

# うちゅう

# 12

2022 / Dec.

Vol. 39 No. 9

2022年12月10日発行(毎月1回10日発行)

ISSN 1346-2385



ケヤキが色づき始めました(10月25日撮影)

## 通巻465号

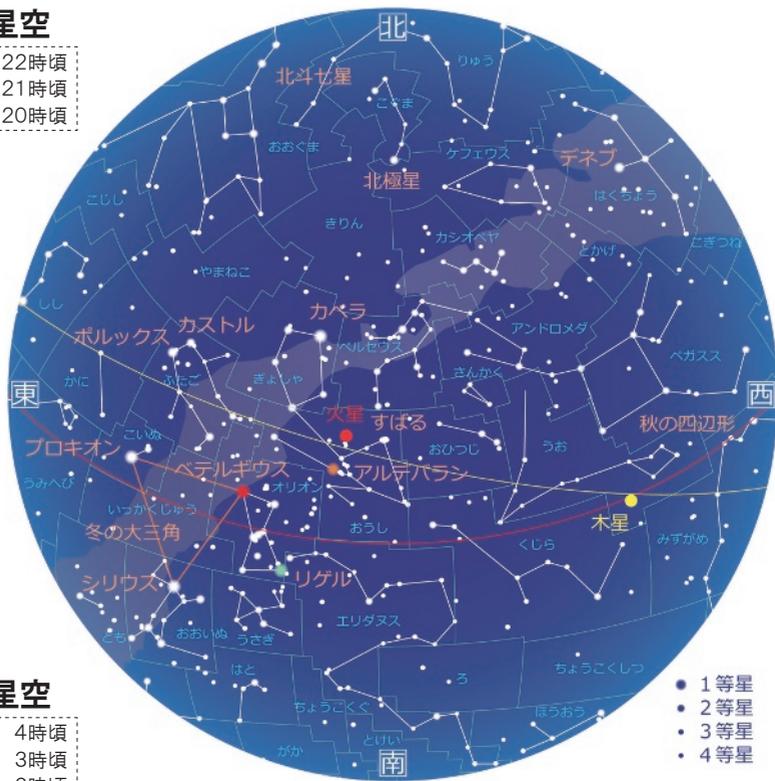
- |                                     |                                  |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| ② 星空ガイド(12-1月)                      | ⑩ 新プログラム紹介                       |
| ④ スマートフォンのカメラとセンサー                  | ⑩ 天体と元素との物語(6)                   |
| ⑩ 天文の話題「BOAT:天体観測史上<br>最強のガンマ線バースト」 | ⑫ インフォメーション                      |
| ⑫ 窮理の部屋「2022年ノーベル物理学賞(その1)」         | ⑫ 友の会                            |
| ⑭ ジュニア科学クラブ「冬休みの天体観察」               | ⑫ ミニ企画展「小型月着陸実証機「SLIM」展」<br>開催中! |

**大阪市立科学館**

# 星空ガイド 12月16日～1月15日

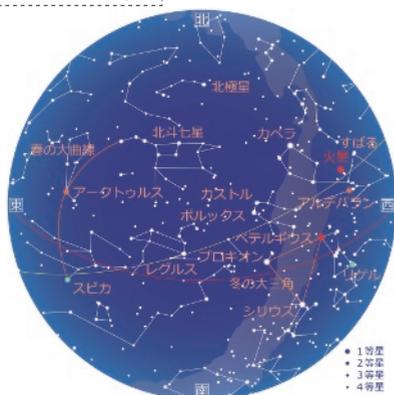
## よいの星空

12月16日22時頃  
1月 1日21時頃  
15日20時頃



## あけの星空

12月16日 4時頃  
1月 1日 3時頃  
15日 2時頃



【太陽と月の出入り(大阪)】

月	日	曜	日の出	日の入	月の出	月の入	月齢
12	16	金	6:57	16:48	--:--	12:11	22.2
	21	水	7:00	16:50	4:20	14:39	27.2
	26	月	7:03	16:53	9:48	20:02	2.7
1	1	日	7:04	16:57	12:55	1:37	8.7
	6	金	7:05	17:01	16:11	6:35	13.7
	11	水	7:05	17:06	20:57	9:48	18.7
	15	日	7:04	17:09	--:--	11:29	22.7

※惑星は2023年1月1日の位置です。

### 12月29日の天体ショー

12月22日に東方最大離角をむかえた水星が、29日に「よいの明星」金星とならびます。

日没後30分でも高さが8°を切っていて、だいぶ低い空なので、ちょっと見づらいかもしれませんが、よく晴れていたら、西南西の低空を探してみてください。図は17:30の様子です。金星と水星が角度にして1.4°まで近づいています。金星が-3.9等と目立っていますので、そのすぐ右上を見てください。ひっそりと水星があるはずですよ。

なお、この日、月と木星もならんでいて、南西の空には土星、東には火星も見えます。

曜日の星(月、火、水、木、金、土)が、勢ぞろいしています。



2022年12月29日17:30の西南西低空(ステラナビゲータ11で作成)

### 1月4日未明、しぶんぎ座流星群

三大流星群の先陣を切るしぶんぎ座流星群ですが、今年は明け方近くまで月があり、あまり条件としてはよくありません。

4日の月没が4:41ですから、4:30過ぎ~6:00ころをねらってみましょう。ちなみに、沈みつつある月は、この時、火星とならんでいます。

#### [こよみと天文現象]

月	日	曜	主な天文現象など
12	16	金	●下弦(18時)
	22	木	冬至(太陽黄経270°) 水星が東方最大離角
	23	金	●新月(19時) こぐま座流星群が極大のころ
	24	土	月が最近(358,270km)
	29	木	月と木星がならぶ 水星と金星が接近
	30	日	●上弦(10時)

月	日	曜	主な天文現象など
1	3	火	月と火星がならぶ
	4	水	しぶんぎ座流星群が極大(11時)
	5	木	地球が近日点通過
	6	金	小寒(太陽黄経285°)
	7	土	○満月(8時) / 水星が内合
	8	日	月が最遠(406,458km)
	9	月	小惑星パラスが衝
	15	日	●下弦(11時)

石坂 千春(科学館学芸員)

