

せいめい望遠鏡によるブラックホール X 線連星 MAXI J1820+070 の分光観測

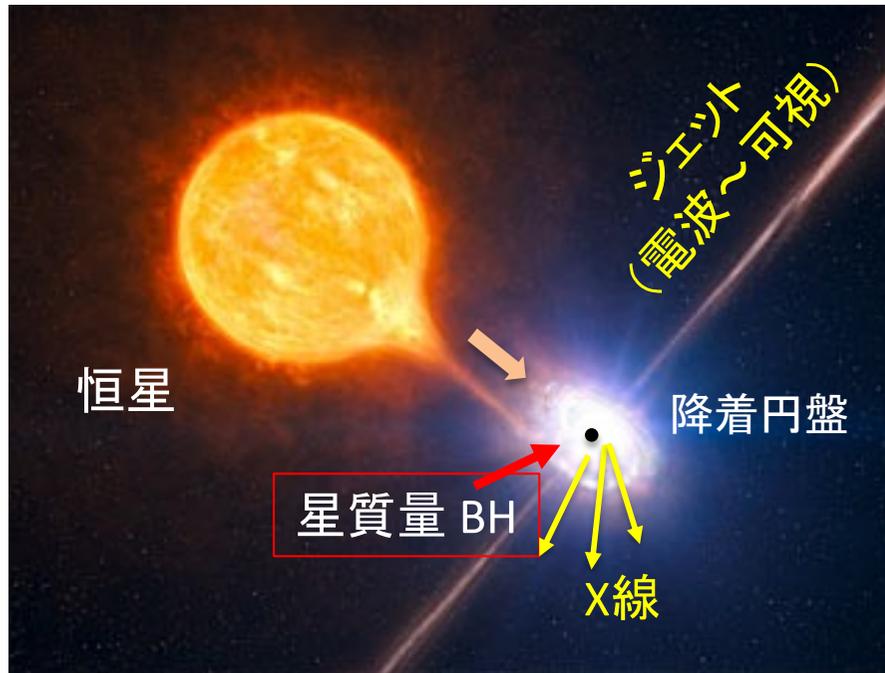
志達 めぐみ (愛媛大)

Co-I:

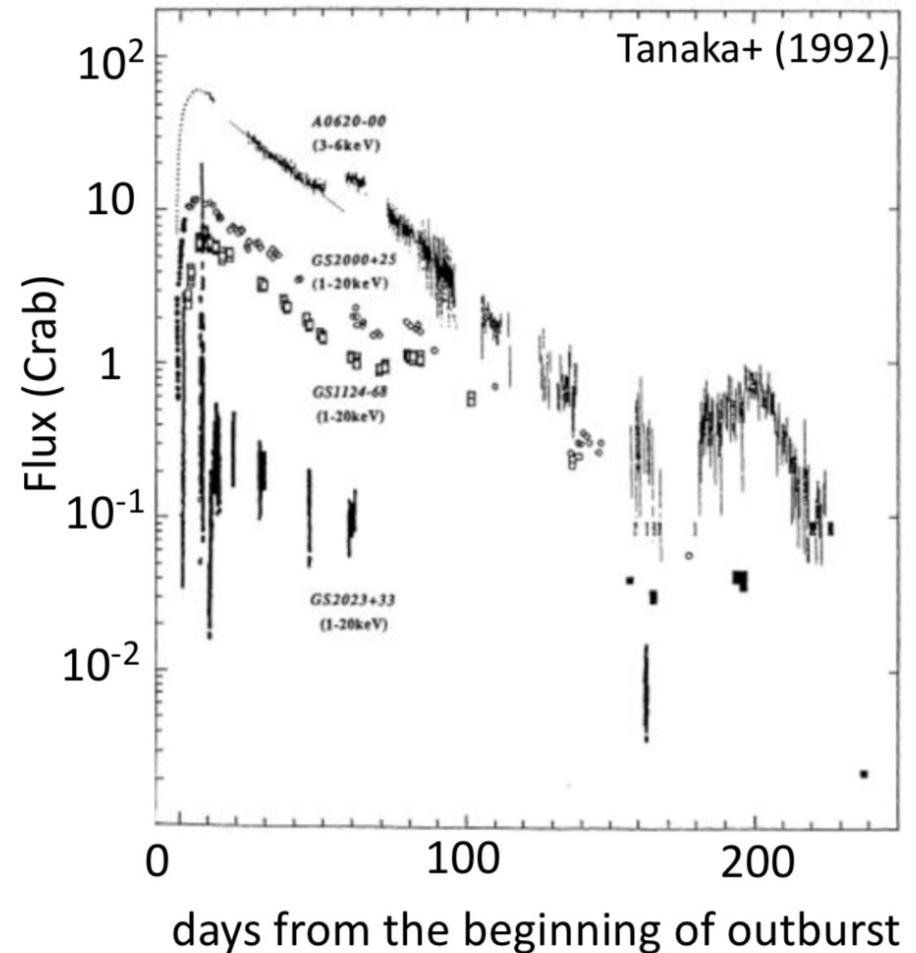
村田 勝寛 (東工大)、上田 佳宏、野上 大作、吉武 知紘、
磯貝 桂介 (京大)、前原 裕之 (国立天文台)、河合 誠之 (東工大)、
根來 均 (日大)、三原 建弘、木邑 真理子 (理研)、中平 聡 (ISAS/JAXA)



