

IXPE衛星とかなた望遠鏡を用いた ブレーザーの多波長偏光観測

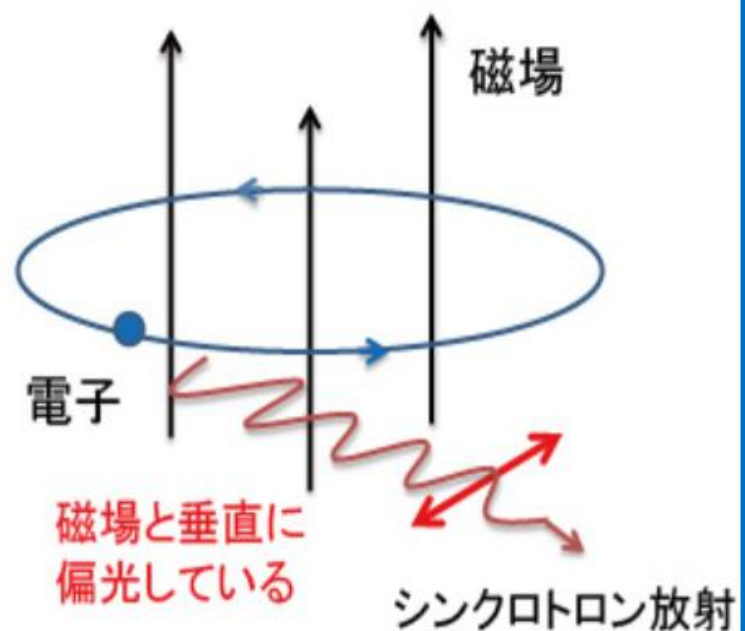
梶原 淑慧, 深澤泰司, 中岡竜也(広島大学), 川端弘治 (宇宙科学センター)

Introduction

これまでブレーザーは電波や可視領域が調査されてきた。それに加えIXPE衛星により、技術的に困難とされてきたX線偏光をかつてない感度で検出できるようになったことで、新たにX線領域の理解も進むようになった。
IXPE衛星で得られたX線偏光データとかなた望遠鏡で取得した可視光近赤外線の偏光データを用いることで、ブレーザーの磁場構造・X線と可視光の放射領域の関係性、粒子加速機構の解明を目指す。

偏光

ブレーザー天体で見られるシンクロトロン放射では、相対論的ビーミングの効果で、磁場の方向と荷電粒子の速度方向がなす角が、観測者の視線方向と磁場のなす角と一致している荷電粒子からの放射が多くなる。

