

宇宙総合学研究ユニット NEWS 2022年7月号



宇宙倫理学教育プログラムの受講生を紹介します！

宇宙倫理学教育プログラム（SEEP）の近況を報告します。2022年度前期の講義・演習が徐々に終了していく中、7/11 時点を以て、受講生全体が顔を合わせる宇宙倫理学ゼミ（月曜5限）の前期分もひとまず終了しました。（後期は10月に開講の予定です。）宇宙倫理学ゼミでは、学部コース5名、大学院コース5名、一般コース3名（計13名）の受講生が、各自関心をもっているテーマについて、90分のうちに毎週2名ずつプレゼンを行うとともに、その内容についてみなでディスカッションをしています。今年度から本格的に始動したこうした SEEP の活動は、受講生のみなさまの協力もあって順調な進捗を遂げつつあります。実際、受講生同士の親睦も次第に深まっており、良好な学びの場が形成されています。また、現時点ですでに2周目の発表を行った受講生も多く、各自が研究テーマを少しずつ掘り下げながら精力的にプログラムに取り組んでいく様子が窺われます。

こうした中、折角の機会ということもあり、宇宙ユニット NEWS では今月号より、受講生のみなさまを順次紹介していくことになりました！今月号では記念すべき第一回受講生紹介として、一般コースから参加されている原田朋さんに自己紹介文を寄稿していただきました！

原田朋さん（一般コース）

原田朋(ともき)と申します。宇宙倫理学教育プログラムの一般コースに参加しております。30年前に大学で倫理学を学んだのですが、時を経て再び倫理学に取り組めることを大変嬉しく思っています。普段は、ニュースや生活情報を届けるインターネット企業の広報の仕事をしております。広報の仕事は幅広い方々に企業活動をお伝えし、よりよい信頼関係を築くことです。PRとも言われますが、本来 PR (Public Relation) とは「公共とのよりよい関係を」という意味です(PRという言葉は、語感が似ているからか、アピールするという意味で使われがちですね)。

私が勤めております企業が届けている情報の多くは「ニュース」と呼ばれるものです。2010年代以降、企業による宇宙開発のニュースが増えてきました。有名な経営者が宇宙旅行をしたとい



うニュースも目立ちました。私の関心は「ニュースの公共性」と「公共圏としての宇宙」の重なるところにあります。大きな流れとして、20 世紀の宇宙開発の主体は国家でしたが、21 世紀になって企業が宇宙開発を担うようになり、さまざまな宇宙企業・宇宙ビジネスが生まれていきそうです。企業活動である以上、利益を追求することになりますが、ファイナンシャルな利益のみを追求すると、社会との間に摩擦がおこったり、また自然環境にも負の影響をもたらすことがあります。また、空間的な意味でもビジネス的な意味でも、自力でフロンティアを超えた人や組織には先行者利益がもたらされるべきですが、それは永遠に独占されるべきものではないと考えられますし、またそもそも企業が占有するべきではない、と考えられる財もあります。

宇宙空間と天体を「公共財」と考えた時に、それは国家間や企業間でどのように配分されるのが正しいのか？ また、良い宇宙開発とはどのようなものなのか？ 宇宙開発は、人類の義務なのか、許可されているものなのか、あるいは、禁止されるべきものなのか？ そして、宇宙開発はどこまで公にする義務があるのか、どこまでは企業秘密としてよいのか？ ニュースは宇宙の何をどう伝えなければならないのか？ この三ヶ月で倫理学をふたたび学び直せば学び直すほどに、問いは大きくなっていきます。ゼミで一緒にしている多彩な方々の発表を聞いた時に、膨張する宇宙のように興味関心は広がり続けておりますが、今年後半は、先生方の助けを借りながら、研究領域を見定め、着陸したいと思います。

今後の宇宙学セミナー・関連イベントなど

日時	内容	開催方法
秋ごろ（詳細は決まり次第 HP に掲載いたします）	第 6 回宇宙学セミナー 講師：寺園淳也 氏（ムーン・アンド・プラネッツ） 題名：決まり次第 HP に掲載いたします	Zoom によるオンライン開催です。準備ができ次第、HP に掲載いたします。

