

ガンマ線連星HESS J0632+057の 4年に亘るモニタリング 観測結果

森谷友由希 (東京大学Kavli IPMU)

河野貴文(広島大学[OB])、河内明子、千榊翔(東海大学)、
高田順平(華中科技大学)、高橋弘充(広島大学)、
Alex C. Caciofi (サンパウロ大学)、Daniela Hadasch (東京大学 ICRR)

ガンマ線連星 HESS J0632+057

- X線連星の内TeVガンマ線放射が卓越しているもの

- 系内5天体、LMC 1天体：全て High Mass X-Ray Binaries

- コンパクト天体の正体が不明...4天体

• HESS J0632+057

- $P=315$ days; Aliu et al. 2014, ApJ, 780, 168

- 『遠星点』で活動的

- X線outburstsやdip

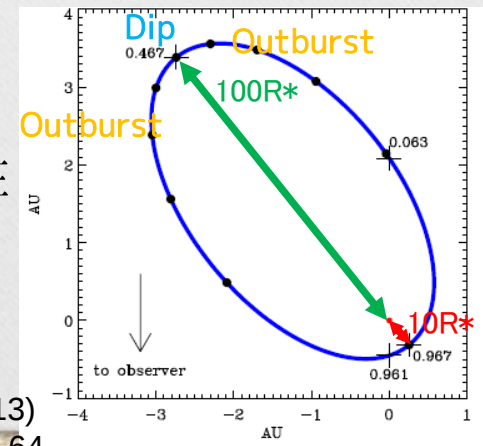
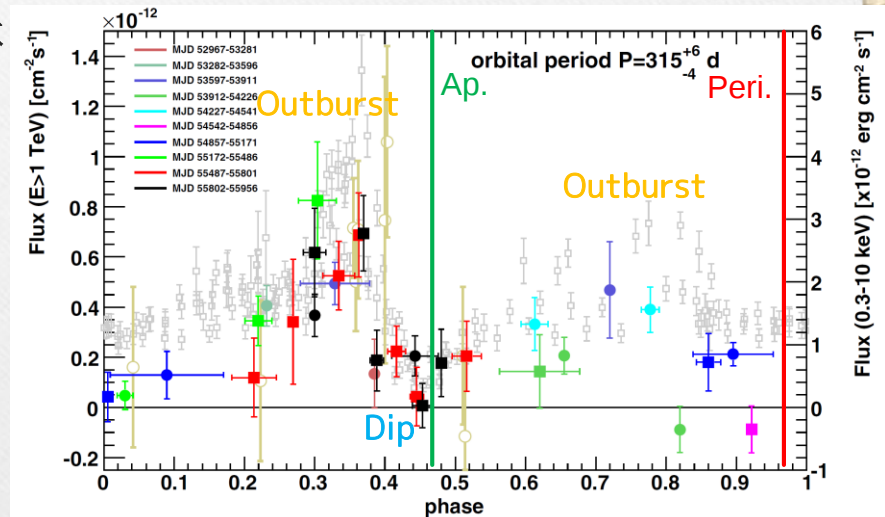
- 輝線変動 (S-shaped 変動)

• Flip-flopping pulsar 説 (YM+2015)

- Be discは非常に大きい ($H\alpha$: $\sim 30R_{Be}$)

- 近星点付近：パルサー風のラム圧 < Be discのガス圧
→ パルサー風が抑止
→ 周辺物質と衝突しなくなる
→ X線で暗い

Aliu+ (2014) ApJ, 780, 168



Dubus (2013)

A&Arv, 21, 64

4th Sep. 2017

観測

- 4年の観測

1. 2013.10 ~ 2014.04 : 14 夜 ← flip-flopping pulsar?
2. 2014.11 ~ 2015.04 : 17 夜
3. 2016.01 ~ 2016.03 : 6夜
4. 2016.12 ~ 2017.04 : 9 夜

