

宇宙と光

家 正則

1 「宇宙の夜明け」を見た すばる望遠鏡

すばる望遠鏡は、検討を始めた1984年から予算獲得までに7年、1991年からの建設に9年、合計16年をかけて1999年に完成した。建設費総額は400億円。一億人の皆さんのお金から一人あたり400円ずつ戴いた勘定になる。まず、この場をお借りして、皆さんにも篤く御礼申しあげたい。

すばる望遠鏡の目となる、直径8 mの主鏡の製作には7年を要した。主鏡は合計261本のロボット腕で支えるが、最大90 kgの荷重を1 gの精度で毎秒コンピュータ制御している。1999年1月の試験観測で、距離約40億光年かたの銀河集団を撮影したところ、28等星まで写っていることが確認できた。

すばる望遠鏡は様々な成果を挙げたが、その一つを紹介したい。100億光年かたの銀河からの光は地球に届くまでに100億年かかる。望遠鏡により遠く見ることで「宇宙考古学」ができる。遠い銀河を見つけるには、宇宙で一番多い水素原子が放つ、一番強い光であるライマンアルファ輝線を狙う。これは水素原子の最低エネルギー状態と2番目のエネルギー状態のエネルギー差に相当する光である。本来は波長が121.5 nmの紫外線であるが、遠い昔の銀河からの光は赤方偏移して赤外線として届く。このような光を放つ銀河の発見に1970年代以降、世

界中の天文学者が挑戦したが、誰も成功しなかった。当時の4 mクラスの望遠鏡では観測できないほど、遠くの銀河は暗かったからである。

私たちはライマンアルファ光を捉えるための特殊なフィルターを開発し、遠い銀河を探すことにした。このフィルターを広視野カメラにつけて、銀河系内の星が一つも見えない領域を15時間露出した画像を詳しく解析すると、41,533個の銀河が写っていた。この中で探し求めていた銀河がついに一つだけ見つかったのである。すばる望遠鏡の分光器で、この天体が確かに赤方偏移6.964のライマンアルファ輝線を放つ、128億8000万光年かたの銀河であることが確かめられた。こうして2006年に発表したネイチャー論文で、私たちは世界記録保持者となっ

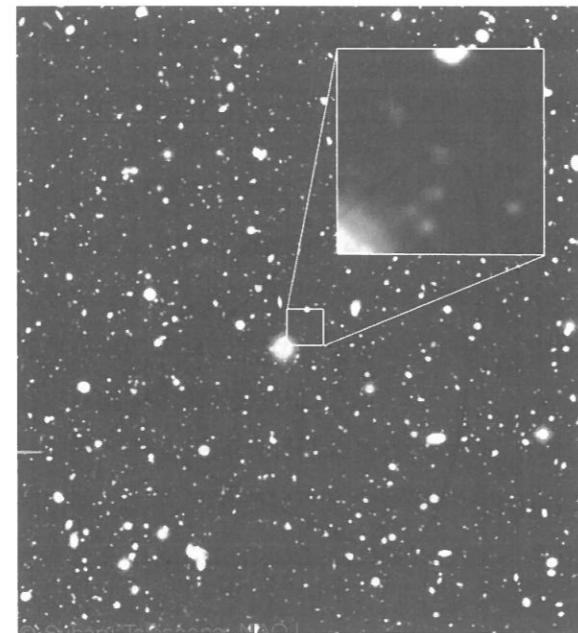


図1 128億8000万光年かたの銀河IOK-1

た。この観測をした私と、当時東京大学の院生だった太田一陽氏、国立天文台の助手だった柏川伸成氏の頭文字を取って、この天体をIOK-1と勝手に名付けた(図1)。このやり方で次々にIOK-2、IOK-3を見つけ、世界記録をどんどん塗り替えられると期待したからである。すばる望遠鏡はこの分野の観測で圧倒的な成果を挙げた。実際、2006年から2010年まで遠い銀河のベストテンは全てすばる望遠鏡で日本人が発見した銀河となっていた。オリンピックで金銀銅メダルを独占という以上の凄さである。ところが、その後5年間、IOK-1を越える銀河は見つからなかった。

