

R008-10

C会場：11/26 AM2 (10:30-12:00)

11:30~11:45

デカメータ電波パルスに基づく銀河中心極端2重星型超巨大BHの結論とそのmm波VLBIデータによる検証と敷衍

#大家 寛¹⁾

¹⁾ 東北大・理・地物

Confirmation of the Extreme Central Binary of the Super Massive Black Hole Concluded by Decameter Radio Pulse from Sgr A*

#Hiroshi Oya¹⁾

¹⁾ Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University

1. Extreme Central Binary of Super Massive Black Hole”(ECB-SMBH) at Sgr A*

The observation of the Sgr A* at the center of the Milky Way Galaxy by the decameter radio wave at 21.86 MHz started in 1983 at the Science Department of Tohoku University aiming to detect the spin periods, of black holes, which provide the characteristics of black holes such as size of the event horizon, mass, and spin parameter; from frequency modulation on the detected spin period we can find the orbital motions of black hole if they form a binary system. There are several hurdles, however, to achieve original purpose from the decameter radio wave observation for Sgr A*. These are 1) extreme low signal to noise ratio that reveals almost one 500 th because of widely expanded decameter radio wave sources in Milky Way Galaxy, 2) disruption of pulse form, carrying black hole rotation image, due to the long distant wave propagation through the Galactic space associated with plasma irregularities which cause multi path effect on propagating radio wave pulses, and 3) shifting effect of detected source direction from real direction due to the refraction of the decameter radio waves propagating through the Earth's ionosphere. After solving these problems by applying newly invented methods, we have obtained spectra of the decameter radio wave pulses from the Sgr A* with directional accuracy of 0.1 degree. By applying the method of comparison of the spectra calculated for the simulation of spinning black holes we have deciphered the observed decameter radio wave spectra; that is, Sgr A* consists of super massive black holes of a binary system whose members Gaa and Gab orbit with a period of 2200sec and with the distance of $4.1E^7$ km. BH Gaa has mass of $2.27E^6$ solar mass orbiting with velocity of 18% of the light velocity while BH Gab has mass of $1.94E^6$ solar mass orbiting with velocity of 21% of the light velocity. (see <http://hdl.handle.net/10097/00126480>) Considering the extreme characteristics of the binary at the center of the Milky Way Galaxy, we defined this system as “Extreme Central Binary of Super Massive Black Hole”(ECB-SMBH).

2. Confirmation ECB-SMBH compared with 1.3mm VLBI observation data

Confirmation of the existence of the ECB-SMBH has been made by taking coincidence of time variation in 1.3mm VLBI with model constructed with parameters concluded by the

decameter radio wave pulse observation (DRWP). The first confirmation has been made with respective to the observation results of MIT group (Fish et al. 2016) that became the origin of the start of the event horizon telescope (EHT) project; the result indicated the existence of a component of periodic variation of the mm wave radio emissions with period of 2150 sec

which coincides with the DRWP results within the estimated range of the period centered at 2200 sec. The results are given in <https://doi.org/10.33140/EESRR.05.04.05>. The second confirmation has been made by finding correlation between the orbiting model of ECB-SMBH constructed being based on DRWP observation and EHT observation data observed in 2017(EHT collaboration 2022); the results revealed high correlation rate between the DRWP model and EHT observation results with an average period of 2193 sec indicating the existence of ECB-SMBH at Sgr A*.(<https://doi.org/10.33140/ATCP.06.03.02>) Based on the

second step confirmation the moving image of ECB-SMBH has been obtained from released data of 2017 EHT campaign observation for Sgr A* with 1.3 mm VLBI applying a method of one dimensional approximation which is allowed for the ECB-SMBH orbiting in the plane parallel to (edge-on) the Galactic equatorial plane.

The disclosed images of ECB-SMBH is different from the image released by the EHT-Collaboration (2022) which is characterized by a shadow encircled by photon rings

; but our results show simple bright spots covering each BH with maximum radio brightness at the portion corresponding to the center part of the BHs.

