



通巻475号

企画展「プラネタリウムの歴史と大阪」開催中です。

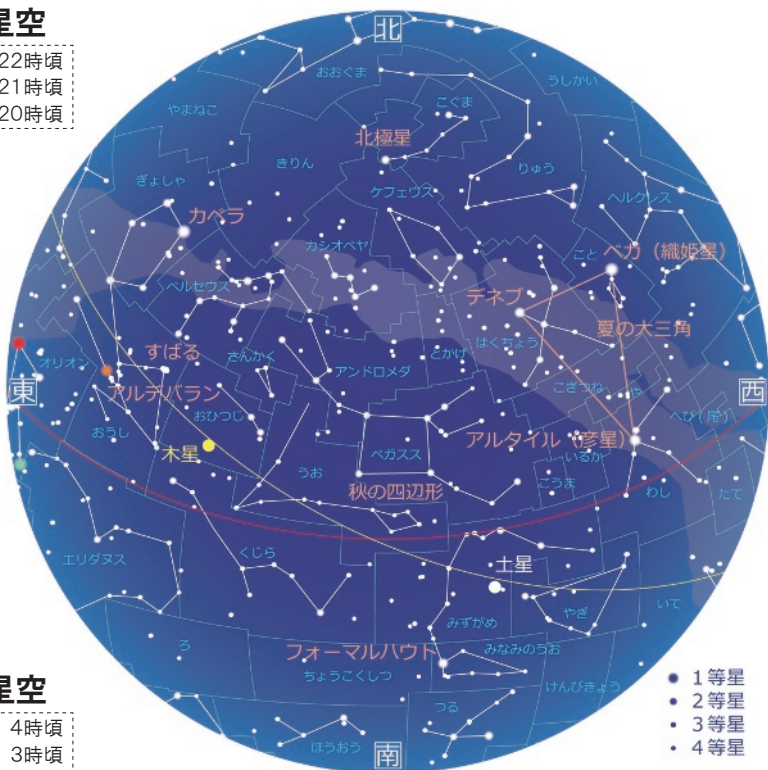
- 2 星空ガイド(10-11月)
- 4 空を測る～高層気象観測～
- 10 見えない宇宙を見つけるユークリッド宇宙望遠鏡
- 12 ジュニア科学クラブ
- 13 星になった宮沢賢治(後編)

- 16 窮理の部屋「2022年ノーベル物理学賞(その5)」
- 18 インフォメーション
- 22 友の会
- 24 展示場へ行こう「静電気マシン」

星空ガイド 10月16日～11月15日

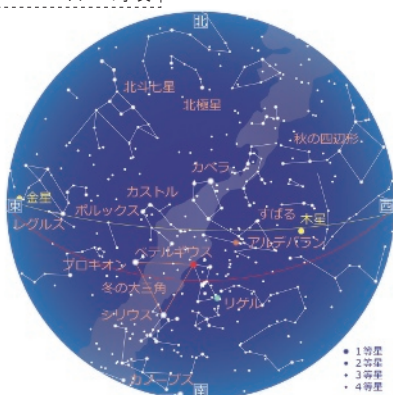
よいの星空

10月16日22時頃
11月 1日21時頃
15日20時頃



あけの星空

10月16日 4時頃
11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
10	16	6:03	17:23	7:16	18:04	1.4
	21	6:07	17:17	12:34	22:04	6.4
	26	6:12	17:11	15:47	2:50	11.4
11	1	6:17	17:05	19:25	9:48	17.4
	6	6:22	17:00	--:--	13:35	22.4
	11	6:27	16:56	4:05	15:38	27.4
	15	6:31	16:53	8:22	17:58	1.7

※惑星は2023年11月1日の位置です。

早起して、部分月食を見よう



10月29日の明け方に部分月食が起こり、大阪からも観察できます。月食は月が地球の影に入って起きます。今回は月の一部のみが影に入る部分月食と呼ばれます。ちなみに、月の全てが影に入る月食を皆既月食と呼び、最近だと2022年11月8日にありました。それと比較すると、今回の部分月食では、月の直径の13%弱ほどしか隠れませんが、そこまで大きく欠けるという訳ではありません。

29日の午前4時34分頃から月が欠け始め、5時14分に最も欠けた状態になります。その後5時53分にかけて月は地球の影から抜け出し、6時21分に月の入りを迎えます。図は10分ごとの月の様子をシミュレーションしたものです。

月食の観察にあたって、何か特別な道具の用意は必要ありません。西の空の低空に見えますから、西の空が開けた、安全な場所から観察してみてください。

目が覚めたら終わっていた。なんてことにならないよう、目覚ましのセットもお忘れなく。

木星が衝を迎えます

11月3日に木星が衝を迎え、観察の好機を迎えます。10月29日の月の近くにも木星が見えていますから(図の明るい星)、月食とともに木星も楽しんでみるのも良いかもしれませんね。

加守田 優(学芸補助スタッフ)

【こよみと天文現象】

月	日	曜	主な天文現象など
10	20	金	水星が外合
	21	土	土用の入
	22	日	●上弦(12時) オリオン座流星群が極大のころ
	24	火	霜降/月と土星がならぶ/ 金星が西方最大離角
	26	木	月が最近(364,872km)
	27	金	後の月
	29	日	○満月(5時) 部分月食(4時34分~5時54分、 5時14分に最大食分0.13) 月と木星がならぶ
	30	月	月とすばるが接近

月	日	曜	主な天文現象など
11	3	金	文化の日 木星が衝 月とポルックスがならぶ
	5	日	●下弦(18時)
	7	火	月が最遠(404,569km)
	8	水	立冬
	9	木	金星食(日本では見えない) 月と金星がならぶ
	13	月	●新月(18時)
	14	火	天王星が衝

空を測る～高層気象観測～

気象庁 高層気象台 野島 孝之

風船を使った空の観測

「上空5500メートル付近にマイナス30℃以下の寒気が入り、大気の状態が不安定になっています。」

みなさんも、天気予報でこのようなフレーズを一度は聞いたことがあるのではないのでしょうか？何気なく耳にしているのではないかと思います。よくよく考えてみると、そんな高いところの気温をどうやって測っているのでしょうか？

空に温度計を浮かべている？飛行機で飛んで行って測る？いろんな方法を思い付くかも知れませんが、「気象庁は、風船に温度計を取り付けて空へ飛ばしています！」と聞くと、驚かれるでしょうか。



