

# 第 16 回日本物理学会 Jr. セッション (2020) プログラム

【3月17日に予定していましたが第16回日本物理学会 Jr. セッション (2020) の名古屋大学年次大会でのポスター発表は中止しました。このプログラムをもって第16回日本物理学会 Jr. セッション (2020) は成立し、プログラムに記載の研究については発表されたものと致します。】

日時：2020年3月17日(火) 8:15～16:50

会場：名古屋大学 東山キャンパス 豊田講堂

17JPSA-01	愛媛県立新居浜南高等学校	気泡の生成時に発生する音の振動数について
17JPSA-02	私立玉川学園高等部	打点式記録タイマーで正確に測る方法の研究
17JPSA-03	北海道札幌北高等学校	ガラスははさみで切れるのか～空気中、水中での破壊のされ方の違い～
17JPSA-04	私立玉川学園高等部	引張りに強いコンクリートの開発を目指した研究
17JPSA-05	石川県立小松高等学校	浮上する液滴の安定性について
17JPSA-06	私立松山聖陵高等学校	AIの音声認識の特徴を探る
17JPSA-07	私立札幌日本大学高等学校	ネオジム磁石を用いた地磁気水平分力の無電源測定法
17JPSA-08	青森県立八戸高等学校	這い上がる砂の仕組み
17JPSA-09	岡山県立倉敷天城高等学校	大気雰囲気、大気圧中の誘電体バリア放電で発生したプラズマの発光パターン特性
17JPSA-10	岡山県立津山中学校	デコピンを科学する～回転運動・運動量と力積の関係を用いた考察～
17JPSA-11	横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校	スूप缶における飲みやすさの研究
17JPSA-12	私立玉川学園高等部	テニスボールのサーフェスによるバウンドの変化とラケットの振動
17JPSA-13	国立明石工業高等専門学校	ペットボトルフリップのメカニズム研究Ⅱ
17JPSA-14	私立玉川学園高等部	はく検電器の異常な帯電の研究
17JPSA-15	岡山県立津山中学校	扇風機のはねの変数と風力の関係
17JPSA-16	兵庫県立宝塚北高等学校	CW回路を用いた昇圧実験
17JPSA-17	兵庫県立姫路東高等学校, 兵庫県立西脇高等学校	反応染料で染色した綿糸の紫外線照射による退色(第1報)
17JPSA-18	私立玉川学園高等部	水泳において水の抵抗が推進力に及ぼす影響
17JPSA-19	福島県立福島高等学校	プラズマによる翼端渦抑制の研究
17JPSA-20	私立市川学園市川高等学校	低周波音による紙コップの動きの法則性
17JPSA-21	横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校	T字型尾翼機に発生するディープストール回避ソフトウェアの開発
17JPSA-22	国立名古屋大学教育学部附属高等学校	月食の画像解析から求めた地球-太陽間の距離
17JPSA-23	私立札幌日本大学高等学校	ネオジム磁石を用いた金属パイプの抵抗率測定法
17JPSA-24	北海道札幌西高等学校	ダウンバーストをつくる冷気を支える条件
17JPSA-25	茨城県立日立北高等学校	アルギン酸ゲル粒子の自己駆動運動
17JPSA-26	愛知県立明和高等学校	色と熱吸収の相関
17JPSA-27	三重県立四日市高等学校 SSH生物部	褐藻アミジグサの発光と反射スペクトル ー青緑色に光る仕組みを探るー
17JPSA-28	国立奈良女子大学附属中等教育学校	振り子を設置した台車の挙動分析とベアリングを用いた実験モデルの提案
17JPSA-29	兵庫県立加古川東高等学校	水面上の1円玉間にはたらく吸引
17JPSA-30	国立名古屋大学教育学部附属高等学校	電子天秤でビルと山の質量を測る-重力測定における周囲の建造物の質量補正-
17JPSA-31	福島県立福島高等学校	磁気浮上を用いた回転制御の研究～磁場の可視化を試みる～
17JPSA-32	岐阜県立岐山高等学校 地学物理部(物理班)	怒りやストレスが音声に及ぼす影響を読み取る
17JPSA-33	福島県立福島高等学校	バイオミメティクスによる流体制御の研究
17JPSA-34	熊本県立宇土中学校・宇土高等学校	屈折率の研究Ⅲ ～Zゾーンの全容解明と屈折率アプリによる糖度の可視化～
17JPSA-35	横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校	マイコンによる交流電動機の直接制御
17JPSA-36	私立日本大学第一高等学校	フーコーの振り子に適した支点部の考察
17JPSA-37	奈良県立青翔高等学校	打撃によって形成されるケイ砂層の表面模様についてⅢ
17JPSA-38	私立玉川学園高等部	気柱の共鳴点と音が大きく聞こえる点のずれと共鳴音が大きい原因の研究
17JPSA-39	私立本郷中学校・高等学校	ミルククラウンについての研究
17JPSA-40	国立津山工業高等専門学校	逆シャボン玉の膜厚測定
17JPSA-41	横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校	石垣の耐震性と栗石の大きさの関係について
17JPSA-42	岡山県立倉敷天城高等学校	パスタを折る速さと破片の数の関係
17JPSA-43	東京都立科学技術高等学校	翼上面に於ける凹みと翼性能の関係性に関する研究
17JPSA-44	兵庫県立加古川東高等学校	物体間における影の伸縮のメカニズム解明
17JPSA-45	岡山県立岡山一宮高等学校	水面への落下物と、水柱の高さの関係の研究～高く跳ね上がる水柱の謎～

