

コンクリート探査機の新兵器 「高性能×コンパクト」が両立

SIR-EZ



- その他の特長
- コンパクト一体型の送受信ユニットを新規開発ノイズ(妨害波)をシャットアウト
- 多重反射波の少ない高性能アンテナフィルタ回路を新規搭載
- 山形波形を業界初の○表示にする自動変換機能を標準装備
- 先進の防塵・防滴キャビネットを採用、粉塵や雨天等の悪い環境でも安心(IP64規格)



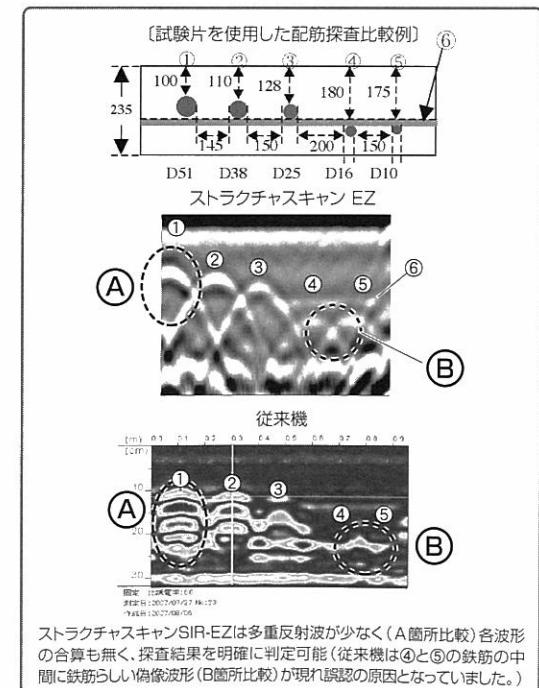
*仕様、内容等は予告なく変更する事があります。
*ストラクチャスキャンSIR-EZはKEYTECが独占販売権を保有します。
*GSSI社(米国)は応用地質株式会社の100%出資会社です。

KEYTEC
コンクリート鉄筋探査機器のパイオニア

いま使用の装置で満足ですか?
その判定に自信がありますか?
W筋・密集配筋が判りますか?

SIR-EZイージーは確実に探査可能

1600MHz高周波パルスで鉄筋・配管・空隙等の位置と深さ(300mm)を正確に確実にキャッチ。
小型・軽量に高性能を両立!
多重反射波が少なく密集配筋も簡単に探査可能、一体型レーダが新登場!
GSSI社はレーダ方式の世界シェアNO.1の納入実績を誇ります。



●正社員募集中です。●

キーテック株式会社

T103-0023 東京都中央区日本橋本町4-4-11 永井ビル1階
TEL.03-6380-5360 FAX.03-6380-5365
URL <http://www.key-t.co.jp/> info@key-t.co.jp

最新天文学と測定技術

すばるの天体観測

国立天文台 家 正則

◆はじめに－天文観測は測定が命－

天文学が化学や生物学など他の自然科学と大きく違う点があるとしたら、それは研究対象に働きかけて、その反応を調べるという手法が取れないということであろう。

残念ながら天文学者は、星を分解したり、銀河を揺さぶったりすることはできない。宇宙の天体からの光に目をみはり、電波に耳を凝らすることで、その研究対象の本質を解明していくことしかできない。それだけに宇宙からの微弱な信号の測定には、妥協のない厳しさで感度、分解能などの性能を追求することになる。

実際、天文学で構想される測定装置の性能としては、日常生活のニーズからは出てこないレベルの仕様を要求することがしばしばである。次世代望遠鏡として直径100 mの鏡をつくりたい、干渉計で角度分解能は 10^{-11} ラジアンを目指したい、重力波を検出するには空間の 10^{-21} の歪みを測る必要がある、太陽系外の地球型惑星を撮影するには検出光量ダイナミックレンジは 10^{10} を確保したい、光子を数えるだけでなく一つ一つのエネルギーも測りたい、…。装置開発の相談を受けたメーカーの技術者は、まず最初は耳を疑い、呆れかえる。

「天文学者は想像以上に非常識な人種ですね。」ということで、営業からも釘を刺されて、お仕

舞いとなることが多い。大抵の場合、新しいアイデアの測定方法を考えだし、研究費を入手して、自分たちで開発に取り組むしかない。だが、中には技術者魂をくすぐられて、

「面白いですね。検討させてください。」
という反応が得られることもときどき起こる。

「難しそうで、できるとお約束は出来ませんが、思いがけない応用が生まれるかもしれないし、赤字さえ出さなければ、勉強と思ってやっても良いと会社から言われました。」
こういう返事がもらえればしめたものだ。

