

2024.09.09-10 せいめい望遠鏡ユーザーズミーティング

近傍セイファート銀河 NGC 4151 の 最高エネルギー分解能X線観測との 同時分光モニター観測

峰崎岳夫(東京大学)

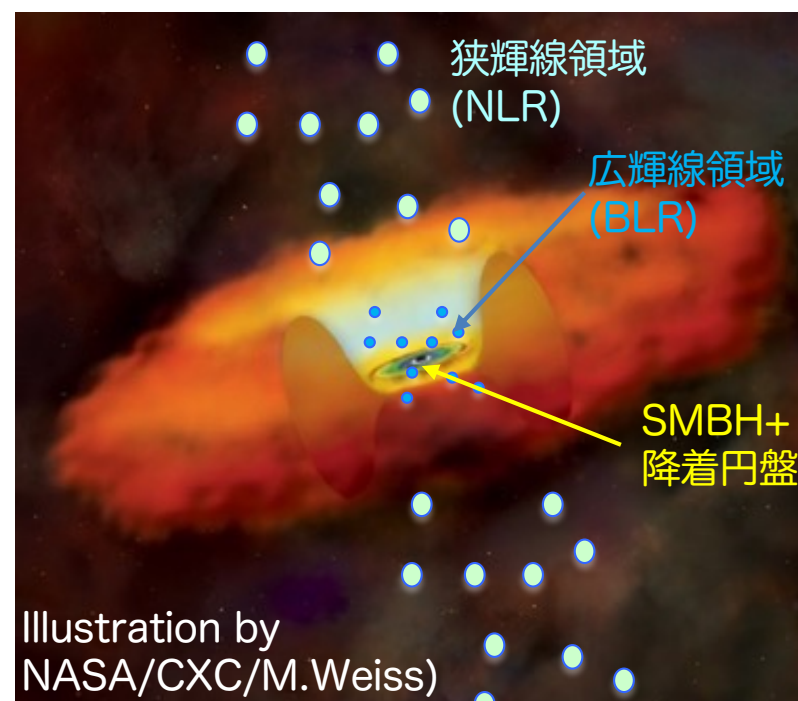
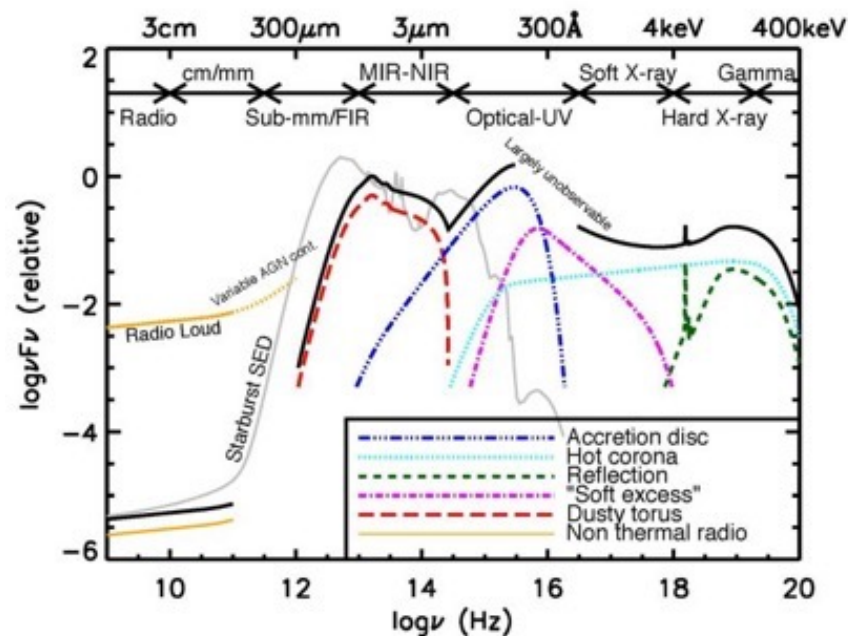
岩室史英、呼子優人(京都大学)、野田博文(東北大学)、
平田悠馬、趙光遠、松下恭子、小林翔悟(東京理科大学)、
鮫島寛明、堀内貴史、水越翔一郎(東京大学)、
小久保充(国立天文台)、山田智史(理化学研究所)

結果の詳細については天文学会秋季年会
各講演を参照してください

平田 (S20a)、野田 (Z212R)、趙 (S19a)