17JPSB-01	北海道札幌北高等学校	スライムの衝撃吸収能力の変化についての研究
17JPSB-02	神奈川県立横須賀高等学校, 神奈川県立鎌倉高等学校	鉄の元素分析による原料砂鉄の産地推定
17JPSB-03	兵庫県立加古川東高等学校	液滴輸送装置を用いた効率的な液体の輸送
17JPSB-04	鹿児島県立鹿児島中央高等学校	振動するシャボン玉表面の観察
17JPSB-05	石川県立小松高等学校	鳴き砂の物理的特性と発音メカニズム
17JPSB-06	鳥取県立鳥取西高等学校	光の干渉を利用した薄膜厚の測定の試み
17JPSB-07	愛知県立明和高等学校	3つの分子雲領域の多波長観測による宇宙線の密度の分布とダークガス
17JPSB-08	兵庫県立加古川東高等学校	小水力発電の出力向上のためのサイクロイド曲線の流体における最速降下の検証
17JPSB-09	北海道札幌北高等学校	気柱共鳴管に蓋をした場合の共鳴点の変化と音圧の関係を探る
17JPSB-10	岐阜県立岐阜高等学校	金属管を落下する磁石
17JPSB-11	岡山県立岡山朝日高等学校	ペットボトルロケットの飛翔高度
17JPSB-12	横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校	集風装置の組み合わせによる風力発電の効率化
17JPSB-13	国立神戸大学附属中等教育学校	物体表面の凹凸と流水への表面抵抗力の効果
17JPSB-14	岡山県立津山中学校	糖の種類の違いによる保水力の違い
17JPSB-15	三重県立四日市高等学校	水中落下物体の流れと終端速度・抵抗係数との関係
17JPSB-16	私立玉川学園高等部	レール上の球の転がり摩擦力と滑り摩擦力の研究
17JPSB-17	兵庫県立姫路東高等学校	自作の高い分解能をもつ簡易分光器による電子レンジプラズマの分光
17JPSB-18	北海道札幌北高等学校	水流による物体の割れ方と水位上昇について ～流しそうめん機を使って様々な仮説を確かめる～
17JPSB-19	埼玉県立大宮高等学校, 私立浦和明の星女子高等学校	自然放射線強度と宇宙線成分の物質吸収特性
17JPSB-20	奈良県立青翔高等学校	障害物による波の変化について
17JPSB-21	私立逗子開成高等学校	ジャンプするスティックスリップ現象
17JPSB-22	西宮市立西宮高等学校	日本語の波形解析と合成音声プログラム開発
17JPSB-23	私立本郷中学校・高等学校	キャップに働く揚力についての考察
17JPSB-24	国立広島大学附属高等学校	ボトルフリップがペットボトルの着地に与える影響
17JPSB-25	石川県立小松高等学校	過冷却現象の解析とその応用
17JPSB-26	国立広島大学附属高等学校	流水が生み出す半月模様
17JPSB-27	愛媛県立西条高等学校	電気回路を用いた避難経路の誘導システムの研究
17JPSB-28	富山県立富山中部高等学校	スターリングエンジンの出力向上へ
17JPSB-29	兵庫県立加古川東高等学校	金平糖の生成過程について
17JPSB-30	奈良県立青翔高等学校	音による空気の壁について
17JPSB-31	静岡県立科学技術高等学校	同極磁石間に働く引力
17JPSB-32	広島県立安古市高等学校	立ち上る線香の煙の構造変化
17JPSB-33	大阪府立豊中高等学校	ペットボトル振動子のリズム運動 ～鉛直ばね振り子によるモデル化～
17JPSB-34	大阪府立大手前高等学校定時制の課程, 大阪府立春日丘高等学校定時制の課程, 大阪府立今宮工科高等学校定時制の課程	「固体版クロマトグラフィ」をめざして ～微小重力を用いた磁場勾配による固体粒子の分離と非破壊測定～
17JPSB-35	大阪府立大手前高等学校定時制の課程	クレーターの直径は重力に支配されるか？ ～重力可変装置を用いた衝突クレーター重力スケール則の実験的検証～ チョコレートが電子レンジで温まる要因～カカオバターに隠された秘密～
17JPSB-36	北海道札幌西高等学校	音からみる混合系の推移
17JPSB-37	岐阜県立岐阜高等学校	コップから流れる水の形 第3報
17JPSB-38	私立本郷中学校・高等学校	正八面体に変化するNaCl結晶
17JPSB-39	富山県立富山中部高等学校	～ポリアクリル酸ナトリウムによるミラー指数 {111} 面の安定化～
17JPSB-40	国立広島大学附属高等学校	コップから流れ出る液体の温度変化
17JPSB-41	横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校	揺れにくい船の開発
17JPSB-42	私立玉川学園高等部	混合した衝突球の隙間による時間の変化
17JPSB-43	由利本荘市立大内中学校	ビンから出る音の秘密 Q.E.D. ～固有振動数と空気バネから数式化への挑戦～
17JPSB-44	岡山県立倉敷天城中学校	水中を落下する物体の終端速度
17JPSB-45	岡山県立津山高等学校	坂道を運動する二層構造物体の加速度についての分析

主催：一般社団法人 日本物理学会  
共催：高等学校文化連盟全国自然科学専門部  
協賛：株式会社セブン&アイ・ホールディングス  
後援：愛知県教育委員会、名古屋市教育委員会

問い合わせ先：日本物理学会 Jr. セッション係  
〒113-0034 東京都文京区湯島 2-31-22 湯島アーバンビル 5F  
TEL：03-3816-6201 / FAX：03-3816-6208 / E-mail：jrsession20@gakkai-web.net  
URL：https://gakkai-web.net/butsuri-jrsession/

## 17JPSA-01 気泡の生成時に発生する音の振動数について

愛媛県立新居浜南高等学校 代表研究者：八塚拓海  
共同研究者：北條拓，齊藤竜久，藤森颯真

先輩方の研究を手伝った際に、水が水面に到達する際に生じる気泡の生成音を観測すると、連続した振動数スペクトルが生じた。この現象に興味を持ち、気泡の生成時に発生する音の振動数決定条件について調べることにした。先行研究では、気泡の等価半径と振動数には相関があると報告されているが、水深と振動数の関係性について詳しく述べたものは見当たらなかった。また、私達は気泡が鉛直方向に激しく運動していることから、気泡内径を縦横別に分析することにした。実験では、ノズルを活用して水中に空気を送り込み、気泡を生成する装置を作った。この装置を用いて異なる水深(10～30mm)から発生する様々な大きさの気泡の内径及び振動数を調べ、グラフ化した。その結果、ノズル上端の水深が15mmより浅い程、振動数は大きくなり、これより深ければ振動数にあまり変化が無く、ある程度収束している事が確認できた。また、気泡内部で様々な方向に空気の振動が生じることによって、連続した振動数スペクトルを持つ音波が生じる事が判明した。さらに、連続スペクトルのピークが低周波から高周波に移動しており、これは気泡生成時に気泡の下端が上端に向かって一気に収縮する事で、鉛直方向の内径が変化するためであると考えた。気泡内径と振動数の関係を表したグラフを見ると、水平方向に比べて鉛直方向の方が値のばらつきが小さい事が見て取れた。このことから気泡の振動数は鉛直方向の内径に依存していると考えた。

## 17JPSA-02 打点式記録タイマーで正確に測る方法の研究

私立玉川学園高等部 代表研究者：廣瀬杏奈

本研究では、重力加速度の測定を打点式記録タイマーと放電式記録タイマーを同時に使って測定し、打点式記録タイマーで正確に測るための方法について考察を行った。打点式記録タイマーは放電式の高価な感熱紙を使わず安価な普通紙の記録紙で済むため実験改良など多数の実験をするときに便利であるが機械式のため精度があるのかどうかわなかったが、放電式記録タイマーと併用することで時々刻々と打点されるタイミングの変化を正確にとらえることができた。このとき測定された打点式記録タイマーの打点間隔の乱れについては、まだ解析できていないが非線形振動のファン・デル・ポールのようタイミングの乱れの振動が大きくなるように感じている。またこの振動を抑える方法は見つけていないが速さを押さえるか測定時間を限ればこの問題は回避できることがわかった。

## 17JPSA-03 ガラスははさみで切れるのか～空気中、水中での破壊のされ方の違い～

北海道札幌北高等学校 代表研究者：柚木香乃  
共同研究者：上野将矢，高田史人，池田咲亜，廣狩花恵，田中聡，山下龍生，川田悠介，樹田雄人，田口葵，石田莉礼

空気中と水中でのガラス板(厚さ1mm、縦25.4mm×横76.2mmのスライドガラス)をハサミで切ったときの破壊のされ方を比較するために、自作の装置を用いて空気中、水中でのガラスが破壊される時にかかる力を測定した。その結果、水中と油中でのほうが、空気中よりもガラス板が小さい力で破壊されるということが分かった。また、ガラス板を空気中、水中で切ったときの切断面を比べたところ、空気中のほうが単位面積当たりの凹凸の数が多い傾向にあるということが分かった。

