

す ば る 望 遠 鏡

宇宙を探る世界最大級の“分析装置”として

1998年末、ハワイ・マウナケア山頂に宇宙を見つめる新しい目‘すばる望遠鏡’が完成した。宇宙の彼方からやってくる様々な天体のかすかな光や赤外線を経径8.2mの鏡で集める巨大な望遠鏡である。こうして集められ、蓄積された光や赤外線から、天体の成分や物理状態を探る世界最大級の分析装置として、すばる望遠鏡に装着された各種の装置が活躍している。本稿では、すばる望遠鏡が宇宙をどのように探っているかをいくつかの例を挙げながら紹介する。

渡 部 潤 一

1 はじめに

天文学者に必要なのは忍耐である。観測や研究の進展がいわば自然任せ、相手任せのことが多く、自助努力でどうにもならない限界があるからだ。例えば、今夜、あの星を観測しようと思っても、悪天候に阻まれればお手上げである。晴れ間を縫って、やっと観測したとしても、光量が足りず、目的が達成できないことは多い。かといって、光源の強さを強くできるはずはない。そして、辛抱強く次のチャンスを待つ。が、望遠鏡の割り当てや季節によって観測できる天空の領域が決まってしまうので、大抵の場合、早くて1年後。これでもまだ季節毎に巡ってくる星なら良いほうである。筆者は太陽系天体の研究者だが、例えば彗星（ほうきばし）を観測しようと思っても、その出現は予測できないことが多い。忍耐強く、時には数年も明るい彗星が現れるのを待つしかないのである。

試料を手にとりて分析できず、遠くから眺めるだけしか許されない、いわば受動的ともいえる天文学の観測は、一般の実験系物理・化学研究者から見ると、とても歯がゆいに違いない。そんな天文学者が唯一、能動的に努力できることといえば、天体からのかすかな光や赤外線を、効率よく、そして大量に集める装置、すなわち天体望遠鏡を大きくすることであった。

2 天文学者の悲願：大型天体望遠鏡

望遠鏡の基本性能は口径、つまり光を集める鏡の直径でまず決まる。口径が倍になれば、4倍もの光を集められる。常に光が不足しがちな、しかも受動的な天文観測において、この差は大きい。

1960年、日本の天文学者の悲願であった大型の天体

望遠鏡が完成した。口径188cm反射望遠鏡が当時の東京天文台岡山天体物理観測所（岡山県鴨方町）に設置された。これはパロマー山の口径5m、ハミルトン山の3m、ウイルソン山の2.6m、マクドナルド天文台の2mに次ぐ、世界第5位の巨大望遠鏡であった。それまで口径1m以下の望遠鏡で甘んじてきた日本の天文学者は、晴天率の良い岡山の地において、この望遠鏡を活用して様々な成果をあげていった。1966年には、はくちょう座X-1（X線を放射する天体）を世界ではじめて光学的に同定したり、1970年代には低温度星の炭素の量を測定したり、1994年には彗星が木星へ衝突した時のきのこ雲の赤外線を捉えたりと、その時々大いに活躍を続けた。日本の観測天文学は世界の第一線に並んだといえる。その後、電波天文学分野でも、1982年には野辺山に直径45mのパラボラアンテナを完成させ、地上ではありえないような星間分子を次々に発見していった。また、1980年代から今日に至るまで「てんま」「ぎんが」「あすか」「ようこう」などのX線を捉える人工衛星が太陽や銀河などの新たな宇宙像を次々と明らかにしてきた。

しかし、光学望遠鏡は1960年当時の188cm望遠鏡のままであった。そろそろ次の大型望遠鏡を、という話が日本の天文学者の間で始まった1980年には、すでに口径188cm望遠鏡の鏡の大きさの順位は世界第26位まで下落、1989年には中国・北京天文台に口径216cmの天体望遠鏡が完成し、「東洋一」の座からも滑り落ちた。小口径でも天文学の研究にとっては欠かせないものの、世界の最先端を維持するには非力なことは明らかであった。

「新しく大型の天体望遠鏡を作りたい」。こうして、新たな思いが日本の天文学者の悲願になっていった。

表 1 現在稼働中の世界の大望遠鏡（光学・赤外線）

名称	口径 (m)	設置場所・年	運用	特徴
ケック	9.7	ハワイ (1993.6)	米	分割鏡・2台
すばる	8.2	ハワイ(1999)	日	多機能・広視野
VLT	8.1	チリ (1998-2000)	欧州連合	4台, 全合成可
ジェミニ	8.0	ハワイ(1999) チリ (2000)	米	南北半球に各1台
マゼラン	6.5	米(2000)	米, 伊	双眼望遠鏡
ハッブル	2.4	地球周回軌道 (1990)	米	大気の揺らぎ無く高解像度

