

うちゅう

2

2024 / Feb.
Vol. 40 No. 11

2024年2月10日発行(毎月1回10日発行)

ISSN 1346-2385



通巻479号

照明の消えた展示場 間もなく工事が始まります

- ② 星空ガイド(2-3月)
- ④ コンピュータで切り拓く未来の化学
- ⑩ 天文の年鑑データブック
- ⑫ ジュニア科学クラブ
- ⑬ 新展示場紹介「シン・ぐるぐるカプセル(仮)」
- ⑭ 窮理の部屋「2022年ノーベル物理学賞(その7)」

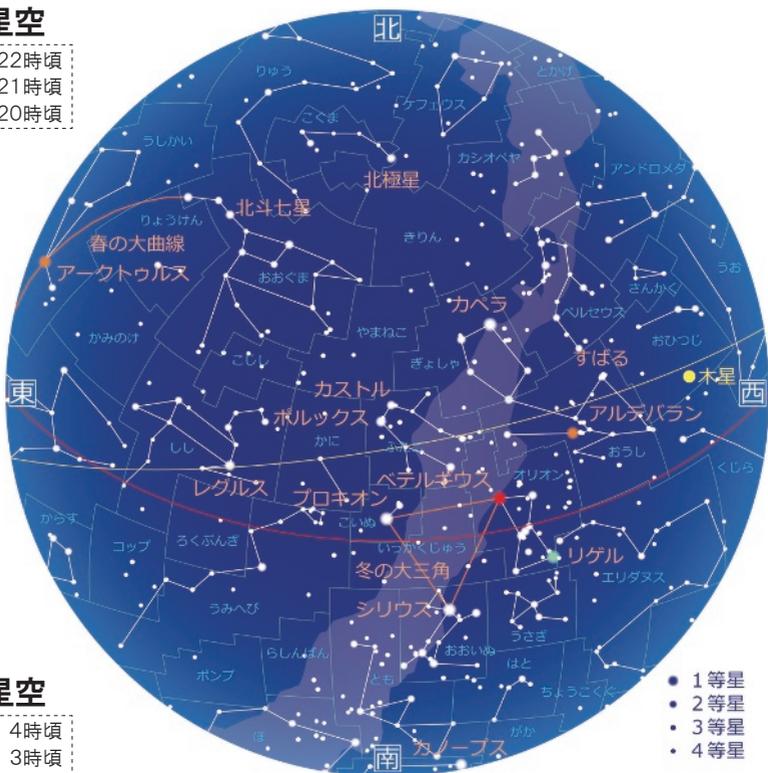
- ⑯ 星になった牧野富太郎発見の「さくら」
- ⑳ 学芸員の研究発表など
- ㉒ 友の会
- ㉔ コレクション
- 「第2世代ミュオグラフィの検出器」

大阪市立科学館

星空ガイド 2月16日～3月15日

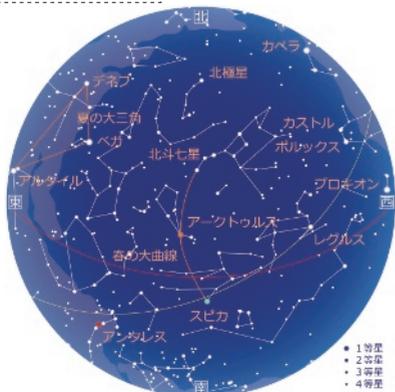
よいの星空

2月16日22時頃
3月1日21時頃
15日20時頃



あけの星空

2月16日 4時頃
3月1日 3時頃
15日 2時頃



[太陽と月の出入り(大阪)]

月	日	日の出	日の入	月の出	月の入	月齢
2	16	6:43	17:41	10:24	--:--	6.2
	21	6:37	17:45	14:34	4:51	11.2
	26	6:32	17:50	19:25	7:23	16.2
3	1	6:27	17:53	23:15	8:59	20.2
	6	6:20	17:58	3:25	12:53	25.2
	11	6:14	18:02	6:46	19:06	0.7
	15	6:08	18:05	8:58	23:53	4.7

※惑星は2024年3月1日の位置です。

カノーパスを見る季節がやってきました！

今年も、りゅうこつ座の一等星カノーパスが見られる季節がやってきました！

カノーパスの明るさはマイナス0.7等と、全天21個ある一等星のうちシリウスに次いで二番目に明るい星です。しかし、大阪では南の空かなり低いところで輝くため、ナンバー2の星の割にはとても見えづらい星なのです。中国では、南極老人星とよばれ、見る人ができた人は長生きができる、という言い伝えもあるほどです。

2月中旬であれば夜9時頃、3月上旬には夜8時頃、南の方角にあまり高い建物が

ない場所で、ぜひチャレンジしてみてください。まず目印にするのは、オリオン座のベテルギウス、おおいぬ座のシリウス、こいぬ座のプロキオンをつないでできる冬の大三角です。ベテルギウスとプロキオンを結ぶ線の中央とシリウスをつないで、その線を地平線近くまでのばしていくと、カノーパスにたどり着きます。ただし空が晴れていても、地平線近くは街明かりや水蒸気の影響でもややして、見えないこともよくあります。肉眼で見つけられない場合は、ぜひ双眼鏡でも探してみてください。



図. 3月1日 20時00分頃の大阪の空

※ステラナビゲーター10にて作図

【こよみと天文現象】

月	日	曜	主な天文現象など
2	16	金	月とすばるがならぶ
	17	土	●上弦(0時)
	19	月	雨水
	22	木	金星と火星が接近
	24	土	○満月(22時)
	26	月	月が最遠(406,312km)
	28	水	月とスピカが接近
	29	木	土星が合

月	日	曜	主な天文現象など
3	4	月	●下弦(0時)
	5	火	啓蟄
	8	金	月と火星がならぶ
	10	日	●新月(18時)/月が今年最近(356,895km)
	11	月	夕空の低空に月と水星がならぶ
	14	木	月と木星がならぶ
	15	金	月とすばるがならぶ

西野 藍子(科学館学芸員)

コンピュータで切り拓く未来の化学

千葉工業大学 山本 典史

みなさん、こんにちは。私は、大学で化学を教えている先生、化学を研究している研究者です。

「化学」というと、白衣を着ていて、実験室でいろいろな薬品を混ぜたりすることをイメージするかもしれませんね。私が研究しているのは、そんなイメージの化学とはちょっと違った、コンピュータを使った化学。この新しい化学のことを「コンピュータ化学」とよびます。

最近、薬品を混ぜたり装置を使って測定するだけではなく、コンピュータ化学を上手に活用しながら研究や開発を進めることが多くなりました。目には見えない小さな世界で活躍する分子たちのふるまいも、コンピュータの中で再現することで、分子同士が反応する様子などをディスプレイで眺めることもできるんです。