## 17JPSA-04 引張力に強いコンクリートの開発を目指した研究

私立玉川学園高等部 代表研究者：長谷川想

本研究は自己修復コンクリートの実験から始まり、コンクリートの短所をなくすためテンセグリティ構造という引張力に強い構造を使った実験などコンクリートの強化を目的とした。今回利用したテンセグリティ構造は応用例が少なく、通常の骨組み構造と比較した実験を通して、コンクリートの骨組みとして活用することによって鉄筋コンクリート以上に引張力に強いコンクリートが作成できるという有用である可能性が示唆された。また、このとき測定された構造物にかけた力を分析することによって、テンセグリティ構造の短所である圧力に弱いという所もコンクリートによって補われることが示唆された。

## 17JPSA-05 浮上する液滴の安定性について

石川県立小松高等学校 代表研究者：北村優佳  
共同研究者：江守真由子，西牧花華，高橋里

水滴を水面に落としたりするとき、両者の間に存在する空気層によってしばらくの間水滴が水面上で浮上していることがある。本研究では、液滴と液面に様々な粘度のシリコンオイルを用いて、液滴の滴下条件を変えながら振動する液面上で浮上する液滴の持続時間の測定を行った。実験の結果、液滴の大きさは持続時間の間には、あまり相関が見られなかった。また、液滴を約3～4mmの高さから落下させたときに最も持続時間が長くなった。さらに、液滴の粘度が小さいほど持続時間は長くなった。ハイスピードカメラを用いて液滴の形状を分析したところ、粘性の小さい液滴ほど変形の度合い(扁平率)が大きくなり、扁平率と持続時間の間には、正の相関があることが分かった。一方、液面の振幅がある値を超えると、浮上状態が永続的になるような閾値が存在することが確認された。動粘度5cstのシリコンオイルでは、振幅の閾値が40Hzで最も小さくなった。この値は表面張力による液滴の固有振動数に近い値であり、持続時間が液滴の変形による影響を受けることを示唆する結果が得られた。

## 17JPSA-06 AIの音声認識の特徴を探る

私立松山聖陵高等学校 代表研究者：片山翼  
共同研究者：上田陽介，岡村凌太，八木颯汰，松永璃空

人工知能(AI)の音声認識の特徴を探るために、日本語母音である「あ」「い」「う」「え」「お」の5音をフーリエ変換し、母音に含まれる振動数を調べた。得られた結果の中で、パワースペクトルの小さい振動数のスペクトルの大きさを0にして逆フーリエ変換を行うことによって再び音を作成した。作成した音をAIが正しく音声認識できる限界の振動数だけを残し、その特徴を研究した。その結果、日本語の母音は、基本振動の整数倍の振動数の組み合わせで構成されていることがわかった。基本振動の値は、個人差もあるが、男性の場合は110Hz程度であり、女性の場合は230Hz程度であった。日本語母音のなかでは「お」音が最も単純な振動数の組み合わせでAIが認識し、女性の場合は基本振動の2倍と3倍の2つの振動数だけで正しく認識した。

## 17JPSA-07 ネオジム磁石を用いた地磁気水平分力の無電源測定法

私立札幌日本大学高等学校 代表研究者：高田駿  
共同研究者：中山賢人，藤本瑞士，佐々木結音，山口隼季，大井康太

目的は、ネオジム磁石を用いて地磁気を簡便に測定する方法を確立することである。我々は、これまでの研究で、ネオジム磁石球間に働く磁気力と球心間距離の関係から磁石球の磁気モーメントが求められることを見出した。本研究では、円柱型ネオジム磁石についても検討した。ネオジム磁石を糸でつるし、自由振動させると、磁石が地球磁場中で単振動をする。このときの単振動の周期、磁石の慣性モーメントおよび磁気モーメントから、その地点の地磁気の水平分力を理論的に求めることができる。この方法によって、我々は北海道北広島市、つくば市、大阪市、福岡市、鹿児島市、シンガポール、インドネシア、およびフィンランドでネオジム磁石の振動周期を測定し、地磁気水平分力を求めた。各地で求めた水平分力の値は、国土地理院の報告値とほぼ一致した。結論として、磁気モーメントおよび慣性モーメントが既知であるネオジム磁石を用いれば、振動の周期を測定するだけで、地球上各地の磁場を簡単に測定できる。

課題として、測定精度の向上および鉛直分力の測定がある。現在、周期に影響を及ぼさない糸の探索、周期を小さくする磁石探索により精度向上を図っている。また、水中の浮力を利用した鉛直分力の測定について検討を進めている。本測定法が確立されると、外部電源を使わずに、高価な装置を購入することなく、測定したい場所で簡便に地磁気の測定ができ、省エネや経費削減、理科教育に貢献できる。また、糸を必要としない無重力下で、宇宙ステーション内や宇宙空間での磁場測定にも応用できる。

## 17JPSA-08 這い上がる砂の仕組み

青森県立八戸高等学校 代表研究者：二階堂有希乃  
共同研究者：青木龍

本研究では、砂に縦方向の振動を加え、流動化した状態になったときに中空のものをさし込むとその中を這い上がる現象についてのメカニズムについて考察を行った。粒子のサイズ、中空の物体をさし込む位置、さし込む深さ、振動数(加速度一定)、のような条件を変化させた。

今回得た実験データから、這い上がる砂の発生メカニズムの仮説が立てることができた。

## 17JPSA-09 大気雰囲気、大気圧中の誘電体バリア放電で発生したプラズマの発光パターン特性

岡山県立倉敷天城高等学校 代表研究者：藤田紗矢  
共同研究者：中島慶子，中西杏菜，迫田寛南

私たちは誘電体バリア放電を用いて大気雰囲気、大気圧中でプラズマ柱を発生させ、交流電源の電圧と周波数を変化させた時に、そのパターンがどのように変化するか研究を行った。今回用いたプラズマ発生装置の特徴は、上部電極の円筒状の中に水道水を入れ、さらに絶縁体としてガラスを用いたことで、電極と絶縁体部分が透明になり、上からプラズマ柱のパターン変化を観測できるようにしたことである。電源はパルス電源を使用し、オシロスコープで電極に加えた電圧とプラズマが発生したときに流れた電流を観測した。結果は、まず、電源周波数が低くなると、プラズマ柱の発生、消滅する電圧が共に高くなる一方、電源周波数が高くなると、プラズマが消滅する電圧が低くなり、このことから、周波数が高い方が電圧の変化に影響を受けずにプラズマ柱を発生させることができることが分かった。また、電圧の周波数が30kHzでは、プラズマ柱が正六角形や正方形に整列する安定したパターンが得られた一方で、5kHz以下ではプラズマ柱同士が結合し、迷路のようなパターンを得られることが分かった。この迷路のようなパターンを、私たちは「ラビリンスパターン」と名付け、フラクタル次元を求めたところ、1.6前後の値が得られることが分かった。

