



参考資料



宇宙科学のアプローチ



21世紀において我々は

宇宙と物質・空間の起源

宇宙における生命の可能性

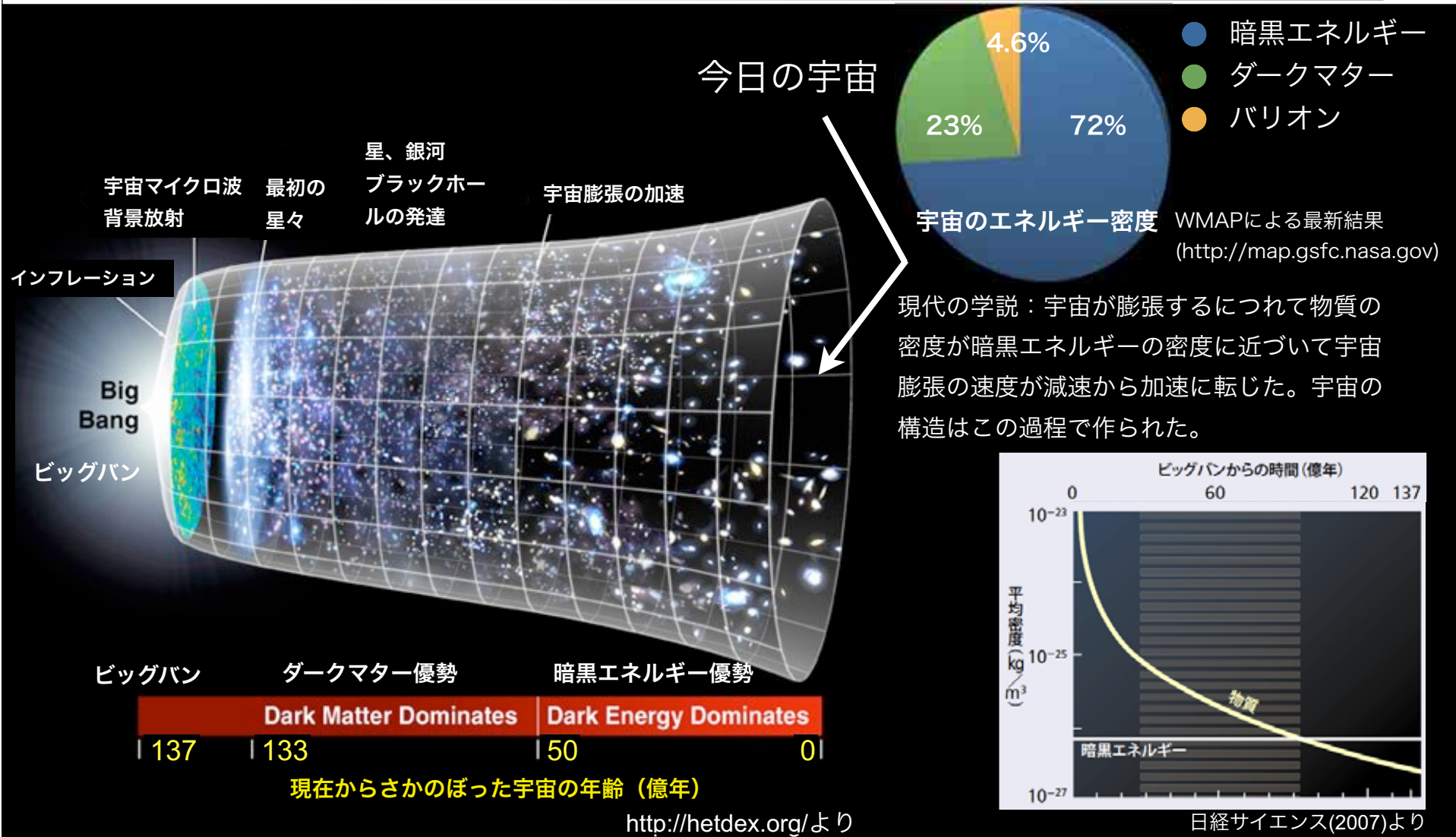
という二つの大きな科学の課題を持つ。

宇宙科学は、この根源的な課題に以下のアプローチで挑む。

1. 宇宙の全容(果て)はどのようになっているか / 宇宙ではどのような現象が起きているか
2. 宇宙はどのような物質・エネルギー形態で構成され、それらはどのように循環しているか
3. 宇宙がどのように生まれ、どうやって現在のような銀河や銀河団といった構造ができたのか
4. 生命はどのような環境でどのように生まれたのか