コンピュータ化学は、新しい性質の材料をつくりたいときや、病気を治すための新しい薬をつくりたいときなど、研究や開発のさまざまな場面で役に立っています。さらにコンピュータ化学は、人工知能や量子コンピュータといった最先端の技術と組み合わせることで、これから、もっと多くの可能性を切り拓くことが期待される分野。今回は、コンピュータを使った化学の面白さについて、わかりやすくご紹介します。



生成AI(DALL-E)で作成

1. 宇宙のナゾを解き明かすコンピュータ化学

まずは、この小冊子「うちゅう」を読んでいる皆さんなら心がときめくかなと思う、「分子」と「宇宙」の深いつながりについて。

最近、日本の探査機「はやぶさ2」が小惑星「リュウグウ」から地球へと持ち帰ったサンプルの中から、さまざまな分子が発見されたことは大きなニュースになりましたね。サンプルには、単純で小さな分子だけではなく、複雑で大きな分子も含まれていました。なんと、私たちの体の中にある重要な分子もいくつか見つかっています。たとえば、遺伝に必要なRNA(リボ核酸)をつくる核酸塩基や、生命活動に必要なタンパ

ク質をつくるアミノ酸など。えっ、宇宙にも、私たちの体の中にある分子と同じものがあつたの？

小惑星リュウグウは、太陽系が生まれたばかりの状態を保っている可能性が高いそうです。はやぶさ2によって私たちに届けられた分子たちは、地球上に暮らしている生命の始まりについて、重要な手がかりを伝えてくれるかもしれません。このように宇宙に漂っている分子たちは、どうやって生まれているのでしょうか？

宇宙には「星間分子」とよばれる、とても興味深い分子たちが存在しています。これらの分子が見つかるのは、星間分子雲という、分子が多く集まっていて、新しい星や惑星が生まれる領域。星間分子は、宇宙がこれまでにたどってきた歴史や、生命の起源について、重要なヒントを与えてくれるものと期待されます。

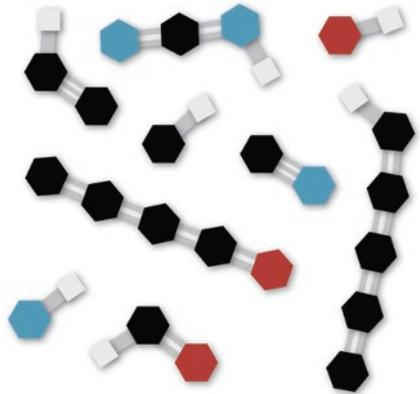
科学者は地球から遠く離れた場所にある星間分子を見つけるために、「電波望遠鏡」という装置を使っています。電波望遠鏡は、宇宙からの電波をキャッチする大きな耳のようなもの。星間分子は決まった種類の電波を出すので、地球上、あるいは宇宙空間でその電波をキャッチすることで、それらがどこにあったのか、どのような種類の分子なのかがわかるんです。

星間分子が放つ電波は弱いので、それをキャッチするのはすごく大変。南米チリの標高5,000メートルの高地には、アルマ望遠鏡という、たくさんの望遠鏡(パラボラアンテナ)を直径16キロメートルという広さ(山手線の直径距離と同じくらい!)に並べて作った超巨大な電波望遠鏡があります。その望遠鏡としての性能は、人間の視力にたとえると、大阪に落ちている1円玉の大きさが東京から見分けられるくらい!アルマ望遠鏡は、130億光年以上も遠くにある天体が放った電波をキャッチすることにも成功しているそうですよ。

宇宙からの電波を無事にキャッチできたら、次は、それがどのような種類の分子



生成AI(DALL-E)で作成



変わった形を持つ星間分子

から来たのかを分析します。これは、私たちの手にある「指紋」を調べるようなもの。人の指紋がそれぞれ違うように、分子の形や性質の違いを「スペクトル」という固有のパターンから読み取れます。スペクトルを分析することで、キャッチした電波がどのような種類の分子から届けられたものなのかがわかるんです。

電波望遠鏡などを使って発見されたさまざまな星間分子の中には、変わった形や性質を持つものがあるとわかってきました。たとえば、地球ではあまり見かけない重水素(ふつうの水素に中性子がくっついて少し重くなったもの)を持つ分子や、普通なら存在するはずの原子が欠けてしまっているような分子など。これらの分子は、みなさんが学校で勉強している化学の教科書に書かれているものとは違うので、「そんな形の分子はないよ!」と思うかもしれないですね。

宇宙空間はとても低温で、分子同士が会って反応する確率も低いので、地球上では不安定ですぐに壊れてしまうような分子でも、宇宙では長い時間を生き延びる可能性があります。不安定で短い間しか存在できない星間分子たちのふるまいを、地球上にある実験室でじっくりと観察するのは大変。コンピュータの中では、宇宙空間を再現することも簡単にできるので、星間分子の性質や反応について、くわしく調べられるんです。

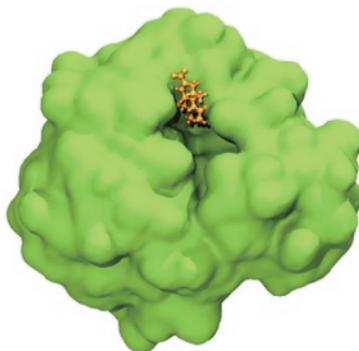
たとえば、タンパク質のもととなるアミノ酸など、私たちの体の中にある分子が宇宙空間でつくられる可能性をコンピュータの中でシミュレーション(=数学モデルを使って再現)。単純な分子から生命をつくるための複雑な分子ができるまでのいろいろな可能性について、じっくりと検証することもできます。コンピュータ化学は、星々の歴史や生命の誕生など、宇宙のナゾを解き明かすのに欠かせないツールです。

2. 薬の開発にも役立つコンピュータ化学

コンピュータ化学は、私たちが病気のとくに頼りにするさまざまな「薬」をつくるためにも役に立っています。

薬をつくるときには、病気を引き起こす原因や症状のもとになっているターゲット、たとえば、異常な働きをしているタンパク質やウイルスが増えるのに関わっている部分を探すことから始めます。ターゲットに効果的に作用して、その働きを適切にコントロールするための分子が見つければ、それが「薬」。

薬とターゲットの関係は「カギ」と「カギ穴」のようなもの。ターゲットとなるタンパク質には「ポケット」とよばれる、小さな「穴」の部分が



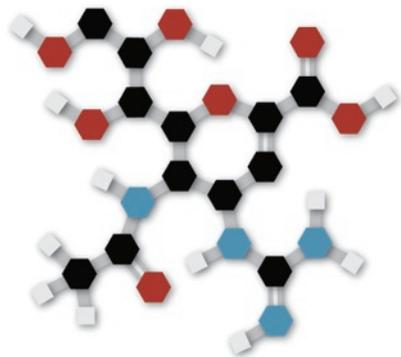
タンパク質のポケットと薬

あります。薬は、そのポケットにピッタリと合う「カギ」。薬がターゲットとなるタンパク質のポケットにピッタリはまると、そのタンパク質の働きがうまくコントロールされて、病気を治したり、症状を楽にしたりする効果が現れます。

