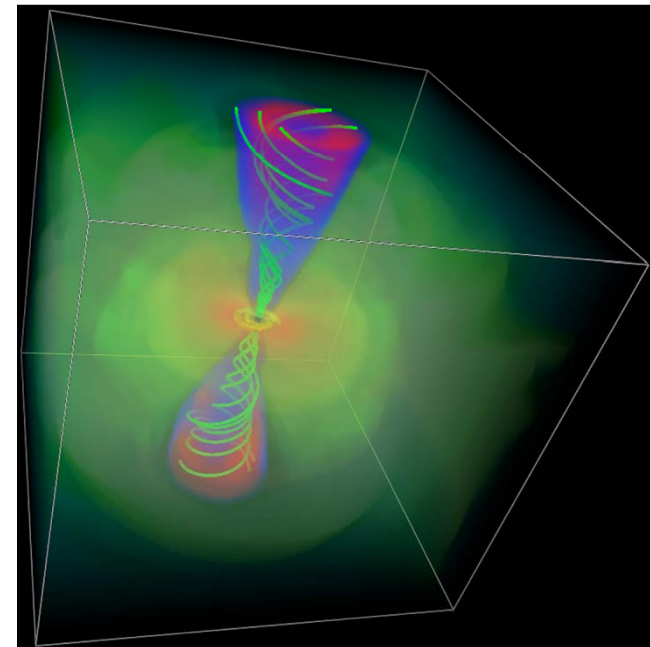


ブレイザー天体の多波長偏光観測

深沢泰司、大野雅功、高橋弘充、水野恒史、川端弘治、植村誠、田中康之、
伊藤亮介(広大理、宇宙科学センター)、笹田真人(京大理)、
永井洋(国立天文台)、玉川徹(理研)、
田島宏康(名大STE研)、渡辺伸(ISAS/JAXA)



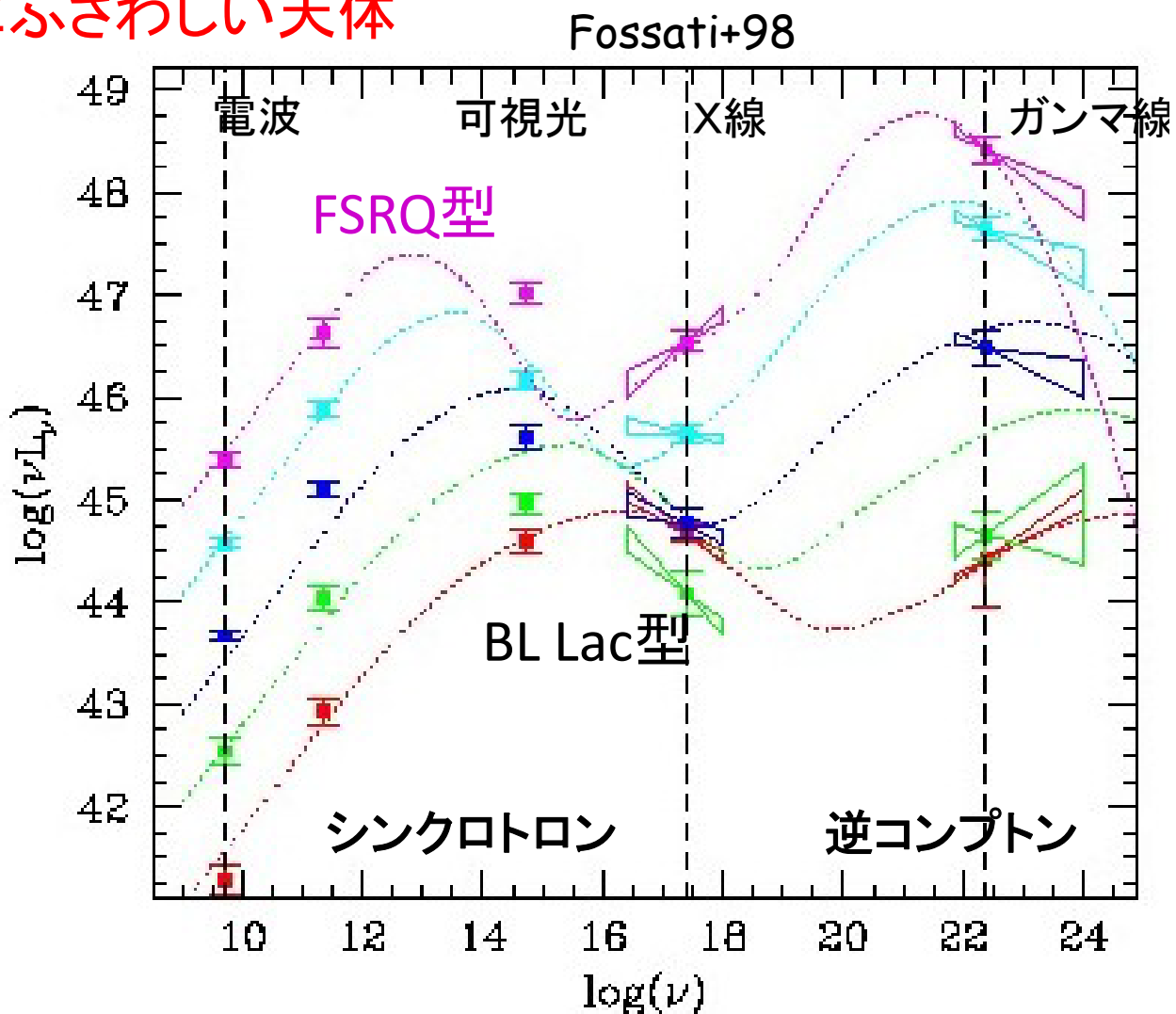
BLAZAR

電波からガンマ線までジェット放射が明るい

フェルミ衛星により、ガンマ線で数年間の連続モニター中

電波、可視光領域で強い偏光。高エネルギー側も偏光の可能性。

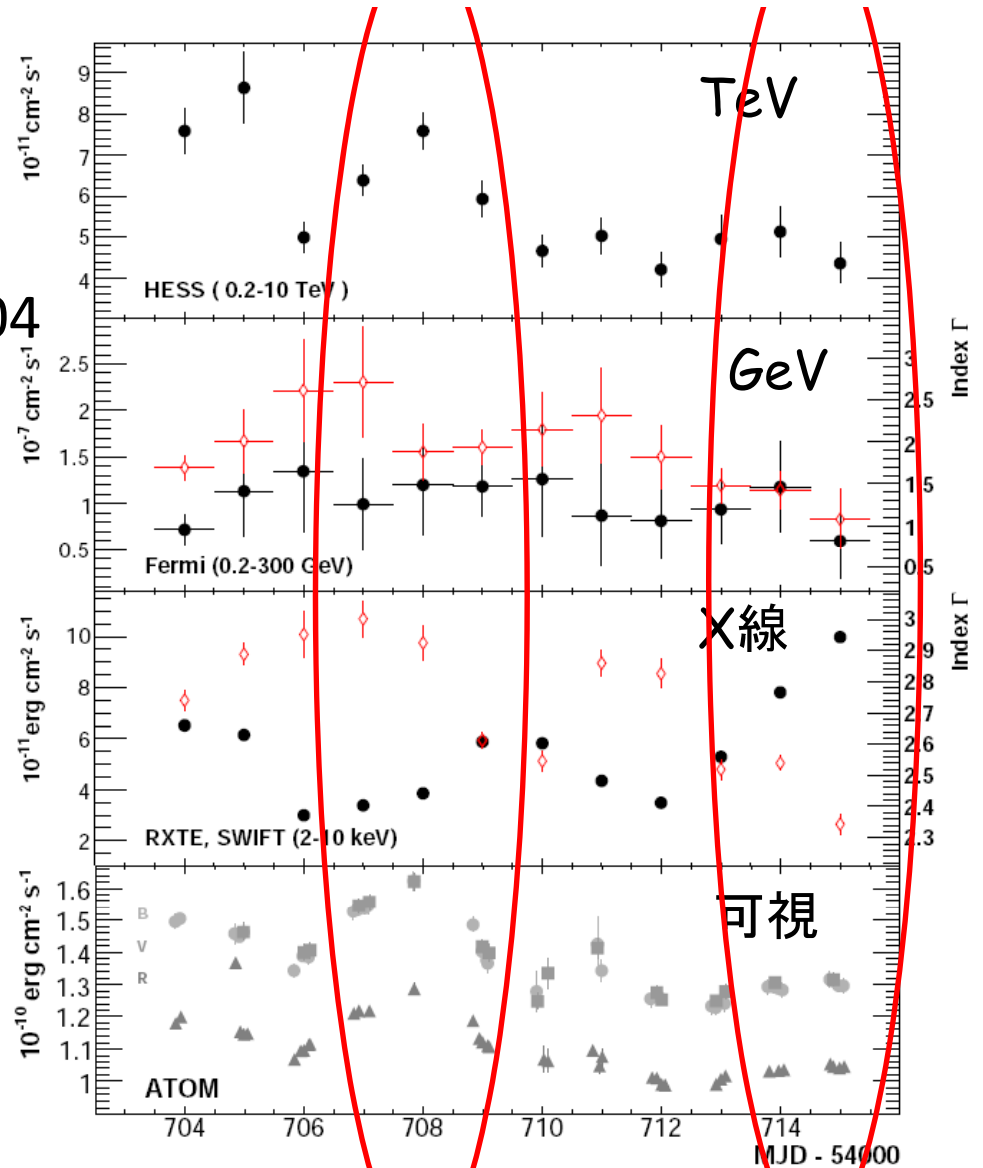
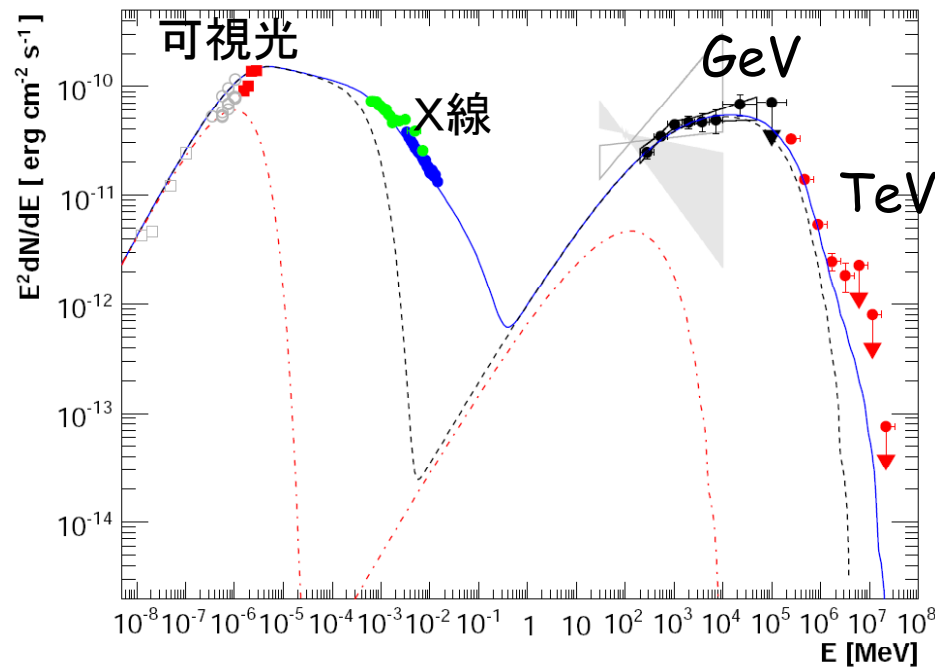
多波長偏光観測にふさわしい天体



