

サイエンスショー「空気パワー」実施報告

上 羽 貴 大*

概 要

2023 年 3 月 2 日から 5 月 28 日の期間で、大気圧をテーマとしたサイエンスショー「空気パワー」を上演した。基本的な構成は 2014 年に上演した同名のショーに基づいているが、観覧者が家などで簡単におこなえる大気圧の実験の紹介や、大気圧を利用した身近な例として、ストローで液体を吸えるしくみを伝えるダイナミックな実験を取り入れた。

1. はじめに

大阪市立科学館展示場 3 階では、職員やボランティアスタッフが、科学実験を扱う 30 分間のショー「サイエンスショー」を実施している。開館日の平日は、10, 11, 13 時に予約団体対象に、14 時は一般来館者対象に、そして土日祝日は 11, 13, 14, 15 時の 4 回を一般来館者対象に上演している。演目は 3 ヶ月毎に変更し、年に 4 演目おこなっている。

2023 年 3 月 2 日から 5 月 28 日の期間は、「大気圧」をテーマとしたショー「空気パワー」を上演した。空気はあまりにも身近で、普段はその存在を気にすることはない。しかし、想像以上に高い圧力であることを、吸盤などの身近な例を通じて伝えるのが、「空気パワー」の内容である。上記期間中に 235 回上演し、観覧者数はのべ 11,600 名であった。

本稿では「空気パワー」の内容を、実験と進行の台詞をあわせて記述する。これまでに 2002 年[1]、2006 年[2]、2014 年[3]に同タイトルで上演されてきたが、扱う実験や構成を少しずつ見直してきた。2023 年版の製作にあたり、次の 2 点を検討した。

- ① 観客が家などで特別な準備なく簡単に試せる大気圧の実験を紹介すること。ただ見るだけではなく、実際に手を動かす体験により、現象を楽しみ、深く理解してもらえるようにしたい。
- ② 「ストローでジュースを飲むのは大気圧のおかげ」ということが伝わる実験を入れること。過去の「空気パワー」では触れられていなかったが、身近な例であり、観客がショーを観覧したあとも大

気圧のことを思い出すきっかけにしたい。

2. メインビジュアル

広報用メインビジュアルを図 1 に示す。このショーで特にインパクトのある実験は、掃除機でボウリング球を持ち上げる実験であり、実験自体にある程度の知名度があると考えたため、これをメインの写真とした。しかしながら、この実験を知らない人には、何をしているのかまったく伝わらないビジュアルになりうるため、右側には大気圧でコップを釣り上げる実験の写真を配置した。重りをカラフルなスーパーボールにして、楽しげに見えることを目指している。

なおビジュアルに「パワー(仕事率)」と「力」が混在しているが、日常的に使われる語であり、科学的に混乱はないと思われた。英題は「The power of atmospheric pressure」とした。



図 1. 「空気パワー」メインビジュアル

*大阪市立科学館学芸員 ueba@sci-museum.jp

3. ショーの流れ

本章ではショーの流れを、実験の詳細とともに記す。なお担当者により台詞やおこなう実験、その順番は多少異なる。

3-1. 導入: ゴム板でテーブルを吊る

鍋の蓋のように取っ手のついたゴム板の円盤を見せる。テーブルの上に載せ、取っ手をつかみ持ち上げようとする、くっついて持ち上がらない。しかしゴム板は天板を自由に滑らせることができるので、粘着テープが貼られているわけでも、磁石でくっついていないわけでもないことがわかる。しかし、真上に引っ張り上げようとしても持ち上がらない。観客が「持ち上がらないふりをしているだけではないか？」と疑い始めたところでゴム板と一緒にテーブルも持ち上げ、本当にくっついてしまっていることをはっきりと示す。

