

30m望遠鏡TMTで見る宇宙

国立天文台・TMT推進室長 家正則

みなさんは「TMT」という言葉を聞いたことがあるでしょうか？2021年の稼動を目指して計画されている、すばる望遠鏡より、さらにすごい望遠鏡です。今回、このTMTのご紹介をします。

1. すばる望遠鏡

ハワイ島の海拔4200 mマウナケア山山頂に、すばる望遠鏡が完成したのは1999年でした(図1,2)。この望遠鏡は1984年から構想に7年、建設に9年、合計16年の歳月をかけて完成したものです。建設に携わったマンパワーはおよそ2000人・年に相当すると見積もっています。2000年末からすばる望遠鏡は本格的な観測を開始し、数々の成果を上げてきました。

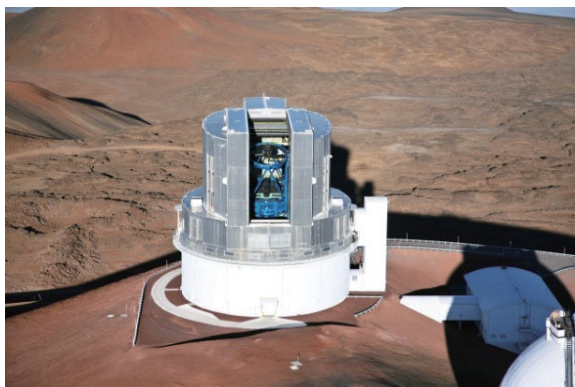


図1 マウナケア山頂のすばる望遠鏡ドーム

2. 昔の宇宙を見る

すばる望遠鏡は宇宙を一番遠くまで見ています。遠い銀河からの光は地球に届くまでに気の遠くなるような時間がかかります。ですから遠くを見ればみるほど宇宙の昔の姿を見ることができます。このため、世界中の天文学者は競って遠い銀河を探し、その性質を調べて宇宙がまだ若かった時代を探ろうとしています。図3はこの原稿を書いている2012年9月の時点で、人類がその距離を正確に測ることができた天体の中で世界記録となっている銀河です。

SXDF-NB 1006-2と名づけたこの銀河は筆者のグループがすばる望遠鏡を使って4年の歳月をかけて探しあてたものです。その距離は

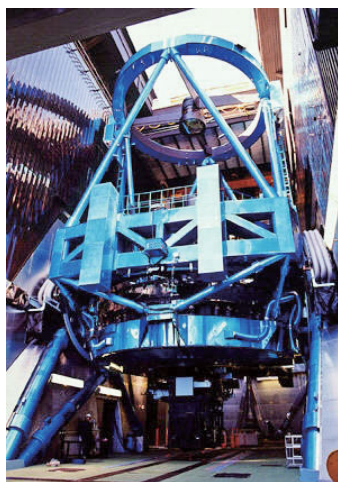


図2 口径8.2m すばる望遠鏡



129.1億光年。この赤いシミにしか見えない銀河の姿は129.1億年前の姿です。

では銀河の距離はどうやって測るのでしょうか？

宇宙は137億年前にビッグバンと呼ばれる火の玉状態から始まり、膨張を続けてきました。遠い天体からの光が地球に届く

までの間に空間が膨張するので、光の波長が長くなり、色が赤くなります。この現象を赤方偏移と呼びます。宇宙で一番多い水素原子が放つ光の中でも一番強い光は、本来の波長が121.6nmのライマンα線という紫外線です。ところが赤方偏移のため、遠い銀河の放つライマンα線は届くまでに波長が長くなります。その波長を測ると赤方偏移が求まり、その銀河の距離を計算することができるのです。

