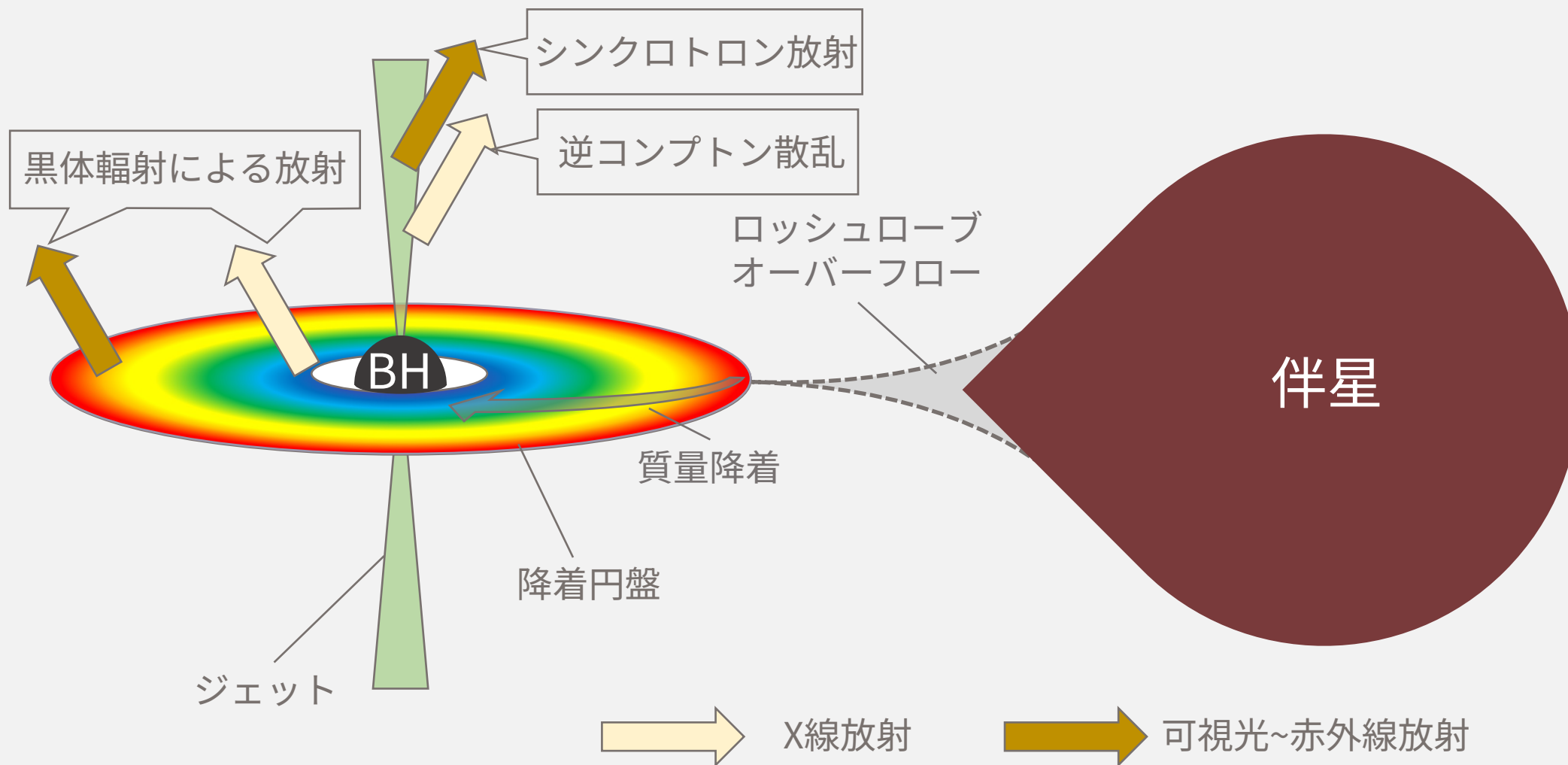


ブラックホールX線連星 MAXI J1820+070 ミニアウトバーストの可視近赤外線の高頻度観測

樋口 成和 (東京工業大学)

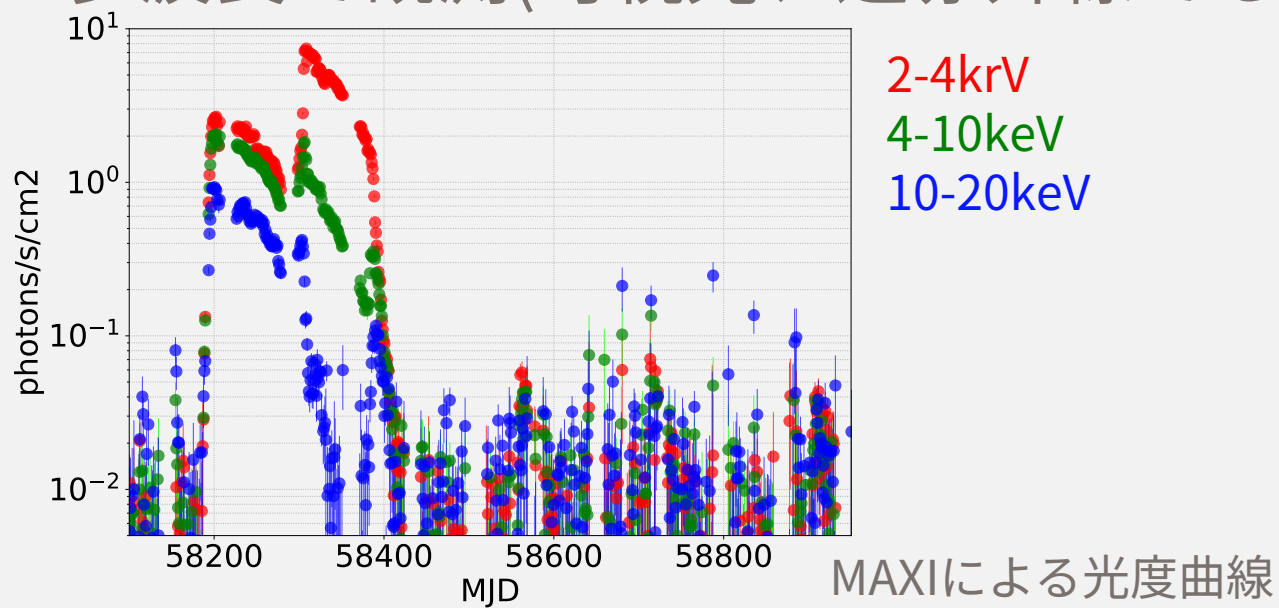
村田 勝寛 (京都大学), 河合 誠之, 庭野 聖史, 笹田 真人, 高橋 一郎,
谷津 陽一 (東京工業大学), 伊藤 亮介 (美星天文台), 志達 めぐみ
(愛媛大学), 花山 秀和 (国立天文台), 堀内 貴史 (東京大学),
兵庫県立大学なゆた望遠鏡チーム, 中岡 竜也, 今澤 遼, 川端弘治
(広島大学), 東京工業大学 MITSuME チーム

