

The inner jet of an active galactic nucleus as revealed by a radio-to- γ -ray outburst

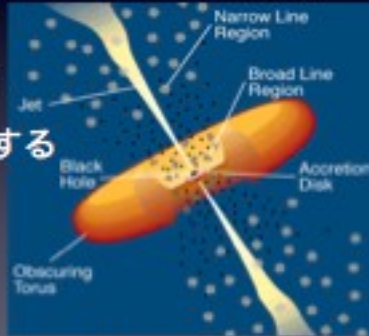
A.P. Marscher, et al., 2008, Nature **452**, 966-969
<http://ads.nao.ac.jp/abs/2008Natur.452..966M>

北海道大学大学院 理学院宇宙理学専攻
宇宙物理学研究室 観測グループ 修士1年
日浦 皓一郎

1. Introduction

活動銀河核(Active Galactic Nucleus : AGN)

- 銀河中心領域(数pc~100pc)から銀河全体(数十kpc)の放射に匹敵する光度をもつ天体
- エネルギー発生機構の有力候補：
超大質量ブラックホールと
それを取り巻く高温の降着円盤
- 相対論的速度のプラズマを噴出する
ジェットをもつものもある

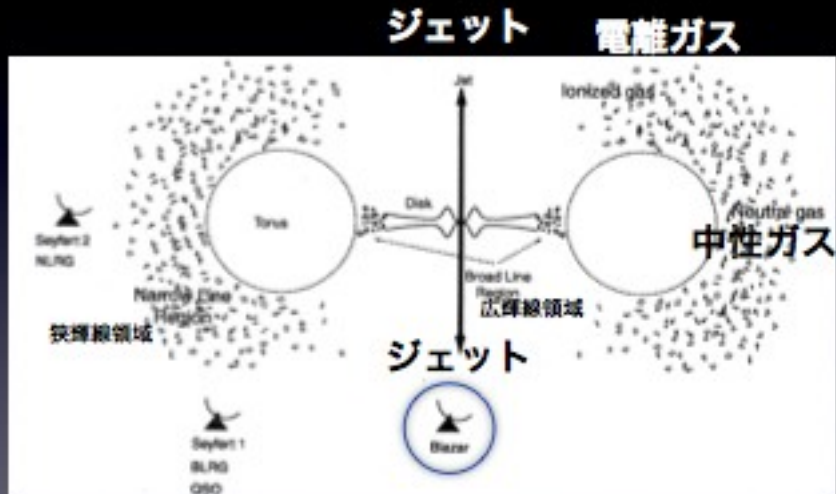


C.M.Urry & P.Padovani 1995

Blazars

プラズマジェットの軸が観測者方向に近い方向に向いているAGN

ジェットの軸と視線方向のなす角が小さい時
⇒相対論的ドップラービーミングが起こる



引用元: Extragalactic Astronomy and Cosmology

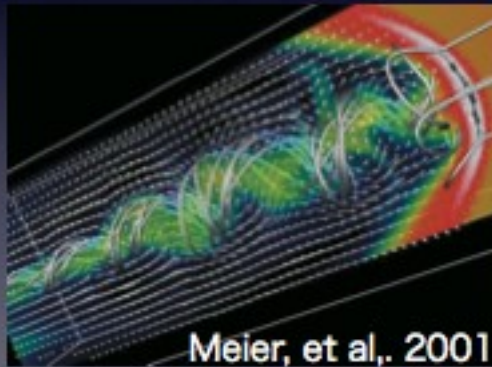
Blazars

- プラズマジェットの軸が観測者方向に近い方向に向いているAGN
- **広い波長帯域(電波～ γ 線)の放射**が観測される
- 観測波長全域で連続光**フラックスが速く激しい時間変動**
⇒**フレア**がよく見られる
- **偏光度が大きい** ~数% (普通のAGN : ~1%)
- ジェットからの放射は**シンクロトン放射**による連続光

