

最先端の天体望遠鏡で 第二の地球を探す!

日本が世界に誇る国立天文台ハワイ観測所「すばる望遠鏡」(図1)は、1999年のファーストライト(試験観測開始)以来、宇宙の謎を次々に解き明かしてきました。家先生は、この望遠鏡の計画に初期の段階から深く携わり、完成後も観測装置の進化に力を尽くしながら、世界記録となる最も遠い銀河を発見されました。そして現在、米国、カナダ、中国、インドなどとの国際協力によって次世代の超高性能望遠鏡である「TMT」の建設を国際的にリードしています。天体望遠鏡がもたらす宇宙の謎の解明について、お話を伺いました。

■渦巻銀河の研究から
高性能望遠鏡の必要を実感
宇宙に興味をもたれたのは、いつごろからですか?

最初に銀河に興味をもったのは、小学校の図書室で天体の写真集を見た時だと思います。子ども心にさまざまな形の渦巻きがなぜできるのか、不思議に思いました。高校では受験数学が得意でしたので、大学進学時には数学者をめざしていましたが、本当の数学に触れ、さっさとあきらめて、天文学科に進学しました。大学院では、子どものころからの疑問であった銀河の渦巻き形成の理論研究を行いました。学位論文は自信作となりましたが、自分の組み立てた理論が本当に宇宙の法則に合っているのか、実際の観測で確かめないと気が済みません。それで、1972年ごろから、岡山天体物理観測所(岡山県浅口市)の直径188cm反射望遠鏡で観測も始めました。当時日本最大の望遠鏡で銀河の写真を撮り、渦巻きの形や明るさの分布を測定したのです。

ところが、同じ銀河を観測した海外の論文を読むと、岡山の望遠鏡による観測では、海外の研究者にまったく太刀打ちできないことがわかつてきました。岡山は空も比較的よく晴れて、夜空も暗いの

で望遠鏡がつくられたのですが、水島コンビナート(岡山県倉敷市)が発展するにつれて夜空が明るくなり、銀河の写真を撮っても微かなところまで写らないのです。それで何とかしなければと思い、技術開発や観測装置に強い興味を抱くようになりました。

そのころから、望遠鏡建設への夢がふくらんでいったのですね。

1977年に大学の助手になりましたが、1982年から2年間ヨーロッパへ留学する機会に恵まれました。最初の年は英国のケンブリッジ大学で渦巻き形成の研究を発展させ、2年目にはドイツのミュンヘンにある欧洲南天天文台(ESO)に滞在しました。ESOはチリのラ・シヤ天文台に直径4mの望遠鏡をもつていて、ちょうどその望遠鏡につけるエシェル分光器という観測装置が完成したところでした。この装置を使うと銀河のスペクトル観測ができるので、観測提案書を4つ書いたら、3つが採択され、最初の観測者としてチリにひと月ほど赴きました。ラ・シヤ天文台で観測をするうちに、国内の望遠鏡や観測装置とはレベルが違うことを実感し、何とかしないといふ思いをさらに強くしました。



国立天文台名誉教授
家 正則 いえ まさのり

1977年東京大学理学系大学院博士課程修了。理学博士。東京大学理学部天文学科助手、東京大学東京天文台助教授を経て、1992年より国立天文台教授ならびに東京大学大学院教授、総合研究大学院大学教授を併任。2012~14年3月国立天文台TMT(次世代超大型望遠鏡)推進室長、2014年4月より国立天文台TMT日本代表、5月よりTMT国際天文台評議会副議長。2015年4月より現職。1999年「すばる望遠鏡」完成によりプロジェクトチームに対し菊池賞受賞。2008年仁科記念賞、2011年東レ科学技術賞、紫綬褒章、2013年日本学士院賞など受賞、受章多数。

