

イベント・ホライズン・テレスコープ ファクトシート

イベント・ホライズン・テレスコープ

イベント・ホライズン・テレスコープ(Event Horizon Telescope: EHT)は、地球サイズの電波望遠鏡を構成することでブラックホールシャドウを撮影し、事象の地平線(イベント・ホライズン)スケールの構造を探索することを旨とした国際協力プロジェクトです。画像撮影により、アインシュタインが提唱した一般相対性理論を、ブラックホールの周辺という極限まで重力の大きな環境で検証することが可能です。2019年には世界で初めて楕円銀河M87の中心にある巨大ブラックホールのシャドウを撮影することに成功しました。

EHTで用いられる技術は、超長基線電波干渉計(Very Long Baseline Interferometry: VLBI)と呼ばれます。VLBIの技術を使うことで、地球上のさまざまな場所に置かれたたくさんの電波望遠鏡を結合し、ひとつの巨大電波望遠鏡を構成することができます。VLBIによって、これまでも銀河の中心にある巨大ブラックホールの周辺環境の研究が盛んにおこなわれてきました。EHTでは、巨大ブラックホールそのものが作りだすシャドウを撮影することを最大の目標にしています。EHTでは、波長1.3mmあるいはそれより波長の短い電波を観測します。EHTの視力は人間のおよそ200万倍におよび、月に置いたゴルフボールが地球から見える視力に相当します。

波長が短い電波は、地球大気の水蒸気による吸収を受けやすいため、EHTを構成する望遠鏡は乾燥した高地に設置されています。チリのアタカマ砂漠、スペイン南部のシエラネバダ地方、ハワイの山の上や南極点などが、その代表例です。

2017年の観測では、南米チリで国際協力のもとで運用されているアルマ望遠鏡が加わることで、EHTの感度が大幅に向上しました。アルマ望遠鏡の全66台のアンテナで一斉に観測すれば、直径91mの電波望遠鏡と同じ集光面積が得られます。EHTに参加している他の望遠鏡の口径がおよそ15m~30mであることを考えると、その大きさがよくわかります。アルマ望遠鏡をEHTに組み込むための数年間の準備を経て、2017年4月にはアルマ望遠鏡の口径12mアンテナ37台がEHTの観測に参加しました。これは、口径73mの電波望遠鏡と同じ集光面積になります。2017年の観測では、南極点望遠鏡(South Pole Telescope: SPT)も初めてEHTの観測に参加しました。これにより、南北方向のアンテナ間隔はおよそ2倍になり、解像度も南北方向に約2倍向上しました。

EHTを構成する各望遠鏡で取得されたデータは、「相関器」と呼ばれる専用のスーパーコンピュータによって処理されます。この処理によって、あたかも地球サイズのひとつの巨大望遠鏡で観測したかのように画像を生成できるようになります。2017年4月に行われたEHT観測のデータは、マサチューセッツ工科大学ヘイスタック観測所(米国、マサチューセッツ州)と、マックスプランク電波天文学研究所(ドイツ、ボン)に設置された2台の相関器によって処理されました。データの処理と較正、解析と画像化は、EHTコラボレーションによって開発された新しいソフトウェアによって行われました。

EHTの観測結果を理解するために、ブラックホール周辺環境の理論研究やシミュレーション研究が、観測前や観測データの処理と並行して進められました。理論的に予測されるブラックホール周辺をEHTを模した仮想的望遠鏡で観測した時にどのような画像が得られるか、といったシミュレーション研究も行われ、ブラックホール周辺環境を理解する準備を進めてきました。

EHT参加機関とEHTコラボレーション

EHT理事会に代表者を出している機関は、以下の13機関です(英語アルファベット順)。

- ・中央研究院天文及天文物理学研究所(台湾)
- ・東アジア天文台
- ・ゲーテ大学フランクフルト(ドイツ)
- ・マサチューセッツ工科大学ヘイスタック観測所(米国)
- ・ミリ波電波天文学研究所(フランス・スペイン)
- ・アルフォンソ・セラノ大型ミリ波望遠鏡(メキシコ)
- ・マックスプランク電波天文学研究所(ドイツ)
- ・自然科学研究機構国立天文台(日本)