◆天体からの放射

天体観測で測定する対象は天体からの電磁波が主である。電磁波の他にも宇宙線などの粒子測定や、ニュートリノ、重力波など電磁波以外の宇宙からの信号を捉える試みも近年の技術革新で急速に現実のものとなってきている。本稿では電磁波の中でも、筆者の専門分野である可視光・赤外線⁽¹⁾を軸にし、すばる望遠鏡^{(2)~(4)}などの例を挙げて話を進めていくことにする。

太陽や恒星は、その表面温度に応じた連続光を放っている。低温の星は赤く、高温の星は青い。星の光をスペクトル分解すると、星の表面大気中の原子や分子の吸収線が見える。吸収線スペクトルの測定からは、星の大気の元素組成、

温度、密度などさまざまな物理情報を読み取ることができる。オリオン星雲などの星雲は、希薄な星間ガスが光を放っている天体である。星雲からの光は、特定の原子やイオンが放つ輝線スペクトルが特徴的である。

実際の観測では、検出器には、測定したい天体からの放射だけでなく、その前後周辺にある天体からの放射や、地球の大気からの放射、さらには望遠鏡や観測装置からの放射や雑音が重なる。これらをうまく分離して取り除かねばならない。

◆ 天文学で要求する測定精度と感度

(1) 撮像検出器

天体からの可視光・赤外線領域の電磁波の測定法としては、望遠鏡焦点面に結像する天体像を2次元画像検出器で撮影する撮像観測が、直接的に分かり易い。1980年代前半までは撮像観測の検出器は銀塩系の写真乾板が主であった。現像した写真乾板の星像の濃さは入射光量に依存するので、光量と星像の濃さの関係から、光量を測定する。だが集めた光を捉える量子効率は、波長にもよるがおよそ1%程度でしかなく、また光量と星像の濃さの関係は現像処理に依存し、単純な比例関係でないため、測定精度には限界があった。

電荷結合素子CCDが1980年代に天体観測でも利用されはじめると、60%を越すその高い量子効率、入射光量に比例した電荷が発生する線型性と再現性の良さから、撮像観測は急速にCCDカメラに置き換えられていった。CCDの唯一の弱点は大面積のものが無かったことであったが、多数のCCD素子をモザイク状に並べて大口径のカメラを実現することでこの問題も克服された。すばる望遠鏡主焦点カメラは800万画素、 6×3 cmの大型CCDを10枚ほど隙間無く敷き詰めることで、ちょうど満月が収まる30分角の視野を一度に撮影できる広角カメラ

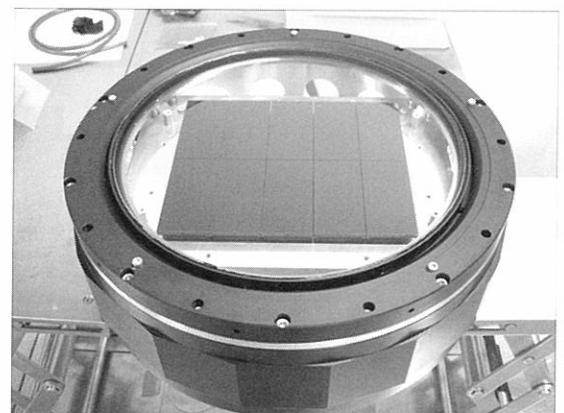


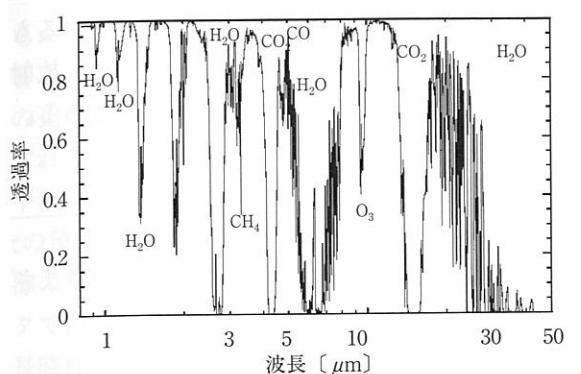
写真1 すばる望遠鏡主焦点カメラに敷き詰めた10枚の大型CCD素子

浜松フォトニクス社と国立天文台の共同開発したもの。全体で8,000万画素。高比抵抗型で量子効率が高く、これまで感度がほとんど無かった波長1 μmでも高感度を持つ究極のCCD素子である。

であり、8 m級望遠鏡では世界で唯一のカメラとして大活躍中である（写真1）。

通常のシリコンCCDは波長1 μm以下でしか感度がないため、波長1 μm以上の近赤外線の検出器としては、HgCdTeやInSbなどの複合半導体を用いた2次元撮像素子が開発された。