世界記録競争もスリリングだが、もっと大事な発見があった。それは128億2000万年前の時代まではたくさんの銀河が見つかるのに、128億8000万年前まで遡ると急に銀河が見えなくなるという事実である。これは128億8000万年から128億2000万年までのわずか6000万年の間に宇宙に何か大きな変化が起こったことを物語っている。

宇宙は約138億年前のビッグバンと呼ばれる高温高密度状態から始まったが、急激な膨張とともに38万年後には約3,000度に、そして3000万年後にはドライアイスくらいの温度にまで冷え、光の無い暗黒時代となる。1~2億年後には暗黒物質の密度の濃い部分で、最初の星々を育んだ原始銀河が生まれ始めたと考えられている。冷たい領域が残っている時代ではライマン



PROFILE

家 正則
(いえ まさのり)
国立天文台名誉教授、TMT国際天文台副議長、TMT計画日本代表
専門：観測的宇宙論、銀河物理学

アルファ輝線が水素原子に散乱されてしまうため、原始銀河は見えにくくなる。しかし、原始銀河の中で輝く星からの紫外線でその周りの冷え切った宇宙が再び暖められ水素原子が電離すると、原始銀河が急に見えるようになってくる。これを「宇宙の夜明け」と呼んでいる。すばる望遠鏡は、銀河がたくさん生まれた時期をこうして特定することができたと考えている。

このような成果を挙げられたのは、広い夜空を一度に撮影できるカメラ、Suprime-Camのおかげである。昨年からはハッブル宇宙望遠鏡の1,000倍の夜空を一度に撮影できる超広視野カメラHSCでの観測を始めている。HSCを使って日本の天文学者が重要な天体を見つけ、後で記すTMTで詳しく分析する。このシナリオで10年後に赤崎先生・天野先生・中村先生に続いてノーベル賞を目指そうというのが私たちの戦略である。

2 補償光学系で撮影した系外惑星

私たちが開発した補償光学は、ガイド星の光が地球大気を通過する際に乱される様子を毎

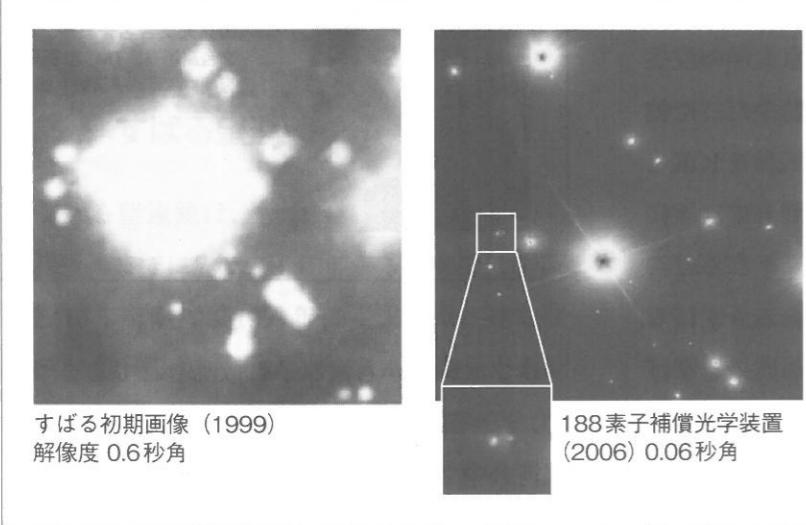


図2 補償光学の威力

秒1,000回の速さで測定し、焦点面近くの小さな鏡の反射面を凸凹させて、リアルタイムで光の乱れを修正してしまうというハイテク装置である。このアイデアは1953年に発表されたが、技術が熟したのは1990年代になってからである。中身は複雑だが、デジカメで使われている「手ぶれ防止機能」をずっと高度に発展させたものと考えていただいて良いかと思う。

