本田財団レポート　No.176
第 148 回 本田財団懇談会（2019 年 3 月 12 日）

「太陽と惑星と生命と」

自然科学研究機構 国立天文台 台長
常田　佐久

公益財団法人 本田財団

講師略歴

常田　佐久（つねた　さく）

自然科学研究機構 国立天文台 台長

《略　　歴》

１９７８年	東京大学理学部天文学科卒業
１９８０年	東京大学大学院理学系研究科天文学専門課程修士課程修了
１９８３年	東京大学大学院理学系研究科天文学専門課程博士課程修了（理学博士）
１９８３年～１９８６年	日本学術振興会 研究員（宇宙科学研究所）
１９８６年～１９８８年	東京大学東京天文台 助手
１９８８年～１９９２年	東京大学理学部天文学教育研究センター 助手
１９９２年～１９９６年	東京大学理学部天文学教育研究センター 助教授
１９９６年～２０１３年	国立天文台 教授
２００４年～２０１３年	[組織変更により] 大学共同利用機関法人 自然科学研究機構 国立天文台 教授
２０１３年～２０１８年	宇宙科学研究所 所長
	宇宙航空研究開発機構 理事
２０１８年４月～	大学共同利用機関法人 自然科学研究機構 国立天文台 台長
	大学共同利用機関法人 自然科学研究機構 副機構長

《主な受賞》

１９９５年	第１２回井上学術賞
２００９年	日本天文学会 林忠四郎賞
２０１０年	英国University College London（UCL）、名誉フェロー
２０１１年	英国Royal Astronomical Society（RAS）、名誉フェロー
２０１９年	日本学士院賞

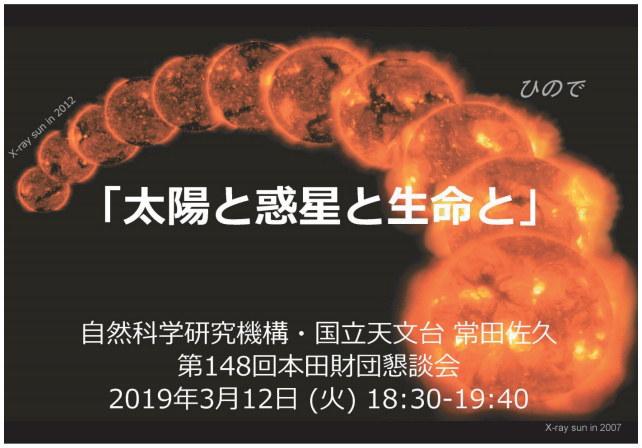
《主な会員等》

日本天文学会

International Astronomical Union（国際天文学連合）

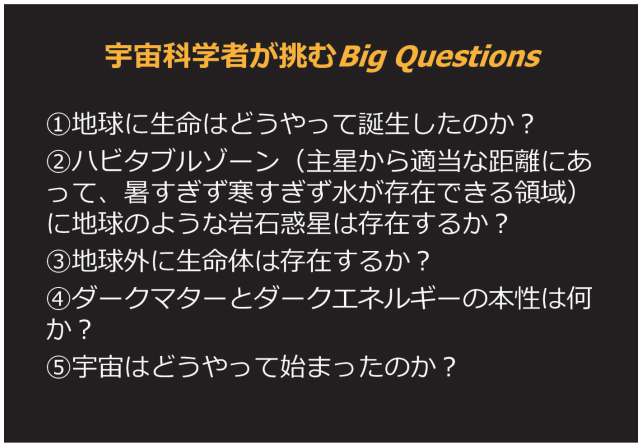
COSPAR（国際宇宙空間研究委員会）

英国Royal Astronomical Society（RAS）



皆さん、こんばんは。きょうは「太陽と惑星と生命と」という話題でお話をさせていただきます。太陽、惑星、生命と言うと、これらはいったいどういう関係があるのかと思う方もいるかと思いますが、最新の天文学の成果を紹介しつつ、お話の後半で、この宇宙で生命がどう誕生したのかという話をしていきたいと思います。

■ 宇宙科学者が挑む Big Questions

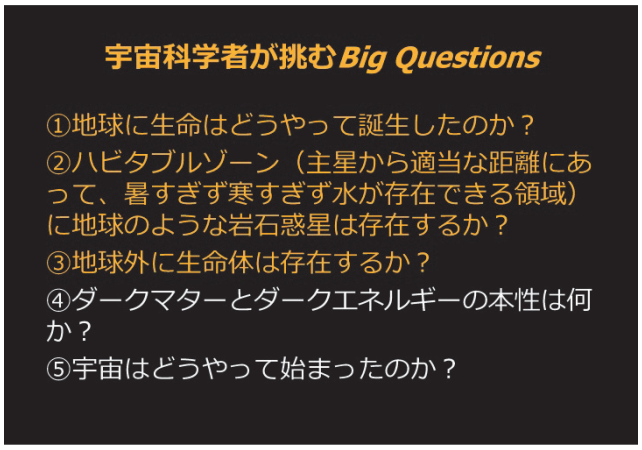


〈図－1〉

〈図－1〉最初に現代の天文学者、宇宙物理学者が、どういうことが天文学の大事な未解決の問題 Big Question だと思っているかについてお話したいと思います。最初に、①地球に生命はどうやって誕生したのか？

今日は、「ハビタブルゾーン」という言葉がたくさん出てきます。ハビタブルゾーンとは、太陽から適当な距離にあって、暑すぎず寒すぎず、水が水として存在できる領域の事です。水星のように、太陽に近すぎると全部蒸発してしまうし、火星より以遠の木星になると、冷たくて全部固まってしまいます。生命が誕生するには水が必要だということで、水が蒸発もしないし氷にもならない適当な温度の領域をハビタブルゾーンと呼んでいるわけです。太陽系でもハビタブルゾーンが定義できますが、きょうのお話は太陽系のほかにも地球のような惑星があるというお話でありますので、そういうところでのハビタビルゾーンについてこれからお話ししていきます。

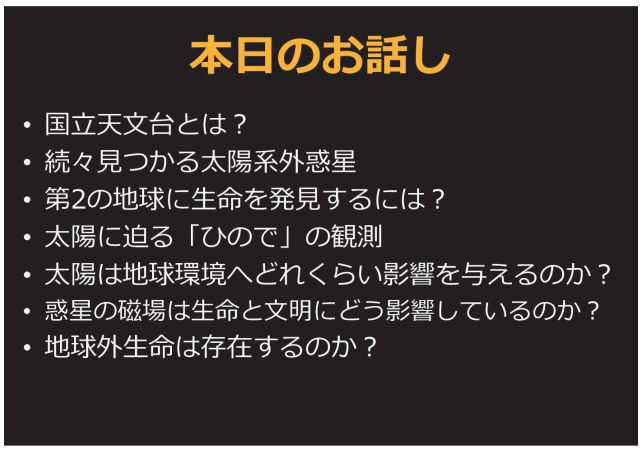
続いて、②ハビタブルゾーンに地球のような岩石惑星は存在するか？　③地球外に生命体は存在するか？　④ダークマターとダークエネルギーの本性は何か？　⑤宇宙はどうやって始まったのか？　という Big Question が続いています。



〈図－2〉

〈図－2〉私が大学院生だった 35 年前は、天文学者が挑む Big Question は 4 番と 5 番でした。4 番 5 番はいかにも天文学者が解決しようとする問題だと思われると思います。現代の天文学者はこれらの課題にもチャレンジしていますが、1 番から 3 番に非常に多くの天文学者が関心を持っています。30 年前の私の学生の時代には、ややエキセントリックな天文学者か SF 好きな天文学者が 1 番から 3 番の問題意識を持つという印象がありました。いまは非常に優秀な天文学者が 1 番から 3 番の問題を解決するための観測装置を開発したり、研究を行っています。これが、今日の主題です。

■ 本日の流れ

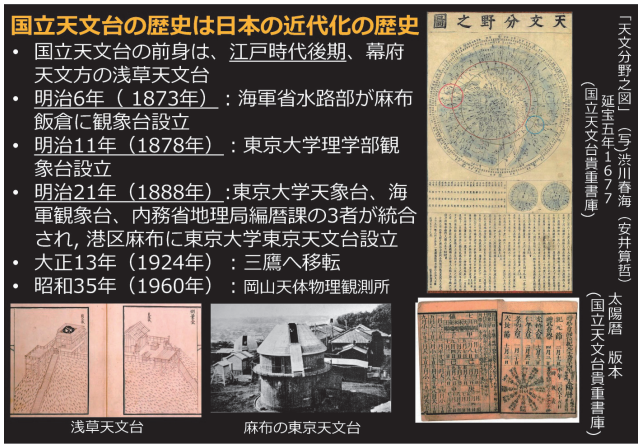


〈図－3〉

〈図－3〉本日のお話は、まず、私の所属する国立天文台の宣伝を少しさせていただき、次に先ほど申しましたように、われわれの太陽系の外にも地球のような惑星があるという話をさせていただきます。お話の流れは、銀河系空間にいったん出ますが、そのあと太陽系に戻って来て、太陽系にある惑星、そこにいるわれわれの存在はどう位置づけたらいいのかという手近な

ところに中盤戻りまして、最後に地球外生命は存在するのかという問題設定に対して、天文学がどうこれを解こうとしているか、非常にまじめに解決していこうとしているというお話で終わりたいと思います。

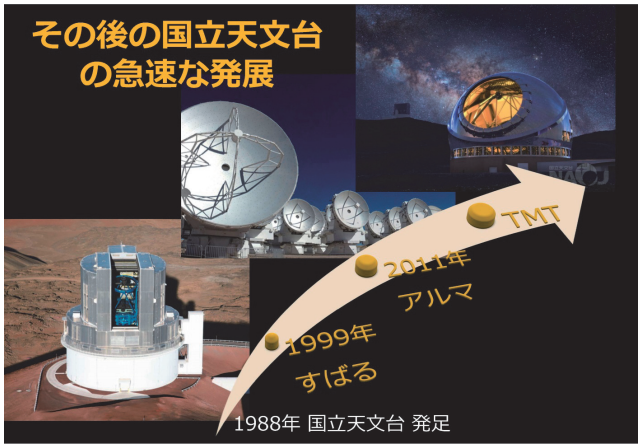
■ 国立天文台の歴史



〈図－4〉

〈図-4〉天文台の前身は、幕府天文方の浅草天文台にさかのぼります。現在、浅草に小さなモニュメントがありますが、そこに辿ります。さらに戻ると、渋川春海の「天文分野之図」、映画になりましたが、こういうところまで日本の天文学の源泉を辿ることができます。

海軍省水路部、東京大学理学部観象台、それから内務省地理局編暦課の三者が統合して、明治 21 年に東京大学東京天文台ができました。大正 13 年には現在のキャンパス、ヘッドクォーターがある東京都三鷹市に移転して、昭和 35 年には戦後の最初の大型観測施設である岡山天体物理観測所ができました。



〈図－5〉

〈図－5〉日本のいろいろな研究所の中で、国立天文台は最も古い歴史を持っており、国立天文台の歴史は日本の近代化の歴史と言っても過言ではありません。黎明期を経て、国立天文台は急速に発展し、1999 年にはハワイのマウナケア山頂にすばる望遠鏡を建設し、2011 年には

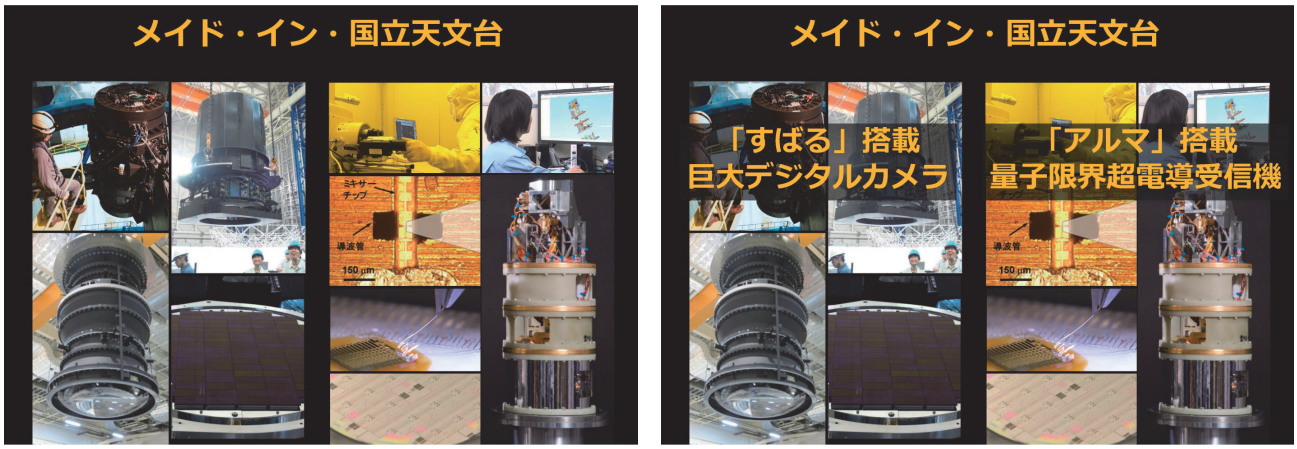
国際協力で南米チリのアタカマ砂漠に巨大な電波望遠鏡を設置しました。現在、直径が 30 メートルの巨大望遠鏡 Thirty Meter Telescope 略称 TMT を国際協力でハワイに建設を開始しようとしております。

■ 高い解像度と集光力の実現

〈図－6〉

〈図－6〉天文学の進歩というのはどのようにしてもたらされたのかを、少し説明します。天文学の進歩は技術革新によって、より高い解像度とより大きい集光力を実現することで、もたらされてきました。より高い解像度で相手をできるだけ鮮明に見ることと、より大きな集光力で宇宙からの弱い光を集めできるだけ遠いものを見ることが大事です。口径 10 センチの望遠鏡で木星を見るとぼやけて見えますが、口径 8 メートルのハワイのすばる望遠鏡で木星を見ると、別世界が広がるような鮮明な画像が見られます。電波望遠鏡についても 1 台で観測すると、しばしば何が映っているのか分からないわけですが、アルマ望遠鏡のように複数台をつなげて一つの巨大な望遠鏡にする技術が発達しており、そうすると非常に鮮明な画像が見られるようになります。日本はこの分野で世界の最先端を行っており、先ほど申し上げたようにハワイのマウナケア山頂に口径 8.2 メートルのすばる望遠鏡をほぼ純国産技術で完成させて運用しております。それから国際協力でアルマ望遠鏡を南米チリに建設しております。

