

# サイエンスショー「ビリッとびっくり静電気！」実施報告

上羽 貴大\*, 大倉 宏\*

## 概要

静電気は冬のサイエンスショーの定番で過去何度も実施されている。しかし、コロナ下でおこなわれたのは今回初めてであり、いくつかの定番実験ができなくなってしまった。ここでは、今回のサイエンスショーで行った実験内容と過去の静電気を扱ったショーとの違いを記す。

### 1. はじめに

静電気実験は、冬のサイエンスショーの定番テーマであり、過去 30 年余の間に 9 回(2016 年、2010 年、2007 年、2003 年、2001 年、1999 年、1995 年、1993 年、1989 年)実施している。

当館には、直径 60 センチの大型バンデグラフ起電機があり迫力のある実験が可能である。

しかし、新型コロナウイルスのため、休館や休演を余儀なくされ、再開しても、観客の参加や発話はなしで実施しなければならなくなった。

例えば、観客に協力してもらいバンデグラフを使って髪の毛を逆立てる実験は人気があったが、このような観客の参加は認められないため、今回は観客参加という形では行えなかった。

今回のサイエンスショーでは、①静電気にはプラスとマイナスがあること、②同じ極の静電気は退け合い、異なる極の静電気は引き付けること、③帯電した物体に別の物体を近づけると分極する(誘電分極や静電誘

導を起こす)ことを紹介することにした。

今回は、実験の原案を大倉が提案し、上羽がそれを踏まえて新たな実験を提案した。②や③に関しては、バンデグラフを活用して迫力ある実験を行うよう心掛けた。

### 2. 実験内容

サイエンスショーの演者は4人いて、実験で使う道具も一緒、やる実験もほぼ一緒であるが、実験の順番や話す内容などそれぞれ個性が出る。ここでは大倉のやった例を記す。

#### 2-1. 下敷きで髪の毛を逆立てる

冬になると下敷きで頭を擦って髪の毛を逆立てた経験を持つ人は多いだろう。この実験をやり、「静電気では髪の毛が立ちます」と説明すると多くの人が「ああ」と頷くし、やったことがあるということもいるので、導入の実験として適当であろう。

下敷きの次に塩ビパイプを紙で擦って静電気を起こし、それを頭に持ってきて髪の毛が逆立つことを見せよう。現在のポリプロピレン製の下敷きに比べて塩ビパイプの方が髪の毛はよく立つ。

「空気が乾燥する冬は、このように静電気が起きやすいですね」と説明する。実はこの実験は後でやる実験の伏線でもある。

#### 2-2. 電気クラゲ

スズランテープ(荷造り紐)の一端を結んで割いたものをテーブル(天板はステンレス)の上で結んだ先端を押さえて、もう片方の手を使いティッシュで擦り帯電させる。



\*大阪市立科学館  
上羽: ueba@sci-museum.jp,  
大倉: ohkura@sci-museum.jp

「これだけ静電気が起こると僕のペットが元気です」と言ってスズランテープを結んだところを持ち上げ、空中に放り投げ、擦った塩ビテープをその下に滑りこませるとスズランテープが浮く。

「水中をクラゲが漂うように空気中を遊泳しているので、クラゲちゃんです、しかも電気で浮いているので電気クラゲです」と説明した。受けを狙ってわざと顔の近くで浮かせていると「クラゲ」は顔にくっついてしまい、ここで笑いをとる。「こんなものでも浮かせることができます」と言って、ティッシュで擦ったロングバルーンでも浮かせる。

さらに「こんなものではどうでしょうか」とティッシュで擦ったアクリルパイプを使う。こんどはクラゲは反発しないでくっつく。



プラスに帯電したアクリルパイプとマイナスに帯電した塩ビパイプの二刀流で「くらげちゃん」を操る。写真は記録用に撮ったものなのでプラスマイナスの説明パネルが背景にあるが、演示ではこの時点では出していない。説明の前に、遊びで観客に興味を持ってもらっていた。

