

報道機関 各位

熊本大学

ナノヘルツ重力波到来の証拠をつかんだ ～超巨大ブラックホールの謎に挑む～

(ポイント)

- 我々はインドやヨーロッパのグループと共同でパルサー*¹と呼ばれる天体を観測し、ナノヘルツの周波数を持つ重力波*²が宇宙のあらゆる方向から地球に到来しているという有力な証拠を得ました。
- 重力波は超巨大ブラックホール*³連星から放出されていると予想され、超巨大ブラックホールの起源と進化について有益な情報となります。
- 今後、観測の精度を高めて重力波を確実に検出できるようになれば、宇宙の歴史を紐解く新しい方法が開かれることとなります。

(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インド、ヨーロッパ（イギリス・フランス・ドイツなど）の研究グループは、パルサーと呼ばれる天体を長期間にわたって精密観測し、そのデータの解析からナノヘルツの周波数を持つ重力波が宇宙のあらゆる方向から地球に飛来しているという有力な証拠を得ました。このような周波数の重力波は超巨大ブラックホール連星から放出されていると考えられ、重力波データから超巨大ブラックホールがどのようにして形成され、成長してきたかを明らかにできると期待されています。

本研究成果をまとめた2編の論文が令和5年6月29日に科学誌「Astronomy and Astrophysics」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]

重力波とは重力が波として伝わる現象で、アインシュタインによってその存在が予言され、2016年にアメリカ合衆国のLIGO（重力波検出器）実験によって初めて検出されました。これまで宇宙は主に光や電波などの電磁波によって観測され研究されてきましたが、重力波の検出によって人類が宇宙を探る手段が増えたこととなります。重力波にも様々な周波数のものがあり、我々がターゲットとしている重力波はナノヘルツというとても周波数が低い

ものです。これはLIGOのような地上の検出器では検出できず、もし検出に成功すればまた新たな宇宙の観測手段が得られることになります。

[研究の内容]

パルサーは非常に正確な周期で電波シグナルを出す天体で、このシグナルが地球に到着するタイミングを100ナノ秒の精度で測定することで、宇宙空間を伝わる重力波を検出することができると期待されています。しかしこれまでこの方法で実際に検出されたことはありませんでした。我々は重力波を検出するために25年にわたってインドやヨーロッパの電波望遠鏡によりパルサーの観測を継続的に行ってきました。特にこの10年間はシグナルが到着するタイミングを100ナノ秒程度で測定できるようになり雑音の特性の理解も進んだため、重力波への十分な感度を持つことができるようになってきています。



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。今回のパルサー観測で日本・インド合同チームが用いた望遠鏡です。

[成果]

日本・インド合同チーム（InPTA）はヨーロッパチーム（EPTA）と協力し、最長25年にわたって観測された25個のパルサーのデータを解析し、その統計的な性質を調べました。その結果、ナノヘルツの周波数を持つ重力波が宇宙のあらゆる方向から地球に到来しているという証拠を得ました。また周波数分布は、その重力波が宇宙に多数存在する超巨大ブラックホール連星から放出されたものであると考えると矛盾のないものでした。

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年の喜久永智之介大学院生及び久野晋之介研究員並びに加藤亮研究員が参加しており、観測やデータ解析、特にパルサー固有の雑音特性の解析において大きな役割を果たしています。

また我々と独立した研究成果がNANOGrav（アメリカ合衆国およびカナダ）、PPTA（オーストラリア）、CPTA（中国）からも同時に報告され、同様の結論が得られています。我々も含めた4つのプロジェクトは国際コンソーシアム（IPTA）を形成しており、協力して研究をおこなってきています。



研究成果イメージ図

左上と右上には超巨大ブラックホールの連星（対になり互いに周っている）があり重力波を放出しています。この重力波をパルサー（ビームを出している白い天体）からのシグナルによりとらえます。

Credit: Danielle Futselaar/MPIfR

[展開]

今後、より多くのデータを取得し雑音を軽減する解析手法を開発することで、重力波を確実に検出できるよう観測精度を上げていきます。重力波の周波数分布を精密に測ることで、ブラックホールが宇宙の歴史の中で幾度となく合体して成長し、巨大な質量を獲得するに至ったプロセスを解明することができると期待されます。

[用語解説]

- *1 パルサー：自転により電波パルスが周期的に観測される天体です。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ミリ秒程度の周期を持つ「ミリ秒パルサー」と呼ばれるパルサーです。
- *2 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きました。
- *3 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です。銀河の中心には太陽の100万倍から10億倍という巨大な質量を持ったブラックホールも存在し、超巨大ブラックホールといえます。
- *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

