

旧制第四高等学校由来の物理実験機器の調査と復元及び、

それらを効果的に展示する方法について

(代表) 富澤 優梨 (理学部数学科 4年)	瀧本 達也 (理学部物理学科 4年)
西川 雄輝 (理学部物理学科 4年)	安田 清貴 (理学部物理学科 4年)
平野 真由 (理学部数学科 4年)	國谷 亮太 (理学部生物学科 4年)
野口 亜希 (理学部生物学科 4年)	
小嶋 良太郎 (理工学域物質化学類 3年)	堀 優太 (理工学域物質化学類 3年)
下田 祐美子 (理工学域物質化学類 3年)	小林 茜 (理工学域物質化学類 3年)
猪股 初夏 (理工学域数物科学類 3年)	中村 慎 (理工学域数物科学類 3年)
神田 景子 (理工学域数物科学類 3年)	西 悠介 (理工学域電子情報学類 3年)
静木 あや子 (理工学域自然システム学類 3年)	
半澤 慎也 (人間社会学域人文学類 3年)	
河野 百合子 (理工学域物質化学類 2年)	干場 あゆみ (理工学域物質化学類 2年)
臼井 主紀 (理工学域数物科学類 2年)	白井 辰昌 (理工学域数物科学類 2年)
竹下 実里 (理工学域数物科学類 2年)	山本 唯 (理工学域数物科学類 2年)
岩田 佳奈 (理工学域自然システム学類 2年)	
佐伯 美沙都 (理工学域自然システム学類 2年)	
永島 麻衣 (理工学域自然システム学類 2年)	

指導教員

鎌田 啓一 (理工研究域数物科学系 教授)

1. 研究目的

石川県立自然史資料館にて、明治から昭和初期に使われていた、旧制第四高等学校由来の物理実験機器が700点以上収蔵されていた。大半が倉庫で保管され、数点が陳列棚に置かれているという状態であり、どのように動くか、また、どういった用途で用いるのかが分からなかった。

本研究の目的は、そのような実験機器の歴史的価値を知りたい、さらに、より多くの方に知ってもらいたいということ。そのために、復元を行うことにした。

私達は、サイエンス・ラボという団体であり、理科教育普及のため、科学教室や科学イベントを開催している。多くの方に知ってもらおう場としては、これらを活用しようと思う。

2. 実験機器の選出

自然史資料館にて保管されている実験機器は多数あり、分野ごとに分類されて保管されていた。

選出するに当たり、配慮した点が2点ある。

1点目は、大半の実験機器において、使用目的や動作原理が見当もつかないという中で、どうやっ

て選出するか。見当もつかないものが多い中で、分類されている分野から形状等を踏まえると理解できそうなもの。少数ではあるが、今日でも見ることができる、使われているものもあったので、その中で、今日でも見ることは出来るがほとんど使われていないもの。などの中から、今回の実験機器の選出をする。

2点目は、今日ではほとんど見られない実験機器を、一般の方にも知ってもらいたいとの思いがあるということ。一般の方、その中でも、子どもにも興味を持ってもらえる、楽しんでもらえる実験機器を選出する。そのためには、昨年度までのサイエンス・ラボの活動を通じた経験より、動く、音が鳴るといったインパクトのあるものが良い。

以上の2点より、今回は、「音反動車」「Wimshurst 式誘導起電機」の2つの実験機器を選出した。

ここで、Wimshurst 式誘導起電機は、構造が難しいため、今回は、同じ動作原理の「Dirrod 静電誘導発電機」を研究対象とした。

3. 研究成果と考察

3. 1 音反動車

音反動車とは、ヘルムホルツ共鳴器4つを、直行する腕の端に固定し、自由に回転できるようにしたものである。ここで、ヘルムホルツ共鳴器とは、中が空洞の物体に開口部を1つ作ったものをいう。今回私達が再現した、ピンポン球を使った音反動車で言えば、ピンポン球1つをいう。

この装置に、振幅の大きな音波、すなわち大きな音を投射すると、ヘルムホルツ共鳴器がある周波数の音に共鳴すると共に、上から見て開口部と反対の向きに回転する。



図1. 自然史資料館にて保管されている音反動車



図2. ピンポン球を使って再現
矢印は回転方向

(1) 音反動車の動作原理

ヘルムホルツ共鳴器（ピンポン球）が周波数によって共鳴し、開口部付近に生じる空気の流れによって回転する。

空気の流れとは、ピンポン球中から押し出す空気、外部から吸う空気である。四方から空気を吸う（図3. 下段）のに対して、押し出すとき（図3. 上段）は、一方向である。そのため、回転方向に対する力は、押し出す方向が大きいので、開口部とは逆方向に回転する。