図2は、オリオン大星雲にあるトラペジウムと呼ばれる領域の一部を、すばる望遠鏡のファーストライト時に撮影した画像と、その7年後の2006年に補償光学系を用いて撮影した画像である。魔法のメガネをかけると星の像の大きさが十分の一に縮んで、画質が大変シャープになることが一目瞭然である。

すばる補償光学系の最大の成果は、太陽系外の惑星の撮影に成功したことだろう。補償光

学を用いて太陽に似た星の像を小さく縮め、そのまぶしい光をうまく隠すと、星からの光を反射して周辺で微かに光る惑星を撮影することができる。すばるでは既にこの方法で木星より大きい惑星の撮影に成功した(図3)。この技術をさらに発展させた装置を開発中であり、やがては地球型の惑星の撮影も成功するかもしれない。

折角作った魔法のメガネだが、この装置を使うには、大気のゆらぎを測るために明るいガイド星が必要である。宇宙の果ての観測には明るい星が無い領域を狙うのだが、そんな観測でも

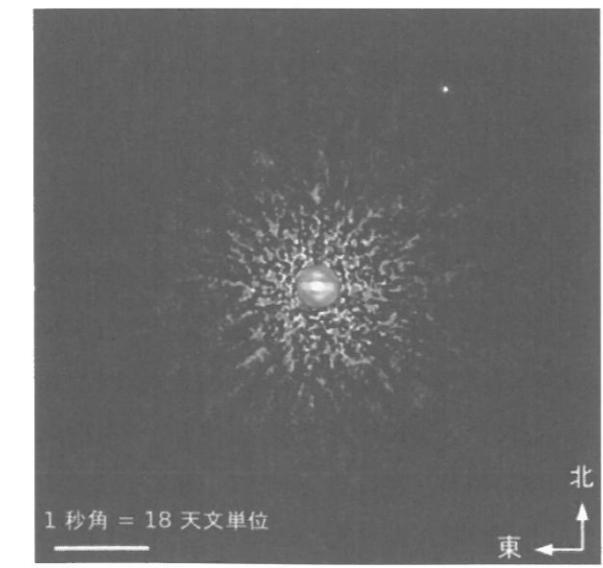


図3 系外惑星GJ504b(右上)

補償光学が使えるように、レーザービームで高度90 kmのナトリウム原子層を照射し、「ガイド星」を人工的に作る装置も開発した。レーザー人工星機能を備えた補償光学装置は、大型望遠鏡の視力を大幅に向上させることができる。天文学で威力を發揮した補償光学技術は、眼底写真撮影など様々な応用が始まっている。国立天文台では補償光学を顕微鏡に応用する技術開発についても共同研究を始めている。

る。東京から大阪にあるピンポン球に狙いを定められるほどの精度で、重さ2,000トン余りの望遠鏡を滑らかに動かして、天体を追尾する。30 m主鏡は、さすがに一枚のガラスでは作れないため、直径1.5 mの六角形の鏡を合計492枚敷き詰めて、全体があたかも直径30 mの一枚の鏡と同じように働くように制御する。それには隣の鏡との高さが光の波長の1/20のレベルで揃うようにしなければならないが、実現可能である。

主鏡用の特殊ガラスはすべて日本製である。492枚に予備の82枚を含めると全部で584枚の鏡を作る必要があるが、すでに国立天文台では膨張率がゼロの特殊ガラスを2年間で約百枚製作完了している。

インテル社の創始者ゴードン・ムーア氏は、TMTの建設に250億円相当の寄付をしてい

3 次世代30m望遠鏡TMTで見る宇宙

すばる望遠鏡などの観測で宇宙の理解が大幅に進み、新たな謎が次々に生まれてきた。欲張りな天文学者はハワイ・マウナケア山に直径30 mの鏡を持つ次世代超大型望遠鏡TMT(図4)を建設するため、2014年5月にTMT国際天文台を設立した。日本、アメリカ、カナダ、中国、インドの五カ国がメンバーとなっている。TMTはThirty Meter Telescope(30 m望遠鏡)の頭文字で、とりあえずはそのまんまの名前にしている。

