

(報道提供資料)

堺市政記者クラブ

大阪科学・大学記者クラブ

問い合わせ先

公立大学法人 大阪府立大学

理学系研究科 物理科学専攻

宇宙物理学研究室

担当 小川英夫 072-254-9726

大西利和 072-254-9727

大阪府立大学がブラックホール観測に参加 —地球規模の電波干渉計計画—

【概要】

ブラックホール(図 1) (*1)は「光さえも外にださない」天体としてよく知られている。けれど光をださないため、闇夜のガラスのごとく、暗黒の宇宙空間内に存在するブラックホールを観測することは不可能であると思われてきた。しかし、近年いくつかの手段によりブラックホールの存在が確認されてきた。しかしながら、ブラックホールの大きさ等を直接に観測することには成功していない。現在、それに最も近い方法が、電波を使用した干渉計(VLBI)を利用する手法である(*6)。ブラックホールから見て、地球の端と端に設置した電波望遠鏡による観測が最も近道だと考えられている。

それを実現すべく台湾の中央研究院(*7)は、グリーンランド(*8)に 12m の電波望遠鏡を新しく建設するという GLT(Greenland Telescope)計画を進めている。この GLT 望遠鏡とチリに設置されている ALMA 望遠鏡(*9)、ハワイに設置されている SMA 望遠鏡(*10)と、地球規模の電波干渉計を形成してブラックホール(観測目標:M87(*2))の大きさを測定する予定である(図 2)。大阪府立大学・宇宙物理学研究室は国立天文台の協力のもとに、この 12m 電波望遠鏡に搭載する 230GHz の電波を観測できる超伝導受信機の開発を担当しており、1 台目の受信機を 7 月 18 日に台湾に出荷することになった。この受信機は、2015 年にはグリーンランドに運ばれ、2016 年初頭に観測に使用される予定である。



図 1 ブラックホール観測イメージ図
中心の黒い部分がブラックホールを示し、周囲の円盤が光って見える。ブラックホール背面の円盤は重力レンズ効果により、ブラックホールの上側に存在している様に見える。また、左右の円盤が非対称に見えるのは、円盤が回転運動しており、ドップラー効果による。



図 2 ブラックホール観測計画
宇宙から見ると、グリーンランド、チリ、ハワイの 3 局は地球の外周に位置するため、これらで構成される電波干渉計は、地球サイズの口径を持つ巨大な電波望遠鏡とみなすことができ、地上で最も視力の良い観測装置である。

【研究分担内容】

私たちの研究室は、ALMA や大阪府大 1.8m 電波望遠鏡(*11)などで受信機開発の経験をもっており、これらの実績から今回の計画への参加が始まりました。今回開発した受信機は超伝導受信機(*12)と呼ばれ、検出部分を-269℃まで冷却することで超伝導状態に変化させ、入力した電波を検出している(図 3)。この方式により世界最高水準の検出感度(性能)を達成しており、ブラックホールから放射される非常に微弱な信号の検出を可能にしている。

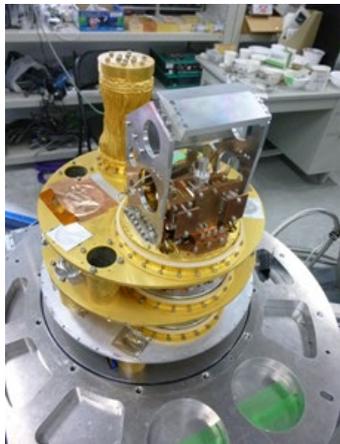


図 3 開発した高性能 230GHz 帯カートリッジ型受信機
電波望遠鏡で集められた電波信号は、この開発した受信機によって検出される。この受信機は、極低温まで冷却する必要があるため、大きな冷凍容器内に設置される。写真は、当研究室において受信機を評価するために、冷凍容器を開けて受信機を設置した様子を示す。

【報道公開について】

開発を行った GLT 用 230GHz 超伝導受信機の実物を実験室にて下記の予定で公開します。
御希望の方は下記の電話なりメールにてご連絡ください

公開日時	7月16、17日 午後2～4時
場所	中百舌鳥キャンパス A-13棟 208号室
連絡先	TEL: 072-254-9726 Mail: ogawa@p.s.osakafu-u.ac.jp

【用語解説】

*1 ブラックホール

ブラックホールとは、重力が非常に大きく、光でも脱出できない天体です。我々が住んでいる太陽系が所属している銀河系の中心や M87(*2)の中心にも巨大なブラックホールがあるといわれています。そのブラックホールの周囲には、ブラックホールに落ちていくガスなどが高温になって光を放つ降着円盤と呼ばれる明るい円盤状の領域があり、その中心にブラックホールシャドーと呼ばれる穴(下のシュバルツシルド半径(*3)の約五倍)があるといわれています。しかし、非常に小さいため、今までブラックホールシャドーの観測に成功した例はありません。