実際の観測では、半導体内部の熱電子が雑音成分として検出器に捉えられるので、検出器はこの成分が露出時間程度では、問題にならない温度にまで冷却する必要がある。CCDでは通常-100 °C程度で用いる。-196 °Cの液体窒素温度より高いが、これは冷やしすぎると電荷転送効率が落ち、読み出し時に不具合が生じるためである。また、夜の地球の大気からの発光成分や街明かりが、前景放射としてCCDに蓄積される。都市近郊の天文台ではこの影響が致命的になり、暗い天体の観測ができない。近赤外用検出器の場合、特に波長2 μm以上の領域では地球大気自体が、絶対温度で約300 Kの暖かさを持っており、その赤外線放射が強い前景雑音レベルとなる。このため、赤外線検出器はCCDに比べてより低温にまで冷却する必要があり、冷凍機などで液体窒素温度より低温に冷



第1図 波長1~50 μmの電磁波の大気透過率分布
大気中の水蒸気や炭酸ガスのため、特定の波長域の光は地上からは観測ができないことを示す。

（出典：ATRAN, Lord 1992より）

やって使う。

地上の望遠鏡で天体を観測する場合、地球の大気を通して観測することになる。大気は特定の波長で不透明であり、また自ら光るうえ、大気中の温度ゆらぎが天体からの光の伝搬を乱すので、天体観測にとっては、邪魔な存在でしかない。第1図に、近赤外域での地球大気の透過率を示す。大気中の水蒸気や二酸化炭素が特定の波長域の赤外線を吸収するため、これらの波長域での観測は大気圏外からでないと困難である。

(2) 空間解像力と視野

天体の解像力は、観測波長と望遠鏡の口径の比で決まる回折限界が理論的な限界である。波長0.5 μmの可視光では直径8 mのすばる望遠鏡の回折限界は0.015秒角だが、実際には、大気の温度ゆらぎが光波面を乱すため、通常は0.6秒角程度となる。宇宙空間から観測するハッブル宇宙望遠鏡は口径2.4 mだが、大気ゆらぎに妨げられないので、回折限界の0.05秒角の解像を実現でき、すばらしい画質の天体画像を得ることができる。

後述する、ハイテク技術「補償光学」は大気のゆらぎの影響をリアルタイムで計測して、光波面の擾乱を補償する技術で、この技術を使うとゆらぐ大気を通した地上からの観測でも、あ

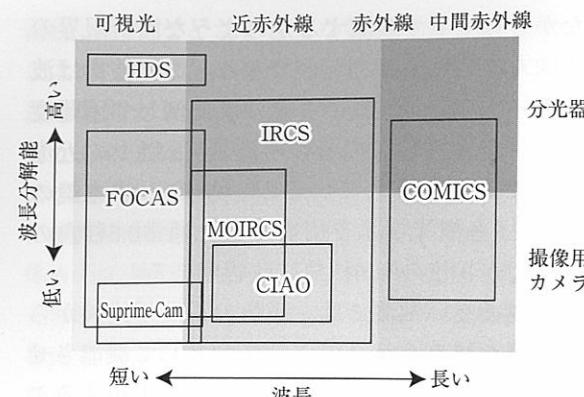
たかも真空中で観測するかのような回折限界の解像力を実現することができる。この技術は波長が短くなると波長の3乗に反比例して困難度が増すので、現在のところ波長1 μm以上の近赤外線で実用化されているが、すばる望遠鏡の188素子補償光学系を用いると、通常0.6秒角の解像力が10倍の0.06秒角に改善できる。

波長の長い電波では、複数の電波望遠鏡からの信号を組み合わせて、干渉計として機能させることにより、極めて高い解像力を実現することができる。地球を周回する電波アンテナ衛星「はるか」と地上局とで同時に受けた電波信号の解析からは、クエーサーなどごく一部の強い電波源に限られるが、1万分の2秒角というレベルの微細構造の観測も実現している。

解像力を上げると視野は狭くなる。逆に解像力を犠牲にしても、ほぼ全天をモニタ観測して、突発的に発生するガンマ線バースト天体や超新星を見つけたり、地球に衝突する小惑星が無いかを監視するための衛星や望遠鏡など、さまざまなもののが開発されて運用されている。

