

# 数学と理科の体験工房 2016



## 「数学と理科の体験工房 2016」

理系科目への興味・関心を高めるとともに、受験対策ではない科学を体感させることを目的に行う活動である。

この活動を通して子どもたちには理科と数学の密接な関係を感じさせたい。協力してもらえる大学生を募り、大学生が主として参加者へ実験や授業を行う。それによって、参加者は親しみを持って学習に取り組むことが出来、学習の意欲や理解の向上が期待できる。また大学生にとっても、教材研究を通して、研究する姿勢を育むことが出来る。

**開催日** 2016年12月18日(日) 10:00~15:30 奈良女子大学にて

**対象** 中学校1年生~3年生 20人程度

**参加費** 100円(保険代として)

**内容**

- ・音速を測ろう
- ・声を変身させるには
- ・音の“カタチ”
- ・“多面体”ってどんなもの?

**後援** 奈良市教育委員会・奈良県教育委員会・奈良女子大学

**協賛** 奈良女子大学理学部 自然科学考房

**主催** 数物体験工房実行委員会

代表 山中 聡恵 (奈良女子大学)

副代表 重本 和泰 (帝塚山大学)

委員 上江洲 達也 (奈良女子大学)

委員 柳沢 卓 (奈良女子大学)

委員 仲島 浩紀 (帝塚山中学校・高等学校)

委員 宮林 謙吉 (奈良女子大学)

委員 山本 一樹 (奈良女子大学)

**学生スタッフ (授業担当)**

高田 伊代 (奈良女子大学理学部数物科学科1回生)

蜂須賀 万結 (奈良女子大学理学部数物科学科1回生)

片岡 陽子 (奈良女子大学理学部数物科学科数学コース2回生)

森繁 緑 (奈良女子大学理学部数物科学科数学コース2回生)

倉永 仁美 (奈良女子大学理学部数物科学科物理コース2回生)

近藤 萌香 (奈良女子大学理学部数物科学科物理コース2回生)

井波 はるな (奈良女子大学理学部数物科学科数学コース3回生)

池田 泰衣 (奈良女子大学理学部数物科学科物理コース3回生)

鷲坂 奏絵 (奈良女子大学理学部数物科学科物理コース3回生)

津田 明日華 (奈良女子大学理学部数物科学科物理コース3回生)

戸田 光 (奈良女子大学理学部数物科学科物理コース3回生)

枝光 有実 (奈良女子大学理学部数物科学科数物連携コース3回生)

大引 麻友子 (奈良女子大学理学部数物科学科数物連携コース3回生)

岡本 優花 (奈良女子大学理学部数物科学科数物連携コース3回生)

藤本 道子 (奈良女子大学理学部数物科学科数物連携コース3回生)

**ポスター作製**

片岡 大輔

この活動は「子どもゆめ基金」(独立行政法人国立青少年教育振興機構)の助成を受けて行いました。

チラシ・ポスターを作成し、下記中学校に配布・掲示をお願いしました。  
ご協力に感謝いたします。(五十音順・敬称略)

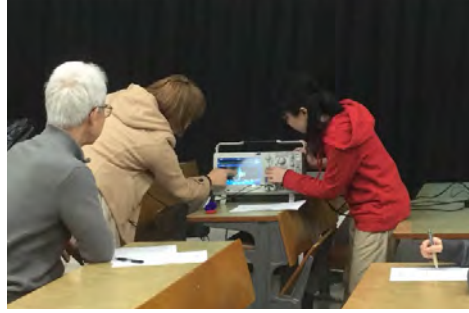
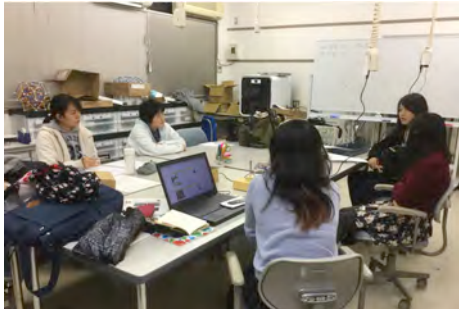
- ・ 帝塚山中学校
- ・ 奈良育英中学校
- ・ 奈良教育大学附属中学校
- ・ 奈良女子大学附属中等教育学校
- ・ 奈良市立飛鳥中学校
- ・ 奈良市立春日中学校
- ・ 奈良市立伏見中学校
- ・ 奈良市立平城東中学校
- ・ 奈良市立三笠中学校
- ・ 奈良市立都跡中学校
- ・ 奈良市立若草中学校

また、奈良市生涯学習センターにご協力いただき、奈良市内の公民館24ヶ所にもポスター掲示をお願いすることが出来ました。誠に感謝いたします。

奈良女子大学には大学内への掲示や会場の提供だけでなく、HPやFacebook、twitter等を通して広報活動にご協力いただきました。ありがとうございました。

- 申込者 19名
- 帝塚山中学校 8名
  - 奈良教育大学附属中学校 1名
  - 奈良女子大学附属中等教育学校 4名
  - 奈良市立伏見中学校 3名
  - 奈良市立三笠中学校 1名
  - 奈良市立都跡中学校 2名  
(当日欠席1名)

数学と理科の体験工房 2016	
平成 28 年 12 月 18 日 (日) 10:00 から 15:30 (終了予定)	
会場：奈良女子大学	
<b>数学 × 物理</b> <small>Math Physics</small>	みなさんは数学と理科というものは “初めに向かって受験のために学ぶもの” というイメージがありませんか？ そんな皆さんに私たちは実際に見て、触れて、発見して、考える、そんなイベントを作り上げました。教室から飛び出して、大学生の研究を体験してみませんか？ 私たちと一緒にチャレンジしましょう！
	
01 内容	I：声を変身させるには II：音の“カタチ” III：“多面体”ってどんなもの？ (指導者 奈良女子大学理学部自然科学考房 有志学生)
02 募集対象	中学 1～3 年生 (20 名) ※定員になり次第、締切とさせていただきます
03 参加費	100 円 (保険代として)
04 申込方法	①氏名 (フリガナ) ②住所 ③中学校名と学年 ④電話番号 ⑤Fax の場合は返信先 (Fax 番号またはメールアドレス) 以上の内容をメールまたは Fax にて下記の連絡先にお送りください また、題名は「体験工房応募」とお書き願います <b>【連絡先】</b> メール：yamanaka@cc.nara-wu.ac.jp / Fax：0742-20-3815
05 申込締切	12 月 9 日 (金)
06 問い合わせ先	数物体験工房実行委員会 (奈良市北魚屋東町) Tel：0742-20-3815
【主催】 数物体験工房実行委員会 【後援】 奈良県教育委員会 奈良市教育委員会 奈良女子大学 【協賛】 奈良女子大学理学部 自然科学考房	
	



当日までの準備として、実行委員により、学生スタッフへの内容指導を行いました。そこからは学生スタッフを中心として、中学生にどのように内容を伝えればよいか、試行錯誤していきました。

学生スタッフが集まり、お互いの授業の検討会も行いました。



**数学と理科の体験工房2016**  
**参加証**

様

この度は「数学と理科の体験工房2016」にご参加いただき、誠にありがとうございます。  
当日はぜひ楽しんで、色んな体験をしてください！  
大学生一同、皆様と会えるのを楽しみにしています！

**日時** 12月18日(日)  
10:00 受付開始  
(15:30 終了予定)

**場所** 奈良女子大学  
奈良女子大学正門または南門より  
校内へお入りいただき、  
日棟2階の1206教室へ  
お越し下さい。  
(右図参照)

**持物**  
・参加証  
・参加費100円(保険料として)  
・筆記用具  
・お昼ごはん  
(近鉄奈良駅周辺にコンビニもございます。)  
・飲み物  
(学内に自動販売機があります。)  
・撮影承諾書  
(可能な方のみ、  
保護者のサインを必ず頂いてください。)

連絡先 数物体験工房実行委員会  
E-mail : yamanaka@cc.nara-wu.ac.jp  
TEL&FAX : 0742-20-3815

参加者には左の参加証と  
撮影許可書を郵送し、  
当日保険料とともに  
お持ちいただきました。

当日、参加者は2グループ  
(A・B、C・D)に分かれ、  
右図のように1ブースずつ  
回っていきました。

**数学と理科の体験工房2016**  
**本日の予定**

	A・B	C・D
10:00	受付開始	
10:15	開会式 (1206教室)	
10:30	音速を測ろう (1時間) 1206教室	
11:40	音の"カタチ"(45分) 1101教室	声を変身させるには? (45分) 1207教室
12:30	昼休憩 (1206教室) ・キャンパスツアー	
13:20	声を変身させるには? (45分) 1207教室	音の"カタチ"(45分) 1101教室
14:15	"多面体"ってどんなもの?(1時間) 1206教室	
15:20	閉会式 (1206教室)	

下：スタッフ・参加者の名札

数学と理科の体験工房 2016

---

**実行委員名**  
ジッコウイインメイ

数学と理科の体験工房 2016

---

**担当者名**  
タントウシャメイ

数学と理科の体験工房 2016

Aグループ 1年

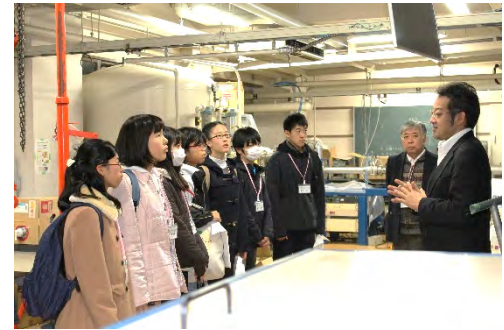
---

**参加者名**  
サンカシャメイ

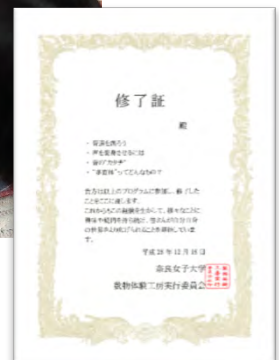
# 開会式、お昼休み、閉会式



開会式は中学生も大学生も緊張...。  
代表挨拶、大学生挨拶（片岡陽子さん）、  
一日の流れの確認を行いました。



お昼休みでは、だんだん中学生と大学生が打ち解けてきました。  
空き時間を利用して、奈良女子大学内の物理系実験室・物理系理論研究室・数学系図書室を  
見学しました。