空を舞う風船と・・・？

高層気象観測

気象庁は、通常毎日9時と21時に「高層気象観測」という気象観測を行っており、地上から高度約30kmまでの気温、湿度、風等を測っています。高度約30kmというと、航空機よりもはるかに高いところまでを測ることになりますが、実は、風船(気球)に「ラジオゾンデ」という気象観測器を吊り下げて空に飛ばす(放球する)ことで観測しているのです。

ラジオゾンデには気温や湿度のセンサーが取り付けられており、観測されたデータは無線の電波によってリアルタイムで地上に送られてきます。また、気象庁で使用しているラジオゾンデは「GPSゾンデ」という種類のもので、スマートフォンのアプリやカーナビでも利用されるGPS信号を利用し、高度や風向・風速等のデータも得られるようになってきました。



風船に取り付ける観測器(GPSゾンデ)

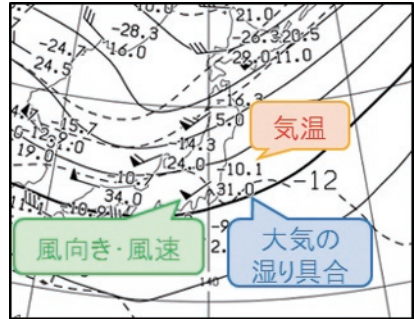
高層気象観測と天気予報

天気予報では、「数値予報」というシミュレーションの結果が基礎資料として活用されています。数値予報では、スーパーコンピューターを使って「未来」の気象を予測するのですが、「未来」を予測するには「今」がどうなっているのかを知らなければいけません。高層気象観測のデータは、この「今」の気象を表すデータとして使用されています。

また、テレビでよく目にする天気図は地上の気象状況を表したものです。上空の気象状況を表した天気図として「高層天気図」というものがあります。高層天気図には、数値予報以外に、高層気象観測による気温等のデータも描かれていて、気象予報士や気象庁の予報官は、このような天気図も参考にして天気予報を行っています。

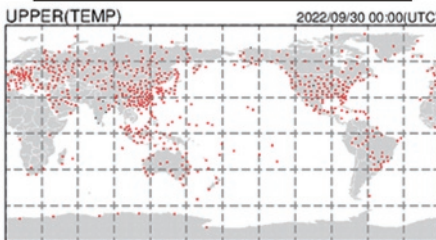
ところで、ある場所の気象を直接測る観測のことを「直接観測」と言い、高層気象観測は上空の直接観測です。みなさんおなじみの「アメダス」は、地上の直接観測の1つになります。一方で、その場所を直接測るのではなく、電磁波等を使って遠くから間接的に観測する方法を「リモートセンシング」（遠隔観測）と呼び、上空の遠隔観測としては、気象衛星による観測等があります。衛星観測のような遠隔観測では、広い範囲を一度に観測できて観測頻度も高いため、高層気象観測よりも遥かにたくさんのデータが数値予報に活用されています。

「それなら、高層気象観測をやらなくてもいいのでは？」と思われるかも知れませんが、そうとも限りません。

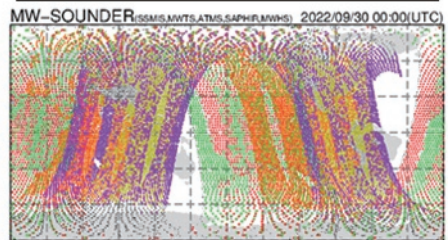


ある時間の高層天気図
高層気象観測の結果も描かれています。

高層気象観測：ほとんど陸上



衛星観測：海上も含めて広く分布



数値予報で利用された国内外の観測データ(左：高層気象観測、右：衛星観測)
赤や紫等のカラフルな点が、それぞれ利用されたデータを表します。

高層気象観測はほぼ陸上ですが、衛星観測では海上も含めて広く分布しています。

※「観測データの水平分布」(気象庁ホームページ『令和4年度数値予報解説資料集』から)

遠隔観測は、気温や湿度を直接は観測していないので、その観測データは本当に正しいのかを確かめる、いわば「答え合わせ」のようなことを行わなければいけません。その時の「答え」に当たるものとして、高層気象観測による高品質なデータは重要な役割を果たしているのです。

準備から放球まで

さて、ここまでは高層気象観測がどのように行われ、活用されているのかを説明してきましたが、ここからは人の手でを行う観測の様子を紹介していきます。

①GPSゾンデの事前点検

観測の準備は、放球の約1時間前から始まります。初めに、これから使用するゾンデに不具合が無いかどうかを確認するため、事前点検を行います。点検器と呼ばれる容器にゾンデのセンサを入れ、「(容器内部にある)温度計や湿度計等による観測値」と「ゾンデのセンサによる観測値」とを比べ、差が大きすぎないかをチェックします。



点検器を使った
ゾンデの事前点検

②気球やパラシュートの準備

ゾンデの事前点検が終わったら、気球を膨らませる(充てんする)ために充てん室へ向かいます。高層気象観測では、軽い気体である水素やヘリウムを気球に入れることで、上空へ飛んでいくようにします。

また、気球と観測器は紐で結んで飛ばしますが、その紐の途中に取り付けるパラシュートも準備します。放球された気球は、上空で次第に膨らみ、やがて破裂してゾンデとともに落下してきます。この時にゆっくりと落下させるため、パラシュートを一緒に取り付けて飛ばすのです。



約1.6m

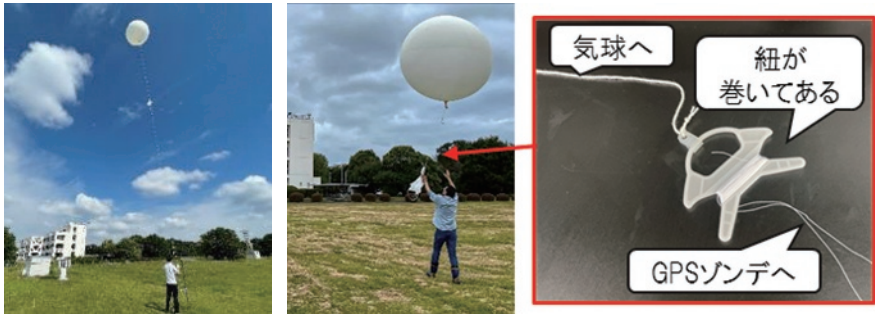
気球やパラシュートの準備風景

気球には水素を充てんし、直径1.6m程度まで膨らませた状態で飛揚します。

③放球

気球の充てんが終わり、パラシュートやゾンデを紐で結ぶと、放球前の準備は完了です。風がどちらの方向から吹いているか、どの程度の強さなのか、室内から様子を伺います。そして、放球時間が近づいたら、気球やゾンデを充てん室から持ち出し・・・放球！観測器は気球とともにどんどん上昇し、おおよそ1時間ほど観測を続けます。

