

次世代の大望遠鏡と宇宙の謎

1. 大望遠鏡時代

早いもので、21世紀もすでに数年が経ち、気がつけばもう00年代も半ばを超えてしまいました。振り返って、20世紀最後の10年から21世紀初頭、天文学においては、とても大きな発見が相次ぎました。我々の太陽系以外に、惑星を持つ星が100個以上も知られるようになる一方、遠い宇宙の観測では、100億光年を越える銀河の世界にも手が届くようになり、また、マイクロ波宇宙背景輻射と呼ばれるビッグバンの名残の電波の観測からは、閉じた宇宙か、開いた宇宙か、といったこの宇宙の「かたち」や、宇宙が誕生してからの年齢が、これまでより、ずっと確からしく求められました。人類、ひいては、地球、太陽の誕生にいたる大きな物語を、今、我々はこの手で描き出そうとしているのです。

これらの研究成果は、地上や地球の周りを巡る衛星軌道からの、様々な観測によっていますが、華々しい躍進を遂げた天文学のこの10年を支えてきたのは、なんとと言っても、すばる望遠鏡をはじめとするケック(Keck)、ジェミニ(Gemini)、そしてVLT(Very Large Telescopes)などの「光」の大望遠鏡、そして、おそらく、皆さんもよくご存知の、ハッブル宇宙望遠鏡でしょう。



図1：8-10mの口径（主鏡の直径）を持つ世界の大光学望遠鏡。上段、左から、すばる望遠鏡（日本）、ケック望遠鏡（アメリカ）、下段、ジェミニ望遠鏡（アメリカ）、VLT（ヨーロッパ）。すばる、ケックはハワイのマウナケア山頂、ジェミニはハワイとチリに一台ずつ、VLTは4台が並んでチリに建設されました。

天文学者は、さまざまな波長の電磁波、電波や赤外線、紫外線、そしてエックス線、ガンマ線で宇宙を観測しますが、上の4つの望遠鏡は、いずれも、人間の目で見える光、すなわち可視光線を中心に、紫外線、赤外線の一部の波長で宇宙を観測します。天体望遠鏡の歴史は、17世紀のガリレ

オ・ガリレイがその望遠鏡を月や木星に向けた時代から始まったわけですが、望遠鏡の口径、すなわち光を集めることが出来るレンズや鏡の大きさは、5 cm、10 cm、1 m、2 m、5 m、と次第に大きくなり、そして、ひとまわり大きな望遠鏡が誕生するたび、新たな宇宙の姿がきりひらかれてきたのです。また、地球の大気の影響を受けない宇宙空間からは、ハッブル望遠鏡が、非常にシャープな宇宙の姿をもたらしてきました。



図2：アメリカ宇宙望遠鏡機構が運営する、口径 2.3 m のハッブル宇宙望遠鏡。大気の影響を受けない宇宙空間から観測します。

2. すばる望遠鏡で、宇宙の「何」がわかったのか？

さて、それでは、これら大望遠鏡では、宇宙のいったい何がわかったのか？そして何が、まだわかっていないのか？大望遠鏡が観測する天体は、様々ですが、ここではいくつかの例をあげながら、そして、我が日本のすばる望遠鏡を中心に、その成果をふりかえってみましょう。

すばるなどの大望遠鏡にたくされた、我々人類の挑戦、そこには、(1) 宇宙の果てが見たい。宇宙の果てにどこまでも近づきたい、という遙かな想い、そして、(2) 宇宙の中で、どのようにして銀河が、星が、そしてこの太陽系のような惑星が誕生し、生命をはぐんだのか？その謎に一步でも近づきたい、という願いがあったのではないかと考えます。

すばる望遠鏡が達成した、大きな成果のひとつは、見える限り最遠の宇宙、最古の宇宙の姿を捉えたことです。「すばる深宇宙探査」とよばれる研究では、およそ128億光年の距離にある、これまで、詳細な値が求まったものとしてはもっとも遠い銀河を発見することに成功しています。宇宙の年齢は、約137億年であることが知られていますから、これは、宇宙の歴史を、最初の10億年以下までさかのぼり、おそらくは生まれつつある銀河の「種（たね）」を観測したものと考えられます。この宇宙の年齢は137億年と、有限ですから、我々が観測することの出来る宇宙には、見かけ上の「果て」があります。それより遠い宇宙からの情報は、残念ながら、決して見ることはできません。同時に、この観測できる「宇宙の果て」は、太古の光を捉える、宇宙の始まりへとさかのぼる「時間の果て」でもあるわけですが、すばる望遠鏡の観測は、人類の歴史上、この観測できる宇宙の果てにもっとも近づいたのです。また、最近、すばる望遠鏡は、やはり128億光年弱という、もっとも遠い宇宙での「爆発」現象も詳細に捉えることに成功しています。ガンマ線バーストと呼ばれるこの爆発は、太陽の何10倍も重い星の最後の姿ではないか、と考えられています。つまり、128億年前の宇宙で、誕生し、そして週末を迎える星の姿をも、克明に、捉えることができたのです。他にも、「鉄などの重元素がもっとも少ない」いわば初期の宇宙の化石のような星

