

壮大な物理実験室

宇宙

ケプラー、ニュートン・・・

古くから科学者は宇宙を観察することで「法則」を発見し、「物理学」という学問を築きあげてきました。

宇宙は物理学という厳密なシナリオにのっとり、私たちの想像を絶するドラマの舞台なのです。

そして、科学技術の進歩により、今や宇宙は科学者達の手近な実験室になりつつもあるのです。

写真：すばるが捕らえたオリオンKL領域

巨大望遠鏡で宇宙を探る

日本の科学者達によって設計された新世代の望遠鏡「すばる」。
世界に誇るそのすばらしい性能は、はるか120億光年先の銀河団をも見ることが可能です。
そしてこの「すばる」を通して新たな発見が次々と生まれています。

すばる展望鏡

国立天文台のすばる望遠鏡は、一枚鏡としては世界最大の8.2mの主鏡をもつ可視光および赤外線望遠鏡です。最も大気揺らぎの影響が小さく、湿度の極端に低いハワイ島マウナケア山（標高4200m）山頂に1997年建設され、角度分解能0.2秒の世界最高性能を達成し、現在、世界中の天文学者が観測を行っています。

マウナケア山頂のドーム全景（右）とすばる望遠鏡本体（下）



写真提供：国立天文台



写真提供：国立天文台

すぐれた観測装置群

すばる望遠鏡には、可視光・赤外線用の7つの観測装置があり、様々な観測目的に応じて使い分けられています。その中のひとつOHS（OH夜光除去分光器）は、大学と国立天文台が共同で開発した、望遠鏡の赤外線での観測性能を6倍以上に高めることのできる、すばる望遠鏡だけが持つ特殊な観測装置で、特に宇宙遠方の天体の性質を詳しく調査する際に威力を発揮しています。



120億光年のかなた

OHS の一部分は広視野の赤外線カメラとして使用する事ができます。このカメラを用いて、長時間同じ領域を観測し続けることによる遠方宇宙の探査や、可視光では塵に隠されて観測できないような星生成領域の観測が行なわれています。

左：遠方宇宙の赤外線画像

約120億光年彼方の宇宙初期の銀河を捕えている事が最近の観測結果と合わせて分かっています。

右：分子雲中で星生成が行なわれている領域 S106 の観測結果

すばる望遠鏡の高い分解能により、重く大きい星から軽く小さい星までどの程度の数の星が生まれているのか詳しく分かりました。

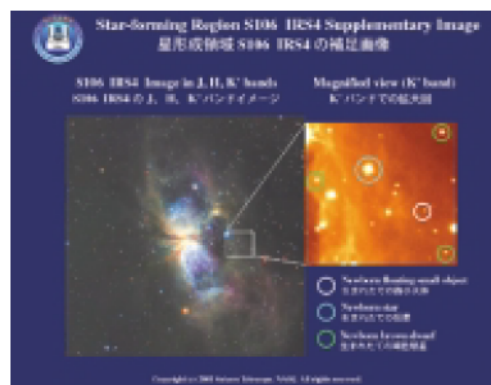


上：夜光除去分光器 OHS

下：OHS により取得された100億光年彼方の巨大銀河の赤外線スペクトル
酸素や水素などの可視光の輝線が赤方偏移して赤外線で観測されているものです。



写真提供：国立天文台（2点とも）



宇宙の始まりを見る

宇宙は今から**150 億年前**の「ビッグバン」によって生まれたといわれています。

つまり、**150 億光年**先から来る情報には、宇宙が生まれたその瞬間を教えてくれる「何か」が含まれているのです。

ALMA

世界の天文学者が共同で、南米チリ共和国の標高5000メートルのアンデス高地に大型サブミリ波干渉計（ALMA）を建設しています。周波数30GHzから1000GHzのサブミリ波を観測します。微弱なサブミリ波を観測するために、鏡面誤差が $20\mu\text{m}$ 以下の高精度パラボラアンテナや量子限界の低雑音超伝導受信機、そして超高速データ伝送技術などの最先端技術の開発もおこなっています。直径12mアンテナを64台配置して、ハッブル望遠鏡の10倍以上高い解像度（0.01秒角）を実現します。