※宇宙学セミナーの詳細は随時 Web ページ (<http://www.uss.kyoto-u.ac.jp/seminar/>) で公開いたします。

Event Horizon Telescope による天の川銀河中心の 巨大ブラックホールの撮影と今後の展望

森山 小太郎
ゲーテ大学フランクフルト

2022年5月12日、国際共同研究プロジェクト Event Horizon Telescope (EHT) Collaboration によって、巨大ブラックホール「いて座 A*」の姿が世界で初めて明らかとなりました (図1)。この天体は、私たちの住む太陽系を含んだ天の川銀河の中心にあり、私たちから最も近くにある巨大ブラックホールです。本稿では、いて座 A* を含むブラックホールとはなにかから説明し、いて座 A* の画像がどのように得られたのか、そしてその科学的な意義と今後の展望について簡単に説明します。



図1: 今年報道された天の川銀河の巨大ブラックホール「いて座 A*」の撮像結果。

ブラックホールとは何か

ブラックホールとは、非常に大量の物質が極限まで狭い領域に集中した、宇宙で最もコンパクトかつ高密度な天体です。ブラックホールの中心近くに形成される事象の地平面内に入ると、その強い重力場によって光でさえも外に抜けだすことができなくなります。ブラックホールごく近傍を撮影すると、ブラックホールシャドウと呼ばれる、事象の地平線の内側となる真ん中が暗い、リング状の構造となることが理論的に予測されていました。



図 2: 2017 年の EHT 観測に参加した 6 局の望遠鏡。

ブラックホール撮影の観測的課題と EHT

ブラックホール候補天体は、私たちから遠くにあり、非常にコンパクトなため、普通の望遠鏡ではその構造を捉えることはできません。イベントホライズンテレスコープ (EHT) では、VLBI (超長基線干渉計) という手法を用いて世界中の望遠鏡を組み合わせ、地球サイズ、直径約 1 万 キロメートルの仮想的な望遠鏡をつくりあげました。

この地球サイズの望遠鏡をつかって、波長 1.3mm の観測を行い、初めて、ブラックホール近傍の撮影ができるほどの視力を実現しました。これはちょうど地球から月の上にある 8cm のドーナツの構造が見えるくらいの視力に相当します。

2017 年の EHT 観測として座 A*

2017 年の EHT 観測では世界の 6 箇所、8 局の望遠鏡を使った VLBI 観測を実現し (図 2)、特に 2 つの巨大ブラックホールに注目していました。一つは、2019 年に報告された楕円銀河 M87 の中心巨大ブラックホール、そしてもう一つは本日のテーマである、いて座 A* です。この 2 つの天体がブラックホールだった場合、ブラックホールシャドウのリング構造は EHT 観測で十分捉えることができると予測されていたため、特に注目されていました。

いて座 A* の撮影にはその天体の持つ固有の特徴がさらなる課題として立ちふさがりました。そのなかでも最も大きな課題は、時間変化でした。EHT の観測時間、つまり撮影の露光時間が、10 時間程度なのに対し、いて座 A* は、数分間に目まぐるしく変化するため、撮影は容易ではありませんでした。そ

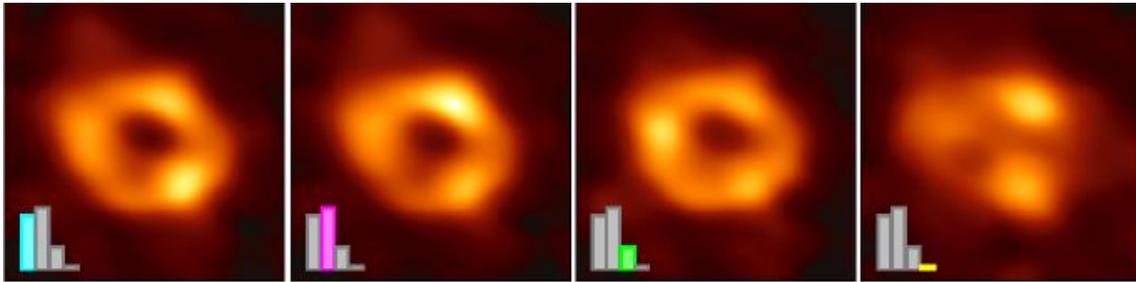


図 3: いて座 A*の異なる特徴をもつ 4 つのカテゴリ。左下の棒グラフはそれぞれのカテゴリの画像の枚数に対応する。

のため、EHT では、この変化から時間方向に平均された構造をとらえるための技術開発が必須となりました。その技術は、扇風機の羽の一枚一枚を撮影するのではなく、扇風機の羽が回っている状態を、撮影することに対応します。私たちは 2017 年から約 5 年をかけて、この課題解決をはじめとした技術開発と画像化の入念な検証を行いました。