小質量X線連星

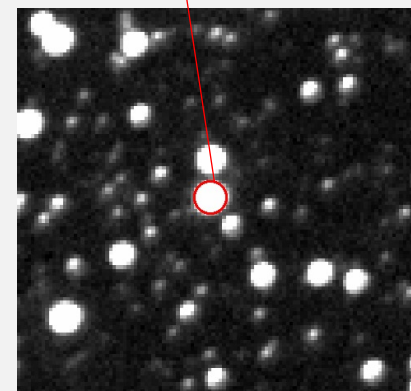


MAXI J1820+070

- MAXIが2018/3/11に発見した小質量ブラックホールX線連星
(Kawamuro+ 2018 ATel #11399)
- 主星の質量：約6.75 太陽質量
(Joanna et al 2022)
- 地球との距離：約2.7 kpc
(Gaia DR3)
- 多波長で観測(可視光、近赤外線でも増光)



MAXI J1820+070

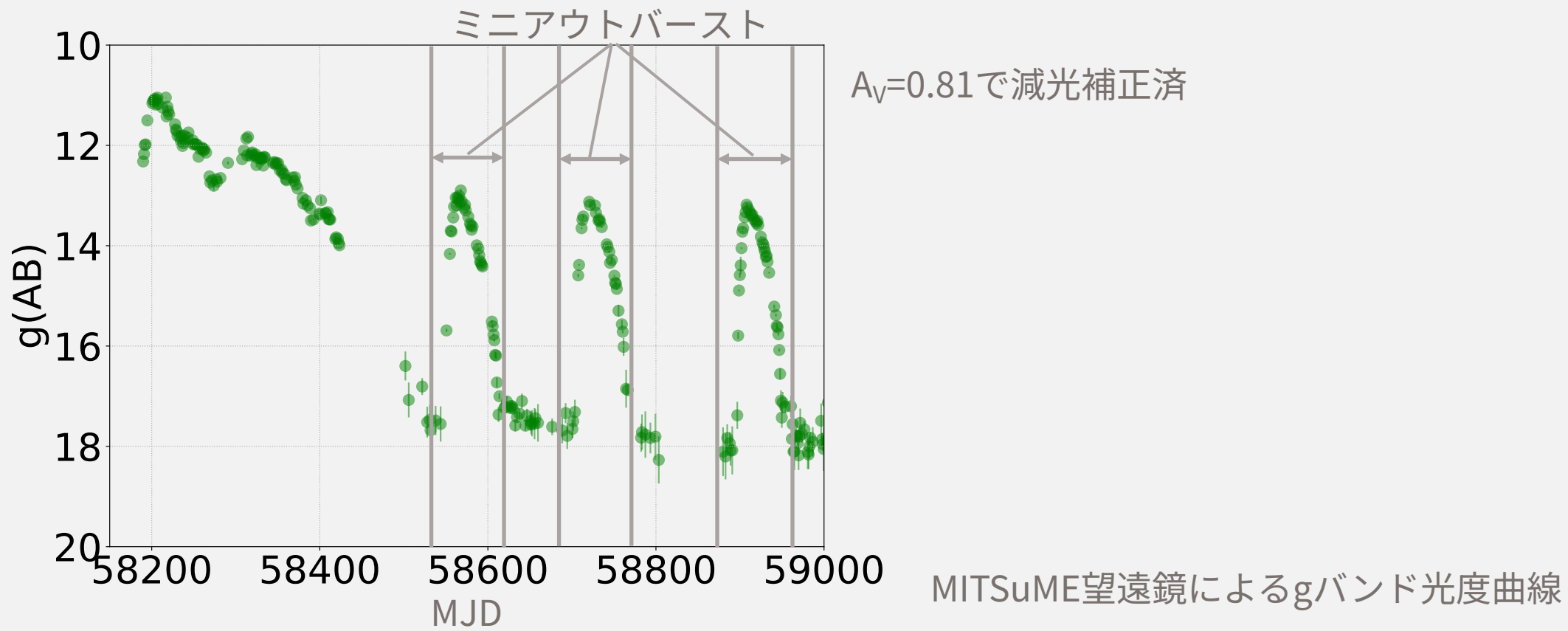


2018/3/14のMITSuME望遠鏡での撮像画像

g band 約2.7分角×2.7分角に切り抜き

目的

- MAXI J1820+070のミニアウトバースト中の物理構造の推定