(3) 背景雑音と感度

天体観測はどの波長でも雑音との勝負である。肉眼でもはっきりと見える明るい0等星からの光子数は毎秒、1平方cmあたり、1Aあたり、1,000個程度である。人間の瞳の直径は夜間で約8 mm程度、可視域の波長幅を3,000 Åとし、吸収を無視しても、肉眼でかろうじて見える6等星となると、網膜に届く光子数は、毎秒1万個以下となる。多いようにも思われるかも知れないが、これを感知できる視細胞は高感度検出器である。また無数の視細胞からの信号を画像として認識する脳は、すばらしいインテリジェントな画像記録分析装置だといえる。だが、残念なことに人間の脳は揮発性メモリとしての作用しかなく、外部記憶装置へ画像データを客観的に出力することができない。このため、写真技術が広く使われるようになる20世紀なるまで、位置天文学を除くと、真の意味での観測天



第2図 すばる望遠鏡の7つの観測装置の波長域と波長分解能の範囲

文学は、始まらなかった。「xxを確かに見た」「いや、あいつの言うことは信用できない」というレベルではサイエンスにならないからだ。

(4) さまざまな観測モード

すばる望遠鏡では、現在7台の観測装置を世界中の天文学者に開放している。第2図はそれらの観測装置の守備範囲を波長域と波長分解能で切り分けたものである。観測する波長域ごとに使える検出器が異なるので、すばる望遠鏡の観測装置は、波長0.3~1.0 μmの観測にCCD撮像素子を用いる可視光装置、波長1~5 μmでHgCdTeやInSbなどの画像検出器を用いる近赤外装置、それに波長8~20 μmで異なる原理の検出器を用いる中間赤外装置の3種類に大別できる。どの装置も検出器は冷却して使うので、真空デュワーの中に収めて使う。真空技術と冷却技術は、回路の電子技術、装置の機械設計・光学設計、制御技術、コンピュータソフトなどと並んで、天体観測装置の開発者には、重要な要素技術となっている。天文学装置開発で鍛えられた若手には大学だけでなく企業でも有力な戦力となる人材が多数輩出している。

それぞれの波長域でさらに、天体の撮影をするための撮像カメラと、一つまたは多数の特定の天体のスペクトルを観測するための分光器がある。装置によっては、撮像機能と分光機能

を切り替えて使えるものや、同時に実現するものがある。さらには偏光素子を挿入して、放射の偏光成分測定する機能を備えたものもある。

◆観測技術を支える測定・検査

望遠鏡や観測装置には天文学に特有のさまざま測定・検査技術がある。

(1) 鏡面検査

望遠鏡は微弱な電磁波を焦点面に結像して、検出できるレベルに增幅するための装置である。光を集めめる鏡は光学設計に則った双曲面、放物面、楕円面などの非球面に磨きあげる必要がある。鏡面の誤差は光の波長の例えれば1/12以下に抑えねばならない。このためには望遠鏡の大型鏡面の全体形状をnmレベルで絶対測定する必要がある。詳述するには紙面が足りないが、光干渉計による面計測とレーザーやプローブを用いた3次元プロファイル計測を用いる。測定のためのマルレンズ光学系や、焦点距離の絶対値測定などで、さまざまな工夫がなされている。

カラス主鏡は望遠鏡の命である。鏡面は観測時以外はカバーで保護しているが、運用中にナットを鏡面に落として微少な傷をつくる可能性はゼロではない。そのような傷を見過ごして三年ごとに行う主鏡再蒸着作業時に主鏡を吊り上げると、重大事故に至る懼れが無いわけではない。そこですばる主鏡の傷を把握するシステムとして、主鏡周辺に超音波センサを貼り付け、主鏡表面にものが当たって発生する音波を検出して、地震の震源を特定するのと同じ手法で音源の場所と時刻を記録するシステムを開発した⁽⁵⁾。再蒸着時にその場所を検査し、傷が見つかれば除去措置を施す。

(2) 望遠鏡駆動制御

天体は地球の自転により日周運動をする。従って、望遠鏡は天体の日周運動を追尾するように駆動しなければならない。光学系がいかにシャープでも、追尾誤差が大きいと天体画像をき

ちんと取得することができない。大気屈折の影響なども考慮して、すばる望遠鏡の場合望遠鏡の追尾誤差は、10分間放置しても0.1秒角以上ずれないようになっている。すばる望遠鏡では、平面に精密研磨した環状レールの上に重さ550tの望遠鏡を静圧軸受けで50 μmほど浮かせて摩擦の無い状態にし、ギアを使わないリニアモータで直接駆動して、精密駆動を実現している。長時間露出する観測があるので、わずかな追尾誤差を常時モニタして補正するガイド機構がついている。