フェルミ衛星を中心とした多波長測光モニター観測が盛んに行われている

PKS2155-304

Abdo+09

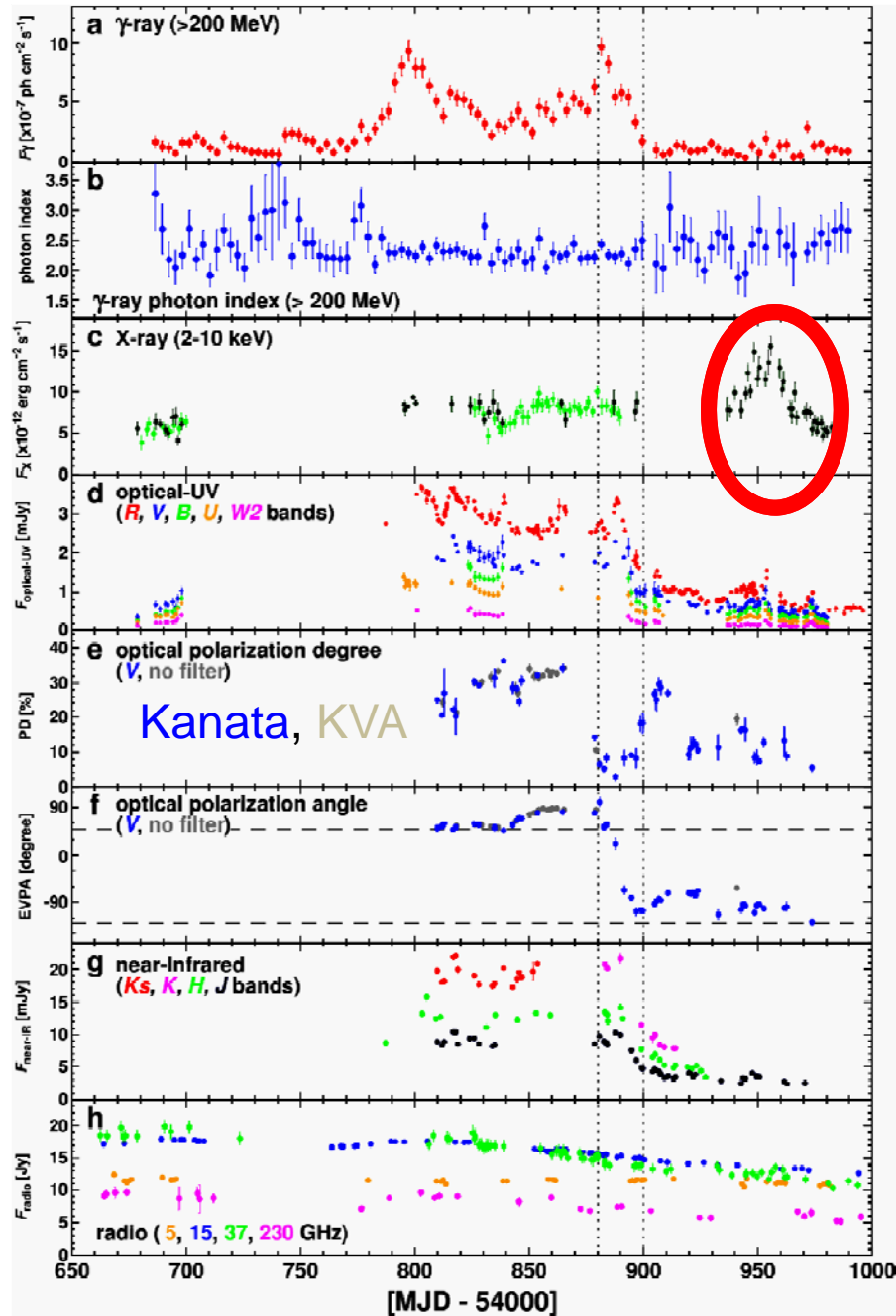


X線とTeV、可視光とGeVが相関していない時期がある。
可視とTeVが相関している時期がある。

One-zone の描像では合わない(複数の放射成分)

Abdo+10

3C279



γ-ray (LAT)

γ-ray photon index (LAT)

X-ray X線だけフレア

optical-UV

optical polarization degree (PD)

optical polarization angle (EVPA)

Near-Infrared

Radio

ブレーザーの偏光観測の重要性

磁場の情報を引き出す

複数成分の分離

各成分の偏光度や偏光角の違いを利用

高エネルギー成分の放射機構の情報

かなた望遠鏡によるブレーザー集中観測

2008年5月～2009年秋

全部で42天体

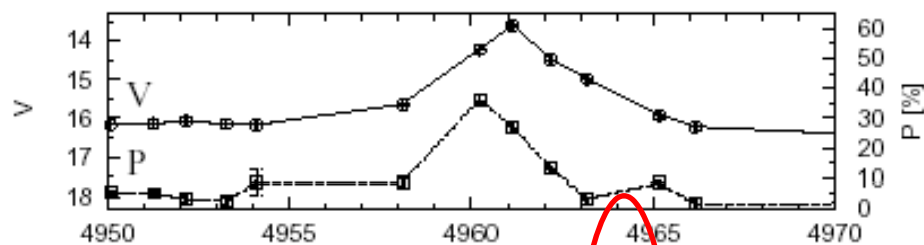
Fermiでも見えている天体

詳細は、Ikejiri+11

1ES 0323+022	MisV 1436	PKS 1222+216
1ES 0647+250	Mrk 421	PKS 1502+106
1ES 0806+524	Mrk 501	PKS 1510-089
1ES 1959+650	OJ 287	PKS 1749+096
1ES 2344+514	OJ 49	PKS 2155-304
3C 371	ON 231	QSO 0454-234
3C 454.3	ON 325	QSO 0948+002
3C 66A	OQ 530	QSO 1239+044
3C 273	PG 1553+113	RX J1542.8+612
3C 279	PKS 0048-097	S2 0109+22
AO 0235+164	PKS 0215+015	S4 0954+65
BL Lac	PKS 0422+004	S5 0716+7143
H 1722+119	PKS 0754+100	S5 1803+78
4C 14.23		

