

せいめい望遠鏡による未同定ガンマ線源 対応AGN候補天体の距離決定経過報告

新沼浩太郎、藤本恭平、井上京香（山口大学）、諸隈智貴、森田雅大、張天放（東京大学）

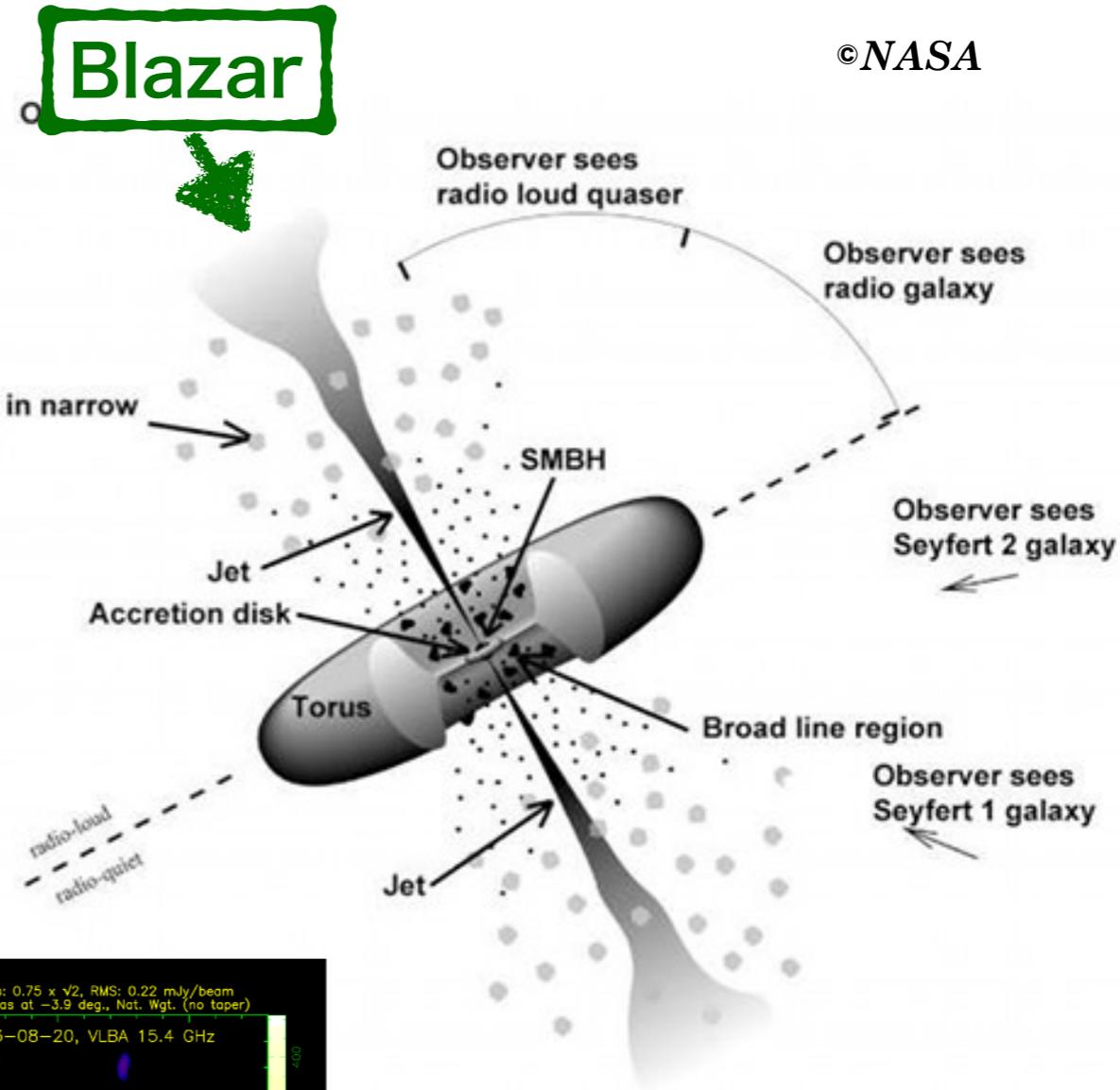
2020年度せいめいUM+大学望遠鏡UM / 2020年8月17日-19日

背景

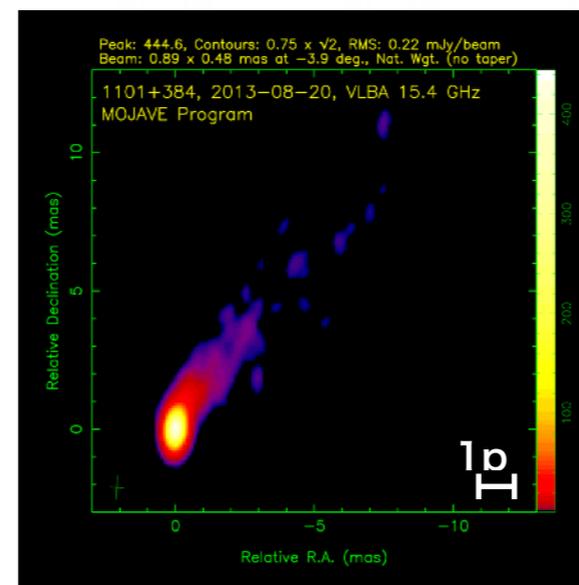