## 17JPSA-10 デコピンを科学する～回転運動・運動量と力積の関係をを用いた考察～

岡山県立津山中学校 代表研究者：的馬知花

本研究は、デコピンについて回転運動・運動量と力積の関係をを用いて考察したものである。本研究から、指の長さよりも握力、握力よりも指の長さと言先にかかる力の大きさをかけ合わせた力のモーメントの方が、デコピンの強さに関係性があることがわかった。また、木球の質量、デコピンではじかれた木球の速さ、指と木球の接触時間を、実験によって測定するにより、デコピンの力の大きさを求めることができることがわかった。

## 17JPSA-11 スープ缶における飲みやすさの研究

横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校 代表研究者：堀光希

自動販売機などのコーンスープの缶容器の中には固体のコーンが入っている。それを飲むときに缶の出口や容器の底にコーンが溜まってしまふことが不便に感じるため、この事象を改善すべく調査すると、缶の側面を凹ませるときのコーンが多く出るという情報を入手したが、具体的な理由が述べられていなかったため、その理由を科学的に明らかにすべく本研究を考案した。目的は、缶を凹ませたことによる、コーン缶からコーンが排出しやすいという事象の、科学的なアプローチによる証明をすること。そして、缶容器を持ち上げたときに最も排出しやすい角度を測ること。また、各実験より得られる結果の考察を行い、コーン缶の最も飲みやすい方法を明確にすることである。

## 17JPSA-12 テニスボールのサーフェスによるバウンドの変化とラケットの振動

私立玉川学園高等部 代表研究者：張照行  
共同研究者：柴田蔵人

本研究では、テニスボールがサーフェスの違いによってどのようにバウンドの仕方が変化するのか測定し、地面の材質とボールの種類および状態によってどのような変化が見られるかを考察した。また、テニスラケットがボールによってどのように振動しているのかグリップ部分に装着した加速度センサーを用いて明らかにするため、常に一定の高さから同じ条件でボールを落下させる装置を作製した。この装置はボールのはね返り係数の測定にも使用することとし、ボールのはね返り方にも着目する。このとき測定された反発の様子をとらえた動画から、ボールの状態によって反発係数の値にはある程度の変化が見られることが示唆され、加速度センサーを利用したラケットの振動解析から、振動止めの質量に着目することで好みの振動を選択することができることが明らかとなった。

## 17JPSA-13 ペットボトルフリップのメカニズム研究 II

国立明石工業高等専門学校 代表研究者：中谷真緒  
共同研究者：高岡勇佑，濱田大輔，神馬綾乃

近年ペットボトルフリップと言う遊びが流行している。これは、少量の水をペットボトルに入れて投げると着地したときに立つという不思議な遊びであり、去年度の高専ロボコンの題材になったものでもある。本研究は、去年度からの研究を更に詳しく発展させたものである。去年度はペットボトルの中身を水にし、実験を行っていた。しかし今年は内容を水から消臭ビーズに変更した。変更した理由は、1. 水だと実際にどのような動きを飛来中及び着地前に行っているのかがわかりにくいいため固体であるビーズを用い色分けして層にすることで動きを明確にするため。2. 重心を求めるには液体だと分布が激しく明確な値が出ないため固体であるビーズを用いることで解析しやすくした。3. 水を使うよりも中身をビーズにした方が立ちやすい（これは去年のロボコンより得た知識である）。これらの改善を行いフリップさせた結果、中身のビーズは面白い動きをした。一番上の層が激しく動き、一番底の層はほとんど動かなかったのだ。今後は、中身のビーズ径を変え実験を行い、ソフトを用いて明確な重心を出し、加速度センサなどを用いることで最終的にはメカニズムに繋がる、立つ、立たないの原因を明らかにしたい。

## 17JPSA-14 はく検電器の異常な帯電の研究

私立玉川学園高等部 代表研究者：中川賢絵

静電気を起こし、その帯電体を箔検電器の金属円板に1回こすりつけると、2枚の金属箔が広がる。そして、金属円板に手を触れると、2枚の金属箔は閉じる。しかし、静電気を起こし、その帯電体を金属円板に複数回こすりつけ、金属円板に手を触れると、2枚の金属箔は、閉じなくなるときがある。この箔検電器の異常な帯電の原因について研究した。先行研究では容器のガラス面を電気が流れるとしていたが、私たちは箔の先端から容器に放電して容器が帯電しているのではないかと考え、静電気測定器で容器の様々な部分を測定した。その結果、箔が開いたところや金属棒の先端に近い場所の電位が大きかった。したがって、箔や金属棒の先端から容器の一番近いところへ放電しその場所が帯電した可能性が高いと考えられる。また、グラフの形はどれも違うので、帯電の仕方は毎回違うのではないと思われる。その電荷の量は  $Q = -0.5 \times 10^{-10} \text{C}$  程度であると思われる。異常な帯電は時間と共になくなっていくので、空気に電荷がくっついて、それが箔に伝わり、検電器の外側の金属円板につたわり外へと逃げているのではないかとという仮説が立つので、真空にするなどして今後検証したい。

## 17JPSA-15 扇風機のはねの変数と風力の関係

岡山県立津山中学校 代表研究者：竹内瑞希

本研究は、扇風機のはねの枚数や角度、素材などの変数が風力に与える影響について研究したものである。本研究では、扇風機のはねの変数には、はねの枚数、角度、素材など風力に影響を与えるものがあることが分かった。しかし、はねの総面積は風力に大きな影響を与えなかったことから、風力に影響を与えない変数も存在することが分かった。以上のことから、扇風機のはねの変数には風力に影響を与えるものがあり、それらを実験することで風力も操作することができることが分かった。

## 17JPSA-16 CW 回路を用いた昇圧実験

兵庫県立宝塚北高等学校 代表研究者：大下田碧  
共同研究者：葛堀和也，前田武志，森本彩音

本実験では、電波を受信して電力エネルギーとして利用する実験を行った。現在様々な再生可能エネルギーを用いた発電が行われているにも関わらず電波の利用は進んでいない。調べてみると電波発電は発電効率が悪いので利用されていないことが分かった。そこで発電効率をあげる方法として Cockcroft-Walton(CW) 回路という昇圧回路を利用することを考えた。この回路はダイオードとコンデンサでできており、交流を入力するとダイオードで整流しコンデンサで昇圧する仕組みになっている。今回は主に2つの実験をした。1つ目はCW回路単体の昇圧実験、2つ目はアンテナで受信した電磁波の昇圧実験である。電波の受信では独立したコイルを2つ用意し、1つはパルス発生器、もう1つはCW回路につなぎ2つのコイルの間で電磁波の送受信を行わせてからCW回路に繋いだ。この時、どちらの実験でも回路には最も高い出力電圧を得る特定の周波数が見られた。しかし、電磁波を受け取る時と受け取らない時とでその周波数の変化の様子が異なった。また、コイルのみでも昇圧が行われたため、2つ目の実験では8.5倍にまで昇圧することができた。さらにラジオ電波を用いて発電するために、ラジオ局から発信されている電波を受け取るのに適したアンテナを探すことを計画している。

