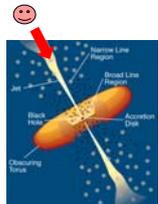


かなた望遠鏡によるブレーザーのフレと偏光の相関の調査

笹田真人、植村誠、深沢泰司、川端弘治、池尻祐輝、伊藤亮介、山中雅之、先本清志、大杉節、吉田道利(広島大学)、佐藤修二、木野勝(名古屋大学)

sasada@hep01.hepl.hiroshima-u.ac.jp



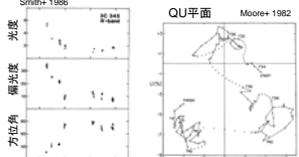
ブレーザー
AGNのひとつ
ジェットを真
正面から観測

1. イントロダクション

ブレーザーの偏光の挙動

偏光の挙動は複雑

- 光度と偏光度には正の相関
- 偏光を表すQU平面上でランダムな軌道
- 近年長期的な偏光観測から、偏光には速く変動する成分とゆっくり変動する成分の二つが存在



偏光観測の問題点

- 短期的な偏光モニター観測
- 長期的であるが、1週間間隔の粗い観測
- 多天体の系統的な研究が無い

ブレーザーの特徴

1. 電波からガンマ線に至る広帯域放射
2. 分から年スケールにわたる変動
3. 高い偏光度

ブレーザーの主な放射

- シンクロトロン放射(電波~可視、X線)
- 逆コンプトン放射(X線~TeVガンマ線)

シンクロトロン放射 → 高い偏光

偏光方位角は磁場と垂直

→ 偏光から磁場情報を取得

多数のブレーザーについて長期で連続的な偏光撮像モニター観測を実施することにより、系統的な偏光の挙動を研究する

2. 観測



かなた望遠鏡の利点

- 可視・近赤外の広帯域の観測
- 偏光観測が可能
- 豊富なマシナタイムによるモニター観測
- 柔軟な観測スケジュールで突発現象にも対応

変光天体・突発天体に有利

ブレーザーの特徴

- 広帯域放射
- 変光天体
- 高い偏光

かなた望遠鏡での観測に適した天体

モニター天体(44天体)

1ES 0323+022	H 1722+119	PKS 1222+216
1ES 0647+250	Mis V1436	PKS 1502+106
1ES 0806+524	Mrk 421	PKS 1510-089
1ES 1959+650	Mrk 501	PKS 1749+096
1ES 2344+514	OJ 287	PKS 2155-304
1H 0323+342	OJ 49	QSO 0324+341
3C 273	ON 231	QSO 0454+234
3C 279	ON 325	QSO 0954+550
3C 371	OQ 530	QSO 1239+044
3C 454.3	PG 1424+240	RX J1542.8+6129
3C 66A	PG 1553+113	S2 0109+224
4C 14.23	PKS 0048-097	S4 0954+65
4C 49.22	PKS 0215-015	S5 0716+714
AO 0235+164	PKS 0422+004	SS 1803+784
BL Lacertae	PKS 0754+100	

モニター期間

2008年5月~2010年12月

4. フレアの系統的調査

20日以内のフレアが存在
光度と偏光度に相関があった

仮説

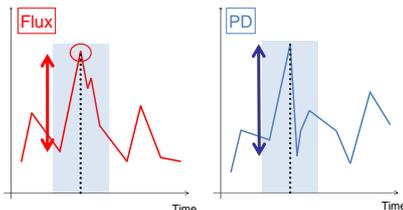
短期間のフレアにおいて光度と偏光は普遍的に相関して変化する

検証

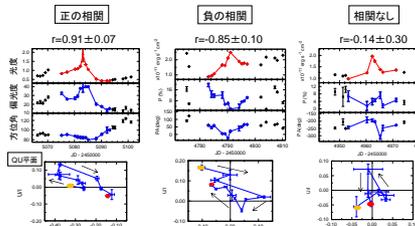
多数の天体の偏光モニターからフレアの光度と偏光度の変化を系統的に調べる

フレアの検出

1. 3点が凸型になるデータをピークとして検出
2. ピークの±10日をピーク範囲として定義
3. ピーク範囲内において指定されたピークが最大の場合、フレアのピークと選定する
4. フレア範囲内での光度と偏光度の最大、最小値から振幅を計算する



検出したフレアの一例: 光度と偏光度の相関の有無



検出したフレア

- 総天体数 44天体
- 総フレア数 166個
- フレア検出天体 29天体
- 光度が2倍以上のフレア 28個
- 光度が2倍以上のフレアを検出した天体 12天体
- 大フレアの光度と偏光度の相関(相関係数で判断)
(正, 負, 有意な相関なし)=(13, 5, 10)
- 正負の相関のフレアはQU平面上では同様の動き
起点によって相関が変わる
→ 偏光の長期成分の寄与により相関が異なる