活動銀河核 (AGNs)

- 広い波長範囲で強い放射
 - SMBH 周囲の様々な構造から様々な波長の放射
 - 降着円盤、ホットコロナ、電離ガス雲、ダスト
 - 非球対称の遮蔽構造
 - 観測者の視線方向によってスペクトルの特徴が異なる

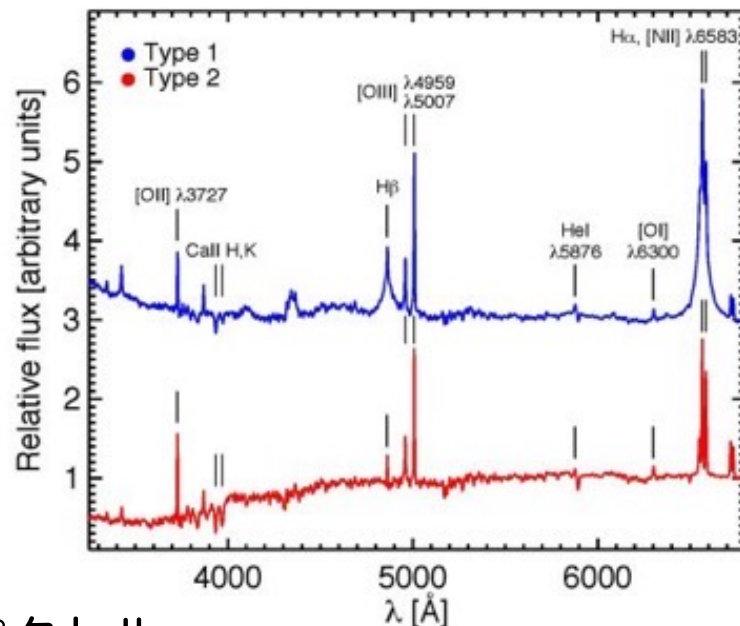


クエーサーの放射の
スペクトルの模式図

Hickox & Alexander 18

活動銀河核 (AGNs)

- 広い波長範囲で強い放射
 - SMBH 周囲の様々な構造から様々な波長の放射
 - 降着円盤、ホットコロナ、電離ガス雲、ダスト
 - 非球対称の遮蔽構造
 - 観測者の視線方向によってスペクトルの特徴が異なる