■ メイド・イン・国立天文台



〈図－7〉

〈図－7〉そういう技術開発をどうやっているかということですが、多くの優れた日本の企業と一緒に巨大な観測施設を建設しています。一部は「メイド・イン・国立天文台」と申しますか、天文台で設計・製作・試験を全部やっております。我々の必要とするものは、しばしば一品ものでありますので、企業と組んでやることが難しい領域があります。例えば、すばる望遠鏡に搭載した巨大なデジタルカメラ（図７左）です。右側はアルマ望遠鏡に搭載した超電導受信機です。これは量子限界に近い、高い感度を持っております。これらを、国立天文台の三鷹キャンパスで職員がほとんど内製しています。こういう形で、世界最高性能の望遠鏡を日本企業と協力してつくってきたし、自分たちでも開発してきた。その結果が日本と世界の天文学の最近の大きな成果に結びついているわけです。

■ 私たちが提供するもの

〈図－8〉

〈図－8〉いちいち紹介しませんが、天文台はそのほかにもいろいろな事業をやっています（図８上）。スーパーコンピュータによる理論的な研究、それから石垣島には一般の方向けの望遠鏡がありまして、いわゆるアウトリーチ活動にもエネルギーを注いでおります。それから人工衛星に搭載する観測装置も開発しており、海外に大型の観測施設を設置し運用するという主力事業のほかに、天文学の広い範囲にわたって活動を広げております。

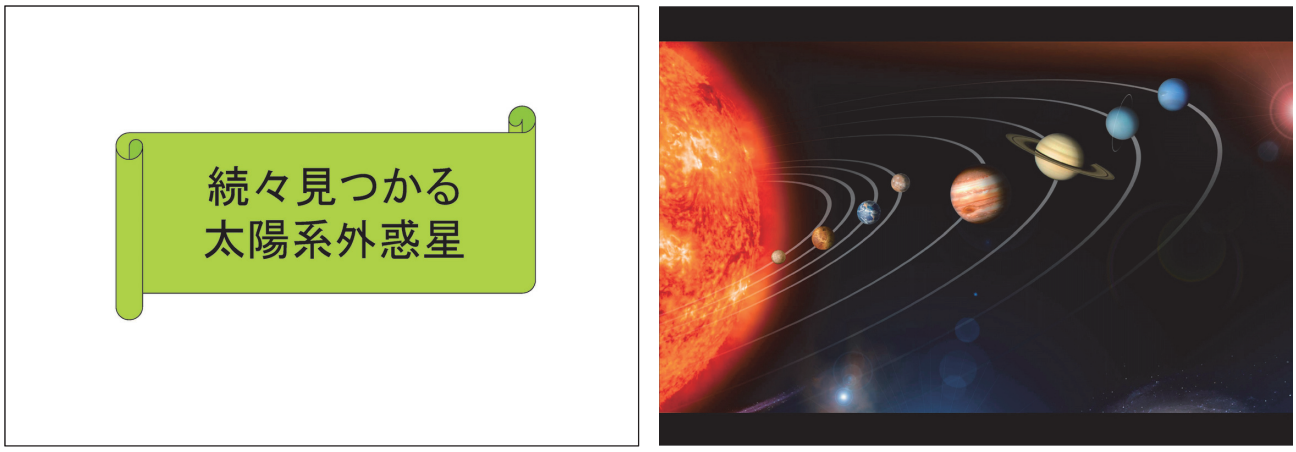
「私たちのミッション」（図８左下）というものを定義し、職員の方と共有しています。「知の地平線を広げるため、大型天文研究施設を開発・建設し、共同利用に供する」。共同利用とは自分たちだけ使うのではなく、世界中の研究者にオポチュニティを与えて使っていただくということです。「多様な大型施設を活用し、世界の先端研究機関として天文学の発展に寄与する。」そして、「天文に関する成果・情報提供を通じて、社会に資する。」こういう発見が日本の技術でできましたということを広く伝えて、国民と共有するのも天文台の一つの重要なミッションと思っています。

また、「私たちが提供するもの」（図８右下）も規定しています。国立天文台は、企業ではありませんので製品は提供しませんが、「未知の宇宙の解明と、新しい宇宙像の確立」、「研究成果の社会への普及・還元と、未来世代への夢の伝承」、「世界を舞台に活躍する次世代研究者・後継者の育成」というものが私たちの提供するものになっております。

〈図－9〉

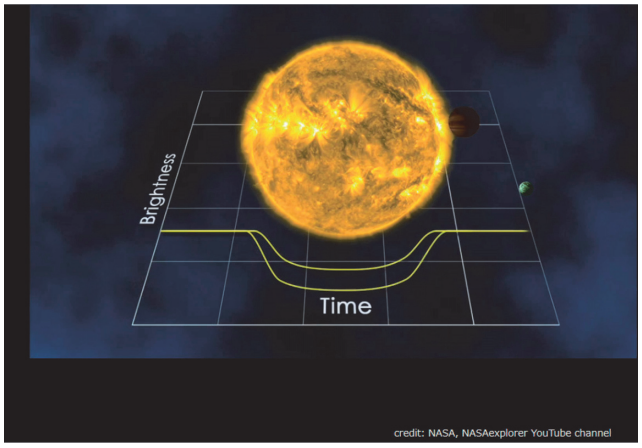
〈図－9〉きょうの話題にもつながりますが、国立天文台の守備範囲は銀河とか星を観測するだけでなく、宇宙の始めから地球と生命の誕生というところまで広くカバーしているということです。どのようにしてこういう広い研究範囲をカバーするかは、これからの話を聞いていただければと思います。

■ 続々と見つかる太陽系外惑星



〈図－10〉

〈図－10〉太陽系の外にある惑星ですので、われわれは系外惑星という言い方をします。右の図は太陽系の模式図ですが、左側に太陽があって水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星とあります。こういう惑星系が太陽系のほかにあるというのは、私が大学院生のころには考えもしなかったことです。では、どうやって遠い星にこういう惑星系があることが分かるのでしょうか？非常に単純な方法で、その事が分かります。



〈図－11〉

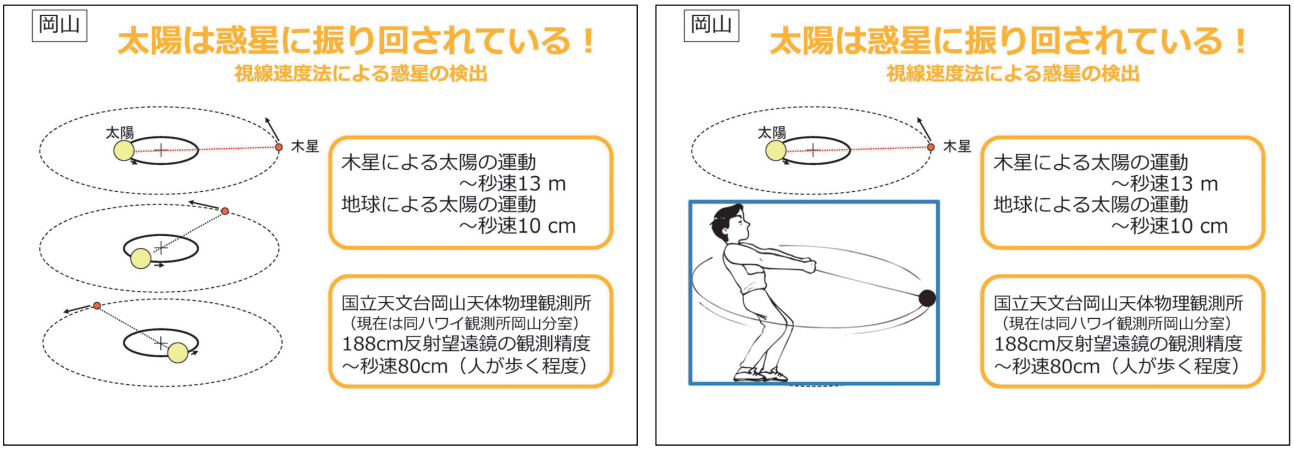
〈図－11〉星の前を惑星が通過すると影になって星からの光の量が少し下がる、もう少し大きい惑星が星の前を横切ると、それが影になって光の減る量が少し大きいということを使います。この光の減る様子を観測していれば、どれくらいの大きさの惑星が遮ったのかとか、惑星が中心の星の周りを公転していますので、公転周期が分かるということで、物理学の法則を使うと芋づるに太陽系外の星にどういう惑星があるかが分かってくるわけです。影を使って、太陽系外の星に惑星があることを知るという間接的な方法です。

■ 太陽は惑星に振り回されている！―視線速度法による惑星の検出―

〈図－12〉

〈図－12〉これは NASA の Web ページ（https://exoplanets.nasa.gov/）で、これまでに発見された惑星の数を示しています。NASA はこういう情報を収集して、人々に示していくことにも優れています。画面下のところを見ていただくと Exoplanets とあります。これは系外惑星という意味ですが、本講演を行った時までにコンファームされた太陽系以外の惑星の数は 3924 個。それから絶対確実ではないけれどほぼ確かなのが 3367 個。合わせて 7000 個以上の星に惑星系が存在しています。

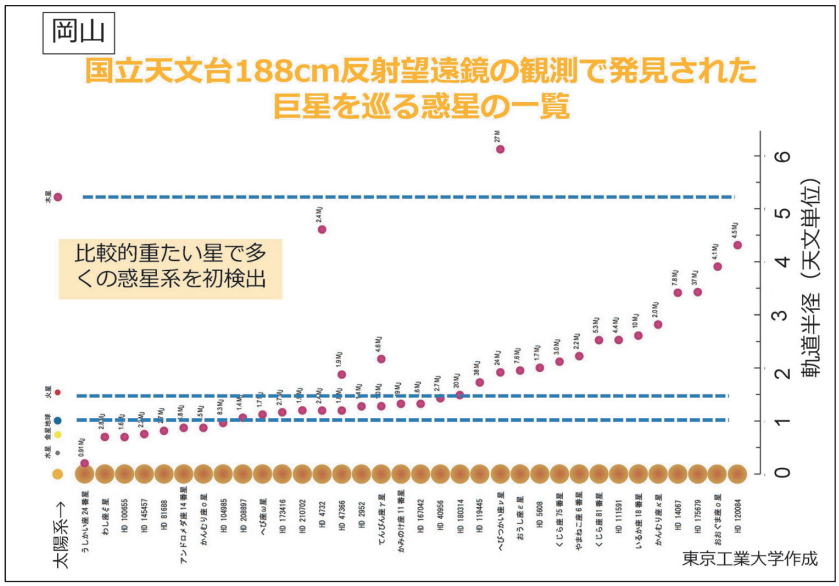
宇宙にはもちろん、7000 よりはるかに多くの星がありますから、もっと観測すればこの数はどんどん増えていくだろうと、天文学者は思っているわけです。惑星はありふれた存在である。これが影を使った観測方法で、もう一つ観測方法があります。



〈図－13〉

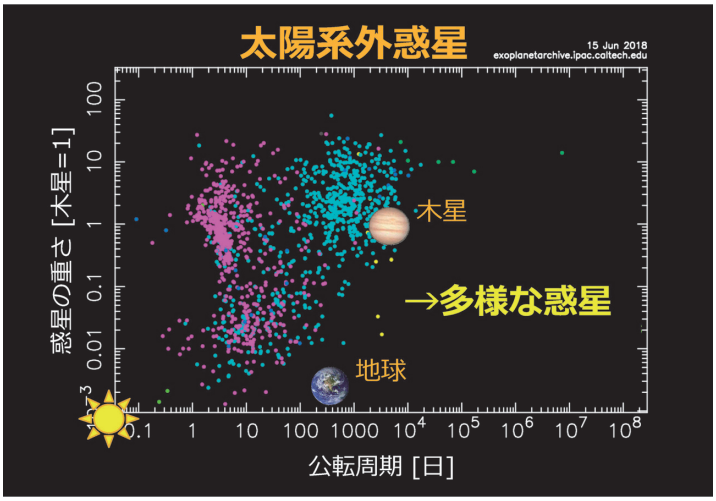
〈図－13〉これは国立天文台の岡山天体物理観測所で行われている方法です。太陽の周りを木星が回っている図が左上にあります。実は太陽も木星も共通の重心の周りを回っており、木星が公転するのはイメージしやすいですが、実は太陽も少しそれに合わせて動いている、回転しています。

あたかも、ハンマー投げの選手が、玉の影響で揺さぶられているのと同じです。星が惑星の存在で揺らされると、ドップラー効果により星からの光の波長が変わります。道路を走る救急車が、近づくときに音が高くなって、去るときは音が低くなるという、あのドップラー効果です。つまり、太陽のような星が近づくと少し光が青くなって、遠ざかると少し光が赤っぽくなることを使います。太陽系の場合、木星による太陽の運動は秒速 13 メートルくらいですが、岡山の望遠鏡は秒速 80 センチまでの星の動きを検出できるので、木星のような惑星の存在を十分検出できることになります。



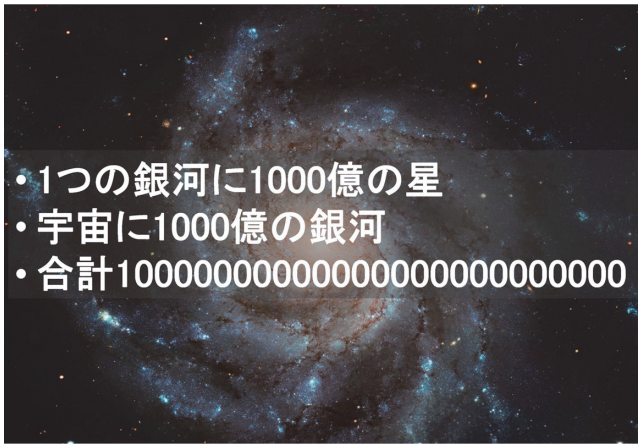
〈図－14〉

〈図－14〉少し見にくい図ですが、いろいろな星で発見された惑星の中心星からの位置が示されています。多くの惑星が日本の望遠鏡とそこに搭載された優れた観測装置によって発見されていることを、この絵で読み取っていただければと思います。



〈図－15〉

〈図－15〉これも少し分かりにくい図ですが、横軸は公転周期で、縦軸は惑星の重さです。図中に地球と木星の位置が示されています。地球は 1 年で 1 回太陽の周りを回っていますが、木星は 10 年で太陽の周りを回っています。また、木星は重たくて、太陽の重さの数百倍あることが分かります。発見された惑星達が、実にいろいろな公転周期と重さを持っています。（色の違いは無視して）点の密度を見ていただくと、木星の周りにはたくさん点があります。要するに質量の大きい惑星は先ほどのドップラー効果を使った検出が容易なので、木星に似たタイプの惑星が、宇宙でたくさん見つかっていると見てください。地球のそばには、まだ点がありません。地球のような質量の小さい星は、まだ最先端の観測装置でもなかなか検出が難しくて、十分なデータが集まっていないと見てください。これは太陽系外の惑星で地球のような惑星がないということではなく、発見が難しいと捉えていただければと思います。宇宙には、いろいろな質量の惑星があり、木星のような惑星もあるし、地球のような惑星もあると天文学者は思っています。