ブラックホール (BH) X 線連星



アウトバースト時の
ブラックホール X 線連星の X 線光度曲線

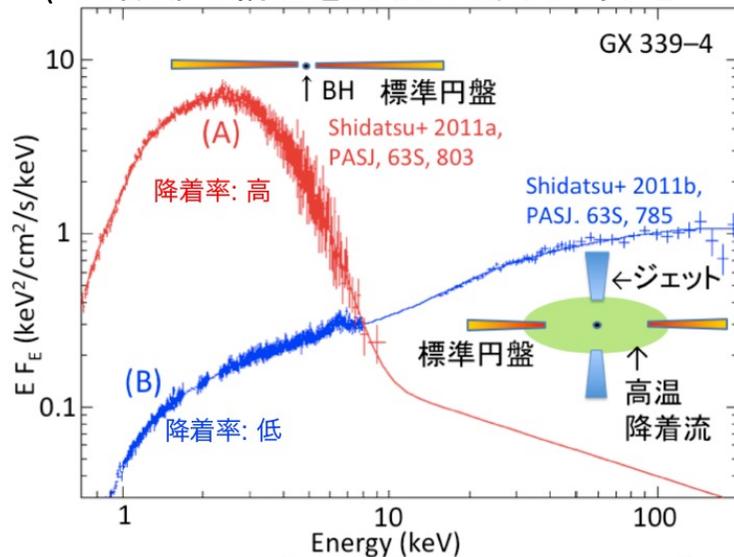
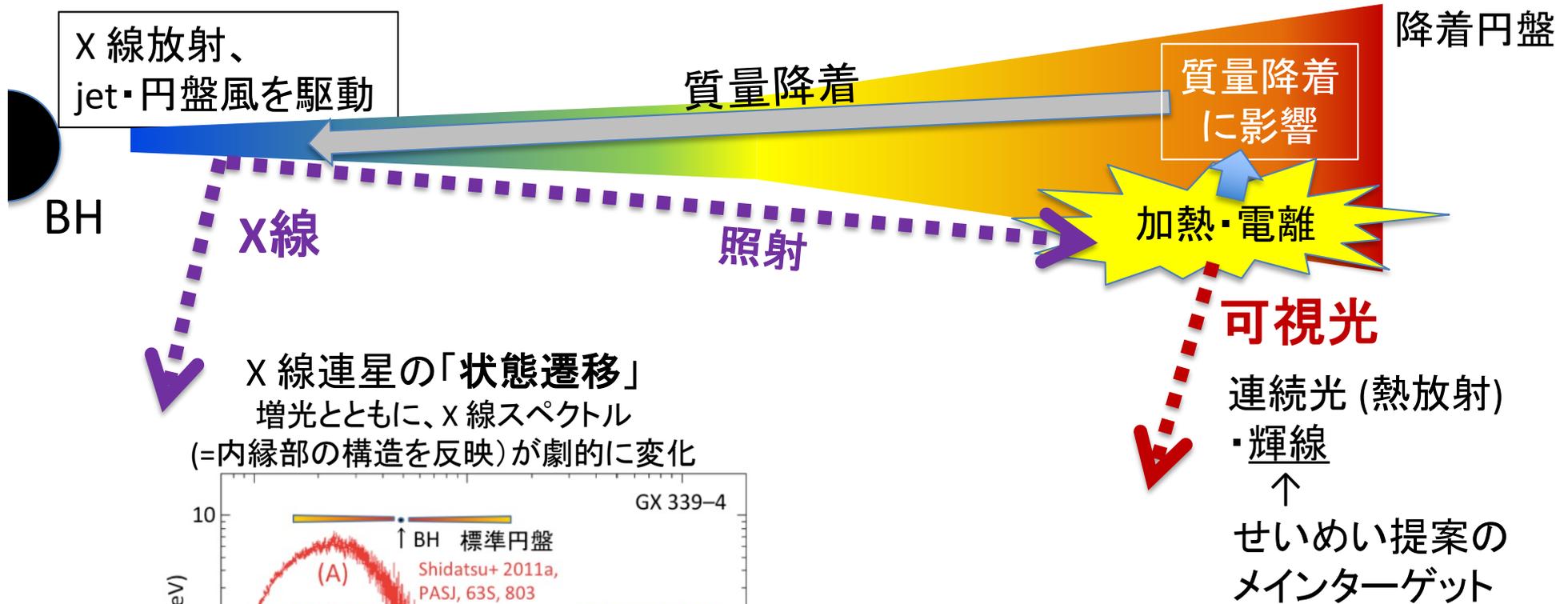


