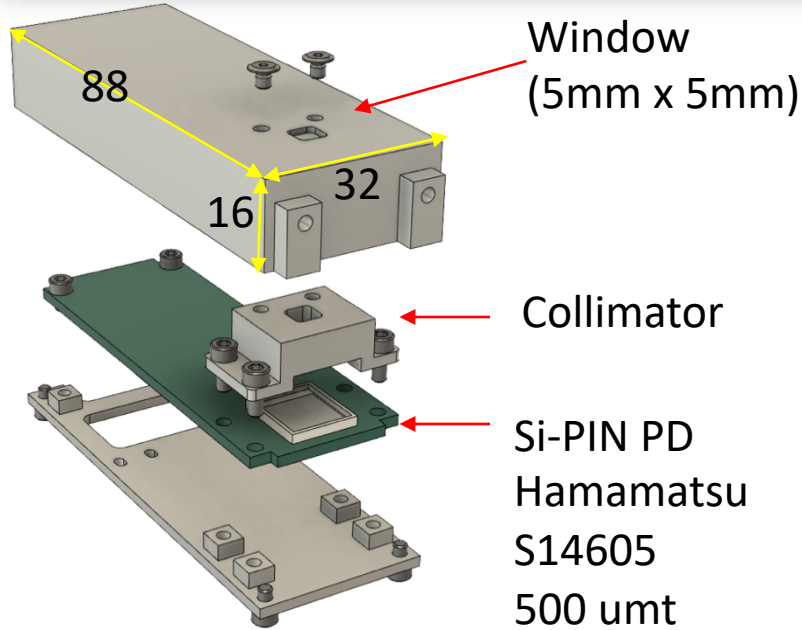
Performance test at KEK-PF (2/25-28)



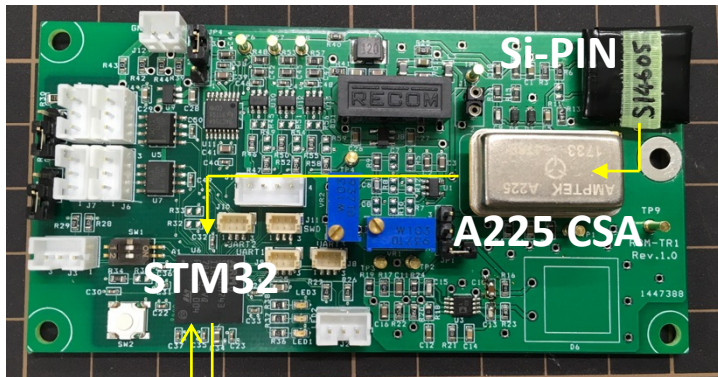


- 視野 ~2 deg (FWHM)
- 50 μm 厚のエッチング板を200枚重ね。
拡散接合により接着
- 開口率 69% (設計値 74%)
✓ 主にミスアラインメントによる
悪化





RBM 試作モデル



- 高粒子線帯のハードウェア検知 (GMC 安全確保)
- 500 um 厚 Si-PIN 光ダイオード (30 Vバイアス)
- コンパレータ in STM32 microcomputer
- CAN 経由で他機器とやりとり
- 低エネルギー電子をコリメーターで削減