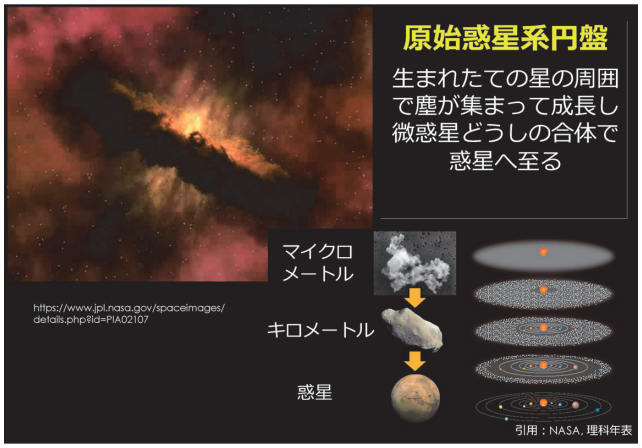
〈図－16〉

〈図－16〉一つの銀河にどれくらい星があるかというと、約 1000 億の星があります。天文学者は粗い勘定が得意でして、これが 2000 億でも間違えたとは思わず、1000 億イコール 5000 億ぐらいに思って感覚をつかんでもらえればいいと思います。宇宙には 1000 億の銀河があっ

て、宇宙全体にはどれだけ星があるかというと、誰も数えたことはありませんが、1000 億×1000 億ぐらいあると。そのかなりの部分が惑星を持っているだろう、と研究者は思っています。

われわれは孤独ではなく、大宇宙には地球のような岩石惑星がたくさんあるということを示す証拠がかなりあって、それをいま天文学の技術の革新によって実証しようとしている段階です。宇宙にたくさん惑星があるということを受け入れていただけると、ではそういう惑星はどのようにしてできたのかというところに話を進めたいと思います。

■ 原始惑星系円盤



〈図－17〉

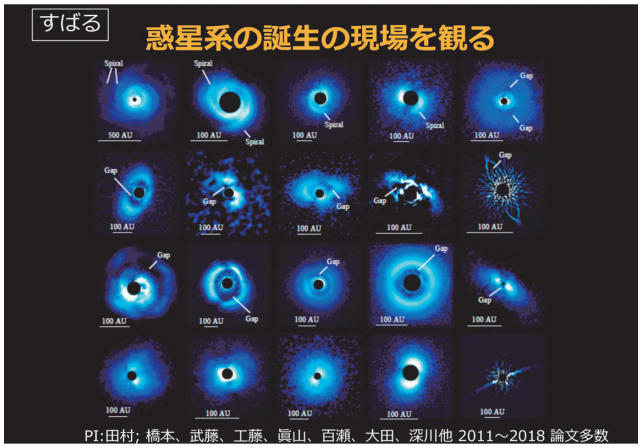
〈図－17〉宇宙でどうして星ができるかという話から始めたいと思います。宇宙にはいろいろな物質が、ガスや塵の形で浮かんでいます。少し密度の高いところができると、そこで重力が働いて、周りのガスや塵がそこに落ち込んで集まってくる。そうすると、より重たくなって、より重力が強くなって、もっと回りの物質が集まってくるということで、正のフィードバックが働いて、最終的に星に至るというのが星のでき方です。

けれど、周りの塵やガスが全部星になるのではなくて、中心星の周りに、円盤状に星になりそこなった余りのガスや塵ができます。これが、「原始惑星系円盤」です。なぜ球状でなく円盤状になるのか、高校の物理の知識で考えていただければと思います。ヒントは、円盤は回転していて外向きに遠心力が働き、同時に中心方向に中心星の重力が働くことです。非常に小さいマイクロメートルサイズの塵やガスが、中心の出来たての星の周りをぐるぐる回っていると、それらが互いにだんだん衝突して集まって、マイクロメートルのものがセンチメートル・・・やがてはキロメートルの大きさになり、最終的には惑星になっていきます。星を作った余りの物質が惑星になるのです。これが惑星のでき方として天文学者に現在受け入れられているシナリオです。

■ 国立天文台すばる

〈図－18〉

〈図－18〉国立天文台のすばる望遠鏡は、ハワイのマウナケア山頂 4200 メートルにあり、私がここに行くときは酸素吸入器を持って歩かないと少し気分が悪くなります。大丈夫な人もいますが、そういうところです。ここは天文学の観測最適地ですので、各国が競って望遠鏡を建設しています。すばるの建設は 20 年前に終わりましたが、現在に至るまで次々と最新の観測機器を開発・インストールすることによって、常に最新の状態に保たれ、多くの成果を出し続けております。



〈図－19〉

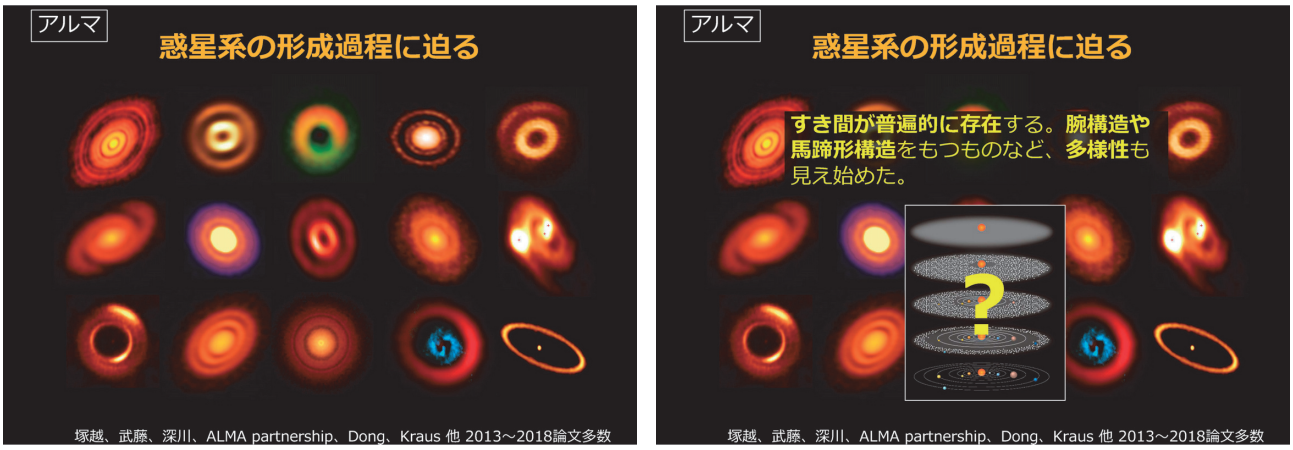
〈図－19〉（この図および以下の図の色は疑似カラーで、実際の円盤の色を表しているわけではありません。）その一つが惑星系の誕生の現場を鮮明に捉えるということです。少し複雑なデータになりますが、先ほどの模式図で中心に星ができて、そのあと円盤状に塵やガスが回っている絵を示しましたが、すばる望遠鏡によりそういう円盤が実際に発見されました。中心の星は明るすぎるので、黒いマスクで隠していますが、先ほどの模式図で見たようなきれいな円盤ではなく、ひしゃげたものとか、渦巻き状になっているものとか、ちょっとうまく表現できないような形をしたものとか、いろいろなものがあります。すばるのこの観測によって、本当に原始惑星系円盤があることが分かってきた、非常に大事なデータです。

■ アルマ望遠鏡

〈図－20〉

〈図－20〉次にアルマ望遠鏡です。天文学では主に光（可視光や赤外線）と電波で宇宙を観測するわけですが、光では比較的温かい物質を観測できます。電波はエネルギーが低くて、非常に冷たいものを観測するのに適しているということで、研究目的に応じてすばる望遠鏡を使ったりアルマ望遠鏡を使ったりします。アルマ望遠鏡の特徴は解像度が非常に高いことがあります。南米チリの標高 5000 メートルの高地に、66 台のパラボラアンテナをつなぎ、巨大な電波望遠鏡として、日米欧が開発と運用を行っています。アルマ望遠鏡は、人類が目にしたことのない感度と解像度を実現しています。この「人類が目にしたことのない感度と解像度」は、単なるうたい文句ではなく、この望遠鏡を建設するときに政府に多額の予算を要求して認めてもらうわけですが、こういうことをやりますと約束して得るわけです。その時の科学目的の最初に、「太陽系以外の惑星系とその形成を解明します」とあります。これはわれわれの公約でありまして、多額の資金をいただいて望遠鏡を建設するからには、こういうことを解明すると約束してやるわけです。約束が実現できないと信用を失って、次からはつくらせてもらえないことになるので、非常に大事な目標設定であります。

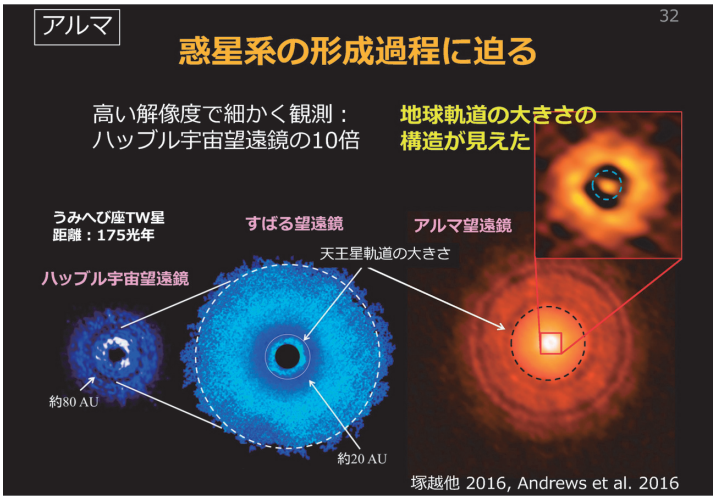
■ 惑星系の形成過程に迫る



〈図－21〉

〈図－21〉このアルマ望遠鏡で原始惑星系円盤を見ると、先ほどのすばるより一段と鮮明に円

盤らしきものが見えています。中心に星がありますが、これは温度が高すぎて見えていません。その周りの星になりそこなった物質が、円盤状にぐるぐる回っています。それを、正面から見た絵だと思ってください。いろいろな構造があります。先ほどの模式図に近いものもあるし、ずいぶん違うようなものもあります。隙間があり、塵がないところがある。腕構造や馬蹄形構造を持つものなど、多様性も見え始めた。多様性というのは天文学でとても大事で、ある一つの観測だけではなく、まず全貌を観測して、どれだけいろいろな種類のものがあるかを見て研究を進めるということで、研究が間違った方向に行かないためには多様性をつかむことが非常に大事です。多様性が見えてきて、最初に説明した単純な惑星形成の考え方は正しいのかと、いまクエスチョンマークが付いているわけです。



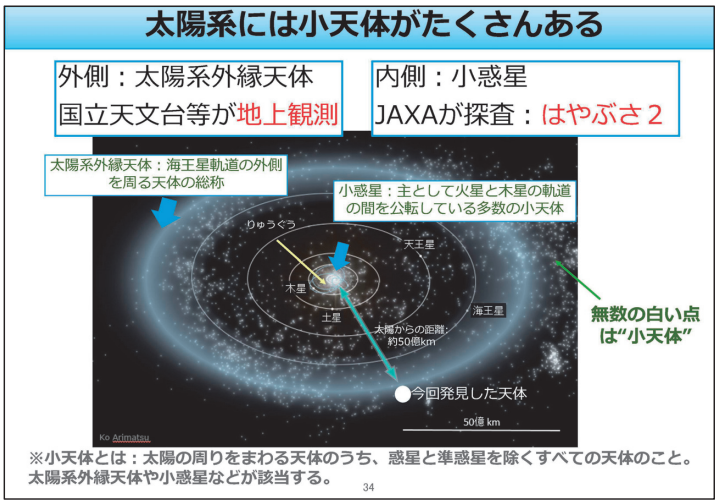
〈図－22〉

〈図－22〉もう少しこの円盤の観測データを見てみましょう。ハッブル宇宙望遠鏡という NASA の非常にすばらしい望遠鏡の得た画像があります。最初に円盤を見つけて、左側にある画像を得ました。次にすばる望遠鏡の時代になりますが、すばるはハッブルより解像度が高く、だいたい天王星の軌道ぐらいまで達することができた（真ん中の青色の図）。アルマ望遠鏡になると、さらに解像度が高く、地球軌道ぐらいまで辿りつくことができました。右の図です。中心の星から地球の位置ぐらいのところに隙間が見える（右上の図）。この隙間はいったい何か？ということが、現在、大きな話題になっています。

〈図－23〉

〈図－23〉隙間には、電波観測では見えませんが、そこに惑星ができていると多くの天文学者は思っています。中心の星をつくるのに余った物質が円盤としてあるわけですが、同じ軌道にあるそういう物質が集まって、衝突して大きくなって惑星をつくります。その軌道付近では円盤物質が消費尽くされて、物質のないギャップができているわけです。

■ 太陽系には小天体がたくさんある

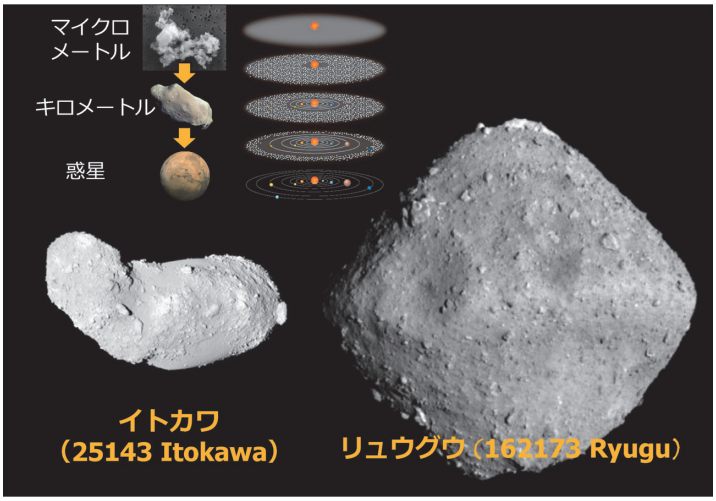


〈図－24〉

〈図－24〉これまで、太陽系外の星々に惑星が形成されているところのデータをお見せしました。ここからは、わが身を振り返って少し考えてみたいと思います。そういうわけで、太陽系に戻ります。太陽系には彗星、小惑星といった小天体がたくさんあります。

