



広島大学

硬X線偏光検出器PoGOLite気球実験 2016年の再フライト

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://gluon.particle.kth.se/pogolite/>)



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)、PoGOLiteチーム

PI: Mark Pearce (スウェーデン王立工科大学)
(<http://gluon.particle.kth.se/pogolite/>)



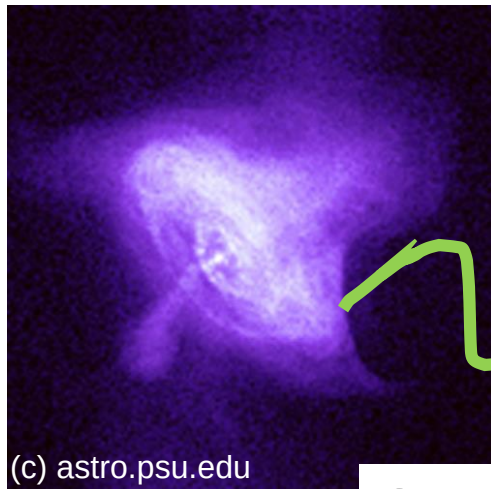
上空40kmで気球は直径100m

Jan-Erik Stromberg



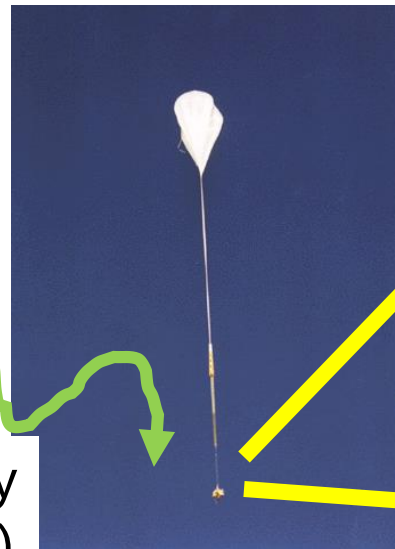
X線・ガンマ線 偏光観測

- **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
PoGOLite, 「ひとみ」/SGD, PRAXyS, IXPE, XIPE, PolariS ...

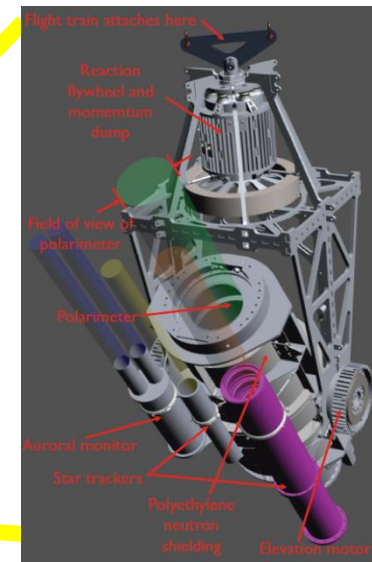


(c) astro.psu.edu

Gamma-ray
(25-80 keV)



~40 km

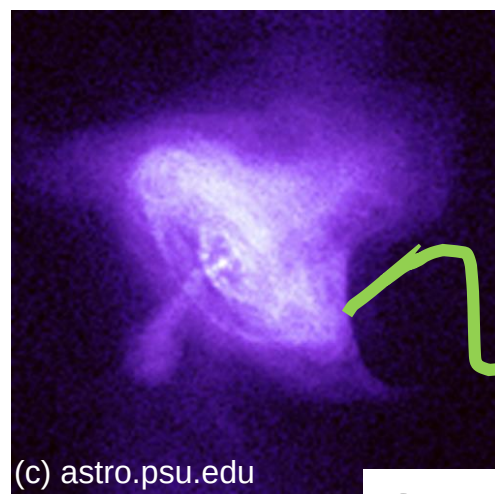


Weight (wo ballast) : ~1750 kg
Power : ~300 W (Instrument)
~200 W (Gondola, etc.)