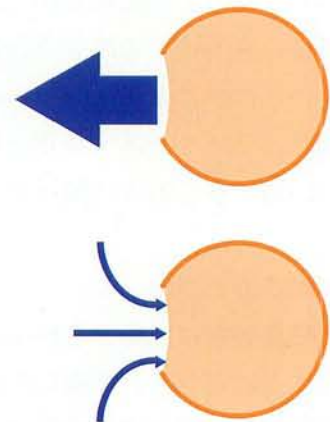


図3. 空気の流れ

ヘルムホルツ共鳴器の周波数

$$f = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{V(L + \delta)}}$$

f : 固有 周波数 v : 音速
 S : 口孔の面積 V : 球の体積
 L : 球の肉厚 δ : 開口短補正

(東京都立戸山高等学校 吉澤純夫)

(2) 研究成果

図2のピンポン球を使った音反動車の他に、ヤクルト容器を使って再現した。

前記の公式にて、周波数を求めてみる。(v=340[m/s])

	V[m ³]	S[m ²]	L[m]	f[Hz]	実測値[Hz]
ピンポン球	$\frac{256}{3}\pi$	$\frac{25}{4}\pi$	0.5×10^{-3}	約 654.93	約 640
ヤクルト容器	80×10^{-6}	$\frac{25}{4}\pi$	1.0×10^{-3}	約 847.75	約 470

(3) 考察

ピンポン球は、周波数の理論値と実測値がほぼ一致。

ヤクルト容器は、複雑な形なので、実測値と差が出たのだと考えられる。

しかし、これにより形によって固有の共鳴周波数があることが分かる。



図4. ヤクルト容器を使って再現

音反動車は、製作が簡単であったため、金沢大学理工学域が主催する「ふれてサイエンス&テクテクテクノロジー」、能登青少年交流の家で行った「能登サイエンスワールド」にて発表した。

音反動車は、大きな音でないと回らないので、周りなどを囲って防音のための工夫をした。



図5. 発表風景

3. 2 Dirod 静電誘導発電機

導電棒を円形に並べた円盤を回転させることにより、静電気を発生させる発電機のこと。静電気といっても、ヴァンデグラフ発電機等に用いられる「摩擦」による静電気ではなく、「静電誘導」による静電気を発生させている。ここで、静電誘導とは、帯電した物体を導体に接近させることで、帯電した物体に近い側に、帯電した物体とは逆の極性の電荷が引き寄せられる現象である。

