

IXPE衛星とかなた望遠鏡を用いた ブレーザーの多波長同時偏光観測

析原淑慧(広島大学)

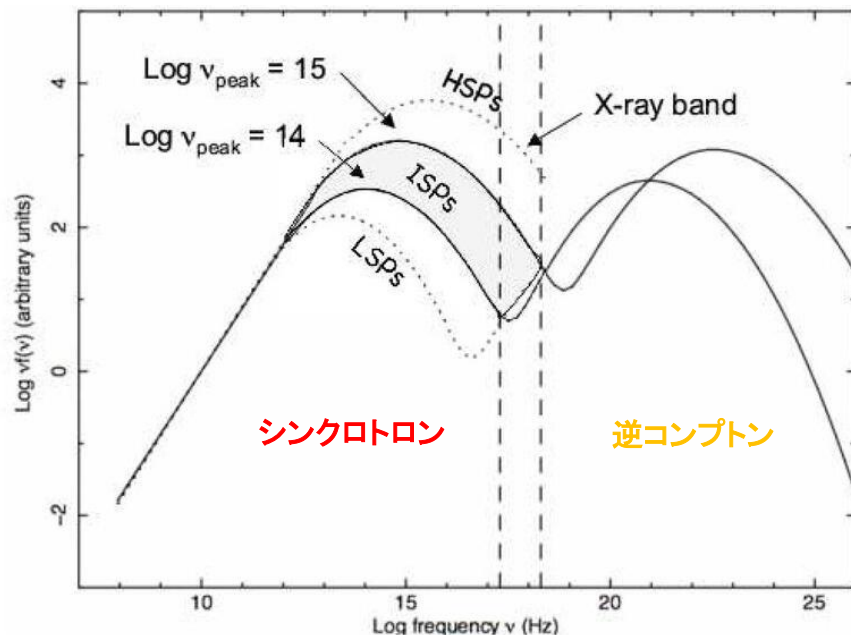
深澤泰司, 今澤遼, 赤井嵩宙, 水野恒史, 中岡竜也(広島大学)

ブレイザー

・相対論的な速度を持ったプラズマの噴流である
ジェットが視線方向に向いている天体

AGNジェットを研究する上で最適な天体

特徴: 激しい光度変動・高い偏光



想像図 (Image Credit: IPAC-Caltech)