3 次期大型望遠鏡計画の始動

1980年代、若き天文学者たちは新しい望遠鏡計画について熱い議論を戦わせていた。せっかく世界一級の大望遠鏡を作るのだから、天体観測条件の良いところに越したことはない。岡山は日本の中では極めて優れた場所だが、もともと日本そのものが天文学の観測にはそれほど適したところではない。山紫水明の国であるから、晴天率が悪く、特に赤外線観測にとって大敵である水蒸気が多い。そして気流の乱れが大きく、星の光がゆらゆらと揺らめくため、検出器上に焦点を結ばせた星像が広がってしまい、効率が落ちる。さらに国内は光害（上空に漏れた地上の人工光が、大気中の塵や水蒸気に反射し、空全体が明るくなってしまう現象）もひどくなって、いまや中規模の都市でも星を結んで星座の形を辿ることさえ難しい。そんな条件下で大望遠鏡を設置しても、稼働率も効率も低くなる。

そこで、政情や国情も加味しつつ、観測条件を比較した結果、選ばれたのがハワイ島マウナケア山頂である。ここは富士山よりも高い標高 4200 m の地で、世界的に見ても天体観測に非常に適した場所として、欧米各国の望遠鏡も続々と進出していた。晴天率が高く、赤外線の観測にとって邪魔となる湿度も低く、大気の透明度も高い。大気の乱れも小さいために、星の像がぼけてしまうこともない。条例によって屋外照明が低圧ナトリウムランプに限られており、将来の光害の増加も抑えられている。地元のハワイ島ヒロ市は日系移民も多く、ありがたいことに日本の望遠鏡が来ることに対する歓迎ムードも強かった。

こうして 1991 年、山頂では地盤改良の工事が始まり、望遠鏡の命とも言うべき主鏡もアメリカの会社で製作が始まった。総予算約 400 億円、9 年計画の大プロジェクトの開始であった。このあたりは NHK のプロジェクト X でも放映されたので、ご存じの方もおられるだろう。

ところで、この望遠鏡の正式名称は大型光学赤外線望遠鏡である。これでは世界的にも通用しないし、覚えて



写真 1 各国の天文台がひしめき合うハワイ島マウナケア山頂風景

もらえないので、すぐに愛称を一般公募した。全国から約 3500 もの案が寄せられ、愛称決定委員会で決定したのが「すばる」である。実は、この名前は第 1 位だったわけではない。トップを集めたのは「ビッグ・アイ（巨大な目）」だったが、これはパロマー山の 5 m のニックネームとして既に世界中に通用しているものであった。第 2 位が「銀河」だったが、当時大活躍していた宇宙科学研究所の X 線衛星に同じ名称が付けられていた。そのため、第 3 位の「すばる」に決まった。ご存じのように、日本でも古くから親しまれていた星の集まりであるおうし座の散開星団 { プレアデス星団, M (メシエ) 45 } の和名で、枕草子にも星の中で最も美しいものとして紹介された天体である。

こうして国立天文台内にも「すばるプロジェクト室」が誕生した。当初は、すばるプロジェクト室宛の郵便物が、同じ町内にある同名の自動車メーカー F 社に届いてしまう混乱もあったものの、建設は順調に進んでいった。

4 開眼したすばる望遠鏡

大型望遠鏡の最大の困難は、光を集める鏡が大きく重く、望遠鏡自身も重くなるなどにより、各部分で自重変形が起きてうまく焦点を結べなくなる点であった。この難点を解決するのに、すばるは鏡を極力薄くして、背面から自重変形をキャンセルするように加重を加える方法を、そして望遠鏡全体をコンピュータ制御を駆使した星の追尾方式である経緯台方式を採用した。

まず心臓部ともいえる直径 8.2 m の主鏡は、熱による膨張収縮を極力抑えるために超低膨張ガラス材を用いた。約 1.3 m の大きさの六角形のガラス材を 44 枚並べ、一度融かして融合することで一枚のガラス板を作る。材料に不均一があったり、急激に冷やしたりするとガラス材が割れるので、この作業だけで実に 3 年半も費やした。出来上がったガラス板は、1994 年夏にピツ