閉会式の時にはすっかり仲良くなることができました。  
副代表挨拶、大学生挨拶（岡本優花さん）を行った後、中学生一人ひとりへ  
修了証を渡しました。

“音”には速さがあります。  
 私たちが普段聞いている時にはあまり意識しませんが、花火を見ているとき、雷が落ちたとき、広い球場で応援しているとき...見えている光景と音がずれてしまうことってありませんか？  
 これらは、音と光の速さの違いによるものなのです。光（30万km/秒）に比べ、音の速さはずっと遅いので（約340m/秒）このような現象が起こります。  
 今回の授業ではこの後に行われる“音”に関する講義のために、音についての基本的性質を学びます。またその速さを実際に測ることで、「教科書に載っていることは本当なのか？」を確かめてみたいと思います！！

指導目標	音は波であることを理解し、音についての基本事項と性質について学習する。 音速を測定する。		
準備物	レインボースプリング(以下、ばねと表記)、ワークシート、音叉、カスタネット、メジャー、マイク、マイクスタンド、デジタルオシロスコープ、プロジェクター、スクリーン、iPad (オシロスコープは廊下側と後ろの黒板側に1台ずつ。iPadは1組に1台、TAも1組に1人)		
場所	B1206		
指導対象	中学1～3年生(19人)		
指導内容の概要 及び指導時間	導入3分 実験等の活動52分 まとめ5分		
展開案	学習活動	指導	利用ツール
導入(3分)	<ul style="list-style-type: none"> <li>音は空気の振動であるということを理解する。</li> <li>音は縦波(疎密波)であり、それを横波としても表示できることを理解する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>音はどうやって伝わるだろう？と発問する。</li> <li>音の三要素(大きさ・高低・音色)と波の形との対応について復習する。</li> </ul>	スライド ばね (疎密波の説明に使用)
説明1(10分)	<ul style="list-style-type: none"> <li>マイクとオシロスコープの仕組みを理解する。</li> <li>波は縦波であるが、オシロスコープでは横波として表示されることに気付く。</li> </ul>		スライド マイク オシロスコープ
実験1(15分)	<ul style="list-style-type: none"> <li>音の三要素(大きさ・高低・音色)と波の形との対応について復習し、周期と振動数の関係について理解する。</li> <li>オシロスコープで音叉の波形を見て、大きさ・高低と波の下達との関係を視覚的に理解する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1つの音叉で音の形を見せ、音の大きさの違いを理解させる。</li> <li>1オクターブ異なる音叉の音を同時に、別のマイクで取り、高低の違いを理解させる。</li> </ul>	スライド マイク オシロスコープ 音叉 ワークシート
実験2(25分)	<b>音速を測る。</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>2人一組で実験を行う。</li> <li>2本のマイクを設置し、一方からカスタネットを鳴らし、もう一方に音が届くまでの時間をオシロスコープで計測する。(iPadで画面を撮影し、計測する。)</li> <li>マイク間の距離をメジャーで測る。</li> <li>速さの公式を用いて音速を導く。</li> <li>全員のデータから音速の平均値を求める。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>速さの公式(<math>v=L/t</math>)を復習する。</li> <li>時間計測はTAが支援する。</li> <li>オシロスコープのスケールはTAが行う。</li> <li>iPadの「calculator」で計算させる。</li> <li>測定時間と距離を黒板に書かせる。授業者が平均値を求める。</li> </ul>	カスタネット マイク マイクスタンド デジタルオシロスコープ メジャー iPad ワークシート iPad
まとめ(7分)	振り返り、まとめ		

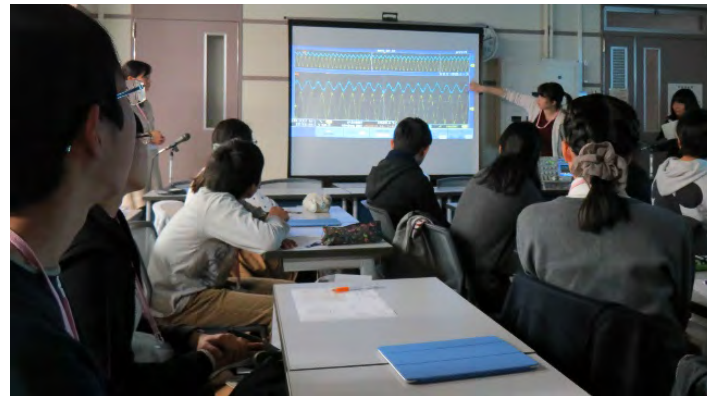
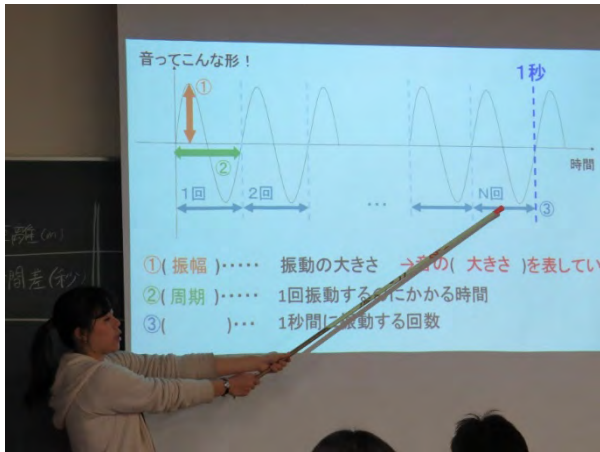
## 当日の様子

音ってどんなふうに  
伝わるか、知ってる？

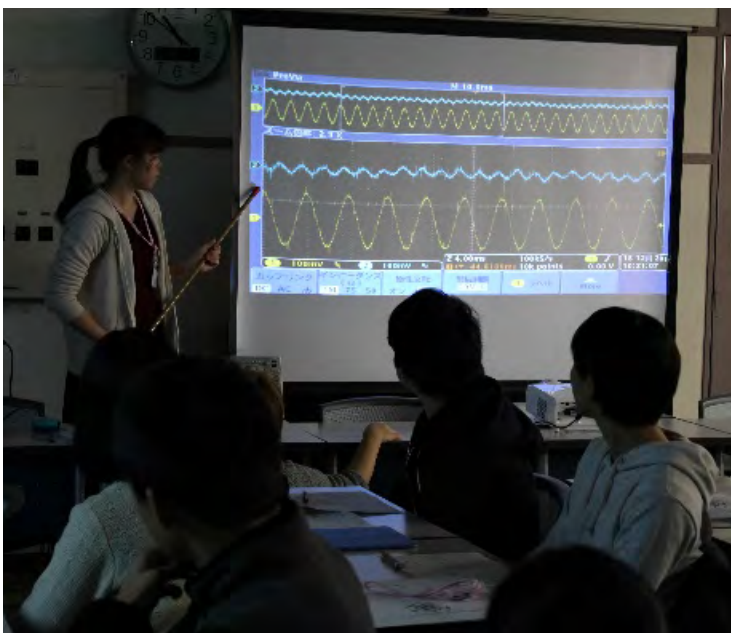
音は、空気の振動であり、  
マイクとオシロスコープを用いると  
波の形に表せること、またその原理  
を最初に学びました。

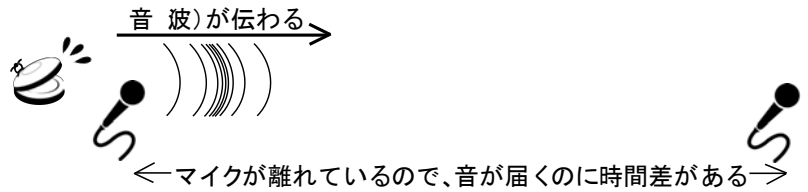


音の大小・高低を  
変えると  
波の様子は  
どう変わるかな？

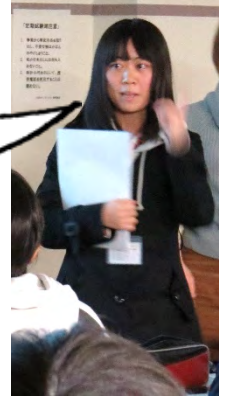


そして、オシロスコープに現れた波からどのよ  
うなことが分かるか、実際に音叉を鳴らして調  
べました。





音が届く時間は人間の耳ではなかなか測れないけど、オシロスコープを使えば測ることができます。



中学生は、2人1組となり、音速を測定する実験を行いました。  
まず、カスタネットを鳴らし、その音をオシロスコープの画面に映し出しました。

これがオシロスコープ……  
初めて触った……



2つのマイクの間距離を測ろう



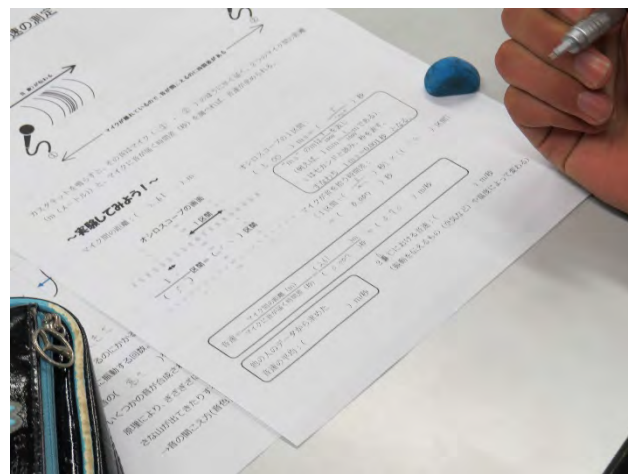
2つのマイクにカスタネットの音が届く時間差が分かりやすいように、学生スタッフがオシロスコープのスケール調節をしました。  
その間に、中学生は2つのマイク間の距離を測りました。



