

2025/10/21-23

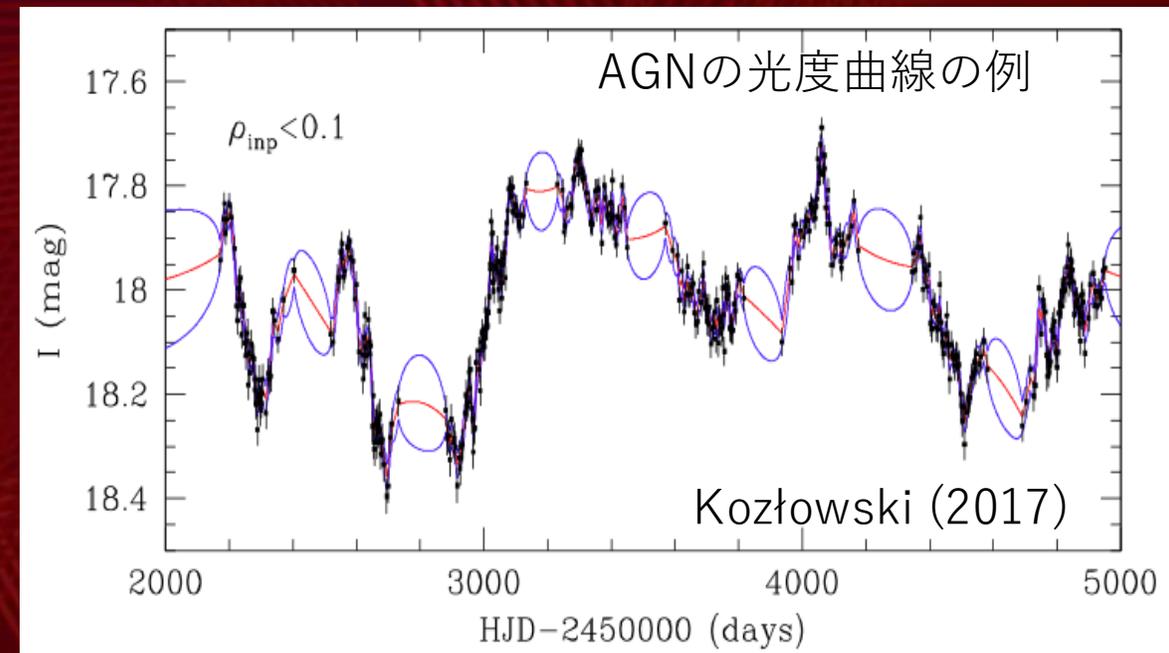
OISTER WS@鹿児島大学

極高光度クエーサー WISEJ0909+0002の光度曲線にお ける周期性の崩れ

東京大学 天文学教育研究センター
堀内 貴史

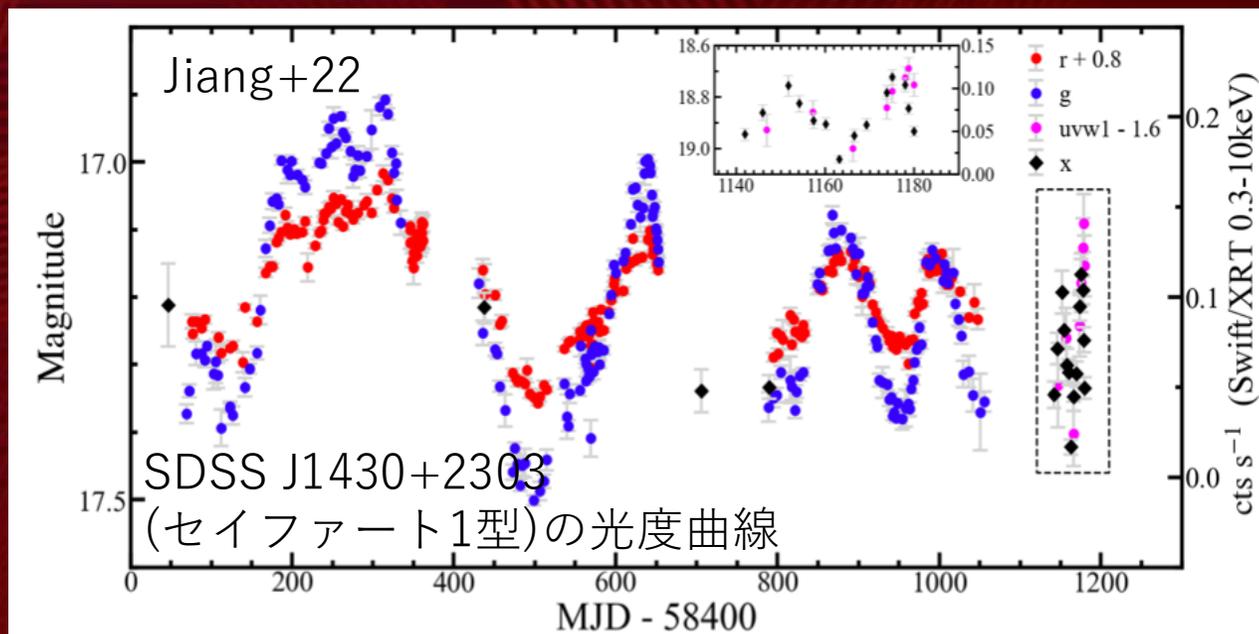
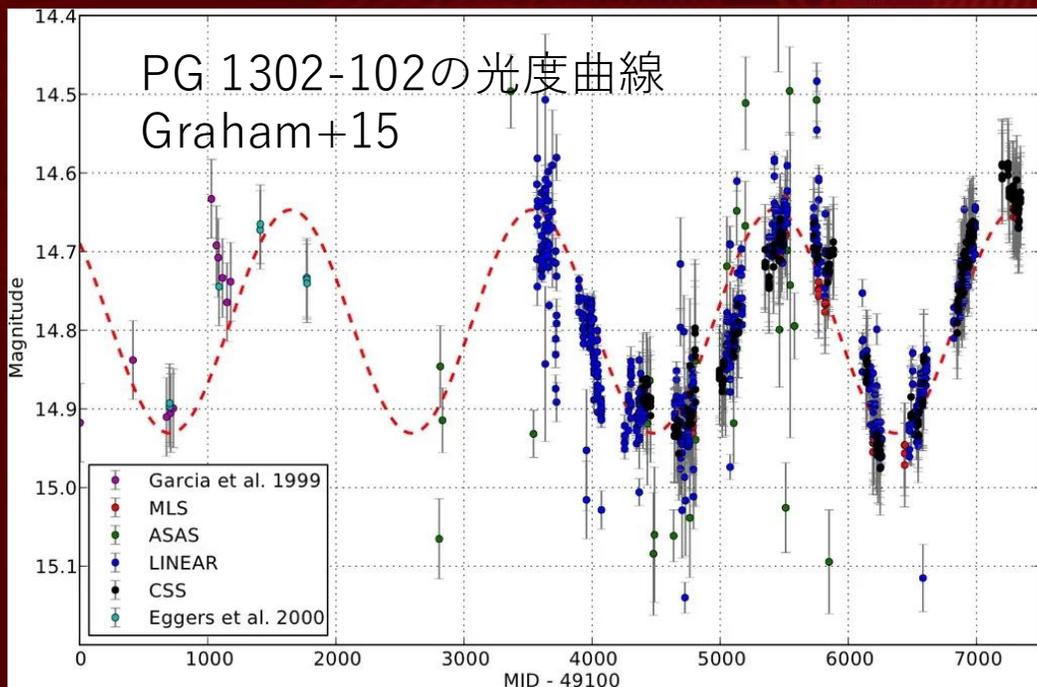
クェーサーの光度変動

- クェーサー: 宇宙最大規模の明るさをもつ, 活動銀河中心核 (AGN) の一種. 通常のセイファート銀河より1-2桁明るい.
- クェーサーの重要な性質: 光度変動
 - 変動は一般にはランダム. 光度変動を damped random walk でモデル化する試みもある (Kelly+09).
 - しかし, 周期的に見える変動 (QPO) が先行研究で同定された (e.g, Graham+2015).

