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

川村静児教授

中澤知洋准教授

*川村静児　教授　*Seiji Kawamura, Professor*
中澤知洋　准教授　*Kazuhiro Nakazawa, 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物理状態は限られており，そこで確立された物理法則は，より極限の物理状態でも成立するのか？我々がまだ知らないだけで，興味深い貴重な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．1960年代，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1／1000と言う短い波長，すなわち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，大きなプラズマ運動の中で磁場や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．

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

*連絡先　kawamura@u.phys.nagoya-u.ac.jp

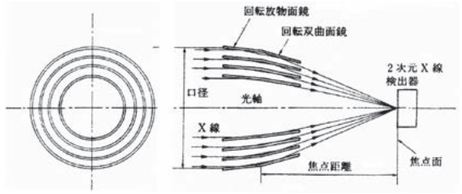
教授：1／准教授：1／講師：2／助教：0／ PD：0／ DC：1／ MC：12

X線観測衛星の開発と宇宙X線天体の観測

X線は分厚い地球大気に遮られ地上に届くことはありません．このため我々は人工衛星にX線測置を搭して軌道上から遠くの宇宙を観測します．2005年の日本の「すざく」衛星や2016年に打ち上げられ素晴らしい成果を残しつつ残念なことに短命に終わった「ひとみ」衛星には我々がNASAとともに開発したX線反射望遠が搭載されていました．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度という非常に浅い角度ならば反射するので薄い金属を多数並べる「斜入射光学系」を用います（図1）．表面には反射率を向上する金属や多層膜を蒸着します．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関係では昨年にNASAのX線偏光観測衛星IXPEが打ち上げられ，X線精密分光を担う日本のXRISM衛星（図2）も2023年ごろ，太陽観測ロケットFOXSI-4が2024年ごろに打ち上げ予定です．現在は次世代を見据え，より角分解能の高い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，エネルギーの低いX線の精密分光を目指すSuperDIOS衛星，太陽X線の精密撮像を狙うPhoENiX衛星の搭載を目指しています．また，2030年代の高感度な硬X線撮像観測を目指したFORCE衛星のための，イメージャの開発もすすんでいます．

MeVガンマ線の観測研究

「ひとみ」衛星にはMeV帯域を高感度観測するコンプトンカメラが搭載されており，その高性能を生かした気球実験のための観測装置開発研究を進めており，将来の本格的なMeV宇宙観測を革新する技術の開発を進めています．また，雷からの10 MeVガンマ線という新発見の電子加速現象の観測研究も進めています．FORCE衛星向けの衛星搭載の検出器技術を応用して，地上からガンマ線を観測し，ガンマ線が想像以上に強力であること，それにより「光核反応」と呼ばれる原子核反応が起きること，こうした粒子加速が雷雲中で同時多発していること発見するなどの成果を得ています．



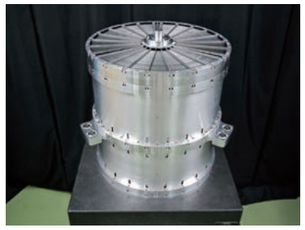


図1．（上）多重薄板X線望遠鏡の概念図
（下）ひとみに搭載した硬X線望遠鏡

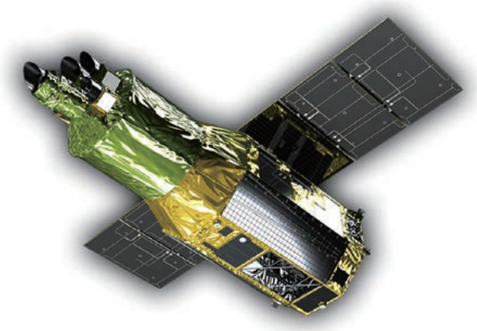


図2．2023年ごろ打ち上げ予定のXRISM衛星　©JAXA

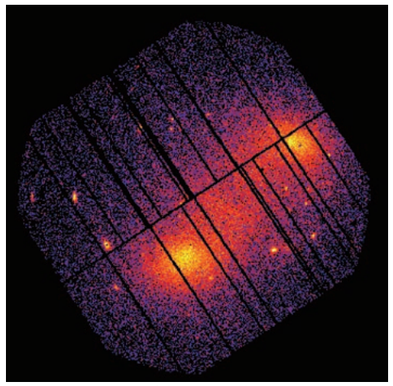


図3．X衝突銀河団のX線イメージ

宇宙開闢の瞬間を探る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り100年以上前にその存在を予言した重力の波です．重力波は潮汐的な時空のひずみが光速で伝わる波で，物質が加速度運動をすると放射されます．2015年に，アメリカのLIGOにより重力波の初検出がなされて以来，ブラックホール連星や中性子星連星の合体からの重力波が相次いで検出されてきました．まさに，重力波によりこれまで電磁波では見ることができなかった新しい宇宙の姿を観測する，いわゆる重力波天文学が創成したのです．そして，重力波天文学のもたらす様々なサイエンスの中でも，最もエキサイティングなものの一つが宇宙開闢の瞬間を探ることです．我々は，宇宙誕生直後（10^{-35}秒頃）に起こったと考えられているインフレーションの時代に生成された原始重力波を検出し（図5），宇宙がどのように誕生したかを解明することに挑戦しています．具体的には，日本が推進しているスペース重力波アンテナDECIGO（図4）のため，量子ロッキングなどの新しい手法を用いて不確定性原理で規定される標準量子限界を破る技術を開発しています．また，地上において原始重力波の検出を可能にするような全く新しい重力波検出方法の開発にも挑戦しています．

図4．DECIGOの前哨科学衛星B-DECIGOの想像図（©NEC）

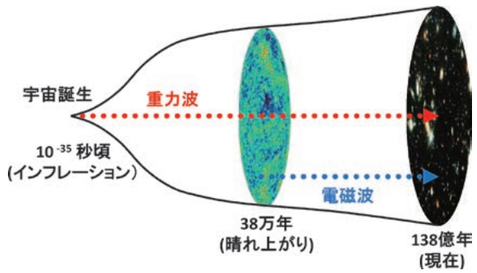


図5．重力波によるインフレーションの直接観測

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