

せいめい望遠鏡を用いたMAXI J1820+070の 短時間変動探査

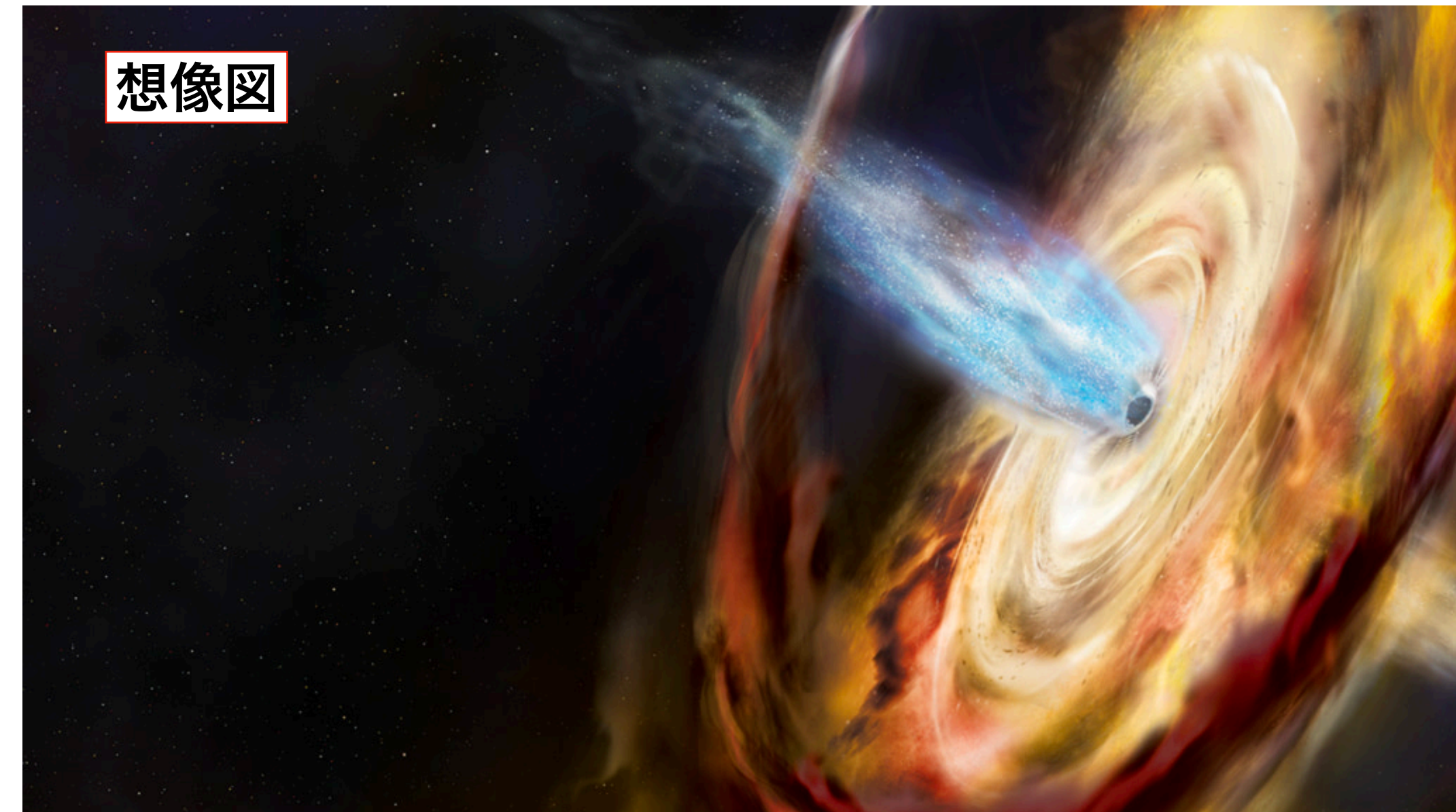