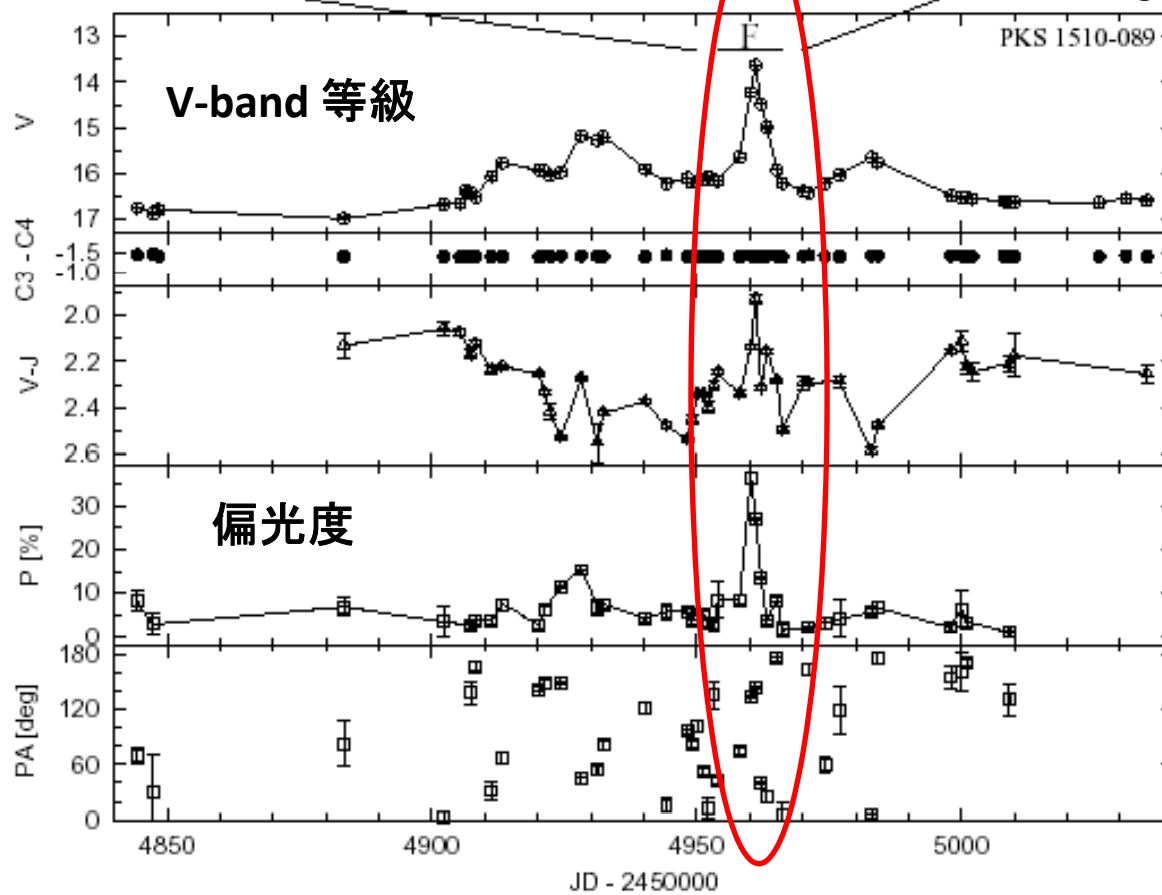
3EG 1052+571
QSO 0324+341

フレア時に、偏光度が非常に高くなる(40-50%)場合もある



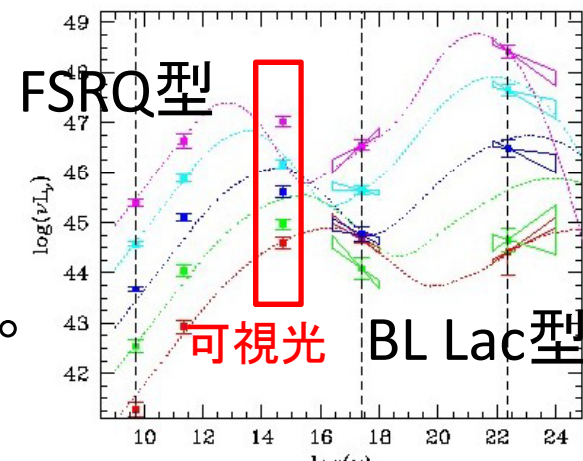
PKS1510-089

Sasada+11

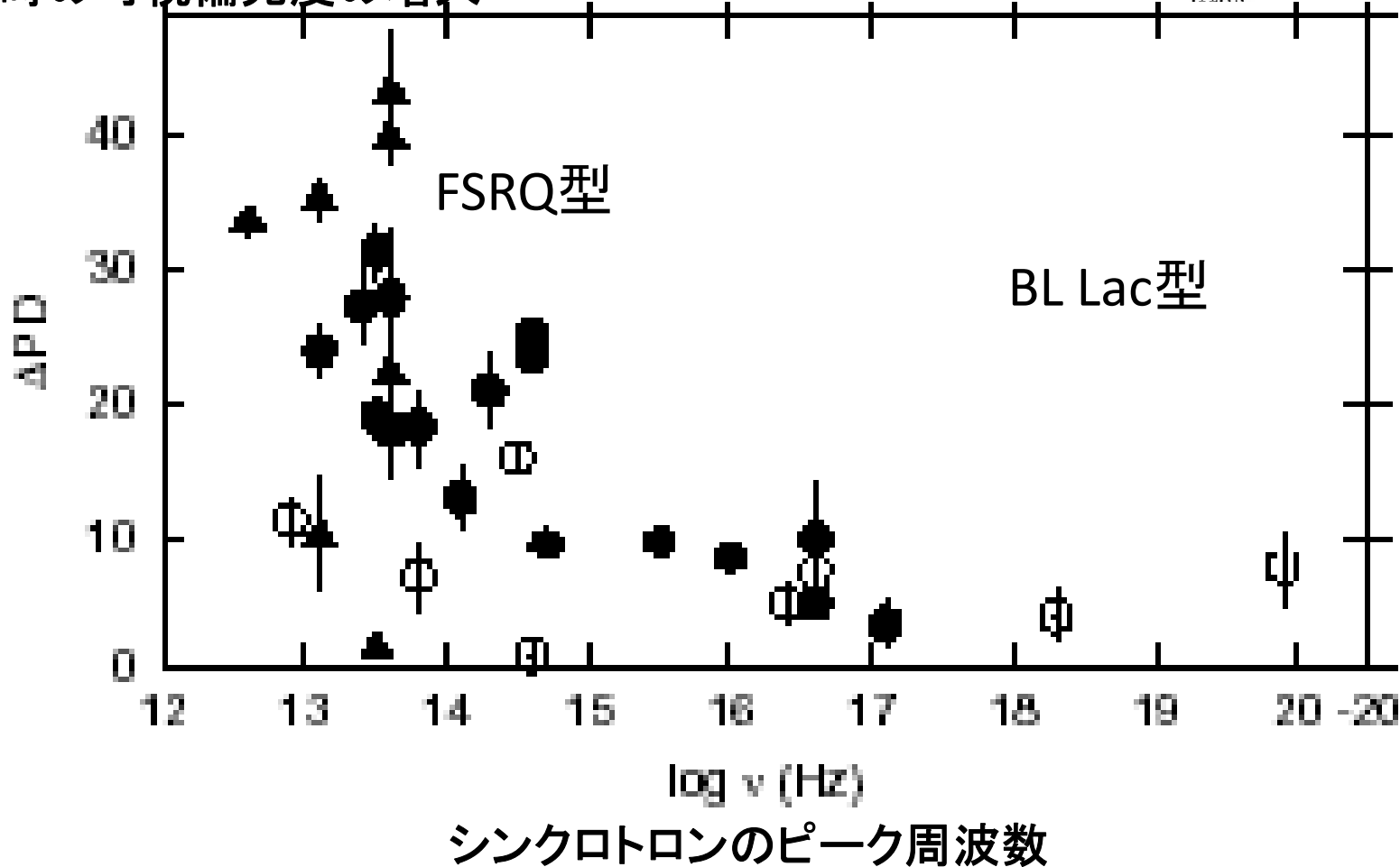


フレア時の可視偏光度は、FSRQ型の方が高い
(シンクロトンピーク付近)