- 多波長放射が観測される**特に活発な活動銀河核(AGN)**
- jetからの放射はシンクロトン放射による連続光
- jetを進行方向から見た場合、相対論的效果によりシンクロトン放射が大きく増幅
⇒降着円盤からの連続光や輝線は埋もれてしまう

ジェットの駆動機構

- 有力な理論モデル (e.g. Meier, et al., 2001)
⇒ねじられた、らせん構造の磁場によってジェットが加速・収束
- 観測的裏付けはない

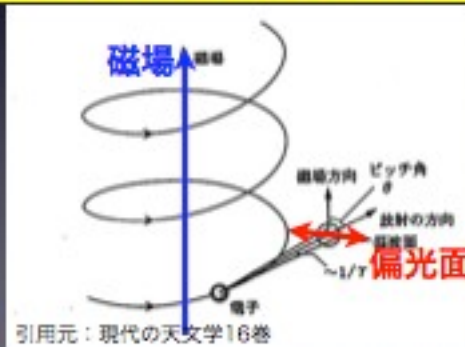


図の説明

- 矢印：flow velocity
- カラースケール(白：high, 青：low)：plasma density field (密度)
- 銀色の管：magnetic lines of force

磁場を偏光観測で探る

- ジェットからの放射は**シンクロトン放射**
⇒磁場に高エネルギープラズマが巻きつき放射
- シンクロトン放射光は偏光している



磁場を偏光観測で探る

- ジェットからの放射は**シンクロトン放射**
⇒磁場に高エネルギープラズマが巻きつき放射
- シンクロトン放射光は偏光している



シンクロトン放射を**偏光観測**

ジェットの**磁場情報がわかる!**

近年の観測

電波帯のVLBI観測は、高エネルギー放射領域に
匹敵する空間分解能

⇒放射領域の所在や、その物理に直接的制限を課せられる

VLBI(超長基線干渉計:Very Long Baseline Interferometer)
⇒望遠鏡間の距離を直径とする望遠鏡と同じ空間分解能が得られる

2. Motivation

Blazarジェットに対する**多波長・同時モニター観測**により、さまざまな波長における特徴・関連性を見出す。



観測でジェットの駆動機構の理論モデルを実証したい！

3. Target

BL Lacertae (BL Lac)

- 赤方偏移 $z=0.0686$
- 距離 : 291 Mpc
- blazar天体
- ジェットと視線方向の角度 : $6\sim 10^\circ$
- ジェットの速度 : $0.981\text{--}0.994c$ (c : 光速)
⇒ Lorentz factor : $\Gamma = 7.0 \pm 1.8$

とかけ座BL天体

- 291Mpc ← ハッブル定数 $H_0=72\text{km s}^{-1}\text{Mpc}^{-1}$ を仮定
- Lorentz factor : $\Gamma=(1-(v/c)^2)^{-1/2}$

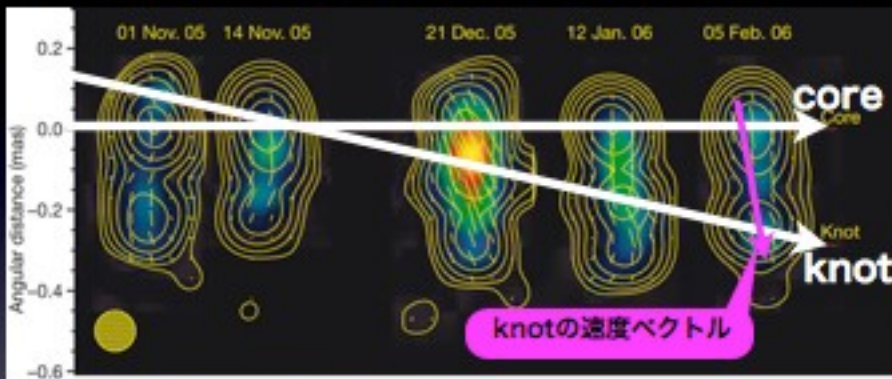
4. Observation

観測波長・目的

- 7 mm(43 GHz) VLBIイメージング観測
(フラックス観測・偏波観測)
- 2 cm(14.5 GHz) 電波 フラックス観測
- 8 mm(37 GHz) 電波 フラックス観測
- Rバンド 可視光 測光観測・偏光観測
- 2-10 keV X線 フラックス観測

