Uxg 研究室

宇宙物理学研究室
高エネルギー天文学グループ

中澤知洋准教授

苔山圭以子准教授

三石郁之講師

*中澤知洋　准教授　*Kazuhiro Nakazawa, Associate Prof.*
苔山圭以子　准教授　*Keiko Kokeyama, Associate Prof.*
石橋和紀　講師　*Kazunori Ishibashi, Lecturer*
三石郁之　講師　*Ikuyuki Mitsuishi, Lecturer*

宇宙は極限の実験室

我々が宇宙に目を向ける時，見た目の静寂さとは裏腹な，その極端な姿に大変驚かされます．例えば，1億度以上の高温，光さえも逃げられない極限重力，地球の10兆倍もの強磁場など，地上では実現不可能な極限物理状態が，宇宙には満ち溢れています．人類が地上で実現できる限られた物理状態で確立された法則は，より極限の物理状態でも成立するのか？我々がまだ知らなければ宇宙の進化を支配する物理現象がまだ沢山隠されているのではないか？宇宙とは，この問いを検証するための「極限の実験室」でもあります．

X線や重力波で宇宙を見ると

古来より，人類は宇宙の知識を，可視光の狭い波長域での観測に頼って来ました．ロケット，人工衛星が利用可能になってからようやく，大気の吸収を乗り越えて，X線による宇宙の観測が始まりました．可視光の1000倍のエネルギーの光であるX線は，地上であれば，数万ボルトの電圧で電子を加速してターゲットにぶつけることで発生させます．宇宙では，一億度に達する超高温なガスや，衝撃波やS電場で加速された電子からX線が生じます．X線で宇宙を見ると，こうした超高温，高エネルギー現象を見出すことになるのです．近年では，ニュートリノや，重力波の直接検出など，新たな観測の窓が切り開かれました．特に重力波は宇宙の果てから届く高い透過力を持ち，将来には初源宇宙の情報をそのまま持つ「原始重力波」の検出も期待されます．可視光だけでは見えない宇宙の真の姿に，我々は迫ります．

X線観測衛星の開発と宇宙X線天体の観測

我々は人工衛星にX線測置を搭して軌道上から遠くの宇宙を観測します．光子のエネルギーが可視光より1000倍大きいX線は，正面から金属に当たっても反射しませんが，1-2度という浅い角度ならば反射するので，「斜入射光学系」を用いて集光結像します．また，熱歪みを抑えるために全体に薄膜の熱制御フィルムを被せます．Uxg関係では2021年にNASAのX線偏光観測衛星IXPEが，そして2023年にはX線精密分光を担う日本のXRISM衛星（図1）．XRISMは従来の30倍のエネルギー分解能で銀河団から星のフレアまで，多様な高エネルギー天体のX線スペクトルを測定します．図２に示したのは「ケンタウルス座銀河団」の中心部に強い風が吹いてるという最新の成果です．

並行して，2024年には太陽観測ロケットFOXSI-4が打ち上げられ（図3），素晴らしいデータを取得しつつあります．また2025年度にはFOXSI-5が打ち上げ予定であり，本研究室が主担当しているX線望遠鏡が搭載されます．現在は次世代を見据え，より角度分解能の高いX線望遠鏡とより高性能の熱制御フィルムの開発を進めており，地球オーロラX線観測ロケット・超小型衛星ミッションや地上プラズマ実験への展開を目指しています．