中学生は、オシロスコープの画面をiPadで写真に撮り、それを見ながら時間差を求めました。



ms (ミリ秒) という単位が出てきたり、1区間が5等分されていたりと慣れないことが多いので、学生スタッフが1組に1人つき、一緒に求めました。  
2つのマイク間の距離、そしてそれらに音が届くまでの時間差、この2つのデータから、音速を求めました。



各組の測定した時間差・距離の平均から、今回の実験による音速の平均を求めました。340m/秒に近い値が出ました。



音は空気の振動で音には速さがあることが分かりました。でも音、そして波には、もっといろいろな性質があるのです。



### 授業をする上での工夫と反省

オシロスコープとプロジェクターをつなぐと、オシロスコープの画面を大きく映し出すことができるので、オシロスコープの画面を見る際、画面が遠かったり反射したりして見えなくなることを防ぐことができました。しかし、プロジェクターから出る電磁波により、オシロスコープに映し出される波形が汚くなりました。この点は改善すべき点といえます。

# 活動記録 声を変身させるには

声も音の1つなので、波で表されます。そして、私たちの声は一人ひとり違うように、声の波形も一人ひとり異なっています。

先の全体講義「音速を測ってみよう」では、音の高低や大小と音の波の形との関係を学びました。これらの関係から、波の形を変化させることで自分の声を変えられるのか…。変えることが出来たら面白いと思いませんか？

今回は波形を直接変えることはできませんが、音の高低にあたる周波数を変えることのできるPCソフトを用い、「声を変身させる」ことに挑戦してもらおうと思います。

また、声だけではなく、いろんな楽器が奏でる音色の違いも、波の違いとして観察します。

指導目標	様々な音を用いて音の構成(音色、大きさ、高さ)について学ぶ。		
準備物	デジタルオシロスコープ、マイクアンプ、マイク、イヤホンマイク、PC、プロジェクター、スクリーン、音叉、楽器(ピアノカ、リコーダー)とその波形、ワークシート (オシロスコープは一番前の机に、生徒には前から2列目の席から座ってもらう。 パソコンは2人に1台、電源は使用しない。パソコンとイヤホンマイクはあらかじめ机の上に置いておく。)		
場所	B1207		
指導対象	中学1~3年生(10人)		
指導内容の概要 及び指導時間	導入5分 実験等の活動35分 まとめ5分		
展開案	学習活動	指導	利用ツール
導入(5分)	<ul style="list-style-type: none"> <li>声の波形は音叉と違うことを、オシロスコープを用いて確認する。</li> <li>全体講義で扱ったように、声は様々な音が重なっていて、波形がぎざぎざであることを知る。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>音叉の波形はきれいな波形型でしたが、声はどうでしょうか？と発問する。</li> </ul>	スライド 音叉 デジタルオシロスコープ マイク
実験1(20分)	<ul style="list-style-type: none"> <li>フリーソフト(聞々ハヤえもん)を用いて、周波数を変えると録音した女生徒の声の高さが変化することを確認する。</li> <li>女生徒の声が20代男性の声に聞こえる周波数を探し、考察する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2人一組になり、女生徒の声を録音しておく。</li> <li>標準的な男性と女性の周波数を提示し、その割合を求め、各自の実験結果と比較する。</li> </ul>	スライド マイク オシロスコープ ワークシート
説明1(5分)	<ul style="list-style-type: none"> <li>救急車のサイレンを例にドップラー効果を理解する。</li> </ul>		救急車のサイレン音
実験2(10分)	<ul style="list-style-type: none"> <li>いくつかの楽器の音の波形をオシロスコープで確認し、波形の違いを確認する。</li> <li>音色が波の振幅と周波数から独立していることを学ぶ。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ラの音(440Hz)の声・リコーダー・ピアノカの波形のシートを黒板に貼る。</li> </ul>	スライド 楽器の波形 マイク オシロスコープ リコーダー ピアノカ
まとめ(5分)	<ul style="list-style-type: none"> <li>音がどのような性質であったかをもう一度確認する。</li> <li>普段私たちが耳にする音は、音叉のような一つの音ではなく、様々な音が重なってできていることを再度確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>余談で、固定電話で声を聞くときの音は何通りもある音の合成から本人と似た声を作り出しているということを話す。</li> </ul>	

## 当日の様子



まず、声の波形と音叉の波形は違うことをオシロスコープを用いて波形を実際に見ることで確認しました。そして、声は様々な音が重なっているため、ギザギザの波形をしていることを説明しました。

このオシロスコープを使って音叉の波形と声の波形を比較しました。

音の三要素を確認しよう  
波のどの要素と対応していたかな？

全体講義の復習  
音の高さ・・・周波数  
音の大きさ・・・振幅  
音色・・・波形



次に、ドップラー効果を紹介しました。救急車が近づいて来るときと、遠ざかっていく時では周波数が変化しているため、音の高さが変わります。これもオシロスコープを用いて、音の高さが周波数によるものであるということを耳から聞こえる音と目で見える波の形を対応させながら確認しました。



ドップラー効果を  
体験してみよう



# 活動記録 声を変身させるには

周波数の変化が音の高さの変化に対応していることを確認したところで、フリーソフトを用いて自分の声の周波数を変える実験を行いました。

このソフトでは、元の周波数の何パーセントの周波数にするかを設定することで、音の高さを変えることができます。

男女でペアを作り、女の子の声を男性の声のようにすることを目指します。

周波数をどのくらい変化させればよいかを予想し、実験し結果をワークシートに書きました。

低い声にしたいから...  
周波数を小さくしよう。



## 実験の様子

学生スタッフがそばに付き、ソフトの使い方で分からないところを教えたり、アドバイスしたりしました。



みんな真剣に、そして楽しんで実験を行っていました。

できたかな...?



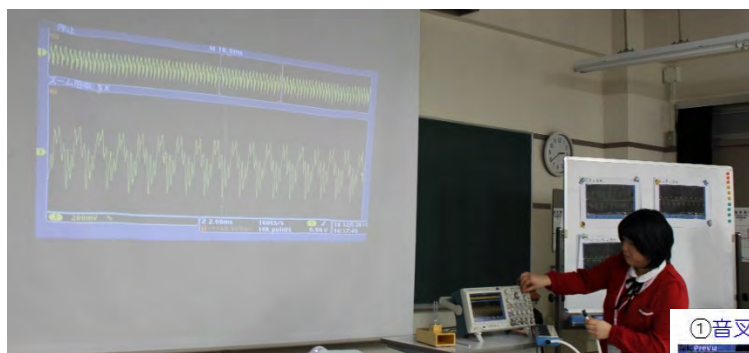
女性の声は220～270ヘルツ  
 男性は150～200ヘルツ  
 つまり、女性の声の周波数の約70パーセントの  
 周波数に設定すれば、男性の声に聞こえるはずですよ。  
 皆さんの実験結果はどうでしたか？



その後、実験した結果について考察していき  
 ました。  
 標準的な女性の声と男性の声の周波数を提示  
 し、男性の声の周波数は女性の声の周波数の  
 何パーセントになっているのかを求めました。  
 そして実験で設定した割合がそれと比べてど  
 うであったか比較しました。



次に、音色と波形の関係について、いくつ  
 かの楽器を用いて説明しました。  
 同じラ(440ヘルツ)の音でも、人の声、リ  
 コーダー、ピアノでは波形が違っていま  
 す。  
 実際に音を出しオシロスコープで波形を見  
 て確認しその後あらかじめとっておいたも  
 のを用いて詳しく波形の特徴を説明しまし  
 ました。

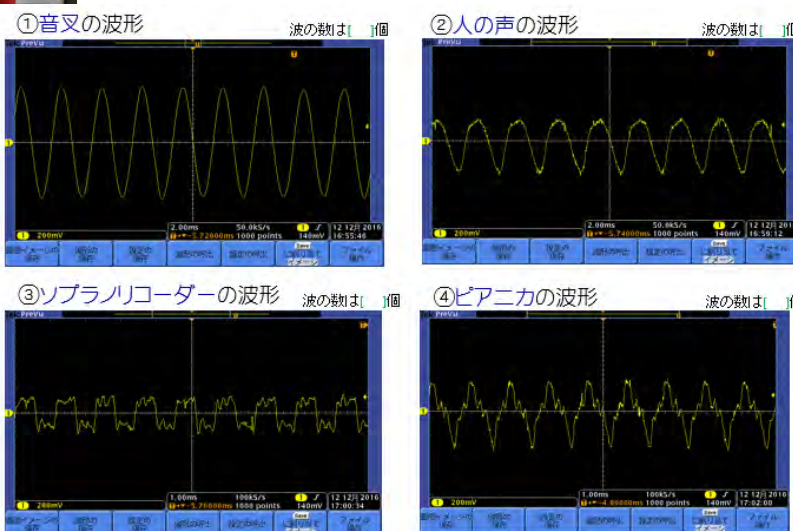


色んな楽器の色んな音  
 色はこんな波形です

最後に、音の  
 性質(大きさ、  
 高さ、音色)と、  
 普段耳にする  
 音は様々な音  
 が重なってい  
 ることを確認  
 しました。



電話の声が実際  
 の声と違って聞こ  
 えると思ったこと  
 はありませんか？



※①～④の波形の音はすべて440Hzの「ラ」の音を出しています。

身の回りにある音に関するものの例として  
 電話を取り上げ、固定電話で聞こえる声は、  
 何通りもある音の合成データの中から、そ  
 の人に似ている声を作り出していることを  
 説明しました。  
 この授業を通して音について少しでも関心  
 を持ってくれればと思います。

私たちにとって音は「耳で聞くもの」と認識していますが、目で見たら音はいったいどのようにみえるのでしょうか。この授業では、オシロスコープを使わずに、クラドニ図形という、板をつたわる波が描く図形に着目しました。一見難しそうに感じるしくみですが、「波の重ね合わせの原理」と「反射」の2つの知識があれば理解できます。またこの図形は周期的な模様を描き出し、音の少しの高低差で全然違う模様を表します。基本的な知識でものの見方が変わる不思議や、教科書から飛び出した内容の面白さを味わってもらえたらと思います。