通常の高層気象観測では、気球からゾンデまでの間は15mの紐で結んでいますが、風が強めに吹いている時は、気球が風であおられて放球が難しくなります。そこで、強風時には、放球後に徐々に紐がほどけていくよう巻き付けた「巻下器」(まきさげき)というものを使用し、気球が手元にある状態で待機・放球します。



放球の様子(左図:巻下器不使用、中図:巻下器使用)と巻下器(右図)

巻下器を使う時でも、気球が地面に衝突しないよう気を付けながら、風の弱まるタイミングを見計らって放球することになります。私も風速10メートル以上の風が吹いている時に放球したことがありますが、「上手く放球できるかな?」と少し不安になりながらも、放球後は達成感のようなものを感じたものです。ちなみに、巻下器は高層気象台職員も関わって開発されたものです。

なお、気象庁は、日本国内16か所の気象官署で高層気象観測を行っています。その1か所である南鳥島には、高層気象台職員も3か月交代で出張し、高層気象観測を担当しています。また、国外に目を向けると、南極の昭和基地にも職員を派遣して高層気象観測を実施していますが、高層気象台で観測に携わっていた職員もこれまで数多く派遣されています。このように、高層気象台で磨かれた観測技術は、様々な場所で活かされています。



南鳥島での放球
風速17m/sの強い風が吹き、
気球が変形しています。

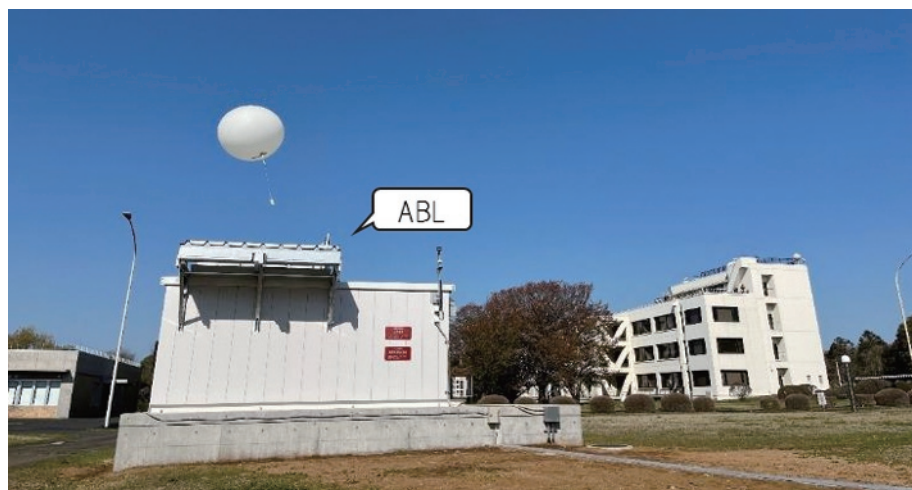
線状降水帯を予測するために ～人の手から自動化へ～

みなさんは最近、「線状降水帯」という言葉を聞いたことは無いでしょうか？線状降水帯は、次々と発生する発達した雨雲(積乱雲)によって、線状の降水域が数時間にわたってほぼ同じ場所に停滞し、大雨をもたらすものです。線状降水帯が発生すると、その地域での災害発生の危険性が高くなり、「令和2年7月豪雨」や「平成30年7月豪雨(西日本豪雨)」の時のように多くの災害を引き起こします。

線状降水帯は、現状の気象観測・予測技術では、正確な予測が困難な現象です。そこで、気象庁は現在、線状降水帯の予測精度を向上させるために、様々な観測の強化に取り組んでいます。

その一環として、高層気象台では、2023年3月から自動放球装置(ABL: Automatic Balloon Launcher)による高層気象観測を開始しています。毎日2回、人の手で実施してきた放球は、ABLでは自動で行われます。また、夜間等で人が居ない時間帯でも、観測を実施することができるようになりました。例えば、線状降水帯が発生しそうだと予測されている時には、臨時で高層気象観測を行い、実際の気象状況がどうなっているのかを調べることができます。この観測データを使うことで、より精度の高い予測を実施できるようになり、気象災害の被害軽減に繋がると期待されています。

さて、ABLによって放球は自動化されましたが、使用する観測器の事前点検やABLへのセット(装てん)は、あらかじめ人の手で行う必要があります。高層気象台の職員は、ABLによる観測を確実に実施できるよう、日々準備しています。



ABLによる放球の様子

気球を使った様々な観測

ABLが導入されたものの、高層気象台では、現在も人の手による気球を使った観測をいくつか行っています。

そのうちの1つがオゾンゾンデ観測です。オゾンゾンデは、大気中に含まれるオゾンの量を測るセンサとGPSゾンデで構成されています。このゾンデを気球に吊り下げて放球することで、高層気象観測と同時に、空気中に含まれるオゾンの分布も直接観測することができます。オゾンには太陽からの強い紫外線を吸収する作用があり、生物に悪影響を及ぼすこともある紫外線から保護する役割を果たしています。オゾン層やオゾンホールといった言葉をご存じの方も多いのではないかと思います。気象庁は、日本国内では唯一、高層気象台でオゾンゾンデ観測を実施しています。



オゾンゾンデ観測

そのほか、異なる種類のGPSゾンデを連結して同時に放球する比較観測も行っています。GPSゾンデには多くの機種があり、気象庁でもこれまでに様々な機種を使用してきました。しかし、その機種によって特徴が異なり、観測データにも違いが表れてくることがあります。比較観測によって同じ気象状況を同時に観測することで、機種の違いによって生まれる観測データの差を補う方法を見つけ出すことができます。これによって、使用するゾンデの種類が変わっても、その差を補足したデータを得られるようになります。



比較観測

これらの観測では、通常の高層気象観測と比べて重い観測器等を吊るすため、より大きな気球を使用します。支えるのにも一苦勞で、数人がかりで放球します。

おわりに

高層気象台はYoutubeチャンネルを開設しており、様々な観測について動画で紹介しています。放球の様子をまとめたものもありますので、ぜひご覧ください！

<https://youtube.com/@aerologicalobservatoryjma998>

著者紹介 野島 孝之(のじま たかゆき)



大阪生まれ、大阪育ち。

2014年4月に気象庁へ入庁し、徳島・松江地方気象台で観測予報業務を経験。また、大阪管区気象台では防災業務やアメダス八尾の観測機器更新を担当。2021年4月から、高層気象台で高層気象観測やオゾンゾンデ観測に従事。

