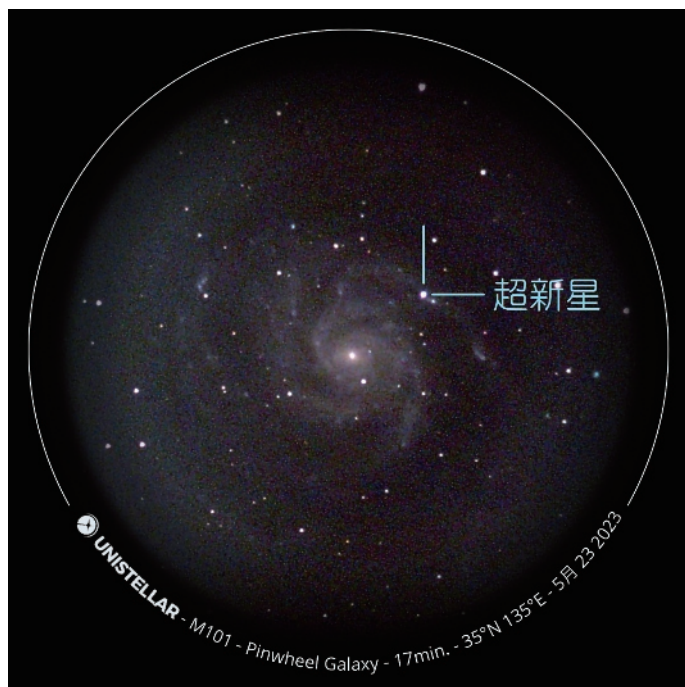


2023 / Jul.

Vol. 40 No. 4

2023年7月10日発行(毎月1回10日発行)

ISSN 1346-2385



M101銀河に現れた超新星

通巻472号

- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| 2 星空ガイド(7-8月) | 16 和ろうそくのサイエンスとよろこび(後編) |
| 4 ツチンシャン・アトラス彗星に期待 | 18 インフォメーション |
| 10 アルマ望遠鏡 本格運用10周年 | 22 友の会 |
| 12 ジュニア科学クラブ | 24 展示場へ行こう「図書コーナー」 |
| 14 窮理の部屋「2022年ノーベル物理学賞(その3)」 | |

大阪市立科学館

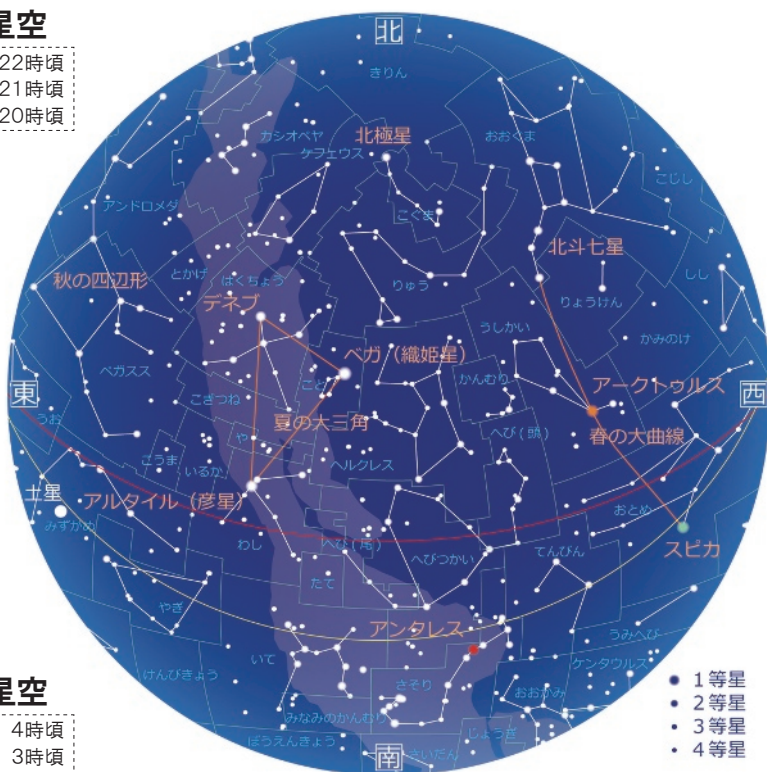
星空ガイド 7月16日～8月15日

よいの星空

7月16日22時頃

8月 1日21時頃

15日20時頃

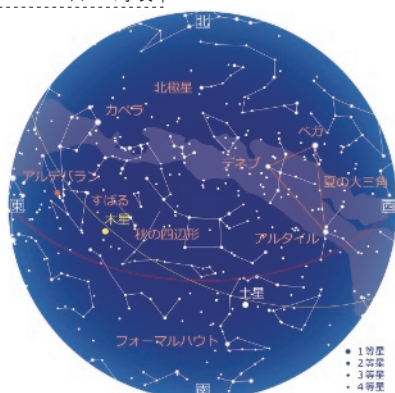


あけの星空

7月16日 4時頃

8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
7	16	4:56	19:11	3:03	18:23	27.9
	21	4:59	19:08	7:50	21:22	3.4
	26	5:03	19:05	12:37	23:27	8.4
8	1	5:07	19:00	19:03	3:47	14.4
	6	5:11	18:56	21:55	9:59	19.4
	11	5:14	18:51	0:13	15:23	24.4
	15	5:17	18:46	3:46	18:28	28.4

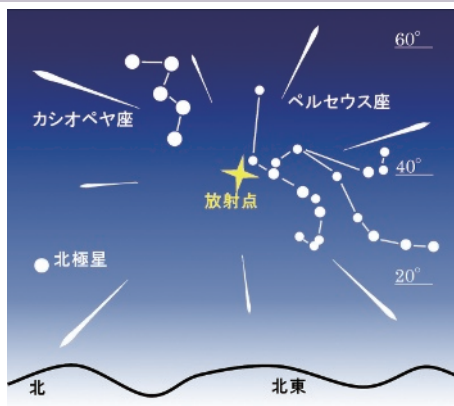
※惑星は2023年8月1日の位置です。

ペルセウス座流星群を見よう

8月13日(日)にペルセウス座流星群が極大を迎えます。最も多く流れ星が流れる極大時刻は13日の夕方5時と予報されています。ですので観察のねらい目としては、12日深夜から13日未明、もしくは13日深夜から14日未明ということになります。

今年は新月に近いため、月明かりの影響も少なく、街明かりの少ないところではたくさんの流れ星を見ることができそうです。また、13日の日暮れから20時過ぎ頃までは、数が少ないながらも長経路の流れ星が見られるチャンスがあります。

流れ星は、ペルセウス座にある放射点から四方八方に流れますので、なるべく空の広い範囲を見るようにして観察してみてください。



図：ペルセウス座流星群の放射点
(8月13日午前1時頃)

月と明るい夏の一等星の饗宴

7月25日(火)には、半月近くの月とおとめ座の一等星スピカがならびます。夜9時頃ですと南西の空の低いところに見られます。また、28日(金)には半月過ぎの月とさそり座の一等星アンタレスがならびます。こちらは夜9時頃、南の空をご覧ください。