宇宙の進化と構造

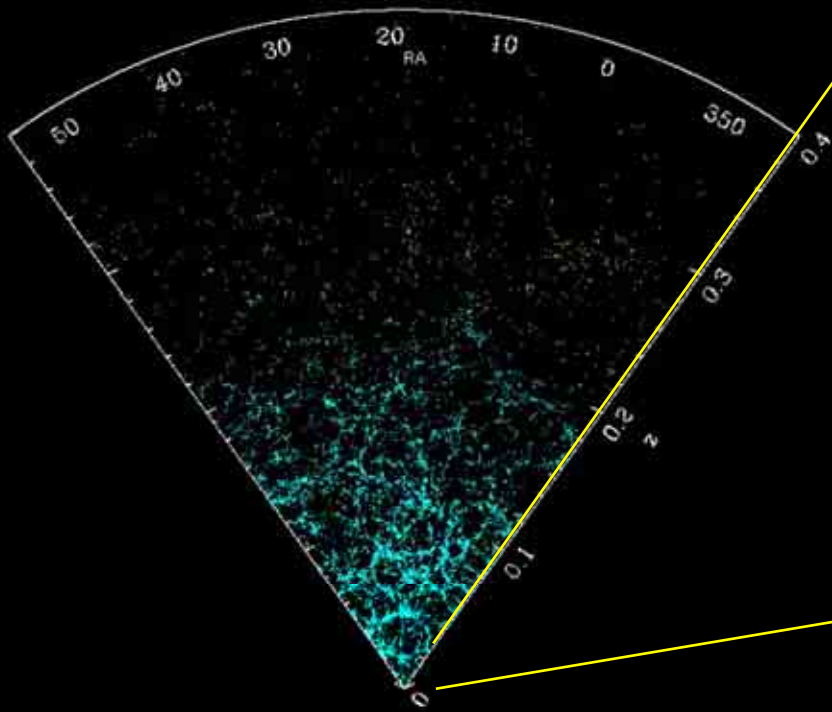




宇宙の大規模構造と銀河団

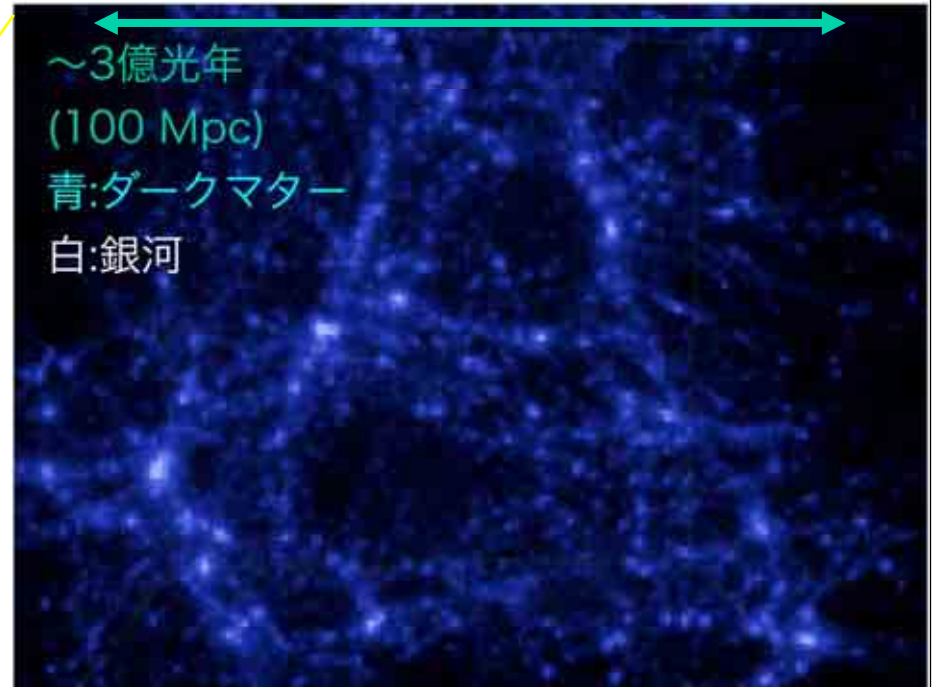


スローンデジタルスカイサーベイ
(可視光) による銀河の分布



網の目の大規模構造が観測されている。

宇宙進化の計算機シミュレーション



網の目の構造の結節点に銀河団(直径~数Mpc)ができる。

銀河団は宇宙最大の天体。90%の質量を占めるダークマターの作る重力ポテンシャルに高温ガスと銀河がトラップされている。

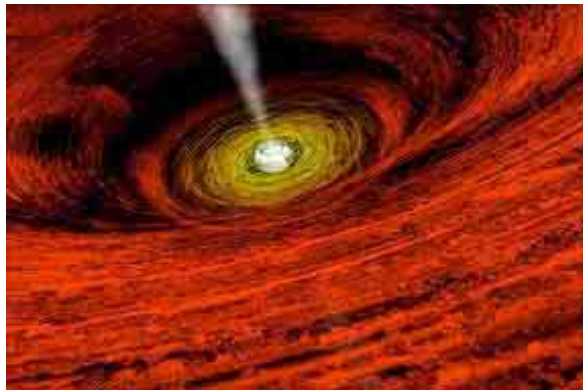


課題を解くための天文学のアプローチ (1)

～宇宙の多様な構造～



宇宙は、超新星爆発から、空間の特異点であるブラックホール、銀河、銀河団と多様な姿と構造を持つ。また、こうした宇宙の構成要素が互いに影響しあって、ダイナミックに進化をとげてきたと考えられており、多様なアプローチの研究を行うことが重要である。



左図) 銀河の中心の巨大ブラックホールと吹き出るジェット、宇宙にはこうしたブラックホールが無数にあり、進化をとげてきた。

中心に巨大なブラックホールを持った銀河が衝突し、星形成とブラックホールの成長を伴って、大きな銀河を作っていくらしい
(右図：銀河衝突のシミュレーション)。



銀河団は、宇宙最大の天体であり、宇宙の中でどのように分布しているか、どのようにして進化したかを調べる
ことが、宇宙の構造進化を解明する上で重要である。

近年では、銀河団同士の衝突による成長などダイナミックな進化が重要となっている (左図：大きな銀河団の中を小さな銀河団が衝突、突き抜けている様をしめす。赤がX線観測による高温ガスの分布、青が光の重力レンズによって求められたダークマターの分布)。