薬となるかもしれない分子は、考えられるものをすべて数え上げると、10の60乗（ゼロの数が60個！）くらいあるといわれています。全宇宙にある恒星の数は、いろいろな仮説があるようだけど、多くても10の26乗くらい。薬の候補となる分子は、宇宙の星の数よりも多い。調べやすいのは、手に入りやすいもの、作り方が分かっているものに限られるので、実際に薬の候補となるのは数十万～数百万種くらい。それでも、すごい数ですよ。薬の候補を探し出す大変さは、「海の中から探し物を見つけるようなもの」だといわれています。

候補となる分子がたくさんあるので、ひとつひとつをターゲットに作用させながら効果を調べるのは、とっても大変。でもコンピュータ化学を使うと、さまざまな薬の候補をコンピュータの中で試して、どれが最も効果的なのかを素早く予測できます。具体的には、はじめに、ある病気のターゲットとなるタンパク質のポケットの形や性質をコンピュータで分析。次に、候補となるさまざまな分子について、ターゲットにくっつけるシミュレーションをコンピュータの中で何度も繰り返すことで、ターゲットのポケットにピッタリとはまる分子を探します。

インフルエンザウイルスに感染したとき、リレンザ（ザナミビル）というお薬をもらったことがありますか。リレンザは、インフルエンザウイルスが持っている「ノイラミニダーゼ」というタンパク質をターゲットにした治療薬。ノイラミニダーゼは、ウイルスが人間の細胞に感染し、体の中で増えるのを助けています。リレンザの開発では、科学者たちはノイラミニダーゼをターゲットとして、コンピュータ化学のシミュレーションに取り組むことで、ウイルスが増えるのを防ぐための分子を見つけることに成功しました。コンピュータ化学のおかげで、薬の開発が、早くて効率的になったのです。



リレンザという薬の分子の形

リレンザは、インフルエンザにかかってしまったときに飲んだことがある人も多いかと思いますが。この薬は「ディスクヘラー」とよばれる専用の容器に入っていて、息を吐いてから一気に「スー」と吸い込みます。リレンザを飲んだことがある人は、大変だったな—という思い出もあるのでは。

リレンザは、体に吸収されにくい性質を持つ分子。他のお薬のように、水と一緒に口から飲んで、うまく体に吸収されないんです。だからリレンザは、吸引式の薬として

開発されました。体内に吸収されなくても、ウイルスが増えている気管にリレンザを直接届けちゃいます。だけど吸引式のお薬って、飲みにくいですよ。

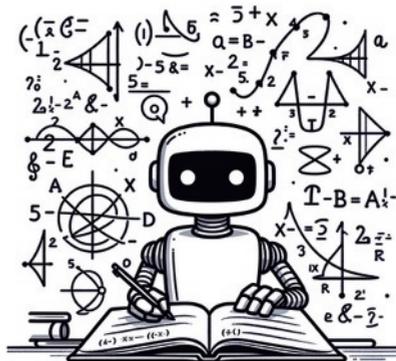
インフルエンザウイルスの薬には、リレンザのほかに、タミフル(オセルタミビル)があります。タミフルはリレンザとは違って、水と一緒に飲めるお薬。リレンザとタミフルは、実は、ノイラミニダーゼにくっついて働きを抑えるのは同じだけど、飲み方はまったく違う。なぜだと思いますか？タミフルは、リレンザをもとにして分子の一部を変えて、体の中での吸収性が良くなっているのだから、飲み薬でも大丈夫なんです。薬が体内でどのように吸収・分布・代謝・排泄されるかを上手にコントロールすることも、薬をつくる時には大切。コンピュータ化学を使うと、体内での薬のふるまいも予測できます。コンピュータ化学は、安全で効果的な薬を開発するために、重要な役割を果たしています。

3. コンピュータ化学の仕組み

最後に、コンピュータ化学の仕組みについても、少しだけ説明してみますね。

分子たちが活躍するミクロの世界は、私たちの日常とはまったく違う不思議なルールが支配しています。たとえば私たちの日常では、目の前のテーブルにリンゴがあれば、手に取って重さを確かめることもできるし、ガブッとかじって味わうこともできますよね。ミクロの世界になると、原子や分子は「たぶんここにある」という考え方でしか捉えられません。ミクロの世界では、離れた場所にある二つの粒子が、まるで糸でつながれているかのように、一方が変わるともう一方も同時に変わる「量子もつれ」という現象も起こるんです。未来のコンピュータとして期待される量子コンピュータは、量子もつれを利用しています。

このようなミクロの世界の不思議なルールについて教えてくれるのが、量子力学という理論。コンピュータ化学では、量子力学に基づくシュレディンガー方程式や、原子や分子の動きを表すニュートン方程式などの数学的なモデルを「コンピュータの中」で解くことで、分子のふるまいを明らかにします。私たち人間が紙と鉛筆だけを使ってこれらの方程式を解こうとすると、ものすごく時間がかかってしまうし、ときどき計算をまちがってしまうかも。コンピュータだったら、これらの方程式を高速に、ミスなく計算できちゃいます。



生成AI(DALL-E)で作成

それじゃあ、どんな分子でもコンピュータで分析しちゃえばいいじゃん！と思いますよね。残念ながら、コンピュータはそんなに万能でもないんです。タンパク質のような大きな分子や、たくさんの分子が複雑に反応している現象などを分析しようとすると、世界で一番速いコンピュータを使っても、一週間以上、場合によっては一ヶ月くらいかかってしまうこともあります。このような難しさがあるときこそ、コンピュータ化学者の腕の見せどころ。リアルな現象をコンピュータの中で上手に再現するために、大きな分子を小さな部分の集まりとして扱う方法を考えたり、複雑に見える現象に隠された分子のふるまいを捉える理論を作ったり。なかなか解決しなくて、失敗をくりかえしながら、何度もチャレンジすることも。大変なこともあるけれど、実験ではわからなかった分子たちの生き生きとした姿をコンピュータの中で「見る」ことができたときには、自然の巧みさや美しさに感動することもあります。

4. 未来を切り拓くコンピュータ化学

最近、人工知能や量子コンピュータという技術が注目されています。ニュースなどで聞いた人がいるかも。このような新しい技術が、コンピュータ化学の分野を大きく発展させようとしています。人工知能とコンピュータ化学を組み合わせると、大量のデータを学習したコンピュータが、分子の形や性質を高速に予測したり、人間が思いつかないような新しい分子を提案することも可能に。量子コンピュータとコンピュータ化学を組み合わせると、分子の反応を高い精度で予測することが、これまでのコンピュータと比べてはるかに短い時間でできると期待されています。とは言え、量子コンピュータはまだ開発の途中。いまずぐに誰もが使えるというわけではないんだけど、これを読んでみなさんの中には、将来、完成した量子コンピュータを使って研究や開発に取り組むひとがいるかもですね。

