



広島大学

硬X線偏光検出器PoGOLite気球実験 2016年フライトの結果

高橋弘充(広島大学)、PoGOLiteチーム

PI: Mark Pearce (スウェーデン王立工科大学)

(<http://web.particle.kth.se/pogo/>)



上空40kmで気球は直径100m

Jan-Erik Stromberg



広島大学

硬X線偏光検出器PoGOLite気球実験

PoGO+ とミッション名が変わりました

高橋弘充(広島大学)、PoGO+チーム

PI: Mark Pearce (スウェーデン王立工科大学)

(<http://web.particle.kth.se/pogo/>)



上空40kmで気球は直径100m

Jan-Erik Stromberg



広島大学

硬X線偏光検出器PoGOLite気球実験

PoGO+ とミッション名が変わりました

高橋弘充(広島大学)、PoGO+チーム

PI: Mark Pearce (スウェーデン王立工科大学)

(<http://web.particle.kth.se/pogo/>)



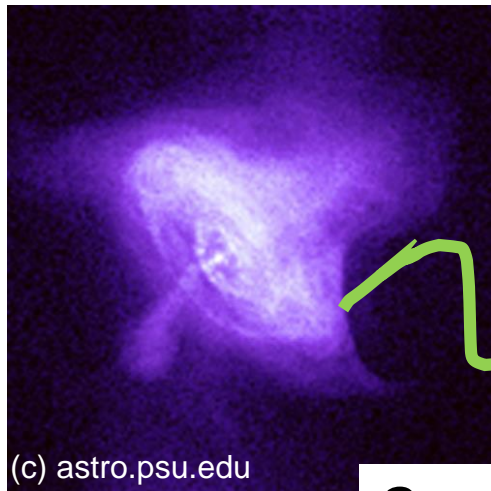
大橋ポスター (V334c)

プラスチックシンチレータによる中性子・ガンマ線の波形弁別



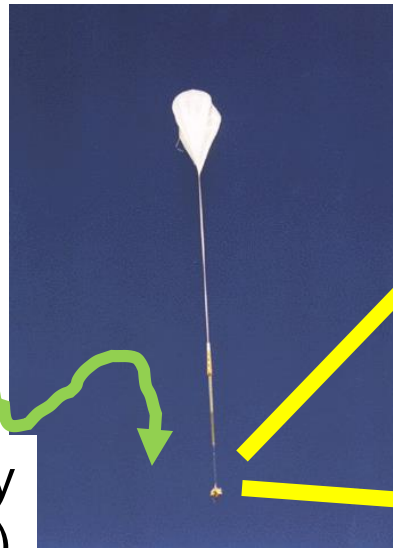
X線・ガンマ線 偏光観測

- **偏光**測定 (イメージ、タイミング、スペクトルとは異なる情報)
=> パルサーやブラックホール、活動銀河核、ガンマ線バーストなどにおける
高エネルギー現象の研究で重要
- しかしながら、**X線・ガンマ線の偏光が検出された天体は、ガンマ線バースト、
かに星雲** (2.6/5.2 keV と 200 keV 以上) と **Cyg X-1** (600 keV 以上) のみ
- 他のエネルギー帯域、他の天体の偏光観測が必要不可欠
PoGO+, X-Calibur, ASTROSAT, 「ひとみ」/SGD, PRAXyS, IXPE, XIPE ...

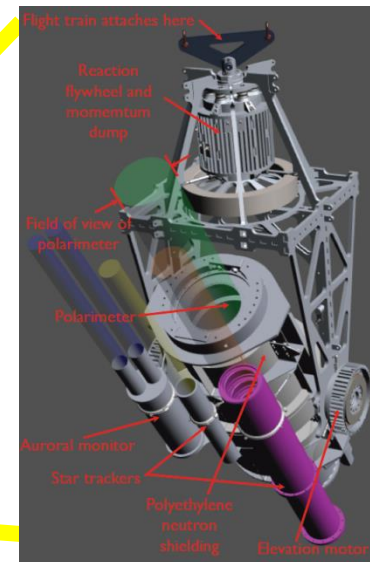


(c) astro.psu.edu

Gamma-ray
(25-80 keV)



~40 km

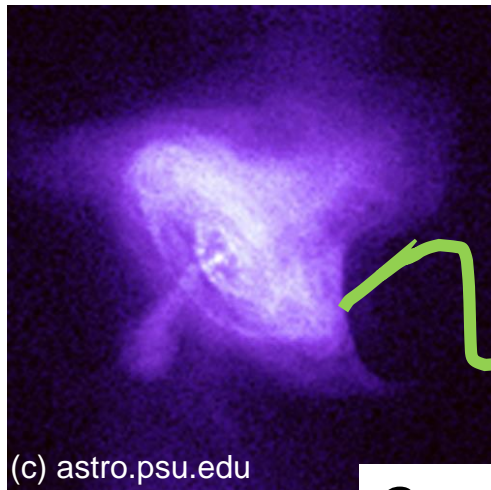


Weight (wo ballast) : ~1750 kg
Power : ~300 W (Instrument)
~200 W (Gondola, etc.)



