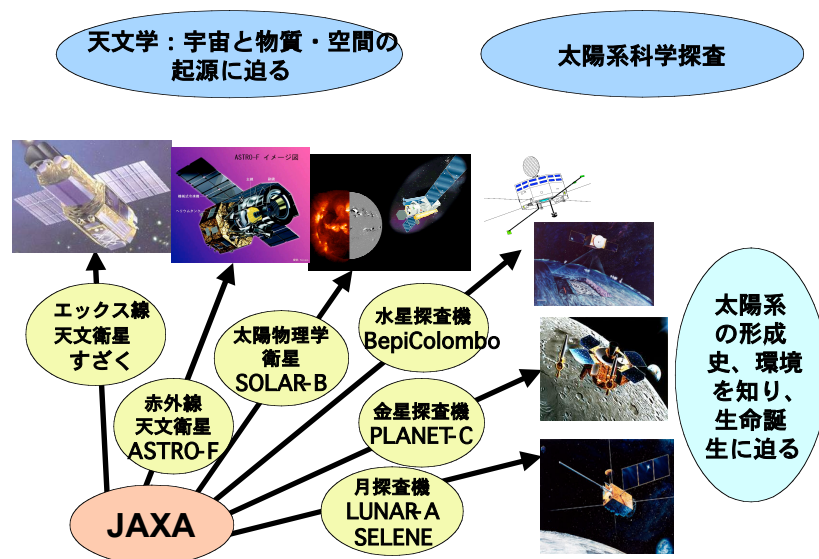


# 宇宙飛翔体で挑む宇宙の謎

JAXA 宇宙科学研究本部 小杉 健郎

## 1. 2つの「宇宙」

この講演のタイトルには「宇宙」という言葉が2回出てきます。「宇宙飛翔体」というときの宇宙は、正確には、地球周辺の宇宙空間というべきです。あるいは太陽系空間と言い換えてもいいでしょう。太陽系空間は、冥王星の公転軌道の数倍程度までの世界で、太陽と地球のあいだの距離（約1億5千万キロ、1天文単位といいます）のおよそ100倍の広がりをもっています。太陽からのプラズマの風である太陽風が吹き抜ける空間と考えてもいいし、数100年ほどの近未来に人類が探査機を送り込むことができそうな空間と考えていただいても結構です。



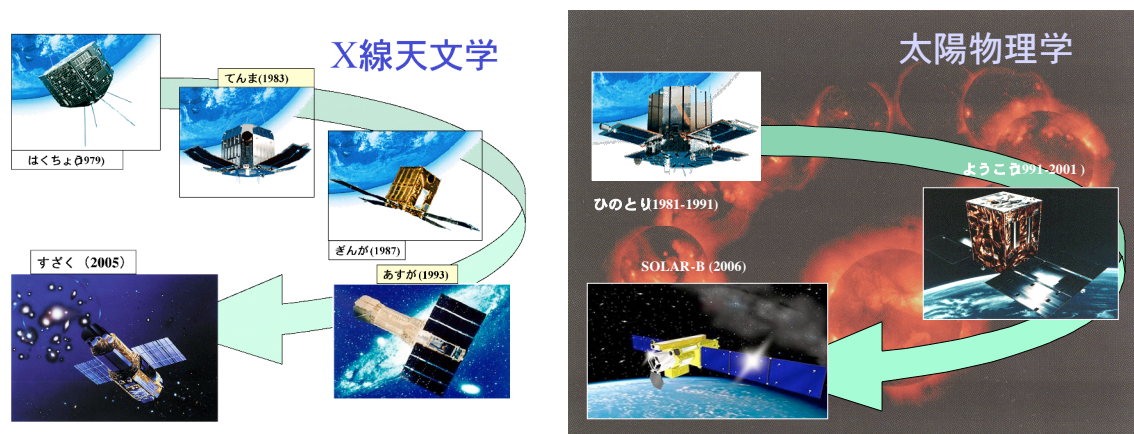
他方、「宇宙の謎」というときの宇宙は、天文学が対象とする宇宙、すなわち137億年まえにビッグバン大爆発で生じ、膨張しつつ進化を続けている宇宙の全てです。数千億個の恒星（私たちの太陽もその1つです）を包み込んだ銀河が群れをなして銀河団となり、この銀河団があちらこちらに散在しています。銀河や銀河団には、重力効果だけからしかいまだにその存在が確認されていない「暗黒物質（ダークマター）」が集中しています。さらに「暗黒エネルギー」にいたっては、宇宙膨張の歴史からその存在が推測され始めた段階で、正体はまったくの謎のままです。観測にかかるようになった宇宙には、巨大ブラックホールをはじめとするモンスターから、恒星と星間物質、宇宙線など、まったく異なる極限的な物理状態が共存しています。

