

正体不明だった、HESS J0632+057における
コンパクト天体はパルサーの可能性がある。
(YM+ 2015, ApJL, 804, L32)

高分散分光モニター観測から 見えてきたガンマ線連星 HESSJ0632+057の系の性質

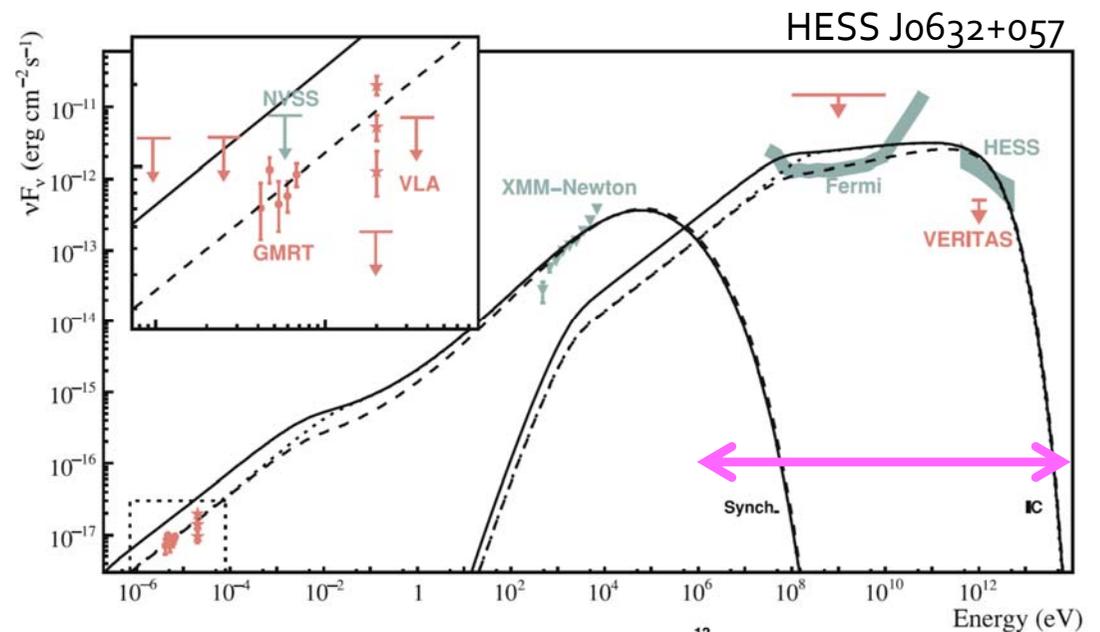
森谷 友由希(東京大学カブリIPMU)

共同研究者：

岡崎敦男(北海学園大学)、Alex C. Carciofi(サンパウロ大学)、
河野貴文、高橋弘充(広島大学)

ガンマ線連星

- 電波から TeVガンマ線
 - 軌道運動に即した変動
 - 個性が強い
- 高エネルギー (> 1MeV)放射が卓越
- コンパクト天体
+
大質量星 (> 10 M_{sun})



Dubus (2013), A&A Rv., 21, 64



ガンマ線連星



• 5天体

- 軌道周期・離心率の幅が広い
→ 粒子加速・高エネルギー放射機構を吟味するよい実験場

Be星(星周円盤)

Object	PSR B1259-63	LS 5039	LS I+61 303	HESS J0632+057	1FGL J1018.6-5856
P_{orb} [days]	1236.72432	3.90603	26.495	315	16.58
e	~0.87	0.35	0.54	0.83	--
Spec. Type (optical)	O9.5Ve	O6.5V((f))	BoVe	BoVpe	O6V((f))
Compact object	pulsar	?	?	?	(pulsar?)