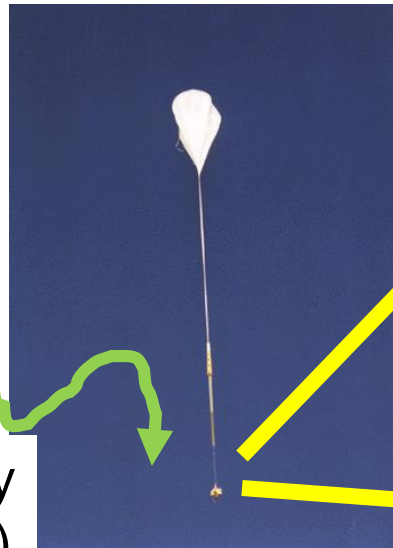
Polarized Gamma-ray Observer (PoGO+)

- **PoGO+ 気球実験は、25-100 keV の硬X線帯域で、1 Crab の天体から10%の偏光を検出する能力を持つ。**
- 日本とスウェーデンの国際共同プロジェクト。
- スウェーデンのキルナから放球し、かに星雲と Cyg X-1 を観測。

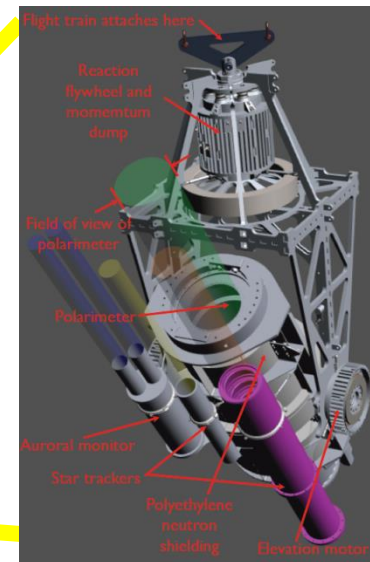


(c) astro.psu.edu

Gamma-ray
(25-80 keV)



~40 km



Weight (wo ballast) : ~1750 kg
Power : ~300 W (Instrument)
~200 W (Gondola, etc.)



PoGO Lite/PoGO+ の放球記録

- 2010年夏： 1-2 日間のフライト@スウェーデン、キルナ上空
→ しかしながら、2010年4月にオーストラリアであったNASAの放球失敗の事故を受けて、延期されていた。

- 2011年7月6日 23:57(UTC) 放球成功 @キルナ
フライトはカナダまでの約5日間を予定していた。

→ しかしながら、気球からHeがリークし、約5時間で地上へ戻ってきた。
我々の検出器自身は上空でも正常に動作した。

- 2012年7月：北極圏を周回する2週間のフライト@キルナ

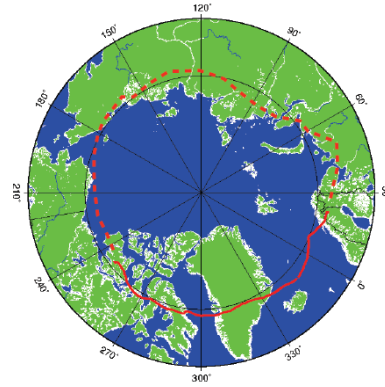
→ しかしながら、悪天候のために打ち上げ機会に恵まれず。。。

- 2013年7月12日～26日：キルナ

→ 北極圏を周回する2週間のフライト(スウェーデン～ロシア)に成功！
しかし、偏光計は電源系の不具合で3日間(3回Crab)のみ動作

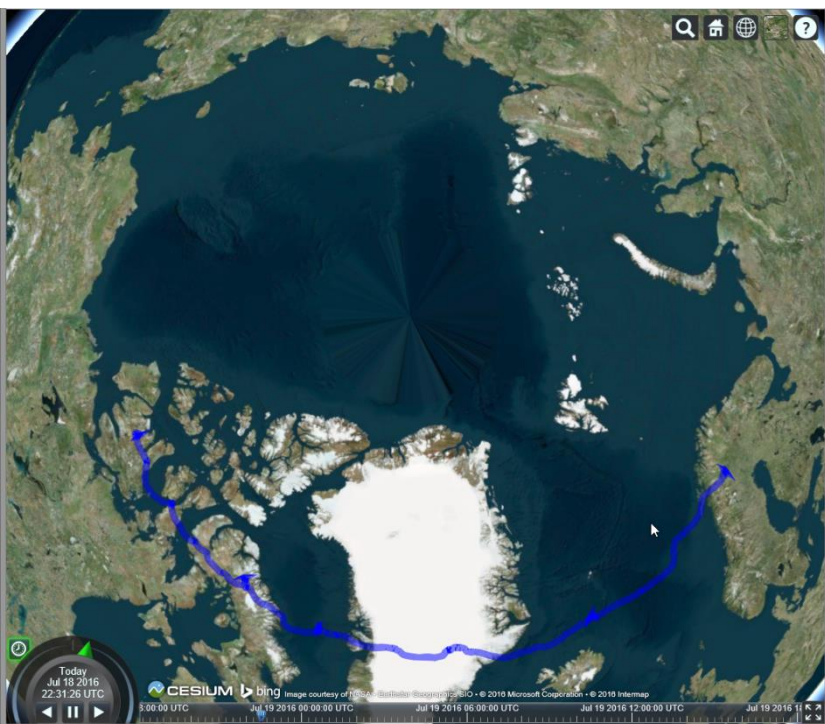
- 2016年7月12日～18日：キルナ

→ 5日間以上のフライトを予定 => 7日間(7回Crab, 6回Cyg X-1)実施
2013年の不具合の解決、偏光計の改良(感度の向上)





2016年のフライトの軌跡(7日間)