見えない宇宙を見つめるユークリッド宇宙望遠鏡

1. ユークリッド

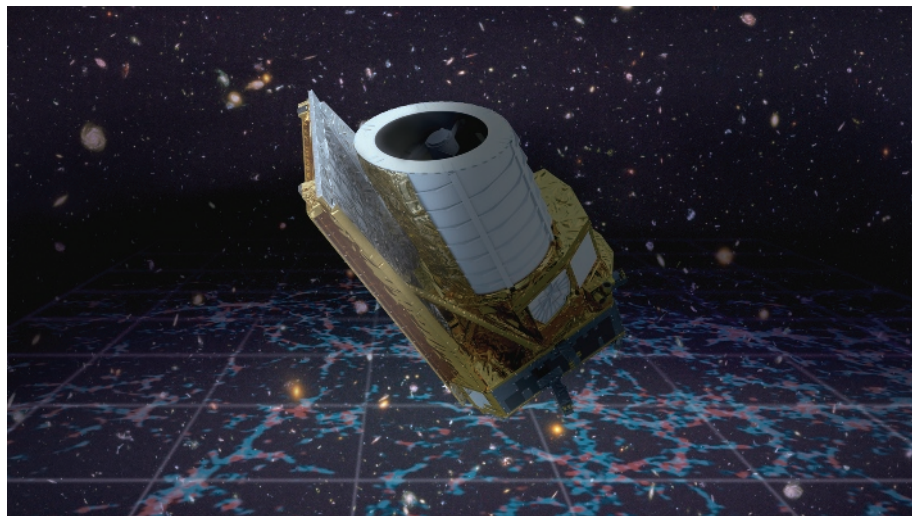


図1. ユークリッド宇宙望遠鏡

©ESA/Euclid/Euclid Consortium/NASA/S. Beckwith (STScI)/the HUDF Team

「よき栄光」を語源にもつエウクレイデスの名前を冠したEuclid宇宙望遠鏡(図1)は、2023年7月1日、アメリカ・ケープカナベラル基地から打ち上げられました。

口径1.2mの望遠鏡と2種類のカメラ(可視光、近赤外)を備え、100億光年にわたる何十億個もの銀河の位置＝宇宙の大規模構造を観測することになっています。

大規模構造は暗黒物質の分布を反映しています。また大規模構造が宇宙の歴史の中でどのように成長してきたかは暗黒エネルギーの影響を受けています。

「幾何学の父」の名にふさわしく、Euclidは宇宙の時空構造(宇宙の3次元地図)を探るべく暗黒の宇宙を見つめています。

2. 第2ラグランジュ点

Euclidが送られたのは、太陽－地球系のラグランジュ点の一つである、第2ラグランジュ点L2です(図2)。そう、ジェームズ・ウェッブJWSTと同じ場所です。L2には他にGaiaが配置されていますし、過去にはWMAP、Planckもいました。

L2が優れているのは、太陽と地球の引力の合力が公転の向心力となり、常に太

陽と地球を同じ方向に見ながら地球と同じ1年で公転することです(EuclidもJWSTもいわば人工“衛星”ではなく、人工“小惑星”です)。太陽電池パネルと通信アンテナを常に太陽と地球に向けながら、望遠鏡本体を太陽と地球の光(赤外線)から守ることができます。

L2の位置は、太陽質量 M_s が地球質量 M_e に比べて33万倍と非常に大きいことから簡単に計算できて、 $(M_e/3M_s)^{1/3} = 0.01$ 天文単位=150万kmです。月までの距離のおよそ4倍のところ。ちなみに、ガンダムで出てくるラグランジュ点は、地球一月系です(2022年10月号では、混同していました。すみません)。

なお、EuclidはL2で静止しているわけではなく、ハロー軌道を取っています(図3)

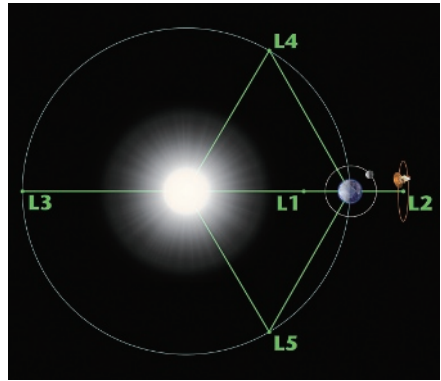


図2. ラグランジュ点
© NASA/WMAP Science Team

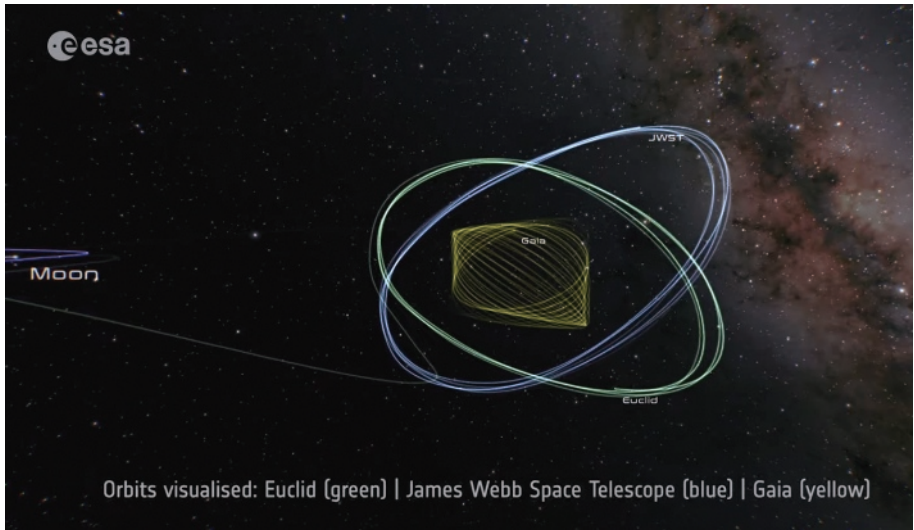


図3. ハロー軌道(緑:Euclid、青:JWST、黄:Gaia) ©ESA/Gaia/DPAC

★原典・参考サイト

https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Euclid

石坂 千春(科学館学芸員)

ジュニア科学クラブ 10



電気 ふるえる きこえる

電池で動くおもちゃや、テレビやスマホなどの家電や電子機器は、どうやって音や音楽を出すことができるのでしょうか？ その装置の中の誰かが、しゃべったり、演奏したりしているわけでももちろんなく、電気を音に変えるしくみが入っているのです。それを「スピーカー」といいます。スピーカーは音の出る電子機器には必ず入っている、身近な存在です。なんと材料は、銅線をぐるぐる巻いた「コイル」、そして磁石。たったこれだけで、スピーカーを手作りできる！？ スピーカーだけでなく、マイクやエレキギターも手作りできます。



