

電波パルスの究明によるブラックホールの研究 デシメータ波観測による進歩

大家 寛 [1]; 西阪 飛鳥 [2]
 [1] 福井工大・宇宙通信; [2] 福井工大・大学院

Studies on Rotating Black Holes by Decameter and Decimeter Radio Wave Pulse Observations

Hiroshi Oya[1]; Asuka Nishizaka[2]
 [1] Space Commu. Fukui Univ. Tech.; [2] Electrical Engineering, FUT

1.Introduction

The studies on rotating black holes have been started since 1984 when the first signature of the possible radio pulse caused by a rotating black hole (called Gav afterward) in Tohoku University utilizing Jovian decameter radio wave observation facility. The study made remarkable progress by development of the observation facility for the detection of the decameter radio pulses(DARP) from black holes at Iitate decameter radio wave observatory, Tohoku University. Through the extensive observation at Iitate observatory, it had been clarified that there are, at least, 24 rotating black holes depending on observed 24 pulse periods; the maximum and minimum periods are respectively 129.992sec and 0.3272sec.

The studies are further made progress by extending observation frequency range into L-band at 1400MHz by using Awara space communication facility of Fukui University of Technology since June 2005.

2.Comparison of Observed pulses from Galaxy

The comparison has been carried out for the results of DARP's and those of decimeter radio wave pulses(DIRP). The characteristic points can be summarized as follows:

1)Pulse Levels: The ratio of the observed pulse power level to the background level is in a range from 0.1% to 0.8% for the case of DARP in the direction of the Galactic center while the ratio is in a range from 0.01% to 0.1% for the case of DIRP.

2)Pulse Periods: The deduced pulse periods show basically same values between the DARP and DIRP indicating that pulses of corresponding period in the both frequency ranges are originated from the same objects. The broadly spread feature of periods is however remarkable for the case of DIRP while no such spreading is found for the cases of DARP's; the rate of spreading of the pulse periods is close to 0.1% for DARP periods while the rate is about 1% for DIRP's.

3.Characteristics of Kerr Time-Space

The most remarkable characteristic point of the Kerr time-space is the rotation of space surrounding the event horizon, i.e. rotating black hole. The angular velocity of the rotating space varies depending on the distance from the center of the black hole and also depending on the latitude of the black hole. In general, therefore, there is no decided rotation frequency surrounding the rotating black hole except for a singular shell that is called event horizon. At the event horizon, the entire globe rotates with same period then, the radio source close to the event horizon are the most favorite candidate to be the origin of the pulsed radio wave emissions. When radio source conditions surrounding the event horizon is not homogeneous, therefore, the variation of the emitted radio waves can be observed as pulses whose period coincides with rotation of the event horizon.

4.Comparison with Observed Results

The evidences indicated in sec.2 for the characteristics of the decameter and decimeter wave length radiation from the Galactic center, well coincide with the core issues indicated by Kerr time-space. That is, the sources of DARP are possibly located closer to the event horizon than the sources of DIRP. Because of the difference of locations, the periods of DIRP's are spread in a relatively wide range; that is because the rotation period starts to change depending on latitude, when the source position makes sift apart from the event horizon. When the radio wave sources are located closer to the event horizon, the time passage for an event becomes longer. This characteristics of time-space of Kerr black hole is then consistent with the relation of the source positions of decameter and decimeter radio pulses.

5.Future studies

Significant point which is deferred for future works is the determination of the rotation parameter of Kerr time-space that is related to the ratio of the angular moment to black hole mass. The mass of the rotating black hole can be decided from the observed rotation period, i.e. pulse period, together with the value of the rotation parameter.

