Transient 天体の高時間分解能観測
Be/X線連星A0535+26のoutburst時の高分散分光観測

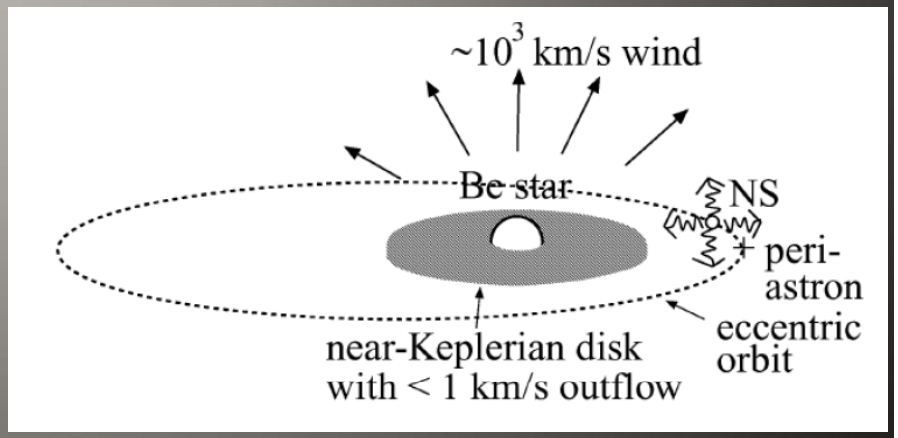
京都大学　森谷　友由希

野上　大作(京都大学)、岡崎　敦男(北海学園大学)、今田　明(OAO/NAOJ)、神戸　栄治(OAO/NAOJ) 、本田　敏志(ぐんま天文台)、橋本　修(ぐんま天文台)

- X線連星系のモニタ観測の一例を紹介
- 大口径望遠鏡＋高分散分光装置で可能になること、期待すること

Be/X線連星

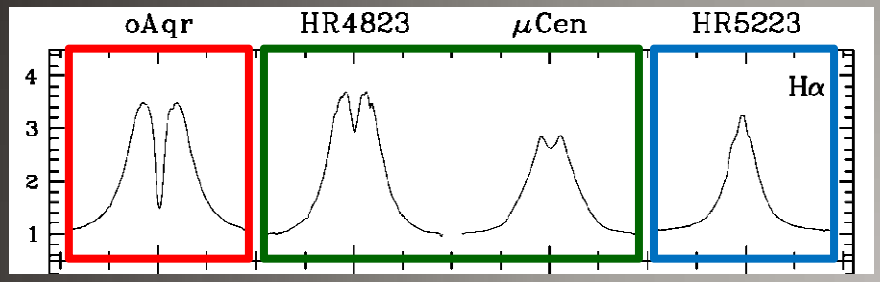
- Be星(B型輝線星)+コンパクト星(中性子星) : 2 disc
- HMXRBの大部分を占める
- 軌道離心率が小さくない=> transient X-ray source
  - normal (type I) outburst ($10^{36\sim37}$ erg/s at 2 -10 keV)
    …近星点通過後に起きる
  - giant (type II) outburst (> 10^{37} erg/s at 2 -10 keV)
    …軌道位相依存性はない
- Outburst の原因：
  Be星からコンパクト星への
  質量輸送(詳細は未解明)

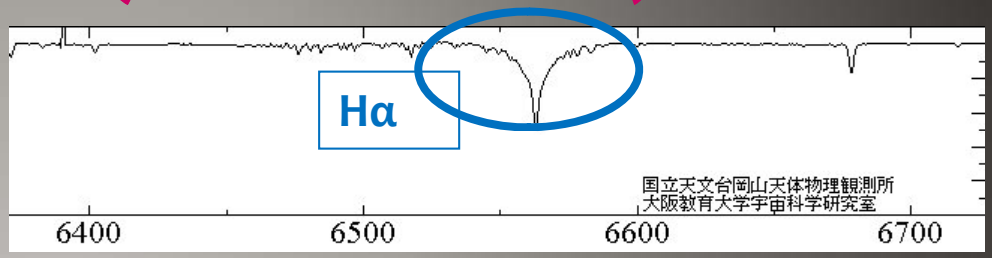


Be/X線連星の模式図(Okazaki+ 2002)

