

**Be星周円盤の幾何学を考慮に入れた、
ガンマ線連星B1259-63からの
GeV放射モデル**

大阪大学 山口正輝

共同研究者 **Guillaume Dubus (IPAG)**

第11回高宇連研究会@早稲田大学

目次

- PSR B1259-63
- 円盤モデルとGeV放射モデル
- 計算結果
 - 赤外線エネルギー密度の軌道変動
 - IC散乱の非等方性による変動
 - GeV光度曲線に対する示唆
- 結論



Gamma-ray binaries

- Gamma-rays vary with orbital period

Objects	Period	Scale	Consists of ...
LS 5039	3.9d	$5 \times 10^{12} \text{cm}$	O + ?? (BH or NS)
LS I +61°303	26d	10^{13}cm	Be + ??
PSR B1259-63	3.4yr	10^{14}cm	Be + NS
HESS J0632+057	320d	10^{14}cm	Be + ??
1FGL J1018.6-5856	16d	10^{13}cm	O + ??

- Gamma-rays are detected as flares

Cyg X-1	5.6d	$3 \times 10^{12} \text{cm}$	O + BH
Cyg X-3	4.8hr	$5 \times 10^{11} \text{cm}$	WR + ??(BH or NS)

➤ Candidate:

AGL J2241+4454 (HD 215227(Be))



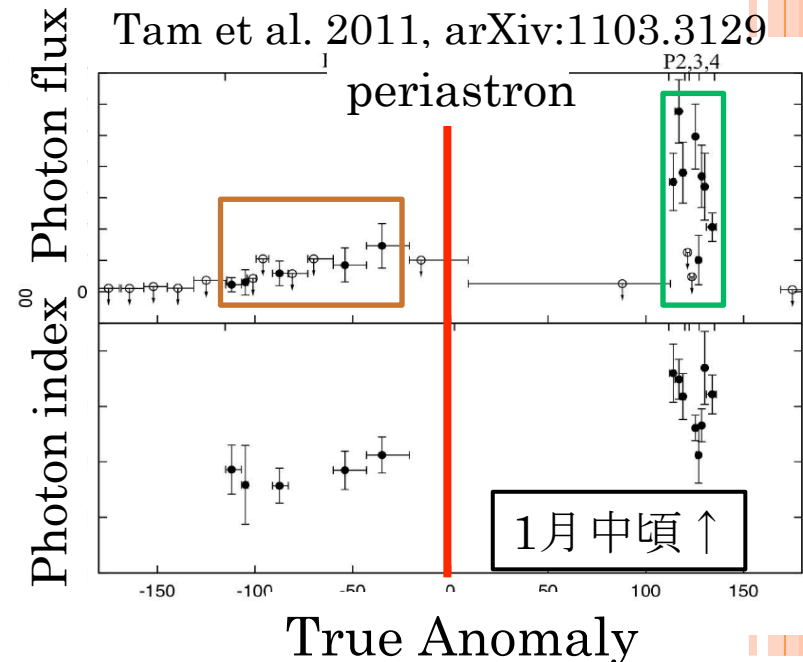
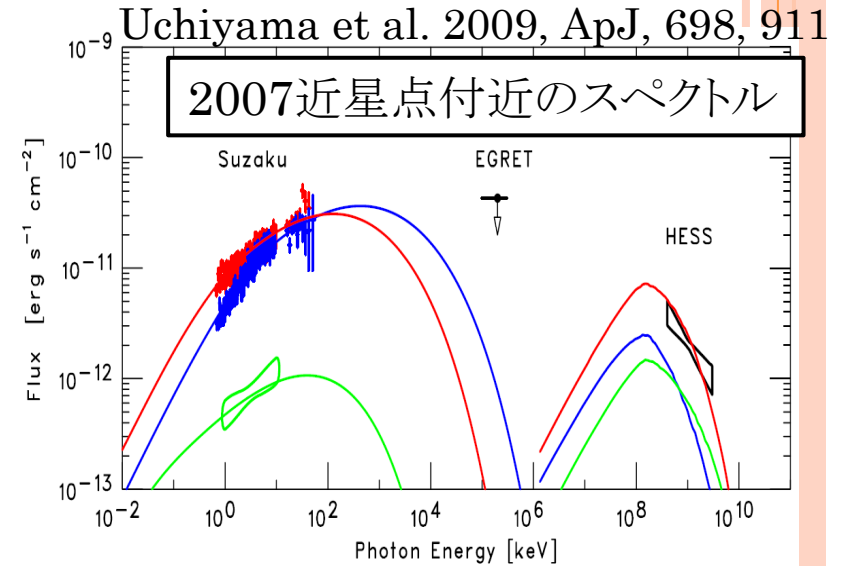
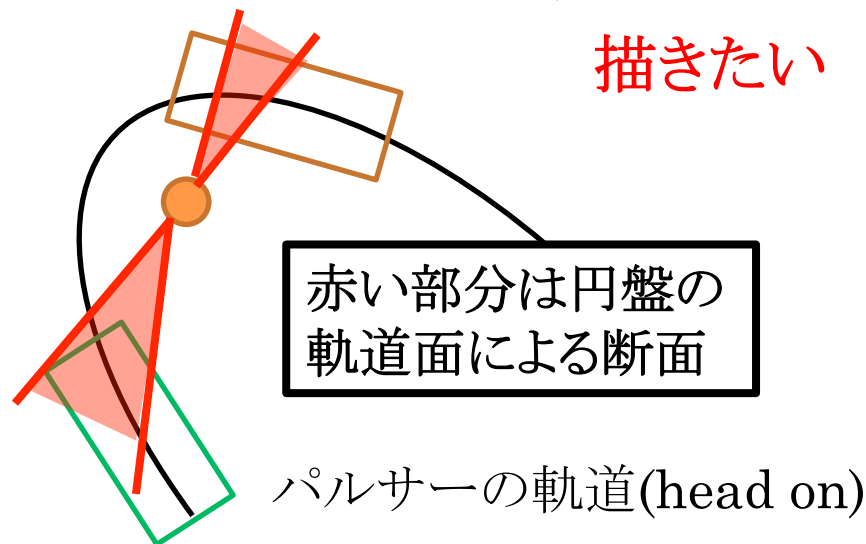
GeV flares from PSR B1259-63