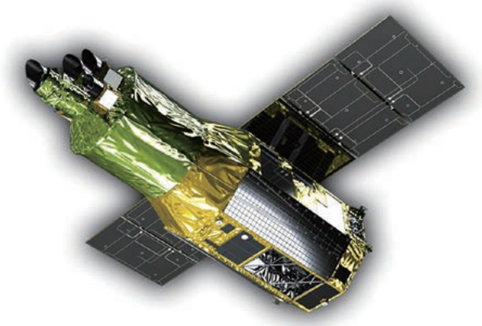
図1．XRISM衛星　©JAXA

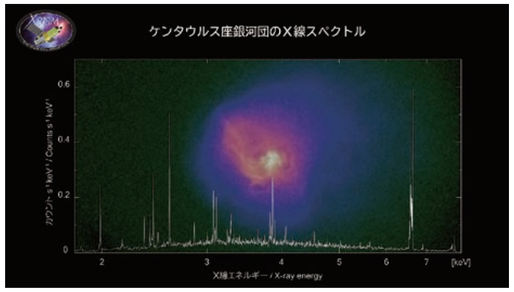

図2．XRISM衛星で得られたケンタウルス座銀河団の精密X線スペクトル

MeVガンマ線の観測研究

MeVガンマ線は観測が難しく人類の観測感度が足りない「最後のフロンティア」の一つで，我々はその装置開発と観測研究に取り組んでいます．2027年打ち上げ予定の米国のMeV観測衛星COSIに参加し，さらにその次世代を狙った観測装置の概念実証機miniSGIの開発を進めています．また本技術を応用して雷雲ガンマ線の観測も進め，世界の先端に立っています．独自の指向性検出器を開発して雲中の電子加速器の場所を探って，30 MeVもの高エネルギー電子が大気中で大量に加速される物理を明らかにし，宇宙でもこれが起きているかを探ろうとしています．

深宇宙からの重力波観測へむけた開発研究

重力波は，アインシュタインが一般相対性理論によって100年以上前にその存在を予言した重力の波です．重力波とは，潮汐的な時空のひずみが光速で伝わる波であり，物質が加速度運動をすると放射されます．2015年，アメリカのAdvanced LIGO検出器（図4）によって重力波が初めて検出されて以来，ブラックホール連星や中性子星連星の合体に由来する重力波が次々と観測されてきました．近年では，重力波天体の分布が明らかになりつつあり，宇宙の成り立ちの解明に新たな光を投じています．まさに，重力波の観測によって，これまで電磁波では見ることができなかった新たな宇宙の姿が明らかになり，いわゆる「重力波天文学」が確立されたのです．本研究室では，Advanced LIGOの感度や稼働率をさらに向上させるための検出器サイエンスに取り組んでいます．また，計画段階にある次世代検出器では，局所宇宙を超えた遠方からの重力波検出が期待されていますが，本研究室では，この次世代検出器の実現に向け（図5），新技術の発案や開発にも挑戦しています．さらに，日本が推進する宇宙重力波アンテナDECIGOに向け，量子ロッキングといった新たな手法を用いて，不確定性原理によって規定される標準量子限界を超える技術の開発も進めています．

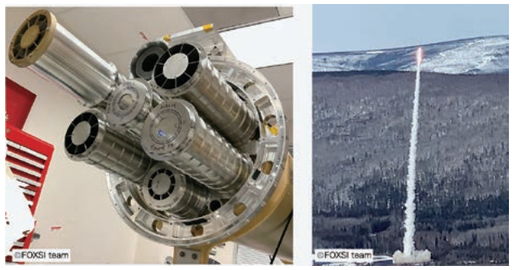

図3．FOXSI-4搭載X線望遠鏡外観写真およびFOXSI-4打ち上げ時の写真

図4．Advanced LIGO検出器

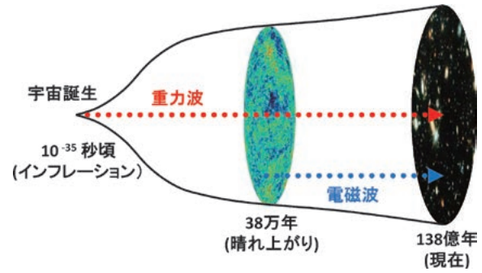

図5．DECIGOで狙う重力波によるインフレーションの直接観測

学生の皆さんへ

X線天体や雷雲ガンマ線のデータ解析を進めて新たな現象や物理を探査する研究や，未来の宇宙X線観測や重力波観測を実現するための新しい観測技術の開発を，自らの手で進めています．先端の宇宙物理の観測研究を，一緒に進めませんか？

Uxg研メンバー

http://www.u.phys.nagoya-u.ac.jp/

*連絡先　nakazawa@u.phys.nagoya-u.ac.jp

教授：0／准教授：2／講師：2／助教：0／ PD：1／ DC：8／ MC：13