

X線ガンマ線偏光観測小型衛星Polaris

Polaris Working Group

林田清、定本真明、Kim Juyong、六吹直久、常深博、當真賢二(阪大)、村上敏夫、米徳大輔(金沢大)、郡司修一、門叶冬樹、櫻井敬久、柴田晋平(山形大)、三原建弘、玉川徹(理研)、水野恒史、高橋弘充(広島大)、堂谷忠靖、斎藤芳隆(JAXA)、古澤彰浩、桜井郁也、田村啓輔(名大)、谷津陽一(東工大)、片岡淳(早大)、北本俊二(立教大)、谷森達、窪秀利、田中孝明(京大)、岸本祐二(KEK)、身内賢太郎(神戸大)、川口俊宏(山口大)、小賀坂康志(JST)

概要: PolarisはX線天体とガンマ線バーストの偏光測定を目的とする小型衛星計画である。X線天体の偏光測定には、スーパーミラーと散乱型イメージング偏光計を組み合わせ、10-80keVの硬X線偏光測定をめざす。観測対象はかに星雲の1/100以上の明るさのX線源で、中性子星、ブラックホール、超新星残骸、活動銀河核、銀河団を含む。ほとんどのすべての天体について、硬X線領域ではじめての偏光検出を目指す。加えて、広視野のガンマ線偏光観測装置を搭載し、ガンマ線バーストの偏光測定を行う。偏光検出器、望遠鏡、伸展式光学台などのミッション機器は、気球実験、衛星実験で実績のある装置をベースにデザインし、プロトモデルの製作、試験をすすめている。平行して、姿勢制御、検出性能の評価、STT配置検討、MTQサイジングなどシステム検討を実施している。さらに、NASA/GSFCを中心に準備がすすめられていた軟X線偏光観測小型衛星GEMSのプロジェクトの停止を受けて、GEMSチームと協力体制をとり、相互相乗りまで視野にいたれた検討をすすめている。Polaris(+GEMS)は、2012年末、高エネルギー宇宙物理連絡会より緊急に推進すべき中規模計画としてDIOSとともに推薦されており、計画の加速が期待されている。

X線偏光が期待される天体とその物理

シンクロトロン放射(磁場と高エネルギー電子の観測)

- 超新星残骸(パルサー星雲、シェル型)
- ブレーザー、キューサー

コンプトン散乱(天体の構造、一般相対論)

- ブラックホール周辺の降着円盤
- 銀河中心の反射星雲

磁場と散乱の複合(強磁場の物理)

- 連星系パルサー
- Anomalous X-ray Pulsars

偏光のX線エネルギー依存性が鍵、特に非熱的放射が卓越する硬X線バンドが重要

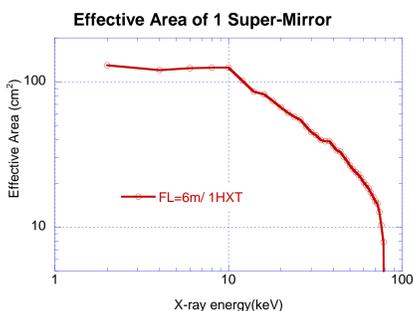
Polarisの目的

1. 10mCrab以上の明るさの天体の硬X線(10-80keV)偏光測定
2. GRBの偏光測定. 目標は10burst/year.

硬X線望遠鏡 x 3台



ASTRO-Hの多層膜スーパーミラー(HXT;左図)を焦点距離、直径とも1/2に縮小するデザイン。焦点距離6m。



ミッション部分(展開後)
重量=187kg
電力=106W
高さ~6m

バス部分
重量~260kg
高さ~1m

対象を1'の精度で視野に捉えたまま(基本的に三軸制御)衛星全体を0.1RPM程度で回転させる。これにより偏光測定の実験誤差を最小限におさえる。

太陽電池パドルはこの図から90度傾けた向きにするよう検討中

散乱イメージング偏光計 x 3台



二種類のシンチレータブロック(プラスチック、GSO)と位置検出型光電子増倍管(MAPMT)を組み合わせた偏光計。望遠鏡焦点面に設置。位置分解能は2.3mmで1.3'に相当。(P2-025:定本他参照)