InPTA (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>

IPTA (International Pulsar Timing Array) ウェブページ

<https://ipta4gw.org>

(論文情報)

論文名：The second data release from the European Pulsar Timing Array - II. Customised pulsar noise models for spatially correlated gravitational waves

著者 : J. Antoniadis, P. Arumugam, S. Arumugam, S. Babak, M. Bagchi, A. - S. BakNielsen, C. G. Bassa, A. Bathula, A. Berthereau, M. Bonetti, E. Bortolas, P. R. Brook, M. Burgay, R. N. Caballero, A. Chalumeau, D. J. Champion, S. Chanlaridis, S. Chen, I. Cognard, S. Dandapat, D. Deb, S. Desai, G. Desvignes, N. Dhanda-Batra, C. Dwivedi, M. Falxa, R. D. Ferdman, A. Franchini, J. R. Gair, B. Goncharov, A. Gopakumar, E. Graikou, J. -M. Grießmeier, L. Guillemot, Y. J. Guo, Y. Gupta, S. Hisano, H. Hu, F. Iraci, D. Izquierdo-Villalba, J. Jang, J. Jawor, G. H. Janssen, A. Jessner, B. C. Joshi, F. Kareem, R. Karuppusamy, E. F. Keane, M. J. Keith, D. Kharbanda, T. Kikunaga, N. Kolhe, M. Kramer, M. A. Krishnakumar, K. Lackeos, K. J. Lee, K. Liu, Y. Liu, A. G. Lyne, J. W. McKee, Y. Maan, R. A. Main, M. B. Mickaliger, I. C. Nitu, K. Nobleson, A. K. Paladi, A. Parthasarathy, B. B. P. Perera, D. Perrodin, A. Petiteau, N. K. Porayko, A. Possenti, T. Prabu, H. Quelquejay Leclere, P. Rana, A. Samajdar, S. A. Sanidas, A. Sesana, G. Shaifullah, J. Singha, L. Speri, I, R. Spiewak, A. Srivastava, B. W. Stappers, M. Surnis, S. C. Susarla, A. Susobhanan, K. Takahashi, P. Tarafdar, G. Theureau, C. Tiburzi, E. van der Wateren, A. Vecchio, V. Venkatraman Krishnan, J. P. W. Verbiest, I, J. Wang, L. Wang, and Z. Wu

掲載誌 : Astronomy and Astrophysics

URL : <https://www.aanda.org>

論文名 : The second data release from the European Pulsar Timing Array - III. Search for gravitational wave signals

著者 : J. Antoniadis, P. Arumugam, S. Arumugam, S. Babak, M. Bagchi, A. - S. BakNielsen, C. G. Bassa, A. Bathula, A. Berthereau, M. Bonetti, E. Bortolas, P. R. Brook, M. Burgay, R. N. Caballero, A. Chalumeau, D. J. Champion, S. Chanlaridis, S. Chen, I. Cognard, S. Dandapat, D. Deb, S. Desai, G. Desvignes, N. Dhanda-Batra, C. Dwivedi, M. Falxa, R. D. Ferdman, A. Franchini, J. R. Gair, B. Goncharov, A. Gopakumar, E. Graikou, J. -M. Grießmeier, L. Guillemot, Y. J. Guo, Y. Gupta, S. Hisano, H. Hu, F. Iraci, D. Izquierdo-Villalba, J. Jang, J. Jawor, G. H. Janssen, A. Jessner, B. C. Joshi, F. Kareem, R. Karuppusamy, E. F. Keane, M. J. Keith, D. Kharbanda, T. Kikunaga, N. Kolhe, M. Kramer, M. A. Krishnakumar, K. Lackeos, K. J. Lee, K. Liu, Y. Liu, A. G. Lyne, J. W. McKee, Y. Maan, R. A. Main, M. B. Mickaliger, I. C. Nitu, K. Nobleson, A. K. Paladi, A. Parthasarathy, B. B. P. Perera, D. Perrodin, A. Petiteau, N. K. Porayko, A. Possenti, T. Prabu, H. Quelquejay Leclere, P. Rana, A. Samajdar, S. A. Sanidas, A. Sesana, G. Shaifullah, J. Singha, L. Speri, I, R. Spiewak, A. Srivastava, B. W. Stappers, M. Surnis, S. C. Susarla, A. Susobhanan, K. Takahashi, P. Tarafdar, G. Theureau, C. Tiburzi, E. van der Wateren, A. Vecchio, V. Venkatraman Krishnan, J. P. W. Verbiest, I, J. Wang, L. Wang, and Z. Wu

掲載誌 : Astronomy and Astrophysics

URL : <https://www.aanda.org>

【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