3. Expansion of the concept of ECB-SMBH to M87*

By expanding the characteristic of the newly clarified radio source image surrounding the BH, we have explained the image as ECB-SMBH for M87* released by Miyoshi et al. in 2022 as correction to the original EHT-Collaboration's results; we have found the endorsement of this image interpretation by the different approach of M87 radio source image construction that was carried out by Lu et al. (2023) as results of 3.5 mm wave VLBI observation made by GMVA team.(see <https://doi.org/10.33140/ATCP.07.02.11>)

[研究の経過] 本研究は1984年、デカメータ電波パルスの受信に基づく天の川銀河中心ブラックホール研究として東北大学での電波受信施設によってその端緒が開かれた、1999年には東北大学理学研究科・飯館銀河電波観測設備によ

り、電波パルス信号が天の川銀河中心に存在する複数の超巨大ブラックホールの自転との同期現象に起源をもつとの結論に達していた。その後 15 年間に渡る研究継続後、デジタル位相検出を中心とする新観測方式の開発後、2016 年度及び 2017 年度に亘る観測データに基づき、対象のデカメータ電波パルスの源が 0.1 度角精度で、天の川銀河中心部に存在することを新たに実証する事となった。[極端中心 2 重星型超巨大 BH] データ解析過程では観測スペクトルを、シミュレーション法で再現、解読した結果、天の川銀河中心には質量 227 万太陽質量及び 194 万太陽質量を持つ、それぞれ仮称 Gaa 及び Gab) と呼ぶ超巨大ブラックホール・バイナリーが 2200 秒周期で公転している事が結論された。Gaa 及び Gab の公転速度はそれぞれ、光速の 18% 及び 21% の超高速で、極端中心 2 重星型超巨大 BH (ECB-SMBH) として発表している。 <http://hdl.handle.net/10097/00126480>、(2019 年)。

[重力波問題] この ECB-SMBH の存在は従来の重力波・放射理論に従うと、バイナリーが短時間で合体するという課題が生じていたが、2020~2022 年に亘る検討の結果、超巨大 BH からは重力波が発生しないと結論された。
<https://doi.org/10.33140/EESRR.06.01.01>

。即ち、超巨大 BH では重力波発生源である物質は中心部に凝縮し、事象限界とは大きく分離される。物質から放射される重力波は物質領域と事象限界の間の空間を伝搬する間に、一般相対論的時空の支配により、伝搬速度がゼロとなる進行限界圏に出会う。進行限界圏から逆行する重力波と進行波が干渉して形成される定在波はエネルギーを搬出ししない。

[極端中心 2 重星型超巨大 BH の検証 (1)] 2017 年に 1.3mm VLBI による天の川銀河中心のブラックホール Sgr A* を取り巻く電波源像を撮像するのを目的に国際 (EHT) プロジェクト研究が立ち上げられ、本研究では、極端中心 2 重星型超巨大 BH の結論を検証するため 1.3mm VLBI 観測結果との対比検討をおこなった。検証の第一ステップは、EHT の前身となる MIT の観測データに対し対比を試み当研究が 発表してきた公転周期 2200 秒の下限に相当する 2015 秒にて公転するモデルとの一致を確認し、2022 年に発表している。<https://doi.org/10.33140/EESRR.05.04.05>

続いて 2022 年度は EHT 共同研究グループ (EHTC) による公開データに対し、当研究が結論している、周期に極めて近い平均 2193 秒で公転しているモデルに対する時間変動が一致することが示され、結果を 2023 年発表している。
<https://doi.org/10.33140/ATCP.06.03.02>

[極端中心 2 重星型超巨大 BH の検証 (2)] EHT による 1.3mm VLBI 観測結果との対比は更に、EHT 公開データから公転周期 2153 秒を基に極端中心 2 重星型・超巨大 BH の運行を示す動画像を得た。この場合、軌道面が直線運動になる位置関係が判明し、一次元近似にて BH の往復運動としてコマ取画像を完成している。本研究の結果の特徴は EHT グループが描いた電波源像、即ち、BH に対応する影を環状電波源が取り巻く形の像と異なり、単純に BH を包んで輝くスポット電波源である事を示した事にある。そこで、本研究では検証の拡大として、新しい電波源像を 2022 年 Miyoshi et al, (2022) による M87*(M87 銀河中心の BH)、の電波源像 (EHT グループの結果の誤りを訂正して発表された) の理解に敷衍し、M87*BH (総質量が 65 億倍太陽質量) が Sgr A* と同じ範疇の極端中心 2 重星型・超巨大 BH であると結論した <https://doi.org/10.33140/ATCP.07.02.11>。(2024 年 6 月出版)。