上記仮説の検証と
全位相カバー

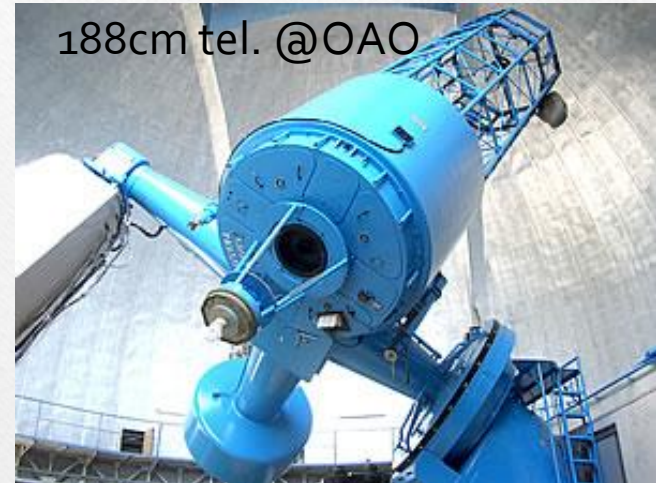
- 岡山天体物理観測所/HIDES

- $R \sim 50,000$
- $\lambda \sim 400 - 680 \text{ nm}$

- Canada France Hawaii Telescope/ ESPaDOnS

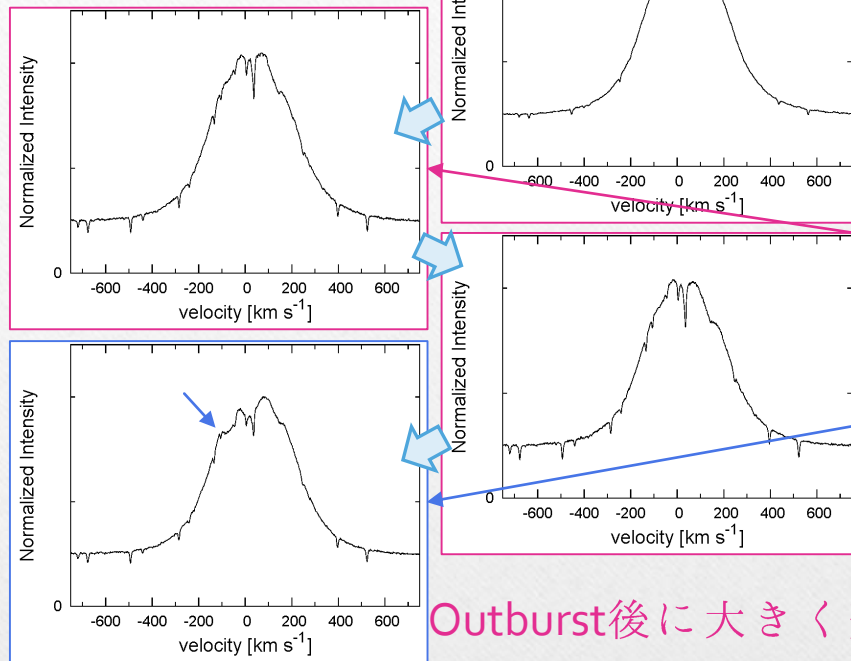
- $R \sim 68,000$
- $\lambda \sim 370 - 1000 \text{ nm}$
- 最初の2年間のみ