資料提供：国立天文台

Astro-F

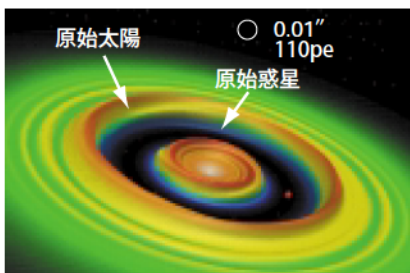
宇宙科学研究所を中心として、2004年2月打ち上げを目標に赤外線天文衛星Astro-Fの開発が進んでいます。口径70cmの冷却型望遠鏡により、波長2～ $200\mu\text{m}$ の過去最高の感度を備え、宇宙に存在する各種の天体の謎を赤外線観測により明らかにします。



資料提供：宇宙科学研究所

星や銀河の赤ちゃんを探す

Astro-FとALMAは可視光では見えない星間物質を捕らえます。この暗黒星間物質は、星を誕生させる材料となります。太陽のような恒星や地球のような惑星が生まれるようすを調べて、太陽系の起源を解き明かします。また、サブミリ波では、生命の起源に関連する有機分子の検出も可能です。



資料提供：国立天文台

さらに、Astro-FとALMAの観測する赤外線からサブミリ波は、生まれたばかりの銀河を探すのに適しています。原始の銀河の放射する光が宇宙膨張によって赤方偏移し、赤外線やサブミリ

波として観測されるからです。年齢が数億年の若い銀河が大量にみつかり、銀河がどのようにしてできたかがわかるでしょう。



資料提供：国立天文台

Astro-E2

宇宙科学研究所を中心としてX線天文衛星Astro-E2の製作が進んでいます。これはロケットの故障のため2000年2月に打ち上げに失敗したAstro-E衛星を再製作するもので、2005年2月の打ち上げを予定しています。絶対温度約0.06ケルビンで動作する高分解能X線分光器など4種類のX線観測装置を搭載し、過去最高のX線波長帯域と波長分解能を備えています。

Astro-E2は、ビッグバン直後には水素とヘリウムしか存在しなかった宇

宙で、酸素や炭素などの多くの元素がいつどこで作られ宇宙空間にどのように拡がっていったかを調べます。また、広い観測X線波長帯域を生かし、巨大ブラックホールの誕生の謎を解明します。

図は日本のグループが米国のチャンドラ衛星を使って発見したM82銀河の中質量ブラックホールです。巨大ブラックホールに成長すると考えられています。矢印は同時に発見された小型のブラックホールです。

ブラックホールに落ち込む物質は下図のように「降着円盤」と呼ばれるガス円盤を形成します。ガスはブラックホールの周りを激しく回転するため、膨大な摩擦熱を発生し1000万度に達する超高温となりX線を放射します。これを観測することでブラックホールを間接的に捉えられます。

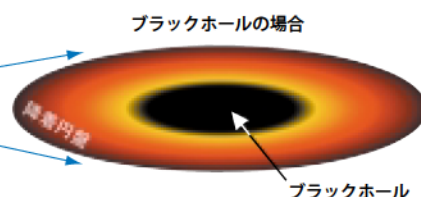
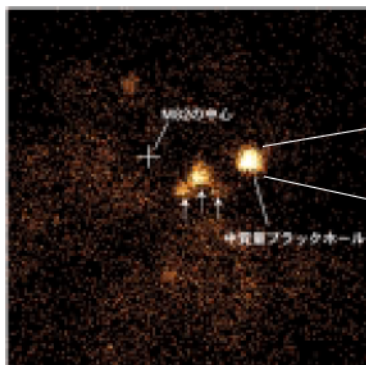
左：Astro-E2