- 可視伴星：
→ 全て大質量星(O((f))か Be)

O型星(比較的強い恒星風)

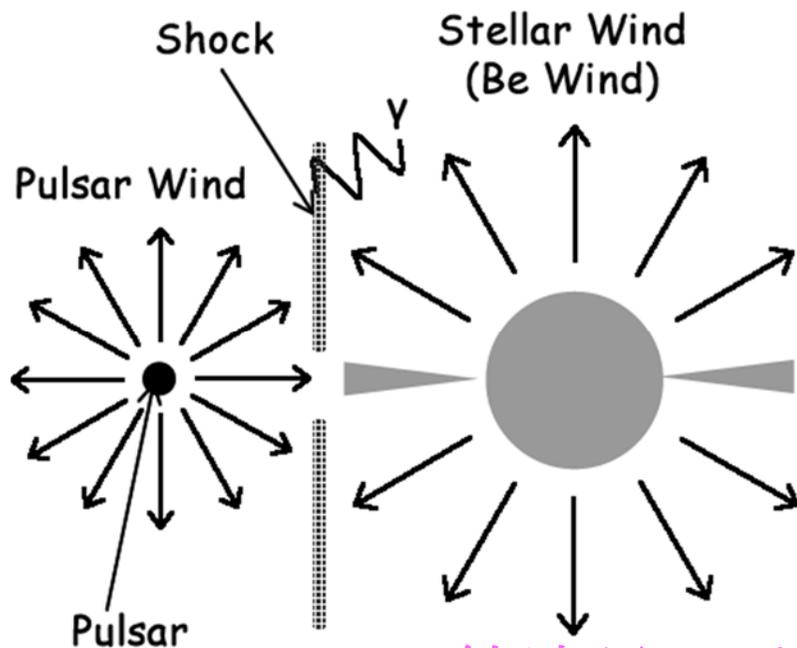
- コンパクト天体の正体が不明
= 粒子加速・高エネルギー放射機構も不明
→ ... 2つの競合モデルが提唱されている



