

ブレーザー S5 0716+714 の多波長での時系列解析

東京工業大学 谷津研究室 佐藤翔太 共同研究者:谷津陽一、河合誠之、笹田真人、村田勝寛、高橋一郎

概要：ブレーザーS5 0716+714を電波、可視光、紫外線、X線、γ線のそれぞれにおいて時系列解析を行った。可視光とγ線に同時に増光する部分を5か所検出した。そのうち2つの相関を調べると傾きが異なっていることがわかった。シンクロトロン自己コンプトンモデルに当てはめると放射領域の電子のエネルギー総和に違いがあると考えられる。

1.活動銀河核、ブレーザー

活動銀河核:銀河中心の超大質量ブラックホールの活動が活発で銀河本体よりも明るくなり、また激しく光度変動する天体

ブレーザー:

活動銀河核のうち相対論ジェットが地球を向いている天体

ジェットからの放射が卓越

シンクロトロン放射(電波~X線)と逆コンプトン(硬X線~γ線)の2ピーク

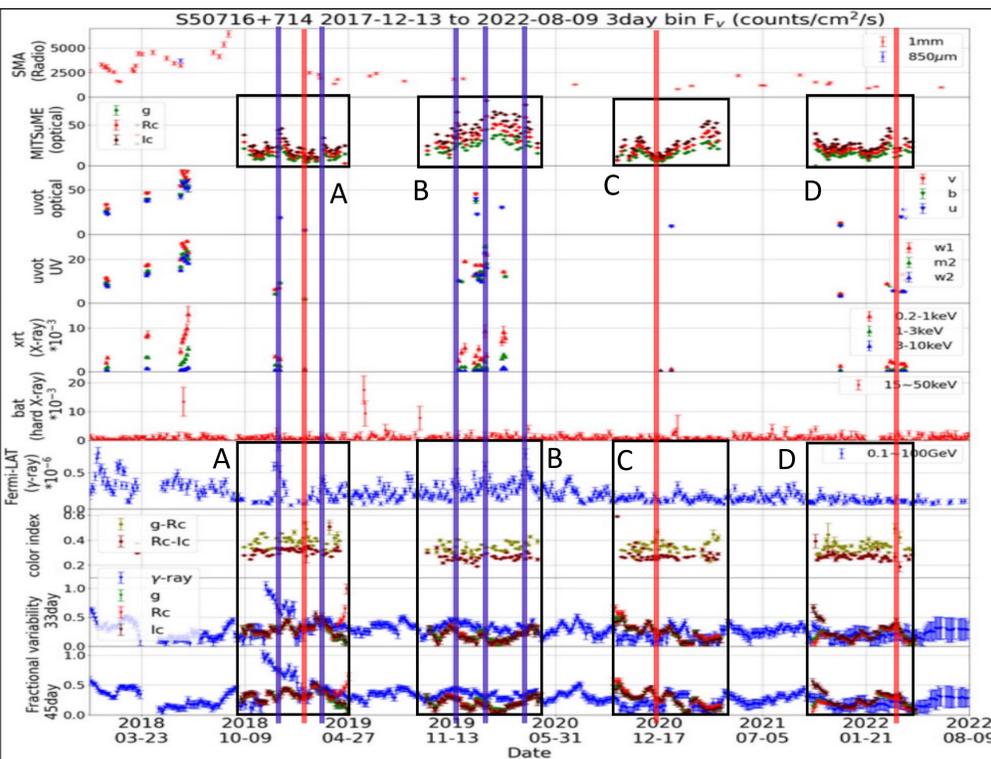
2.研究動機

ブレーザーの光度変動の原因は未だ議論中

多波長を統一的に調べることで変動の起源を明らかにし、その物理的描像を理解する

3.結果

3-1.多波長ライトカーブ



