

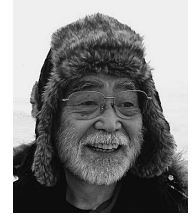
# ブラックホールシャドウ 直接撮像の総括と意義



松下



本間



井上

松下 聡 樹<sup>1</sup>・本間 希 樹<sup>2</sup>・井上 允<sup>3</sup>

〈<sup>1,3</sup> 中央研究院天文及天文物理研究所 〒10617 台北市羅斯福路四段1號中央研究院 / 台灣大學天文數學館 11 樓〉

〈<sup>2</sup> 国立天文台水沢 VLBI 観測所 〒023-0861 岩手県奥州市水沢星ガ丘町 2-12〉

〈<sup>3</sup> 国立天文台 〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1〉

e-mail: <sup>1</sup> satoki@asiaa.sinica.edu.tw, <sup>2</sup> mareki.honma@nao.ac.jp, <sup>3</sup> inoue@asiaa.sinica.edu.tw

この度、イベント・ホライズン・テレスコープによって初めてブラックホールシャドウが撮像された。この速報では簡潔にその観測結果と意義を報告したい。

## 1. はじめに

2019年4月10日は天文・物理学の歴史のみならず、メディアの歴史にも長く記憶される日になった。この日、世界6か所（東京、台北、上海、ワシントンDC、ブリュッセル、サンチアゴ）で同時に開催された記者会見にて、Event Horizon Telescope (EHT) がとらえた初のブラックホールシャドウの画像（図1）が公開され、そのニュースが世界中を駆け巡った。テレビニュースでは記者会見やインタビューの様子が放映され、次の日の新聞の一面にはその画像が掲載され、インターネットではブラックホールシャドウを使った様々なミームが作成・創造され、このニュースがいかに世界中の人々に衝撃を与えたかがよくわかる。

EHTとは、国立天文台、台湾の中央研究院天文及天文物理研究所 (Academia Sinica Institute of Astronomy and Astrophysics; ASIAA)、東アジア天文台 (East Asian Observatory; EAO) を含めた世界の13の研究所が中核となり、世界に散らばるミリ波サブミリ波電波望遠鏡を繋げて超長基線干

渉計 (Very Long Baseline Interferometry; VLBI) を形成し、ブラックホールシャドウを撮像することを目的とした国際共同計画である。EHT Collaborationは協定書上は2017年に正式に始まったが、それ以前の2000年代前半からこれに繋がる計画及び観測が実行されている（この詳細は秋山・本間による2018年6月号の天文月報の記事を参照の事<sup>1)</sup>）。今回は、世界各国に散らばる8台の電波望遠鏡でおとめ座銀河団にある楕円銀河M87の巨大ブラックホールM87\*を観測し、初めて画像を得ることができた。この結果は上記の記者会見と同時に *Astrophysical Journal Letters* に6本の論文として公開された<sup>2)</sup>。

## 2. 観測、解析、及び結果

2017年の観測では東アジアも建設・運用で重要な貢献をしてきたALMAが初めてEHTの観測に参加し、フリンジ検出率が飛躍的にあがった。これには50台のアンテナを単一鏡のように働かせるフェーズアップシステムの開発が重要であったが、それには日本と台湾も加わった。また日台



図1 EHTで得られた人類初めてのブラックホールシャドウの画像.

韓中の研究者はEAOの一員としてジェームズ・クラーク・マクスウェル望遠鏡 (James Clark Maxwell Telescope; JCMT) での10日間に渡る観測運用を行い、観測を成功させた。

データ較正では3つのパイプラインが用いられ、その1つを東アジアが主導した。較正データの画像化では完全に独立した4つのチームが作られ、1つを日本が、もう1つを台湾がリードし、3つの異なる手法を用いて解析を行った。M87\*のデータは4日分あり、全てのチームが全データでほぼ同様の画像を得ることができた。これにより、得られた画像の信頼性は非常に高いと結論付けられた。

今回の観測結果では初めて、M87中心部にはドーナツ状の放射領域があること、そしてそのサイズが $42 \pm 3$ マイクロ秒であることが確かめられた。これは一般相対性理論から予測されるカーブラックホールとよく一致する。この画像と一般相対論的磁気流体力学シミュレーションを使ったブラックホール画像ライブラリーとの比較からこのブラックホールの質量は $65 \pm 7$ 億太陽質量 (系

統的誤差込み) と求められた。この質量は過去にM87中心部にある星の運動 (速度分散) から求められた $66 \pm 4$ 億太陽質量<sup>3)</sup> とよく一致する。さらにこの画像では南側 (下側) の放射が強く、北側 (上側) が弱いことが分かる。この南北の強弱の違いはブラックホール周囲を回転するガスのドップラーブーストとして説明可能である。

### 3. 意義、そして今後

以上の結果から、光さえ脱出できないブラックホールという特異な天体の相対論的な重力効果が視覚的に証明されるとともに、銀河の中心に巨大ブラックホールが存在することも確実にされた。画像からブラックホールや一般相対性理論を研究するという、新たな研究分野の幕開けである。

今後、台湾が推し進めるグリーンランド望遠鏡 (Greenland Telescope; GLT) を含めた観測によってさらに高解像度及び高画質の画像が得られると期待される。M87には数kpcにも及ぶ長く細いジェットがあること、そしてそれは主に東アジアの研究者主導の研究より、ブラックホールの回転により生じている可能性<sup>4)</sup> も指摘されており、さらなる観測と理論の研究からブラックホール天文学・物理学の一層の発展を期待したい。そして、その実現のため、東アジア地域での国際協力が更に進むことにも大いに期待したい。

#### 参考文献

- 1) 秋山和徳, 本間希樹, 2018, 天文月報, 111, 358
- 2) EHT Collaboration, 2019, ApJ, 875, L1, L2, L3, L4, L5, L6
- 3) Gebhardt, K., et al., 2011, ApJ, 729, 119
- 4) Nakamura, M., et al., 2018, ApJ, 868, 146