

Event Horizon Telescope の初期成果



秋山和徳

アメリカ国立電波天文台/
マサチューセッツ工科大学ヘイスタック観測所
kakiyama@mit.edu



中村雅徳

中央研究院天文及天文物理研究所
nakamura@asiaa.sinica.edu.tw



水野陽介

フランクフルト大学理論物理研究所
mizuno@itp.uni-frankfurt.de



本間希樹

国立天文台水沢 VLBI 観測所
mareki.honma@nao.ac.jp

2019年4月10日、人類史上初の「ブラックホールシャドウ」撮像成功について、世界6か所で同時記者発表が行われた。発表されたのは楕円銀河 M87 の中心の巨大ブラックホール M87* の電波写真である。翌日には多くの新聞の1面にその画像が掲載され、社会的にインパクトの大きい科学成果となった。発表したのは、世界13研究機関を中心に200人を超える研究者が関わる Event Horizon Telescope (EHT) プロジェクトの国際共同研究グループで、この写真は地球規模の VLBI 観測によって撮影されたものである。

ブラックホールとは、アインシュタインの重力理論（一般相対性理論）が予言する極限的に強い重力場の解である。event horizon（事象の地平面）という面に囲まれたその領域にいったん入ると強い重力によって光さえも逃げ出すことはできない。ただ、事象の地平面から少し離れたところからは、光は遠方に逃げることができ、その光を観測することができる。実際、ブラックホールの周囲に分布して光る高温プラズマが観測できると考えられてきた。その場合、ブラックホールの周りに明るい輪が見えるというのが一般相対性理論に特徴的な予言である。今回、EHT が取得した画像は、その明るい輪を少しぼやかせたものとして解釈できるのである。

20世紀初頭に構築された一般相対性理論は、観測によるテストをいくつもパスしてきたが、強い重力場に対するテストは

2015年の人類初の重力波検出まで成されていなかった。重力波検出によって太陽質量の10倍程度のブラックホールの存在が証明された。そして今回の EHT の観測で太陽質量の10億倍以上もの質量のブラックホールの存在が確実なものとなった。EHT の観測は重力波観測と相補的であり、一般相対性理論の正しさを視覚的に示すものである。さらには、これまで間接的な情報から信じてきた「銀河の中心には巨大なブラックホールがある」ということを決定づけたという意味で天文学的にも革新的な成果と言える。

EHT は、観測・画像化・理論解釈のすべてにおいて挑戦的なプロジェクトであった。まず、地球サイズで離れた複数の電波望遠鏡を結合させることをミリ波帯で実現し、約25マイクロ秒角というこれまで人類が到達した最高分解能を獲得した。次に、観測データから信頼できる画像を導くための数的方法とそれを実装したソフトウェアを開発した。それらにより、見事に「ブラックホールシャドウ」とそれを囲む明るい非対称な輪が見えた。得られた画像を理論解釈するため、大規模な理論シミュレーションライブラリを作り上げ、シミュレーションと観測データを比較する方法を確立した。それによりブラックホールの周囲のプラズマの状態にあまり依存せず、光の軌道の一般相対論的性質を強く反映して観測画像が再現されるという結論を得た。

—Keywords—

ブラックホールシャドウ：
ブラックホールを十分高い解像度で撮影した場合に見えると期待されていた、ブラックホールの影。ブラックホールの周囲の高温プラズマから出る光子を背景に、その中央が黒く抜けたような構造になると予想されてきた。このような「影」が、ブラックホールからは光さえ脱出できないという性質を視覚的に表す。

M87*：
おとめ座の巨大楕円銀河 M87 の中心核にある巨大ブラックホール。銀河中心核として明るく輝いており、また、そこから細く絞られたガスが高速で飛び出す「ジェット」を有することが知られている。地球からの距離は5500万年で、ブラックホール質量は太陽のおよそ65億倍であることが今回の観測からわかった。

VLBI：
Very Long Baseline Interferometry の略で、日本語では超長基線電波干渉法。数100km から数1,000km も離れた複数の電波望遠鏡を組み合わせて実効的に巨大な望遠鏡を合成し、高い分解能を得る方法。現存する望遠鏡の中で最も高い分解能を達成できる。