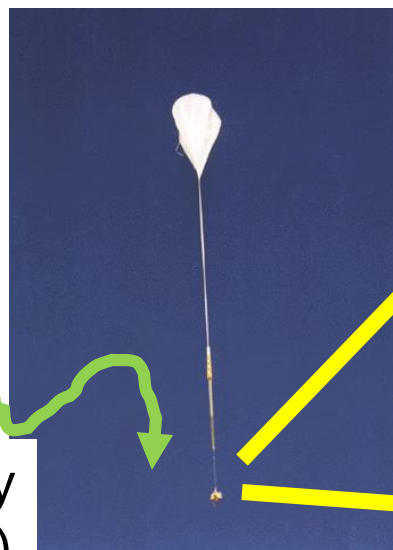
Polarized Gamma-ray Observer (PoGOLite)

- **PoGOLite 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。

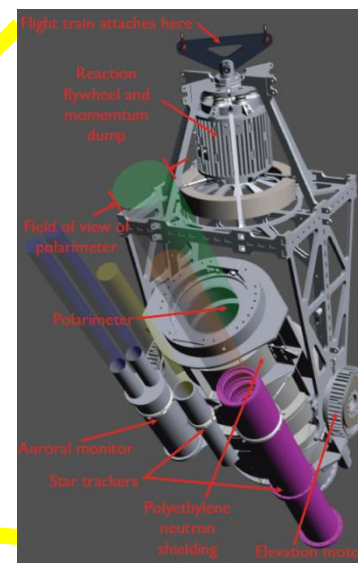


(c) astro.psu.edu

Gamma-ray
(25-80 keV)



~40 km

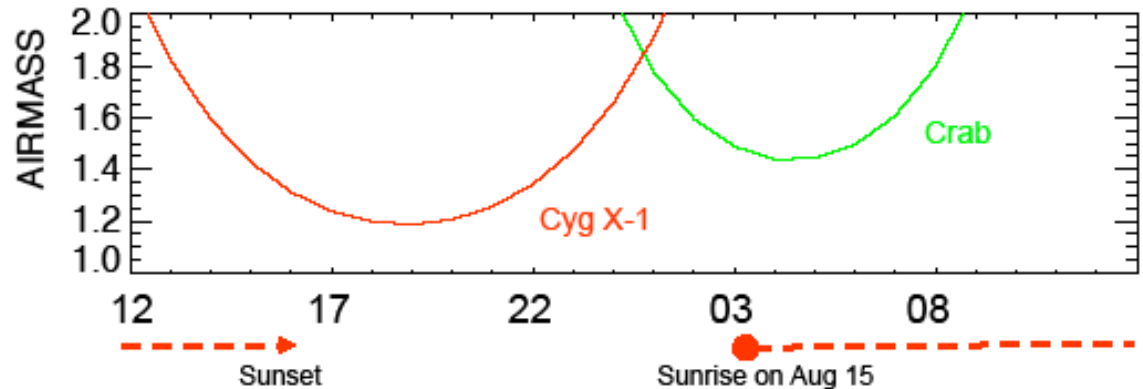


Weight (wo ballast) : ~1750 kg
Power : ~300 W (Instrument)
~200 W (Gondola, etc.)

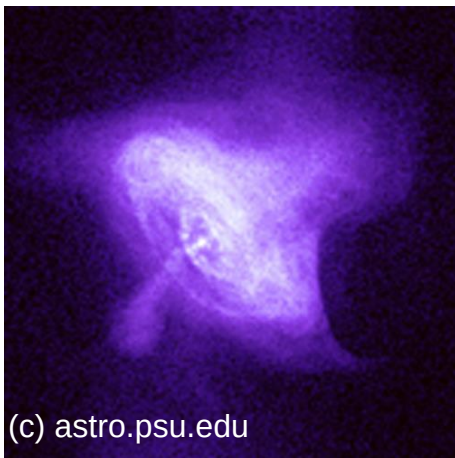


Pathfinder Flight from Sweden

Flight Plan (1-day long)



