

## 生徒体験型オーロラ実験に関する教材開発

研究代表者 藤田寛治（佐賀大学工学部）

研究分担者 大津康徳（佐賀大学工学部）

三沢達也（佐賀大学工学部）

### [要約]

本研究は、多くの人々が直接見たことがないオーロラを題材として、論理的思考力、独創性を育むことを目標とした。オーロラは北極と南極に現れるため、「磁力線」が深く関わっていることを理解させることに念頭を置いた。次に、「磁力線」が影響を及ぼすのは「電子やイオン」である。このことから、オーロラは宇宙で生じるプラズマ現象であることを認識してもらおう。このように、オーロラは、「電気と磁気」、「磁力線の可視化」など様々な科学現象の宝庫と言える。本研究では、「オーロラ」を通して、生徒が自ら「なぜ、こうなるのだろうか」という疑問を持ち、その理由を考え、論理的思考力や創造性などを身に付ける指導方法や教材などの開発を行うことを目的とした。平成15年度では、以下の2種類のオーロラ装置の構築を行い、小・中学生による体験評価（リフレッシュ理科教室と地域貢献事業「ユニキッズクラブ」）を実施した。

(1)地球周辺のオーロラ装置：円筒ガラス容器に2枚の平行平板電極と両電極間に地球を模擬した永久磁石入りの球を挿入した構造からなる。模擬地球に見立てた永久磁石の周りに、光る気体（プラズマ）が巻きつく様子が確認でき、磁力線の可視化を実現できた。模擬地球をゆっくり動かすことで、磁石の移動に追従してプラズマが変化することが目視でき、実際のオーロラの動きを再現できた。その様子をビデオ教材として実用可能であることもわかった。

(2)北極近傍のオーロラ装置：釣り鐘型のガラス容器の上部から剣山を挿入し、下部に鍋底型アルミニウム電極を凸部が上になるように設置し、その下に永久磁石を配置した構造からなる。圧力が低いときは、北極近傍で観測される広がったオーロラが目視できるが、圧力を高くしていくと、剣山から発生する筋状の発光に代わり、雷の様子を再現しているようであった。本装置により、オーロラのみならず、自然界のプラズマ現象を探求する教材として使用可能であることがわかった。

平成16年度では理科教室等でのアンケート結果を基に(a)地球周辺オーロラ：模擬地球の支持棒の改善。電磁石コイルにより揺れるオーロラを実現した。(b)北極近傍オーロラ：観測窓を大きくする。導入ガスを変える。などの改善を行った。平成16年1月31日、平成16年8月5日、平成17年1月22日、23日に開催された理科教育の祭典に出展し、青少年を対象に、実施評価を実施した。良好な結果を得られた。本オーロラ装置は、教材としての十分可能であることを確認できた。

[キーワード] オーロラ、地磁気、磁力線、生徒体験型、科学的創造性

[ 研究成果 ]

1 . オーロラ ~ 様々な科学現象を含む教材 ~

オーロラは、北極と南極に出現し、光り輝き、揺れる。また、「電子とイオン」、「電気と磁気」、「真空と大気圧」、「磁力線の可視化」など様々な科学現象の宝庫である。図1に示すように、オーロラは北極と南極に現れるため、「磁力線」が深く関わっている。そこで、本研究では、生徒自ら、オーロラ教材を通して、「なぜ、このようになるのだろうか」と疑問を持ち、その理由を考える能力を養い、論理的思考力や創造性を育むことができるような教材開発を行った。本教材は、中学生、高校生を対象とした。