柔軟性の高い時間割り当て・リモート観測体制に感謝しています。



Flip-flopping 仮説の検証

- 変化がない。



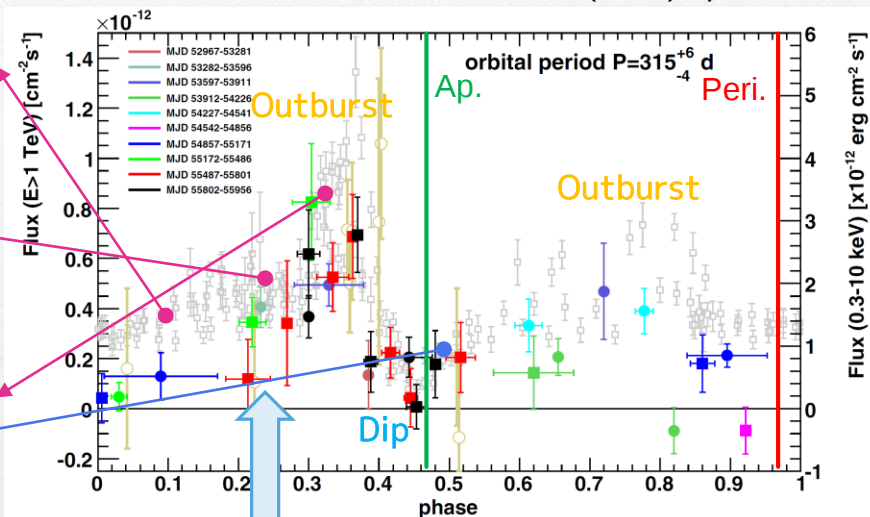
Outburst後に大きく変化

- flip-flop pulsar説は違ったか？

- H α 線の領域まで影響がない
- そもそも軌道は正しいのか？

- H α 輝線の中心速度は軌道運動に即していない：Casares+2012, YM+2015

Aliu+ (2014) ApJ, 780, 168

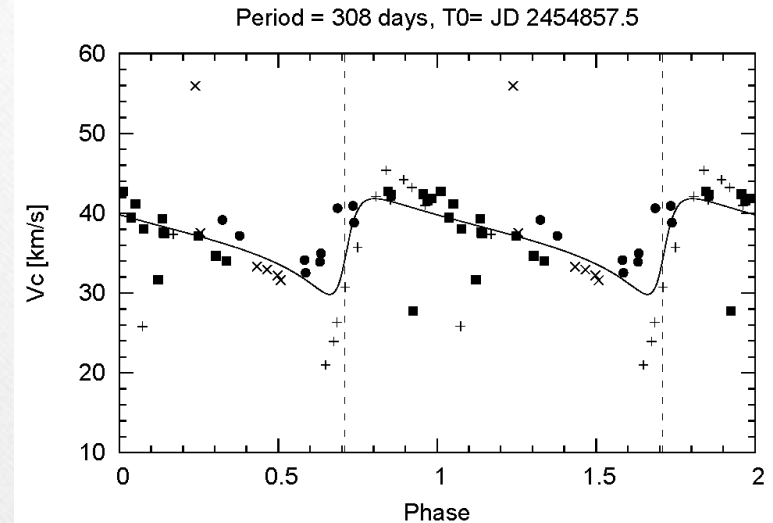


この辺りでパルサー風が復活
→X線 光度上昇
パルサー風に押されてBe disc
が変形、輝線変動として観測



H α の視線速度

- Wing の bi-sector velocity (Shafter 1986)
 - Be星の disc 活動の影響を除く
- 周期は315日より短い？
 - 308日 (Fourier 解析)
- 『遠星点』の方で変化が大きい？
- Swift/XRTの光度曲線の解析
 - 先行研究+2年分のデータを追加
 - 313 +11/-8 日 (Z-DCF 法)
- 過去のX線観測の位相...313日の方が矛盾しない
- 軌道パラメータの計算
 - CHARA チームが提供している"binary"コードを使用
 - 初期値に Casares+(2015)の結果を使用
 - 軌道周期は313日で固定



Halpαの視線速度変化に基づく軌道

Table 1. Orbital Parameters of HESS J0632 + 057.

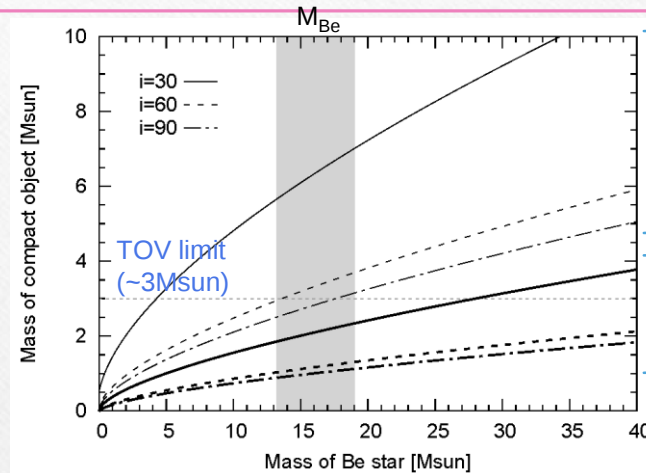
Parameter	(Casares et al. 2012)	This Work	
$P_{\text{orb}}[\text{day}]$	321 ^a	308 ^b	313 ^c
$T_0[\text{day}]$	2 455 167.907	2 455 076 $\pm$ 10	2 455 065 $\pm$ 11
$(\phi)^d$	(0.967)	(0.709)	(0.663)
e	0.83 $\pm$ 0.08	0.62 $\pm$ 0.16	0.64 $\pm$ 0.29
$\omega[\text{deg}]$	129 $\pm$ 17	249 $\pm$ 26	271 $\pm$ 29
$K_1[\text{km s}^{-1}]$	22.0 $\pm$ 5.7	6 $\pm$ 1	5 $\pm$ 2
$\gamma[\text{km s}^{-1}]$	48.3 $\pm$ 8.9	36.9 $\pm$ 0.8	36.7 $\pm$ 0.9
$a_1 \sin i[\text{AU}]$	0.362 $\pm$ 0.261	0.136 $\pm$ 0.029	0.120 $\pm$ 0.029
$f[M_{\text{sun}}]$	0.06 $^{+0.15}_{-0.05}$	0.0035 $\pm$ 0.0022	0.0024 $\pm$ 0.0017

a: Cited from Bongiorno et al. (2011).