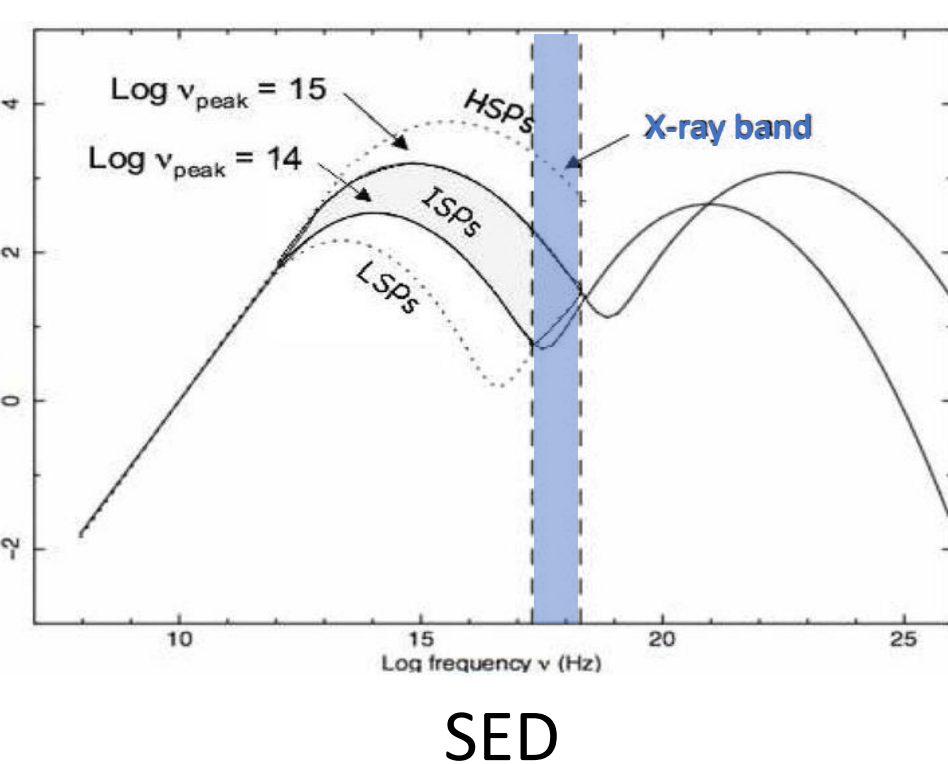


→観測される放射：磁場に垂直な方向に直線偏光
電波・可視光で強い直線偏光⇒磁場構造の推定