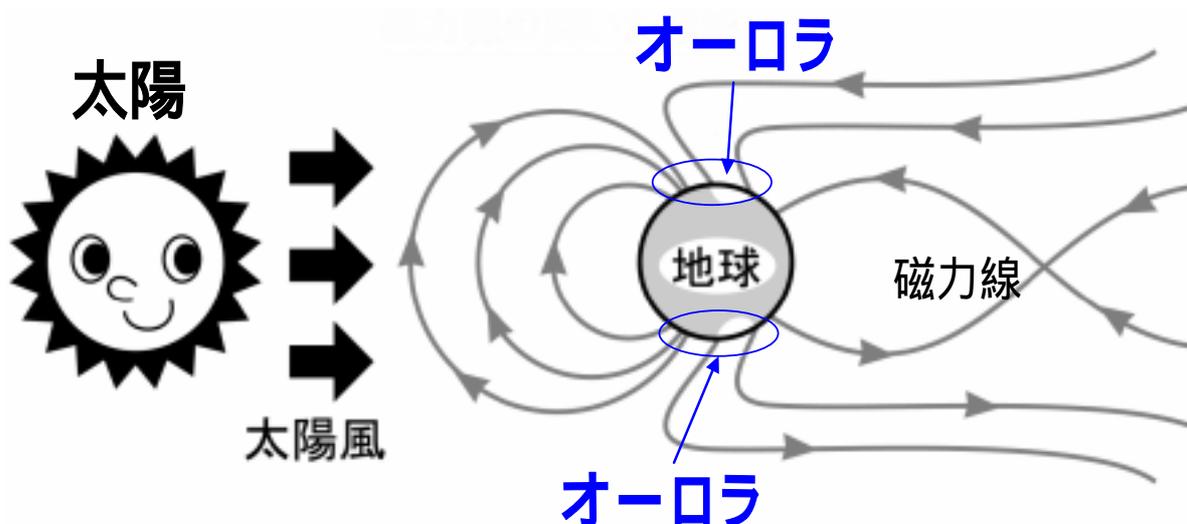


図1 . オーロラと地球の地磁気、磁力線との関わり

2 . 平成15・16年度に開発したオーロラ装置

2 . 1 地球周辺のオーロラ装置 ( 「北極と南極に出現」 「光り輝く」 )

オーロラ装置を実現するためには、宇宙状態を模擬しなければならない。即ち、宇宙は真空状態であり、わずかに発光する気体 ( プラズマと呼ぶ ) に覆われている。このオーロラ装置は、図2に示すように、直径16cm、長さ30cmのガラス容器に、直径10cmのアルミニウム製電極を平行に2枚挿入した構造からなっている。電極の間に、模擬地球を挿入している。模擬地球は、直径3cmのプラスチック球内に、円柱状の永久磁石 ( 磁界強さ ; 1テスラ、直径1cm、長さ2cm ) を挿入したものである。オーロラを発生する実験手順は以下の通りである。

- ( 1 ) ガラス容器内を密閉後、容器内の圧力が1000分の1気圧以下になるまで真空ポンプで容器内の空気を排気していく。

- ( 2 ) 2枚のアルミニウム製電極間に電源により電圧を加え、電極の間で、青紫色の発光が見えるまで電圧を上げていく。この発光をプラズマと呼ぶ。電源は、図3に示すように、商用周波数(60Hz)の電圧を、スライダックと高圧変圧器(ネオントランス)により、数10倍程度に高くしたものである。
- ( 3 ) 発光が観測された後、図4に示すように、模擬地球の周りに、様々な模様が見える。模擬地球を電極間の軸方向や半径方向に動かすことで、模擬地球周りに巻き付く発光の模様が変化する。その模様がオーロラである。
- ( 4 ) 容器内の圧力を変化させることで、発光色や模様を変化させることができる。