可視スペクトル
の模式図

Hickox & Alexander 18

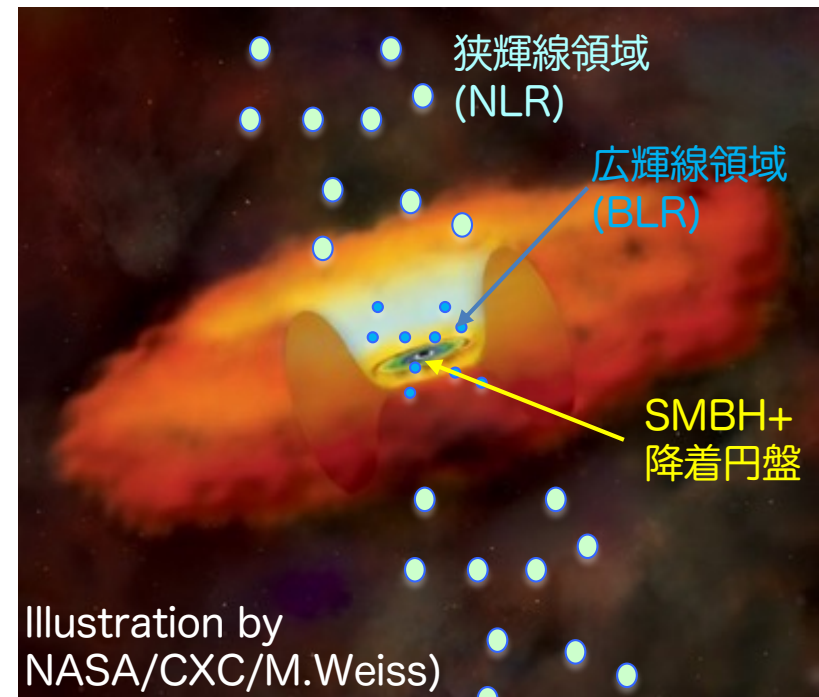


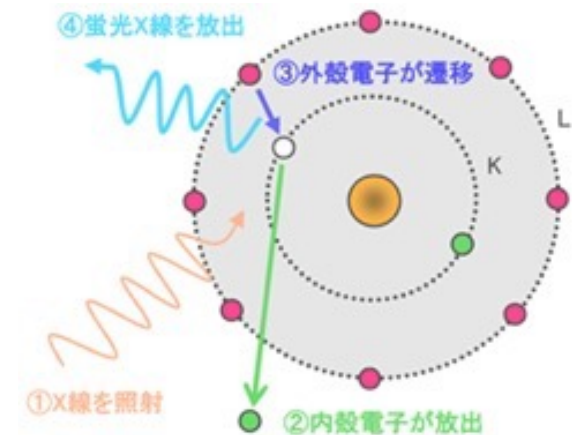
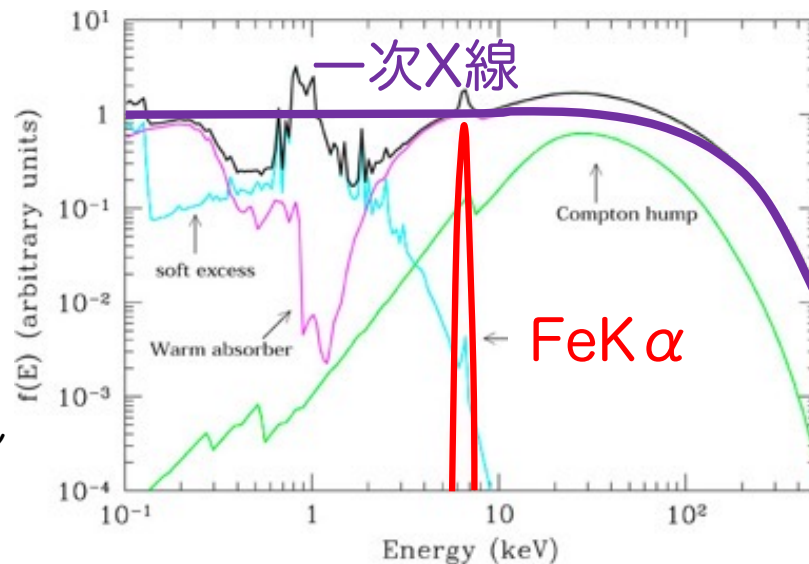
Illustration by
NASA/CXC/M.Weiss)

中性 FeK α 輝線

• X線 FeK α 輝線

- 周囲にある物質中の鉄が一次 X 線を吸収・再放射（「反射」）
- 低電離鉄イオンの FeK α 輝線のエネルギーは鉄原子の場合とあまり変化しない（→まとめて「中性」FeK α 輝線）
- 低電離ガス、中性ガス、分子ガス、ダストの有無など、ガスの状態によらず同様に生じる
- 遮蔽構造に対して透過力が高い

→AGN 内部の SMBH 周囲の構造の質量分布と運動



<https://www.mst.or.jp/method/ta/bid/168/Default.aspx>

中性 FeK α 輝線放射領域

- ダストトーラス
 - FeK α 輝線が強い \rightarrow 大きな被覆率と柱密度が必要
- 先行研究
 - 輝線幅とビリアル関係
 - outer BLR \sim dust torus (TM&KM 15)
 - inner BLR (Miller+18)
 - 時間変動
 - inner BLR (Zogbhi+19)
 - order of 1 pc (Andonie+ 22)