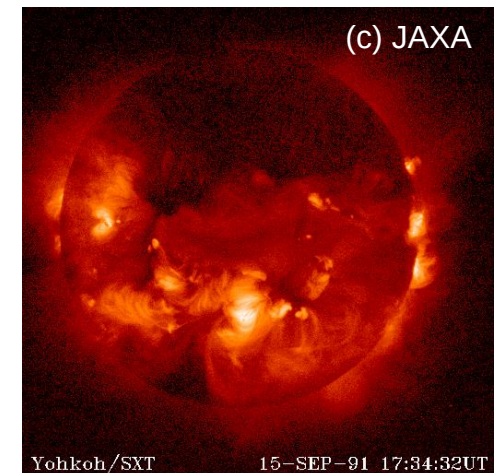
Crab nebula (Pulsar)



Cyg X-1 (Black hole binary)



Solar flare



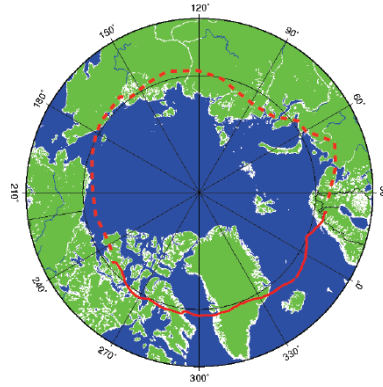
PoGOLite の特徴

- 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)