## スマートフォンのカメラとセンサー

大阪市立科学館 長谷川 能三

総務省の情報通信白書によると、2010年にはわずか9.7%だったスマートフォンの世帯普及率が、3年後の2013年には62.6%、そして2021年には88.6%と増えています(世帯普及率ですので、自分は持っていないなくても家族の誰かは持っているという世帯の割合です)。私自身は2011年から使い始めましたので、普及率が高くなっていったのとほぼ同じ時期ですね。

携帯電話とスマートフォンの大きな違いは、さまざまなアプリがあって、それをインストールすればいろいろなことができるということですが、いろいろなことをするために、スマートフォン本体には高性能のカメラやさまざまなセンサーなどが付いています。

### 1. カメラ

カメラが付いた携帯電話が発売されたのは1999年。2001年頃からは携帯電話で撮った写真をメールに添付して送る「写メール」でカメラ付き携帯電話が一般的になっていきました。しかしまだカメラの性能は低く、同時期のデジタルカメラとは画質に大きな差がありました。それに対して、現在のスマートフォンに付いているカメラは高性能で、デジタルカメラで写したのかスマートフォンで写したのか、なかなかわからなくなっています。

薄いスマートフォンの中に収めて、かつ高性能にするために、最近のスマートフォンにはカメラが複数(2~4個)付いているものが増えています。これは、広角担当のカメラ、標準担当のカメラ、望遠担当のカメラ…と分け、それぞれの担当範囲に特化することで性能を高めているのです。それでも、ズームをしたときにはデジタルズーム(写っている範囲の一部を切り出して大きくする)とカメラの切り替えが自動的に行なわれるため、使っている私たちはカメラが複数付いていることをあまり意識することはありません。

このようにカメラを分けることにより、広角レンズの写る範囲が非常に広がっていて、焦点距離が13mm相当(35mm版換算)くらいのもが増えてきています。これは、上下(長い方)の画角が100度を超えていますので、画角の下の方に水平線を入れても、一番上は頭の真上を超えて少し後ろまで写ってしまうこととなります。また、虹は半径42度ととても大きいため、超広角レンズか魚眼レンズでないとい全体を写すことができなかつたのですが、毎日持ち歩くスマートフォンで撮影できてしまうようになったのです。



図1. スマートフォンで撮影した虹（写真提供：山本光一氏）

一方、望遠の方は、レンズの焦点距離を長くすると、どうしてもカメラそのものが長くなりがちであるため、薄いスマートフォンの中に収めるのに限界がありました。しかし最近では、ペリスコープカメラという先端に90度光路を曲げるプリズムを付けたカメラを、本体の中に横向きに収めたスマートフォンが登場しました。これにより、焦点距離がこれまでより長いレンズを用いることができるため、スマートフォンで月のクレーターまで写すことができるようになってきています。

まだこのような望遠レンズを内蔵したスマートフォンは極一部ですが、スマートフォンのレンズ部分に取り付ける望遠レンズアダプターや広角レンズアダプターなども売られていますので、必要に応じて利用するという方法もあります。同じようにレンズの部分に取り付ける顕微鏡アダプターもあり、小さなものを拡大して撮影することもできます。

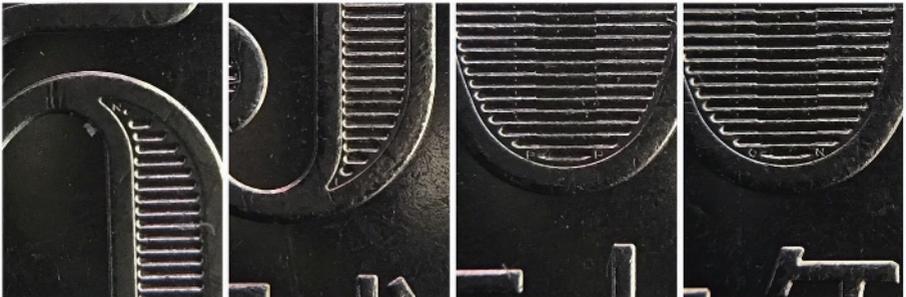


図2. 顕微鏡アダプターを付けて撮影した500円硬貨の「N」「I」「P」「P」「O」「N」

一方、カメラのフィルムにあたる撮像素子(イメージセンサー)には、一般にCCDかCMOSといわれるものが使われます。CCDは画質が高く、CMOSは製造コストが安く消費電力も少ないというのが特徴でした。当初、携帯電話のカメラではCMOSが、デジタルカメラではCCDが使われることが多かったのですが、CMOSが高画質化され、今ではCMOSが一般的となっています。

CCDでもCMOSでもきれいに写ればどちらでも…ということなのですが、速く動いているものを撮影した場合には、大きな違いが出る場合があります。それは、CCDは画面全体を同時に撮影するのに対して、CMOSは端から順に撮影しているからです。このため、例えば走っている電車を写すと、電車の車両が斜めにゆがんで写ったり、カメラの向きによっては進行方向に伸びたり縮んで写ることがあります。図3は、飛んでいる飛行機のプロペラを撮影したもので、CCDを使ったデジタルカメラではプロペラの羽根はまっすぐに写っていますが、CMOSを使ったスマートフォンのカメラではプロペラの羽根が曲がったりちぎれているかのように写ってしまいました。



図3. CCD(左)とCMOS(右)を使用したカメラで撮影した飛行機のプロペラ

また、スローモーション撮影ができるスマートフォンも多くなっています。図4は、お皿の上に牛乳をポタッ…ポタッ…と落としているのをスローモーションで撮影したものです。撮影した動画からミルククラウンになった瞬間をスクリーンショットで静止画にしました。1回ではうまくいきませんが、スローモーションで何度か撮影することで、スマートフォンでもこのような写真を撮ることができるのです。



図4. ミルククラウン

図5は、手持ちで蛍を撮影したもので、蛍だけではなく、北斗七星などの星もたくさん写っています。長時間露出をすると星がぶれてしましますが、どうやら短時間露出の写真をたくさん撮影して、これらの写真を手振れを考慮した上で重ねて合成する…ということ、最近のスマートフォンは自動でしているようです。

この写真は手持ちで撮影したのですが、スマートフォンを台などの上に置いてセルフタイマーで撮ると、もっときれいに星を写すことができます。



図5. 手持ちで撮影した蛍と星空

## 2. 気圧センサー

スマートフォンにはさまざまなセンサーが内蔵されていますが、その中のひとつに気圧センサーがあります。「気圧」や「barometer」というキーワードでアプリを検索すると、気圧を表示したりグラフを描くアプリがたくさんできます。