ツバークの研磨メーカーに持ち込み、鏡面の検査を行いながら、表面のでこぼこを修正していくという方法で、研磨を繰り返していった。最終的には「関東平野を0.2 mmの凹凸までならす」平滑度を実現し、1998年秋にマウナケアに搬送された。搬入された鏡を真空蒸着によって表面にアルミニウムの膜を張り、文字どおりの「鏡」として、望遠鏡本体に組み込んだ。

鏡は、あまりに大きいので、望遠鏡の向きによって微妙にたわみ、その性能を発揮できなくなる。これが、いままで大きな望遠鏡を作れなかった一因である。これを鏡の背面に261本の鏡を支えるアクチュエーター（力を加減できる押し引き機構）を配し、鏡面の形状が常に最適に保たれる工夫をして克服し、常に100 km離れた五円玉の穴を見分けられる分解能を実現している。

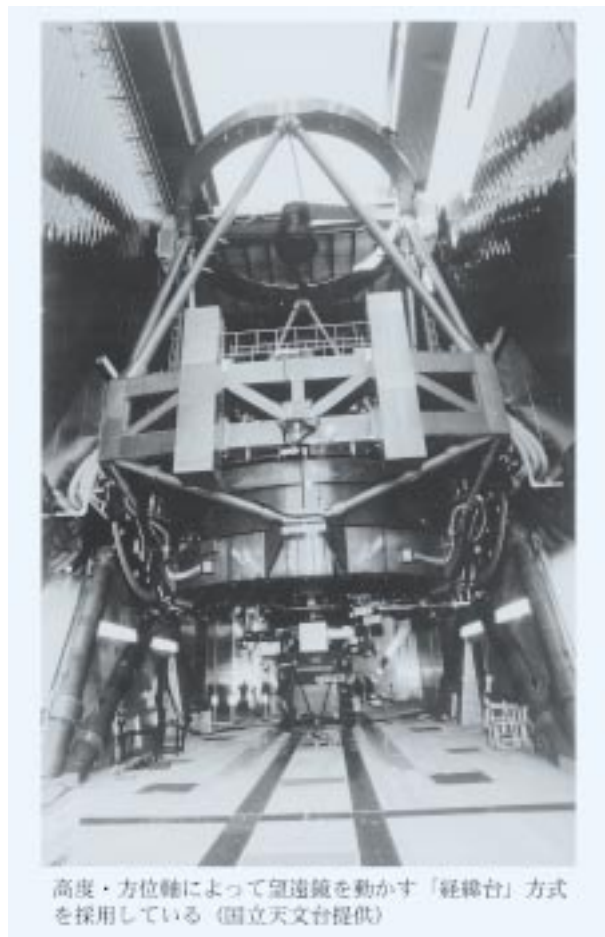
また望遠鏡は、星が動いていく日周運動に追従して向きを変えなくてはならない。このために望遠鏡駆動軸の一つは地球の自転軸に平行に、もう一つはそれと垂直にする赤道儀方式を採用するのが普通である。ところが、この方法では重力に対する望遠鏡の構造物としての対称性が悪く、全体が重くてたわみも激しくなる。そこで水平垂直の2軸で制御する経緯台方式にして全体を軽くし、追尾はコンピュータ制御を駆使した。それでも、望遠鏡全体の重さは500トンにも上る。望遠鏡全体を包んで雨風から守る建物（ドーム）の地上高は43 m、直径も40 m、総重量は1500トンもある。これを支え、精密に方向を制御する部分には、日本得意のリニアモーターも使われている。

そして、1998年12月24日、据え付けられた鏡を通して星の光が初めてすばる望遠鏡に導入された。宇宙を見つめる新たな目が、ついに開いたのである。その後、細かな調整が続けられ、翌年には天体の画像が撮影できるようになった。これらの撮影された天体の画像の数々は次々と発表されている。こうして、天体望遠鏡の役割の前半部分、つまりかすかな光や赤外線をできるかぎり集める部分は、ほぼ完成を見たのである^{1)~3)}。

5 巨大な分析装置として

しかし、これですばる望遠鏡そのものが完成したわけではない。よく誤解されるが、一般に研究観測用の天体望遠鏡の機能は、かすかな光や赤外線をできる限り集めることだけではない。集めた光や赤外線を効率よく「分析」して、初めて研究が成り立つからである。そのため、天体望遠鏡には様々な形で可視光・赤外線を分析する各種の「観測装置」が装着されている。最も簡単な装置としては、光軸などを調整するテスト用カメラがある。もちろん、これでは観測データとはならず、せいぜい観賞用の写真が撮影できるだけである（これはこれで大事ではあるが）。