いま、はやぶさ２号機がリュウグウに着陸して、大変な話題になっています。現在順調で、リュウグウの物質を採取したところまでいきました。われわれ国立天文台は、地上から太陽系の小天体を観測します。それでは、はやぶさ２号機が物質収集を行っている小惑星と、天文台が観測する太陽系内の小天体とは何がどう違うのでしょうか？図－24 の太陽系全体の模式図では、水星、金星、地球、火星が、中心部に固まっていて、よく見えません。リュウグウはそ

ういうところにあります。太陽系全体のスケールで見れば、地球の近傍に居るわけです。どんどん太陽から離れていって、天王星、海王星より外にいくと、無数の白い点が見えます。これも小天体であります。これは太陽になりそこなった残りかす、あるいは惑星になりそこなった残りかすです。こういう小天体を観測してその性質を明らかにするのも、国立天文台の仕事の一つです。



〈図－25〉

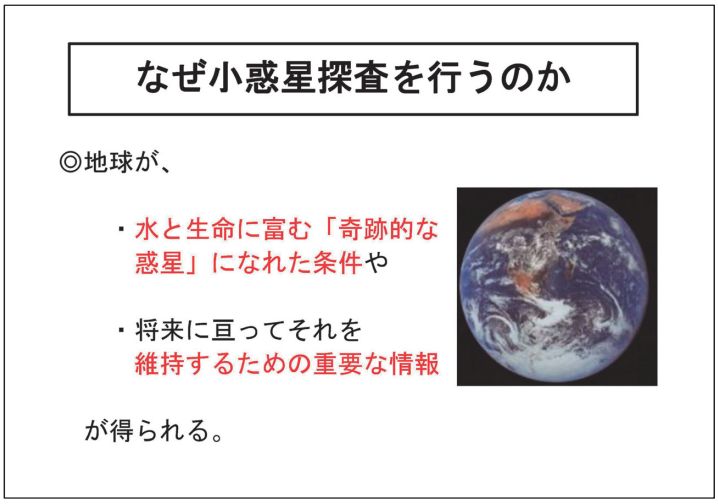
〈図－25〉リュウグウとイトカワ、これははやぶさ 1 号機と 2 号機が行った小惑星ですが、これは先ほどのマイクロメートルの塵が集まってキロメールになって、さらに何千キロの大きさの惑星になっていく過程の中の、キロメートルぐらいの大きさに達したものの残りです。惑星になれなかった残りを見ているということです。そういう意味で、リュウグウに到達してそこの物質を持ってくることは、惑星がどうしてできたかを解明するのに、われわれのやり方と相補的ですが、非常に大事です。はやぶさ 2 号機は、小惑星に 1 回着陸したところですので、たぶん、もう 1 回着陸してサンプルを採って、2020 年に戻ってきます。

〈図－26〉

〈図—26〉はやぶさ 2 号機の科学目的を見てみましょう。小惑星の性質と形成過程の理解、生命の原材料の探索、太陽系の起源と進化など、国立天文台の地上からの天文学と非常に類似の目的が掲げられています。ただし、はやぶさと言えども、太陽系外の惑星や小惑星に行くこと

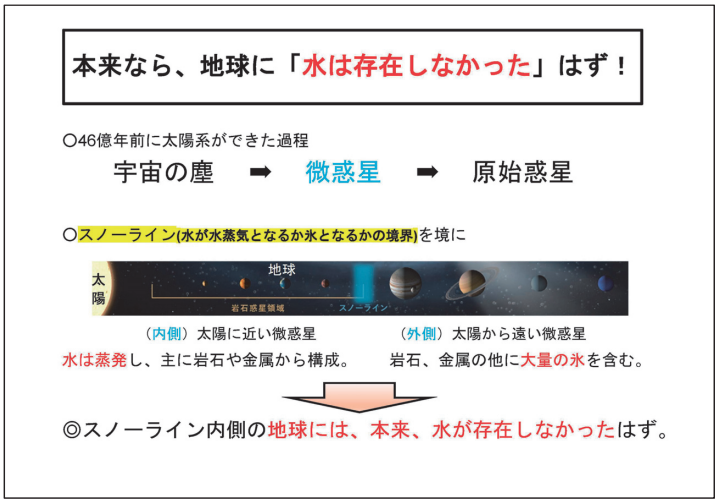
はできませんので、太陽系内を詳しく調べることで、こういう科学目的を解明しようとしています。われわれ国立天文台は大宇宙に広くはばたいて、別の角度から同じ問題を解決しようとしている、と言ってもいいかなと思います。

■ なぜ小惑星探査を行うのか



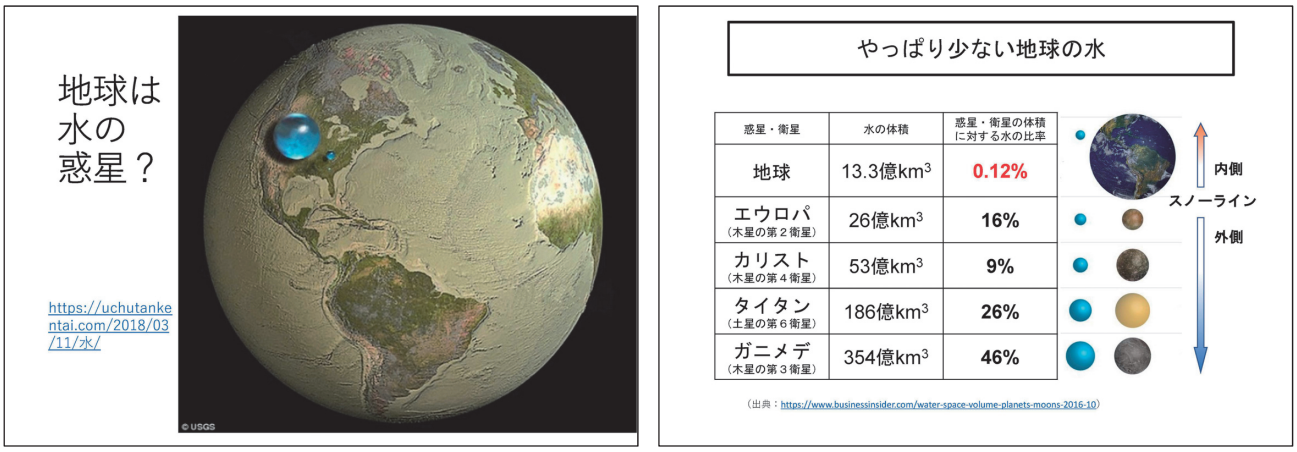
〈図－27〉

〈図－27〉さて、はやぶさはなぜ小惑星探査を行うのか。地球が水と生命に富む「奇跡的な惑星」になれたのはなぜか？　そもそも本当に「奇跡的な惑星」なのか？　奇跡的ということは、地球のような惑星は多くないかもしれないということです。先ほど、私は地球のような惑星は宇宙にたくさんあるだろうと言ったので、少しここに矛盾があります。地球は、奇跡的な惑星なのか？　それともありふれた惑星なのか？　まだはっきりしないというふうにここは読んでいただければと思います。「将来に亘ってそれを維持するための重要な情報」とありますが、これは、地球は生命の誕生以来、なぜ長期間生命を維持することができたのか？　それは簡単な事ではないのではないか？　はやぶさ 2 号機の観測により、これについての重要な情報が得られるかもしれないという意味です。というのは、小惑星というものは地球になり損ねた物質が長いあいだ太陽系に漂っていたもので、地球形成時の情報を持っているからです。



〈図－28〉

〈図－28〉46 億年前に我が太陽系ができたわけですが、宇宙の塵から微惑星と呼ばれる小さい塊ができて、それから普通の惑星になっていくというストーリーを先ほど話しました。太陽系には、水金地火木土天海と惑星があるわけですが、ここで「スノーライン」という重要な用語を紹介します。文字通り、「雪の線」です。このスノーラインというものが火星と木星の間にあるわけですが、この境界線より太陽に近い惑星では、原始太陽系円盤から惑星が出来たとき、暑くて水が全部蒸発してしまう。地球はスノーラインの内側に居ますから、暑い原始地球には水はなかったと思われています。一方、スノーラインの外側は、太陽から遠く冷たいので、太陽系にもともとあった水は、氷の形で温存されるということです。スノーラインの内側にある原始地球には水が存在しなかったのに、どうやっていま広大な海があるのかというのが、天文学、惑星科学の大きな課題になっています。



〈図－29〉

〈図－29〉地球の水の量はすごく多いかと思われるかもしれませんが、地球の大きさに比べて、水の全量は図に示した小さな水玉に収まるぐらいで、そんなには多くない。エウロパ、カリスト、タイタン、ガニメデという木星の衛星のはずっと多量の水を持っているようで、スノーラインの外側にある惑星やその衛星のほうが多量の水を持っている。当初、原始地球には水がなかったのが、いまはこの水玉ぐらいはある。そうすると、こういうスノーラインの向こう側の

遠くにある惑星の月、あるいは彗星が持っている大量の水の一部が、はるかかなたの地球まで運ばれたのではないかという仮説が成り立つわけです。はやぶさ 2 号機がたどり着いたリュウグウは小惑星ですが、サンプルを地球に持ち帰ってきて詳細な分析をして、水が発見され、その水の起源が分かれば、リュウグウのような小惑星はスノーラインの外から地球に水をもたらした「水運送カプセル」ではないか、という推定の一つが確認、検証できるわけです。

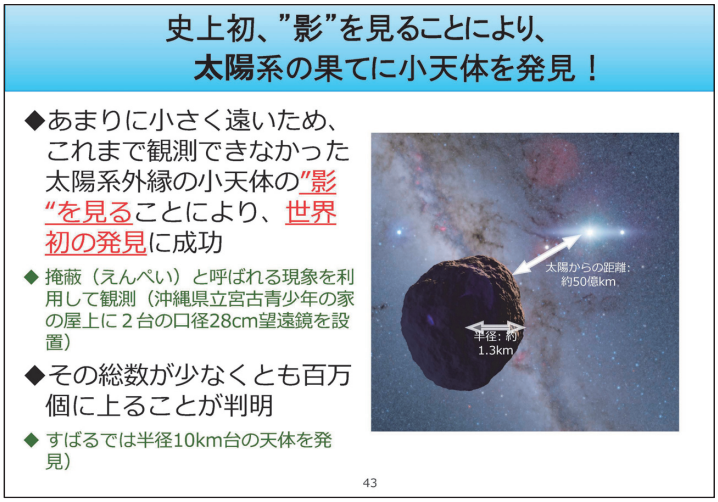
■ 「ゴブリン」「オウムアムア」の発見

〈図－30〉

〈図－30〉そういうわけで、地球に水をもたらす可能性のある小惑星、彗星の観測は大事なことがお分かりいただけたと思います。ここに、すばる望遠鏡の観測結果を示しました。時間を空けて天空の 2 枚の画像を得ると、星は動かないのに対して、動いている点があるのが分かります。これが太陽を廻る小天体です。すばる望遠鏡はその高い感度で、宇宙の果てを見ることを主目的としていますが、太陽系内でいろいろな小惑星を見つけることにも長けています。これは「ゴブリン」と名付けられた小惑星です。ヨーロッパの伝説の生物の名前を付けられた、本当にはいない生物ですが、直径 300 メートル程度で太陽からの光を照り返して見えています。太陽からの距離は冥王星の 2.5 倍～60 倍、太陽を 1 周するのに 4 万年かかるという最近見つかって話題になった小惑星です。

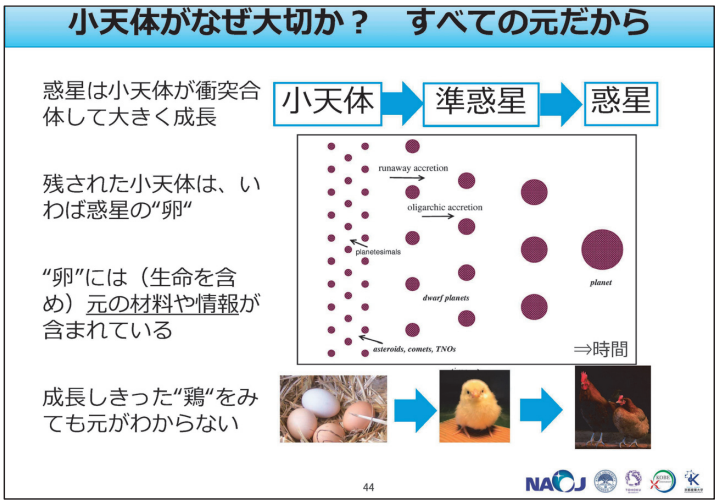
さらに「オウムアムア」。これはハワイ語で斥候という意味ですが、太陽系外から飛来して太陽をかすめて、また宇宙のどこかに飛んでいくという、太陽系外から飛来した interstellar object（インターステラー オブジェクト）というものが初めて見つかっています。そういうわけで、太陽系の中にはいろいろな特徴を持った小惑星がたくさんありますし、外からときどき訪れる客人もいるということです。

■ “影”を見ることで、太陽系の果てに小天体を発見！



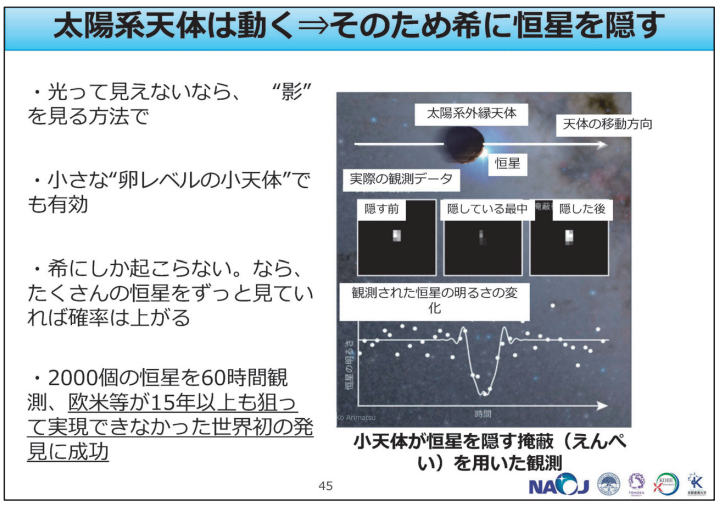
〈図－31〉

〈図－31〉こういう小天体は太陽光を反射しているので観測できるわけですが、ある大きさより小さい小天体は、暗すぎて見えません。ところが最近、あまりに小さくて遠いため、これまで観測もできなかった太陽系のはるか外縁の小天体を、影を見ることで世界初の発見に成功しました。日本の研究者の成果です。先ほど 8.2 メートルの口径のすばる望遠鏡で宇宙の果てまで見られるというお話をしましたが、口径 28 センチの小望遠鏡で掩蔽（えんぺい）と呼ばれる現象を利用して、こういう重要な発見ができました。その結果、太陽系の外縁には少なくとも 100 万個の小天体があることが分かりました。