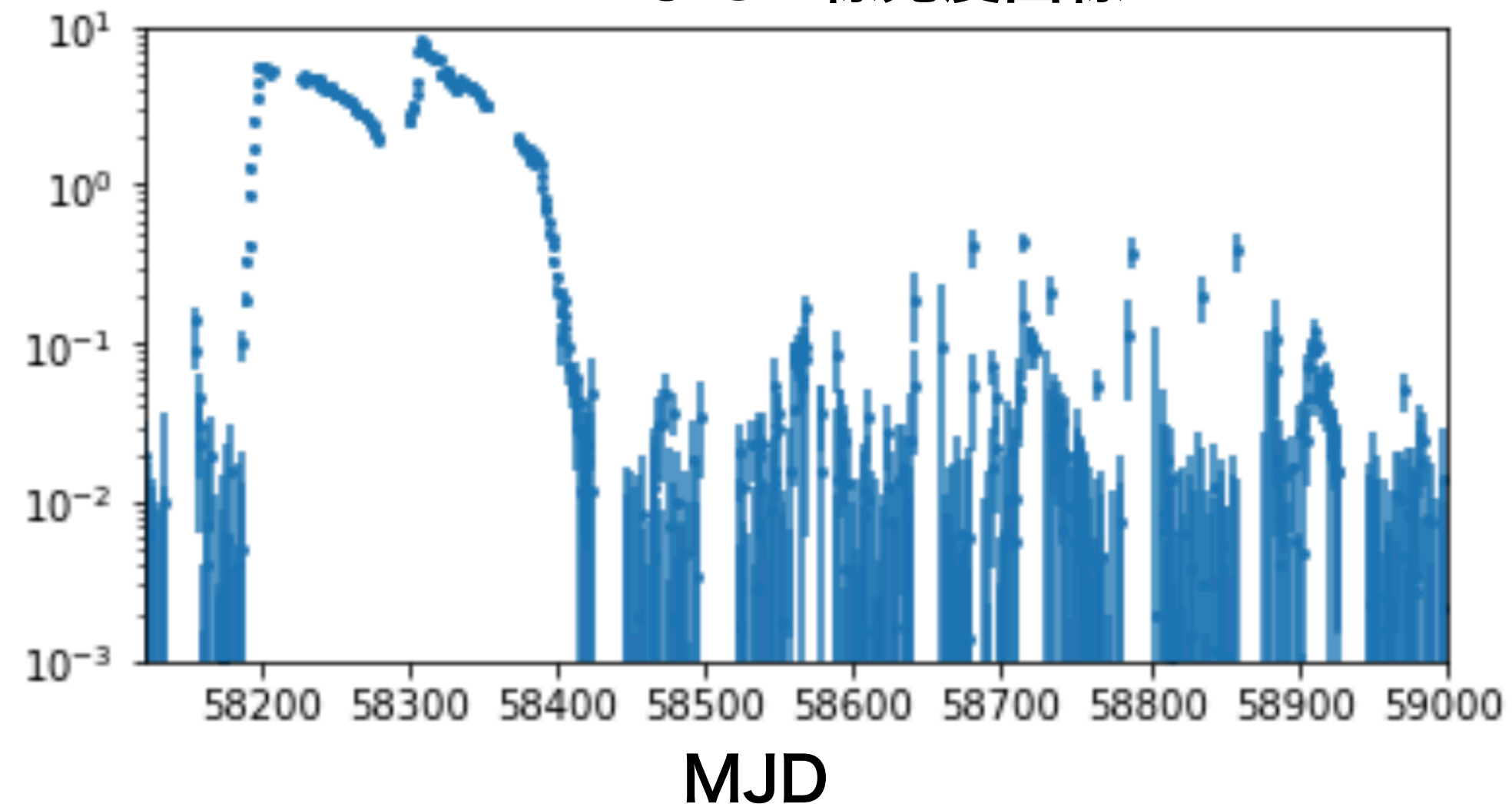
笹田真人（東京工業大学）