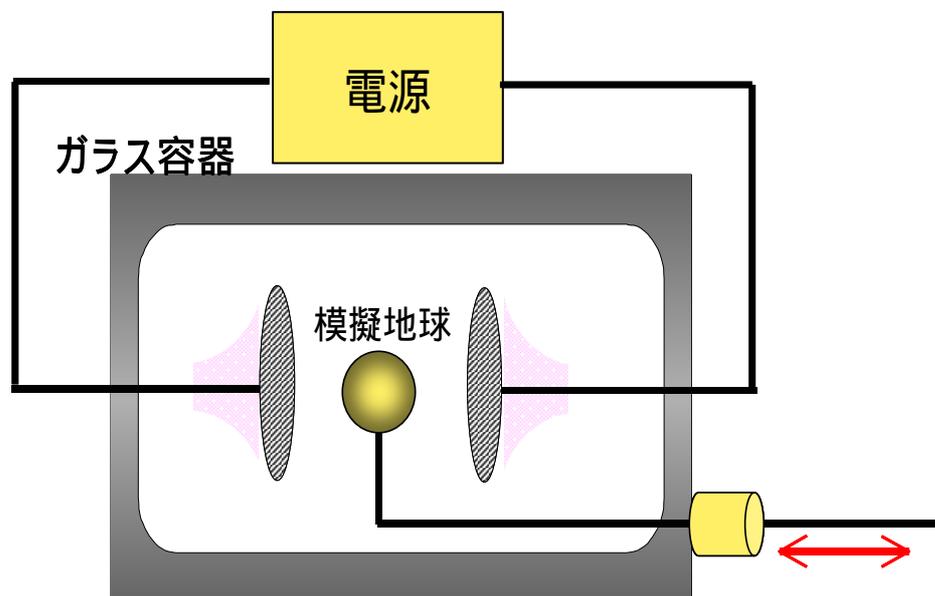


図2 . 地球周辺のオーロラ装置の概略

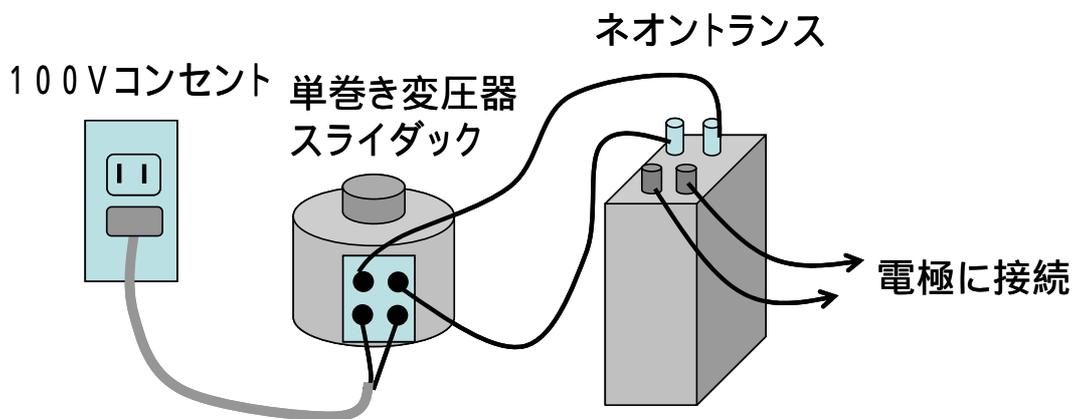


図3 . 電源の詳細

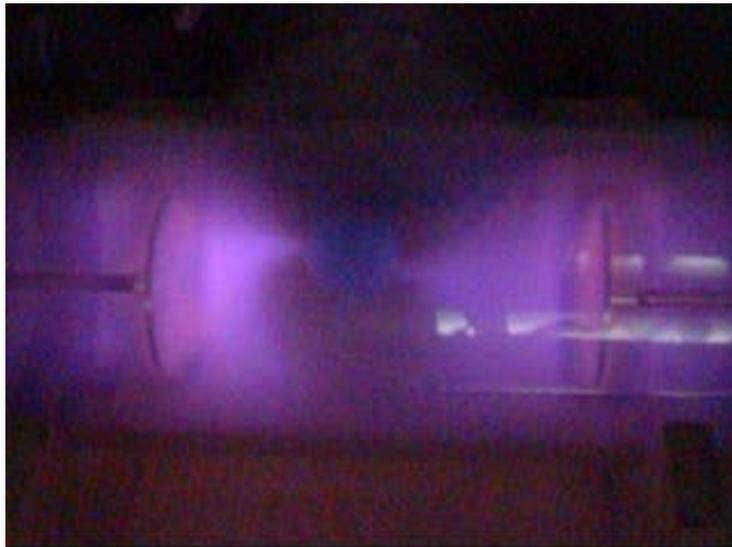


図4．地球周辺のオーロラの様子

## 2.2 揺れるオーロラ装置への改良

理科教室や科学の祭典などで体験者からのアンケートを基に、前節で述べた地球周辺のオーロラ装置の改良を行った。具体的には、模擬地球を操作する棒を動きやすくした。高真空ポンプにより、ガラス容器内の圧力を10万分の1気以下にし、ガラス容器の外側に約100回巻いたコイルにより、磁界をガラス容器内に発生させた。2.1で述べた実験手順に従って、発生したオーロラをこの磁界の大きさをゆっくり変化させることにより、揺れるオーロラを実現させた。磁界の大きさはコイルに流す電流による変えることができる。