PSR B1259-63

- パルサー + Be星 + 円盤 (+ wind)
- これまでGeV(EGRET)での観測なし

フレアについて

- 1月中頃FermiでGeVフレアを観測
- 円盤を横切る位相とよく一致
- → 円盤を考慮に入れ光度曲線を



円盤モデルとGeV放射の計算

円盤モデル

- 円盤の物質は熱平衡(T:半径依存なし)
- 円盤からの赤外線は **ff & fb** で放射
- 密度: $\rho \propto r^n$ ($n \sim -2$, Soelen&Meintjes, 2011)
- 半径: Be星の半径の50倍、開き角: 10°

赤外線放射

- 光学的厚さ: $\tau \propto \int \rho(s)^2 ds$ (s: 光子経路パラメータ)
- \rightarrow Intensity: $I = B(1 - \exp(-\tau))$ (B: Planckian)

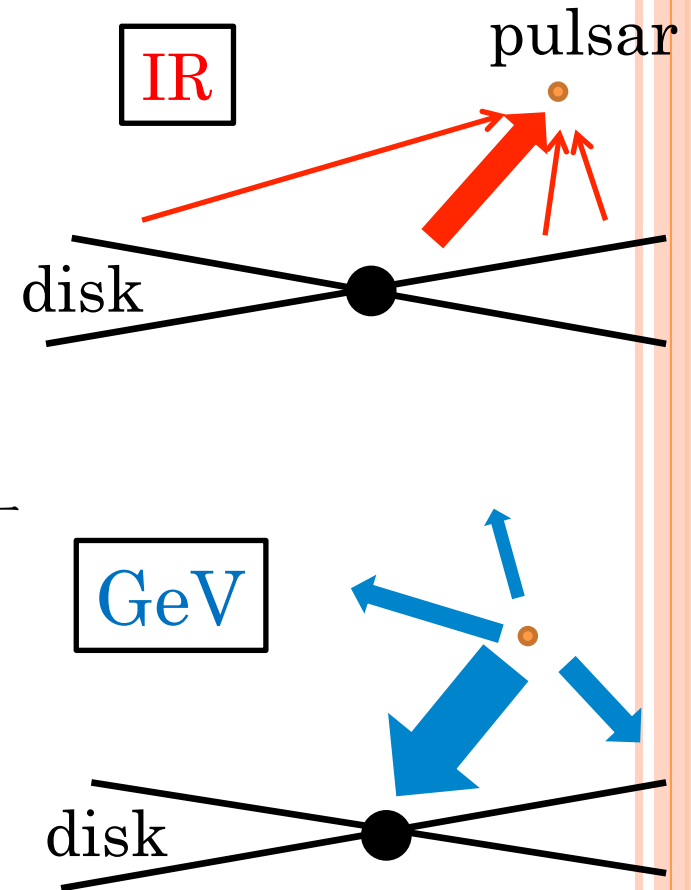
- \rightarrow ハルサーでの赤外線E密度 $n = \int I/c d\Omega$