村田勝寛（京都大学）、樋口成和、高橋一郎、庭野聖史、
谷津陽一（東京工業大学）、志達めぐみ（愛媛大学）

MAXI J1820+070

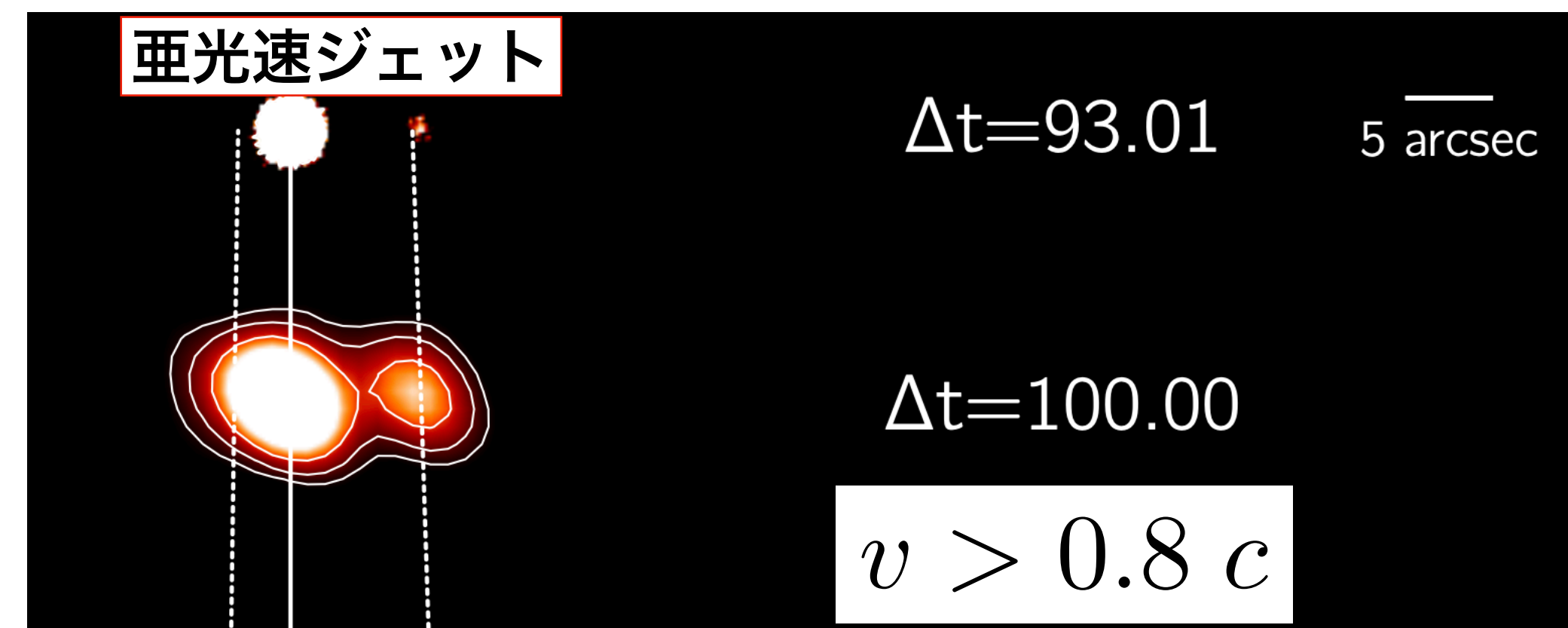
- ・ブラックホールX線連星
- ・X線によるアウトバーストの発見
- ・ブラックホールと伴星質量
 - ・ブラックホール質量：太陽質量の6.75倍
 - ・伴星質量：K型星 (K5) (Mikołajewska et al. 2022)
- ・アウトバースト中においてQPOやミリ秒の変動
- ・電波ジェットが噴出

MAXI によるX線光度曲線



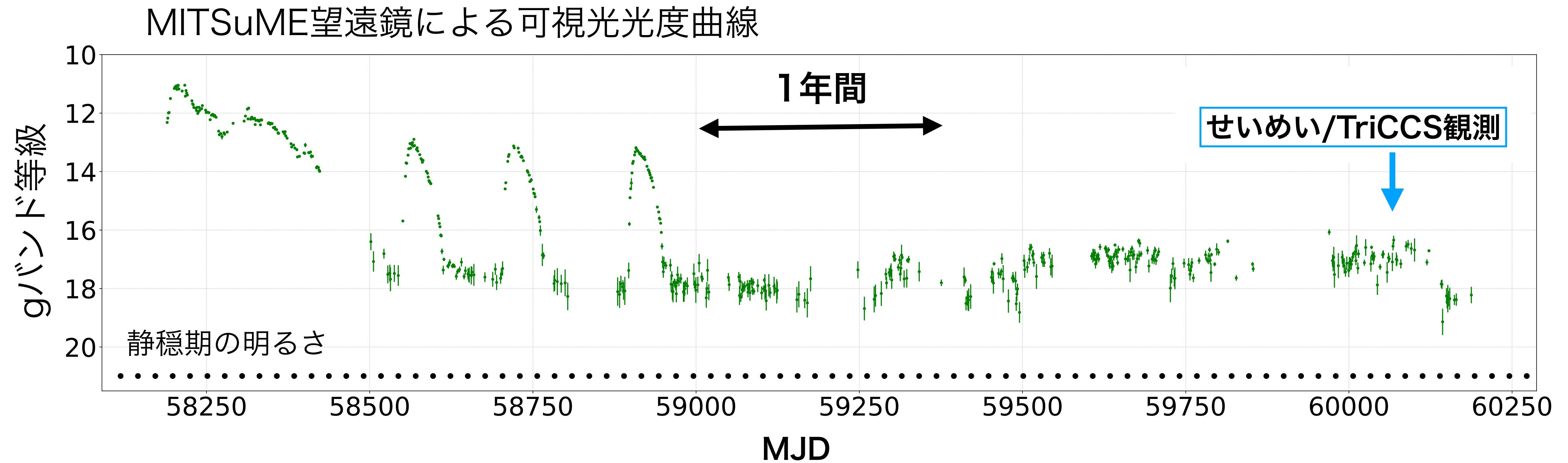
想像図

Credit: Aurore Simonnet and NASA's Goddard Space Flight Center



Bright et al. 2020

暗い時期における変動



- ・アウトバースト、再増光後は暗い時期が継続する
- ・静穏期まで暗くならない
 - ・伴星でないブラックホール近傍からの放射
- ・暗い時期においても可視光の変動が観測