2016年

- ・国際情勢により、ロシア上空は飛行できなかつたため、カナダまで
- ・7日間で北極圏を1/3周回(時速30km)
- ・観測天体 かに星雲:7回、Cyg x-1:6回



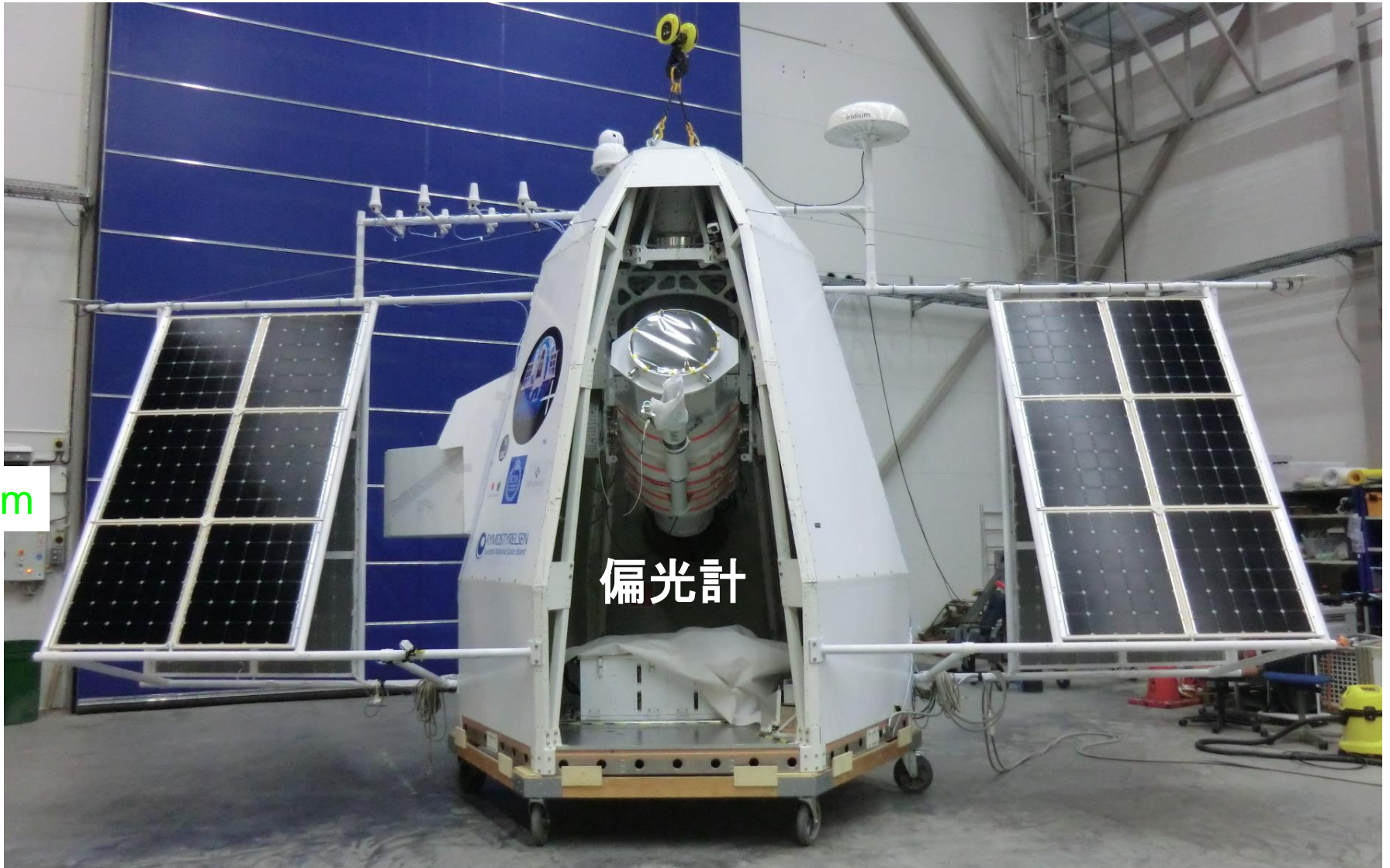
ゴンドラからの撮影

SSC:スウェーデン宇宙公社



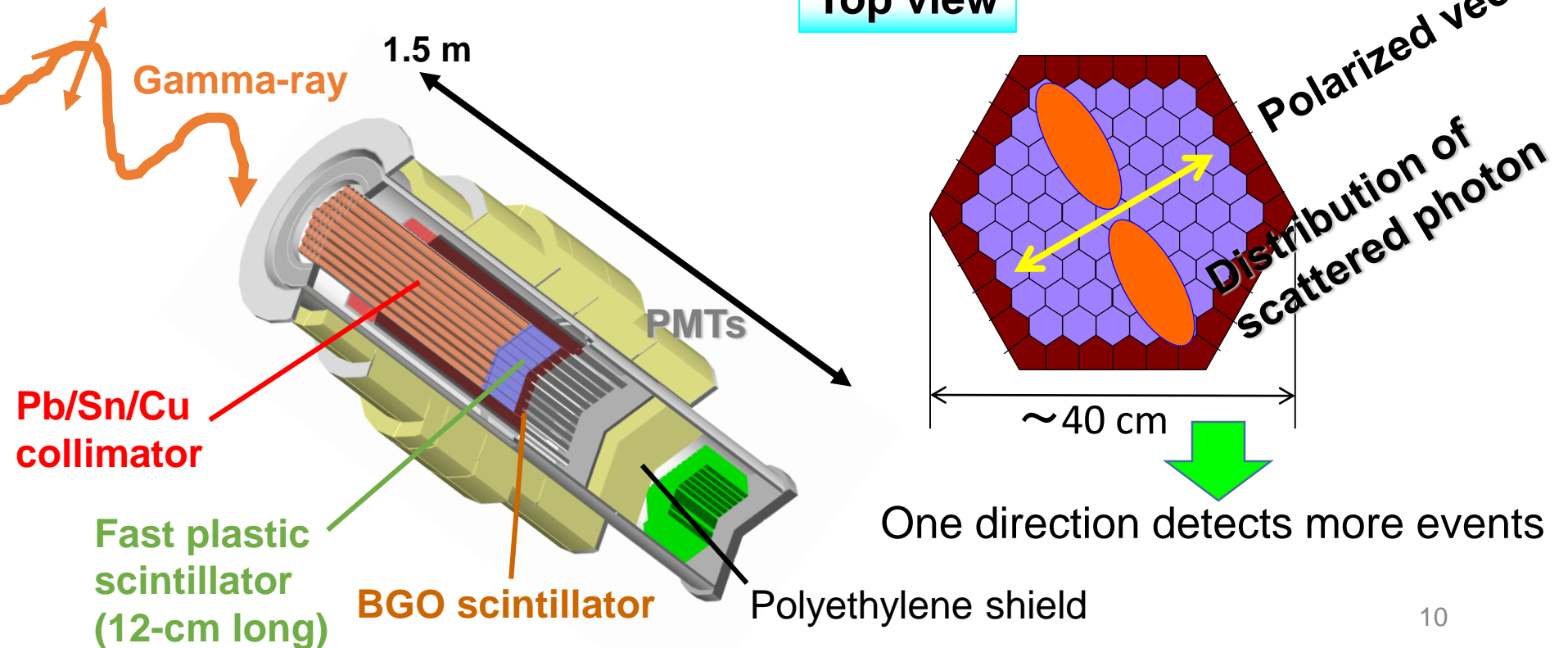


PoGO+ Overall View (2016)



偏光検出

- **PoGO+** ではコンプトン散乱を検出し、その散乱角の異方性から偏光を検出