ブレーザーとブレーザーシーケンス

- ◎活動銀河核（以降AGNs）
一部は相対論的なジェットを伴っており、このジェットをほぼ正面から見ていると考えられている天体
=ブレーザー

- 相対論的ビーミング効果のためとても明るく観測される
- 電波から超高エネルギーガンマ線に至るまで非常に広い波長域で観測される非熱的放射



©NASA



活動銀河中心核の統一的描像

電波観測（VLBI）で撮像されたブレーザーの電波画像

背景

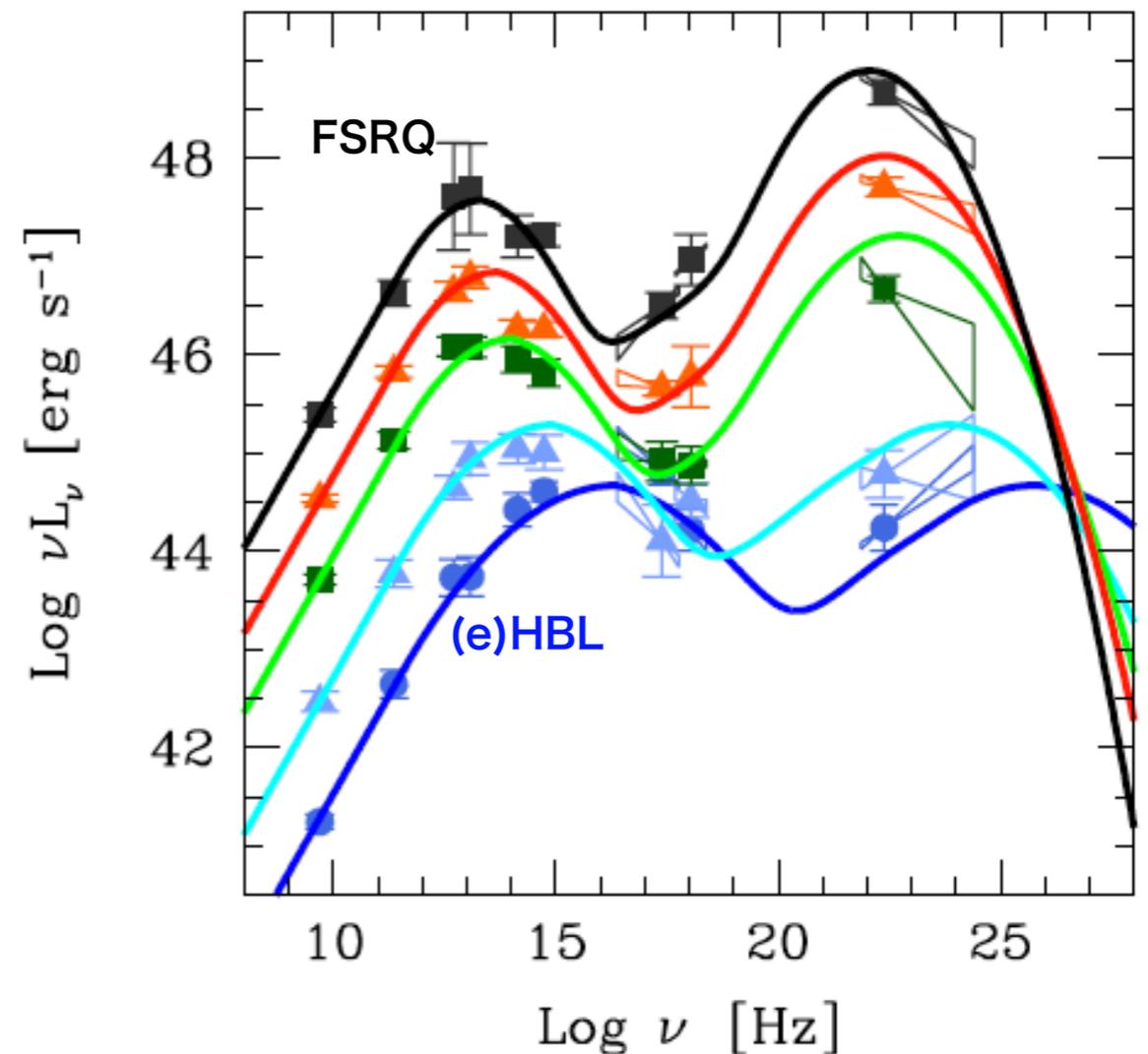
ブレーザーとブレーザーシーケンス

◎ ブレーザーの全電磁波帯に渡るスペクトルは”ふた山”構造

- 低エネルギー側の山：シンクロトロン放射
- 高エネルギー側の山：シンクロトロン放射と同じ電子の逆コンプトン散乱による
- ふた山構造のピークエネルギーが高いブレーザーほど絶対光度が小さい（経験則） = ブレーザーシーケンス (e.g., Fossati+98)