図6は、2018年9月4日の気圧の変化で、この日は台風31号が徳島県に上陸、その後神戸市付近に再上陸しました。バックグラウンドでデータを記録するアプリが見つからなかったため所々データが抜けていますが、気圧の変化がよくわかります。

このように、気圧センサーによってももちろん気象状況による気圧の変化を調べることができるのですが、気圧センサーの役目はそれだけではありません。

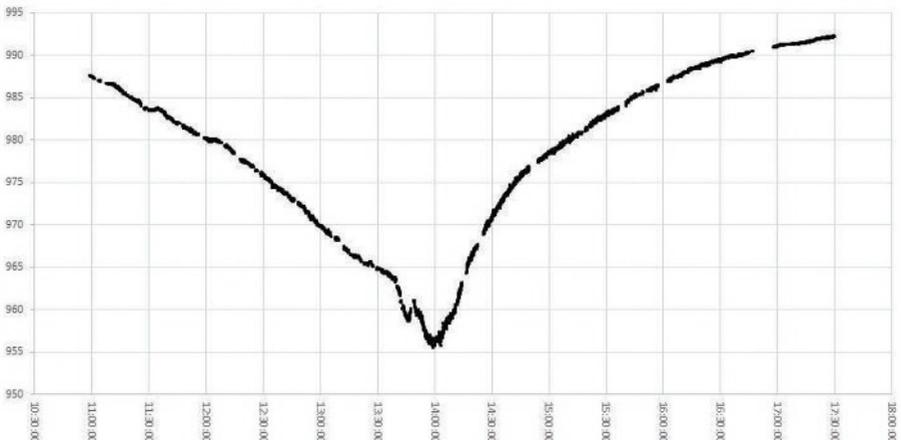


図6. 台風接近時の気圧の変化(2018年9月4日)

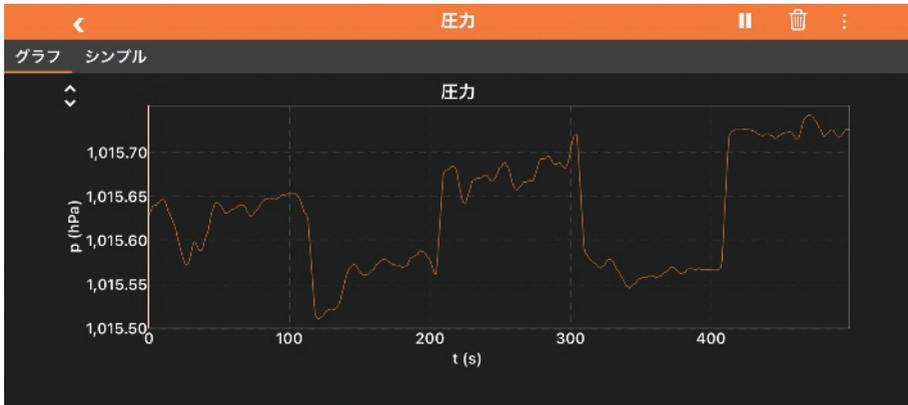


図7. スマートフォンを1m上下させたときの気圧の変化

気圧を表示するアプリでは、気圧がなんと0.01hPa(ヘクトパスカル)や0.001hPa刻みで表示されます。図7は、スマートフォンを100秒毎に床に置いたり1mの高さの棚に置いたりした時の気圧の変化を「phyphox」というアプリで記録したものです。全体的に気圧が少しずつ高くなっているのかなという傾向や細かな変動がありますが、100秒毎に気圧が0.1hPa程度上下しているのがわかります。ちなみに、気圧が高い方が床に置いたとき、気圧が低い方が1mの高さに置いたときです。

そもそも気圧は、その上にある空気の重さによるものです。固いものが上に乗っていると上からしか押さえつけられませんが、空気や水のように流動性があると、上に乗っているものの重さで、上からだけでなく横からでも下からでも押されます。これが気圧や水圧なのですが、高さが1m変わったくらいで気圧は変わるのでしょうか？

1hPaは、1cm×1cmの面に0.01N(ニュートン)という大きさの力がかかっている場合の圧力で、0.01Nは約1.02gのものが乗って、その重さで押されているのと同じです。気圧が0.1hPa程度変化したということは、1cm×1cmの面積の上に乗っている空気の質量(重さ)が0.1g程度変わったということになります。1cm×1cmの面積で1mの高さの差だと、乗っている空気の量が100mL変わるということになりますから、この空気100mLが0.1g程度ということでしょうか？

空気の質量は1mol(窒素分子や酸素分子等を合わせて約 $6 \times 10^{23}$ 個)で29.5gになります。この1molの空気の体積は、0°C 1気圧で22.4Lです。つまり、空気は100mLで0.13gくらいということになりますので、図7の気圧の変化とほぼ一致するのです。

ただし、気圧はこのように気象状況と高度によって変化するため、気圧を表示するアプリでは、スマートフォンの位置の気圧と、海拔0mでの気圧の両方が表示されたり選択するようになっていました。しかし海拔0mの気圧は、スマートフォンの位置(高度)情報から計算するため、気圧の値が急に変わることが多いのでご注意ください。

### 3. 各種センサーと「phyphox」

スマートフォンには他にもさまざまなセンサーが組み込まれていて、これらのセンサーのデータを組み合わせて利用しているアプリも多いのです。例えば、ヘルスケアというアプリで上がった階数が表示されるのですが、気圧の変化だけでなく、おそらく振動センサーや加速度センサーのデータから、エスカレーターを使っているのではなく階段を歩いて上っていることを判断しているのでしょう。

図7は、このような元になるセンサーのデータをほぼ生で表示する「phyphox」というアプリを使用していて、センサー出力に「gを含まない加速度」「ジャイロスコープ(回転速度)」「位置(GPS)」「圧力」「磁力計」「重力加速度gを含む加速度」という項目があります(図8)。また、この「phyphox」は、測定した値をcsvやエクセルのファイルで出力することができるので、パソコンに転送してデータを利用することもできます。