 - バーストを引き起こす物理、減光をコントロールする物理に着目



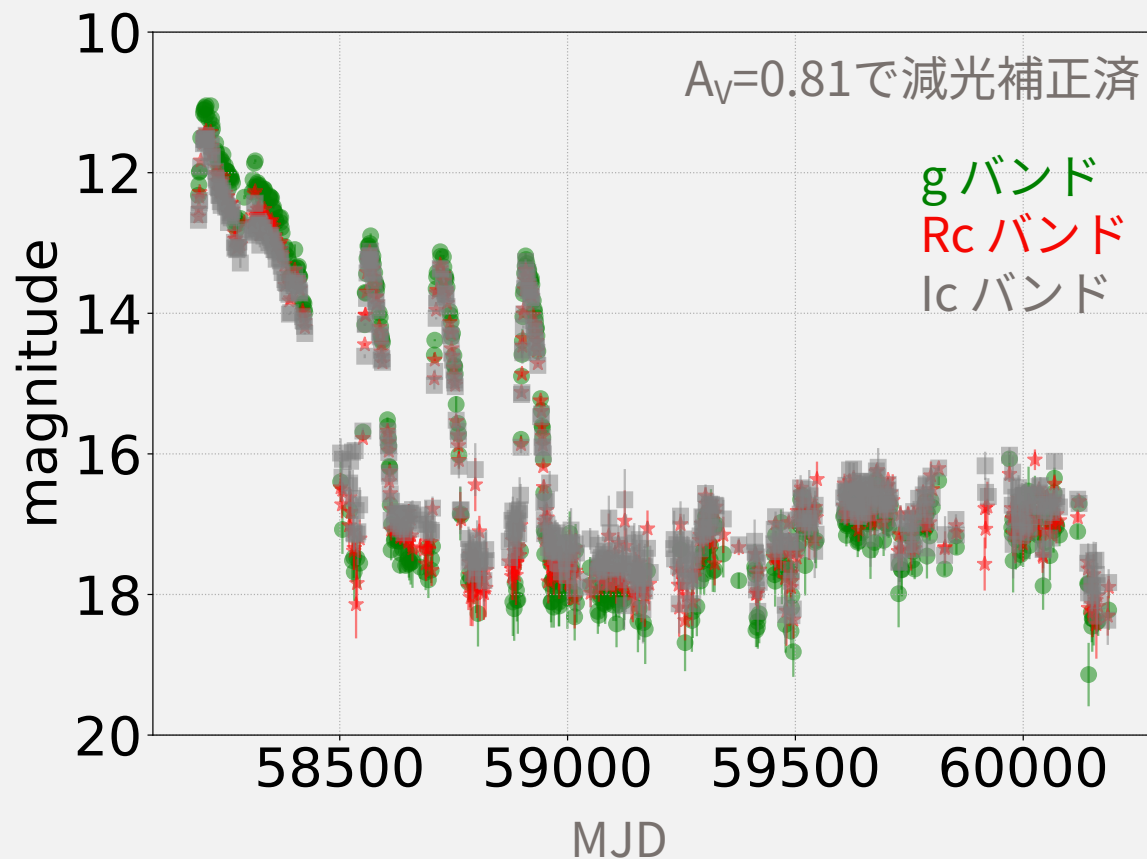
可視光観測

MITSuME望遠鏡

- 可視光3バンドで同時観測(g:486 nm, Rc:693 nm, Ic:879nm)
- 発見から現在まで1500日を超える長期間密に観測を継続



MITSuME明野
50cm望遠鏡



MITSuME望遠鏡の光度曲線

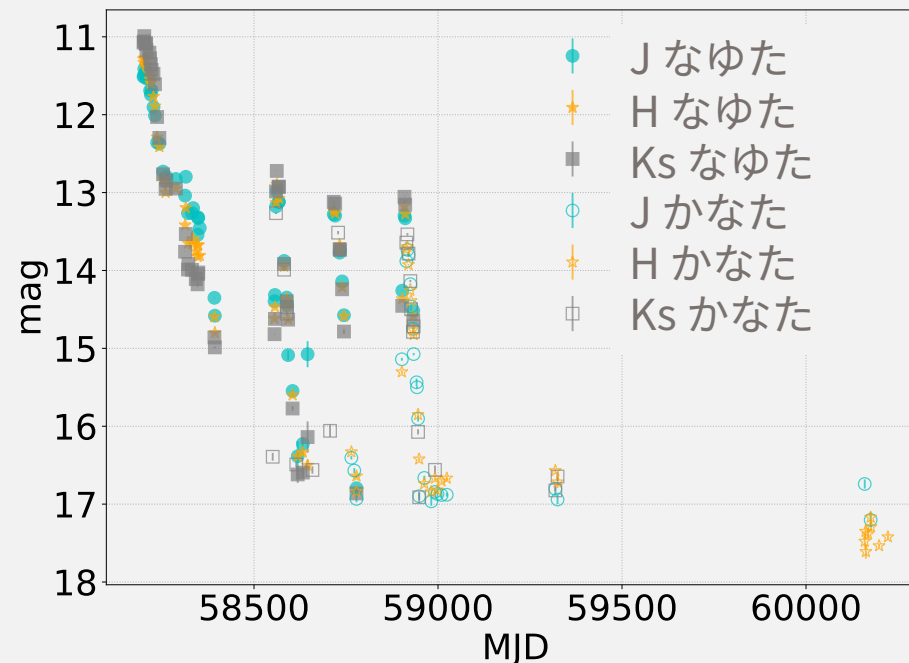
近赤外線観測

なゆた望遠鏡 (NIC)

- 近赤外線3バンドで同時観測(J:1.253 μm , H:1.632 μm , Ks:2.146 μm)
- アウトバースト期を中心にOISTER ToOで観測

かなた望遠鏡 (HONIR)