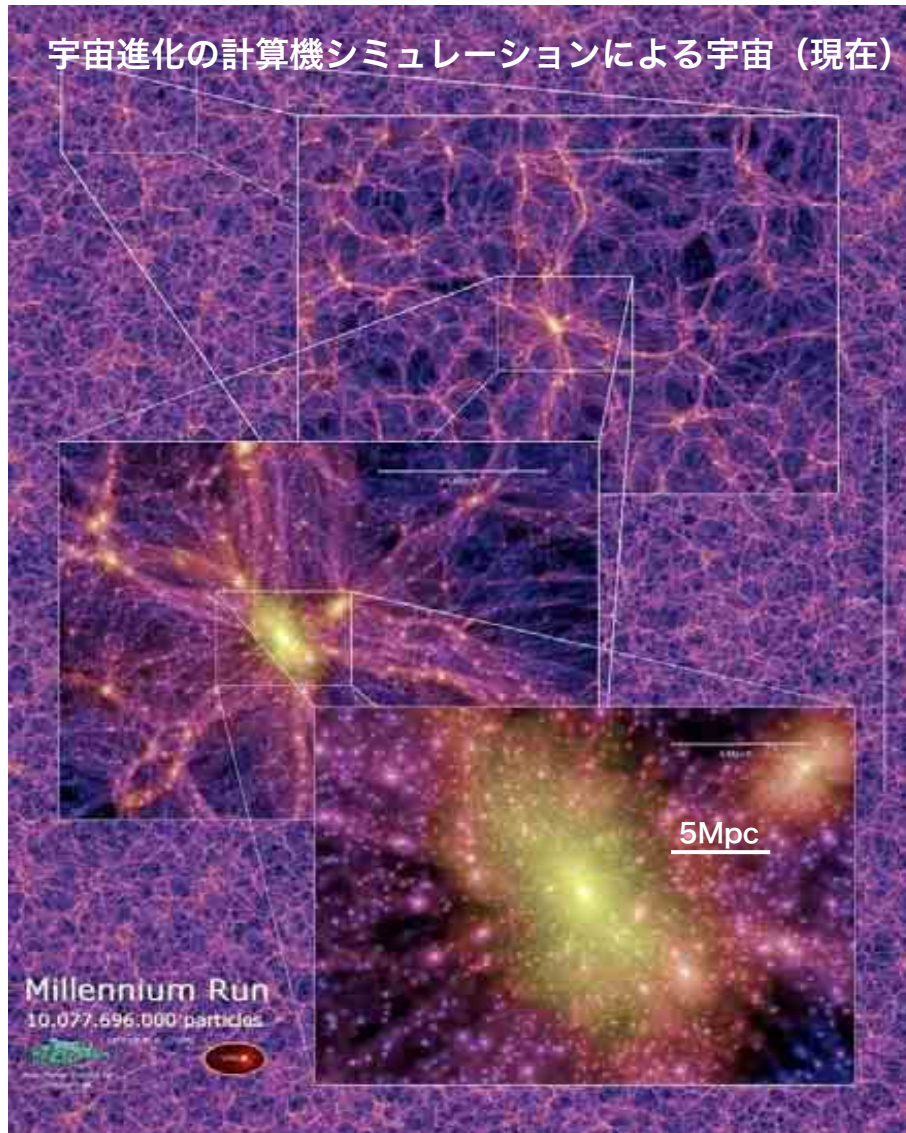


参考資料

課題を解くための天文学のアプローチ (2) ～宇宙進化～



宇宙進化の計算機シミュレーションによる宇宙 (現在)