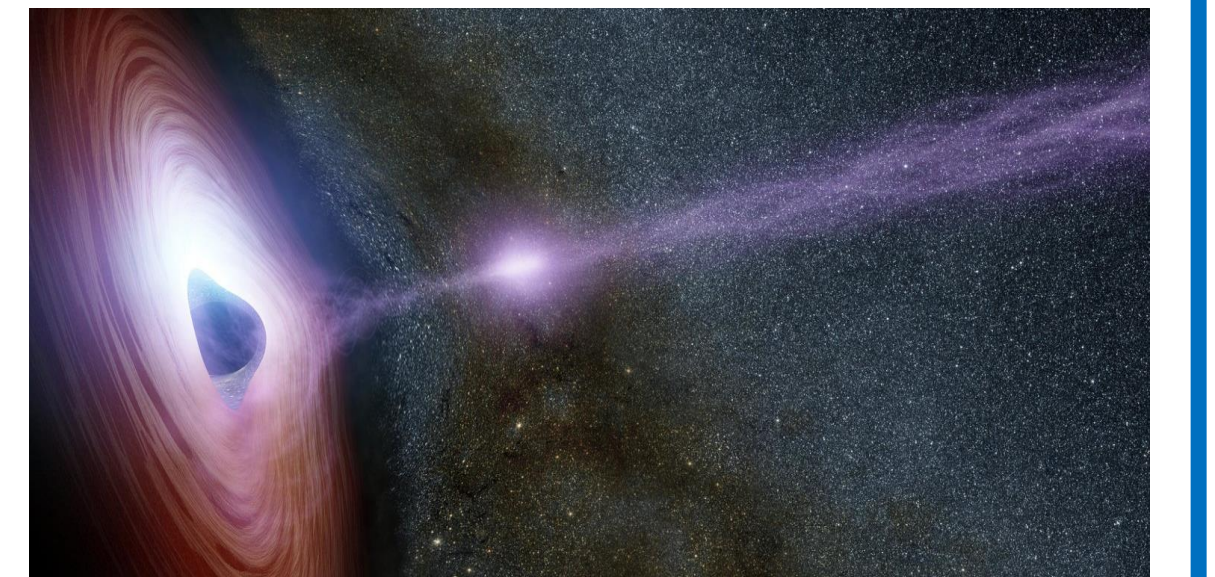
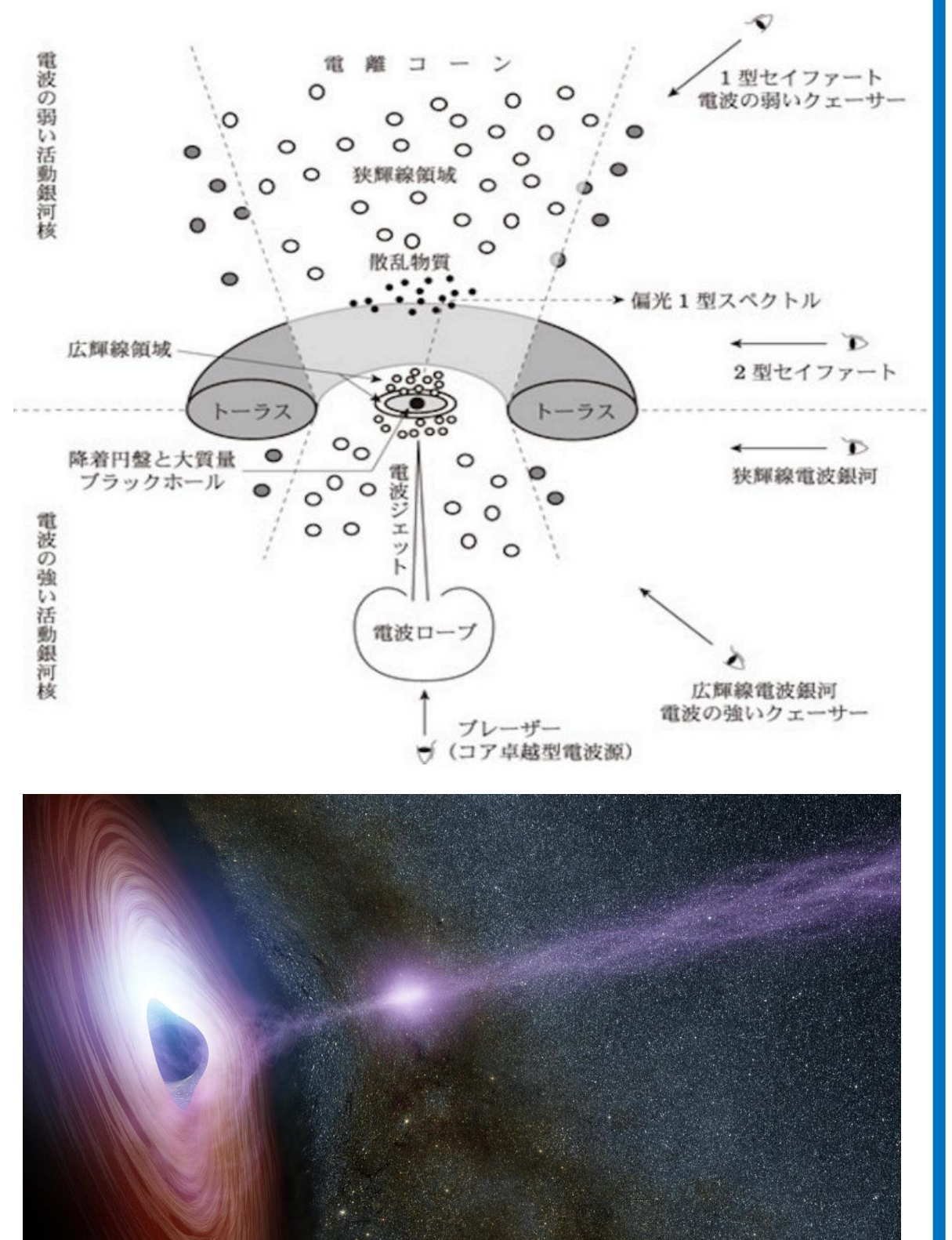
ブレーザー