- 可視光1バンド/近赤外線2バンド同時観測
 - 本研究ではJ,H,Ksバンドを使用
- アウトバースト期を中心にOISTER ToOで観測



近赤外線の光度曲線

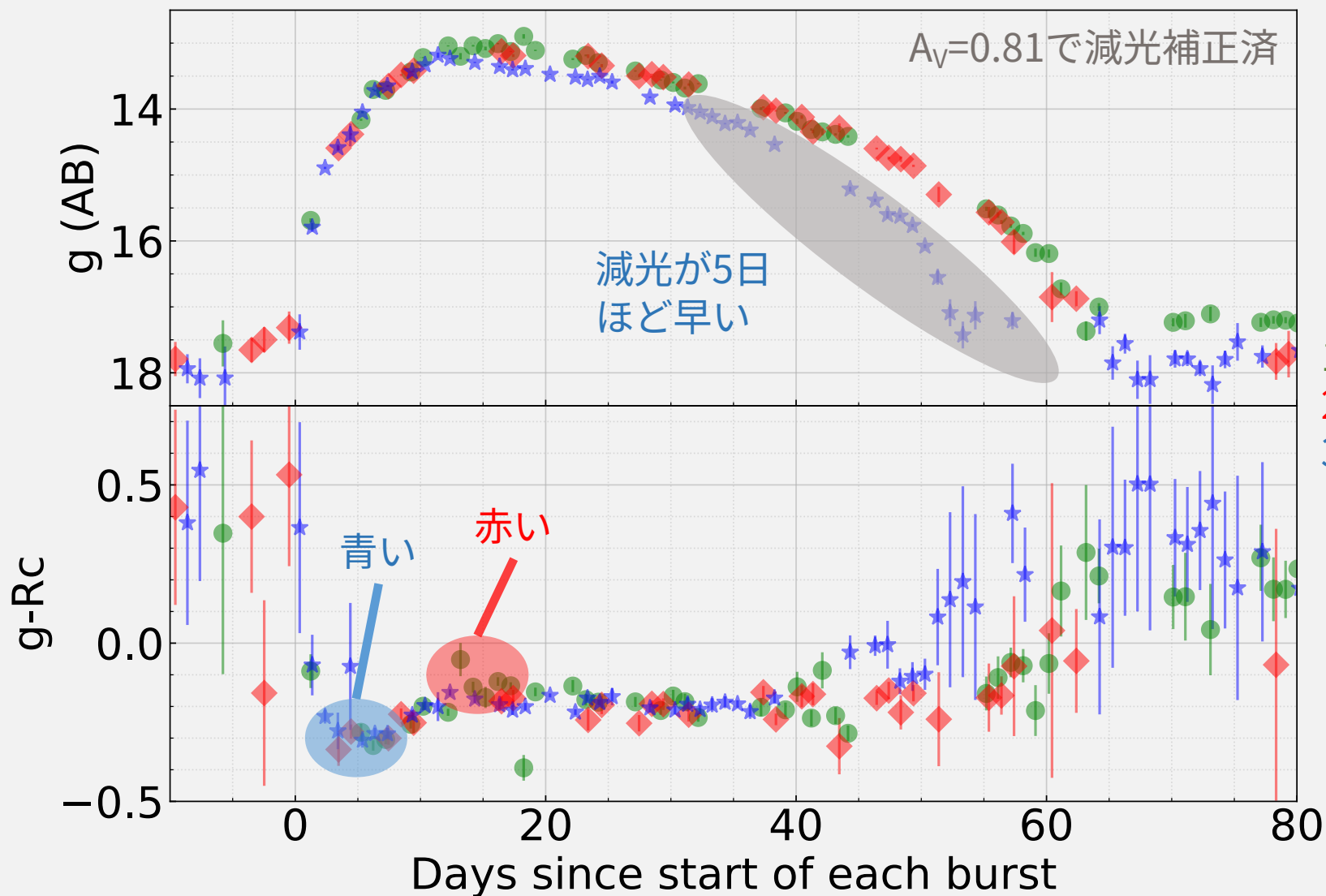


なゆた望遠鏡
(西はりま天文台より引用)



かなた望遠鏡
(広島大学より引用)

3回のミニアウトバースト 光度曲線、色

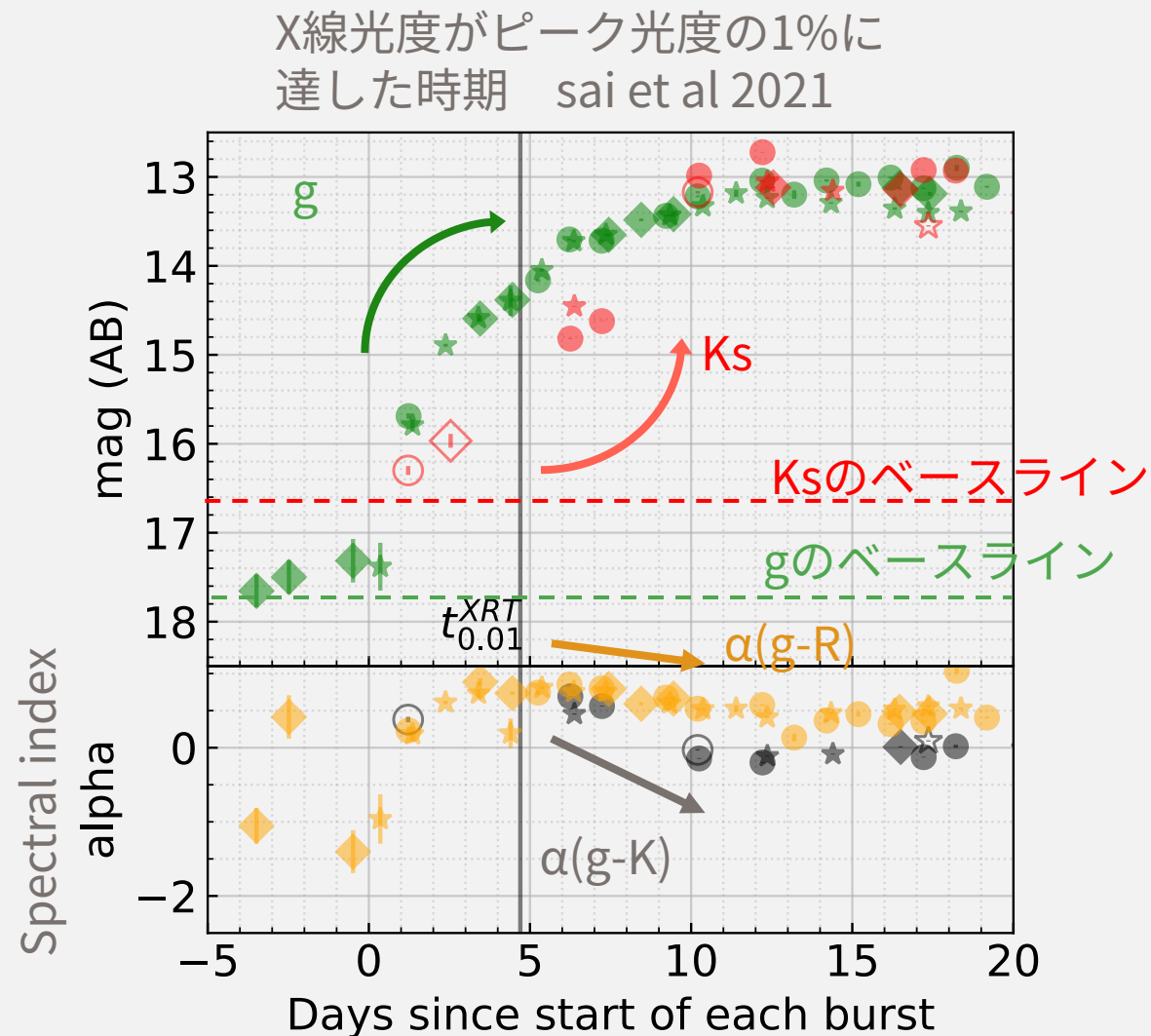


- 立ち上がりの変化の様子が類似
 - バーストを引き起こす物理が似ている可能性
- 減光が3回目だけ5日程度早い
 - 減光をコントロールする物理が異なる可能性

