

銀河中心部デカメータ電波パルスの到来方向とそのバイナリー・ブラックホール起源の確認

大家 寛 [1]
[1] 東北大・理・地物

Confirmations of Source Direction of the Decameter Radio Wave Pulses from the Binary Black Hole at the Center of Our Galaxy

Hiroshi Oya[1]
[1] Geophysics, Tohoku Univ.

1. Introduction The present studies start with observations of the decameter radio wave pulses using Decameter Radio Wave Long Baseline Interferometer, at Tohoku University (DWLBI), which has been improved to have digital data acquisition system since June 2016. After detailed investigations, mainly based on the FFT analyses, the previous results of the current studied on the quest for existence of the black hole binary deduced from the observed decameter radio wave pulses have been largely improved.

2. Observations The observations of the present studies have been made from June 5 to June 30, in 2016 using DWLBI whose data acquisition system improved to digital data sampling method. The Interferometer system consists of three stations at Yoneyama, Zao, and Kawatabi that provide baselines with lengths from 44km to 83km; the detected decameter radio waves at 21.86MHz are converted down to signals, centered around 1kHz with bandwidth of 800Hz, that are transmitted through telemeter channel to main station at Tohoku University at Sendai

3. FFT Analyses For the obtained digital data from each observation station of the interferometer system, interferometry correlation functions were calculated by digital computer to find interferometry fringe function to which the template fringe to detect the arrival directions of the signal were applied. To these direction correlated data, FFT analyses are carried out so as to pick up the source signals of a few percent level compared with large background noises by averaging 6000 times trial of independent FFT operations.

4. Problem of Generation of Time Varying Data Caused by Fringe Function of Noise Because the time varying data is generated from the detected noise signals associated with the function of interferometer where the data between partner stations are multiplied, the results of FFT analyses include the spectrum components of these noise-fringe origin. To eliminate these artificial disturbance components the observation data of sky noises, without the signals from Galaxy center, to which we have applied the fringe function to search for the direction of Galaxy center, have been observed.

5. Elimination of Ionosphere Effects For the case of low elevation angle, the ray paths of the decameter radio waves at 21.86 MHz are largely affected by the ionosphere. To resolve the difficulty the method of virtual vacuum setting of the interferometer system is applied; that is, virtual position of interferometer system is set at the position, in quasi vacuum space, along the average ray paths, where we can search the radio wave source as if there is no ionosphere. The relation between the virtual interferometer and the real interferometer system is related with phase differences, due to the propagation through the ionosphere, that can be eliminated in the present method of fringe correlation.

6. Conclusion Results of FFT analyses have definitely indicated that the purposing spectra are arriving from the center part of our Galaxy with allowance angle range of ± 0.2 degree. The resulted spectra are characterized by two fundamental periods at 178 and 154 sec corresponding respectively to Gaa and Gab. It is verified that current results proposed before 2016 should be corrected; that is, principal BH bodies should be the black hole binary which consists of Gaa and Gab contrary to the previous proposal of 5 sets of black hole binaries. The present results show that the mass of Gaa is 1.86 million solar mass and the mass of Gab is 1.61 million solar mass.

1. 序 本研究では主として、東北大学デカメータ電波長距離干渉計システムを用い、我銀河系中心部のデカメータ電波パルス観測を実施してきていて、2016年からシステムを新たにデジタル方式干渉計へと改良し本格的観測に入り、周期20sec以上のパルス電波源と対応する巨大ブラックホール群について精査した。その結果2010年以前の提言は大幅に修正されることとなった

2. 観測 今回、長距離基線デカメータ電波干渉計観測は、2016年6月5日から30日にわたる銀河中心部の直接観測期間と2016年12月05日から2017年2月20日の銀河中心部の出現しない時期の観測を対比する形で実施した。干渉計の観測点はYoneyama, Zao、およびKawatabiの3局よりなり、最長83km、最短44kmの3基線が設定されるが、21.860MHzにて全帯域幅1kHzで観測された受信信号は仙台局にテレメータ伝送される。各信号は900Hz, 1000Hz および1100Hzにおいて帯域幅100Hzの狭帯域信号に分割され、各々サンプリングレート3 kHzでAD変換された後干渉データとして処理される。

3. 方位決定におけるフリッジ周期変動の混入問題 干渉計による電波の到来方位決定の際、干渉計の各観測局に設置したシステムの絶対位相の校正が困難な状況下で、方位決定する方式としてフリッジ相関法をとった。すなわち、干渉計処理後のデータは到来方位決定のため方位検出用テンプレート・フリッジと相関を取ったのち、パルス周期探索のためのFFT解析を実施する。しかし、この場合、結果に地球回転効果として表れるフリッジの周期が混入するという

重要な障害が明らかとなった。そこで、銀河中心部の出現しない時点での干渉計処理データに銀河中心部の方位探索と同一のテンプレート・フリンジを作用させ、その FFT 結果をレファレンスとし、銀河中心部観測データの干渉計処理信号に対する FFT 結果から差し引く方式をとった。これにより方位決定のため混入してくるフリンジ変動分を除去することが可能となった。

4. 電離層効果の除去 21.86 MHz の電波に対する電離層効果は比較的大きく電波源仰角 20 度以下では夜間 F1 層の厚い場合電波の到来方向は 10 度を越して偏向する。従って電離層密度分布を知って Ray Trace を行う等の正攻法では、夜間 F1 層構造の決定精度の限界から、対処不可能と結論され、脱電離層の手法をとった。それは一定の期間の平均電離層で得られる Ray Path にそって電離層の影響のないところまで、干渉計システムの位置を移動させ、ここで真空空間として、電波源方位決定法を適用するもので、この移動させたシステムと実際地上で観測しているシステムとの間の電離層伝搬による位相差を未定位相として消去する方式をとった。

5 FFT 解析結果とシミュレーションによる源パルス波形の導出 FFT 解析により方位決定と同時に周期 10sec から 8200sec にわたり、背景雑音の 1/1000 から 1/100 のパルス成分を抽出している。解析結果から対象とするパルス群は銀河系中心部の出現と明確に対応し ± 0.2 度の精度で我が銀河系中心に源を持つことが確認された。パルス群を示すスペクトルは基底スペクトルの中心が Gaa に対する 178 sec と Gab に対する 154 sec にあり、それぞれ第 4 高調波まで展開していて、

それぞれに 2200sec の周期変調（周波数変調）があり、中心スペクトルの上下にそれぞれ (1/2200) Hz の周波数変調を反映する 3～5 個の側帯波スペクトルの存在を示して、Gaa と Gab は互いに 2200sec で公転するバイナリーを構成していると示唆される。ここで、本研究では、円軌道を仮定し速度を探索しつつ Gaa および Gab は同レベルの仮定のもと、それぞれの基底スピン周期から、第 2、第 3、第 4 高調波に至る正弦波群からなり、軌道運動に基づく視線方向の Doppler 効果を考慮したパルス電波を放射に対するシミュレーション関数に対し FFT 解析を試みた。シミュレーション関数と観測データにたいする FFT 解析結果は良く一致するシミュレーション関数のパラメーターがえられた。

6. 結論 従来 5 組以上の存在を言及してきた巨大ブラックホール・バイナリーのうち最大級の 1 対のみが明確に存在し、その他は中間質量ブラックホールが存在は否定できないという結果と大幅な修正となった。得られたパラメーターに Kepler—Brahe の法則を適用すると Gaa, および Gab の公転速度が 0.17c および 0.196c の場合質量はそれぞれ 186 万および 161 万太陽質量となる。