すばる望遠鏡には観測装置が七つ、および補助装置が



高度・方位軸によって望遠鏡を動かす「経緯台」方式を採用している（国立天文台提供）

写真2 すばる望遠鏡本体の写真

一つ装着されている。まず望遠鏡の筒先、主焦点部に取り付けられるのが、すばる主焦点カメラ（Subaru prime focus camera, supprime-Cam）である。4096×2048画素という大きなCCD素子を10個もすき間なく並べ、一度にほぼ満月の大きさの天空の一角を写しだす8000万画素デジタルカメラだ。世界最大級の望遠鏡ながら、同時に広視野を実現しているところが最大の特徴である。一般に、望遠鏡は大型になればなるほど焦点距離が長くなり、倍率が高くなる。いわばカメラの望遠レンズに相当するが、すばる望遠鏡は主焦点という難しい位置にカメラを取り付け、他の大型望遠鏡では実現できなかった「広角レンズ」としての役割を持たせ、宇宙を深く広く見ること宇宙の地図を塗り替えつつある。

主焦点カメラを用いないときには、そこに第二鏡を置き、光を反射させて、主鏡の裏に導くカセグレン焦点、あるいは平面鏡の第三鏡を主鏡の前に置いて筒の真横へ反射させ、ナスミス焦点へと導く。

ナスミス焦点は左右両方に2か所あるが、望遠鏡の向きにかかわらず同じ姿勢を保てるので、非常に大型の、小さな実験室ほどの観測装置を設置している。一つは高い波長分解能を実現する高分散分光器（high dispersion spectrograph, HDS）であり、もう一方は赤外



図1 イラスト：すばる望遠鏡の仕組み

線を分光するOH夜光除去分光器(OH airglow suppression spectrograph, OHS)である。前者は、可視光で波長分解能十万を達成する、天文学で用いる分光器としては極めて高い分散を実現し、天体の光に含まれる輝線や吸収線を調べる、重さが6トンもある装置である。後者は、極めて特殊な近赤外線分光器である。星の近赤外線を観測する場合、いつも地球の上層大気のOH分子が出す夜光が邪魔となる。そこで、これらの夜光の輝線を取り除き、高い感度を実現しようと工夫された分光器である。どちらも波長は異なるが、分光分析という手法は、本誌読者の方々にはなじみが深いに違いない。

一方、カセグレン焦点部には四つの装置が装着される。非常に遠方の天体のかすかな光を観測する微光天体分光撮像装置(faint object camera and spectrograph, FOCAS)は、装置内部の光学系を切り換えて、カメラの役割とともに低分散の分光器として、あるいは偏光を測定する装置としても働く多機能装置である。銀河のような天体は、数百から数千個が集まりになって銀河団や銀河群をなしているものがあるが、こういった集団を一つ一つ観測しては時間がいくらあっても足りないため、各天体の位置に分光用のスリットマスクを切って、同時に多天体を分光してしまうモードも併せ持っている。

近赤外線(波長3ミクロンまで)の分光装置が近赤外線分光撮像装置(infrared camera and spectrograph, IRCS)である。後で述べる波面補償光学装置を生かした高い解像力と感度をもつ赤外線カメラとして、また波長分解能2万を実現する分光器の役割を持つ。

また、それよりも長い波長域では、大気や望遠鏡本体からの熱雑音や水蒸気が問題となるが、この波長域に挑む装置が冷却中間赤外線分光撮像装置(cooled mid infrared camera and spectrometer, COMICS)である。波長10ミクロンと20ミクロンの赤外線で、やはりカメラと分光器の役割を持つ。

同じく近赤外線ではあるが、その目的がやや変わっているのが、コロナグラフ撮像装置(coronagraphic imager with adaptive optics, CIAO)である。もともと太陽の周りに存在する希薄なコロナを観測するためにつくられた光学系を応用したもので、まぶしい原因となっている明るい恒星を隠してしまい、そのそばでかすかに光っているような天体、例えばその星の周りを回る惑星などを直接に観測しようという野心的な装置である。