の発見などの成果もあります。すばる望遠鏡は、確かに、宇宙の歴史の始まりの姿を、我々に届けてくれるのです。また、すばる望遠鏡は、100億光年を越える太古の宇宙で、銀河の誕生してくる現場を捉えることにも成功しています。数億光年にわたる若い銀河の大規模な構造や、その中に観測される、天の川やアンドロメダ銀河の数倍以上に広がる巨大な電離ガス雲などが多く発見されています。

銀河の中で、星は誕生します。我々の太陽も、約46億年前、天の川銀河の円盤の片隅で、仲間の星々とともに誕生したと考えられています。我々の銀河系では、現在もまた、（銀河誕生の頃ほどではないにせよ）連綿と星が作られ続けています。星々の誕生の瞬間にどこまで迫れるでしょうか？また、生まれつつある若い星の周囲では、何が起きているのでしょうか？そして、我々と同じような惑星を持つ太陽は、この宇宙にどれだけあるのでしょうか？

すばる望遠鏡による研究では、その非常にシャープな解像度や、赤外線撮像能力を活かして、これまで、惑星の誕生領域ともいうべき、生まれたばかりの星の周囲をとりまく塵の円盤すがたを明らかにしています。とくに「ぎょしゃ座AB」星という名前の若い星の周囲の塵円盤をとらえたコロナグラフ・カメラという装置の画像は、多くの人を驚かせました。のっぺりとした塵円盤の姿を想像していた我々の前に現れたのは、数本の長い腕を持つ、渦巻き状の複雑な形をした円盤だったのです。一方、太陽系以外の惑星の探査は、多くの望遠鏡で、非常に熱心に進められています。もっとも、その多くは、惑星の姿を直接捉えるわけではなく、惑星が太陽の周りを回るときの、太陽のほうの、ほんとうに微妙な毎秒数10mという「回転運動」の観測を通して、そこに惑星らしき天体が存在することを証明しています。また、最近では、すばる望遠鏡は、すばるによる初の系外惑星（太陽系外の惑星）を持つ星を発見しました。その後、この惑星は超巨大コアを持つ驚愕の惑星であるらしいことがわかるなど、たいへん興味深い成果を挙げています。

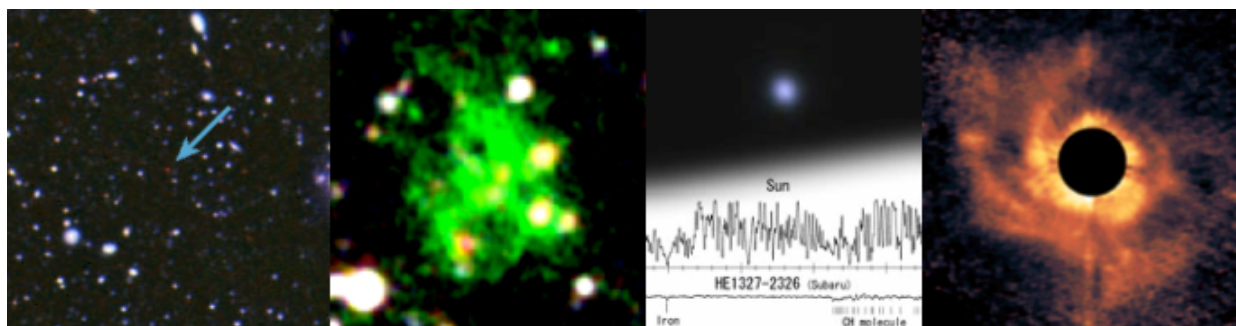


図3：すばる望遠鏡による観測成果の一端。左から、128億光年、現在知られている宇宙最遠（最古）の銀河、115億年前の巨大な銀河の誕生の現場、我々の天の川にあるこれまで知られているもっとも鉄元素含有量が少ない星、ぎょしゃ座AB星の星周円盤。

3. 残された宇宙の謎

それでは、すばる望遠鏡は、宇宙の謎を、すべて解き明かしたのでしょうか？いえいえ、とんでもありません。観測すればするほど、宇宙には多くの謎が広がってゆきます。例えば、すばる望遠鏡は128億光年の銀河を観測しましたが、本当に最初に銀河やその種となる小銀河、あるいは種族IIIと呼ばれる第一世代の天体は、さらに数億年をさかのぼって誕生してきたと考えられます。まだまだ、我々が見える宇宙の「果て」までには、謎が残っています。形成中の巨大銀河らしい天体は、すばるでも、多く発見されるようになってきました。しかし、具体的、どのようにして銀河の誕生時に数多くの星が誕生したのか、多数の超新星爆発が、どのような影響をおよぼしたのか、など、そのプロセスの詳細は、まだ謎のままです。そして、太陽系外惑星。我々の究極の目標は、地球と同じような「地球型」の惑星を直接、画像として撮像し、そしてさらには、そこに生命の兆

