

Be/X線連星 A0535+26におけるX線 normal outburst 直後の変動

京都大学 森谷 友由希

野上大作(京都大学)、岡崎敦男(北海道大学)
今田明、神戸栄治(OAO)、本田敏志、橋本修(GAO)
定金晃三(大教大)、平田龍幸

abstract

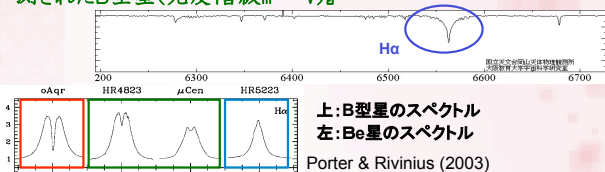
- Be/X線連星 A0535+26/V725 Tau を2008年末～2009年始にかけて起きたX線normal outburst 中にHIDESでモニター観測をした
- H α 線、H β 線profile に中性子星とBe星ガス円盤との潮汐相互作用による変動が見られた

Talk Plan

1. Introduction
 - Be星、Be/X線連星
2. Observation
3. Results
4. Discussion

(古典的)Be星: B型輝線星

- (古典的)Be星: 『過去に1度でもBalmer系列線が輝線として観測されたB型星(光度階級III～V)』

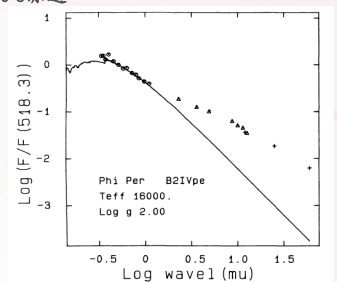


- このようなスペクトルが観測される理由は...



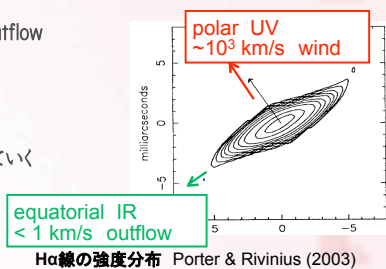
Be星の観測的特徴

- 吸収線(photosphere) + 輝線(Be disc)
- 吸収線は浅く広がっている
 - 高速で自転... $V \lesssim$ 数100 km/s @赤道
 - $V/V_{\text{crit}} \sim 0.7 - 0.8$
 - 重力 $\sim$ 遠心力
- IR-excess
- 偏光
- profile 変動
 - day $\sim$ decades
 - 輝線の消失・再現



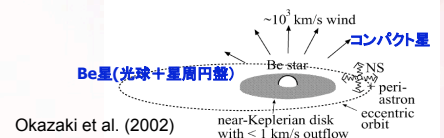
Be discの由来

- 高速自転 ($V/V_{\text{crit}} \sim 0.7 - 0.8$)
 - 赤道方向: 重力 $\sim$ 遠心力
- 極方向は高速のwind
- 赤道方向は低速のoutflow
 - 非動径振動?
 - その他
- Viscous decretion disc
 - ガスが粘性で広がっていく (Lee et al. 1991)



Be/X線連星

- Be星+コンパクト星(主にNS)の連星系: 2 disc
- 軌道離心率が小さくない(≥ 0.3)
- Be星ガス円盤 $\rightarrow$ NSに質量輸送: X線輻射
- Transientが多い。2種類のX線outburst:
 - normal outburst ($< 10^{36-37}$ erg/s at 1-20keV): 軌道位相依存性あり(近星点通過後)
 - giant outburst ($> 10^{37}$ erg/s at 1-20keV): 軌道位相依存性なし

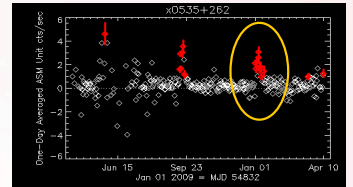


motivation

- Be/X線連星におけるBe 星ガス円盤の変動を捉える
 - 可視光分光観測
 - 可視光での輝線: Be 星ガス円盤を見ている
- 短期間変動($\leq$ week)
 - Be 星ガス円盤と中性子星との潮汐相互作用
 - 中性子星の近星点通過後
- 長期間変動($\geq$ year)
 - Be 星ガス円盤における変動
 - 円盤内に global one-armed oscillation による密度波の伝搬
- 1週間~10日間にわたる密な観測を繰り返して様々な時間尺度の変動を捉える!

A0535+262/ V725 Tau

- 1975年、Ariel V衛星 (Rosenberg et al. 1975)
- Be/X線連星: NS + O9.7IIIe
- X線 normal outburstの間隔から推定される連星軌道周期 $\sim 111 \pm 1$ days
- 軌道離心率 ~ 0.47
- giant outburst は5回
 - 1975年、1980年
 - 1989年、1994年
 - 2005年
- normal outburst



<http://xte.mit.edu/asmic/ASM.html>

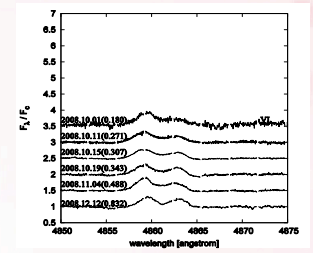
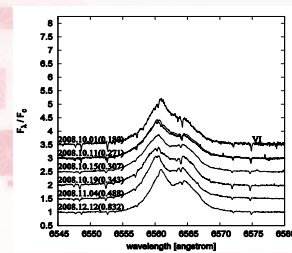
observation