- ・ジェットの噴出方向が視線方向とほぼ一致している天体
- ・ジェット内に存在する高エネルギー電子と磁場の相互作用
- シンクロトロン放射
- ・偏光度→天体によっては1日に10%以上変化することも。
- ・光度変動のタイムスケールも様々
- ・分類

- BL Lac
- FSRQ(Flat Spectrum Radio Quasar)



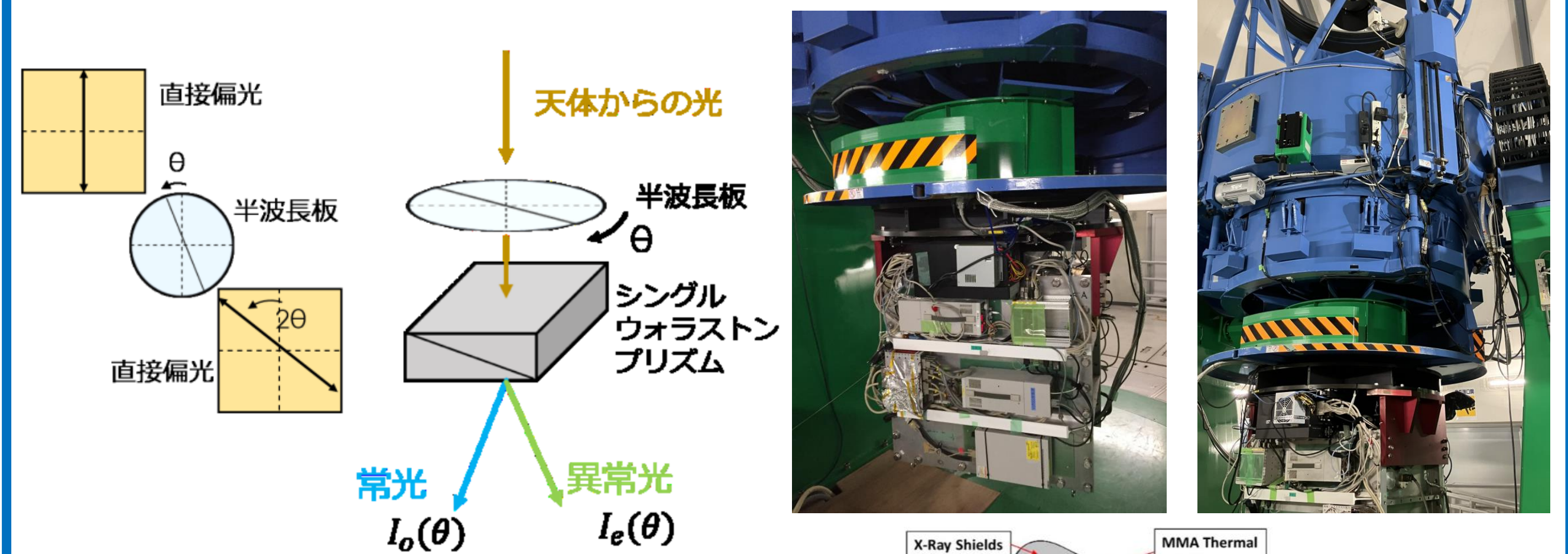
低エネルギー側：シンクロトロン放射
高エネルギー側：逆コンプトン散乱
BL Lac の分類
・ LSP($v_{synch} < 10^{14}$ Hz)
・ ISP($10^{14} < v_{synch} < 10^{15}$ Hz)
・ HSP($v_{synch} > 10^{15}$ Hz)



