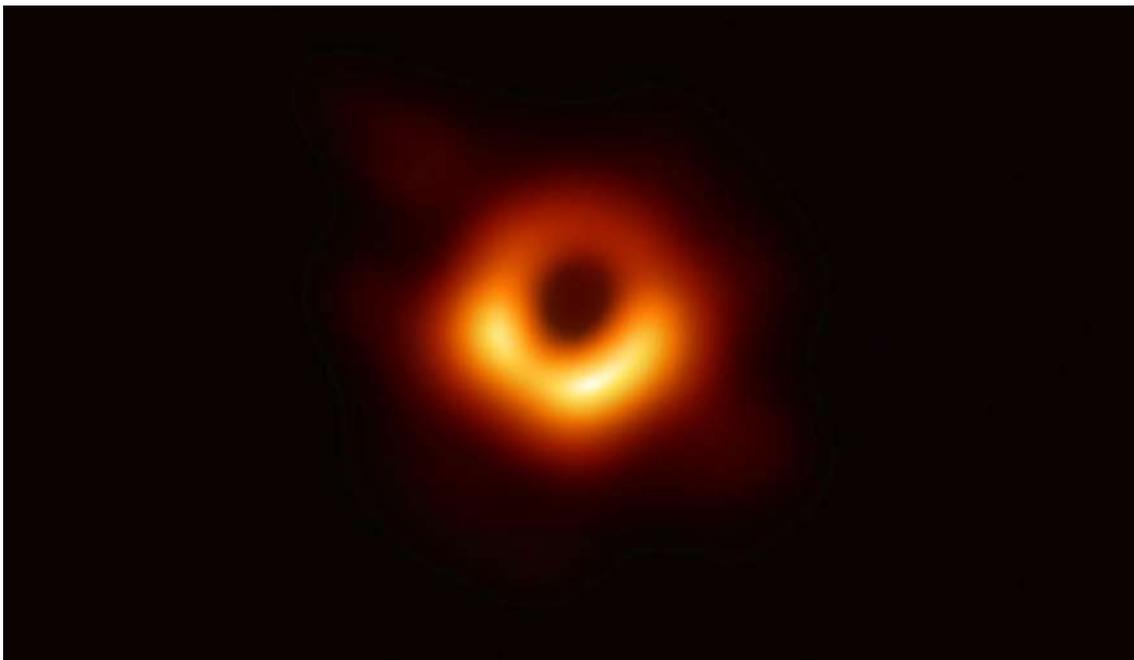


ブラックホールはこのように撮影された

銀河 M87 中心の巨大ブラックホールシャドウはイベント・ホライズン・テレスコープで撮影された。リング状の明るい部分の大きさは、月面に置いた野球のボールを地球から見た時の大きさに相当する。このブラックホールは、地球から 5500 万光年の距離にあり、その質量は太陽の 65 億倍にも及ぶ。



銀河 M87 中心の巨大ブラックホールシャドウ。(Credit: EHT Collaboration)

イベント・ホライズン・テレスコープは、地球上の 8 つの電波望遠鏡を結合させた国際協力プロジェクトであり、ブラックホールの画像を撮影することを目標としている。2019 年 4 月 10 日、研究チームは世界 6 か所で同時に行われた記者会見において、巨大ブラックホールとその影の存在を初めて画像で直接証明することに成功したことを発表した。イベント・ホライズン・テレスコープは、世界中の電波望遠鏡をつなぎ合わせて、圧倒的な感度と解像度を持つ地球サイズの仮想的な望遠鏡を作り上げるプロジェクトである。