Be星

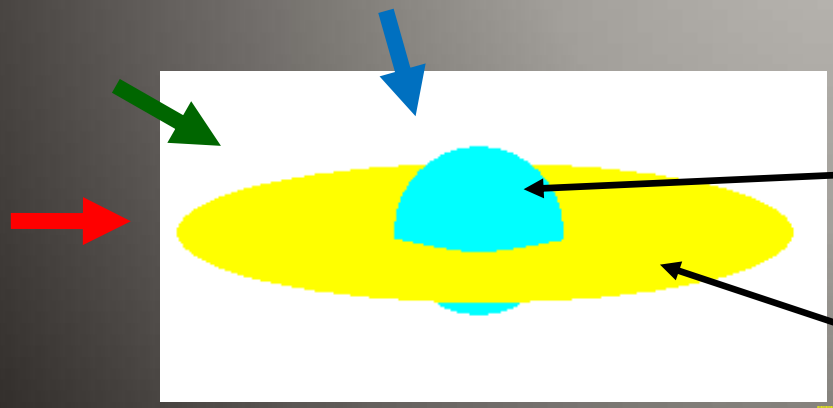
- (古典的)Be星：『過去に1度でもBalmer系列線が輝線として観測されたＢ型星(光度階級III ～V)』





Porter & Rivinius (2003)　右：B型星のスペクトル、左：Ｂe星のスペクトル

- この様なスペクトルが観測される理由は…



photosphere ⇒吸収線

＋

Be 星ガス円盤 ⇒輝線

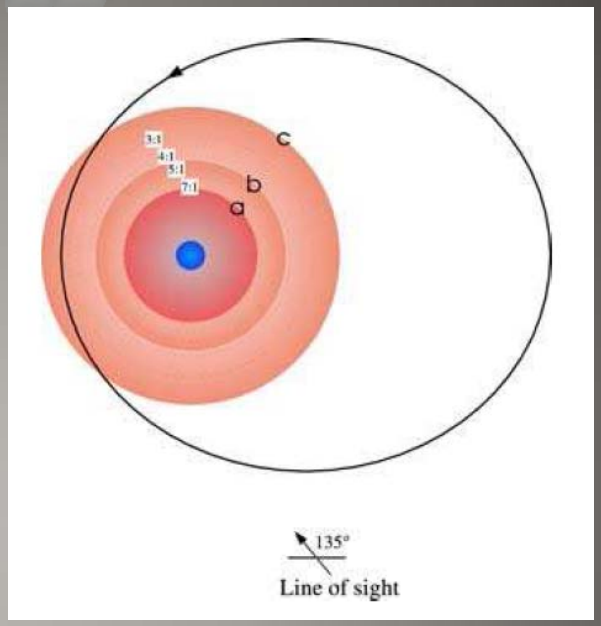
赤道方向の弱いoutflow(< 1km/s)+粘性で円盤が形成

観測のmotivation

- 連星系におけるBe星ガス円盤の物理を解明する
- 短期間(1軌道周期未満)～長期間(数年以上)
- 可視光(～赤外)観測：
  - コンパクト星+降着円盤からの寄与は無視できる
- 高分散分光(R>50,000, S/N~100)：
  - 円盤の細かい描像、特にコンパクト星との相互作用が期待される円盤の外側の観測
- 1軌道周期未満のBe星ガス円盤の変動に着目しているのは我々のグループのみ