機器・観測

・かなた望遠鏡

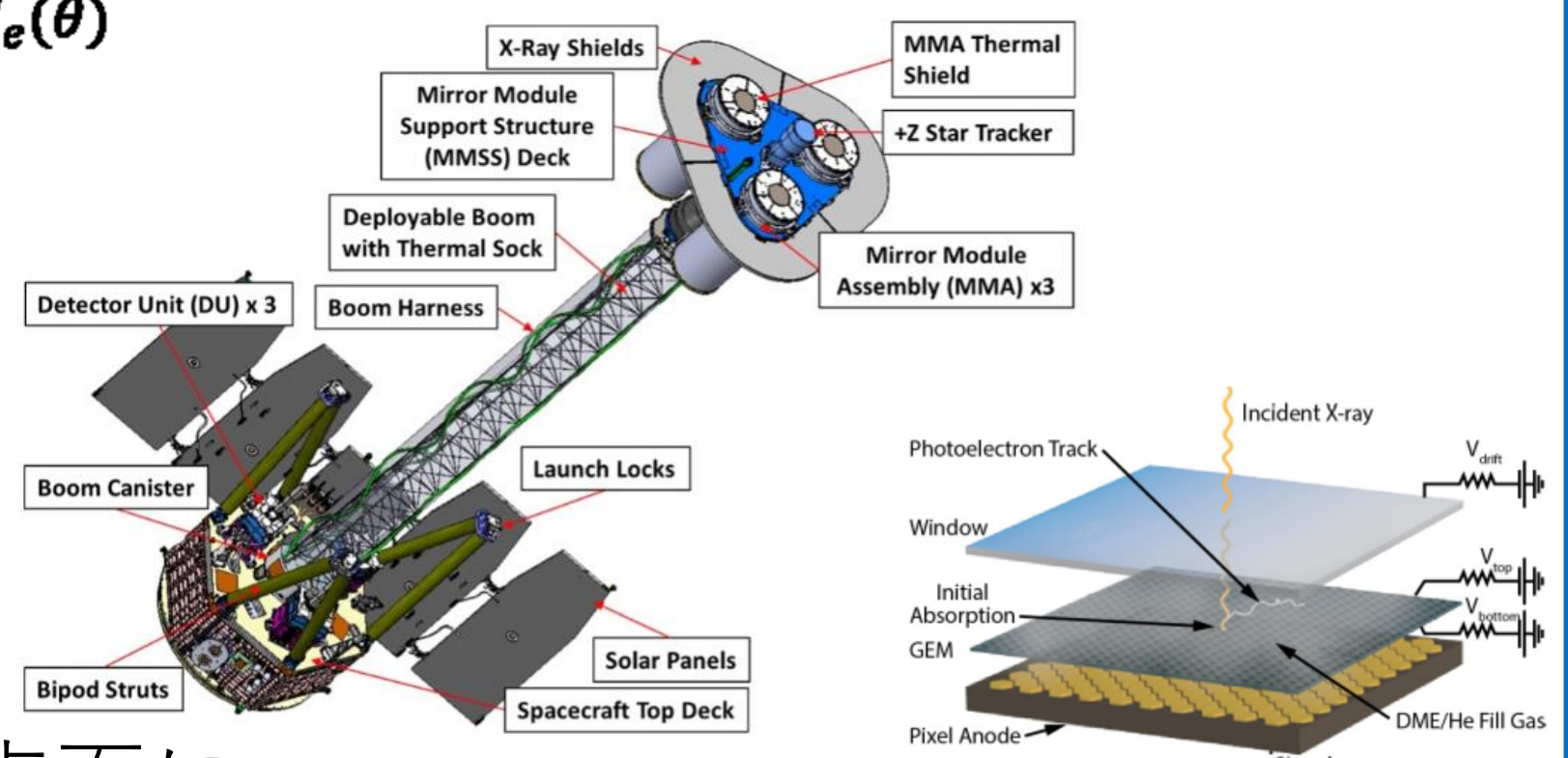
口径1.5mの光学赤外線望遠鏡
検出器：HONIR (可視赤外線同時カメラ)
可視バンド：B V R I 赤外バンド：J H Ks