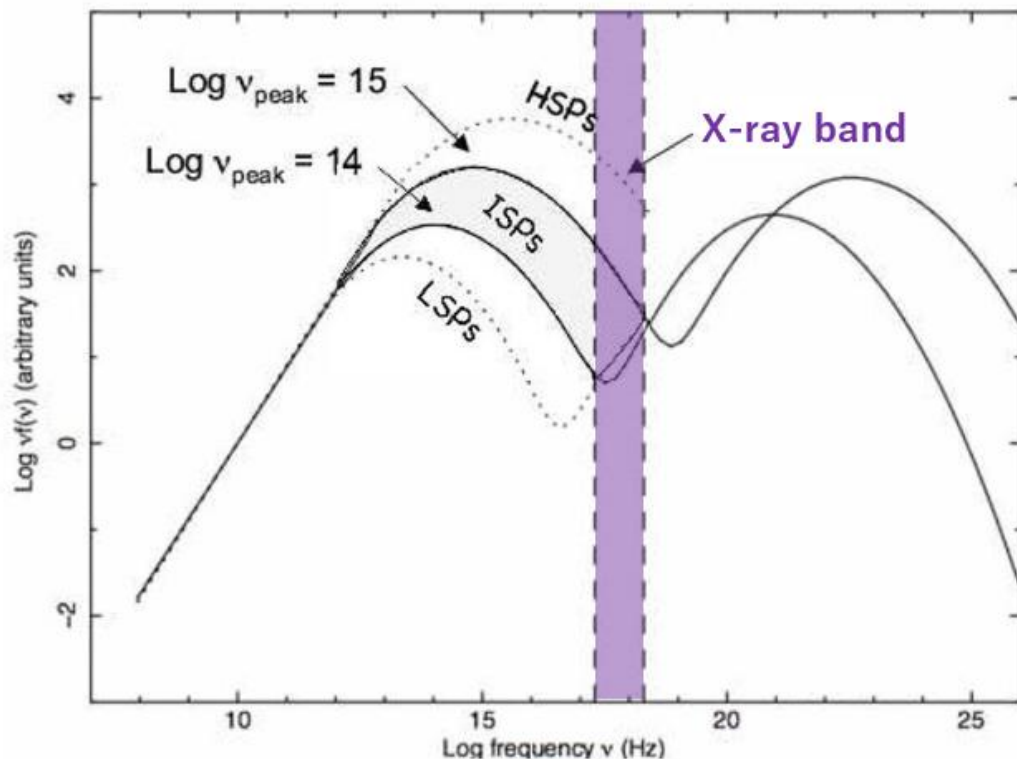


タイプ

- LSP($\nu_{peak} < 10^{14}$ Hz)
- ISP(10^{14} Hz $< \nu_{peak} < 10^{15}$ Hz)
- HSP($\nu_{peak} > 10^{15}$ Hz)