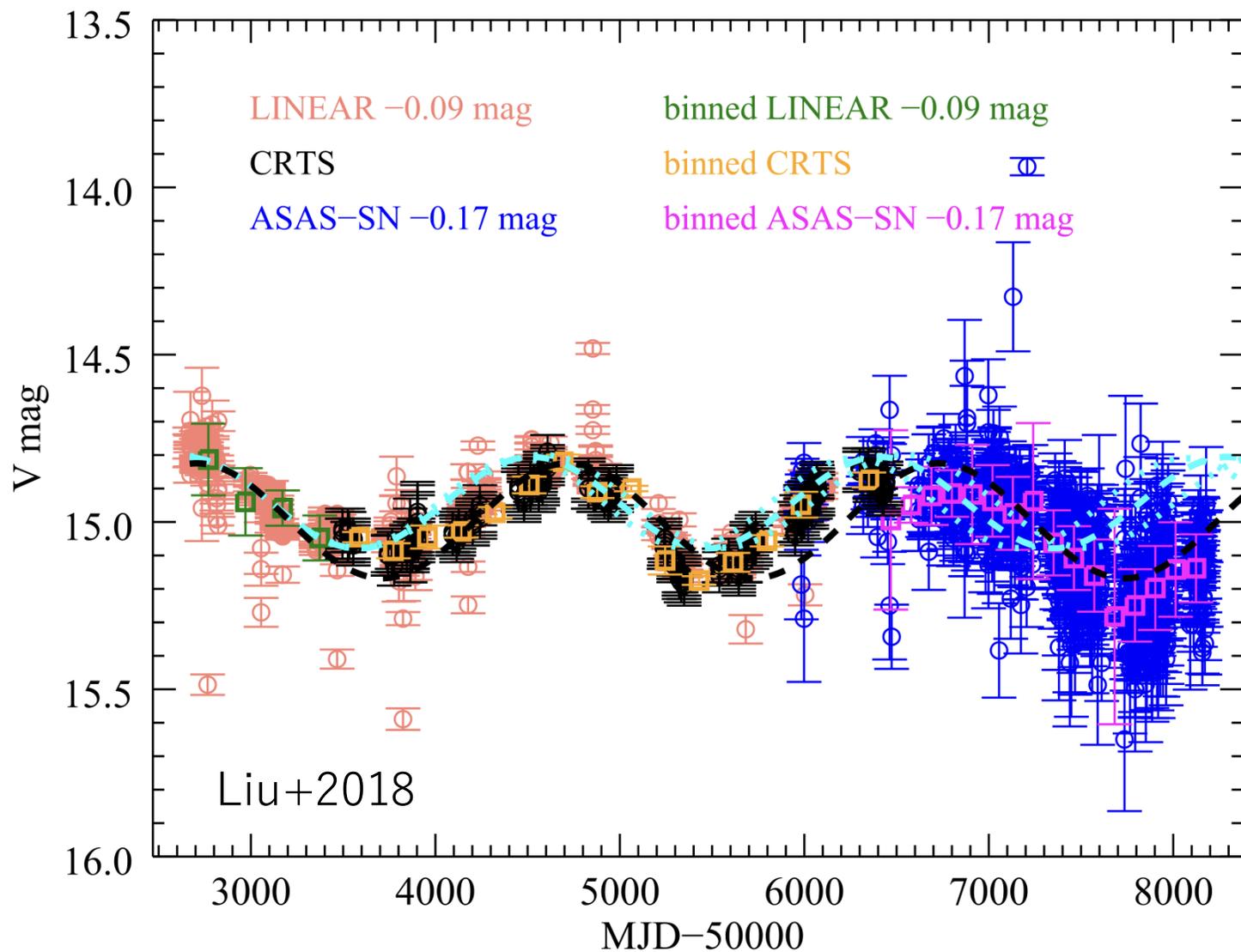


AGNに稀に見られる周期的な光度変動

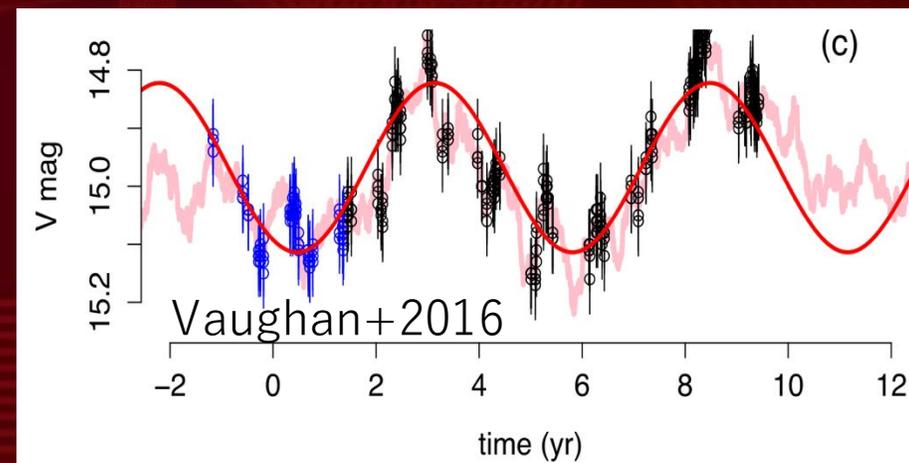
- PG 1302-102: Graham+15によって正弦関数で表せるような周期的な光度変動 (quasi-periodic oscillation, QPO: 5.2年周期)が同定されたクェーサー
 - 以降は複数のAGNで周期光度変動が同定されている (偽検出も多々あり)