BL Lac型は、X線で高い偏光度の可能性。



フレア時の可視偏光度の増大



偏光の変動の振る舞い

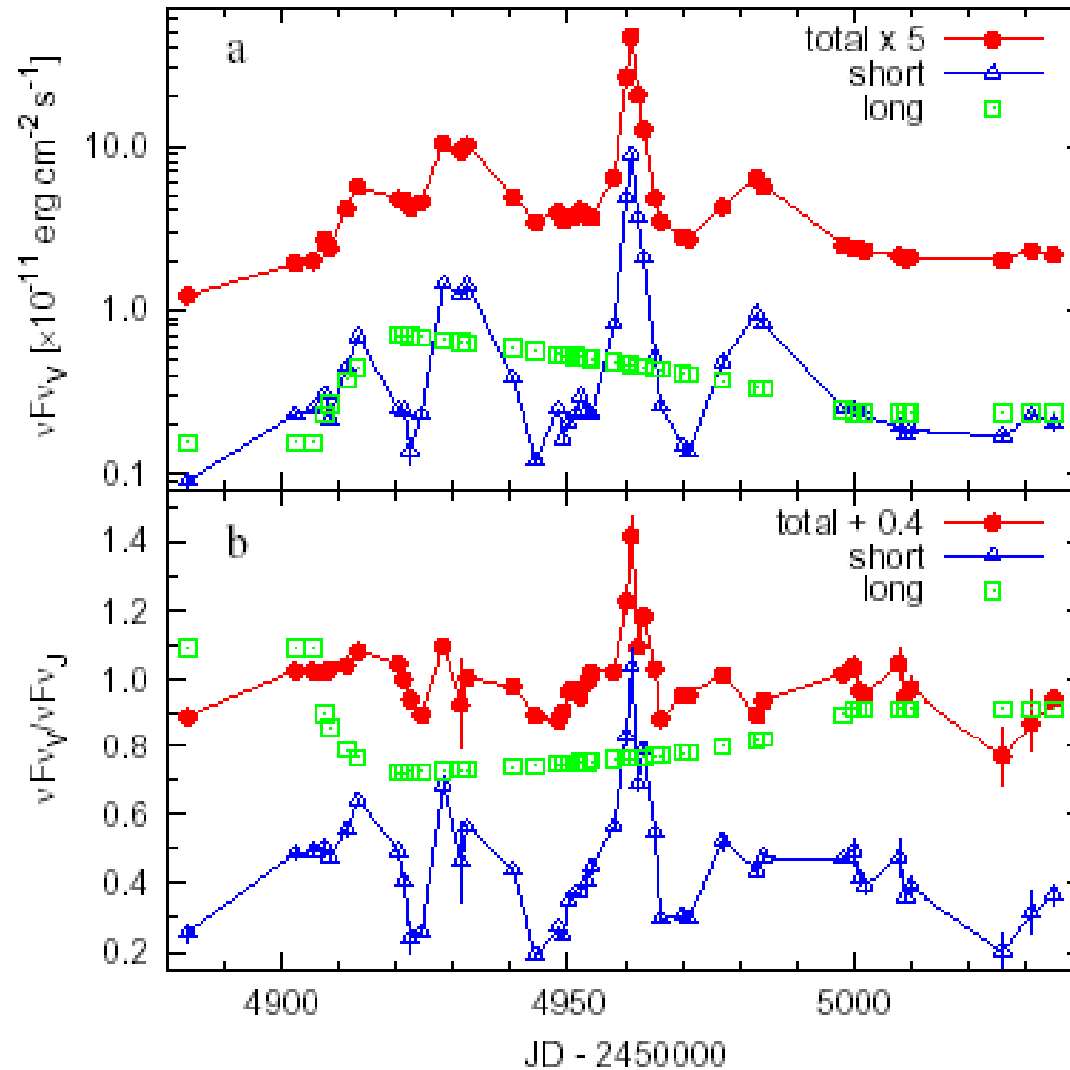
短期変動と長期変動の2成分が少なくとも存在

Sasada+08
Uemura+10
Ikejiri+11
Sasada+11

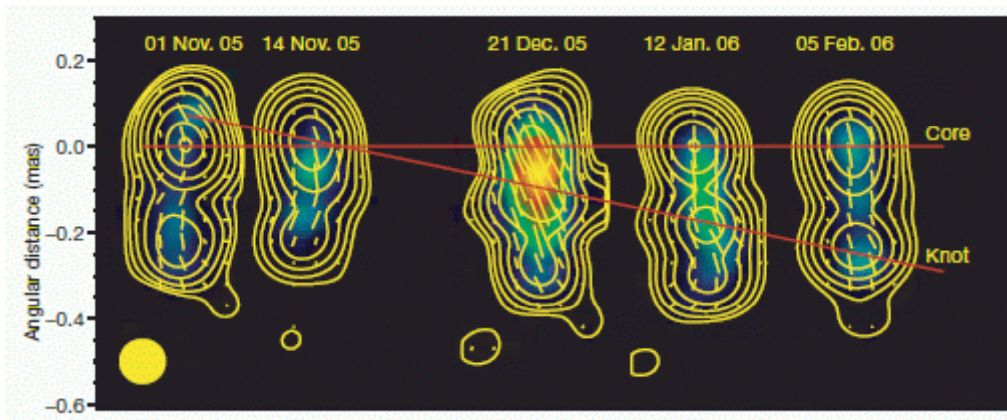
PKS1510-089

偏光フラックス

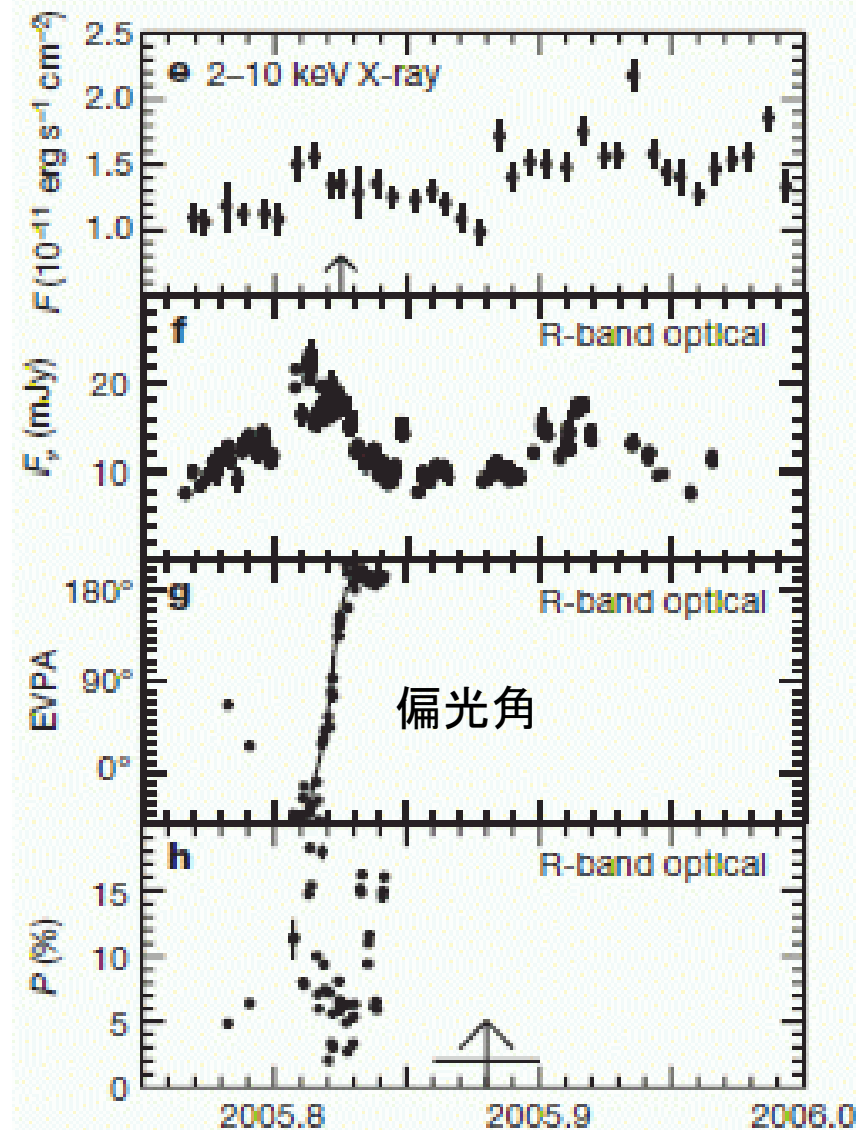
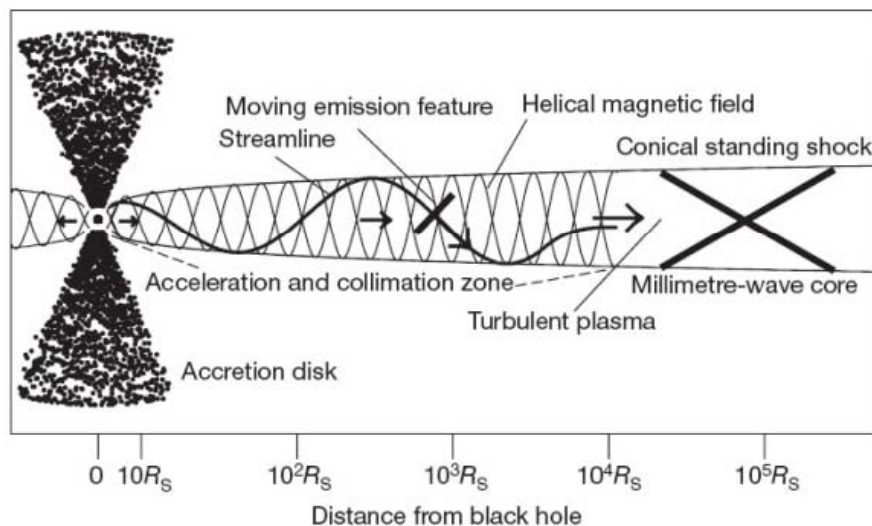
色



TeVフレア、可視偏光回転、電波ノットの放出が同時期に観測された

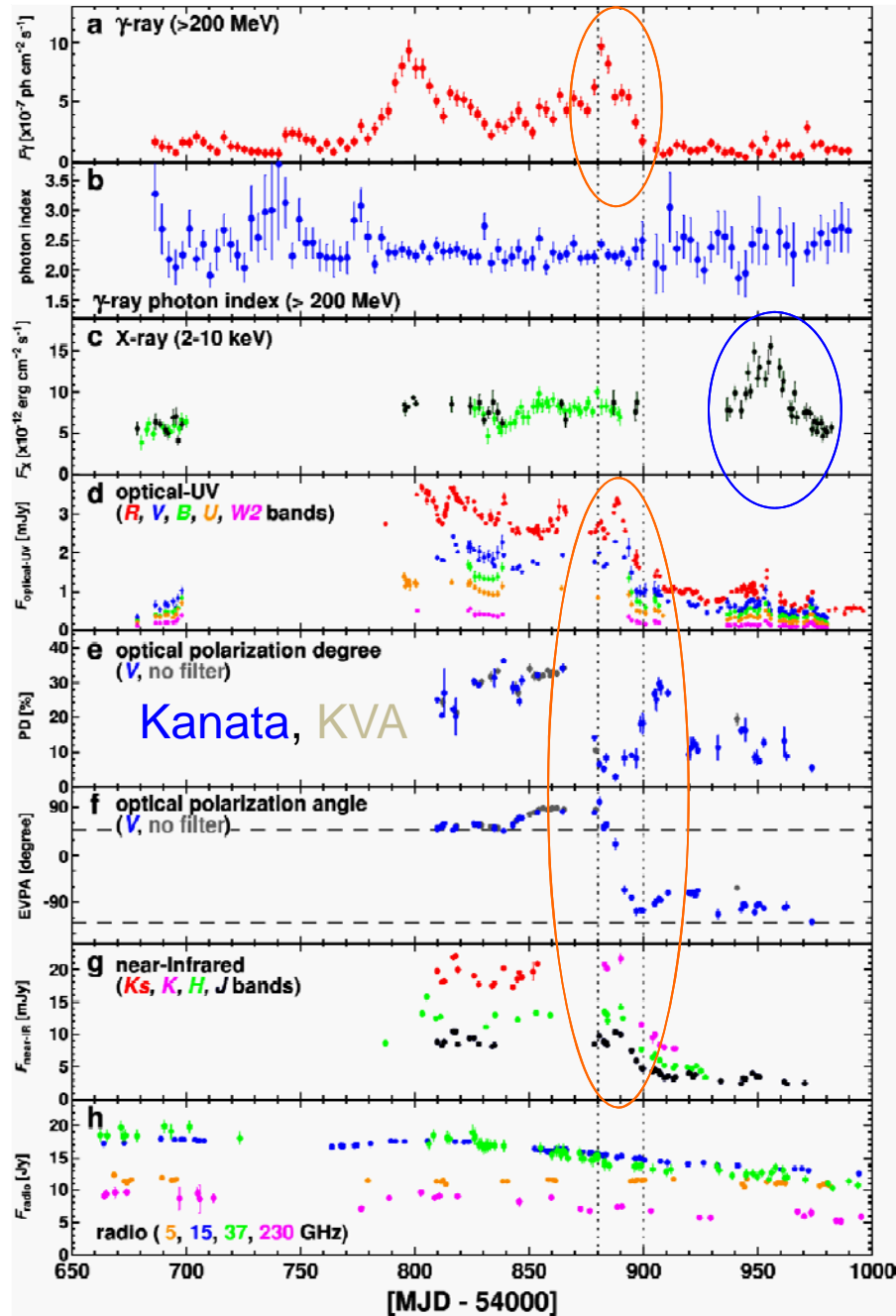


Marscher+08



Abdo+10

フレアに関するジェットの磁場構造の情報(3C279)