・シンクロトロン放射
⇒磁場に垂直な方向に直線偏光
⇒磁場構造の推定

偏光観測の重要性



- ・偏光観測
磁場構造、放射領域、粒子加速機構がわかる

- ・これまでの偏光観測：電波＋可視光のみ
→ IXPE打ち上げによりX線も可能に

- ・多波長偏光観測
⇒各波長帯の放射領域の関係、粒子加速機構を調査する手段

IXPEと光学赤外線望遠鏡を用いた
多波長同時偏光観測を実施

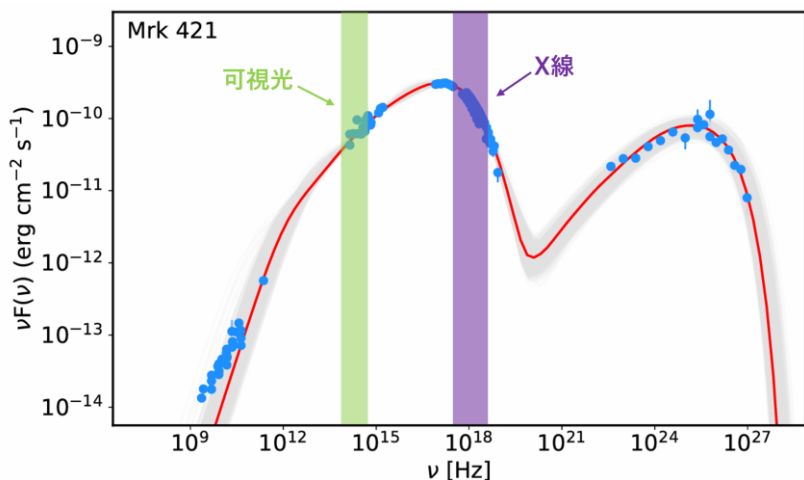
IXPE

X線偏光観測衛星

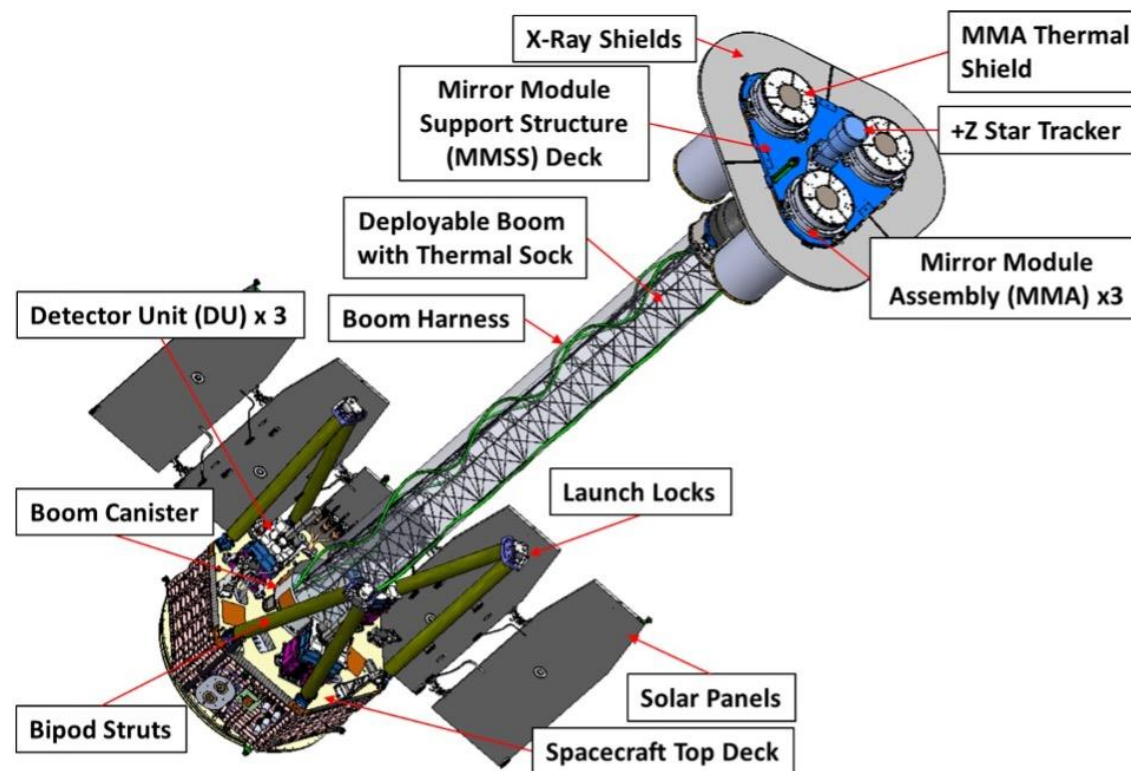
(望遠鏡+検出器) × 3

エネルギー範囲: 2-8 keV

HSPブレーザーをよく観測



Bégué et al 2024