もう一つ、いくつかの装置に共通する補助装置、波面補償光学装置(adaptive optics, AO)を紹介しておこう。星の光が大気の影響で揺らぐのが天体観測の大敵である。マウナケア山頂は、揺らぎの平均値は日本での1/10ではあるが、それでも大敵であることは変わらない。なんとか、この揺らぎを抑えて良い星像を得たい、というのが天体望遠鏡共通の悩みであった。すばる望遠鏡では、風の通りを考え、従来の丸い半球型ドームではなく、茶筒型の形状を採用した。また望遠鏡を壁で挟み込み、あちこちに風が抜ける小さなスリットを設け、必要に応じて開閉するようにした。さらに、望遠鏡本体や構造物が夜間の大気のと温度と同じになるように、昼は冷房をいれている。温度差があると、かげろうが立つからだ。これだけ努力をしても、まだ残る揺らぎがある。上層大気の風の影響である。さて、ここまでは手が出ない、と思いがちだ。最後に残ったこの揺らぎを克服するには望遠鏡を宇宙空間に打ち上げなくてはならない。そうして実現したのがハッブル宇宙望遠鏡である。だが、地上で本当にこの揺らぎを抑えることはできないのだろうか。センサーや駆動制御の技術は進歩している。やってきた揺らぎを観測装置に入る前に検知し、装置に入る直前においた鏡を揺らぎをキャンセルするような形状に瞬時に変形させてしまえばよい。例えば、星の像が右に揺らいだなら鏡を右にずらし、左なら左へという具合にして、星の光が常に検出装置の同じ場所にくるようにするのである。もともと、これは敵機の形状を判断する軍事技術からの応用で、天文学でも実用化されつつある。これが、すばる望遠鏡のAOである。主鏡の直径によって決まる理論的な解像力(回折限界)に近い0.06秒角を実現し、解像度でもハッブル宇宙望遠鏡に匹敵しつつある。

この装置を動かせる場合、揺らぎを検出するため比較的明るい星が必要となる。CIAOなどの装置なら、真ん中に隠すべき明るい星があるので容易だが、適当な星がないときには、地上からレーザーを打ち、上空100kmほどにあるナトリウムの層を発光させて人工星を作り、これを利用しつつある。

1998年末のファーストライト以来、望遠鏡本体はもちろん、これらの優れた観測装置の動作試験が続き、2000年からは全国の研究者の共同利用観測(全国の研究者がすばる望遠鏡を使用して行う天文学的な観測)が

始まった。現在の申請に対し、割り当てがあるのは1/7、つまり競争率7倍の状態が続いている。2002年にはすべての装置が稼働を始め、すばる望遠鏡の機能が揃い踏みした。ここに至って、すばる望遠鏡は、はるかな空間を越えて地球に届くかすかな光や赤外線を集め、宇宙の謎を読み解く分析装置として完成を見たといえるだろう。

6 見え始めた新しい宇宙

すばる望遠鏡は、その優れた目と創意工夫された数々の観測装置によって、今まで誰も見たことがなかった宇宙を探り始めている。なにしろ、口径8.2mの口径は単一鏡を採用した望遠鏡としては世界最大で、あの口径2.4mのハッブル宇宙望遠鏡と比べても、遠くのかすかな光を集める能力が優れている。いままで暗すぎて見えなかった宇宙のはるか彼方の様子や、太陽系の果てのかすかな小天体を数多く捉え始めているのである。それらを羅列するだけで、与えられた字数は尽きてしまうので、ここでは筆者の研究対象とする太陽系の分野での成果に限って紹介することにした。

すばる望遠鏡の主焦点カメラは、かすかな光を捉える能力と広い視野とを生かし、太陽系の地図を塗り替つつある。実は、1992年以降、冥王星付近に小天体が続々と見つかってきていた。これらは、もともと1950年前後にその存在を予言していたアイルランドの天文学者エッジワースとアメリカの天文学者カイパー、両者の栄誉を讃えて、エッジワース・カイパー・ベルト天体（Edgeworth-Kuiper belt objects）、あるいは海王星以遠天体（trans-neptunian objects）と呼ばれている。我々日本のグループでは親しみを込めて“えくぼ（EKBO）”と呼んでいる。

すばる望遠鏡は、まさにそのえくぼの発見数が増加しつつある時期に完成したわけである。そして得意の広視野・深探査能力を生かして、2001年のたった2夜の観測から、なんと15個もの新しいえくぼを発見してしまった。その発見効率たるや、世界には比類ないものであり、この調子で探査を行うと、えくぼの広がり、その太陽系の広がりがいったいどこまでなのか、を知ることができるかと期待されている。