PoGO Lite 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。。。

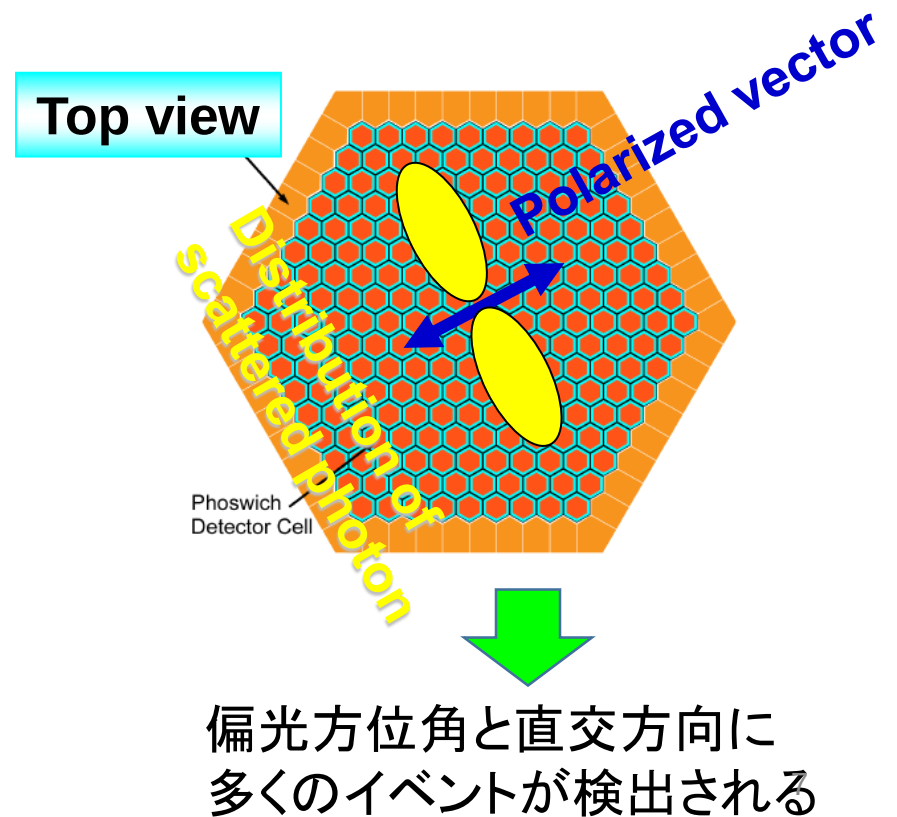
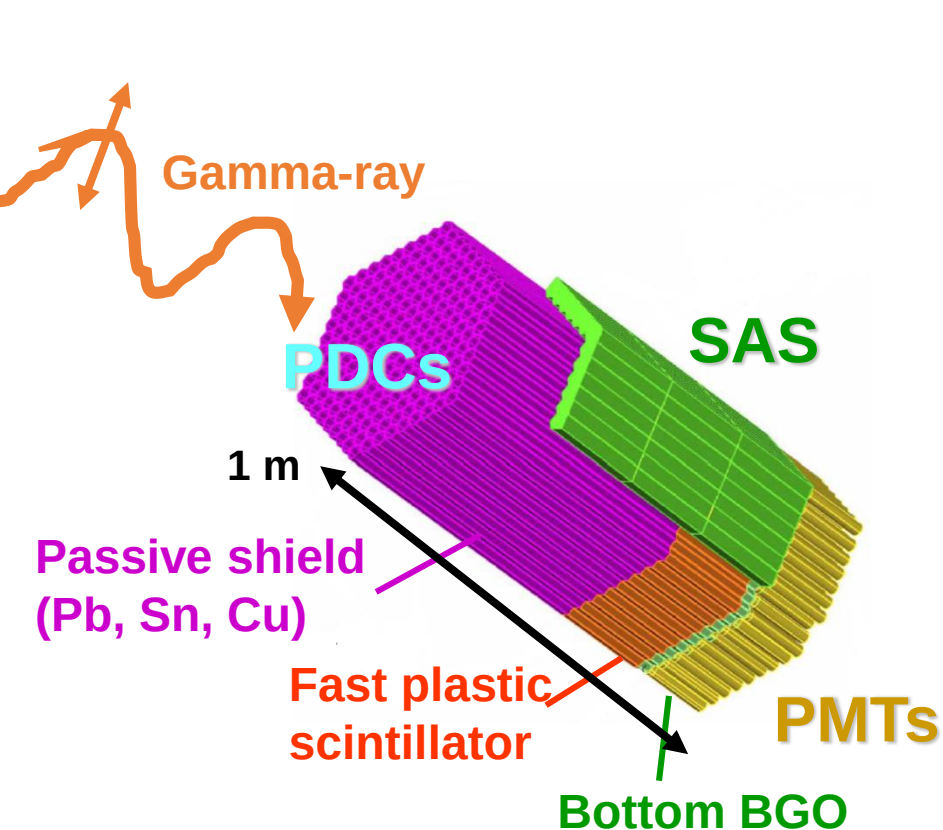
- 2013年7月12日～26日：キルナ
→ 北極圏を周回する2週間のフライト(スウェーデン～ロシア)に成功！
しかし、偏光計は電源系の不具合で3日間のみ動作

