

連載

天文ソフトの活用【2】

Mitaka を使って宇宙を語る

高梨直紘（東京大学 EMP）

1. はじめに

私たちの住む宇宙は、どのような世界なのか。このシンプルな問いに答えるべく、天文学は長い時間をかけてその歩みを進めてきた。先人のたゆまぬ努力とひらめきのおかげで、現代の天文学が網羅する世界は時間的にも空間的にも、細部から広大なスケールにわたって語るができるようになった。宇宙の解明にいそしむ研究者らによって紡ぎ出される論文は日に何十編も誕生し[1]、人類の宇宙観をより詳細なものへと日々成長させている。

この結果、現代の天文学が対象とする宇宙は、非常に広範なものとなった。日本天文学会の100周年を記念して刊行された「現代の天文学」シリーズは全17冊を数えるが、これらの書籍も各分野における骨組みをわかりやすく説明したものであり、研究の最前線が全て網羅されているわけではない。日々膨張を続ける宇宙の姿を、私たちはどのように俯瞰することができるのだろうか。

学問には王道はない。天文学が語る宇宙の全体像を知るためには、天文学の体系を支える考え方をひとつひとつ学び、階段を一步一步登っていく必要があるだろう。しかし、それは専門家たる人に求められる道であり、超えるべき壁だ。専門家以外の人間には長すぎる道であり、高すぎる壁でもある。日々長くなる道と、高くなる壁が、専門家以外にとって天文学をより遠い世界の話にしてしまっている面は否定できない。そのような人々にとって、天文学に費やせる限られた時間の中で、なるべく本質を損なわずに宇宙の姿を俯瞰させるために利用できるツールが近年登場してきた。それが、本稿で紹介する Mitaka や、

それに類するソフトウェアの一群であると筆者は認識している。

これらのソフトウェアの最大の特徴は、任意の軸に基づいて天文学の知見を整理し、各スケールを切れ目なく接続している点だ。本にすれば分野ごとに細分化されてしまう話を体系化しているため、天文学の各分野がどのような関係にあるのかを直感的に理解しやすい。この体系を背骨とすることで、宇宙の全体像を俯瞰しやすいよう工夫されている。

Mitaka を例に挙げれば、そこでは距離（正確には light travel distance）を軸とし、ふだん私たちが見ている星空から、地球を飛び出し137億光年彼方の宇宙の果てまで、多様な階層における宇宙の姿が体系化されている。必ずしも各階層において細部まで情報が組み込まれているわけではないが、Mitaka はあくまでも幹であり、瑞々しい葉や綺麗な花、甘い果実は Mitaka を使う者が持ち寄れば良いだろう。本稿では、筆者の Mitaka の使い方を紹介することで、この種類のソフトウェアを使うことで、どのような話題を提供できるのかを示し、読者の一助としたい。

2. Mitakaの紹介

Mitaka は、加藤恒彦氏（大阪大学、元国立天文台4次元デジタル宇宙プロジェクト所属）によって開発された、宇宙ビューワだ[2]。地球から宇宙の果てまで、簡単な操作系によってさまざまな階層を自由に行き来することができる。科学的なデータを正確に再現することだけでなく、美しく表現することにもこだわっている。現在ではオープンソース化されており、ユーザの使い方に応じてカスタマ

イズできるのも特徴だろう。派生版も複数の開発者によってリリースされており、筆者はオリハルコンテクノロジーズの高幣氏が開発している MitakaPlus[3]を利用している。Mitaka の詳細やその操作方法に関しては、公式ホームページや関連書籍[4]に詳しいのでそちらを参照されたい。

ユーザ側の視点から見て、Mitaka はユーザの言わんとすることを何倍にもわかりやすくしてくれるアンプの役割を担っている。星座神話から高度な天文学の話まで、自由自在に話すための素材がぎゅっと詰められた宝箱のような存在だ。Mitaka があれば、聞き手の満足度の高いプレゼンテーションをすぐに提供できるため、筆者は常に Mitaka がインストールされたノートパソコンを手放さないようにしている。