伴星が低質量 (O, B 型星以外) の
低質量 X 線連星は
突然アウトバーストを引き起こし
X 線光度が数桁変化

-> BH 降着・噴出流の物理を
非常に幅広い質量降着率の範囲で調査可能

観測の動機: 降着円盤全体の構造の理解

BH 降着・噴出流の物理の完全理解のためには
降着円盤全体の理解 (多波長観測) が必須！！

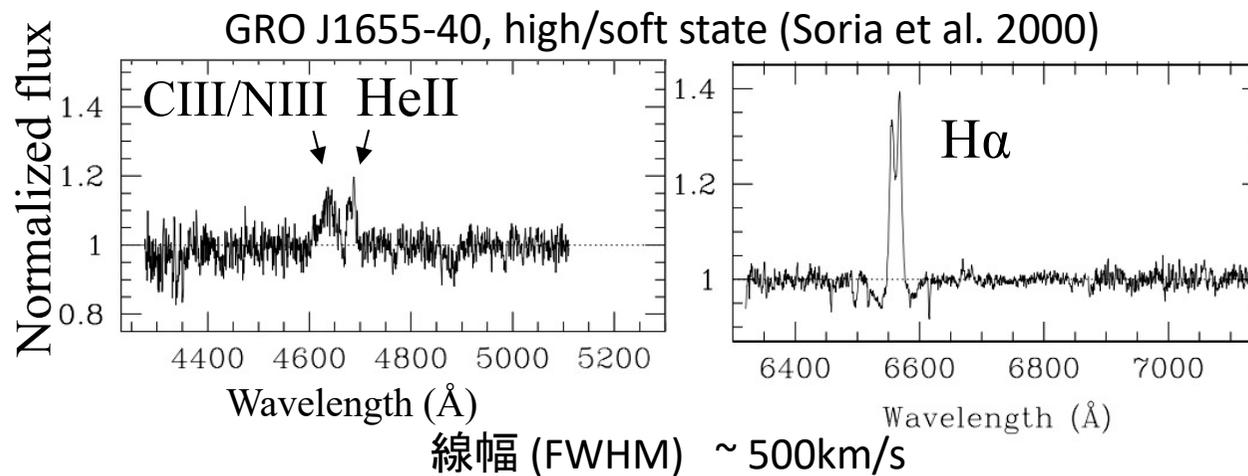


円盤内縁部の構造とその変化は、
 X線観測から理解されつつあるが、
 外縁部はよくわかっていない

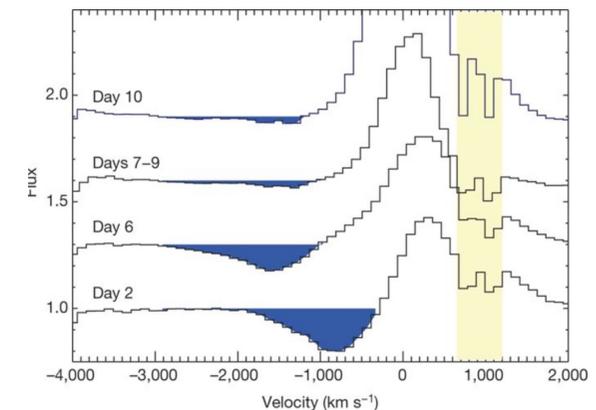
可視光の観測が鍵

観測内容: 全天X線監視装置 MAXI で検出した X線連星のアウトバーストの分光モニタ (ToO観測)

- 可視バンドの実視等級が <17.5 mag で観測開始
- 数日~1週間間隔で分光観測
- 主なターゲット: $H\alpha$ $\lambda 6563$, $HeII$ $\lambda 4686$, etc.