指導目標	波の干渉、反射、定常波について理解する。		
準備物	ワークシート、ウェーブマシン、粉(重曹・食塩)、音源、スピーカー、クラドニ図形作成装置、パワーポイント資料、スクリーン、プロジェクター		
場所	B1101		
指導対象	中学 1～3 年生(10 人)		
指導内容の概要 及び指導時間	導入 2 分 実験等の活動 41 分 まとめ 2 分		
展開案	学習活動	指導	利用ツール
導入(2分)	・本授業では波の性質とクラドニ図形について学ぶことを知る。		スライド
実験 1(5分)	・干渉を体験する。	・二つのスピーカを少し離して並行に置き、その前を左右に通じ、音の変化を聞く。	スピーカー 音源
説明 1(7分)	・波の足し合わせについて学ぶ。 ・波の重ね合わせの原理についてワークシートを使って学習し、波の干渉の仕組みについて学ぶ。		スライド ワークシート
実験 2(7分)	・波の反射について知り、ウェーブマシンを使って波の反射を観察する。 ・定常波について知り、ウェーブマシンを使って定常波を観察する。	・何かにぶつかって跳ね返るのではなく、波が伝わっているものの端(媒質の境目)で跳ね返っていることを説明する。	ウェーブマシン
説明 2(5分)	・波の重ね合わせの原理と反射の2つの仕組みを用いて、定常波のしくみについて理解する。		スライド
実験 3(12分)	・クラドニ図形のしくみや物理学者クラドニについて知る。 ・実際に装置を使って、丸い板上にできる3種類の模様を見せる。 ・板の形を正方形に変えるとそれぞれの模様がどう変化するか予想し、実験を行い確認する。	・音の高さによって模様が変わることを体験・観察させる。 ・それぞれの形の周波数を確認しておく。	クラドニ図形作成装置 粉
考察 1(5分)	板の形の変化と、模様の変化の関係について考察する。	・クラドニ図形のしくみにふれながら説明する。	
まとめ(2分)	まとめ、振り返り		スライド

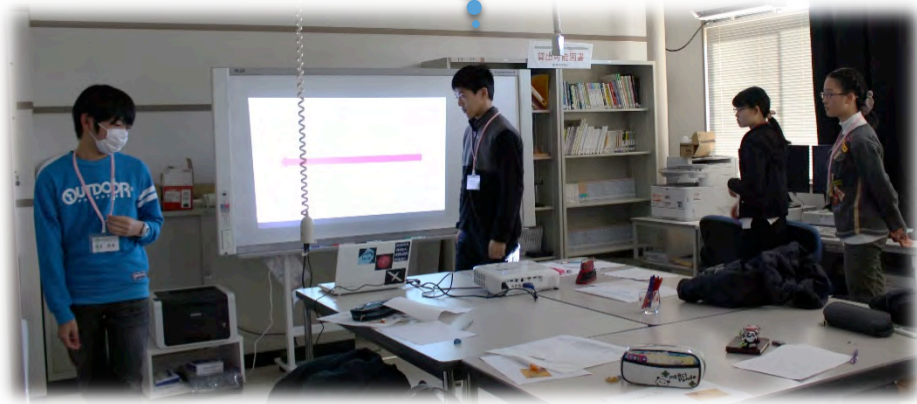
## 当日の様子

まずは**干渉**という現象を体験してみました。

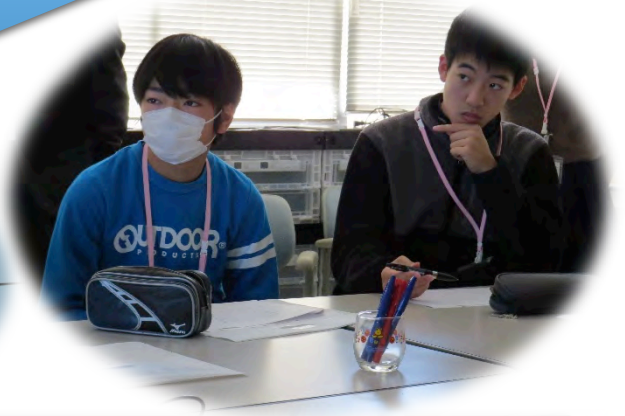
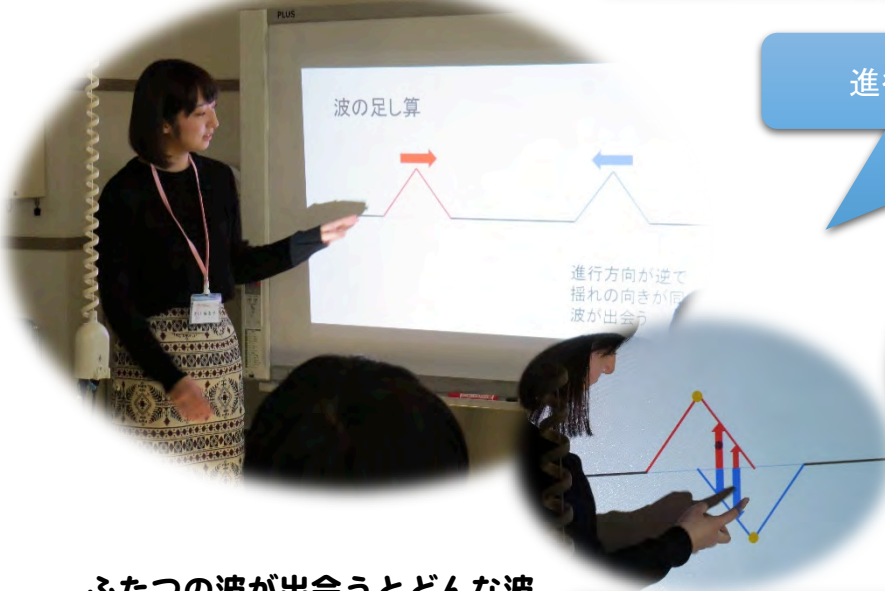
ふたつのスピーカーから同じ高さ、同じ大きさの音を出し、みんなにスピーカーの前を歩いてもらうと...

干渉を理解するために、**重ね合わせの原理**について学習しました。

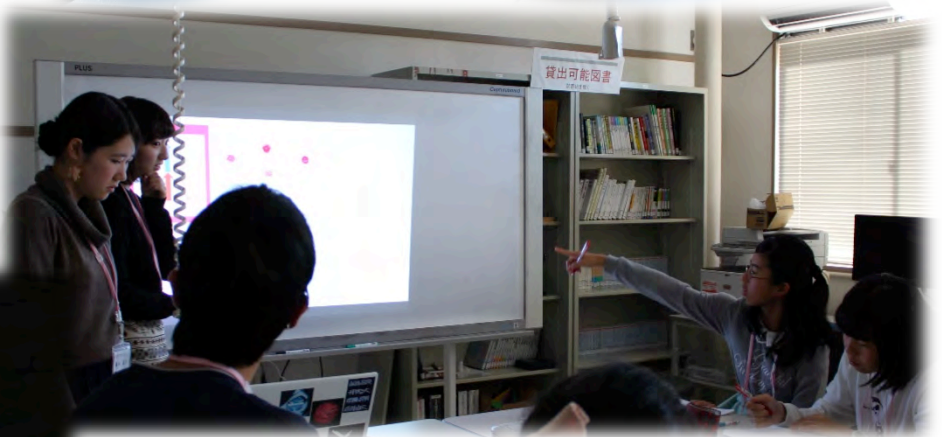
音が大きくなったり、小さくなったりする！



進行方向が逆向きの二つの波が出会うと...



ふたつの波が出会うとどんな波ができるのか、ワークシートに書き込みながら考えました。山と山が出会うと振幅が足し合わされ、山と谷が出会うと打ち消しあいます。



重ね合わせの原理を使って、ふたつのスピーカーからでた音が重なるとどうなるか、ワークシートに書き込みながら考えました。振幅が足し合わされている点を赤で、打ち消しあっている点を青で印をつけ、線で結びます。すると赤い線と青い線が交互に現れました。最初に教室を歩いた時、音が大きくなったり小さくなったりしたのは、この線を横切っていたためです。

次に**反射**について学習しました。  
反射とは「やまびこ」のように音が跳ね返って帰ってくる現象のことです。  
ストローを使用して作成したウェーブマシーンを使って、波が反射する様子を見てみました。



いくよ、よく見てね

この波とこの波が  
重なるから...



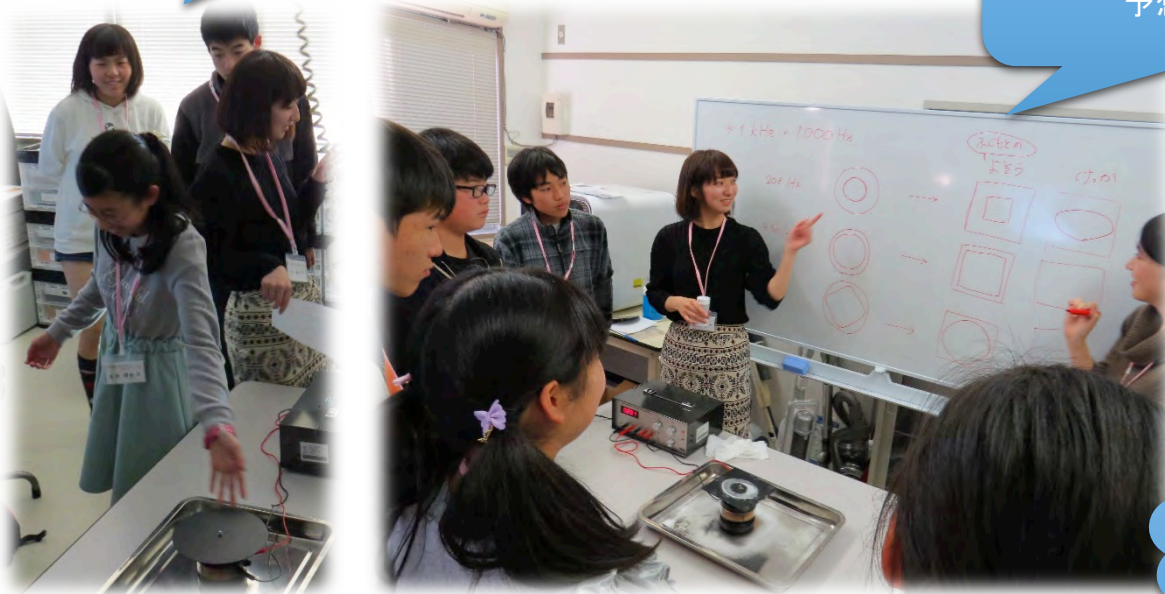
次に**定常波**について学習しました。  
定義を聞いてもよくわからないので、  
またウェーブマシーンを使って実際に見てみました。  
そして、波の重ね合わせの原理と、  
反射の仕組みを使って、説明していきます。

定常波にはよく振動するところと、  
全く振動しないところがあることが  
わかりました。



板が振動してる！

丸い板ではこんな模様  
では、四角い板では...？  
予想してみよう



どんな模様になるかな...

