

2 月度月例会講演録

日時：平成 24 年 2 月 10 日（金）12：00～13：30

講師：柏川 伸成氏（国立天文台 准教授）

演題：「宇宙はどこまでわかったか ～世界が期待する日本の天文学～」

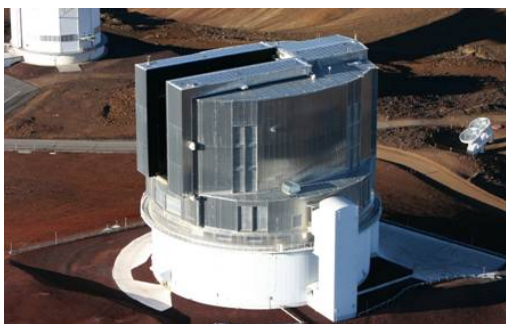
皆様こんにちは。国立天文台の柏川と言います。本日はお招きいただき、ありがとうございます。私は普段、すばる望遠鏡（以下、すばる）という非常に大きな望遠鏡を使って宇宙の観測をしています。まずは、この望遠鏡のお話をしたいと思います。

すばるは日本の望遠鏡ですが、ハワイ島（米国）のマウナケア山頂にあります。富士山よりも高い山で、海拔 4,200m に望遠鏡が立っています。そこは世界的にも天体観測に適した場所であり、各国の望遠鏡が 13 台設置され、しのぎを削って天体観測をしています。

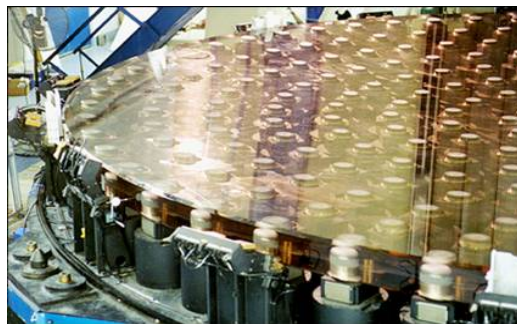
この中でも特に変わった形をした建物が日本のすばるです。すばるの構造について説明しますと、（反射）望遠鏡には大きな鏡があり、空から来た光を反射して一点に集め、細かな光を沢山集めることでより明るくして見せるのが、望遠鏡の仕組みです。すばるは地上で最大の望遠鏡のひとつと言えます。

すばるには日本のハイテク技術が数多く使われていますが、その中のひとつを紹介しましょう。すばるの主鏡（直径 8m）の厚さは 20cm しかない薄い鏡です。いかに厚く頑丈にしても、大きな鏡ですから傾けた時にたわんでしまいます。そこで、鏡がいつも同じ形になるように裏面からロボットでコントロールする方法を取っています。これは能動工学と呼ばれる技術ですが、鏡の後ろに 261 本のアクチュエーター（ピストンみたいなもの）というロボットの指が主鏡を支えて、望遠鏡がどの方向を向いても、常に鏡が同じ形になるようにコントロールしています。鏡の位相面からの平均誤差は 14nm ですから、髪の毛の 1/5000 ぐらいです。この精度で鏡をコントロールするのは、とても高度な技術であり、この技術がすばるを支えています。

（すばる望遠鏡がアーチャルツアー：http://www.naoj.org/Information/Tour/VTour/j_index.html）



すばる望遠鏡



アクチュエーター

提供 国立天文台

今日お話しする内容ですが、世界が期待する日本の天文学ということで、現代天文学で何が問題になっているのか、どこまで宇宙がわかったかというお話と、その成果についてすばるがどこまで活躍しているのかというお話しを3つほど紹介したいと思います。最後に、このすばる望遠鏡の次の、更に大きな望遠鏡を建てようという計画についてご紹介します。

天文学には解らない謎が沢山ありますが、本日はその中の3つをご紹介します。

1. 宇宙の加速膨張（この宇宙はどうなっているのだろうか？）
2. 宇宙の果ての銀河（夜空の向こうには何があるのだろうか？）
3. 太陽系外惑星（我々は宇宙で独りぼっちなのか？）