*2 M87

M87はおとめ座内にあり、活動的銀河核と呼ばれる銀河の中心に存在する天体です。それらの多くのそのまた中心にはブラックホールが存在するといわれています。その中で M87 は太陽の約 40 倍という、現在知られている中でも最大の質量を持っています。

下の図に示すように M87 のブラックホールシャドーは約 40 マイクロ秒角(*4)の大きさを持っています。今回開発した周波数 230GHz(*5)の受信機で分解できる角度は約 30 マイクロ秒角であり、ブラックホールシャドーをぎりぎり分解できる周波数です。

分解能を向上させるには観測周波数を高くすることが必要です。GLT では 350GHz に上げることが予定されています。

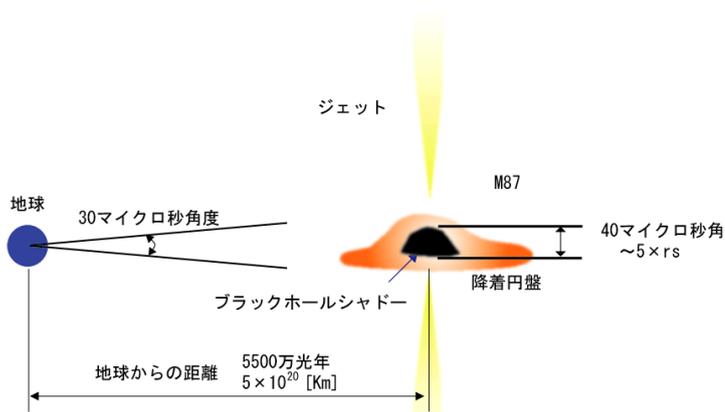


図 M87 のブラックホールの模式図
中心の黒い部分がブラックホールシャドーを示し、周辺に降着円盤が回転しており、上下にジェットが存在する。

*3 シュバルツシルド半径

地球からとロケットを打ち上げる時、ロケットがある速度を超えれば地球から重力を振り切って地球から飛び出すことができます。地球の半径をどんどん小さくすると重力はどんどん大きくなり、脱出速度も大きくなり、やがては光速を超えることが想像されます。その時、光すら外へ出ることができなくなり、ブラックホールが形成されます。その値をシュバルツシルド半径といいます。

ちなみに、 $\left\{ \begin{array}{l} \text{太陽(半径 70 万 km)が 3km まで} \\ \text{地球(半径 6000km)が 1cm まで} \end{array} \right\}$ 縮んだ際にブラックホールになります。

*4 マイクロ秒角

角度の単位のこと、下記のように 1 秒角の 100 万分の 1 の角度です。

一周=360°

一度=60 分角

1 分角=60 秒角

1 秒角=1 ミリ秒角×1000

1 ミリ秒角=1 マイクロ秒角×1000

*5 GHz(ギガヘルツ)

電波は波です。1 秒間に 1 回振動する電波を周波数 1 ヘルツ(Hz)の電波といいます。そして、1 秒間に 10 億回振動する電波が 1 ギガヘルツ(GHz)です。ちなみに BS 放送は周波数 12GHz 帯の電波を使用しています。

*6 VLBI

VLBI(Very Long Baseline Interferometry):複数のアンテナで同一天体を同時に観測し、天体から来る信号の時間差を計算することで、非常に高い観測分解能を得ることが出来ます。この分解能とは、いかに観測天体を細かく観測することができるかの性能で、非常にコンパクトなブラックホールの観測では非常に重要な要素となります。そのため、本プロジェクトでは、宇宙から地球を見て、地球の端になるように望遠鏡を配置しています(グリーンランド、チリ、ハワイ)。(図 2 参照。)

*7 中央研究院

台湾の最高学術研究機関である。天文学の研究を行っている天文及天文学研究所もその中に所属しており、宇宙背景放射の研究や、SMA(*10)、ALMA(*9)などへの参加など行っています。

*8 グリーンランド

北極海に位置する世界最大の島です。島の大部分が氷に覆われていて、標高も 3000m と非常に高いです。そのため、電波領域の大気透過度が、チリのアタカマ砂漠や南極と並んで非常に良く、電波観測に適した土地です。

