



令和4年11月29日

報道機関 各位

熊本大学

重力波検出のための超精密観測に成功 —超巨大ブラックホールの起源解明に向けた第一歩—

(ポイント)

- 我々はインドの研究グループと共同で、重力波*¹を検出することで超巨大ブラックホール*²がどのように形成されたかを探ろうとしています。
- インドの電波望遠鏡uGMRTでパルサー*³と呼ばれる天体を3.5年に渡って観測し、重力波検出のための超精密観測が可能であることを実証しました。
- 今後、よりデータを蓄積して重力波を検出し、超巨大ブラックホール形成の謎に迫ります。

(概要説明)

熊本大学大学院先端科学研究部の高橋慶太郎教授の研究グループとチェンナイ数理科学研究所などのインドの研究グループ（以下「国際チーム」という。）は、インドの電波望遠鏡uGMRTを用いてパルサーと呼ばれる天体を観測し、その精密な観測データを発表しました。これは3.5年という長期間に渡ってパルサーの時間変動をマイクロ秒という精度で計測したものです。このような精密データをさらに積み重ねることで、10光年の波長を持つ重力波を世界で初めて検出することを目指しています。このような重力波を検出できれば、超巨大ブラックホールがどのように形成されたかという天文学の大きな問題が解明されると期待されます。

本研究成果は令和4年10月24日に科学誌「Publications of the Astronomical Society of Australia」に掲載されました。本研究は科学研究費補助金基盤研究B「大規模低周波偏波サーベイによる銀河*⁴の3次元構造と宇宙論的磁場の解明」（代表：高橋慶太郎）の支援を受けて実施したものです。

(説明)

[背景]

我々の天の川銀河や外の銀河の中心には、太陽の100万倍から10億倍もの質量を持つ超巨大ブラックホールが存在することが知られています。超巨大ブラックホールは銀河の中心にどっしり構え、銀河とともに進化しています。最近ではイベント・ホライズン・テレスコープというプロジェクトが超巨大

ブラックホールの電波画像を撮影し、大きな話題になりました。しかし、このようなブラックホールがいつから宇宙に存在するのか、どのようにして形成されたのか、全く分かっておらず現代天文学最大の謎の1つとなっています。

[研究の内容]

国際チームは、超巨大ブラックホールの起源の謎を解くために重力波に着目しました。超巨大ブラックホールは小さなブラックホールが次々に合体してできたという説があり、もしこれが本当なら10光年程度の波長を持つ重力波を放出しますが、これまでこのような長い波長を持つ重力波は検出されたことがありません。そこでチームではパルサーと呼ばれる天体を精密に観測することでこの重力波を捕らえる実験を行っています。重力波を捕らえるには10年以上の長い期間に渡り、パルサーからの電波が到着する時刻をマイクロ秒（100万分の1秒）の精度で測定する必要があります。長期間に渡る精密観測をいかに実現するかが大きな課題になっています。

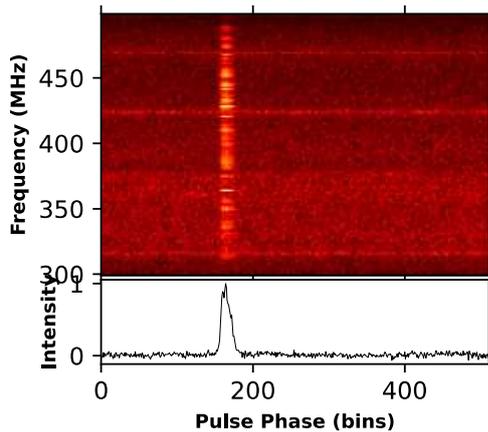
[成果]