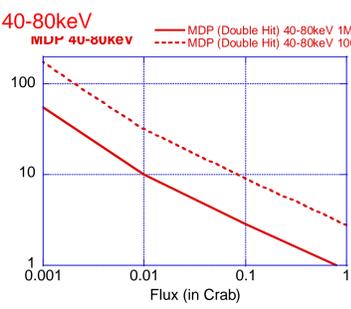
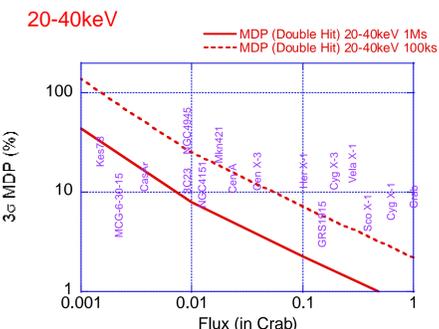
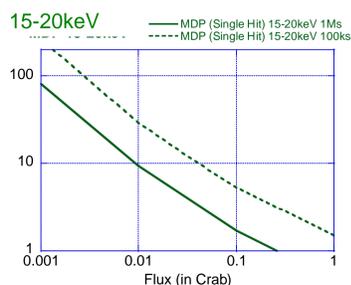
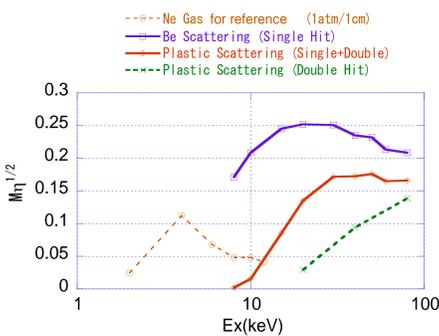
広視野GRB偏光計x4台



広視野の散乱型偏光計でGRBの偏光検出を実施する。IKAROS/GAP(左図)、TSUBAME、PHENEXのFM等をベースに開発中。(P2-024:郡司他参照)

期待される偏光検出感度(Minimum Detectable Polarization)