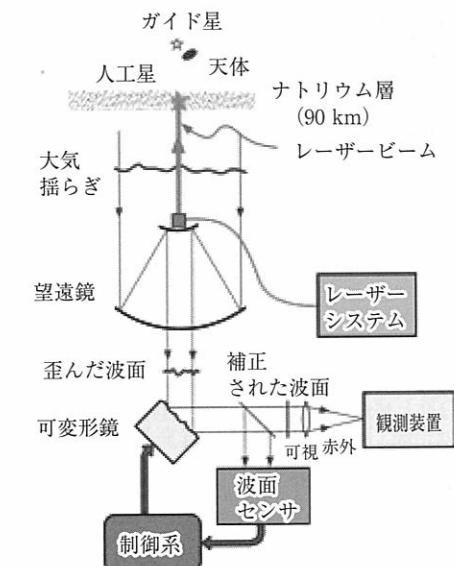
(3) 能動光学

すばる望遠鏡の主鏡は直径8.2 m、厚さわずか20 cmの薄い皿形である。この主鏡は天体の日周運動を追尾して、その向きを連続的に変えて行くため、姿勢が変化する。ドームを開けて観測するので、気温の変化や風の影響もある中で、常に設計とおりの光学面形状を維持しなければならない。これを実現するのが、能動光学である。すばるの主鏡は261本のロボット腕（アクチュエータ）に支えられており、その一本一本のアクチュエータは、0 kgから最大150 kgまで、鏡を支える力を1 g単位で制御できる。アクチュエータ群の支持力分布を毎秒毎秒自動制御して、鏡の形状を維持するというのが能動光学技術である。鏡の支持力を精確に測定するため、音叉型の水晶振動子の周波数が音叉に掛かる張力に応じて変化することを逆手にとり、振動数測定から張力を高精度で測定する力センサをすばるのために開発して、この方式が実現された。

この力センサの開発、能動光学方式の実現にはそれぞれ、日本発明協会発明大賞、全国発明表彰恩賜賞などが授与された。

(4) 補償光学⁽⁶⁾⁽⁷⁾

筆者たちは、すばる望遠鏡の視力を10倍に改善する、「ハイテク眼鏡」を開発している。これは、冒頭でも述べたように、地球の大気のゆらぎにより天体像が乱れてピンぼけになるとい



第3図 レーザーガイド星補償光学系の構成

う地上望遠鏡の宿命を克服する装置で、大気のゆらぎによる光波面の乱れ方を毎秒1,000回の頻度で測定し、その乱れをキャンセルするように、望遠鏡の焦点面近傍に設置した直径10 cm程度の小型薄鏡の形状をその裏に貼り付けた多数の電極で時々刻々と変化させるというシステムである。乱れた画像を直すのに、撮影後の画像データを事後処理して画質を改善する手法はいくつか開発されているが、「補償光学」の凄いところは、実時間で光の集まり方を直接直してしまうところにある。

補償光学系の原理と構成要素を第3図に示す。大気のゆらぎによる光波面の乱れを「波面センサ」で測定し、その乱れを打ち消すように「可変形鏡」の鏡面を制御する。制御された光が観測装置に送られ、乱れの無い高解像画像が結像する。写真2は補償光学が未だ無かったすばる望遠鏡のファーストライト時（1999年）に撮影したオリオン大星雲の一部領域の画像（右）と2006年に第二世代の制御素子数188素子の補償光学装置を用いて撮影した画像（左）とを比べたものである。詳しい解析によると解像度が

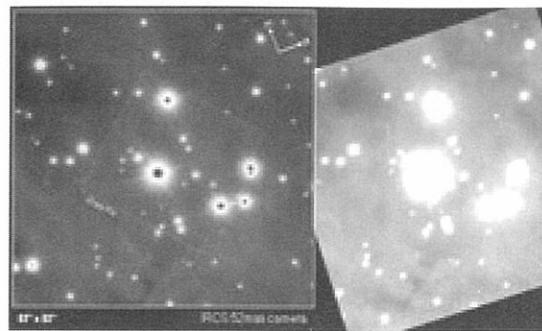


写真2 補償光学による解像力改善例
右はすばる望遠鏡のファーストライト（1999年）当時の画像。左は同じ領域を補償光学装置で2006年に撮影した画像。解像度は10倍。

約10倍向上していることが確かめられた。

(5) レーザーガイド星

補償光学系を実際に使うには大気のゆらぎを測定するための明るい光源が必要である。観測したい天体のすぐ近くに十分に明るい星があれば、それをガイド星として天体の方向の大気のゆらぎを測り、補償光学系を動かすことができるが、運良く観測したい天体のすぐそばに明るいガイド星が見つかる可能性は1%程度でしかない。