- 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)



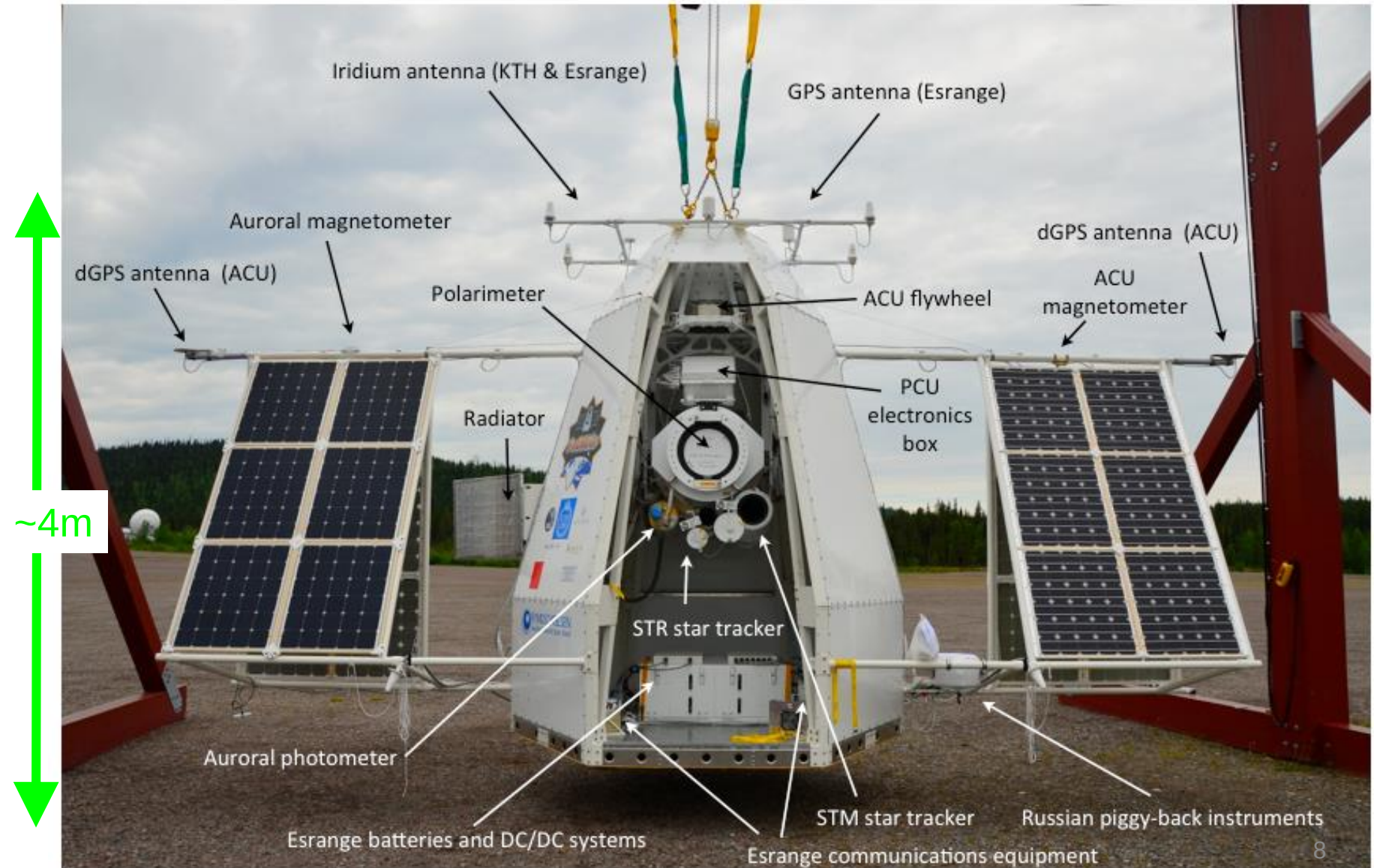
偏光検出

- **PoGOLite** 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。





PoGOLite Overall View (2013)





PoGOLite Overall View (2016)



~4m



PoGO Lite Overall View (2016)



2013年からの変更点(ゴンドラについて)

- ・イリジウム衛星通信に高速モデム(128 kbps)も追加
- ・スタートラッカーは1台のみ、代わりにサントラッカーを搭載(太陽の迷光に強い)
- ・オーロラ観測装置も搭載しない予定
- ・国際情勢により、ロシア上空まで飛行できない可能性 => ロシアの機器は載らない



2013年の不具合と改修

不具合

- ・日中に偏光計の回路部の温度が上昇
#太陽と観測天体のCrabの方向が近い
・偏光計の電源をOFFして、温度を下げる運用をしなければならなかった
- ・偏光計の電源部のROMにアクセス中に電源をOFFすると、ROMが書き換わってしまうことがある不具合が判明
#2013年のゴンドラを回収して調べたところ、ハードウェアには問題は見られず、ROMを書き直したら正常に動作した。

対策

- ・発熱量・排熱パスの改善
偏光計の熱設計を見直した
回路を改良し発熱量を抑えた
- ・電源部に簡易UPSを用意し、ROMにアクセスしていないことを確認後に電源をOFFする仕様にした
- ・打ち上げ前に電源OFF/ONを繰り返し動作検証した

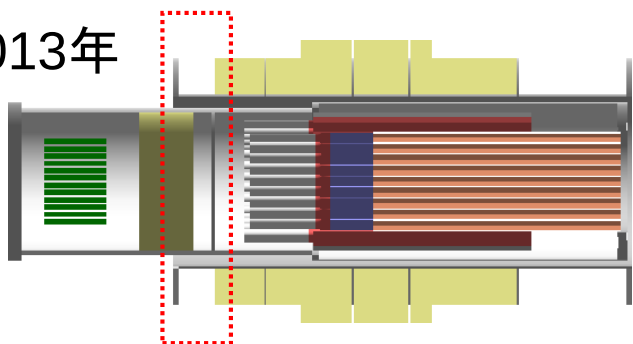


偏光計の改良

- ・バックグラウンドで支配的な中性子を削減したい
- ・各ユニット間で、1%の光漏れがあった(偽の複数ヒットが生じていた)
- ・コンプトンイベントのエネルギーは低いため、低エネルギー側で主検出部とコリメータ部の波形弁別が困難