右：ブラックホール

日本のグループが米国のチャンドラ衛星を使って発見したM82銀河の中質量ブラックホールです。巨大ブラックホールに成長すると考えられています。



資料提供：宇宙科学研究所



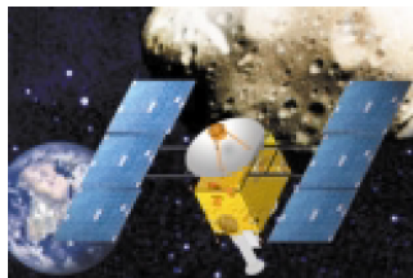
科学衛星による惑星探査

惑星探査計画

金星は太陽からの距離が地球に最も近く、また、惑星自体の大きさも地球とほぼ同じ惑星です。表面は高温の炭酸ガスの大気と硫酸の雲に覆われています。自転運動は非常にゆっくりとしています。自転運動は非常にゆっくりとしていますが、雲は毎秒100メートルもの高速で惑星の自転する方向に運動しています。スーパーローテーションと呼ばれるこの運動に代表される大気の力学を調べるために、宇宙科学研究所が中心となって2007年に金星を周回するPlanet-C衛星が打ち上げられる予定です。これにより、金星大気に雷現象が存在することの確認や、現在の地球の大気と著しい違いが生じた原因を探るために、金星の大気からどのような様子にまたどのくらい、外の空間に大気を構成する粒子が逃げ出しているかを調べる予定です。

また、探査機 Planet-Bが、今現在、火星到着を目指して飛行を続けており、小惑星のサンプルリターンを目的とするMuses-C衛星は2002年に打ち上げられる予定です。さらに、月探査を目的とする Lunar-A衛星やSELENE衛星などが次々と打ち上げられ、また、水星探査衛星をヨーロッパと協力して打ち上げることも計画されています。

科学衛星による惑星や月の探査が本格的に始まろうとしています。



左：Planet-B

右上：Muses-C

右下：Planet-C

資料提供：宇宙科学研究所

「見えない」宇宙を見る

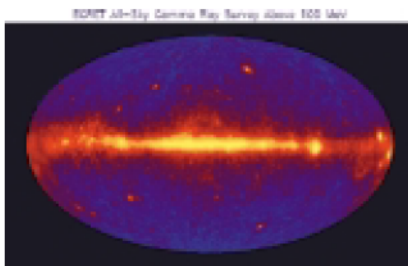
宇宙空間は「真空＝何もない」と思われがちです。

しかし、科学の目で見てみると、宇宙空間は「エネルギー」に満ちあふれた空間なのです。

いったい何があるのでしょうか？そしてそれはどこから来るのでしょうか？

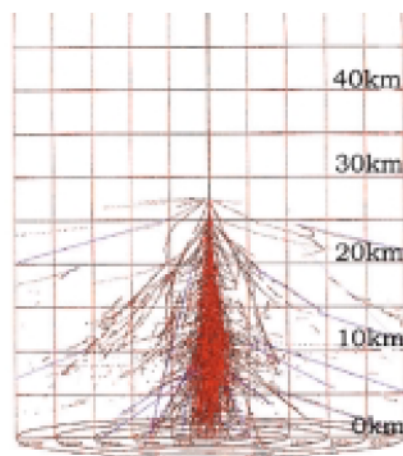
高エネルギー宇宙

下の写真は米国のComptonガンマ線衛星が捉えた銀河面からの1億電子ボルトガンマ線です。宇宙線が星間ガスと衝突して発生したガンマ線の放射と考えられ、銀河に宇宙線が満ちていることがわかります。



写真提供：NASA

宇宙線は宇宙からふりそそぐ高エネルギーイオンであり、10の20乗電子ボルトという、途方もないエネルギーにまで達します。大気と衝突して、いくつもの粒子を生成した電磁シャワーをつくり、地上に多くの粒子を降させます。