主検出部 (PDC) : 61ユニット、周囲にシールド (SAS) : 30ユニット
熱中性子シンチレータ : 2ユニット
- 検出器自身の系統誤差、大気中性子フラックスの異方性をキャンセルするため、観測中は検出器が6分で1回転する。

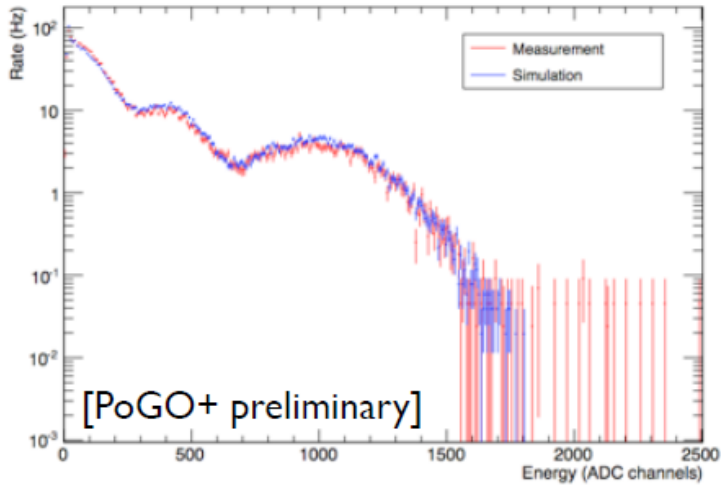




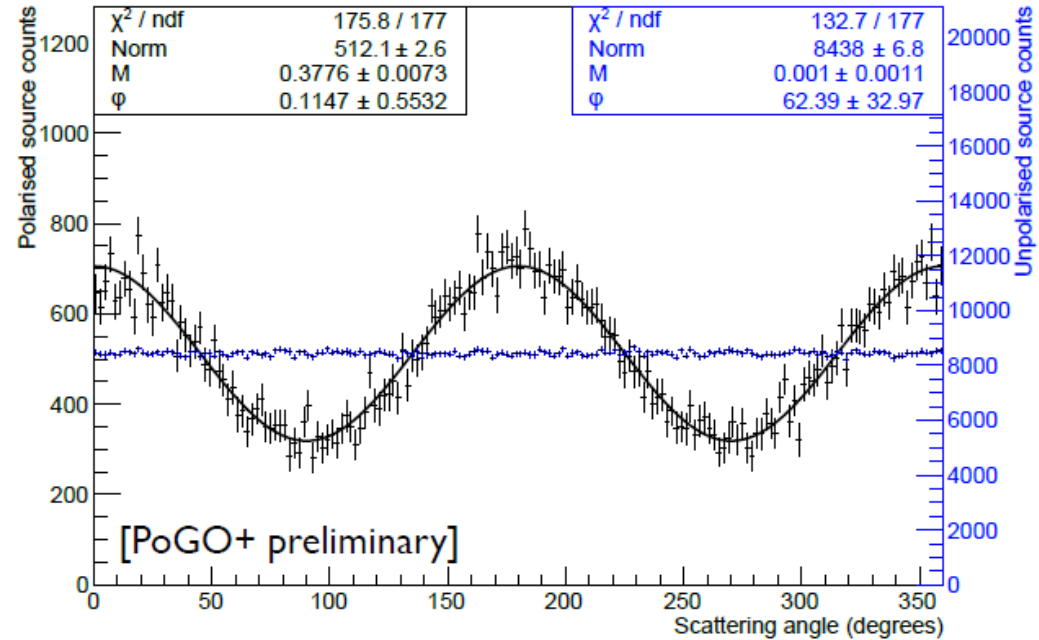
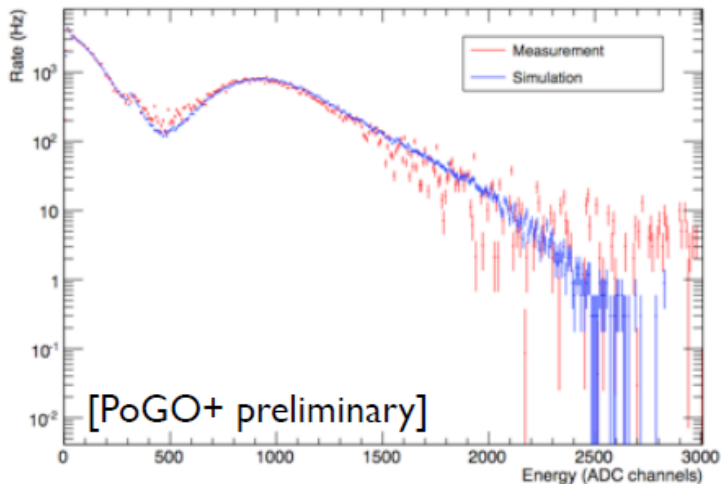
地上での較正実験

