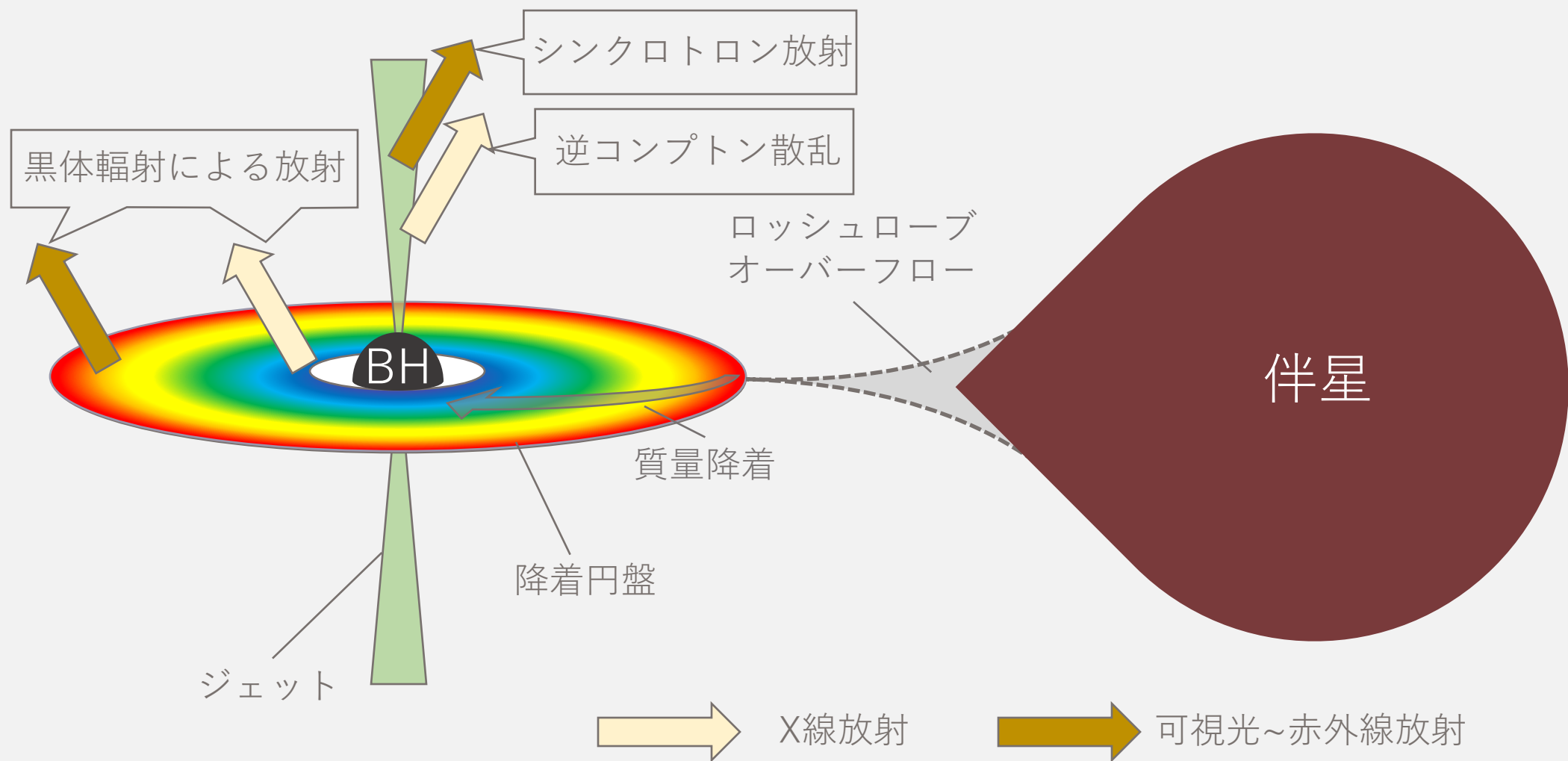


ブラックホールX線連星 MAXI J1820+070 のミニアウトバースト中の 可視光、赤外線、X線を用いた多波長解析

樋口 成和 (東京科学大学)

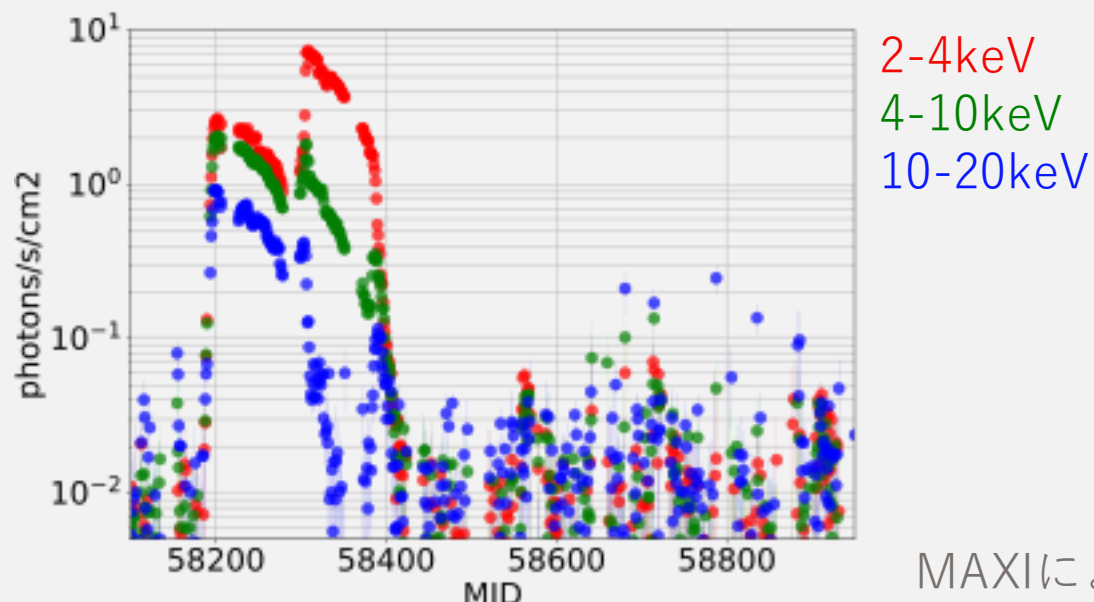
村田 勝寛 (京都大学), 河合 誠之, 庭野 聖史, 笹田 真人, 高橋 一郎,
谷津 陽一 (東京科学大学), 伊藤 亮介 (美星天文台), 志達 めぐみ
(愛媛大学), 花山 秀和 (国立天文台), 堀内 貴史 (東京大学),
兵庫県立大学なゆた望遠鏡チーム, 中岡 竜也, 今澤 遼, 川端弘治
(広島大学), 東京科学大学 MITSuME チーム