今回、国際チームはインドの電波望遠鏡uGMRTを用い、3.5年間に渡って14個のパルサーの観測を継続的に行いました。その結果、多くのパルサーで数マイクロ秒、最も良いもので0.759マイクロ秒の精度で到着時刻を測ることに成功しました。また、パルサーからの電波の周波数による到着時刻の違いを解析することにより、宇宙空間に漂う希薄なプラズマの分布や運動を捕らえることにも成功しています。日本チームからは高橋教授の他、熊本大学大学院自然科学教育部博士後期課程3年の久野晋之介大学院生及び同教育部博士後期課程2年の喜久永智之介大学院生並びに加藤亮研究員が観測やデータ解析において大きな役割を果たしました。



電波望遠鏡uGMRT

インドに設置されている電波望遠鏡で、45メートルのアンテナ30台からなります。100MHz帯から1GHz帯の電波を高感度で観測できる世界最高性能の電波望遠鏡の1つです。



パルサーからの電波パルスの観測データ

(上図) 横軸が時間、縦軸が周波数で、明るい部分ほど電波が強いことを示しています。周波数300MHz-500MHzに渡って電波パルスが検出されています。

(下図) 全周波数を足し上げた電波パルスです。

[展開]

今後も観測を続け、1マイクロ秒よりも良い精度で10年に渡ってパルサーを観測することができれば、重力波を検出できる可能性はかなり高いと考えられます。そして重力波が検出できれば、合体しようとしている2つのブラックホールの様子がわかり、超巨大ブラックホールがどのようにして形成されたかを解き明かすことができると期待されます。

[用語解説]

- *1 重力波：重力が波として伝わる現象です。2016年にアメリカ合衆国のLIGO（重力波検出器）実験が初めて検出に成功しました。我々が検出を目指す重力波は同じ重力波でも波長がずっと長いもので、LIGOとは全く異なる方法で検出することを目指しています。
- *2 ブラックホール：強力な重力により光ですら脱出できない天体。
- *3 パルサー：自転による電波パルスが周期的に観測される天体。パルサーには10ミリ秒程度から10秒程度まで様々な周期を持ったものがありますが、今回観測したのは10ミリ秒の周期を持つ「ミリ秒パルサー」と呼ばれるパルサーです。
- *4 銀河：数百億や数千億の恒星の集まりで、太陽系が属する銀河を天の川銀河と呼んでいます。

参考 URL

Indian Pulsar Timing Array ウェブページ

<https://inpta.iitr.ac.in>

高橋研究室ウェブページ

<http://www.sci.kumamoto-u.ac.jp/physics/cosmology/index.html>

(論文情報)

論文名：The Indian Pulsar Timing Array: First data release

著者：Pratik Tarafdar, K Nobleson, Prerna Rana, Jaikhomba Singha, M. A. Krishnakumar, Bhal Chandra Joshi, Avinash Kumar Paladi, Neel Kolhe, Neelam Dhanda Batra, Nikita Agarwal, Adarsh Bathula, Subhajit

Dandapat, Shantanu Desai, Lankeswar Dey, Shinnosuke Hisano,
Prathamesh Ingale, Ryo Kato, Divyansh Kharbanda, Tomonosuke
Kikunaga, Piyush Marmat, B. Arul Pandian, T. Prabu, Aman Srivastava,
Mayuresh Surnis, Sai Chaitanya Susarla, Abhimanyu Susobhanan,
Keitaro Takahashi, P. Arumugam, Manjari Bagchi, Sarmistha Banik,
Kishalay De, Raghav Girgaonkar, A. Gopakumar, Yashwant Gupta, Yogesh
Maan, P. K. Manoharan, Arun Naidu and Dhruv Pathak

掲載誌 : Publications of the Astronomical Society of Australia
doi : 10.1017/pasa.2022.46

URL : <https://www.cambridge.org/core/journals/publications-of-the-astronomical-society-of-australia/article/abs/indian-pulsar-timing-array-first-data-release/A70BCA49DC3E918C1B8816F6746D7A4F>

【お問い合わせ先】

熊本大学大学院先端科学研究部

担当 : 教授 高橋 慶太郎

電話 : 096-342-3352

e-mail : keitaro@kumamoto-u.ac.jp