



大阪大学
OSAKA UNIVERSITY

国立大学法人 大阪大学

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-1

TEL: 06-6877-5111 (代)

www.osaka-u.ac.jp

Press Release

研究成果



2022年11月15日

分野:自然科学系

キーワード: X線天文学、偏光観測、超新星残骸、宇宙線、SDGs

新時代の天体観測 超新星残骸からのX線偏光検出に世界で初めて成功 — IXPE で複雑な磁場構造を可視化 —

【研究成果のポイント】

- ◆ 2021年12月打ち上げのX線偏光^{*1}撮像衛星 IXPE が、世界初の「X線偏光撮像観測」を実現
- ◆ 最初の科学観測対象として選定された超新星残骸^{*2}カシオペア座 A からのX線偏光検出に成功
- ◆ X線帯域の偏光度・偏光方向の初測定により、衝撃波^{*3}近傍の磁場構造に新たな制限を付与
- ◆ 今後 IXPE は様々な種族の天体を観測予定であり、各天体から得られる新たな知見に期待

❖ 概要

大阪大学大学院理学研究科の大学院生の朝倉一統さん(博士後期課程)、故・林田清准教授らの研究グループは、X線偏光撮像衛星 IXPE (Imaging X-ray Polarimetry Explorer) による超新星残骸カシオペア座 A (Cas A) の観測により、世界で初めて超新星残骸からのX線偏光検出に成功しました。IXPE は2021年12月9日に打ち上げられた世界初のX線偏光撮像衛星であり、Cas A は IXPE が最初に科学観測を行った天体です。

超新星残骸の衝撃波近傍でこれまでに観測されてきたX線放射は磁場との相互作用によるものであり、磁場と垂直な方向に高い偏光度を有することが予測されてきました。しかし、X線偏光の測定は技術的に困難であり、長らく観測的進展がない状態が続いてきました。

今回、IXPE が初めて Cas A の X線帯域の偏光測定を実現させたことにより、磁場は全体的に見れば中心から放射状に伸びていることが明らかになりました(図1)。また、偏光度が低いことから、粒子の加速現場では磁場が入り乱れていることを示しています。今後は Cas A に加えて他の超新星残骸も観測予定であり、これらの観測結果も合わせて未だよく分かっていない衝撃波近辺での粒子加速のメカニズムの解明につながることを期待されます。本研究成果は、米国科学誌「Astrophysical Journal」に2022年10月10日(米国時間)に公開されました。

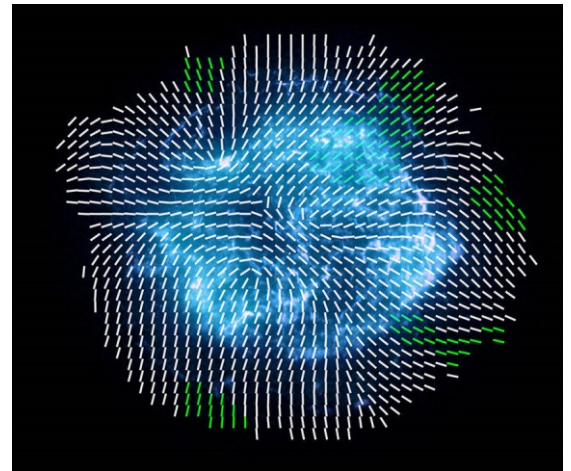


図1

複数の波長帯で撮影した Cas A の画像に IXPE の観測から推定された磁場方向を重ね合わせた図。緑の部分は特に偏光検出の有意度が高い箇所を指す。

Credits: X-ray: Chandra: NASA/CXC/SAO;

IXPE: NASA/MSFC/J. Vink et al.



❖ 研究背景

超新星残骸では衝撃波により粒子が光速近くまで加速されますが、その加速機構の詳細に関しては未だ解明されていません。この衝撃波は様々な波長帯で観測することができますが、中でも X 線放射は衝撃波で加速された最もエネルギーの高い粒子によって生じるため、X 線帯域での観測は加速機構の最も本質的な部分を捉えることができます。特に、粒子の運動は磁場との相互作用に影響されるので、この加速現場の磁場構造は加速機構を解明するための重要な鍵の一つです。

従来の X 線観測は撮像・分光・測光が主軸であり、これらの観測手法では磁場の測定が困難でしたが、磁場との相互作用で生じる X 線は磁場と垂直な方向に偏光するため、偏光観測は直接的に天体の磁場構造を観測することができます。そのため、X 線天文学の黎明期から X 線偏光観測はその重要性が主張されてきましたが、測定が技術的に難しいこともあり、長らく観測的進展がない状態が続いていました。しかし、近年の装置開発の発展に伴い、2021 年 12 月に世界初となる X 線偏光撮像衛星 IXPE が実現し、新時代の観測の幕開けとなりました。