NIM-A 受理

2 hits / central unit



2 hits / first ring

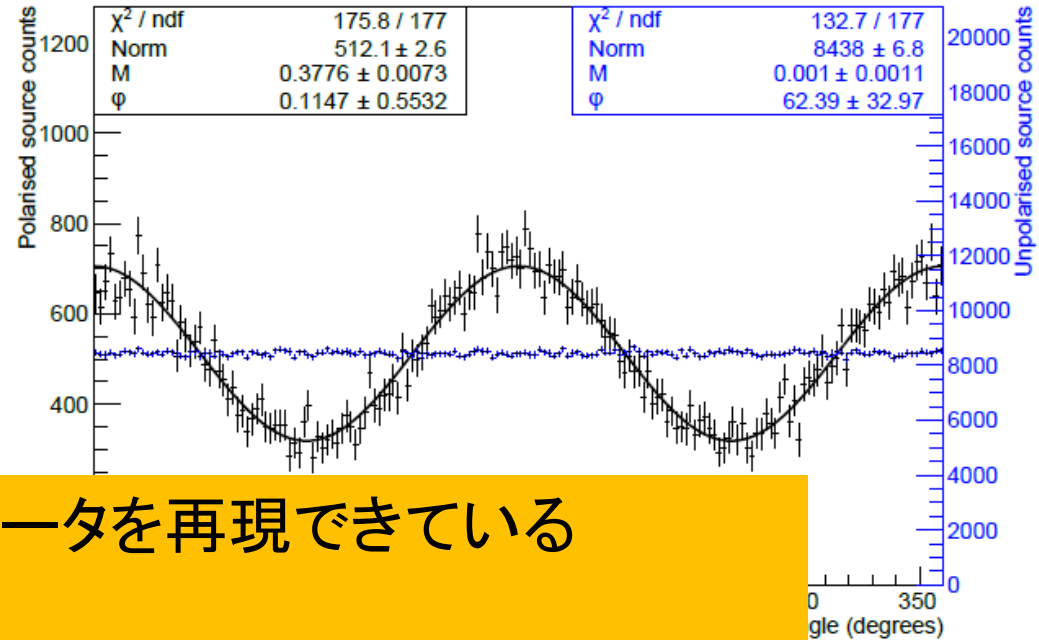
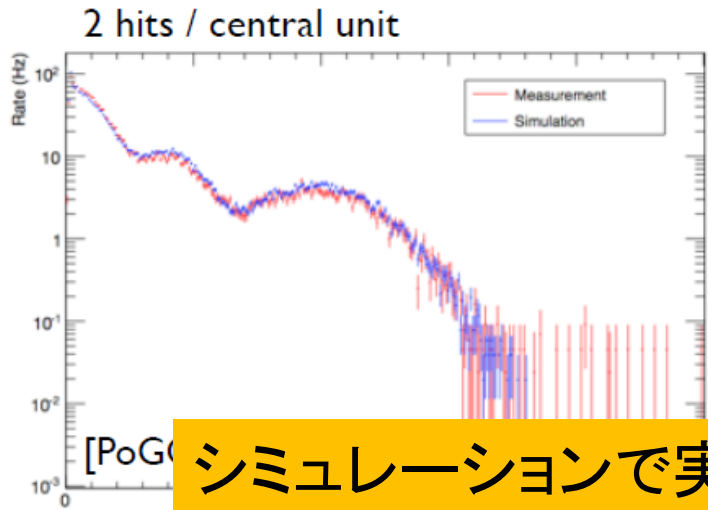


- Polarised ^{241}Am source ($\sim 53 \text{ keV}$; $\Pi \sim 100\%$)
- $\mu = (37.8 \pm 0.7)\%$ ($\phi = (0.1 \pm 0.6)^\circ$)
- Consistent with simulations
- $\Rightarrow \mu_{\text{Crab}} = (41.8 \pm 0.9)\%$
 $= 1.7 \mu_{\text{Crab}}$ for PoGOLite