3. トークポイント

天文学の魅力のひとつは、パラダイムシフトが多く含まれる点ではないだろうか。地球から宇宙の果てにいたるまで、数多くのパラダイムシフトに出会える瞬間が潜んでいる。筆者の場合、限られた時間内でどれだけ相手を「はっ」とさせられるかを主眼に置いて、話を組み立てることが多い。具体的に、Mitaka を使ってどのような話題を提供して



図1 地上から見た星空の様子

惑星や月がプラネタリウムのように目立って表示されないという不便はあるが、簡単な星空の紹介には十分な機能を備えている

いるか、以下に紹介しよう。

[地球から見た星空]

まず紹介するのは、プラネタリウムで見ると同じく、地上から見た夜空だ。今晚見える星や星座の話を導入とし、この後に続く137億光年先の世界までのストーリーが、見知っている星空からスタートすることを意識してもらっている。宇宙は遠い世界ではなく、身近なところから始まる話であるという意識付けだ。それと同時に、具体的な数字を挙げることによって、数字をベースに宇宙の姿を捉えさせている。例えば、都会に住む児童らが夜空に知っている星の数はせいぜい数個程度だが、6等星まで数えれば夜空には全部で6000個を超える星があること、ただし北半球に住む私たちが、特定の季節に見える星はそれよりも少なくなることなどを紹介している。

[地球の大きさ]

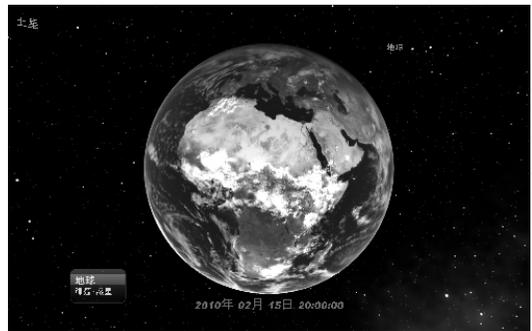


図2 地球を飛び出したところ

日本が中心の世界地図に見慣れている人には、いろいろな角度から見た地球が新鮮に映る

地球を飛び出して地球全体が見渡せたら、最初に意識させるのが地球の大きさだ。半径がどれくらいかと問うと、正解が出ることは意外と少ない。メートルという単位は、最初は地球の1周が40000kmとなるように定められた単位で、円周は直径の3.14倍だから…

という話をすると、正解にたどり着ける。地球の大きさを意識させると同時に行うのが、国際宇宙ステーションの高度だ。日本人宇宙飛行士の滞在などで知名度も高い国際宇宙ステーションであるが、地球に対してどの程度のところを飛んでいるのかを聞いてみると、地球1個分くらい離れた場所だと思っている人も少なくないことがわかる。国際宇宙ステーションの高度はせいぜい 340km 程度で、映し出された地球の表面すれすれのところを飛んでいるということを紹介している。また、合わせて月のサイズや軌道までの平均距離にも触れ、後で話す太陽系の他の惑星とその衛星の関係の布石としている。

[太陽系の惑星たち]

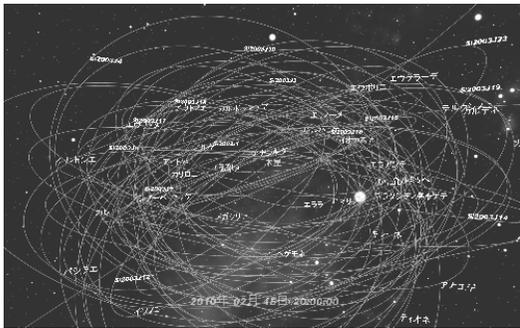


図3 木星の周りの衛星を表示した様子
主要な衛星だけでなく、マイナーな衛星も全て表示できる。太陽系の構造と惑星系の構造が似ているところを指摘させるのも面白いだろう。

太陽を中心として整然と公転する惑星たちの姿は、誰でも一度はどこかで見たことのある姿だろう。しかしながら、その惑星たちが公転する姿をイメージできる人は、あまり多くないのではないだろうか。Mitaka では時間を任意の刻み幅で進めたり戻したりすることができるので、公転の様子やその速度の違いなどを見せている。「内側の惑星ほど早い」