トピック1. 宇宙の加速膨張（この宇宙はどうなっているのだろうか？）

まず、宇宙の加速膨張についてお話しします。これまでの研究から、宇宙は今から137億年前にビッグバンという大爆発で始まったと考えられています。その宇宙が今まで膨張してきていることが、いろんな観測から解ってきました。

宇宙において、天体の距離を測るのは非常に難しいことです。遠い天体になればなるほど、暗く見えます。その性質を利用して、天体までの距離を測りますが、宇宙には明るい星も、暗い星もあります。ある星を見た時、その天体は暗いが近くにあるのか、あるいは明るいのが遠くにあるのか、それを区別するのがとても難しいのです。そこで超新星という天体を使います。この超新星は、明るさがよくわかっています。明るさが解っている天体を多数観測すれば、その超新星までの距離が正確に求められます。

最近になり、宇宙の大きさはどう変化しているかという研究が行われるようになりました。その結果、驚くべきことに宇宙は加速膨張（膨張の進み具合が早くなっている）していることが解ってきたのです。今後宇宙は収縮してしまうのではなくて、大きくなっていくと解明されています。

この研究結果は、アメリカのパールムッター博士を中心に3つのグループで世界各地で行われました。3つのグループがそれぞれ、ほぼ同じ結果を得られたため正しいだろうということで、昨年度のノーベル物理学賞に輝きました。パールムッター博士は、すばるにも来られて我々と一緒にこの超新星の観測をしました。ノーベル賞を受賞するような発見でも、すばるは大きな観測結果を残しているのです。

では、どうして宇宙は加速膨張しているのか、これはまだわかりません。膨張させる元になっているエネルギーをダークエネルギーと呼んでいますが、このエネルギーが本当に存在するのか、一体そのエネルギーの正体は何で、どこから生まれたのかについては全く解っていません。もしかしたら私達が何かの考え違いをしているのかもしれないし、近い将来に、このダークエネルギーの意味がわかってくるかもしれません。

トピック 2. 宇宙の果ての銀河（夜空の向こうには何があるのだろうか？）

宇宙で最初の星や銀河がどうやって誕生したのかという謎に迫りたいのですが、観測によって宇宙の最初の銀河をどうやって探し出すのか。遠くにある銀河からの光は、何億年も時間をかけて地球に到達します。私達が地球上で銀河から受けとった光は、実は、何億年も前にその天体を出発した光なのです。遠くにある銀河を見れば、銀河の昔の姿が見えてきます。天体が遠くなればなるほど、昔の宇宙の様子を見ていることになるわけです。

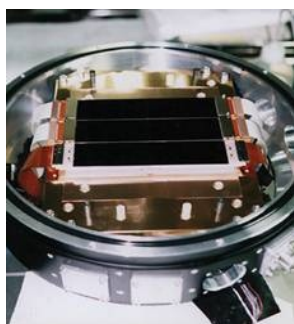
宇宙で最初の銀河を見つけるためには、一番遠い銀河を見つければよいことになります。しかし、宇宙の果てにある遠い銀河、これを見つけるのは非常に大変です。すばるを使ってもなかなか見つかりません。

このような銀河を探すためには、より広い宇宙を探さなければいけませんし、時間をかけてゆっくりと、じっくりと観測することが必要になります。最も遠い銀河を探す研究においても、すばるは大きな成果を挙げています。今年の12月現在、最も遠い銀河のベスト20の内、ほとんどの銀河を日本のすばるが見つめています。