・IXPE

X線偏光観測衛星 (NASA, ASI 2021)
・観測帯域：2-8 keV
・(望遠鏡 + 検出器) × 3
・検出原理

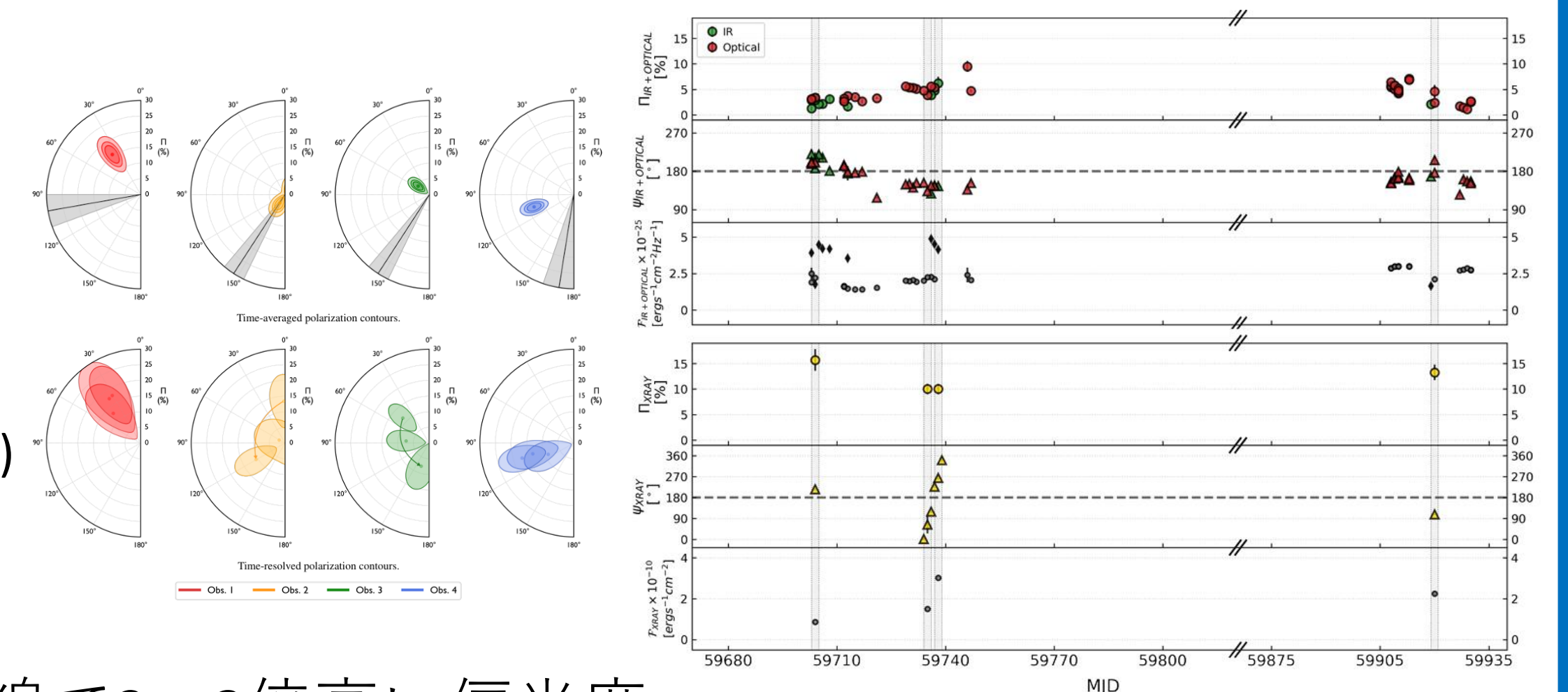
それぞれの望遠鏡の焦点面に搭載されたガスピクセル検出器によって偏光を検出



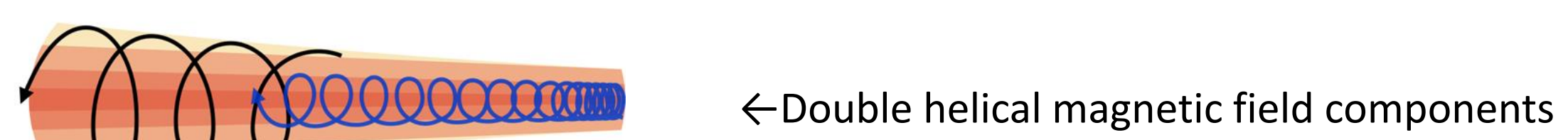
これまでの多波長偏光研究

“Magnetic field properties inside the jet of Mrk 421”
Multiwavelength polarimetry, including the Imaging X-ray Polarimetry Explorer (Kim et al. 2024)

- ・ object Mrk421(HSP天体)
- ・ 観測期間
2022/5/4-5/6 (Obs.1),
2022/6/4-6/6 (Obs.2),
2022/6/7-6/9(Obs.3),
2022/12/6 - 12/8(Obs.4)
- ・ X線, 可視赤外線, 電波