➡なぜこのような特徴を示すのか未説明（本質的な放射機構の違い？宇宙論的進化と周辺環境の影響？）

➡明るいものから議論が進んでいる = 観測バイアスの影響も考慮？

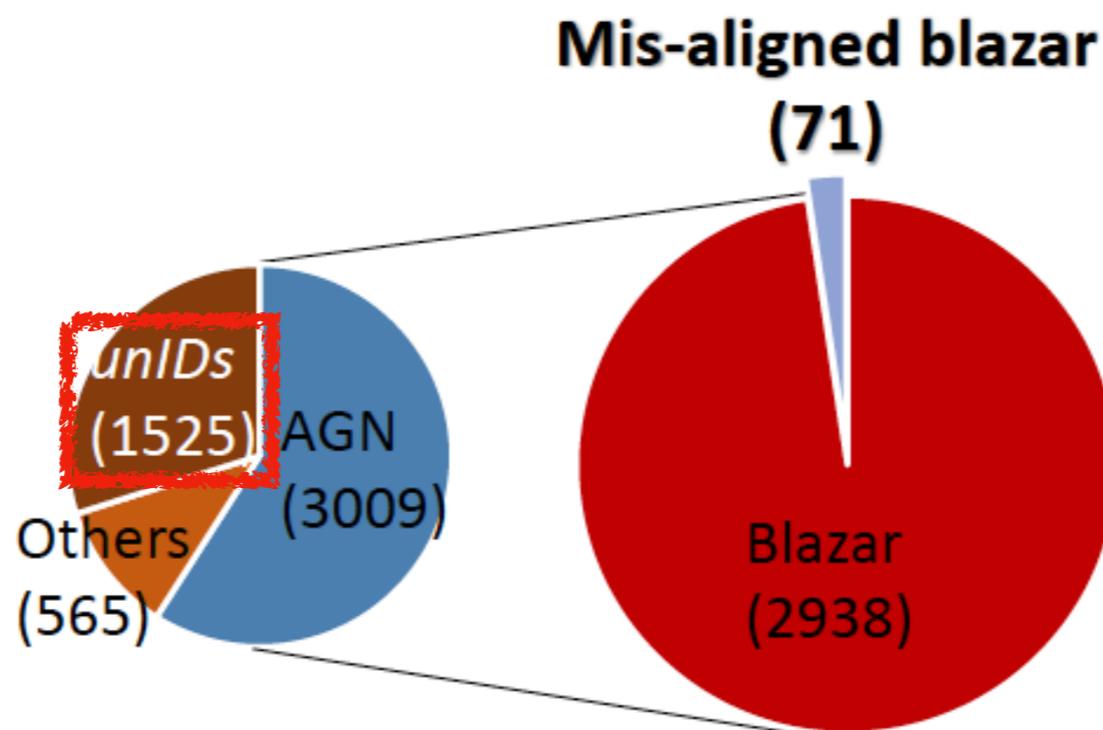


Fossati+98, Donato+01

背景

未同定ガンマ線天体

- ◎ 8年に及ぶフェルミガンマ線衛星の観測により、5,000を超えるガンマ線天体が見つかってきたが、その約3割に対して未だ対応天体が見つからず、正体不明のままである



LATによって検出されたガンマ線源の内訳
(4FGL catalog) Total = 5099 (2019 May)

背景

未同定ガンマ線天体

- 過去のVLBI 観測により未同定ガンマ線源と対応付けられた AGN の中で赤方偏移が2 を超えるものも報告されている (e.g., Shaw+12)
- 未同定ガンマ線天体の中でも系外天体である可能性の高い高銀緯の天体群には以下のような天体が埋もれている可能性
 - 従来の課題を解決するための重要な役割を担う可能性のあるサンプル
 - ブレーザーシーケンスに従わない特異なブレーザー (Padovani+12)
 - 希少なブレーザー以外のガンマ線AGN

背景

超長基線電波干渉計 (VLBI) による未同定ガンマ線源の観測

- 新たなガンマ線AGN を同定することを目指し、国内のVLBI 観測網を用いた系統的なサーベイ観測を実施*
 - 未同定ガンマ線天体の位置誤差内に存在する全ての電波源 (NVSSカタログ, Condon+98、およびFIRSTカタログ, Becker+95) を観測
 - 遠鏡2台 (1基線) によるスナップショット観測
 - ・ 角度分解能~10ミリ秒角、 $1\sigma \sim < \sim 1\text{mJy}$ (6分積分)
 - ・ 典型的なブレーザーの角サイズは $< \sim 0.1$ ミリ秒角
 - 検出 = 10^6K 以上の高輝度な天体 (~AGN)

High sensitivity VLBI Network for time-domain research

Yamaguchi Interferometer (32m+34m)



Ibaraki Interferometer (32m x 2)

~900km

茨城大学および山口大学の30mクラスの電波望遠鏡を用いた観測を中心に研究を進めている

*米国のVLBAや他の干渉計を用いた同様の試みも実施されている (e.g., Schinzel+17)

背景

超長基線電波干渉計 (VLBI) による未同定ガンマ線源の観測

◎これまで~200程度の未同定ガンマ線天体に対し観測を実施 (~1200電波源)

- ガンマ線カタログは2FGL (Nolan+12) および3FGL (Accero+15) を参照

◎50程度のガンマ線源に高輝度電波源 (ガンマ線AGN候補天体) を発見 (Fujinaga+16, Fujita+in prep)

- 従来のVLBI検出済み天体に比べ、**数倍~10倍程度暗い**天体群 (VLBIフラックス: 4.5 - 184.0mJy)

➡ブレーザーシーケンス検証のために**良いサンプル**であるが、ほとんどの天体で距離がわからない

High sensitivity VLBI Network for time-domain research

Yamaguchi Interferometer (32m+34m)



Ibaraki Interferometer (32m x 2)

~900km

茨城大学および山口大学の30mクラスの電波望遠鏡を用いた観測を中心に研究を進めている

光学望遠鏡による距離の決定が非常に重要!

