

Be/X線連星GX 304-1/V850 Cen におけるdouble-peaked outburst時のBe星ガス円盤の構造

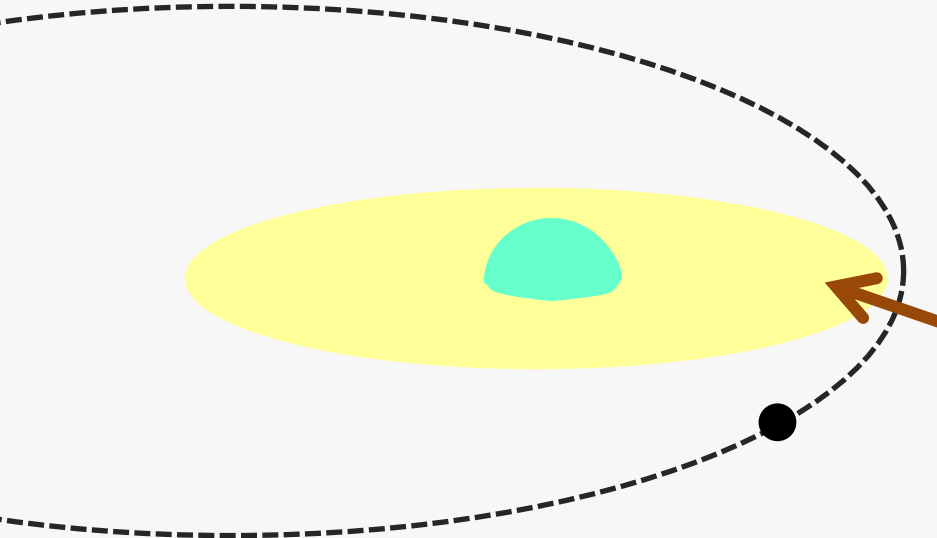
森谷友由希(広島大学), 三原建弘(理研),
中島基樹(日本大学), 高木利紘(日本大学/理研),

Ronald Mennickent (Concepción 大学),
Maja Vučković (ESO), 野上大作(京都大学)



Be/X線連星

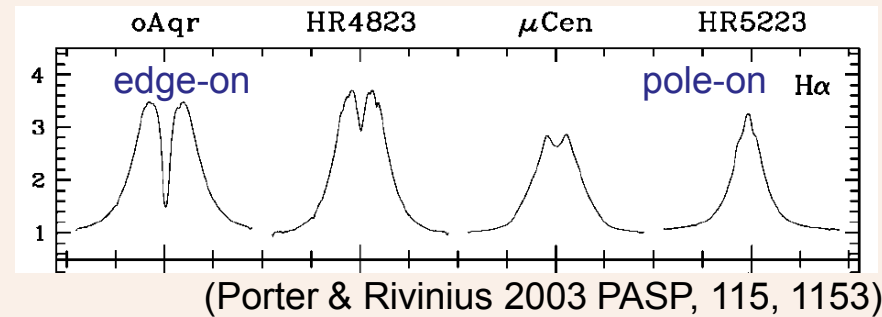
☘ Be/X線連星：Be星+コンパクト天体(中性子星)



Be星

・ 光球(吸収線)

+ Be disk(輝線)



☘ Be/X線連星系でのX線輻射:

- Be diskから中性子星への質量輸送
- 離心率が小さくない($e > 0.3$)

連星相互作用(質量輸送など)に軌道位相依存性 → **Transient**

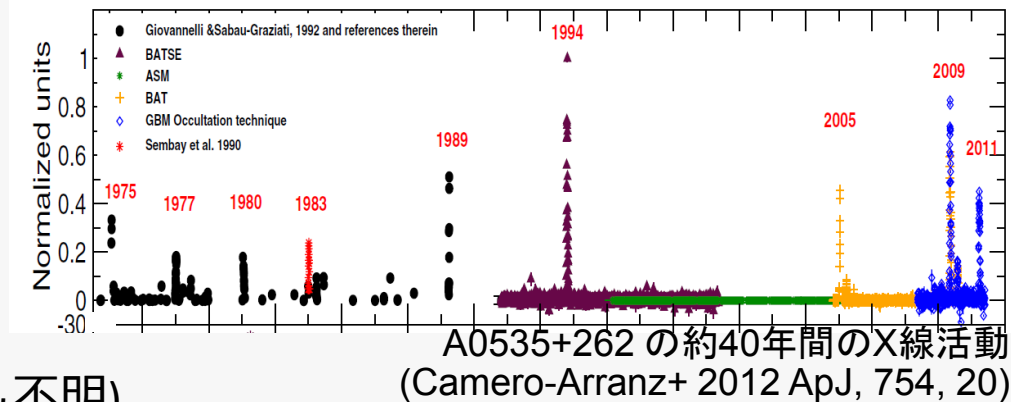


X線活動とBe disk

X線放射:

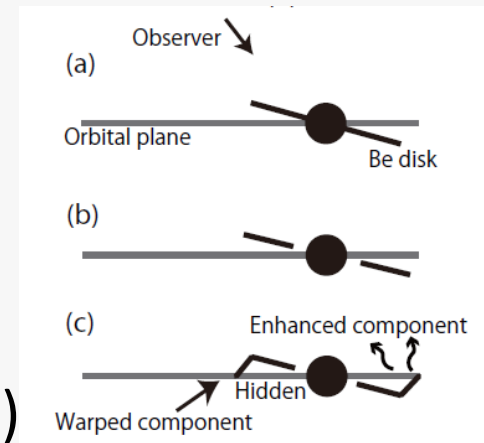
- Be diskから中性子星へ質量輸送
- 3つの状態
 1. quiescent:
 2. normal outburst
 - 短い、近星点通過後
 3. giant outburst
 - 長い、稀(規則性等も不明)

軌道離心率が高い
... transient



X線活動性とBe diskの関係

- X線で活発になる前: v で暗く、 $H\alpha$ 輝線が強くなる
 - Be diskの内側が薄くなる
- Be diskとgiant outburstの関係 (A0535+262)
 - ... Precessing Warped Be disk



(Moritani+ 2013, PASJ, 65, 80)

GX304-1

- 🌿 275-sec pulsar (Yamamoto+ 2011, PASJ, 63, 751)
+ B2Vne star (Parkes+ 1980, MNRAS, 190, 537)

🌿 軌道要素

- 軌道周期: 132.20 ± 0.05 日
- 離心率: 0.52 ± 0.04
- 軌道傾斜角: $59.3 \pm 0.7^\circ$
- 昇交点経度: $88.5 \pm 1.5^\circ$

A0535+262の軌道要素

- 軌道周期: 110.24 日
- 離心率: 0.47
- 軌道傾斜角 $\sim 30^\circ$
- 昇交点経度 135°

- 🌿 1970年代、2009年-2013年にX線で活発



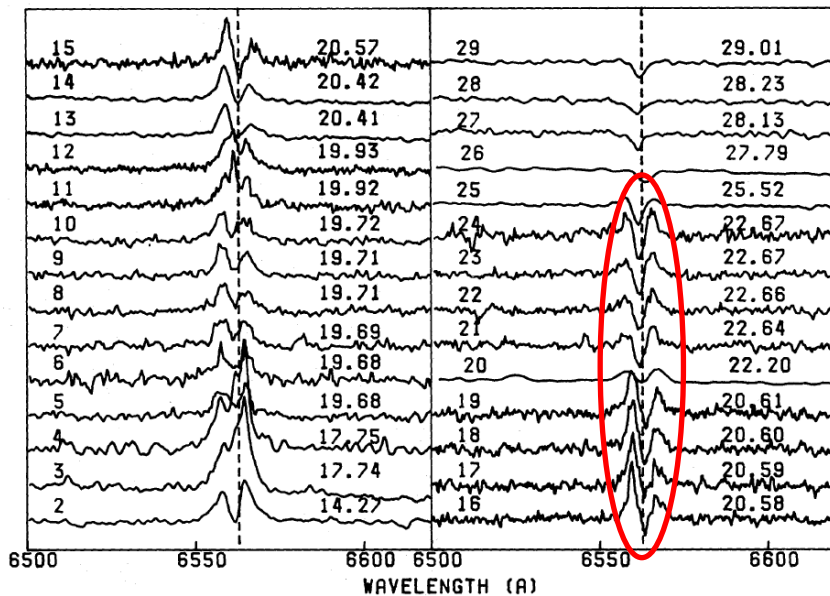
Outburst (1970 – 80年代)

