

ガンマ線連星LS I+61 303の可視偏光観測とX線観測

永江 修、川端弘治、深沢泰司、高橋弘充(広島大学)

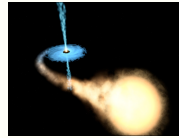
1. Introduction

1-1. ガンマ線連星とは?

TeVガンマ線放射が見つかったX線連星

※ガンマ線連星

PSR B1259-63 (Aharonian et al. 2005), LS 5039 (Aharonian et al. 2006)
LS I+61 303 (Albert et al. 2006), HESS J0623+057 (Hinton et al. 2009; 候補)



X線連星又はガンマ線連星の想像図

※X線連星におけるTeV放射の位置づけ

・通常のX線連星のX線放射メカニズム

X線: 降着円盤とNS⇒降着物質の重力エネルギーの解放

解放される重力エネルギー = 10% 静止質量
→ 陽子(1GeV) ⇒ 100MeVオーダー

重力エネルギーの解放が放射メカニズムではない!!

※PSR B1259-63のTeV放射の描像

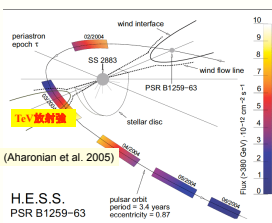


図2. LS I+61 303と構成要素が類似しているPSR 1259-63は、コンパクト星(パルサー)がBe diskを通過する際に、TeV放射が大きくなる。
⇒パルサー風とBe diskが相互作用

連星のジオメトリがTeV放射を解く鍵!?

※LS 5039とLS I+61 303の描像

・良くわかっていない

原因1: コンパクト星の正体がパルサーなのか降着型のNS(BH)かがはっきりしない
⇒パルサーウィンド vs マイクロクエーサージェット
原因2: 広帯域(電波からTeVガンマ線)の同時多波長観測データがほとんどない
⇒SEDをスムーズに繋ぐことが困難

・最近のLS 5039のX線とTeVガンマ線による同時観測

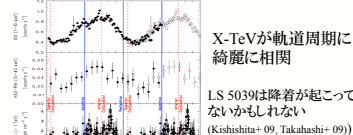


図2. X線とTeVガンマ線ライトカーブ

1-2. 本研究の目的

可視偏光観測: LS I+61 303における連星系内のジオメトリを探る。一部は同時多波長観測
X線観測: 同観測天体のX線(sub keV ~ 数10keV)におけるスペクトルや時間変動を精査する。

2. Observation

1. 岡山188cmとHBSによる偏光分光観測

観測時期: 2005年1月、2005年10月11日、2006年8月



※Performance of HBS

1. 観測波長域 = 4000-9000Å
2. 器械偏光 < 0.1%
3. 器械消偏光 ~2%

2. かな々望遠鏡とTRISPECによる偏光(分光)観測

観測時期: 2008年4月、2009年1月、2月



※Performance of TRISPEC @ optical

1. 観測波長域 = 5500-9000Å
2. 器械偏光 @ Opt < 0.1%
3. 器械消偏光 < 1%

3. 「すざく」衛星によるX線観測

観測日: 2009年1月23日 (34 ks)、26日 (55 ks)、2月10日 (62 ks)



検出器	XIS(1-2)	HXD-PIN	HXD-GSO
エネルギー帯	0.3 - 10 keV	15 - 70 keV	50 - 600 keV
エネルギー分解能	130 eV @ 6 keV 50 eV @ 0.5 keV	~3keV	7.6 keV/E _{peak} ^{0.5}
備考	撮像可	撮像不可	撮像不可、有意な検出なし

2009年1月、2月のかな々望遠鏡による観測と「すざく」衛星による観測はLS I+61 303の電波からTeVガンマ線による同時多波長観測キャンペーンである。

4. Results & Discussion - X-ray Observation

4-1. ライトカーブおよび時間平均スペクトル(Wabs*PL)

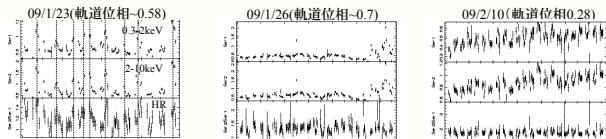


図12. 1/23のXISのライトカーブ。フレアと同様にハードになる

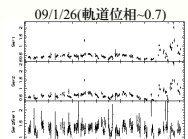


図14. 1/26のXISのライトカーブ。フレアするもハードになってない

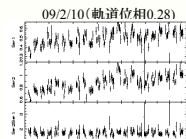


図16. 近星点などのフレア無し。HR一定

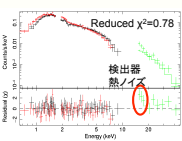


図13. 1/23の時間平均スペクトル。

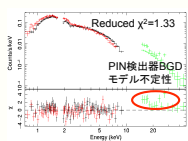


図15. 1/26の時間平均スペクトル。

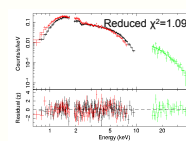


図17. 2/10の時間平均スペクトル。

観測日	1/23	1/26 遠星点付近	2/10 近星点付近
N _H (10 ²² 個/cm ²)	0.63±0.04	0.66±0.03	0.79±0.02
Photon index	1.94±0.05	1.86±0.03	1.69±0.02
Flux @2-10keV	~11x10 ⁻¹²	~10x10 ⁻¹²	~12x10 ⁻¹²