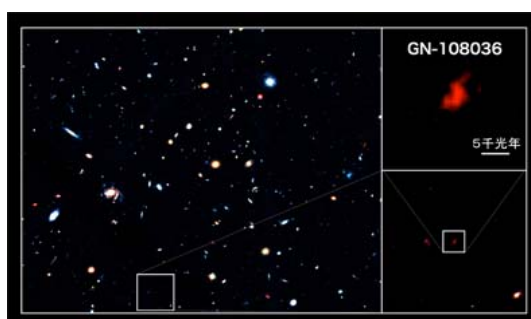
最近、外国勢が2位、3位に食い込んでいますが、現在、私達のグループも、この1位を超える更に遠い銀河を見つけています。近いうちに発表する予定ですが、今も外国のグループは更に遠い銀河を見つけているかも知れないので、ライバル関係でもあるのですが、お互いに協力して遠い宇宙の謎を明かそうとしている最先端の分野になっています。

なぜ日本のすばるがこれだけ頑張れるのか。すばるにはある工夫があって、他の望遠鏡にない装置が付いています。主焦点カメラと呼ばれる8000画素×10000画素のデジカメです。皆さんお持ちの携帯カメラの約30倍の画素数です。

この大きなカメラを持っているのは、日本のすばる望遠鏡だけです。なぜ、大きなデジカメがあると遠い宇宙の謎がわかるのか。宇宙を見渡しても、超遠方銀河はなかなか見つけられません。これをどうにかして見つけたい。すばるのカメラを使うと、一度に沢山の天体をつかまえることができますから、その中に非常に稀にしか存在しない天体をつかまえる可能性が高まってきます。これが主焦点カメラの威力です。



主焦点カメラ



宇宙最遠の銀河

提供 国立天文台

こうやって見つけた最も遠い銀河も、小さな赤い点にしか見えません。いくら拡大しても、宇宙の果ての銀河になると、渦を巻いた綺麗な銀河の姿はないのです。その小さな点である銀河も、可視光の撮像観察をすれば、この銀河の中でどれだけ星が生まれているか、また別の観測をすると、この銀河がどういう回転をしているかも解ってきます。あるいは、少し違う波長で観測をすることによって、銀河の形、銀河の中に含まれている塵の量、銀河の年齢まで解ります。いろんな工夫をすることで、この小さな点にしか見えない天体が、宇宙の始まり、銀河誕生についていろんなことを教えてくれます。

すばる望遠鏡の主焦点カメラは、CCD と呼ばれる光を検出する検出器が 10 個並んだものですが、このカメラが非常に大きな成果をあげました。現在、これを更に拡大したカメラを開発中です。このカメラでは CCD を 100 個以上並べます。現在の 15 倍の広さにして、画素数としては 10 億画素になります。これまでより 15 倍広く見渡すことができますから、より遠い天体が見つかる可能性が高まり、今後のいろんな発見が期待されています。

このカメラは今年稼働予定で、現在、開発のピークを迎えているところです。今年の終わりぐらいには、すばるに取付けて観測を開始できるのではないかと期待しています。

トピック 3. 太陽系外惑星（我々は宇宙で独りぼっちなのか？）

では、第 2 の太陽系探しのお話に移ります。私たちの太陽系以外にも、惑星系はあるのか。地球と同じような惑星はあるのか。これだけ宇宙は広くて、いろんな星があるわけですから、もしかしたら地球と同じような惑星もあるかもしれません。そして、最終的に私たちが知りたいのは、地球に似た星に知的生命体はいるのかということです。

私達の住んでいる地球は、とても小さい惑星です。このような小さな惑星を観測するためには、地球にとっての太陽のようなものすごく明るい恒星（自ら光輝く星）の近くにある、ほんの小さな惑星を探さなければなりません。これは非常に難しい問題です。

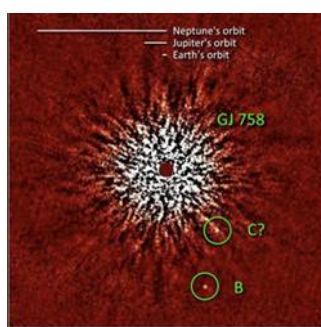
例えば、その恒星が明るすぎても、近くに何があるかは、すぐには解りません。そこで、装置の中で明るい恒星を隠して、その周りを見る観測をします。そうすると、この明るい恒星の周りを回る惑星が見つかることがあります。

