

## 【基盤研究(S)】

### 大区分B



## 研究課題名 X線・ガンマ線偏光観測で開拓する中性子星超強磁場の物理

理学化学研究所・開拓研究本部・主任研究員

たまがわ とおる  
玉川 徹

研究課題番号：19H05609 研究者番号：2033312

キーワード：宇宙物理学(実験)、X線・ガンマ線偏光、超強磁場、中性子星、飛翔体観測

### 【研究の背景・目的】

『マグネター(磁石星)と呼ばれる中性子星は、本当に、量子電磁力学(QED)摂動計算が破綻する  $10^{10}$  テスラを超える磁場を持つ極限天体なのだろうか？ そのような天体では、我々の知っている QED は通用するのだろうか？』本研究では、マグネターの強磁場中性子星仮説を、世界初の高感度 X 線・ガンマ線偏光観測により直接検証することを目的とする。

中性子星は、大質量の恒星が超新星爆発した後に残される半径 10km 程度の天体であり、この世に存在する最も高密度の物質(原子核密度の 2-3 倍)である。パルサーと呼ばれる周期的に明滅する中性子星の多くは、 $10^8$  テスラ程度の強い磁場を持つことが知られており、その内部構造や磁場の起源を知るとは、天体物理学・天文学のみならず、素粒子・原子核物理学の重要なテーマの一つである。

中性子星の一種である「マグネター」は、 $10^{10-11}$  テスラもの強磁場を持ち、磁気エネルギーの解放で輝くと信じられている。しかしこれは、あくまで仮説であり、観測による超強磁場の直接検証が世界的に競われている。

### 【研究の方法】

マグネターの超強磁場中性子星仮説を証明するために、以下の 2 つの研究目標を設定する。

(目標 1) 磁場強度が既知の中性子星における QED 効果の検証：サイクロトロン吸収線の存在により磁場が既知の中性子星連星(約  $10^8$  テスラ)で QED 効果(真空共鳴)の存在を検証する。

(目標 2) マグネターにおける真空の複屈折現象の観測： $10^{10}$  テスラ以上でのみ顕著に観測できる QED 効果「真空の複屈折」を捉えることで、マグネターの強磁場中性子星仮説を観測により実証する(図 1)。

これらの目標を実現するために、我々がハードウェアを提供し、コアメンバーとして参加する NASA の X 線偏光観測小型衛星 IXPE (2021 年打上) と、日米共同気球実験 XL-Calibur (2021, 2023 年飛行) を成功させ、世界初の中性子星連星とマグネターの X 線・ガンマ線高感度偏光観測を実現する(図 2)。

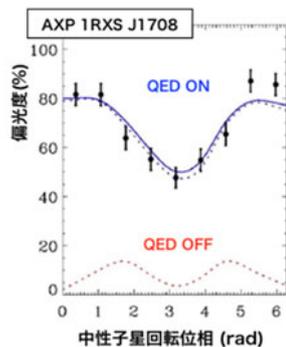


図 1 真空複屈折の有無による偏光度の違い

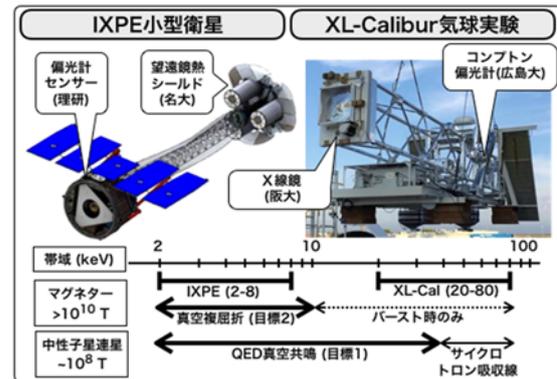


図 2 研究手段と研究目標の関係

### 【期待される成果と意義】

マグネターが超強磁場を持つことを、観測から実証することで、基礎物理学の実験場としての「強磁場高密度核物質」分野を創出する。これは、近年発展の著しい大強度レーザーを用いた電場における QED 極限の観測と相補的であり、宇宙観測と地上実験をつないだ「強い場の物理」の研究進展につながる。また、X 線・ガンマ線偏光観測という新たな手法を切り拓くので、高エネルギー天文学一般に大きな波及効果を及ぼす。

### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- S. O'dell, et al., "The Imaging X-ray Polarimetry Explorer (IXPE): technical overview", Proc. of SPIE 10699, 10699X1 (2018).
- A. Yatabe and S. Yamada, "Systematic Analysis of the Effects of Mode Conversion on Thermal Radiation from Neutron Stars", Astrophys. J. 850, 185 (2017).

### 【研究期間と研究経費】

令和元年度～令和 5 年度  
142,300 千円

### 【ホームページ等】

<https://astro.riken.jp/ks-xpol.html>