MITSuMEの観測をA,B,C,Dの期間に分割

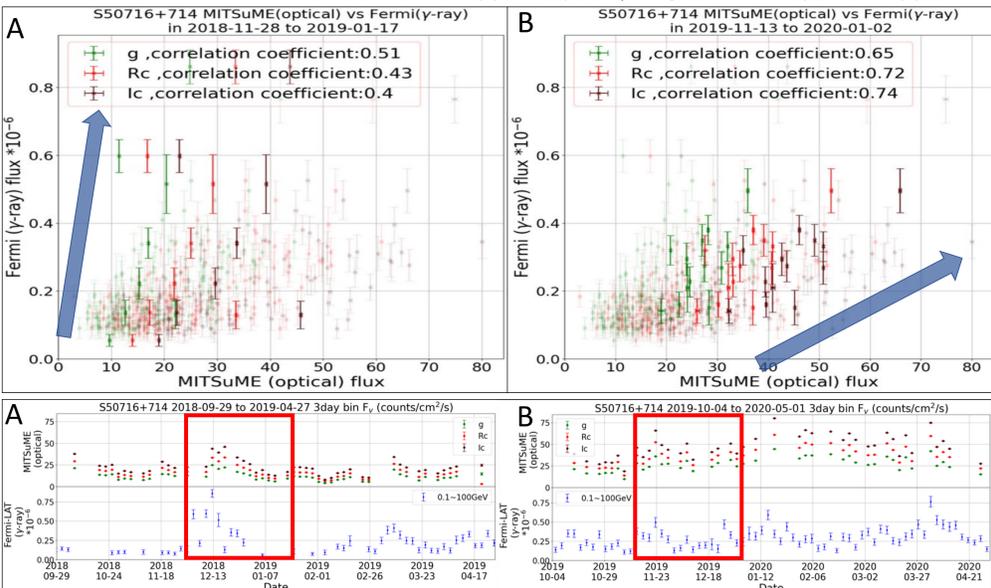
可視光とγ線で同時に増光5回検出(青色縦実線)

可視光が暗いときにg-Rcが赤くなる傾向3回(赤色縦実線)

3-2.同時増光時の可視光とγ線との相関

5回の増光のうち2回に対し相関を調査

実点は下のライトカーブの赤枠の部分、薄い点は観測全体

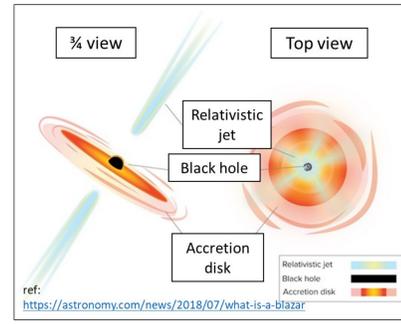


- Aは外れ値の影響でやや弱めの相関
- Aはγ線優越、Bは可視光優越とそれぞれ異なる傾き(青矢印)
- この結果はシンクロトロン自己コンプトンのみでは説明ができない現象と考えられる

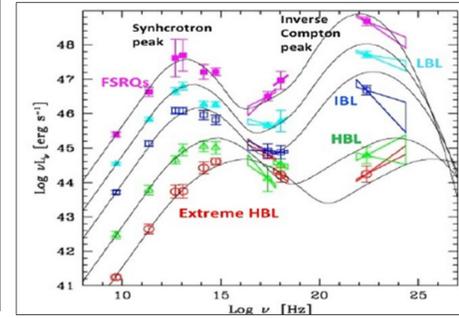
4.今後の研究

- SEDモデルを理解し、そのモデルでデータに対してフィッティングを行い、物理パラメータの変動を調査する
- カラーインデックス、Fractional VariabilityとFluxの関係を調べる

ブレーザーの模式図[1]



SED(Spectral Energy Distribution)のモデル[2]