### 2-3. プラスとマイナス

ここで静電気にはプラスとマイナスがあることを説明する。静電気には磁石と類似点があり、吸引力と反発力が見られ、離れた場所に作用することを指摘、磁石のときは、N極とS極の2つの極があるとすると上手く説明ができたように、静電気では、電池でお馴染みのプラスとマイナスの2種があると上手く説明できることを指摘する。

そして磁石の時の類似で同じ符号の静電気(プラスとプラスあるいはマイナスとマイナス)は反発し、異なる符号(プラスとマイナス)では引き合うことを図示したパネルをホワイトボードに掲げる。

「クラゲちゃんは実はマイナスです。そしてクラゲを反発させる塩ビパイプもマイナスでした。」と考える出発点(フランクリンがやったように便宜的でもプラスかマイナスのとりあえずどちらかを与える必要がある。)を与え、

「では、同じように反発したロングバルーンはプラスでしょうか、マイナスでしょうか?」と尋ねる。ほとんど正しくマイナスという反応が戻ってくる。



「では、クラゲちゃんを引き付けるアクリルパイプはプラスでしょうかマイナスでしょうか」と問うと、これまたプラスと正しく反応していただける。このようにプラスとマイナスの存在、引力と反発力の関係を簡単な実験から確認/納得していただいた。

### 2-4. 原子と電子

このプラスとマイナスは、突然どこかから降って湧いて出てきたものではない。もともと物質にはプラスとマイナスの粒子が集まってできているが、数(電気の量)が釣り合っているので、中性である。

やや天下り的ではあるが、大人が多いときは、「電子は軽く動いやすいので、くっ付いていたものを引きはがしたり、擦ったりすると片方からもう一方へ電子が移動するため、アンバランスになる。電子が少なくなった方がプラス、多くなった方がマイナスになる」と説明した。

ここで擦る前の塩ビパイプとティッシュを取り出し、電気的に中性である(=引き合わない)ことを見てもらったあと、擦ってお互いに引き付けあう(塩ビは電子過剰でマイナスになり、ティッシュは電子不足でプラスになる)のを見てもらった。

静電気の基本的な性質の説明は、これで終わり(ここまでで5~6分で終わるよう心掛けた)、次にバンデグラフを使ったダイナミックな実験に移った。

### 2-5. バンデグラフ

当館には直径60センチの大型バンデグラフがある。導体球に帯電させると導体球の半径程度の火花を飛ばせるほどの静電気を蓄えることができる。従って当館のバンデグラフでは30センチほどの火花になり、大変迫力のある実験が可能である。

上下のローラーの間にゴムベルトが渡してあって、下のローラーのところで発生した静電気がゴムベルトで運

ばれて、上の大きな帯電球に電気が溜ることを説明した。

「ではプラス、マイナスのどちらの静電気が溜まっているのでしょうか？」と言って、擦ったバルーンを近くに持って行くと、バルーンはバンデの帯電球に飛びつく。バンデには大きなプラスの電荷が溜っていることを見ていただいた。

## 2-6. 紙テープ

帯電球の直径より少し小さめ金属リングに、長さ 75 センチほど紙テープをいくつもつけたものを帯電球に載せ、バンデグラフを運転する。紙テープもプラスに帯電し、お互いに遠ざかろうとして広がる。バンデグラフの調子がいいのに紙テープが広がらないときがある。紙が乾燥して導電性が落ちているため、バンデに載せる前に霧吹きで少し水をかけてやると良く広がる。

バンデグラフは、下のローラーとベルトとの摩擦・剥離で生じた静電気がベルトで運ばれ帯電球に帯電するという説明がよくあるがそれでは電荷が保存しない。正しくは大地から静電気を組み上げているのである。

アース棒(ドライバーの導線を付け、設置したもの)を帯電球に近づけると紙テープは垂れ下がる。アース棒を近づけたり、遠ざけたりすると紙テープが垂れ下がったり、広がったりする。



大地からくみ上げられた電荷は、帯電球に溜まり、紙テープに移り、さらに紙テープから空中へと逃げていく。しかし、カンタンには逃げられないので、逃げ場を探している状況である。演者が手を近づけると紙テープが手に依ってきて、電荷を渡して垂れ下がる。電荷は、演者の体を通じて大地へと逃げていく。