5. Results

VLBA 7mm(43GHz) images of BL Lac



- ・黄色のコントア：total flux intensity
- ・カラスケール：polarized intensity (peak:黄色)
- ・黄色の線分：偏光ベクトルの position angle (P.A.)

**knotの固有運動：1.2 mas yr⁻¹
⇒見かけの速度 5.0c (超光速現象)**

図の説明

明るい2つ目玉

動かない成分：core

動いている成分：knot

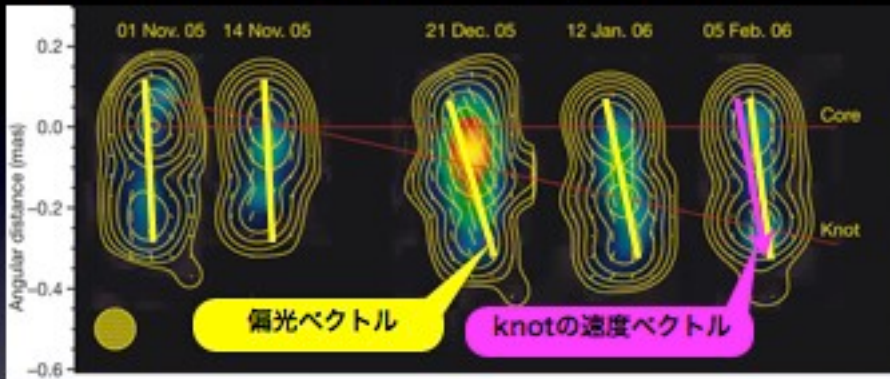
横軸：時間

縦軸：coreからの相対角距離

半値幅:0.1mas=0.12pc @ 291Mpc ⇒sub-parsec scaleを分解可能

・コントア:0.023Jyの2倍毎に引かれている

VLBA 7mm(43GHz) images of BL Lac



- ・黄色のコントア : total flux intensity
- ・カラスケール : polarized intensity (peak:黄色)
- ・黄色の線分 : 偏光ベクトルの position angle (P.A.)

電波の偏光ベクトルとknotの速度ベクトルの
P.A.がほぼ一致($\sim 190^\circ$)