↓円盤風による吸収線
(Munoz Darias+ 2016, Nature)



- 状態遷移の前後では、X線照射の効率が劇的に変わり、輝線の形状も大幅に変化すると期待される
- 円盤風による吸収線が見える可能性もある

これまでのせいめい観測

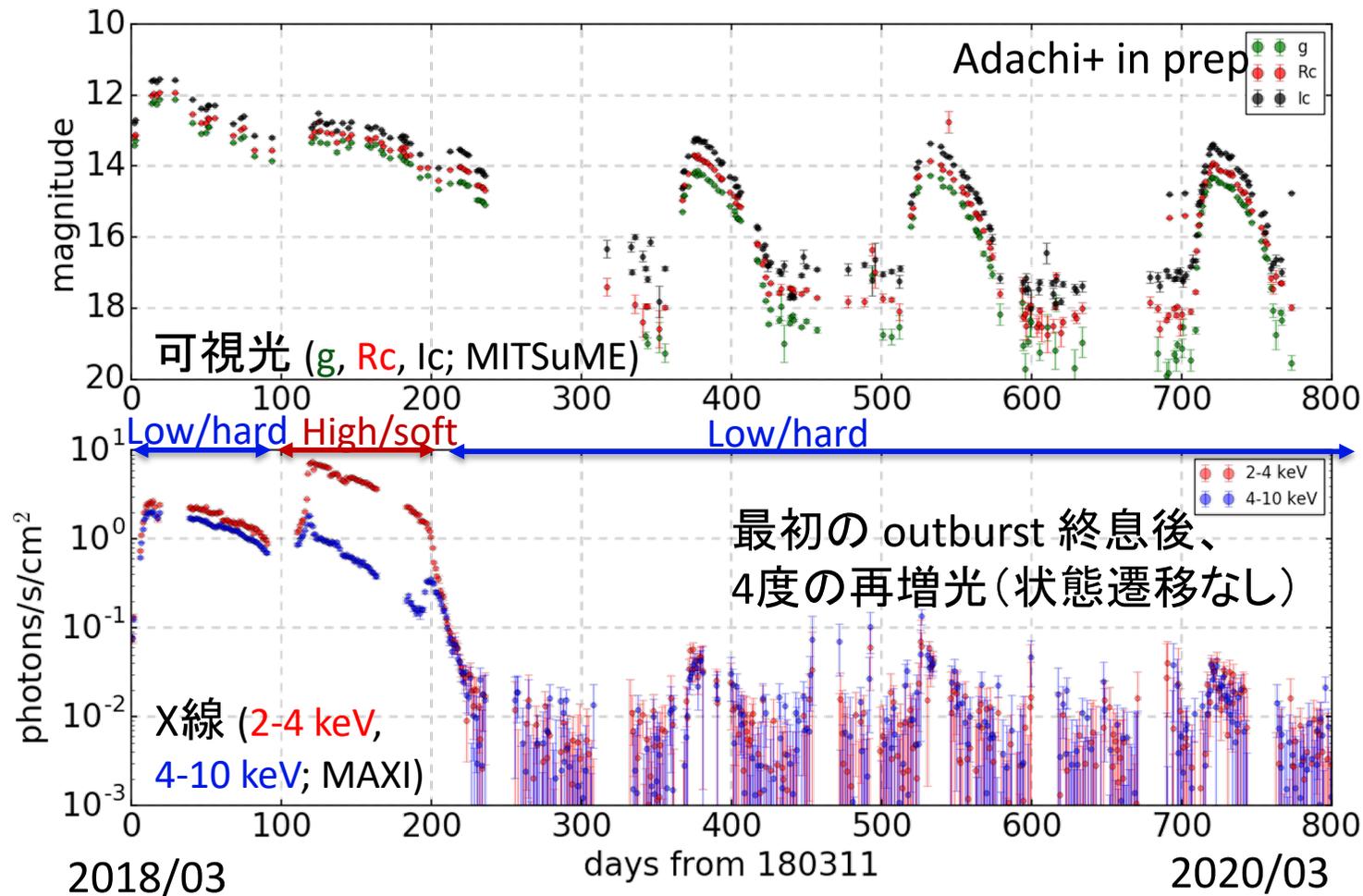
天体名	観測時期
MAXI J1820+070	2019/05 (2回), 2020/02-03 (4回), 2021/03 (1回)
Swift J1357.2-0933	2020/04 (1回)
MAXI J1803-298	2021/05 (3回)
MAXI J1807+132 ^{*1}	2019/09 (1回)
Aql X-1 ^{*1}	2020/03 (1回)