小質量X線連星

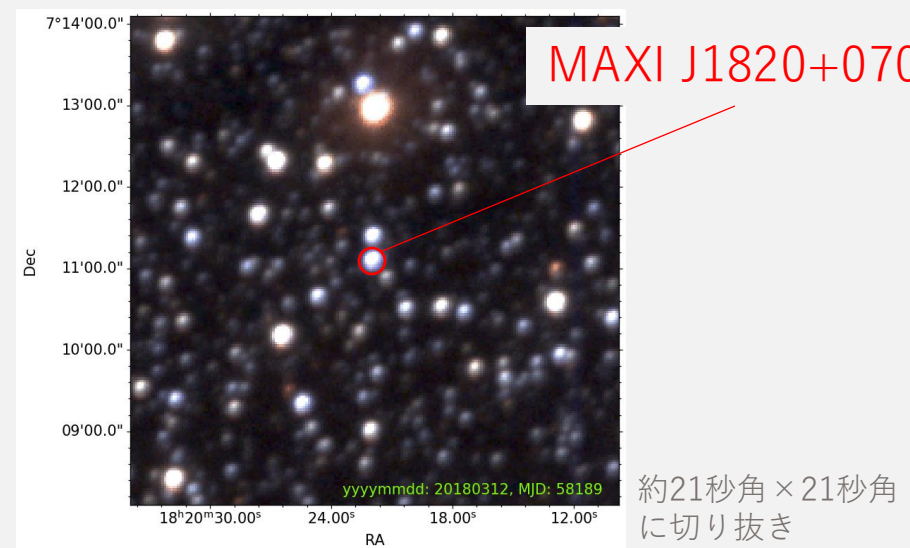


MAXI J1820+070

- 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による光度曲線



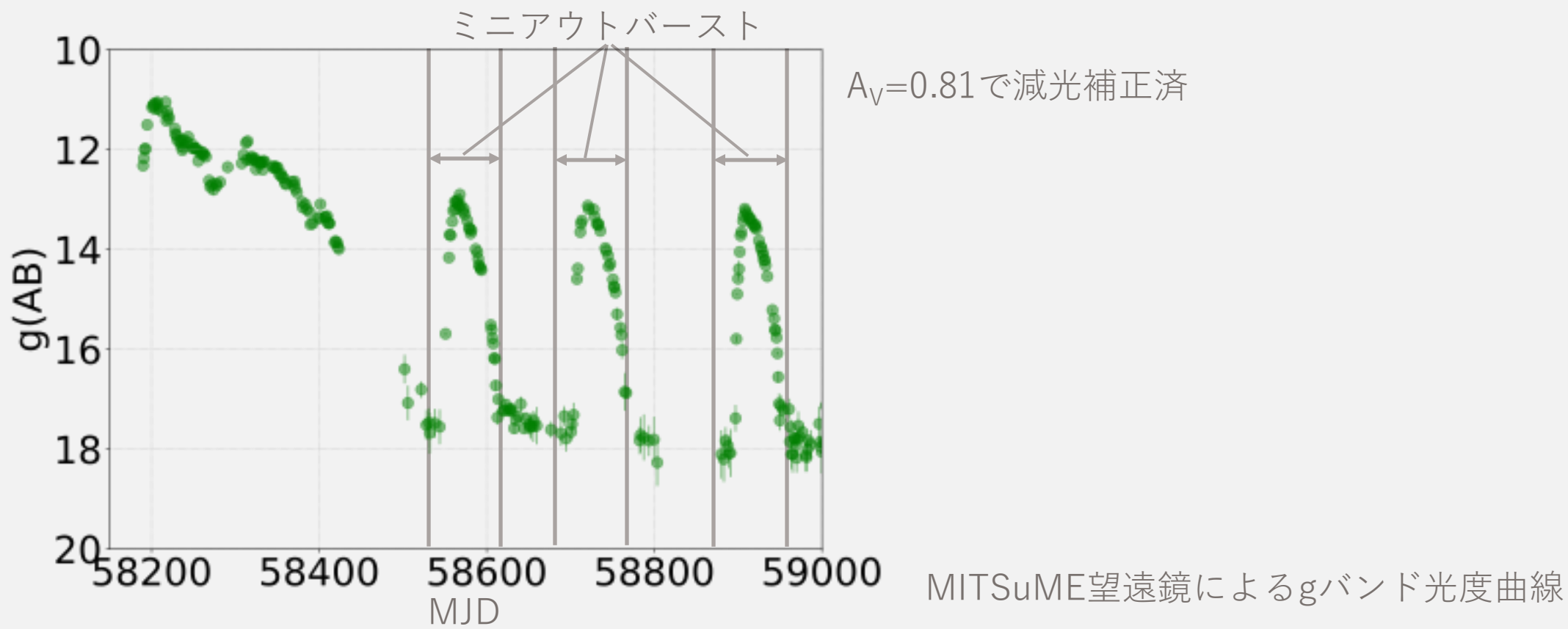
約21秒角×21秒角
に切り抜き

2018/3/12~2021/5/7

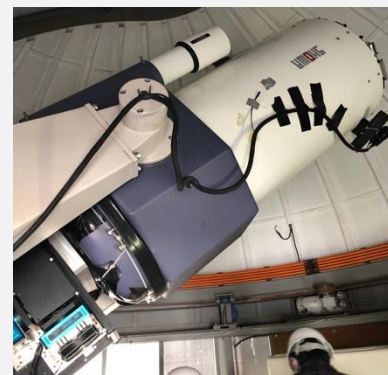
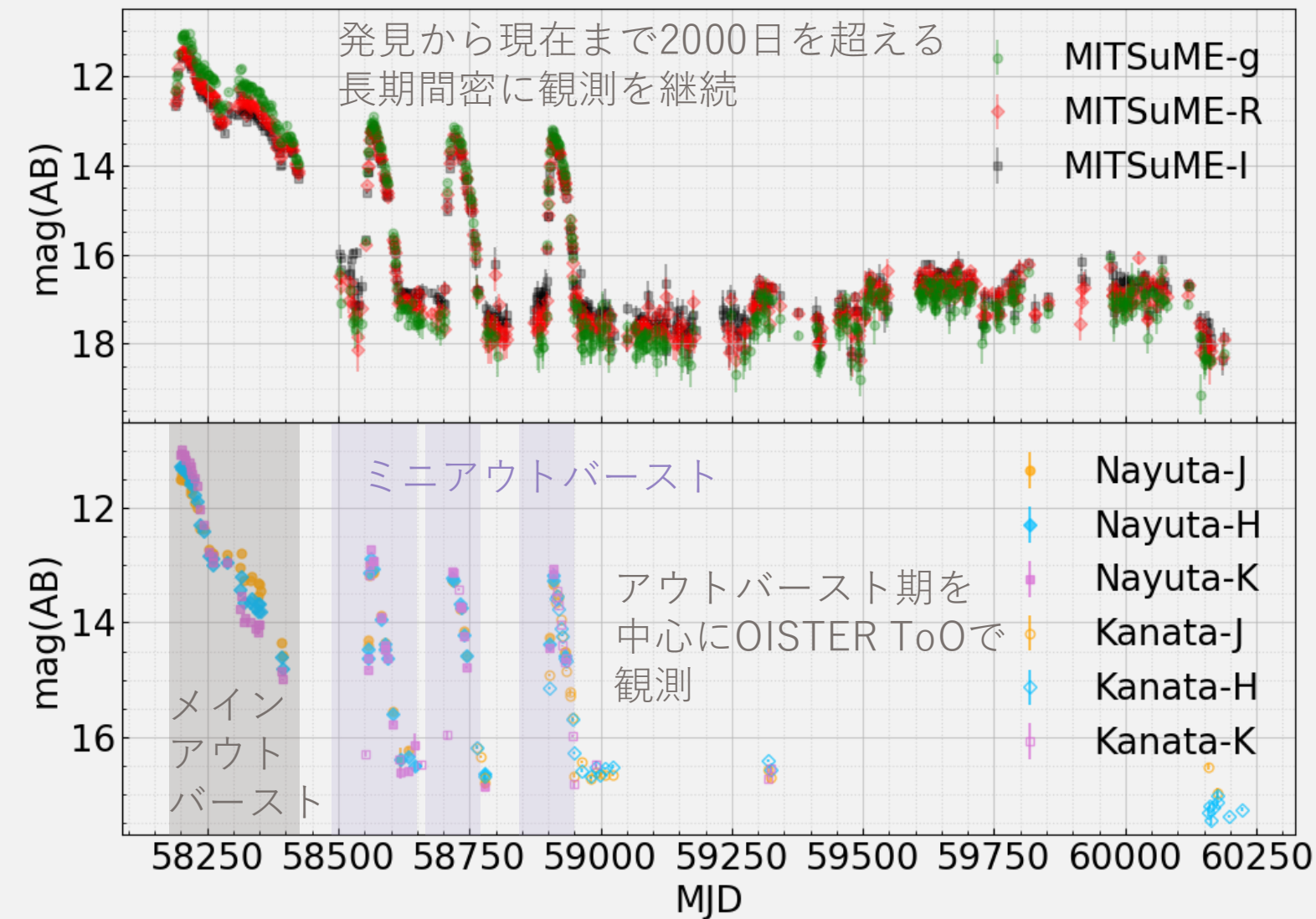
MITSuME望遠鏡での撮像画像