うえば たかひろ
上羽 貴大(科学館学芸員)

■10月のクラブ■

10月15日(日) 9:45 ~ 11:30ごろ

- ◆集合：サイエンスショーコーナー(展示場3階)
9:30~9:45の間に来てください
てんじ場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・はさみ
- ◆内容：9:45~10:30 サイエンスショー見学(全員)
10:30~11:30 実験教室(会員番号33~64)
10:30~11:30 学芸員の展示解説(会員番号1~32)

・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。
・「学芸員の展示解説」は展示場で行います。自由解散です。**※変更等がある場合があります。**
※最新の情報は、科学館公式ホームページ(<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)のページです。

星になった宮沢賢治(後編)

京都薬科大学 名誉教授 桜井 弘

星になった宮沢賢治『小惑星5008 Miyazawakenji』

ところで、素晴らしい作品を残した賢治自身が星となって輝いていることは、ご存知ですか？ここには、素敵な物語があります。

1991年2月20日、滋賀県のダイニックアストロパーク天究館の杉江淳が、シュミットカメラによって発見した小惑星には1991DVという仮番号が与えられました。天究館の初代館長の米田康男が賢治の弟の清六から、宮沢賢治という名前の天体はまだないことを聞いて、天究館で発見された1991DVに宮沢賢治と命名することを思いついたので。賢治生誕100年にあたる1996年に、国際天文連合はこの星に小惑星番号5008番を与えて、Miyazawakenji(宮沢賢治)、とよぶことを正式に決めました。

8月号でみたように、賢治は生き物を星や星座として輝かせていましたが、今度は賢治自身が輝く星となりました。

賢治の星は、太陽の周りを巡る惑星の火星と木星との間にある小惑星帯(メインベルト)(図1)にあります。小惑星帯には無数の小惑星があると考えられていますが、この中で一番大きいのは準惑星ケレス(公転周期4.61年)で直径は約940kmもあり、2番目は約520kmの小惑星ベスタ(公転周期3.63年)です。小惑星宮沢賢治は、これらに比べるとはるかに小さく、直径は7.2km、公転周期が3.3年です。

なお、これまで大きな話題となってきましたItokawa(いとかわ)やRyugu(りゅうぐう)もともに小惑星ですが、これらは小惑星帯にはなく、地球に近い軌道を持つ地球接近小惑星です。これまでの観測から、直径と公転周期は、イトカワは約535mと約1.52年、リュウグウは約900m程度と約1.3年と推定されています。

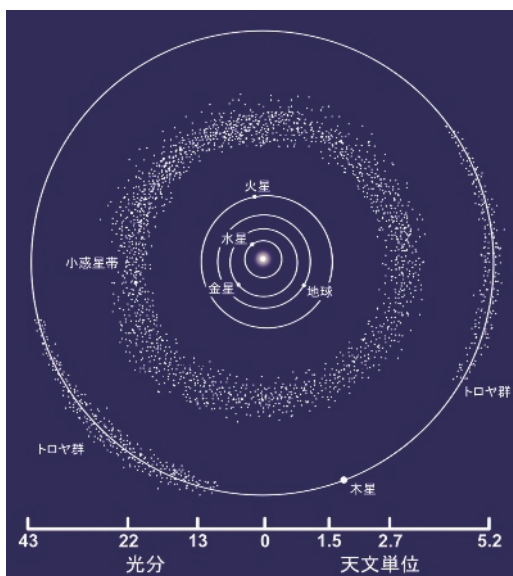


図1. 小惑星帯
(<https://ja.wikipedia.org/wiki/小惑星帯> より)

星になった弟『小惑星21016宮沢清六』

一方、1988年11月2日、高知県芸西村の芸西天文学習館でアマチュア天文家の関勉(1961年に初めての彗星である「関彗星」を発見。その後、6個の彗星を発見。1965年には肉眼でも見える池谷・関彗星を発見。)が発見していた小惑星には、番号21016が与えられ Miyazawaseiroku(宮沢清六)と名づけられました。

宮沢清六(1904-2001)は賢治の8歳年下の弟であり、賢治の死後、賢治の残した作品群を多くの文学者ととも整理し書籍として刊行し、賢治研究の最大の貢献者のひとりとして知られています。兄思いの清六星の近くに兄賢治星が生まれ、宇宙で兄弟が再開を果たすことができたのです。

星になった友と山『小惑星22352藤原健次郎』と『小惑星22355矢巾南昌山』

さらに興味深い物語があります。1992年10月19日と26日、アマチュア天文家の円館金と渡辺和郎は北海道網走郡にある星ドロボウ津別観測所で番号22352と22355をもつ二つの小惑星を発見しました。この二つの小惑星は、福島県郡山市の天体写真家藤井旭のグループにより、それぞれFujiwarakenjiro(藤原健次郎)とYahabananshozan(矢巾南昌山)と名づけられ、国際天文学連合で2019年に承認されました。

1909年、賢治は盛岡中学校に入学し、寮生活をはじめました。1年先輩に矢巾町(当時は不動村)出身の藤原健次郎(1894-1910)がいました。健次郎は成績優秀で、野球部員としても活躍し、めんどう見もよく、寮で同室になった二人は急速に親しくなりました。賢治の「東京ノート」には、健次郎をつづったメモが見られます。2年の1学期に「藤原健次郎 南昌山 水晶 頂上」、「藤原 野球 ウツ」、そして2学期には「藤原 死ス」と書かれています。二人は矢巾町と雫石町の境にある鐘を伏せたような形の南昌山(標高848メートル)に登り、水晶などを採集し、賢治は健次郎がでる野球の試合を見に行っていたのでしょうか？楽しく過ごした様子がわかります。しかし、当時16歳であった健次郎がチフスにかかって突然亡くなり、二人の交流は断たれてしまったのです。盛岡高等農林学校に進学できた賢治は、その後南昌山へ何度も登ったようですが、健次郎のことを想像させる寂しげな短歌を残しています。また南昌山を舞台にした童話『鳥をとるやなぎ』では「藤原慶次郎」と「私」の交流が描かれています。

まくろなる 石をくだけば なほもさびし 夕日は落ちぬ 山の石原
毒ヶ森 南昌山の一つらは ふとおどりたちて わがぬかに来る

歌稿〔B〕 239, 240

友を失った賢治が受けた悲しみは、南昌山とともにあったのです。この悲しい物語から、小惑星の名前がつけられたのです。賢治と健次郎は、南昌山を望む星空の中で、再会を果たすこととなったのです。