先行研究: PG1302-102の周期性崩壊



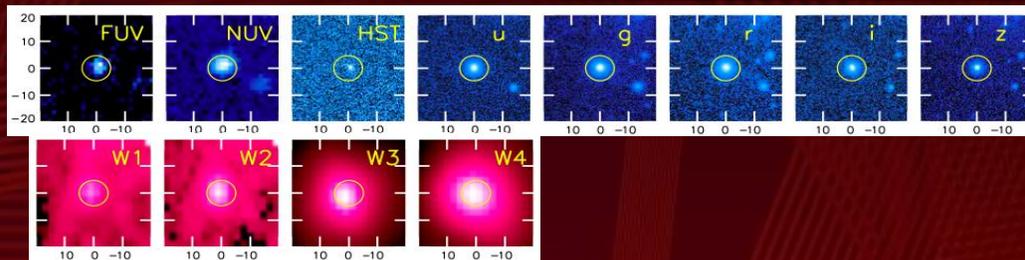
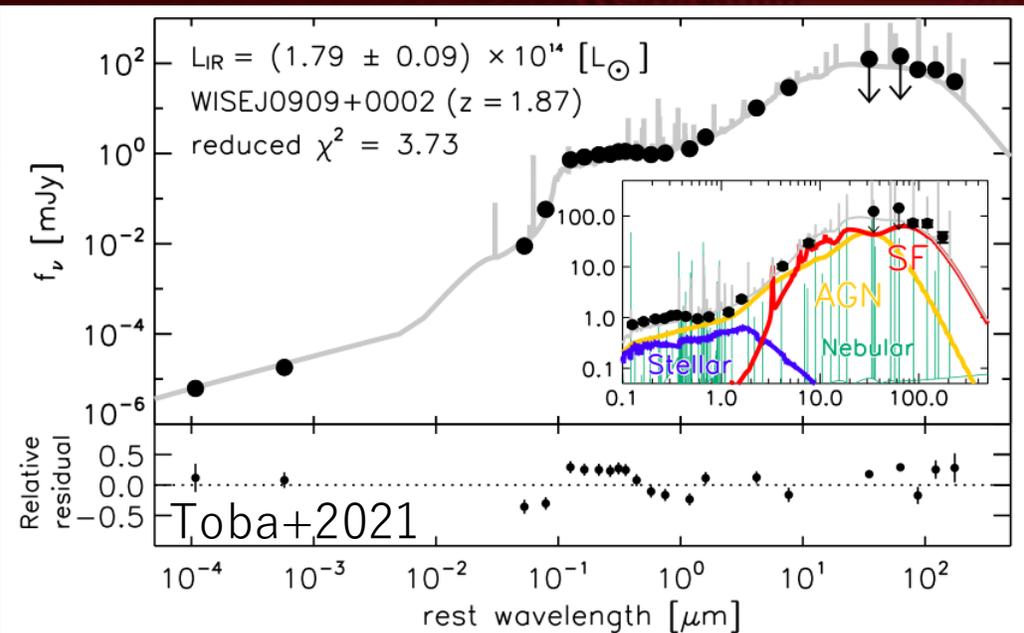
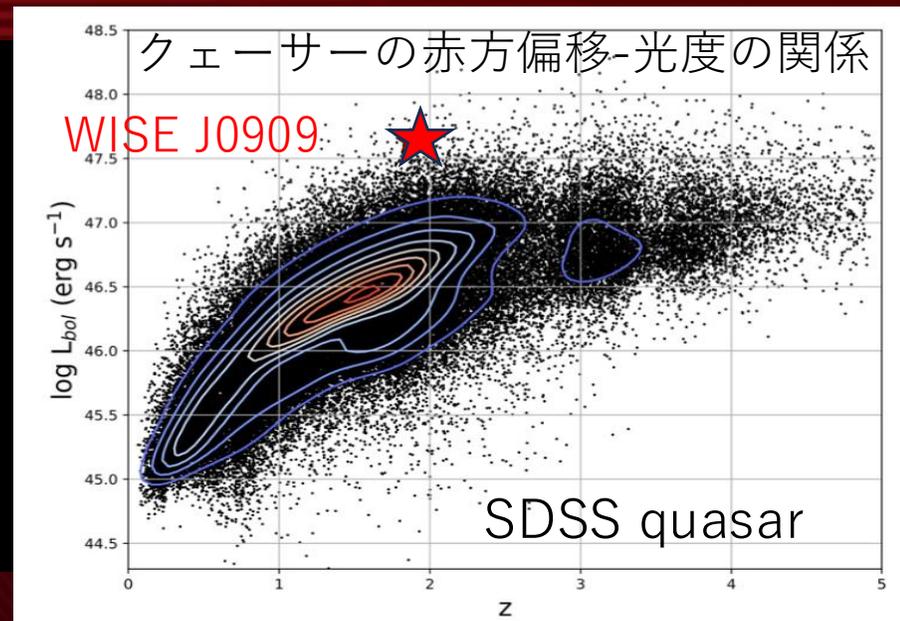
- ASAS-SNのデータが周期性の崩壊を示唆.
- ノイズ(DRW model等)でも説明される (Vaughan+16).