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、近赤外線観測



MITSuME明野50cm望遠鏡
可視光3バンドで同時観測
(g:486 nm, Rc:693 nm,
Ic:879nm)



なゆた望遠鏡
近赤外線3バンドで同時観測
(J:1.253 μ m,
H:1.632 μ m,
Ks:2.146 μ m)
(←[西はりま天文台](#)より引用)



かなた望遠鏡
可視光1 + 近赤外線2バンド
同時観測(J,H,Ksバンドを使用)
(←[広島大学](#)より引用)

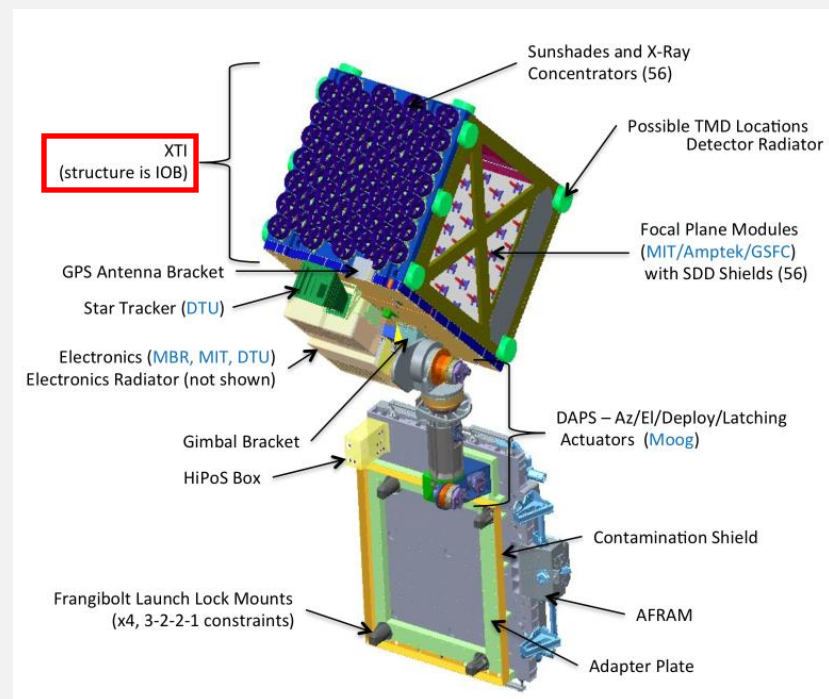
X線 観測

NICER/X-ray Timing Instrument (XTI)

- 0.2~12keVの軟X線に感度
- MAXI J1820 +070について2018/3/12 ~ 2022/3/7 に375 epochで観測

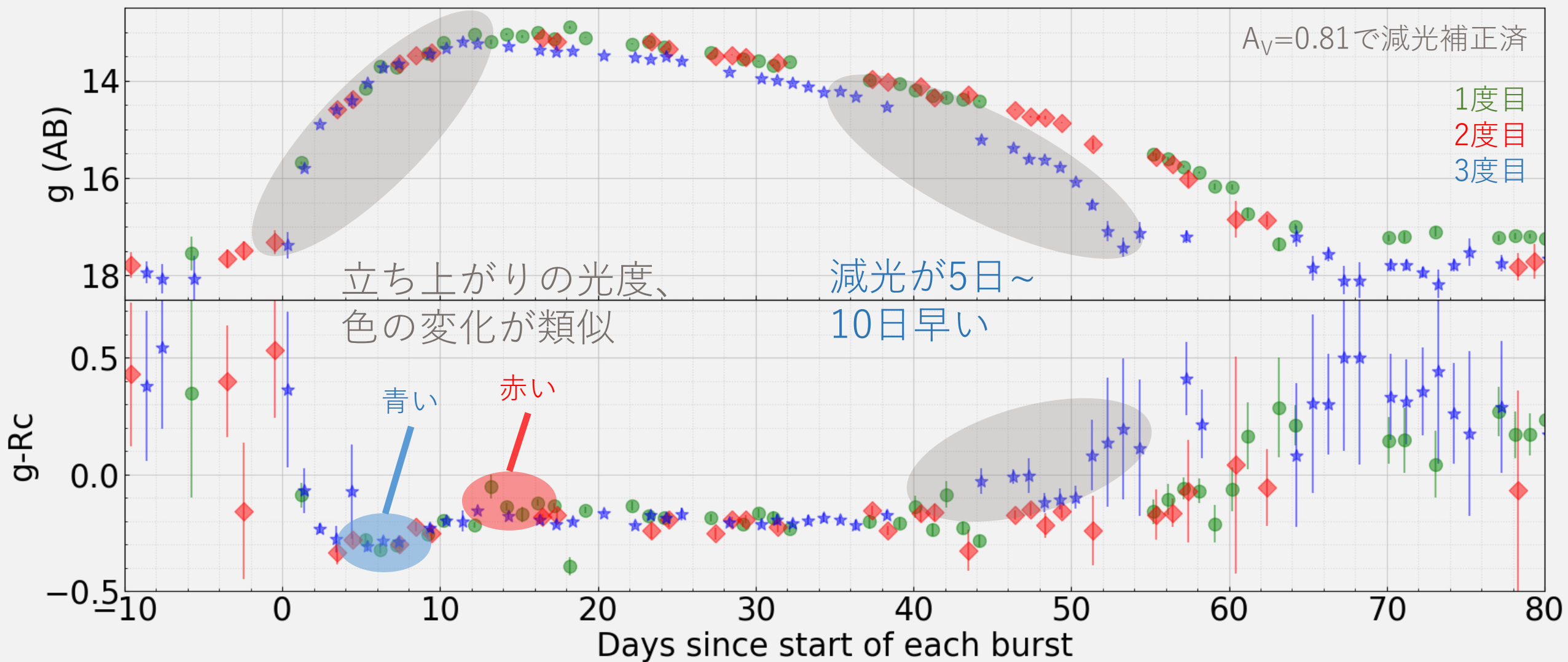


NICERの外観 (<https://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/nicer/>)