図8. phyphox

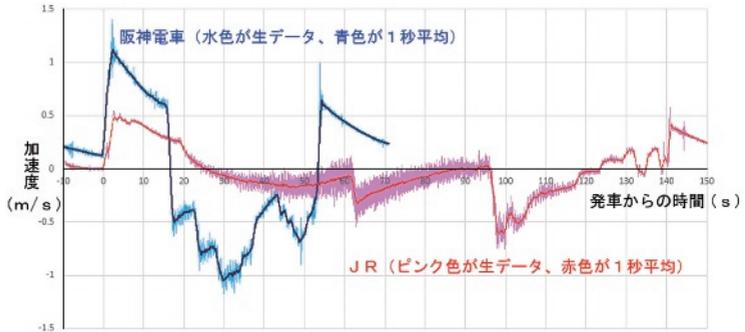


図9. JRと阪神電車の普通電車の加速度

例えば図9は、電車が駅を発車してから次の駅に着くまでの加速度を測定したもので、赤色がJRの普通電車、青色が阪神電車の普通電車(ジェットカー)です。こうして測定すると、駅間の短い阪神電車は加速度が大きいのがよくわかります。ただ、電車が停止(JRは141秒後、阪神電車は54秒後)しても加速度の測定値が0にならず、ダラダラと下がっているのは変ですね。そもそもスマートフォンのセンサーは物理的な測定を目的にしたものではありませんので、その特性や精度がどうなっているのかはわかりません。しかし、JRと阪神で加速度が大きく違うことはこれでわかりました。

ここで紹介したのは、スマートフォンの特徴や機能のほんの一部にしか過ぎません。これだけの性能のカメラを毎日持ち歩いているだけでも、何か珍しい現象に遭遇したらすぐに写真に撮ることができます。他にもさまざまなアプリやスマートフォンに接続する測定機などもありますので、新しい使い方のきっかけになればと思います。

(はせがわ よしみ・大阪市立科学館 学芸員)

## BOAT:天体観測史上最強のガンマ線バースト

2022年10月9日 観測史上最強のガンマ線バースト「BOAT」が地球に到来

2022年10月9日。私たちの地球は、10時間にわたり、宇宙の遙か19億光年彼方からの強烈な放射線(ガンマ線)にさらされました。エネルギーは18TeV、これまで観測された最強が1TeVですから、まさにケタ違い。太陽が一生に放つ全エネルギーを遙かに凌駕するガンマ線が放出されたと考えられています。

Swift衛星がこれを探知し、様々な装置でその場所が観測されました。

研究者にBOAT (Brightest Of All Time、史上最も明るい)のニックネームで呼ばれている天文現象ガンマ線バーストGRB221009Aに天文学者は沸き立っています。

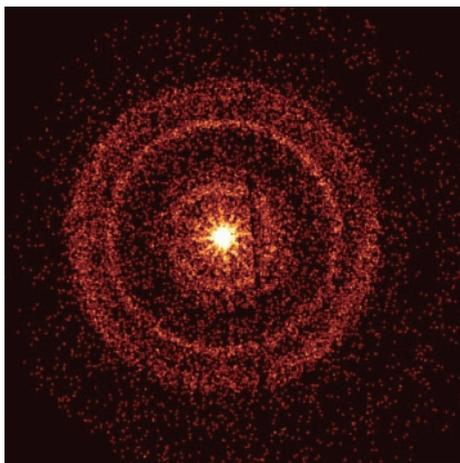


図1: X線でとらえたGRB221009Aの残光。周囲のリングは天体からの放射が天の川銀河の塵で散乱されたもの

©NASA/Swift/A. Beardmore  
(University of Leicester)

### ガンマ線バースト(GRB)とは何?

ところで、ガンマ線バースト(Gamma-Ray Burst: GRB)とはいったい何なのでしょう。まず、それは基本的に極めて短時間(1秒以下の場合も)に強烈なガンマ線の放射が天空の一角で強くなり消滅する天体現象です。

発見は1967年7月。米国の核実験監視衛星ヴェアラでなされました。核実験で発生するガンマ線を検出する装置が、宇宙からのガンマ線の放射をキャッチしたのですね。このガンマ線は星のように輝き続けるのではなく、一瞬で終了してしまいました。それでバースト(爆発)と呼ばれるようになります。そしてこれは数年後に太陽系外のものだと判明します。ただどの方向かは装置の性能上不明でした。

その後、GRBは何度も観測されますが、長年、いったいどこで起こっている何なのかが不明でした。1991年にはコンプトン・ガンマ宇宙天文台が、宇宙の全方位でGRBが起こっていることを突き止めましたが、天の川銀河の中か外かもわかりませんでした。発生場所を望遠鏡で観測してどんな天体が調べればよいのですが、方向が十分に絞れず、またすぐに現象が終わり、そこにあとで望遠鏡を向けても何もわからないということが続いたのです。

イタリアとオランダのBeppoSAX衛星は、GRBの方向を精度良く確かめ、その結果を地上の観測ネットワークに即座に送信する機能を持つGRBハンター衛星でした。そして1997年には、観測したGRBの直後の様子を地上の大型望遠鏡で確認し、さらにその後、スペクトル観測も成功させて、それが非

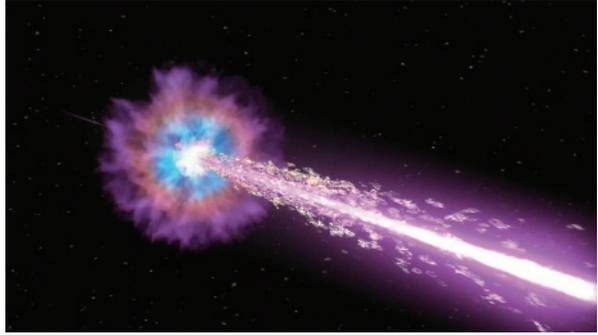


図2:GRB発生のイメージ。恒星が極超新星爆発して強烈なジェットが発生。それが地球に向かったときにGRB  
©NASA

常に大きな赤方偏移をしている天体で起こった＝宇宙の非常に遠方にあることを確かめました。GRBは、天の川銀河の外、遙か彼方で起こる出来事だったのです。それなのに1967年の核実験監視衛星でとらえられたのですから、とんでもない強力な現象であることがわかります。その後の研究で、GRBは通常の恒星の超新星爆発のさらに10倍も強力な極超新星爆発(ハイパーノバ)が原因とわかってきました。極超新星爆発とGRBがセットで起こる現象が観測されたためです。

