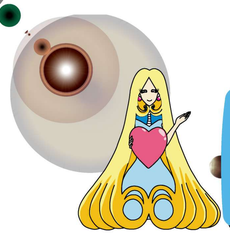


ほしのうみ

83号
2022
夏

© 松本零士/郡山市

撮影成功！銀河系中心のブラックホール

2022年5月、私たちの住む銀河系の中心にあるブラックホールの撮影成功という大きな発表がありました。人類が撮影したブラックホールとして2号目となった今回のブラックホールは一体どのような天体なのでしょうか。また、光さえ抜けだすことのできないブラックホールの姿をどうやって撮影することができたのでしょうか。今後も期待が高まるブラックホール研究に注目です。

銀河系中心のブラックホール

私たちの住む地球は、銀河系というたくさんの星が集まる銀河の中に存在しています。その銀河系の中心には、目には見えないけれど強い電波を放っている天体があり、その周りを星たちが回っていることがこれまで観測されていました。その中心にある天体は「いて座A*(エースター)」として知られており、太陽のおよそ400万倍の体重(質量)を持つ巨大ブラックホールだろうと言われていました。今回ついにその姿を電波という光でとらえることができたのです(図2)。ブラックホールは重力がとても強い天体であるため、光さえも抜け出すことができません。しかし周りで輝くガスがドーナツのような明るいリングで見えるため、その中心に黒い姿としてブラックホールが浮かび上がります。このようにブラックホールが影として見えることから、その影はブラックホールシャドウと呼ばれます。そして今回の撮影成功の発表によって、間違いなく銀河系中心にブラックホールの存在を証明することができたのです。

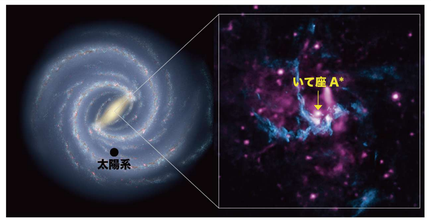


図1. 天の川銀河の想像図（左）と天の川銀河中心領域のX線(青)と電波(ピンク)の合成画像(右)。右画像の中心にある電波源がいて座A*

ⓒ左画像：NASA/JPL-Caltech/ESO/R. Hurt
右画像：X-ray: NASA/CXC/UCLA/Z.Li et al; Radio: NRAO/VLA

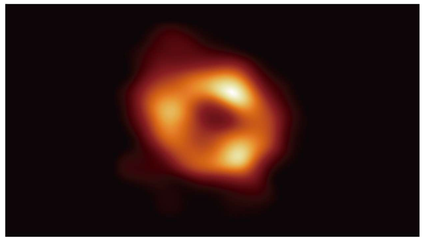


図2. 銀河系中心のブラックホール

ⓒEHT Collaboration

イベント・ホライズン・テレスコープ

ブラックホールの撮影成功という大きな成果に深く貢献したのは「イベント・ホライズン・テレスコープ(EHT)」です。EHTは地球上の8つの電波望遠鏡をつなぎ合わせて地球サイズの仮想的な望遠鏡を作り上げました(図3)。その地球サイズの目は人間の視力で300万と言われ、月に置いたゴルフボールが地球から見えるほどです。

図3. 2017年4月に行われたEHT観測に参加した望遠鏡

ⓒNRAO/AUI/NSF

ブラックホール撮影第1号のM87

今回のいて座A*の発表は、人類が撮影に成功したブラックホールとしては2つ目となります。1号目となったのは、2019年に発表された「M87」というおとめ座方向にある銀河中心のブラックホールです(図4)。M87の体重は太陽のおよそ65億倍で、いて座A*よりもはるかに重いブラックホールです。撮影されたブラックホールは、そのまわりのガスや磁場などを考えて作ったシミュレーション結果とよく一致した画像となりました。

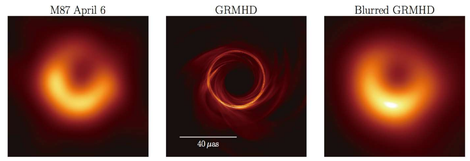


図4. 2017年4月6日にEHTで観測された画像(左)、シミュレーション計算で得られた画像(中央)、シミュレーション計算から得た画像を実際の観測画像を同じ条件でぼかした画像(右)