そこで、我々は、いつでも補償光学系を使えるようにするために、望遠鏡の真正面の上層大気中で光る「人工的な星」をつくるという、とんでもない装置を開発した。レーザーガイド星生成装置である。これは高度約90 kmの上層大気中に厚さ約10 kmのナトリウム層と呼ばれるナトリウム原子密度の高い層があることに着目したアイデアである。高速道路の照明でおなじみのオレンジ色のナトリウム灯の、ナトリウムD2線（波長589 nm）で発振する強力なレーザービームを放つと、高度90 kmのナトリウム原子が励起発光する。レーザービームの出力を5 W以上にすれば、10等星程度の明るさの「人工星」を高度90 kmにつくることができる。この人工星からのナトリウムD2光を波面センサで測定すれば、途中の大気のゆらぎを測定できる

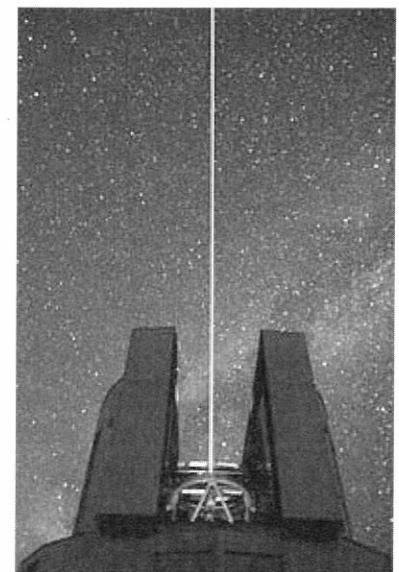


写真3 レーザー照射の様子

という寸法だ。写真3には2006年にレーザーガイド星生成装置からレーザービームを打ち上げて人工星をつくる実験をしたときの様子を示す。現在これらのシステムの最終調整中であり、2009年末にはレーザーガイド星補償光学系の総合試験観測を行う予定である。ただし、この技術は今のところまだ波長 $1\text{ }\mu$ より短い可視光では十分に機能しない。また、ガイド星と観測したい天体の方向が実際にはわずかに違うため、ガイド星の像を完璧に直せても、観測したい天体の像の改善には誤差が残る。補償光学で解像度の改善ができる視野は今のところ約1分角程度である。

◆最新の観測成果から

本稿の主題である可視光・赤外線での計測の話から、少し脱線するが、折角の機会なので、最新の宇宙像研究とその分野でのすばる望遠鏡の成果についても解説させていただくことにしよう^{(8)~(10)}。

(1) 膨張宇宙モデルの精密化

宇宙を満たしているマイクロ波背景放射が存在することはガモフが理論的に予言し、ベンジャスとウィルソンが1965年に発見した。近年、そのスペクトルが絶対温度 2.75° の黒体輻射に良く一致し、その輻射強度の空間分布に10万分の1程度の微少なゆらぎがあることが確認され、この成績に2006年度のノーベル物理学賞が授与された。また、一定の絶対光度をもつ超新星を用いて、遠方の銀河の距離と後退速度を調査した結果からは、宇宙膨張が加速しているという驚くべき発見が報告された。

この10年間で、膨張宇宙論のパラメータが驚くほどの精度で決められた。それによると、宇宙は物質密度が約4%、未知のダークマター密度が約23%、膨張を加速するダークエネルギー密度が約73%という構成からなっていて、宇宙年齢は約137億年、膨張は加速中であるという描像が固まってきた。

(2) 原始銀河の誕生と宇宙の夜明け

ビッグバンから約38万年后に約 $3,000^{\circ}\text{C}$ にまで冷えた宇宙は、陽子と電子が結合し、ダークマターと中性水素原子に満たされた。中性化した宇宙は光と物質の相互作用が切れ、これ以降の宇宙は背景放射以外には光の無い「暗黒時代」となった。やがてダークマターの密度ゆらぎが成長し、その重力で物質が集まり、多くの星が一斉に生まれ始める。このような星の集団である「原始銀河」は、ビッグバン後約2億年ごろには、あちこちで生まれ始めたと考えられる。原始銀河は互いに無数の衝突合体を繰り返して大きくなり、今日の楕円銀河や渦巻銀河に成長してきた。

星のベビービームが始まると、星の放つ紫外線が周辺の銀河間空間の中性水素ガスを電離する。ビッグバン後、冷えて一度中性化した宇宙は、こうして再び熱せられ、「再電離」する。宇宙規模の温暖化がどのように進んだのかは、実際にその時代の銀河を見つけて調べる必要がある。「遠い銀河ほど昔の姿」を見ていること

になるので、このためには遠い銀河を探すことが重要になる。銀河の距離はその輝線スペクトルの赤方偏移から測定する。宇宙で一番多い水素原子の放つライマン α 輝線が、一番強く測り易い輝線スペクトルである。従って、そのような輝線を放つ銀河（ライマン α 輝線銀河）を世界中の天文学者が探している。