<https://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/ixpe/about/>

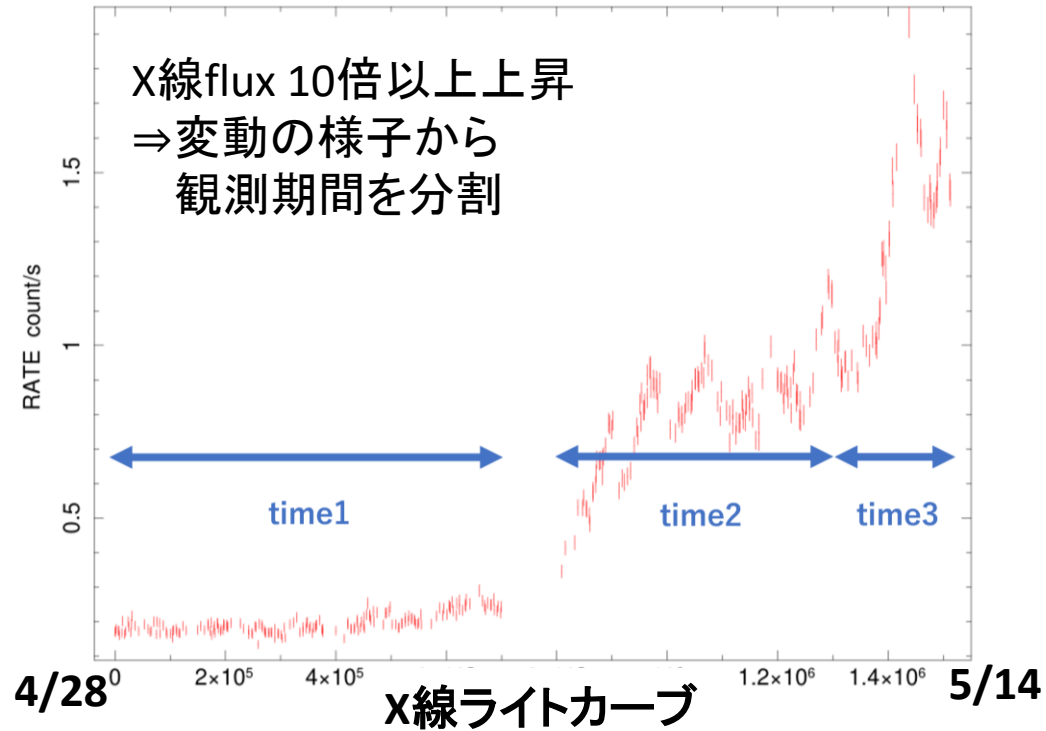
かなた望遠鏡



HONIR (可視赤外線同時撮像カメラ)
R, Jバンド使用

IXPE同時観測天体	観測日
Mrk 421 (HSP)	2024/4/28, 5/9, 5/10, 5/13, 5/14
Mrk 501 (HSP)	2024/7/7-8, 2025/1/3
H 1426+428 (HSP)	2024/7/5
1ES 1101-232 (HSP)	2024/11/30, 12/2
1ES 1959+650 (HSP)	2024/12/19
3C 273 (LSP)	2025/1/6

