

## デカメータ電波パルスの観測に基づく我が銀河系中心部ブラックホール・バイナリの電離層効果を考慮した位置決定

# 大家 寛 [1]  
[1] 東北大・理・地物

### Determination of the Direction of Black Hole Binary at the Center Part of Our Galaxy Considering the Ionosphere Effects

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

#### 1. Introduction

Through the current studies on the detection of Ker black holes located at the center part of our Galaxy, being based on the observations of decameter radio wave pulses, the investigation of the accurate source direction has been deferred to the later works. In this study, the directions of the pulse sources are analyzed using data newly observed in 2014 considering the deviation effects on the propagating direction of radio waves through the ionosphere.

#### 2. Observation System

The observation to determine the source direction of the decameter radio wave pulses have been carried out using the long baseline decameter radio wave interferometer of Tohoku university which consist of three observation stations located at Yoneyama, Zao, and Kawatabi in Miyagi prefecture, Japan; the longest baseline is 83 km and shortest baseline is 44 km. The signals observed at 22.186 MHz with band width of 1 kHz are sent from each station through the telemetry system directly to the central station at Sendai where the detected signals have been converted into digital signals by AD converters with conversion rate of 6000 data per a second being divided into 6 channels with 100Hz band width each.

#### 3. Observations and Data Analyses

Observations in 2014 have been made from early February to 10th of April. As the first trial, 6 observation days, 24, 25, and 26 March and 7, 8, and 9 April are selected for analyses. The pulse form has been detected by applying period correlated accumulation method (so called box car method) together with analyses of the correlation between the observed interferometer fringe and template fringe to detect a selected source direction. To form the template fringe, the ionosphere effects on propagation of radio waves at 22.816MHz have been considered by applying 2-layer-ionosphere model where foF2 values observed at Kokubunji station are applied. A fine direction adjustment to compensate the systematic bias of the detected source direction due to the characteristics of the selected ionosphere model, has been made by sweeping the direction of the template fringe.

#### 4. Results and Discussion

The predicted deviation angle in the elevation of the center part of our Galaxy caused by the propagation of the decameter waves at, 22.186 MHz, through the ionosphere shows smooth variation versus the elevation of the sources with a maximum around 4 degree and minimum of 0.5 degree. Fine adjustment procedure has provided an average compensation angle of -2 arc minutes with standard deviation of 22.3 arc minutes for pulses from Gaa which indicates the pulse period ranging from 127.96 sec to 130.310 sec and average compensation angle of -14 arc minutes with standard deviation of 38.8 arc minutes for the pulses from Gab which indicates the pulse period ranging from 110.92 sec to 116.55 sec. The results of average separation angle of 15.6 arc minutes between Gaa and Gab is about half of the standard deviation to decide the position of Gaa and Gab. Considering all of these statistic parameters, we can conclude that the binary Gaa and Gab are located at the center part of our Galaxy within allowance angle 40 arc minutes.

#### 5. Conclusion

Considering the feature of the observed pulse periods from Gaa and Gab which reveal the variation of periods with anti symmetric phase between Gaa and Gab due to the Doppler effects caused by orbital motion with orbit period of 2050 sec, and also considering the speed ratio to the light velocity that are deduced from the rate of period variation, we conclude that these two pulse sources are black hole binary located center part of our Galaxy. The sources, Gaa and Gab correspond to the Ker black holes with mass approximately proportional to the pulse periods; Gaa and Gab, respectively have 1.03-1.38 million solar mass and 0.92-1.21 million solar mass.

#### 1. 序

我が銀河系中心部より到来するデカメータ電波パルスの解析を通じてカー・ブラックホールがバイナリを形成していることを結論してきた。その到来方向が銀河中心部にあるとの詳細な実証はあと送りとなっていたが、本研究では東北大・長距離基線デカメータ電波干渉計による新たな観測に基づき、電離層効果を考慮したデカメータ電波パルスの到来方位の解析をおこなった。±40分角の精度で SgrA を中心に考えられるカー・ブラックホールのバイナリの存在が結論される。

#### 2. 観測システムと観測実施期間

今回観測に用いられた東北大学長距離基線デカメータ電波干渉計は 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。22.816MHzにて帯域 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。各信号は帯域幅 100Hz の狭帯域 6 チャンネルに分割され、各々サンプリング率 6kHz で A/D 変換された後干渉データとして処理される。観測期間は銀河中心部が出現する以前の 1 月下旬から銀河中心部観測の条件が整う 4 月 10 日にわたる期間にて実施された。

### 3. データ解析

データ解析は第一段階として、銀河系中心部が、観測地方時午前 1 時半より観測可能となる 3 月 24,25, 及び 26 日、さらに、4 月 7, 8, 及び 9 日の 6 観測日について行っている。解析に際しては、電離層を 2 層モデルで近似し銀河中心の方位 (RA, Dec) を補正しつつ干渉計フリッジとの相関を求めた。電離層パラメータは各観測日ごとに対応し、国分寺観測点における foF2、15 分値を基礎に 3 次補間関数により 1 分値として使用した。2 層モデルによる予想方位と実観測方位の系統差を補正する手段として、電波源方位の微調整検出を行っている。これには干渉計フリッジとの相関を求める方位基準フリッジを発生する際、検出方位を掃引しつつ結果として得られるパルスの波形の整形度とパルスレベルが最大となるよう、探査する方式である。

### 4. 結果と検討

観測周波数 22.186MHz においては、電離層による銀河中心部の方位角の固有の赤経、赤緯からの偏向は、仰角の低い時刻にはかなり顕著で、4 度近くのずれを示し、南中時にも 0.5 度程度の差のあることがモデル電離層から示された。さらに、モデルと実際との間に起こる差に対する補正値はパルス周期 127.96sec-130.310sec と観測される Gaa に対し赤経、赤緯がともに平均-2arc min, 分散に相当する絶対ずれ角度の平均は 22.3 arc min が示された。また、パルス周期 110.92-116..secc と観測される Gab に対し赤経、赤緯がともに平均-14arc min, で、分散に相当する絶対ずれ角度が 38.8 arc min となった。こうした観測精度の条件のもと、Gaa と Gab の方位角ずれの平均値は 15.6 arc min で、Gaa, Gab の方位決定における分散値の 1/2 に近いことを考慮すると、今回観測される 2 つのパルス源は赤経 17h45m40s, 赤緯-29°00' 28" に対し約 40arc min 以内で同じ方位に位置することが認められる。

### 5. 結論

2 つの電波源からのパルスはその源が周期 2050sec で公転し Doppler 効果による周期変動は互いに 180 度の位相ずれを示す。バイナリ の公転軌道パラメータ とパルス周期がカーブラックホールのスピン周期と仮定すると、Gaa が 103~138 万太陽質量、Gab が 92~121 万太陽質量となり。その位置は 40arc min 以内の精度で SgrA を中心に考えうる。