極高光度クェーサー-WISE J0909+0002のモニター観測

• WISE J0909+0002

- 非常に明るいクェーサー ($z=1.87$, $V=16.5$ mag)
- 赤外線で非常に明るい天体 (ELIRG; $L_{\text{IR}} > 10^{14} L_{\odot}$) としても同定されている (Toba+2021).
 - $L_{\text{IR}} = 1.79 \times 10^{14} L_{\odot}$
- ブラックホール質量: $10^{9.9} M_{\odot}$ (非常に稀な天体)

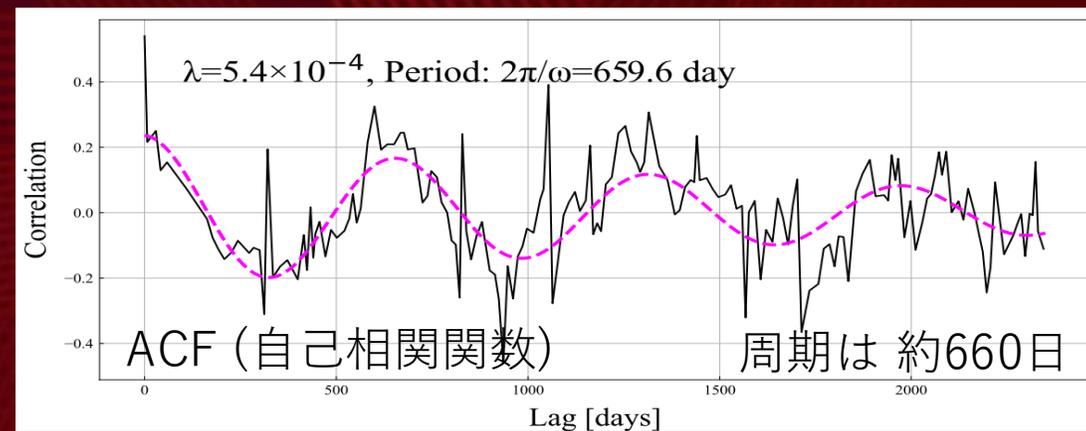
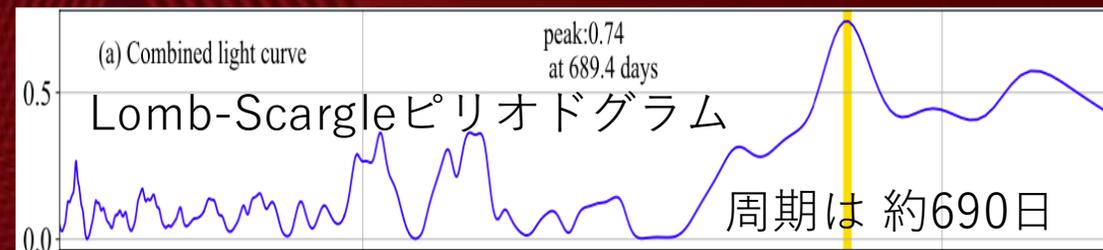
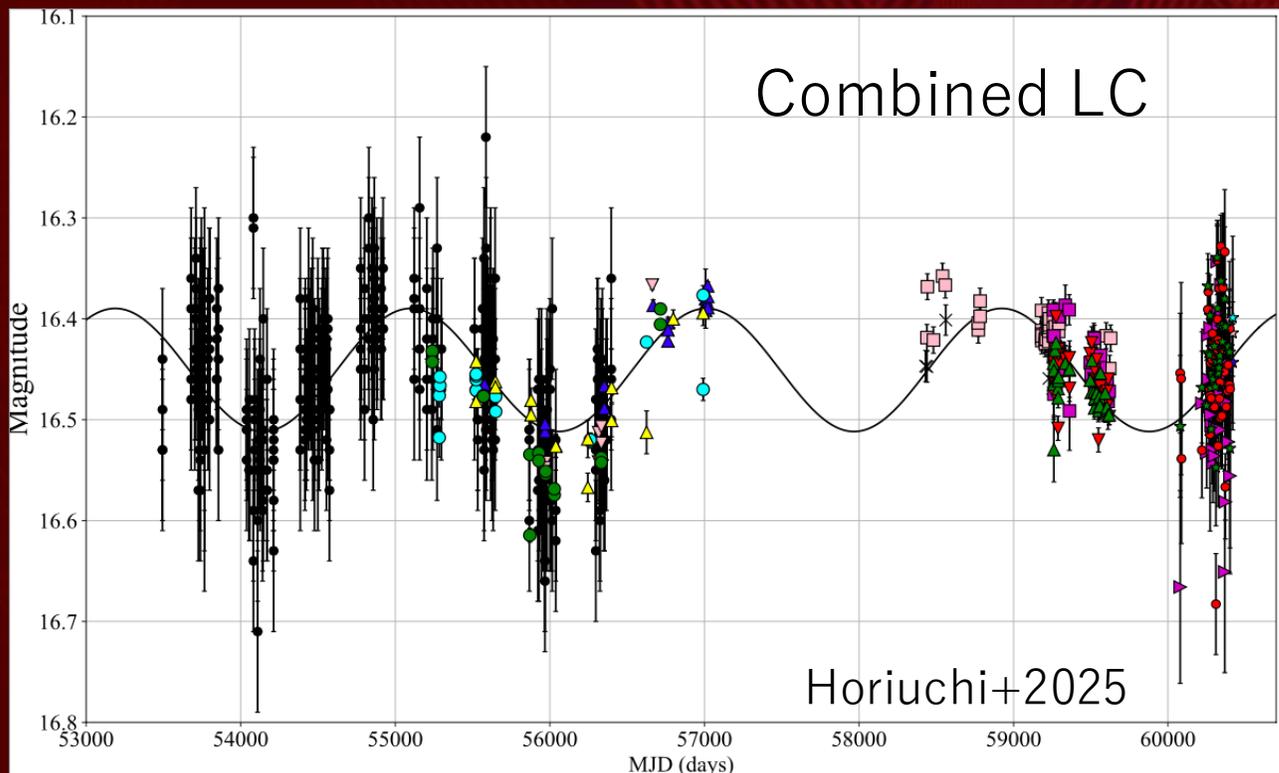