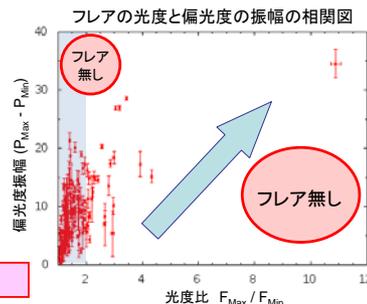
相関図の特徴

- 小さな振幅のフレアの発生頻度は高く、大きな振幅のフレアは低い
- フレアの光度と偏光度の振幅には正の相関
→ フレアによって偏光が変化

各フレアが固有の偏光ベクトルを持つ

- 小フレアでの相関は弱い
- 1. 大フレアが発生した場合、偏光が大きく変化
- 2. 小フレアの場合、頻度が高い小フレアの重なり合せにより偏光の変化が小さくなる

フレアの発生領域の磁場は揃っている

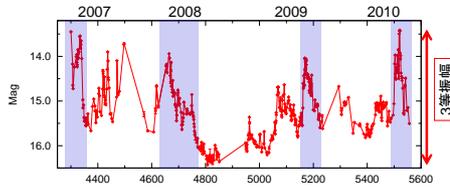


3. 個別天体

観測期間: 2007年7月~2011年2月

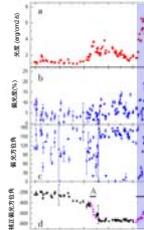
3C 454.3

- 3等の大振幅変動
- 毎年2等以上増光するアウトバーストを示す
- 10日程度で増減光するフレアが存在



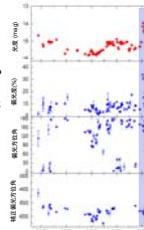
2009年観測

- 静穏期、活動期、アウトバースト期が存在
- 10倍以上増光
- 活動期では偏光度が10%を超える場合も
- アウトバースト時では偏光度が22%に達する
- 光度上昇に伴って偏光度が上昇
- 活動期、アウトバースト期に偏光ベクトルが時計・反時計回りに回転
- 回転Bはほぼ一定の回転率で35日間回転



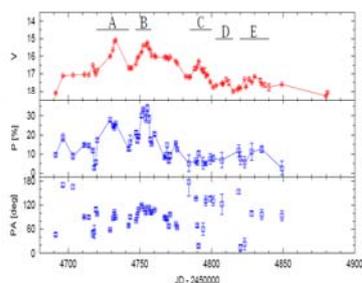
2010年観測

- 静穏期、活動期、アウトバースト期が存在
- 10倍以上増光
- 活動期では偏光度が10%を超える場合も
- アウトバースト時では偏光度が22%に達する
- 光度上昇に伴って偏光度が上昇
- 活動期、アウトバースト期に偏光ベクトルが時計・反時計回りに回転
- 回転Bはほぼ一定の回転率で35日間回転



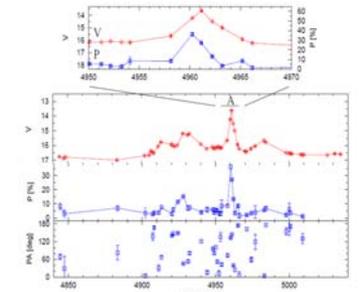
AO 0235+164

- モニター期間中で光度が15倍以上変動
- 20日程度のフレアが5つ存在
- 長期的な変動成分の上にフレア
- 偏光度が34%に達する
- フレアA, Bにおいて光度に相関して偏光度が上昇
- フレアC, D, Eでは偏光度はあまり変化しない
- フレアA, B時には偏光方位角はほぼ一定
- 光度と偏光度には正の相関がある
➢ 相関係数 $r = 0.74^{0.09}_{0.14}$



PKS 1510-089

- モニター期間中で光度が25倍以上変動
- 10日程度の大振幅フレアが存在
- フレア時は光度が10倍以上変動
- AO 0235+164と同様に長期的な変動成分の上にフレア
- 偏光度が36%に到達
- フレア時には光度に相関して偏光度が上昇
➢ フレア時の偏光度ピークは光度ピークに先行
- フレア時に偏光方位角は変化
- 光度と偏光度には正の相関がある
➢ 相関係数 $r = 0.70^{0.12}_{0.19}$



5. まとめ

- 光度が10倍以上変動するフレアが多数のブレーザーで検出
- 増光時に偏光度が上昇
- AO 0235+164, PKS 1510-089において光度と偏光度に正の相関
- 偏光度が30%を超える場合も複数存在
- ブレーザー44天体において166個のフレアを検出
- 28のフレアは光度が2倍以上変動
- フレアの光度と偏光度の振幅には正の相関
- 大振幅フレアにおいては相関が強い
- 小フレアでは相関が弱い