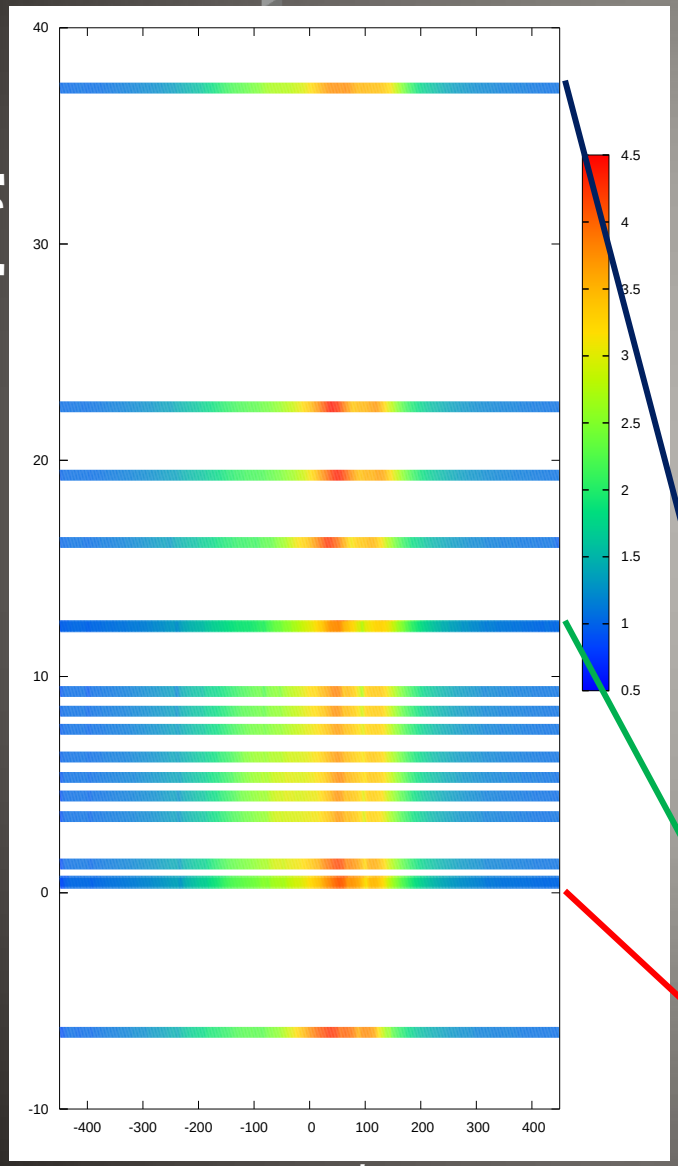
target : A0535+26/V725 Tau

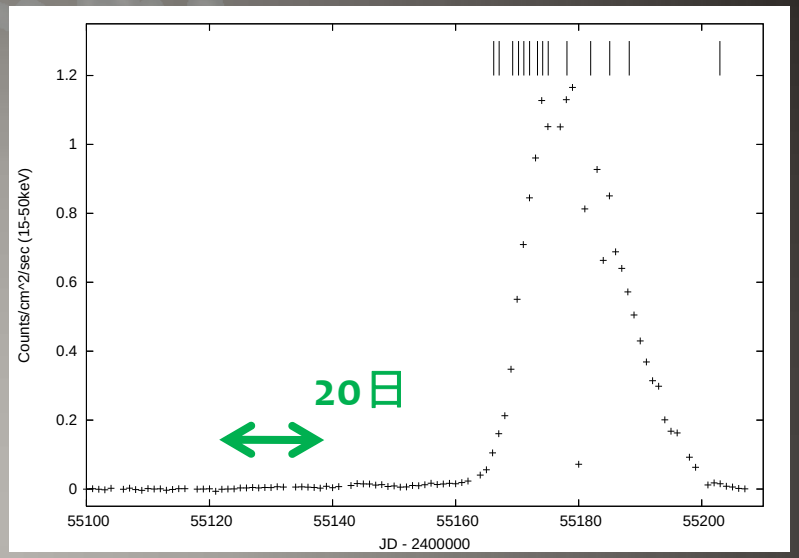
- O9.7IIIe + NS, V = 8.9 mag
  - …中口径ではこれが限界の明るさ
- 軌道離心率：～0.47
- 軌道周期：110.2 days
- 中性子星：103 s pulsar
- 長期モニター観測：
  - OAO/HEDES、およびGAO/GAOES
  - 2009.01のnormal outburst
  - 2009.12のgiant outburst
- 中口径：(どちらかといえば)モニター観測をしやすい



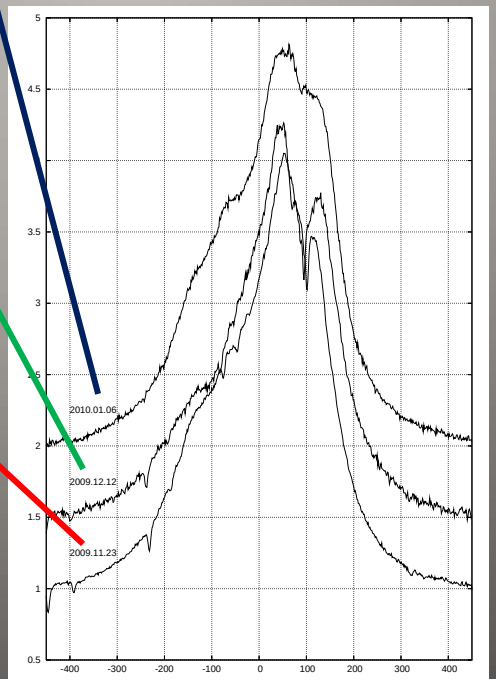
A0535+26 の模式図
Coe+ (2006)