【こよみと天文現象】

月	日	曜	主な天文現象など
7	18	火	●新月(14時)
	19	水	夕空の低空に月と水星がならぶ
	20	木	土用の入/夕空に月と金星がならぶ 月が最遠(406,289km)
	21	金	夕空に月と火星がならぶ
	23	日	大暑
	25	火	月とスピカがならぶ
	26	水	●上弦(7時)
	28	金	月とアンタレスがならぶ
	30	日	みずがめ座デルタ流星群が極大のころ

月	日	曜	主な天文現象など
8	2	水	○満月(4時) 月が最近(357,311km)
	3	木	月と土星がならぶ
	8	火	立秋/月と木星がならぶ ●下弦(19時)
	13	日	ペルセウス座流星群が極大(17時)

西野 藍子(科学館学芸員)

ツチンシャン・アトラス彗星に期待

飯山 青海

1. 新彗星発見

今年2023年の1月9日に新彗星が発見されました。符号はC/2023A3、彗星の名前はツチンシャン・アトラス(紫金山・ATLAS)彗星と名づけられました。ツチンシャンは、中国のツチンシャン(紫金山)天文台、ATLASは地球衝突小惑星の発見を目的とした自動観測プロジェクトです。

このツチンシャン・アトラス彗星の軌道が決定されると、発見時には太陽から約7.7天文単位という遠方(木星軌道と土星軌道の間)にあったことが分かり、2024年の秋には太陽に接近してかなり明るくなりそうということが予想されました。

彗星は氷を主成分とする天体です。太陽に近づくると太陽の熱により氷の蒸発が盛んになり、それによって放出されたガスやチリが太陽光で照らされて、明るくなります。ですので、彗星が木星軌道より遠方で発見されることは珍しいことです。木星軌道より外側では、太陽の光が弱いため、彗星からの蒸発が少なく、たいていの彗星は地球から観測できないほど暗くなってしまうのです。ツチンシャン・アトラス彗星が約7.7天文単位という遠方で発見されたということは、ツチンシャン・アトラス彗星が大きな彗星であろうと推定する大きな理由になります。

2. 期待は2024年秋

ツチンシャン・アトラス彗星は、この原稿を書いている2023年5月の段階でもまだ太陽から約6.5天文単位の遠方にあり、すぐに太陽には近づきません。しかし、2024年9月27日には、約0.39天文単位と水星並みに太陽に近づく軌道を持っています。予想通りに彗星が大きいサイズであれば、この頃にはかなり明るい彗星として観測できると期待されます。久しぶりの大彗星になるかもしれません。

ツチンシャン・アトラス彗星の軌道を見ると、2024年の秋に日本からツチンシャン・アトラス彗星を観察するチャンスは大きく3つの期間に分けて考えることができます。まず第1は、2024年9月の末から10月初めの数日間です。この時期は明け方の東の低空に観測チャンスがあります。この後ツチンシャン・アトラス彗星は地球から見て太陽に近すぎて観察できない期間があり、10月12日頃から第2の観測チャンスの期間が来ます。この時期は夕方の西の空での観測となります。おそらくこの時期が一番観察しやすく、また見栄えもする時期になるのではないかと予想します。そして、第3の期間は10月下旬から11月初めの時期で、この時期は夕焼けや月明かりの影響を受けずに観察することが可能で、街明かりのない場所へ出かけて観測する

ことができれば、尾の淡い部分まで観察できるチャンスがあります。

3. 第1の観測チャンス2024年9月末

2024年の9月の中旬までは、彗星は地球の南側にあつて、日本からの観測はできません。9月下旬になって、ようやく夜明け前の東の低空にわずかな観測チャンスが巡ってきます。この時期は、彗星が太陽に最も近づく時期ですので、彗星の尾が伸びていることが期待できますし、イオンテイルが伸びる場合には、イオンテイルが複雑な構造を見せる可能性もある時期です。



図はアストロアーツ社のステラナビゲータで作成した物です。彗星の位置を表す○印は、各日の日の出60分前の方位と高度を表しており、背景の星座は9月30日の日の出前60分の星空です。9月30日以外の日は、彗星の位置と星座の星の位置関係は正しくないことにご注意ください。

ツチンジャン・アトラス彗星の光度予報

日付	光度
2024/ 9 /21	1.8
2024/ 9 /24	1.2
2024/ 9 /27	0.8
2024/ 9 /30	0.5
2024/10/ 3	0.4
2024/10/ 6	0.3

この期間の彗星は、夜明け前の東の低空に短時間観測できるだけです。彗星が太陽に最も近いのは日本時間では9月28日の朝で、位置的に最も条件の良い（日の出までの時間が長い）のは9月30日ですが、低空の気象条件は日によって大きく変わりますから、空気の澄んだ天候の日に観測できるかどうか、観測成功の一番のカギとなるでしょう。また、明け方の観測ですので、夕方の観測と違って待ち伏せ観測（望遠鏡の方位と高度を先に合わせておいて、望遠鏡のモーターを切って待っていれば、狙った時間に彗星の方が望遠鏡の視野内へ入ってくる）が可能なのは、望遠鏡を使って観測するには少し有利な点です。この時期の彗星の予報光度は、全期間を通じて最も明るい値が計算されています。

4. 第2の観測チャンス2024年10月中旬

2024年の10月上旬は、太陽と彗星の位置関係が悪く、観測は困難です。10月12日頃から、彗星は夕方西の空の低空で観測可能になってきます。この時期は、彗星は太陽から遠ざかり始めますが、観測可能な時間が長くなっていくので、観察のしやすさという意味では、もっとも観察しやすい時期になると予想されます。



図はアストロアーツ社のステラナビゲータで作成した物です。彗星の位置を表す○印は、各日の日の入り60分後の方位と高度を表しており、背景の星座は10月13日の日の入り後60分の星空です。10月13日以外の日は、彗星の位置と星座の星の位置関係は正しくないにご注意ください。

この図を見ても分かる通り、日を追うごとに、彗星の仰角が高くなっていくので、観察可能な時間が長くなり、また、低空は空気の透明度が悪い日が多いのですが、そのような気象条件を回避できる可能性も日を追うごとに高くなってきます。

太陽と彗星の距離は日に日に遠ざかり彗星の明るさもだんだん暗くなっていきますが、地球と彗星の距離は9月末よりも近くなっていますので、しっかりした尾が伸びている場合は、9月末よりも尾が観察しやすいかもしれません。

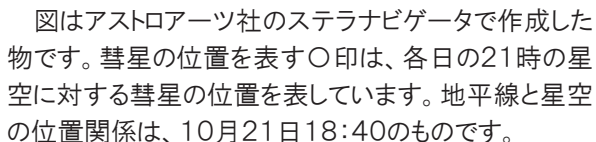
特に10月12日、13日、14日頃のできるだけ早い時期（彗星がまだ明るい時期）に観察しようとするならば、西の空の視界の開けた場所で観察することが重要です。また、夕方の観察なので、天文台のように据え付けしてある望遠鏡でない限り、待ち伏せ観測は難しいです。双眼鏡を使って、夕焼け空の中を探していくことになりますが、事前に、地上の風景と方位の対応をつけておくことができれば、「今日はあのビルの上に見えるはずだ」という風な見当をつけることができるので、多少探しやすくなるでしょう。