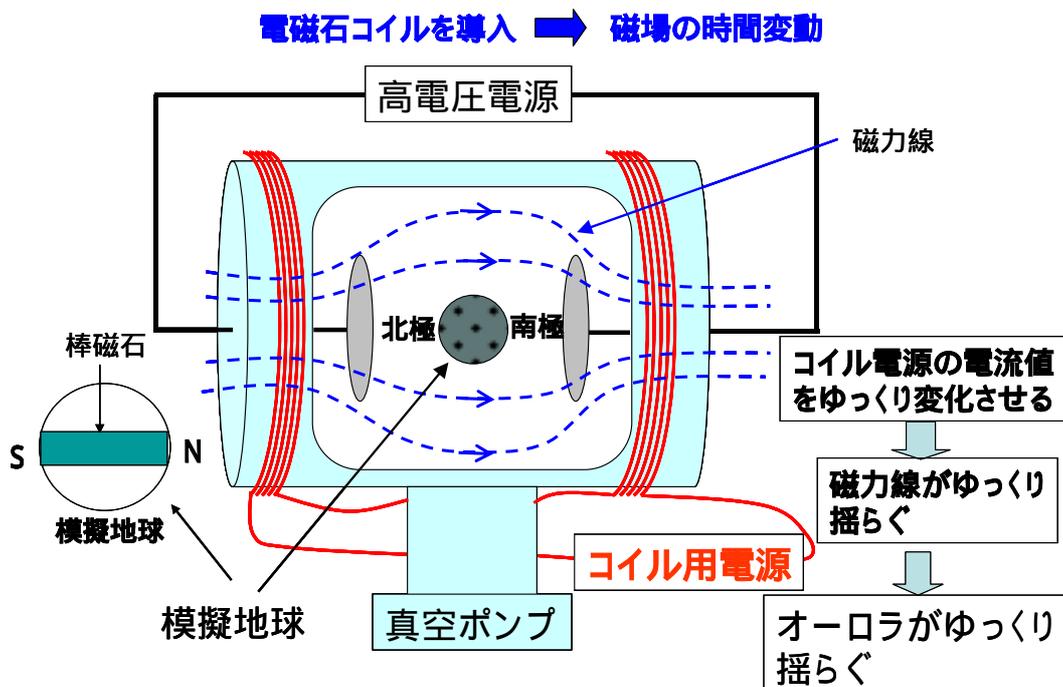


図5．揺れるオーロラ装置の概略

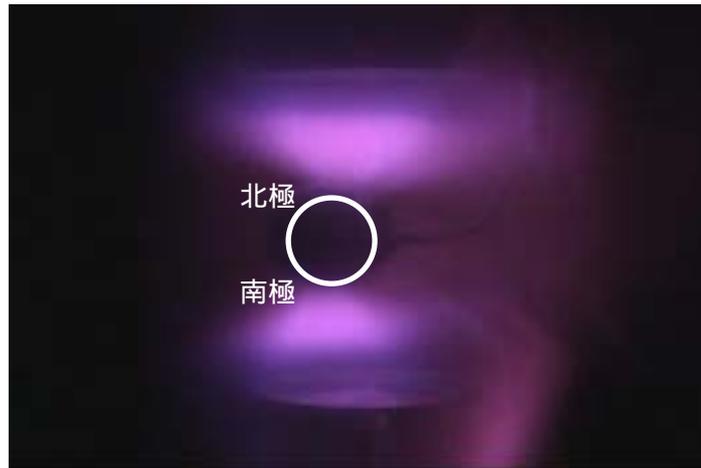


図6．揺れるオーロラの静止画

## 2.2 北極近傍のオーロラ装置（オーロラの拡大図）

北極近傍のオーロラ装置は、釣り鐘型のガラス容器の上部から剣山を挿入し、下部に鍋底型アルミニウム電極を凸部が上になるように設置し、その下に永久磁石を配置した構造からなっている。圧力が低いときは、北極近傍で観測される広がったオーロラが目視できるが、圧力を高くしていくと、剣山から発生する筋状の発光に代わり、雷の様子を再現しているようである。本装置により、オーロラのみならず、自然界のプラズマ現象を探求する教材として使用可能であることがわかった。