- 岡山天体物理観測所/HIDES & ぐんま天文台/GAOES
- 2008.10.01、10.15にToO観測 at OAO
- 2008.12.25 - 2009.01.12 に共同利用観測+年末年始
- 2009.03.12 ぐんま天文台で追観測
- 露出時間 1800 - 7200 s
- 分散 30,000 - 60,000
- S/N ≥ 100
- Be/X線連星を、高分散で密に分光モニター観測しているのは(今のところ)我々だけ
- 2005年からの観測で、500日の準周期的なprofile変動

(Moritani et al. submitted to MNRAS)

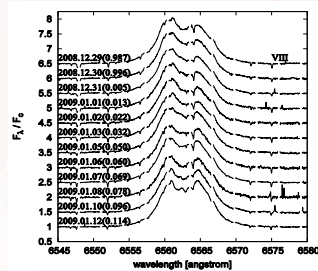
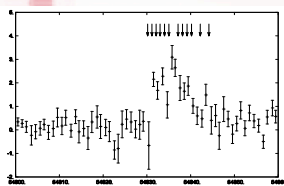
result - 2008.10

- 2008.10.01&10...ToO観測、以降はぐんま天文台で追観測
- 2008.10.01と2008.10.10(位相 ~ 0.2)の間で目立った変化なし⇒変化はこれより前に起こる



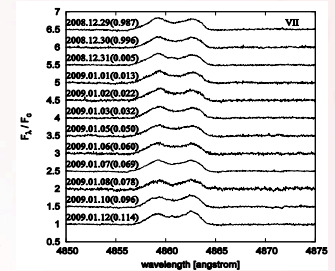
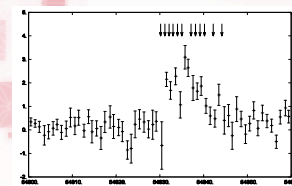
result - H α 線

- 2008.12.29 - 2009.01.12
- 徐々にV > R からV $\sim$ R に...500日のprofile変動
- 2009.01.05 (outburst のpeak 後)中央部分に明るい部分が出てきている



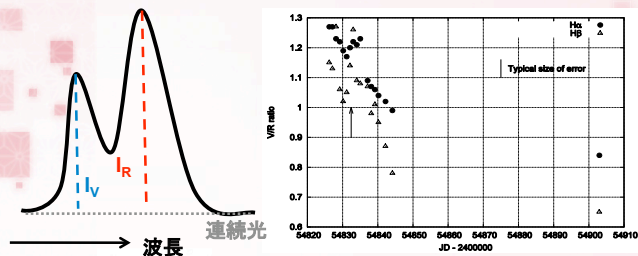
result - H β 線

- 2008.12.25 - 2009.01.12
- H α 線と連動したprofile変動: 徐々にV > R からV < R



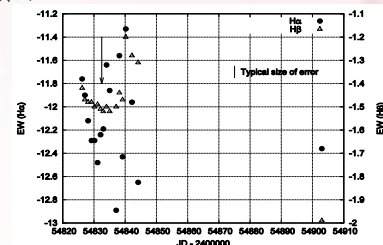
result - V/R ratio

- V/R ratio I_V / I_R
- outburst 付近で変化
- ~1週間で変動が収束しているのかは不明



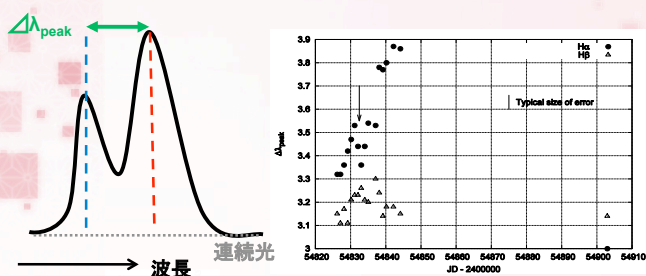
result - Equivalent Width

- Equivalent Width
- 全体的にはEWの値が小さくなる...discの密度が高く or 半径が大きくなっている
- outburst 中はばたつく傾向



result - peak separation

- peak separation $\Delta \lambda_{\text{peak}}$
- outburst 前は増加...半径が小さくなる
- outburst 中は1度減少して再増加、更に減少



discussion

- H α 線のprofileはX線のflux peak 付近から形が変わっている
- V/R 比、EW、 $\Delta \lambda_{\text{peak}}$ はnormal outburst 開始付近から変動が見られる。
- 変動の継続時間...1週間~10日以上?
- 中性子星とBe 星ガス円盤との潮汐相互作用により円盤の密度などに摂動が加わったのでは
- 摂動は円盤の外側

summary & future work

- Be/X 線連星A0535+26を2008年末のX線normal outburst 中にHIDESでモニター観測をした
- X線normal outburst 中にH α 線、H β 線のprofile に変動が見られた
 - V/R ratio、EW、 $\Delta \lambda_{\text{peak}}$
- 変動を最後まで捉えられていない=> 2009.12のnormal outburst 時期に再観測(共同利用観測)
- 潮汐相互作用によってprofileがどのように変動するかをシミュレーションすることを検討中(岡崎)