さて、この2つの宇宙のスケールを比べてみましょう。比較を簡単にするために、宇宙を伝わるもっとも速い信号である光速（毎秒 30 万キロ）を使います。光は太陽系空間をおよそ 10 時間で駆け抜けます。ところが、ビッグバン大爆発の残光であるマイクロ波宇宙背景放射は光速で 137 億年もの宇宙の旅を終えて、いま地球に到達したところです。10 時間と 137 億年、この差は 13 桁（10 兆倍！）にも及びます。

のっけからこんな話をして、ちょっと（おおいに？）失望させたかもしれません。なんだ、宇宙時代といっても、私たち人類ができることは地球の裏庭を散歩するようなことだけなのか、と。確かにそのとおりです。しかし、ちょっと待ってください。遠くから観察するだけで相手の正体を暴くことができるというのは、現地に旅行するよりもスリリングなことなのではないでしょうか？

## 2. 見えない宇宙を見てやろう — 天文学者の夢

現代天文学のキャッチフレーズの1つは「全波長域天文学」でした。20 世紀の初等まで、私たちは宇宙を眺めるのに人間の目で見える光、すなわち可視光だけを使ってきました。可視光は数千度に熱せられた物質が放射します。ですから、太陽からの光を反射して輝いている惑星などの少数の例外を除けば、私たちが見ることのできたのは表面温度が数千度の恒星ばかりだったのです。しだいに大きな口径の望遠鏡ができるようになり観測技術も進歩して、いろいろなタイプの恒星があること、銀河が恒星の大集団であること、遠方の銀河が私たちから遠ざかりつつあることなど、さまざまな大発見がなされました。でも、いまから考えると、可視光というフィルターを通して見えていた宇宙は静かで穏やかな宇宙だけだったのです。



20 世紀の後半になって、状況は劇的に変化しました。1930 年代に芽生えた電波天文学はその後急速に発達しました。1950 年代にはロケットや人工飛翔体を用いて大気圏外からの宇宙観測が始まりました。地球の大気に邪魔されて観測できなかった宇宙に手が届くようになり、全波長域天文学がキャッチフレーズから現実になったのです。

いまでは天文学者は、電波、赤外線、紫外線、エックス線、ガンマ線など、電磁波のすべての波長域で宇宙を観測しています。宇宙から降り注ぐ宇宙線粒子やニュートリノを使っても、宇宙を眺められるようになりました。さらには、未検出ながら、重力波を使って宇宙のカタストロフィーを見てやろうという試みも始まっています。

可視光以外の手段で得られた大発見のいくつかを数えてみましょう。冷たい星間ガスとそこでの化学過程や星間磁場、ビッグバン宇宙の残光である宇宙背景放射、クエーサー・パルサー（中性子星）・ブラックホールなどの高エネルギー・超高温天体、ガンマ線バースト、さらに超新星爆発からの宇宙ニュートリノ、などなど。可視光だけでは想像することさえできなかった宇宙での物質の輪廻（循環過程）が見えてきたとともに、多様で活動的な宇宙の姿、とくに宇宙のモンスターとでも呼びたくなるような、おどろおどろしい天体の存在が浮かび上がってきたのです。

ここでは可視光だけの天文学から全波長域天文学への転換という観点に焦点をあてて、20世紀の天文学の発展を概観しました。それは、見えないものを見てやろうとする好奇心、それを可能とする新しい技術への渴望こそが、天文学の革命の原動力であり、宇宙は天文学の展開に応じてその多様な側面を少しずつ見せてきた、とまとめることができます。また、人類が手に入れた大気圏外に飛び出す宇宙飛行体技術は、天文学の展開に新しいインフラを与えたという点で画期的でした。