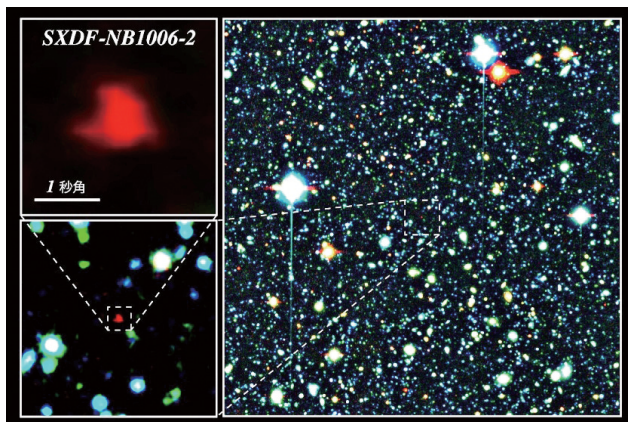
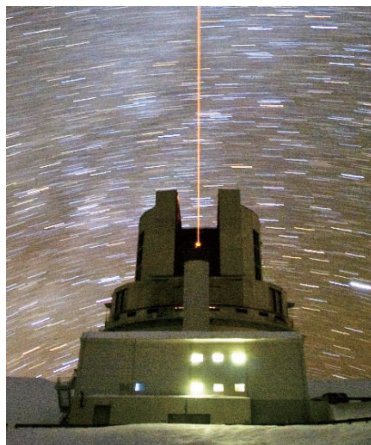


図3 すばる望遠鏡で発見した距離129.1億光年の銀河SXDF-NB1006-2

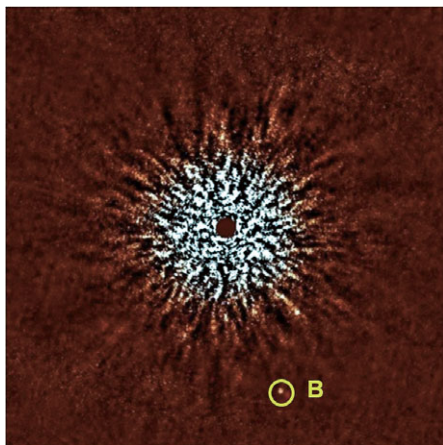
3. 視力を10倍にする補償光学技術

すばる望遠鏡をもってしても、このように遠い微かな天体は図3のような写真をやっと撮れるというのが現状でした。でも、2011年にはすばる望遠鏡の視力を10倍にする新しい装置が動き始めました。「レーザーガイド星補償光学系」という難しそうなる名前の装置ですが、言わばハイテクメガネというようなものです。図4はすばる望遠鏡からレーザービームを放ってガイド星を人工的につくり、補償光学装置を使った観測を行う様子を示しています。

冬の夜空を見上げると星がきらきらと瞬いているのがわかります。星の瞬きはロマンチックですが、天体観測には邪魔な現象です。海拔4200mのマウナケア山頂は空気が薄く、地上からの観測では最も星がすっきりと見える場所として知られています。それでも、真空の宇宙空間から観測するハッブル宇宙望遠鏡に比べると、すばる望遠鏡の画像は少しピンぼけになっています。すばる望遠鏡に装備したハイテクメガネは、星像のゆらぎを連続的に測ってそれを刻々と直す機能を備えています。このため、ハッブル宇宙望遠鏡より3倍細かいところまで見える写真を撮ることができるのです。



左:図4 レーザービームを放って補償光学観測を行うすばる望遠鏡



右:図5 太陽に似た星GJ758の惑星B

この技術を駆使して、撮影されたのが図5です。これは太陽と二つの星GJ 758を補償光学装置で小さな点にして、光を遮るマスクを置いて、人工日食を起こし、その周辺に微かに光る惑星があることを示した貴重な証拠写真です。この写真の惑星Bがそれです。すばる望遠鏡のこの発見は2009年のニューヨークタイムズ誌の10大ニュースに選ばれました。

4. TMT計画

すばる望遠鏡のこのような活躍をさらに伸ばすため、国立天文台は次世代超大型望遠鏡TMT(Thirty Meter Telescope)を、米国、カナダ、中国、インドとの国際協力ですばる望遠鏡の近くに建設することを計画しています。



図6 30m望遠鏡TMTの完成予想図

鏡の直径はなんと
30m!