Results：Giant outburstの様子





Giant outburst時の
Swift/BAT の光度曲線
(5 – 15 keV)



収束後

ピーク

立上り始め

Hα線の時系列

観測結果のまとめ

- Outburst の立ち上がりから終わりまでを観測
  - Line 中心部の明るい部分+Keplar-like double peak
  - 赤側から青側にかけて強い部分が移動
  - 1日でprofileに変化が見られることも

  - 現在はoutburst 前と同じ様な状態：
    - …まだBe星ガス円盤の活動性は高い

- Outburst中の高分散観測例は<u>今回が最初</u>
  - 観測例を増やしたいが中口径では現状殆ど不可能：
    - 観測できる適切な天体がない

大口径＋高分散分光で可能になること

- 集光力を活かして…
  I. より多くのtargetを観測
  II.より短い時間変動観測

より多くのtargetを観測

- Outburst 時の可視光高分散分光観測例は少ない
  - Normal outburst：1例
  - Giant outburst：1例
- 今回観測された変動がたまたまなのか典型的なものなのかを解明するにはデータが足りない。
- しかし、観測サンプルを増やすには、中口径望遠鏡では限界がある

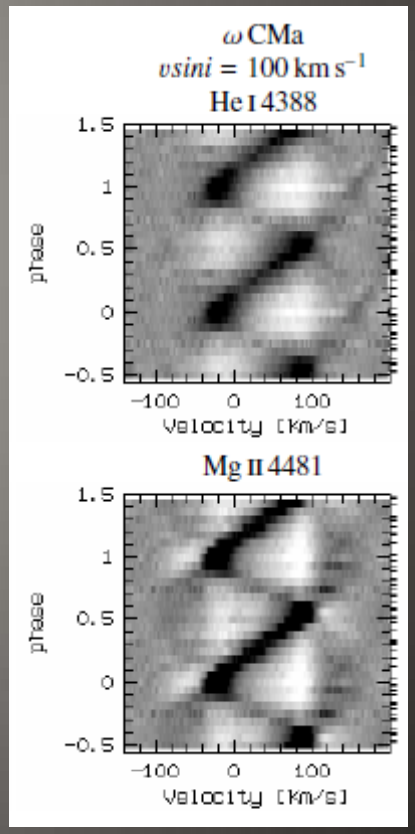
主な観測候補天体(北天のBe/X線連星)

天体名	V等級[mag]	軌道周期[日]	軌道離心率
0115+634	15.5	24.3	0.34
0331+530	15.7	34.3	0.3
A0535+262	8.9	110.2	0.47
J1946+274	15.8	169.2	0.33
2030+375	19.7	46.3	0.41
J2103.5+4545	14.2	12.67	0.4

- A0535+26よりも周期が短い+暗い
- 候補天体を観測するには大口径望遠鏡でないと現実的ではない(8m級も厳しい?)

より短い時間変動を観測

- ＜1日の時間変動
- Be星では非動径振動も観測されている
  - 例：ω CMa
    周期は1.37[days]
  - V<= 6mag の明るい天体中心
  - R~20,000程度



ω CMa のNRP の様子。振動の周期=1.37[days]
(Rivinius +2003)