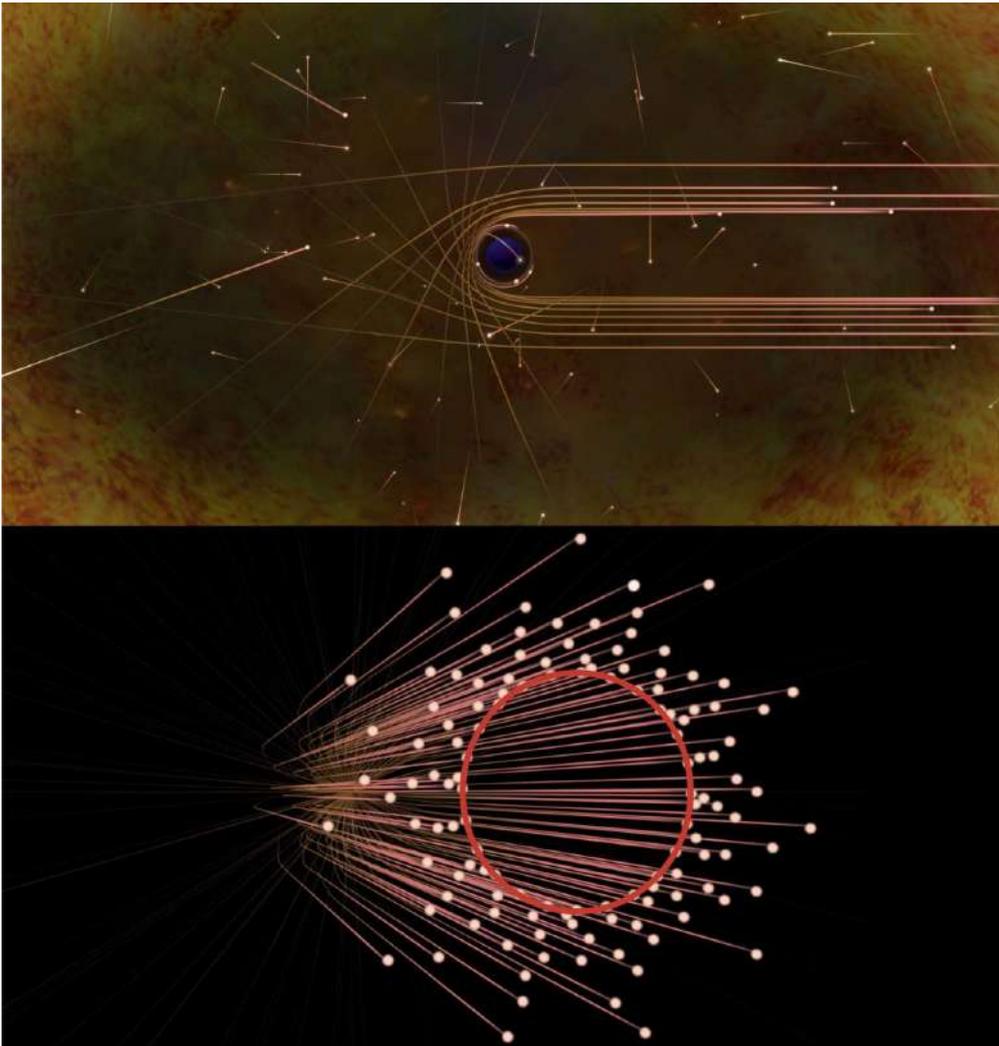
「私たちは、ついにブラックホールの姿を初めてとらえました。200 人以上の研究者がチーム一丸となって成し遂げた偉大な科学的業績といえるでしょう」と、イベント・ホライズン・テレスコープの代表を務めるシェパード・ドールマン氏（ハーバード・スミソニアン天体物理学センター）は語っている。

ブラックホールは、莫大な質量を持つにもかかわらず非常にコンパクトな、光さえも抜け出すことができない完全に真っ暗な、宇宙でも特異な天体である。ブラックホールがある

ことで、その周辺の時空間がゆがみ、周囲の物質は激しく加熱される。

ブラックホールシャドウは、そのブラックホールにもっとも近くまで視覚的に迫れる理論的な限界といえる。ブラックホールの表面は「事象の地平面 (Event Horizon)」と呼ばれ、シャドウより 2.5 倍小さいサイズになる。M87 の中心にある巨大ブラックホールの場合、事象の地平面の大きさはおよそ 400 億 km になる。