ツチンシャン・アトラス彗星の光度予報

日付	光度
2024/10/10	0.5
2024/10/13	0.8
2024/10/16	1.4
2024/10/19	2.0
2024/10/22	2.7

2024年の10月中旬は、月がある時期のため、空の状況が真っ暗ではない中で観測を強いられる時期です。しかし、10月21日頃から、月の出の時刻がだんだん遅くなり、夕焼けが終わってから月が出るまでの間、暗い空で観測できるチャンスがあります。彗星そのものは、10月中旬よりも暗くなっている写真撮影を行うには良い時期になります。

日付	薄明終了	月の出
2024/10/20	18:41	19:06
2024/10/21	18:40	20:00
2024/10/22	18:39	21:00
2024/10/23	18:38	22:04



この時期は、彗星が次第に太陽から遠ざかっていき、明るさも暗くなり、尾の長さも短く見えるようになっていきますから、天候が許す限り、早い時期に観測することが望めます。10月下旬のうちは、彗星の光度予報が3等台ですので、空の暗いところで観察すれば、肉眼で彗星を見つけることも十分可能でしょう。

日付	光度
2024/10/22	2.7
2024/10/25	3.3
2024/10/28	3.9
2024/10/31	4.4
2024/11/ 3	4.9
2024/11/ 6	5.4

また、望遠鏡での観察や、望遠レンズを使つての写真撮影では、尾の淡い部分まで観察できたり写せたりするチャンスでもあります。

6. 久しぶりの大彗星になるか？

現在の光度予報では、ツチンシャン・アトラス彗星は2024年10月上旬に0等台前半の光度が計算されており、久しぶりの大彗星になる可能性を持っています。近年の彗星で、これほどの明るさになった彗星は、2020年7月始めのネオワイズ彗星(C/2020F3)や2013年のパンスターズ彗星(C/2011L4)が思い起こされます。2020年のネオワイズ彗星は、日本の広い範囲で天候がずっと悪く、大阪にお住まいの方で最盛期に観察できた方はほとんどいらっしゃらないと思います。筆者もだいぶ暗くなってからの姿をやっと観察できただけで残念な思いをしました。2013年のパンスターズ彗星は、今回のツチンシャン・アトラス彗星よりも更に太陽に近い位置関係だったため、夕焼け空の影響の強い中での観測となり、0等級という明るさの割には観察しやすすない彗星でした。

今回のツチンシャン・アトラス彗星は久しぶりに観察しやすい彗星になる可能性を持っています。彗星がじわじわと明るくなってくる時期に日本(北半球)から見えにくい位置にあるのは残念ですが、最盛期は日本から比較的に見えやすい位置関係ですので、期待して待ちたいと思います。

7. 彗星の予報は当たるのか？

彗星が将来どのように見えるか、計算によって予報されているのですが、この予報は当たるのでしょうか？過去には、大彗星になると期待されながら、期待外れに終わった彗星も少なくありません。

まず、彗星の位置に関しては、何月何日にこの位置に彗星が見える、という予報は、ほぼ当たります。彗星の太陽系内での動きは、太陽の引力による運動がほとんど全てですので、現在計算されている彗星の軌道が今後大きくずれることはありません。

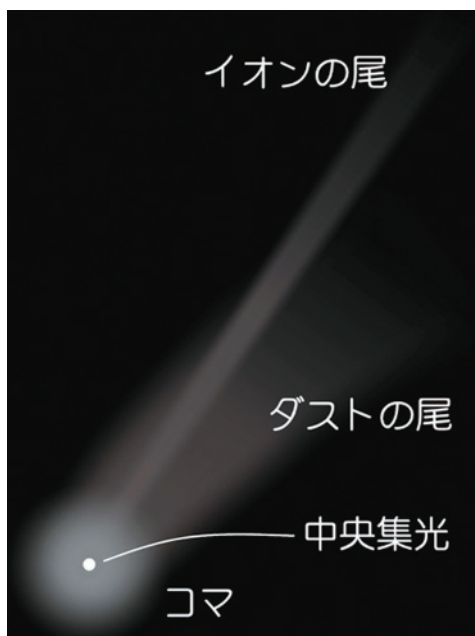
一方、彗星の光度予報(明るさ)は、当たらないことが良くあります。彗星が明るくなるかどうかは、彗星がどのくらい活発に蒸発を起こすかということにかかっています。彗星は氷を主成分とした天体ですが、氷以外に岩石も含んでいます。また、「氷」と一言で言っていますが、氷の主成分は水(H₂O)が凍った、私たちの身の回りのよくある氷(水以外の氷と区別するために「水氷」と呼びます)ですが、それ以外にも、二酸化炭素や一酸化炭素、メタン、アンモニアといった分子も低温で氷になって彗星に含まれています。特に新発見の彗星では、これらの成分の比率が全く不明のため、過去の平均的な彗星の挙動を当てはめて明るさの予想をしますが、実際のところ彗星の成分の比率は彗星ごとに個性があり、過去の平均的な彗星とは外れてくるケースが少なくありません。特に、今回のツチンシャン・アトラス彗星のように、遠方で

発見された彗星の場合は、さらに注意が必要です。現在もツチンシャン・アトラス彗星は木星軌道よりも遠方にあり、太陽の光と熱が少ない位置にあります。このような環境でも蒸発するのはメタンやアンモニアと言った沸点の低い分子で、水(H₂O)のような沸点の高い分子はほとんど蒸発しません。つまり、現在のツチンシャン・アトラス彗星の明るさを支えているのはメタンやアンモニアの蒸発と言えます。しかし、彗星が太陽に近づいたときにもっとも活発に蒸発する分子は水(H₂O)なのです。水がどのくらい激しく蒸発を起こすかによって、彗星の明るさは大きく変わります。なので、現在のツチンシャン・アトラス彗星(水はほとんど蒸発していない)の明るさの観測をそのまま太陽に近づいた場合に当てはめて計算しても、その予測通りになる可能性はあまり高くないのです。

更に、尾がどのくらい見えるか、ということについては、もっと予想できません。彗星には2種類の尾があります。イオンの尾と呼ばれる、細くてまっすぐ伸びる尾と、ダストの尾と呼ばれる、幅が広く湾曲して見える(見かけ上まっすぐに見える場合もあります)尾の2種類です。

イオンの尾は、彗星から蒸発したガスが、太陽の紫外線などの影響で電離したイオンとなって吹き飛ばされたもので、これは彗星に含まれる一酸化炭素の量が多いとイオンの尾が顕著に観察されます。ダストの尾は彗星に含まれている岩石質のチリが、氷が蒸発するときと一緒に吹き飛ばされて彗星から離れたものが作る尾で、彗星の蒸発が活発で、さらに彗星が岩石質のチリの多く持っていると、ダストの尾が発達します。彗星によって、イオンの尾もダストの尾も両方よく観察される場合もあり、どちらか一方だけが立派になる場合もあり、どちらもあまりよく見えない場合もありますが、これらは新発見の彗星の場合、彗星の成分が分からないので、実際に彗星が近づいてみるまで分からないことがほとんどです。

