

山口干渉計を用いたX線連星GRS1915+105の強度変動観測と電波放射領域の放射モデルの適用可能性

穂本正徳(山口大学)

共同研究者: 森紅菜・青木貴弘・藤沢健太・新沼浩太郎・元木業人・澤田一佐藤聡子(山口大学)

補足資料 [スライド: 山口干渉計を用いたX線連星GRS1915+105の強度変動観測と電波放射領域の放射モデルの適用可能性\(補足資料\)](#)

研究概要

GRS1915+105 などの系内コンパクト天体の電波ジェットの時変動は 3C84 や 3C273 などと比較して、非常に短く、数十分-数時間スケール(短時間)の変動で観測される。それらの中には共通の物理が働いていると考えられているので、AGN を観測するよりも系内コンパクト天体の電波放射を観測する方が、現実的である。

GRS1915+105 は Fender et al. (1999) や Rushton et al. (2010) などのように数カ月・数年間以上(長期間)に渡って観測されたり、Mirabel et al. (1998) や Pooley & Fender (1997) のように、1日のタイムスケールで観測されたりする。しかし、上記の先行研究は多波長観測であり、X線の変動に呼応して電波が放射された、赤外線放射の放射起源の一つにジェットからのシンクロtron放射があるなど、ジェットと降着円盤を関連付ける研究が多く、ジェットの短時間変動に着目した研究が少ない。そこで、本研究は山口干渉計(YI)を用いて、1日の電波の強度変動観測を行い、その結果に対して、van der Laan モデル(van der Laan 1969; 断熱膨張するプラズマ球から放射される電波の時間発展のモデル)と the-shock-in-jet モデル(Marscher & Gear 1985; 等速の断熱的ジェットを仮定した衝撃波加速による電波放射のモデル)に適用可能かどうかを試み、主に前者に対して適用を試みた。後者についてはまだ思案中である。