Dirod 静電誘導発電機は、初期のX線発生器に使用されていた。

(1) Dirod 静電誘導発電機の動作原理

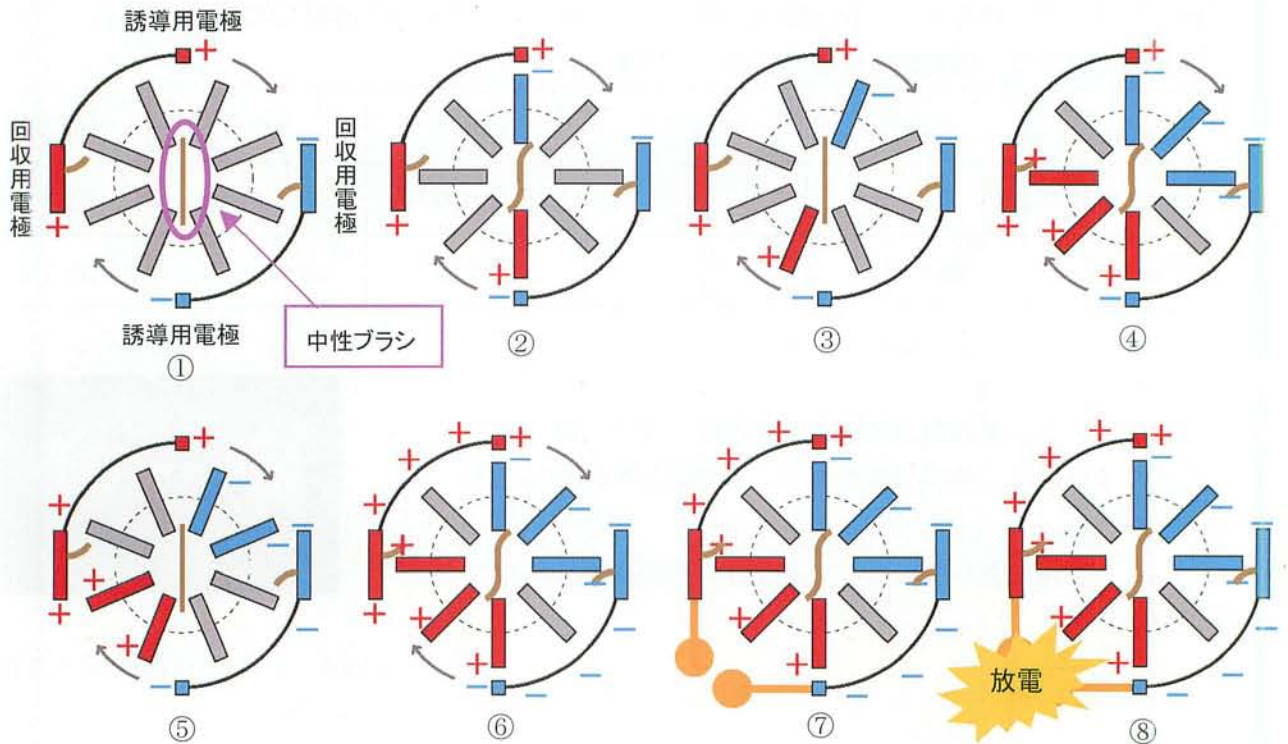


図6. 動作原理

円盤（図6の点線の円）を回転することにより、2本の導体棒が中性ブラシにふれることで1本につながる。このとき、誘導用電極の電荷によって、導体棒に電荷の偏りが生じる。（図6. ①）