b: Fixed to the result of Fourier analysis for the radial velocity.

c: Fixed to the result of X-ray light curve.

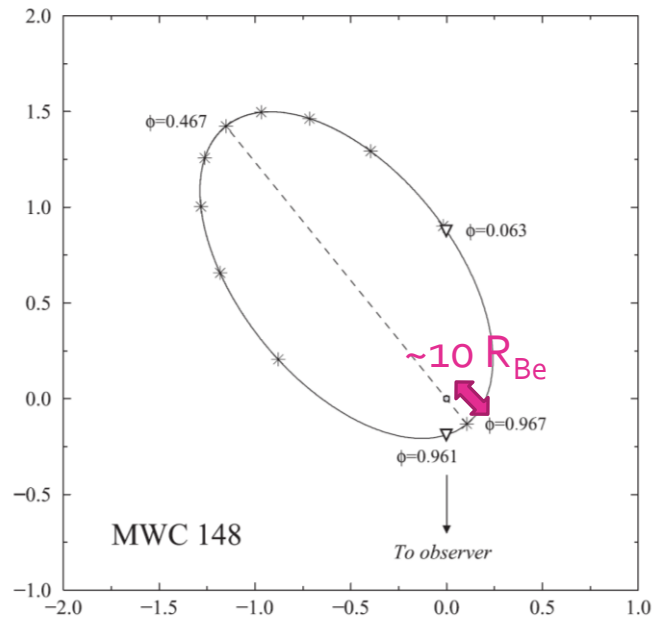
d: The phase at periastron if we follow Bongiorno et al. (2011) for $\phi = 0$.



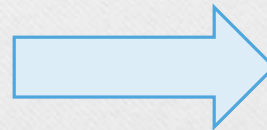
Casares et al. (2012)

This work (308-day case)