「ベタベタしているわけでも磁石でもないのにくっつくのは不思議な気がします。でもきっと皆さんも、家で同じようなものを使っているのではないのでしょうか。冷蔵庫とか、お風呂場によくあるものですが、知っていますか？」と問いかけながら、市販の吸盤を取り出し、テーブルにくっつけて見せる。「吸盤はただ置くだけではくっつきませんね。どうすればくっつきますか？」「ぎゅっと押して、中の空気を押し出すから、くっつくんですね。ではなぜ、中の空気がなくなったらくっつくのでしょうか？」ここまで問いかけると、大人の観客でも「なぜだろう」という雰囲気になる。

「実は吸盤がくっついていられるのは、空気のおかげです。といっても、吸盤の中の空気ではありません。**吸盤のまわりにある空気**です。ということは、吸盤のまわりに空気がなかったら、吸盤はくっつかない、ということですね？」「本当にそうか、吸盤のまわりの空気をなくして、確かめてみましょう！」と言い、「どうやって？」と思わせながら次の実験を準備する。



図2. 取っ手のついたゴム板で
テーブルが持ち上がる

3-2. 真空鐘内で吸盤が外れる

真空ポンプと真空鐘を紹介する。5,6 個の吸盤を用意し、真空鐘の内壁にくっつけていく。「ビンの中の空気を、この真空ポンプで抜いていくとどうなるでしょうか？」と問いかけ、真空ポンプを起動する。すると、10 秒ほどですべての吸盤が落ちていく(図3)。比較として真空鐘の外壁につけておいた吸盤は落ちないことから、吸盤のまわりにある空気がないと吸盤はくっつかないことが確かめられた。

ここで、吸盤を取り出すため真空鐘を持ち上げようとするが、びくともしない様子をはっきりと見せ「なぜビンが開かなくなってしまったのでしょうか？」と問いかける。真空鐘がまさに吸盤と同じように、まわりの大気に押さえつけられてしまっていることに観客は気付く。どうやっ



図3. 真空鐘内の吸盤が落下する

吸盤の油性マーカーで縁取り見やすくしている

て吸盤を取り出すかを尋ね(「ビンを割る」という答えがあがることがよくあり、笑いが起こる)、真空鐘のバルブを開け、鐘内に空気を入っているのを、シューという音を聞かせて示す。大気圧に戻ったところで「中からも空気が押してくれているので、ビンは簡単に開けられます」と言いながら真空鐘を開け、中の吸盤を取り出す。

ここで空気の押す力の大きさを具体的に説明する。「空気はものすごく大きな力でものを押しています。どれくらいかというと、みなさん、両手を広げて前に出してください。みなさんの両手のひらの上にも、空気があります。その空気は、ざっと 200 キロのものが載っているのと同じくらいの力で、今まさにみなさんの手を押しています！(図4)どうですか、すごく重たいですね！」

「え、重たくない？ どうしてでしょう？ 空気は手の上だけでなく、手の下にもあります。その空気は同じだけの力で押し返しているのですね。その力のバランスが取れているから、力を感じていないような気がするだけなのです。」

3-3. 真空鐘であそぶ: 風船とホイップクリーム

「手のまわりだけでなく、私たちの体のまわりにも空気があります。その空気はいつでも私たちを同じだけの力で押しています。どうしてぺちゃんこにならないんでしょうか？」軽く膨らませておいたゴム風船を取り出



図4. 空気は手のひらを 200kg で押してい

す。「この風船のまわりにある空気も、風船をまわりから押しています。どうしてぺちゃんこにならないんでしょうか？」と問いかける。「風船の中にある空気が、同じだけの力で押し返しているからです。では、風船のまわりに空気がなかったら、この風船はどうなってしまうでしょうか？」と聞きながら、風船を真空鐘に入れる。真空鐘のゴム栓の底にはネオジウム磁石を接着しておき、ゴム風船の結び目にはゼムクリップをつけておけば、真空鐘の中に風船をぶら下げるのが容易である。「風船の中ではなく、まわりの空気をなくしたらどうなるか」と、実験を説明しながら予想させ、真空ポンプを起動すると、風船は膨らむ。口は縛ったままなので空気が風船の中に入っていったのではない。風船をまわりから押す空気がなくなり、風船の中の空気が風船の膜を外に向かって押し広げたと説明する。この流れでホイップクリームを模したシェービングクリームを膨らませる実験もおこなう[2]。なお、中に入れたものを取り出すため真空鐘のバルブを開けて空気を入れる前には、風船やクリームがどうなるかを毎回問いかけ予想させた。