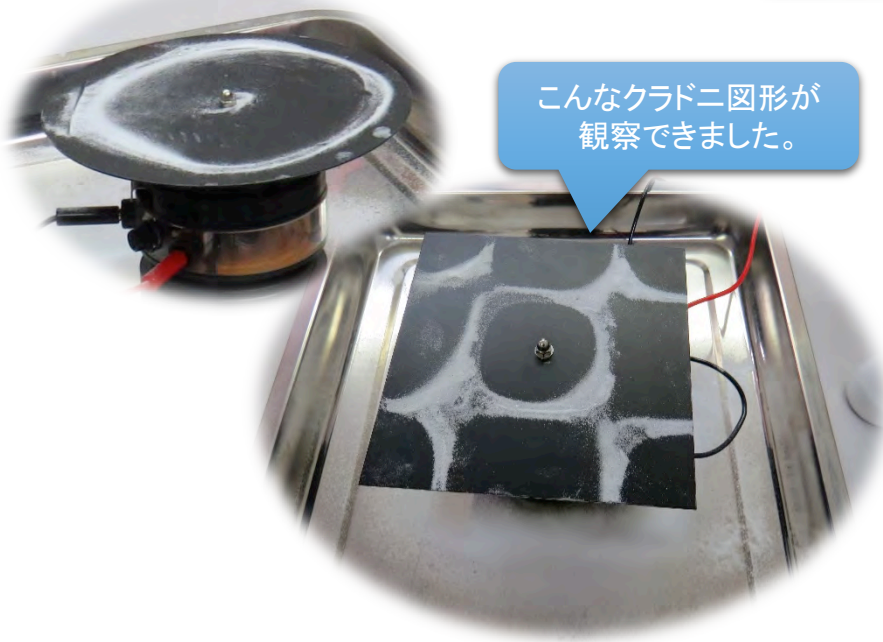
今まで学習してきたことを踏まえて、実際に装置を使って**クラドニ図形**を観察しました。

中心からの振動と板の端で反射した振動が重なり、定常波が生じます。そこに粉を振りかけると全く振動していないところに粉が集められ、模様ができます。

まずは、丸い板で音の高さを変えて模様を見てもらいました。  
すると、音の高さで模様が変わっていました！  
では板の形を正方形に変えるとどうなるでしょうか？



こんなクラドニ図形が  
観察できました。



予想してから、模様の変化を観察し、音の高さが同じでも板の形によって模様が変わることがわかりました。これは円は中心から板の端までの距離が等しいのに対して、正方形は異なっているためです。

今まで音は「聞くもの」でしたが、今回の実験を通して、音はクラドニ図形として「見えるもの」になりました。

# “多面体”ってどんなもの？

この授業では、学校でもよく出てくる多面体を扱います。  
 正多角形を複数つなぎ合わせてできる凸多面体をポリドロンというおもちゃで作ると、必ず5種類しかできません。一つの頂点に集まる面の種類・面の数と正多面体には深い関係があり、それに着目することで5種類しか無いことを証明できます。  
 また、一般の多面体の面の数・頂点の数・辺の数の間には、「オイラーの多面体定理」が成り立つと言う関係があります。頂点となるボールに色々な長さの辺をくっつけられるおもちゃのゾムツールを用いて、様々な多面体を実際を作って、オイラーの多面体定理が成り立つか確認をします。いろんな多面体が1つの式で繋がることの不思議さを、感じてほしいと思います。

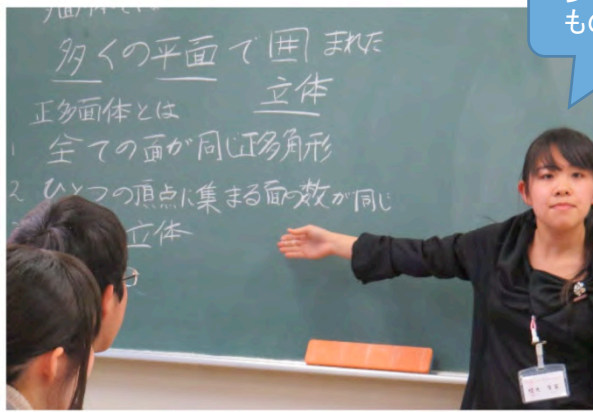
指導目標	実際に作って、見て、考えられる、そんな数学を中学生に体験してもらい、数学という学問に対する興味を持ってもらう。多面体とは何か、どういった性質があるかということを理解する。正多面体に関して、5種類しかない理由を感覚的に理解する。		
準備物	ゾムツール、ポリドロン、多面体をおる台紙、ワークシート、プリント、正多面体型紙		
場所	B1206		
指導対象	中学 1～3 年生 (18 人)		
指導内容の概要 及び指導時間	導入 2 分 実験等の活動 41 分 まとめ 2 分		
展開案	学習活動	指導	利用ツール
導入 (5 分)	・本授業では多面体について学ぶことを知る。		ワークシート
工作 1 (10 分)	・ポリドロンを用いて、正多面体を作成する。	・数に限りがあるので、1班で一種類ずつ計 5 個作ればよい。	ポリドロン
講義 1 (10 分)	・正多面体の定義を確認し、一点に集まる角度の問題から5種類であることを導く。	・一方的に解説するだけでなく、穴埋め形式で、中学生に実際に考えさせる。	ワークシート
講義 2 (10 分)	・多面体の頂点・面・辺の数に関する定理(オイラーの多面体定理)を知り、検証する。	・ポリドロンで作った多面体を見ながら頂点、辺、面の数を数えさせ、プリントに記入しながら検証させる。 ・オイラーの多面体の定理が成立する証明も可能な範囲で行う。	ポリドロン ワークシート
工作 2 (15 分)	・ゾムツールで多面体を作る。	・まずは好きな形を作らせる。 ・つなげ方になれたら、授業内で説明をするために用いる多面体(未定)を作らせる。その際見本と作り方のプリントを各机に置いておく。	ゾムツール
講義 3 (5 分)	・準多面体(特にサッカーボールの形や正多面体の頂点を切った形)について知る。		プリント
まとめ (5 分)	まとめ、振り返り	・高校、大学での応用に少し触れる。 ・多面体を折れる台紙を配布する。	正多面体型紙

## 当日の様子

多面体って何だろう？

メモメモ...

多面体ってどんなものか知ってる？



多面体とは何なのか。聞いたことはあっても、きちんとした定義は知らない人も多いと思います。これから勉強していくためにも、きちんとした定義を説明しました。中学生はメモを取りながら話を聞いていました。



ポリドロンで遊ぼう！

どんな立体ができるかなあ？



さっそくポリドロンで多面体を作ってみました。正三角形が4つ、正方形が6つ、正三角形が8つではどんな多面体ができるでしょうか？実際に作っあと、正多面体をよく観察してみました。



自分の分の正多面体ができたら、他の多面体を見たり、重ねて見たり...。5種類の多面体をいろいろ見ながら何か気付くでしょうか？

積んでみたよ～

できた！！！！

出来上がった多面体を手に大満足な様子。この調子で次の正多面体のおはなしに向かいます。自分で作った多面体が活躍します。



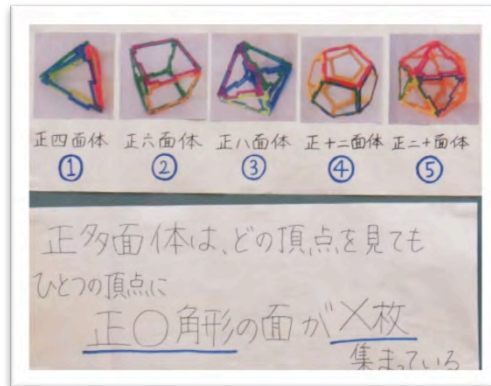
# “多面体”ってどんなもの？

正多面体が5種類である理由を確かめよう！



1つの頂点には何個の面が集まっているかな～？

それぞれの正多面体の一つの頂点に集まる辺の枚数を数えました。どうしたこと？と悩んでいる人もいましたが、各机にいる学生スタッフに聞きながら一生懸命数えています。



1.2.3...  
正四面体は一つの頂点に正三角形が3つで...