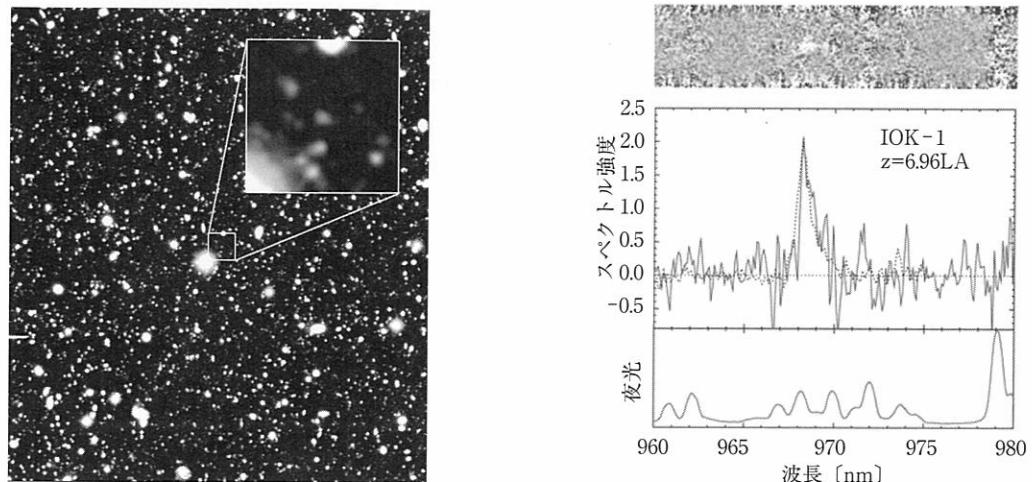
(3) すばる望遠鏡で最遠銀河を発見

すばる望遠鏡では、遠宇宙の観測を集中的に進めるため、天の川から離れた2つの領域に狙いを定め、大望遠鏡の視野としては破格の広さを誇る主焦点カメラで、徹底的な観測を行ってきた。その中でも春のかみの座の一角に定めたすばる深探査領域（SDF）では、赤方偏移したライマン α 輝線銀河を探すための4種類の狭帯域フィルタと5種類の色フィルタを駆使して、大規模な観測を行った。

第4図のパネル中央のシミのような天体が、我々が発見した最も遠い銀河IOK-1だ。この銀河は赤方偏移7の銀河からのライマン α 輝線を捕らえる特製フィルタで撮影した画像に写った41,533天体の中からついに見つけたものである。この観測を行った家、太田、柏川のイニシャルをつけてこれらの天体を IOK-1と命名した。

最遠銀河IOK-1は129億年昔、ビッグバン後約8億年の時代の若い銀河だ。その中性水素原子が放つ非対称なライマン α 輝線は本来121.6 nmの紫外線だが、この銀河からの光が我々に届く間に宇宙空間そのものが大幅に膨張したため、光の波長が968 nmに赤方偏移して観測されるのである。

第1表は、現時点での最遠銀河のベストテンである。このうちの9つまでがすばる望遠鏡による日本人グループの発見による。これは、すばる望遠鏡だけが視野の広い主焦点カメラを装備したことと、研究グループが一致協力して徹底的観測を遂行した成果である。



第4図 IOK-1 (左) とそのライマン α 輝線 (右)
(出典: Iye, M. et al., Nature, 443, 186 (2006) より転載)

第1表 赤方偏移が確定した最遠銀河ベストテン (2008年10月14日時点)
最遠銀河ベストテン。この数年間のすばる望遠鏡による一連の観測により、最も遠い銀河のベストテンのうち、第八位を除く9つがすばる望遠鏡による発見となっている。

順位	銀河名	座標	赤方偏位	億年 ^{*2}	論文	出版日
1	IOK-1	J132359.8+272456	6.964	128.8	Iye et al.	Sep. 14, 2006
2	SDF ID1004	J132522.3+273520	6.597	128.2	Taniguchi et al.	Feb. 25, 2005
3	SDF ID1018	J132520.4+273459	6.596	128.2	Kashikawa et al.	Apr. 25, 2006
4	SXDF Himiko	in SXDS field	6.595	128.2	Ouchi et al.	Jul. 25, 2008
5	SDF ID1030	J132357.1+272448	6.589	128.2	Kashikawa et al.	Apr. 25, 2006
6	SDF ID1007	J132432.5+271647	6.580	128.2	Taniguchi et al.	Feb. 25, 2005
7	SDF ID1008	J132518.8+273043	6.578	128.2	Taniguchi et al.	Feb. 25, 2005
8	SDF ID1001	J132418.3+271455	6.578	128.2	Kodaira et al.	Apr. 25, 2003
9 ^{*1}	HCM-6A	J023954.7-013332	6.560	128.2	Hu et al.	Apr. 1, 2002
10	SDF ID1059	J132432.9+273124	6.557	128.2	Kashikawa et al.	Apr. 25, 2006