BL Lac の光度曲線と可視光線の偏光度の時間変化

EVPA : Electric Vector Position Angle : 偏光ベクトルの

Position Angle

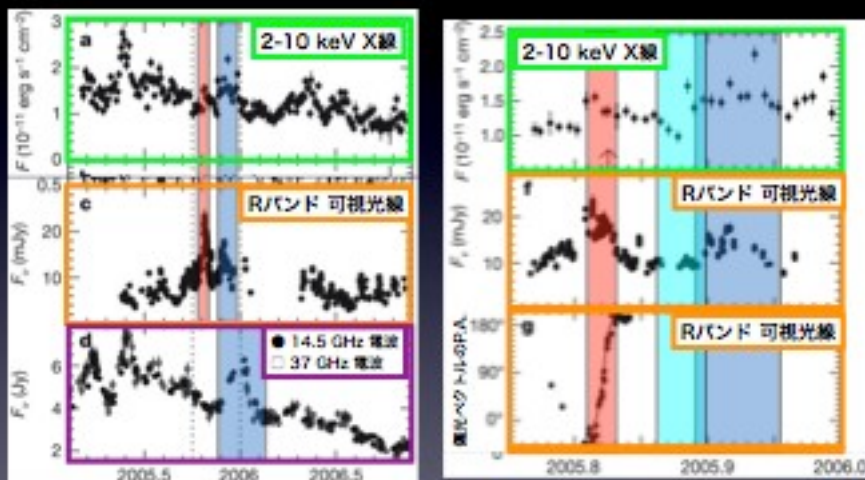
P : 偏光度

赤枠 : 1st フレア

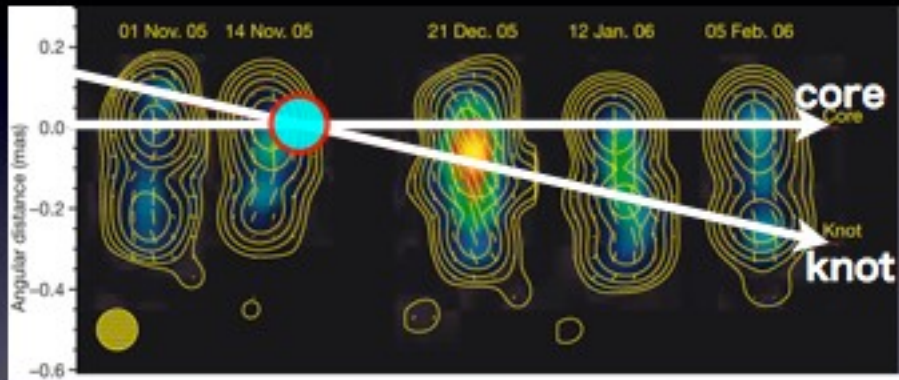
青枠 : 2nd フレア

水枠 : 前ページのknotがcoreと一致している期間(次ページ参照)

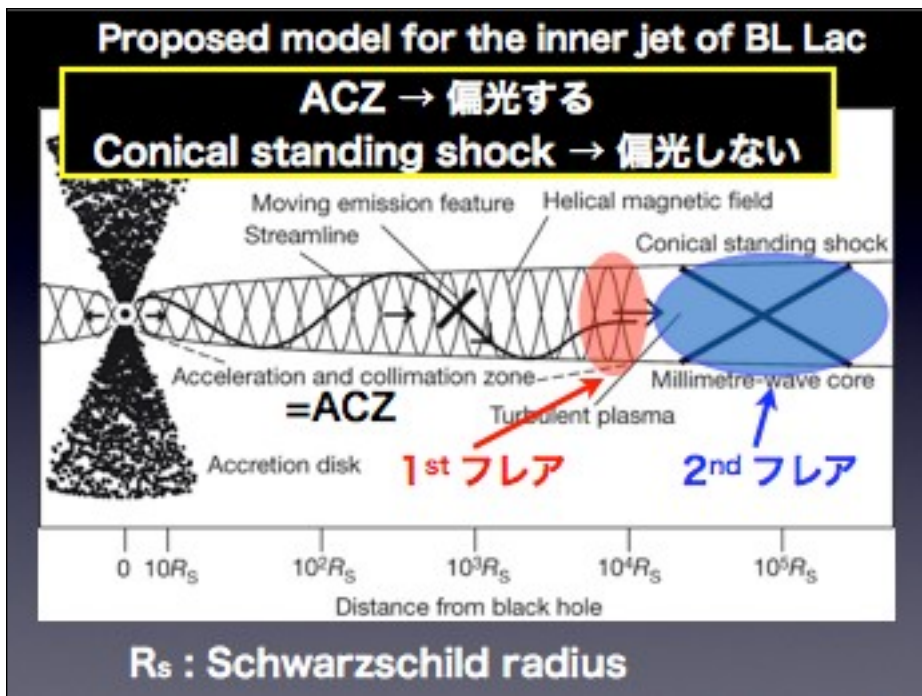
横軸(左4つ) : 約2年間のtime range、横軸(右4つ) : 約0.25年間(3ヶ月間)のtime range(大目盛=18日間)