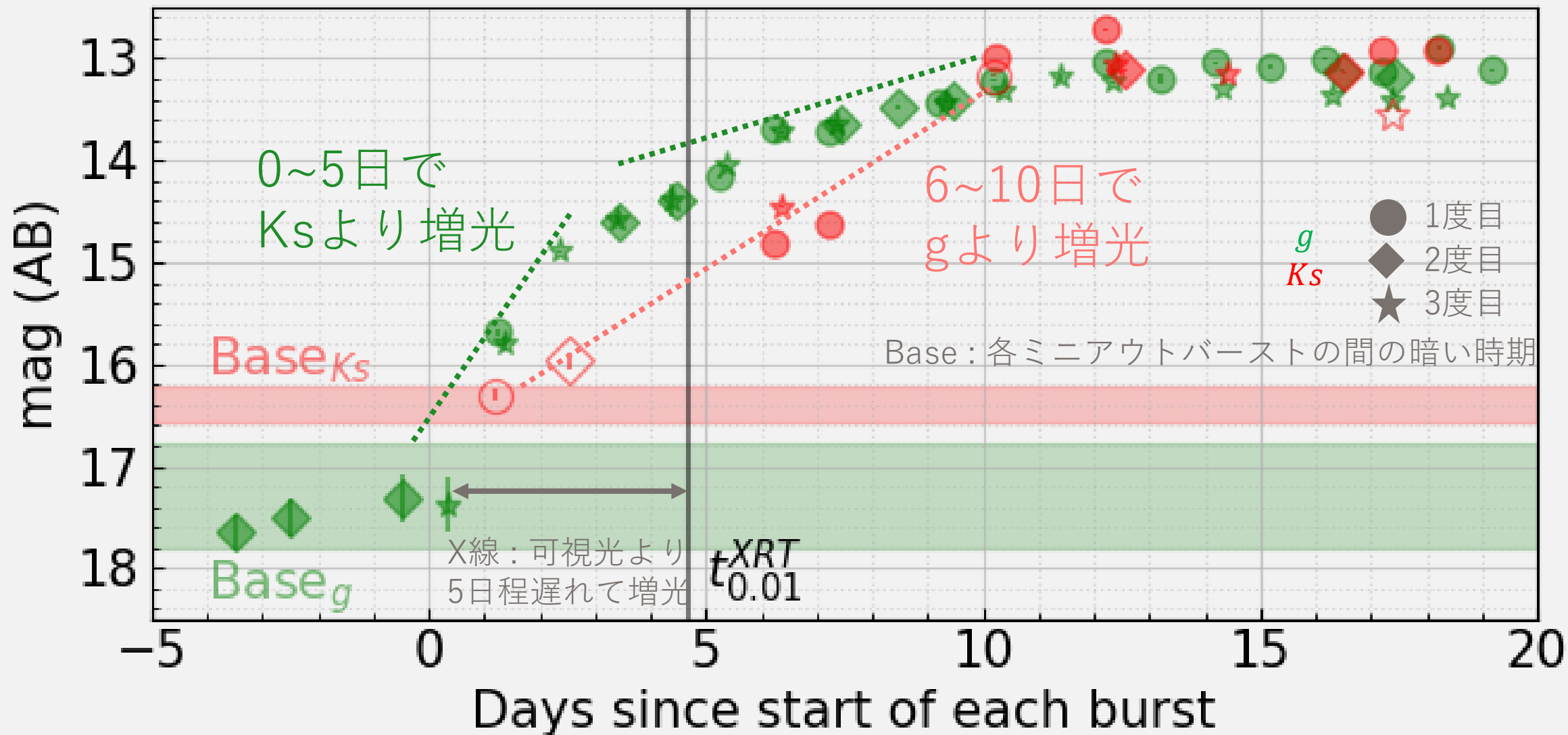


NICERの検出器イメージ (https://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/nicer/mission_guide/)

3回のミニアウトバースト 光度曲線、色



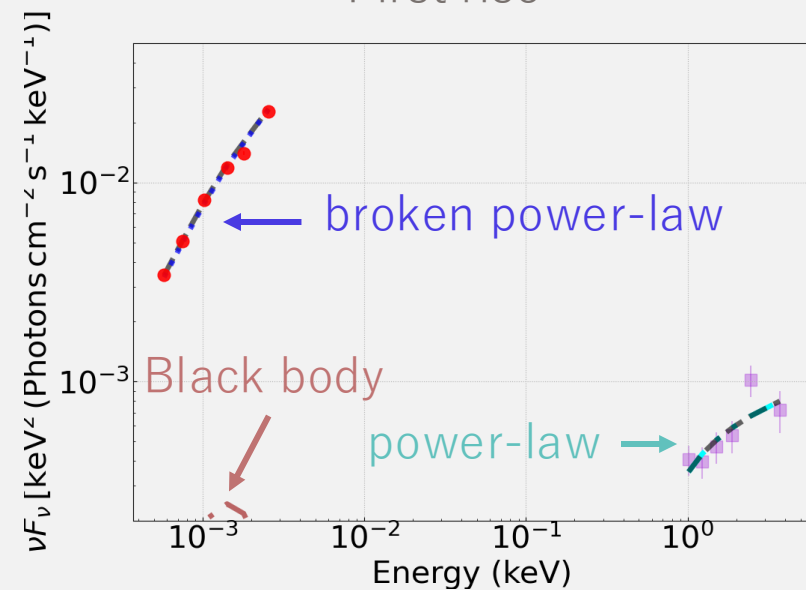
増光期の光度曲線



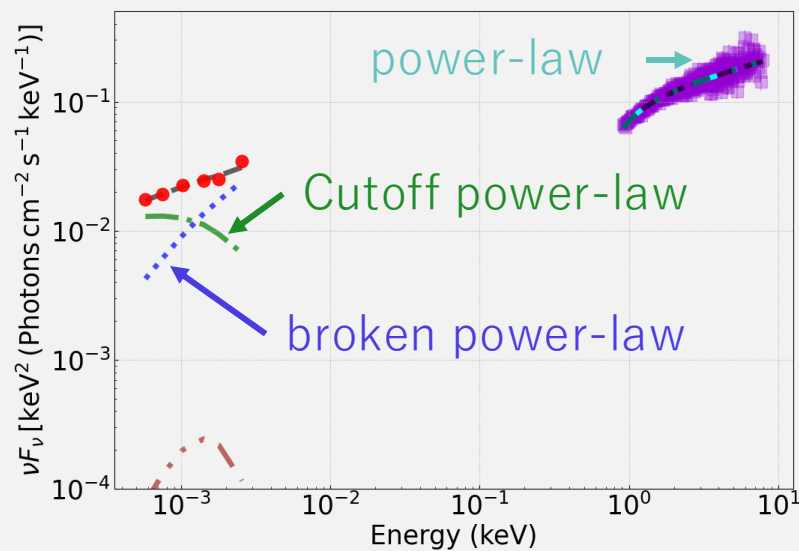
sed

- 増光期、ピーク、減光期でSEDを比較
 - (各フェーズのデータ点が一番ある日のSEDを採用)