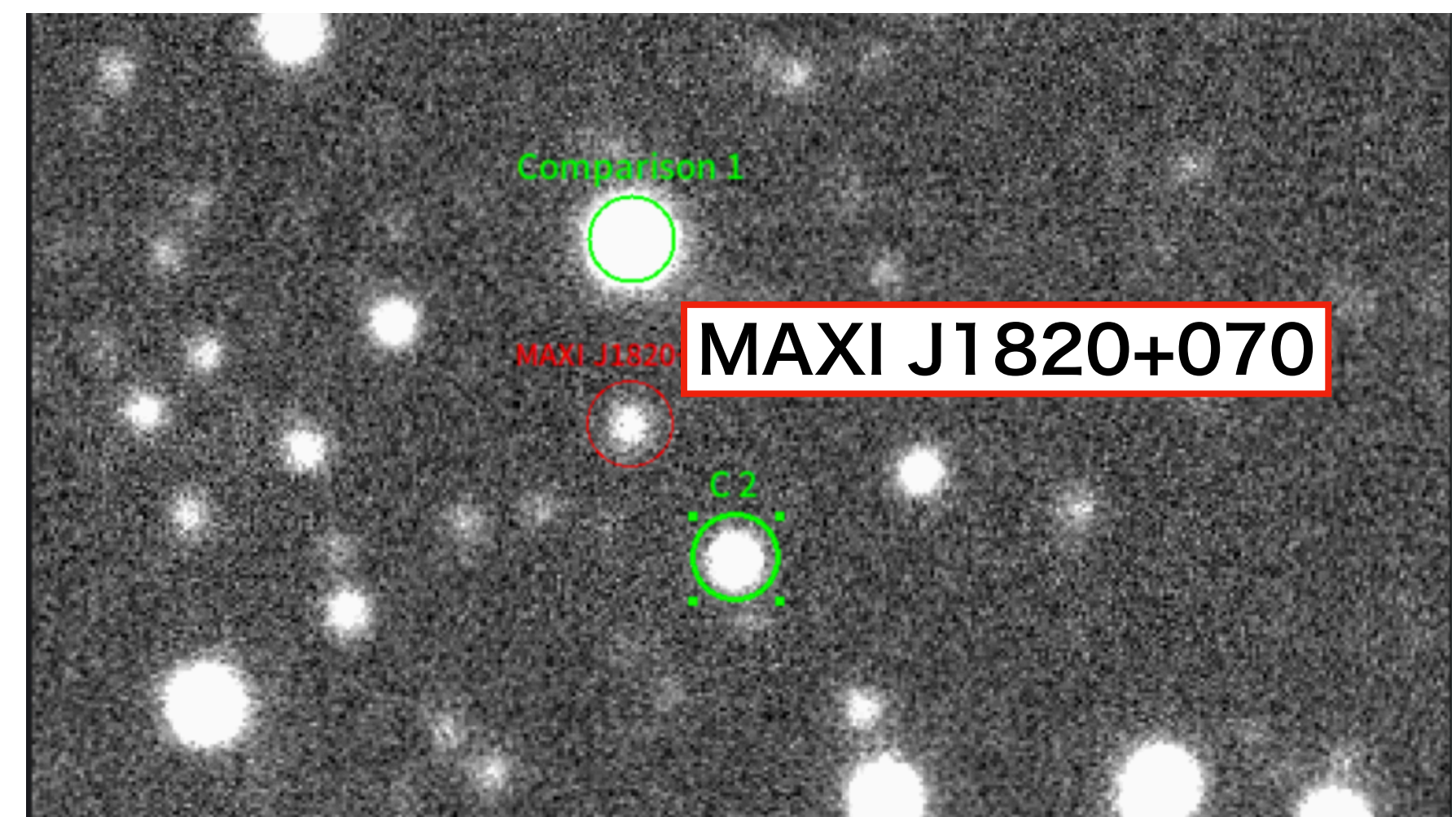
暗い時期の放射機構は未解明



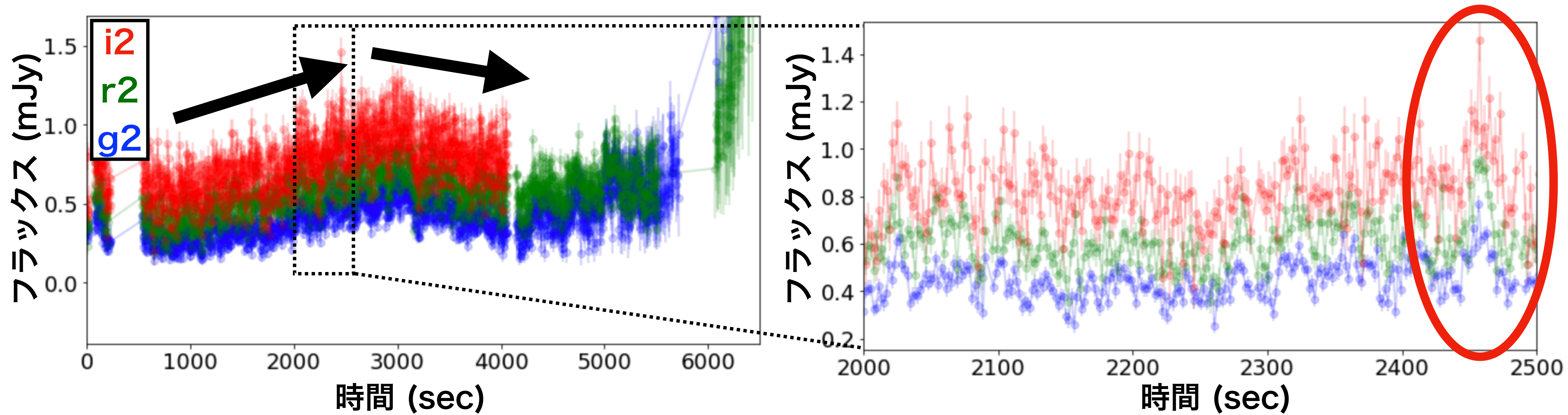
**短時間変動を検出することで
暗い時期の放射機構の解明**

せいめい望遠鏡/TriCCS

- ・MAXI J1820+070をTriCCSを用いて観測
- ・観測期間：2023年5月23日
- ・観測バンド：g2, r2, i2 または g2, r2, z
- ・観測合計時間：6000秒
- ・露出時間：0.2秒