なお、星が砕け散る極超新星が等方的に起こるのではGRBの強烈さは説明できず、両極方向にジェットが吹き出し(図2)、それがたまたま地球の方を向いている時にGRBが観測されるのだとわかってきました。

なお、GRBの中には中性子星同士が衝突してブラックホールを形成するときに現れるものもあると考えられています。その場合は2秒以下の現象です。

### 地球への影響は？ ほぼない。ただし近くで起こるとえらいことに。

GRBは長年、その存在すら知られていませんでした。それはいかに強力でもガンマ線が大気圏を通過できず、地上に影響を及ぼさないためです。今回のBOATでは、大気圏がすこし変動しましたが感じるほどではありませんでした。

ただ天の川銀河内の数千光年以内でGRBが発生すると、そのエネルギーによって大気のおゾン層が破壊されることも起こりえます。4.4億年前の地球生物の大量絶滅は、GRBが引き起こしたオゾン層破壊による地球規模の急激な寒冷化が原因ではないかという説も発表されています。平均すると10億年に1度くらいの割合で危機があるかもと見積もられています。

それにしても、人知れず宇宙には様々なことが起こっているものです。

渡部 義弥(科学館学芸員)



窮理の部屋 193

## 2022年ノーベル物理学賞(その1)

2022年ノーベル物理学賞は、A.アスペ教授らが量子もつれに関する研究で受賞しました。量子(=ミクロ)の世界では日常からかけ離れた不思議なことが起こりますが、量子もつれもそのひとつです。量子もつれは、量子コンピュータや量子通信が成立するための基本的な要素です。昨年行われた与党の総裁選で、量子技術を重点課題にあげる候補がいてびっくりしました。まだ先の話だと思っていましたが、この分野の発展は目覚ましく、20年もすれば量子技術が我々の生活をガラリと変えてしまうかもしれません。

アスペは前々からノーベル賞候補の一人に挙げられていましたが、同じ分野の東大の古澤教授が受賞を逃したのは残念でした。



A.アスペ(Royal Society uploader)

### 量子の世界のふしぎ

量子(=ミクロ)の世界は真に不思議です。シュレーディンガーの猫の話を知ってる読者も多いと思います。猫の話は知らなくとも、原子の中の電子の位置は、確率でしか表せない、なんてことを聞いたことがある人なら多いかもしれません。

原子の構造を表す図として、図1のように太陽の周りを回る惑星のように原子核の周りを電子が回っているというものがあります。中学校や高校の教科書にもこのような絵を見つけることができるかもしれませんが、事実はそうではありません。ミクロの世界はとても奇妙なので、方便として惑星のように電子を表しているだけなのです。

量子力学の教えるところでは、電子の位置は測定するまでどこにいるか分かりません。測定して初めて、ここに存在した、あるいはあそこに存在した、ということが分かるのです。

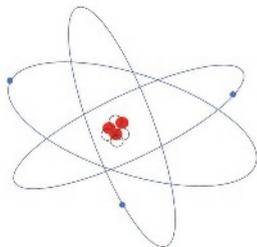


図1:原子の構造

例えば、お月見をしたとします。あいにく曇り空でした。しかし、我々は雲の向こうのあの方角に月があることを確信しています。見えなくとも、我々が見ようが見まいが月はそこに存在するのです。これを「素朴实在論」といいます。

ところが電子は測定するまでは、どこにでもあって、どこにもないのです。これは实在性の否定です。なんととも気味が悪い！そして、観測すると必ずどこかある場所に

見つかり、他の場所には存在しなくなるのです。観測した瞬間、ある場所での存在確率が1になり、他の場所は0になるのです。そして、量子力学はその場所に存在する確率を計算する処方箋を与えるというのです。そんな馬鹿なことがあるでしょうか？

また、量子の世界では、エネルギーは連続な値をとれず、飛び飛びに不連続になります。それぞれ異なる状態なのですが、観測するまではその飛び飛びのエネルギーを持つ状態が重ねあわされた状態だと考えられます。そのたくさんの状態が観測した瞬間ある一つの状態にすっと「収束」するのです。波束の収縮と呼ばれます。

さらに気持ちの悪いことに、位置と運動量(運動の大きさを表す量)を同時に測定し確定させることができません。またスピンというまことに不思議な量があります。

### アインシュタインの不満

アインシュタインは、若い同僚のポドルスキー、ローゼンと共に量子力学への不満を一編の論文にまとめました。彼らのバージョンは位置と運動量に関することだったのですが、ボームという人がスピンを使って分かりやすく改良したバージョンが有名です。

スピン1重項状態にある2つの電子が分裂して、それぞれ反対方向に飛び出したとします。離れた場所でスピンを測ると(測定器をIとIIと呼ぼう)、Iが上向きなら、必ずIIは下向き、Iが下向きならIIは上向きと常に反対を向きます。2つの電子には「相関」があるのです。

測定するまで、Iが上向きなのか下向きなのか量子力学では分かりません。でも、IIは必ずその反対なのです。これはおかしいではないかとアインシュタインは言います。Iの結果を知るとIIの状態も確定する。ではIで測定した結果がIIに影響を与えるのか？IとIIは光の速度より速く情報が伝わるのか、いや、そんなはずはない。実は、IもIIも最初から決まっていたのだ。それを確率でしか予言できない(今の場合、Iで上向きになる確率が1/2、下になる確率も1/2としか言えない)量子論は不完全な理論である。

本当に、アインシュタインが言うように量子力学は不完全なのでしょう？面白いことにIとIIの装置を90度回すと左右の測定になります。Iが右ならIIは必ず左、Iが左ならIIは必ず右になります。では、Iの角度はそのまま、IIの装置だけ90度回したら…。あるいは30度だけ回したら…。

当時は、そんな実験は思考実験と言って、実際に行うことがとても難しい実験でした。ところが、そのようなことをすれば、我々が知らないパラメーターがあるだけで、確率ではなく、完全に結果を予言できる理論があるか、それとも量子力学を受け入れなければならないのか、どちらなのか実験的に検証できる方法があると、J.ベルという人が言います。そして、実際に実験的に検証したのがA.アスペでした。

大倉 宏(科学館学芸員)