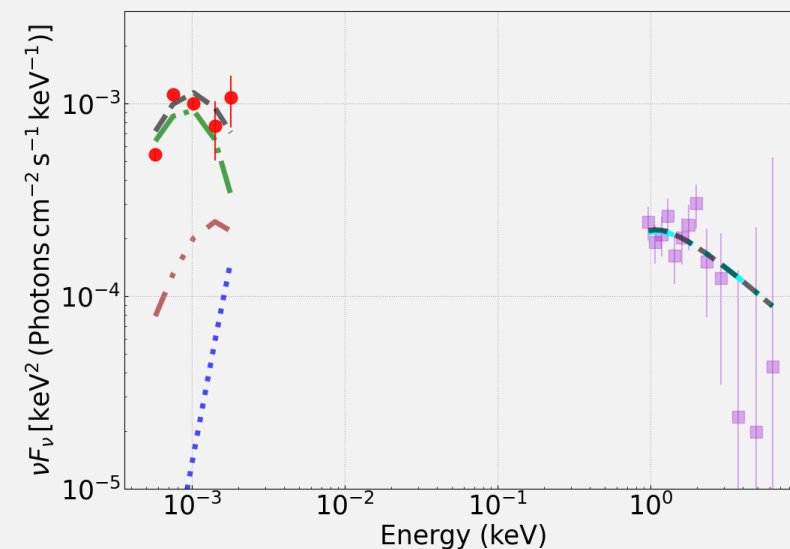
First rise



Third peak



Third decay

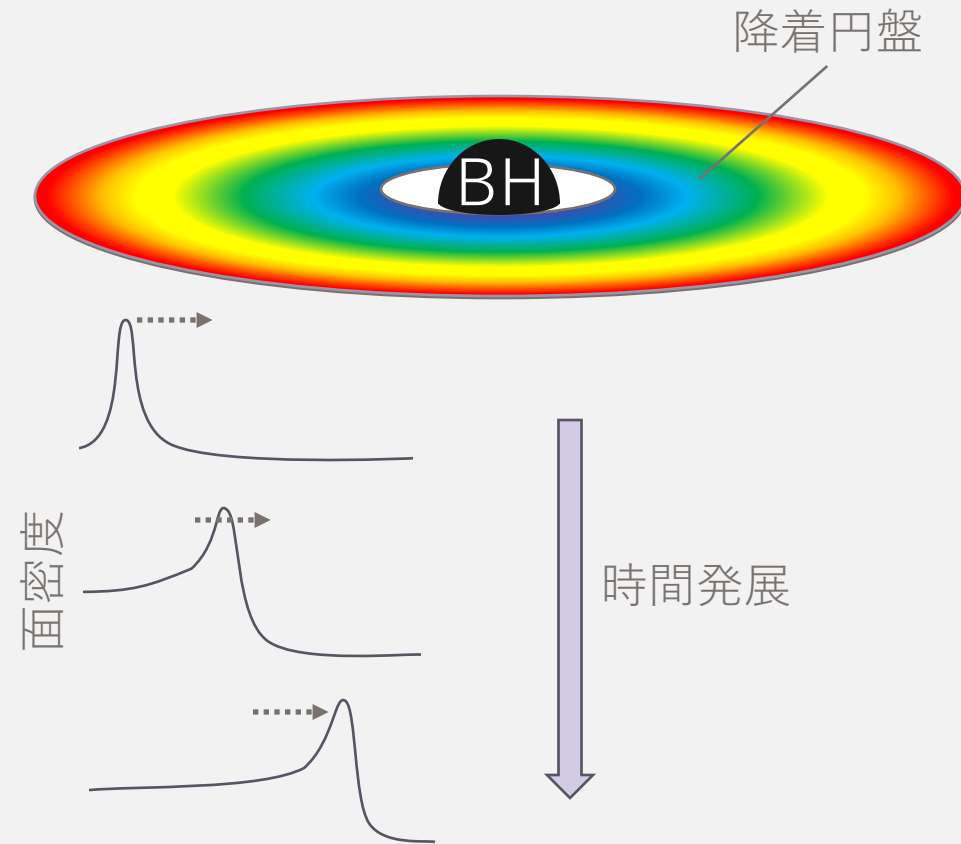


標準円盤外縁からの黒体放射
ADAFからのシンクロトロン放射

BH近傍からの放射
伴星放射

Disk Instability Model (DIM)

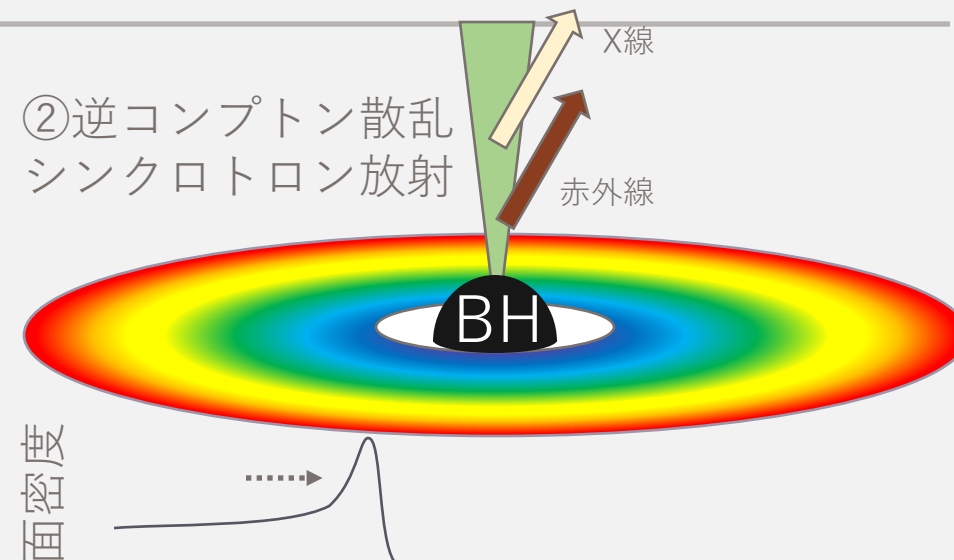
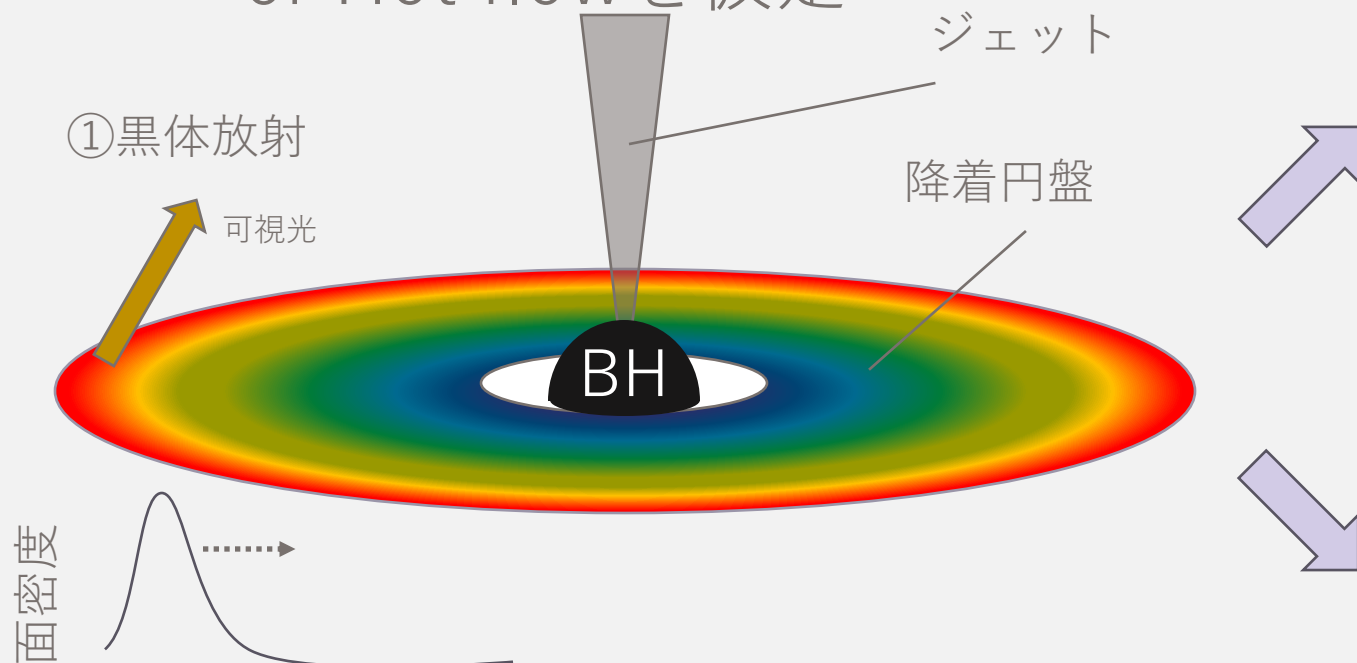
- アウトバーストの発生機構を説明
 - 円盤上に面密度が局所的に臨界密度を超える点が出現
 - 円盤全体が不安定になり、降着量が増加することでアウトバーストを起こす
- 面密度波の伝播方向
 - MAXI J1820は可視光がX線より先行していたのでoutside-inの可能性
 - X線：BH近傍からの放射
 - 可視光：標準円盤を仮定、外縁からの放射