ⓒEHT Collaboration

画像にするまでの困難な道のり

今回発表されたいて座A*と2019年に発表されたM87はどちらも2017年に観測された天体です。地球から距離を比べると、いて座A*は地球から約2万7000光年、M87は約5500万光年となり、いて座A*はM87よりもはるかに近い距離にあります。しかしいて座A*はその姿を画像にすることがとても難しく、5年にわたって細かな解析が行われました。難しかった理由はいて座A*の周りにあるガスの運動が大きく関係しています。ブラックホールのまわりのガスは、ほとんど光速に近い速度で運動をしています。M87の周りをガスが一周するのにかかる時間は数日から数週間と言われるのに対して、いて座A*はわずか数分で一周します。つまりEHTで観測している間に、いて座A*のまわりのガスの明るさや模様が激しく変わり、止まった姿を映し出すことが難しかったのです。そこで今回はEHTで撮影されたいて座A*の画像を平均することでその姿を映し出すことができました。また、大量の画像データを似たような特徴ごとに分類すると、図5の下段の画像のように4つのグループに分かれました。するとそれぞれ明るい領域が違い、特に一番右の画像はリングの形が他の3つと異なります。何千もの画像が4つのグループに振り分けられましたが、一番右のような特徴をもつ画像はそのうち数百個しかありませんでした。画像化された姿はどこまでリアルなものなのか、今後もさらなる観測や解析、検証が期待されます。

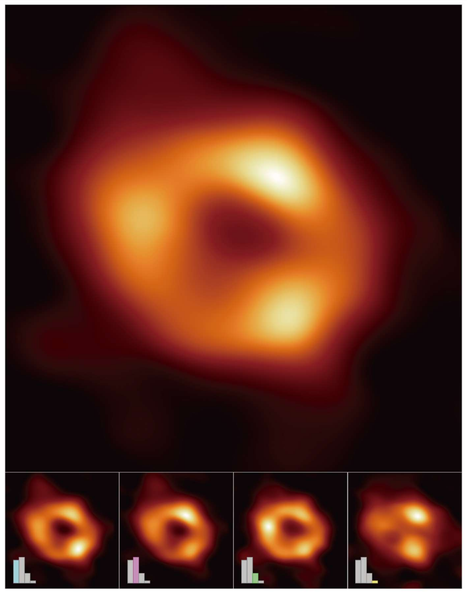


図5. いて座A*の画像(上段)と4つのグループごとに平均した画像(下段)

ⓒEHT Collaboration

これからのブラックホール研究

今回の成果と2019年の成果は、小さな部類となるいて座A*と最大級となるM87の体重の違う2つのブラックホールを撮影したことになります。これによってそれぞれを比べることができるようになり、巨大ブラックホールのまわりでのガスの運動や重力のはたらきなど、まだまだ謎の多いブラックホール研究が発展していくことが期待されます。また、2017年の観測では8つの望遠鏡をつなぎ合わせたEHTですが、2022年3月の観測ではさらに3つの望遠鏡が加わり、観測技術も大きく発展しています。宇宙にある多くの銀河の中心にはブラックホールがあると考えられており、いて座A*やM87の成果はブラックホールの謎を解くための貴重な手がかりとなります。今後も魅力的なブラックホールの研究成果にぜひご注目ください。

ほしのうみ 83号 2022 夏

©松本零士/郡山市

ふしぎな景色「蜃気楼」の謎？

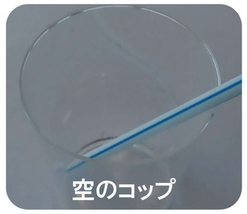
皆さんは「蜃気楼」という言葉を聞いたことはありますか。蜃気楼というと、何もないところに幻が浮かんで見えるといったイメージを持つかもしれませんが本当にそうなのでしょうか。今回は「蜃気楼」の謎に迫ってみたいと思います。

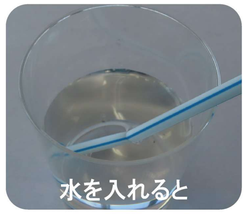
蜃気楼とは

蜃気楼は空気中で光が曲がることによって、遠くの景色が実際とは異なって見える現象です。蜃気楼には実際の景色の上に伸びたり、反転した虚像が見える上位蜃気楼（春の蜃気楼）と、実際の景色の下に反転した虚像が見える下位蜃気楼（冬の蜃気楼）があります。