〈図－32〉

〈図－32〉なぜ、いま太陽系の小天体が大事なのかという復習になりますが、小さい天体が集まって大きい惑星になります。衝突を繰り返して、惑星ができます。これをタマゴ、ヒヨコ、ニワトリの関係に例えると、ニワトリをいくら観測・分析しても、その元となるヒヨコやタマゴは分からないということで、できるだけこういう太陽系の惑星を構成する源に戻ろうということが、小天体を観測することが大事な理由であります。



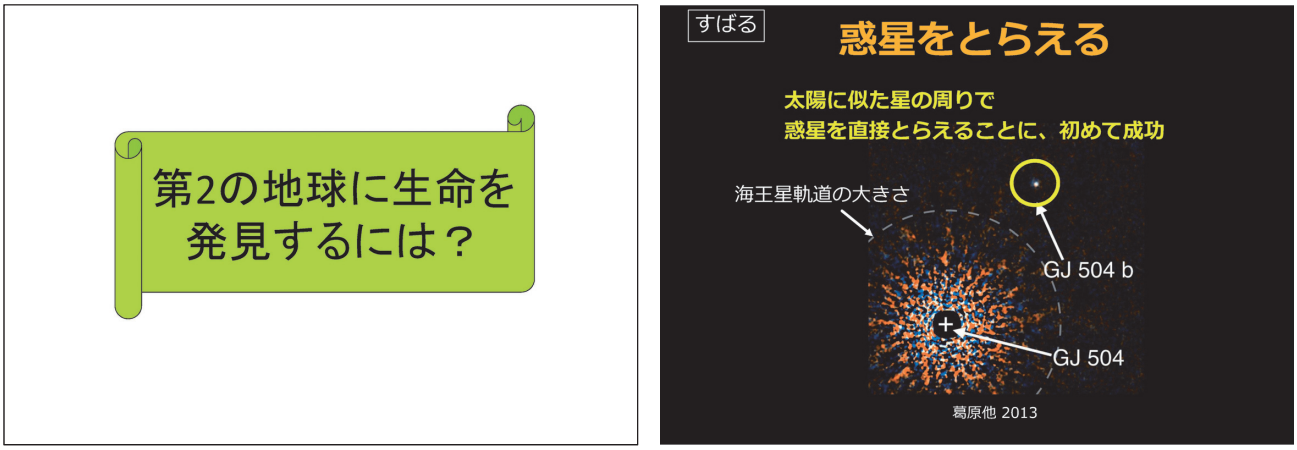
〈図－33〉

〈図－33〉こういうモチベーションで観測を行ったわけですが、小さすぎて見えないので、影を見ようとしました。遠くに恒星があって、地球と恒星を結ぶ線を太陽系天体が偶然に通過すると、一瞬星の光が隠されるということを使って、今回冥王星の外にある、大きさ１キロ程度の非常に小さい天体が初めて見つかりました。宮古島で小さい望遠鏡を使って、プロの天文学者が観測をした結果です。

〈図－34〉

〈図－34〉すばる望遠鏡は研究者にすごい人気がありまして、時間を区切って次から次へと大事な天体を観測していますが、このように待ち受けて影を見つけなければいけない場合は、長時間望遠鏡を独占する必要があります。小さい望遠鏡なら占有できて、それが可能です。小さい望遠鏡が機動性を発揮して大きな成果をもたらしたという例でもあります。

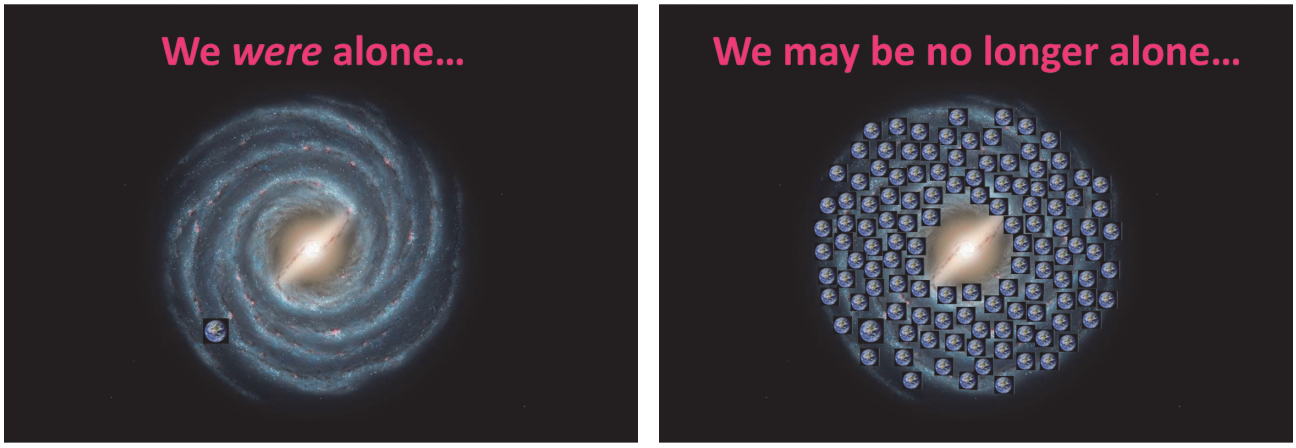
■ 第 2 の地球に生命を発見するには？



〈図－35〉

〈図－35〉さて、第 2 の地球に生命を発見するにはどうしたらよいか？という話題に進みたいと思います。いままでの話で、影を使って太陽系外の星に惑星があることが分かったところまではご理解いただけたと思います。今度はそういう惑星に生命を発見するにはどうしたらいいかという課題に進みます。系外惑星があることは分かったけれど、そこにどういう人が住んでいるのか、あるいは住んでいないのかがどうしたら分かるのだろうか？という問題設定です。

これはすばる望遠鏡の成果です。図の下のほうに星がありますが、あまりに明るいのでマスクをしてあります。GJ504 という星です。それでも星が明るすぎ、星からの光が漏れて、ぎざぎざした模様が見えています。これはノイズですので無視していただくと、右上に GJ504b という惑星がくっきり見えています。点線は冥王星にあたる軌道で、この惑星は冥王星に相当する軌道より外にあります。この惑星は中心星からの光を跳ね返しており、すばる望遠鏡でその反射光を観測しているわけです。先ほどは影でしたが、少し中心から離れている星については、中心の星が明るすぎて目つぶしをくらうことがなくて、うまく工夫すると本当に惑星があることが、このように像として見えるところまできています。太陽系外に、ほんとうに惑星はあるということです。



〈図－36〉

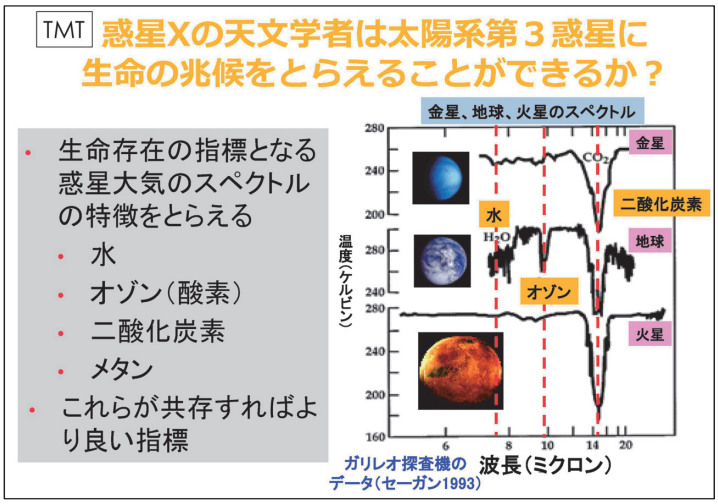
〈図－36〉われわれが若いころにはこういうイメージ（左図）を不遜にも抱いていました。We are alone、われわれは唯一の存在である。銀河系の周辺域に太陽系がある。地球は宇宙で

一つだけ。一つだと強く思っていたわけではなくて、一つあるのか百万個あるのか、そういう問題意識はあまり持っていなかったというほうが正しいかと思います。しかし、いまはほとんどの天文学者はこうであろう（右図）と考えています。We are no longer alone. ただ、これは考えであって、道半ばでありますので、観測的に実証していかなければいけないということです。

■ 30m 望遠鏡（TMT）計画

〈図－37〉

〈図－37〉30m 望遠鏡 TMT を最初にちょっと説明しました。これからハワイの山頂に建設が始まる巨大望遠鏡です。これも建設に多額の国費をいただいておりますので、こういうことをやりますと公約します。1 番目だけ読むと、地球型惑星、地球のような岩石があって生命がしっかりと宿ることのできる惑星です。これを「直接撮像し、宇宙に生命の兆候を探す」と。大きく出ていると思われるかもしれませんが、これをやらないと先ほど言った理由で困ったことになります。生命を探すではなく、生命の兆候を探すというところで、少し逃げを打っているように聞こえるかもしれませんが、これがどういうことなのかを説明したいと思います。



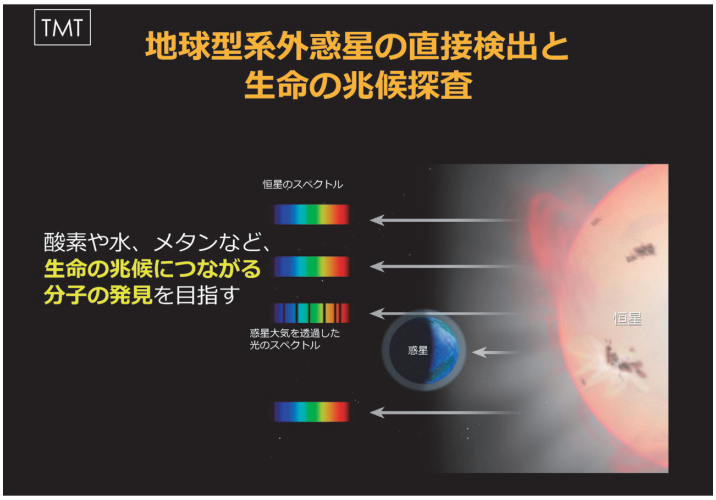
〈図－38〉

〈図－38〉これは少し分かりにくいデータですが、まず問題設定として、地球から離れて、皆さんが「太陽系からはるか離れた別の星を回る惑星 X に住む天文学者」となったと思ってください。惑星 X の天文学者は、「我が太陽系」を望遠鏡で観測しています。先ほどの影を使って、太陽系にどうも三つか四つ惑星があるらしいことが分かってきた。そこに生命の兆候があるのを捉えるには、惑星 X の文学者はどうしたらいいのか？というのが問題設定です。

図の右側に NASA のガリレオ探査機が得た、金星、地球、火星のスペクトルがあります。スペクトルとは何かというと、横軸に波長があって縦軸に強度が書いてありますが、いろいろな波長でその惑星からくる光の強度をプロットしたものです。ガリレオ探査機が金星を見ると、二酸化炭素が金星にあることが分かります。火星を見ると同じく二酸化炭素があることが分かります。だけどほかには見えるものがない。地球を観測すると、水がありオゾンがあり、二酸化炭素がある。こういう生命が育まれるのに必要だろうと直感的に分かる物質、水とか酸素ですね、そういうものが地球にあることが分かる。

大分前に打ち上げられたガリレオ探査機が、こういう観測をしている事は、知られていません。もちろん、金星・地球・火星にどのような大気があるか分かっているので、これ自身は新しい発見ではないのですが、この観測には深い現代的意味合いがあります。惑星 X の天文学者が地球を観測したときに得られるデータは、まさにガリレオ探査機が観測したこういうデータなのです。惑星 X の天文学者は、「太陽系第 3 惑星には生命がいる可能性がある」と結論します。水があるし、酸素があるからです。第 2 惑星である金星、第 4 惑星である火星には二酸化炭素しかないので、「ここに普通の生命が居住している可能性はゼロ」と結論するはずです。これと同じことを、我々は TMT でやろうとしています。

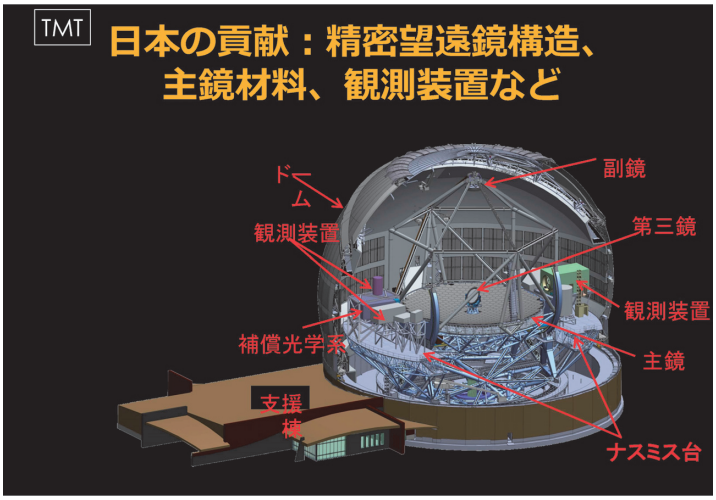
■ 地球型系外惑星の直接検出と生命の兆候探査



〈図－39〉

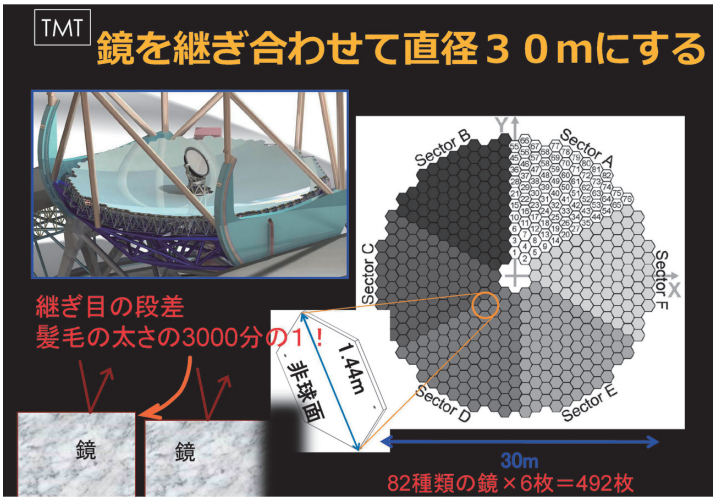
〈図－39〉とある星に地球型の惑星が回っています。その惑星には大気があります。星から地球に向かう光の一部が惑星の大気を通ると、ここに先ほどのスペクトルと呼ばれる、いろいろな波長で見た光の強度に、そこにある物質の痕跡が出ます。星からの光が惑星で反射されて観測される場合でも同じことです。酸素があればそれがスペクトルで分かる、水があれば分かるということで、地球にいる天文学者は遠い星の周りを回る惑星の大気に生命を育む前提となる水や酸素、それから緑で表面が覆われているか、そういうことが TMT によって、分かってくると期待されます。