1回目
2回目
3回目

増光期の光度曲線

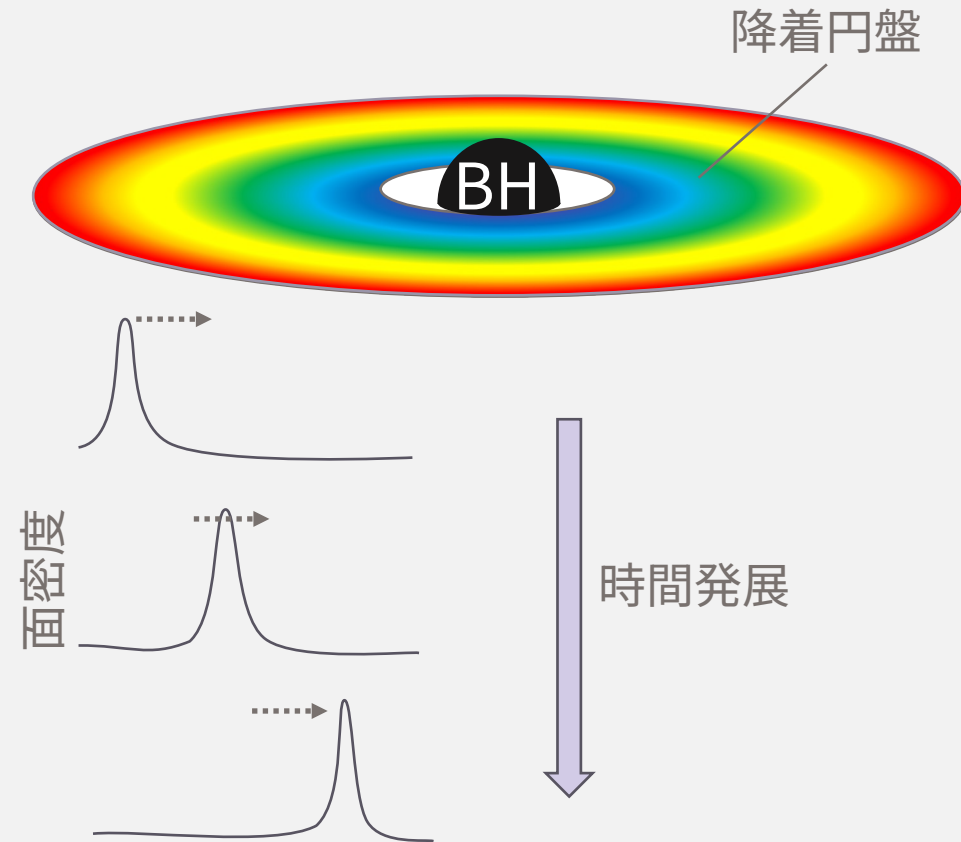
- ピークに近づくほど可視光の増光幅は小さくなる
- 可視光よりXの方が増光開始は約5日遅い
- 近赤外線での急激な増光はX線の増光開始と近い時期



ミニアウトバースト立ち上がりの光度曲線

• Disk Instability Model (DIM)

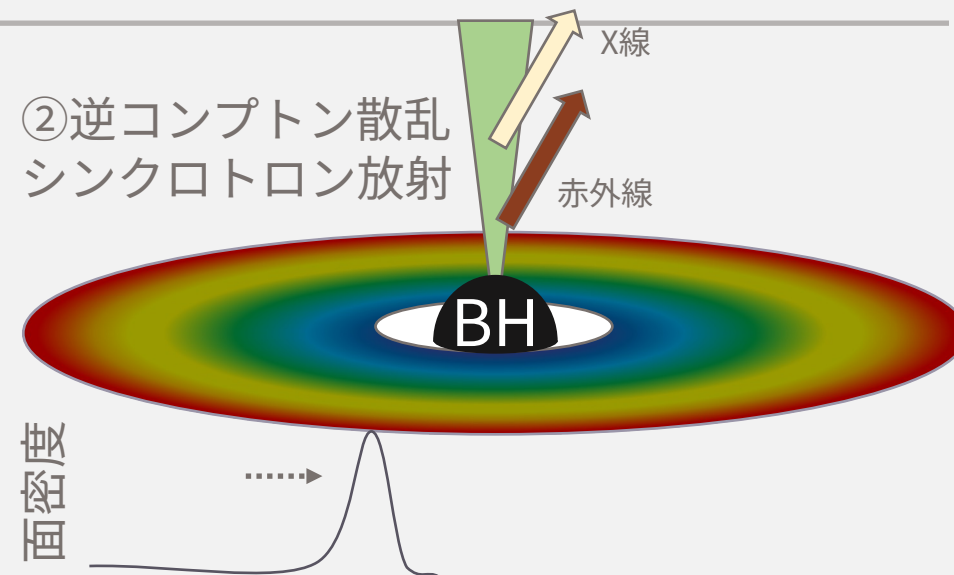
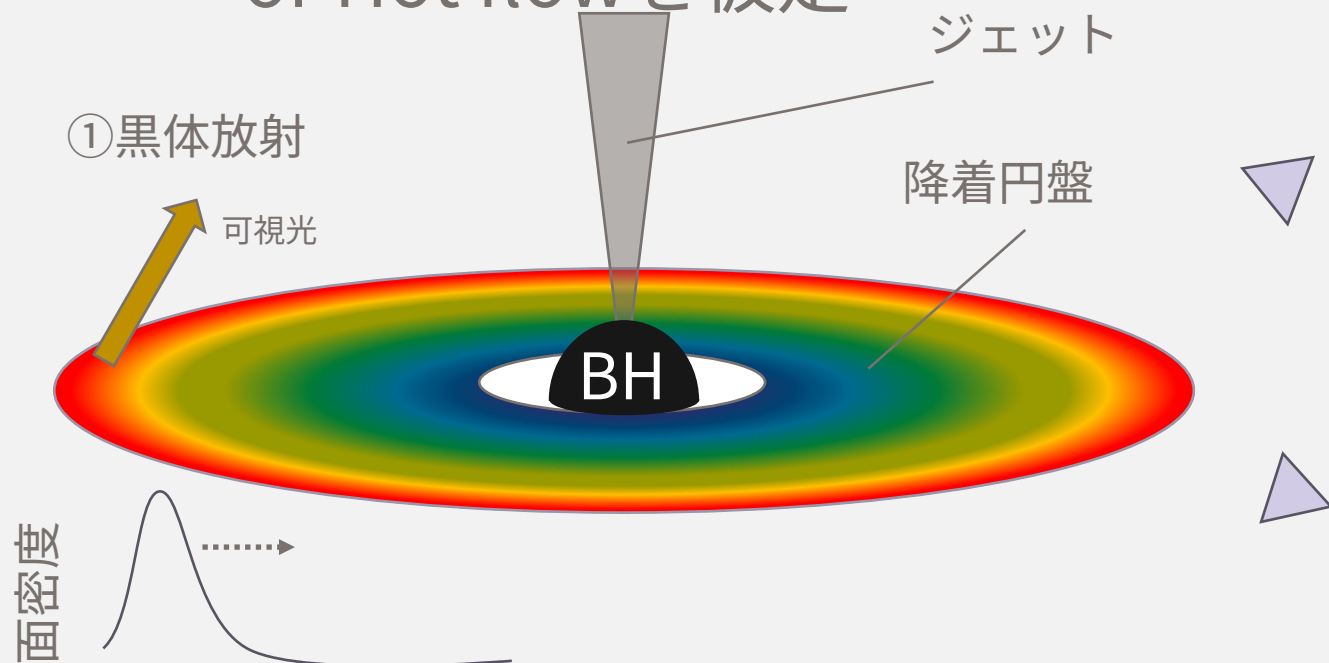
- アウトバーストの発生機構を説明
 - 円盤上に面密度が局所的に臨界密度を超える点が出現
 - 円盤全体が不安定になり、降着量が増加することでアウトバーストを起こす
- 面密度波の伝播方向
 - MAXI J1820は可視光がX線より先行していたのでoutside-inの可能性
 - X線：BH近傍からの放射
 - 可視光：標準円盤を仮定、外縁からの放射