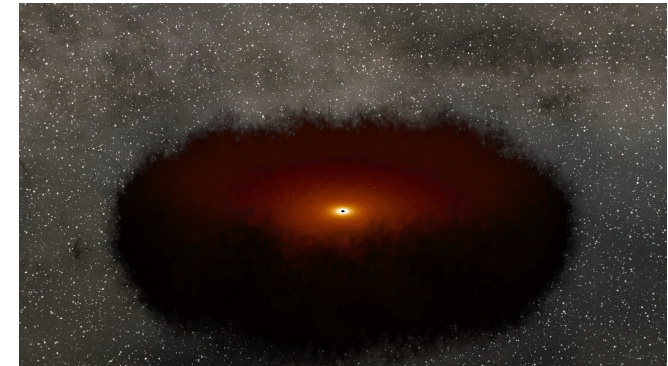
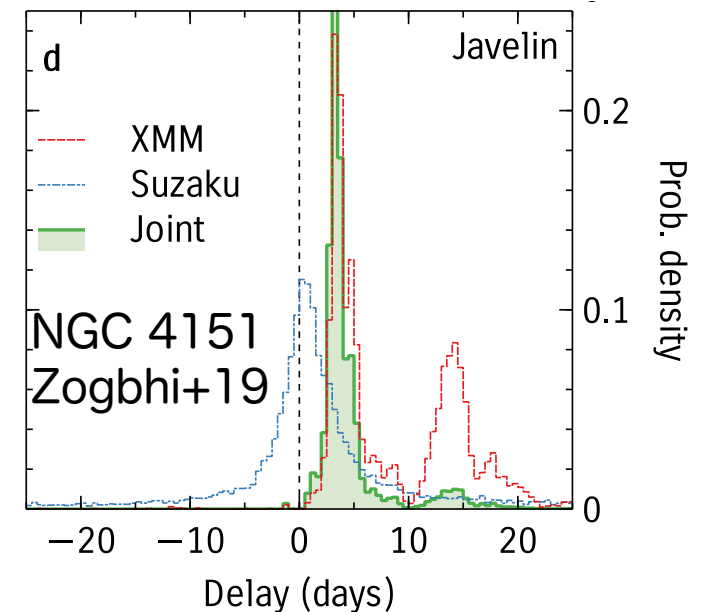
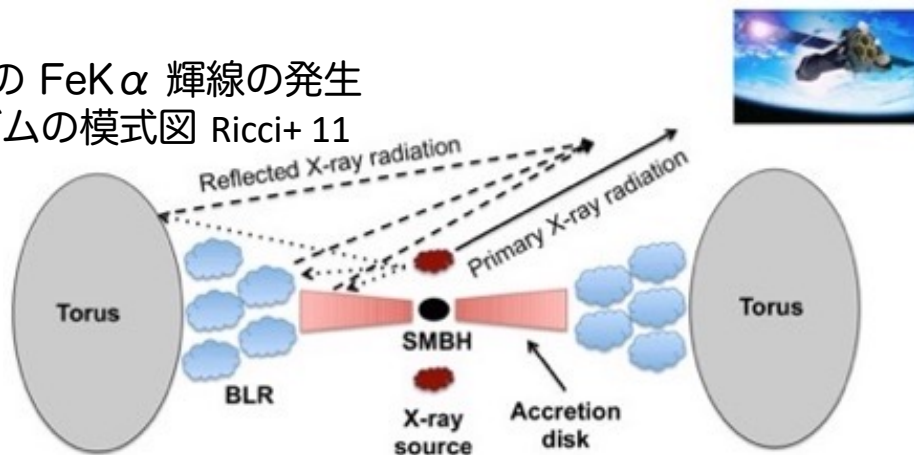