3-4. 簡単にできる実験：プラスチック下敷きの実験

真空鐘を使う一連の実験を終えたのち、吸盤のしくみを振り返り、プラスチックの下敷きがテーブルから離れなくなる実験を紹介した[2]。

3-5. 大気圧をはかる

ステージのチェンブロックで水平に吊ったアクリル板の下面に、市販のフック付き吸盤を取り付ける。このとき空気は吸盤を下から押し付けており、空気は下から上にも押すことができることを強調する。吸盤を支える空気は、どれくらいの重さまで支えられるかを、ひもを付けた 2 リットルのペットボトルをひとつずつぶら下げていき、調べる。さらに、大きな吸盤ならさらに空気の押す力も強くなりますと言って、ぶら下げたアクリル板にガラスなどの運搬に使われる業務用大型吸盤を取り付け、そこに演示者がぶら下がって見せる[2]。これらの実験で、空気の押す力をより強く印象付けることを狙った。

3-6. 簡単にできる実験：蓋でコップを釣る

「家でも簡単にできる実験をご紹介します」と言って、大気圧でコップを釣る実験をおこなう。使い捨て PET カップと、コップの口全体が隠れる大きさに切ったクリアファイルのシートを用意する。シートの片面中央には、ビニールテープなどで持ち手をつくる。このシートを蓋のようにカップに被せ持ち上げると、コップがくっついてくる(図5)。「これもコップを支えているのは、コップの外にある空気です。コップの中にも空気があるので、不思議に思いますが、実は蓋を軽く指で押しています。中の空気が少し抜けて、その分中の空気が押し返す力が弱くなるので、蓋とコップは離れません」と説明する。さらにゼムクリップを重りとして大量に入れても落ちない様子を見せる。



図5. 蓋でコップ釣り

3-7. 掃除機でボウリング球を持ち上げる

「空気の押す力でさらに重たいものを持ち上げましょう」と言って、掃除機でボウリング球を持ち上げる実験をおこなう[2]。まず球を置く台には大きな穴が空いていることも強調する(図6a)。「このボールの下には空気があります。その空気はボールをどのように押していますか？」と問いかけ、球を下から上に押す力があることを想起させる。「でもボールは浮かんできません。なぜですか？ ボールの上にも空気があります。その空気はボールを上から押さえつけて、邪魔しているのです。だからボールの上にある空気をなくしてあげればいいのです」と言い、掃除機を取り出し、吸込口をボールの上の空間に近づけ、スイッチをオンにする。しばらく動作させ、あるいはボールに吸込口をくっつけても、ボールは持ち上がらないことを見せる(図6b)。「どうしてこれでは持ち上がらないのでしょうか？ そうですね、空気を吸っても、吸いきれませんね」と言い、アクリル筒を取り出してボールに被せる。筒の内径がボールに合わせられており、すき間がないことも伝える。「これなら横から空気は入ってきませんね」と言い、筒の上から吸込口を突っ込み、掃除機を起動する。「これでもだめですね」ととぼける(図6c)。観客の反応に応じて「筒の上から空気が入ってきてしまいますね」と言いながら、蓋を取り出し、筒に被せる。この蓋には掃除機の吸込口がはまる径の穴が空いており、上からも空気は入らない(図