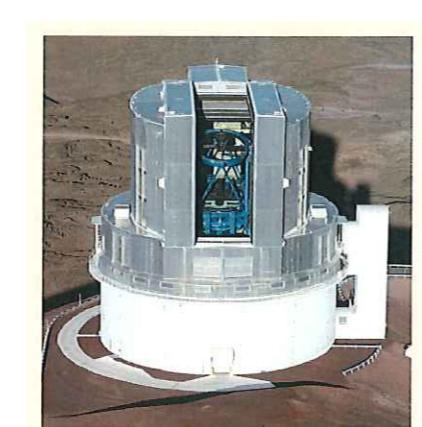


図1 米国ハワイ島のマウナケア山頂にある「すばる望遠鏡」
写真提供: 国立天文台

設しようという堅実派と、一挙に海外に最高水準の望遠鏡をつくるべきだという積極派に分かれ、議論は白熱していました。積極派のリーダーは、小平桂一先生(1994~2000年まで国立天文台長)でした。先生の命を受け、1984年に帰国後新しい望遠鏡の技術検討会を組織し、1989年まで、合計50回ほどの勉強会を重ねて、積極派の提案する「すばる望遠鏡」の構想が固まっていったのです。

■世界最大の鏡を備えた「すばる望遠鏡」の実現をめざす 画期的な望遠鏡の製作がスタートしたのは1991年からですね。

「すばる望遠鏡（以下、すばる）」は、当時世界最大、直径8.2mの1枚鏡をもつ光学赤外線反射望遠鏡です。鏡の材料は膨張率がほぼ0%という特殊なガラスでなければなりません。こんな大きな特殊ガラスの鏡をつくったことのある会社は世界のどこにもありませんでした。いろいろ検討した結果、製作可能な直径2m程度の特殊ガラスを44枚つくり、これらを切り貼りして1枚の大型鏡材にするという米国のメーカーの提案を採用することにしました。

鏡は厚いと重くなり値段も高くなるので、できるだけ薄くつくりたいところです。ところが、薄くすると変形しやすくなり鏡の形が崩れます。この問題を解決するために、コンピュータ制御で常に歪みを補正する方法を採用することにしました。

能動光学というこのアイデアは、ESOのレイモンド・ウイルソン氏が発案したもので、私は在欧中にその原理を示す式に接したのですが、学位研究で銀河の渦巻き形成の理論に用いたものとほぼ同じ式を使うことで理解しやすく、この方法ならうまくいくのではないかと直感しました。

その原理と式について、簡単に説明していただけますか。

渦巻銀河は、平たいどら焼きのような

薄い円盤の形をしていて、そこに渦巻きの模様が発生しています。私の研究は、円盤状に分布した星やガスがどのように揺れるかを物理学の微分方程式を使って明らかにするというものでした。一方、鏡のガラスも薄い円盤です。鏡の場合は円盤のガラスがどのように変形しているかを測り、その変形を直すにはどう力を加えたらよいかという問題でした。ごく簡単にいうと、銀河も丸い円盤、ガラスも丸い円盤で、それがどう揺れるか、どう変形するかは共通しているところが多く、同じような式で扱うことができたのです。

「すばる」の建設には9年の歳月を要しました。プロジェクトの初期には、ガラスが割れたという悪夢を何度も見たものでしたが、「すばる」は1999年1月に無事ファーストライトを迎えるました。

「すばる望遠鏡」の撮る天体の写真が鮮明な秘密はどこにあるのですか？

地上の望遠鏡で観測するときは、地球大気を通って来る光をとらえて天体を見ます。空気は風や温度差によって揺らぐので、天体からの光も乱されます。例えば、波立つ池の底から外を見ているようなものです。米国の「ハッブル宇宙望遠鏡(HST)」は大気の外から宇宙を観測するので、鮮明な画像が撮れるのです。