賢治は、弟の宮沢清六、寮の友人藤原健次郎、そして南昌山とともに星となり、宇宙のかなたで遭遇し、今なお生きているのです(表1)。

表1. 宮沢賢治と小惑星

小惑星番号	小惑星の名前	仮番号	発見者	小惑星族	直径(km)	公転周期(年)
5008	Miyazawakenji 宮沢賢治	1991DV	杉江淳	フローラ	7.2	3.3
21016	Miyazawaseiroku 宮沢清六	1988VA	関勉		3.4	3.79
22352	Fujiwarakenjiro 藤原健次郎	1992UP ₃	円館金 渡辺和郎		5.7	3.81
22355	Yahabananshozan 矢中南昌山	1992WD ₁	円館金 渡辺和郎	ニサ	2.2	3.81

[参考]

- 1) 『宮沢賢治全集 1～10』ちくま文庫(1986-1995)
- 2) 宮沢賢治(小惑星) - Wikipedia
- 3) 宮沢清六(小惑星) - Wikipedia
- 4) 藤原健次郎(小惑星)と南昌山(小惑星)
<https://www.town.yahaba.iwate.jp/docs/2022113000027/files/12-13.pdf>
- 5) <https://ja.wikipedia.org/wiki/小惑星の一覧>
- 6) 桜井弘、化学、68[7]17-22(2013)、69[4]20-24(2014)、70[2]52-57(2015)
- 7) 桜井弘 『宮沢賢治の元素図鑑』化学同人(2018)

桜井 弘



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.koncaminolita.jp/planetarium/>

画像：大阪市立科学館



窮理の部屋 199

2022年ノーベル物理学賞(その5)

1. EPRパラドックス

スピン0の状態とは、 $\uparrow\downarrow$ と $\downarrow\uparrow$ が重ね合わされた状態でした。どんなに離れたところで測定しても、Iで \uparrow ならIIでは \downarrow 。Iで \downarrow ならIIでは \uparrow でした。

この実験を何度も何度も繰り返したとします。仮にIでの結果が、 $\uparrow\downarrow\downarrow\uparrow\downarrow\uparrow\uparrow\downarrow$ だったとすれば、量子もつれがあるので、IIでの結果は必ずその逆の $\downarrow\uparrow\uparrow\downarrow\uparrow\downarrow\downarrow\uparrow$ になっています。もし、測定前には状態が定ま

っていないのなら、サイトIでの測定結果がサイトIIに瞬時に伝わり、サイトIIの結果を決めたかのようにも見えます。しかし、光よりも速く情報が伝わるはずがありません。IとIIの距離が十分離れているとき、Iの測定がIIに影響を与えないことを「局所性」と呼びます。局所性は相対論からの要請です。

局所性が成り立つのであれば測定する前から、あるいは測定しようがしまいが、最初から結果は決まっていたと考えなければなりません。測定に関係なく状態が定まったブツが存在する。これを「実在性」と呼びます。この2つが成り立つことを局所実在性、あるいは素朴実在論と呼びます。古典物理は素朴実在論が成り立つ世界です。

ところが、量子論は、測定する前には状態が決まっていないことが建前です。素朴実在論とは相いれないのです。決まった結果を予測できず、確率分布でしか自然を表すことができない量子力学は、古典物理から見て完全な理論と呼べるのでしょうか？

さらにIIの測定器を90度回転してx軸に沿った向きで測定したら、その結果はどう解釈できるのでしょうか？仮にIは下 \downarrow だったとします。このIでの測定は、IIでの状態を乱していません。そしてIIは前 \leftarrow だったとします。すると、Iは \downarrow かつ \rightarrow 、IIは \uparrow かつ \leftarrow なのではないのでしょうか？量子力学は、z軸方向のスピン向きとx軸方向のスピン向きは同時には決められないはずですが、ここでは同時に決ってしまったようにも見えます。これら2つの量を同時に決めることができないとする量子論は不完全な理論なのではないのでしょうか？

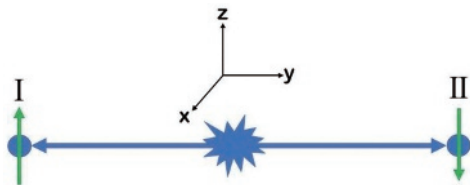


図3(再掲). もしIで測定して \uparrow なら、IIでは必ず \downarrow もしIで \downarrow ならIIでは必ず \uparrow 。

2. 量子力学を超える?? 決定論的な隠れた変数

ひょっとしたらミクロな世界でも観測しようがしまいが状態は決定論的に決まってい

るのだけれど、量子力学は不完全であるが故に確率的にしか結果を言えないのではないのでしょうか？

隠れた変数 λ というものがあつたとします。 λ はまだ発見されてないし、今後発見できないかもしれない、 λ の値を決定する法則も理論も分かりません。しかし、未知の λ というパラメータが実験結果を決定しているという仮説です。

ここでは λ は $\lambda_1 \sim \lambda_4$ まで4つの値があり、2電子系が分裂するとき、それぞれの電子に同じ λ の値が同じ確率で(なぜそうなるのか我々は知らないけれど)付与されるとします。

λ_1 が付与された場合、I でz方向のスピンを測れば必ず \uparrow 、x方向のスピンを測れば必ず \rightarrow 、そしてII では \downarrow だし \leftarrow

です。表1のように決めておけば、実験事実を完璧に再現できます。量子力学と違うところは、量子もつれなど必要としないし、決定論的です。ただ、我々は λ の値がどのようにして決まるのか法則や理論をまだ知らないだけです。

ここでは、スピンを測る向きを90度回転させましたが、I は30度で、II を60度回転させるなんかであつたりするかもしれません。すると λ の値は4つでなく離散的でもなく連続的なのかもしれません。 λ の他に λ' 、 λ'' なんてものがあつるのかもしれません。

得体のしれないものを導入するのは気持ち悪いし、どういう法則に従うのかも分かりません。でも、慣れ親しんだ素朴実在論を捨てなくてもいい、確率でしかモノが言えない奇妙な量子論よりマシなのではないのでしょうか？

隠れた変数理論がミクロな世界を、我々の知りうる実験事実を、量子力学と同じ結果を与えるのなら、どちらの理論も正しく、ひとつの理論を違う方向から見ただけなのかもしれません。量子力学でハイゼンベルグがやった行列を使ったものと、シュレーディンガーのように波動を使ったものが等価であつたように。