候をさぐるということですが、現在の系外惑星の研究は、まだまだ、その入り口に立ったところです。さらに、宇宙のエネルギーの70%を占める「暗黒エネルギー」の問題、未だ正体がわからない、「暗黒物質」の問題など、さらに大きな謎が、我々を待ち受けているようです。

4. すばるの見る夢、ハッブルの見る夢

より遠くまで、そして、より鮮明に宇宙を観測したい——私たちたちの欲求は、とどまるどころを知りません。次々と現れる宇宙の謎に挑むには、さらに高性能の観測装置を開発し、挑んでゆくことが必要になります。望遠鏡を空に向け、その不思議に眼を見張ったであろうガリレオの時代から、宇宙の謎を知り、より大きな望遠鏡を作り、答えを見つけ、そして、さらに大きな謎にぶつかる。そんなふうにして、人類は、自分たちの住むこの宇宙を理解してきました。

それでは、すばる望遠鏡、ハッブル宇宙望遠鏡につづくのは、どのような望遠鏡でしょうか？

国立天文台では、すばる望遠鏡では見えない、宇宙の「暗黒面」すなわち、ガス、塵からの電磁波を観測するアルマ電波望遠鏡を、アメリカ、ヨーロッパとの国際協力でチリに建設をはじめようとしています。その先には、地上の光学望遠鏡としては、直径30m、なんとすばる望遠鏡の4倍に達する、巨大な反射望遠鏡の建設に向けた検討が始められています。アメリカや、ヨーロッパでも、8-10m級望遠鏡に続く、口径30mや、50、そして100mに考えられてきた超巨大望遠鏡計画が進められており、世界の望遠鏡は新時代への動きを高めつつあります。

一方、宇宙からの観測では、ハッブル宇宙望遠鏡に続く HOP 望遠鏡計画や、ジェームズウェッブ宇宙望遠鏡 (JWST)、そして日本の赤外線衛星 SPICA など、こちらも、次世代の望遠鏡に向けて多くの検討が進んでいます。

本講演では、すばる望遠鏡に続く計画を中心に、日本で、そして世界で、すばるなど大望遠鏡や、ハッブル宇宙望遠鏡に続くどのような計画があり、そして、我々は、宇宙のどのような姿を明らかにしようとしているのか、光赤外線での次世代の大望遠鏡の夢をお話しさせていただきます。

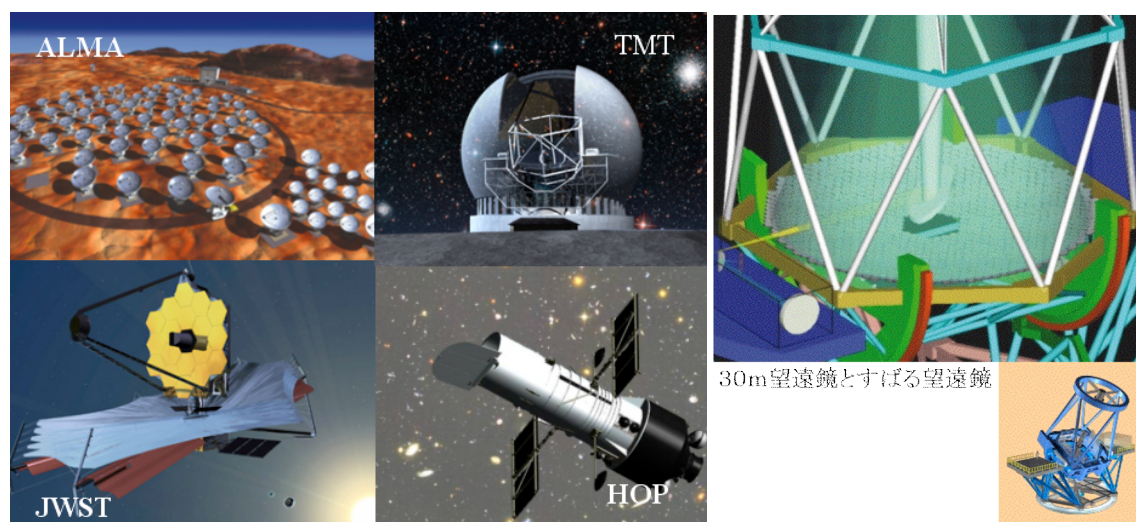


図4 日本と世界の次世代望遠鏡計画（いずれも検討段階の模式図）。日米欧による ALMA 電波望遠鏡（左上）、アメリカの30m望遠鏡計画 TMT（中上）、アメリカの6m宇宙望遠鏡 JWST（左下）、日米のハッブル後継機計画 HOP（中下）、日本の30m望遠鏡計画検討図（右）。