地上での較正実験

NIM-A 受理



シミュレーションで実データを再現できている

回転=>検出器自身の異方性が存在しない

=> 検出の有無は、実データのみで判断できる
レスポンス/シミュレーションに依存しない

- Consistent with simulations

- $\Rightarrow \mu_{\text{Crab}} = (41.8 \pm 0.9)\%$

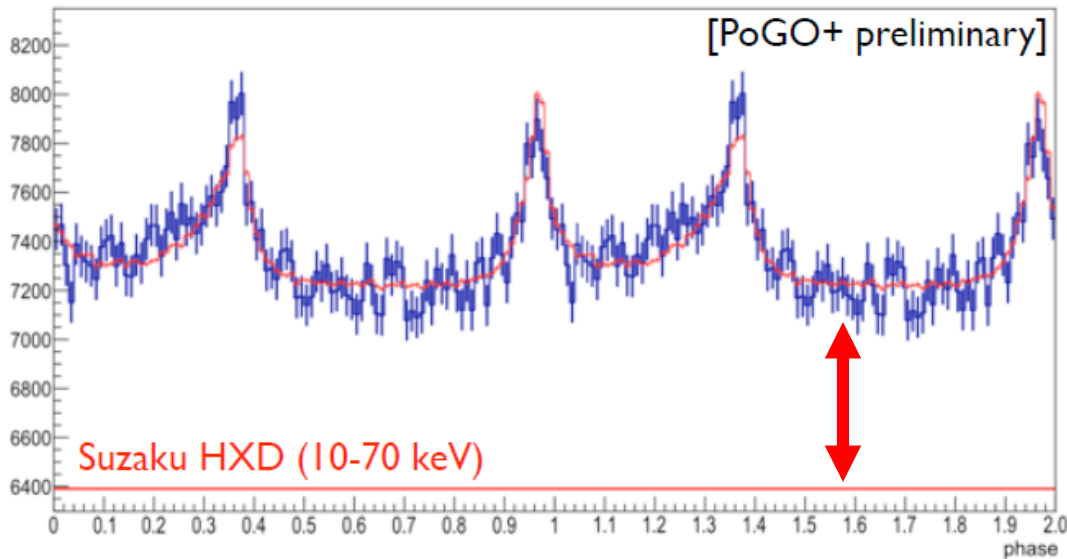
= 1.7 μ_{Crab} for PoGOLite



2016年のフライトデータ Preliminary

Offline selections:

2 hit events. Loose waveform & pointing selections



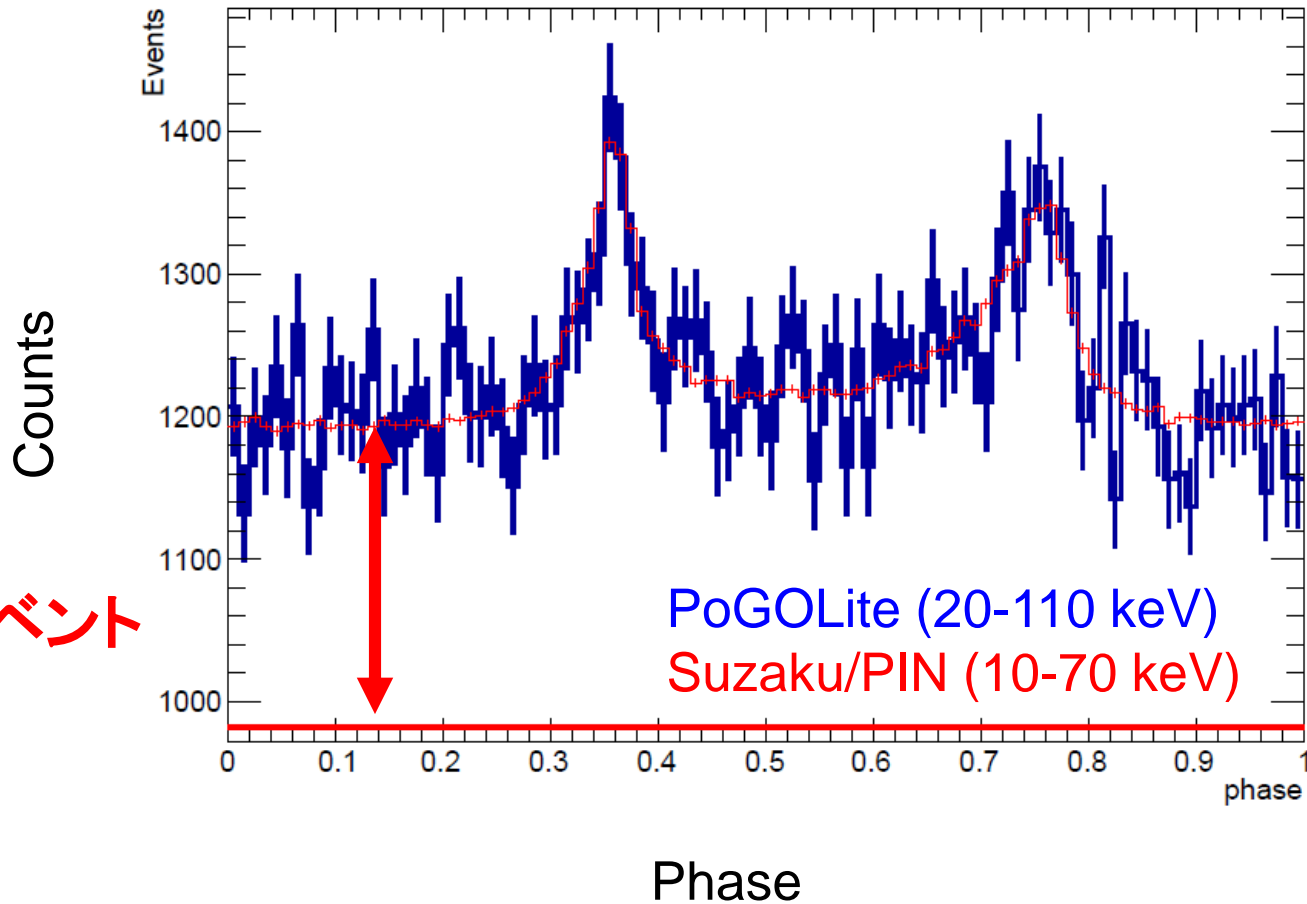
1000イベント

- Demonstrates that polarimeter is aligned with pointing system
- Using Suzaku light curve with flat background as a template
- \Rightarrow MDP = $(9.0 \pm 0.5)\%$
for S/B = 0.15 ± 0.01

2016年も2013年に続き、
コンプトン+光電吸収イベントから、Crabパルス(33ミリ秒周期)の検出に成功



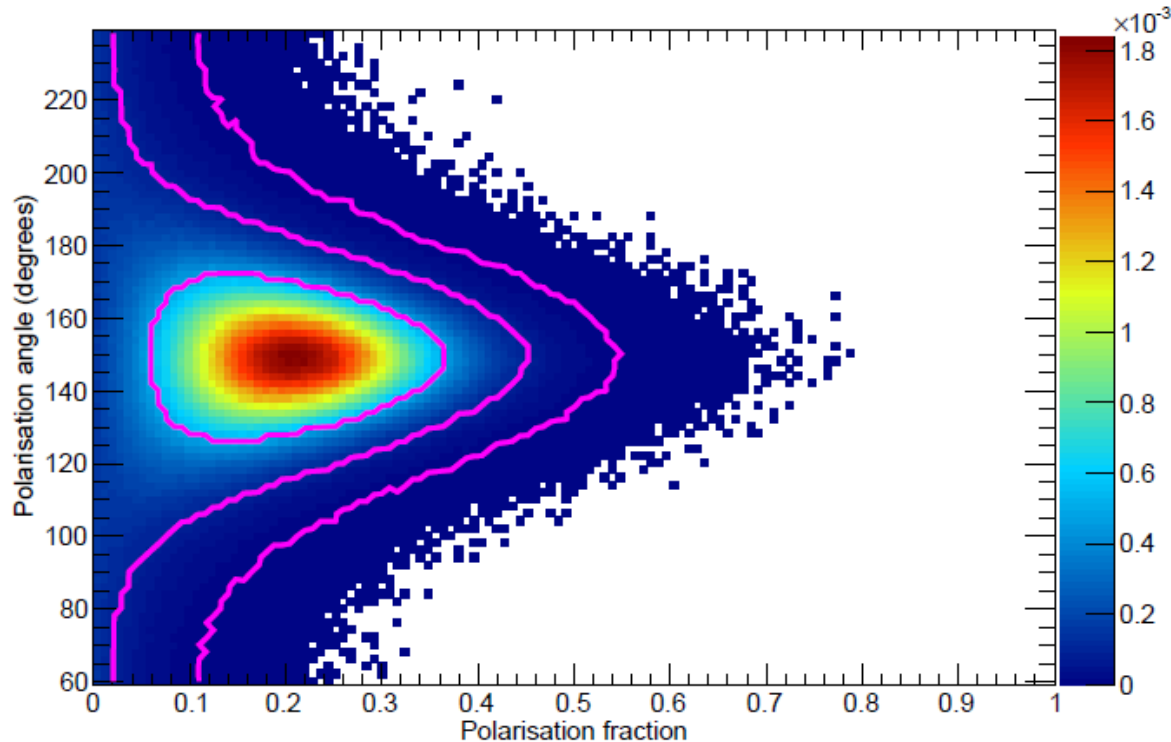
2013年に観測されたCrabパルス (コンプトンイベント)



地上キャル、フライト運用、偏光解析の3編の論文がある



2013年Crabの偏光情報(上限値)

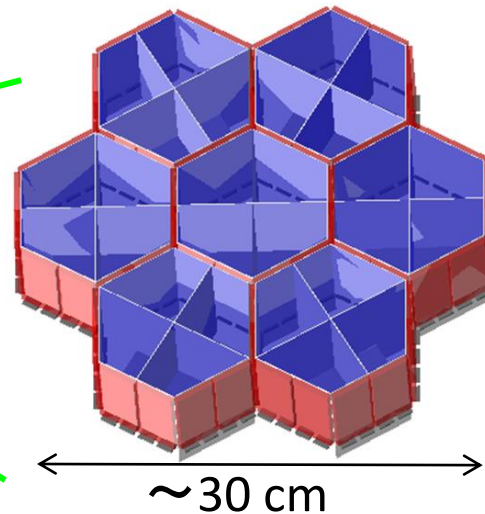
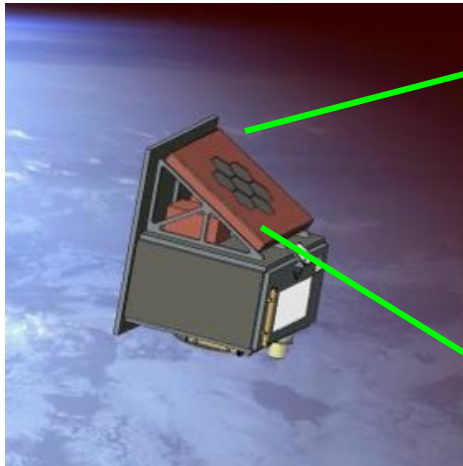