2つの競合モデル

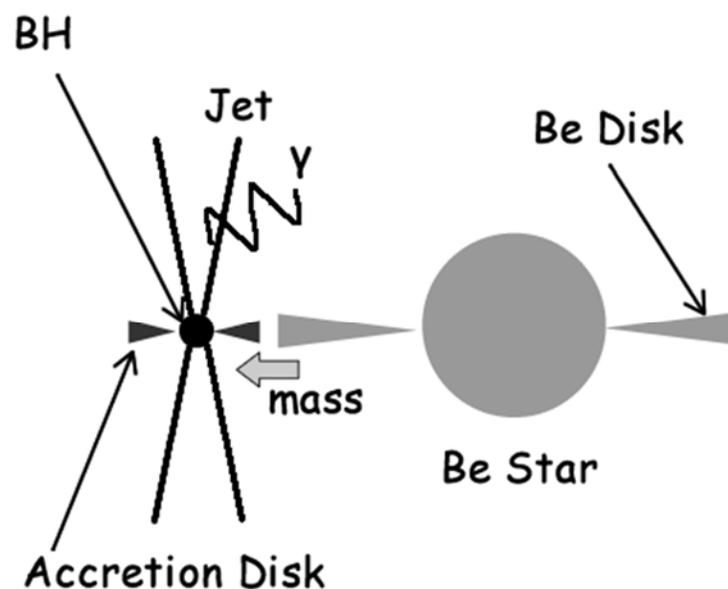
Pulsar Wind model

- コンパクト天体 = パルサー
- 恒星風 (or Be disk) とパルサー風の衝突 ⇒ 衝撃波
- 衝撃波領域で粒子加速、ガンマ線放射



vs Accretion (Microquasar) model

- コンパクト天体 = BH
(or パルサー風がない NS)
- 伴星からガスが輸送 ⇒ jet
- Jet で粒子加速、ガンマ線放射



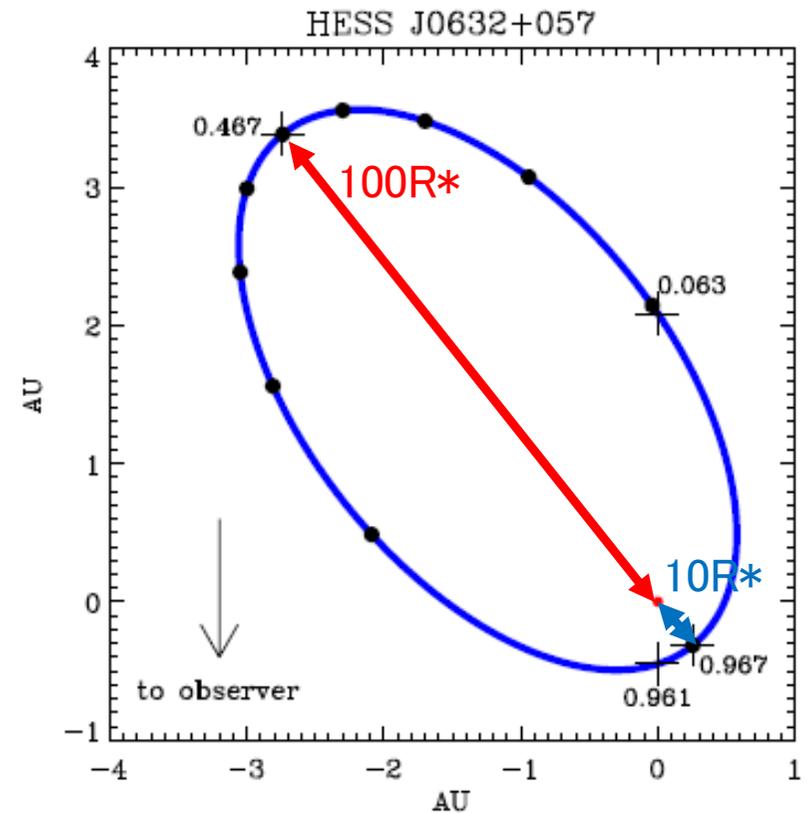
ガンマ線連星の系の性質の理解には、まずはコンパクト天体の正体を突き止めることが重要！



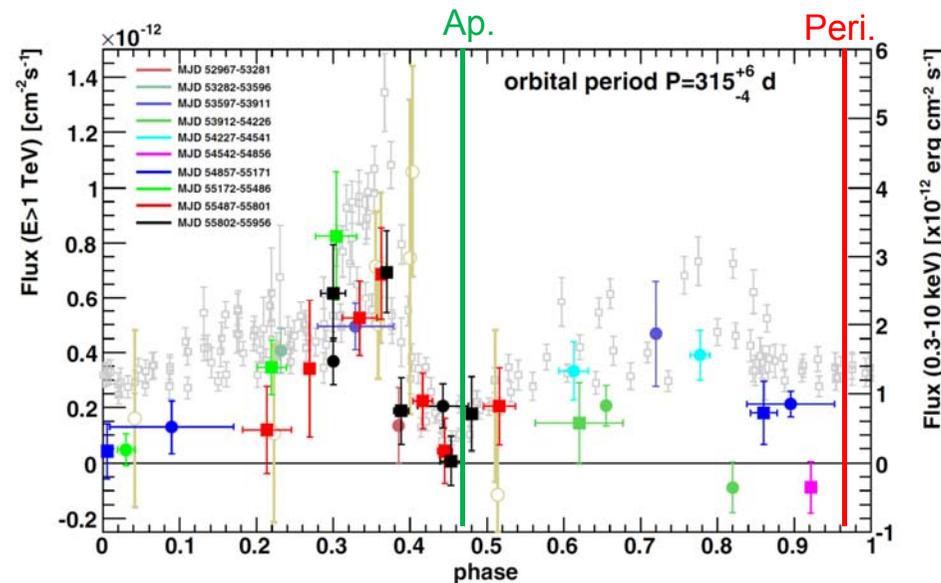
HESS J0632+057

- $P_{\text{orb}} = 315$ 日 (Aliu et al. 2014, ApJ, 780, 168)
→ 317日 (X線アーカイブの再解析)
- $e = 0.83$ (Casares et al. 2012, MNRAS, 421, 1103)
 - 近星点での距離 $\sim 10R_*$
 - 遠星点での距離 $\sim 100R_*$
- X-ray 光度曲線
 - 2回の増光: 遠星点前後
 - X-ray “dip”: 遠星点付近