❁ 1970年代にoutburst

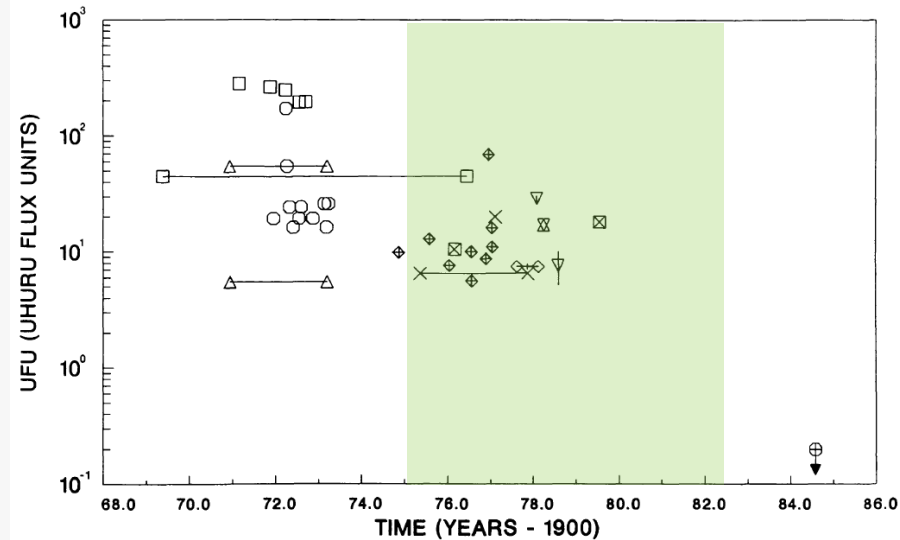
❁ 1980年代頭には静穏期に移行

❁ H α 線の変化

(Corbet+ 1986 MNRAS, 211, 961)



(Corbet+ 1986 MNRAS, 211, 961)



○ ...OSO-7 △ ...UHURU ◆ ...ARIEL × ...SAS3
 □ ...VELA 5B ◇ ...HEAO1-A1 ▽ ...HEAO1-A4 ⊠ ...COPERNICUS
 ⊗ ...HEAO1-A2 ⊕ ...EXOSAT

1970、1980年代のGX304-1のX線活動
 (Pietsch+ 1986, A&A 163, 93)

❁ 輝線から吸収線へ:
 Be diskの消失

❁ shell line:
 Edge-on ($i_{\text{disk}} \sim 90^\circ$)
 ... misaligned

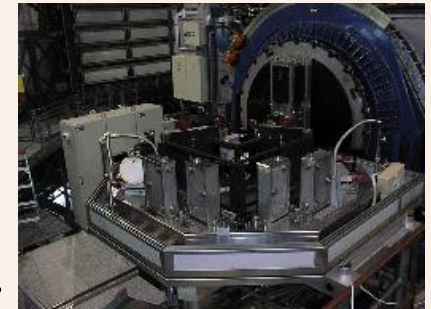


Outburst (2009年以降)

- ❁ 30年ぶり
- ❁ 2010.8 ~ bright outbursts
- ❁ 2012.01 ~ 複数のpeak
 - 位相にずれ
- ❁ 可視光高分散分光観測