惑星観測を地球上でしていると、大気に邪魔をされて、星がぼやけてしか見えません。観測した天体の暗い光が途中にある地球大気の揺らぎに邪魔をされて、どうしても瞬いてしまうのです。そこで、近くにあるガイドとなる明るい恒星が、どれだけ瞬いているかを検知して、目的の暗い天体の瞬きを補正してあげます。そうすることで、暗い天体がより良く見えます。これは補償工学と呼ばれる技術です。

この明るいガイド星が観測したい天体のすぐ近くでない場合、最近では人工の星を作る技術があります。大気圏の外側（地上から 90km ぐらい）にはナトリウム層というのが広がっています。ここに望遠鏡からレーザーを打ち上げますと、ナトリウム層が発光して人工の星ができたように見えます。レーザーガイド星と呼ばれているこの星の光の瞬き具合を検知し、補正しています。

この技術は実際に、すばるでも高出力のレーザーを打ち上げて、その先端にガイド星を作って観測をしています。他の望遠鏡でも同じことをしていますから、マウナケア山頂では各望遠鏡からレーザーが打ち上がるという、すばらしい光景が見えているわけです。これも最先端の科学技術が天文学に応用された例です。

すばるの観測により数多くの惑星が見つっていますが、地球のような小さな惑星を見つけることは難しく、比較的大きな木星型惑星が沢山見つっています。最近、人口衛星ケプラーも活躍していて、既に 500 個近い、別の太陽系が見つっています。惑星系を調べていくことにより、将来そこに生命が存在するかという謎にも、迫っていきけるのではないかと考えています。



太陽系外惑星



すばるからのレーザー打ち上げ

提供 国立天文台

次世代の望遠鏡

いろいろなハイテク技術が使われた最先端の観測望遠鏡ですが、すばるをはじめ、アメリカのケック望遠鏡、多国籍で作ったジェミニ望遠鏡、ヨーロッパが作った VLT、人工衛星として活躍するハubble宇宙望遠鏡等、世界各国の望遠鏡が競争・協力体制にあり、この宇宙の観測を進めています。

これまでに 4m や 8m の望遠鏡が使われるようになり、CCD が観測に導入されたりと科学技術の進歩と共に新たな発見が集中し、劇的に宇宙の理解が進んでいるのですが、最近では、更に大きな望遠鏡を作る動きがあります。次なる巨大望遠鏡は鏡の大きさが 30m ある非常に大きな望遠鏡です。30m望遠鏡 (TMT : Thirty Meter Telescope) と呼ばれる計画です。これだけ大きな望遠鏡になると、日本一国ではできません。何カ国かが協力して 1つの大きな望遠鏡を作ろうと頑張っています。この 30m 望遠鏡は、アメリカとカナダが主導していますが、日本、中国、インドが参加を表明しています。

作る場所はハワイのマウナケア山頂で、すばるのお隣にできます。一番困っているのはお金です。予算が 1,500 億円かかります。これを 5カ国でつくりますので、一カ国あたり約 300 億円を提供し合って、1つの大きな望遠鏡を作ろうとしています。