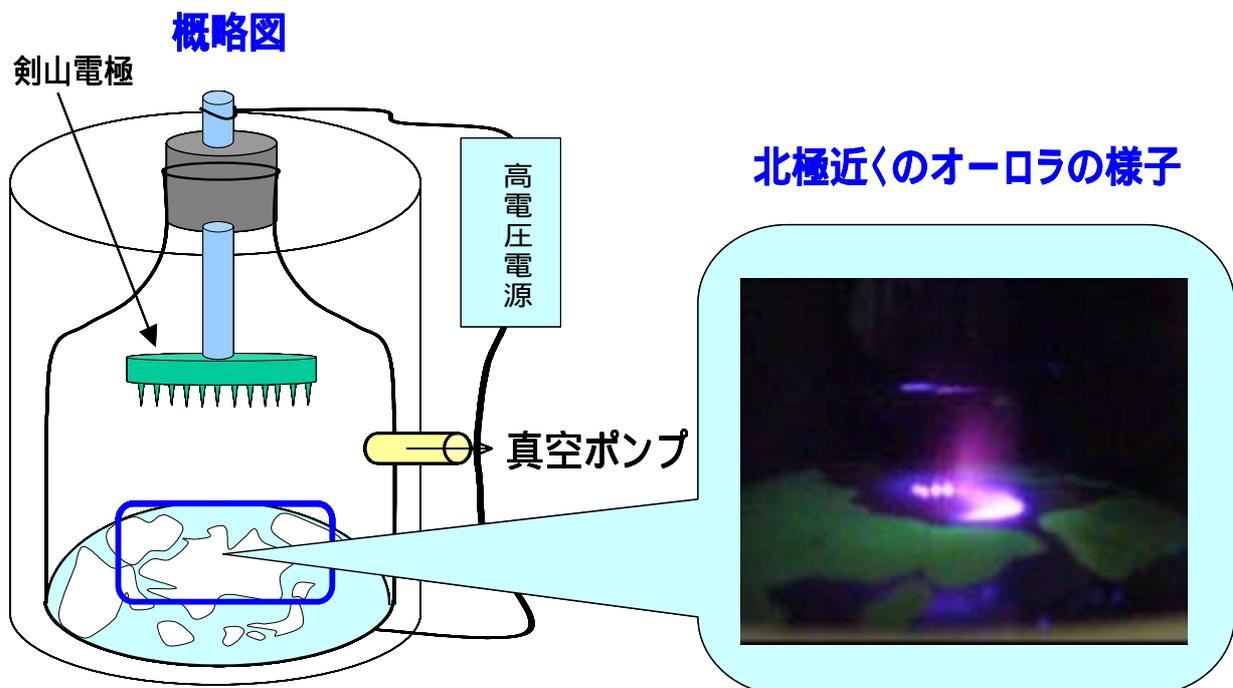


図7．北極近傍のオーロラ装置の概略とオーロラの様子

### 3. 理科教室や科学の祭典等での体験評価

平成15年度及び16年度に、県内で開催された理科教室や科学の祭典などで開発したオーロラ装置を中学生、高校生による体験評価を実施した。具体的には以下の通りである。

- (1) 日時：平成15年8月7日、場所：アバンセ、  
2003年度リフレッシュ理科教室
- (2) 日時：平成15年11月8日、場所：佐賀大学  
2003年度佐賀大学地域貢献事業「ユニキッズクラブ」
- (3) 日時：平成16年1月31日、2月1日、場所：佐賀大学、  
平成15年度九州高等学校生徒理科研究発表大会
- (4) 日時：平成16年8月5日、場所：アバンセ、  
2004年度リフレッシュ理科教室
- (5) 日時：平成17年1月22日、23日、場所：鳥栖市民体育館  
2005青少年のための科学の祭典鳥栖基山大会

#### 体験者の反応

本学で主催した2つの体験型理科教室（リフレッシュ理科教室と地域貢献事業「ユニキッズクラブ」）にて、人工オーロラ装置を生徒に体験させ、アンケート結果によって反応を調べた。

(1) 2つの人工オーロラの内、どちらが本物に見えましたか。

- (あ) 地球周辺のオーロラ：57%
- (い) 北極近傍のオーロラ：43%

(2) 地球周辺のオーロラについて質問します。

2-1. 地球を動かす棒は動かしやすいかったですか？

- (あ) 動かしやすい：29%
- (い) ふつう：29%