太陽系の歴史を振り返ってみれば、すばる望遠鏡の果たすべき役割は明確である。もともと肉眼で見える宇宙の範囲では、太陽系とは土星までの世界であった。天体望遠鏡が発明され、18世紀になって土星の外側に天王星が発見された。天体力学の進歩により、その外に存在が予言された19世紀、海王星が発見された。20世紀になると写真という光子を銀塩粒子に変える技術により、光子を蓄積した乾板^{のぞ}に見えない宇宙が広がり、天文学者は望遠鏡を覗く代わりにルーペを覗くことで、さらに遠い宇宙を探りだし、最果ての惑星といわれる冥王星が



写真3 すばるが新しく発見した太陽系最果ての天体 2001DR 106

発見された。そして、いまや CCD 素子という電子の目を用いたハイテク大型望遠鏡が、コンピュータのディスプレイ上に写真を越える遠くの宇宙の姿を映しだしている。21世紀の天文学者は、ルーペではなく、コンピュータディスプレイを眺め、再び誰も見なかった宇宙を垣間見始めているのである。そして、冥王星の外側に広がるえくぼの群れを発見し、太陽系の地図はすばる望遠鏡により塗り替えられつつあるわけだ⁴⁾。

7 太陽系の風来坊・彗星の起源をさぐる

えくぼの研究は分かりやすいものの、本誌読者にはやや物足りないかもしれないので、最後に分光学的な分析手法により得た彗星の起源に関する最新の成果を紹介したい。

話は1999年に発見されたりニア彗星に始まる。この彗星は2000年の夏に地球に近づき、久しぶりに肉眼でも見えるほど明るくなると期待された。すばる望遠鏡が目を開いてからの初めての天体彗星であった。そこで、筆者らは彗星のスペクトルを高分散で得るため、HDSの装置立ち上げのための試験観測時間の一部を借りて観測を行った。得られたスペクトルは、期待どおり世界最高の彗星のデータであった。

筆者らが注目したのは、アンモニアが崩壊してできるNH₂という分子であった。この分子は彗星の可視光の輝線の大部分を占めるC₂やCN、C₃といった分子に比べて暗めであり、どちらかといえば「地味な」存在で、それほど研究がされていなかった。窒素原子1個と水素原子2個からなる分子で、もともとは彗星核に含まれているアンモニア（NH₃）が太陽熱で融け、ガスとなった際に紫外線などにより水素原子が一つもぎ取られたものと考えられている。つまり、NH₂分子には元の分子であるアンモニアに関する情報が含まれていることになる。

ところで、NH₂やアンモニアのように水素原子を2個または3個含む分子では、オルソ（オルト）状態とパラ状態という二つの状態が存在する。水素の原子核が持つ量子力学的な核スピンの向きが同方向の向きのもをオルソ、逆向きのものがあるときをパラという。常温以上では核スピンによる状態の統計的重率に比例してオルソ：