これから約 10 年をかけて、日本とアメリカを中心として、TMT を建設するわけですが、2020 年代の終わりころには太陽系外の惑星に生命存在の兆候があるということが、もしかしたら大ニュースになるかもしれません。われわれとしてはそういうことを期待しています。



〈図－40〉

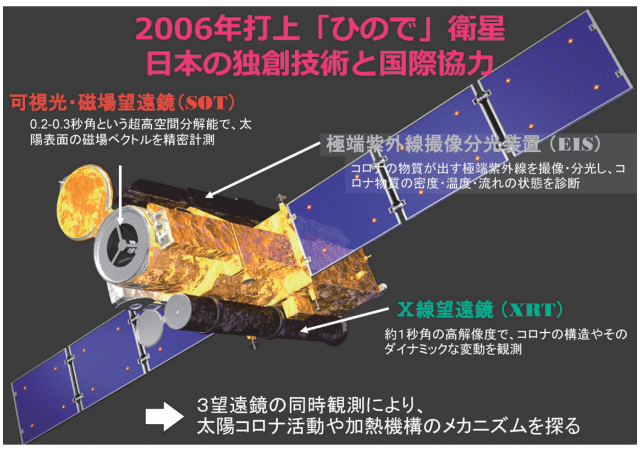
〈図－40〉日本、アメリカ、カナダ等が協力して口径 30 メートルの世界最大の望遠鏡をつくっているわけですが、わが国の技術を駆使してその主要部分の建設を担っています。



〈図－41〉

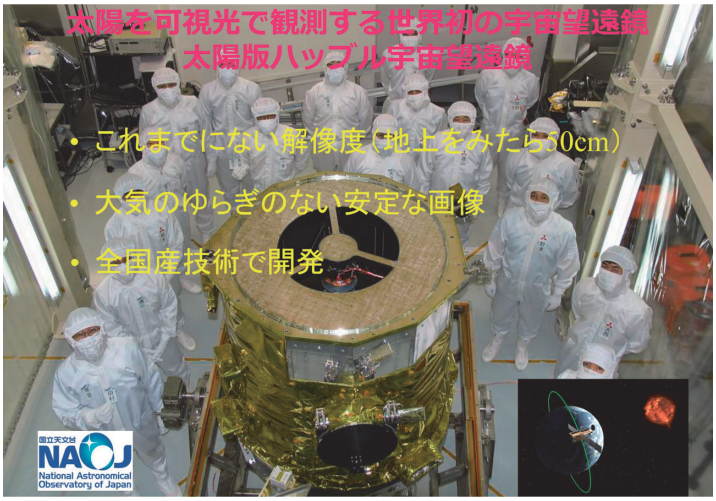
〈図－41〉すばるは 8 メートルの口径で 1 枚のガラスでできていますが、30 メートルになると 1 枚のガラスではもはや作れません。小さいミラーを 500 枚近く並べて大きいミラーにするという分割鏡の技術を使っています。それぞれのミラーで反射する光の位相をそろえて集めなければなりませんので、隣の鏡との段差を、髪の毛の太さの 3000 分の 1、それぐらいの精度で合わせる必要があります。30 メートルの直径に敷き詰められたミラー全部の段差をなくすというのも非常に高い技術です。こういう努力を重ねて、2020 年代の終わりごろにこの望遠鏡が稼動すると思っております。

■ 太陽に迫る「ひので」の観測



〈図－42〉

〈図－42〉もう一度太陽系に戻って、今度は「太陽」について話したいと思います。太陽に迫る太陽観測衛星「ひので」の観測です。これは 2006 年に JAXA が打ち上げた太陽観測衛星「ひので」の概観図です。衛星の説明は本筋ではないので省略しますが、私自身はこの衛星の提案と開発に携わっており、だいたい構想から発射台に行くまで 10 年の歳月をかけました。



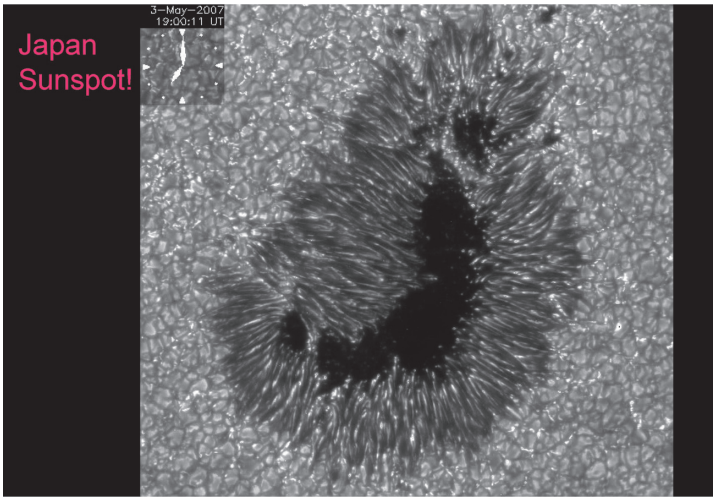
〈図－43〉

〈図－43〉国立天文台の三鷹キャンパスにクリーンルームがあり、そこで「ひので」に搭載する望遠鏡が完成したときの記念写真です。なにか秘密結社みたいに見えるのはクリーンルームにいるためで、人間が一番汚いので白衣を着て部屋のクリーン度を保っています。私は左下隅におります。これまでにない解像度、大気のゆらぎのない安定な画像を得ることを目標として、全国産技術で開発しました。

■ 望遠鏡とはなんだろう

〈図－44〉

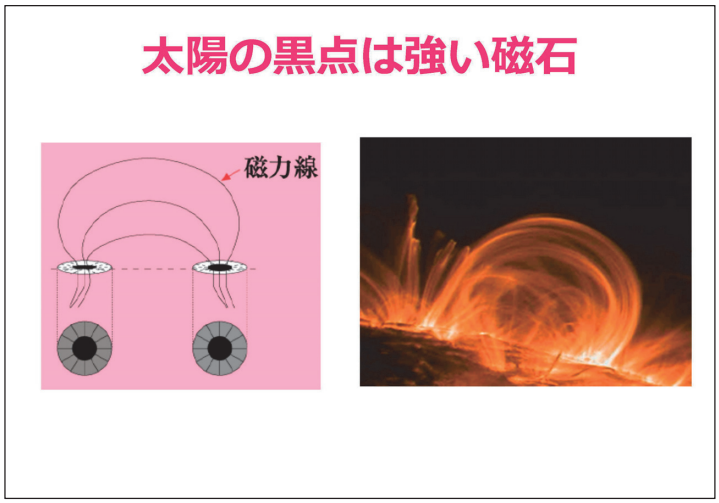
〈図－44〉少し話題がそれますが、望遠鏡とは結局何でしょうか？私は、「相手との距離を縮める装置」と説明しています。望遠鏡で太陽を観測するのは、太陽に近づいて目で観測することと同じです。太陽に「ひので」衛星が近づいているわけではなく、望遠鏡の倍率で太陽の近くへ行ったように見えるということです。太陽はガスでできており、それが太陽の中心の核反応で熱せられて対流運動が起きている様子を「ひので」は鮮明に捉えています。これほど高い解像度で太陽を見たのは、「ひので」が初めてです。（注：紙面では動画を見ていただけないのですが、https://hinode.nao.ac.jp/gallery/ にありますので、ご覧ください。）



〈図－45〉

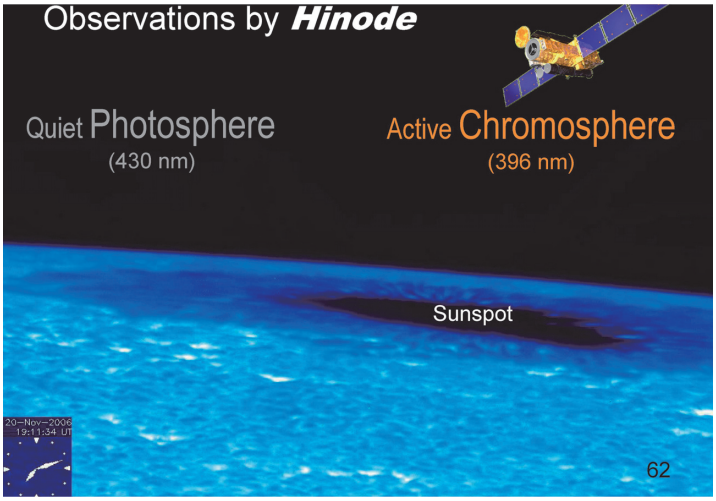
〈図－45〉黒点です。中学や高校の理科ですりガラスで太陽を見ると黒点が見えます。「ひので」で見るとこのように黒点が複雑な構造を持っていることが分かります。対流の働きで黒点がだんだんちぎれて、分解されてなくなっていく様子が「ひので」で観測されています。これも非常に貴重なデータです。こういうものを太陽観測衛星「ひので」が観測をしています。

■ 太陽のイメージをつかむ



〈図－46〉

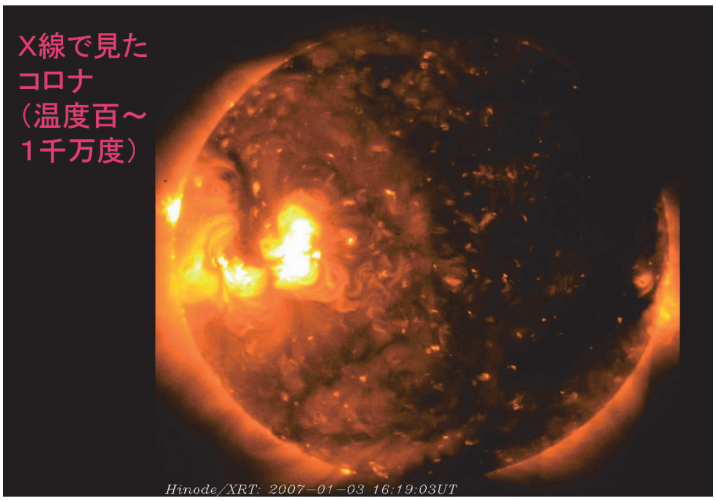
〈図－46〉太陽の黒点は強い磁石で、N 極と S 極があってペアになって現れることが多いです。



〈図－47〉

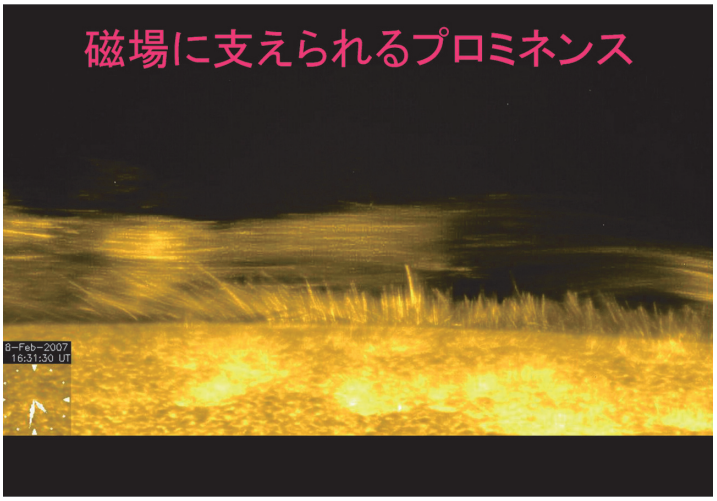
〈図－47〉もう少し「ひので」のデータを、太陽のイメージをつかんでいただくために紹介します。太陽は青い色になっていますが、実際の色とは異なっています。この動画をつくってくれた大学院生が、こういう色を好んで青の太陽にしてしまいました。太陽の縁が見えます。大きな黒点が見えています。先ほどは正面から見ましたが、今度は端っこにあります。対流運動のつぶつぶが一面に見えています。

縁の曲がり具合から、どれだけ拡大しているのか分かります。フィルターを換えて違う波長で見ると、太陽の上の彩層が見えて、絶えず噴水のように物質が飛び出していたり、小さい爆発で輝いている様子が見えます。理科の実験で、すりガラスで見た太陽は平板な静穏な太陽でしたが、本当の太陽の姿は、表面でこういう活発な活動が起きているということができます。



〈図－48〉

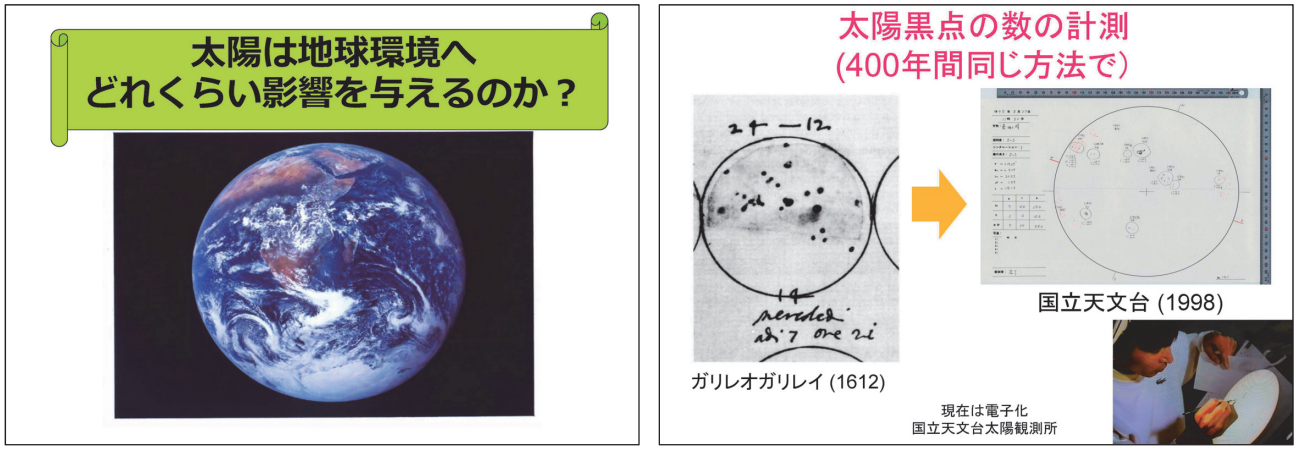
〈図－48〉これは光球の上空のコロナですが、非常に温度が高く、数百万から 1000 万度となっていて、可視光ではなく X 線を放射しています。エネルギーが高いので、温度が高くて、X 線を放射するということで、「ひので」搭載の X 線望遠鏡で太陽を見たものです。普段見る太陽のイメージとは似ても似つかぬものです。こういう太陽のコロナが非常に高い温度になっていたり、先ほど言ったように噴水のようなものが生じるのは、全部黒点の磁場のエネルギーによっているわけです。