γ-ray (LAT)

γ-ray photon index (LAT)

X-ray

optical-UV

optical polarization degree (PD)
Kanata, KVA
広島大学かなた望遠鏡

optical polarization angle (EVPA)

Near-Infrared

Radio

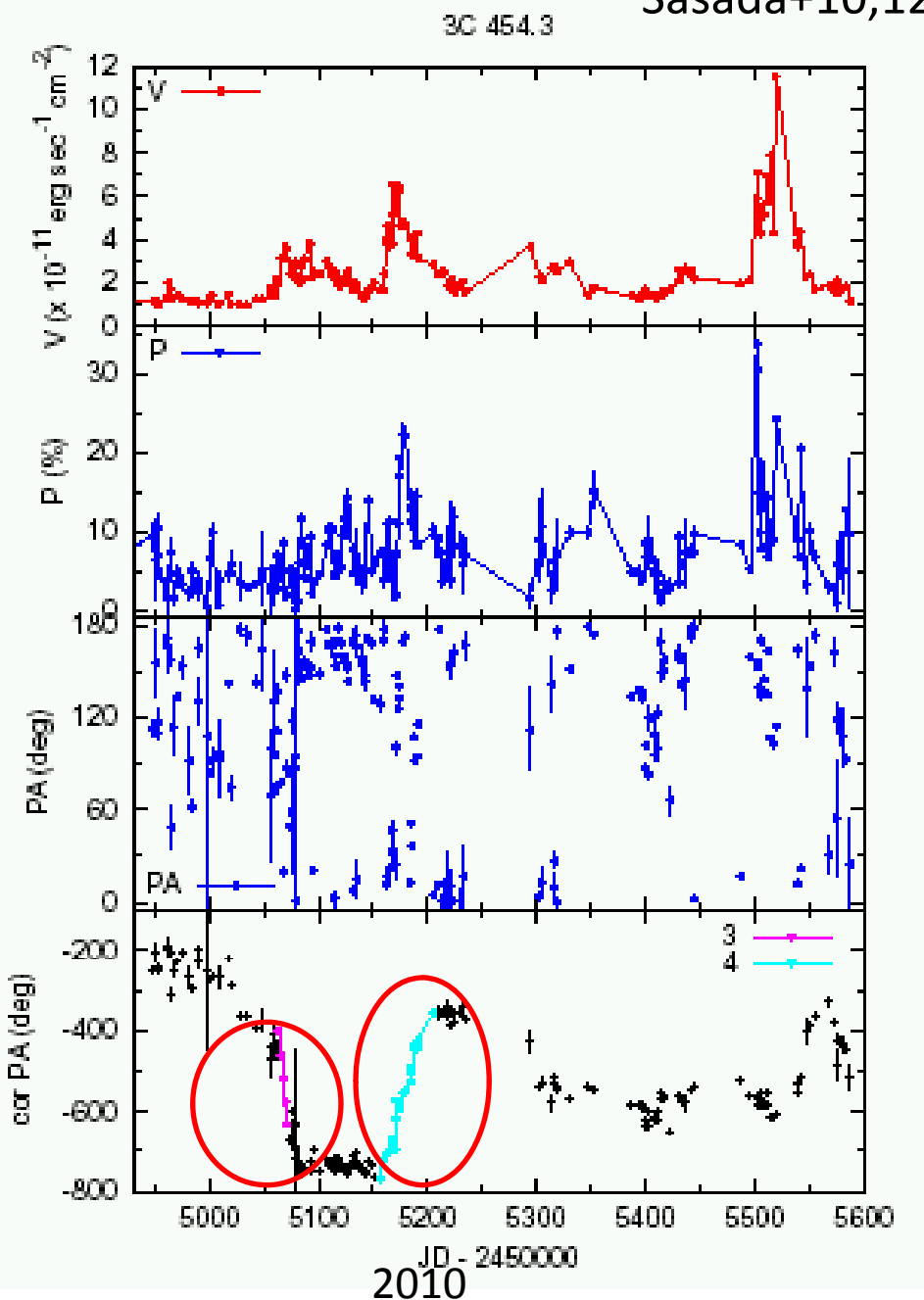
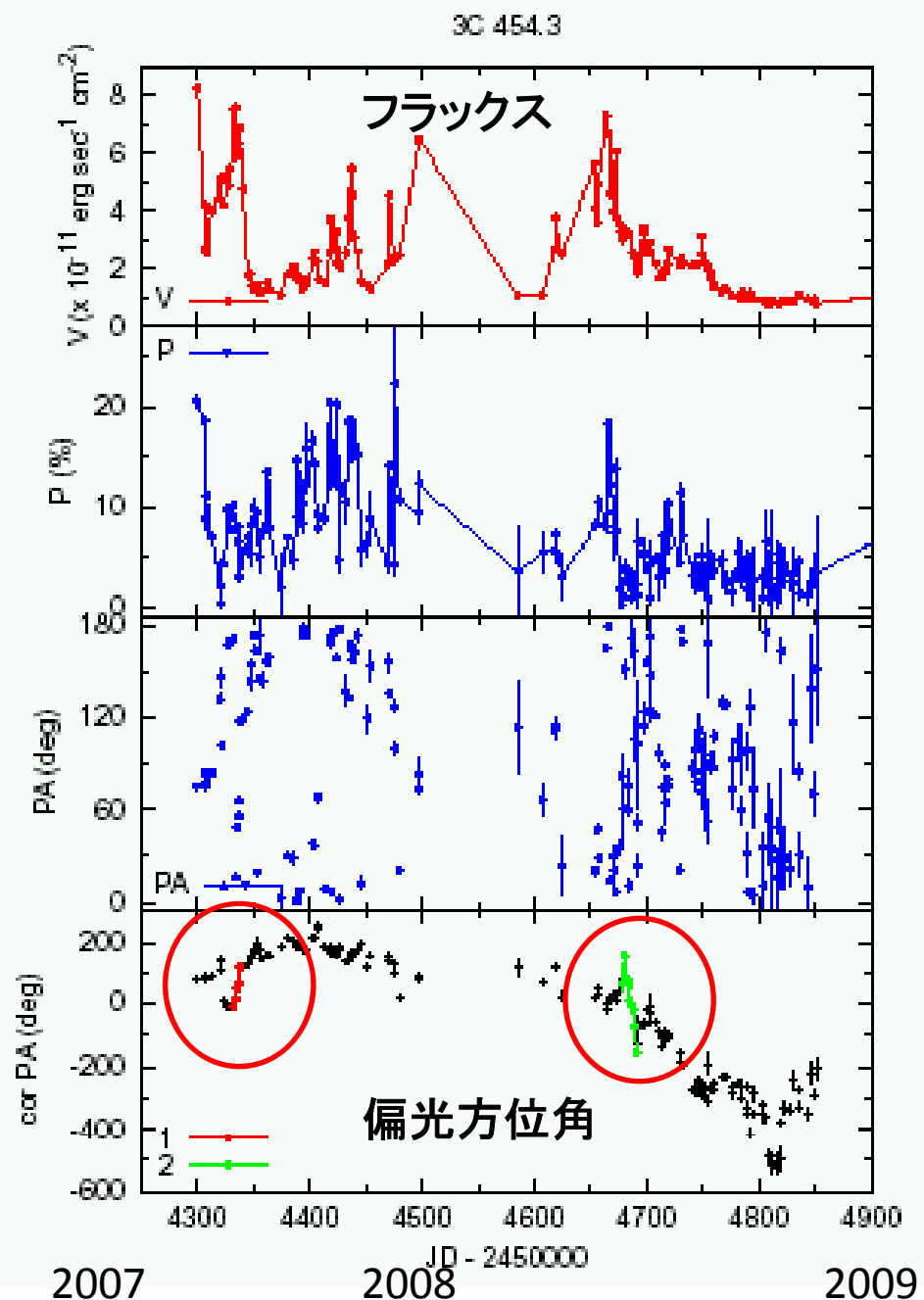
ガンマ線フレアとともに、可視偏光面の角度が回転 (20日で208度回転)

放射領域D~
 10^{19} cm

電波は変動が見られない→シンクロtron自己吸収→放射領域のサイズは、
 $R_b < 5 \times 10^{16}$ cm

3C454.3 偏光面の回転現象が複数回(回転向きも一定でない)