という決まりがあることが発見できれば、同様の現象が木星や土星の衛星でも起きていることを見せ、より強く印象づけることができる。一見なんの法則性もないように見える宇宙を貫くなにかがあるということに気が付くことは、天文学の魅力に迫る大きなステップだろう。木星のトロヤ群など、ラグランジュ点に分布する小惑星などを指摘するのも楽しい。他にも、太陽の話、小惑星帯と NEO の話、冥王星や海王星以遠天体、太陽系の果てにあるオールトの雲の話など、多くの話題が溢れている。

[恒星までの距離と明るさ]

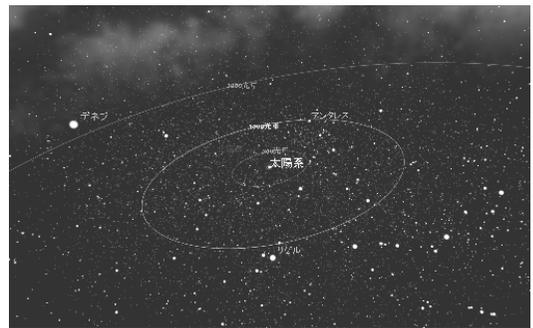


図4 ヒッパルコス衛星による恒星地図
必ずしも等方的に恒星が分布しているわけではないあたりも、理由を考えると面白い。

太陽に最も近いお隣の星、というのは誰でも興味のある話題だ。もっとも近い星であるアルファケンタウリ（正確には、もっとも近い星系としてのアルファケンタウリ星系であるが）は約 4.3 光年の距離であるが、この距離は太陽の大きさを 10cm とするといかほどか？というのは、宇宙のスケールが日常的感覚では実感しにくいことを実感できる良い見せ方だと思う。アルファケンタウリは日本の大部分からは見えない星であるので、身近によく名前を知っている星でもっとも距離が近

い星として、シリウスの紹介もする。

もう少しスケールを大きくすれば、よく知られた名前がつけられている各季節の1等星や2等星たちが、太陽系の近くに密集していることがわかるだろう。なぜこれらの有名な星々が太陽系に近いのかといえば、星の本当の明るさが一定であれば太陽系から距離の近い星ほど夜空に明るく見えるためであり、夜空に明るく見える星ほど有名になるからであると言える。このことを知っていれば、ふだんの夜空を眺めている時でも、明るい星ほど近くにあって暗い星ほど遠くにあると意識して眺めれば、夜空を立体的に捉えることもできるだろう。

しかしながら、以上の話は「星の本当の明るさが一定であれば」という前提の下であり、実際には本当に明るい星もあれば本当に暗い星もある。例えば、デネブなどは一緒に大三角を形作るベガやアルタイルと比べると遙かに遠い距離にあるが、これはデネブが非常に明るい星であるからだ。こういった事実から、絶対等級の概念やHR図の話へと繋げていくようにしている。

[銀河系の大きさ]

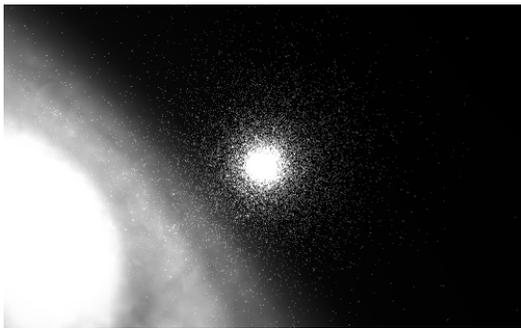


図5 M13から見下ろす銀河系

銀河系のディスク面にいる限り得ることの出来ない視点を意識させることができる。バルジの中や大小マゼラン雲からの視点なども良い。

織り姫と彦星の間に流れる天の川の正体が星の大集団であり、銀河系を横から見た姿であること知っている人は意外と多いが、銀河系がどの程度のサイズであり、どれくらいの数の星を含んでいるのかを知っている人はほとんどいない。太陽系の近くの星々から一気にスケールアップして、銀河系全体が見えるようにすることで、太陽系が銀河系の中においてどういう位置づけなのかというのが自ずと理解されるだろう。それと同時に、太陽系が銀河系の中心からは外れたところにあることに気が付くことも、重要だろう。