この技術により、「すばる」は「ハッブル宇宙望遠鏡」の3倍の視力をもつことになりました。

しかし、「すばる」も負けていません。「すばる」は、空気の揺らぎによって光がどのように乱されているかを毎秒1000回測定し、光の乱れをリアルタイムで直してしまう凄技を身につけています。1953年に米国の天文学者がその原理を考えた「補償光学」とよばれる技術です。私たちも1990年代から「すば

図2 レーザーガイド補償光学用レーザー
「すばる望遠鏡」から強力な特殊レーザー光を照射すると、上空90kmの高さにあるナトリウム原子が光り、星がないところでも人工のガイド星をつくることができる。この人工星の揺らぎを測ることで、補償光学が使えるようになった。この写真は、夜空に初照射されたレーザー光を撮ったもので、人工ガイド星は写っていない。

写真提供：国立天文台

る」にこの“魔法のめがね”を仕込むよう開発を始めました。第一世代の装置ができるのは2002年です。確かにこの装置をつけると「すばる」の視力（分解能）が上がるのですが、観測できる天体は限られていきました。実は、補償光学装置を働かせるには、空気の揺らぎによる光の乱れを高速に詳しく測るために“ガイド星”となる十分に明るい星が必要なのでした。ガイド星の光の乱れ方を測って直すことと、周りの星もきれいにくっきりと写るというわけです。しかし、近くにガイド星があり、ラッキーな観測ができる機会は全体の1%ぐらいしかありませんでした。

この問題を解決するために考えられたのが、「人工星」をつくりてしまおうというとんでもないアイデアです。私たちが2006年に完成した装置は、「すばる」から特殊なレーザー光を発射して、上空90kmの高さで約11等星として光る人工星をつくることができる“レーザーガイド星生成装置”です。この装置の完成で、全天のどこでも補償光学が利用できるようになりました。こうして第二世代の“魔法のめがね”が完成したのです(図2、図3)。

この技術により、「すばる」は「ハッブル宇宙望遠鏡」の3倍の視力をもつことになりました。

(1) 宇宙の歴史を見る
「すばる」を使った研究で、私自身も宇宙で一番遠い銀河の観測世界記録を

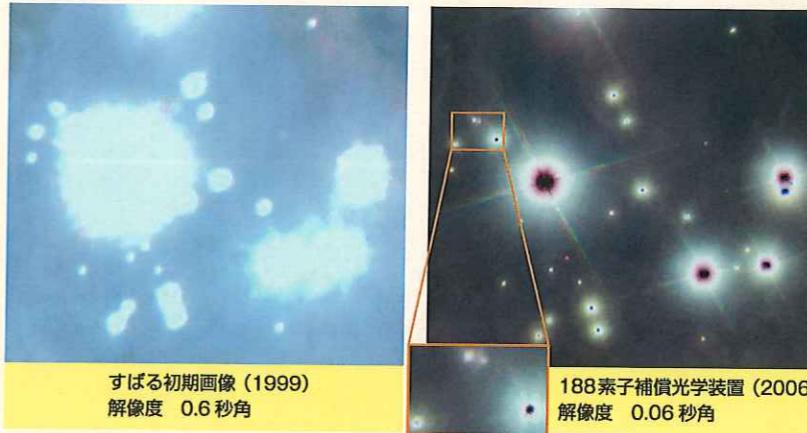
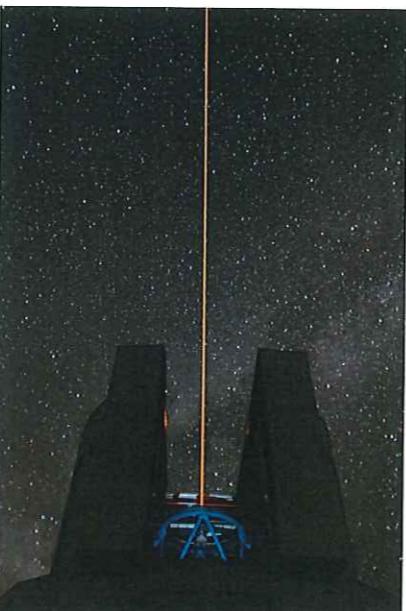