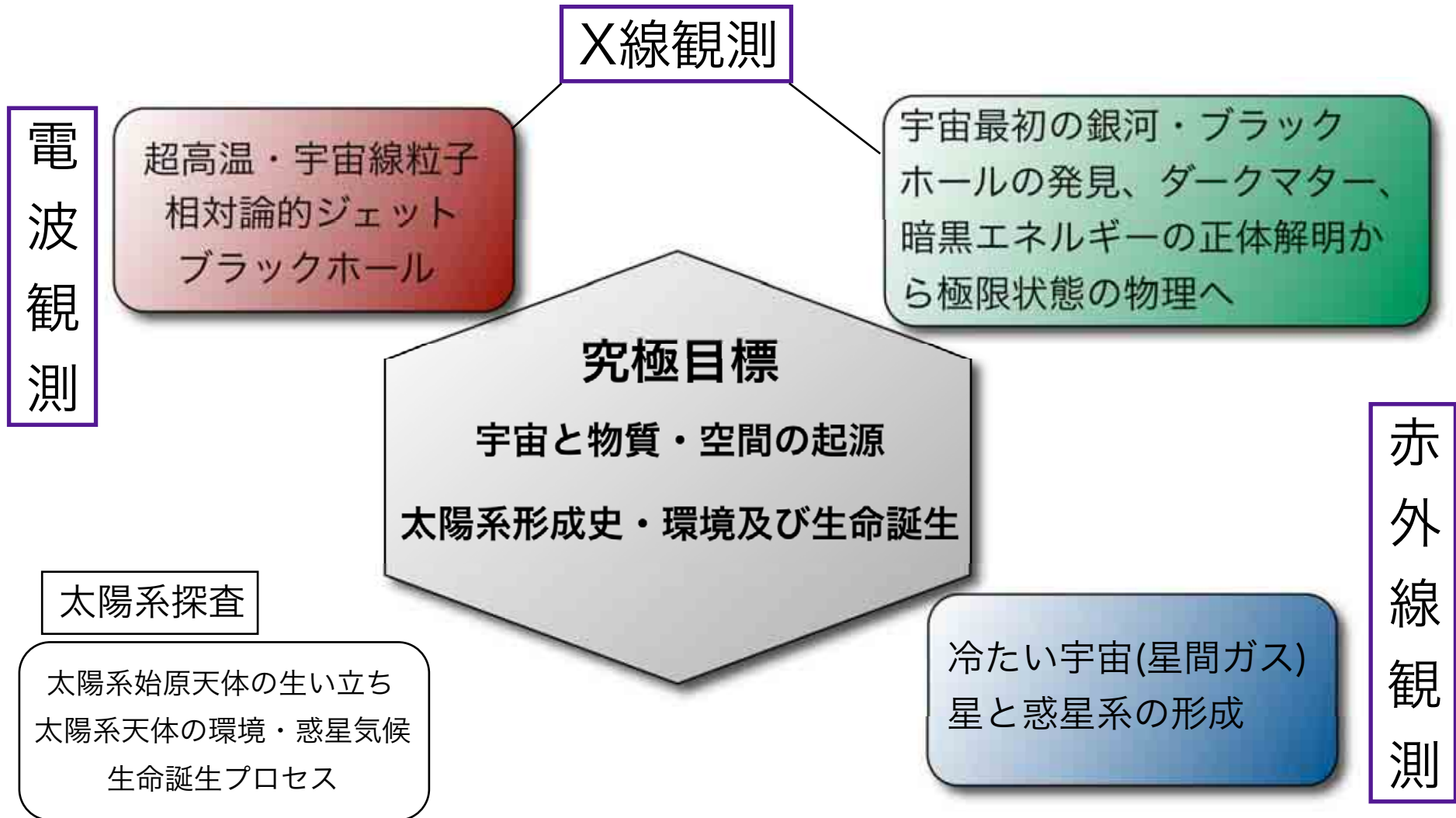


銀河団は、宇宙で最大の天体である。銀河団を研究し、その進化を探ることが宇宙の構造がどのようにでき、進化してきたかを知ることにつながる。その際、銀河団の構成要素である銀河、あるいはその中のブラックホールが、どのように共に進化し、銀河団形成にどのような役割を果たすかを知る事が、重要である。

(左図)宇宙進化の過程で、構造がどのようにできたかを示す計算機シミュレーション。137億年かけてダークマターが編み目のように発展し、節となったところに集中した。この節に銀河が集まり銀河団が形成されていると考えられている