*9 ALMA 望遠鏡

ALMA:Atacama Large Millimeter/submillimeter Array の略。日米欧 3 極が中心となって、南米チリに建設したミリ波サブミリ波干渉計。日本は、この望遠鏡に搭載される 150GHz 帯、500GHz 帯、800GHz 帯受信機の開発などを行っており、大阪府立大学宇宙物理学研究室は 150GHz 帯、800GHz 帯受信機の開発に参加しました。



図 ALMA

チリのアタカマ砂漠に、日米欧の協力のもとに建設された巨大電波干渉計。口径 12m 鏡 54 台と 7m 鏡 12 台から構成される。

Credit: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)

*10 SMA 望遠鏡

SMA : Submillimeter Array の略。ハワイのマウナケア山に建設されたサブミリ帯電波干渉計であり、2003 年から運用している。アメリカのスミソニアン天体物理学研究所と台湾中央研究院が中心となって運用している。

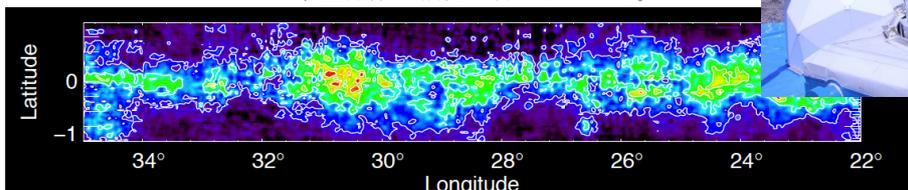


図 SMA
ハワイ・マウナケア山麓に建設された世界初のサブミリ帯干渉計。口径 6m 鏡 8 台から構成される。

*11 大阪府立大学 1.85m 電波望遠鏡

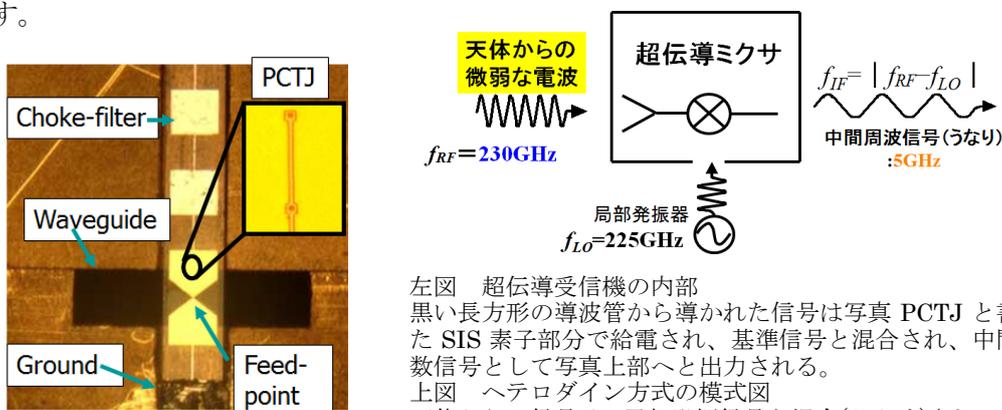
長野県の国立天文台野辺山電波観測所内に建設された、当研究室が中心となって、東京学芸大学や国立天文台の協力のもとに運用しているサブミリ帯電波望遠鏡です。主に一酸化炭素分子輝線 (J=2-1) の観測を行っており、星形成領域の観測などを主に進めています。

右図 1.85m 電波望遠鏡
当研究室が中心となって、開発・運用している電波望遠鏡。普段はレドーム(写真左下)に望遠鏡は保護されている。
下図 銀河面サーベイ観測
1.85m 電波望遠鏡で観測された銀河面の一酸化炭素分子の強度マップ。強度が強い箇所が赤くなっており、星形成が活発に行われている。



*12 超伝導受信機

一般的に、超伝導受信機とは、超伝導-絶縁体-超伝導(SIS)から構成される SIS ミクサを用いて、観測したい RF 信号(ミリ波サブミリ帯)を、基準となる局部発振信号と混合させ、取り扱いやすい低周波数帯(IF)に変換して検出します(ヘテロダイン方式)。この時、SIS ミクサは超伝導状態に転移させるため、 -269°C 程度に冷却される。現在、ミリ波サブミリ波帯で、天体からの強度や位相情報を検出する方法として最も優れていると言われています。



左図 超伝導受信機の内部
黒い長方形の導波管から導かれた信号は写真 PCTJ と書かれた SIS 素子部分で給電され、基準信号と混合され、中間周波数信号として写真上部へと出力される。
上図 ヘテロダイン方式の模式図
天体からの信号は、局部発振信号と混合(ミクサ)されて、低周波数帯の中間周波成分が出力される。

< 参考 >