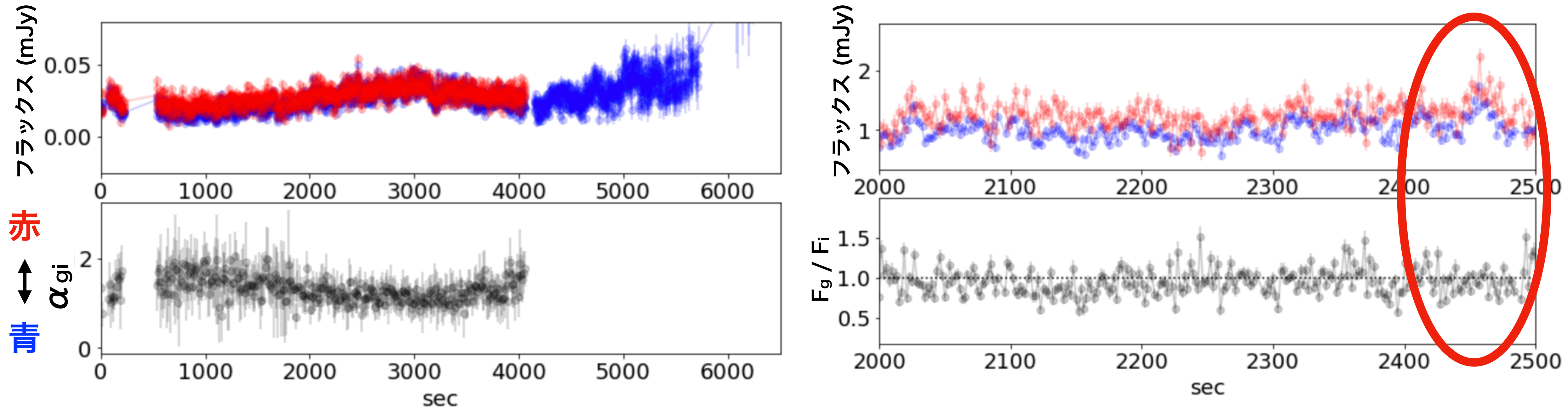


光度曲線



- ・3500秒のタイムスケールの光度変動
- ・30秒程度の短時間変動の検出

スペクトル変化

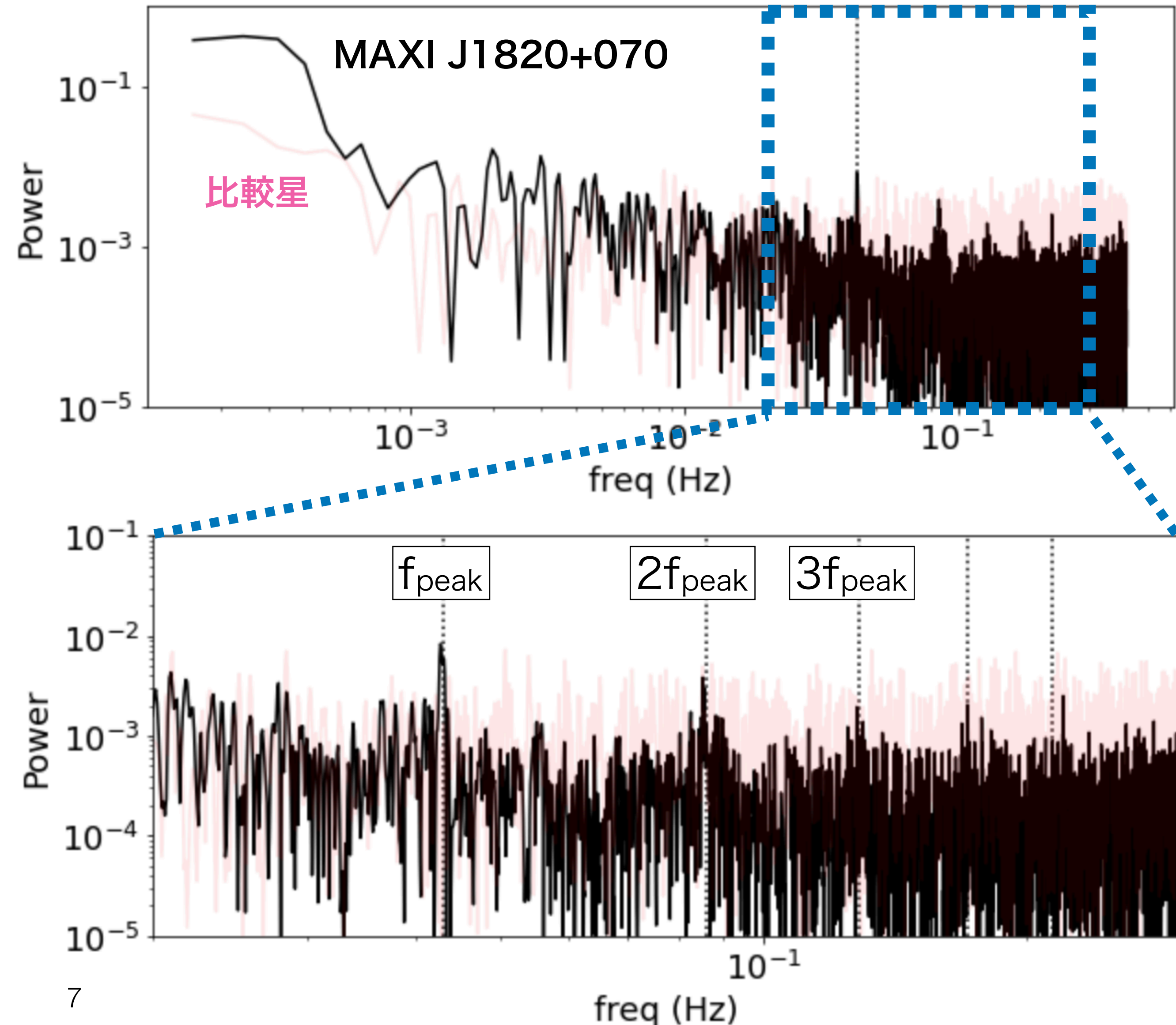


- ・3500秒程度の光度変動 → 増光時に青くなる
- ・30秒程度の短時間変動 → 増光時にスペクトルに変化なし

パワースペクトルとQPO

- ・Lomb Scargle法によるパワースペクトル
- ・天体のパワースペクトルの 4.3×10^{-2} Hzにピーク (f_{peak}) が存在
 - ➔準周期的振動 (QPO)
- ・比較星のパワースペクトルにはピークが存在しない
- ・調和振動と考えられるピークも検出 ($2f_{\text{peak}}$)