JAXAの推進する天文観測





X線天文学



X線とは

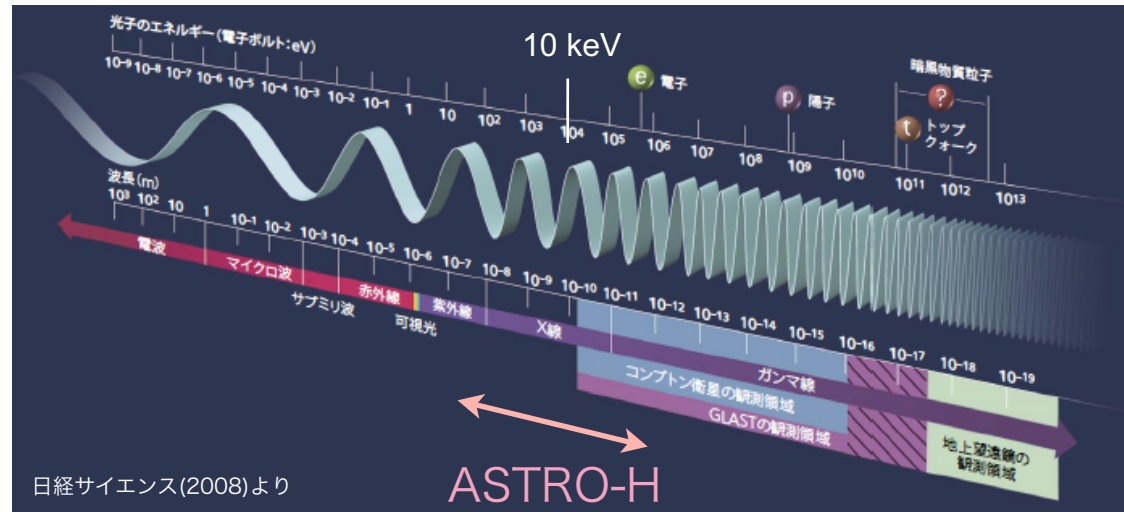
- ・ 電磁波(光)の一種
- ・ 可視光の1000倍ものエネルギーを持ち、透過力が極めて強い
- ・ 地球大気には吸収されるため、観測は衛星軌道上でのみ可能
- ・ 1960年代に、大気圏外に望遠鏡を打ち上げることができるようになって、はじめて可能となった

軟X線：10 keV 以下

硬X線：10 keV以上、100 keV以下

宇宙で直接検出可能な物質の90%は温度が高いプラズマで、X線のみで観測可能

X線天文学は高温・高エネルギーの現象を通じて宇宙の姿を研究する学問分野である。



日経サイエンス(2008)より



銀河団の
可視光画像

100個以上もの銀河が集団をなし、宇宙で最大規模の構造を形成しているのが見える



銀河団の
X線画像

一千万度から一億度もの高温ガスが重力の井戸に閉じ込められているのが見える

220万光年
JAXA



X線観測の意義



宇宙望遠鏡を用いたX線観測は、人類が予想もしていなかった、宇宙が数千万度、数億度という超高温の現象の宝庫であることをあきらかにした、宇宙が静的なものではなく、動的な、ダイナミックなものであることを明らかにして、人類の宇宙観を変えたといえる。

ブラックホールの近傍や中性子星の表面をはじめとする“極限”の現場を探り、超新星の残骸や銀河団など、X線でしか観測することのできない高温ガスや、極めて高いエネルギーに加速された電子や陽子などからの放射を選択的に観測することが可能である。

X線天文学の発達により、ブラックホールについては、その生成、進化、高エネルギー現象、そして銀河等への影響など、学問として体系化され天文学として位置づけられるようになった。また、銀河団については、銀河の数倍をしめる高温ガスの存在からダークマター分布を求める重要なプローブとなっている。

近年では、X線で観測される現象が、可視光からガンマ線にいたる波長域で観測される現象と強くつながっていることが示されており、宇宙の全体像やその歴史を理解する上で、きわめて重要となっている。



X線観測のプログラムとプロジェクト



X線天文学では、X線を用い、宇宙の果て (約130億光年) までを見て、宇宙の構造の進化を探り、その成り立ちを理解することが究極目標である。

日本はこれまで特徴あるX線天文衛星を開発し、5番目の「すざく」(2005年打ち上げ) は、軟X線から軟ガンマ線領域にいたる広帯域観測によって、

- 1) 従来は隠されていて見えなかったようなブラックホールを近傍(8000万光年)で発見。
- 2) 巨大ブラックホールからの鉄の輝線の変形を実証。
- 3) 銀河系内の宇宙線の起源を解明した。

など、大きな成果をあげてきた。

われわれは、新たに、

- **運動をはかる能力**
- **硬X線で集光撮像観測を行う能力**

を追加し、めざすべき科学的意義に向かって、80億光年程度までの宇宙を探る。