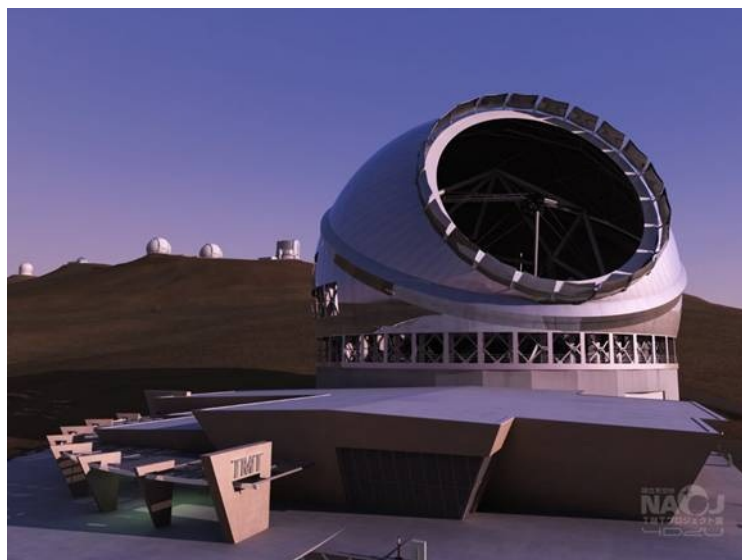
アメリカではインテル会長のムーアさんが、この望遠鏡計画は素晴らしいということで、200億円を寄付してくださいました。もっとそういう篤志家の方が出ただけると非常にありがたいのですが、もし皆さんの中で私の会社から300億円出すぞという方があれば、是非お願いしたいと思います。このプロジェクトは、今抱える技術的問題を解決しようと、約10年後の2021年の末に観測開始を目標として取り組んでいます。

この30mの大きな鏡は、さすがに一枚の鏡ではできません。そこで、直径1.44mの小さな六角形の鏡を、あたか一枚の鏡のように492枚敷き詰めます。鏡の素となる材料は、日本の会社で作ることが決定しています。それにコーティングをして鏡にすることが難しい技術で、日米中印の各国が競争しつつ検討しているところです。

もちろん、並べた鏡もロボットで制御しなければなりません。一枚の鏡の後ろに3台ずつ設置し、計1,476台がリアルタイムで判断して、鏡がいつも同じ形になるように補正することを考えています。

このTMTができると、もし月の上に蛍がいたとしたら、そのわずかな光も、地球から見ることができます。暗い天体がより明るく見えるだけでなく、解像力も、より細かなところまで見えるようになることがわかっています。

日本が参加しようとしているのは、TMT、30m望遠鏡という計画ですが、アメリカには、もう一つGMTという計画もありますし、ヨーロッパには独自でELTという望遠鏡を立てようという計画があり、この3者が競って、どれが一番乗りになるかと頑張っています。



TMT 望遠鏡完成予想図 提供 国立天文台

TMTで何がわかるか

さて、TMTを使ってどういう研究ができるかを、いくつかお話しします。

1つ目、宇宙膨張について何がわかるか。先ほど、宇宙は加速膨張している話をしましたが、これは様々な仮定や色々なモデルを使ってやっと解ってきたことです。

今、宇宙は膨張していますが、これを直接測った人は誰もいません。しかし、この TMT を使うと、この宇宙膨張がじかに見えます。宇宙が膨張して、天体がどんどん遠ざかっていますので、今日よりも明日の方が、その天体までの距離は遠くなります。ただ、その遠くなり方がわずかですから、現在のすばるでは判別できません。しかし、TMT では 10 年くらい経てば、距離が大分開いてきますので、10 年間で、どれだけこの天体の距離が遠くなったのかということの判別することができます。これにより、宇宙がどれだけ大きくなってきたのかが解ります。宇宙は本当に加速膨張しているのだろうか、それを引き起こしているダークエネルギーは何なのか、こうした謎も解けてくるかもしれません。

2つ目、宇宙最初の銀河についてはどうでしょうか。8m という、それまでに比べて非常に大きな望遠鏡すばるができたことにより、宇宙のフロンティアはぐんと広がりました。そして、最遠方の銀河としてビッグバン後 8 億年の銀河もすばるは見つけています。

TMT は、この先に行きます。その頃は、宇宙空間にあった中性水素が電離していくという劇的な転換期にあったと考えられています。銀河の周りを取り巻く電離水素の泡のような構造がたくさん見えるだろうと考えていますが、これは今のところ見えていません。TMT を使うことで、初代銀河、そして周りの泡の構造というのもよく見えてきます。