- (う) 動かしにくかった。：42%

2-2. 2-1で(う)と答えた人に質問します。

どのようにしたらよいですか？

- ・軽くした方がよい。
- ・動かすのに力が必要でした。

2-3. ガラス容器の大きさはどうでしたか？

- (あ) ちょうど良い：88%
- (い) もう少し大きい方がよい：12%
- (う) もう少し小さい方がよい：0%

2-4. 地球の大きさはどうですか。

- (あ) ちょうどよい：86%
- (い) 小さい：14%
- (う) 大きすぎる：0%

(3) 北極近傍のオーロラについて質問します。

3-1. 人工オーロラはよく見えましたか

- (あ) よく見えた：86%
- (い) あまり見えなかった：14%
- (う) 全く見えなかった：0%

3-2. 黒いカバーはどうでしたか。

(あ) そのままでよい:71%

(い) 外した方がよい:29%

(4)人工オーロラ装置の改善点を自由に書いてください。

- ・ 北極近くのオーロラの窓をもう少し広くして見やすく。
- ・ オーロラの見るところを大きくする。
- ・ 気体を入れて色を見る実験をやった方がよい。
- ・ もう少し幅があると良かった。



図 8 (a)リフレッシュ理科教室での様子  
(2003年8月7日)



図 8 (b)ユニキッズクラブでの様子  
(2003年11月8日)



図 8 (c)九州高等学校生徒理科研究  
発表大会での様子  
(2004年1月31日、2月1日)



図 8 (d)青少年のための科学の祭典  
鳥栖基山大会での様子  
(2005年1月22日、23日)