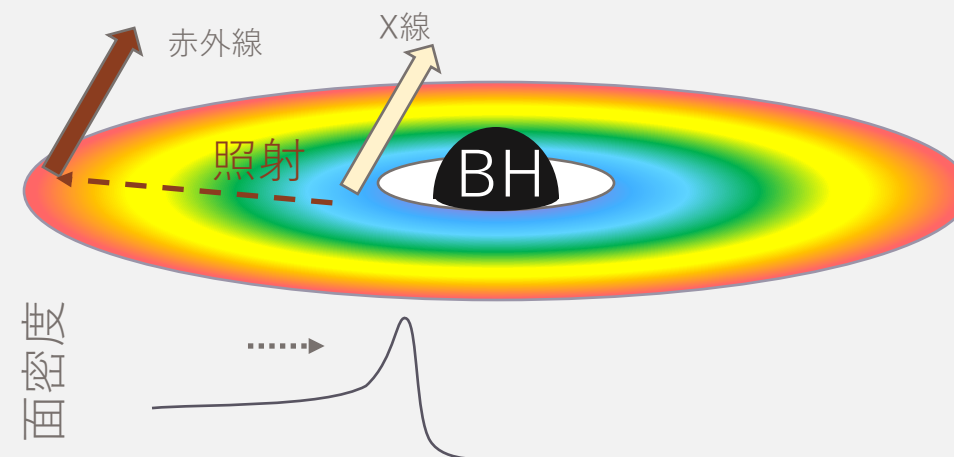
面密度波の伝播方向：outside-in, inside-outなど

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

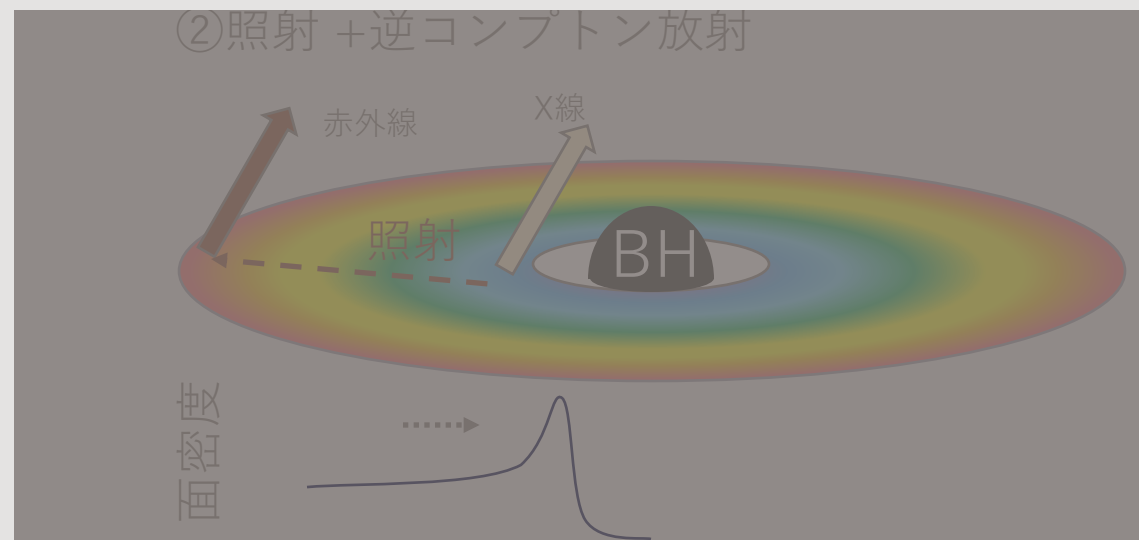
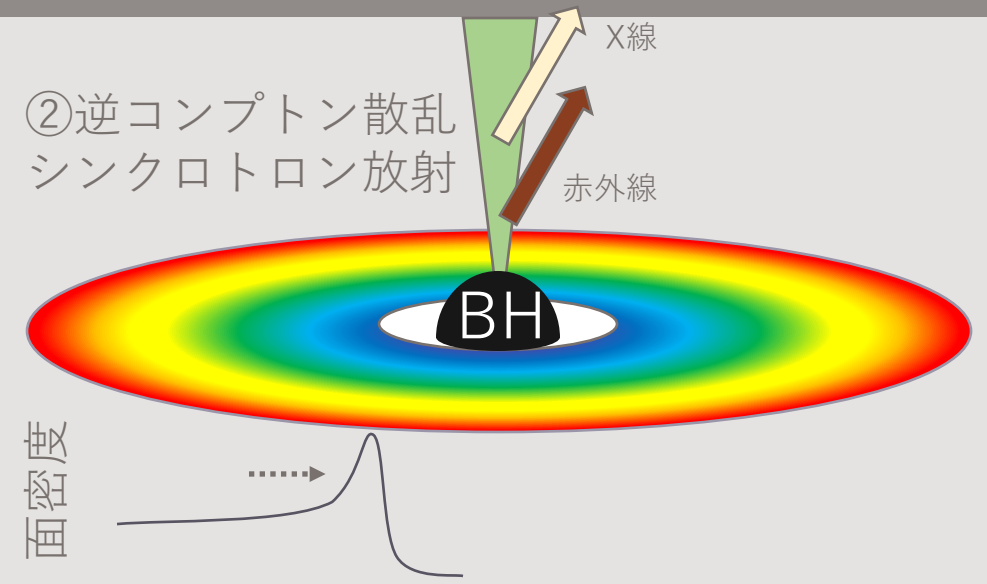
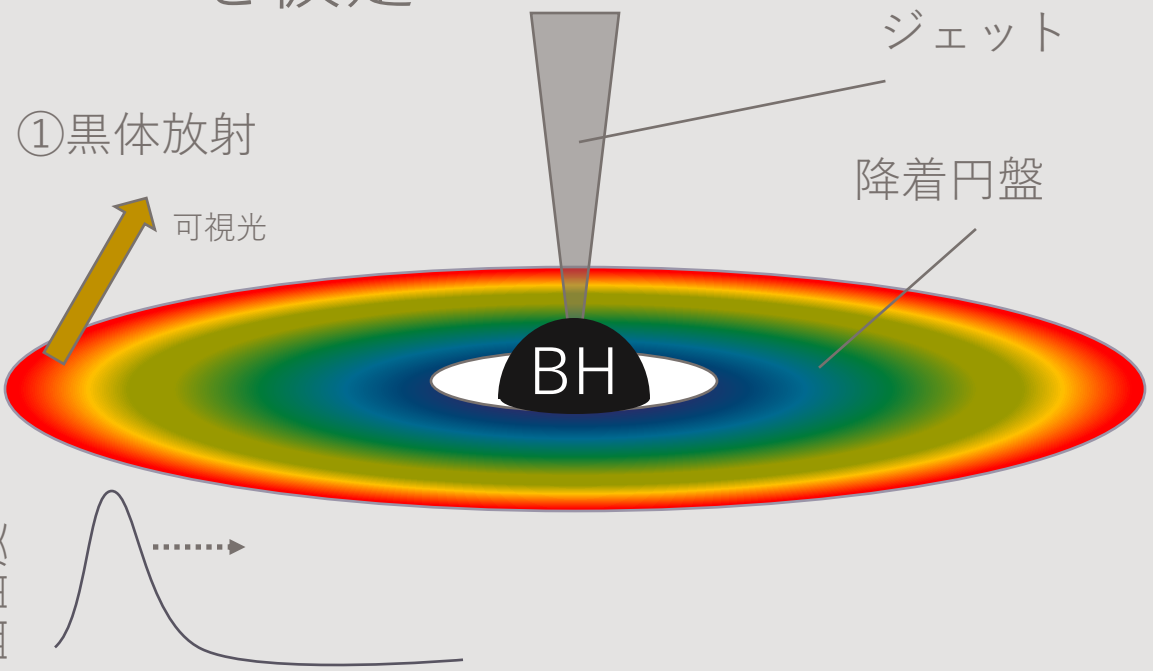