期待すること

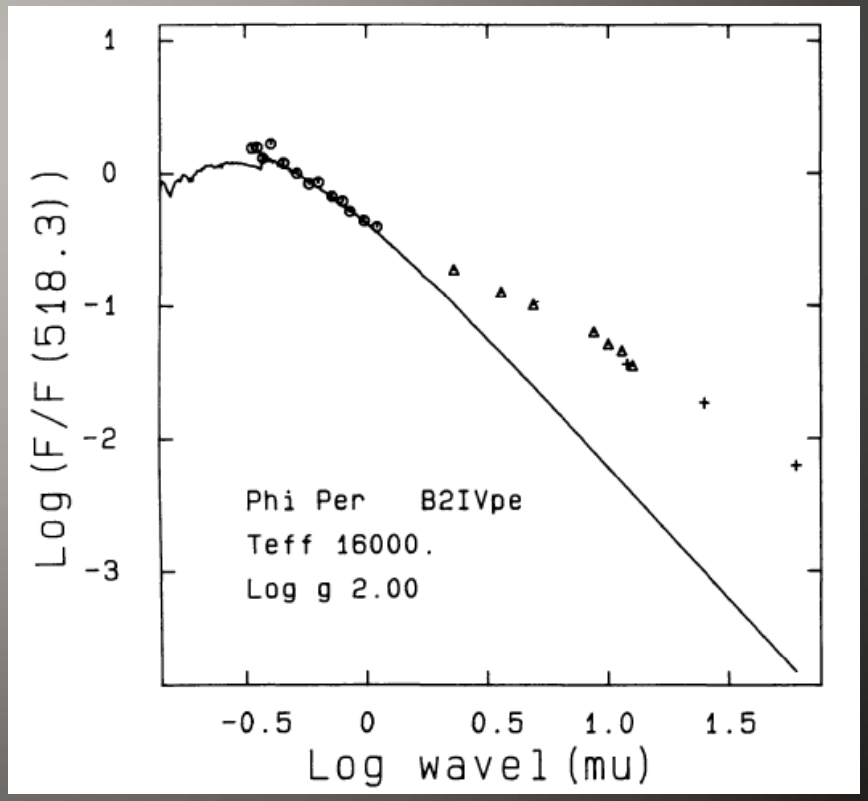
- 大口径望遠鏡とモニター観測
  - モニター観測は大口径望遠鏡には不向き
    - 占有時間
    - 他の観測との兼合い
- 1回の観測は1~2時間以内で出来る(波長カバーが充分であれば)
  - サービス観測・キュー観測の充実化

まとめ

- Transient 天体の高時間分解能観測
  - Be/X線連星A0535+26/V 725 Tauのモニター観測
- Outburst 中の観測に初めて成功したがサンプルを増やすには中口径では限界がある
- 大口径望遠鏡に期待したいが、『短い時間を沢山』というモニター観測はできるのか？

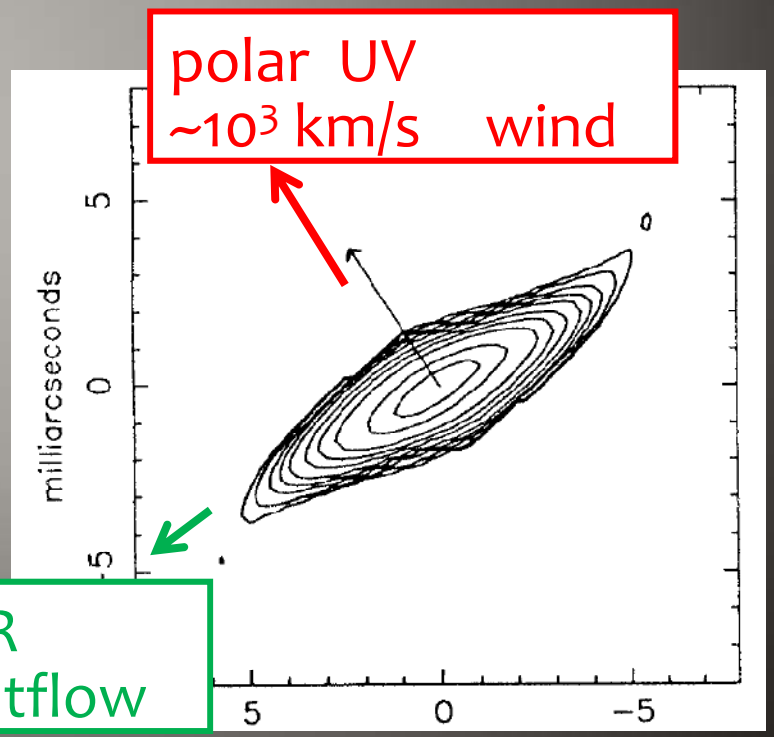
Be星

- 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 ≲ 数100 km/s @赤道
  - $V/V_{crit} \sim 0.7 - 0.8$
  - 重力〜遠心力
- IR-excess
- 偏光
- profile 変動
  - day ~ decades
  - 輝線の消失・再現



Be星

- 極方向に高速のwind (UV)
- 赤道方向に低速のoutflow (Opt ~I R)
  - 非動径振動？
- Viscous decretion disc
  ...ガスが粘性で広がっていく
  (Lee et al. 1991)
- 偏光
- profile 変動
  - day ~ decades
  - 輝線の消失・再現



Hα線の強度分布 Porter & Rivinius (2003)