逆に言えば、このような不確定要素が多いので彗星が実際にどのように見えるか楽しみ、という側面もあります。まだ来年の秋まで時間がありますが、期待して待ちたいと思います。



アルマ望遠鏡 本格運用10周年

6月から絶賛投影中の新番組「ORIGIN 太陽系のはじまりを求めて」では、アルマ望遠鏡による惑星系形成の観測成果をテーマにしています。まだご覧になっていない方はぜひ見ていただきたいですが、ここでは、アルマ望遠鏡について改めてご紹介することにしましょう。

世界最大の電波望遠鏡「アルマ」

アルマ望遠鏡は、南米チリのアタカマ沙漠にある標高5,000mの高地に建設された世界最大の電波望遠鏡群です。アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計(Atacama Large Millimeter/submillimeter Array)、略してALMA(アルマ)と呼ばれています。ミリ波・サブミリ波というのは、アルマが観測対象としている波長域を指します。電波は赤外線よりも波長の長い電磁波の



画像1. アルマ望遠鏡
©ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)

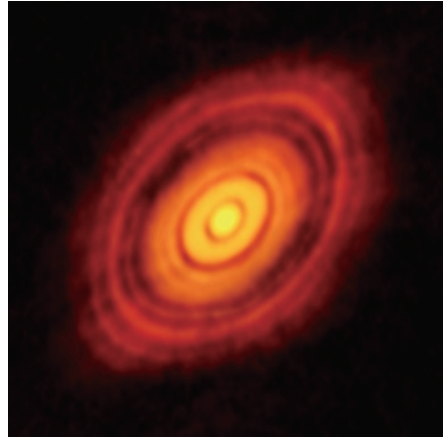
ことですが、その中でも波長が1～10mmの領域をミリ波、0.1～1mmの領域をサブミリ波と呼んでいます。また干渉計とは、複数の望遠鏡を組み合わせることで観測を行うしくみのことです。アルマ望遠鏡では、実に66台ものパラボラアンテナを最大で直径16kmの範囲に展開して観測を行います。アルマの視力は最高で6,000！あまりピンとこないかも知れませんが、大阪に落ちている1円玉の大きさが、東京から見分けられる能力に相当するのだとか^(※1)。2011年より科学観測を開始し、2013年3月13日には開所式をむかえ、本格運用をスタートしました。

いきなりとらえた！原始惑星系円盤の驚きのすがた

運用を始めて間もない2014年10月24日、アルマ望遠鏡は当時過去最大のアンテナ展開範囲15kmで試験観測を行い、若い星のまわりの原始惑星系円盤の驚きのすがたとらえました。観測対象になったのは、おうし座の方向約450光年の距離にある、100万歳にも満たない非常に若い星、おうし座HL星です。

この時公開された、おうし座HL星の観測成果(画像2)は、研究者たちにとって非常に意味のあるものでした。画像の中心に、おうし座HL星があり、そのまわりに同心

円状の塵の円盤が幾重にも重なっている様子がとらえられています。こうした塵やガスからなる円盤のことを“原始惑星系円盤”と呼んでいて、この円盤の中から惑星などが生まれてくると考えられています。こうした円盤は可視光では見えませんが、その代わり電波が出ていることが分かっていました。ところがアルマ望遠鏡以前の電波望遠鏡では解像度(視力)が足りず、円盤のくわしい構造までは見ることはできなかったのです。この時の観測によって、おうし座HL星を取り巻く原始惑星系円盤に隙間(もしくは溝、黒く見えている部分)があることが、はっきりととらえられたのです。これは、まさに研究者たちが解き明かしたいと願っていた惑星系形成の理解への、非常に大きな一歩だったのです(前述した新番組では、この話題を取り上げています)。



画像2. おうし座HL星の観測画像
©ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)

はじまりをさぐる望遠鏡、そしてその先へ…

アルマ望遠鏡の観測対象は、惑星系形成の分野だけではなくありません。その他にも宇宙が誕生して間もない頃の銀河の観測、生命の起源に迫る可能性のある有機分子の観測など多岐にわたります^(※2)。私は、アルマ望遠鏡は「はじまりをさぐる望遠鏡」だととらえています。銀河はどのように生まれ、どのように進化していったのか、太陽系はどのように生まれてきたのか、そして私たちのような生命は、いつ、どのように、どんな環境で生まれてくるのか。それらのルーツを解き明かすために、アルマ望遠鏡での観測は続きます。今年度にはアルマ2計画もスタートしました。観測を続けながらも、望遠鏡の機能をさらに強化して、性能をパワーアップさせる計画です^(※3)。

これからも、アルマ望遠鏡の観測成果をワクワクしながら待ちたいと思います。

(※1) 国立天文台ホームページより引用(<https://alma-telescope.jp/about>)。

(※2) 詳しくは同ホームページの科学観測10周年サイトをぜひご覧ください。
(<https://alma-telescope.jp/alma10th>)

(※3) 2023年4月に、同ホームページの下記ページにて発表されました。
(<https://alma-telescope.jp/news/alma2-project-202304>)

ジュニア科学クラブ 7

★★

夏休みの天体観察

星の観察をしてみたい！と思っても、ふだんはなかなか夜ふかしもできないし、大阪だと星もたくさんは見えないし、などということがあると思います。夏休みであれば、少し夜ふかしをしてもいいかな？という日もあると思います。ふだんはなかなかできない星の観察に、じっくり取り組んでみましょう。

金星、いつまで見えるかな？

今年に入ってから、夕方西の空に金星がずっとよく見えていましたが、最近では金星の見える時間が短くなってきました。これから8月にかけて、さらに見えづらくなってきます。何日まで見られるか、チャレンジしてみましょう。西の空の見晴らしの良いところで観察してみましょう。

夏の大三角や明るい星を見つけよう

夜の9時頃、すっかり暗くなると、夏の大三角や、さそり座のアンタレス、うしかい座のアークトゥルスなど、明るい星は大阪市内でも見つけることができます。実際の空で、星を見つけて名前を調べてみましょう。

月を観察しよう

月をじっくり観察すると、いろいろおもしろいことに気づくことができます。まず、月が見える時刻は、毎日変化しています。夜になったらいつでも月が見える、というわけではありません。今年の夏休みで、あまり夜ふかししなくても月を観察することができるのは、7月20日ころから8月4日ころです。毎日観察すると、他の星と比べて月の位置が毎日少しずつ変化していたり、月の形が少しずつ変化していることが分かります。月の近くに目印になるような星が見えたら、月と星の位置関係をスケッチして記録に残しましょう。