### 3. 宇宙科学の最前線

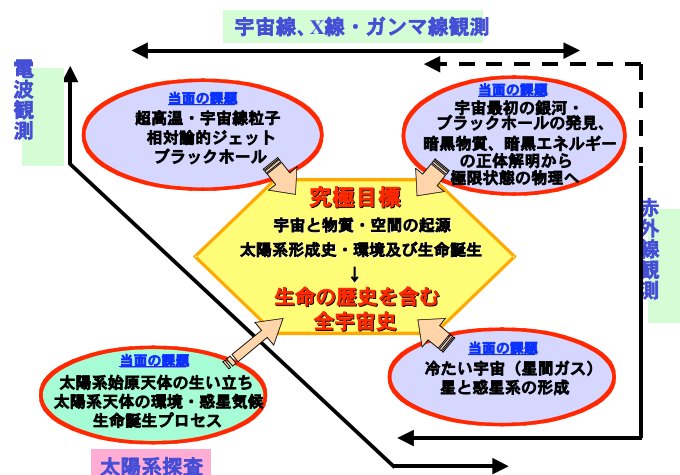
「見えない宇宙をみてやろう」というのは、天文学に限らず、あらゆる実験科学にとって基本的な衝動なのでしょう。素粒子物理学では分子から原子・原子核・素粒子へとさかのぼり、物質の極微を極めようとしていますし、地球物理学では海洋の深部探査や地球の内部診断が進められています。肝腎なのは、それぞれの分野で、つい最近まで手が届かなかった「見えない世界」をターゲットとして特定し、その世界への扉をこじ開ける道を見つけることです。

宇宙科学というのは、宇宙飛行体を用いて大気圏外から行う天文学や太陽系探査科学の総称です。もちろん太陽系天体も天文学の重要な対象のひとつです。しかし、ここでは、望遠鏡を使ってデータを集めてきた天文学的手法に加えて、現地に赴いての直接探査により、さまざまな地球物理学的手法をも使える科学対象になったことに着目して、天文学と並べてあります。

さて、21世紀初頭の宇宙科学をおおざっぱに概観すると、次ページの図のような課題に直面していることが分かります。おおまかに括れば、全宇宙を対象とする天文学と太陽系を対象とする太陽系探査科学に分けられますが、重要なのは、両者がともに「生命の歴史」をキーワードとして含んでいることです。天文学の具体的な課題として生命が取り上げられるためには、当然ながら、望遠鏡性能の画期的な向上が必要です。また、太陽系探査にしても、これまでの技術的到達点を大きく越えたブレークス

ルーがあることが前提となります。それでも、両者を併せて、生命の歴史を含む全宇宙史の解明が射程圏内に入ってきたということが、私たちが生きている 21 世紀の天文学・太陽系探査科学の大事な特徴なのだと思います。

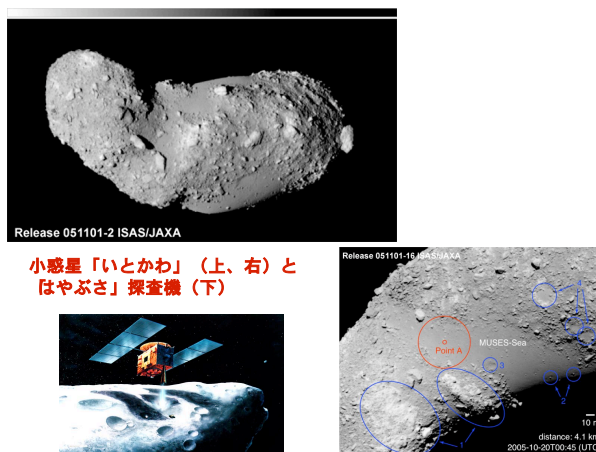
## 宇宙科学の目標



### 4. 日本の宇宙科学の計画

我が国の宇宙科学は、1970 年「おおすみ」の打ち上げ 이래、着実な前進を遂げて、今ではエックス線天文学、赤外線天文学、電波天文学、太陽物理学の諸分野で世界から注目される特色ある成果を生み出し、米国 NASA から欧州 ESA から一目を置かれる存在になっています。また、太陽系探査分野でも、昨年秋に注目を集めた「はやぶさ」探査機の小惑星「いとかわ」への接近と着陸に見られるように、いよいよ本格的な太陽系探査に乗り出す足掛かりを築くところまできています。

講演では、これらの宇宙飛行体の成果を踏まえて、21 世紀の課題に取り組もうとする各分野の計画を紹介します。



小惑星「いとかわ」(上、右)と  
はやぶさ探査機(下)