水色の丸：knotがcoreと一致している期間



6. Discussion

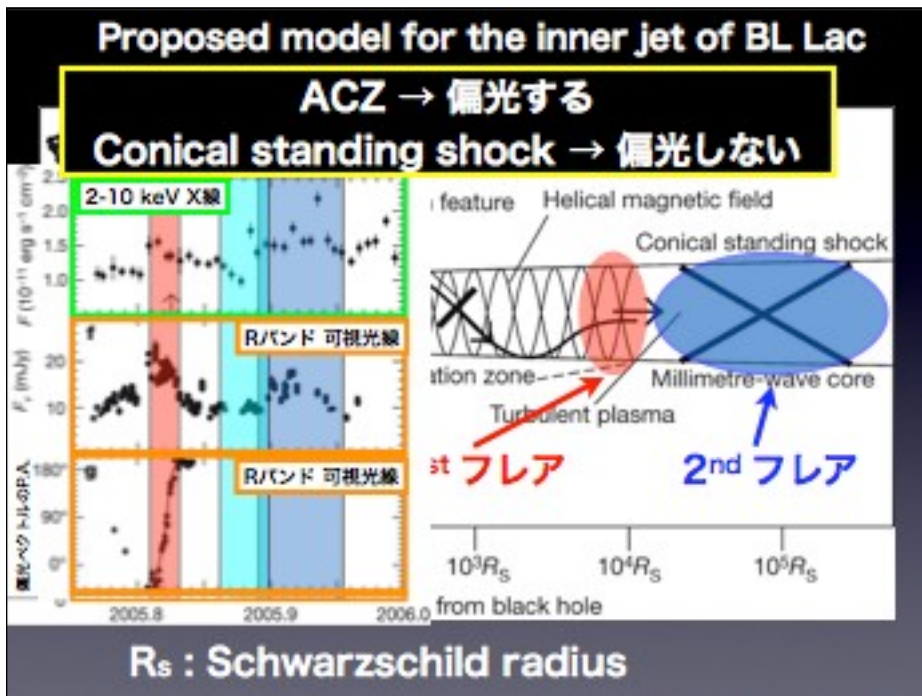


理論モデルによる1st フレアの説明

⇒衝撃波が、らせん状の流線に沿って伝播する。→乱流が増幅され続けている

⇒1stフレア(X線, 可視光線)はACZの出口前で流線が最後の240°回転をしている間に発生。(EVPA図より)

↑standing shockは常に発生しているが、ACZの相対論的ビーミングにより、乱流増幅したから



理論モデルによる1st フレアの説明

⇒衝撃波が、らせん状の流線に沿って伝播する。→乱流が増幅され続けている

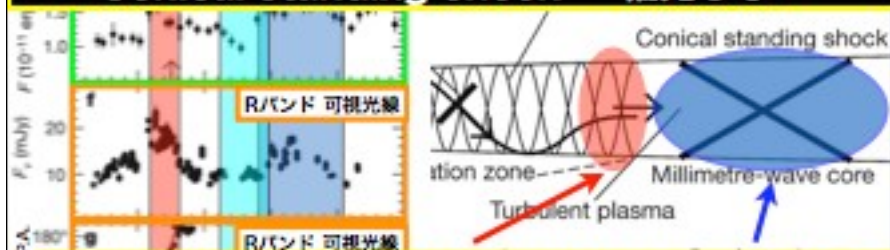
⇒1stフレア(X線, 可視光線)はACZの出口前で流線が最後の240°回転をしている間に発生。(EVPA図より)