でも、量子力学と隠れた変数理論は本当に同じ理論なのでしょう吗？もし、量子力学と隠れた変数理論が上記実験のようにいつも同じ結果を与えるなら片方は確率的、片方は決定論的ですが、どちらで解釈してもいいということになるのでは？測定するまで状態が決まっていなかったんだ、なんて解釈は捨てて、これまでどおり素朴実在論でいけるのではないのでしょうか。

いつでも、同じ結果を与えることができるのなら……！

	I		II	
	σ_z	σ_x	σ_z	σ_x
λ_1	\uparrow	\rightarrow	\downarrow	\leftarrow
λ_2	\uparrow	\leftarrow	\downarrow	\rightarrow
λ_3	\downarrow	\rightarrow	\uparrow	\leftarrow
λ_4	\downarrow	\leftarrow	\uparrow	\rightarrow

表1. λ は $\lambda_1 \sim \lambda_4$ のいずれかであり、それぞれ装置でスピンを測定したときどんな値になるか決まっている。

11月末までの **科学館行事予定**

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いたします。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年夏を予定しています。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。

月	日	曜	行 事
10		開催中	プラネタリウム「土星～白い氷が彩る世界」(~11/5)
			プラネタリウム「宇宙ヒストリア～138億年、原子の旅～」(~11/5)
			プラネタリウム「学芸員スペシャル」(土日祝休日)(~11/5)
			サイエンスショー「水の科学」(~11/5)
			企画展「プラネタリウムの歴史と大阪」(~11/5)
	12	木	中之島科学研究所コロキウム
	21	土	スペシャルナイト「プラネタリウム100周年記念イベント」
	22	日	学びあうサイエンスキッズ広場
	29	日	みんなで宇宙線空気シャワーをVR技術で体験しよう
11	3	金	サイエンスガイドの日/天体観望会「木星と土星を見よう」(10/24 必着)
	4	土	楽しいお天気講座「雪の結晶を作ろう」(10/25 必着)/エレクトロニコス・ファンタスティコス!の家電楽器がやってくる!/こどものためのジオ・カーニバル(自然史博物館にて開催・~5日)
	5	日	生分解性プラスチックを作ろう!(申込終了)
	6	月	長期全館休館(~2024年夏)

プラネタリウム 開演時刻

	10:10	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
土日祝休日	ファミリー	土星	ヒストリア	ファミリー	土星	ヒストリア	土星	学芸員SP
平日	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	ヒストリア	土星	ヒストリア	土星	

所要時間:各約45分間、途中入退場不可

※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。

- 土星:土星～白い氷が彩る世界 ● ヒストリア:宇宙ヒストリア～138億年、原子の旅～
 - 学芸員SP:学芸員スペシャル
 - 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
平日	—	—	○	—
土・日・祝休日	○	○	○	○

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。

企画展「プラネタリウムの歴史と大阪」

丸い天井に本物そっくりの星空を映し出すプラネタリウムは、1923年にドイツで誕生し、今年で100周年を迎えます。また、今から86年前の1937年には、大阪市立電気科学館に日本最初のプラネタリウムが登場しました。本展では、誕生から現在まで発展を続けるプラネタリウムの歴史を概観するとともに、大阪に登場した日本初のプラネタリウムや電気科学館の活動、今に受け継がれた伝統を紹介します。

■日時:8月30日(水)～11月5日(日) 9:30～17:00 (展示場の入場は16:30まで)

■場所:展示場4階 ■定員:なし ■申込:不要 ■対象:どなたでも

■参加費:無料(展示場観覧料が必要です) ■参加方法:当日、直接会場へお越しください。

スペシャルナイト「プラネタリウム100周年記念イベント」

10月21日は光学式プラネタリウムがドイツで登場してちょうど100周年の日です。この記念すべき日に、ドイツや国内各地のプラネタリウムからの中継のほか、大阪で誕生した日本最初のプラネタリウムの話や昭和レトロ風投影を交えながら、プラネタリウムの100年をふりかえります。

■日時:10月21日(土) 18:30～20:00(開場18:00)

■場所:プラネタリウムホール

■参加費:1,000円

■対象:どなたでも ■定員:250名

■申込方法:科学館公式HPからのWeb販売、または科学館チケットカウンターにて前売券をお求めください。(売り切れ次第販売を終了します)

第2回 学びあうサイエンスキッズ広場

小学生とその保護者を対象にいくつかの楽しい科学工作や実験を行います。工作・実験は、高校生、中学生が指導します。

■日時:10月22日(日) 14:30～16:30 ■場所:研修室 ■参加費:無料

■対象:小中学生とその保護者 ■参加方法:当日会場にお越しください。

■主催:四天王寺大学 スマート・サイエンス・セミナー(SSS)プロジェクト

※定員なし。ただし、満席の場合は順番をお待ちいただきます。

※詳細は科学館公式ホームページをご覧ください。

本イベントは、国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)「女子中高生の理系進路選択支援プログラム」に採択されたプロジェクトの一環です。

サイエンスガイドの日

■開催日：11月3日(金・祝)

※詳細は科学館公式ホームページをご覧ください。

天体観望会「木星と土星を見よう」

木星は太陽系の惑星の中で最大の惑星で、望遠鏡では特徴的な縞模様や、周りを回る衛星を観察することができます。土星は望遠鏡で観察できる環が特徴で、姿の美しい惑星です。科学館の大型望遠鏡を使って、木星と土星を観察してみましょう。

※天候不良時は、木星や土星に関するお話をします。

■日時：11月3日(金・祝) 19:00~20:30 ■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：50名(応募多数の場合は抽選) ■参加費：無料

■申込締切：10月24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)を記入して、大阪市立科学館「天体観望会11月3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)。

エレクトロニコス・ファンタスティコス！の家電楽器がやってくる！

テレビが、扇風機が、バーコードリーダーが、楽器になっちゃった！？日本各地に拠点をもち、電化製品でオーケストラをつくるプロジェクト「エレクトロニコス・ファンタスティコス！」がやってくる！家電楽器の体験会、楽器開発についての講演のほか、ライブパフォーマンスも楽しめます。

■日時：11月4日(土) 13:00~16:30 ■場所：研修室 ■参加費：無料

■申込：不要。当日会場にお越しください。

■協力：エレクトロニコス・ファンタスティコス！京都Orchest-Lab、大阪音楽大学ミュージックビジネス専攻

※詳細は科学館公式ホームページをご覧ください。

星の輝きで伝えることがある
五藤光学研究所 ■ 全天候デジタル配給作品

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

楽しいお天気講座「雪の結晶を作ろう」

日本の冬の代表的な気象現象である雪について、どのようにして降るのかを学び、ペットボトルの中で雪の結晶を作る実験を行います。気象予報士がお話します。

■日時:11月4日(土) 13:30~15:30

■場所:工作室 ■参加費:800円(1組につき)