「もしブラックホールのまわりに輝くガスのような明るいものがあれば、ブラックホールは『影』のように暗く見えるはずですが。これはアインシュタインの一般相対性理論から導き出せることですが、私たちはこれまでそれを直接見たことはありませんでした。」と、オランダ・ラドバウド大学のハイノー・ファルケ氏はコメントしています。「ブラックホールの重力によって光が曲げられたり捕まえられたりすることで、ブラックホールシャドウが生まれます。それを調べれば、ブラックホールという魅力的な天体の性質についていろいろなことがわかりますし、ブラックホールの質量を測定することもできます。」



(上)ブラックホールの周囲の光の軌跡の模式図。光がある距離以上にブラックホールに近づくと、光はブラックホールの重力にとらえられ、ブラックホールを周回しながらやがてブラックホールに吸い込まれてしまう。その距離よりも遠い位置を通過する光は、進行方向が曲げられるため、本来は地球に届かない光も地球に届くようになる。

(下)地球に向かってくる光の経路を斜めから見た図。内側のある一定範囲では光がやってこないことが分かる。これが、ブラックホールシャドウである。(Credit: Nicolle R. Fuller/NSF)

複数のデータ較正や画像化手法を用いることによって、明るいリングの中に暗い部分が写し出された。これこそが、ブラックホールシャドウである。イベント・ホライズン・テレスコープで繰り返し観測を行っても、このシャドウの存在は揺らぎませんでした。

「ブラックホールシャドウを写し出せたと確信した後、私たちはシミュレーション結果とこの画像を比較しました。シミュレーションには、ブラックホールのまわりのゆがんだ時空や超高温になったガス、磁場などさまざまな効果を取り入れています。観測で得られた画像は、理論的予測と驚くほどよく一致していました。これによって、ブラックホール質量推定や私たちが写し出した画像そのものの意味についても、確信を持つことができました。」と、東アジア天文台長であるポール・ホー氏は語っている。

イベント・ホライズン・テレスコープを実現するためには、APEX (チリ)、アルマ望遠鏡 (チリ)、IRAM30m 望遠鏡 (スペイン)、ジェームズ・クラーク・マクスウェル望遠鏡 (米国ハワイ)、アルフォンソ・セラノ大型ミリ波望遠鏡 (メキシコ)、サブミリ波干渉計 (米国ハワイ)、サブミリ波望遠鏡 (米国アリゾナ)、南極点望遠鏡 (南極) の8つの望遠鏡をアップグレードして結合する必要があり、これ自体が挑戦でした。望遠鏡はハワイやメキシコの火山、アリゾナやスペイン・シエラネバダ山脈の山々、チリのアタカマ砂漠、そして南極に設置されています。それぞれ観測条件は良い場所ですが、人間にとっては厳しい環境である。

イベント・ホライズン・テレスコープは、超長基線電波干渉計 (Very Long Baseline Interferometry: VLBI) という仕組みを用いている。世界中に散らばる望遠鏡を同期させ、地球の自転を利用することで、地球サイズの望遠鏡を構成する。今回イベント・ホライズン・テレスコープが観測したのは、波長 1.3mm の電波だった。VLBIにより、イベント・ホライズン・テレスコープは解像度 20 マイクロ秒角という極めて高い解像度を実現できました。これは、人間の視力 300 万に相当し、月面に置いたゴルフボールが見えるほどである。

得られた生データの合計は数ペタバイトにもなり、これらはドイツのマックスプランク電波天文学研究所とアメリカのマサチューセッツ工科大学ヘイスタック観測所に設置された専用のスーパーコンピュータで処理された。(日文发布全文

<https://www.hiroshima-u.ac.jp/news/50806> )



イベント・ホライズン・テレスコープの観測に参加した望遠鏡の配置。(Credit: NRAO/AUI/NSF)