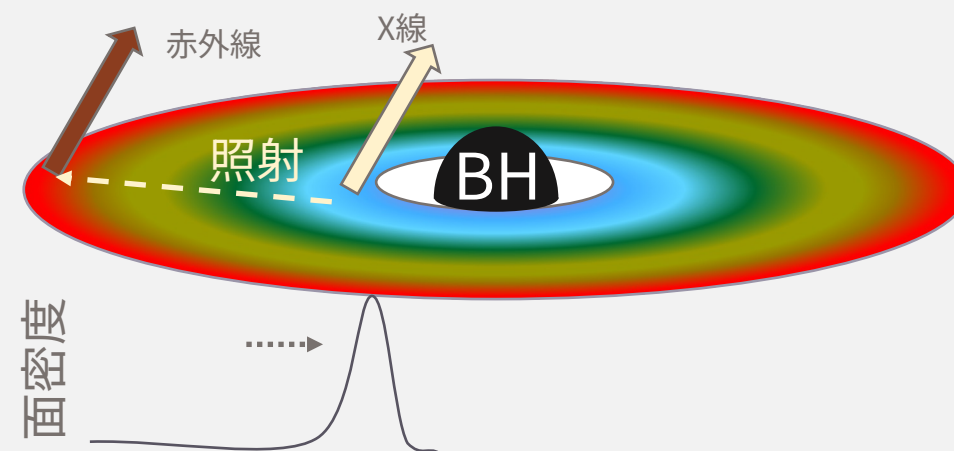
面密度波の伝播方向：outside-in, inside-outなど

Outside-inでの放射シナリオ

- BH近傍からの放射：ジェット or Hot flowを仮定

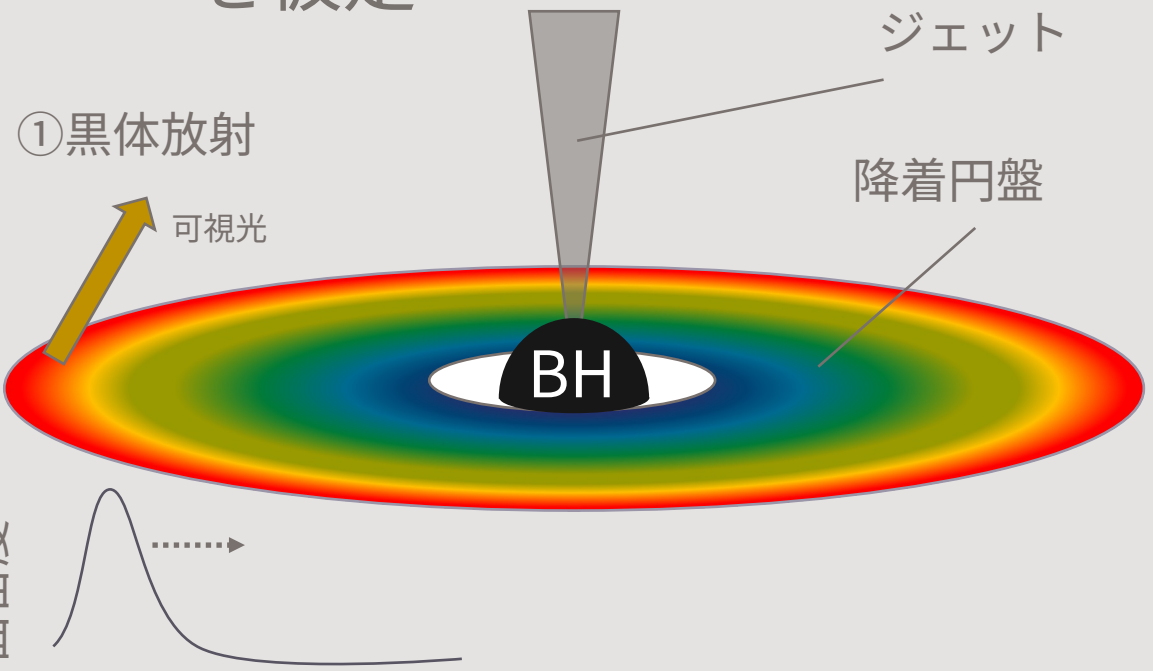


- ② 照射 + 逆コンプトン放射

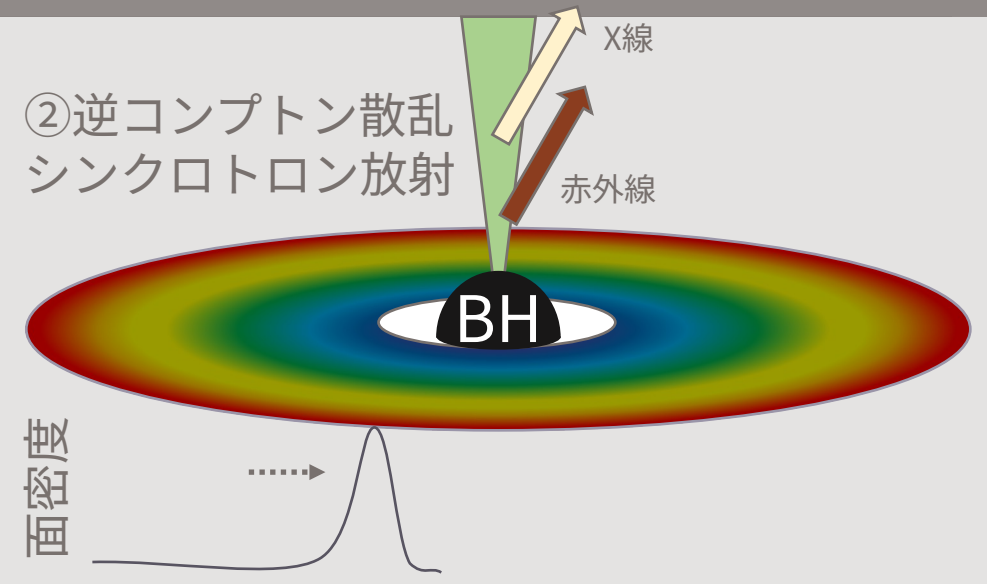


Outside-inでの放射シナリオ

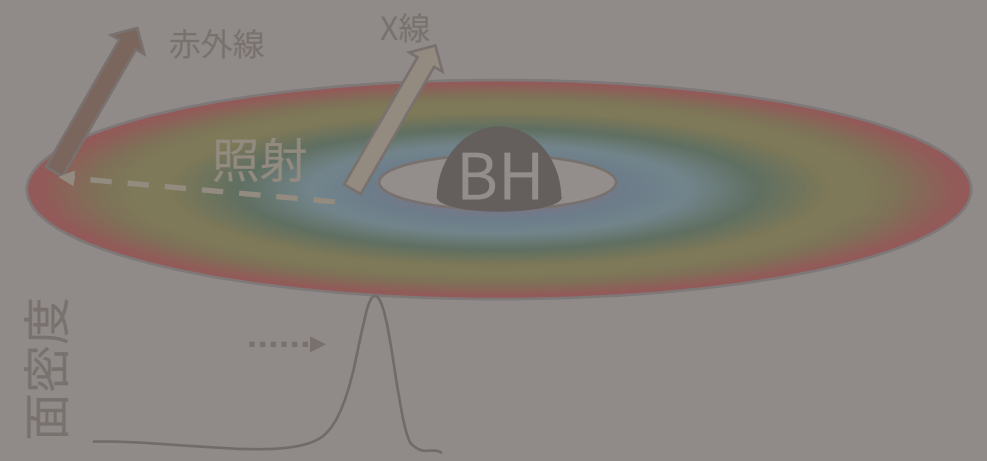
• BH近傍からの放射：ジェットを仮定



②逆コンプトン散乱
シンクロトロン放射

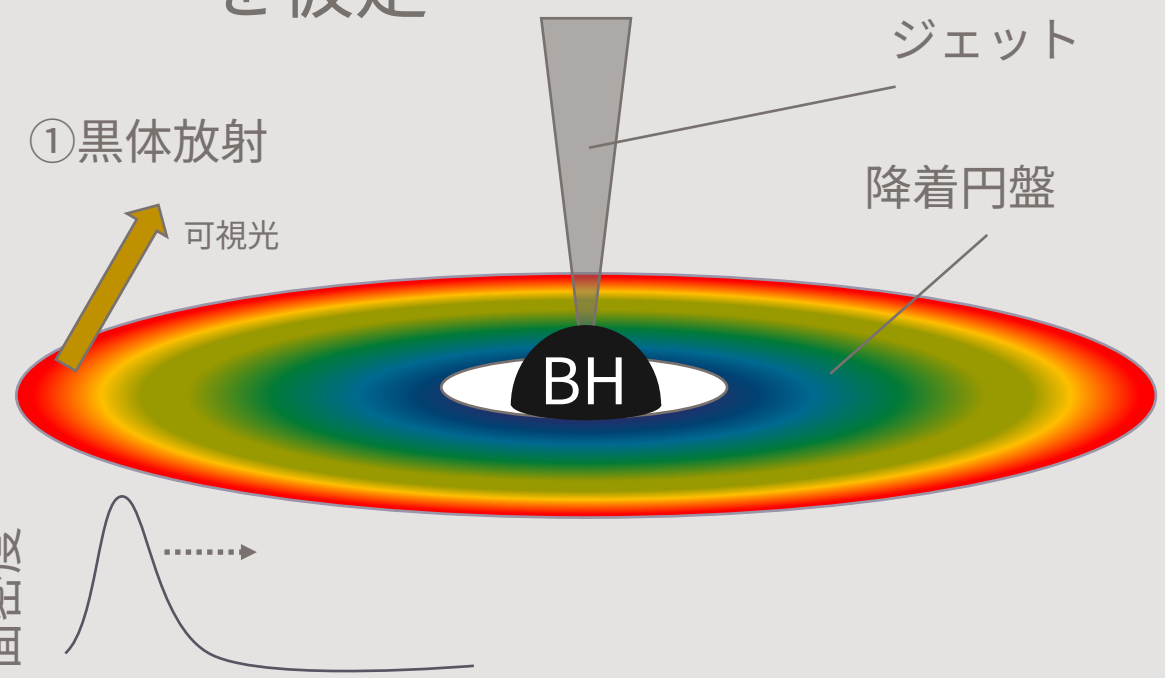


②照射+逆コンプトン放射

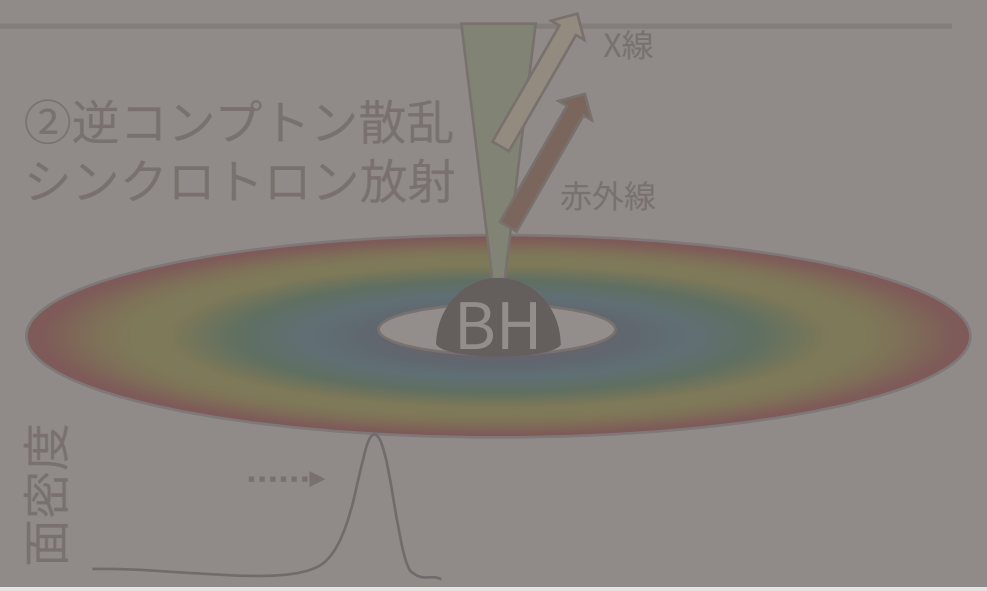


Outside-inでの放射シナリオ

