

PoGOLite 気球実験の 2011 年パスファインダーフライトについて

高橋 弘充 (広島大) on behalf of PoGOLite Collaboration

スウェーデン王立工科大、ストックホルム大、DST Control、広島大、SLAC、早稲田大、名大、ISAS/JAXA、東工大、山形大、ハワイ大

1. はじめに

Polarized Gamma-ray Observer (PoGOLite) 気球実験の目的は、パルサー星雲やブラックホール天体を硬 X 線で観測し、その偏光度と偏向角を測定することで、これらの天体における宇宙線加速と高エネルギー放射のメカニズムを明らかにすることである (PI: Mark Pearce、スウェーデン王立工科大学)。今年度 (2011 年) 7 月 6~7 日 (UTC) に、スウェーデンのキルナ市にある Esrange 気球実験場で初フライトを行った。今回の放球では、気球から He がリークするという不測の事態により高度が 35 km までしか到達できず (予定高度は 39 km) 十分な観測データが得られなかったが、我々 PoGOLite チームが製作した偏光検出器と姿勢制御系は上空でも正常に動作することを実証できた。放球後にゴンドラは無事に回収できていることから、検出器と姿勢制御系をリファブリッシュしたのちに、来年度も同じ場所で同じ時期に放球を行う予定である。フライトはスウェーデンからカナダまでの約 5 日間 (ロシアとの了解が得られれば、北極圏を周回してスウェーデンへ戻ってくる約 2 週間) を予定している。

2. 硬 X 線偏光検出器 PoGOLite

PoGOLite は 25~80 keV 帯域において、200 mCrab のフラックスをもつ天体から 10% の硬 X 線・軟ガンマ線偏光を検出できる検出器である [1][2]。シンクロトロン放射や散乱プロセスによって生じる偏光は、X 線・ガンマ線帯域においても、中性子星やブラックホール、超新星残骸、活動銀河核などにおける高エネルギー放射機構を研究する上で非常に強力な観測手法と考えられている。しかしながら、現在までに有意な偏光の検出が報告されている天体は「かに星雲」(パルサー星雲) と「はくちょう座 X-1」(ブラックホール連星系) のみであり、その観測帯域も OSO-8 衛星による数 keV と、INTEGRAL 衛星による数百 keV の 2 帯域のみに限られている。こうした中で、最近になって本格的な X 線・ガンマ線偏光検出器の開発が世界中で進められている (PHENEX、SMILE、GEMS、ASTRO-H、Polaris 等)。我々の PoGOLite 実験は数日以上長時間フライトを行うことで、世界に先駆けて「かに星雲」と「はくちょう座 X-1」からこのエネルギー帯域における偏光検出を目指している。

偏光計は、図 1 に示すように主検出部 (PDC ユニット) をハニカム構造に並べており、天体からの X 線・ガンマ線がこれらのユニット間でコンプトン散乱と光電吸収を起こす際の散乱角の異方性を検出することで偏光を測定する。PDC ユニットの数は、本観測では 217 本を予定し、今年度おこなったパスファインダー観測では 61 本である。バックグラウンド

となる荷電粒子や中性子、天体以外からのX線・ガンマ線を除去するため、PDCユニットは井戸型フォスウィッチ検出器（主検出部：Fastプラスチックシンチレータ、シールド部：SlowプラスチックシンチレータとBGOシンチレータ）にして視野を絞り、さらに周囲をBGOアクティブシールド（SASユニット）とポリエチレン製のパッシブシールドで覆う。ただし約15 cm厚のポリエチレンで覆っていても、いぜん大気中性子による弾性散乱がバックグラウンドの支配的な要因であることから、中性子フラックスを計測するためにポリエチレンで熱化された中性子を計測できる中性子シンチレータ検出器も搭載している。これらPDC、SAS、中性子検出器の信号処理には、ASTRO-Hなどの科学衛星で利用されるSpaceWire通信規格を用いている。また検出器自身の系統誤差をキャンセルするため、観測中は検出器全体を5~15分で1回転させる。

図2は、パスファインダーフライトで「かに星雲」を観測した際の予想感度と予想モジュレーションカーブである。PoGOLite検出器が十分なS/N比を達成していることから、6時間の観測で「かに星雲」から偏光を有意に検出できると推定している。