# ジュニア科学クラブ 12



## 冬休みの天体観察

冬は明るい星が多く、星空がにぎやかです。今年はとくに木星や火星といった惑星も目立っています。ふだんはなかなか夜ふかしてできませんが、冬休みであれば、少し夜ふかしてもいいかな？という日もあると思います。

冬休みのうちに、ぜひ星の観察に、じっくり取り組んでみましょう。

### 木星と火星を見つけよう

いま「木星」と「火星」が、明るく光っています。どちらも地球と同じく太陽のまわりをまわる惑星のなかまです。とくに木星はマイナス2等級ほどで、とても明るく目立っています。また、火星もマイナス1等級ほどで、赤く光っています。惑星は夜空をうろろうするため、毎年同じところで光っているわけではありません。今年ならではの惑星の見え方を観察してみましょう。

### 冬の明るい一等星を見つけよう

冬の星座には、明るい一等星が7つも輝いています。そのうち3つをつないで「冬の大三角」、6つをつないで「冬のダイヤモンド」と呼んでいます。

一等星とひとくりに言っていますが、同じ一等星でも明るさや色はそれぞれちがっています。ひときわ明るく輝く星や赤っぽい色をした星など、1つ1つの星をじっくり観察してみましょう。

### 月を観察しよう

今年の冬休みは、あまり夜ふかしせずに月を観察することができます。晴れていたら、ぜひ毎日のように観察してみてください。すると、月は毎日形が少しずつ変わっていくことが分かります。また、他の星と比べて、月の位置が毎日少しずつ変化することも分かるはずですよ。たとえば、12月29日には木星のそばに半月近い月がならびます。年明けの1月3日には

火星の近くに満月より少し欠けた月がやってきます。月が満ちていきながら惑星や星座の星たちをめぐっていく様子を、ぜひ観察してみましょう。

## 流れ星を見てみよう

年初めの1月3日の夜おそくから4日の明け方にかけて、流れ星がたくさん流れる流星群がやってきます。「しぶんぎ座流星群」といいます。一番の見ごろは4日の午前3時ごろから夜明け前までですが、その時間帯はかなり冷え込みますので、おすすめしません。がんばりたい人は、3日の夜10時くらいから星空をながめてみましょう。当日は満月近い月が明るいので、できれば月が視界に入らないよう別の方角を見あげるなど、工夫しましょう。

## 観察は安全な場所で、寒さ対策もしっかりと！

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しましょう。道路のわきや駐車場など、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。

また、冬の夜はとても寒いです。とくに、よく晴れた日の夜はおどろくほど冷え込むことがあります。風邪をひかないように十分厚着をして星空を観察しましょう。

にしの あいこ(科学館学芸員)

## ■12月のクラブ■

12月18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：10:05~10:10 クラブについて連絡

10:10~10:45 プラネタリウム「冬休みの天体観察」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)。
- ・12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。

クラブ当日についての詳細は、科学館公式ホームページのお知らせ欄(<https://www.sci-museum.jp/>)または右の2次元コードよりご確認ください。また、科学館の最新情報も合わせて科学館公式ホームページにてご確認ください。



## 火星を歩く

火星と地球は約2年2カ月ごとに接近します。今年2022年は火星接近の年で、12月1日が最接近の日です。最近、夜空では火星は明るく目立っています。

火星は「砂漠の惑星」とも呼ばれ、現在の火星には水はほとんどありません。しかし、近年の火星探査機による調査の結果、海か湖の底で堆積したとしか考えられない地層や岩石が見つかり、大昔の火星には大規模な海があったと考えられるようになりました。

2020年に火星に着陸した探査機「パーセビアランス」は、過去に大きな湖だったと推定されるクレーターの底に着陸しました。そこには過去の湖の底に積もった土砂が固まった岩石があるはずですが、もしも過去の火星に生命が発生していたとしたら、その岩石には何か生命活動の痕跡が残されているかもしれません。

火星探査機が送ってきた火星の風景を科学館のドームに再現し、その中を歩いていくかのように、火星探査機の足取りをたどってみましょう。そして、過去の火星に大量の水があった証拠を観察してみましょう。

企画・制作：飯山 青海(学芸員)



## オーロラ

世界で一番美しい自然現象と言われる天空の光、オーロラ。それは、地球と宇宙のあいだで起こる現象です。オーロラが光っているのは、雲よりも飛行機よりも高く、地上からおおよそ100km~400kmのところ。地上から100kmというと、そこでの大気は地上にくらべて、約100万分の1の薄さです。そこは、限りなく宇宙空間に近い世界です。

オーロラの元は、宇宙からふりそそぐプラズマとよばれる電子や陽子(おもに電子)です。それが地球のまわりにある磁場の影響で、高緯度地域の上空に飛び込んできます。↗



## 酸・アルカリのカラフル実験

自由研究のテーマとしても人気の酸性・中性・アルカリ性を調べる実験といえば、紫キャベツを使うものが有名です。でも今回のサイエンスショーでは、紫キャベツではなく紫芋パウダーを使います。紫芋パウダーに水を加えてよくかき混ぜると、紫キャベツから作る液体を使う時と同じようにあざやかな色変わり実験を楽しむことができます。紫芋パウダーは製菓材料などとして百貨やスーパーで売られていることが多く、簡単に手に入れることができます。



色変わりの秘密は紫キャベツと紫芋、どちらにも含まれているアントシアニンという色素です。アントシアニンは中性の場合は紫色ですが、酸性では赤色、アルカリ性では青色に色を変えるという面白い性質があります。私たちの身の回りにあるものは紫色の液体をどんな色に変えるでしょうか？きっと家に帰ってから試してみたいくなる、カラフルで楽しい実験をご紹介します。

企画・制作: 宮丸 晶(学芸スタッフ)

すると、上空にある極めて薄い大気中の酸素や窒素が光るのです。そう、実は光っているのは地球の大気なのです。

では、オーロラを光らせるもとなった電子は、宇宙のどこからやってくるのでしょうか。オーロラのふるさと、とも呼べる場所は、一体どこなのでしょう。極地で撮影された本物のオーロラ映像と、CGをおりませながら、そのふしぎな光の正体にせまります。

2022年2月のリニューアルオープンの際に新しく生まれ変わった全天周映像システムで、美しいオーロラの映像をご覧ください。今回、番組内のオーロラ映像は一部、新しい映像に変更しています。以前この番組をご覧になったという方も、ぜひ新しい「オーロラ」をお楽しみください！