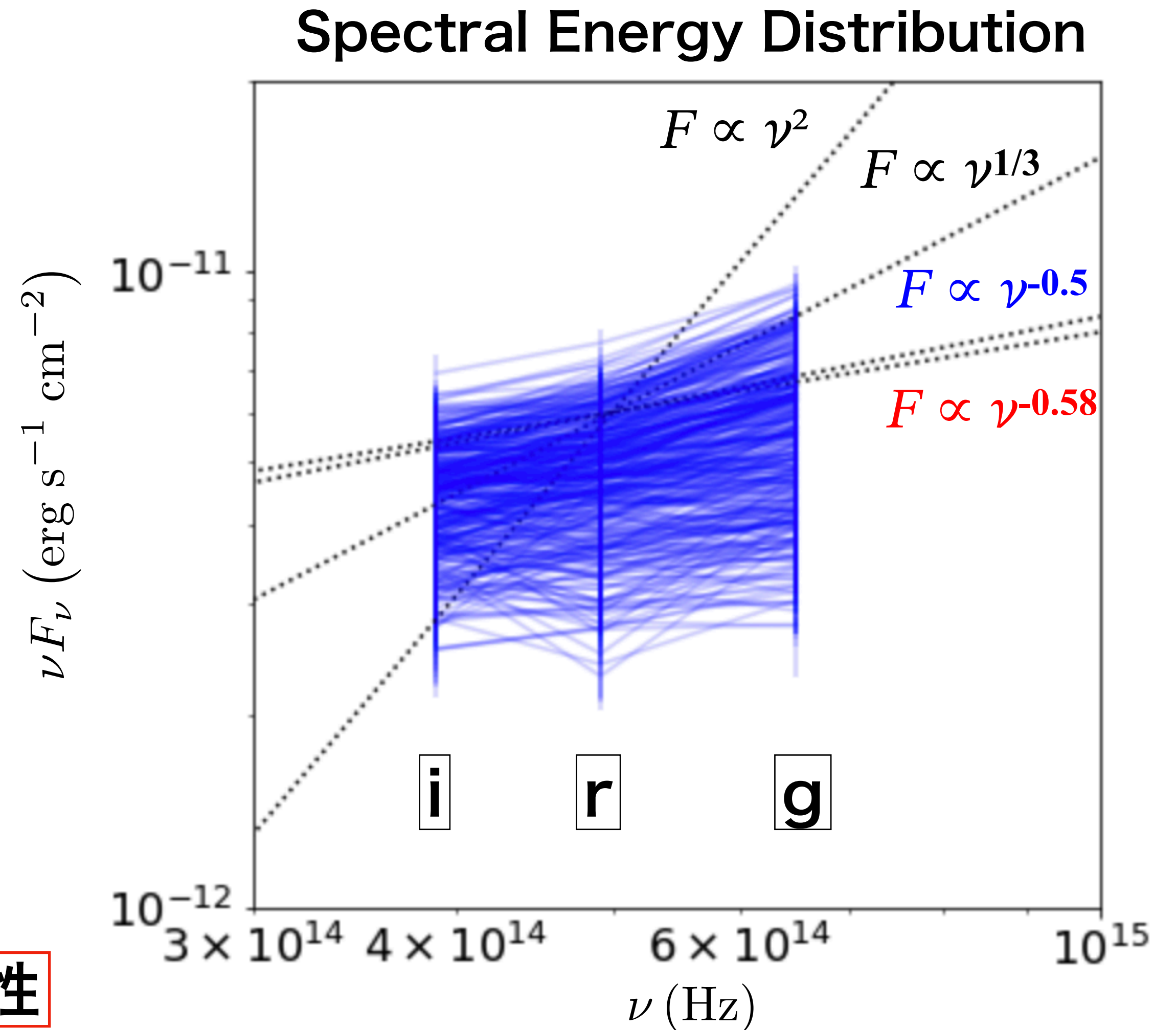
短時間変動のタイムスケール：～23.3秒



短時間変動のスペクトル指数

- ・平均スペクトル指数は -0.58
- ・降着円盤の多温度放射を仮定すると、スペクトル指数は 2 または 1/3
 - 観測のスペクトルと矛盾
- ・衝撃波加速による高エネルギー電子からのシンクロトロン放射を仮定すると、指数 ~ -0.5
 - 観測と矛盾なし