BH properties (Sect. 3.2)

$L_{\text{bol}} (\text{erg s}^{-1})$	$(4.3 \pm 0.6) \times 10^{47}$
$M_{\text{BH}} (M_{\odot})$	$(7.4 \pm 0.3) \times 10^9$
λ_{Edd}	0.4 ± 0.1
$\kappa_{\text{X}} (= L_{\text{bol}}/L_{2-10\text{keV}})$	$(2.0 \pm 0.3) \times 10^2$

WISE J0909+0002の光度曲線

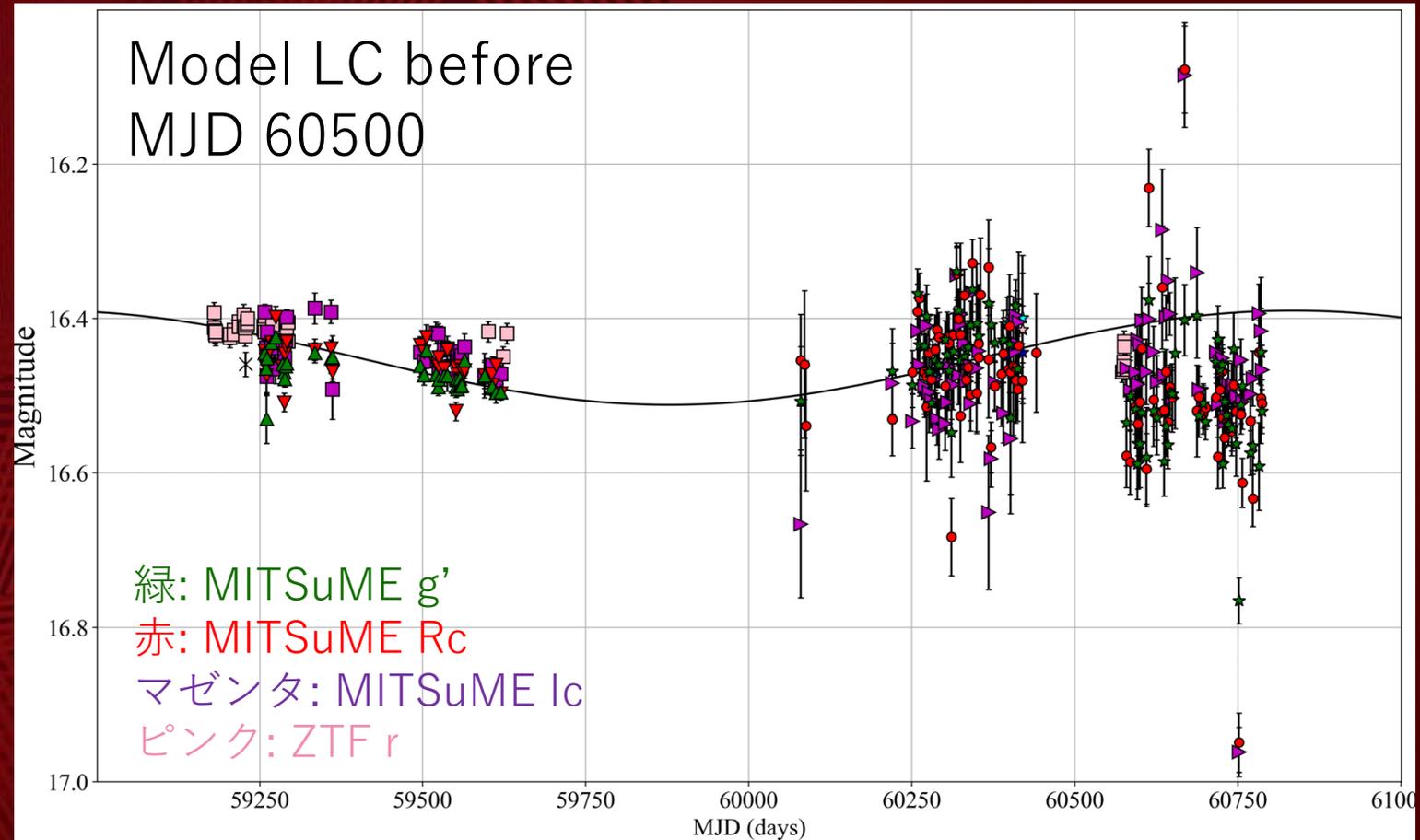
- 周期は静止系で660 - 690日程度.



- Lomb-Scargle法はまばらに取得されたデータの周期の評価に有用
→ Lomb-Scargleピリオドグラムを作成 (周期は 約690日)
- ACFに関しては周期は660日程度.

WISE J0909+0002の光度曲線 (更新版)

- MJD 60500付近からこれまでの周期性のパターンが逸れる傾向.
- 周期変動は確率的な変動(e.g. DRW)の中で偶然に現れた可能性を検証.