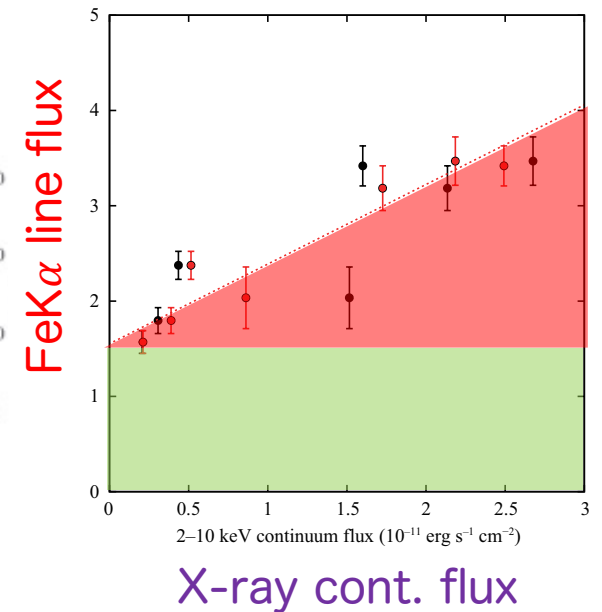
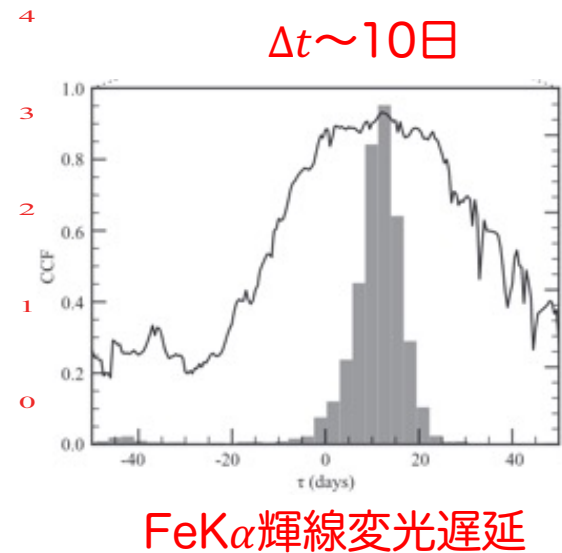
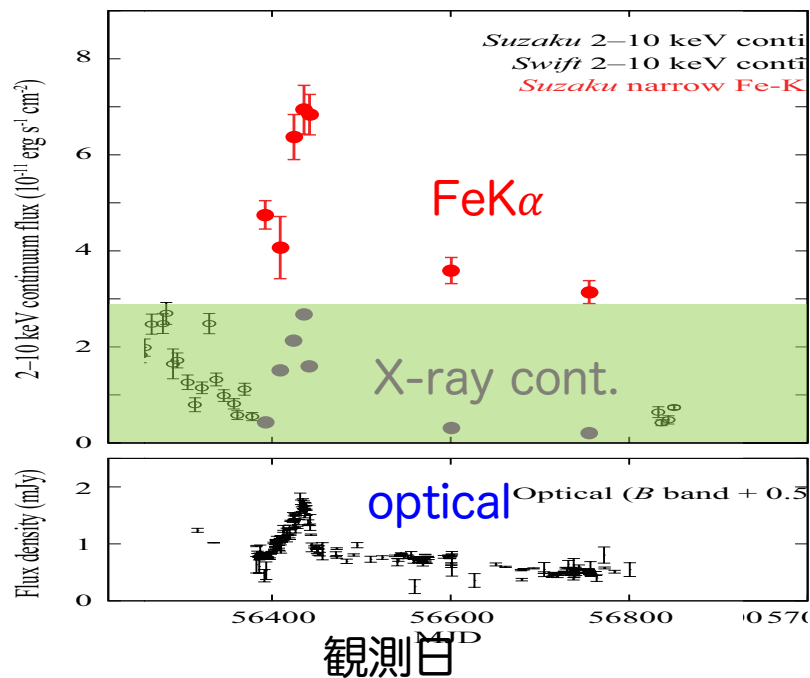
Image Credit : NASA/JPL-Caltech