GeV放射

の光子場の下でIC散乱を計算

- 高E電子はパルサーの位置で注入
- $\Gamma_e = 10^5$ の電子を注入 \rightarrow 1-10GeVのIC光子
- 電子の冷却無視 \rightarrow IC放射は赤外E密度に比例

赤外E密度と非等方性ICの軌道変動を調べる

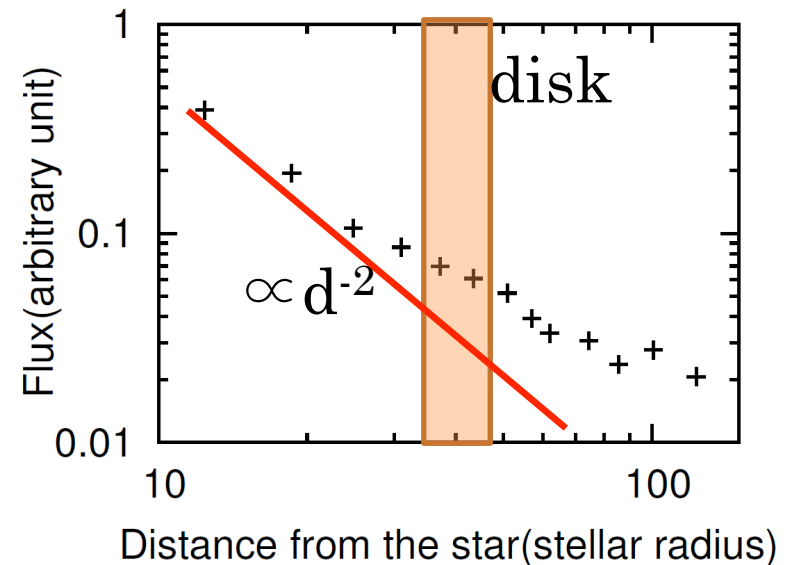
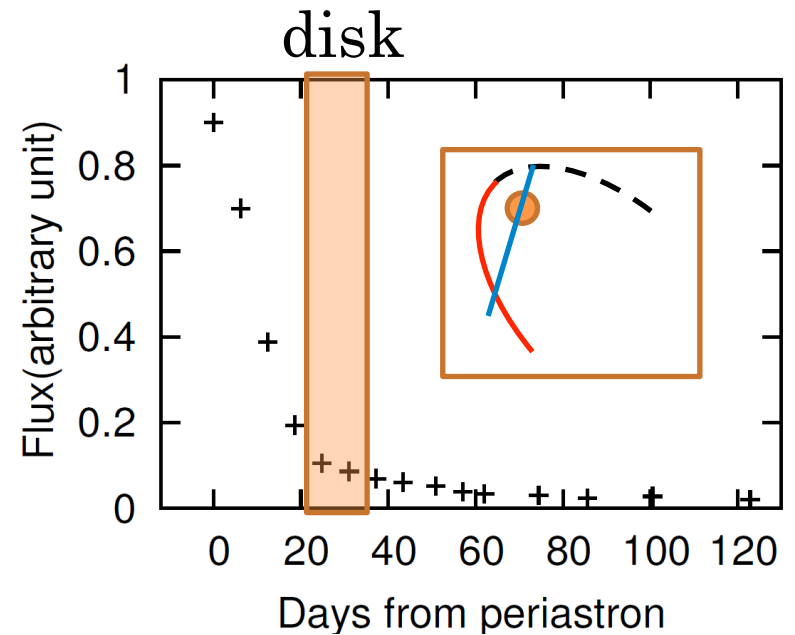