※1: 年齢は宇宙年齢が136.6億年となるモデルに基づいて算出。

※2: この銀河のみケック望遠鏡で発見された。他はすばる望遠鏡によるすばる深探査領域での発見。

◆おわりに

最遠銀河の発見などすばる望遠鏡の活躍は、広視野カメラで広い夜空を探すことができたからだ。他の8 m級望遠鏡には、このような機能が無いため、遠い過去の宇宙を観測する研究はすばる望遠鏡が世界をリードしている。すばる望遠鏡には2012年頃の完成を目指して視野をさらに10倍拡げた超広視野カメラの開発を進めて

いる。また、前述のレーザーガイド補償光学系が完成させて、最遠銀河を10倍の解像度では是非見てみたい。

すばる望遠鏡やハッブル宇宙望遠鏡の観測は数々の驚きの発見をもたらしたが、すでにその能力いっぱいの観測を究めた状況となっている。日米欧の天文学者は2020年頃の完成を目指して、次世代の超大型望遠鏡の建設や次世代宇宙望遠鏡の打ち上げに期待している。

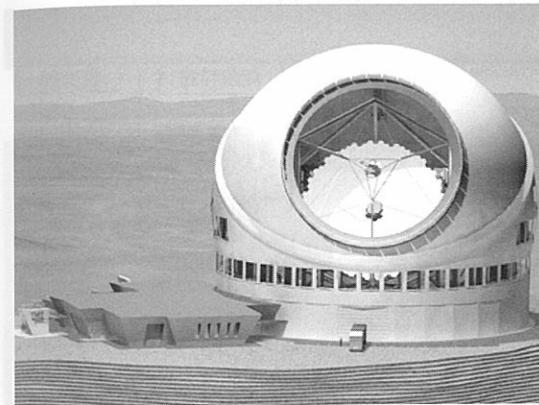


写真4 次世代超大型望遠鏡TMTの完成予想図。

国立天文台もカリフォルニア大学、カリフォルニア工科大学、カナダ大学連合などとの国際協力ですばる望遠鏡の隣に口径30 mの次世代超大型望遠鏡TMT（写真4）を建設する構想の実現に向けて活動をしている。

地上望遠鏡の集光力は鏡の面積に比例して増える。補償光学技術を実装した望遠鏡では、回折限界の分解能が実現できるので、望遠鏡の直径をDとすると、点光源である星の光の強さは D^4 に比例して強くすることができる。すばる望遠鏡の限界等級は約28等に達しているが、次世代の30 m級望遠鏡に補償光学装置を装備すれば、それより約100倍暗い33等の天体まで観

測できる可能性がある。その視力でどんな宇宙の姿が見えるのだろうか？楽しみである。

<参考文献>

- (1) 家正則・他編：“宇宙の観測I－光・赤外天文学－”，シリーズ現代の天文学、第15巻、日本評論社（2007）
- (2) 家正則：“すばる望遠鏡”，岩波ジュニア新書（2003）
- (3) 林正彦：“すばるが明らかにした宇宙”，日経サイエンス、2月号、pp.24-31（2009）
- (4) 野口邦男：“「すばる」がいどんだ未知の宇宙”，ニュートン、2月号（2009）
- (5) Takato,N. et al : SPIE Proc. 5495, pp.652-659 (2004)
- (6) 高見英樹：パリティ、17、p.22 (2002)
- (7) レーザーガイド補償光学試験成功
http://subarutelescope.org/Pressrelease/2006/11/20/j_index.html
- (8) Iye M. et al., Nature, 443, p.186 (2006)
- (9) 最遠銀河発見
http://subarutelescope.org/Pressrelease/2006/09/13/j_index.html
- (10) 家正則：パリティ、第23巻、11月号、pp.4-14 (2008)

【筆者紹介】

家 正則

国立天文台 光赤外研究部 教授
ELTプロジェクト長
〒181-8588 東京都三鷹市大沢2-21-1
TEL : 0422-34-3520 FAX : 0422-34-3527
E-mail : m.iye@nao.ac.jp

展示会
CD-ROM制作
求人パンフレット
各種リサーチ
ビデオ制作
製品パンフレット

→

企業のひらめきを実行に移します

NJK 日工・テクノソーシャル

3-5-7 HIGASHI-NIHONBASHI CHUO-KU TOKYO ☎03(3808)1015