Sasada+10,12



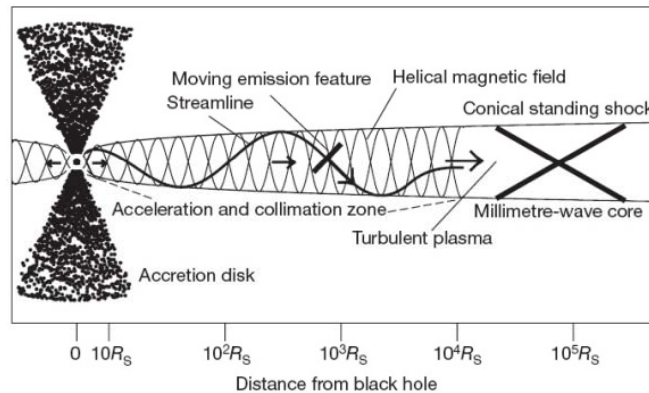
フレアに伴うブレーザーの可視偏光の回転は、最近検出され始めた

(広島大学かなた望遠鏡でも、いくつか)

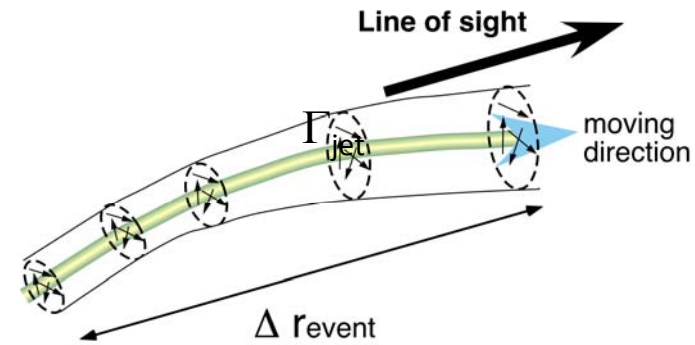
Marscher+08,10; Sasada+09

ジェットの構造に対して制限を与える

1. helical magnetic field model (Marscher et al. 2008)



2. bend jet model



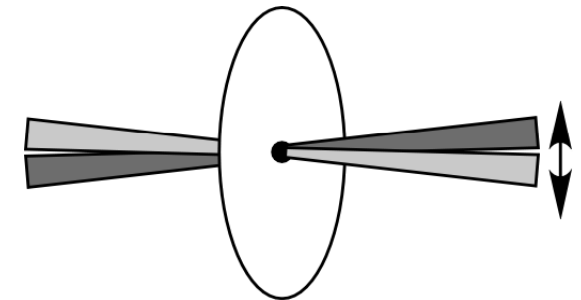
ガンマ線放射領域の位置は:

$$\Delta r_{event} \sim 10^{19} (\Delta t_{event}/20 \text{ days}) (\Gamma_{jet}/15)^2 10^5 \text{ シュワルツシルド半径}$$

3. "flow-through" (jet wobbling) scenario

ジェットのビーミング効果が入らないので、ゆっくりと変動

放射領域の位置: $r_{event} \sim c \Delta t_{event} \sim 10^3$ シュワルツシルド半径



シナリオ1と3は、常に同じ方向の偏光面回転を予測するが、3C279では過去に逆方向の回転が観測されている(Larionov+08).3C454.3でも観測されている(Sasada+10)。

以上の可視偏光に加えて、電波、X線などの偏光情報が加われば、

多波長偏光の振る舞いの違いから、複数成分の情報を得て、SEDパラメータを厳しく制限できる可能性。

電波、可視光、X線軟ガンマ線で、偏光の振る舞いの違い。

軟ガンマ線で初めて逆コンプトン(と思われる)成分の偏光測定

電波、可視光との偏光度や方位角の比較

シンクロトロン光子の逆コンプトン散乱(少し偏光;

Krawczynski+11)か、

あるいは、

外部光子の逆コンプトン散乱 or ハドロン成分(偏光小)か

ブレーザーの多波長偏光同時観測が可能に

ALMA Cycle-2(2013)から偏波観測可能に(永井講演)

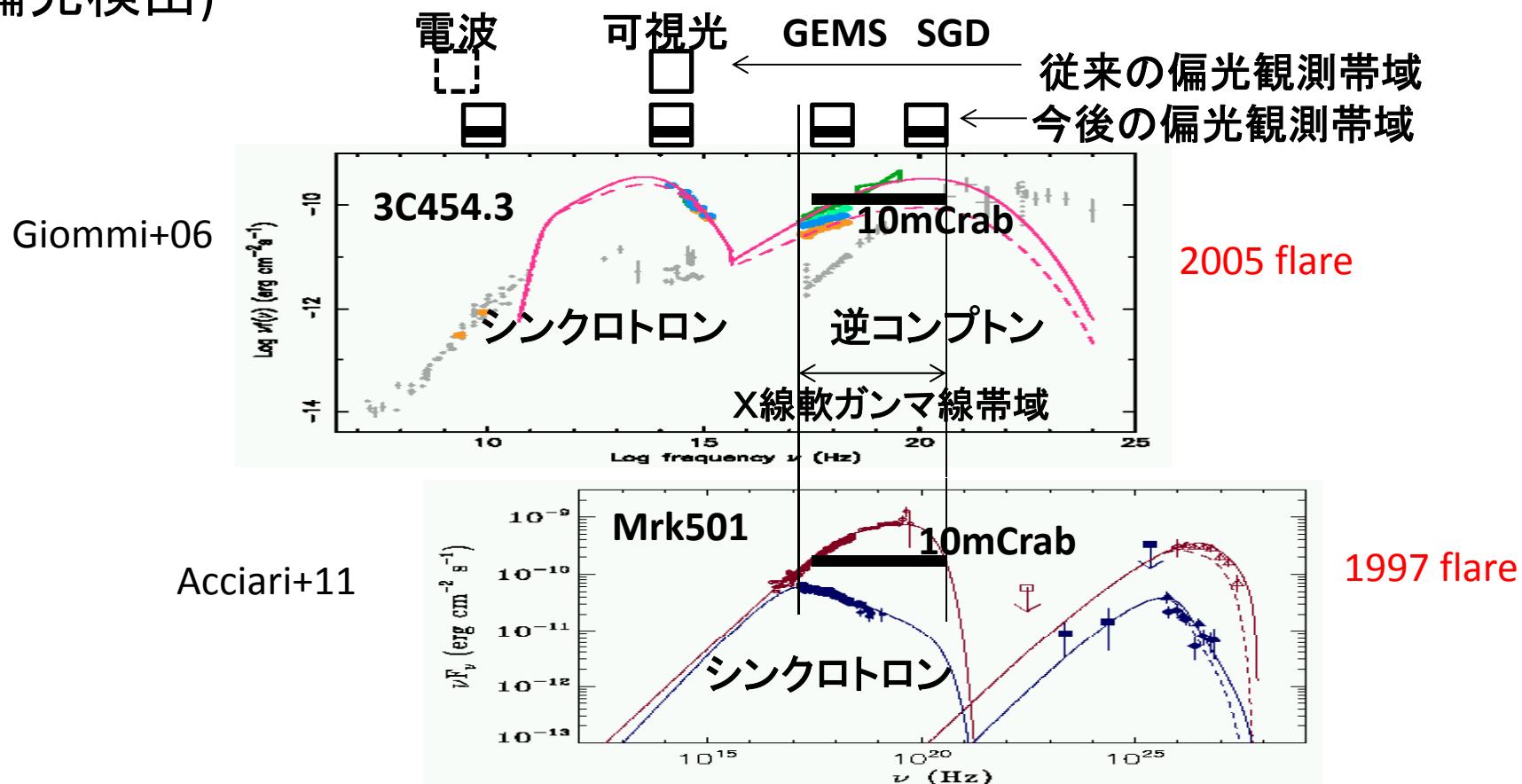
かなた望遠鏡も偏光測定精度が上昇(新検出器稼働)

GEMSが近未来に2-10keVで1mCrab天体まで偏光観測可能に

(玉川講演)

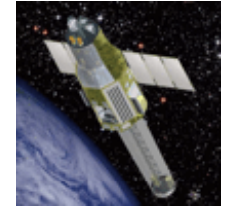
ASTRO-H搭載SGDが2014年度から観測(70-200keVで10mCrabまで

偏光検出)