写真: 中垣 哲也

企画・制作: 西野 藍子(学芸員)

## ギリシャ語の太陽から名づけられた元素 はどれでしょう？ —天体と元素の物語(6)—

京都薬科大学 名誉教授 桜井 弘

### 1. 太陽の光を調べよう！

1665年、ヨーロッパでペストが大流行したとき、ケンブリッジ大学トリニティ・カレッジが一時間閉鎖されることになりました。アイザック・ニュートン(1642-1727)はしかたなく故郷のリンカーシャーに戻り、1年半ほど滞在しました。この時、持ち帰った「プリズム」に光を当てたところ、白色の太陽光が赤から紫色まで虹のように色がわかれて出てくることを観察して、光は色によって屈折する角度が異なることを1666年に発見しました。これが太陽光の分析のはじまりでした。

それから136年後の1802年に、イギリスの化学者・物理学者・天文学者ウィリアム・ハイド・ウォラストン(1766-1828)は独自のプリズムをつくり、太陽光のスペクトルを観察して、その中に黒い線(暗線)があることに気づきましたが詳しくは追及しませんでした。一方、ドイツの光学機器製作者・物理学者のヨゼフ・フォン・フラウンホーファー(1787-1826)もプリズム分光器をつくり太陽光スペクトルを観察し、1813年に、その中に暗線を発見しました。系統的な研究を行って、570本を超える暗線について波長を計測し、主要な線に波長の短い方から順にAからKの記号をつけました。これらはフラウンホーファー線とよばれています。

その後30年ほどした1852年に、ロシア生れのドイツの物理学者グスタフ・キルヒホフ(1824-1887)とドイツの化学者ロベルト・ブンゼン(1811-1899)は分光器に工夫を加えて、それぞれの暗線は太陽の上層に存在するいろいろな元素や地球の大気中の酸素などによる吸収スペクトルであることを示しました。この方法を用いれば、さまざまな元素を特定することができます。キルヒホフとブンゼンは鉱泉水から元素セシウムとルビジウムを発見しました。この分析法の発明と改良により、新しい元素が発見される舞台が整いました。

### 2. 太陽の光の中の仮想元素

1868年、インドで皆既日食を観測していたフランスの天文学者ピエール・ジュール・セザール・ジャンサン(1824-1907)(図1)は、太陽光スペクトル中に黄色の輝線を発見しました。その2か月後イギリスの天文学者ジョゼフ・ノーマン・ロッキヤー(1836-1920)(図2)もケンブリッジで太陽光を観測中にナトリウムによる2本の暗線の他に波長の少し異なった新しい輝線を発見しました。ロッキヤーの偉大などころ

は、イギリスの化学者エドワード・フランクリンド(1825-1899)とともに太陽光のスペクトル線を解析したことでした。二人は、気体のスペクトルを測定すると、元素の存在濃度が低い場合には鋭い輝線が観測されることを認めました。そして、太陽の表面は液体や固体状態の物質ではなく、元素濃度が低い気体や蒸気でできていると考えたのでした。さらにロッキヤーとフランクリンドは、この輝線は水素のみならず当時知られていたどの元素にも当たらないため、未知元素が存在すると考えて、太陽(ヘリオス)を意味する名前に由来して「ヘリウム」と名づけました。しかし、ヘリウムは元素として得ることができず「仮想気体」と考えられて、多くの科学者からヘリウムは認定されませんでした。

ロッキヤーらによるヘリウム発見の翌年、ロシアのドミトリ・メンデレーエフ(1834-1907)は当時知られていた63個の元素からなる周期表を完成させました。しかし、水素の次の2番目の元素は空欄でありました。地球上にない元素は性質を調べることができず、周期表に書き込むことができなかったからです。

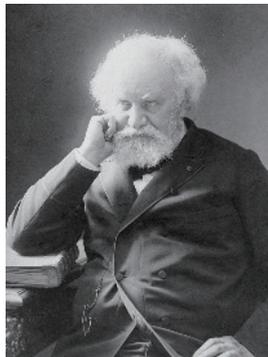


図1. ピエール・ジュール・セザール・ジャンサン  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Pierre\\_Janssen](https://en.wikipedia.org/wiki/Pierre_Janssen)

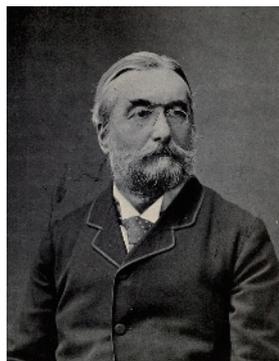


図2. ジョゼフ・ノーマン・ロッキヤー  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Norman\\_Lockyer](https://en.wikipedia.org/wiki/Norman_Lockyer)

### 3. あっばれな研究者たち

太古の時代から、太陽(図3)の存在はよく知っていました。太陽を人格として捉えた太陽神は世界の多くの神話・伝承などに残されています。太陽崇拝の対象であるヘリオス(Helios)は、ギリシャ神話の太陽神で、その名はギリシャ語で「太陽」を意味しています。

ロッキヤーとフランクリンドは、太陽の上層中の気体の元素の名前を「ヘリウム」(helium)と名づけました。「…ウム」や「…イウム」で終わる元素名からみて、二人は金属性の気体元素を想定したようです。当時は、元素名をつける時には特別なルールはありませんでしたが、1919年に設立されたIUPAC(国際純正・応用化学連合)では、元素などさまざまな物質の正式名称は統一されたルールに基づいて命名するこ

とにしています。現在は、新しい元素には、基本的には最後にiumをつけると決められています。

さて、物理や化学の書籍を見ますと、虹色の美しいフラウンホーファー線の図がのっています。図をよく見ると縦に黒い線(暗線)がたくさん描かれています。D線と書かれた部分にはナトリウムによる2本の暗線(D<sub>1</sub>線 589.594nmとD<sub>2</sub>線 588.997nm)が見られますが、ジャンサンとロッキヤーが見つけた黄色の輝線(D<sub>3</sub>線 587.565)は書かれていません。なぜでしょう？