凸な多面体を作ろうと思うなら、条件があること、その条件を満たすような正多面体を作ろうと思ったら、できる立体は制限されて、その個数が5種類であることを学びました。正多面体の面の数を数えている時点で仮説を立てていた中学生も多かったですが、その子たちも、はっきりとした理由がわかってすっきりした顔をしていました。

凸な立体になろうと思ったら、一つの頂点に集まる面の形と数には決まりがあるんだよ。

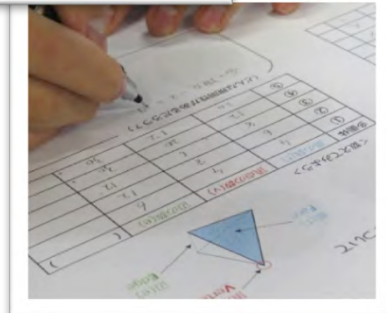


オイラーの多面体定理について学ぼう！

実は面の数と頂点の数と辺の数には関係があるんだよ！



正多面体の面と頂点と辺の数を実際に数えて、その値から導きだせる法則を考えました。正12面体や正20面体で数えることは難しかったようですがみんな一生懸命数えていました。「オイラーの多面体定理」を紹介し、検証してみると、ほんとだ～という声も多く、感動していたようです。



## ゾムツールで遊ぼう

後ここが上手くいけば多面体になる...

ゾムツールを使っていろいろな多面体を作りました。実際に手を動かして多面体を作ることで、どうすれば多面体になるのか、逆にならないのか。そういったことを体験できました。小さな多面体を上手に作る人、大きな多面体を作ろうとして、なかなかうまく多面体にならない人。いろいろな人がいました。

どれ使おうかなあ

多面体ができたらオイラーの多面体定理が本当に成り立つかを実際に見てもらおうように声をかけて、今日の授業の復習にも使いました。

## まとめ

正多面体の応用で、半正多面体というものがあるんだよ！

正多面体の応用として、半正多面体の説明をしました。右の写真は付録のプリントの様子。数学が実用的なものに应用されている事を知り、少しでも数学を身近に感じてもらえたらとフラーレンの話をも型を用いて話しました。

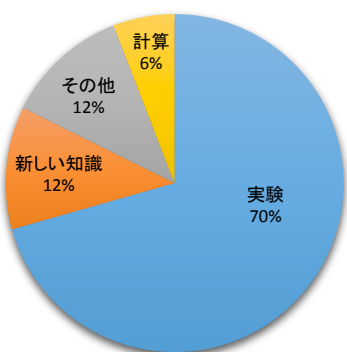
最後は、これからもぜひ多面体で気になったことがあれば調べてほしいこと、数学にもこのように手を動かして、そうなんだ！と理解するものがあるということ、そして数学も世の中の役に立っていることもたくさんあるということを伝えて授業を終えました。

左は皆で作った多面体たち。よくできています。各々頭に浮かべた形であったり、思ってもなかった形になったり...とても個性の出る作品となりました。

# 参加者アンケート

## 音速を測ろう

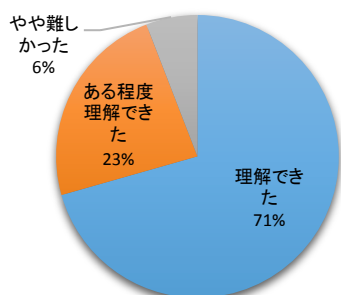
一番印象に残ったこと



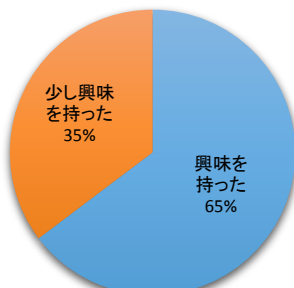
### 理由

- 学校ではただ見ただけだったので自分でやったのは初めてだったから。
- 初めてオシロスコープを触ったから。
- 機械を使えば意外と身近に音速が感じられたから。
- 実際に体験できたから。
- オシロスコープを見たのは初めてだから。
- 実際に動けるのがいい。
- 普段何気なく聞いている音にたくさんの違いがあったから。
- 意外と難しかった。

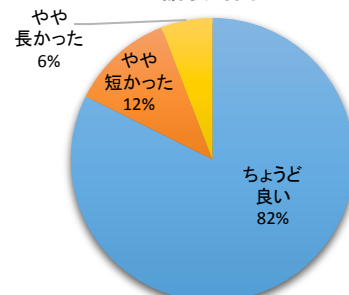
授業の内容



授業のテーマ



講義時間



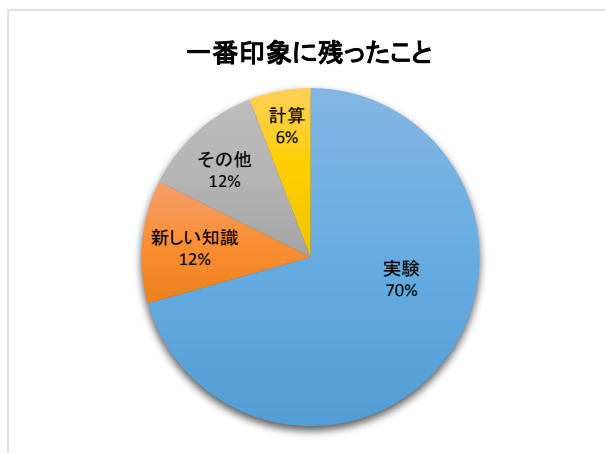
### 中学生の感想等(原文まま)

- ・ 実際に中学ではないような実験を自分たちですることができてとても楽しかったです。
- ・ どれぐらいの遠さまで音の振動が伝わるのか疑問に思った。
- ・ なぜ、大きな波が来る前に、少しゆれる(小さな波が来る)のか、不思議に思った。

### 大学生による考察(原文まま)

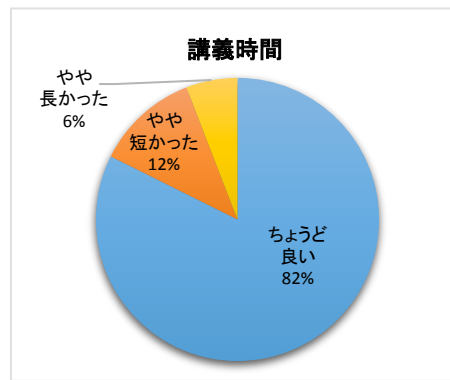
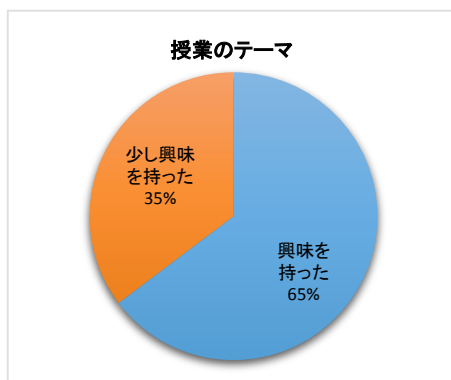
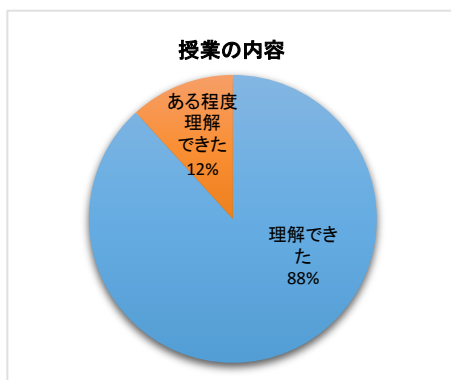
- ・ 私たちの説明については、多数の中学生たちは理解したようだが、1割弱の生徒には難しく感じられたようだ。  
何かものを見せるときは皆が見える位置で見せる、音の疎密についての説明をかみ砕いてする、等の少々必要な部分はあったかもしれない。
- ・ 前半の講義と、後半の実験のつながりがわかりにくかったように思われる。座って話を聞いているのと、実際に動いて測定をするのでは、あまり関係のないことをやっているように感じてしまうこともあるので、先ほど聞いたことは実験ではこう使われているなどと、講義とのつながりや原理をもっとわかりやすく説明できればよかった。
- ・ 印象に残った事として、1番多く挙げられているのがオシロスコープである。実際に自分で実験したり、計算したりすると印象に残りやすいのだと考えられる。また、普段中学校では使用しない(使用したとしても先生が実験するのを見るだけ)大学ならではの機器を使用するのも印象に残りやすい要因だと考えられる。
- ・ 実際にオシロスコープを見たり使ったりしたことがない子が多く、オシロスコープの役割や使い方を、少しでも理解してもらえ、興味を持ってもらえたようでよかった。
- ・ たまたまではあったが、測定結果の制度がかなり良かったため中学生の視点では「納得できた」という意見があったのがうれしい。

# 声を変身させるには



## 理由

- 色々な声に聞こえておもしろかったから。
- 自分の声はもともと少し低いけど、もっと低くするとどうなるかを知れたから。
- 周波数で音の高さが変わること。
- 録音した声の周波数を変えて再生する。色々な声に聞こえておもしろかったから。
- 楽器などによって波形が変化することが面白かったから。
- 音色によって波が違うこと。
- 人の声の波形。ギザギザで他の音とは違っていたから。
- イヤホンにマイクがついてるのを初めて知った。



## 中学生の感想等(原文まま)

- ・ 自分の声を高くしたり低くしたりするのが楽しかったです。
- ・ 自分の声を自分で聞くととても面白かった。
- ・ なぜ楽器によって波形が違うのか。楽器の何が違ったら波形が変わってくるのか。

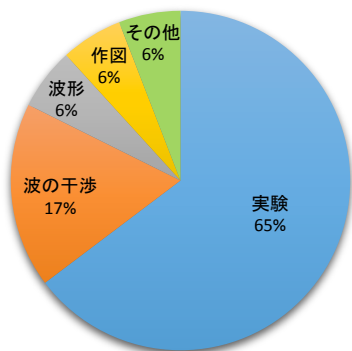
## 大学生による考察(原文まま)