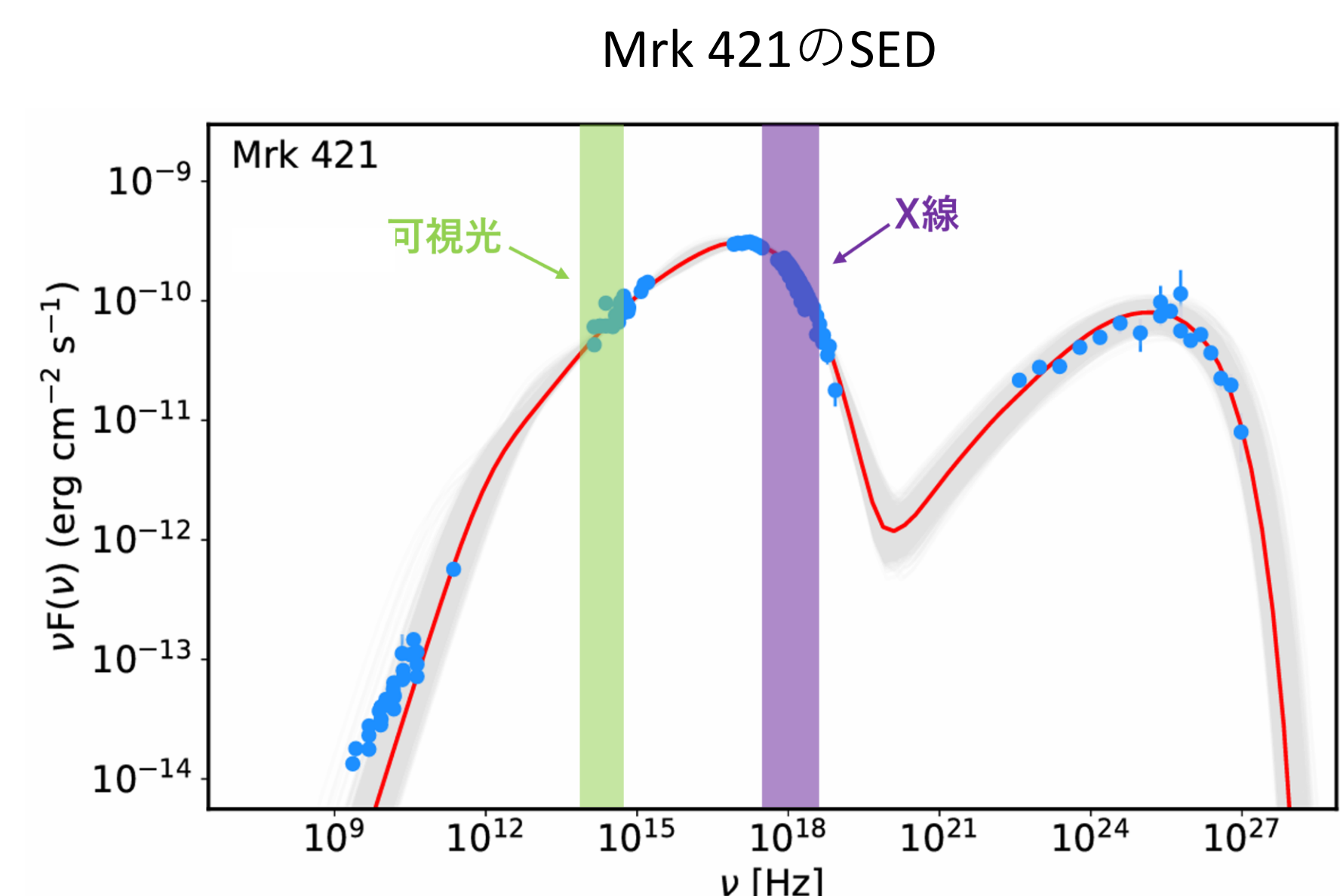


- ・ 長波長よりもX線で2-3倍高い偏光度
- energy-stratified shock modelで説明される
- ・ X線と、電波・赤外・可視の偏光測定の不一致
- ⇒HSPブレーザーのX線放射領域とより長い波長の放射領域は異なる