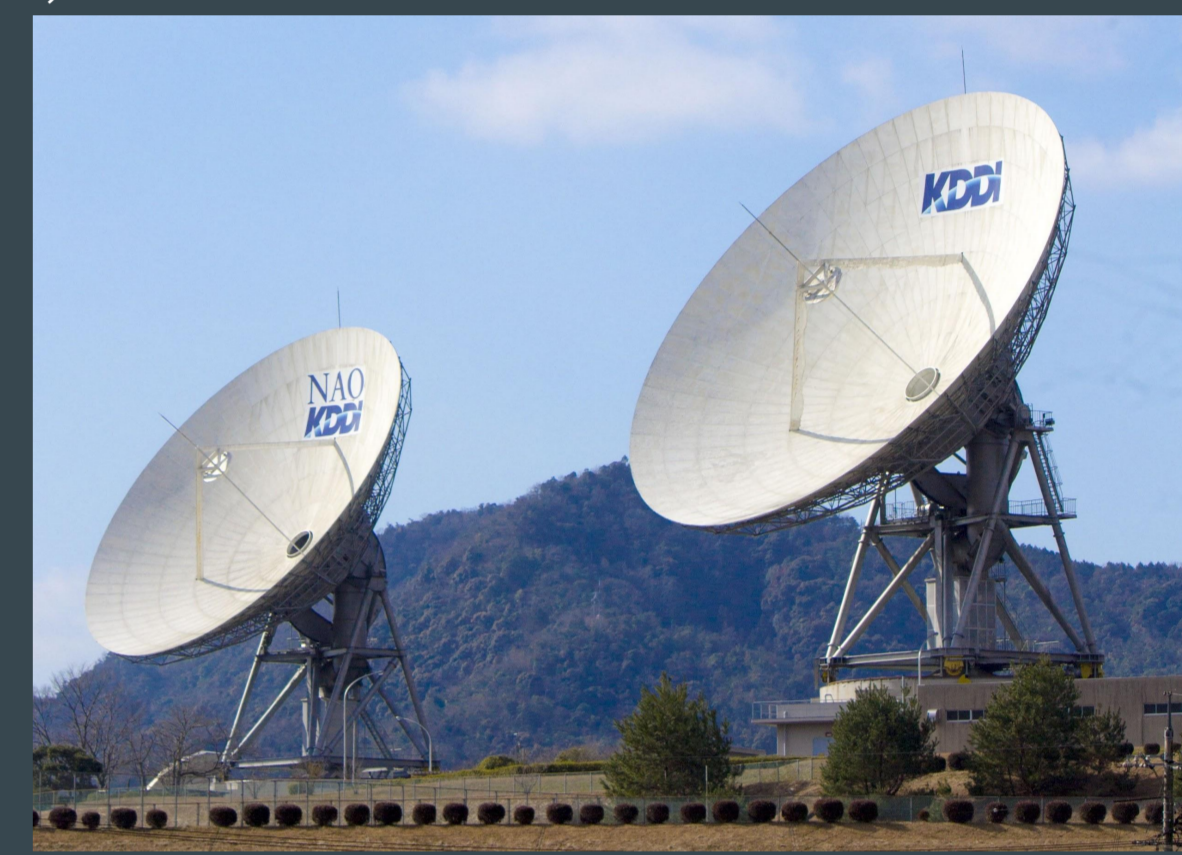
研究目的

本研究では、YI を用いて GRS1915+105 の 8GHz における電波の強度変動を週に1回の頻度で行い、1日の強度変動モニター観測することで、短時間のジェットの変動を観測して、電波放射のモデル(van der Laan / the-shock-in-jet モデル;以降、VDL / the shock モデル)に適用可能かどうかを試みた。