## 2-7. 髪の毛を立たせる

以前は、希望する観客に絶縁台の上に立ってもらい、バンデを使って髪の毛を立たせる実験ができた。

しかしコロナでこのような実験はできなくなり、演者独りでやらなければならなくなった。そこで、前回から既に使っていたのだが、バンデの運転の ON/OFF は、赤

外線リモコンスイッチで行うようにした。アースされた補助球を手近な所に置き、手に持った鍵と補助球の間でスパークするのを見せ、体に溜まった静電気はこのようにすれば安全に逃がせることを見せた。

ちなみに、大型のバンデを使用しているため、市販の絶縁台(4cm厚程の木板に 7cm程のプラスチックの足をつけたもの)だけでは(靴を履いているので痛みはないが)ときどき足元で火花がでることがある。そこで、60 センチ四方、厚さ 10 センチ程の発泡スチロールにゴムシートを張り付けたインシュレーターを作り、その上に市販の絶縁台を載せ、その上に立った。

## 2-8. 花咲爺 I

髪の毛を立たせる実験の後、シュレッダー屑を掌に載せて絶縁台に立ち、バンデグラフにもう片方の手で触れて運転する。髪の毛が逆立つだけでなく、シュレッダー屑も飛び散る。手からシュレッダー屑へ電荷が移動し、プラスに帯電するので、プラス同士反発して掌から飛び出したのだった。



## 2-9. 花咲爺 II

これまで見てきたことをパネル(2-3 節の写真)で振り返る。種類の違う電気(プラスとマイナス)は引き合い、同じ種類では反発しました。では、電気を持つものと持たない物との間はどうでしょう、と問題提起する。

シュレッダー屑を掌に載せバンデに近づけると、シュレッダー屑は毛羽立ってきて、やがてバンデに飛びつく。しばらくするとバンデの球面にくっついていたシュレッダー屑は飛び散る。誘電分極が起こったからだ。

シュレッダー屑の中には電気が全くないのではなく、プラスとマイナスが釣り合っていたのである。プラスに帯電したバンデに近づけるとマイナスは、バンデに引かれ、プラスはバンデに退けられ、シュレッダー屑の中で分極が起こる。全体としてはプラスマイナスが釣り合っている距離の関係で引力が斥力に勝り、シュレッダー屑はバンデに引き寄せられる。

バンデにくっついた結果、プラスの電荷を受け取れ

ば、プラス同士反発するのだから、飛び散ることをパネルを使って説明した。



### 2-10. ティッシュ

同じことを細くちぎったティッシュペーパーでもやった。ティッシュの端を持ち、バンデに近づくとティッシュに誘電分極が起こり、反対端がバンデグラフに引かれる。セルロースは分極しにくいのであろう。うまくいかないときは、霧吹きの水でティッシュに少し湿り気を与えようとまく行く。



バンデにくっついたティッシュは、バンデから電荷を受け取り、バンデから飛び出す。バンデの放電球の高さで掌を立てて適当な間隔を取ると、ティッシュは放電球と掌の間を何度も往復する。

### 2-11. どこにでもくっつくバルーン

ロングバルーンをティッシュで擦ってマイナスに帯電させ、壁に近づけると壁にくっつく。「では、テレビモニターはどうでしょう?」「金属フェンスは?」「おっちゃんの体は?」いずれにもバルーンはくっつく。2-4でみたようにあらゆるものにはプラスの電気とマイナスの電気をたくさん持って、それらが釣り合っている。ところが、バルーンはマイナスに帯電しているので、何かに近づけるとその物体のプラスの電荷がバルーンの方に依って行き、マイナスの電荷は反対に移動する(=分極する)。その結果バルーンはくっつくのである。



バルーンは誘電体なのでバルーンに帯電した電荷は移動しにくい。そのため分極して生じたプラスと中和しないのである。そのため、電流の流れやすい金属フェンスにもくっつく。