2天体間の距離が遠く離れた位相で高い活動性



Dubus 2013, A&Arv, 21, 64

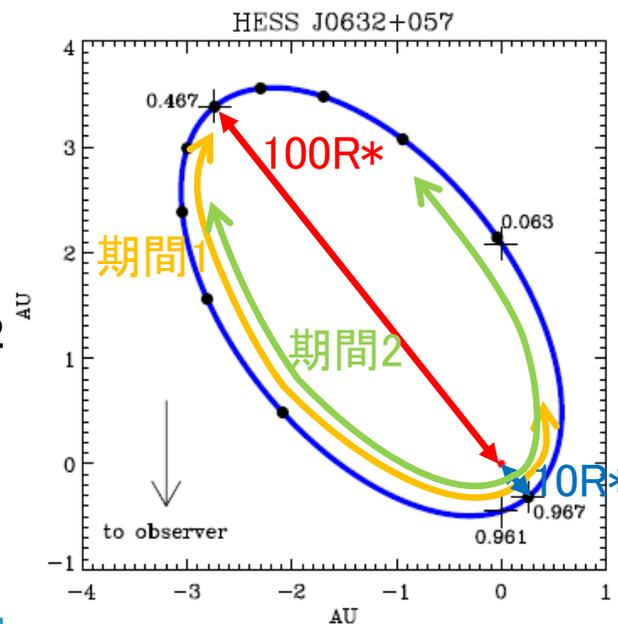


Aliu+ (2014) ApJ, 780, 168



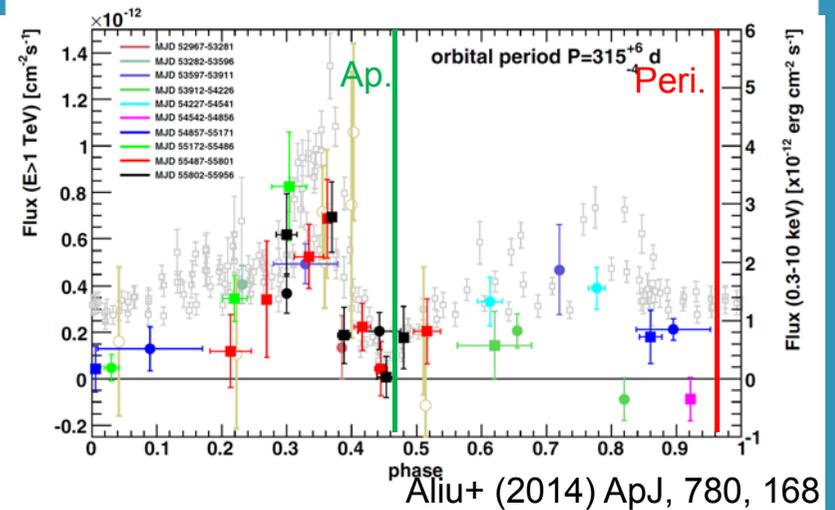
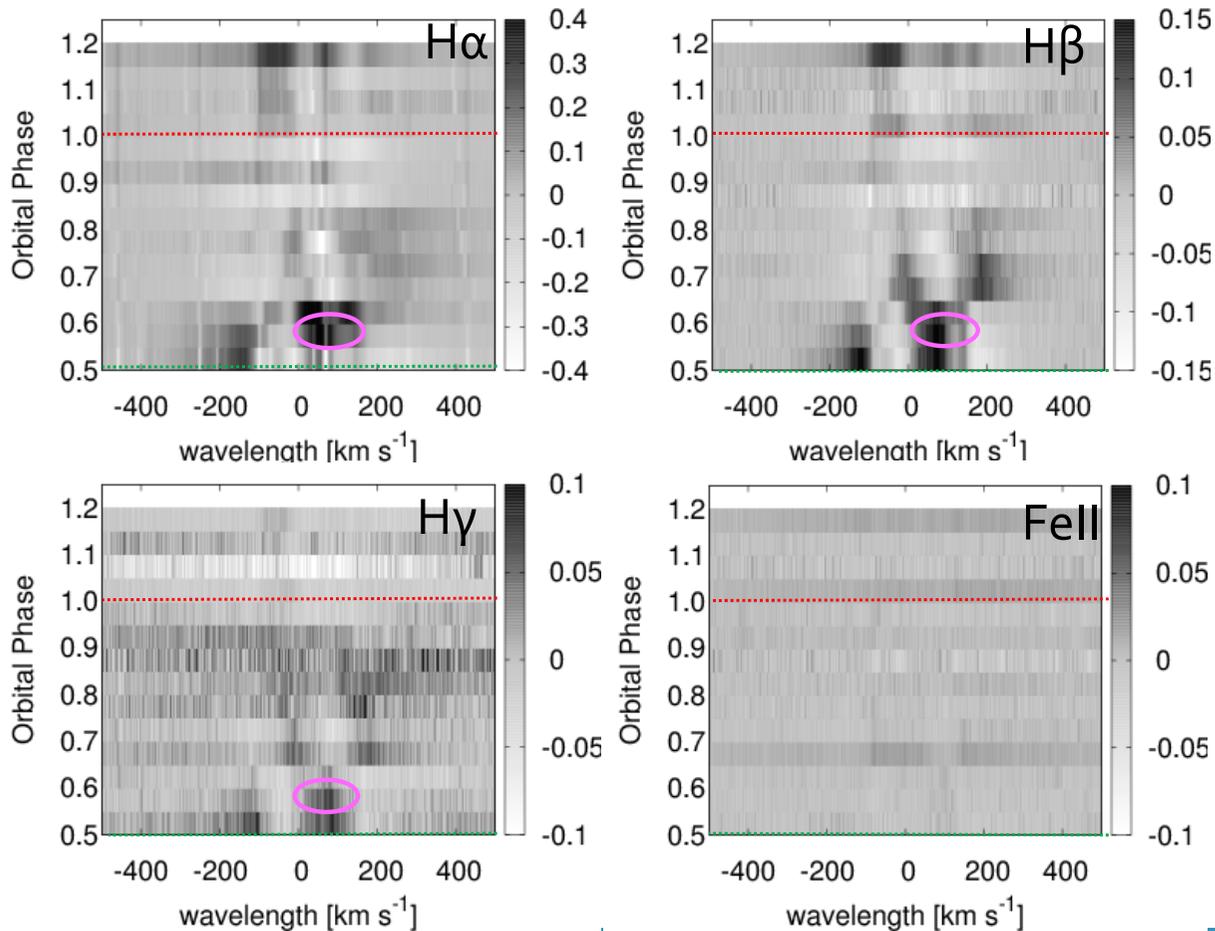
高分散分光モニター観測

- 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
 - $R \sim 68,000$
 - $\lambda \sim 370 - 1000 \text{ nm}$
 - 輝線に沿った偏光
- モニター期間
 - 2013.10.31~2014.04.10
(位相 $0.52 \sim 0.03$)
 - 2013.11.04~2014.04.02
(位相 $0.68 \sim 0.16$)



輝線変動

- 位相ごとに binning した profile (平均からの残差)
 - $H\alpha, H\beta, H\gamma$ 輝線は変動 ($FeII$ 輝線...変化なし)



- 遠星点後から近星点前
 - S-shaped 変動
 - $\pm 200 \text{ km/s}, \pm 100 \text{ km/s}$
 - ~ 150 日の周期 (cf. ~ 60 日; Aragona+ 2010, ApJ, 724, 306)
 - Be disk 固有の変動
- 位相 0.6 付近で $+150 \text{ km/s}$ に短期間 (< 50 日) 変動
- 近星点付近は殆ど変動せず
- 位相 0.1 後に再び変動