光が曲がる

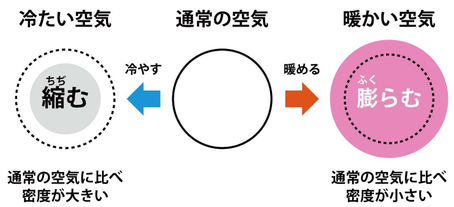
光は真っ直ぐ進む性質がありますが、空気と水のように2つの物があると、その境目で折れ曲がります。このことを「光の屈折」といいます。コップで水を飲むとき、ストローはどんなふうに見えるでしょうか。水の中のストローが折れ曲がったり、ずれたりして見えますよね。これも、光の屈折によるものなのです。



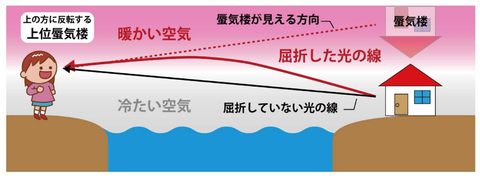


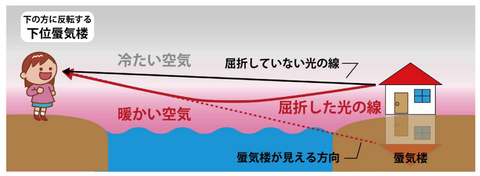
蜃気楼のしくみ

蜃気楼は空気の温度差によって発生します。空気が冷えると空気は縮み、ぎゅっと詰まった感じ（密度が大きい状態）になります。逆に空気を暖めると空気は膨らみ、すかすかな感じ（密度が小さい状態）になります。同じ空気でありながら、先ほどの空気と水のような関係が出来上がるのです。そこに光が挿し込むと光の進む方向が変わります。冷たい空気と暖かい空気の間では、光は密度が大きい冷たい空気の方へ曲がるのです。



それでは上位蜃気楼と下位蜃気楼の光の屈折の違いを見てみましょう。上位蜃気楼では、上へ向かう光の一部が屈折して私たちの目に届きます。人は目に入ってくる直前の光の方向に物体があるように見えることから、上方向に虚像が見えることになります。一方、下位蜃気楼では、下へ向かう光が屈折するため、下方向に虚像が見えることになるのです。





蜃気楼は富山県魚津市が有名です。魚津市のウェブサイトでライブ映像が見れますのでご興味があればご覧ください。

工作　お家で蜃気楼をつくろう！

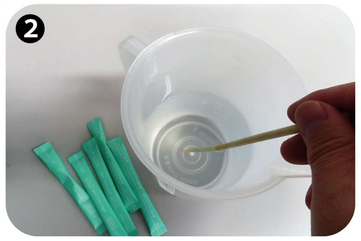
用意するもの

材料
- 水槽または飼育容器（容積が2リットルくらいの小さなもの）
- 水　2L
- 砂糖　200g
- 写真、模型、ぬいぐるみなど

道具
- 計量カップ　1L
- かき混ぜ棒
- ロート
- チューブ　長さ10cm程（チューブの内径はロートの先が挿し込めるものを選ぶ）

つくりかた

計量カップで水1Lを量り取り、水槽に入れます。



計量カップに砂糖を200g入れ、1Lの砂糖水を作ります（棒でかき混ぜ完全に溶かしましょう）。

ロートの先にチューブを取り付けます。

チューブ付きロートのの先を水槽の底に付くように入れ、砂糖水をゆっくりとそそぎます。

すべてそそぎおわったら、ロートを取り出し砂糖水の揺らぎがなくなるまでしばらく待ちます。

水槽の一方に写真や模型を置いたら完成です。

観察のしかた

砂糖水の方から覗くようにします。すると、引き伸ばされたり、一部が逆さまになったりして見えるはずです。

見る高さや距離を変えると、見え方もいろいろと変わります。境界層があまりにもはっきりと見えすぎる場合には棒で少しかき混ぜてみましょう。