*1: 中性子星 X 線連星

MAXI J1803-298 のみ状態遷移の前後(X線で明るい時期)の観測ができた。
ただし星が非常に混んだ領域で、近傍ソースの混入あり。

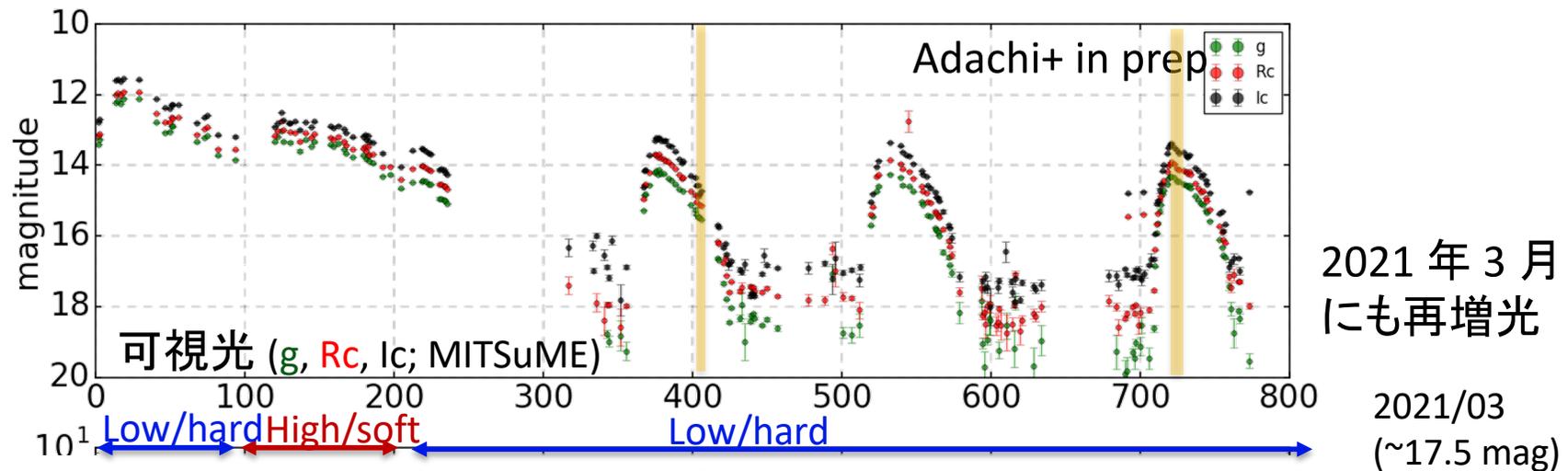
BH X線連星 MAXI J1820+070

- 2018年3月に発見 (Kawamuro+ 2018 ATel #11399, Shidatsu+ 2018, 2019)
- 電波 ~ X線でさかんに観測
D = 2.96 ± 0.33 kpc, $M_{\text{BH}} = 8 \pm 1 M_{\text{sun}}$, $i = 63 \pm 3$ deg,
 $P_{\text{orb}} = 16.87 \pm 0.07$ h, 伴星: M4V (Torres+ 2019, 2020; Atri+ 2020)



BH X線連星 MAXI J1820+070

- 2018年3月に発見 (Kawamuro+ 2018 ATel #11399, Shidatsu+ 2018, 2019)
- 電波 ~ X線でさかんに観測
D = 2.96 ± 0.33 kpc, $M_{\text{BH}} = 8 \pm 1 M_{\text{sun}}$, $i = 63 \pm 3$ deg,
 $P_{\text{orb}} = 16.87 \pm 0.07$ h, 伴星: M4V (Torres+ 2019, 2020; Atri+ 2020)



せいめい望遠鏡での分光観測

2019/05: 2夜 ($L_x \sim 10^{-7} L_{\text{Edd}}$)