変動する領域と相互作用の性質

- 輝線変動の有無と放射領域の関係

Line/Band	H α	H β	H γ	Fell	V,Rc,Ic
領域[R*]	30	11	7	~2 ^[1]	~2-3 ^[2]
変動	○	○	△	×	×

[1] Ariel + 2006 A&A, 60, 821

[2] Rivinius+2013 A&A Rv., 21,69

- R~7R_{*}のガスがコンパクト天体から受ける潮汐力とBe星から受ける重力

$$\frac{GM_x r}{r'^3} \ll \frac{GM_*}{r^2}$$

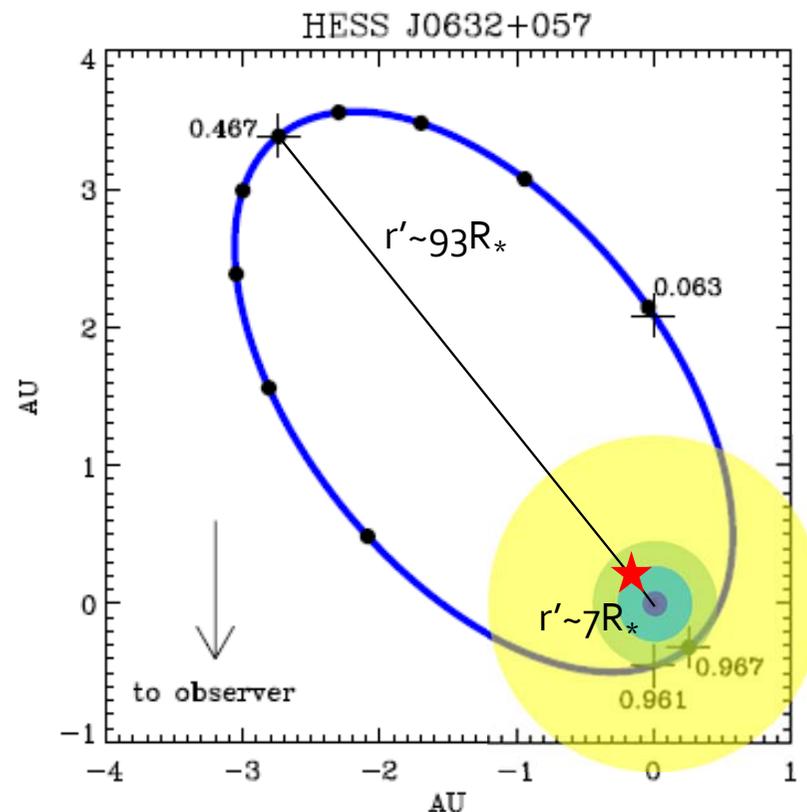
- 近星点(両者の距離~10R_{*})で輝線変動なし(H β)