すばる望遠鏡の約
4倍です。さすがにこ
んなに大きな一枚の
鏡は作れないので、
1.45mの六角形の
鏡を492枚すき間無
く敷き詰めて、直径
30mの鏡に仕立てま
す。すばる望遠鏡の



ドームは直径40mですが、TMTのドームは65mです(図6)。鏡は4倍も大きいですが、望遠鏡の筒の長さを2倍に縮めるなどの工夫をして、建設費を最小限に抑えています。

すばる望遠鏡をつくった実績のある日本はTMTの望遠鏡本体の建設を分担し、さらに492枚の主鏡用特殊ガラスの製作と、研磨の一部を分担する準備を進めています。予算が整い、2014年度から建設を開始できれば、2021年にはファーストライト(最初の観測)を迎えることができると考えています。

望遠鏡に装備する観測装置は最初は3台で出発します。補償光学機能を活かしたカメラは、ハッブル望遠鏡の13倍の視力を実現します。

すばる望遠鏡ができるまで、国内の望遠鏡で観測できた最も暗い天体は24等級でした。すばる望遠鏡は1時間露出で28等級もの微かな銀河の撮影を可能にしました。それではTMTが完成すると、いったいどれくらい微かな天体が見えるのでしょうか? 計算では33等級の天体の検出が可能と見込んでいます。ゲンジホタルを一匹ガラス箱に入れて月面の夜の側に置いて光らせたとしましょう。地球からこれを見るとほぼ33等級に相当します(図7)。月面で何かが光っているのがTMTなら分かるというわけです。もちろん、こんな観測はしませんが、その感度のすごさが分かっていただけではないでしょうか?



図7 夜の月面でホタルを光らせると見えるかも?

5. TMTが目指すサイエンス

集光力ですばる望遠鏡の13倍、解像力で約4倍となるTMT。ハッブル望遠鏡と比べると集光力は155倍、解像力は12倍となります。このTMTではどんな宇宙の姿が見えるのでしょうか? さまざまな観測が考えられていますが、大きく3つの観測的研究に期待がかけられています。

(1) 第2の地球を探す

すばる望遠鏡が初めて撮影に成功した太陽系外惑星GJ758Bは木星の10倍ほどの巨大惑星です。太陽系の遠く外から地球を観察することを考えてみましょう。太陽の光を反射して青く光る地球は、その1億倍以上明るい太陽のそばでは、太陽からの光がまぶしくてとても判別できません。補償光学で太陽像を小さい点にして隠す工夫をしても、漏れ出す光が地球の明るさよりまだまだ遙かに明るいからです。

太陽より暗く赤いM型星と呼ばれる星が太陽系から15光年以内の距離におよそ10個ほどあります。M型星の周りにある惑星なら太陽ほどまぶしくないので、TMTに専用の探査カメラをつけて観測すれば、地球程度の惑星を撮影できる可能性があります。

惑星を持つことが判明している恒星は既に800個ほどになっています。これらの惑星の中で、公転中に地球から見て母星の前を通過するものがあれば、TMTに大きなチャンスがやってきます。母星の前を通過するときとその前後で、母星からの光を精密に分析すると、惑星の大気中の分子や原子の組成を調べることができるからです。地球大気の酸素は原始地球には無かったものですが、バクテリアの活動で発生したものと考えられています。酸素やメタンなど生命活動の結果生じると考えられる分子が確認されれば、その惑星に生命がいる状況証拠となります。直接生命を確認することはできませんが、TMTはそのような観測を実現できる可能性を秘めているのです。