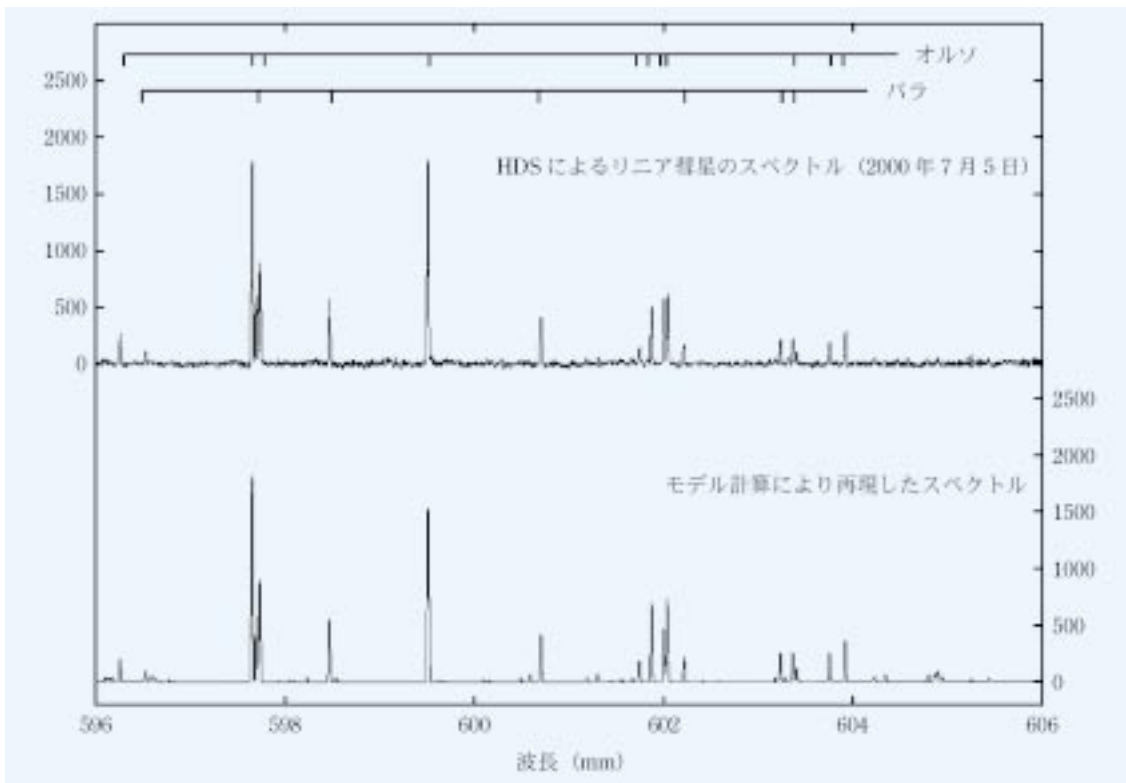


図2 すばる望遠鏡で得られたリニア彗星のスペクトル (NH₂輝線群)

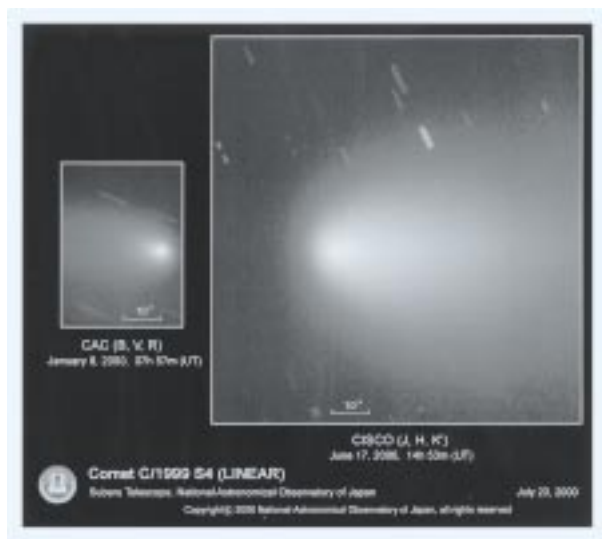


写真4 すばる望遠鏡が捉えた宇宙の風来坊・リニア彗星 (国立天文台提供)

パラの比率はNH₂では3:1となる。だが、低温ではこの比率からはずれて、絶対零度に近づけば近づくほどしだいにパラの比率が増えていく。気体の状態では、周囲の温度と緩和することにより、オルソ・パラ比は周囲の環境の温度を示すパラメーターとなる。ところが、緩和に要する時間はかなり長く、通常的环境下では磁性体や化学吸着を起こす触媒がない限り、相互転換はほとんど起こらない。したがって、氷として固体に取り込まれれば、太陽光を浴びて融け出すまでの46億年もの間、

オルソ・パラ比は不変と考えられる。つまり、飛び出してきた分子のオルソ・パラ比は、かつてそれらが彗星核、あるいはその構成要素である氷に取り込まれたときの比率そのままである。したがって、取り込まれる分子が直前に存在したガス状態での温度を反映したオルソ・パラ状態の比になっている可能性が高い。これは、46億年を越えて我々に届けられる貴重な情報である。

一般にオルソ状態とパラ状態の分子は、それぞれ異なる波長の輝線を発するが、波長が近接しているために、(通常天体観測で用いるような低分散分光器では)分離が困難である。だが、そこは世界最高性能を持つすばる望遠鏡、そしてHDSが、これを見事に分離した。こうしてNH₂分子の輝線群を新しいモデルによって再現し、NH₂分子のオルソ・パラ比を求めることに成功した。そして、リニア彗星に含まれていたアンモニアの氷結温度を絶対温度28度(摂氏-245度)と推定したのである。

この温度が実現するのは、最新の原始太陽系星雲のモデルによれば、現在の土星から天王星の軌道領域付近である。リニア彗星は46億年前、おそらくそのあたりで生まれた、ということが示唆される⁵⁾。