- 潮汐相互作用が小さい

- 潮汐相互作用...accretionモデルにおける主な相互作用

→少なくとも遠星点後の相互作用はaccretionモデルでは説明できない。

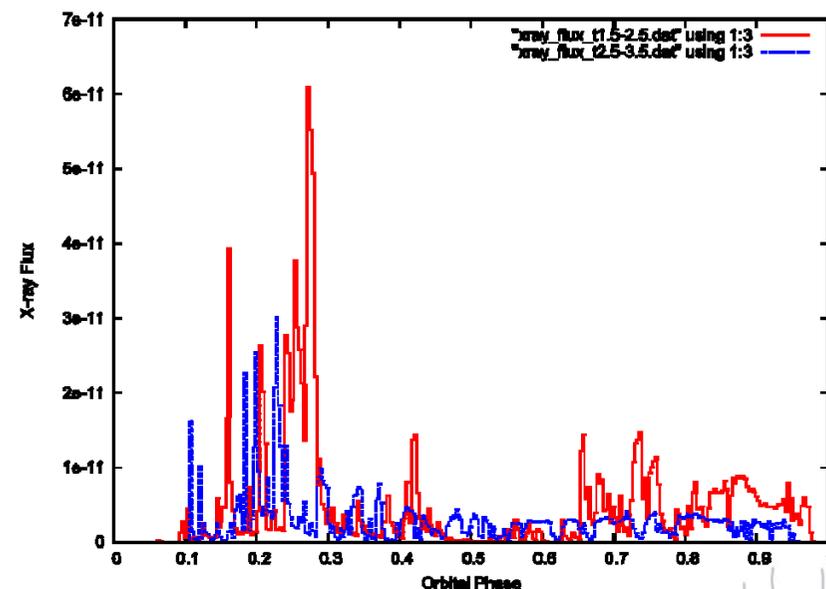
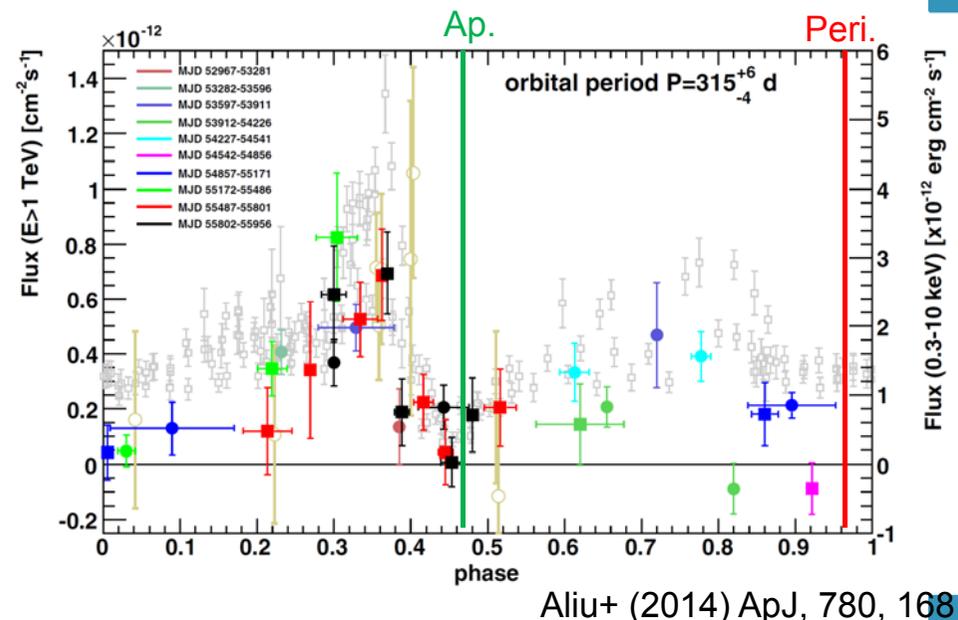
- コンパクト天体=パルサー？



Flip-flopping パルサー

- 近星点付近でX線が暗いのは？
 - 輝線profile：変動しない
(コンパクト天体との相互作用小さい)
- Flip-flop パルサー
 - パルサー風のラム圧 < Be diskのガス圧
→ パルサー風が抑止
→ 衝突しなくなる...X線で暗い
- 数値シミュレーション (SPH)
 - Flip-floppingパルサーを仮定
 - X線光度曲線を再現
- 位相0.1以降の変動
 - パルサー風が復活、Be diskと相互作用？

コンパクト天体は
flip-flopping パルサー？



SPHシミュレーションから
再現したX線光度曲線

まとめ

- ガンマ線連星HESSJ0632+057の高分散分光モニター観測
 - X線光度曲線の不思議さから系の性質が分かっていなかった
- モニター期間は遠星点後から近星点前後を中心に2期間に渡る
- バルマー輝線は変動を見せた一方でFeII輝線は全く変動せず
 - Be disk 固有の変動(S-shaped変動)
 - 位相0.6付近で短期間変動
 - 近星点前後は変動なし
 - 位相0.1より後で再び変動
- 遠星点後における短期間変動は潮汐相互作用に起因するとは考えにくい
- コンパクト天体の正体はパルサーかもしれない
- 今後は近星点後の変動について検討