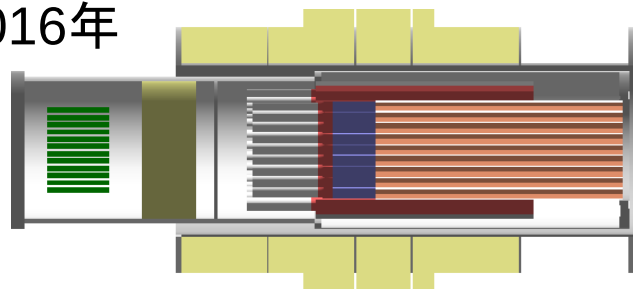
現在の検出器はそのまま、あらたなセットを作り直した

2013年

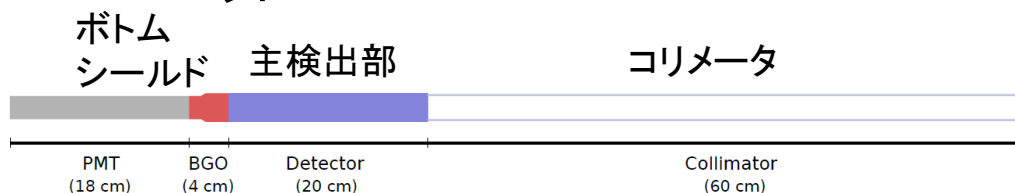


ポリエチレンシールドに隙間があった

2016年



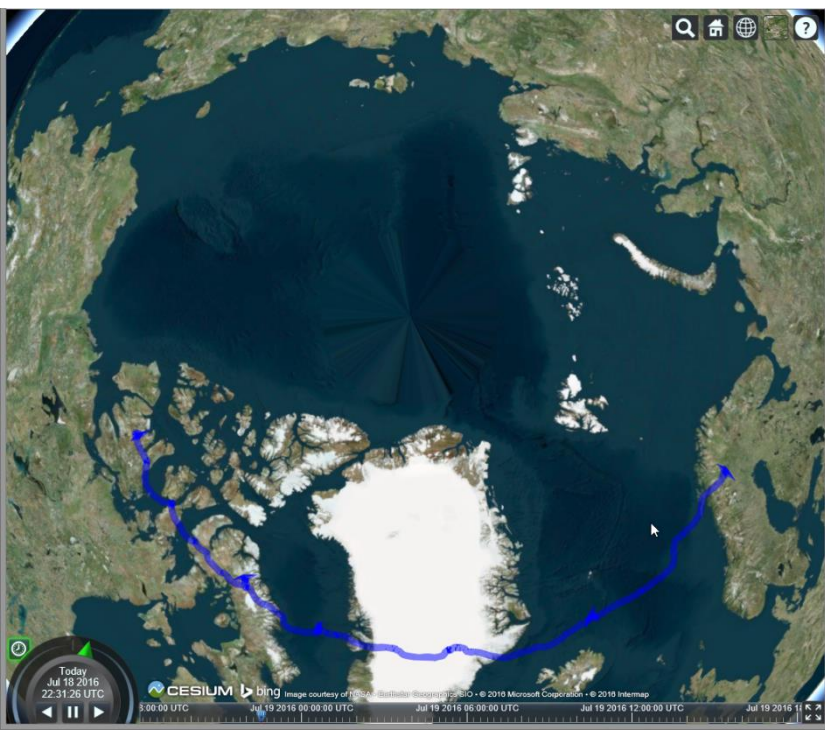
PDCユニット



- ・主検出部の長さを20⇒12cmへ短く
(検出効率は90%以上を維持)
- ・ラッピング改良: 光漏れを無視できるレベルに
- ・光量が低くなるコリメータ部を
パッシブなCuに置換
2013: Slowプラスチック(2mm厚)+Sn+Pb
2016: Cu(500um厚)+Sn+Pb
天体への開口面積も増えた



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ったため、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