Mrk 421 X線解析

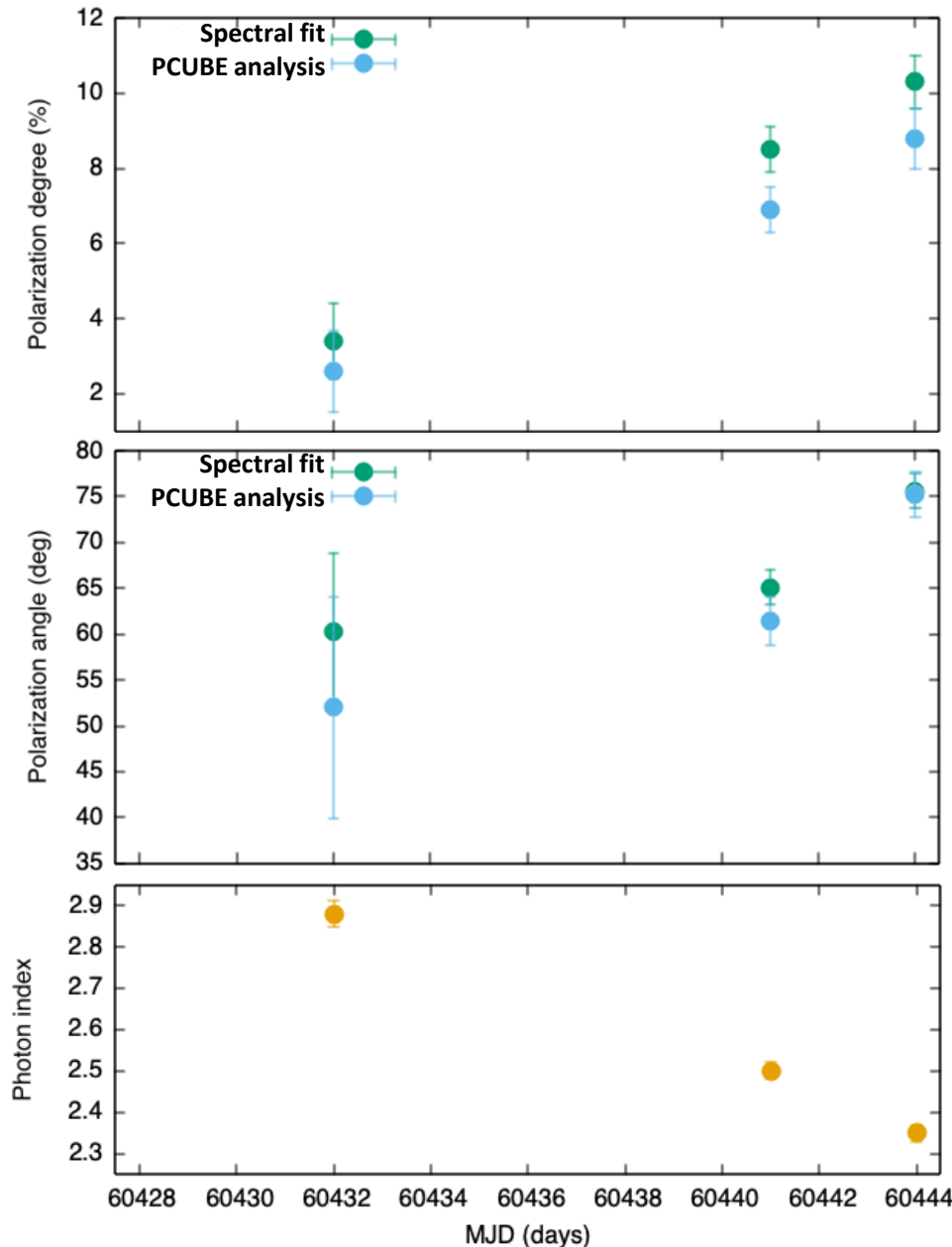


①スペクトルフィット

Model: constant*tbabs*polconst*powerlaw
ストークスパラメータ I,Q,Uスペクトルをフィット

②IXPE解析ツール PCUBE algorithm