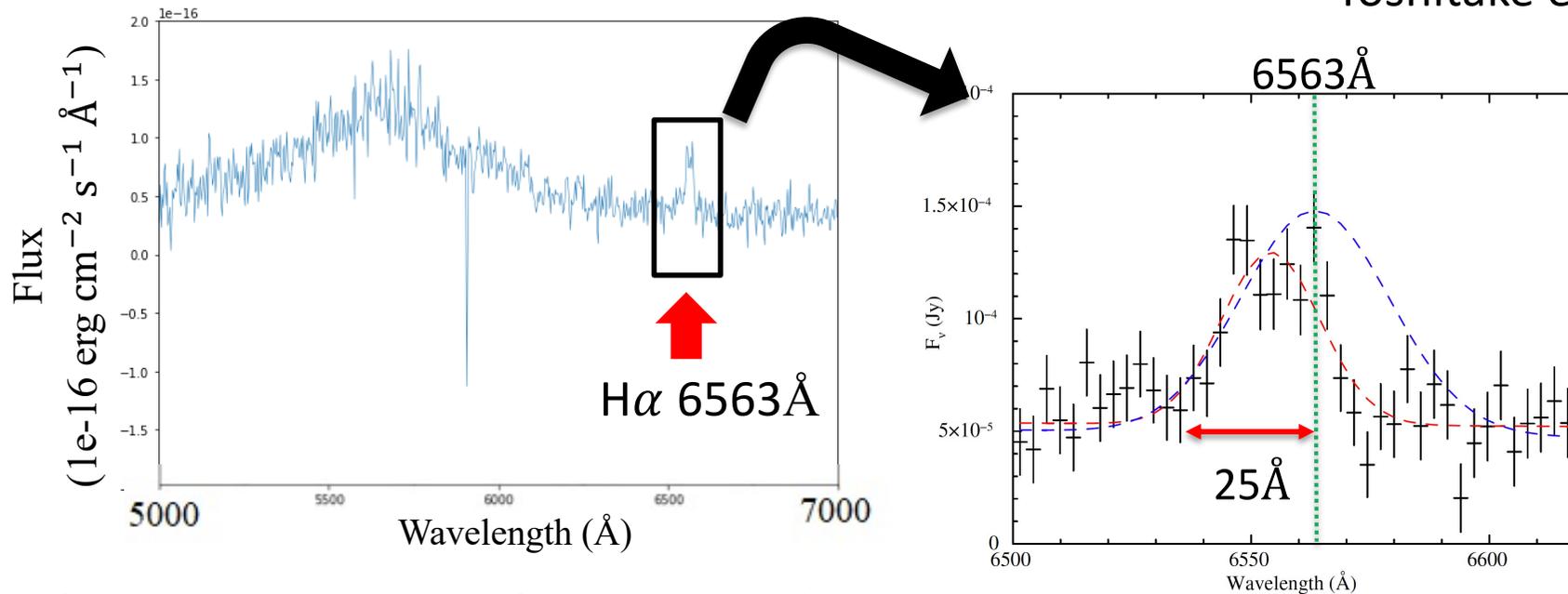
2020/02-03: 4夜 ($L_x \sim 10^{-5} - 10^{-4} L_{\text{Edd}}$)

(L_{Edd} : エディントン光度) 2021/03: 1夜 ($L_x \sim 10^{-7} L_{\text{Edd}}$)

いずれも X線光度が低い時期の観測。状態遷移の時期の観測は未実施

せいめいによる観測 (2019/05/11)

Yoshitake et al. in prep



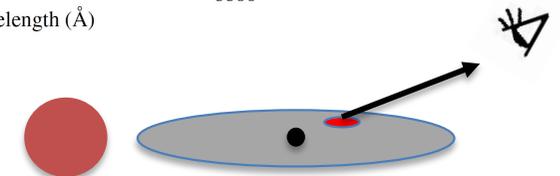
解釈1: blueshiftした幅の狭い輝線

中心波長のずれ $\sim 10 \text{ \AA}$ ($v \sim 460 \text{ km/s}$)

降着円盤のある半径からの一様な放射では説明不可能。

円盤の狭い領域からの放射？

※ systemic velocity + 中心 BH の公転運動の速度: $-40 \sim +15 \text{ km/s}$ ($-0.9 \sim +0.3 \text{ \AA}$)