図3 「すばる望遠鏡」の画像の進化

左は1999年の「すばる望遠鏡」ファーストライトのときに撮影されたオリオン座のトラペシウム星団。拡大すると星がじんんでいる。右は7年後に、第二世代の補償光学装置を用いた観測結果。星の大きさは10分の1になり、1999年当時には見えなかった星も撮影されている。

写真提供：国立天文台

■次の夢は直径30mの鏡をもつ超高性能望遠鏡

2014年の9月から建設が始まっている「TMT」という新しい望遠鏡には、どのような特徴があるのですか？

「TMT(Thirty-Meter Telescope)」は、直径30mの鏡を備えた望遠鏡です。鏡の面積は「すばる」の約13倍ですから、集光力も13倍。より高度な補償光学を採用するので、視力は「すばる」の4倍に達し、32等級までの星を観測できると推定しています。ちなみに、新月の月面で1匹のゲンジボタルが光っているとすると、地球から見たときのその明るさが約32等級です。2020年代に活躍するこの望遠鏡に期待されているのが、主に次の3つの観測テーマです。

(2) 第二の地球を見つける

太陽以外の恒星の周りを回る惑星のことを、系外惑星といいます。これまでに、惑星が存在する証拠を確認できた恒星はすでに約1700個を超えています。天文学者は、地球によく似た惑星の発見に大きな期待を抱いています。そんな惑星を見つけるには、望遠鏡で直接観測することが必要です。実は「すばる」も、主星(太陽)の光を反射して光っている



図4 「TMT」の完成予想図

図版提供：国立天文台 TMT 推進室 / 4D2Uプロジェクト

木星よりも大きな系外惑星の写真を補償光学装置を用いて撮影することにすでに成功しています。「TMT」なら、地球に似た惑星を高い確率で撮影できるだけでなく、その惑星の大気の成分などを詳しく調べることができます。

(3) ダークエネルギーの解明

ビッグバンで始まった宇宙は、時間とともに膨張しますが、その勢いはだんだん鈍っていると考えられてきました。しかし最近の観測からは、約70億年前ころからそのスピードがむしろ加速してきたと考えられています。これが本当なら、宇宙をふくらませるエネルギーが必要なので、正体不明のそれに「ダークエネルギー」という名前がつけられています。この現象を確かめるためには、宇宙の膨張速度の変化をより精密に測る必要があります。「TMT」では、各時代の天体の赤方偏移を精密に測ることができます。それにより、ダークエネルギーが存在するかどうかの直接証拠を得ることができます。

このように、宇宙には未解明の謎がまだたくさんあります。天体望遠鏡技術の進歩は、これらの謎に近づく有力な手段なのです。

天文学は人類と宇宙を考える学問です

天文学者になりたいという夢をもっている人はたくさんいます。日本には、「すばる望遠鏡」やチリのアタカマ高地にある「アルマ望遠鏡」など世界一の観測ができる設備があるので、大学の天文学科に入り良い研究をして学位論文を書き、その成果を世界に問ううえで大変有利な環境が整っています。ただ、大学や天文台のポストは限られているので、残念ながら学位を得ても皆が研究者の職に就けるわけではありません。

大学で理学博士の学位をとつてから、大学や高校で教育活動に従事する人、コンピュータ技術や装置開発経験を生かして企業や銀行などに就職する人、科学館やプラネタリウムなどで、宇宙に対する理解を広める仕事をしている人もたくさんいます。こうした仕事は、とても重要です。国を超えた協力が必要で、実際に政治的利害を超えた国際協力を実現している天文学は地球の未来を見据える視点を育てます。「天文学」を広くとらえ、天文学の素晴らしさを伝える努力を続けていきたいと考えています。