みなさんが将来、環境問題を解決するための新しい素材を開発するとき、困難な病気を治すための薬を研究するとき、コンピュータ化学が大きな助けになるはず。みなさんはコンピュータ化学を使って、どんなことにチャレンジしてみたいですか？

著者紹介 山本 典史(やまもと のりふみ)



千葉工業大学 工学部 応用化学科 教授
コンピュータをつかって、体内ではたらくタンパク質、機能を持った材料などの研究に取り組んでいます。組み立てながら楽しく学べる分子パズル「PuzMol」も作っていますよ (<https://puzmol.com>)。星間分子とリレンザの図は、アプリ版のPuzMolを使って描きました。

天文の年鑑データブック

天文のデータをまとめた本

季節の星空や日月食、流星群といった天体現象を知りたい時、また天体に関するちょっとしたデータを知りたい時、インターネットで調べる方が多いのではないのでしょうか。一方で、手元に置いた紙の本をパラパラめくって調べるという従来からの方法も非常に便利です。そんなニーズに応えた書物が、天文に関する年鑑類です。

科学全般に関するデータが網羅された『理科年表』(国立天文台編集)は1925(大正14)年の創刊で、天体や暦に関するデータが掲載されています。一方、天文分野に特化した年鑑類で最も古いものは、1927(昭和2)年

に創刊された天文同好会編集の『天文年鑑』と思われます。編集を行った「天文同好会」は京都帝国大学の山本一清が中心となって1920(大正9)年に結成した日本最初のアマチュア同好会で、幅広い活動を展開し天文ファンからハイアマチュアまで多くの人を惹きつけていました。現在も東亜天文学会という名称で活発な活動を続けています。会では情報発信にも力を入れ、会誌『天界』を毎月発行し、身近な星空情報から天文学の最先端の動向まで、会員に情報発信をしていましたが、『天文年鑑』は1928(昭和3)年版から新光社という出版社から刊行しています。



写真1:『天文年鑑』1928年版

1928年版『天文年鑑』の内容

科学館には、1928年版があります(写真1)。ちょっとその中身を見てみましょう。冒頭には創刊の言葉があり、「天体も天文学も天文学者も所々の天文台も、皆、年々の進展を続けている。故に天文を知らんとする者は、誰でも、この生きた事実と接触を絶たないことが必要である。「天文年鑑」はこのような要求に応ぜんために生まれたものである」と発刊の目的を述べています。さらにページをめくってみると、現在の年鑑類と同じように、太陽や月、惑星の天球上の位置、日月食や星食、木星のガリレオ衛星の位置と食現象の予報、変光星、流星群などのデータが掲載されています。

加えて、季節の星座紹介(写真2)をはじめ、主な星雲星団、二重星、銀河などの一覧表もあり、天体観測の計画を立てる際などには便利です。また、それぞれの天体や現象に関する基本的な情報も掲載されていますから、読み物としても楽しむことができます。この点については、冒頭の創刊の言葉で「中に各種の図表や解説を加えた意味は、一般の天文愛好家の必携書として、その座右を賑わし、天界への案内、理解の基礎、知識の標準、話題の論拠、研究の素材と便宜を供給せんためである」と説明されています。90年以上も前の年鑑ですが、その内容は、日頃から年鑑類を使用している現代の人にも違和感が少ないように思えます。



写真2:『天文年鑑』1928年版の一部

いろいろな天文の年鑑類



写真3:年鑑類いろいろ。左が1972年版『天体観測年表』、右上が1937年版『理科年表』、右下が1957年版『天文年鑑』

天文同好会の『天文年鑑』は、その後も名称や編集体制や発行所を変えながら、1960年ころまで発行されていたようです。一方、現在誠文堂新光社から発行されている『天文年鑑』は、1949年版から刊行されています。

その後、1960年代には『天文観測年表』、1970年代には手帳形式の『天文手帳』が発刊し、現在ではその他にも多くの年鑑類が書店を賑わしています。科学館も、自主出版として『こよみハンドブック』を隔年で発行しています。

まだまだ紙媒体の年鑑類は、たくさん刊行されています。特に手帳類や小型サイズの本はカバンに入れて携帯できますし、パラパラとページをめくると関連情報まで広く知ることができるのも便利です。ぜひ一度紙媒体の年鑑類を手にとってみてはいかがでしょうか。

嘉数 次人(科学館学芸員)

ジュニア科学クラブ 2



名画たんてい「この絵にかかれた星は何？」

さて、ここに星空をえがいた絵が何まいかある。でも、画家が何の星を、なぜかいたのか、分かっていない…。さあ、みんなの頭のうを働かせて、何の星がかかれているのか、すい理してみよう。ヒントは星のならば方と、動き方だ。



星たちは夜空で、どく特のならば方をしている。星は時間とともに東から西へと日周運動する。また、月は毎日位置を変えながら満ち欠けするよね。みんなはナゾをとけるかな？

石坂 千春(科学館学芸員)

■2月のクラブ■

2月18日(日) 9:45 ~ 11:30

- ◆集 合：プラネタリウムホール(地下一階)
9:30~9:45の間に来てください
入口で会員手帳を見せてください
- ◆もちもの：会員手帳・会員バッジ・筆記用具
- ◆内 容： 9:45~10:30 プラネタリウム①見学(全員)
10:30~11:30 プラネタリウム②見学(会員番号1~32)
10:30~11:30 実験教室(会員番号33~64)

・とちゅうからは、入れません。ちこくしないように来てください。
・プラネタリウムに入れる保護者の方は1名までです。

※最新の情報は、科学館公式ホームページ(<https://www.sci-museum.jp/>)をご覧ください。

このページはジュニア科学クラブ(小学校5・6年生を対象とした会員制)用です。

新展示場紹介

シン・ぐるぐるカプセル(仮)

2F

今度の展示場リニューアルでは、まったく新規に導入されるものもありますが、これまでに実績のある実験装置がさらにバージョンアップして再登場するものもあります。

「ぐるぐるカプセル」もバージョンアップして作り替えます。

新ぐるぐるカプセルが、どんなデザイン・どんな名称になるのか、この原稿を書いている2023年12月現在では、まだ確定していませんが、どうい改良をしようと思っているか、ちょっとだけご紹介します。

ぐるぐるカプセルは、回転するカプセルの中に入れてある球の動きから遠心力を観察する装置ですが、もしも下図のように、カプセルにすき間(穴)があったとしたら、球はどうなるでしょうか？

- ① ポトンと落ちる？
- ② 回転軸と垂直の方向(外側)に飛び出す？
- ③ 回転方向に飛び出す？

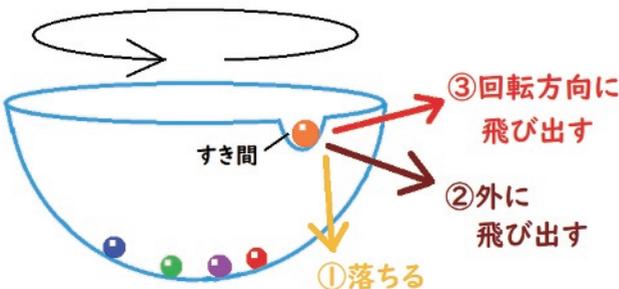


図2. もしカプセルに穴が開いたら、球はどうなる？

答えは…③です。
遠心力は慣性力。動いている物体は、動き続けようとしています。新展示は、その遠心力の作用が分かるように改良します。
お楽しみに！

石坂 千春
(科学館学芸員)



窮理の部屋202

2022年ノーベル物理学賞(その6)

こんなからくり簡単!