Event listから偏光計算



偏光度

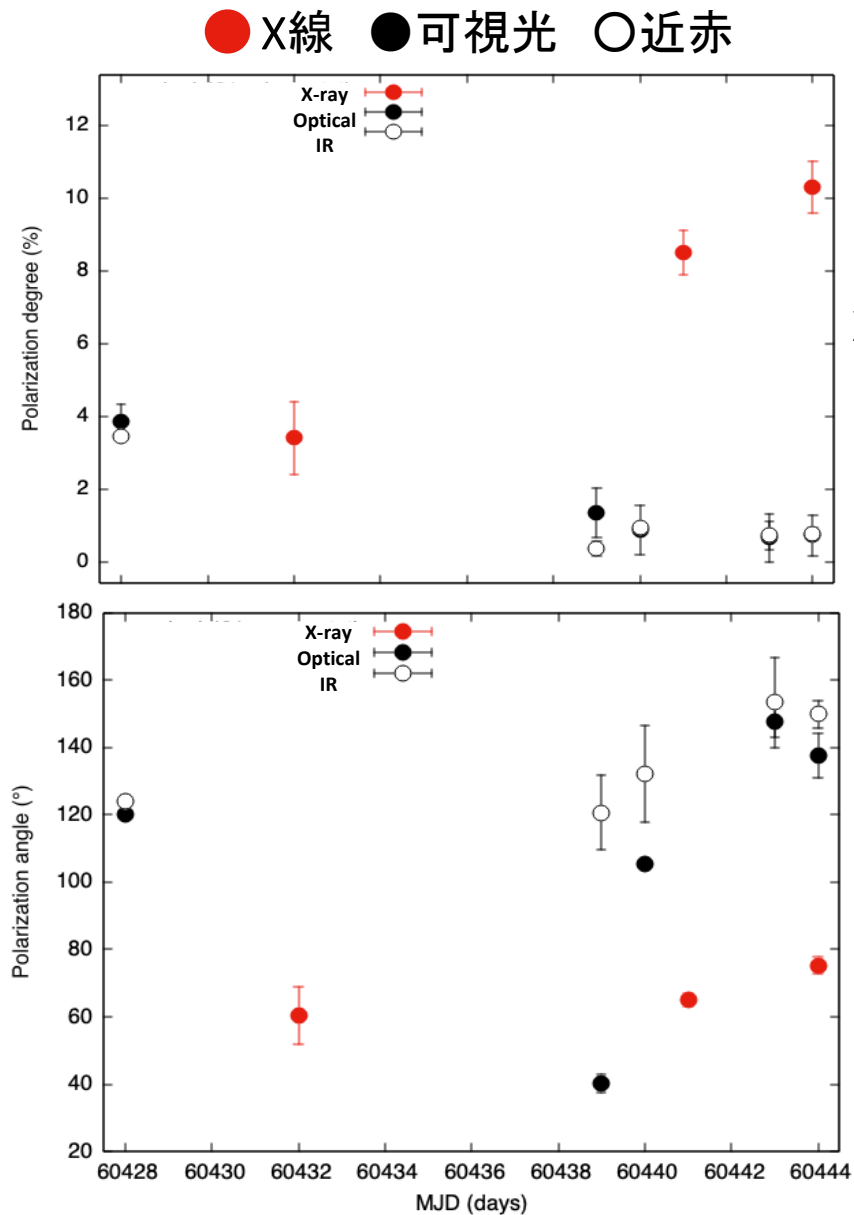
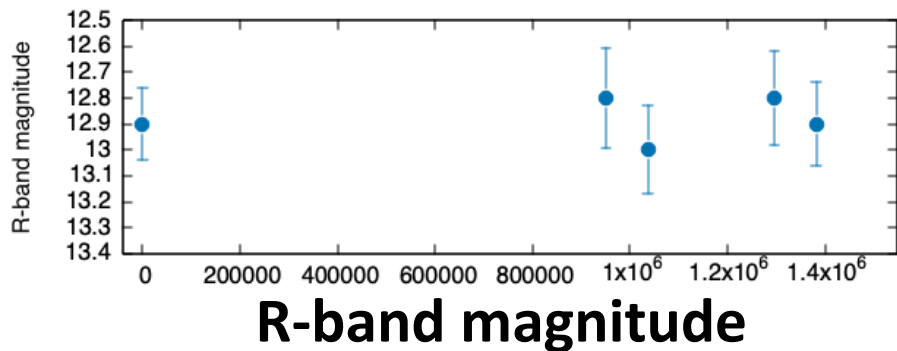
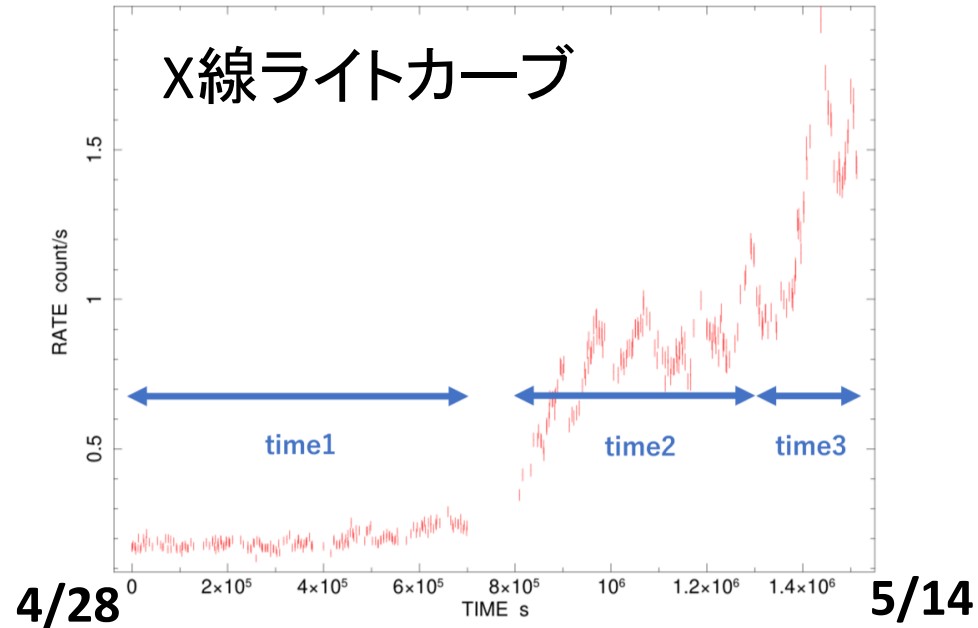
偏光方位角