赤外線エネルギー密度

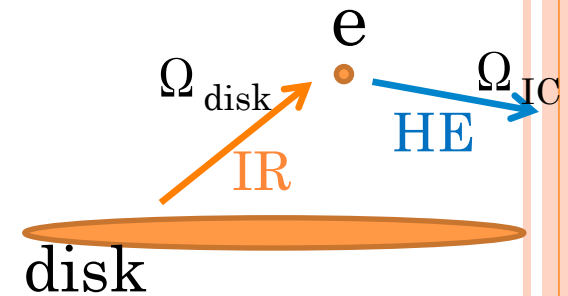
- エネルギー密度は近星点から遠ざかるに従い急速に減衰
 - 円盤を横切る時期に増加なし
 - 星からの距離の2乗よりは緩やかに減少
-
- 円盤内外にかかわらず、密度の大きい中心部分の放射が卓越することによる



赤外線E密度の変化による
フレアは起こらない



逆コンプトン散乱の非等方性



- IC散乱の反応率 dN/dt によって評価する

- 正確には...

一個の高E電子に対するIC反応率
(変数は E_{IC} , E_{IR} , Ω_{disk} , Ω_{IC} , 位置)

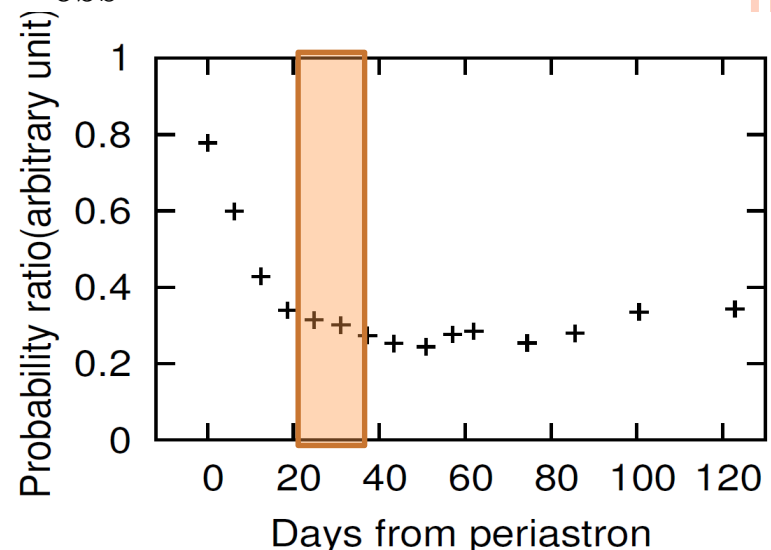
$$\frac{dN}{d\Omega dt} = \int dE_{IC} dE_{IR} d\Omega_{disk} (1 - \mu) n_{IR} \sigma_{IC} c$$

μ : 散乱角の余弦
 σ_{IC} : ICの断面積

- 右図の縦軸は $\frac{dN}{d\Omega dt} / \frac{dN}{dt}$ ($\Omega_{IC} = \Omega_{obs}$)

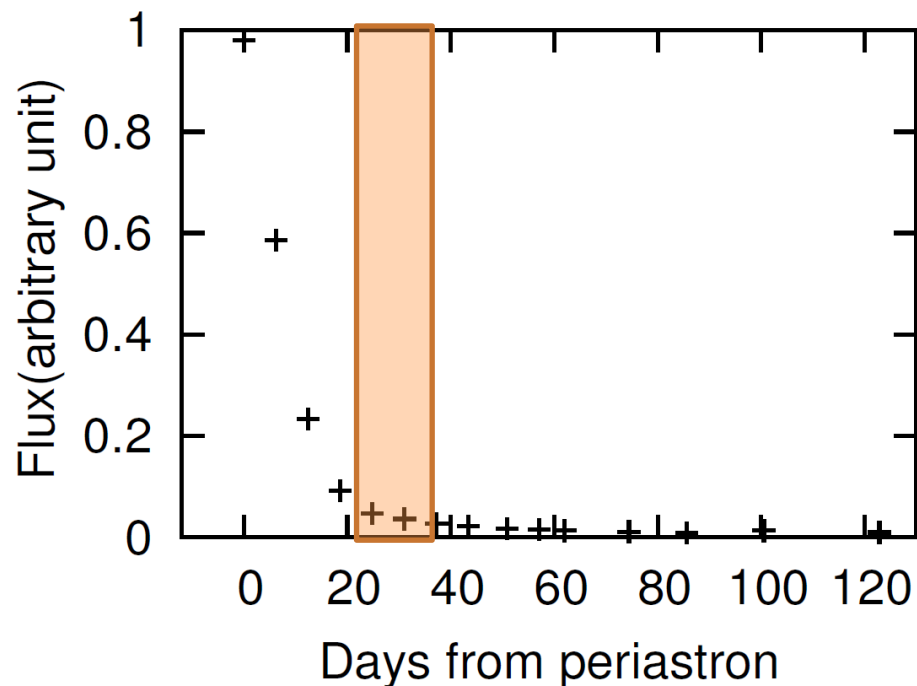
IC放射の非等方性による変動
(光度が位相によらない場合)