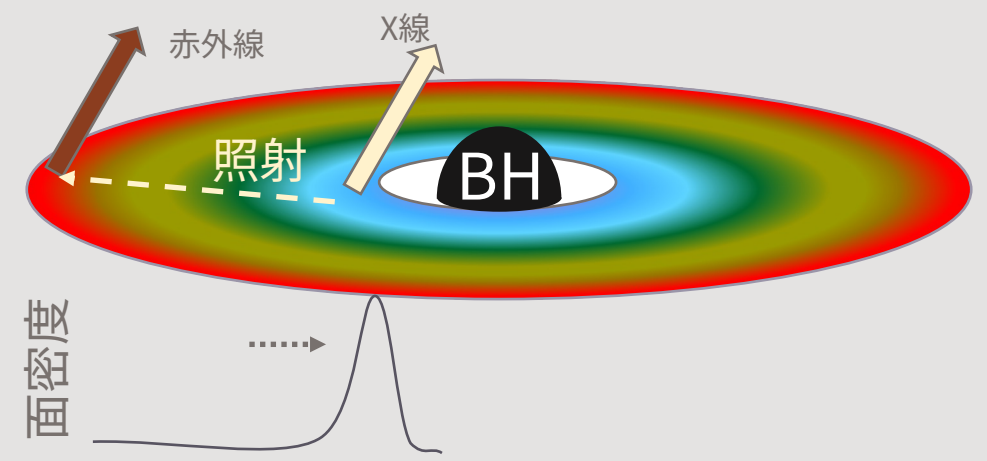
• BH近傍からの放射: Hot flowを仮定



②逆コンプトン散乱
シンクロトロン放射



②照射+逆コンプトン放射



立ち上がり時間、粘性パラメータ

$$t_{\text{rise}} = 10 \left(\frac{\alpha}{0.1} \right)^{-1} \left(\frac{r_{\text{disk}}}{10^8} \right)^{1.2} \text{ day} \quad (\text{=面密度波の伝播速度})$$

$$t_{\text{vis}} (\text{粘性による変化の伝播速度}) = (GM r_{\text{disk}})^{0.5} \left(\frac{\mu m_{\text{H}}}{\alpha k_{\text{B}} T_{\text{C}}} \right) \text{ day} (\text{= } t_{\text{decay}})$$

- 未知数
- 定数
([Dubus et al](#)より水素の完全電離を仮定)