3-3.可視光とγ線の短期間の変動

以下の式で表されるFractional Variability F_{var} [3]を用いて解析

$$F_{var} = \sqrt{\frac{S^2 - \sigma_{err}^2}{\bar{x}^2}}, \Delta F_{var} = \sqrt{F_{var}^2 + err(\sigma_{NXS}^2) - F_{var}}$$

$$err(\sigma_{NXS}^2) = \sqrt{\left(\frac{2}{N} \frac{\sigma_{err}^2}{\bar{x}^2}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{err}^2}{N} \frac{2F_{var}}{\bar{x}}\right)^2}$$

S^2 : フラックス分散、 σ_{err}^2 : フラックス平均2乗誤差、 \bar{x} : フラックス平均、 N : 対象データ数(33日,45日で計算)

- γ線は期間Aの最初の増光のみ大きな変動
- 可視光優越の期間Bで、可視光の変動がγ線より弱め

3-4.SED(Spectral Energy Distribution)

15日ビンニングの観測データを用い、同時増光時刻付近での可視光とγ線をシンクロトロン自己コンプトンモデルに当てはめ、SEDを作成

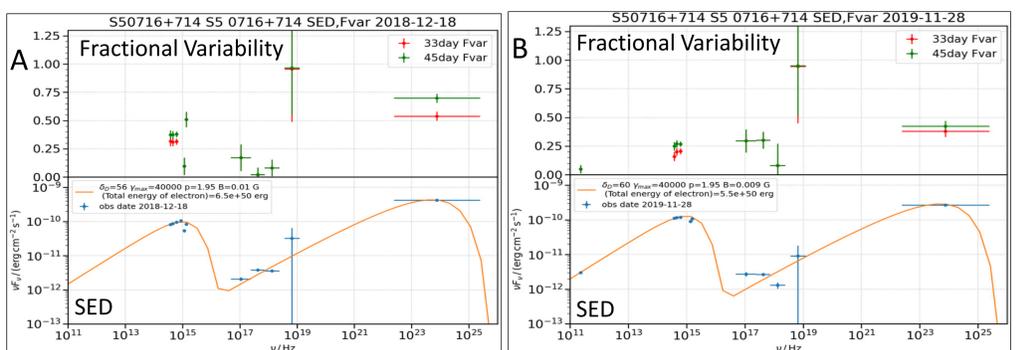
放射領域の大きさ R_b [4]は

$$R_b = \frac{c \delta_D t_{var}}{1+z}$$

t_{var} : 変動のタイムスケール、 δ_D : ドップラーファクタ、 c : 光速、 z : 赤方偏移

暫定として

- $t_{var} = 15$ 日、 $z \sim 0.3$ [5]を利用
- 2つのピーク周波数 $\sim 10^{15}$ Hz、 $\sim 10^{24}$ Hzより、 $\gamma_{max} \sim 10^4$ (今回は $\gamma_{max} = 4 \times 10^4$ を採用)
- これらの値を固定し、放射領域の電子がべき乗エネルギー分布(電子の分布を $N(\gamma)$ として、 $N(\gamma) \propto \gamma^{-p}$)のモデルを使用
- 他のパラメータを観測結果に近づくように決定



- BのX線が少し外れる
- 可視光優位かγ線優位かの違いは放射領域の電子のエネルギー総和の違いと考えられる

参考文献

- [1] <https://astronomy.com/news/2018/07/what-is-a-blazar>
- [2] Falomo et. al. An Optical View of BL Lacertae Objects *The Astronomy and Astrophysics Review* 22(1) DOI:10.1007/s00159-014-0073-z (2014))
- [3] S.Vaughan et. al. On characterizing the variability properties of X-ray light curves from active galaxies, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 345, Issue 4, November 2003, Pages 1271–1284
- [4] [Using agnpy radiative processes to fit a MWL SED](#)/Tutorial: fitting a BL Lac broad-band SED using agnpy and Gammapy
- [5] Nilsson, K., Pursimo, T., Sillanpää, A., Takalo, L. O., & Lindfors, E. 2008, *A&A*, 487, L29