- 途中まで単調減少
- 円盤を横切る時期に変化なし



GeV放射に対する示唆

- 観測されるIC放射の変動は
(赤外線エネルギー密度) × (IC反応率) の変動
によって見積もられる
- → 単調減少で、円盤の時期に増大しない



まとめと結論

- PSR B1259-63において、Be星周円盤からの赤外線をIC散乱してGeV放射を出すモデルを立てた
- 赤外線E密度は軌道位相に関して単調に減少
- ICの非等方性による変動もほぼ単調減少
- →単純な円盤ICモデルではGeVフレアの再現難しい
- 円盤密度のゆらぎがある？
- 種光子が別成分？



Possibility of ICS off disk IR

- GeV放射 → ICS → 種光子は？ → 星由来か円盤由来

種光子エネルギーの観点から

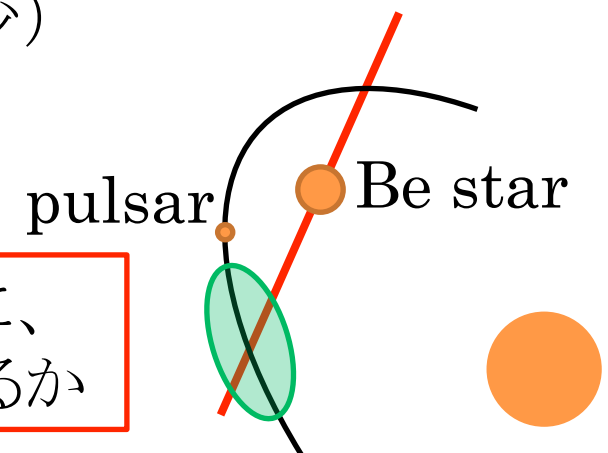
- 大部分の光子が持つエネルギーは100MeV
- 電子のローレンツ因子が $\gamma_e = 10^5$ なら、0.01eV赤外線は100MeVにたたきあげられる
- 円盤からの0.01eV赤外は星と比べ光度大(無限遠で) → **円盤!**

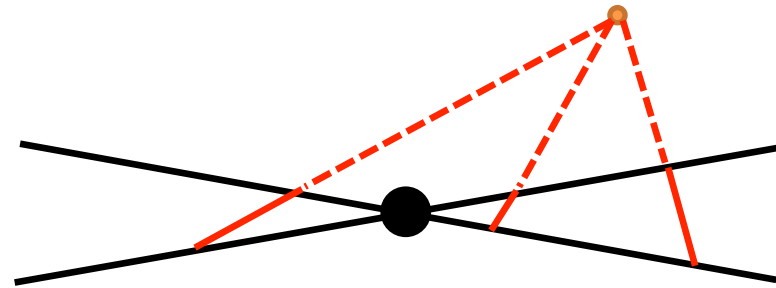
フレア時の種光子エネルギー(E)密度の観点から

- 星由来の光子のE密度はほぼ不変(減少)
- 円盤由来なら近づいたときにE密度大となりうる

→ パルサーが**円盤付近**を横切るときに、
円盤からの赤外線E密度が増加するか

今回はこれを確かめる計算の話





赤実線： τ の積分範囲
赤点線：赤外線の経路