およそ1000億の星からなる銀河系においてヒッパルコス衛星で観測された星の個数は100万個の桁数、そして私たちが実際に夜空に見ることができるのはたかだか数1000個。私たちがふだん見知っている星空が、銀河系の中ですらいかに狭い範囲しか見ていないかということを実感してもらうようにしている。M13などにも接近し、もしもこのような球状星団内に生命を宿す惑星があれば夜空はどう見えるか、そしてそこから見上げる銀河系の姿はどのような夜空なのかを想像させるのも楽しいだろう。

[銀河の世界]

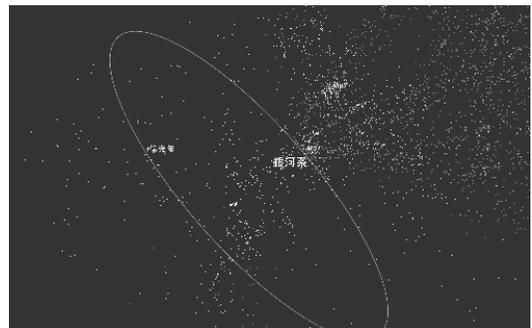


図6 おとめ座超銀河団と銀河系

銀河系も、より巨大な構造の中では田舎者であることが実感できる。

銀河系を飛び出した先に広がるのは銀河の世界だ。銀河系に付随する矮小銀河たちを見れば、相対的に銀河系は大きな系であることが理解できる。銀河系と同じくらいのサイズを持ったお隣の銀河は、230 万光年先にあるアンドロメダ銀河だ。230 万光年とは巨大な距離ではあるが、恒星と恒星の距離に比べて銀河と銀河の距離が相対的に小さいことも同時に理解できる。

もう少しスケールアップすれば、そこには点で表現される銀河たちが現れる。点のひとつひとつに星が数百億から数千億詰まっていると想像できれば、そこに新鮮な感動を覚えてもらえることだろう。銀河の分布は数千万光年のスケールでは決して均一ではなく、分布にむらがあることもわかる。M87 を中心とする部分がおとめ座銀河団で、それを含み、より大きな構造がおとめ座超銀河団であることを説明し、階層の構造となっている様子を説明している。また、1980 年代までは 1 億光年を超える先の宇宙はまだあまり研究が進んでおらず、ここまでがちょっと前までの宇宙観であったことを知ってもらうようにしている。

[宇宙論的距離の世界]

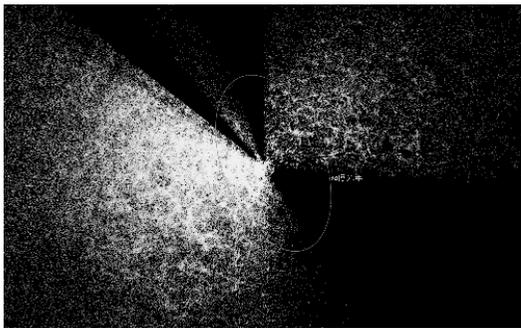


図 7 SDSS による銀河の分布図

筆者は SDSS 領域に出現した超新星を研究しているので、どのくらい遠くを研究しているのか理解してもらうのにちょうど良い。

1 億光年を超えると、そこに網の目のように銀河たちが広がっている。スローン・デジタル・スカイ・サーベイ (SDSS) で観測され、赤方偏移が測定された銀河たちだ。扇のような不思議な形で分布しているが、これはこれまでに観測されている部分が限られているためである。距離を表すオレンジ色の線が銀河面方向に沿って描かれていることを利用して、銀河面から離れた方向を重点的に観測している様子などを話しても面白いだろう。また、SDSS では望遠鏡を固定して CCD の画素上を天体が移動するのに合わせて読み出しを行う TDI (Time Delay and Integrate: 時間遅延積分) 方式で撮影しているため、扇のように広がった形をしていることも、言われてみればなるほどと納得できる話ではないだろうか。