↑standing shockは常に発生しているが、ACZの相対論的ビーミングにより、乱流増幅したから

Proposed model for the inner jet of BL Lac

ACZ → 偏光する

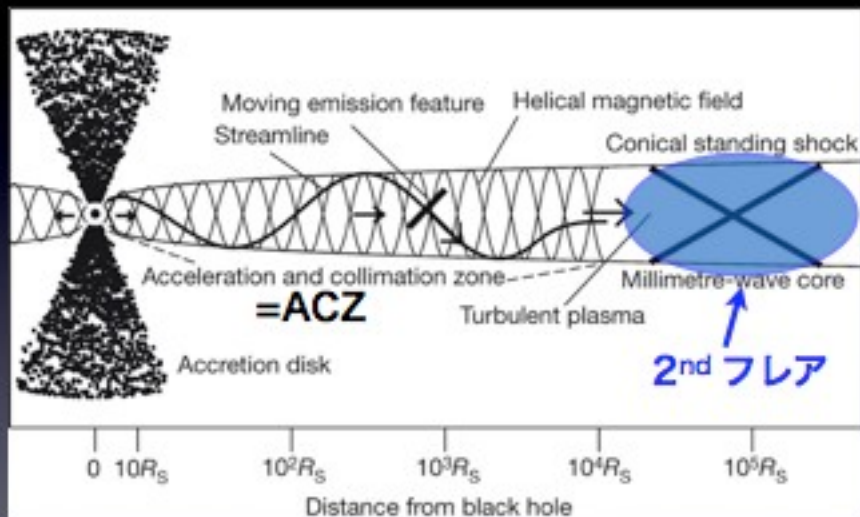
Conical standing shock → 偏光しない



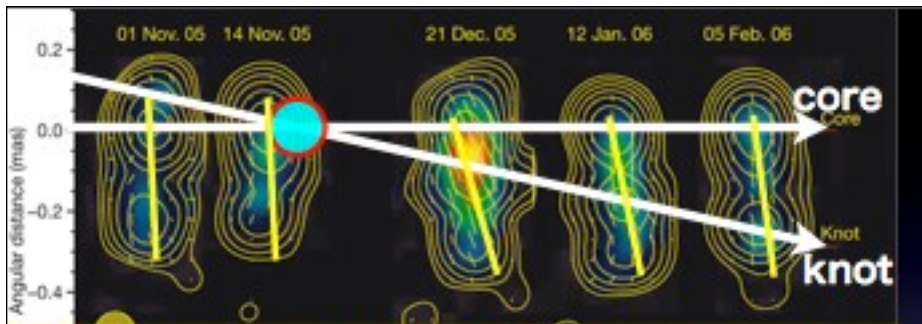
可視光偏光ベクトルのP.A.の回転速度からBH近くの磁場の回転速度を推定
 ⇒ 「ジェットがねじられた磁場により加速された」とするモデルの予測と一致

理論モデルによる2nd flareの発生場所

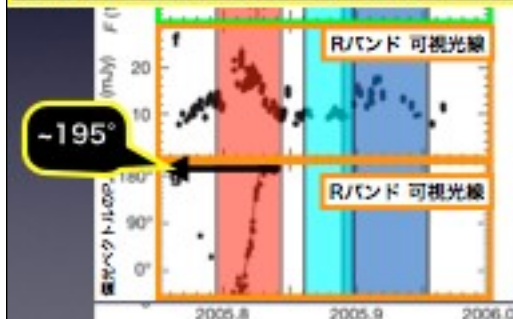
Proposed model for the inner jet of BL Lac



R_s : Schwarzschild radius



可視光と7mm電波の偏光ベクトルのP.A.がほぼ一致



理論モデルによる2nd flareの説明

⇒2ndフレアは波長7mmのコアにあるConical standing shockをknotが横切った時に発生。

2nd フレア

可視光と7mm電波の偏光ベクトルのP.A.がほぼ一致

波長7mm-coreにconical standing shockが存在
 ⇒knotが衝撃波面による圧縮を受ける際にフレアが発生

7. Conclusion

- Blazar BL Lacに対して高空間分解能電波観測、可視光偏光観測、および電波、可視光、X線の同時フラックスモニター観測を行った。
- 1stフレアはACZの出口前でstreamlineが最後の240°回転をしている間に発生し、**「ジェットが、ねじられた磁場によって駆動される」**という理論モデルを裏付けた。
- 波長7mmのcoreに対応するConical standing shockをknotが通過する際に2ndフレアが発生した。