#### 4. 新世紀型理数科系教育への提案

##### 新世紀型理科系教育の提案

～本研究と「リフレッシュ理科教室から見たもの」～  
～電気電子工学教室からの取り組み～

1. **体験型ものづくり理科実験**  
「見る」より「体験」+ 共同ものづくり  
**友達とのコミュニケーション 昨今の学校での事件回避**
2. **身近な科学～楽しい科学～**  
誰でも楽しめる理科+身近なものへの新しい発見
3. **現場教師理科への関心度の向上**  
子供の教育は**現場教師**から
4. **大学と現場教師との連携**  
地域貢献+「異業種」交流(「しきたり」が異なる者の交流)

##### 本グループの取り組み



1. 佐賀県内の**小学校教諭と共同で**  
「リフレッシュ理科教室」(体験型ものづくり)開催(平成12年より)  
参加者:小・中学校生(毎年700～800名)
2. 小学校への**出前授業**(理科実験:「電磁石コイル」・「発光ダイオード」)
3. 小中学校**教諭の電気電子工学科見学**(教師の最先端科学の理解)

## 1. 体験型理科教室の開催

リフレッシュ理科教室(佐賀大学・応用物理学会主催)  
(平成12年度から開始、今年で第5回)

「キミは未来の科学者だ!～台所にひそむ科学・・・」



### 「身近な科学」「台所で見る科学」

- (1)違和感無く実験する。
- (2)家族で科学への関心を深めることができる。
- (3)親子で楽しみながら、科学実験を体験できる。

### 身近な物で作る科学実験の開発とその教材化

日時:平成16年8月5日

場所:佐賀市アバンセ

参加者数:800名

実験テーマ

1. ふわふわ浮かぶシャボン玉
2. 消火器
3. あら?不思議!  
れんげが水飲み鳥に大変身
4. 活性炭パワーはすごいぞ
5. 果物電池、十一円電池
6. 電子レンジのふしぎ

## 平成16年度リフレッシュ理科教室



レンゲが水飲み鳥に大変身！  
アシスタント講師による指導



活性炭パワーはすごいぞ  
(活性炭電池でファン回す)

**「理科離れ対策は教師から」**



**理科教室に小学校教師の参加を「アシスタント講師」として募集(50名)**

生徒に理科の独創性や創造性を育てるためには、**教える側の教諭に理科への関心を深めてもらうことが重要である。**

アシスタント講師の感想:

- ・子供たちが「楽しかった」と笑顔で帰ってくれたので、来年も参加したい。
- ・今後の指導に役立てようと思います。etc

## 2. 出前授業(大学から小学校への出前理科実験)

場所:佐賀市立西郷小学校6年生  
テーマ:「電磁石コイル」



地球磁場を用いた発電  
(電線なわとびを回す)



一生懸命回したものは  
ランプが明るくなる。

「電線なわとび」による電気の発生

[ 研究発表等 ]

- 1 . 藤田寛治 , 大津康徳 , 三沢達也 : 2003年度リフレッシュ理科教室 ( 佐賀会場 ) 開催報告 , 応用物理教育 , 27(2) , 117-119(2003)
- 2 . 藤田寛治 , 大津康徳 , 三沢達也 : 2003年度リフレッシュ理科教室報告「佐賀でのリフレッシュ理科教室」身近なもので楽しもうー , 応用物理 , 73(5) , 654-655(2004) .
- 3 . 佐賀大学 : 「「子供の理科離れ」に一役」 , 文教ニュース、第 1 7 5 1 5 号、平成 1 5 年 1 0 月 2 7 日
- 4 . 藤田寛治 , 大津康徳 , 三沢達也 : 2004 年度リフレッシュ理科教室 ( 九州支部佐賀会場 ) 開催報告 , 応用物理教育 , 28(2) , 33-35(2004)
- 5 . 三沢達也、日野 譲、大津康徳、藤田寛治 : 人工オーロラを体験しよう , 2 0 0 5 年 青少年のための科学の祭典鳥栖基山大会実験解説書 , 4 6 (2005)