国立天文台編の『理科年表』を見てみましょう。「おもな太陽吸収線」の表には、確かにD<sub>1</sub>とD<sub>2</sub>線が書かれていますが、D<sub>3</sub>線は見当たりません。もう一つの表「おもな彩層輝線」を見ますと、He(D<sub>3</sub>)がちゃんと書かれています。「彩層」というのは、太陽の球体とコロナとの間の紅色に見える部分のことです。ジャンサンとロッキヤーは、ウオラストンやフラウンホーファーが観測できなかった黄色い輝線をきちんと観測していたのです。素晴らしい発見でした。さらに、歴史を進めて見ていきましょう。

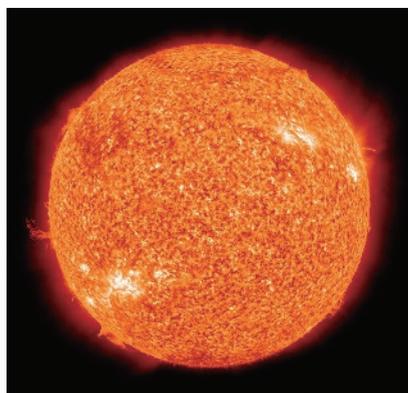


図3. 太陽(ソーラー・ダイナミクス・オブザーバトリーにより撮影された(2010年))  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Sun>

## 4. 仮想元素から実在元素へ！

元素の発見は、証拠となる実在の元素を得て、示さなければなりません。ヘリウムの発見から14年がたった1882年、イタリアの物理学者・気象学者ルイーゼ・パルミエリ(1807-1896)はヴェスヴィオ山の溶岩を研究していたときにD<sub>3</sub>線を見つけ、地球にも太陽と同じ元素があるらしいと報告しました。また、1890年には、アメリカの化学者ウィリアム・フランシス・ヒレブランド(1853-1925)が閃ウラン鉱から化学反応性に乏しい気体を見つけましたが、窒素と勘違いをしました。この報告を知ったドイツの化学者ウィリアム・ラムゼー(1852-1916)(図4)は、1895年にクレーベ石(Cleveite)を入手し

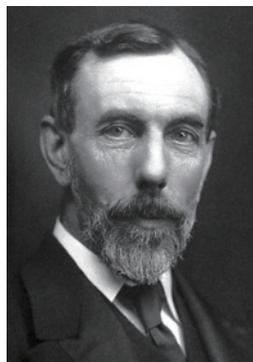


図4. ウィリアム・ラムゼー  
[https://en.wikipedia.org/wiki/William\\_Ramsay](https://en.wikipedia.org/wiki/William_Ramsay)

て、これに硫酸を作用させて気体を集め、その中からはじめてヘリウムを分離することに成功しました。クレーベ石は、閃ウラン鉱と希土類元素を含む鉱石であることが、後にわかりました。この2ヶ月前にラムゼーはアルゴンを発見したところでした。ラムゼーはこの気体をロッキヤーとイギリスの化学者・物理学者ウィリアム・クルックス(1832-1919)に送り、ヘリウムであることを確認してもらいました。同じ年に、ドイツの物理学者ハインリヒ・グスタフ・ヨハネス・カイザー(1853-1940)は鉱山から噴出するガスにD<sub>3</sub>線を見つけ、空気中にヘリウムが存在すると報告しました。このような事情を考えると、ヘリウムの真の発見は1895年に達成されたと考えられます。ラムゼーはカイザーの報告をはじめは疑っていましたが、3年後に分離したネオン中にヘリウムを検出して、空気中にもヘリウムが存在することを認めました。

こうして「仮想気体」は約30年の時間をかけて「実在気体」のヘリウム(He)になりました。歴史をふり返ると、ヘリウムの発見者をあげるのは、とても複雑です。ジャンサン、ロッキヤーとフランクランド、さらにラムゼーを加えた4人がふさわしいかもしれません。ヘリウムは、多くの人々の小さな発見と観察と努力が積み重なって大きな発見となりました。

#### [文献]

- 1) ウィークス/レスター著、大沼正則監訳：『元素発見の歴史3』、朝倉書店、1988年。
- 2) D.N.トリフォノフ・V.D.トリフォノフ著、阪上正信、日吉芳朗訳：『化学元素 発見のみち』、内田老鶴圃、1994年。
- 3) 桜井 弘編：『元素118の新知識』、講談社ブルーバックス、2017年。
- 4) 国立天文台編：『理科年表2022』、丸善出版、2021年。

桜井 弘

KONICA MINOLTA

私たちは「宇宙」を作っている会社です。

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: <https://www.konicaminolta.jp/planetarium/>

画像：大阪市立科学館

## ミニ企画展「小型月着陸実証機『SLIM』展」開催中！

いま展示場4階にて、ミニ企画展「小型月着陸実証機『SLIM』展」を絶賛開催中です！

日本では現在、将来の月惑星探査を見据え、降りたい場所にピンポイントに着陸する技術を、小型探査機で実証する計画「SLIM」プロジェクトが進められています。このプロジェクトが成功すれば、月だけでなく惑星への正確な着陸やサンプルリターン計画も実現可能になります<sup>(※1)</sup>。

本ミニ企画展では、SLIMの脚に搭載されている着陸吸収材の実験用モデル(実物)を展示しています。ピンポイント着陸するために今回新たに開発されたもので、着陸時にこの衝撃吸収材がつぶれることで本体への衝撃を吸収します。展示物は実験の際につぶれた形状のまま展示しています。

また、SLIMに搭載される予定の超小型の変形型月面ロボット「SORA-Q」<sup>(※2)</sup>の動作検証モデルも合わせて展示しています。こちらはSLIMから球体の状態で放出され、月面に着陸すると、自分で走行可能な小型探査機に変形し、搭載されたカメラでSLIM本体や月面の様子を撮影する予定です。会場では、月面を模した砂地に着陸したところから変形し、実際に走行する様子の動画も合わせてご覧いただけます。

(※1) SLIMについては、JAXA宇宙科学研究所のホームページをご覧ください。

<https://www.isas.jaxa.jp/home/slim/SLIM/>

(※2) SORA-Qについては、株式会社タカラトミーのホームページをご覧ください。

<https://www.takaratomy.co.jp/products/sora-q/>



写真1. 衝撃吸収材  
©JAXA



写真2. SORA-Q  
©株式会社タカラトミー

西野 藍子(科学館学芸員)