静電気の起きやすい冬、紙と紙が(同じものだから、同じ極に帯電したら反発するはずなのに)くっついたり、スカートがまとわりついたりするのは、この分極のためである。静電気の反発現象より、くっつく現象をしばしばみるのは、分極のためであることを指摘した。

実は冒頭のティッシュで擦った塩ビパイプで髪の毛が立ったのは、髪の毛が誘電分極したからで、この説の実験の伏線でもあった。このようにふだん目に見えている静電気の現象は、分極が起こったからというもの結構多い。

### 2-12. バチンから逃れる方法

「冬、何かがまとわりつくのも嫌ですが、もっとも嫌なのは、パチンですね」と言って、次の実験に移る。筆者は、痛くないと言われているので、バンデで体にプラスの電気を帯電させ、手の甲を金属フェンスに近づけ、2~3センチの火花を見せていた。指の関節の方が痛くないが、手の甲の方が火花が良く見えるようだ。火花と同時に逆立った髪の毛がパタンと落ちるのも見えた。感電して筋肉が収縮するの見える。60センチの導体球の帯電量を計算し、危険ではないことを確認した上でやっていたが、怖がってやらない同僚もいた。



「このパチンの時、火花が飛んだ手の甲が痛いのであって、髪の毛が動いた頭が痛いわけではないですね。つまり、体から火花が出る場所が痛いのです。だから体から火花を出さなければいいのです。」と言って、鍵を使って静電気を逃がす方法を紹介する。手に持った鍵を金属フェンスに近づけると、鍵から金属フェンスへ火花が飛ぶが、体から出ているのではないから、痛くない。

### 2-13. 金属の棒、プラスチックの棒、木の棒

絶縁台に立ち、運転しているバンデに金属棒を当てて体に帯電させたのち、金属フェンスに当て静電気を逃がす。髪の毛がその度にパッと立ったり、パッと下りたりする。「溜めます、逃がします。溜めます、逃がします。」とコミカルに繰り返す。金属が導体だから可能なのであり、放電するとき火花が飛ぶが前節で述べたように痛くはない。

「同じことをプラスチック棒でやるとどうなるでしょう。」ということでやってみると髪の毛は立たず、金属フェンスの所で火花が飛ぶようなこともなく面白くない。プラスチックが電気を流しにくいことが分かる。

「では木ではどうでしょう？」と尋ねる。やはり何も起こらないだろうと思う観客と何かが起こることを期待する観客とで半々という感じである。最初木製のモップの柄でやっていたのだが、木製バットがあり、このほうがうまく行くので、木製バットでやるようになった。



絶縁台に立ち、バンデにバットを当てるとゆっくりと髪の毛が立ってくる。次にバットを金属フェンスに当てると髪の毛はゆっくりと下りてくる。

「このように木は全く電気が流れないのではなく、少しずつしか流れないのです。」と説明した。次にバットを金属フェンスに固定して、体に静電気を溜め髪の毛が逆立った状態でバットを触った。「少しずつ、ゆっくり流れるのでパチンとくることはありません。体に溜まった電気を安全に逃がせます。鍵がないときは、木の柱か土壁をしばらく触って、体に溜まった静電気を逃がしてからドアノブなどを触れば静電気でパチンとくることはあり

ません。」と説明した。

モップの柄は乾燥しやすく、なかなか体に静電気を溜めることができなかった。予め霧吹きを使うなどして少し湿らせておけばうまくいく。それを逆手にとって、最初うまく実験できないのを見せ、湿らせると成功するのも見ていただき、「冬、乾燥していると一度溜まった静電気が逃げにくい。少しずつ逃がすことができなくて、体にたくさんたまったとき金属などに触れると体に溜まった電気が一気に流れ、パチンと躁る。」という説明をした。



### 2-14. バンデの放電

先端に直径 10 センチほどの導体球のついたアースされた棒を近づけ、20 センチくらいの火花が飛ぶ。伝統なのか 1 センチ 1 万ボルトという数字をなぜか使って説明しているので、20 万ボルトの放電と言っていた。