- ・ 残念であった点は、発表の用意のために自分が当てた時間の足りなさである。発表の練習を重ねる度に新しい部分を加えたりして、用意しながら自分でもどんどん気になってくる部分が出てきていたが生徒さんの中にもそう感じた人がいたので、もう少しその疑問が解けるように色々できたら良かったなと思った。
- ・ 難易度的には丁度よかったと思う。雑談が結構面白かったということだったので、へえっと思うような知識をもう少し入れても良かったかなと思った。
- ・ 今回の模擬授業では、音の三要素についての授業で高さについては実験を行い、音色については講義という形で行った。そのため一つの授業で単元がバラバラしてしまうかと思ったが、どちらの内容にも興味をもって貰えて良かったと思う。
- ・ 実際に手を動かすことの出来る実験は生徒さんの興味関心をもって貰いやすいので、行って良かったなと思った。この実験の時に男性の声がわからないという意見があったので、この位の男性の声という例を提示した方が良かったと思う。
- ・ なぜ楽器によって見える波形が違うのか疑問に思った人がいた。詳しく調べてみるのも面白いのではないかなと思った。やはり、現象だけより仕組みや原理まで伝えることが出来た方がよいと思う。

# 参加者アンケート

## 音の“カタチ”

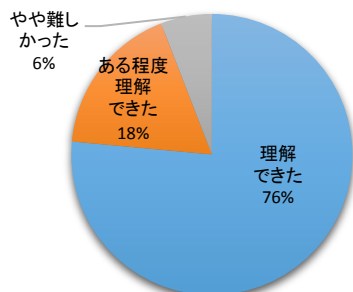
一番印象に残ったこと



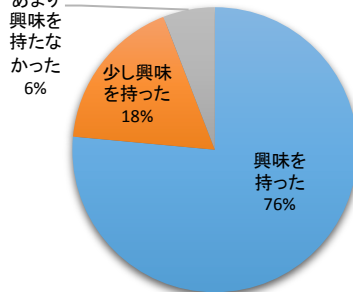
### 理由

- 音の波で図形を作れるなんて知らなかったから。
- 振動によっておこる図形の形がすごかったから。
- 周波数や、皿の形を変えると、音のカタチが変わるといことがおもしろかった。
- (板を)四角にしたときの図形の変化がおもしろかったから。
- 色々な形に変化して面白かったから。
- 音と音ならどれも足しになると思った。
- 図鑑でも見たことがなかったから。
- いろいろなパターンがあることを知れたから。
- 今まで、波を書くのが嫌いだったけど好きになりました。
- 音をかたちで表す、というのが新鮮だった。

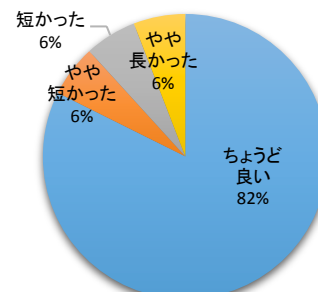
授業の内容



授業のテーマ



講義時間



### 中学生の感想等(原文まま)

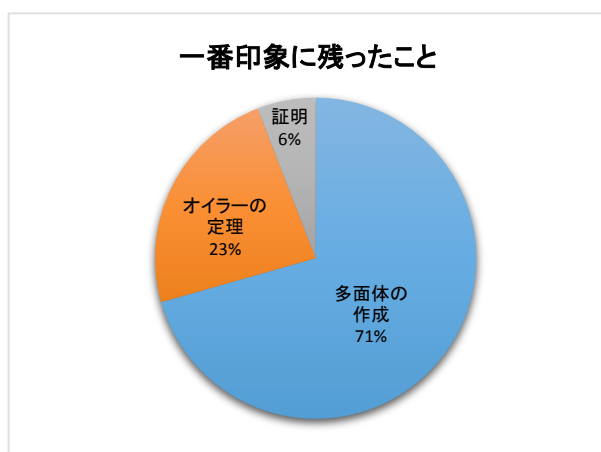
- ・ 周波数や、粉を乗せている皿の形が変わると音のカタチの変わるということが分かって面白かった。
- ・ 波形にいろいろなパターンがあることを知ることができて面白かったです。
- ・ 3つ、4つ音源があったらどうなるの？

### 大学生による考察(原文まま)

- ・ クラドニ図形は実験してようやく理解できるものと思うので、印象に残ったことが実験であることは、予想通りだった。  
クラドニ図形自体、数理的に理解するのが難しいために予備知識を積み込んだために講義時間について短いと感じる人が多いと思っていたが意外な結果だった。現象自体はとても面白いので興味を持った人が多く、さらに応用(違う形)ができないかまで考える人もいて、物理について少しでも前より興味を持ち勉強するきっかけになっていればいいと思う。
- ・ コンテンツの多い内容となっていたので難しく感じる人が多いのではと感じていたのだが、授業内容や時間についての満足度の高い結果となっており驚いた。定義など言葉ではわかりにくかったり、学校の授業では1つ1つ体験するおkとが難しかったりする分、この授業で実際に体験・観察できるようにしたので、それらが内容理解の助けになっていればと思う。全体的に授業内容に興味を持ったり、楽しんだりしてくれて本当に嬉しい。
- ・ クラドニ図形に興味を持ってくれ、「他の図形が見てみたい」という声が多くあったので、授業内容や時間配分を工夫してもっとクラドニ図形を見る時間を増やしたり、自分で機械を操作して図形をつくってみる時間を取ったりできたらよかったとも思う。

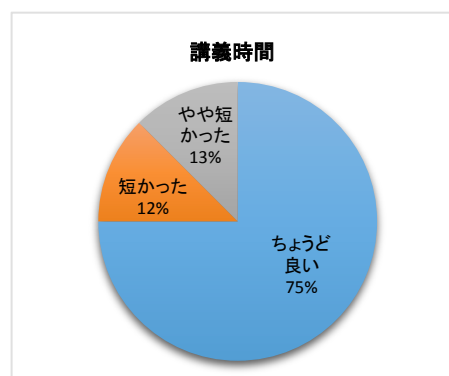
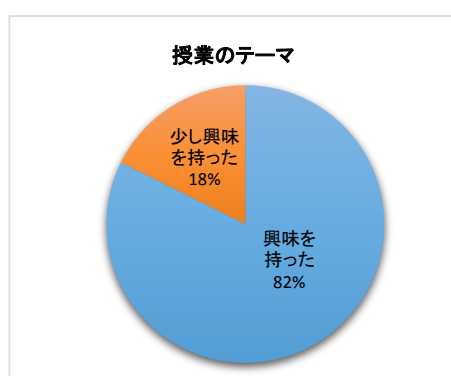
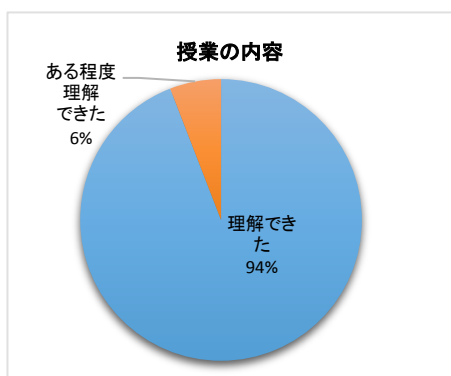


# “多面体”ってどんなもの？



## 理由

- どんな立体をつくろうかワクワクしたから。
- 多面体を作るのは、難しかったけど色々試してみても楽しかったから。
- いろいろな種類があっっておもしろかった。
- 自分で考えて作ることで頭を回転させることができたから。
- あまりうまくできなかったけど、八面体ができただけから。
- 辺の数を求めるのが簡単になるから。
- この定理の応用で面の数も知れるということを知ったので、家に帰ってやってみたくいです。
- この定理でいろいろな応用ができるから。
- 正多面体がつくれぬ理由について、ちゃんと理由があっっておもしろかった。



## 中学生の感想等(原文まま)

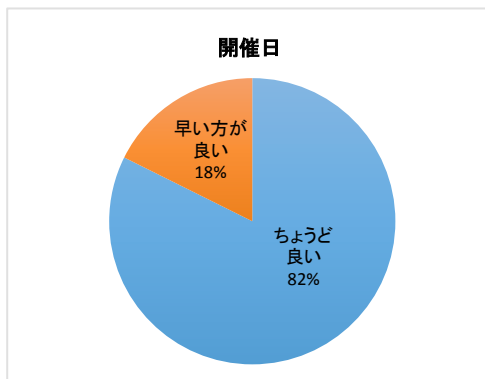
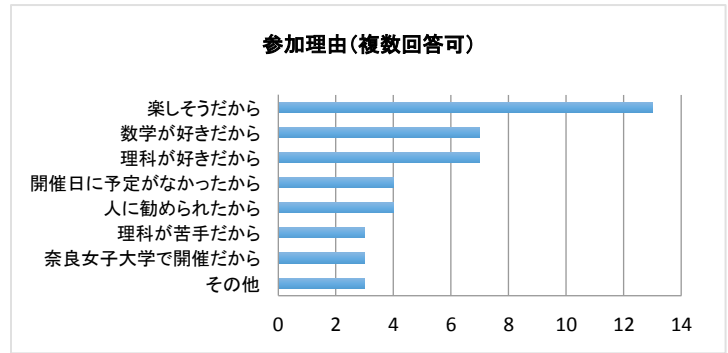
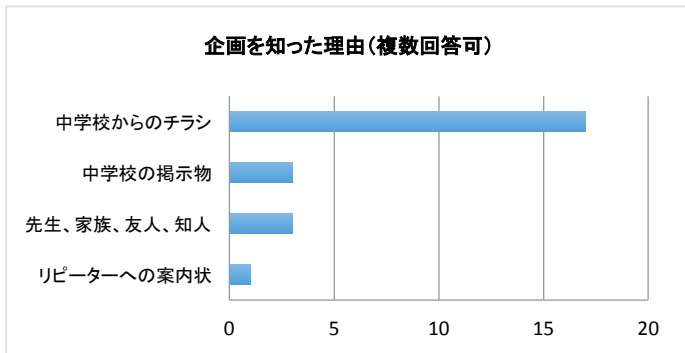
- ・ 多面体にいろいろな種類があることを初めて知れてよかったです。
- ・ 多面体は最高何面体まで作れるのか疑問に思った。
- ・ 多面体を作るのは難しかったけど、楽しかったです。  
1年生のときに頂点、面、辺をやって少し思い出せたので、よかったです。