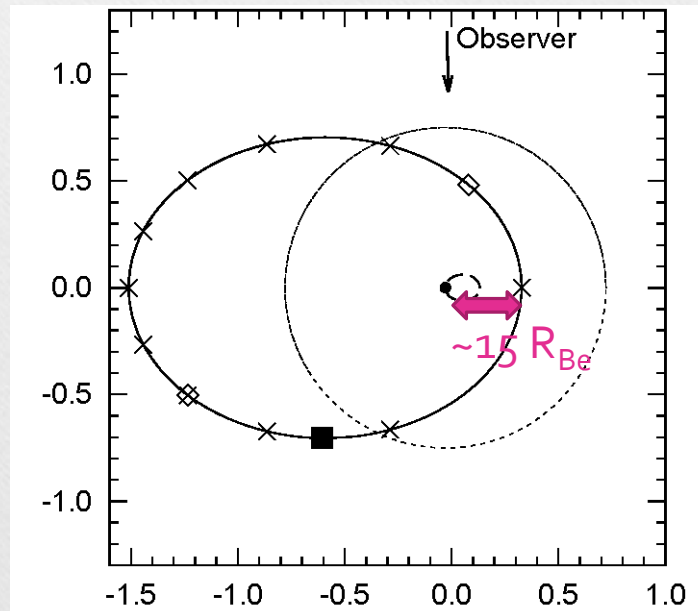
コンパクト天体
= 中性子星を示唆



Casares et al. 2012, MNRAS, 421, 1103



- 1 unit= $a \sin i$
→ $\sim 1/3$ の大きさ
- 離心率小さめ



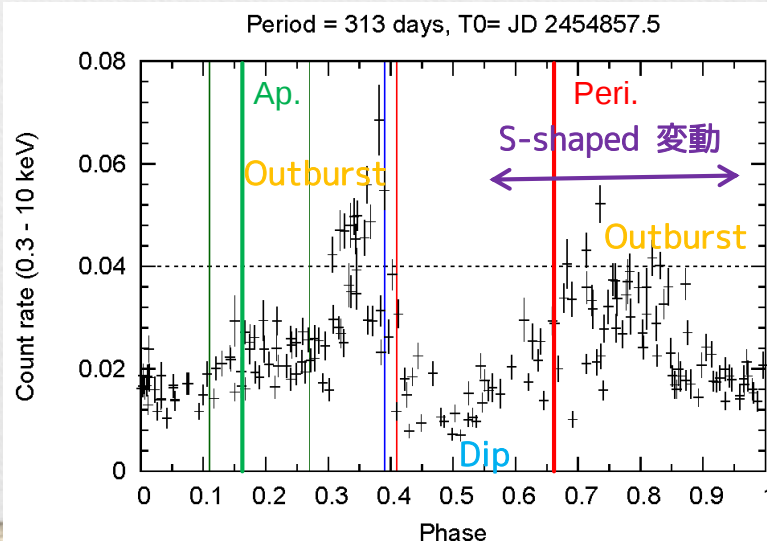
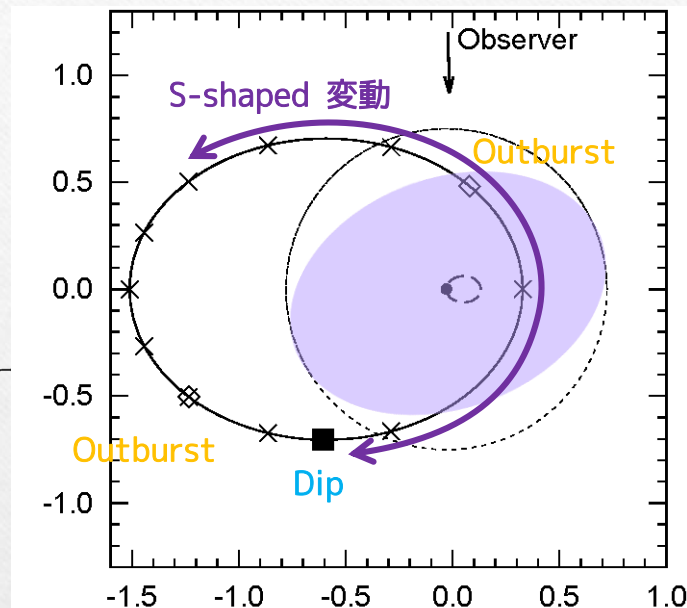
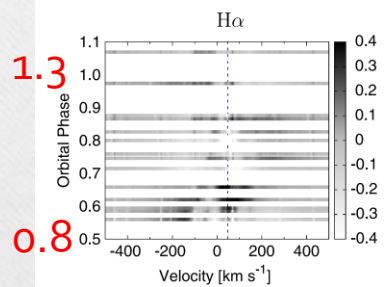
新しい軌道で解釈すると...

• X線活動

- (位相 ~ 0.4 の)outburstで N_H が高い
 - Swift (bright state) : $4.7 + 0.9 / - 0.8 \times 10^{21} \text{ cm}^{-2}$
 - Swift (faint state) : $2.2 + 0.5 / - 0.5 \times 10^{21} \text{ cm}^{-2}$
- $\sim 20^\circ$ azimuth 方向に傾いた disc とパルサー風の衝突でX線outburstが起きる?
 - PSR B1259-63 と同じ機構
- Dip はパルサーが厚い Be disc に隠された時に起きている

• 輝線変動

- S-shaped変動
 - ...近星点前後。
 - コンパクト天体が Be disc の傍を通過に潮汐力で密度波が励起?



まとめ

- ガンマ線連星HESS J0632+057を高分散分光モニタリング(4年)
 - 初期の観測で仮説されたflip-flopping pulsarシナリオの検証 → パルサー風復活(=outburst)に付随するdiscの構造変化は見られなかった。
 - Orbital modulationがあるか調査
 - 4年間の観測で全位相をカバー
- H α 輝線の速度変化は従来とは異なる軌道を示唆
 - X線活動に対する近星点の時期が異なる
 - コンパクト天体の質量($< 3 M_{\text{sun}}$)から中性子星と考えられる
- 新しい軌道から見ると、
 - X線outburstは近星点を挟んで起きる。PSR B1259-63と同様、Be discとパルサー風の衝突でX線放射が生じる。
 - パルサーがBe discの側を通過したときに、密度波が励起される。その後半周期くらいで減衰する。