目標

1. ブレーザーシーケンスに従う遠方のブレーザー候補
2. ブレーザーシーケンスに従わない特異なブレーザー候補を切り分ける

観測概要

せいめい望遠鏡によるガンマ線AGN候補の追観測

◎観測日時

- 9/18-19 (半夜 x 2)

- 11/27-30 (全夜x2、半夜 x 2)

◎観測天体：10天体（天候不良等により、3天体は複数回観測）

- 2FGL/3FGL未同定ガンマ線天体の位置誤差内においてVLBIで検出済み

- SDSS DR15において未分光

- Pan-STARRS1 カタログ（マッチング半径5秒角）において、rバンド等級 < 18.5 等

◎観測時間：30-50分/天体（exp. 10min x 3-5）

◎フィルター：VPH-blueグリズム

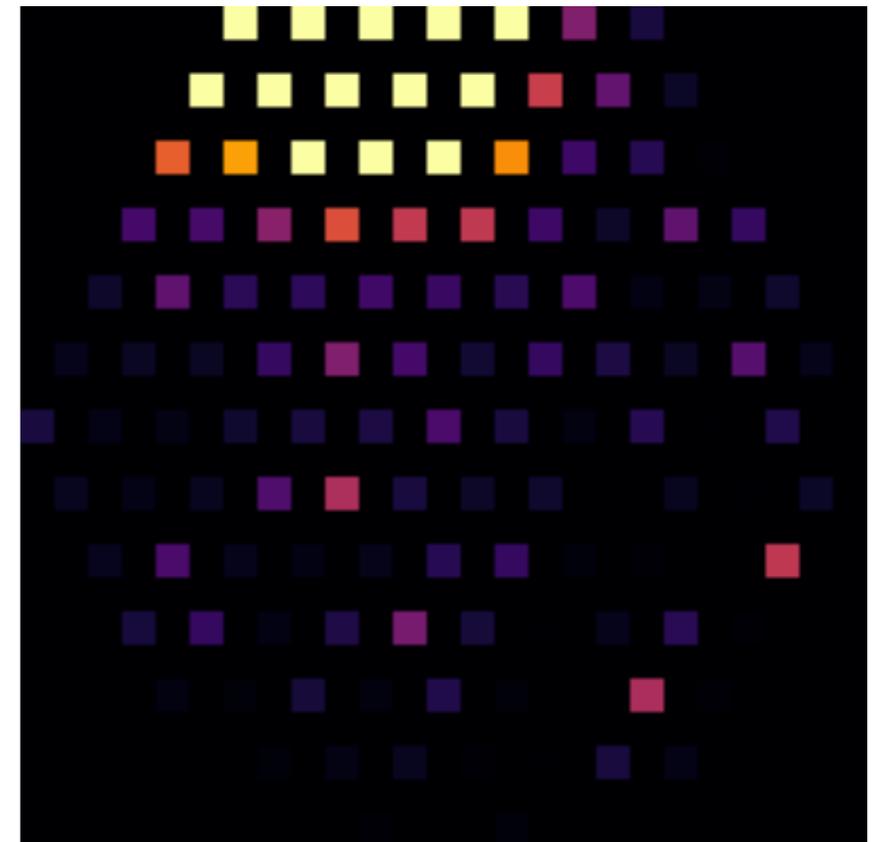
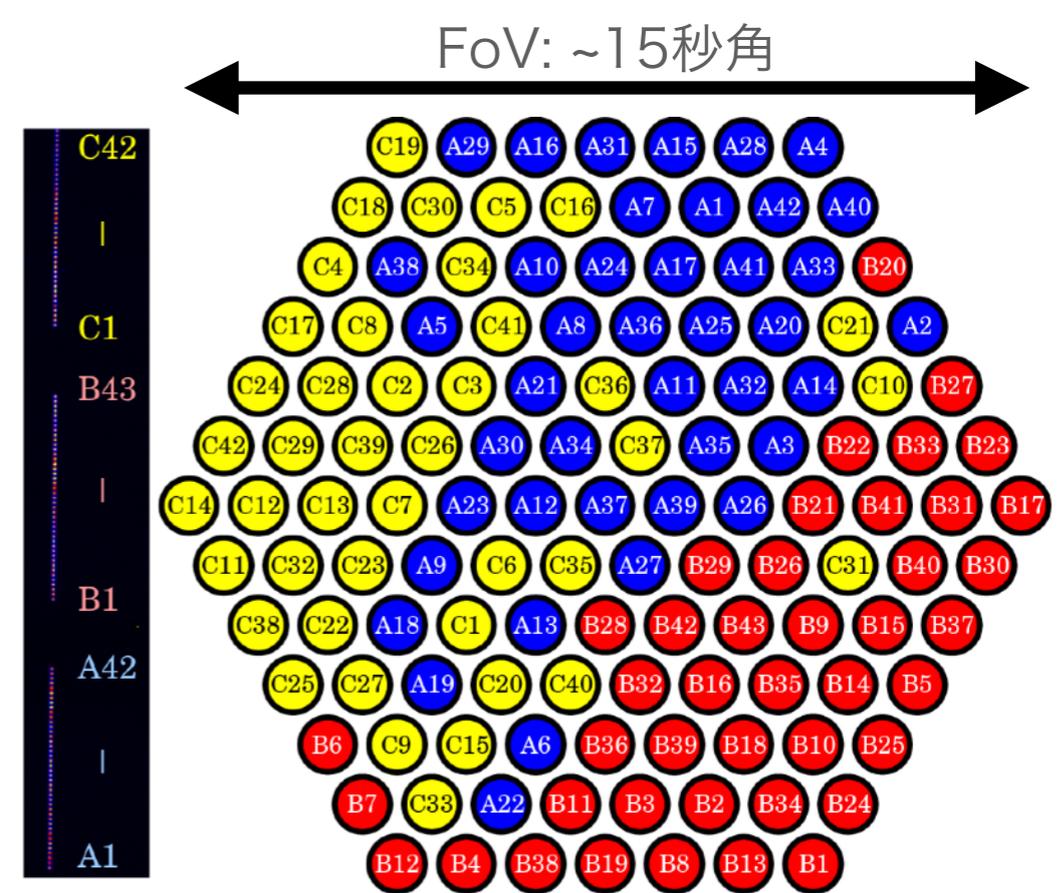