- ・ペリメーター研究所(カナダ)
- ・ラドバウド大学(オランダ)
- ・スミソニアン天体物理学観測所(米国)
- ・アリゾナ大学(米国)
- ・シカゴ大学(米国)

EHTコラボレーションを構成するメンバーの所属機関は世界21ヶ国/地域の80の研究機関、300名以上の研究者にのぼります。世界的な共同研究であることは、全ての大陸が著者の所属あるいは望遠鏡のある場所(南極点望遠鏡があるので南極も含まれます)として論文に現れることからわかります。EHTのメンバーの約20%が女性です。女性のメンバーは観測器の設計、観測、データ解析、理論に至る幅広い分野で活躍しており、EHT国際プロジェクトでリーダーシップを発揮しています。

2017年4月のEHT観測

- 観測期間は、2017年4月5日～14日。一晩あたり約8時間(最長は4月7日の12時間)の観測を行いました。このうち、いて座A*が観測されたのは4月5日、6日、7日、10日、11日の5晩です。
- データ取得レートは、毎秒32ギガビットでした。EHTに参加した各望遠鏡から得られた生のデータは合計すると、およそ3500テラバイト(3.5ペタバイト)のデータが取得されました。
- 2017年の観測に参加した望遠鏡は、次ページの表の通りです。

| 望遠鏡名 | 立地 | 標高 | 望遠鏡緒元 |
|---|------------------|-------|---|
| APEX (Atacama Pathfinder Experiment) | チリ チャナントール高原 | 5100m | 口径12m |
| アルマ望遠鏡 | チリ チャナントール高原 | 5000m | 口径12m×54台＋口径7m×12台 (2017年EHT観測では12m×37台) |
| IRAM 30m望遠鏡 | スペイン ピコ・ベレタ | 2850m | 口径30m |
| 南極点望遠鏡 (South Pole Telescope: SPT) | 南極 南極点 | 2800m | 口径10m |
| ジェームズ・クラーク・マクスウェル望遠鏡 (James Clark Maxwell Telescope: JCMT) | 米国 ハワイ島マウナケア | 4100m | 口径15m |
| アルフォンソ・セラノ大型ミリ波望遠鏡 (Large Millimeter Telescope: LMT) | メキシコ シエラネグラ | 4600m | 口径50m (2017年のEHT観測では内側の32mのみ使用) |
| サブミリ波干渉計 (Submillimeter Array: SMA) | 米国 ハワイ島マウナケア | 4100m | 口径6m×8台 (2017年EHT観測では6台) |
| サブミリ波望遠鏡 (Submillimeter Telescope: SMT) | 米国 アリゾナ州グラハム山 | 3100m | 口径10m |

イベント・ホライズン・テレスコープ (EHT)

— 各地の電波望遠鏡をつなぎ、地球サイズの仮想望遠鏡を構成 —



● 2017年の観測天体

| 天体名 | 距離 | 質量 | 星座 |
|------------------------------------|-----------|----------|---------|
| 天の川銀河中心「いて座Aスター」 (EHT主要観測ターゲット) | 約2万7000光年 | 太陽の400万倍 | いて座 |
| 楕円銀河M87中心 (EHT主要観測ターゲット) | 約5500万光年 | 太陽の65億倍 | おとめ座 |
| 銀河ケンタウルスA | 約1300万光年 | - | ケンタウルス座 |
| クエーサー OJ 287 | 約35億光年 | - | かに座 |
| 楕円銀河NGC 1052 | 約6300万光年 | - | くじら座 |
| クエーサー 3C 279 | 約50億光年 | - | おとめ座 |
| その他明るいデータ較正用天体 (クエーサー3C273など) | | | |

今回の論文についてのまとめ

今回のいて座A*の発表に関しては6編の主論文(Collaboration paper)が発表され、ページ数は6編合わせて21+39+77+52+49+43 = 281ページ、それを補う形で4編の公認論文(Official paper)が出版され、そのページ数は合わせて30+32+35+21 = 118 ページです。