4-2. 過去の観測との比較

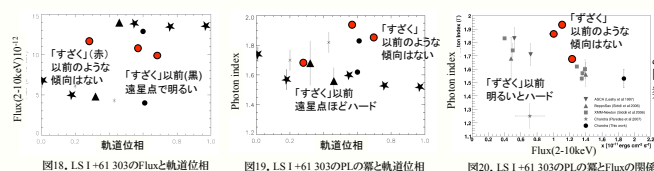


図18. LS I+61 303のFluxと軌道位相

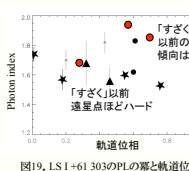


図19. LS I+61 303のPLの値と軌道位相

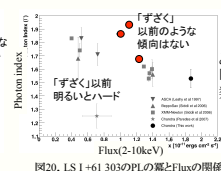


図20. LS I+61 303のPLの値とFluxの関係

4-3 類似天体PSR B1259-69

近日点の暴やFluxはLS I+61 303と類似せず

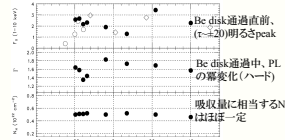


図21. 近日点付近のPSR 1259-69のパラメータ

未だLS I+61 303にはX線にbreakがあった報告はない

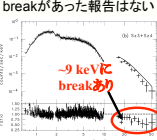


図22. ~10-20days (disk通過中)のスペクトル

4-4 「すざく」観測まとめ

- ①: fluxは軌道位相変化していきそう。
- ②: 暴とflux関係(明るいハード)はなさそうだが、近日点で最もハードで最も明るい。
- ③: 他の2つのガンマ線連星(図2、図21、図22)と類似点が少ない(明るさの時間変動が一様ではない、NHが近日点で大きくなる等)。

更なる詳細は、2009年天文学会秋季年会ポスターを参照!!

3. Results & Discussion - Optical Polarimetries

3-1. 2005-2008年の可視偏光分光観測結果(Nagae+ 06, 09)

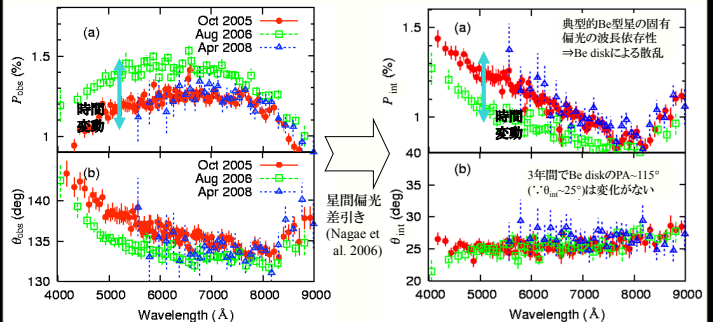


図3: 岡山188cmとHBSによって観測された偏光強度と偏光方位角(赤と黄緑)。青い点は、かな々望遠鏡とTRISPECによる観測。

P_{0,eq}が小さいと固有偏光(P_{int})が大きい ⇒ 星間偏光 > P_{int} かつ 星間偏光方位角とθ_{int}は約90度違う

3-2. 2005-2009年のV-bandの偏光特性の時間変動

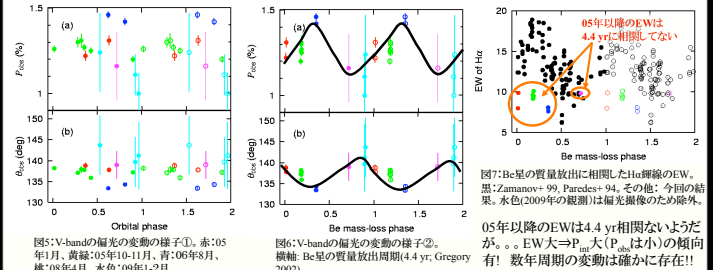


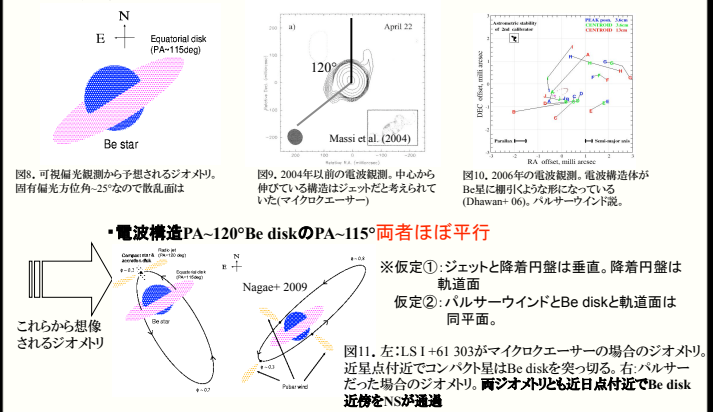
図5: V-bandの偏光の変動の様子①。赤: 05年1月、黄緑: 05年10-11月、青: 06年8月、桃: 08年4月、水色: 09年1-2月

図6: V-bandの偏光の変動の様子②。横軸: Be星の質量放出周期(4.4 yr; Gregory 2002)

図7: Be星の質量放出に相関したHα線線のEW。黒: Yamawaki '99, Parades '94, その他: 今回の結果。水色: 2009年の観測は偏光偏光のため除外。

05年以降のEWは4.4 yrに相関しないようだが。。。EW ⇒ P_{int} > P_{0,eq} (P_{0,eq}は小)の傾向有!! 数年周期の変動は確かに存在!!

3-3. 推察される連星ジオメトリ



電波構造PA~120° Be diskのPA~115°両者ほぼ平行

※仮定①: ジェットと降着円盤は垂直。降着円盤は軌道面

仮定②: パルサーウィンドとBe diskと軌道面は同一平面。

図11. 左: LS I+61 303がマイクロクエーサーの場合のジオメトリ。近星点付近でコンパクト星はBe diskを突っ切る。右: パルサーだった場合のジオメトリ。両ジオメトリとも近日点付近でBe disk近傍をNSが通過