❖ 研究成果

2021 年 12 月に打ち上げられた IXPE は翌年 1 月に超新星残骸 Cas A の観測を実施しました。この観測データは大阪大学・広島大学を含む各国の科学者によって解析され、Cas A から世界初となる X 線偏光の検出に成功しました。超新星残骸の衝撃波近傍では星間ガスが掃き集められ、衝撃波面に沿った円弧状に揃った磁場が形成されていると予想されていました。この場合、磁場との相互作用で生じる X 線は衝撃波面に垂直な方向に高い偏光度を有することが期待されます。しかし、今回の偏光観測はこの予想とは異なり、**衝撃波近傍の磁場は全体的にみて中心から放射状に伸びていることが明らかになりました。**この結果は他の波長帯の偏光観測とも一致しており、X 線帯域でも同様の結果が得られたことは、**衝撃波のごく近傍で既に磁場の方向が衝撃波面と垂直に切り替わっていることを示唆しています。**また、**偏光度が低かったことから、磁場は一律に揃っているわけではなくある程度入り乱れていることも示しており、これまでは未知の領域だった加速現場の磁場構造を明らかにしたと言えます。**IXPE は Cas A 以外の超新星残骸も観測予定であり、それらも含めて今後も粒子加速機構の解明に繋がる観測結果が期待されます。

❖ 特記事項

IXPE は米国とイタリアの主導する国際共同プロジェクトであり、日本からも大阪大学、広島大学、理化学研究所、山形大学、東京理科大学、名古屋大学、中央大学が参加しています。

本研究成果は、2022 年 10 月 10 日(月)(米国時間)に米国科学誌「Astrophysical Journal」に掲載されました。

タイトル: “X-ray polarization detection of Cassiopeia A with IXPE”

著者名: J. Vink, D. Prokhorov, R. Ferrazzoli, P. Slane, P. Zhou, K. Asakura et al.

DOI: <https://dx.doi.org/10.3847/1538-4357/ac8b7b>

❖ 用語説明

※1 偏光

光(電磁波)の振動方向が一様ではなく特定方向に偏っている状態。偏光は磁場との相互作用や散乱によって生じるため、観測天体の偏光の度合い・方向を測定することにより、その偏光を引き起こした物理現象を推定することができる(<https://astro-dic.jp/polarization/>)。



大阪大学
OSAKA UNIVERSITY

国立大学法人 大阪大学

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-1

TEL: 06-6877-5111 (代)

www.osaka-u.ac.jp

Press Release

※2 超新星残骸

超新星爆発の後に残された星雲状の天体。爆発時に吹き飛ばされた恒星の外層が高速膨張することで衝撃波が形成される。X線帯域では、この衝撃波によって加熱されたガスや加速された粒子からの放射を観測することができる(<https://astro-dic.jp/supernova-remnant/>)。

※3 衝撃波

超音速の流れや爆発などが発生することで、その現象に伴い生じる波面が次々と重なっていき、密度や圧力の「不連続面」が形成され伝播していく物理現象(<https://astro-dic.jp/shock-wave/>)。

【朝倉一統（大学院生）のコメント】

従来とは全く異なる種類の観測データに色々と戸惑いながらも、今後発展していくであろう X線偏光撮像観測の記念すべき第一歩に立ち会うことができ幸甚でした。超新星残骸に限らず、様々な天体を観測予定である IXPE の今後の結果も非常に楽しみです。

❖ SDGs目標



❖ 参考 URL

NASA press release: https://www.nasa.gov/mission_pages/ixpe/news/nasa-s-ixpe-helps-unlock-the-secrets-of-famous-exploded-star.html

NASA IXPE Web site: https://www.nasa.gov/mission_pages/ixpe/index.html

理学研究科松本研究室 HP: <http://wwwxray.ess.sci.osaka-u.ac.jp/OskXrayTlabHP/home/index.html>

❖ 本件に関する問い合わせ先

<研究に関して>

大阪大学大学院理学研究科 宇宙地球科学専攻 X線天文学グループ

教授 松本 浩典(まつもと ひろのり) TEL: 06-6850-5477

助教 野田 博文(のだ ひろふみ) TEL: 06-6850-5478

大学院生 朝倉 一統(あさくら かずのり) TEL: 06-6850-5475

<広報・報道に関して>

大阪大学 理学研究科 庶務係

TEL: 06-6850-5280 FAX: 06-6850-5288

E-mail: ri-syomu@office.osaka-u.ac.jp