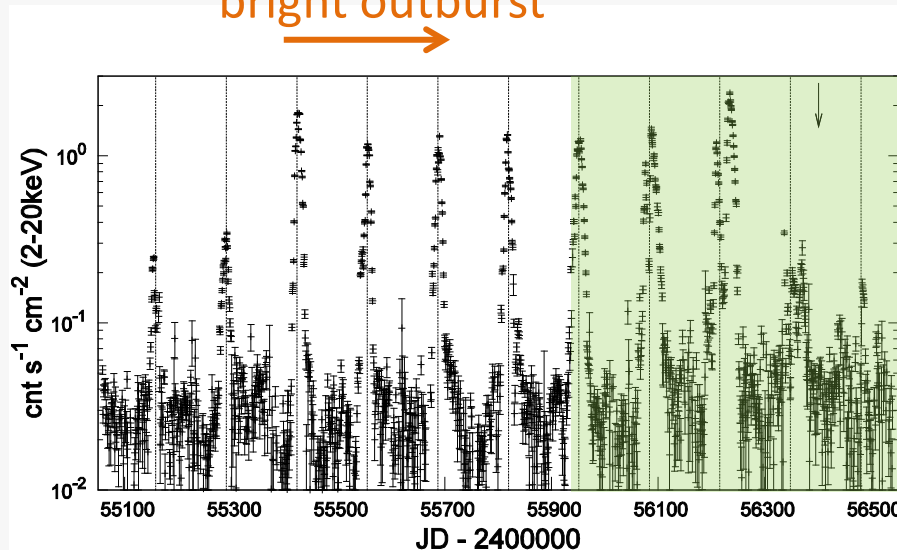
ESO/UVES

- 2013.04.19
- 0.4 – 0.9 μm
- $R \sim 80,000$
- 露出時間 : 1hr

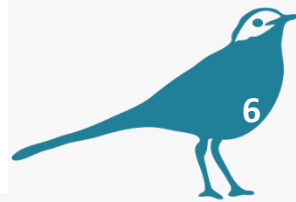
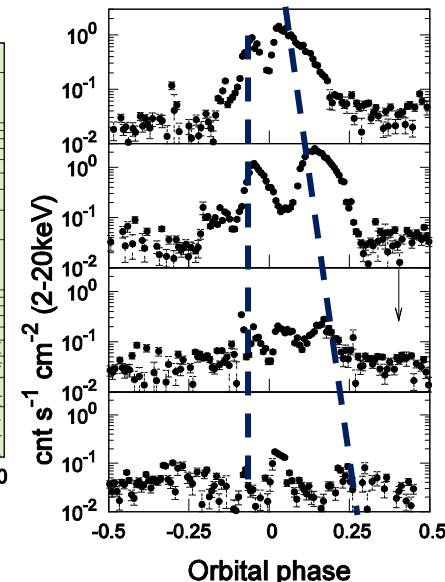


Pipeline を使用して整約

bright outburst



MAXIによる光度曲線



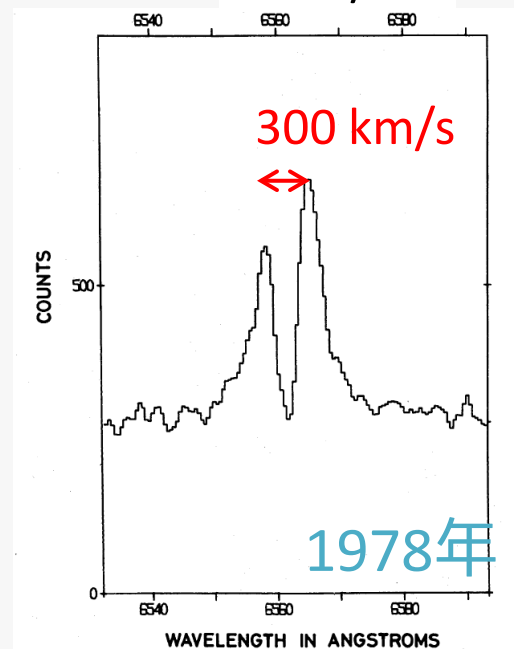
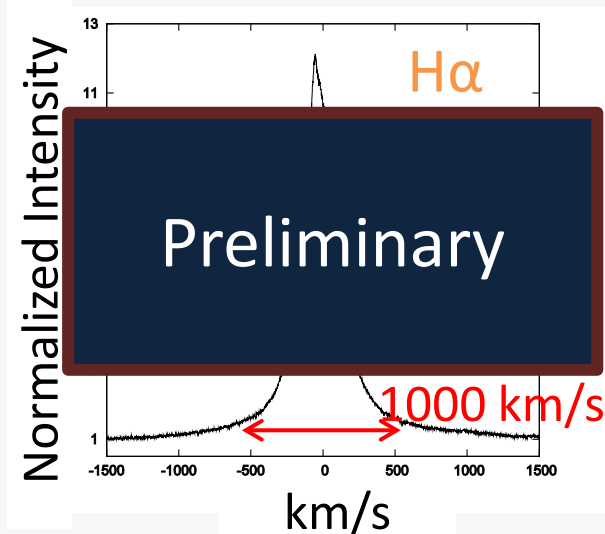
観測されたスペクトル 1/2

🌿 Balmer線: 非常に強い輝線

- 1970年代とは大きく異なる
 - shell line (double-peak, 中心に深い吸収)
- single-peak
- 広がったwing
(特に赤い方側にのびている)

🌿 等価幅(EW):