Photon Index

2つの方法でほぼ一致 フラックス上昇に伴うX線偏光の増加

Mrk421

X線-可視光近赤外 観測結果



偏光度

可視光近赤外はやや減少
X線 > 可視近赤外

偏光方位角

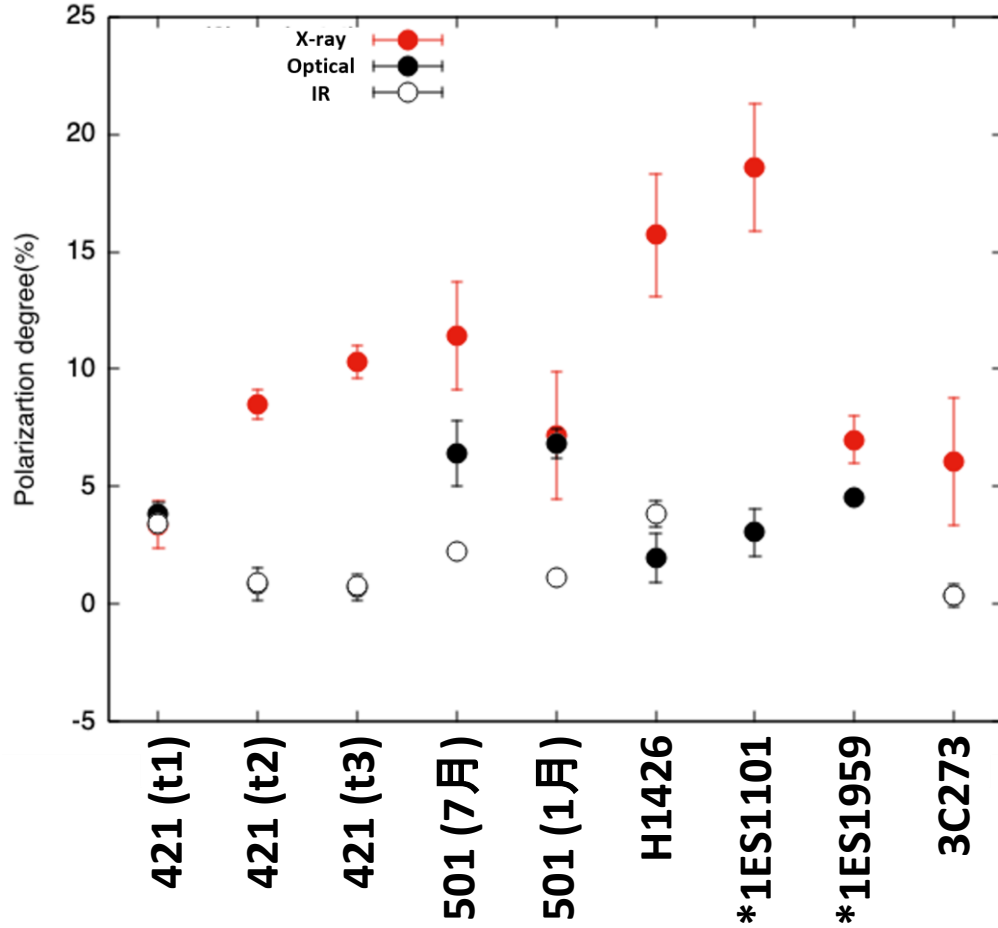
揃わずランダムな方向を示す

他の観測天体

Mrk 501, H 1426+428, *1ES 1101-232, *1ES 1959+650, 3C 273

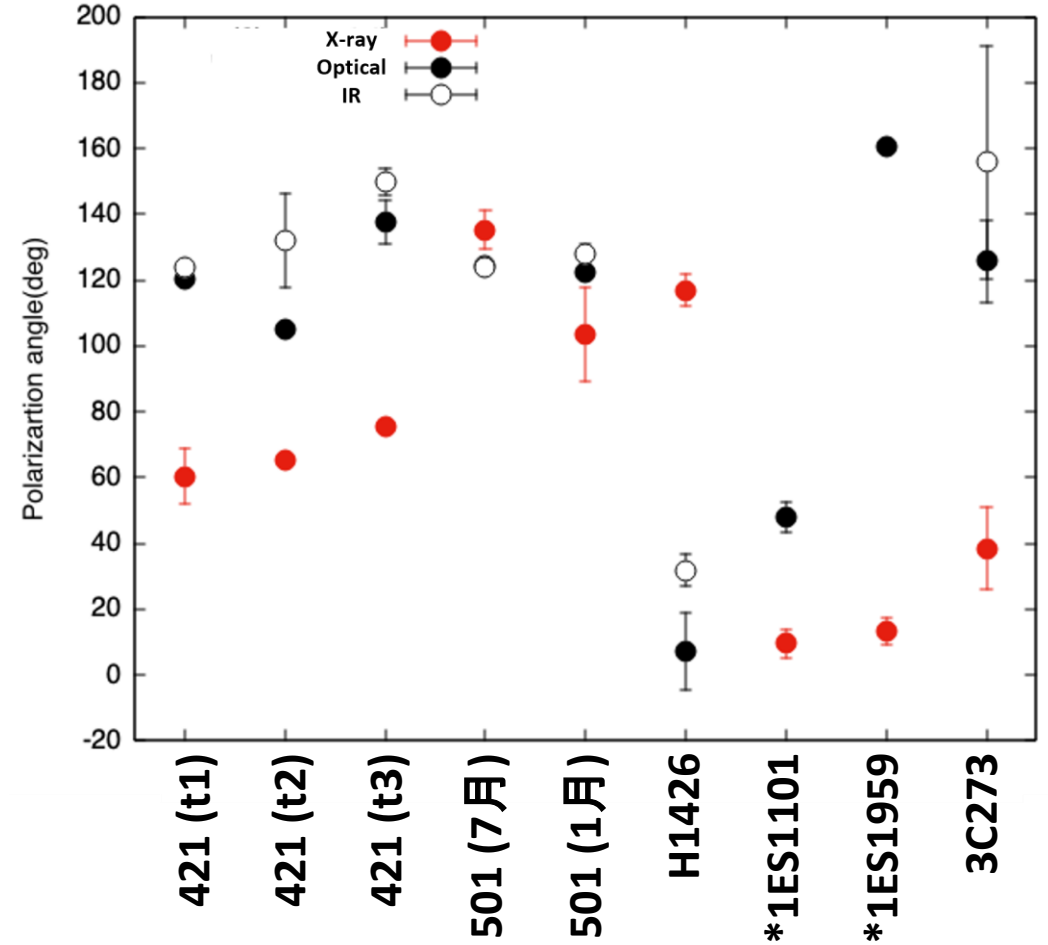
● X線 ● 可視光 ○ 近赤

偏光度



X線 > 可視光近赤外

偏光方位角



X線と可視光近赤外でランダムな向き

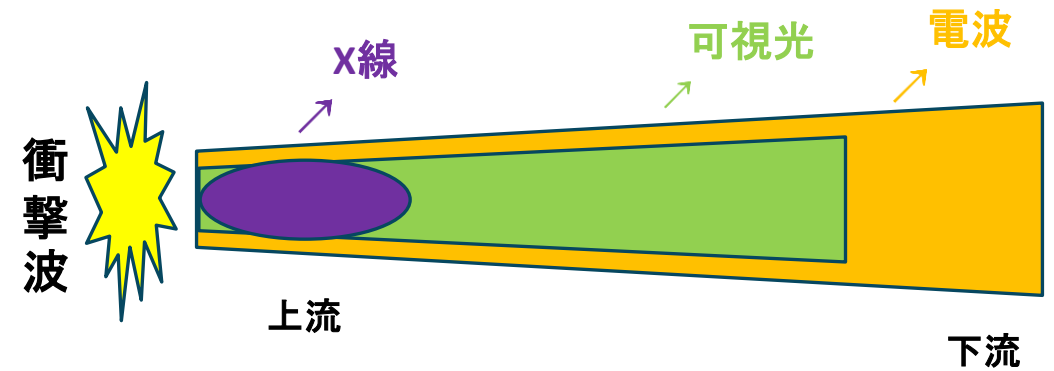
議論

Mrk 421

フレア中にX線偏光度のみ増, 可視は低いままほぼ一定
方位角はX線と可視で揃っていない

⇒X線フレア: 高エネルギー粒子がいる狭い領域

可視光近赤外: それとは無関係の場所



複数天体の結果

6天体全てで $PD_x > PD_{opt}$, PA ; X線と可視近赤でランダムな向き

⇒放射領域において、より高エネルギーを出す領域ほど磁場が揃っている

可視光近赤外: ジェット中の様々な領域

まとめ

Mrk421について、X線フラックス上昇に伴うX線偏光度の増加を捉えた

全ての観測天体の解析結果から共通して、可視近赤外よりも高いX線偏光度・波長によって
様々な向きの方角

⇒ジェット中の各波長の放射領域について議論

今後の展望：母銀河の放射による偏光度の減少を補正(近赤外)

過去の同時観測データの解析

Backup slide

X線解析(spectral fitとPCUBE analysis)

Xspecでのfit

エネルギー分解能を考慮している

ただし、エネルギースペクトルを仮定しないといけない

PCUBE analysis