観測概要

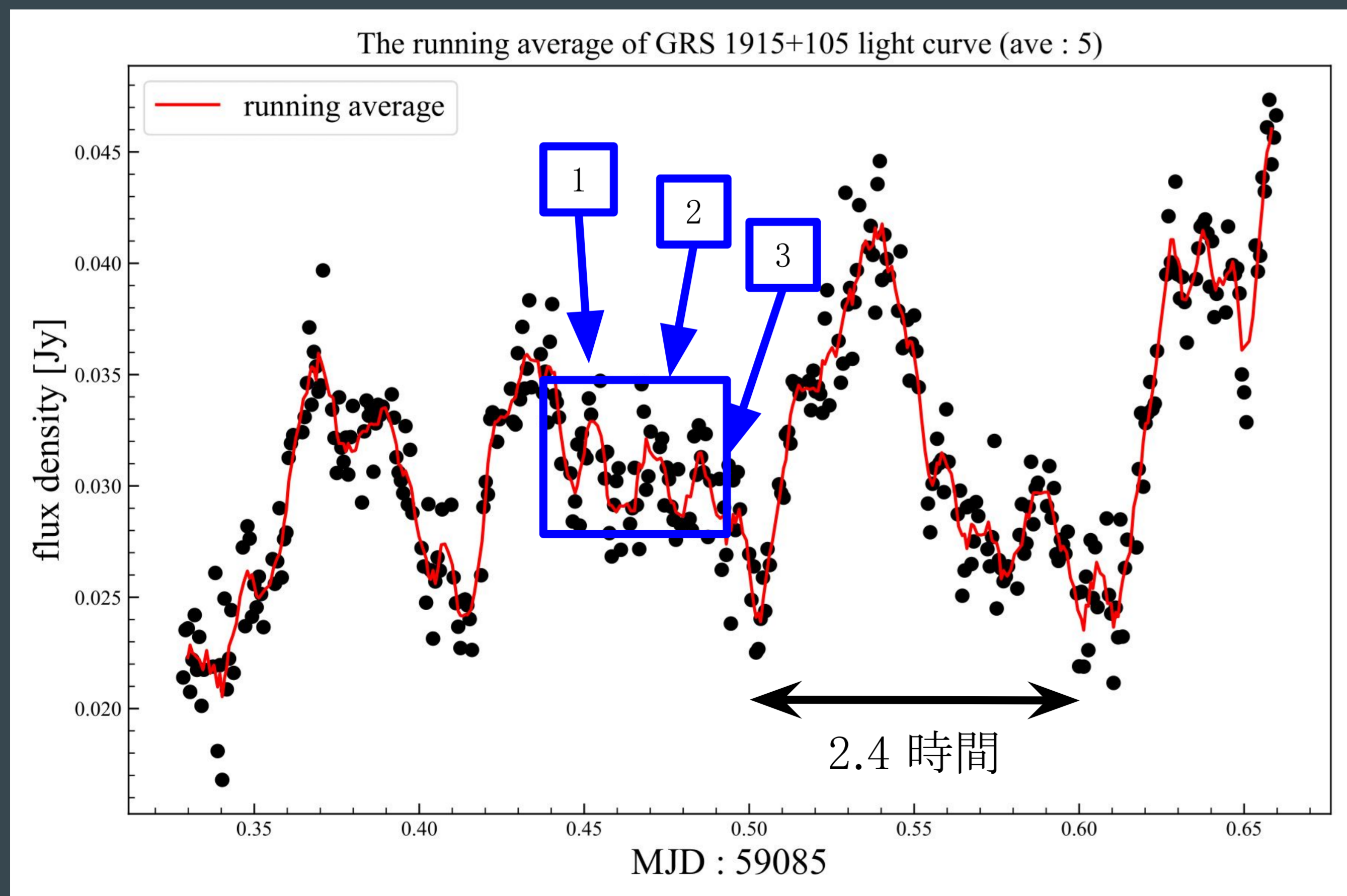
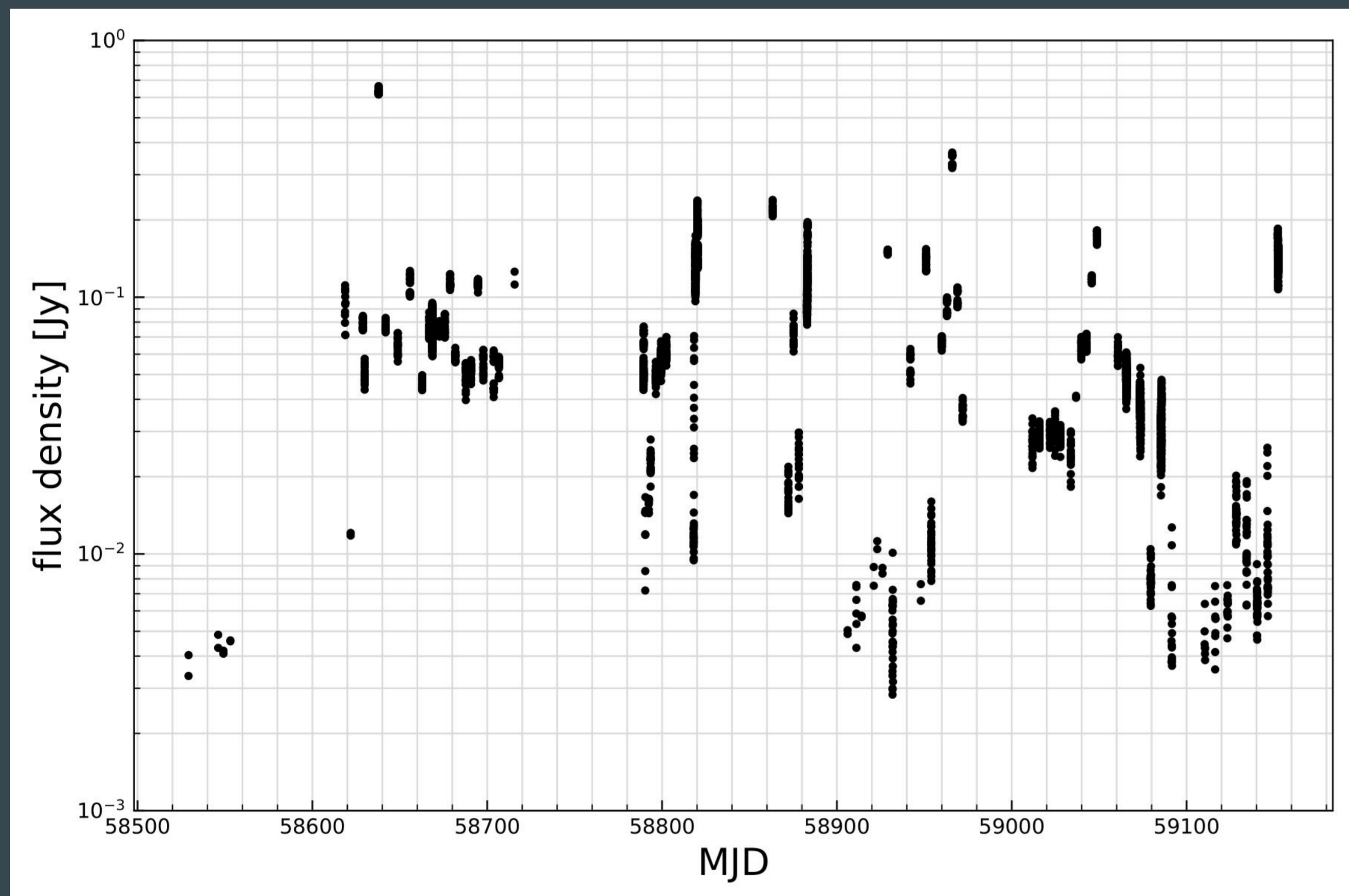
YIの観測モード