- ②照射 + 逆コンプトン放射



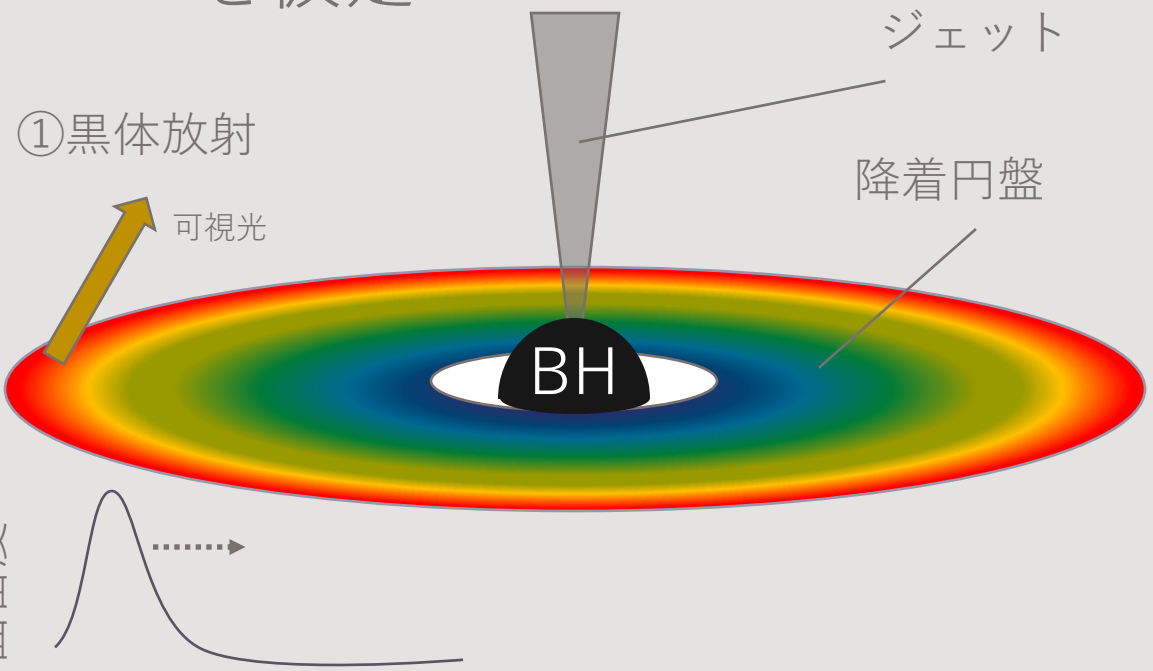
Outside-inでの放射シナリオ

• BH近傍からの放射：ジェットを仮定

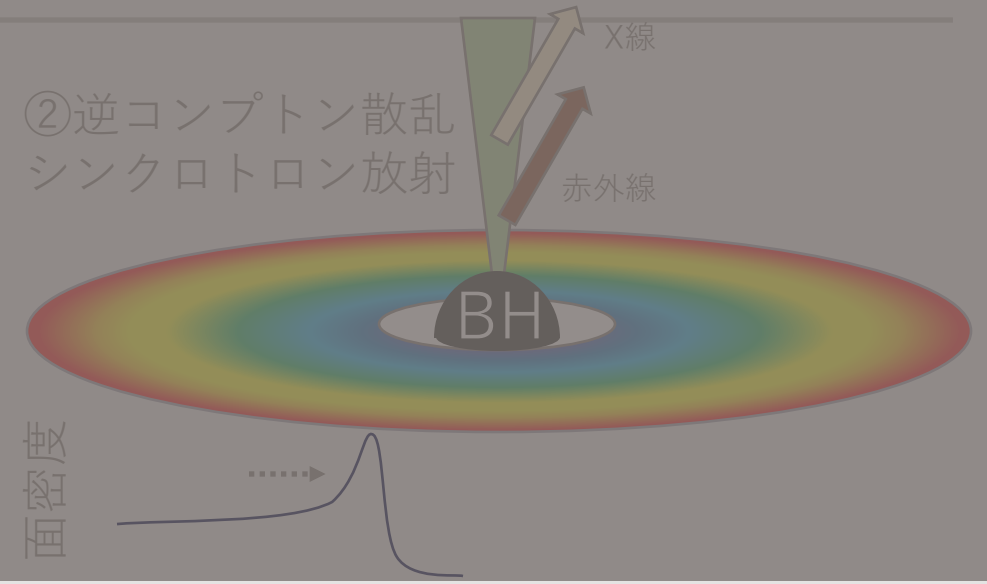


Outside-inでの放射シナリオ

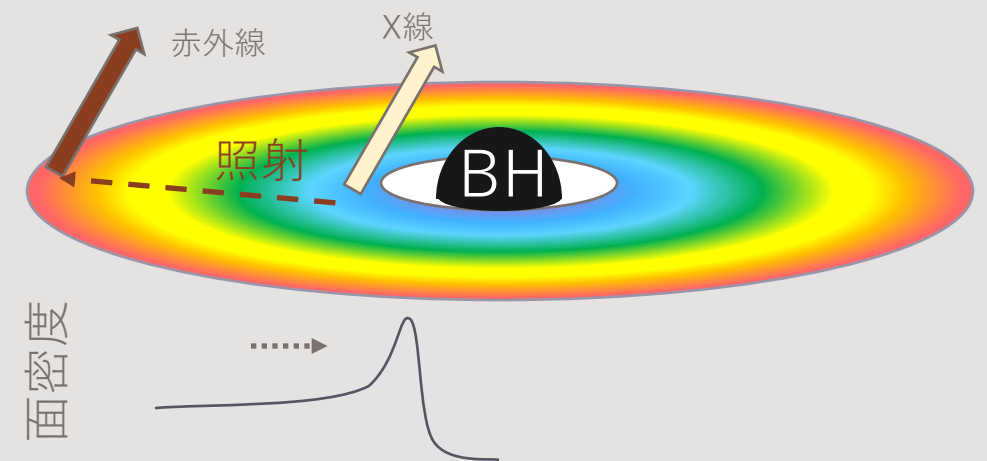
• BH近傍からの放射：Hot flowを仮定



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



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)

Appendix

立ち上がり時間、粘性パラメータ

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

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

 $t_{\text{decay}})$

— 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](#))

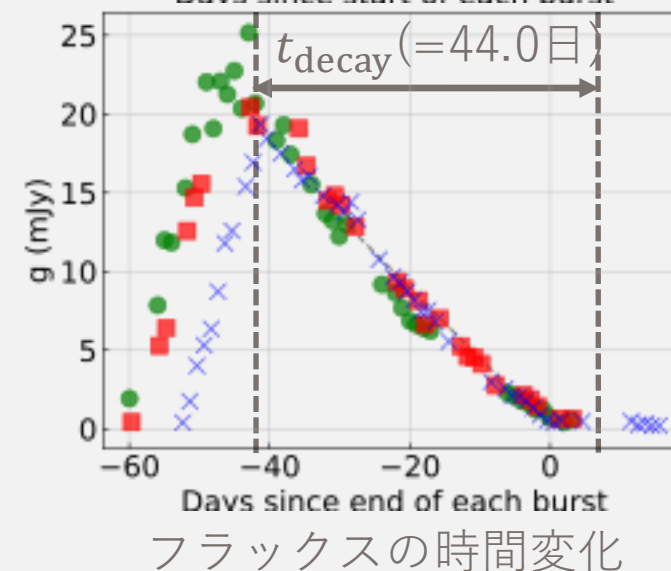
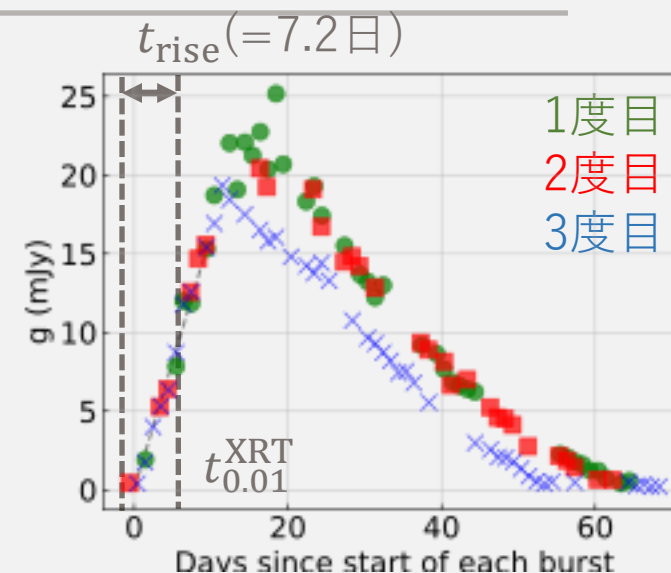
- 粘性係数 α : 決定した t から解く

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