Hasegawa商会のFAXは、受信機の向きを変えると受信状態が変わるのだった。送り手は、受信機の向きをいつ変えたのか分からないのにこんな芸当が可能なのだろうか？

Gifuから向う2週間は受信機はそのままの向きでもいいし、90度傾けてもいい、その日の気分で好きなようにやって宜しい、という指令が来た。それで、そうしてみた。おそらくTokyoでも同じ指令が下ったのだろう。集計すると、 $\langle ot \rangle$ は正確に-1日とほぼ0の日が半々にあった。

最初驚いていたOhkuraであったが、からくりが分かるとな〜んだ、と思った。実は紙には1か-1しか印字されてないが、印字されないデータも送られていたのである！

どういうことかと言えば、例えば図1のようなデータをGifuから送ればいい。Osakaにはoとo'が送信されTokyoにはtとt'が送られていたのである。FAXの位置がそのままならoを、90度傾けていたらo'が印字されるからくりである。東京も同様である。

日々の $\langle ot \rangle$ は、実は、 $\langle ot \rangle$ 、 $\langle ot' \rangle$ 、 $\langle o't \rangle$ 、 $\langle o't' \rangle$ のいずれかだったのである。図1から分かるように $\langle ot \rangle$ と $\langle o't' \rangle$ は必ず-1であり、 $\langle ot' \rangle$ と $\langle o't \rangle$ の値は0に近い。だから $\langle ot \rangle$ (実は4種類ある)は半分は-1に半分は0に近くになったのである。最初驚いていたOhkuraであったが、気づけばこんな子供だましの馬鹿げた実験を繰り返すことに何の意味があるのだろうと思った。からくり気づいたころ、Tokyoからは、その日FAX機の向きを変えたかどうかという情報も送られて来るようになり、Ohkuraは自分の説を確信した。

表1. データの例とその平均値

データ 番号	Osaka		Tokyo		ot			
	o	o'	t	t'	ot	ot'	o't	o't'
1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1
2	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1
3	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1
4	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1
5	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
6	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1
7	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1
8	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1
9	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1
10	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1
11	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
12	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1

謎のおばちゃん登場！

Osakaに謎のおばちゃんが採用された。彼女の仕事は、彼女の気分でFAXの切り替え機をカチャカチャ切り替えることである。そう、FAXが2台になったのである。そして、1台はもう1台に対して90度傾けて取付られた。どうやらTokyoにもおばちゃんが採用されFaxが2台になったようである。

おばちゃん達は、勤務時間中にTVのワイドショーを見ながら、お菓子を食べながら、始終切り替え機をカチャカチャしていた。ある朝、おばちゃんは妙なことを始めた。1台目のFAX(その出力は o)を適当に傾け、そして2台目(o')も90度ではなしに適当な角度で固定し、その後はルーチンのカチャカチャである(休憩時間を考慮してか、おばちゃんは2人に増員されていた。めっちゃ楽な仕事のはずなのに！)。

Ohkuraの仕事は、4つの $\langle ot \rangle$ 毎に、つまり $\langle ot \rangle$, $\langle ot' \rangle$, $\langle o't \rangle$, $\langle o't' \rangle$ の集計をするに変わった。それぞれその値は相変わらず必ず-1から1の間にあった。当然である。

また、 $S = \langle ot \rangle - \langle ot' \rangle + \langle o't \rangle + \langle o't' \rangle$ という量を計算せよとGifuから指令があった。2番目のデータだけ引き算だが、ここがミソで、間違いではない。このSの値は、どんなことがあっても $|S| > 2$ となることはあり得ない。それは、数学的に証明されているので、右枠にまとめておこう。

ところがある日、 $|S| > 2$ になってしまったのである！何かの間違いいではないだろうか？そんなことが

起こるはずがない！S決定のプロセスと証明をよく見てほしい。数学的に $|S| > 2$ はアリエナイのである。Ohkuraは再び愕然とした。

おばちゃんたちは毎朝2台の受信機の角度を変えてから固定するが、その2台の受信機の間角度が120度付近だとそのようなことが起こるらしいことがだんだんと分かってきた。

$$s = ot - ot' + o't + o't'$$

と置くと

$$|s| = |(o+o')t - (o-o')t'|$$

三角不等式の性質より

$$|s| \leq |(o+o')t| + |(o-o')t'|$$

o, o', t, t' は ± 1 なので、

$$|s| \leq |o+o'| + |o-o'| = 2$$

よって

$$|s| \leq 2$$

今、 o, o', t, t' はN個のデータがあつて、N個の $ot, ot', o't, o't'$ を足したものをそれぞれ $OT, OT', O'T, O'T'$ と書けば、

$$|OT - OT' + O'T + O'T'| \leq 2N$$

Nで両辺を割れば、

$$|\langle ot \rangle - \langle ot' \rangle + \langle o't \rangle + \langle o't' \rangle| \leq 2$$

大倉 宏(科学館学芸員)

※編集部より 10月号の窮理の部屋のタイトルは「2022年ノーベル物理学賞(その4)」、12月号のタイトルは「2022年ノーベル物理学賞(その5)」の誤りでした。お詫びして訂正いたします。

星になった牧野富太郎発見の「さくら」をご存知ですか？

京都薬科大学 名誉教授 桜井 弘

2023年に放映されたNHKの連続テレビ小説『らんまん』のモデルは、日本の植物学の父・牧野富太郎(1862～1957)¹⁾であったことはまだ記憶に新しいことでしょう。生涯を通して植物と向き合った植物学者の物語は故郷の高知県佐川町で始まりました。

同じ高知県の市内に生まれた関 勉(1930年生まれ)²⁾は、1950年から天体観測を続け、これまでに6つの彗星と220以上の小惑星を発見したアマチュア天文家です。『うちゅう』の読者の皆さんはよくご存じのことと思います。関 勉は、20世紀最大級の「イケヤ・セキ彗星」の発見者の1人です。高知市内の明かりを避けるため、1973年からは芸西村に観測所を移し、1981年から現在まで高知県立芸西天文学習館の「芸西天文台」で観測を続けています。

星の発見者には名前をつける権利、命名権が与えられるため、関 勉は発見した小惑星に高知県に由来する地名や人名などを多く使って命名しました。初めに紹介した牧野富太郎にも敬意を表して、1990年に発見した小惑星に「牧野」の名前をつけています。