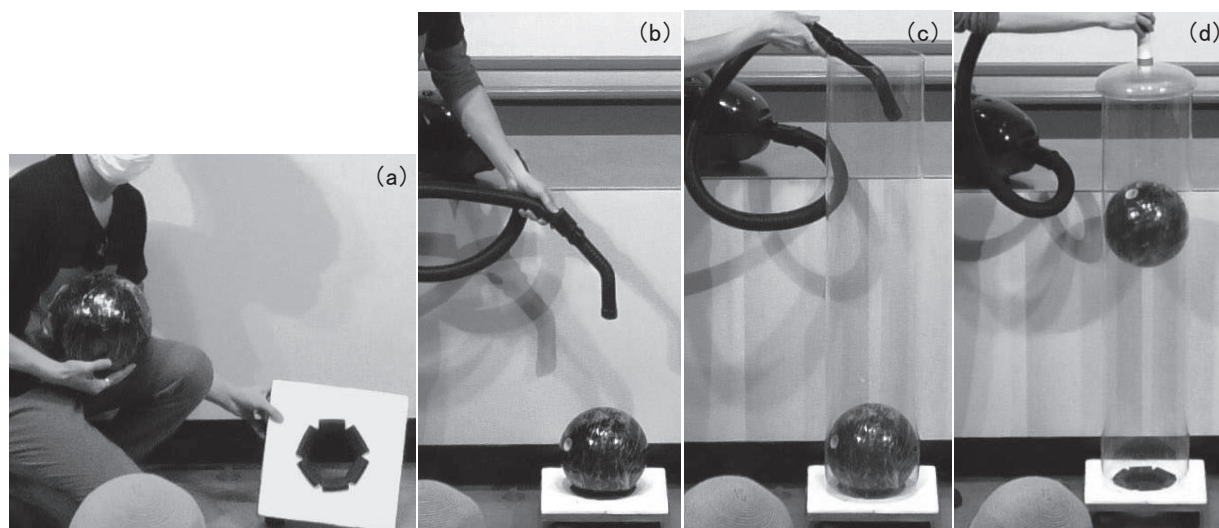


図6. ボウリング球を持ち上げる実験

6d)。球が持ち上がる様子を見せながら「掃除機は何を吸っているんですか？ボールですか？」と問いかける。「違いますね、掃除機が吸っているのはボールの上にある空気です」「ボールを持ち上げているのは誰ですか？」「ボールの下が、ボールを押し上げているのです」などと説明する。ここまでのまどろっこしい手続きと問いかけは、掃除機が球を「吸っている」わけではないことを強く印象付けるためである。

3-8. 特大ストローでジュースを吸う

「ボールが持ち上がるのは不思議に思えますが、これは普段みなさんがやっていることです。ストローでジュースを飲むのと同じです」と言い、球と同様に水槽の水を吸い上げる実験をおこなう(図7)。これは日常の現象をスケールを大きくしただけの、安易な発想による演示実験ではあるが、筒の中の水位がぐんぐんと上がり、水槽の水が尽きて空気を吸い込み、筒の中で飛沫が上がる様子は、ボウリング球とはまったく違った印象で、迫力があり面白い。



図7. 特大ストローでジュースを吸う

ボウリング球と異なるのは、空気はストロー外の液面を上から押していることであり、それを押し返すストローの中の空気をなくすことで、ストロー外の空気が水を押し上げていることを説明する。

この実験は上演期間の途中で思い付き、取り入れたものである。それまではボウリング球の実験を見せて「みなさんがストローでジュースを吸っているのと同じです」と言葉で説明していたが、何がどのように「同じ」なのかを想像するのは難しいように思われた。この特大模型があると観客にも理解しやすくなったと思われる。

3-9. ピンポン玉キャノン

最後は強烈な音を発し印象的なピンポン玉キャノンの実験のクライマックスとした。詳細は文献[3]に譲る。

4. まとめ

大気圧は空気の重さによるものだが、このショーの中では空気の重さであることは特に強調せず、空気はものを押している、と言うに留めた。

過去のショーでは、水蒸気で満たしたアルミ缶を一気に冷やして潰す実験などをおこなっていたが[2]、「水蒸気が収縮する」という新たな知識を前提とするため、説明がスムーズでなくなることを考え、このショーでは扱わなかった。

参考文献

- [1] 小野昌弘、大阪市立科学館研究報告、13, 157 (2003).
- [2] 長谷川能三、大阪市立科学館研究報告、17, 135 (2007).
- [3] 小野昌弘、大阪市立科学館研究報告、26, 151 (2016).