- 観測から決定している数
([Dubus et al](#))

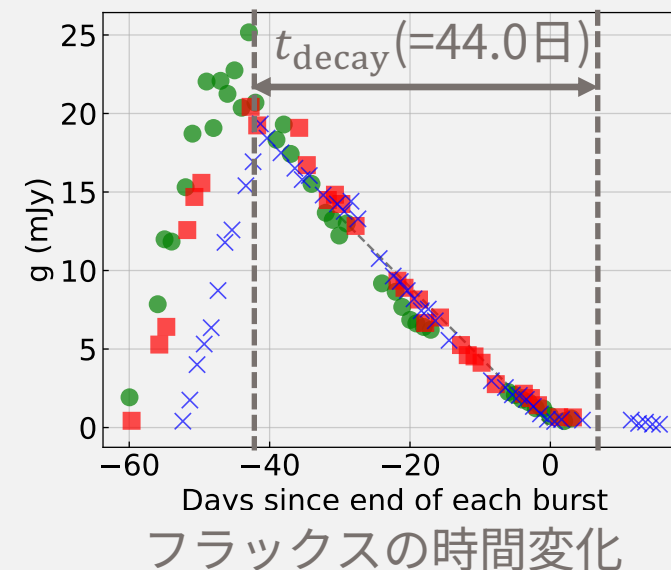
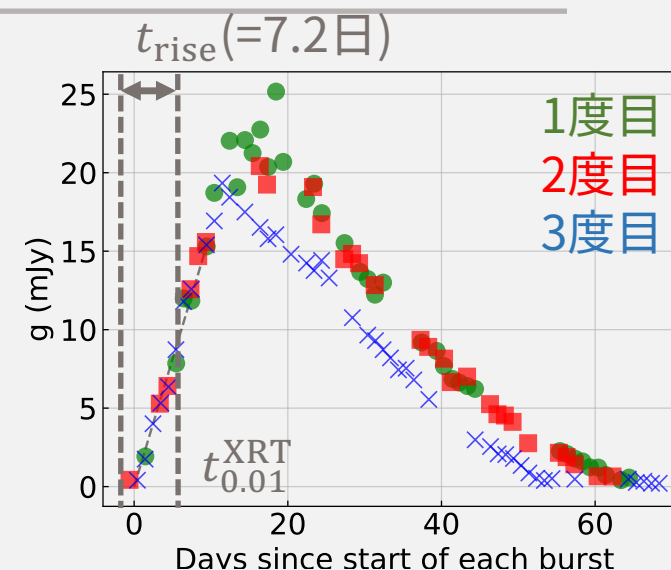
- 粘性係数 α : 決定した t から解く

- $\alpha_{\text{rise}} : 0.033$

- $\alpha_{\text{vis}} : 0.082$

▶ [Tetarenko et al](#) と consistent

3回のミニアウトバーストは
Disk Instability Model で説明可能



フラックスの時間変化

まとめ

- MAXI J1820+070の3回のミニアウトバーストを解析
- 光度、色の変化はDisk Instability Modelで説明可能
 - 面密度波はOutside-inで伝播したと考えられる
- 放射機構の候補
 - 標準円盤(可視光)
 - ジェット(X線、赤外線)
 - Hot flow(X線)+円盤外部への照射(赤外線)