パラメータサーベイ

EHT で用いられた、世界の望遠鏡をむすんで構成された地球サイズの仮想的な望遠鏡は、地球全体を覆っているわけではなく、抜けた部分を持つため、得られるデータは完全なものではありません。完全ではないデータを補う中でも信頼性の高い画像を得るために、合計約 20 万通りの画像化手法から約 1 万通りの方法まで選りすぐり、全ての画像の特徴を調べました。これらの画像を平均することによって、1 万通りの画像の中から共通した構造を検出したものが、いて座 A*の代表画像 (図 1)として世界各国で報道されました。

リングかどうかの議論

選ばれた画像は、大まかに共通した特徴が見える一方で、全く同じ特徴を持つわけではなく、おおまかに 4 つのカテゴリに分類できることがわかりました。4 つのカテゴリのうち、大多数の画像 (約 97%)は 3 つのリングカテゴリに分類され、リング上での最も明るい部分は異なるものの、同様のリングサイズをもっていました。EHT では、非常に少数の明確なリング構造のない画像 (約 3%)も、観測データを説明できる一方で、観測データと理論シミュレーションに基づく膨大なテストによって、いて座 A*がシャドウの特徴である、リングの構造を持つ可能性が極めて高いことがわかりました。これはブラックホールシャドウの特徴をとらえ、私たちの住む天の川銀河の中心に巨大ブラックホールが存在することを視覚的に示しています。

画像からわかること

さらに、リングの直径は約 6000 万キロメートルであり、アインシュタインの一般相対性理論で予言されたブラックホールシャドウの大きさと一致することがわかりました。つまり巨大ブラックホールの中で最軽量 (いて座 A*: 太陽の 4 百万倍)から最重量(M87 巨大ブラックホール: 65 億倍)という非常に広い質量の範囲にわたって、一般相対論が成り立つことが明らかとなりました。私自身、いて座 A*の撮影の課題がひとつずつ改善されていく様子を約 4 年間にわたり味わいながら、最終的にその姿を明らかにできた時の感動は、言葉では表せません。

将来の展望

いて座 A*のごく近傍の観測データが得られたことで、ブラックホール研究の新たな時代が幕を開け、EHT のさらなる発展とともに新たな研究の可能性が広がると期待されます。今回用いられた 8 局の望遠鏡に加え、2018 年にはグリーンランドの望遠鏡、2021 年と 2022 年の観測には米国とフランスの望遠鏡が EHT の観測に新たに加わり、合計 11 局の望遠鏡による高精度の撮影が可能となりました。

また観測の発展と同時に、ブラックホールごく近傍を動画として撮影する試みも精力的に進められています。これにより、ブラックホールが周囲の物質を飲み込む様や、ブラックホールとともに成長する銀河の形成や進化の解明に迫ることができると期待されます。また、ブラックホールごく近傍の動画の解析によって一般相対性理論からのズレを精度よく検証できるでしょう。その結果を手掛かりに、新しい理論を開拓できれば、私たちの普段の生活にも大きな貢献を及ぼす発見が生まれるかもしれません。

宇宙ユニットの活動やイベントについては、下記サイトをご覧ください。また、宇宙ユニットや本 NEWS に関する皆様のご意見等も気軽に下記メールアドレスまでお送りください。

京都大学 宇宙総合学研究ユニット

<https://www.uss.kyoto-u.ac.jp/>

〒606-8502 京都市左京区北白川追分町 吉田キャンパス北部構内 北部総合教育研究棟 507 号室

編集人：今井慶悟(宇宙ユニット RA)

Tel&Fax: 075-753-9665 Email: uss@kwasan.kyoto-u.ac.jp