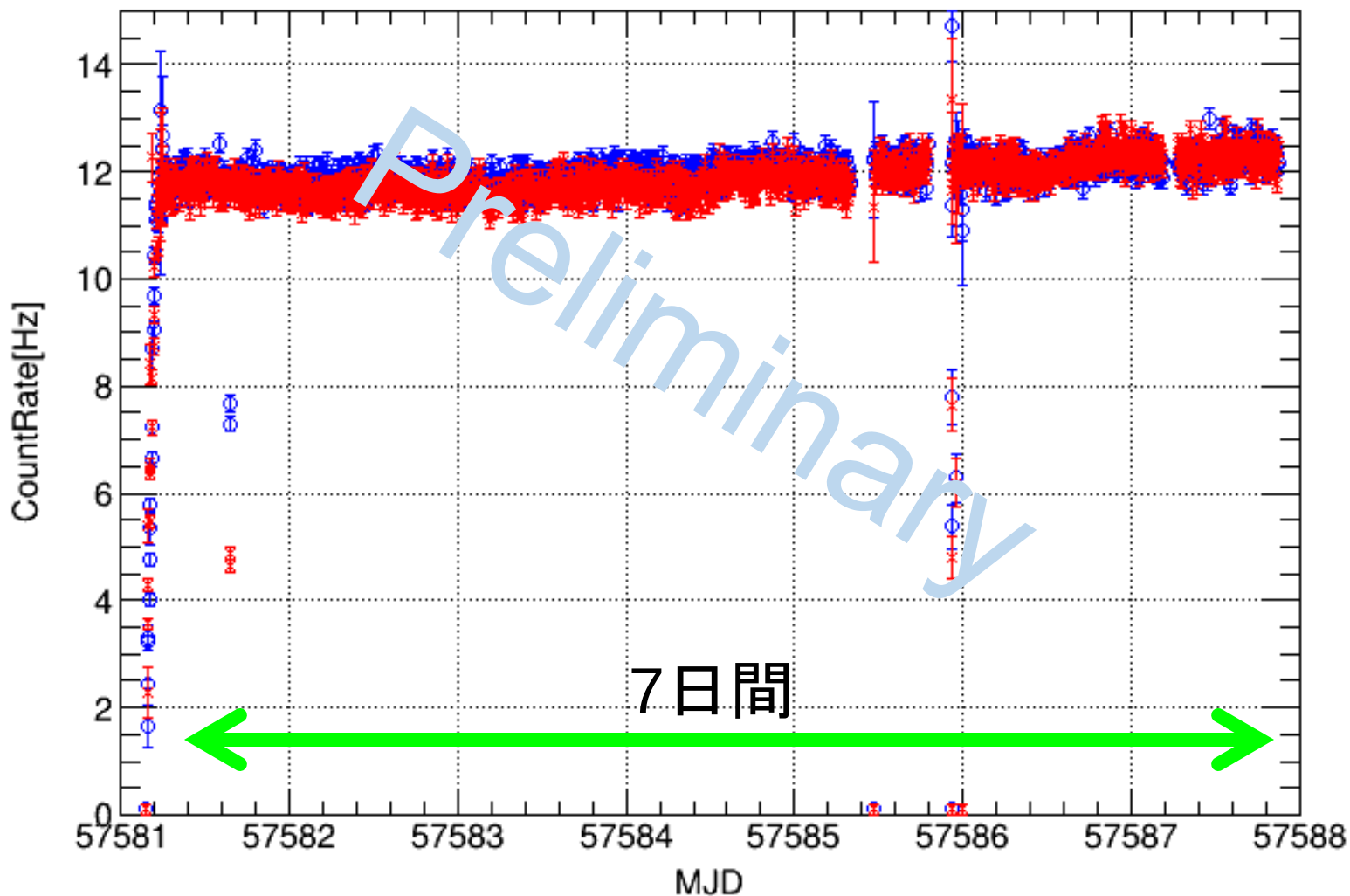
SSC:スウェーデン宇宙公社





熱中性子レート(2016年観測データ)

熱中性子シンチレータ(LiCaAlF_6)2ユニットのカウントレート





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ンド環境に合わせて改良した。
- 2016年のデータ解析は現在進行中。