でも、第2の地球が見つかったら、人類はどうしたらいいんでしょうね？

(2)最初の銀河が生まれた頃の宇宙を見る

すばるは129.1億年前の銀河の姿をかりうじて捕らえました。TMTの補償光学を駆使すれば、この時代の銀河をより鮮明に捕らえて、銀河の誕生の様子を見ることができると考えています。最初の原始銀河が誕生したのは135億年前、ビッグバンから約2億年後と推定されています。若い銀河が合体成長する様子を直接見ることができると期待されています。生まれたての銀河からの紫外線で、暗黒時代の冷えた宇宙は暖められ、ビッグバンから10億年後には銀河間空間の水素原子が全て陽子と電子に電離したことが分かっています。私たちはこれを宇宙の夜明けと呼んでいます。宇宙の夜明けがいつ始まりいつ完了したのかという謎についても答えがでると考えています。

(3)ダークエネルギーの正体に迫る

1998年には超新星の観測から宇宙膨張の加速が指摘され、この研究は2011年度のノーベル物理学賞につながりました。2003年には宇宙背景放射の観測からも同じ結果が得られています。この驚きの発見は、宇宙膨張を加速する未知のエネルギーの存在を暗示しています。ダークエネルギー(暗黒エネルギー)と名づけられたこの現象の解明は、21世紀の物理学最大の挑戦と考えられているのです。

ダークエネルギーの性質は宇宙論的な規模でのみ現れる現象です。高エネルギー加速器では調べることができません。天文学ではダークエネルギーの性質を解明するさまざまな案が提案されてきましたが、どれも統計的手法を使っ



た間接的な方法でした。実はTMTを使うと宇宙の膨張史を直接測定することができ、ダークエネルギーの性質を直接調べることができる可能性があります。

宇宙は137億歳なので、毎年137億分の1だけ大きくなっています。つまりすべての天体の赤方偏移も毎年137億分の1だけ増えているはず。TMTに超精密な分光装置を備えて、様々な時代の天体の赤方偏移の変化

を20年ほどかけて測定することができれば、各時代の宇宙膨張率を直接測定することができ、膨張がいつ減速から加速に転じたのかを測定できるというアイデアです。だれもやったことが無い測定ですが、このためには天体の運動速度を秒速3cm程度の精度で20年間安定に測定する必要があります。技術的には大変チャレンジングですが、検討が始まっています。

宇宙の構成要素

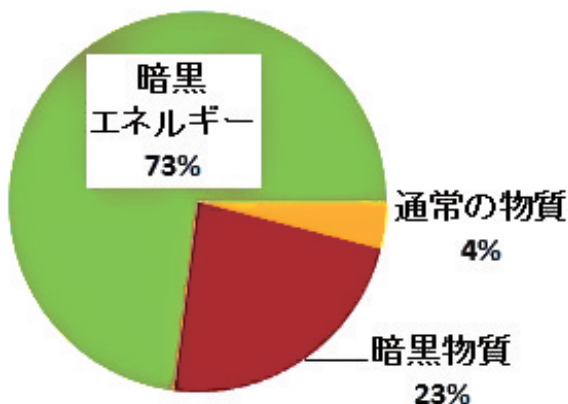


図8 宇宙の構成要素の96%の正体をまだ人類は知らない。

6. おわりに

TMTの建設には日本の基礎科学と科学技術への大きな期待がかかっています。この計画を進めるには、日本中の皆さんの応援が力になります。TMT推進室ホームページ (<http://tmt.mtk.nao.ac.jp/index-j.html>) では皆さんからの応援メッセージや一口1000円からの寄付を募集しています。応援、是非よろしく願います。

著者紹介: いえ まさのり



国立天文台教授TMT推進室長。すばる望遠鏡を建設、世界記録となる129億光年の銀河を発見し、レーザーガイド補償光学装置を開発し、仁科記念賞、東レ科学技術賞、文部科学大臣表彰、紫綬褒章などを受ける。TMT計画の実現に向けて奔走中。趣味はテニス、クラシックギター、囲碁。ホームページ <http://optik2.mtk.nao.ac.jp/~iye/index.html>