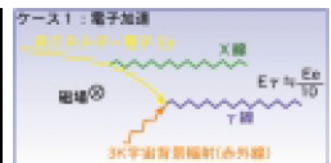
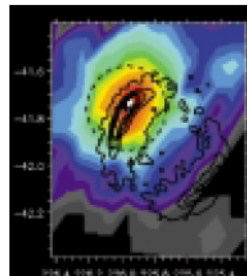
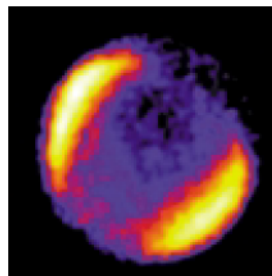


宇宙線が大気と衝突して生成される電磁シャワーの計算機シミュレーション

宇宙線を作る巨大加速器天体

宇宙線起源の天体は100年近く謎でした。最近、日本のX線天文衛星「あすか」が、超新星残骸SN1006から超高エネルギーに加速された電子が作るシンクロトロンX線（左図）を発見、さらに同時に生成されと考えられる超高エネルギーガンマ線（10兆電子ボルト以上）を地上の超高エネルギーガ

ンマ線望遠鏡（CANGAROO 日豪共同実験）が検出（中図）に成功、宇宙線起源天体と考えられる具体的な天体が初めて観測されたことになり、大きな反響を呼びました。



左：SN1006のシンクロトロンX線像

中：宇宙線起源天体

右：X線、γ線の発生のしくみ

宇宙線をいかにして捉えるか？

X線、ガンマ線は大気に吸収されるので、衛星観測が必要です。ただし100億電子ボルト以上になると、そのフラックスが極端に少なくなります。そのため右図のように大気を検出器と

して、高エネルギー粒子と大気との衝突でできるシャワーからの前方へのビーム状のチェレンコフ光を地上の望遠鏡で捉えることで、ガンマ線、宇宙線を測定します。

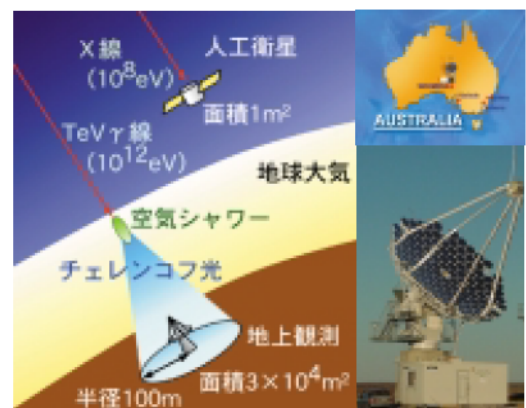


資料提供：宇宙科学研究所

左：X線観測衛星

右：X線、ガンマ線の観測施設

光が地上で広がって大きな面積の装置と同等になり、フラックスの弱い超高エネルギーガンマ線を捕らえることができます。右図はオーストラリアに最近完成したガンマ線望遠鏡です。



シミュレーション科学

科学者は様々な科学現象をつぶさに観察し、理論体系化してきました。

そして現在、この理論体系をコンピュータに入力することで、今まで肉眼では見ることはできなかった「その瞬間」を再現することが可能になりました。

スーパーコンピュータによる科学の創造

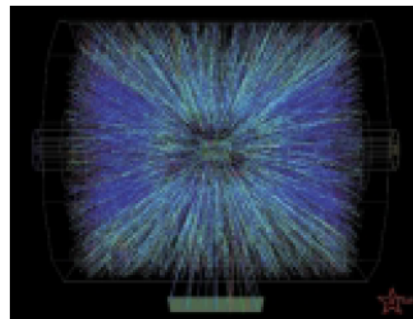
1990年代、パーソナルコンピュータの性能は格段に向上し、80年代のスーパーコンピュータをしのぐに至りました。さらにインターネットの出現はコンピュータを大衆化するとともに、世界中のコンピュータがインターネットを介してつながるようになりました。そのような技術の中から数千以上の計算機をひとつにする並列計算技術が急速に進歩し、従来不可能であった非常に多数の構成粒子の個々の運動から大きな全体をシミュレーションすることが可能になりました。

これにより理論式としてしか表現できなかった世界が可視化され、検証不可能と思われていた理論分野が実証可能になり、シミュレーション科学がひとつの科学分野として認知されるようになりました。