- ・短時間変動時にスペクトル指数は変化しなかった

短時間変動はシンクロトロン放射である可能性



変動タイムスケールと放射領域

ブラックホール質量 ($6.75 M_{\odot}$) とタイムスケールから領域のサイズ R を推定

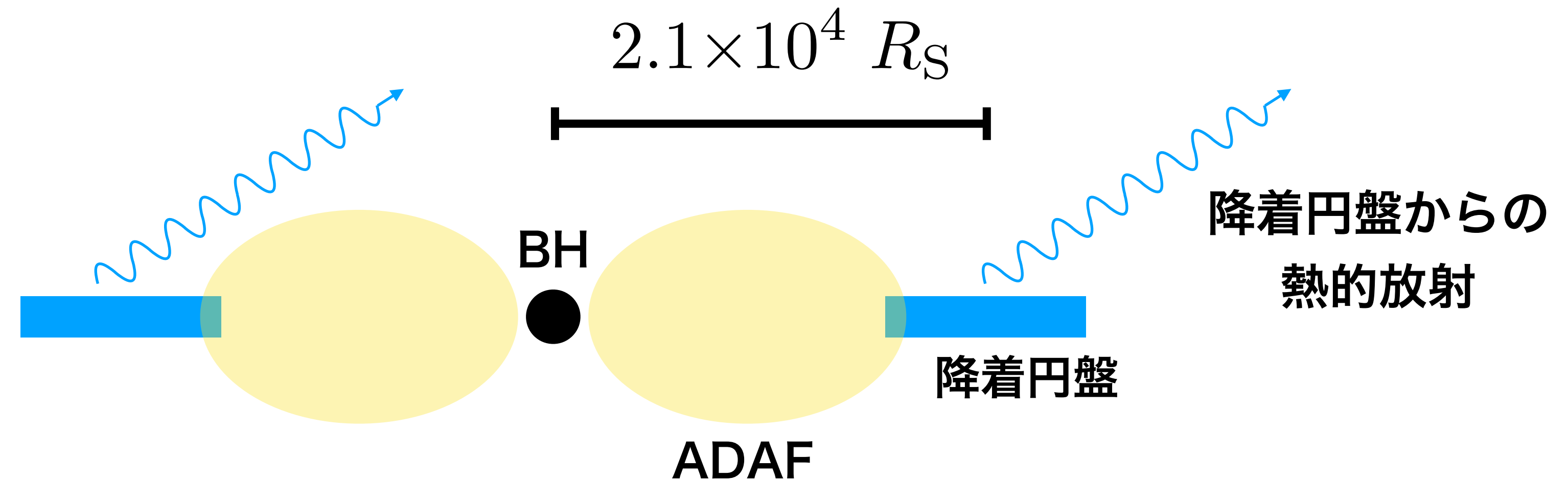
$$R = \alpha R_S \quad (R_S : \text{シュワルツシルト半径})$$