■対象:小学3年生~中学3年生と保護者の2名ペア
(3年生以上の小学生と中学生のペアでも可)

※ペアの2名1組で実験を行います。

■申込締切:10月25日(水) **必着**

■定員:9組(応募多数の場合は抽選)※会場にお入りいただけるのは、参加される2名のみ

■申込方法: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)を記入して、大阪市立科学館「雪の結晶を作ろう」係へ

■主催:一般社団法人 日本気象予報士会関西支部、大阪市立科学館



第23回 こどものためのジオ・カーニバル

地学に特化した体験型こども向け科学イベント、こどものためのジオ・カーニバルを行います。気象や天文、古生物や岩石、鉱物、地震などをテーマに12のブース出展が予定されています。

■日時:11月4日(土)、5日(日) 各日9:30~16:30(入場は16:00まで)

■場所:大阪市立自然史博物館ネイチャーホール

※会場は、大阪市立科学館ではありません。

■対象:小学生をはじめ、どなたでも

■定員:なし ■参加費:無料 ■申込:不要。当日会場へお越し下さい。

■主催:こどものためのジオ・カーニバル企画委員会 共催:日本応用地質学会関西支部、大阪市立自然史博物館 協力:大阪市立科学館

※詳細は専用ホームページ (<http://www.geoca.org/>) をご覧ください。

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。

編集後記

これを書いている8月末は、暑さも少し和らいできました。一方、台風の季節となり、日本列島にもいくつかの台風がやって来そうな気配です。8月15日には台風7号が近畿地方に接近し、科学館も休館となりました。今秋は台風による被害がないことを願っています。(江越)

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、11/6~2024年夏

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



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
10	14	土	11:00～16:30	りろん物理	研修室
			18:00集合	星楽(せいら)	9月号参照
	15	日	14:00～16:00	りろん物理(場の理論)	工作室
	21	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
	22	日	10:00～12:00	天文学習	工作室+Zoom
14:00～16:30			科学実験	工作室	
28	土	14:00～16:00	うちゅう☆彗むちゅう	工作室+Zoom	
		11	土	11:00～16:30	りろん物理
17:30集合	星楽(せいら)			次ページ記事参照	
12	日	14:00～15:30	化学	研修室	
		16:00～17:00	光のふしぎ	研修室+Zoom	
18	土	12:10～13:45	英語の本の読書会	研修室+Zoom	
		14:00～16:00	友の会例会	研修室+Zoom	
		18:00～19:30	友の会会員専用観望会	屋上	
19	日	14:00～16:00	りろん物理(場の理論)	研修室	
25	土	14:00～16:00	うちゅう☆彗むちゅう	研修室+Zoom	
26	日	10:00～12:00	天文学習	研修室+Zoom	

科学実験サークルは11月からしばらくお休みします。

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。



10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。

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:10月21日(土)14:00～16:00 ■会場:科学館研修室、Zoom

■今月のお話:「プラネタリウム100周年」嘉数学芸員

今年は近代的プラネタリウムが誕生して100年。プラネタリウムの歴史や、電気科学館に登場した日本初のプラネタリウムの黎明期などについて、現在開催中の企画展の紹介を交えてお話しします。

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

9月の友の会の例会は、16日に開催しました。メインのお話は渡部学芸員の「星図を楽しむ」でした。休憩を挟んだ後、飯山学芸員から天体写真展の紹介、山田さん(No. 2760)から「Starlinkについて」、乾さん(No. 4151)から「サービト数について」の話題紹介がありました。その後会務報告で、化学サークルから先生の交代と新テキストの紹介がありました。参加者は、科学館会場で30名、Zoom参加17名と合宿会場から12名の参加がありました。



サークル星楽(せいら)

サークル星楽は、電車で奈良県宇陀市まで向かい、日帰り天体観望を行います。

- 日時:11月11日(土)17:30～
- 集合:近鉄三本松駅前
- 申込:サークル星楽のホームページ <https://circleseira.web.fc2.com/> (推奨)
または、世話人さんへ電子メール(circle_seira@yahoo.co.jp)にて。
- 申し込み開始:10月11日(水)
- 申込締切:11月8日(水)
- 備考:参加費は不要(無料)です。天候不良時は中止します。最終電車までに解散しますが、早く帰ることも可能です。詳しくはサークル星楽のホームページをご覧ください。

友の会会員専用天体観望会

科学館の屋上で、月や木星・土星などを観察しましょう。

- 日時:11月18日(土)18:00～19:30(18:00～19:00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。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。

■休館中の友の会の活動について

11月6日(月)から科学館は長期休館に入りますが、休館中も研修室は友の会の例会やサークル活動に使用できる予定です。科学館の工作室や多目的室を会場に開催していた友の会の活動は、研修室を会場に休館中も継続していく予定です。

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



静電気マシン

展示場4階にあるこの装置のハンドルを回しましょう。放射状に金属箔が張られた2枚の向かい合わせになった円盤がお互い反対向きに回転します。

今、円盤の真上(12時のところ)にあった箔が宇宙線か何かの影響でプラスに帯電したら、何が起こるでしょうか。手前の円盤は時計回りに回転します。この帯電した箔が右上(2時と3時の間のところ)に来ると、裏の円盤には、ちょうどその真裏の右上にある箔と左下にある箔を結ぶようにブラシのついた金属棒があります。



展示場4階「静電気マシン」

表面の右上にプラスがあるので、裏面の右上の箔はそれにひかれてマイナスの電気が現れ、電荷が保存するため左下の箔にはプラスの電気が現れます。この現象を静電誘導と言います。

1880年にウイムズハーストによって発明されたこの装置は、摩擦ではなく、静電誘導によって効率よく静電気を発生させる装置です。

このとき裏側の左下に現れたプラスの電気が何をするか考えましょう。1/4周回転して右下まで来ると、表面の右下と左上を結ぶようにブラシ付きの金属棒があります。そのため静電誘導が起き、表面の右下にはマイナス、左上にはプラスが現れます。

このようにして、表面の左上から右端まではプラス、右下から左端まではマイナスが現れます。同様に裏面の左下から右端まではプラス、右上から左端まではマイナスが現れます。円盤の左右の端には集電電極があるので、それにつながった左右のコンデンサにそれぞれプラスとマイナスの電荷が溜まることになります。

大倉 宏(科学館学芸員)

※科学館は11月6日(月)より、リニューアル工事のため長期休館となります。現展示場の見学へは、ぜひお早めにお越しください。