〈図－49〉

〈図－49〉最後になりますが、プロミネンスは、日本語で紅炎、紅い炎といいますが、日食のときに太陽の縁に見える赤い構造です。「ひので」の解像度で見ると、その内部構造が手にとるように分かります。プロミネンスは重たい冷たい物質が、太陽の表面に落ちないで、磁場のエネルギーでコロナの中で支えられたものです。太陽というもののイメージをこういう高解像度のムービーでつかんでいただけたればと思います。

■ 太陽は地球環境へどれくらい影響を与えるのか



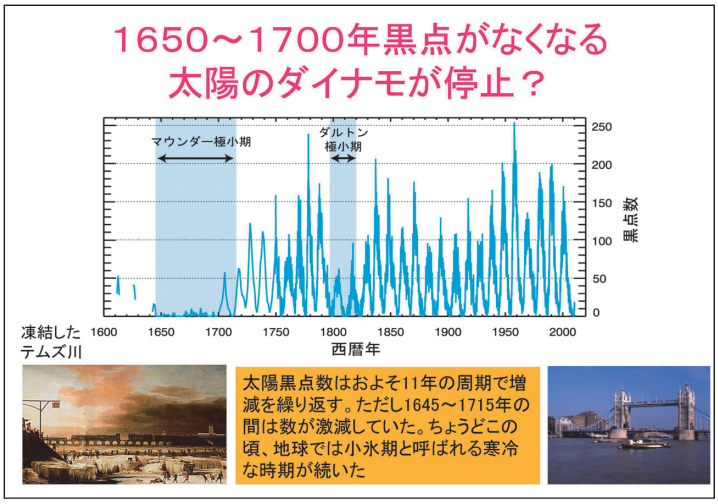
〈図－50〉

〈図－50〉さて、先ほど惑星に生命が誕生しても維持されなければならない、生き延びねばならないということをちょっとお話しました。ちょっと話が飛ぶようですが、このお話には、太陽の黒点が関係しています。図－50 右の図は、天文学者がどうやって黒点を観測しているかを示したものです。黒点は 1612 年ごろにガリレオ・ガリレイが自分のつくった望遠鏡で発見したもので、太陽の表面に黒い点があって、これは太陽の表面に張り付いたものだということを著書で述べています。そのときのガリレオの観測結果と国立天文台の三鷹キャンパスで 1998 年のある日の太陽をスケッチしたものを並べて示しています。現在は電子化されていますが、専門の職員がスケッチをしています。400 年にわたって太陽の黒点の位置と形状を天文

学者はずっと記録し続けていたわけです。

先ほどの最新の人工衛星による観測は太陽について新しい知見をもたらしますが、こういう長年にわたって非常に古典的な方法での太陽の観測も、これから述べるように大きな成果をもたらします。

■ 1650～1700 年、黒点がなくなる



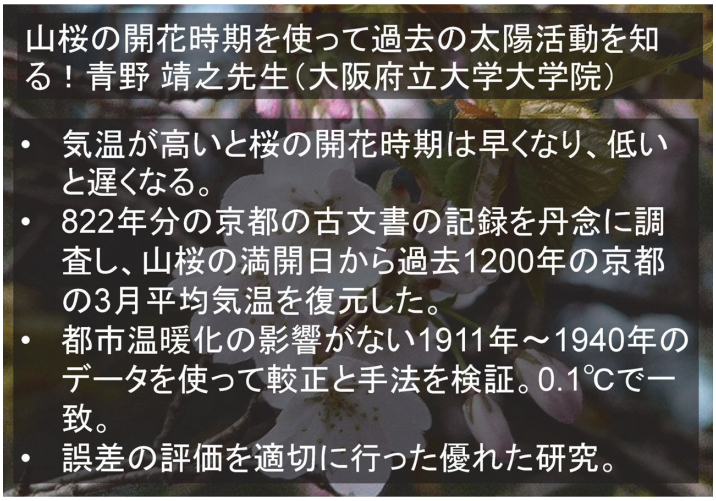
〈図－51〉

〈図－51〉これは横軸が西暦年です。1600 年ころから始まって 2000 年まであります。縦軸が太陽の黒点数です。50、100、150 とありますが、これは本当の黒点数ではなく、換算したものですので、黒点に比例する量だと思ってください。

先ほどの観測データから黒点の数をプロットしてみると、11 年ごとに増えたり減ったりしています。すなわち、太陽は 11 年周期で黒点の数が増減することが見つかりました。その原因はまだ分かっていませんが、1650 年～1700 年ぐらいに黒点がない時期がありました。

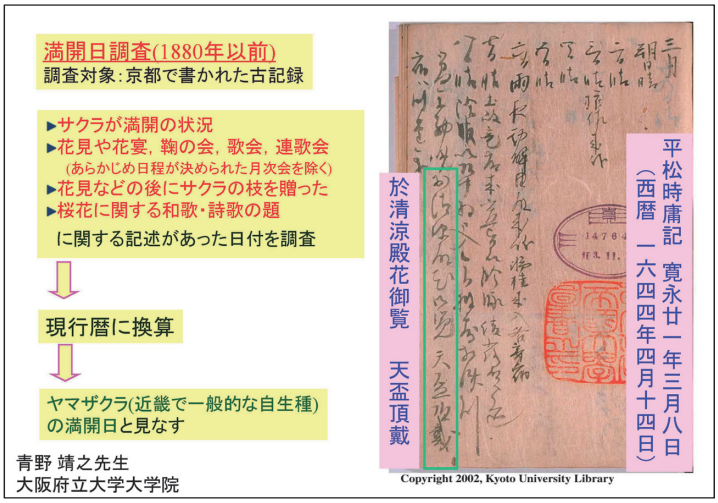
ガリレオが望遠鏡をつくって観測を始めたのが 1610 年ごろですので、これが人類最初の天文学者のデータです。そのあと黒点がなくなりました。当時はまだ望遠鏡の技術も発達していなくて、最初は観測データが欠落しているとか、観測の仕方が悪かったのではないかと思われましたが、現在では、歴史的データの考証によって、本当に黒点がない時期があることが分かりました。太陽黒点はおよそ 11 年の周期で増減を繰り返します。ただし、1645 年から 1715 年の間は数が激減していたと。ちょうどこのころ地球では、小氷期と呼ばれる寒冷な時期が続いていた。

■ 太陽黒点と地球の気候との関係



〈図－52〉

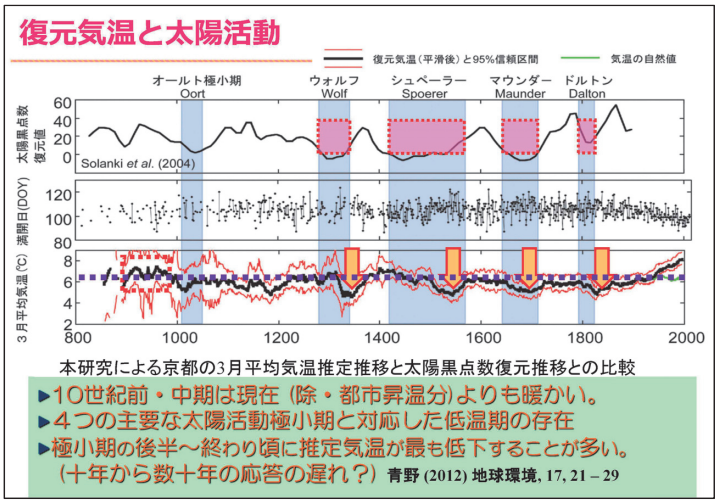
〈図－52〉太陽黒点と地球の気候はどういう関係にあるのかという研究が、現在非常に盛んになっております。大阪府立大学院の青野靖之先生は、京都の山桜の開花時期を使って過去の太陽活動と気候の関係を知るという面白い研究をしています。どうやっているかというと原理的には簡単で、これも天文学者の仕事の範疇に入るわけですが、気温が高いと桜の開花時期は早くなり、低いと遅くなる。822 年分の京都の古文書の記録を丹念に調査し、山桜の満開日から過去 1200 年の京都の 3 月平均気温を復元した。都市温暖化の影響がない時期を使って較正と手法を検証し、0.1℃の精度で一致したということです。これも天文学者の仕事です。



〈図－53〉

〈図－53〉どういう文書を見ているかというと、私にはちょっと読めませんが、こういう古文書を解析します。「天皇陛下に御殿に呼ばれて、お花を見てお酒を頂戴した」ということが書かれていて、日付は 1644 年 4 月 14 日です。桜が満開のときにこういう花見とかいろいろな行事があって、それがいろいろな記録に残されている。それを現行の暦に換算して、山桜の満開日とみなすということ、青野先生は、何百年もの古文書を使って調査をされました。

■ 復元気温と太陽活動



〈図－54〉

〈図－54〉少し複雑な図ですが、非常に大事な図なので皆さんと見てみたいと思います。一番上が太陽の黒点数です。1600 年より前まであります。説明は省略しますが、木の年輪に含まれる放射性同位元素を使って太陽の黒点が増えたり減ったりしている様子が分かっております。太陽の黒点が減った時期を発見者の名前を取って、ドルトン極小期、マウンダー極小期、シュペラー極小期、ウォルフ極小期と、名前が付いています。一番下が桜の開花時期を使った京都の温度ですが、ウォルフ極小期で黒点が少ないときには京都の温度は平均 1 度下がっています。シュペラー極小期も 1.5 度ぐらい下がっている。マウンダー極小期も 1 度下がっている。ドルトン極小期は 1 度より少し少ないぐらい温度が下がっているということで、四つの主要な太陽活動が落ち込んだ時期、これは黒点が少ない時期ということですが、それに対応した低温期が存在する。それから、黒点のない期間の後半から終わりごろに気温が最も低下することも見て取れます。原因は分かりませんが、太陽の黒点とハビタブルゾーンにある地球のような惑星の気候、温度が影響を受けているということです。

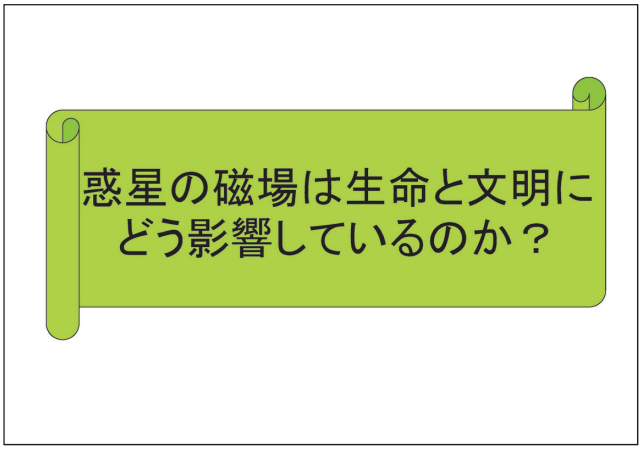
〈図－55〉

〈図－55〉1677 年はちょうどマウンダー極小期のど真ん中ですが、そのころテイムズ川が凍

っていたという記録もあります。どうも地球は寒かったらしいと。

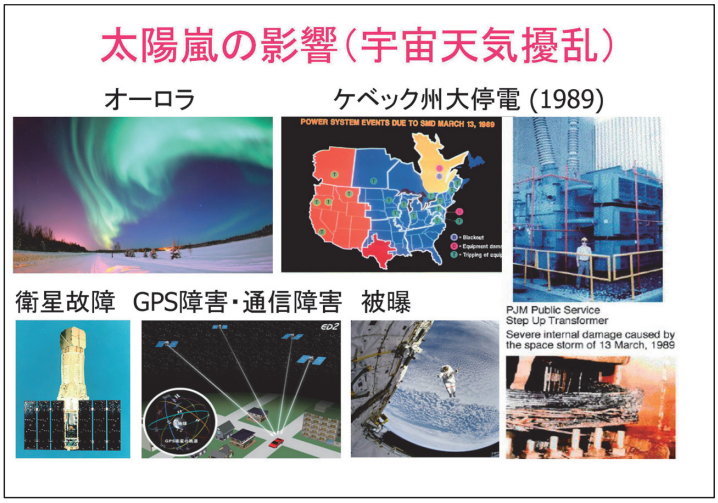
ここでのメッセージとしては、太陽の黒点の数が、その周りの惑星、その上に生存する生命、われわれに少なからぬ影響を与えているかもしれないということを読み取ってもらえればいいと思います。

■ 惑星の磁場は生命と文明にどう影響しているのか



〈図－56〉

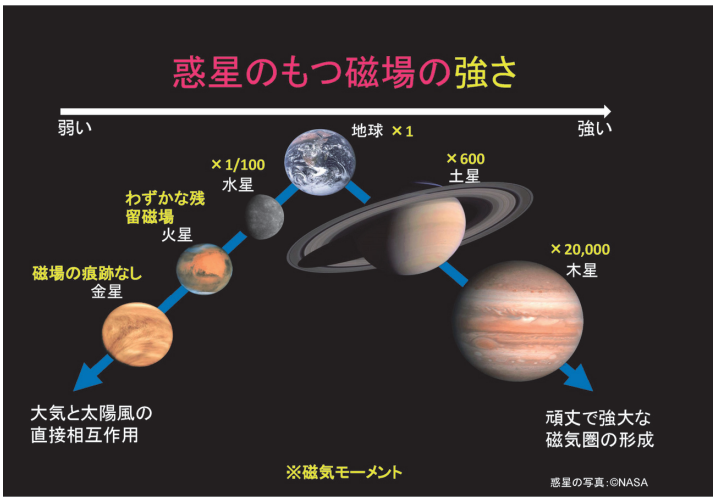
〈図－56〉これは NASA の観測衛星で太陽から地球までを非常に広い視野で撮ったものです。動画で見ると、太陽面爆発で発生した衝撃波と巨大なプラズマのかたまりが、太陽風の中を地球に向けて伝播している現象が、ひっきりなしに起きているのが分かります。太陽から衝撃波がほぼ常時発生していて、それらが地球にぶち当たっています。地球は太陽からのいろいろな刺激というか、擾乱あるいは嵐に晒されているということです。