## 17JPSA-17 反応染料で染色した綿糸の紫外線照射による退色（第1報）

兵庫県立姫路東高等学校<sup>A</sup>、兵庫県立西脇高等学校<sup>B</sup> 代表研究者：赤瀬彩香<sup>A</sup>  
共同研究者：山本夏希<sup>A</sup>、高瀬健斗<sup>A</sup>、若本滯治<sup>A</sup>、奥見啓史<sup>A</sup>、藤本大夢<sup>A</sup>、安原優<sup>A</sup>、  
岸本ななみ<sup>B</sup>、藤井咲華<sup>B</sup>、横山渚<sup>B</sup>、小畑颯矢<sup>B</sup>、小林日菜向<sup>B</sup>、村上春輝<sup>B</sup>、山田怜央<sup>B</sup>、吉田翔<sup>B</sup>

繊維製品を洗濯後干すと、長時間干していたわけではないにもかかわらず、陽にあたった場所だけが変色したり色落ちしたりしてしまう経験がある。糸の染色方法には、染料を用いる方法と顔料を用いる方法がある。染料は、糸の繊維に染料を科学的に結合させて染色するもので、繊維の内部まで染色することができる。染料は独立した分子が発色しているため、分子構造が変化することによって本来の色を失う。西脇市は、古くから反応染料で糸を染色して織り上げる播州織で栄えた都市である。筆者らは播州織の糸の染色方法に興味を持ち、共同研究することにした。

染色した糸に対する紫外線の影響について、同じ条件で実験しても異なる結果が得られるなど、科学的に解明されていない。本研究では、反応染料によって染めた綿糸に紫外線を照射し、紫外線によって綿糸の色がどのように変化するかを明らかにすることを目的とした。播州織は、特別な糸を用いているわけではないため、播州織の糸の退色のメカニズムを明らかにすれば、一般的な退色のメカニズム解明の端緒を得ることができる。

青、黄、赤の3色の綿糸に紫外線を照射した結果から、以下の2点を明らかにした。(1) 紫外線を連続照射すると、青糸と赤糸では、6日目までシアンに対するマゼンタの染料の割合が減少して、視覚的に変色して見える。これは、マゼンタが紫外線によって壊されたことを示す。(2) 黄糸にはこの傾向が見られず、青糸や赤糸に比べて変色しにくい性質をもつ可能性がある。

## 17JPSA-18 水泳において水の抵抗が推進力に及ぼす影響

私立玉川学園高等部 代表研究者：赤間弦  
共同研究者：八重田優

本研究では、水泳における水の抵抗や造流抵抗が推進力にどのような影響を及ぼすのか、モデルを使って遊泳速度や受ける力を測定し、抵抗を極力減らすための泳ぎ方について考察を行った。水中における抵抗は速度に依存するため、水槽内に自作の遊泳機構を作製し遊泳速度と力を測定することで、どのような物理現象が起きているのか予想することができた。このとき測定された水中で受ける抗力を極力減らすために、どの程度体をローリングさせると良いか実証実験を行うことで、適切なローリング角が存在することが明らかとなった。

## 17JPSA-19 プラズマによる翼端渦抑制の研究

福島県立福島高等学校 代表研究者：石川悠  
共同研究者：横山佳観

世界的な航空需要の増大に伴い、航空機には燃費の向上や離発着間隔の短縮という課題の解決が求められている。これらの課題の一因には翼先端から発生する翼端渦があげられる。翼端渦は、風力発電風車や航空機の主翼の先端（翼端）において翼の下面から上面に気流が回り込むことで発生し、翼に生じる抗力の増加と揚力の減少をもたらす。そこで本研究では、プラズマを用いて気流を誘起する“プラズマアクチュエータ（PA）”というデバイスに注目し、これを用いて気流を制御することで翼端渦の抑制を目指している。

PAが翼端渦に与える影響を観測するため、装置を自作し、スモークワイヤ法により翼型周辺気流の可視化を行った。翼型側面から動画を撮影することでプラズマON/OFFによる翼端渦断面積の測定を行い、画像処理ソフトにより解析した。

実験の結果、低迎角時に翼型上面翼端でプラズマを発生させた場合、翼端渦の流線が上方に移動し断面積が増加することが確認され、渦の抑制効果があることが示された。また、ストリーク図を作成し時間ごとの流線位置を確認することで、実験で見られた現象がPAの効果によるものであることも確認された。実際の航空機の翼は低迎角で運行されることが主であり、本研究の応用も可能であると考えられる。

今回の研究では、PAを用いた翼端渦抑制の可能性を示すことができた。今後は連続的な迎角変化が生じる際のPAの翼端渦抑制効果を検証し、航空機への応用可能性を示していく。

## 17JPSA-20 低周波音による紙コップの動きの法則性

私立市川学園市川高等学校 代表研究者：石黒凜  
共同研究者：中臺彩貴

スピーカーから吊るした紙コップに向かって音を流すと、紙コップは不可解な動きをすするという研究がある。この研究では紙コップの動きの法則性や原因について明らかになっていない。そこで私たちは音圧と紙コップの大きさ、スピーカーと紙コップの距離に目を向け、紙コップの動きを計測し、紙コップの動きの原因と法則性を考察した。音を流すと、紙コップは前進した後静止した。実験1では音圧が上がるほど紙コップの動きは大きくなることがわかった。実験2では、前進した距離と周波数の関係をグラフに表すと、RLC並列共振曲線のグラフと概形が類似していることが分かった。また、そのグラフに近似したRLC並列共振曲線の共振周波数を求めたところ、紙コップの底とスピーカーの距離が長くなるにつれ、共振周波数が低くなる傾向があることが分かった。

## 17JPSA-21 T字型尾翼機に発生するディープストール回避ソフトウェアの開発

横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校 代表研究者：瀬川清晃

T字型尾翼機に発生するディープストールというのは、高迎角時に、失速状態の主翼及び胴体から剥離した乱流が、姿勢制御装置である尾翼に干渉し、機体が制御不能に陥る現象である。

本研究では、小型コンピュータの搭載が可能なT字尾翼機の風洞実験模型を独自に製作し、亜音速風洞内での解析データを元に、水平尾翼を自動制御することによるディープストールの回避を試みた。

現在、ほとんどの航空機では、失速に対する防止策が講じられている。しかし、それは航空機の空力学的性能にいくつかの妥協点を生じさせてしまうことがある。

T字型尾翼の採用率が高い小型航空機では多くの場合、補助翼を機体後尾に搭載することで、機体の安定性を高め、ディープストールの発生率を抑えている。しかしながら、この方式には追加の補助翼による空気抵抗の増加や、主に軍用機で重視される旋回性能の低下などの空力学的デメリットが存在する。

一方、ボーイングやエアバスなどの大型航空機にはフライ・バイ・ワイヤによる失速回避ソフトウェアが搭載されている。これは、既存の動翼を用いて失速を回避させるものであり、追加の補助翼による空力学的デメリットを招くことはない。

以上のことを背景に、大型航空機に採用されている失速の対策法に近いものをT字型尾翼機にも適用することができれば、追加の補助翼を排除し、空力学的デメリットを克服できるのではないかと考え、ディープストール回避ソフトウェアを開発するに至った。