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

▶ [Tetarenko et al](#) と consistent

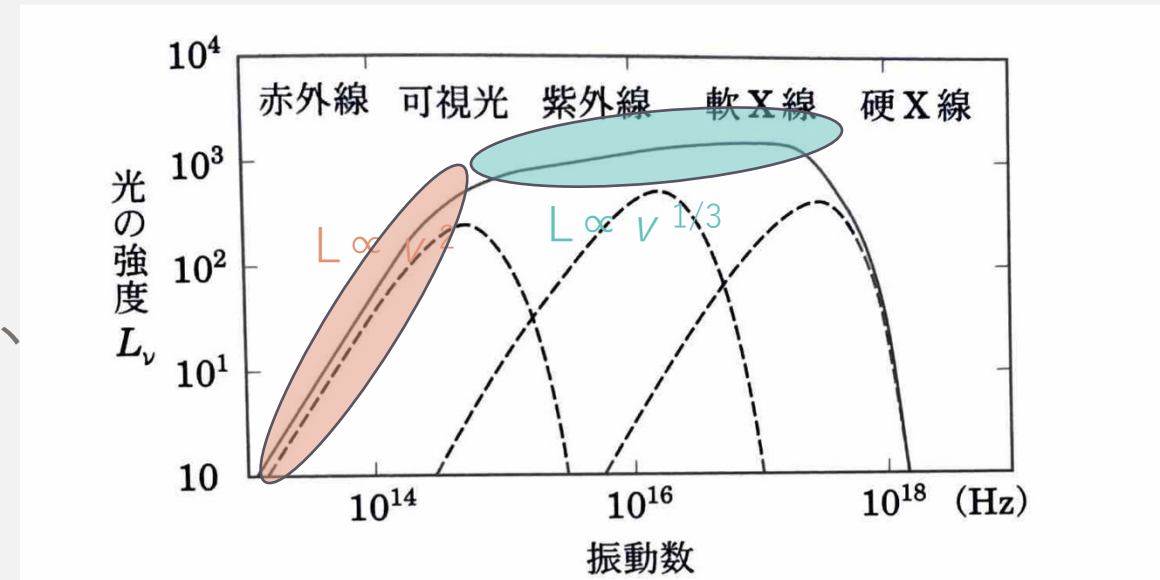
3回のミニアウトバーストは
Disk Instability Model で説明可能



-
- 外からうちに放射

Broken power-lawでdisk のOIR成分を再現した言い訳

- diskirというモデルがあるが、パラメータが8個と多い→6点ではうまく決まらない
- g ~ Ks バンド高々5倍程度のエネルギー差→レイリーゾーンと中間振動数の間に来たと仮定すると、SED上ではべきが大きく変わらない領域に来そう
 - べき一定と考え、broken-powerで再現、傾きが $1/3 \sim 2$ で再現できたため妥当と判断



—• Jetとhot flowの切り分けについて

- Hot flow + irradiation だとX線の逆コンプトンに対する照射のエネルギー比をフィットで決定してどの程度照射が効いているかを議論するのが一般的(という認識)
- 今回は可視光近赤外線とX線でフィットの関数を分けてしまっているため照射がどの程度効いているかX線と比較するのは不可能
- ジェットとの切り分けは、、？
 - 論文内では切り分けをせず、逆コンプトンとシンクロトロンで説明できる、と話して可能性ある放射源候補として二個ともあげてる

cmd