〈図－57〉

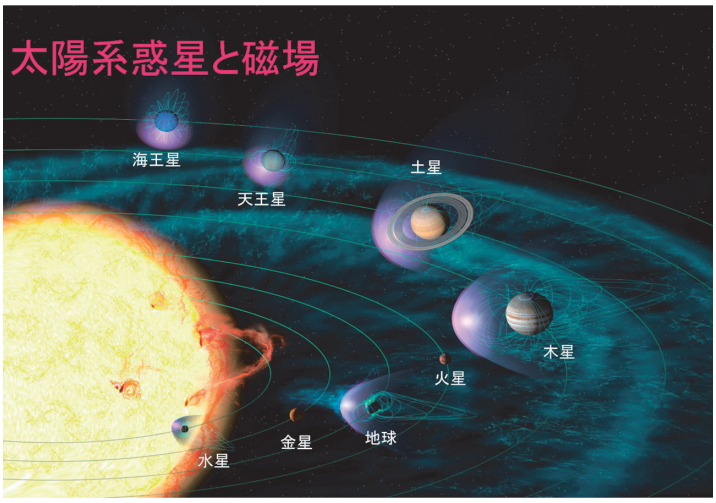
〈図－57〉問題は、これらの太陽活動が、われわれの文明や生命に悪影響を与えるのかということです。答えはイエスで、こういう太陽嵐の影響は宇宙天気擾乱と呼ばれていますが、オーロラが北海道で見えたり南米中米で見えたり、誘導電気によって停電したり、衛星が故障したり、GPS の誤差が大きくなったりと、たまに新聞にこういう記事が出ます。いずれも太陽嵐の影響で、太陽の活動は、われわれの高度に発達した文明に影響を与えていると言うことができます。

■ 惑星のもつ磁場の強さ



〈図－58〉

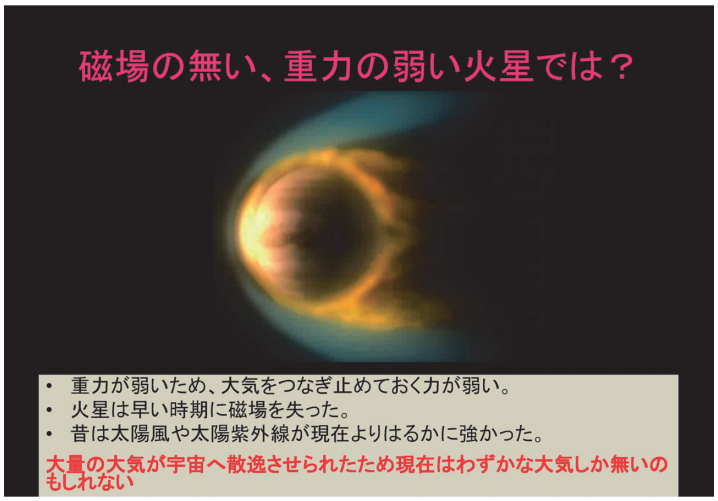
〈図－58〉太陽の黒点には強い磁場があるとお話ししましたが、惑星にも磁場があります。地球にも磁場があります。方位磁石で方向を知ることができるのは、地球に磁場があるからです。金星、火星は磁場がほとんどなく、土星、木星になると非常に強い磁場があります。この理由は別にありますが、惑星によって強い磁場を持っていたり、ほとんど磁場がなかったりします。



〈図－59〉

〈図－59〉そうすると、先ほどの太陽嵐に晒される惑星は、どういうことになるのでしょうか。惑星の持つ磁場は、衝撃波や太陽からのエネルギーの高い粒子の侵入を防ぐ効果があります。水星、金星は磁場がほとんどないので、太陽からの衝撃波の直撃を受けます。木星、土星は、磁場が強いので安全です。地球も磁場で守られており、衝撃波の影響をあまり受けません。それでも先ほど言ったような GPS の障害などがときどき起きます。

■ 磁場のない、重力の弱い火星



〈図－60〉

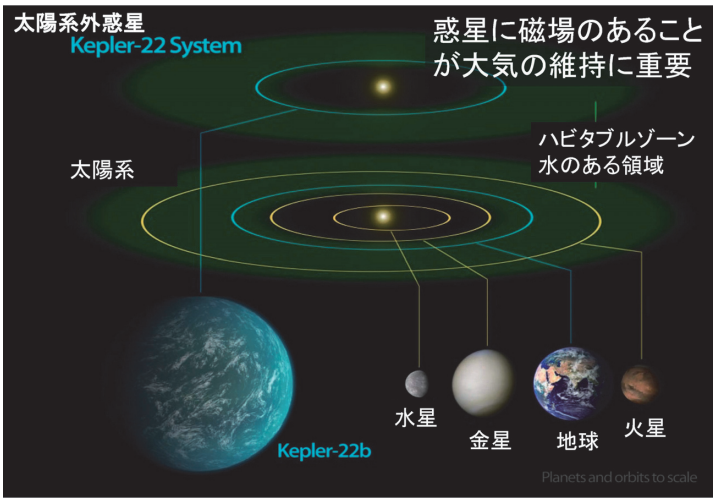
〈図－60〉火星の初期には、地球のような大気と海があったと研究者は考えています。ただし火星は地球より小さくて重力が弱い。そして磁場を早い時期に喪失しました。まず重力が弱いために大気をつなぎとめる力が弱い。磁場がないということで、昔は太陽活動が現在よりはるかに激しかったと思われていますので、太古の大気や水が激しい太陽活動の影響で剥ぎ取られて、宇宙空間に逃げてしまった。図－60 で示したのは、観測結果ではなく数値シミュレーションです。最初に火星に大気があったのが、太陽嵐の直撃で丸裸にされてしまうという研究結果です。

■ もし地球に磁場がなかったら

〈図－61〉

〈図－61〉地球にはわれわれがいます。幸運なことに、磁場があるので守られています（左図）。同じハビタブルゾーンに火星はありますが、火星にはいまのところわれわれのような生命はいないわけです。こういう状態です（右図）。火星の表面に生命が生まれても、それを守る磁場がなかったから、こうなったのではないかと私は解釈しています。これだけの理由ではないかもしれませんが、地球と火星はハビタブルゾーンにあり、しかも隣り合った惑星で距離

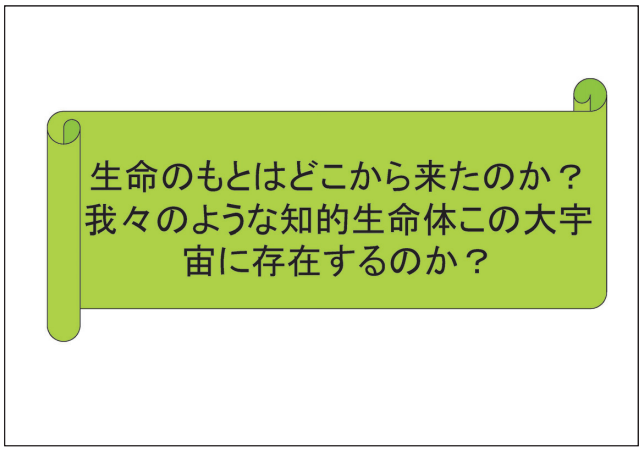
的にも近いですが、その運命は生命の誕生という観点では大きく異なっています。そのような相違がどうして起きたのか？というのは非常にホットな研究トピックで、こういうことも議論されているということをご理解いただければと思います。



〈図－62〉

〈図－62〉ハビタブルゾーンという言葉を、最初に説明しました。太陽系のハビタブルゾーンは金星の少し外側から始まって、地球はちょうど真ん中にいて、火星もハビタブルゾーンにいます。ハビタブルゾーンの中では、H_2O が水として存在する。より内側では蒸発してしまうし、より外側では氷になるので、生命の誕生に好ましい惑星は地球と火星ですが、おそらくいま言ったような理由で、地球のみに生命が存在します。惑星の磁場による激しい太陽活動の遮蔽効果を考えないと、このことの理解は難しいと思います。

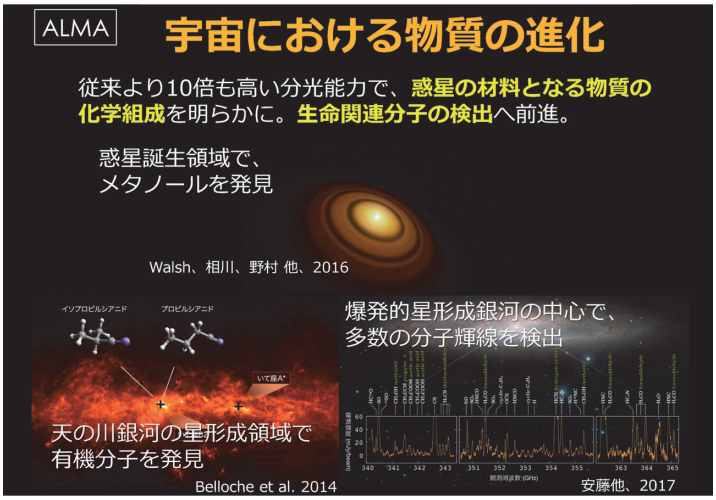
■ 地球外生命は存在するのか



〈図－63〉

〈図－63〉さて、私のお話も終わりに近づきました。地球外生命は存在するのか？アミノ酸から始まって、生命が生まれ、長い道のりで進化を遂げ、われわれが存在するというのは驚くべきことで、なぜこういうことが起きているのかはほとんど理解されていません。ただ、最近非

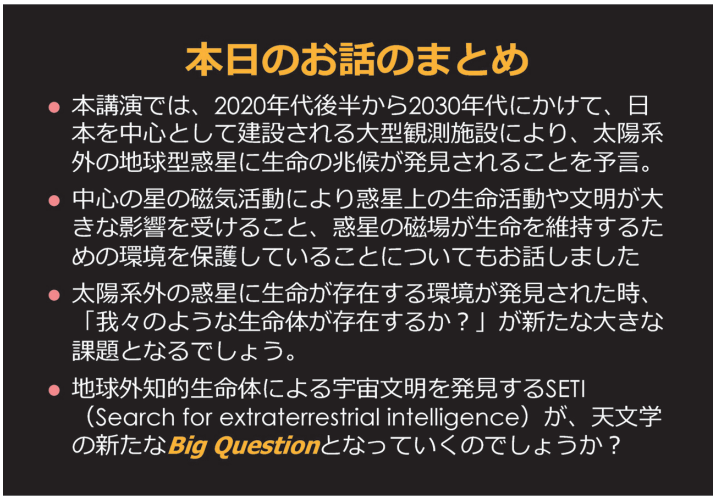
常に面白い観測が現れました。時間がなくて詳しく述べられませんが、アルマ望遠鏡で、従来よりも 10 倍も高い分光能力で、惑星の材料となる円盤物質を観測していたところ、生命に関連する有機物質が続々と宇宙空間で観測されたのです。



〈図－64〉

〈図－64〉原始惑星系円盤で、メタノールとかいろいろな有機分子が発見され、さらに同定されていない多数の分子輝線が検出されています。「生命を構成するアミノ酸等が地球でできた」という考え方を捨てて、彗星や小惑星に乗っかって宇宙から来たという説は、昔は少数派でした。ただ、現在では、こういう冷たい大宇宙で、生命構成物質のみなもとが続々と見つかっている状況を考えると、地球に生命が誕生しているわけですが、その元となるものは、もしかしたら彗星、あるいは、はやぶさが探検している小惑星を通して地球に来たのかもしれないと、次第に多くの天文学者は考えているわけです。

■ まとめ



〈図－65〉

〈図－65〉本日のお話のまとめですが、2020 年代後半から 2030 年代にかけて、日本が中心的

な役割を果たして建設や運用が行わる大型観測施設により、太陽系外の地球型惑星に生命の兆候が発見されることを予言というか、信じており、これが観測で確認されることを期待しているわけです。

そして、中心の星には黒点があり、そこでは爆発に伴う恒星嵐が起きているわけですが、それが惑星上の気候・環境、生命活動や文明に大きな影響を与えることもお話しました。惑星の磁場が生命を維持するための環境を保護していることについても、お話ししました。

太陽系外の惑星に生命が存在する環境が発見されたとき、今度は「われわれのような高度な生命体が存在するか？」が天文学の大きな Big Question となると思います。最初のページの Big Question には、「われわれのような高度な生命体が存在するか？」とまでは書いていませんでした。まだそこは応用問題でして、生命の兆候が発見されたあとに、天文学がこの課題に取り組むことになると思っています。

地球外知的生命体による宇宙文明を発見する SETI という試みがあります。Search for extraterrestrial intelligence の略です。こういうことは、昔は SF の世界でしかありませんでしたが、天文学の新たな Big Question に、いまから 10 年くらいでなっていくとかってに思っております。ありがとうございました。

【質疑応答】

司　会：　常田先生、どうもありがとうございました。では、これから皆さまのご質問をお受けしたいと思います。ご質問のある方は挙手でお知らせください。

参加者：　面白いお話をありがとうございました。去年あたりに、雑誌か新聞かでかじったのですが、地球に生命が存在する大きな理由の一つに、月という地球に比べて非常に大きい衛星を持っていることだと書いてありました。そういったことが実はきょうのお話では触れられていなかったわけですが、そういったこともいまの天文学といいますか、生物がいる・いないということに対して、支配的な理由の一つになっているのでしょうか。

常　田：　いまのご質問はとても大事で、私自身は地球の周りを回る月が地球の生命を誕生させたという説はまだ勉強していなくて、恥ずかしながら知りません。一つコメントさせていただきたいのは、地球に生命が誕生したのはなぜかという事は、あらゆる角度から研究しないといけないという事です。そのために、地球の「ユニークネス」は何かと考えると、先ほど私は磁場のことを言いましたが、地球には月があるけれど火星には月がない、この事もご指摘のようにユニークネスです。地球の月がなにか生命の誕生に関係したのではないかというのは、科学の仮説として大事にせねばならないと思います。

その仮説を検証するにはどうしたらいいかというと、国立天文台の望遠鏡で太陽系外の惑星を観測して、生命の兆候がありそうな惑星には必ず月があるということが分かってくると、この仮説は本当かとなってきます。まず、ファクトを積み上げることが天文学の基本です。太陽の黒点と地球の黒点のように、一見関係ない事項に関係が分かることがあります。なぜかは、はっきりしていないのですが。というわけで、いま質問していただいたようなことは、なぜそうなっているのかと考える前に、観測をして調べることが大事だと思います。これからの観測がどうなるかということで、期待していただければと思います。

司　会：　それではお時間の関係もございますので、これで講演を終了させていただきたいと思います。常田先生、本日はどうもありがとうございました。

■ このレポートは平成 31 年 3 月 12 日コートヤード・マリオット銀座東武ホテルにおいて行われた、第 148 回本田財団懇談会の講演の要旨をまとめたものです。本田財団のホームページにも掲載されております。
講演録を私的以外に使用される場合は、事前に当財団の許可を得て下さい。

発 行 所　公益財団法人 本田財団
104-0028 東京都中央区八重洲2-6-20ホンダ八重洲ビル
Tel.03-3274-5125 Fax.03-3274-5103
https://www.hondafoundation.jp
発 行 者　亀 岡 晃 浩