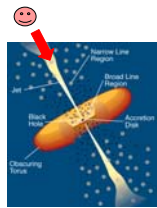


かなた望遠鏡によるブレーザーのフレと偏光の相関の調査

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.hipl.hiroshima-u.ac.jp



ブレーザー
AGNのひつ
ジェットを真
正面から観測

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. 分年から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

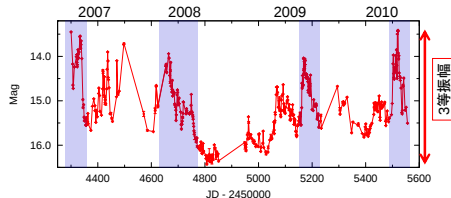
多数のブレーザーについて長期で連続的な偏光撮像モニター観測を実施することにより、系統的な偏光の挙動を研究する

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



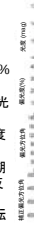
2009年観測

- ・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、アウトバースト時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



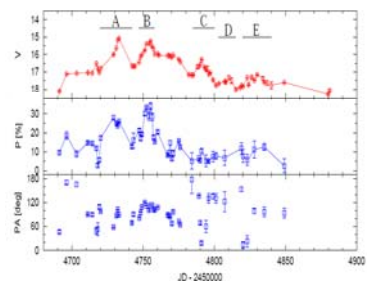
2010年観測

- ・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、アウトバースト時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



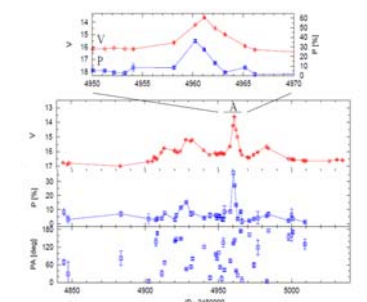
AO 0235+164

- ・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 $r = 0.70^{+0.12}_{-0.19}$



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
- ・豊富なマシン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	QJ 287	PKS 2155-304
1H 0323+342	QJ 49	QSO 0324+341
3C 273	QJ 231	QSO 0454-234
3C 279	QJ 325	QSO 0954+550
3C 371	QJ 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	S5 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

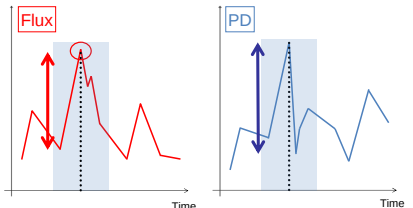
短期間のフレアにおいて光度と偏光度は普遍的に相関して変化する

検証

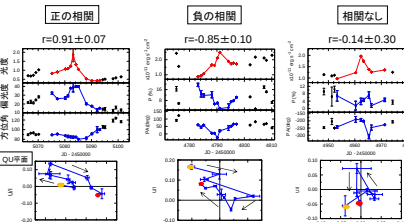
多数の天体の偏光モニターからフレアの光度と偏光度の変化を系統的に調べる

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
- ・光度が二倍以上のフレア 28個
- ・光度が二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

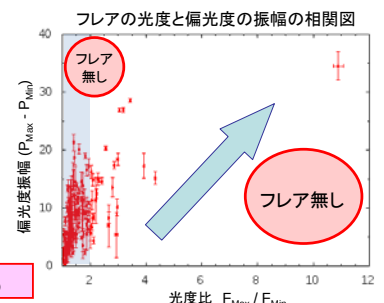
相関図の特徴

- ・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



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