2023年、関 勉が1991年に発見していた小惑星に、牧野富太郎が高知県佐川町尾川城で1889年に発見していたヤマザクラの一種「ワカキノサクラ(稚木の桜)」という名前がつけられました。130年以上の時を超えて、牧野富太郎の発見した桜に注目が集まりました。高知県、佐川町、芸西村、牧野富太郎、ワカキノサクラがすべて星となり宇宙で輝いています。なぜこのようなことになったのでしょうか？ここには、素敵な物語が隠されています。星になった「さくら」のお話を紹介しましょう。

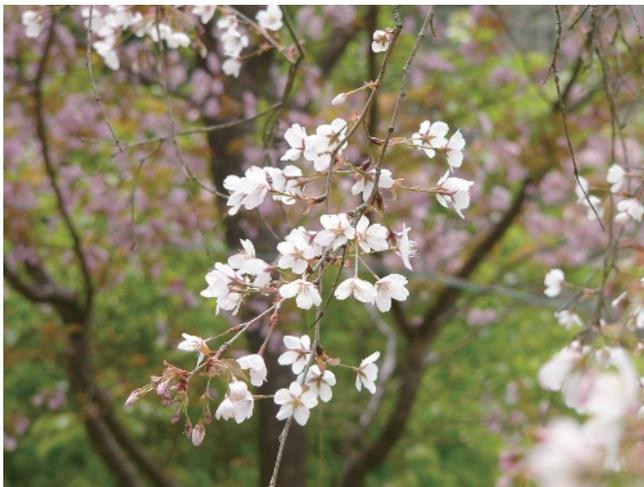


写真1. ワカキノサクラ(佐川町提供)

ワカキノサクラの発見

1889年、牧野富太郎が故郷の高知県佐川町の尾川城で栽培されていたバラ科の落葉樹でヤマザクラの一種を発見しました。かつては山林中に自生していましたが、現在では絶滅したと考えられています。この桜は、種子をまいて発芽すると1年ほどで木の高さが20～30cmくらいになりますが、そんな若木でも花が咲くそうです。このために、牧野は1906年に「ワカキノサクラ(稚木の桜)」と命名し、学名は *Prunus ogawana* Makino (Makino 1928)とされました。その後、研究が進められて、現在では *Cerasus jamasakura* (Siebold ex Koidz.) H. Ohba var. *humilis* (Makino) Iwamoto & H. Ohbaとされています。³⁾ *Prunus*は「スモモ属」のことで広い意味で「サクラ属」を指し、*Cerasus*は「サクラ属」、*humilis*はラテン語で「低い、小さな、わずかな」を指します。発見された桜は小さくても花が咲くため、この言葉がつけられたのではと想像されます。花びらの縁が赤く、花の芯が白色です(写真1)。⁴⁾

宇宙で過ごしたワカキノサクラの種子

この「ワカキノサクラ」が初めて注目を集めたのは、2008年のことでした。ワカキノサクラの種子が、国際宇宙ステーション(ISS)に送られて宇宙に滞在する実験を経験することになりました。日本各地14カ所ので小中学生らよって集められた名高い桜の種子(各約200粒)のひとつとして、2008年11月15日(日本時間)に若田光一宇宙飛行士らが乗ったスペースシャトル・エンデバー号で宇宙へ打ち上げられました。約8か月半国際宇宙ステーションの実験棟「きぼう」に滞在した後、2009年7月31日(日本時間)

表1. 宇宙を旅した14種のさくら

桜の名前	採取地
ミヤマザクラ	北海道旭川市
オオヤマザクラ	北海道苫小牧市
角館武家屋敷のシダレザクラ	秋田県仙北市
三春滝桜*	福島県三春町(品種ベニシダレ)
山高神代桜*	山梨県北杜市(品種エドヒガン)
根尾谷淡墨桜*	岐阜県本巣市(品種エドヒガン)
中将姫誓願桜	岐阜県岐阜市
高桑星桜	岐阜県岐阜市
祇園枝垂れ桜	京都府京都市(品種シダレザクラ)
醍醐桜	岡山県真庭市(品種エドヒガン)
ひょうたん桜	高知県仁淀川町(品種エドヒガン)
稚木の桜	高知県佐川町
白花緋寒桜	鹿児島県奄美市
カンヒザクラ	沖縄名護市

*日本の三大桜

にエンデバー号で地球に帰還しました。2009年秋から2011年にかけて発芽が試みられて、その一部が発芽し、成長した桜は**宇宙桜**(そらざくら)とよばれるようになりました。⁵⁾宇宙を旅した

さくらの14種は、表1のとおりです。

「ワカキノサクラ」は2008年5月28日に佐川町立尾川小中学校の生徒たちにより採集され、宇宙から帰還した種子から8本の苗が育ちました。宇宙滞在を経験した桜の種子の中で、もっとも早く花が咲いたそうです。8本のうち7本は全国に送られ、1つは尾川小中学校で育てられて、2世、3世として繋がれているそうです。⁶⁾

宇宙で輝く小惑星「ワカキノサクラ」

2023年の春から秋にかけて放映されたNHKの連続テレビ小説『らんまん』のモデルは、日本の植物学の父・牧野富太郎でした。これを機会に、2023年、天文家の関 勉を中心とした高知県の人々は、関が1991年に発見していて、まだ名前がつけられていなかった小惑星43803(1991RH2)に、同じ高知県出身の牧野が1889年に発見し、宇宙桜として注目された「ワカキノサクラ」と命名しようと考えたことは素晴らしいことでした。2023年4月に国際天文学連合の小天体命名ワーキンググループ (Working Group for Small Bodies Nomenclature, WGSBN)に申請され、2023年5月に正式に命名されることとなりました。こうして、「ワカキノサクラ」は再び注目を集めることとなりました。WGSBN *Bulletin* 2023年第7号には、英文で、次のとおりに紹介されました。⁷⁾

Wakakinosakura is a kind of wild cherry tree discovered in 1889 by Japanese botanist Tomitaro Makino at Ogawa Castle in his hometown of Sakawa, Kochi prefecture. In 2008 seeds of the tree were carried to the Japanese module Kibo on the ISS and the cherry trees grown from the returned seeds are affectionately called Uchu-Zakura (“space cherry blossoms”).