京都大学3.8m望遠鏡

観測経過報告

Quick Look

- ◎ 1 frame毎のQuick Look解析においては観測した10天体のうち8天体は検出できていそう（うち1天体はQLでマージナル）
- ◎ 同一天体のframe間の積分は未実施
 - 共同研究者と詳細解析方法を相談中



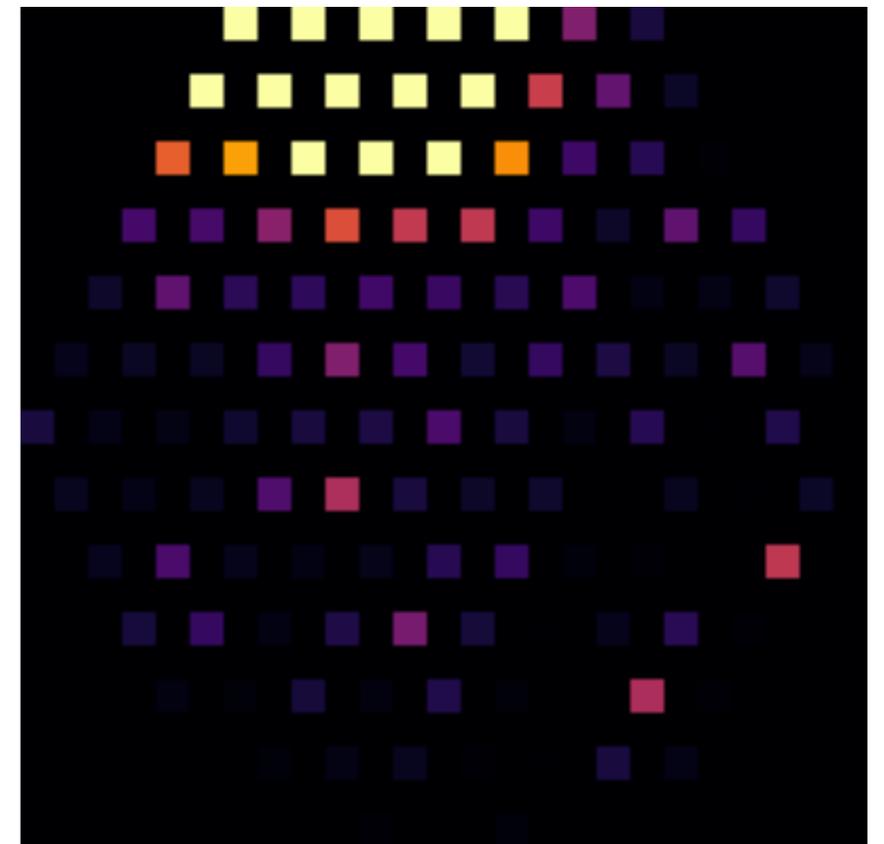
上：127本のファイバーのID（左：1次元配列. 右：2次元アレイイメージ）、下：2FGL J0102.2+0943の対応候補光学天体の検出イメージ

観測経過報告

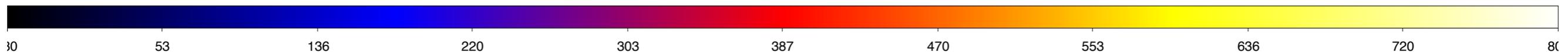
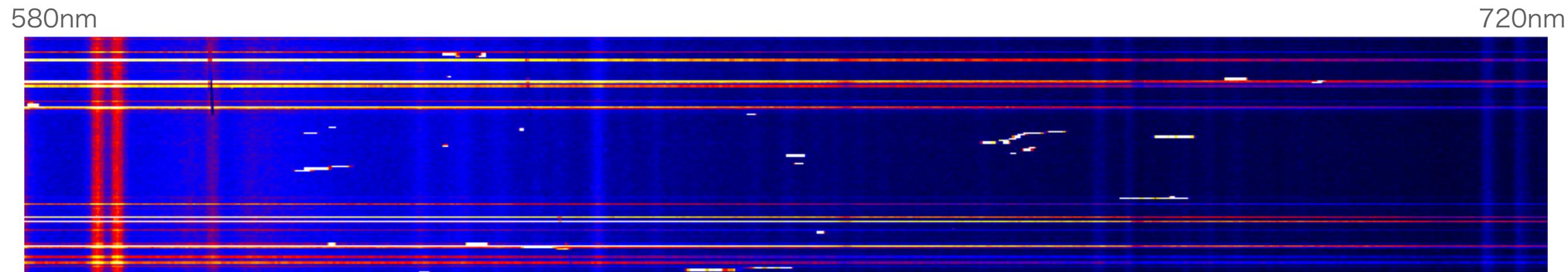
Quick Look

◎例) 2FGL J0102.2+0943

- FIRST J010217.1+094409 (Radio)
 - VLBIフレックス@8.4GHz: 12.4mJy
- PSO J010217.098+094409.671 (Optical)
 - r-band等級: 18.35mag (PanSTARRS1)



2FGL J0102.2+0943 (FIRST J010217.1+094409)



2FGL J0102.2+0943の光学対応候補天体のイメージ 縦軸：ファイバー (#1 - #127)、横軸：波長

今後の方針

- QLにおいて検出を確認できた天体（8天体）については全フレーム積分後にスペクトルの確認を行う
 - 輝線の同定可否の検証と赤方偏移の決定
 - QLで検出を確認できなかったものについても積分による検出可否を検証する
 - 今回観測した天体の解析を終了させた後、他のVLBIサンプル（新しいガンマ線AGN候補天体）についても光学追観測を提案予定
- ➡ 暗い天体群を含めたブレーザーシーケンスの議論への展開を期待