各種偏光計/検出モードのFigure of Merit



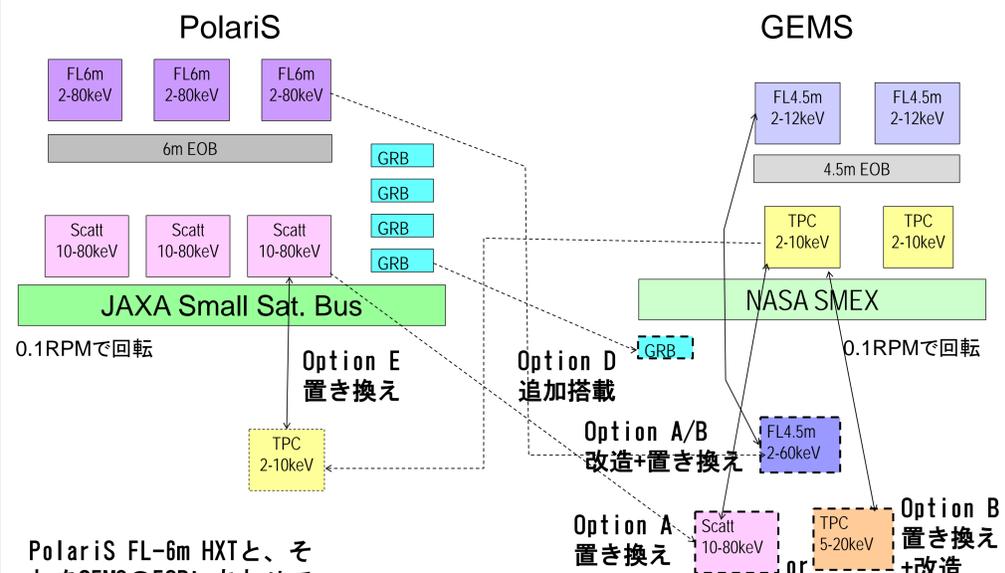
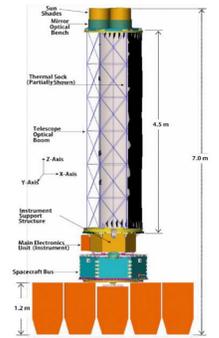
Source	Polaris(ks)	F20-40keV (mCrab)	Type	Source	Polaris(ks)	F20-40keV (mCrab)	Type
Crab	300	1000.0	PWN, PSR	Mrk 421	500	25.6	AGN, BL Lac
Cyg X-1	300	747.2	HMXB, BH, M	X Per	500	24.9	HMXB, XP, Be
Sco X-1	100	589.1	LMXB, Z, M	4U 1630-47	500	23.8	LMXB, BHC, D, T
GRS 1915+105	300	284.4	LMXB, BH, T, M	4U 0115+634	500	17.9	HMXB, XP, T
Vela X-1	100	216.9	HMXB, XP	NGC 4151	500	15.6	AGN, Sy1.5
4U 1700-377	100	201.2	HMXB, Sg	Circinus Galaxy	500	13.1	AGN, Sy2
EXO 0331+530	100	190.8	HMXB, XP, Be, T	NGC 4945	500	11.9	AGN, Sy2
Cyg X-3	100	171.0	HMXB, M	IC 4329A	500	11.8	AGN, Sy1.2
GX 301-2	100	155.1	HMXB, XP, T	3C 273	500	10.4	AGN, GSO
Her X-1	100	96.0	LMXB, XP	Vela Pulsar	500	6.8	PWN, PSR
GS 1826-24	100	82.6	LMXB, B	Oph Cluster	500	4.9	Cluster
OA0 1657-415	100	70.9	HMXB, XP	Cas A	500	4.0	SNR
EXO 2030+375	100	69.0	HMXB, XP, Be, T	MCG-06-30-015	1000	3.1	AGN, Sy1.2
GRS 1758-258	300	56.3	LMXB, BHC, M	Kes 73	1000	2.2	SNR, AXP
Cen X-3	300	54.6	HMXB, XP				
SWIFT J1753.5-0127	300	51.6	LMXB, BHC, T				
GX 5-1	300	49.7	LMXB, Z				
GX 339-4	300	41.9	LMXB, BH, T, M				
SMC X-1	300	36.3	HMXB, XP				
Cen A	500	32.2	AGN, Sy2				

観測計画"例" Ver.0 12Ms/34Objects

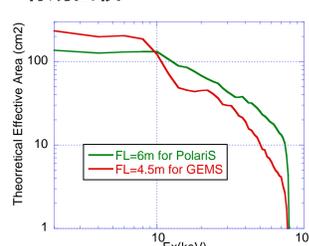
c.f. IBISカタログ 20-40keV 40mCrab以上 .. 22ヶ 20mCrab以上 .. 44ヶ 10mCrab以上 .. 77ヶ

GEMSチームとの協力体制 / 相互相乗りの検討

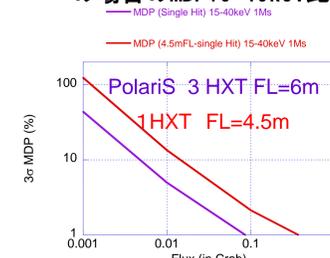
NASA/GSFCを中心に開発されている小型衛星GEMS(右図&P2-026参照)は、Polarisと相補的なエネルギー範囲(10keV以下の軟X線)での偏光観測を目的としている。SMEXの1機として2014年打ち上げに向けて準備がすすんでいたが、予算超過の懸念という理由で2012年プロジェクト停止状態となった。同衛星には、日本からも部品提供などの形で参加していたが、Polarisワーキンググループとして、より広い範囲で協力体制をとることで合意した。X線偏光観測小型衛星の早期実現を第一に考え、日米共同で様々な可能性を議論している。



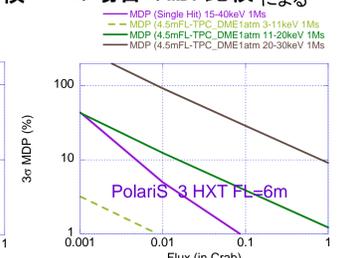
Polaris FL-6m HXTと、それをGEMSのEOBにあわせてFL=4.5mに縮小した場合の有効面積



Option Aの場合のMDP15-40keV比較



Option Bの場合のMDP比較



TPC感度計算は北口(理研)による