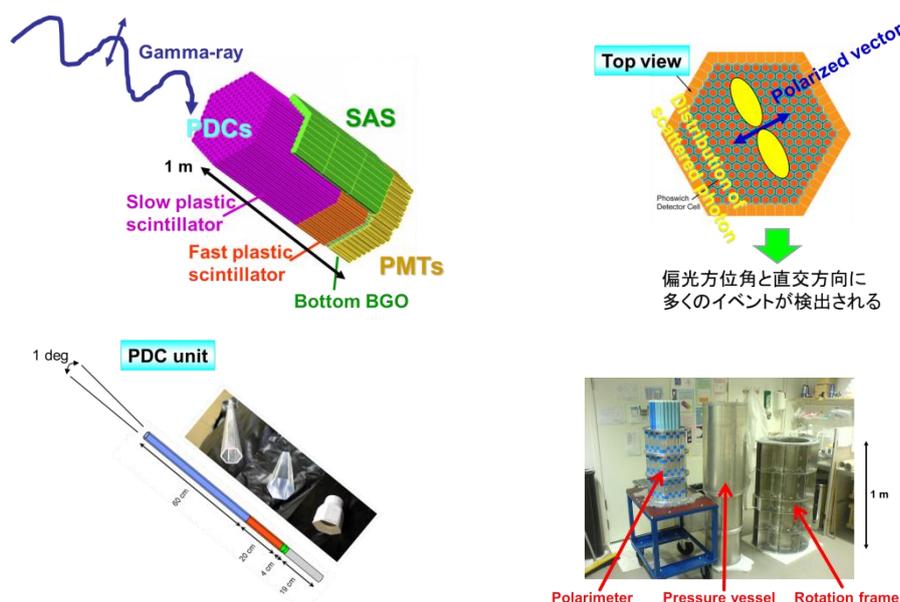


図1：(左上) PoGOLite 検出器の概要、(右上) コンプトン散乱を利用して偏光を検出する概念図、(左下) PDCユニットの概要、(右下) 実際に製作した偏光検出器。

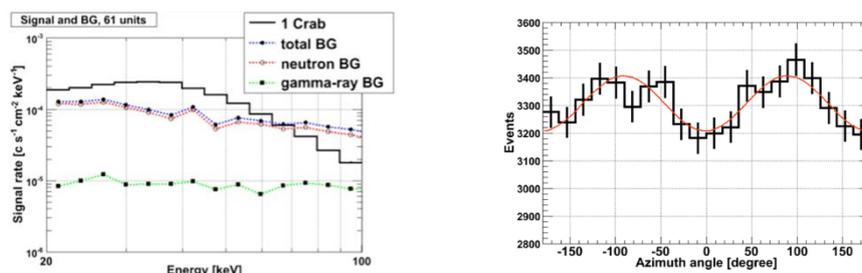


図2：(左) PoGOLite パスファインダー検出器の予想感度、(右) 「かに星雲」を観測した際の予想モジュレーションカーブ（観測時間：6時間、Air mass：5 g/cm²、偏光度：20% 仮定）。

3. 2011年パスマインダーフライト

PoGOLite 気球実験のフライトは、当初 2010 年夏に 1~2 日間スウェーデン、キルナ上空で予定されていた。しかし、2010 年 4 月にオーストラリアで起きた NASA の放球失敗の事故を受け、この時の放球はキャンセルとなった。そこで今年 2011 年のパスマインダーフライトが、PoGOLite 実験にとっての初フライトであった。図 3 に示す軌道で、スウェーデンからカナダまでの約 5 日間のフライトを予定しており、1 日の中では、「はくちょう座 X-1」、「かに星雲」、バックグラウンド領域をそれぞれ数時間ずつ観測することを予定していた。