- H α : -84 Å
- H β : -22 Å
- H γ : -2.8 Å



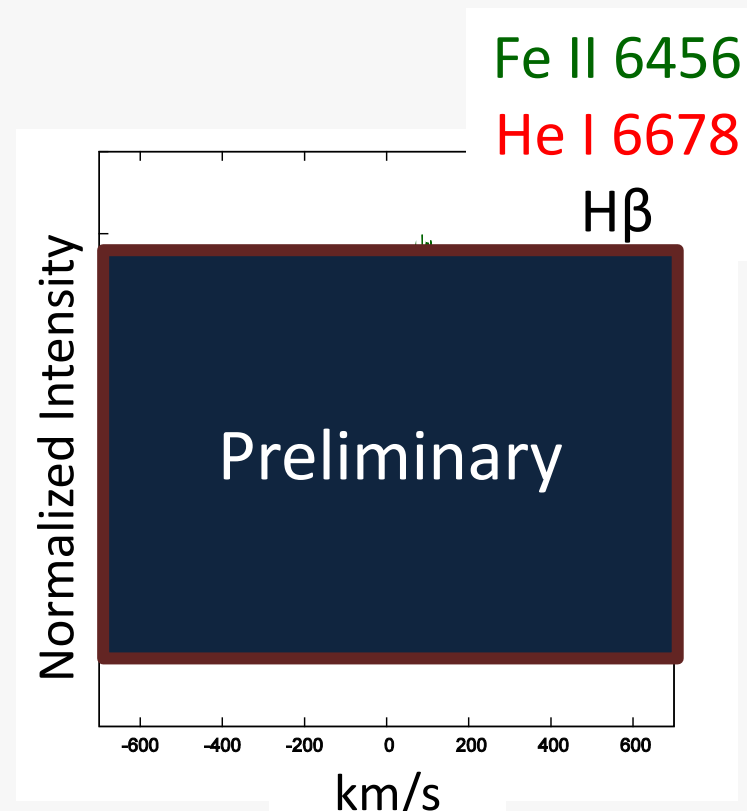
観測日: 1978.02.26
(Parkes+ 1980, MNRAS, 190, 537)



観測されたスペクトル 2/2

❁ 輝線ごとの見え方の違い

- H I: single-peaked
- He I: triple(?) -peaked
- Metal: double-peaked (shell?)

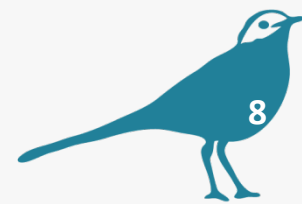


❁ Peak Separation

- Fe II $\sim 250/\text{sini}_{\text{disk}}$ km/s
- He I $\sim 130/\text{sini}_{\text{disk}}$ km/s
 $84/\text{sini}_{\text{disk}}$ km/s

※赤側2つ

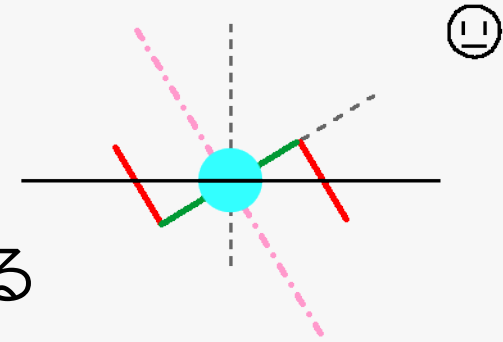
比較しやすいように輝線ごとにスケールを変え、y方向にoffsetをいれている。



Be星ガス円盤の様子

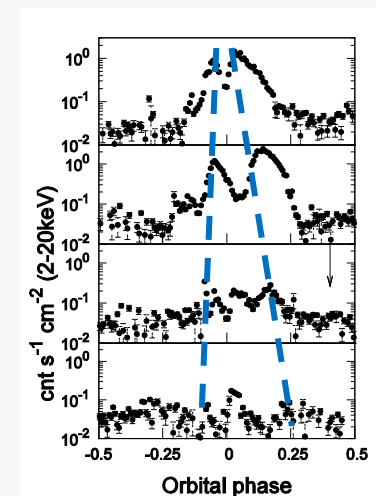
❁ 輝線ごとの見え方の違い

- i_{disk} 一定ではない
 - ... He I, H I放射域がRoche lobe 半径を超える
 - Roche lobe半径(@近星点): $9.7 R_*$
($M_* = 10M_{\text{sun}}, R_* = 6R_{\text{sun}}, M_{\text{NS}} = 1.4M_{\text{sun}}$)
 - Fe II: $\Delta p = 0.86 * V \sin i_{\text{disk}} + 21$ (Arias+ 2006, A&A, 460, 821)
... $4 R_* * * (\sin i_{\text{disk}})^2$
 - He I: $130 \text{ km/s} \Leftrightarrow 150 R_* * * (\sin i_{\text{disk}})^2$
- 毎週outburstが起きてもおかしくない
→ Be diskの角度 i_{disk} が半径によって異なる



❁ Outburst peakの移動

- Peak ... Be diskと軌道面が交わる
- i_{disk} の変化を示唆?



まとめ

- ❁ Be/X線連星ではBe星ガス円盤の構造の変化とX線の活動性に大きな関連性がある。
- ❁ GX304-1は2009年以降outburstを繰り返している。
- ❁ 特に、2012.01以降は複数のpeakを持ったoutburstが観測されている。
- ❁ 可視光高分散分光観測を行った結果、強い輝線が検出された。
- ❁ 単純なKepler 回転円盤ではない
 - 半径毎に異なる傾斜角 i_{disk} を示唆
 - 傾斜角 i_{disk} の変化(歳差)を示唆