	3500秒	23.3秒	
Dynamical α_{dyn}	21,000	730	ケプラー回転
Free-fall α_{fall}	180,000	6,500	ADAF/RIAF
Light crossing α_{lc}	2,600,000	120,000	

再増光期における $R_{\text{out}} \sim 10^{4-5} R_S$ (Yoshitake et al. 2024)

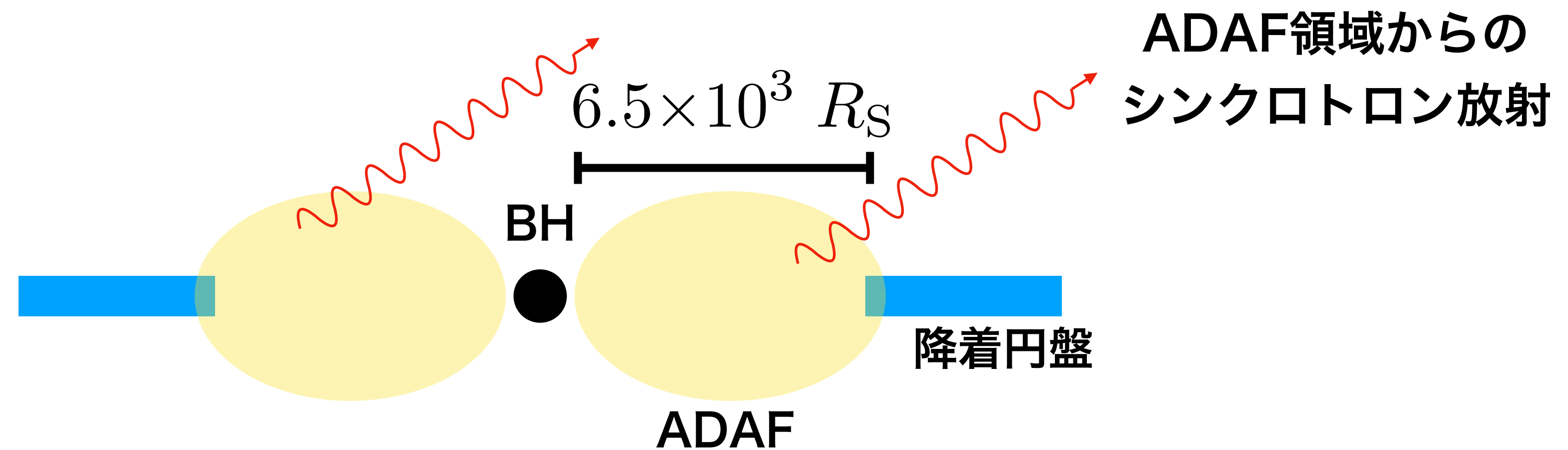
- ・23.3秒の変動の場合、Free-fall 時間
- ・3500秒の青い変動の場合、Dynamical 時間

長時間変動の放射機構と起源



- ・3500秒の**長時間変動**は降着円盤の外縁部からの熱的放射を想定
- ・放射および変動のシナリオ
 - ✓ 部分的な質量降着の発生（例えば磁気リコネクション）による降着率の上昇
 - ✓ 外部からの質量降着による一時的部分的な降着率の上昇

短時間変動の放射機構と起源



- **短時間変動**は Free-fall 時間で変化すると想定
- 短時間変動のスペクトルはシンクロトロン放射と一致
- 放射および変動のシナリオ
 1. ブラックホールへ物質降着しジェットまたはHot flowで高エネルギー電子が生成
 2. 生成電子からのシンクロトロン放射

まとめ

- ・せいめい望遠鏡/TriCCSによりブラックホールX線連星 MAXI J1820+070 の多色連続観測を実施した
- ・暗い時期において、3500秒スケールおよび30秒スケールの変動を検出した
- ・パワースペクトルにおいて $4.3 \times 10^{-2} \text{Hz}$ (~23.3秒) にピークを持つ
- ・観測されたスペクトル指数から短時間変動はシンクロトロン放射のスペクトルと矛盾がなかった