

## デカメータおよびデシメータ電波パルス観測に基づくKerrブラック・ホールの実証

### Experimental Confirmation of the Kerr Black Holes by Observing Decameter and Decimeter Radiowave Pulses

大家 寛<sup>1\*</sup>

Hiroshi Oya<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>東北大学・大学院理学研究科・地球物理専攻

<sup>1</sup>Department of Geophysics, Tohoku Univ.

#### 1. 序

ブラックホールの観測はX線を頼りに進められてきた。ブラックホール周辺の回転  
膠着円盤における高エネルギー粒子が強くX線を放射すると理解されているためである。本研究ではこうした研究傾向とは全く独立に、X線に対しては周波数が極端に低いデカメータ及びデシメータ電波パルスの観測による、自転するブラックホールの観測を提言してきた。特に、我が銀河系中心部に対して2002年及び2004年に実施されたデカメータ電波パルスと、同じく銀河系中心部に対して、2007年および2008年に実施されたデシメータの観測結果を用いて、Kerrブラックホール周辺の時空に関し、観測に基づく、即ち実験的解明を可能としている。

#### 2. Kerr時空における電波源の自転周期

本研究ではまず、Kerrブラック・ホールの時空において、電波源を構成する粒子群が測地線に沿って周回する場合の運動方程式から出発し、電波源の自転周期を理論的に解析した。結果は一般には、粒子運動が示す電波源の自转角速度が、その位置、エネルギー、および角運動量によって広い範囲に広がりを示すが、事象限界 (Event Horizon) に漸近するにつれ全ての粒子に対しその周期が、事象限界での空間の示す自転周期に収束する。即ち事象限界の近傍では、粒子のエネルギー、角運動量および、粒子の位置する極角に無関係に電波源の回転は事象限界の空間の自転周期で代表される一つの周期を示す。

回転周期の解析結果は事象限界からの離脱距離に対する回転周期の変動として求めている。この場合、離脱距離は直接の値でなく、ブラックホール中心から測られた事象限界の距離の比をもって“距離比”として表現しているが、この距離比1/1000に至るまでは周期の広がり率は0.1%以下となっている。一方、距離比1/1000の限界を越えて外に向かうと回転周期は広がりを示し、距離比1/10に至る点ではその周期の広がり率は、中心周期に対し20%を越える。

#### 3. 赤方偏移率——発信周波数の低減率

続いて本研究では、電波源となる粒子群に座標原点をおいた時空に対し、赤方偏移率すなわち発信周波数の低減率の解析を行っている。この周波数の低減率は事象限界で0に収束することを示すが、この収束は粒子の座標系においては運動エネルギー、角運動量、および、粒子位置の極角に依存せず起こる。さらに、解析結果は周波数低減率を距離比の関数として示すが、事象限界近傍での周波数低減率の事象限界からの離脱距離に対して増大する関数関係は対象となる粒子の運動エネルギー、角運動量、および、粒子位置を示す極角への依存度は低く、大略距離比の平方根関係をもって顕れる。

#### 4. Kerrブラックホールの実験的証明

従来の観測で、我が銀河系中心部に対して観測されたデカメータ電波パルスは22MHz帯を中心に行われ、その周期が最大129.99secで、最小0.327214 secに至る24種類が同定

されている。一方、デシメータ電波パルスは1.4GHzにて実施されたが、同定されたパルス群は基本的にデカメータ電波パルスと対応する。詳細な対比の結果は、デカメータ電波パルスの周期は狭い範囲で鋭く示され、その広がり幅は中心周期に対し0.1%以下を示す。一方、デシメータ電波パルスでは周期の広がりが高く、広がり率は中心周期に対して20%以上に達している（本学会連合大会予稿、西阪、大家、参照）。即ち、デカメータ電波パルスに対しデシメータ電波パルスは、背景放射に対するレベル比はデカメータ電波の場合の1/10程度と低く、またその周期は大きく幅をもって広がっている点が大きく異なる。

この様相は前節2、及び3にて示す解析結果と対応する。まず、観測周波数の比が電波源の周波数低減率をそのまま反映しているとする、デカメータ電波とデシメータ電波の周波数比70倍に対応する電波源位置の相違は事象限界を基点とする“距離比”として、約1/5000に対応する。この場合のKerr時空内での電波源粒子群の自転周期を、事象限界の自転周期からの偏移率として求めると、デカメータ電波パルスの場合0.1%以下であり、デシメータ電波パルスの場合20%以上となる位置関係が見出せる。またこうした周期の広がりとともに、エネルギーは分散し、パルスレベルは急速に低下することも説明される。

#### 5. まとめ

1963年Kerrによって発見されたEinstein方程式の回転時空の解は、現在まで全く実験による証明がなかった。本研究でデカメータ電波パルスおよびデシメータ電波パルスの観測結果と理論的に予測されるKerr時空の特性を対比することが可能になったことは、Kerr時空の実験的証明の段階に入ったといえる。

キーワード:ブラックホール,デカメータ電波パルス,デシメータ電波パルス,カー時空,  
高エネルギー粒子運動

Keywords: Black Hole, Decameter Radio Wave Pulses, Decimeter Radio Wave Pulses,  
Kerr Time -Space, High Energy Particles