SDSS のカタログは、近くの方は銀河であるが遠くの方ではクエーサーカタログを利用している。遠くになればなるほど、ふつうの銀河では暗すぎて観測が難しくなるが、クエーサーは抜群に明るく観測しやすいこと、また、クエーサーの密度は距離によって違うことに触れても面白いだろう。遠くにある天体ほど昔の姿を見ているということを説明すれば、Mitaka ではまさに宇宙の進化の様子を見ているということに気が付くこともできる。

[宇宙の果ては?]

どんどんと遠くの世界にやってきて、とうとう最後には 137 億光年の先にたどり着く。宇宙の果てだ。光の速さは有限であるため、宇宙が始まってから 137 億年しか経過していない現在の宇宙では、137 億光年先が果てであり、その先は存在しない。こう説明するとたいていの場合は「なるほど?」と腑に落ちた気になるが、そこで話を終わらせてはいけない。宇宙は小指の先にも満たない小さな小さな宇宙から始まってインフレーションを起こし、ビッグバンを経て現在の宇宙に繋がっ

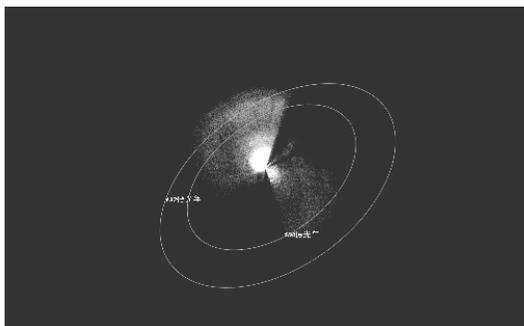


図8 137億光年彼方の宇宙の果て
宇宙の果てをこのような形で表現すると、あたかもその外側があるように感じてしまうが、それを逆手にとって興味を敷衍できるかが重要だ。

ているという話と、Mitaka で見る宇宙の始まりに近い果ての世界は一見矛盾しているように見える。これをどう解釈したら良いのだろうか？その矛盾の原因に迫るには、距離の概念をじっくりと考え直してみる必要がある。そのヒントとなる存在として宇宙図[5]を紹介し、次のステップへとつなげている。

以上、筆者が説明すべきポイントとされているところを挙げてみた。ここに挙げた以外にも、Mitaka を使うことで容易に概念を説明できるテーマもあるだろうし、同じテーマでも異なったアプローチの仕方がある。一例として参考になれば幸いだ。

4. おわりに

もしも無限の時間が許されるならば、天文学の魅力を相手に伝えるには、基礎から丁寧に語るべきだろう。しかしながら、教育や普及の現場では、相手とコミュニケーションできる時間には限りがある。限られた時間内に、相手の心を強く揺り動かすためにはどうしたら良いか。その答えのひとつが、Mitaka のようなグラフィカルかつインタラクティブな

ツールであると、筆者は考えている。ユーザの使い方によって、表層的な宇宙の魅力だけでなく、科学の本質的な魅力を伝えられるポテンシャルが十分に備わっていると実感している。Mitaka のユーザ層は拡大し続けているが、まだユーザ間での情報共有は十分ではない。最近では、Mitaka のユーザを集めたシンポジウムの開催や wiki の設置などもなされているので、そういった場を利用して、いかに Mitaka を使い倒せるかという情報の共有が進み、結果、天文学の教育や普及が一層振興することを期待している。

最後になるが、Mitaka の開発に携わった方々に敬意と感謝の意を示して、本稿の結びとしたい。

文献

- [1] <http://arXiv.org>
- [2] <http://4d2u.nao.ac.jp/>
- [3] <http://orihalcon.jp/mitakaplus/>
- [4] 例えば京極一樹 (2009) 「こんなにわかってきた宇宙の姿 --Mitaka で旅する太陽系と銀河--」, 技術評論社.
- [5] <http://www.nao.ac.jp/study/uchuzu/>

高梨 直紘 (東京大学 EMP)