AGN での FeK α 輝線の発生
メカニズムの模式図 Ricci+ 11



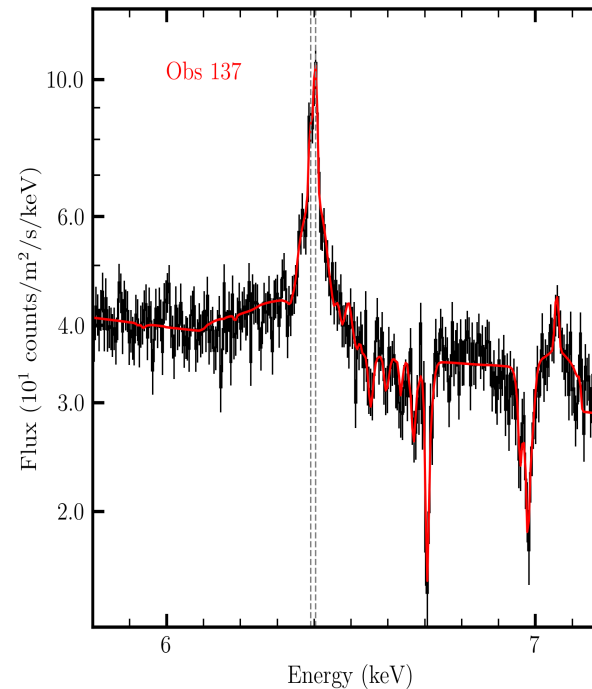
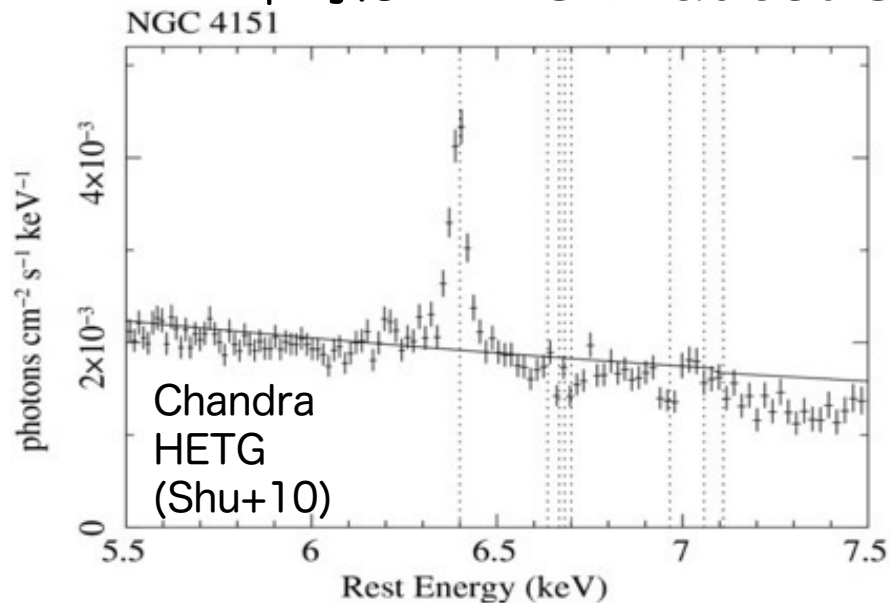
X線・光赤外線多波長モニタ一観測

- NGC 3516 (Noda, TM+16, 23)
 - すざく衛星と国内地上望遠鏡との同時観測 (~1年)
 - 中性FeK α 輝線の遅延変光 \rightarrow ~BLR 相当
 - 時間変動が小さい中性FeK α 成分
 \rightarrow 大きく広がった(>pc)放射領域



XRISM 衛星による NGC4151 観測

- XRISM 衛星X線分光装置 Resolve
 - 最高エネルギー分解能@FeK α 輝線: 200-300 km/s
(Chandra HETG : ~1900 km/s)
- NGC 4151 観測
 - 2023年12月に2回、2024年5-6月に3回の観測
 - 峰崎は XRISM Guest Scientist として参加