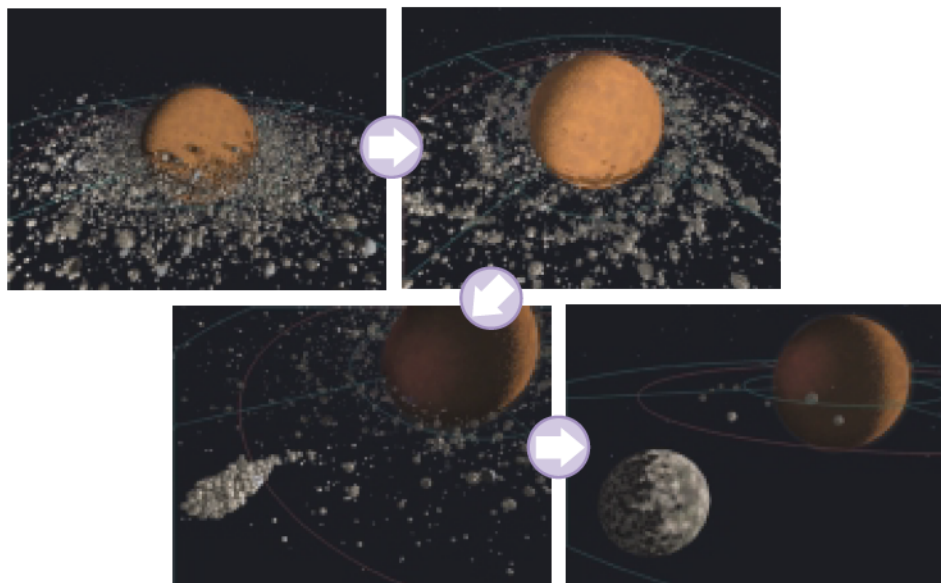
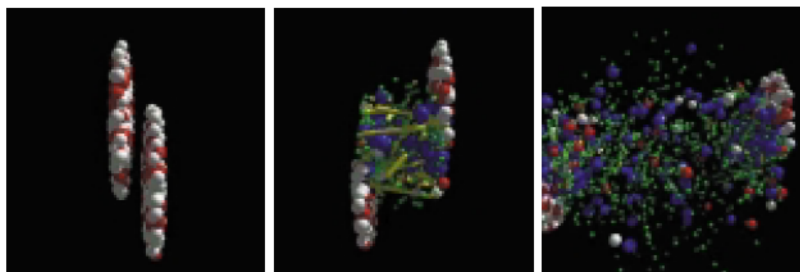
粒子の生成反応を見る

下の3点の写真は、金の原子核同士を200兆電子ボルトのエネルギーで正面衝突させ、反応の時間変化を追いかけたコンピュータシミュレーションです。最近ではコンピュータの進歩で、このようなたくさんの粒子の生成反応を計算することができるようになりました。静止している時は球形をしている原子核が、非常に高速で運動しているため特殊相対論の効果で収縮して板状に見えています。また非常にエネルギーが高く大量の素粒子が生み出される様子が手に取るようにわかります。

上の写真は、実際の金の原子核の200兆電子ボルトでの正面衝突の様子です。シミュレーションの予想どおり大量の粒子が飛び出しているのがわかります。このような反応では、宇宙が



生まれてから10のマイナス5乗秒というごく短い時間後の状態に相当する2兆度という超高温の状態をつくり出すことができると考えられています。この図のような反応結果を解析することによって、宇宙の初期状態に存在していた物質の状態を理解しようとする研究が進められています。



資料提供：国立天文台

月の誕生を見る

月がなぜあるか、実はこれも最近まで全くの謎でした。しかし、地球に衝突した惑星の破片と地球重力との相互作用をシミュレーションすることで、自然に現在の月の軌道、周期、重量などほとんどの物理量を再現することに成功し、惑星衝突説が最有力になってきました。左の図は、衝突からたった一ヶ月で現在の月ができた様子を示すシミュレーション画像です。