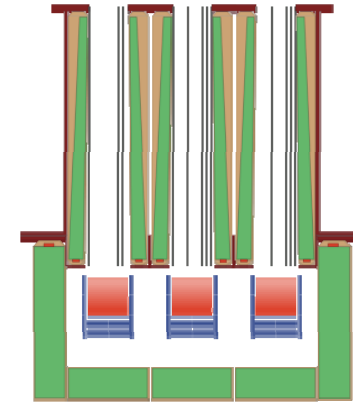




ASTRO-H搭載SGD検出器



70-200keV帯域で10mCrab以下まで
偏光検出可能

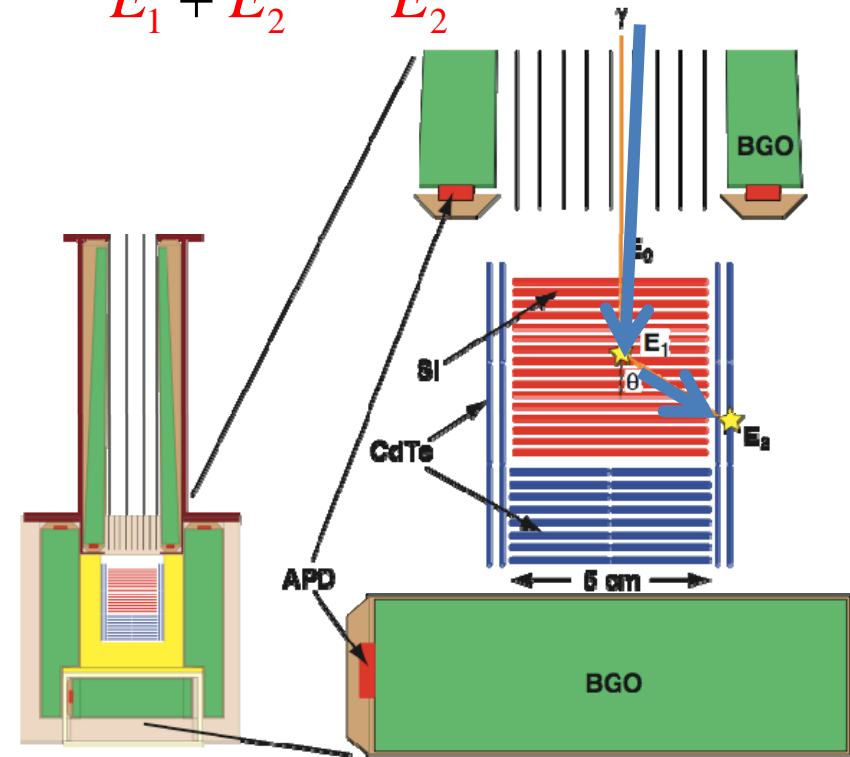
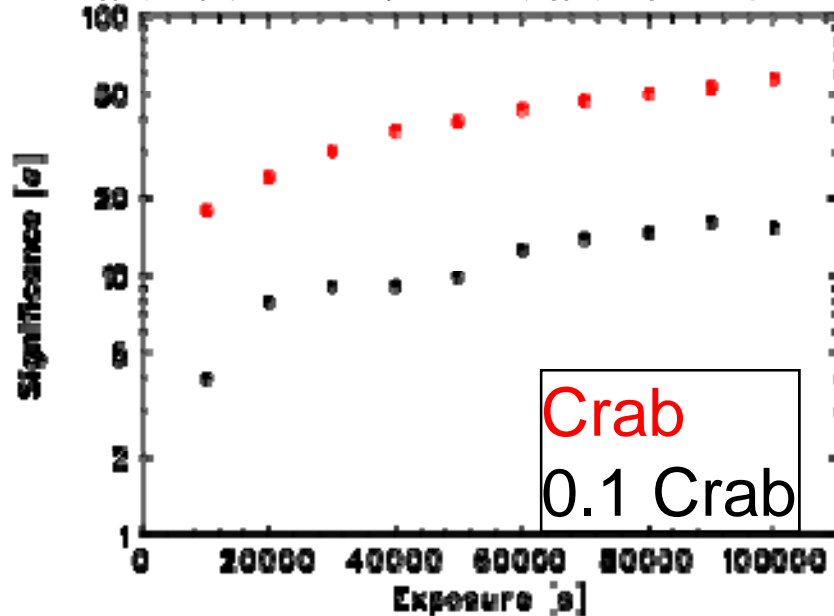


コンプトン運動学を利用して低バックグラウンド化

任意のスペクトル、エネルギー帯での偏光感度計算ツールを公開予定 (Enoto+SGD team)

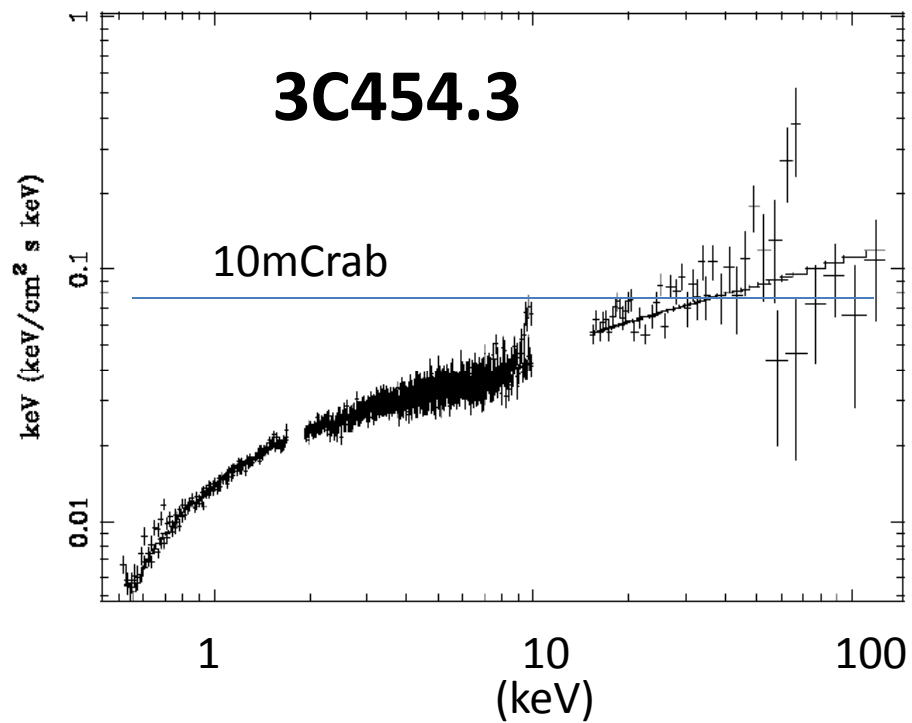
$$\cos \theta = 1 + \frac{m_e c^2}{E_1 + E_2} - \frac{m_e c^2}{E_2}$$

偏光度50%の場合の、偏光検出有意度

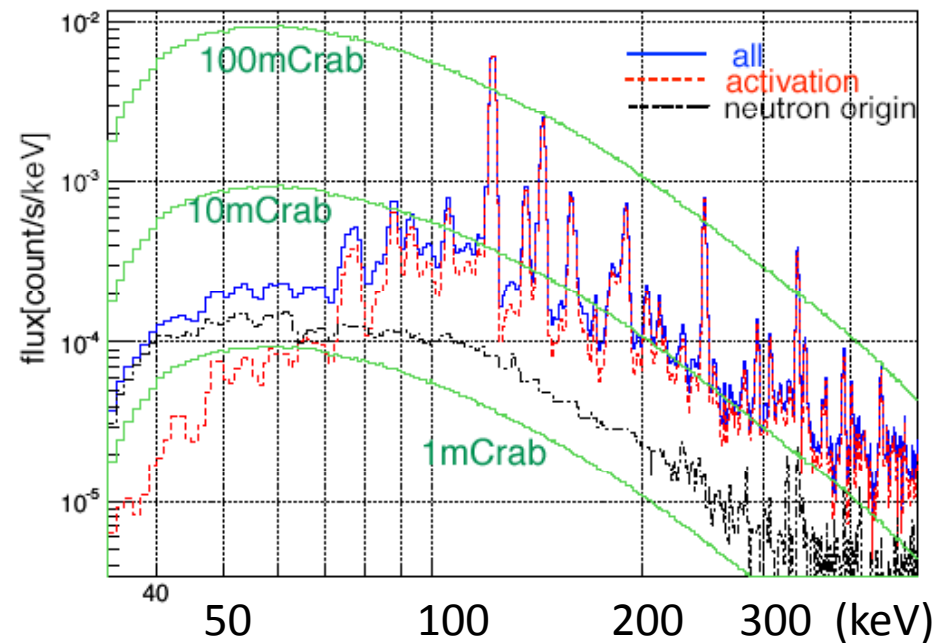


ブレーザーが大フレアすれば、SGDで検出可能に。
フェルミ衛星でフレアをモニター。

Suzakuで100keV前後まで検出
(2009)

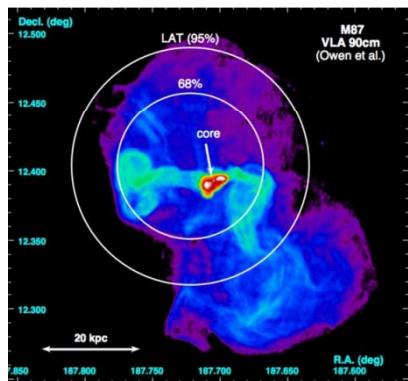


ASTRO-H/SGDのバックグラウンド
(中性子、SAA陽子放射化 [CdTe, FC,])

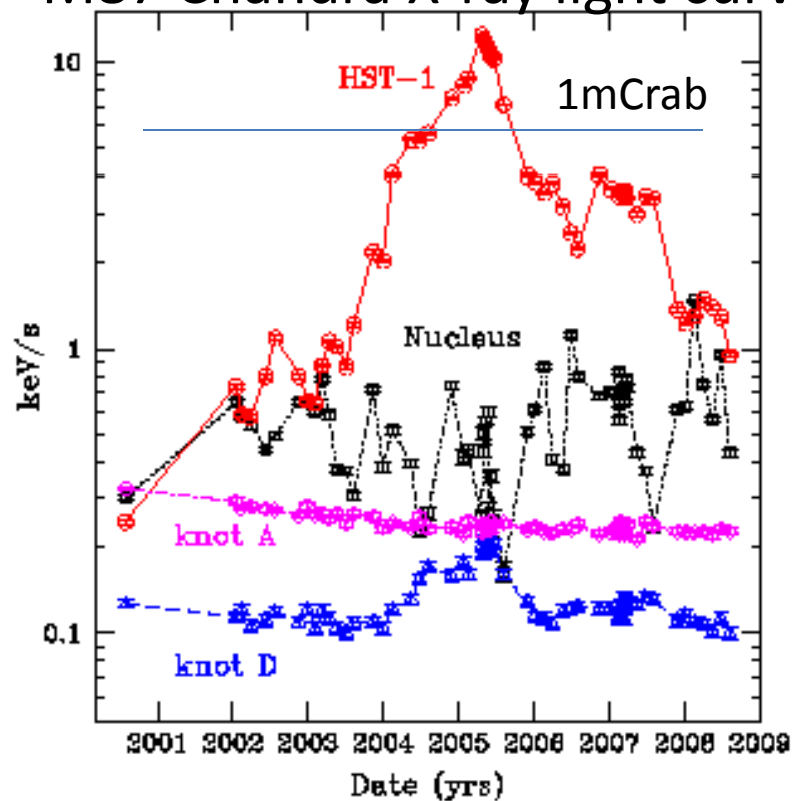


ガンマ線電波銀河M87(Vir A)