ワカキノサクラは、1889年に日本の植物学者牧野富太郎が故郷の高知県佐川町尾川城で発見した野生の桜・山桜の一種です。2008年、その木の種子が国際宇宙ステーション(ISS)の日本の実験棟「きぼう」に運ばれて、帰還した種子から成長した桜の木は「宇宙桜」という名称で親しまれています、といった意味です。

ワカキノサクラ(43803 Wakakinosakura)は、火星と木星との間のメインベルト(小惑星帯、アステロイドベルト)に約100万個も発見されている小惑星の1つです。直径は約6.6キロメートルで、約5.28年(1929.6日)の公転周期で太陽の周囲を回っています。ワカキノサクラに関連する小惑星を表2にまとめてみました。

ワカキノサクラは、故郷と天文台と牧野富太郎とともに星となり、宇宙で出会い、楽しく語り合っている様子を想像できることは素晴らしいことです。

宇宙で約8か月半滞在したワカキノサクラの種子は、宇宙線が飛び交う環境の下で生存し、再び地球で木として成長し花を咲かせ、人々を喜ばせています。宇宙線を経験したワカキノサクラには、どのような宇宙生物学的な影響があったのかは、興

味がひかれることです。

最後に、ワカキノサクラの写真をご提供下さいました高知県高岡郡佐川町の牧野公園の関係の皆様には感謝申し上げます。

表2. 関 勉が発見した牧野富太郎関連の小惑星

発見年月日	仮番号	承認番号 (承認年)	承認名 (日本語名)	直径 (km)	公転 周期 (年)	名前の由来
1981.2.9	1981CB	2396	Kochi (高知)	10.5	4.67	関 勉の出身地、高知県高知市
1981.10.23	1981UC	2571	Geisei (芸西)	6.6	3.33	小惑星の発見地、高知県芸西村
1990.10.15	1990TQ1	19161 (2018)	Sakawa (佐川)	2.2	3.4	高知県高岡郡佐川町
1990.10.16	1990UF	6606	Makino (牧野)	14.2	5.46	牧野富太郎(高知県佐川町出身)
1991.9.7	1991RH2	43803 (2023)	Wakakinosakura (ワカキノサクラ)	6.6	5.28	牧野富太郎が佐川町尾川城で発見したヤマザクラの一品種の名前

関 勉は、「はりまやばし(1981)」、「竜馬(1982)」、桂浜(1982)、「四万十(1984)」、「足摺(1984)」、「万次郎(1989)」、「おりょう(1989)」など高知県に由来する小惑星を多数発見している。()内の数字は、発見年。

[引用文献]

- 1) <https://ja.wikipedia.org/wiki/牧野富太郎>
- 2) <https://ja.wikipedia.org/wiki/関勉>
- 3) Akitoshi Iwamoto and Hideaki Ohba: A New Combination in *Cerasus* (*Rosaceae*) バラ科ワカキノサクラの新学名、*J. Jpn. Bot.* (植物研究雑誌) 85:186–187 (2010).
- 4) 佐川町 まちまるごと植物園 四季の植物たち
<https://sakawa-machimaru.jp/seasonal-plants>
- 5) 長谷川洋一『宇宙桜誕生秘話:花伝説・宙へ!』ワンアース、2017年。
- 6) <https://umiyamakawashinbun.net/post/139656708666/>宇宙に行った伝説の桜
- 7) WGSBN *Bulletin* (IAU) 3(7). (2023).
https://www.wgsbniau.org/files/Bulletins/V003/WGSBNBull_V003_007.pdf#page=13

桜井 弘

学芸員の研究発表など

講演「テレビ観望望遠鏡eVscopeの衝撃」

渡部 義弥(学芸員)

天文教育普及研究会 関東支部会(2022年3月9日)

本講演は、フランスUnistellar社が2019年に発売した、持ち運び式のテレビ観望望遠鏡eVscopeについて使用経験を紹介した。従来の望遠鏡とは格段に簡易な操作性とテレビ観望によって大都会でも銀河の渦巻きや星雲が楽々見える性能を踏まえ、今後の天体観望会や天文教育活動に多大な変化をもたらすと紹介した。また、観望会参加者が望遠鏡を操作する可能性、モダンな天体物理を学ぶことでもおもしろくなる解説など活用のあり方を唱えた。

講演「大阪市立科学館がめざす第4次展示改装」

吉岡 克己(総務企画課長)

第13回全国理工系学芸員展示研究大会(2023年1月19日)

1989年の開館以来の当館展示改装の経緯と令和4年度までに進めてきた今次改装の考え方について、全国の科学館等でそれぞれの施設の展示更新を担う学芸員に向けて紹介した。

特に、理工系博物館の特殊性、来館者層の低年齢化とその弊害を整理した上で、当館の使命「科学を楽しむ文化の振興」、基本展示デザイン「本物・実物・生の現象」を示し、スローガン「他にない、みんなで科学を楽しむ、快適空間の構築」に向けて当館が目指す方向性を示した。

KONICA MINOLTA

私たちは「宇宙」を作っている会社です。

— プラネタリウム生誕100周年 —

最新の光学・デジタル プラネタリウム機器の開発・製造から、独自の番組企画・制作・運営ノウハウに至るまで、プラネタリウムという“スペース”の可能性を追求し続けてまいります。

コニカミノルタ プラネタリウム株式会社

本社・東京事業所 〒170-8630 東京都豊島区東池袋3-1-3 TEL.(03)5985-1711
 大阪事業所 〒550-0005 大阪府大阪市西区西本町2-3-10 TEL.(06)6110-0570
 東海事業所 〒442-8558 愛知県豊川市金屋西町1-8 TEL.(0533)89-3570
 URL: <http://www.konicaminolta.jp/planetarium/>

画像：大阪市立科学館

講演「科学館における科学技術史資料の展示課題」

吉岡 克己(副館長)

日本科学史学会第70回年会(2023年5月28日)

日本科学史学会シンポジウム「博物館における科学技術史資料の展示をめぐる」において、シンポジウム主催の有賀氏(一橋大学)から依頼を受けて講演したものである。

吉岡からは特に地域の理工系博物館の現状について紹介し、地域の科学技術史資料の逸失を避けるために地域の科学館が担うべき役割と課題を整理した上で、これまで実践した取り組みについて具体的に紹介した。

■ 編集後記 ■

11月の休館以来、展示改装のための作業が続いています。改装に備えて、展示場にある資料をすべて梱包して引き上げる作業をしつつ、合間に展示業者さんと詳細な打合せを行っています。間もなく本格的な工事が始まる予定です。(江越)

休館のお知らせ

2023年11/6(月)より、リニューアル工事等のため長期全館休館しています。皆様には、ご迷惑をおかけいたしますが、ご理解のほどよろしくお願い申し上げます。

リニューアルオープンは、2024年夏の予定です。科学を楽しむ快適空間へと進化する科学館にご期待ください。

大阪市立科学館 <https://www.sci-museum.jp/>

電話: 06-6444-5656 (9:00~17:30)

長期休館中(~2024年夏まで)