## 17JPSA-22 月食の画像解析から求めた地球 - 太陽間の距離

国立名古屋大学教育学部附属高等学校 代表研究者：杉原悠太  
共同研究者：石川陽、山中孝太郎

我々は公開画像から、地球と月の軌道を正確に求める研究を続けてきた。大掛かりな専門施設を使用して求められた軌道要素を、公開画像の解析から求めることができれば、天体画像の活用範囲が広がることを期待できる。これまで月と地球の軌道要素を決定してきたが、地球 - 太陽間の距離（地球の軌道長半径）については十分な精度が得られなかった。本研究では、地球 - 太陽間の距離を求めることを目標とした。

地球半径を既知とし、気象衛星とインターネット望遠鏡の画像を解析した。特に、日食時や月食時という貴重な画像を活用した。また、我々が過去の研究で確立した手法について、目視で行っていた画像解析を自動化し、再解析することで精度の向上を図った。昨年は地表に投影された皆既日食時の月の本影の直径から地球 - 太陽間の距離を求めたが、十分な精度が得られなかった。そこで本研究では発想を転換し、皆既月食時に月面に投影された地球の本影の直径を用いて解析した。

月面上の地球の本影は、地表面上の月の本影の45倍だけ大きいので、精度が向上した。次に、太陽観測衛星「ひので」が撮影した太陽の画像から、太陽の視直径を求めた。この視直径は、地球の半影の幅の角度と等しいと見なせる。この結果と、過去の研究手法を自動化して再解析した結果を組み合わせ、月食時の地球 - 太陽間の距離が精度よく求められた。一連の研究から、公開画像を用いて、月と地球の軌道要素を精度よく求められることを実証できた。

## 17JPSA-23 ネオジム磁石を用いた金属パイプの抵抗率測定法

私立札幌日本大学高等学校 代表研究者：上原昌大  
共同研究者：今村美咲、大越温斗、千葉柊華、堀井彰花

目的は、ネオジム磁石を用いて金属パイプの抵抗率を測定する方法を確立することである。現在、金属製パイプの抵抗率を正確に測定できる方法は確立されていない。金属パイプ中を磁石がゆっくり落下する現象は、電磁誘導現象として知られている。Y. Levin らは、金属パイプ中を落下する磁石の終端速度を表す理論式を提案している。この理論式が正しく、磁石の磁気モーメントがわかれば、終端速度の測定から金属パイプの抵抗率が求められる。これまでの研究では、終端速度と管厚の関係が理論式と一致しないことがわかっていて。

私たちの先行研究から、ネオジム磁石球の磁気モーメントを求められることがわかっている。本研究では、円柱型ネオジム磁石の磁気モーメントについても求めた。この磁気モーメントの値は、パルス励磁型磁気特性測定装置を用いて得られた値とほぼ一致した。私たちは、金属の種類、パイプの管厚、ネオジム磁石につけたおもりの質量を変えて、落下速度を詳細に調べた。内径 12mm の場合、管厚 1.5 mm 以下では Y. Levin らの理論式がほぼ成り立つことを見出した。よって、管厚が 1.5 mm 以下の金属パイプでは、Y. Levin らの理論式と私たちの実験結果から、金属パイプの抵抗率を求めることができる。私たちの測定法で求めた銅およびアルミニウムの抵抗率は、低抵抗 抵抗率計で求めた値とほぼ一致した。

さらに、この測定法の精度が上げれば、外部電源を使わずに、また高価な装置を購入することなく測定ができ、省エネや経費節減に貢献できる。また、この測定法は、金属パイプの非破壊検査への応用も考えられる。

## 17JPSA-24 ダウンバーストをつくる冷気を支える条件

北海道札幌西高等学校 代表研究者：小林玲奈  
共同研究者：板東朋百花

昨年までの研究では、気圧差によって支えること冷気の重さを測定する実験を行っていたが、気圧差によって支えることのできる冷気の重さが予想より大きかった。よってダウンバーストの発生には雨粒による空気の粘性摩擦による影響が大きいと考えた。そこで今年ではダウンバースト発生直前の粘性摩擦の影響を調べる研究と、上昇気流が冷気を支える力を再現する研究をした。まず粘性摩擦の影響を調べる実験を行った。実験手順は、①低気圧発生装置を作り、その下に塩ビ管を下面に取り付けた発泡スチロール容器を付ける。②発泡スチロール容器にドライアイスとお湯を入れ、冷気を落とす。③低気圧発生装置の気圧を冷気が落ちなくなるまで下げ、その時の気圧差を調べる。④ミストを塩ビ管の中に落とししたときの気圧差を求める。結果は気圧差のみのときより粘性摩擦が働いているときの方が冷気を支えるのに大きい気圧差が必要だった。よってダウンバーストの発生には冷気中の粒子の落下が関係していることがわかった。次に上昇気流が冷気を支える力について調べた。実験方法は、①ホットプレートで 200℃にする。②塩ビ管を下面につけた発泡スチロール容器にドライアイスとお湯を入れる。③塩ビ管から冷気が出なくなったらホットプレートに蓋をする。結果は、③を行ったときに冷気が落ちたので積乱雲の雲底を下支える小高気圧のようなものができ、それが消えて冷気が落ちるダウンバーストが再現できた。

## 17JPSA-25 アルギン酸ゲル粒子の自己駆動運動

茨城県日立北高等学校 代表研究者：小野倅輝  
共同研究者：大橋拓海、菊池聖騎

アルギン酸ナトリウム水溶液にエタノールを加えてからゲル化させると、ゲル粒子が水溶液の表面を自己駆動運動する。このゲル粒子の運動について以下の 2 つの点について考察を行った。まず、1 点目として、ゲル粒子の運動と表面張力との関係である。これを実験的に調べると、エタノールには水溶液の表面張力を小さくする働きがあり、ゲル粒子周囲の水溶液に表面張力差が生じることによってゲル粒子が運動することがわかった。次に 2 点目として、ゲル粒子の運動の軌跡と速さの特徴について動画解析を行った。その結果ゲル粒子内のエタノール濃度が大きいほど速さは大きくなることがわかった。また、時間の経過とともにその運動の軌跡はさまざまに変化していくが、その途中で特徴的な軌跡が少なくとも 3 つはみられることがわかった。そして、速さは徐々に小さくなり、最後は速さが間欠的に変化し、不規則な軌跡をとる運動を経て停止することがわかった。

## 17JPSA-26 色と熱吸収の相関

愛知県立明和高等学校 代表研究者：小川純平  
共同研究者：清水遼、関谷吉生、杉本健

本研究では、黒と白以外も含む一般的な色での温まりやすさの求め方を知るために、6 枚の色紙について温まりやすさと色を調べ、色と温まりやすさの相関について考察を行った。色紙の温まりやすさは参考文献から導いた理論式の定数を用いて定義し、色については明るさを求めることで比較した。

理論式の定数は、実際に光で色紙を温めたときの温度変化と理論式で導かれる温度変化の差が最も小さくなるような定数として求めた。

明るさは、RGB 値から求められる HSV 系での明度 L と HLS 系での明度 L の 2 つに加え、分光反射率を用いて独自に定義した明度 H、反射度 R の、4 つを使用した。RGB 値はスキャナーで色紙をスキャンして求め、分光反射率は積分球と標準反射板を自作して、色紙の反射光全体について調べることで求めた。