現在、長周期彗星と呼ばれる周期が200年よりも長い彗星群は、いわゆるオールトの雲(太陽系を球殻状に大きく取り囲み、1~10万天文単位の大きさを持つ構造)からやってきている。リニア彗星もオールトの雲の彗星である。しかし、オールトの雲に属する彗星は、そ

ここで生まれたものではない。そこはあまりに冷たく、太陽系誕生の頃でもガスの密度が低すぎて、固体が成長できる環境ではなかった。現在、オールの雲にある彗星群は、すべて太陽系内部で生まれたものが、惑星から受ける重力の影響で大きく跳ね飛ばされたものとされている。つまり、もともとの誕生した場所は太陽系の内部とされていた。今回の研究で彗星核に含まれるアンモニアの氷結温度から導かれた答えは、確かに土星から天王星の軌道領域付近であった。

これまで、同様のアイデアで彗星の起源に迫った例として、水分子のオルソ・パラ比の観測・研究がされたことがあった。だが、地球大気の水が邪魔となって水の観測そのものが難しく、地球の大気を避けて上空に行く必要から望遠鏡を積んだ飛行機での観測や、赤外線天文衛星を駆使しても、これまでたった3例しかデータが得られていない。水分子以外の成分の氷結温度を求めたのは、すばる望遠鏡が世界で初めてであり、また可視光領域を用いるという意味で、水より観測が容易である点で、これからの主流になるであろう方法として画期的である。今後、多くの彗星の氷結温度が求められる可能性を示したわけである⁵⁾。ただ、根本的な問題がないわけではない。天文学者は(世界的に)オルソ・パラ比が分子の生成氷結温度を示していると単純に思い込んでいるが、本当にミクロな過程を含めた十分な検討は世界的にできていない。もし、読者の中で興味を持たれる専門家があられば、ぜひご意見をお聞きしたいと考えている。

8 おわりに

すばる望遠鏡は、今夜も宇宙のどこからやってくる

かすかな光を捉え続けている。そして、各種の観測装置がそれを効率よく分析しつつある。本稿では、宇宙を探る世界一級の巨大な分析装置としてのすばる望遠鏡の仕組みと、研究成果の一端を紹介した。

日本の天文学コミュニティは、次なる大型望遠鏡として、今度はその照準を電波に移し、大型の電波望遠鏡群を米欧と共同でチリ・アタカマ砂漠に建設する構想を進めている。今後も、ご理解とご支援を賜りたいと希望しつつ、また本稿を書かせていただく機会を与えていただいた新日本製鉄・藤岡裕二氏に謝辞を述べて筆を置きたい。

文 献

- 1) 安藤裕康：“世界最大の望遠鏡「すばる」”，(1999)，(平凡社)。
- 2) 小平桂一：宇宙の果てまで，文芸春秋(1999)
- 3) 小平桂一：大望遠鏡「すばる」誕生物語，金の星社(1999)
- 4) 渡部潤一：星空を歩く 巨大望遠鏡が見た宇宙，講談社現代新書(2000)
- 5) H. Kawakita, J. Watanabe, et al : Science, 294 1089 (2001).

渡部潤一 (Junichi WATANABE)



文部科学省国立天文台(〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1)。東京大学大学院理学系研究科天文学専攻 修士課程修了。理学博士。現在の研究テーマ 太陽系内小天体の観測的研究。主な著書 “星の地図館”(小学館)。趣味 家庭菜園，旅行。
E-mail : jun.watanabe@nao.ac.jp

原 稿 募 集

創案と開発欄の原稿を募集しています

内容：新しい分析方法・技術を創案したときの着想，新しい発見のきっかけ，新装置開発上の苦心と問題点解決の経緯などを述べたもの。但し，他誌に未発表のものに限ります。

執筆上の注意：1) 会員の研究活動，技術の展開に参考になるよう，体験をなるべく具体的に述べる。物語風でもよい。2) 従来の分析方法や装置の問題点に触れ，記事中の創案や開発の意義，すなわち主題の背景を分かりやすく説明する。3) 図や表，当時のスケッチなどを用いて理解しやす

くすることが望ましい。4) 原稿は図表を含めて4000～8000字(図・表は1枚500字に換算)とする。

採用の可否は編集委員会にご一任ください。採用分については規定の原稿料をお支払いします。原稿の送付先・問い合わせは下記へ。

〒141-0031 東京都品川区五反田 1-26-2

五反田サンハイツ 304号

(社)日本分析化学会「ぶんせき」編集委員会

〔電話：03-3490-3537〕