X線と他の波長の間で、 ψ の反対方向の回転が見られた。
→ジェット内部に多重らせん状の磁場構造が存在すると言える

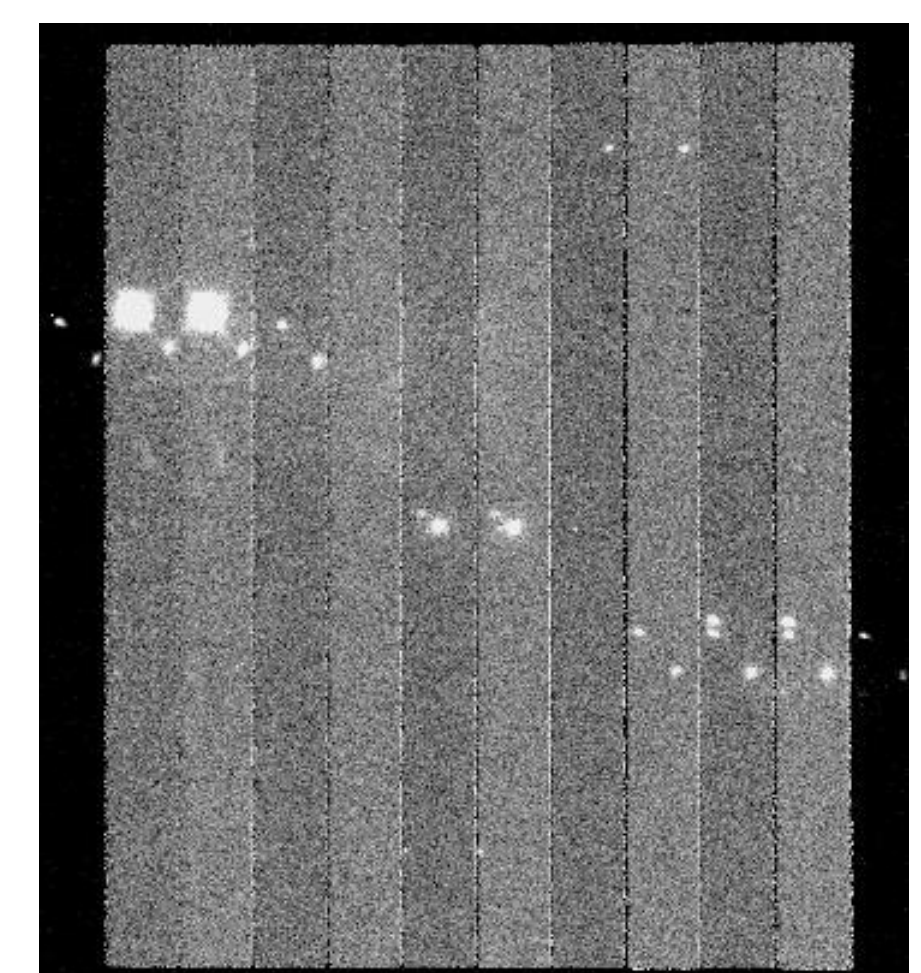
Mrk 421の可視光近赤外・X線同時観測



かなたの同時観測結果

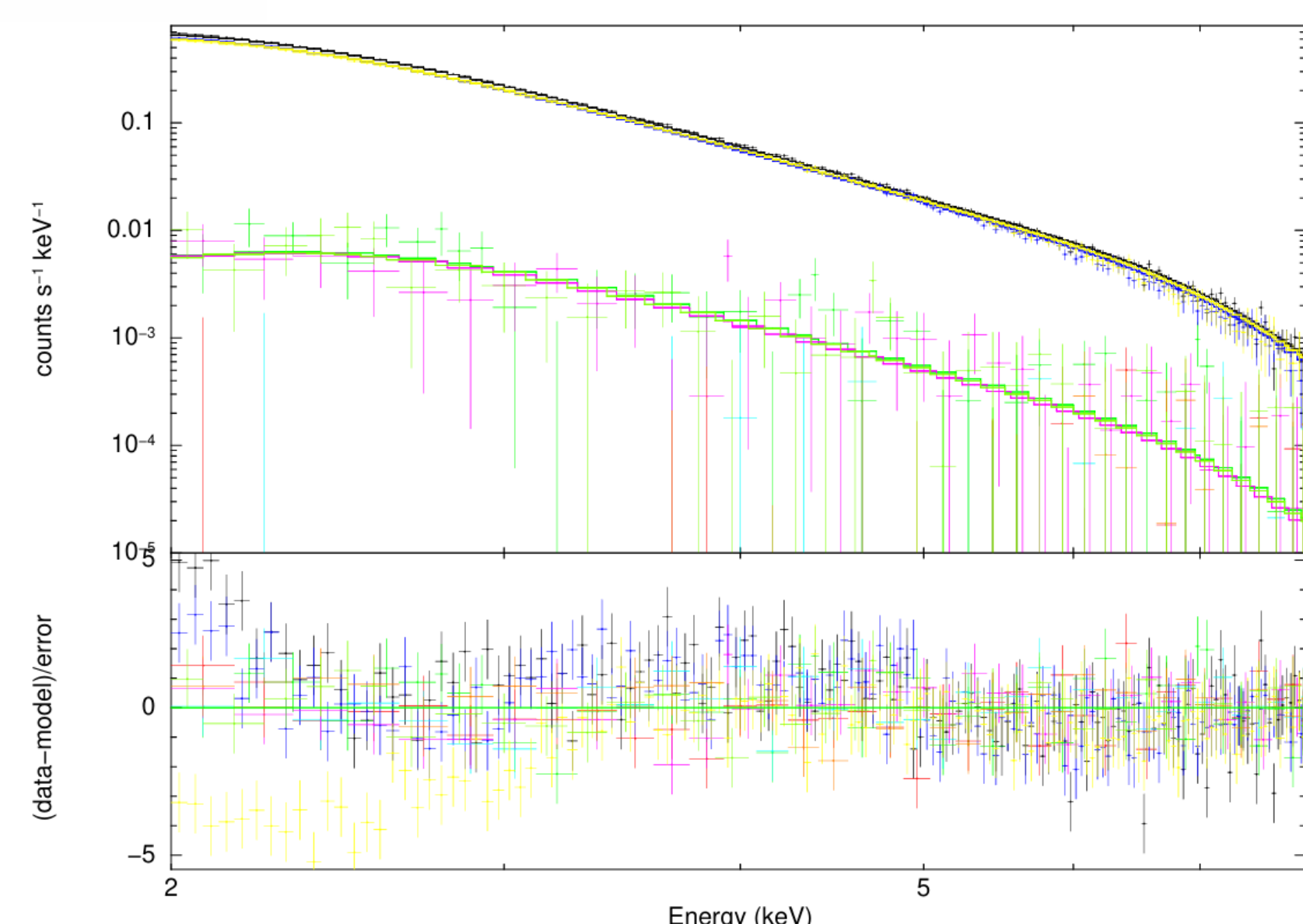
dates	PD(Π_R) (%)	PA(ϕ_R) (deg)	PD(Π_J) (%)	PA(ϕ_J) (deg)
2024-04-28	3.86±0.48	120.3±0.30	3.44±0.11	124.0±2.05
2024-05-09	1.35±0.67	40.4±2.65	0.36±0.2	120.7±11.0
2024-05-10	0.86±0.67	105.2±1.45	0.95±0.07	132.1±14.3
2024-05-13	0.65±0.67	147.5±4.40	0.72±0.40	153.3±13.5
2024-05-14	0.72±0.57	137.6±6.66	0.77±0.16	149.8±4.07

HONIRで得られた偏光画像



これまでのIXPEの解析結果

date	PD(Π_x) (%)	PA(ϕ_x) (deg)
2022-05-04	15±2	35±4
2022-06-04	10±1	rotation
2022-06-07	10±1	rotation
2022-12-06	14±1	107±3
2023-12-06	8.5±0.5	10.6±1.7
2024-04-28	8.1±0.4	68.7±1.5



結果・考察

- ・ 可視光近赤外では偏光度が時間とともに減少
- IXPEの時間分解解析を行い、同様の傾向が見られるか検証
- ・ X線偏光度は過去の結果と同程度
- ・ 可視の偏光度よりも、X線偏光度の値の方が2倍以上高い値を示している
- energy-stratified shock modelを支持する一つの証拠