

## 我が銀河系中心部ブラックホール・バイナリーを対象としたデカメータ電波パルス電波源方位の観測における電離層効果の再検討

# 大家 寛 [1]  
[1] 東北大・理・地物

### Source Direction of Decameter Radio Wave of the Galaxy Center BH Binaries Decided by Eliminating 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 had been deferred from the last works. In this study, the method of determination of the direction of the pulse sources is newly developed, considering the symmetry of the ray paths, for pair station of the interferometer system, through the ionosphere. Though the deviation of the arrival direction of radio wave pulses are large apart from the original directions at individual station of the interferometer system, we can completely neglect the ionosphere effects in the case of taking average for a long period. Data analyses to confirm this developed method have been made using newly observed data in June, 2016

#### 2. Confirmation of the symmetry of the ray paths

The exact ray traces of the paths of the arriving radio wave pulses from our Galaxy center, which are made being based on the ionosphere electron density profiles detected from the ionogram applying the lamination method, show large excursion of the arrival direction from direct arrival directions for the case of non-ionosphere effects; the deviation angles indicate the range from 5 to 15 degree. Exact investigations of the ray trace results, however has revealed that there are high level of symmetry between the configuration made by pair observation points and incident points of radio waves from the Galaxy center. It is, then, concluded that we are able to neglect the ionosphere effect when the accuracy of a few arc minute is acceptable.

#### 3. Observation System

The observations 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 consists of three observation stations located at Yoneyama, Kawatabi and Zao in Miyagi Prefecture, Japan; the longest baseline is 84km and shortest baseline is 44km. The signals observed at 21.860MHz with band width of 1kHz are sent from each station through the telemetry system directly to the central station at Sendai where the detected signals are converted into digital signals by AD converters with conversion rate of 3000 data per second being divided into 3 channels with the 100Hz band width for each.

#### 4. Observations and Data Analyses

From observation data in June, 2016, we have selected two data sets that consist of 8 observation nights with 5 hour continuous observations for each; the first set has been selected from data observed from June 5, to morning of June 17, and the second set has been selected from data observed from night of June 17 to June 30.

FFT analyses have been made for each data series of 5 hour duration by taking correlation with template interferometer fringes which correspond to the source direction with selected deviation angles centered at the Sgr A that is located at RA 17h45m40s, Dec-29deg 00min28sec.

#### 5. Results and Discussions

FFT results are indicated for averaging 8 data elements of each set, by calculating the average values in terms of the ratio to the standard deviation. In both sets of analyzed data, calculated FFT levels which represent 5 systems of black hole binary have indicated clear level dependence that reveal the location of source positions in a region centered at the Sgr A within allowance range of 30 arc minute without disturbance effect of ionosphere. Because the accuracy of detection by FFT is limited in their frequency resolution ability, we can expect much higher accuracy to decide the source position in the stage of box car analyses to determine pulse form and accurate pulse periods.

1. 序わ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ーを形成していることを結論してきた。研究は最終段階に入りその確かさの検証を行っている。検証の課題の一つには解析の基本ステップである FFT 解析に対し、銀河系中心部の出現とブラックホールバイナリー群の存在の根拠とする FFT 結果の出現との対応を明確にすることがある。今回、この課題に関わり、2014 年来、東北大学・長距離基線デカメータ電波干渉計を用いた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について再検討をこころみた。これまでの研究では電離層効果を十分に考慮して、+40 分角の精度で Sgr A を中心に存在するカー・ブラックホール・バイナリー群の存在を結論づけてきた。しかし、これまでの電離層効果の取り扱いが簡単な 2 層構造の電離層モデルに依存していて、正確さにおいて議論の余地を残していた。この議論を踏まえ、今回さらに 2016 年 6 月の 1 か月間を中心に新たな

観測を行い、電離層効果はより近く実測に基づく電離層に対する Ray Trace 法を導入するアプローチを行った、しかし、電波干渉計観測の場合電離層効果は、数 arc min 以内での方位決定を目的とするかぎり、考慮の必要がないという、電離層効果を厳密に取り扱う方法と裏腹に意外な結論に達した。

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。21.860MHz にて全帯域 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。伝送された各信号は帯域幅 100Hz の狭帯域3チャンネルに分割され、各々サンプリングレート 3 kHz 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3月中旬を経て銀河中心部の衝の期間を含む7月中旬に至る期間にて実施された。

3. 電離層効果の再検討 データ解析の方針は第一段階の試みとして、観測期間中の、WDC-電離層データセンターより提供された国分寺でのアイオノグラムよりラミネーション法で求めた電離層データに対して銀河系中心部より到来する 21.860MHz の到来方位を決定し、これを基準とする干渉計フリンジをテンプレートとして観測された電波源方位の決定を試みた。結果は夜間電離層の F1 層底の高さに大きく依存し、算出された電波到来方向は、電波源直線方位から5度から15度も偏移する。従って夜間電離層の F1 層底の高さの不確定さから、この方法が成立しないことが判明した。しかし Ray Trace 結果を吟味すると基線長 100km 程度の干渉計では干渉計の対局への Ray Path は全く対称で、方位決定精度が数 arc min までの要求であれば電離層効果は削除できることが判明した。

4. データ解析 データ解析は、2016年6月5日から6月30日の期間の観測データに対し、それぞれ5時間の連続観測よりなる8夜分の観測期間からなる2セットのデータ、すなわち、6月5日から6月17日午前3時に至る前半のデータセット、および6月21日より6月30日に至る後半のデータセットを対象として行った。FFT解析は、最長周期 8160sec 最短周期 40sec にわたり、その解析結果の平均を求めた。その結果、2セットのデータに対する結果は、ともに、パルス電波源が赤経 17h45m40s、赤緯-29度28秒に対し約 30arc min 以内で同じ方位に位置することが認められた。

4. 結果と検討 観測周波数 21.860MHz において、電離層による影響をラミネーション法で得られた実際に近い電離層に対する Ray Trace によって検討した。電離層の影響は大きく、銀河中心部の方位角の固有の位置からの偏向は、特に仰角の低い時刻には、8度から15度近くのみずれを示し、南中時にも5度程度の差がある。こうした電離層効果を追跡しての方位決定は電離層の実際値の決定の不確定さから、不可能であると結論された。しかし Ray Trace の結果は干渉計の場合、電離層効果は対局間で対称であることが確認され、電離層効果除去して電波源位置が解析されることが示された。問題としている5組のブラックホールを起源とするパルス電波の方位探査を加味した FFT 結果は、赤経 17h45m40s、赤緯-29度28秒にある SgrA を中心に 30arc min に存在すると結論される。FFT 解析結果をもとに、今後 Box Car 法によりパルス波形を厳密に求める解析ではその方位情報は数 arc min 以内で確定されると予想される。