1.序

デカメータ電波による銀河中心からのブラックホールからのパルスの研究は 1984-1998 の間もっぱら、後に Gav と命名された周期 0.421565sec のパルスが追求されてきたが、1999 年東北大学理学研究科の飯館観測所に、デカメータ電波によるブラックホール究明のための設備が設置され大幅な発展を見た。同施設での観測により銀河中心部にはデカメータ波帯電波において少なくとも、24 の独立した電波源から、それぞれ異なる周期を持ったパルス電波が放射されていることが明らかにされ、それは最大 130sec、最小 0.327sec の範囲にあり、Our Galaxy を示すコード Ga に周期の長い順に a から x までを付し Gaa, Gab, … Gax と命名している。

2005 年より福井工業大学・あわら宇宙電波受信設備により 1400MHz 帯のデシメータ波

帯で同じ電波源パルスの観測を開始した。観測は現在まで至っているがこの結果はデカメータ波電波帯での成果から得られる解釈を大幅に修正してゆく貴重な内容となっている。

2. 銀河中心デカメータ波帯とデシメータ波帯電波パルスの対比

22MHz-29MHz のデカメータ波帯電波パルスと 1400MHz 帯電波パルスを対比すると一致点と同時に著しい相違点が明らかにされ、この対比から自転するブラックホールにおける電波源の様相が明確になってきている。対比による特徴は

1) パルスレベル： 背景放射に対しデカメータ波電波パルスは 0.1%~0.8% の範囲にある一方デシメータ波電波パルスは 0.01% から 0.1% と一桁近く弱い。デシメータ波の背景放射はデカメータ波背景放射より 1 桁近く弱いので周波数依存性は $1/f$ に近く

周期の速いパルスではもっと急激に落ちて行く。

2) パルス周期： 周期の長いパルスにおいてはパルス周期は基本的にデカメータ電波パルスと一致している。しかしデカメータ波電波パルスの周期は中心周期に対し $\pm 0.1\%$ の広がり程度であるのに対しデシメータ波電波パルスでは $\pm 1\%$ と 1 桁近い巾の広がりがある。

3. Kerr ブラックホール理論の骨子

一般相対性理論の指摘の顕著な面の一つとして Kerr 解が指摘するように自転するブラックホール周辺空間が回転する。すなわち加速度のない Minkowsky 空間が回転することになる。しかし一般にはブラックホール中心からの動径方向の距離および緯度の関数として回転角速度が変化する。周期の広がらない唯一の特異面は Event Horizon でここでは全球面にわたって一定の周期で回転する。したがって経度方向に電波放射強度の不均一がある場合、これは自転と同期したパルス電波として観測される可能性を示す。Kerr ブラックホール理論はこの Event Horizon において時間経過が無限大となる特異面であることを示すが、したがってこの極近傍から放射される電波は極端な周波数の低下を示す。

Event Horizon から離れるにしたがって同一事象にかかる時間経過は短くなって行くが、理論を適用すれば発射源の物理的特性が急激に変化しない限られた範囲内にあつてはデカメータ電波源はデシメータ電波源より Event Horizon に近く位置する。

4. Kerr ブラックホール理論と観測結果の対比

2. 項で述べたデカメータ波電波パルスとデシメータ波電波パルスの観測結果を対比した内容はこれら二者の電波源位置が自転する Kerr ブラックホールの Event Horizon 近傍にあることを強く示唆している。その第一点はデカメータ波電波パルスが明確な周期を示し高いパルスレベルを示すのは一致した自転周期をもつ Event Horizon により近くしたがって周波数も低下していること、逆にデシメータ波電波パルスが周期の広がりが大きく、一つのパルス周期においてレベルが二桁近く低下するのは電波源位置が Event Horizon に関してより外側に位置すること、従って周期が多様になり同期性が弱いこと、また時間経過がデカメータ電波源より短く周波数が高くなることと一致している。現時点で、Kerr 理論を基礎に現象の経過時間、緯度変化にともなう回転周期の広がりを Event Horizon からの距離の関数として算出し、観測結果と対比し電波源位置を見積もっている。半径 50 万 km の巨大ブラックホールの例をとるとき、それぞれの電波源位置は Event Horizon から測って、デカメータ波電波パルスの場合 5m, デシメータ波電波パルスの場合 400m と至近距離にあることになる。

5. 今後の問題

Kerr ブラックホールにおいて自転周期からシュバルツシルド半径ひいてはブラックホール質量を求めるには自転角運動量と質量の比にかかわる回転パラメータを決定することが重要な課題となっている。