望遠鏡本体は、性能の良いすばる望遠鏡を建設した実績から日本が分担してい

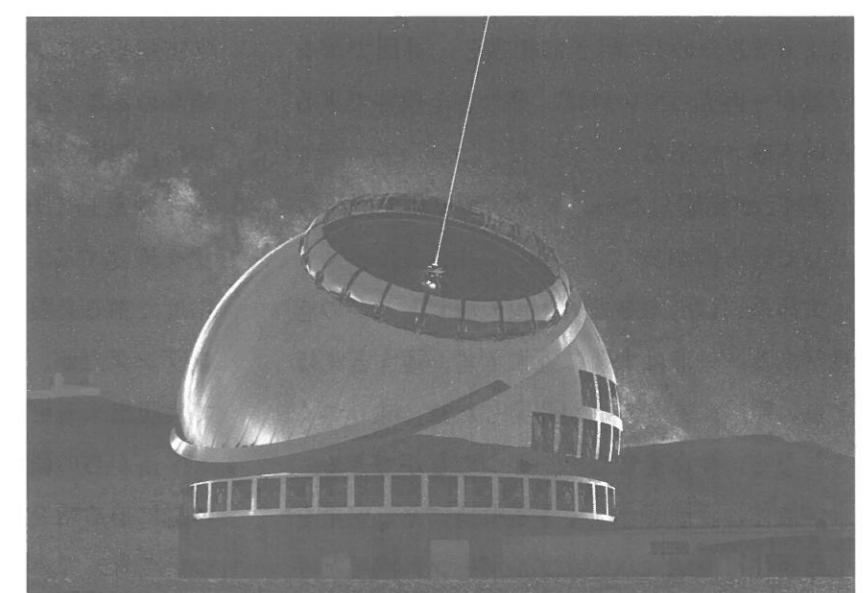


図4 30 m望遠鏡TMTの完成予想図

る。国立天文台ではTMT計画に多くの方からの応援を戴くことが大事と考え、一口千円からの寄付キャンペーンを行っている。寄付した全員の名前を刻んだ銘板を用意してTMTに掲示している。寄付の方法は国立天文台TMT推進室のホームページで案内しているので、よろしければご覧いただきたい。

宇宙を見る望遠鏡は、この40年間で飛躍的な進歩を遂げた。私が1972年に初めて銀河の観測をしたのは、当時日本最大だった東京大学岡山天体物理観測所の2 m望遠鏡だった。写真乾板で21等星に相当する銀河を撮影するのが精一杯だった。15年後に私が開発した液体窒素冷却型のCCDカメラを用いると、24等星まで撮影でき、大感激したものである。それからさらに13年後にすばる望遠鏡が完成し、28等星まで見ることができた。TMTが完成すると32等星が見えると計算している。これは写真の時代より2万分の1の暗さに相当し、月面でゲンジ虫が一匹光っていれば、それさえ検知できるという凄さである。

TMTが完成したら、天文学者は何を見ようとしているのか？

太陽系には「水金地火木土天海」と八つの惑星がある。地球は太陽に近すぎず、遠すぎずほど良い距離にあり、水が蒸発したり、凍りつくことなく、生命を育む海を保つことができる。水が液体の状態で存在できる軌道にある惑星を生命居住可能域（ハビタブルゾーン）惑星と呼ぶが、現在、太陽系以外に多数の惑星が見つか

り始めている。

ハビタブルゾーンにある地球型の惑星が見つかると、TMTでその惑星の分光観測から大気組成を分析できる可能性がある。地球大気中の酸素は、およそ20数億年前にシアノバクテリアという生物の光合成反応で大量に作られたと考えられている。TMTの観測で太陽系外惑星の大気中に多量の酸素があることが確認されれば、その星ではなんらかの生命活動がある可能性が高いということになる。そんな観測が10年後には実際にできるだろう。