光度曲線のmodel simulation

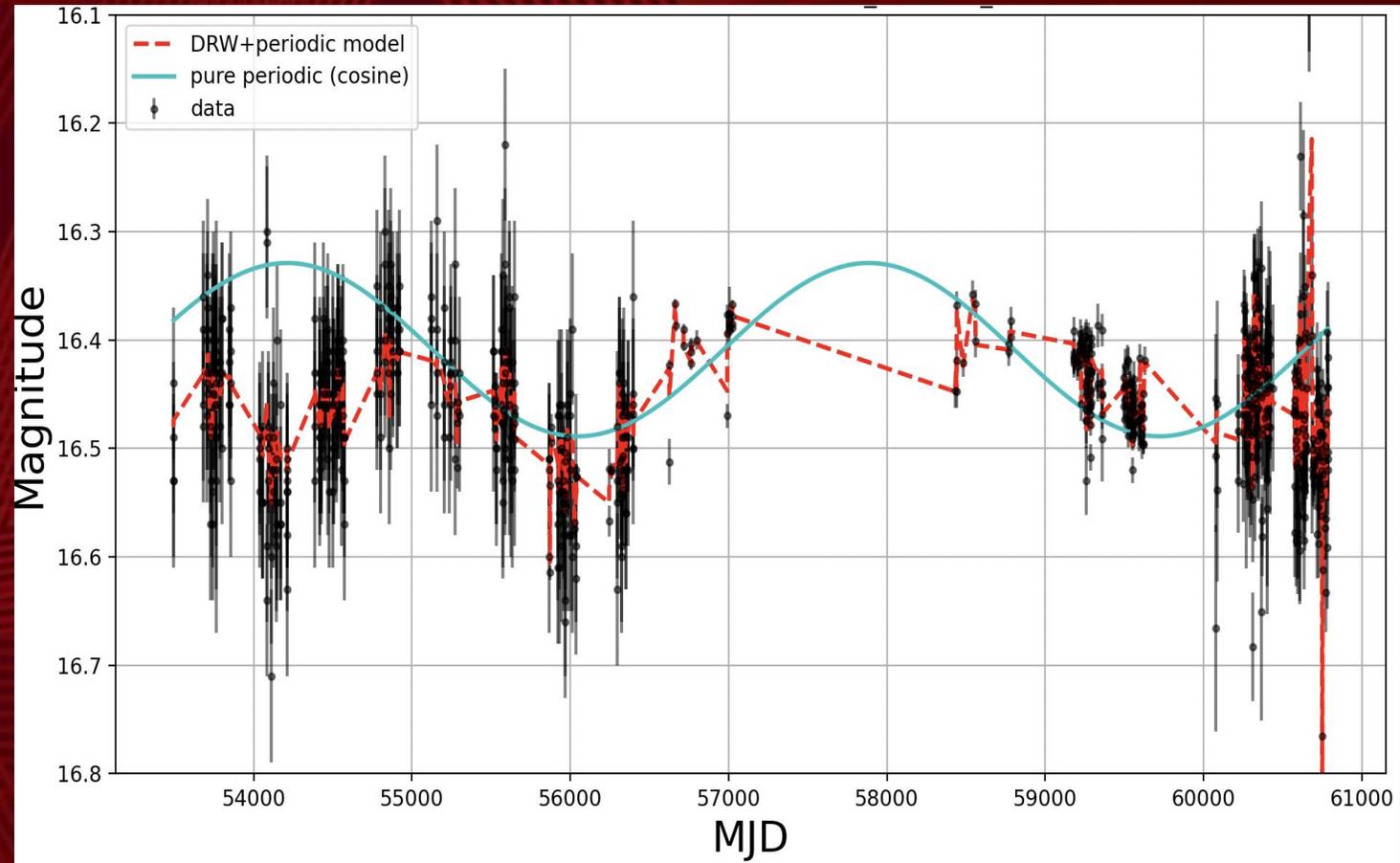
- DRW+periodicとPeriodic modelとを別々でシミュレーション.

- ベイズ情報量基準による比較

$$\text{BIC} = k \ln(n) - 2 \ln L_{\max}$$

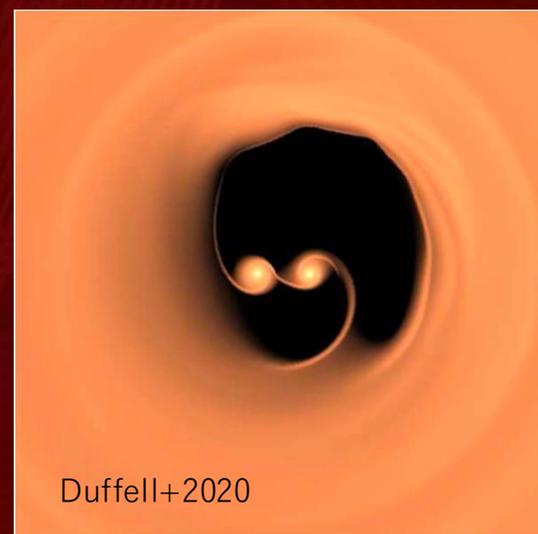
- 上記モデルの差 $\Delta \text{BIC} = -227.6$

- 追観測により単一Periodic modelでの説明が難しくなった一方で, DRW+periodicの方が光度曲線をうまく説明できそうか.



議論: ELIRGにおける光度変動

- ターゲット天体のWISE J0909+0002はクェーサーを内包するELIRG.
- 周期性が確認された時点ではDoppler boostなどの検証によってSupermassive BH Binaryの候補天体と結論づけた (Horiuchi+25)
- これまでの光度曲線は偶然にPeriodicなパターンが現れたもの?
→ 追観測によってそれがよりrobustに.
- ELIRGにおける光度変動そのもの特別なものではない.
→ mergerを終えて通常のクェーサーを保持する段階にある?



まとめ

- ターゲット天体のWISE J0909+0002はクエーサーを内包するELIRGかつ、光度曲線周期性が継続している可能性のあった天体 (Horiuchi+25).
 - 追観測で周期性のパターンから外れる変動を観測
 - 単純なperiodicモデルより, DRW+periodicの方が光度曲線をうまく説明しそう.
- 今後について
 - SaCRA/MuSaSHI (r, i, z)で取得したデータの解析を追加, 論文化.
 - 周期性の崩壊を利用してRMなどの別のサイエンスに繋げる.