2005年の明るさが再現すれば、10mCrab@100keV
に届く可能性

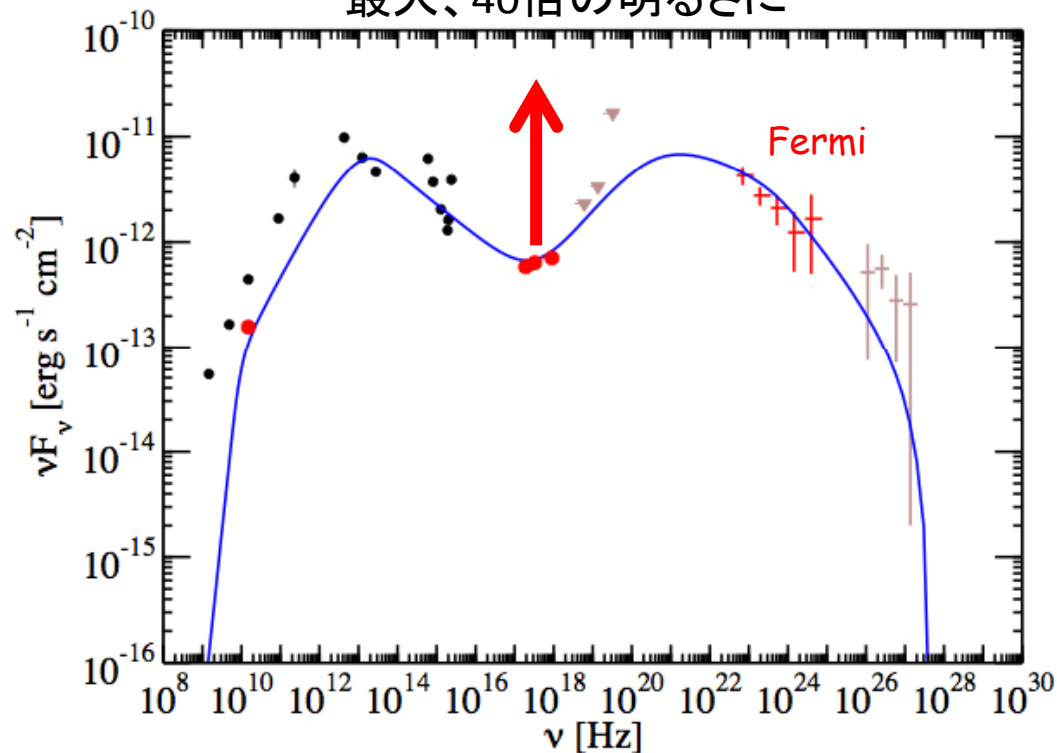


M87 Chandra X-ray light curve



Harris+09

最大、40倍の明るさに

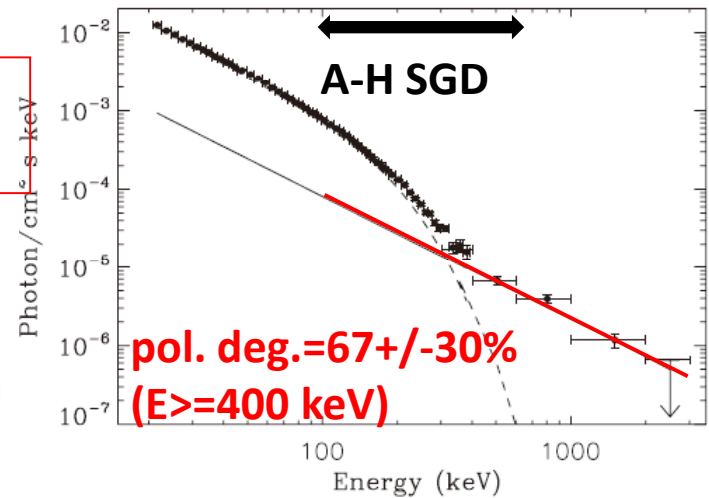
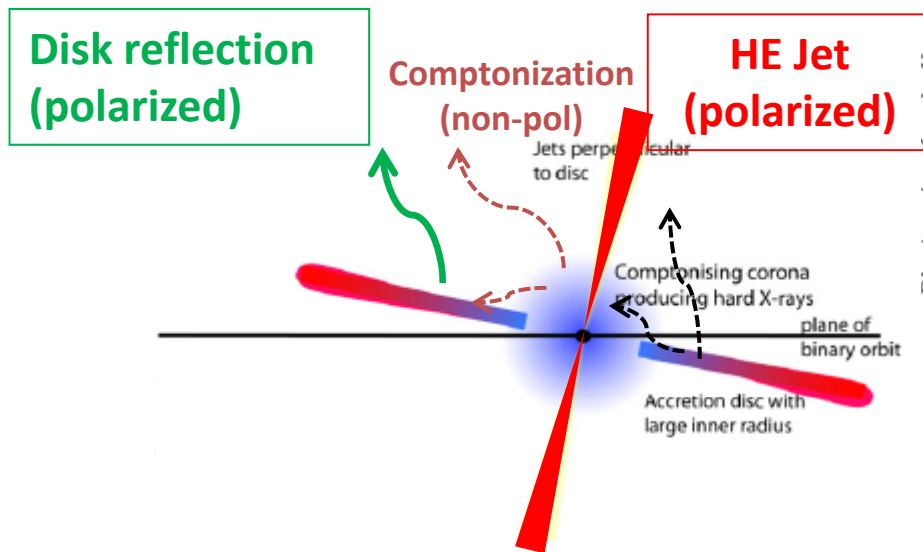
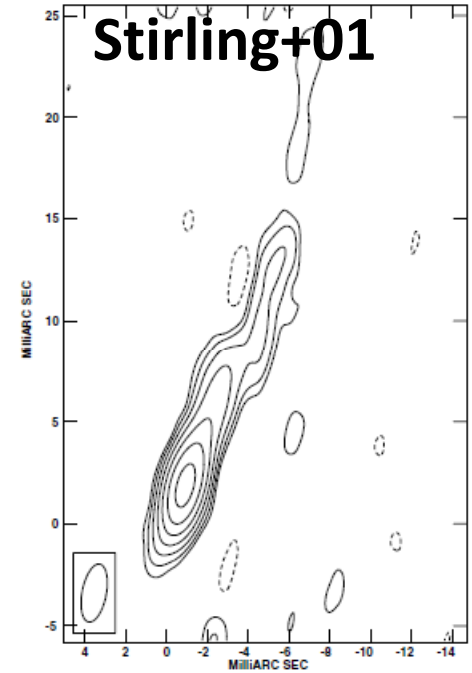
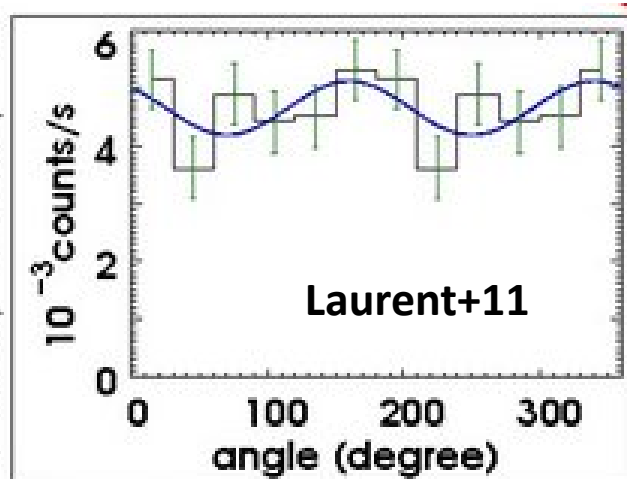


Abdo+09

ブラックホール天体 CygX-1

From 水野@2012春季天文学会

INTEGRAL IBIS
Modulation Curve@250-400 keV
(consistent with no pol.)



Laurent+11

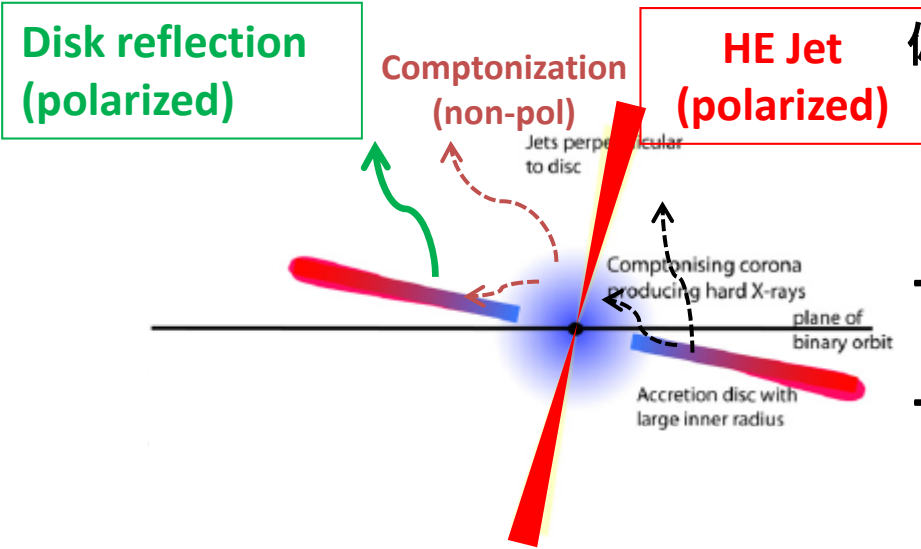
assumption:

GEMSとSGDで制限

100 ks obs.

M=0.32 (GEMS, PoGO)

SGD scaled from 300ks sim.



偏光方位角