TMTは、すばるの超広視野カメラHSCで見つけた初代の銀河を観測して、宇宙の一番星の生まれた時代をさらに詳しく調べることもできるだろう。

宇宙膨張は宇宙年齢の半分くらいの頃から加速し始めたということが近年わかってきた。だが、誰もその理屈を説明できていない。本当に宇宙膨張が加速しているのかをTMTなら直接確かめることができるかもしれない。それにはいろいろな距離（時代）の銀河の赤方偏移を精密に測定しておき、10年後か20年後にその変化を確認する。天体のスピードを秒速1 cmの精度で測る必要があり、技術的には大変チャレンジングだが、そんな観測はTMTでのみ初めて実現出来る可能性がある。

宇宙からの微かな光を望遠鏡で捉えて、宇宙の謎に迫る話をしてきた。最後に宇宙への光について考えてみよう。宇宙人が地球を観察すると、夜ごと放たれる都市の灯りに注目するに違

いない。石井幹子先生の照明デザインになる人工的な都市の構造などから知的生物の活動があることが読み取れるだろう。

人類がラジオ放送を始めたのは1920年。宇宙への電磁波は現在95光年先まで広がっている。この先、平和で安定な文明を築いていかるかどうかが、人類が宇宙文明への仲間入りできるか否かの試練となる。



サイエンスアゴラ 2015

11/13(金)~11/15(日) 10:00-17:00
*最終日は16:30まで(一部例外あり)

会場: 東京・お台場地域 入場: 無料 *一部、実費をいただく場合があります

日本科学未来館、産業技術総合研究所臨海副都心センター、東京都立産業技術研究センター、東京国際交流館、フジテレビ湾岸スタジオ、シンボルプロムナード公園

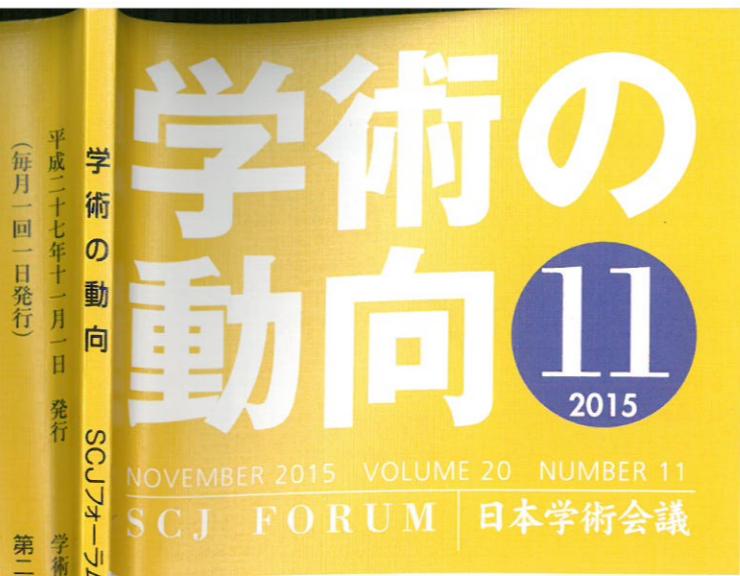
<http://www.jst.go.jp/csc/scienceagora/>



主催: 国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)
共催 / 協力: 日本学術会議、国立研究開発法人産業技術総合研究所、地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター、独立行政法人日本学生支援機構、国際研究交流大学村、東京臨海副都心グループ、株式会社フジテレビジョン
協賛: EuroScience、株式会社 KADOKAWA、株式会社角川アップリンク

4910892431157

00720



(毎月一回一日発行)

第二十卷 第十一号

ノーベル物理学賞と国際光年／イノベーションの歴史に学ぶ

日本学術協力財団

学術の動向
SCJ FORUM | 日本学術会議

NOVEMBER 2015 VOLUME 20 NUMBER 11
SCJ FORUM | 日本学術会議

SCJ FORUM | 日本学術会議

2015-11

ノーベル物理学賞と国際光年／イノベーションの歴史に学ぶ

10th Anniversary

10th Anniversary