観測局 : 山口第一・第二望遠鏡 (32m・34m)
観測期間: 2019/02/15 - 2020/10/31(継続中)
観測時間: 1時間21分30秒, または 8時間 / 日
較正天体: 3C48 (第一フラックスキャリブレーター)
: 1920+154 (第二フラックスキャリブレーター)
実基線長: 110 m
観測周波数: 8192 - 8704 MHz
偏波 : RHCP (2019/02/15 - 2019/08/20)
: LHCP (2019/11/02 -)
分解能 : 1' .35 (8448 MHz)
積分時間: 600秒, または 1800 秒
感度 : 1 σ = 0.54 mJy (600 秒)



観測結果

図1(左上), 図2(左下), 表1(中央下)



- ❖ GRS1915+105 の電波観測を 2019/02/15-2020/10/31(継続中) の期間に行った。その光度曲線を図1に示す。観測された最大フラックス密度は 664 mJy (MJD 58637), 最小フラックス密度は 2.83 mJy (MJD 58931) であった。長期間の強度変動も観測できたが、系内コンパクト天体は1日の短時間変動も示すので、8時間の観測も行った(図2の黒点)。
- ❖ VDL モデルではプラズマ球中の粒子数が保存されるという条件があるため、放射されたプラズマ球は混在してはならない。そのため、図2のような短時間変動には適用することができない可能性が高く、できる限り単一の flare (isolated flare) に適用する必要がある。しかし、図2(黒点)の変動では、個々のアウトバーストが重なり合っているように見えるので、移動平均(赤実線)を計算した。青枠内に3つのアウトバーストが存在する可能性があるが(赤実線の MJD 59085.44-59085.50)、現状(黒点)は区別することができていないため、移動平均の値を用いて、VDL モデルの適用を試みた。
- ❖ Eric (2016) では、Mirabel et al. (1998) のデータを用いて、VDL モデルの適用を試みている。しかし、UT 8-9 h (Eric 2016 の Fig. 8) では、複数のアウトバーストが重なっているため、適切にモデルを適用することができなかった。
- ❖ Ishwara-Chandra et al. (2002) では、isolated flare に対して、VDL モデルを適用している。そして、フラックス密度の上昇・下降の変動を観測することができれば、単一周波数からでもエネルギー指数 p ・スペクトル指数 α ($\alpha = (p-1)/2$) を導出できることを示した(右下の式, S_s は上昇開始の, S_p はピークの, S_e は下降終了のフラックス密度)。図2の青枠内の強度変動(赤実線)に対して、VDL モデルを適用した結果を表1に示す($t_e - t_s$ は強度変動のタイムスケール, τ_m は p に対応する光学的厚み; Ishwara-Chandra et al. 2002)。
- ❖ 結果、観測されたフラックス密度は光学的に薄いジェットからの放射の可能性はある。しかし、YI の観測結果では、移動平均のような強度変動を判断することは難しい。

	$t_e - t_s$	p	α	τ_m	$\frac{S_p}{S_s} = \rho^3 = \left(\frac{r_p}{r_s}\right)^3 = \left(1 + \frac{t_p}{t_s}\right)^3$	$\frac{S_e}{S_p} = \rho^{-2p} = \left(\frac{r_p}{r_s}\right)^{-2p} = \left(1 + \frac{t_e}{t_s + t_p}\right)^{-2p}$
1	0.01181	1.22	0.11	0.085		
2	0.01472	2.60	0.80	0.532		
3	0.01125	1.49	0.24	0.184		

まとめ

Ishwara-Chandra et al. 2002 のように、isolated flare であれば、VDL モデルに適用することができ、単一周波数からでも p と α を導出することができる。しかし、isolated flare を観測できなかったため、図2の青枠の範囲で適用を試みた。結果、光学的に薄いジェットの可能性があるが、本観測では個々のアウトバーストの変動を追えていないので、一つのアウトバーストとして見なすなど、YI 観測で得られたデータに対しての制限が必要である。

今後

Turler et al. (2004) では、VDL モデルに適用できそうなデータでも、the shock モデルに適用しているので、2つのモデルの相違点を把握し、観測結果がどちらに当てはまるのが適当か検討する必要がある。また、Turler et al. (2000) や Turler et al. (2004) では多波長観測の結果をモデルに適用しているので、単一周波数でも適用可能なのかも検討する必要がある。