流れ星を観察してみよう

8月13日前後に、「ペルセウス座流星群^{ぐん}」を観察するチャンスがあります。天気の良い日に観察に挑戦^{ちっせん}してみましょう。ペルセウス座流星群の観察では、流れ星が見えるチャンスが多いのは、毎日朝2時頃～4時ころです。夜の早い時間はチャンスは少なめで、遅い時間ほどおススメです。

また、流れ星が見えるチャンスが多い日は、8月13日の朝と14日の朝、その次におススメなのが12日の朝です。11日以前や15日以降はチャンスは少ないです。超早寝して超早起きして観察するのがおススメですが、難しい人は13日の夜は他の日よりも夜の早い時間からチャンスがあります。

流れ星は空のどの場所にでも現れるチャンスがありますので、ペルセウス座と関係なく、好きな方角を観察すればOKです。見晴らしの良い方向の空を観察しましょう。流れ星の飛ぶ向きに注意して観察すると、何か発見があるかもしれません。

観察は安全な場所で

天体観察を行うときは、必ず安全な場所で行いましょう。公園などで観察するときは、大人の人と一緒に観察^{いっしょ}しましょう。道路のわきや駐車場^{ちやうしやじやう}など、車が来る可能性のある場所での観察はぜったいにやめましょう。

いいやまおおみ(科学館学芸員)

7月のクラブ

7月16日(日) 10:05 ～ 10:45

◆集 合：プラネタリウムホール(地下1階)

9:30～9:55の間に来てください

◆もちもの：会員手帳・会員バッジ

◆内 容：10:10～10:45 プラネタリウム「夏休みの天体観察」見学

- ・途中からは入れません。ちこくしないように来てください。
- ・プラネタリウムは、一般の方と一緒に見学していただけます。ご家族の方も、観覧券をご購入のうえご覧いただけます(※満席の場合はご覧いただけません)。
- ・7月のクラブでは、「てんじ場たんけん」は行いません。

※変更等がある場合があります。

来館前に、科学館の最新情報やクラブ当日についての詳細を、科学館公式ホームページでご確認ください。



窮理の部屋 197

2022年ノーベル物理学賞(その3)

前回シュテルン・ゲルラッハ(SG)の実験を紹介しました。銀は、47番目の元素ですので47個の電子を持っていますが、ビームが2本に分かれるのは、47番目の電子のスピンに起因していて、電子に2つの成分(状態)があったからです。天下りのですが、2つの成分を持つ粒子をスピン1/2の粒子と呼びます。

2つの成分を持つとは、測定をすれば、↑か↓のどちらかの状態しかとらないという意味です。磁場をかけるとスピンは磁場に対して平行、あるいは反平行のどちらかの向きを向くのですが、もともと自然界には上下と左右の違いなどなく、ここでは(習慣に従って)磁場の方向を上下としたまです。

強調したいのは、SG実験でビームが2つに分かれるのは、①古典的に全く説明がつかず、量子力学で初めて説明がつく。②スピンに2つの成分があることに起因している。③方向についてややこしい話がある。の3点です。以下③について解説します。

入れ替えれない操作と両立しない測定

テーブルの上に本があります。この本をx軸まわりに90度回転させてからz軸まわりに90度回転すると背表紙が上を向きます。ところが、先にz軸まわりに回転させてからx軸まわりに回転させると背表紙は向うを向きます。このように回転操作は順序を入れ替えることができません。

量子力学では、この順序が入れ替えれないことと、同時に測定できないということの関連は、「数学」という道具を使えばエレガントに説明可能なのですが、ここではその結果だけを認めることにしましょう。たとえば、物差しで長さを測り、秤で重さを測るのはどちらを先にしてもかまいません。しかし、スピンとは、まさに同時測定不可能な量なのです。

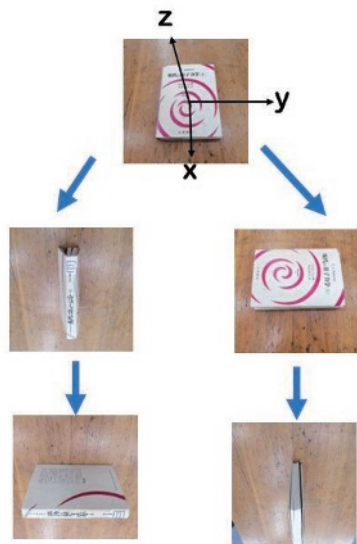


図1. 同じ角度だけ回転させても、回転させる軸の方向を入れ替えると全く違う結果になる。

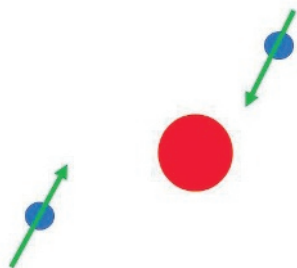


図2. ヘリウム(基底状態)の2個の電子はスピン0を組み、それぞれの向きは反平行となる。

エネルギーが同一だという意味で、縮退した状態と呼びます。三重項はスピン1/2と1/2とで1を組んだ状態で、一重項はスピン0を組んだ状態でもあります。ヘリウムのエネルギーの一番低い基底状態は、スピン0の状態になります。

電子のような粒子が多数あるとき、2個の粒子がペアになってスピン0に組むことが多くあります。銀の原子がまさにそうで、ペアになれなかった最後の47番目の電子が銀の原子のスピンを決めていたのです。

量子もつれ

スピン0の状態は、 $\uparrow\downarrow$ と $\downarrow\uparrow$ が重ね合わされた状態です。その意味するところは、測定するまでスピンの成分は決まっていなくても、片方を測定しても $\uparrow$ であれば、もう片方は測定すれば必ず $\downarrow$ であり、片方を測定して $\downarrow$ であれば必ずもう片方は $\uparrow$ になっているということです。

座標軸を図のように取り、スピン0であった2つの電子が分裂してサイトⅠとサイトⅡに向かったとしましょう。そしてⅠとⅡでスピンを測定するとしましょう。両サイトともz軸を選んでスピンを測定すれば、先述したとおりです。2つのサイトの距離が何キロ離れていても、何光年離れていても、結果は変わりません。どんなに離れていても片方のサイトの結果がもう片方のサイトの結果に影響を与えているかのようです。シュレーディンガーは、この奇妙な関係を量子もつれと呼びました。

では、Ⅰではz軸、Ⅱではx軸を選んで測定したら、その結果はどう解釈できるのでしょうか？

ヘリウムの基底状態

原子番号2のヘリウムは2個の電子を持ち、一見、 $\uparrow\uparrow$ 、 $\uparrow\downarrow$ 、 $\downarrow\uparrow$ 、 $\downarrow\downarrow$ の4つのスピン状態が実現しそうに思えます。しかし $\uparrow\downarrow$ と $\downarrow\uparrow$ は電子の入れ替えについて対称になっていません。実現するのは、 $\uparrow\uparrow$ 、 $(\uparrow\downarrow + \downarrow\uparrow)/\sqrt{2}$ 、 $\downarrow\downarrow$ そして $(\uparrow\downarrow - \downarrow\uparrow)/\sqrt{2}$ の4つの状態で、最初の3つの状態をスピン三重項、4番目をスピン一重項と呼びます。三重項というのは、それぞれ状態は違うけれど、ヘリウムのエ