## 大学生による考察

- ・ 内容に関しては、半数以上が多面体を作るという作業が楽しかったと回答しており、中学生への授業は作業中心の方がより前向きに授業に取り組んでくれると感じた。ポリドロンやゾムツールで多面体を作ることが楽しかったという意見が多い中、正多面体に関してや、オイラーの多面体の話が面白かったという意見も多く、授業内容としては良かったのではないかと感じた。しかし、数学を身近に感じたというものはなく、少し残念であり、数学を身近に感じてもらうためにはまた違った授業の仕方があると感じた。また、授業の構成に関しても、どのような流れで行くと最もよいかを考えることが難しく、順序の大切さを感じた。
- ・ 難易度に関しては、理解できたという人が9割を超えていて少し簡単すぎたかとも思うが、授業内では難しくしている場面も見られていたので、ちょうどよかったと思うという意見があった。また、もう少し難易度の高い話を少し入れてもよかったかもしれないという意見もあった。
- ・ 授業時間に関しては短いと感じた人が多く、これに関してはさまざまな意見があった。1つは、実際に作ってみるなど、やってみるという内容が多く、考える時間が少なかったからではないかという意見である。他には、内容を詰め込みすぎたため短く感じたのでは、という意見や、実際に作業する時間が短かったため、全体の時間が短く感じたのではという意見があった。また、ゾムツールの時間をもっと作りたかったという意見もあった。
- ・ 全体としては、楽しんでくれた人が多く、授業を行ってよかったと感じた。また、すべての内容に関して、納得している人が多く良かったと思う。これらを納得してもらったうえで、さらに日常生活に関連した授業を行い、もっと印象に残り、数学に興味を持ってもらえる授業を行えたらよかったと感じた。

# 参加者アンケート

## 全体アンケート



### 【今後希望する企画】

#### 《数学》

- ・図形
- ・学校で習わない新しいこと (オイラーは既習であった)

#### 《その他》

- ・液体の混合実験

#### 《物理》

- ・光、宇宙、量子論
- ・電気、電圧
- ・光の反射
- ・音に関する実験
- ・気圧、天気の変化
- ・簡単ロボットの作成
- ・モーターを使わずにものづくり

### 大学生による考察

#### ---広報活動---

- ・ポスターよりもチラシのように確実に手元に届くもののほうが広報として機能していると感じた。
- ・リピーターが少ない結果が気になった。内容が昨年度と似ていたのも一因にあると思う。テーマから昨年度と違うということがわかるような宣伝やテーマ選択も必要かもしれない。

#### ---参加理由---

##### 《今回》

- ・参加理由が圧倒的に「楽しそう」が多いことから、内容は中学生も興味を惹かれるものを選ぶことが出来ていると思う。
- ・学校で習っていないこと、学校ではやっていない実験などの回答からは参加者にとっての“新しいこと”に興味がおかれていると感じた。
- ・苦手だから参加する、という意見は既習の内容を取り扱ったためと考えることもできる。
- ・理科が苦手でも楽しそうと思って参加していることから、苦手でも興味を引き出せることがわかった。

##### 《今後》

- ・理科や数学が好きで来ている参加者が多いため、中学・高校で学ぶ内容だけでなく大学で学ぶ内容なども補足で追加(授業中に行うのではなく、プリントにして配布など)すると、興味を持ってもらえるのではないと思う。
- ・数学が苦手な人は参加していないことから、(数学は)習っていないことで面白いことを紹介し、理科は苦手な人もいることから、(理科は)既習の中で(特に自然などを)実験して深めていけるものを作りたいと思う。

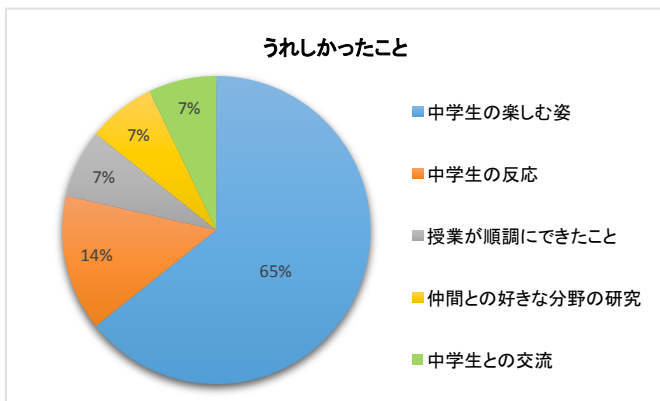
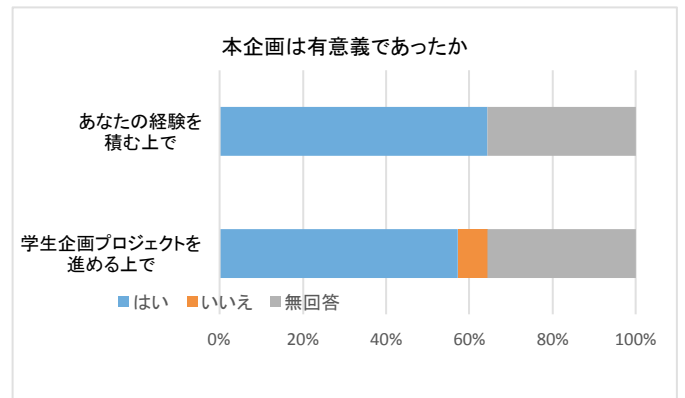
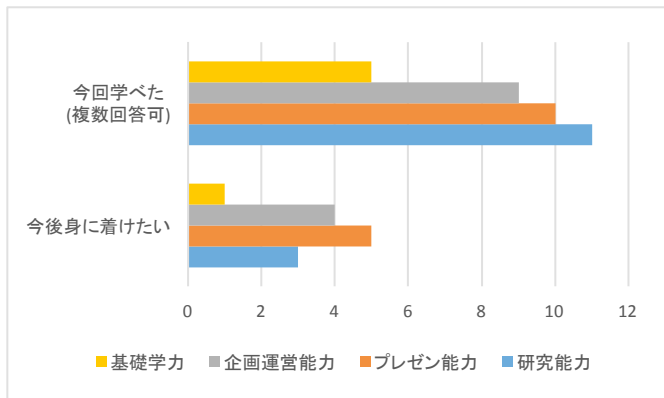
#### ---開催時期---

- ・開催日程は期末考査が終わり、冬休みが始まる前の時期で参加しやすかったことが伺える。
- ・大学生側の準備やテスト期間を考えると妥当。また、参加者が冬休み前にこのような機会を持つことで長期休暇中に自発的に学ぶきっかけになると考える。その一方で、中学3年の受験生にとっては12月は少し参加しにくい時期かもしれない。11月のほうが参加しやすいかもしれない。

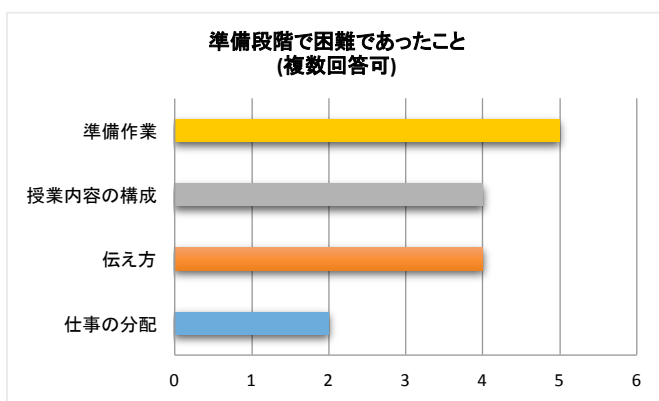
#### ---その他---

- ・気象、宇宙に関して、物質の状態変化についてプラズマあたりまで説明してオーロラに結びつけてみる。
- ・量子論に関して、確率論的な考え方が新鮮なので興味を持ってもらえるかもしれない。
- ・今後やってみたい実験について、具体的な物理の実験を挙げている人は少数である。中学生は理科の分野がまだ明確に分かれていないので、物理より科学のイメージを持って取り組んだのではないかと推測する。

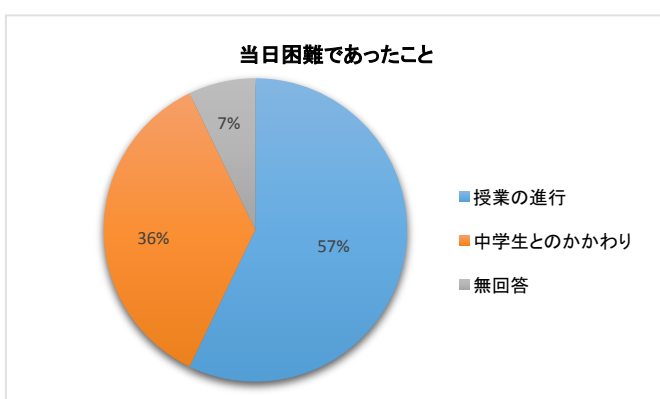
# 大学生アンケート



- 楽しそうにゾムツールで多面体を作っていたり、実験をしていたりした
- 「楽しかった」と言ってもらえた
- 投げかけた質問に対して反応があった
- アンケートで授業内容に興味を持ってくれたと分かった
- 模擬授業を重ねるごとに、授業内容や準備すべきことが増えていき大変だったが、自分の興味があることをたくさんできた
- 「面白い内容」と友達や指導員に行ってもらえた



- 【解決方法】
- 一つ一つ大切にし、取り組む
  - 無理のない計画を立てる
  - 周囲の人に助けってもらって (アドバイス等)
  - 練習してだんだん慣らす
  - 言葉の説明の他に、実際に見せたり作業したりイメージも一緒に伝えるようにした
  - 何度も模擬授業を行った



- 【解決方法】
- 生徒に発問した際の返答の様子から、生徒の理解度を判断した
  - 1回目の反省点を2回目の授業に生かした
  - 日常会話から話を広げた

## <自由回答より>

TAの人の予行時間があればよかった。子どもたちの活動に参加するのではなく、補助する、一緒に遊ぶということをTAに意識してもらう時間を取れば、もう少し変化があったと思う。