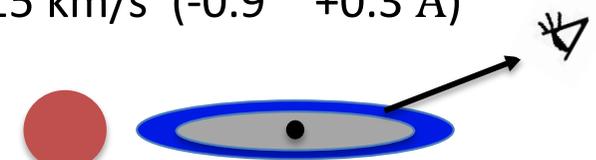


解釈2: red 側で吸収を受けた幅の広い輝線

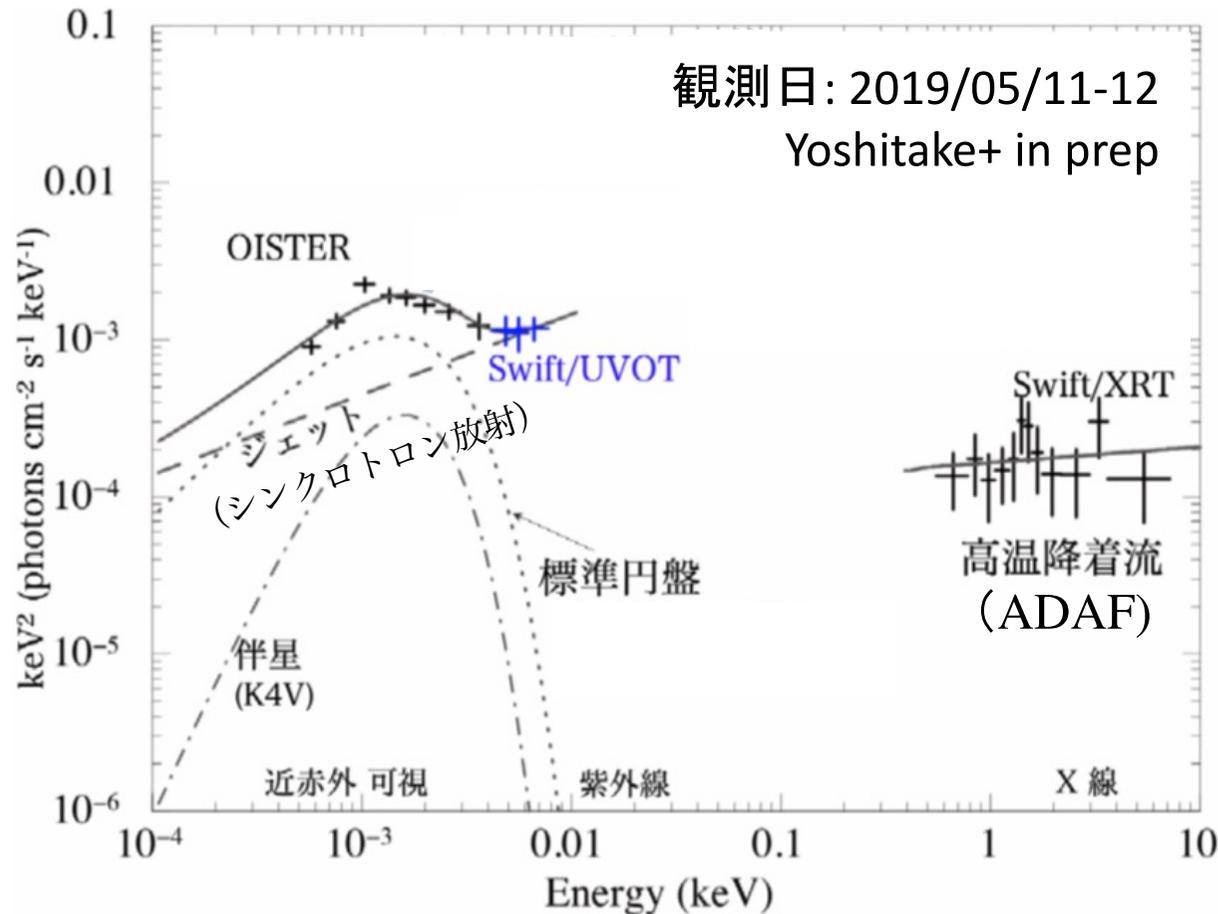
HWZI $\sim 25 \text{ \AA}$ ($\Delta v \sim 1100 \text{ km/s}$)