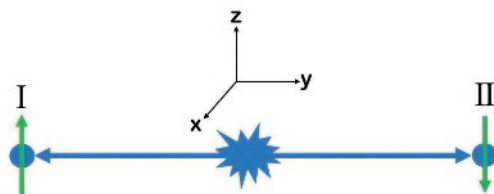


図3. もしⅠでスピンを測定して $\uparrow$ なら、Ⅱでは必ず $\downarrow$ 。もしⅠで $\downarrow$ ならⅡでは必ず $\uparrow$ 。

和ろうそくのサイエンスとよろこび(後編)

京都薬科大学 名誉教授 桜井 弘

絵ろうそくと『赤いろうそくと人魚』

和ろうそくには、表面に美しい絵を描いた絵ろうそくがあり、独自の世界を作っています。絵ろうそくを見ると、小説家・童話作家小川未明(1882—1961)による『赤いろうそくと人魚』⁵⁾が思い出されます。

ある暗い海に身重の人魚がいました。人魚はこの寂しい海では生まれてくる子供がかわいそうだと思い、人間は優しい心を持ち街は楽しいと聞いていたので子供を人間の世界に預けることにし、海辺の町の神社に産み落として立ち去ります。人魚の子供はろうそく屋を営む老夫婦に拾われて、神様が授けてくれた子として大切に育てられ美しい娘に成長しました。人魚の娘がろうそくに絵を描くとたちまち評判となり、ろうそく屋は繁盛しました。しかし、人魚の娘に目をつけた香具師^{や し}が老夫婦に人魚の娘を売ってくれと迫ります。人魚は不吉で、手放さないと悪いことがおこると言いくるめられ、差し出された大金に目がくらみ人魚の娘を売る決意をします。このことを知った人魚の娘は最後にろうそくを赤く染めて残します。そして、檻^{おり}に入れられて連れて行かれました。その夜、老夫婦の元に青白い女が現れて人魚の娘の残した赤いろうそくを買っていきますが、女が帰ったとたん嵐となり海が荒れ狂い人魚の娘の乗った船も沈んでしまいました。その後は、神社で赤いろうそくを見ると災い^{わざ}が起きるようになりました。老夫婦は人魚の娘を売ったため神様の罰に当たったと後悔して、ろうそく屋を廃業します。しかしすでに遅く、人魚の呪いは続き、ついに町は滅んでしまったという悲しい物語です。

人間への厚い信頼が裏切られた母人魚の怒りは、どれほど激しかったことでしょう。救いのない結末で、読者は強い衝撃を受けます。赤いろうそくには、母子の人魚の魂が潜んでいたのでしょうか？

ろうそくを愛でる

東大寺二月堂の修二会で見た「闇」の中で灯る和ろうそくの光は、周りを照らしただけでなく、なにか神秘的なもの、幽玄的なものを感じさせてくれました。

小説家谷崎潤一郎(1866—1965)は、『陰翳礼讃』^{しん えい らい さん}(1933年)で、闇を照らす和ろうそくの価値を見事に描いています。

ろうそくの灯の下では、日本の漆器の美しさは、そう云うぼんやりした薄明りの中に置いてこそ、始めてほんとうに発揮されると云うことであつた。「わらんじや」の座敷と云うのは四畳半ぐらゐの小じんまりした茶席であつて、床柱や天井なども黒光りに光っているから、行燈式の電燈でも勿論暗い感じがする。が、それを一層暗い燭台に改めて、その穂のゆらゆらとまたゞく蔭にある膳や椀を視詰めていると、それらの塗り物の沼のような深さと厚みとを持ったつやが、全く今までとは違った魅力を帯び出して来るのを発見する。(中略)「闇」を条件に入れないければ漆器の美しさは考えられないと云つていゝ。(中略)もしそれらの器物を取り囲む空白を真っ黒な闇で塗り潰し、太陽や電燈の光線に代えるに一点の燈明か蠟燭のあかりにして見給え、忽ちそのケバケバしいものが底深く沈んで、渋い、重々しいものになるであらう。

一方、ヨーロッパでは、ろうそくの光が素晴らしい作品を生み出しました。フランスのロレーヌに生れた画家ジョルジュ・ド・ラトゥール(1593-1652)が描いた『大工の聖ヨセフ』(図4)⁷⁾には、漆黒の中で人々の表情を浮き上がらせるろうそくの灯の美しさが極限にまで高められて描かれています。ヨーロッパでは、火をともしたろうそくは信仰の象徵や生命のはかなさを暗示するものだそうです。この絵はキリストの父ヨセフと少年キリストでしょうか。漆黒の中のろうそくの明りのもとで、少年の無邪気そうな顔やヨセフの真剣そうな表情や力のこもった腕が美しく浮き上がっています。



図4. ジョルジュ・ド・ラトゥール画『大工の聖ヨセフ』

現代の生活は光に満ち溢れ、最近ではLEDランプが夜をいっそう明るくしています。しかし、現代生活から遠ざけられた暗闇を照らすろうそくとゆらめく灯を見つめながら暗闇を味わい、しばし生活の中の美を愛でる時間を楽しむのはいかがでしょうか？

[引用文献とノート]

- 5) 小川未明:小川未明童話集 改版、新潮文庫、2003年
- 6) 谷崎潤一郎:『陰翳礼讃』、中公文庫、1975年
- 7) ジョルジュ・ド・ラトゥール画『大工の聖ヨセフ』(1640年)、パリ・ルーブル美術館蔵 https://commons.wikimedia.org/wiki/File:La_Tour.jpg

桜井 弘

8月末までの **科学館行事予定**

月	日	曜	行 事
7	開催中		プラネタリウム「シン・宇宙望遠鏡～ジェームズ・ウェッブ～」(～8/27) プラネタリウム「ORIGIN 太陽系のはじまりを求めて」(～8/27) プラネタリウム「ファミリータイム」 プラネタリウム「学芸員スペシャル」(土日祝休日) サイエンスショー「ハラハラ！ バランス大実験」(～8/27)
	13	木	中之島科学研究所コロキウム
	16	日	プラネタリウム特別投影「夏休みの天体観察」(10:10の回)
	26	水	小・中学生のための電気教室(申込終了)
	27	木	夏休み自由研究教室①「くるくるレインボーを作ろう」(7/13 必着)
	28	金	
	29	土	天体観望会「月を見よう」(7/19 必着)／七夕講演会「素粒子と宇宙」
	30	日	ファミリー電波教室(7/18 必着)／科学の体験マルシェ
8	2	水	夏休みミニ气象台2023
	3	木	
	9	水	夏休み自由研究教室②「電池を作ろう」(7/25 必着)
	10	木	夏休み自由研究教室③「月の模型を作ろう」(7/27 必着)
	11	金	
	19	土	第32回 青少年のための科学の祭典 大阪大会2023サイエンス・
	20	日	フェスタ
	30	水	企画展「プラネタリウムの歴史と大阪」

