

日本・東アジアの貢献 および今後の展望

小山 翔子¹・
紀 基樹²・浅田 圭一³



小山



紀



浅田

〈¹新潟大学大学院自然科学研究科・創生学部 〒950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐2の町 8050 番地〉
 〈^{2,3}中央研究院天文及天文物理研究所 〒10617 羅斯福路四段1號中央研究院／台灣大學天文數學館 11 樓〉
 〈²工学院大学学習支援センター 〒192-0015 東京都八王子市中野町 2665-1〉
 〈³国立天文台 〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1〉
 e-mail: ¹ skoyama@create.niigata-u.ac.jp, ² motoki.kino@nao.ac.jp, ³ asada@asiaa.sinica.edu.tw

本稿では、Event Horizon Telescope (EHT) による Sgr A* の巨大ブラックホールシャドウ撮影における日本、東アジアの貢献を振り返る。また、残された課題および新たな謎について紹介する。

1. はじめに

Sgr A* は、EHT が総力を挙げてそのブラックホールシャドウ撮影に向けて長年挑んできた天体である。国立天文台水沢 VLBI 観測所が運用する VLBI 観測網・VERA も、20 年以上かけて天の川銀河の精密立体地図を作成することで、Sgr A* までの距離を導出している [1]。

本成果における EHT-Japan メンバーの貢献は多岐に渡る。詳細はウェブ記事 [2] を参照されたい。ここでは2章で画像化・物理解釈等への貢献と、3章で東アジア VLBI の事前準備研究における貢献に絞り紹介し、最後に今後の展望を述べる。

2. 画像化・物理解釈等への貢献

Sgr A* の画像化では若手を含む多くのメンバーが活躍した。秋山和徳は世話人の一人として作業班と論文 [3] を主導した。Sgr A* を画像化した4つの手法のうち SMILI は秋山、池田思朗、沖野大貴、崔玉竹、小藤由太郎、笹田真人、田崎文得、本間希樹、森山小太郎を中心として開発され、M87* で初めて画像化に用いられた後、Sgr A* の特性を踏まえ

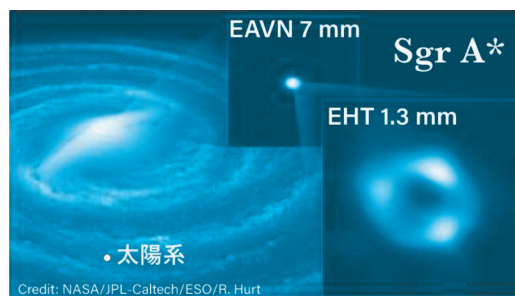


図1 私たちの住む天の川銀河中心にある Sgr A* の東アジア VLBI 観測網による画像と EHT で撮影した巨大ブラックホールシャドウ Sgr A* の画像。

て改良が行われた。森山、小藤由太郎は画像化や画像評価において中心的な役割を担い、秋山・本間・池田とともに分別された類似する4つの画像群から最終画像を作成した。森山は模擬観測データの作成も主導した。SMILI を用いた画像化は、森山主導のもと秋山、池田、沖野、小藤、笹田、田崎、本間が参加し、DIFMAP による画像化では浅田、小山が世話人の一員を務め、崔、永井洋が参加した。

Sgr A* 周辺の物理状態を理解するため、多数の理論モデルと EHT 観測データとの詳細な比較が行われた。水野陽介らは理論作業班を主導し、理

論モデルのひとつを担う一般相対論的電磁流体力学コードの開発を行った。川島朋尚は一般相対論的輻射輸送シミュレーションに基づく光の伝搬計算を行い、EHT観測データとの比較に貢献した。理論作業班に紀、中村雅徳、森山も参加した。

本成果にはEHTから200人超が参加し、国内の研究機関から13人、海外機関から8人が名を連ねた。理事会は国立天文台と台湾中央研究院を含む13の理事機関で構成され、それぞれ本間と松下聡樹が代表を務める。運営に助言をする科学諮問委員会に秦和弘と小山が参画し、若手科学者委員の森山、崔も参加する。EHTの実働を担う複数の作業班では、前述の秋山、水野(陽)の他、秦が多波長観測班世話人として牽引する。各種委員会では、論文出版を池田、広報を田崎、講演を秋山、オンブズを浅田、望遠鏡運用を水野いづみと松下、が委員を務め、若手・中堅のメンバーが幅広くEHTに貢献している。

3. EAVNによるSgr A*観測

Sgr A*から届く電波は星間プラズマによる散乱を受けるため、画像がぼやける問題が知られる。そこで、長波長帯VLBI観測データに基づき散乱の影響を見積もった [4]。東アジアVLBI観測網(EAVN) 7 mm帯の観測データは散乱スクリーンのパラメータに厳しい制約を与え、波長1.3 mmではその影響は限定的とわかった。さらに散乱の影響緩和処理の有無による画像の比較も行い、Sgr A*画像の信頼は揺るぎないものとなった。

EAVN活動銀河核サイエンスワーキンググループも、2017年のEHT観測キャンペーン期間にEAVNを用いてSgr A*観測を行った。同グループは、EAVNの波長1.3 cm帯と7 mm帯データが示す予想外に大きいSgr A*サイズを説明するために、ブラックホール降着流中に非熱的電子が混在するシナリオを提唱している [5]。

同グループには、日本、韓国、中国、台湾、マレーシア、タイの研究者らが参加する。EHT-Japanからは秋山、浅田、沖野、川島、紀、小山、田崎、崔、當真

賢二、中村、秦、本間、水野(陽)が参加する。紀は同グループ代表として活動全体を、秦はEAVN観測の実行を主導した。川島は物理解釈に、秋山、森山はSMILIを用い構造の推定手法の開発に貢献した。

4. 今後の展望

Sgr A*の画像化における困難のうち、星間散乱の影響は1.3 mm帯で小さいことがわかった [4]。EHTの次なる目標は、時間変動するSgr A*の動画撮影だ。今回は確定的な動画を得るには至らなかったが、EHTは望遠鏡数を増やして画質の向上を図り、初のSgr A*動画撮影を目指す [6]。

EHT観測データと理論モデルの比較から、新たな謎も生じた。「Sgr A*はジェットを持つのか？」低周波帯の画像にジェットは見えない。ところが、EHT観測データとの比較からは意外にもジェットを出しやすい理論モデルが示唆された [7]。この食い違いは何を意味するのか？我々は知恵を結集し、幻のジェットを追い求めていく。

ジェットといえばM87を忘れてはならない。2018年に台湾中央研究院と米スミソニアン天文台が推進するグリーンランド望遠鏡がEHTに加わり、新たに取得したデータを鋭意解析中である。直接撮像に基づく巨大ブラックホール研究はさらに深化が進む。最新鋭の観測と理論で切り開く今後の進展を楽しみにしていきたい。

謝辞

様々な困難を克服していくにあたって私たちに暖かくサポートして下さったすべての皆様に、EHT-Japan一同心より感謝申し上げます。

参考文献

- [1] VERA Collaboration, et al., 2020, PASJ, 72, 50
- [2] <https://bit.ly/ehjt-sgra-202205> (2022.5.12)
- [3] EHT Collaboration, 2022, ApJ, 930, L14
- [4] Johnson, M. D., et al., 2018, ApJ, 865, 104
- [5] Cho, I., et al., 2022, ApJ, 926, 108
- [6] 秋山和徳, 2021, 天文月報, 114, 184
- [7] EHT Collaboration, 2022, ApJ, 930, L16