

## 銀河中心起源デカメ タ電波パルスより求められる超巨大ブラックホール・バイナリー

# 大家 寛 [1]

[1] 東北大・理・地物

### Super Massive Black Hole Binaries Predicted by Observations of Decameter RadioWave Pulses from the Galactic Center

# Hiroshi Oya[1]

[1] Geophysics, Tohoku Univ.

#### 1. Introduction

By observations of the long baseline interferometer of Tohoku University, the decameter wavelength radio wave pulses ,arriving from the center of our Galaxy , that were assumed to be generated at rotating super massive black holes had been detected. . Especially it has been concluded that the sources of the decameter wavelength radio wave pulses are forming black hole binaries by observations and analyses in 2002 and 2004. With this back ground of studies, observations and data analyses of the decameter radio wave pulses have been carried out using the same long baseline interferometer of Tohoku University ,for the decameter wavelength radio wave pulses, to reconfirm the results obtained in 2002 and 2004.

#### 2. Observation and Data Analyses

Observations of the decameter wavelength radio waves by using long baseline interferometer have been made from April 3 to July 26, 2013 ; the interferometer system consists of four base stations at Yoneyama, Kawatabi, and Zao in Miyagi Prefecture and Iitate in Fukushima Prefecture forming the longest baseline length of 116km and shortest baseline length 44 km. In the present observation, however, Iitate base line was not operated. Selecting the data observed under the condition of no interference of atmospherics,,analyses for observed data were carried out starting from FFT processes to find the first approximation of pulse period. Detection of the arriving direction of the radio wave pulses has been made applying correlation technique where the fringe of the interferometer output due to the earth rotation are correlated with the template of the fringe generated for detection of the arrival direction of the radio waves.

After estimation of the pulse periods, the box-car analyses have been applied to find accurate pulse form and pulse periods, For this purpose a special method is applied ; that is the periods to make box &#8211;car accumulation are varied with sinusoidal fusion to meet with the Doppler effect due to the orbital motions of the black hole binaries.

#### 3. Results and Discussion

By the first step of the FFT analyses, five sets of the radio wave pulses which can be considered to be generated at black hole binaries have been found. Tat is, the periods of orbital motions are identified from the the side bands of the spectra which can be attributed to the effects of the frequency modulation to the original pulse period from the rotating black holes. When we use the black hole names from Gaa to Gaj ,the results show the combinations as follows. Gaa with period of 131.66sec and Gab with period of 121.28 sec are forming binary with orbital motion indicating a period of 2050 sec, Gac with 37.98 sec and Gaf with 26.4 sec indicate orbiting period of 1400 sec. Likewise, Gad with 31.85 and Gae with 29.6 indicate the orbiting period of 1800 sec, ; Gag with 23.52 and Gah with 21.2 indicate the orbiting period of 1800 sec, Gai with period of 17.65 and Gaj with 13.7 sec form a black hole binary showing the orbiting period of 1000 sec also .

Box car analyses considering the variation of the period due to Doppler effects caused by the orbital motion have been made for Gaa- Gab system for an example data indicate two possible solution for the mass and orbit; the first possible solution shows that the mass of Gaa and Gab are respectively 1.41 million solar mass and 1.3 million solar mass . Obiting velocities of Gaa and Gab are respectively 16.5% and 18% of the light velocity with mutual distance of 0.33 AU. The second possible solution shows that the mass of Gaa and Gab are respectively 0.84million solar mass and 0.75million solar mass . Obiting velocities of Gaa and Gab are respectively 13.4% and 15.5% of the light velocity with mutual distance of 0.28 AU.

To find final solution including the solutions for the other binary systems, further detailed analyses are required using all possible observation data.

#### 1 . 序

東北大学・宇宙デカメ タ波電波観測システムによってとらえてきた銀河中心部を起源とするデカメ タ電波パルスの究明により、2000年の時点で最長130 sec から最短0.3 sec に至る範囲に24種の周期が同定されていたが、その後2002年、および2004年に東北大学・デカメ タ波電波・長距離基線干渉計による精度の高い観測によって、多数組のブラックホール・バイナリーからの電波放射であることが判明してきた。こうした背景にあって本研究は、同じく、デカメ タ電波長距離基線干渉計を用いた、改めて2013年4月より7月にかけての観測・解析を行っているものである。これは2002年、および2004年の観測・解析に基づいて得られたパルス電波源が多数組のブラックホール・バイナリーにあるとする結論にたいして、追試確認をしようとするものである。

## 2. 観測データの解析

東北大学・デカメタ電波長距離基線干渉計は宮城県における米山、川渡、蔵王および福島県飯館の4点に基点をおき、基線長最大116km 最少44kmをもつが、今回の観測では飯館局は休止した状態で、観測は2013年4月3日から7月26日の期間にわたって実施された。解析は空電など地上雑音電波混入のない条件下のデータに対して実施されているが、方位の決定は地球回転に伴う干渉計出力のフリンジに対し方位決定のため発生させる規範フリンジとの相関を求める方式をとった。パルスの存在確認は第一段階として、FFT解析を行い、得られたスペクトルの特性周期をベースに相関積分すなわちBox-Car法を適用して、精度高くパルス周期とパルス波形を求める。この相関積分には対象がブラック・ホールバイナリーとして公転している点に注目し、ドップラー効果のためパルス周期が公転周期で変調されていることを考慮した。したがって、バイナリーの対をなす2種のパルスを最適に検出するための条件をパルス周期の探索と同時にこなっている。すなわち公転周期を示すパルス周期への変調の周期、またその周期変動の影響が現れる相互位相、さらに最適のパルスレベルおよび波形結果を得る変調度すなわち公転速度の対光速比を探索した。

## 3. 結果と検討

FFT解析の結果は5組のブラックホール・バイナリーの存在を反映する公転周期で

の変調を受けた周期をもつパルスのスペクトル、すなわち多数の側帯波を伴う様相を示している。それらに対応するブラック・ホール Gaa から Gaj に至るまで示すと以下ようになる。すなわち Gaa 131.66 sec Gab, 121.28 sec が公転周期 2050 sec でバイナリーをつくり、以下 Gac, 37.98 sec と Gaf, 26.4 sec が公転周期 1400sec を持ち、Gad, 31.85 sec および Gae, 29.6 sec が公転周期 1800 sec, Gag, 23.52 sec と Gah 21.2 sec が公転周期 1300 sec で、そして Gai, 17.65 sec および Gaj 13.7 sec が 周期 1000sec で 公転するよう、それぞれバイナリーを形成している様相を示している。

これらの結果はより高精度で運動速度や質量を求めるため次の段階として公転運動のドップラー効果に基づく周期変調を考慮したBox-Car解析が必要である。現段階では Gaa & Gab バイナリーについて、一日分の観測データに対し解析を試みていて、二通りの選択の可能性が出ている。すなわち第一の解は Gaa および Gab の質量はそれぞれ、141万、および130万太陽質量で互いに0.33 AUの距離をもってそれぞれ、光速の16.5%、および18%で周回しているという解で第2の解は Gaa および Gab の質量はそれぞれ、84万、および75万太陽質量で互いに0.28 AUの距離をもってそれぞれ、光速の13.4%、および15.5%で周回しているという解である。決定解を得るには今後、多くの観測日にわたるデータ解析を経る必要性が残されている。とくに Gac 以下のシステムは最大である Gaa-Gab システムを中心に周回していると推論されるが、それぞれのシステムの質量、運動速度、バイナリーとしての相互距離の決定は今後の解析課題である。