プラネタリウムホール 開演時刻

土日祝休日 および7/20 ～8/25	10:10	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
	ファミリー★	宇宙望遠鏡	ORIGIN	ファミリー	宇宙望遠鏡	ORIGIN	宇宙望遠鏡	学芸員SP※
平日 (7/20～ 8/25を除く)	9:50	11:00	11:55	13:00	14:00	15:00	16:00	
	学習投影	ファミリー	学習投影	ORIGIN	宇宙望遠鏡	ORIGIN	宇宙望遠鏡	

所要時間：各約45分間、途中入退場不可

**★7/16(日)10:10の回は小学5・6年生向け夏休み企画のプラネタリウムを投影します。
スケジュールは変更する場合があります。最新の情報は科学館公式ホームページをご覧ください。**

- 宇宙望遠鏡：シン・宇宙望遠鏡～ジェームズ・ウェッブ～ ● ORIGIN：ORIGIN 太陽系のはじまりを求めて
 - 学芸員SP：学芸員スペシャル※土日祝と8/11～8/15
 - ファミリー：ファミリータイム(幼児とその保護者を対象にしたプラネタリウム・約35分間)
 - 学習投影：事前予約の学校団体専用(約50分間)
- ☆プラネタリウム投影中、静かに観覧いただけない場合はプラネタリウムから退出していただきます。
観覧券の返金・交換はできませんのでご了承ください。

サイエンスショー 開演時刻

	11:00	13:00	14:00	15:00
土・日・祝休日 および7/20～8/25	○	○	○	○
平日 (7/20～8/25を除く)	—	—	○	—

所要時間:各約30分間、会場:展示場3階サイエンスショーコーナー
※先着順です。

科学の体験マルシェ

展示場解説ボランティア「サイエンスガイド」と一緒に楽しい科学ワークショップにご参加いただけます。

- 開催日:7月30日(日) ■場所:研修室
- 申込方法等、詳しくは科学館公式ホームページをご覧ください。

天体観望会

科学館の大型望遠鏡を使って、見ごろの天体を観察してみましょう。

①月を見よう ②土星を見よう ③月と土星を見よう

※天候不良時は、科学館の望遠鏡の設備見学のみになります。

■日時:①7月29日(土) ②9月9日(土) ③9月23日(土) 各日19:30～21:00

■場所:屋上他

■対象:小学1年生以上 ※小学生の方は、必ず保護者の方と一緒に申し込みください。

■定員:各日50名(応募多数の場合は抽選) ■参加費:無料

■申込締切:①7月19日(水) ②8月29日(火) ③9月12日(火) **必着**

■申込方法:専用Webフォームまたは往復ハガキに、住所・氏名・年齢(学年)・電話番号、一緒に参加希望の方の氏名と年齢(学年)と希望日を記入して、大阪市立科学館「天体観望会〇月〇日」係へ

★友の会の会員は、友の会事務局への電話で応募できます(抽選は行います)。



KONICA MINOLTA

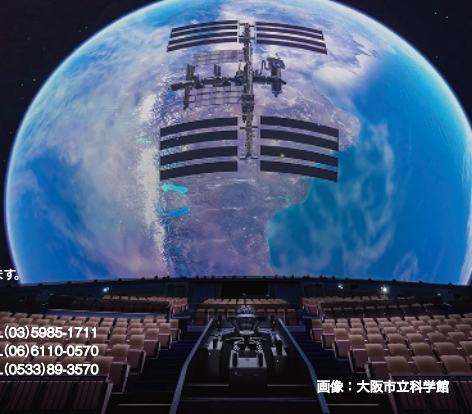
私たちは「宇宙」を 作っている会社です。

— 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

ファミリー電波教室

ラジオを組み立てて、ラジオの仕組みを学びましょう。完成したラジオを使って電波とはどのようなものか実験してみましょう。完成したラジオはお持ち帰りできます。

- 日時:7月30日(日) 13:00~16:30 ■場所:工作室 ■参加費:無料
- 対象:小学5年生~6年生と保護者の2名1組(子どもだけ1名の参加も可)
- 定員:8組(応募多数の場合は抽選) ■申込締切:7月18日(火) **必着**
- 申込方法:往復ハガキに、住所・氏名・年齢(学年)・電話番号と保護者の参加の有無を記入して、大阪市立科学館「ファミリー電波教室」係へ
- 主催:ラジオ研究会 共催:大阪市立科学館、アイコム株式会社

夏休み自由研究教室①「くるくるレインボーを作ろう」

梅本春枝さんが考案したくるくるレインボーを作りましょう。くるくる回すと遠心力によって虹色の回転体がシャボン玉のように広がります。

- 日時:7月27日(木)、7月28日(金) 各日14:00~15:30 ■場所:工作室
- 対象:小学3年生~中学3年生 ■定員:各日24名(応募多数の場合は抽選)
- 参加費:500円 ■申込締切:7月13日(木) **必着**
- 申込方法:往復ハガキに希望日、参加希望本人の住所・氏名・年齢(学年)・電話番号、一緒に参加希望の方の氏名・年齢(学年)を記入して、大阪市立科学館「くるくるレインボーを作ろう7月27日または7月28日」係へ

夏休み自由研究教室②「電池を作ろう」

おもちゃやリモコン、スマホなどに入っている電池。なんと手作りできるって、ホント!?約200年前に発明されたボルタの電池をはじめ、身近なものをつかってさまざまな電池を手作りしましょう。

- 日時:8月9日(水) 14:00~15:30 ■場所:工作室
- 対象:小学4年生~中学3年生 ただし、小学生には保護者(中学生以上)の付き添いが必要です。※付き添いは1名のみ。
- 定員:12名(応募多数の場合は抽選)
- 参加費:500円 ■申込締切:7月25日(火) **必着**
- 申込方法:専用Webフォームまたは往復ハガキに参加希望本人の住所・氏名・年齢(学年)・電話番号と保護者の付き添いの有無を記入して、大阪市立科学館「電池を作ろう」係へ

夏休み自由研究教室③「月の模型を作ろう」

現在、月探査機SLIMという月への着陸探査計画が進んでいます。SLIMが着陸を目指している月の模型を作りましょう。

- 日時:8月10日(木)、8月11日(金) 各日14:00~15:30 ■場所:工作室
- 対象:小学3年生~中学3年生 ■定員:各日12名(応募多数の場合は抽選)
- 参加費:1000円 ■申込締切:7月27日(木) **必着**
- 申込方法:往復ハガキに希望日、参加希望本人の住所・氏名・年齢(学年)・電話番号、一緒に参加希望の方の氏名・年齢(学年)を記入して、大阪市立科学館「月の模型を作ろう8月10日または8月11日」係へ

申し込みの往復ハガキは、1イベントにつき1通のみ有効です。

夏休みミニ气象台2023

お天気のことならおまかせ！4年ぶりに、ミニ气象台の開催です。気象や地震についての実験コーナーや、雨や風などを計る機械の展示、急に降る大雨の話、いろんな工作コーナーなど、もりだくさんです。

■日時:8月2日(水) 11:00~16:30、3日(木) 9:30~15:00 ■場所:多目的室(予定)

