

宇宙論研究室

井上 開輝 教授
修士2名 学部生6名

研究

研究の概要

- ALMA による 10kpc スケールにおける重力レンズパワースペクトルの測定
重力ポテンシャル、アストロメトリックシフト、収束摂動に対する重力レンズパワースペクトルの測定は、小さなスケールにおける暗黒物質構造を調べるための強力な手段である。我々は、赤方偏移 $z = 2.639$ にある 4 重像重力レンズクェーサー MG J0414+0534 を用いて、この天体方向における角度スケール約 1 秒角におけるスペクトルの下限と上限を付けることに初めて成功した。スペクトルを得るために、アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計 (ALMA) を用いて、高い角度分解能 (0.02 秒角から 0.05 秒角) で MG J0414+0534 の観測を行った。さらに、我々は、視線方向の射影密度揺らぎによる重力ポテンシャル摂動のフーリエ係数を最適化するため、これまででない新しい部分的ノンパラメトリック法を開発した。この方法では、滑らかなポテンシャルを持つモデルによって得られたディレンズ像 (重力レンズ効果を取り除いた像) 間の違いを最小化する、光源面 χ^2 法が用いられている。ALMA 観測データに、VLBI によるミリ波電波ジェット成分の位置、地上望遠鏡による中間赤外線フラックス比のデータを加え、約 1.1 秒角のスケールにおける収束、天体シフト、ポテンシャルパワーを測定することに初めて成功した。我々の観測結果は、冷たい暗黒物質モデルで予測される視線方向のハローや主レンズに属するサブハローの存在量に関する理論予言と一致する。得られたノンパラメトリックなレンズモデルは、チリの多い矮小銀河である可能性の高い天体 Y の他に小さな質量の塊が 4 重像の周辺に存在することを示唆している (arXiv:2109.01168、2023 年 7 月 ApJ 受理)。また我々の観測チームが提案した”Line of Sight lensing: Genesis of small scale cosmology”(観測時間 36 時間 PI: Kaiki Inoue) が ALMA Cycle9 観測において B グレード採択された。2023 年 7 月から 8 月にかけて新たに 4 重像重力レンズクェーサー 4 天体が観測される予定である。さらに別の観測提案”50pc imaging of a quasar host galaxy with young jets”(観測時間 22.9 時間 PI: Kohei Kurahara) も ALMA Cycle9 観測において C グレード採択された。2023 年夏に観測される可能性がある。両者の観測時間は合算で 59 時間程度に達する。

- **Subaru HSC データによる高赤方偏移重力レンズ候補天体の探査**

我々は、強い重力レンズによる銀河進化研究をより早期の宇宙まで拡張することを目的として、高赤方偏移の銀河を重力レンズとして含む強い重力レンズ系の探索を行った。2種類の強い銀河-銀河重力レンズの分類器を「深い残差」ネットワークを使って構築し、異なるレンズの赤方偏移と明るさ分布のデータセットで訓練した。ハイパースプリームカムすばる戦略計画 (HSC-SSP) の第2回公開データに含まれる広視野天体カタログの中から、あらかじめ選択された5,356,628天体のサンプルを、HSCのgriフィルターで切り出したデータに2つの分類器を適用して分類した。テストセットで10-3の偽陽性率に相当する閾値でカットオフすると、2つの分類器は5,468個と6,119個の強いレンズ候補を識別した。これらの候補の切り出しを目視で調べた結果、合計735個のAクラスまたはBクラスの候補が得られ、その内の277個の候補は今回初めて発見されたものであった。これは、HSCのデータで発見された銀河規模の強い銀河-銀河重力レンズの候補の中で唯一最大のものであり、その半数近く(331/735)に測光赤方偏移が0.6以上の重力レンズ銀河が含まれている。この発見は、ダークエネルギー分光装置、すばる主焦点分光器プロジェクト、マウナケア分光探査機など、現在進行中あるいは今後予定されている分光探査の貴重なターゲットリストになるであろう。

- **eROSITA 最終赤道深層サーベイ (eFEDS) で得られた中間赤外線銀河と AGN の性質**

SRG/eROSITAで観測された $z < 4$ の近赤外銀河とAGNの質量、赤外光度、X線光度、水素柱密度などの物理的性質を、eFEDSサーベイによって調べた。WISE22 μm (W4)で検出されたサンプルとeFEDSのX線点源カタログをクロスマッチングすることにより、692個の銀河系外天体がeROSITAで検出されていることが分かった。X線スペクトル解析、X-CIGALEによるSEDフィッティング、すばるHSC画像による2次元画像分解解析、QSFitによる光学スペクトルフィッティングを行い、AGNと宿主銀河の性質を調べた。eROSITAで検出されなかったWISE W4天体のうち7088個について、X線スタッキング解析を行い、X線が暗い、あるいは不明瞭な天体の典型的な性質を調べた。その結果、eFEDS-W4天体の82%は $\log L_X > 42 \text{ergs}^{-1}$ のX線AGNに分類されること、 $\log(L_{IR}/L_{\odot}) > 12, 13$ の天体はそれぞれ67%と24%であること、 L_X と $6\mu\text{m}$ 光度の関係は過去の報告と一致することが分かった。eFEDS-W4サンプルのエディントン比と N_H の関係、および銀河合体シミュレーションによるモデル予測との比較から、我々のサンプルのeFEDS-W4天体の約5%は、AGNからの強い放射圧が天体を吹き飛ばすAGN-フィードバック期にある可能性が高い。

学術論文（査読付）

1. “HOLISMOKES. VIII. High-redshift, strong-lens search in the Hyper Suprime-Cam Subaru Strategic Program”
Shu, Yiping, Canameras, Raoul, Schuldt, Stefan, Suyu, Sherry H., Taubenberger, Stefan, Inoue, Kaiki Taro, and Jaelani, Anton T.
Astronomy and Astrophysics, **662**, A4 (2022) (6月号)
DOI:10.1051/0004-6361/202243203

修士論文

- 「CNNを用いたSUBARU銀河カタログ中の重力レンズ天体の探査」

学士論文

- 「閉じた宇宙における双子のパラドックス」
- 「CASAを用いた銀河の解析」
- 「畳み込みニューラルネットワークとは何か」
- 「ディープラーニングによる画像解析」
- 「楕円銀河による重力レンズ効果」
- 「銀河中心の大質量ブラックホールによる重力レンズ効果」

国内学会・研究会講演

1. Kaiki Taro Inoue (presenter), Takeo Minezaki, Satoki Matsushita, Kohichiro Nakanishi, Kohei Kurahara
「4重像重力レンズによる宇宙の小スケール密度揺らぎの探査 I -手法と計画-」
日本天文学会春期年会 オンライン [4 Mar. 2023]

学外活動

- 「第16回宇宙（天文）を学べる大学」合同進学説明会 講演
大阪市立科学館 2022年6月4日

学内委員

- 理工学部図書広報委員会委員長、WEB 委員会小委員長（前、後期）
- 物理学コース WEB サイト係（前、後期）
- 理工学部同窓会幹事（前、後期）