偏光度: $(18.4, +9.8, -10.6)\%$ $\leq 3\sigma$ 上限 42.4%
偏光方位角: $(149.2 \pm 16.0)^\circ$

SPHiNX (Segmented Polarimeter for High eNergy X-rays)

科学目的: ガンマ線バーストの放射メカニズム (シンクロトロン放射 **or 光球面?**)

Swedenチームが提案



散乱体: Plastic + PMT
 吸収体: GAGG (or BGO)
 scintillator
 +APD or SiPM

- GRB検出数の予想 (50-500 keV): 25 / year
- 有効面積: 70 cm² (比較的に大きい)
- スウェーデン宇宙公社の衛星 (50 kg): **日本は検出器開発/simと地上局の提供**
 <= 軌道傾斜角が小さい方がバックグラウンドが低い
- 現在 Phase-A/B1、2017年末に3ミッションから1つが選ばれる
 #SPHiNX以外の2つは地球惑星



まとめ

- PoGOLite (PoGO+) は、2016年7月にスウェーデン・キルナからカナダまで7日間のフライトを実施した。
- 2013年のフライト時の不具合(電源系の動作不良)を改修し、検出器をバックグラウンド環境に合わせて改良した => 地上較正論文は受理
- 2016年のデータ解析は現在進行中。



大橋ポスター(V334c)
プラスチックシンチレータによる中性子・ガンマ線の波形弁別

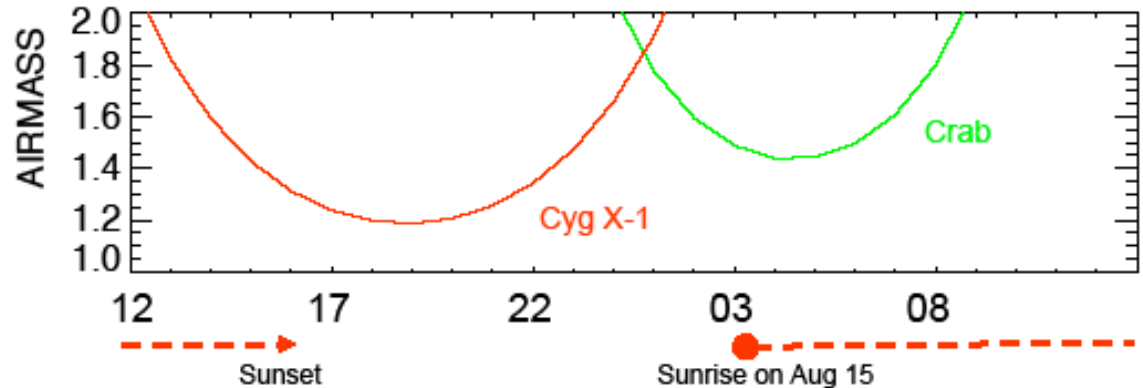


動画 (Youtube): スウェーデン宇宙公社

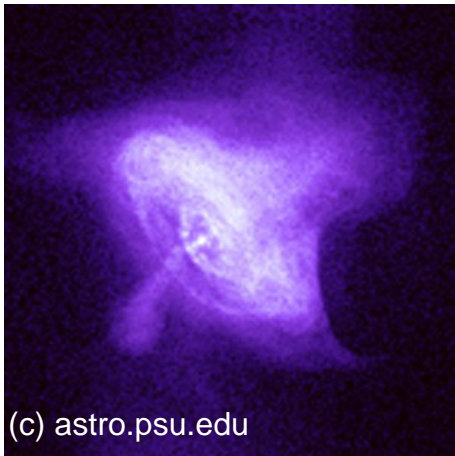


Pathfinder Flight from Sweden

Flight Plan (1-day long)



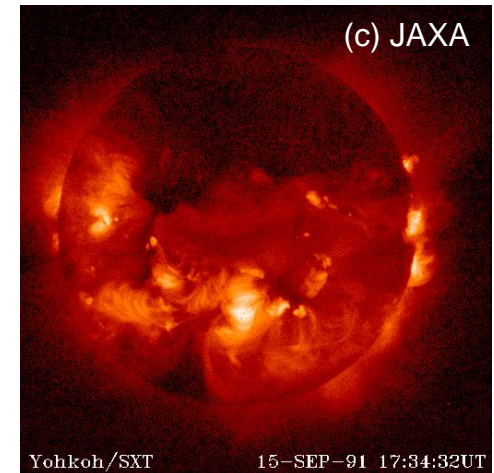
Crab nebula (Pulsar)



Cyg X-1 (Black hole binary)



Solar flare



PoGO+ の特徴

- 大面積、(それなりの)低バックグラウンド => 明るい天体から硬X線偏光の検出
- 長時間の連続観測(最長~2週間): 高い統計、天体の変動(かに星雲も変動)