XRISM
Collaboration
24

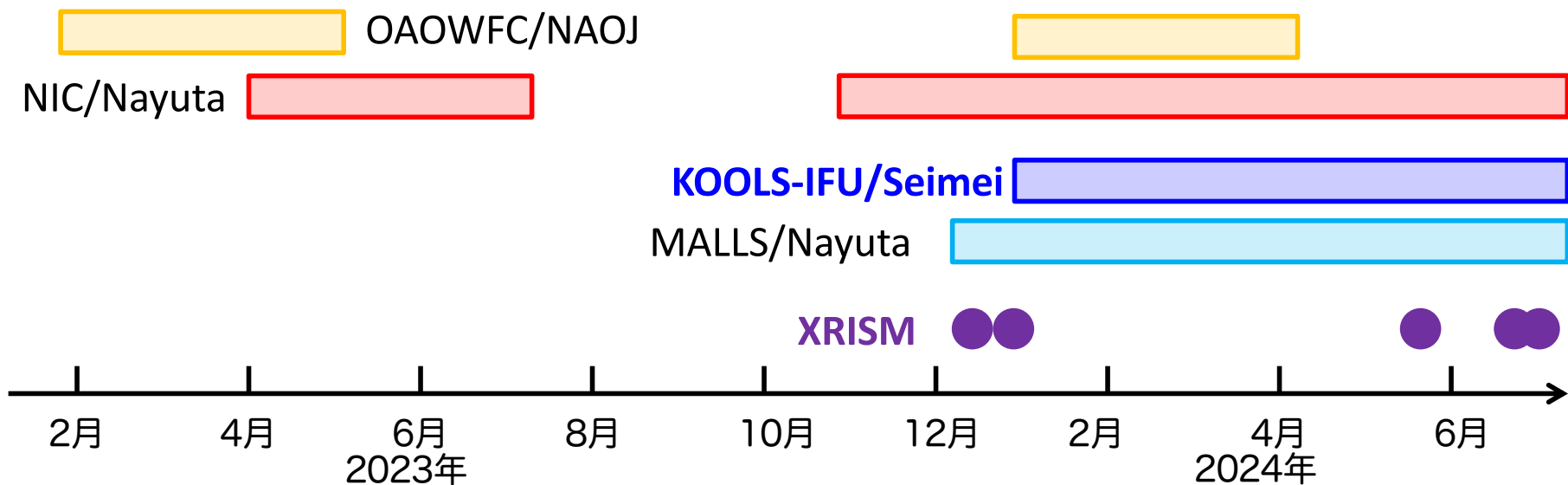
観測日
2023/12/26

NGC4151 フォローアップ観測計画

- 概要

- 5回の XRISM 初期観測との同時に降着円盤・BLR・ダストトーラスからの可視光・赤外線放射のモニター観測を遂行し、中性 FeK α 輝線放射領域を同定し、内部構造を調べる
 - 輝線プロファイルとビリアル関係、運動情報
 - 異なる放射変動の時間相関、光度相関

- 観測



せいめい望遠鏡によるフォローアップ観測

- KOOLS-IFU による可視分光モニター観測
 - VPH 495
 - H β 輝線、[OIII] 輝線
 - $\lambda/\Delta\lambda \sim 1500$ ← XRISM Resolve に整合 ($E/\Delta E > 1200$ @FeK α)
 - 積分時間 24分
 - VPH-blue
 - 広い波長域 (H β 、H α ; total flux)
 - $\lambda/\Delta\lambda \sim 600$
 - 積分時間 12分
- モニター観測
 - 2023.12 ~ 2024.06 (2023B, 2024A) 観測実施19回
 - クラシカルモード: 長期モニター観測
 - ToO: XRISM 観測予定日近くの晴天日に観測を実施
 - 1/4 夜単位の観測割当、リモート観測対応

親切なサポートをありがとうございました！

AGN 分光測光についての KOOLS-IFU の特長

- スリット分光の難点

- 測光分光のためスリットロス小さくしたい
- このためシーイングより大幅に広いスリットを使うことが多い
- センサー上の波長中心位置・分解能が指向誤差・シーイングで変化し、高精度のプロファイル変動解析には難しい手順が必要