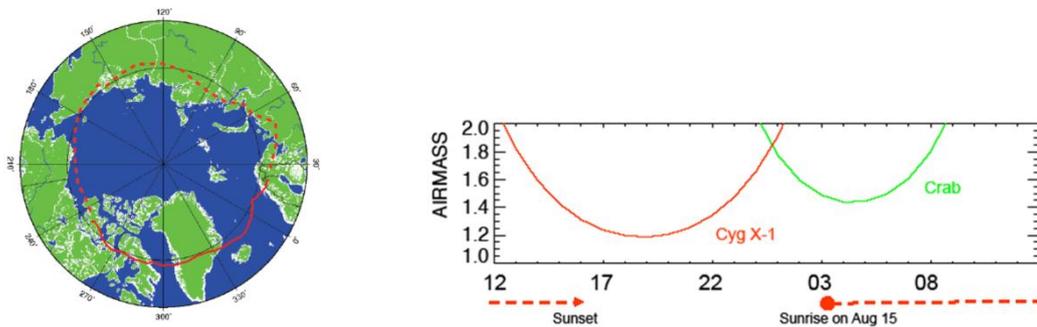


図 3 : (左) スウェーデンからカナダまでのフライト軌道、(右) 1 日の観測スケジュール。

図 4 が打ち上げ直前のゴンドラの様子である。上で説明した偏光計の他に、視野の大きさが異なる 2 つのスタートラッカー(視野 $2.57 \times 1.92^\circ$ と $5.0 \times 3.7^\circ$)、オーロラ観測装置、偏光計のための放熱板が搭載されている。GPS は差し渡し 10 m のブームの両端に取り付けられており、これにより 0.1° の精度で姿勢情報を取得できる。電力は検出器系で 300 W、ゴンドラなどの姿勢制御系で 200 W であり、これをバッテリーと太陽電池で賄う。ゴンドラの総重量は約 2000 kg である。

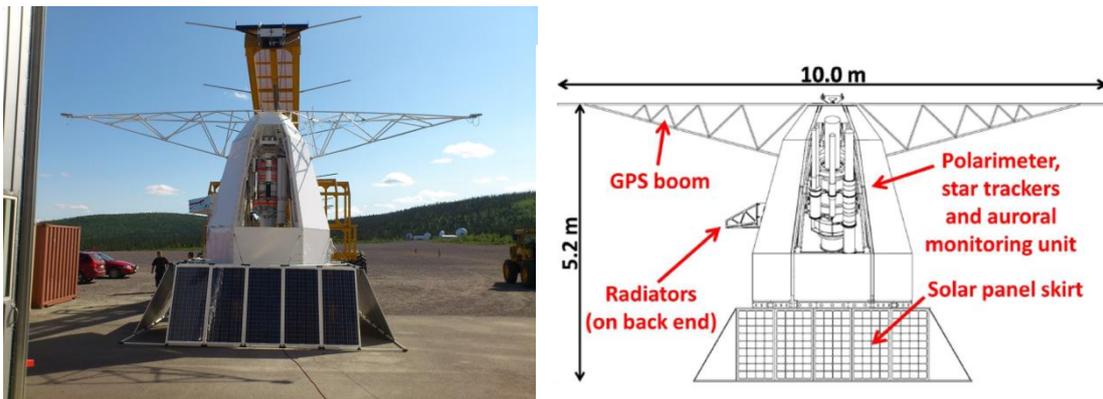


図 3 : 放球直前の PoGOLite 検出器。

実際の放球はスウェーデン、キルナにある Esrange 気球実験場から、2011 年 7 月 6 日

23:57 (UTC) に行われた (図 5、放球時の動画 <http://www.youtube.com/watch?v=adqX45EXW8w>)。しかしながら、放球自身は順調に行われたと思われたものの、予定高度 39 km に対して 35 km にしか到達しなかったことから、気球から He がリークしていると判断され、スウェーデン上空でのフライト終了が決定された (着陸時間 7 月 7 日 05:21 (UTC))。この間、我々の検出器は正常に動作し、スタートラッカーにより「はくちょう座 X-1」をトラックすることにも成功した (観測データは現在解析中)。ゴンドラを無事に回収することができていることから、今年度にリファブリッシュを終え、来年度の同じ時期に北極を周回する約 2 週間の長期フライトに再チャレンジする予定である。



図 5 : (上段) Esrange 気球実験場における放球の様子、(左下) 着陸時のゴンドラ、(右下) 2011 年パスファインダーフライトの軌道。

参考文献

- [1] T. Kamae et al. “PoGOLite, A high sensitivity balloon-borne soft gamma-ray polarimeter” 2008, Astroparticle Physics, Volume 30, Issue 2, p. 72-84.
- [2] K. Mozsi et al. “Construction and laboratory tests of the PoGO-Lite prototype.” <http://www.particle.kth.se/~pearce/mozsi.pdf>