■対象:どなたでも ■定員:なし ■参加費:無料

■参加方法:当日、直接会場へお越しください。

■主催:大阪管区气象台、大阪市立科学館

※気象・地震等の状況により、イベントを中止または縮小する場合があります。

第32回 青少年のための科学の祭典 大阪大会 2023サイエンス・フェスタ

今回も中学や高校、大学、企業などが実験ブースや講演会を開催するほか、新たにダイナミックな実験を披露する野外実験ブースも開設予定です。「青少年の創造力とこどもの想像力を育む科学実験と工作教室」をメインテーマは掲げ、身近な日常生活の中で、科学がどのように活かされているかを改めて考察し、子どもから大人まで、広く情報発信する機会といえます。

■日時:8月19日(土)、8月20日(日) 10:00~17:00

■場所:大谷中学校・高等学校(大阪市阿倍野区共立通り2丁目8-4)

※科学館では行いませんので、ご注意ください。

■最寄駅:Osaka Metro谷町線「阿倍野」駅 他 ■対象:どなたでも ■参加費:無料

■参加方法:当日、直接会場へお越しください。(上履きが必要です)

※定員制の工作教室は行いません。会場の混雑状況によっては入場制限をする場合があります。

※詳しくは、大阪大会のホームページ(<http://www.pesj-bkk.jp/OSF/>)をご確認ください。

■問い合わせ:「青少年のための科学の祭典」大阪大会実行委員会(読売新聞大阪本社企画事業部内) 電話06-6366-1848(平日10:00~17:00)

大阪市立科学館 <https://www.sci-museum.jp/>

電話:06-6444-5656 (9:00~17:30)

休館日:毎週月曜日(7/17、8/14は開館)、7/18、8/29

開館時間:9:30~17:00 (プラネタリウム最終投影は16:00から)

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/>

まだ見ぬ 宇宙へ

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
7	9	日	14:00～15:30	化学	工作室
			16:00～17:00	光のふしぎ	工作室+Zoom
	15	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	多目的室+Zoom
	16	日	14:00～16:00	りろん物理(場の理論)	工作室
	22	土	14:00～16:00	うちゅう☆彗むちゅう	工作室+Zoom
8	23	日	10:00～12:00	天文学習	工作室+Zoom
			14:00～16:30	科学実験	工作室
	12	土	11:00～16:30	りろん物理	研修室
	19	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	多目的室+Zoom
	20	日	14:00～16:00	りろん物理(場の理論)	工作室
	26	土	14:00～16:00	うちゅう☆彗むちゅう	工作室+Zoom
	27	日	10:00～12:00	天文学習	工作室+Zoom
			14:00～16:30	科学実験	工作室

8月の化学サークル、光のふしぎサークルはお休みです。

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。



7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、科学館多目的室での参加も可能です。

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:7月15日(土)14:00～16:00 ■会場:科学館多目的室、Zoom

■今月のお話:『「シン・宇宙望遠鏡～ジェームズ・ウェッブ～」+(プラス)」石坂学芸員

6月1日から投影しているプログラム「シン・宇宙望遠鏡～ジェームズ・ウェッブ～」について、本編では触れていない、もう少し“深い(ディープな)”お話をします。

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。



友の会例会報告

6月の友の会の例会は、17日に開催しました。メインのお話は、大倉学芸員から「不思議なスピンとコンピュータ」というタイトルで、「量子もつれ」についてのお話でした。休憩をはさんだ後も、さらに追加で解説をしていただきました。そのあと山田さん(No.2760)から「Chat GPTについて」紹介がありました。参加者は科学館会場で26名、Zoom参加で19名の合計45名でした。

夕方には友の会会員専用観望会が晴天で開催できました。金星や、二重星(ヘラクレス座 α)などの観察をしました。観望会の参加者は48名でした。



合宿天体観測会のご案内



今年度の友の会合宿観測会は、9月16日(土)～9月18日(月・祝)の2泊3日の日程で、奈良県吉野郡吉野町で開催します。都会では見ることのできない美しい星空をたっぷり観察しましょう。ジュニア科学クラブの会員さんや、ご家族の方も歓迎です。みんなでワイワイ、楽しい合宿にしましょう。多くの方のご参加をお待ちいたします。

■日程:9月16日(土)～9月18日(月・祝) ■定員:20名

■対象:友の会の会員とそのご家族、ジュニア科学クラブの会員とそのご家族

■合宿先:奈良県吉野郡吉野町上市

ゲストハウス三奇楼 <http://sankirou.com/>

結ほんまち屋敷 <https://www.yui-honmachiashiki.com/>

■参加費その他詳細は友の会会員専用ホームページにてご確認ください。

■申込締切:8月23日(水) ただし、定員に達した場合には早く締切場合があります。

■申込方法:友の会事務局までお電話で。

■備考:原則として宿泊は男女別の相部屋です。

会場となるゲストハウス三奇楼と結ほんまち屋敷は20mほどの距離にあり、天体観察は三奇楼の展望デッキで、宿泊は三奇楼と結ほんまち屋敷の両方に分かれて行う予定です。

合宿に関する打合せは、インターネット掲示板上で行っております。(掲示板のURLは右の2次元コードから)



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



図書コーナー

展示場3階の奥の方、エスカレータの降り口を通り過ぎ、通路を通った先に「図書コーナー」があります。サイエンスショーコーナーの手前ですね。

ここには、2000冊あまりの科学に関する本を設置しており、また天文ガイド、日経サイエンスなどの科学雑誌の最新号が配架しており、その場で自由に閲覧できます。なお貸し出しはしていません。

私事ですが、子供のころ、近くに科学館やプラネタリウムがなかったため、好きだった宇宙の情報はもっぱら本で得ていました。絵本、図鑑、学習マンガ、入門書、新書、専門書、科学小説などを夢中で読んだものです。かこさとし、藤井旭、都筑卓司さんなどの本を夢中で読んでいました。太陽が一生の最後にもものすごく大きくなってしまふこと。ブラックホールが本当にあること。地球の内部がどうなっているか。恒星までの宇宙飛行は可能か。二次元や四次元って何なのか、なによりカラフルでダイナミックな宇宙の姿に魅せられました。そして、科学館に就職してから、そうした本の著者、松田卓也さんや福江純さんとお話する機会がたくさんできたのは、夢のようでした。

図書コーナーは、科学との出会いを演出できるように、学芸員セレクトでいろいろな本を置くようにしています。科学館出版の本も「うちゅう」はじめ全ておいています。著者や出版社からの寄贈もありがたい限りです。最近是人気の学習マンガ「サバイバル」シリーズから科学館にあっているものをおいたり、子供の科学の人気連載「ピーカーくん」などゆるい(でも実は内容はハードな)本をおいています。展示やプラネタリウムの特集に関係した本もできるだけ入手し、わかりやすいところにおくようにしています。ゆったりと本を読めるデスクなどもありますから、時には科学館の一日を図書コーナーで過ごしていただければと思います。新しい科学との出会いがきっとあると思います。

渡部 義弥(科学館学芸員)