- KOOLS-IFU の特長

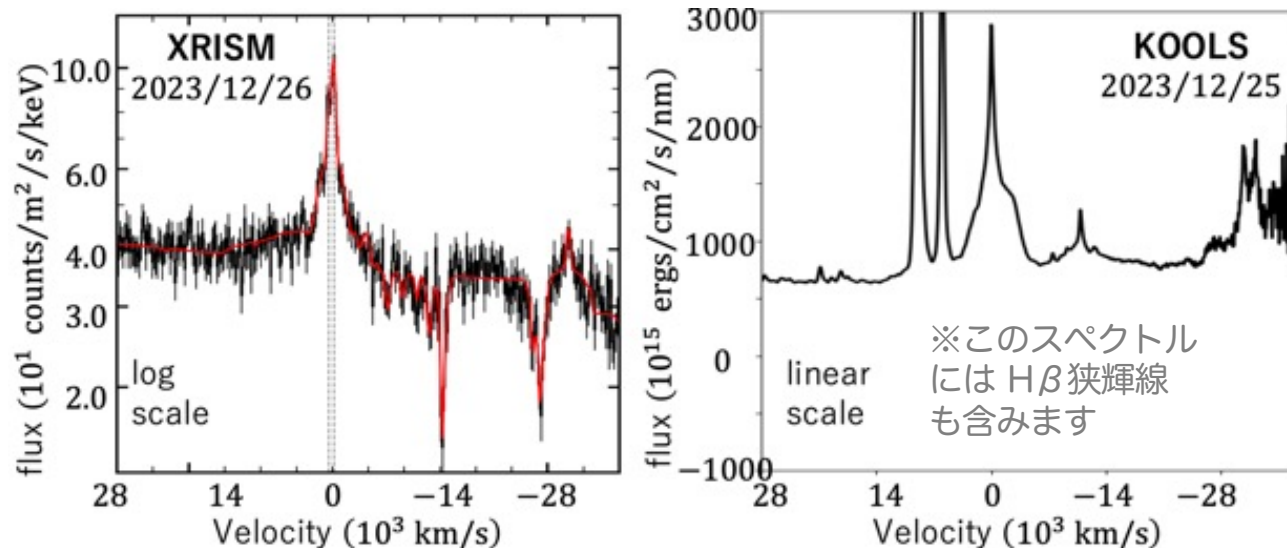
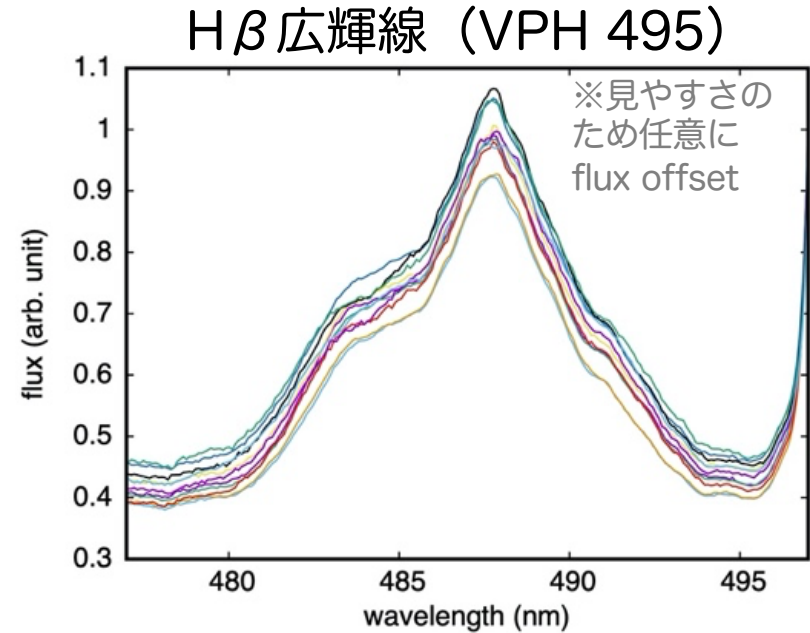
- 広い範囲で面分光データを積分することでスリットロス極小化
- シーイングによらず安定した波長中心位置・分解能
- NGC 4151 の extended NLR も積分アパーチャ内に含む
→ [OIII] 輝線を使った精度の高い安定した校正に貢献

KOOLS-IFU は AGN の分光測光モニター観測にとてもいい****

ファイバー本数を増やしてさらに視野が広がると、観測時に望遠鏡指向追尾の注意深い監視が不要になるのもっとありがたいです

KOOLS-IFU 観測結果

- H β 広輝線
 - 輝線フラックスの時間変動あり
 - ~month スケールで増減光
 - 非対称なプロファイル
 - 3 Gaussians でフィット可能
 - $\Delta v(\text{red} - \text{blue}) \sim 4000 \text{ km/s}$
 - 輝線プロファイルも時間変化
 - FeK α 輝線 by XRISM との比較



天文学会秋季年会
で報告します

まとめ

- NGC 4151 の XRISM による観測
 - 世界最高エネルギー分解能による FeK α 輝線の時間変動観測
- NGC 4151 の光赤外線同時モニター観測
 - 様々な放射の時間変動→活動銀河核内部構造～ガスの状態
 - FeK α 輝線の放射領域の同定→ガスの分布・運動
- せいめい KOOLS-IFU 分光モニター観測
 - KOOLS-IFU は AGN 分光測光モニターに最適
 - 2023.12～2024.06 に19回の観測
 - H β 広輝線のフラックス・プロファイル時間変動
 - FeK α 輝線との比較
 - 今後の解析
 - 反響探査の定量解析 (total・速度分解)、時間変動スペクトル
 - 輝線プロファイル・時間変動のモデリング
 - 他の広輝線 (H α 、HeII)
 - FeK α 輝線との時間相関・光度相関

お知らせ

- NGC 4151 の XRISM による観測—第2弾

- 観測「window」

- 2024/10/28 – 2025/01/12

- 2025/04/25 – 2025/07/15

- 連続した18日間、1日ごとに9回の観測

AO-1 に採択
されました！

- せいめい KOOLS-IFU 分光モニター観測

- 共同利用観測 (ToO) + 京大時間 (Classical+ToO) 採択

- XRISM 観測時期が決定→ToO 観測計画を策定して連絡

- 今年 (来年) もどうぞよろしく願っています