その結果、RGB 値での明度のうちの 1 つである L と独自の明度 H にほぼ完全な正の相関がみられたため、H と L の変換式が求められた。また、V, L, H, R は温まりやすさとかなり強い負の相関を持つことが分かった。しかし、透過光の量も温まりやすさを考えるときに無視できないため、透過率の影響も調べる必要があることが分かった。

## 17JPSA-27 褐藻アミジグサの発光と反射スペクトル —青緑色に光る仕組みを探る—

三重県立四日市高等学校 SSH 生物部 代表研究者：小粥咲  
共同研究者：川村優衣、紀平萌香、隈元玲衣

高校で利用している生物実験書に青緑色に光っている褐藻アミジグサの画像があり、非常に綺麗だと感じた。文献では蛍光を発するように見えるとの表記もあった。そこで、三重県の紀伊長島区比叡海岸でアミジグサを採集し、蛍光と反射のスペクトルを測定して、どのような仕組みで光っているかについて調べることを目的として実験を行った。発光スペクトルでは、青色光 (405nm) の照射によって赤色 (670 ~ 730nm) の発光が観測されたが、青緑色を示す 450 ~ 550nm 領域での発光は見られなかった。次に、青緑色に光らない褐藻ヒジキを比較対象にして反射スペクトルを測定したところ、アミジグサの場合、青から緑色 (450 ~ 550nm) の反射率がヒジキに比べて顕著に高かった。これらの結果はアミジグサが青緑色に光るのは反射によることを示唆している。また、アミジグサの生体と青緑に光らない枯死体を比較したところ、枯死体の反射スペクトルはヒジキと同様であった。つまり、450 ~ 550nm 領域の高い反射率は生体のアミジグサに特有の結果である。さらに、入射 / 反射光プローブの入射の角度を変えて測定した反射スペクトルの場合、入射角を大きくしていくと全体的な反射率は下がるが、450 ~ 550nm 領域の反射率が赤色に比べて相対的に高くなる。このことから、斜めから光を照射すると生体アミジグサはより青緑色に光って見えることが分かった。褐藻の光合成色素による反射とは異なるスペクトル成分があることが示唆され、青緑色に光る原因として構造色が考えられる。

## 17JPSA-28 振り子を設置した台車の挙動分析とベアリングを用いた実験モデルの提案

国立奈良女子大学附属中等教育学校 代表研究者：柴田凌輔  
共同研究者：鶴崎桐栞

私たちは台車の上に振り子を設置し、振り子を振らせたときの台車の挙動に興味を持ち、研究を行っている。運動量保存を用いた理論的な予想から、台車と振り子の重心位置は変化しないと予想したが、作成した実験装置を用いて実験したところ、台車が前進する様子が確認できた。そこで、本研究ではその挙動のメカニズムを分析するとともに、ベアリングを用いた新しい実験モデルの提案を行う。

## 17JPSA-29 水面上の 1 円玉間にはたらく吸引

兵庫県立加古川東高等学校 代表研究者：山本康太  
共同研究者：新谷琢人、高比良拓、信江南菜、平松詠万、堀江亮太、安田吉伸

水面上に 1 円玉を 2 つ浮かべたとき、2 つの 1 円玉がある距離以下に近付くと、速度が増しお互いが吸引する。従来、水面上での物体の吸引については、水面のメニスカス形状の変化や毛管下降が吸引に関係するという示唆がなされてきているが、我々が 1 円玉に着目して加速度の測定を行うと、新たに 2 段階的に加速している結果を得た。2 段階加速が生じていることは、吸引が生じる範囲を考えるために「遮蔽長 (screening length)」を導入するべきであることを示す。また、吸引が根本的に界面張力によるものであることを、水温を変化させて確かめた。現在、水面形状の変化を光を用いて可視化する方法も検討中であり、その際にできる 1 円玉周囲の光のリング、水槽の底に映る影について興味深い観察も得たので報告する。

## 17JPSA-30 電子天秤でビルと山の質量を測る - 重力測定における周囲の構造物の質量補正 -

国立名古屋大学教育学部附属高等学校 代表研究者：山田海斗  
共同研究者：山中勇希, 村上諒哉

地表から上に離れるほど重力は小さくなると予想されるが、日常生活で感じることはない。我々は重力の減少を検証するため、分銅の重さを地表と高いビルで測定することに挑戦した。測定には最大 80g までで 10  $\mu$ g の精度で測定できる電子天秤を用いたが、重力変化は検出限界に近く、測定が危ぶまれた。特に、通常無視できるレベルの天秤のゼロ点の変動を補正する必要がある。そこで測定ごとにゼロ点の値を確認し、測定値から差し引くことにより、変動を補正した。重力変動は小さいためできるだけ高いビルでの測定を計画し、愛知大学、ミッドランドスクエアの協力を得て、20 階建てのビル、46 階建てのビルでの測定を行い、高い地点ほど重力が減少することを確認した。次の段階として、地下ではどのように重力が変化するかに興味を持った。しかし屋外での測定には風、振動などの障害があった。我々は免震機構、防風機構、上下機構を製作して問題を解決し、地下鉄の駅やトンネル内での測定を行なった。その結果、地下に潜った場合も地表から離れるほど重力が減少することが分かった。これらの重力変化の高さ依存性から、ガウスの法則を用いて地球半径を求めた。しかし求めた地球半径は理論値と比べて大きくなった。この誤差が周囲の質量による影響だと考え、ビルの外側に設置された非常階段で測定を行うことでビルの質量による影響を減らした。その結果、正しい地球半径を求めることができた。そして理論値と測定値の差から万有引力の法則を用いて、ビルやトンネルの上の山の質量を見積もった。

## 17JPSA-31 磁気浮上を用いた回転制御の研究～磁場の可視化を試みる～

福島県立福島高等学校 代表研究者：山口進太郎  
共同研究者：石黒勇樹

磁力によって物体を空中に浮上させる技術である磁気浮上は、磁気浮上式鉄道や磁気軸受でのフライホイールエネルギー貯蔵システム等に利用され、エネルギーの有効活用という面で近年注目されている。本研究では、空気摩擦以外の影響をほぼ受けずに運動することが可能である磁気浮上の利点をサボニウス型風車に応用し、エネルギーの損失を軽減することを目標とした。

そこでまず永久磁石を用いた安定的な磁気浮上を行うために、磁場の可視化を試みることにした。その方法として、荷電粒子が磁場中を運動するときに受けるローレンツ力に注目し、荷電粒子の軌道（位置データ）の解析から磁場を測定することを考えた。この方法での磁場の測定が可能かどうか、EXCEL を用いてシミュレーションを行い確認した。その結果、誤差は生じているが算出した磁場の値のオーダーは一致していた。

以上のことからローレンツ力を受けて運動する物体の軌道を解析することで、磁場の測定が可能であるということがわかった。今後は、実験を行う際に発生する誤差を最小限にとどめる工夫の検討を行うとともに、測定した磁場をわかりやすく可視化する方法の検討も行っていく。