所在地: 〒530-0005 大阪市北区中之島4-2-1



星の輝きで伝えることがある
五藤光学研究所 ■ 全天周デジタル配給作品

GOTO



五藤光学研究所
<https://www.goto.co.jp/>

企画: 大阪市立科学館
©「まだ見ぬ宇宙へ」製作委員会

友の会 行事予定

最新情報は、科学館ホームページ・友の会会員専用ページでご確認ください。

月	日	曜	時間	例会・サークル・行事	場所
2	10	土	11:00~16:30	りろん物理	研修室
	11	日	14:00~15:30	化学	研修室
			16:00~17:00	光のふしぎ	研修室+Zoom
	17	土	12:10~13:45	英語の本の読書会	工作室+Zoom
			14:00~16:00	友の会例会	研修室+Zoom
			18:30~20:00	友の会天体観望会	屋上
	18	日	14:00~16:00	りろん物理(場の理論)	工作室
	24	土	14:00~16:00	うちゅう☆彗むちゅう	工作室+Zoom
25	日	10:00~12:00	天文学習	工作室+Zoom	
		14:00~16:30	科学実験	工作室	
3	9	土	11:00~16:30	りろん物理	研修室
	10	日	14:00~15:30	化学	研修室
			16:00~17:00	光のふしぎ	研修室+Zoom
	16	土	12:10~13:45	英語の本の読書会	工作室+Zoom
			14:00~16:00	友の会例会	研修室+Zoom
	17	日	14:00~16:00	りろん物理(場の理論)	工作室
	23	土	14:00~16:00	うちゅう☆彗むちゅう	工作室+Zoom
	24	日	10:00~12:00	天文学習	工作室+Zoom
14:00~16:30			科学実験	工作室	

友の会サークルは、会員が自主的に学習し合う集まりです。
 科学館内が会場のサークルは、参加申込は不要です。記載の日時に会場にお越しのう
 え、世話人に見学の旨お伝えください。テキスト代など実費が必要なものもあります。初めて
 参加される場合は、まずは見学をおすすめします。

2月の友の会例会

友の会の例会では、学芸員による「今月のお話」の他、会員同士での科学に関する話題の発表があり、科学の話題に触れて会員同士の交流を深めるチャンスです。Zoomを利用したオンライン参加のほか、科学館研修室での参加も可能です。

お天気が悪い場合は、19:00からはZoomを利用した、交流会(おしゃべり会)も開催いたします。

■日時:2月17日(土)14:00~16:00 ■会場:科学館研修室、Zoom

■今月のお話:「SLIM月面着陸 成功」西野学芸員

昨年9月に打ち上げられた日本の小型月着陸実証機「SLIM」が、2024年1月20日午前0時20分頃(日本時間)、月面への着陸に成功しました。これは日本では初、世界では5か国目の快挙となります。さらに、SLIMや着陸直前に放出された月面探査ローバーが、写真を撮影することにも成功しています。ということで今回は、このSLIMの月面着陸の様子を、くわしく見ていきましょう。



友の会例会報告

1月の友の会の例会は、友の会ナイトとして、20日(土)の18時から、科学館のプラネタリウムで開催しました。最初に会務報告のあと、飯山学芸員による今夜の星空解説があり、その後、客席での携帯端末の明かりの影響に関する調査を行いました。休憩を挟んだ後、HAYABUSA -BACK TO THE EARTH-の上映を行いました。最後に、毎年恒例のカレンダー争奪じゃんけん大会を開催しました。参加者は106名でした。



友の会会員専用天体観望会

科学館の屋上で、月や木星などを観察しましょう。

- 日時:2月17日(土) 18:30~20:00(18:30~19:30の間にご入館ください)
- 会場:屋上 ■定員:なし ■申込み:不要
- 天候が悪く星が見えそうにない場合は中止します。天候判断は当日16:00です。
- 当日スケジュール

- 16:00 天候判断
- 18:00 望遠鏡準備(望遠鏡組立等お手伝い頂ける方はこの時間にお越しください)
- 18:30 観望会開始(19:30までの自由な時間に職員通用口から入館してください)
- 19:30 入館終了
- 20:00 観望会終了・片付け

開催か中止かわかりにくいお天気の場合は、当日16時以降、友の会会員専用HPでご確認いただくか、科学館までお電話でお問い合わせください。

※観望会の受付や、望遠鏡の組立・操作等、観望会の運営にお手伝いいただける方は、科学館の飯山学芸員か、友の会事務局までお申し出ください。

■休館中の科学館への入館について

科学館の休館中、入館入り口は、建物南西側の職員通用口をご利用ください。例会やサークルの開始15分前～開始時刻までは通用口を解錠しております。それ以前・以降に入館される方は、通用口脇のインターホンを押して、友の会行事に来られた旨、事務所へお伝えください。

大阪市立科学館 友の会事務局

<http://www.sci-museum.kita.osaka.jp/~tomonokai/>

電話:06-6444-5184 (開館日の9:30~17:00)

メール:tomo@sci-museum.jp

郵便振替:00950-3-316082 加入者名:大阪市立科学館友の会



友の会入会は随時受け付けています。年会費3000円、入会資格は中学生以上です。詳しくは科学館ホームページ、友の会ホームページをご覧ください。



第2世代ミュオグラフィの検出器

細長い板状の透明プラスチックとその右の懐中電灯のようなものは、第2世代のミュオグラフィ検出器の一部です。ミュオグラフィというのは宇宙線を利用して、山やピラミッドなど巨大なものの内部をレントゲン撮影のように透写する技術または装置のことを言います。

プラスチックの右側は円筒状になってますが、そこに懐中電灯の



ような形をした光電子増倍管(光を電気信号に変換する真空管の一種)を取り付けて使います。宇宙線はプラスチックを通過するとシンチレーションといって弱い光を出します。シンチレーションが起こる物体がシンチレータ(今の場合プラスチック)です。光はシンチレータ内部で何度か反射して円筒状の部分に集まってきます。その光を光電子増倍管で電気信号に変えるというわけです。

このシンチレータを、例えば縦に6本、横に6本格子状に組みます。正方形の面を形成できますがこれで1セットです。光電子増倍管の信号で面のどこを宇宙線が貫いたかわかります。このセットを何面か重ねて設置し、ひとつの装置とします。捉える宇宙線はミュオンと言って、まっすぐ直進して装置を貫きますが、各面のどこを通ったかは、電気信号からわかります。その場所を結んでやれば、宇宙線がどの方向からやってきたか、ということがわかるわけです。

説明が長くなりましたが、ミュグラフィ装置というのは、要は宇宙線がどの方向から飛んできたかを数え上げる装置です。ミュオンは空からまっすぐ、まんべんなく降り注ぐ透過力の高い粒子ですが、その方向に密度の高いものがあると幾分数を減らします。X線が肉をほとんど透過するけれど骨には幾分吸収されるのに似てますね。

第1世代のミュオグラフィは写真乾板でした。置いてくだけでいいので電源は要りませんが、像を得るには乾板を取り出して、現像して解析しなければなりません。ピラミッドなんかにはいいでしょう。ところが火山のように刻々と変化するものの内部を撮影しようと思えば、リアルタイムに画像を得ることのできる第2世代のミュオグラフィがいいに決まっています。

科学館では、高精度の画像の得られるさらに進歩した第3世代の多線比例計数管式ミュオグラフィを展示しています。

大倉 宏(科学館学芸員)