そして、天体がいつ、どこで、どのように生まれたのか、そういった経緯についても解るかもしれません。さらには、より早い時代の銀河も見つかってくるでしょう。その中に宇宙で最初の星、おそらくビッグバン後 2 億年ぐらいに存在したと考えられている星が、見つかるかもしれません。

宇宙に最初の星が生まれて以来、137 億年という長い歴史において、星の中で元素ができてきました。その元素を使って、私達の体もできています。今の宇宙には様々な元素がありますが、その元素がいつ、どうやって種類が増えてきたのか等、元素の起源についても、わかってくるかもしれません。

3つ目、もうひとつの太陽系探しはどうなるのでしょうか。すばるによる、もう 1 つの太陽系探しでは、木星ぐらいの大きさの惑星までは見えます。しかし、本当に見つけたいのは地球のような小さな惑星です。このような惑星は、まだ見つかっていません。すばるではもう 1 つの太陽系探しまでできましたが、TMT では、もう 1 つの地球探しをしたいと考えています。

そして、その先にあるのは宇宙人はいるのかという問題です。これについても、TMT を使うと、もしかしたら地球外生命が見つかる可能性があります。宇宙人と聞くと、人間型の宇宙人を想像されると思いますが、もし隣の星にてんとう虫がいたら、それも地球外生命です。また、花が咲いていたら、それもやはり地球外生命です。もしかしたらバクテリアのような、私達の目には見えない生命が他の星にいるかもしれません。これも立派な地球外生命です。本当に私達の地球以外に生命がいるのでしょうか。解らないことがあれば、積極的に探しに行くのが科学の姿勢ですから、地球外生命を探しに行く計画も始まっています。

探す手がかりは水と酸素です。宇宙にどれだけ水や酸素のある星があるのか、手短に太陽系から考えます。太陽系の中では、液体として、水が存在するのは、地球周辺だけです。太陽から少し離れた場所では氷になります。また、少し太陽に近づくと水蒸気になります。

地球のような水のある惑星を探したいのですが、遠くなると恒星自体は見えても、その周りにある惑星まではよく見えません。本当は恒星自体よりも惑星の方を見つけないのですが、見つけることは難しいのです。そのため、ここでも工夫が必要です。もし明るい恒星の周りを小さな惑星が回ってれば、その惑星が恒星の手前を通過するときに影となって現れるはずですが。そのようにして見つかった惑星に水や酸素があるのかを調べます。

もし、恒星の周りを回る惑星に大気があれば、恒星から発せられた光を分析して、水や酸素の有無がわかるのです。惑星の大気を通過すると、光の性質が少し変化します。この光を比べることによって、惑星に水や酸素、あるいは有機物といった生命に欠かせない物質が、見つかる可能性がでてきます。

そういう惑星が見つければ、そこに生命があるかもしれません。この観測は非常に難しいのですが、TMT ですと、こういった観測もできるのです。TMT は、これまでになく全く新しい天文学を開くという意味で、非常に期待を持って進めています。私達のホームページでは応援メッセージを募集しています。

(TMT 応援メッセージ : <http://tmt.mtk.nao.ac.jp/comment-j.shtml>)

ここに応援メッセージを書きただけだと非常にありがたいです。あるいは 300 億円寄付していただけるといふのなら、国立天文台のホームページに募金のページがありますのでワンクリックで 300 億円を、どうぞ宜しくお願いいたします。

(天文学振興募金 : <http://www.nao.ac.jp/bokin/index.html>)

それでは、TMT への期待を込めて私のお話を終わりたいと思います。今日はどうもありがとうございました。(了)

※講演時に使用された地球から宇宙の果てまで行くシミュレーションソフト「Mitaka」は下記の方法にて入手可能です。

- ①国立天文台 HP よりダウンロード : <http://4d2u.nao.ac.jp/html/program/mitaka/>
- ②講談社ブルーバックス「4次元デジタル宇宙紀行 Mitaka」