さらに円盤を回転すると、電荷を持ったまま導体棒が中性ブラシから離れる。（図6. ②）

電荷を持った導体棒が回収用電極に触れると、電荷が回収され、電極の電荷が増加する。（図6. ⑤）

以上を繰り返すことにより、電極の電荷が増大していく。ここで、電極の電荷が増大していくため、図6. ②で誘導される電荷も徐々に増加する。

電極にある程度電荷が溜まったとき、電極にギャップをつなぐと放電する。（図6. ⑦⑧）

(2) 研究成果

まず、材料集めから製作を行った。これを試作版とする。試作版は、放電しなかった。

次に、インターネットに載っていた異なる製作方法のものを製作。これを改良版とする。改良版は放電した。

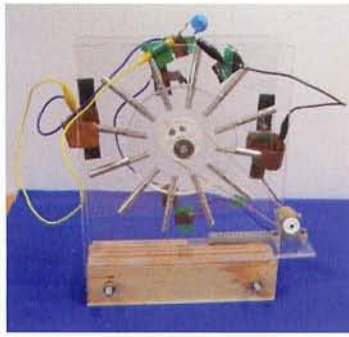


図7. 試作版

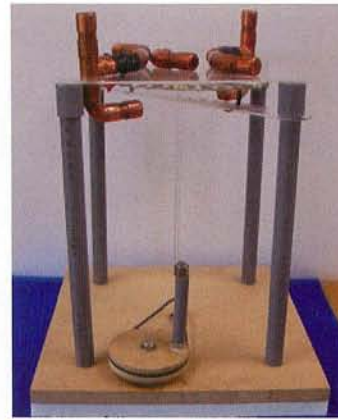


図8. 改良版

試作版と改良版の相違点を挙げ、試作版の改良をした。
双方の相違点として、ブラシと回収用電極が挙げられた。

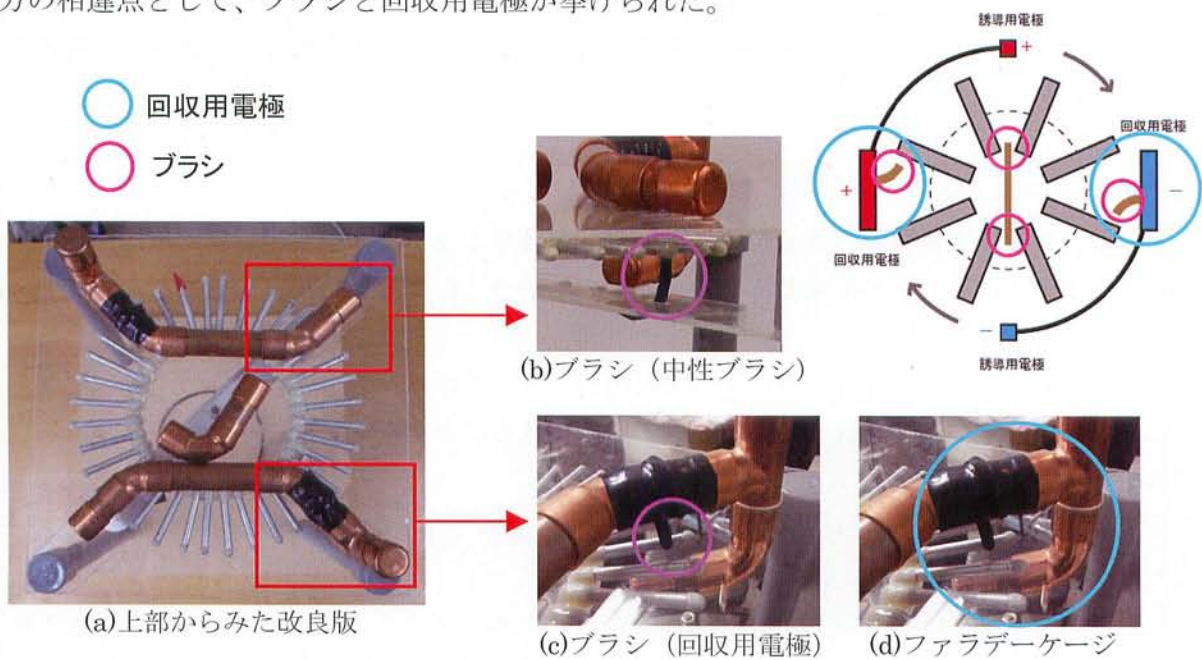


図9. 相違点 (改良版)

相違点1つ目のブラシは、試作版では銅線で作ったブラシだったのに対し、改良版では導電性ゴム (図9. (b)(c)) であった。

相違点2つ目の回収用電極は、試作版では銅版1枚だったのに対し、改良版ではファラデーケージ (図9. (d)) であった。ここで、ファラデーケージとは、導体に囲まれた空間のことを指す。

試作版の相違点の改良を行うと、放電した。

(3) 考察

ブラシに関して：銅線には柔軟性がないため、導体棒が銅線のブラシに触れて倒れたときに元の位置に戻り難い。そのため、導体棒に触れるとき、触れないときが出てくるのが原因と思われる。その点、導電性ゴムだと、元の位置に戻るため、全ての導体棒に触れることができる。ただし、導体棒を並べた円盤を回すスピードが速すぎるとブラシが元の位置に戻る前に次の導体棒が

通過してしまう。

回収用電極に関して：ファラデーケージを使用することで、導体棒に対する面積が広がったため、電極で回収しやすくなったのだと思われる。

4. 総括

旧制第四高等学校由来の物理実験機器は、資料が少なく動作原理が不明なものが多かった。その中でも、今回は、復元するに留まらず、一般の方にも知ってもらえる実験機器の選出をすることにした。選出した実験機器は、音によって回る、放電するといった結果の分かりやすいもの。それにより、実験機器の復元が成功か否かが、分かりやすかった。さらに、今回は、比較的入手が容易なもので復元を行うことができた。

実験機器の復元をする過程で、歴史歴価値や、今日では見られない構造の工夫を発見できた。両実験機器に共通することは、ブラックボックス化されていないため、原理が分かりやすい。説明しやすい等ということ。そのようなことから、電源を必要とせず、そのようなものを創造した昔の人たちの聡明さがわかった。

5. 今後の課題・展望

今回は、2つの実験機器の復元を行った。動作原理等の見当がつかない状態から始めたが、復元できると達成感を得ることが出来た。また、発表の場がつくれた音反動車に関しては、一般の方にも興味を持ってもらえたと思う。

自然史資料館には、まだ700点以上の実験機器が残っている。しかし、その多くは、原理等が分からないまま、倉庫に保管されており、一般の方は、見る事が出来ない。それは、非常に残念な状況である。

使用目的や動作原理などがわかり、復元ができれば展示できるので、歴史的価値を知ってもらえる。なので、今後も復元を続けていきたい。

また、科学の面白さ、不思議をさらに多くの人に知ってもらえる、ふれてサイエンス&テクテクノロジーや、能登サイエンスワールドのような発表の場を増やしていきたい。発表の場では、見るだけでなく、体験もしくは工作をしてもらえる演示方法を考える。

【謝辞】

本研究は、平成21年度学長奨励費の援助を受け行いました。奨励費のおかげで、自然史資料館に残る旧制第四高等学校由来の実験機器の復元を行うことができました。サイエンス・ラボ一同、心より感謝いたします。ありがとうございました。

【参考文献及び参考ホームページ】

静電気の話：基礎的実験から応用まで(A. D. ムーア著、高野文彦訳、河出書房新社)

<http://www.cavemanchemistry.com/dirod/index.html>

<http://www.bekkoame.ne.jp/~kitamura/yosenabe/yose134.htm>

<http://www.hi-ho.ne.jp/touchme/PDFFiles/BirdsTokingAnaliysis.pdf>