降着円盤のケプラー回転とすると、半径 $\sim 3 \times 10^4 \text{ km} \sim 10^3 R_s$

HWZI: Half Width at Zero Intensity, R_s : Schwarzschild 半径



同時期の多波長観測

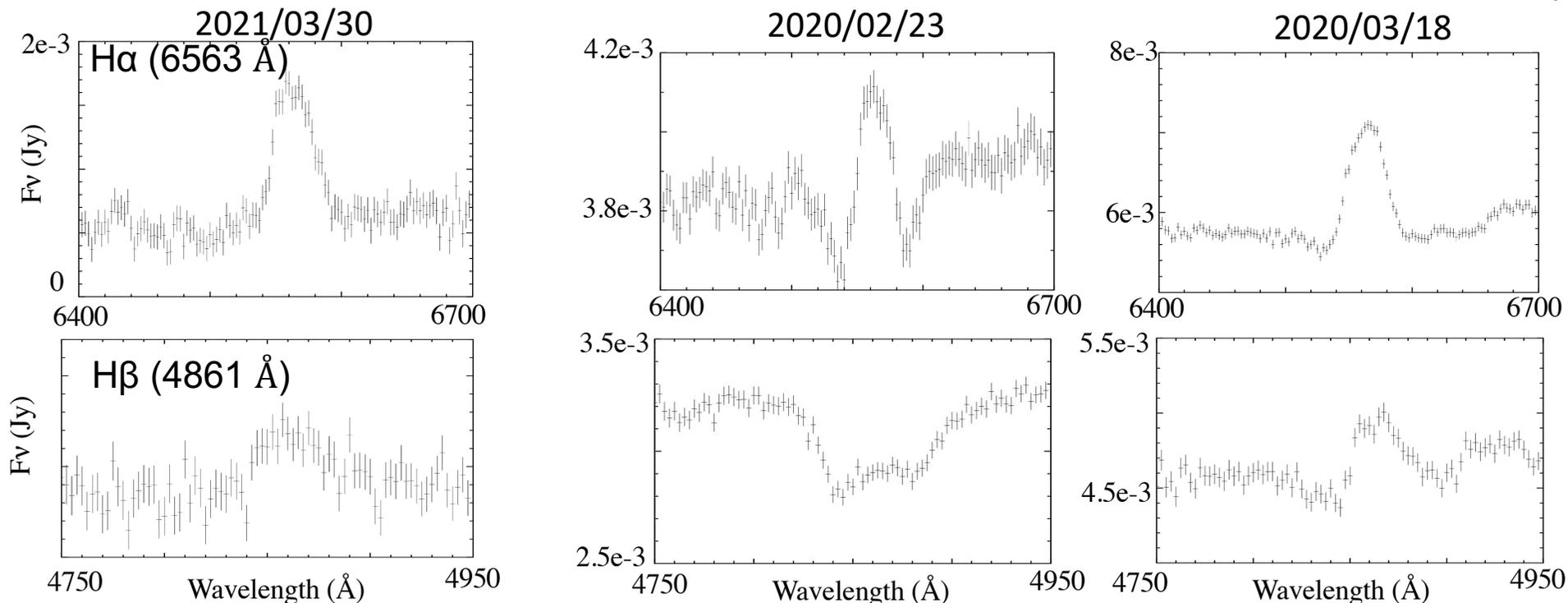


- ADAF (X線) + 標準円盤 + ジェット + 伴星 (近赤外~UV) で説明できる
- 標準円盤は非常に低温 ($T_{\text{in}} \sim 10^4 \text{ K}$) で BH から離れた場所 ($\sim 2 \times 10^4 \text{ km}$) で途切れている

せいめいの観測で得られた $\text{H}\alpha$ 輝線の幅 (解釈2) から得られるケプラー半径とほぼ一致

2020年以降の観測結果

光度にともない輝線/吸収線構造が変化 Shidatsu+ in prep

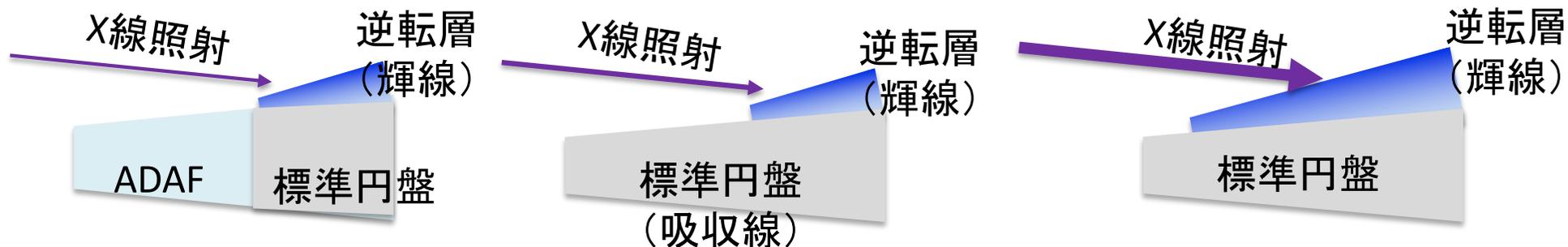


$10^{-7} L_{\text{Edd}}$

$10^{-5} L_{\text{Edd}}$

$10^{-4} L_{\text{Edd}}$

X線光度



CVでも同様の変化 (e.g., Hiroi+ 2009)

まとめ

- 暗い時期 (X線光度 $10^{-7} \sim 10^{-4} L_{\text{Edd}}$) におけるブラックホール X線連星 MAXI J1820+070 の輝線・吸収線構造の変化をとらえた
- $H\alpha$, $H\beta$ の構造変化は、質量降着率・X線照射強度の変化による降着円盤の構造変化で定性的には説明可能
- より明るい時期 ($> \sim 10^{-3} L_{\text{Edd}}$) の観測、とくに状態遷移 (@ $0.01-0.1 L_{\text{Edd}}$) にともなう X線スペクトルの変化で輝線構造は変化するのか? -> 要観測

現地にほとんど行くことができず、前原さん・磯貝さんに何度も観測していただきました。大変感謝しております。リモート観測に期待しています。