アニメキャラクターのピカチュウの電撃は 10 万ボルトなのだそうなので、小さい子が多いときは、「2ピカチュウ(ピカチュウ 2 人分)だね」と言っていた。しかし、空気の絶縁耐圧は 30kV/cm がふつう使われるので、それと言うと6ピカチュウになる。

### 2-15. 百人脅し

最後に家でもできる実験をいくつか紹介した。プラスチックコップとアルミホイルで作る静電気コップは有名になっている。やり方を紹介した上で、「本当は大勢で



手をつないで輪になってもらって、輪の切れた片方の人に静電気コップを持ってもらい、もう片方の人に触ってもらうんだけど、今日はそれができないから…」ということで、静電気コップに静電気が溜まっている音を確認するために、蛍光灯を点けて見ていただいた。

### 2-16. 転がる空き缶

空き缶を横にして、帯電させた塩ビ棒、ロングバルーン、アクリルパイプなどを近づけると、近づけたものの極性に関係なく、空き缶は静電誘導を起こし、近づけたものに寄っていく。

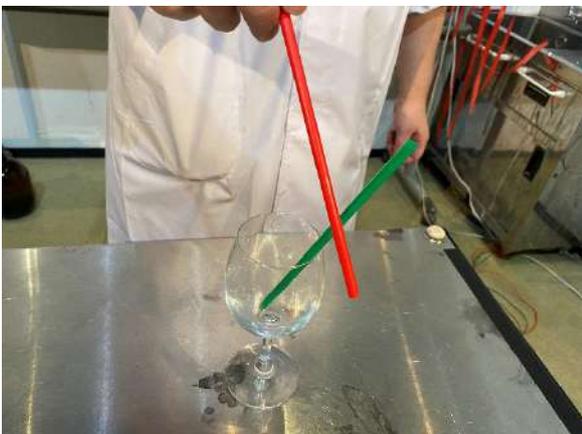


### 2-17. 逃げるストロー、近寄るストロー

2本のストローをティッシュでこすり、マイナスに帯電させ、1本をワイングラスに入れ、もう1本を手に持ち、ワイングラスの方に近づけると、ワイングラスの中のストローは逃げていく。

今度は、片方のストローをサランラップで強くこするとストローはプラスに帯電するので寄ってくる。

楊枝や串を使ってやじろべえを作ってやる方法もあるが、感度は多少落ちるがこの方が手軽である。また、プラスにはなかなか帯電しにくいので、強くこすることと、一度マイナスに帯電させたものでなく、新しいストローを使うのが実験を成功させるコツである。



### 2-18. ファラデーケージ

コロナ前は、静電誘導の実験がひと段落したところで、ファラデーケージの実験をした。網板を何枚も使って昔の電話ボックスくらいの箱を作り、そこにお客さんに入ってもらい、バンデグラフで発生した高圧を利用して小さな雷を落とすのである。詳細は参考文献に譲るとして、この参加型の実験は、コロナ下ではできなかった。

電流は金網を使って大地に逃げるから中の人は安全なのです、という不十分な説明でごまかしていたこともあったが、正確に説明・解説をするとなかなか分かりにくいところもあり、迫力のある実験ではあったが、なくなってスッキリした面もあった。

### 3. おわりに

ティッシュの実験は、当館のイベントで来ていた豊田将章先生の指導する大谷中学校・高等学校科学クラブの生徒さんからやり方を教わりました。生徒の皆さんと指導をされている豊田先生に感謝します。

齋藤吉彦館長をはじめ同僚からは多くの助言をいただき感謝しています。特に秦豊吉氏には壊れてしまったモーターとローラーシャフトのカプラを修理していただきました。筆者(H.O.)ひとりではとても直せなかったので感謝しています。また、長谷川能三学芸員には実験道具を整備していただき感謝しています。当館のバンデグラフは強力で放電の際に電源線でアースをとるとサージノイズで電源に繋がった電子機器を破壊してしまいます。アース線の整備もしていただきました。また宮丸晶学芸員には広報用の撮影や、モデルになっていただき感謝します。

### 参考文献

[1]大倉宏「サイエンスショー『静電気なんてこわくない!』実施報告」大阪市立科学館研究報告 27(2017)117-12.