スペクトルモデルを仮定しなくてよい⇒モデルに依存しない解析ができる

ただし、エネルギー分解能は考慮できない

議論

- ・可視近赤外の変化を伴わないX線fluxの増加

電子分布の式 $N(E) = N_0 E^{-p} \exp\left(-\frac{E}{E_{max}}\right)$

N_0 や磁場Bを変えると、スペクトル全体が変わってしまう(Xだけでなく電波・可視も)
→ E_{max} を大きくする必要がある

E_{max} の増加

(shock近傍の磁場が揃っていたと仮定すると)shock近傍の加速された高エネルギー電子 増

⇒偏光度も大

chromatic … PD_x/PD_oの値が高い

Single zone…全体的な磁場構造はほとんど変動しない。周波数間で同様の偏光パターンを生成することが期待される

Multizone…乱流磁場を伴うことが多い。短いタイムスケールで偏光が変動

Energy stratified…電波からX線にかけて次第に高いPDが予想される

Magnetic reconnection…PAはジェット方向に対して横方向になる

Model	Multiwavelength polarization	X-ray polarization variability ^a	X-ray polarization angle
Single zone	Constant ^b	Slow	Any
Multizone	Mildly chromatic	High	Any
Energy stratified (shock)	Strongly chromatic	Slow	Along the jet axis
Magnetic reconnection (kink instability)	Constant	Moderate	Perpendicular to the jet axis
Observed	Strongly chromatic	Slow	Along the jet axis

さまざまな放射モデルからの予測