## 17JPSA-32 怒りやストレスが音声に及ぼす影響を読み取る

岐阜県立岐山高等学校 地学物理部（物理班） 代表研究者：三宅健心  
共同研究者：加納将利, 佐藤寛起, 尾藤達宙, 加藤寛大, 酒井琢実, 松原百伽, 佐田裕有紀

人は言語情報、聴覚情報、視覚情報の3つの情報から感情を読み取っているとされるが、電話では音声による聴覚情報のみで、ある程度相手の感情を推測している。つまり聴覚情報しか頼る事が出来ない状況に遭遇したときでも人は、音声から何らかのメカニズムで感情を読み取っていることになる。このメカニズムに興味を持ち、研究を行った。現在は、川原(2018)を参考にフォルマント周波数に着目し、高校生を被験者として怒りやストレス状態を込めた音声やストレス状態に置いた時の音声と、どの感情にも属さない音声（平常音）と比較・解析している。

その結果、個人個人の声の違いは、フォルマント周波数の違いとして示すことができること（実験Ⅰ）が分かり、加えて感情を込めた音声や、ストレス状態に置かれた時の音声からは特徴的なフォルマント周波数の値の変化を読み取ることに成功した。具体的には、男女関係なく怒りの感情を込めた場合、各音声の「い」、「え」、「お」の母音に着目すれば、口腔の開き具合を反映するとされる第一フォルマント、舌の位置を反映するとされる第二フォルマントの変化から平常音と区別できることが分かった（実験Ⅱ）。また、ストレス状態の音声と怒りの感情を込めた音声とは、第一フォルマントに大きな差が表れ、一般的には混同されがちな両者の状態を音声の面から区別できる可能性が示されたと考えている（実験Ⅲ）。

## 17JPSA-33 バイオミメティクスによる流体制御の研究

福島県立福島高等学校 代表研究者：佐藤翼  
共同研究者：高島元希, 渡辺莉久

風力発電には、風車ブレード表面から気流が剥離することにより抗力が増加し風車の回転効率が下がることで発電効率が減少するという課題がある。我々はバイオミメティクスの手法を用いて気流の剥離を抑制し、この課題を解決することを目的に研究を行った。

本研究では水中を高速で移動するサメの表皮の鱗状構造に注目し、先行研究をもとに模型（サメ肌模型）を3Dプリンターで作成した。サメ肌構造が流体に与える影響を観測するため、自作装置を用いて2つの実験を行った。

実験1では、サメ肌模型が水流に与える影響を観測するため、PTV（Particle Tracking Velocimetry）法により模型前後の水流速の測定を行った。実験の結果、サメ肌模型により水流の加速が確認され、模型後部における水流に変化が生じていることもわかった。

実験2では、サメ肌模型が気流に与える影響を観測するため、スモークワイヤ法により翼型上に設置したサメ肌模型周辺気流を可視化し、画像処理ソフトにより気流の変化を観測した。実験の結果、サメ肌模型によって縦渦状の乱流が発生していることが確認された。この現象はFlowsquareによるシミュレーションからも確認されている。

本研究からは、サメの表皮構造は周辺気流を変化させ、縦渦状の乱流を発生させることがわかった。この縦渦状の乱流の発生はボルテックス・ジェネレーターとの働きと類似しており、サメの表皮構造を風車ブレード表面に設置することで、流体を翼表面に引き寄せ気流の剥離を抑制する効果が発揮できる可能性を示している。今後はサメ肌構造の流体制御効果の定量的解析をさらに進めていく。

## 17JPSA-34 屈折率の研究Ⅲ ～Zゾーンの全容解明と屈折率アプリによる糖度の可視化～

熊本県立宇土中学校・宇土高等学校 代表研究者：窪田瑛仁  
共同研究者：吉野泰生, 四海成々実, 植田健太郎, 加藤怜奈, 上原琴音, 中野睦大

我々は、媒質を満たした透明半球容器に出現する“Zゾーン”がもつ物理量や、“Zゾーン”に入射した光が再び上面に戻ってくる仕組みについて調べてきた。我々が導出した関係式を用いればZゾーンの幅から屈折率が求められる。今回、謎が多く詳しく調べられていなかったZゾーン内にできる一際白く見える明線について、出現する原理・出現位置と屈折率の関係性を調べた。また、より正確な測定を実現するため、測定に使用する半球容器の厚みがZゾーンの幅に影響を与えるか調べた。最後に、屈折率測定をより簡易化し、媒質の濃度測定へ応用するため、スマートフォンでのアプリケーション開発を行った。その結果、Zゾーンは均一にできるのではなく、全反射回数に応じた薄い複数の層が端から重なって明線を形成していることを突き止めた。Zゾーンが白く色づいて見える理由として、容器内では色によって屈折する方向が異なるものの全反射して再び水面に戻ったときには1点に集まり、そして全反射する光どうしが射出位置（Zゾーン内）で重なり合うためとわかった。また、容器の厚みも測定への影響は一切なく、容器の厚みを含むZゾーンの幅によって屈折率が求まることを確認できた。さらにZゾーンの検出・測定を自動化するカメラアプリを開発でき、測定時間の短縮と簡易化が実現し、スマホをかざすだけで屈折率や濃度、糖度の測定が可能となった。屈折率による濃度測定はすでに様々な分野で応用されているが、我々のZゾーン屈折率測定法は生活習慣病の予防や回復にも大きく貢献できると考える。

## 17JPSA-35 マイコンによる交流電動機の直接制御

横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校 代表研究者：杵築研三

本研究では、一般的にインバータが使用される交流電動機を速度制御を、マイコンから直接制御することで機器の制御機器の小量化と軽量化の可能性について考察した。本来の制御方法では負荷や速度によって交流電動機への入力電圧と周波数を変更する必要がある。正弦波、三角波の発振回路を用い、その共振周波数を変更することで対応する必要があるが、本研究ではそれらをマイコンに置き換え実験を行った。マイコンの出力を調整することで一定の水準で制御が可能であることが示された。

## 17JPSA-36 フーコーの振り子に適した支点部の考察

私立日本大学第一高等学校 代表研究者：菊本春雄  
共同研究者：木村太紀

日本大学第一高等学校の校舎内に設置した大型のフーコーの振り子について、摩擦抵抗の低減や等方性を得られる可能性がある球体支点部を考察し、従来から使用しているナイフエッジ型支点部との比較実験を行なっている。従来のナイフエッジ型支点部は、支点部の摩擦による摩擦の増大や、振動方向による摩擦抵抗の違いなどの問題点があったため、摩擦が振動方向に依存せず、また経時変化も小さいことが期待される球状支点部を考察した。今回は、摩擦の振動方向依存性があるナイフエッジ支点部について、振動面の回転への影響を定量的に評価するために、振動方向を変えて振動面回転角の観測を行った。また、この実験を通して発見された装置の課題について、その原因と解決方法について検討した。

観測の結果、いずれの場合においても振動面が安定しなかったものの、線形近似が理論値と一致したことから、振動面は理論値通り回転していると言える。振動面が安定しなかった原因について、ナイフエッジ型支点部の摩擦抵抗の異方性が影響している可能性がある。今後は、振り子の運動の振動位置による気流の差や支点部の振動方向による支点の誤差の影響、観測環境の定量的な評価をしながら再度再考をしていく予定である。

## 17JPSA-37 打撃によって形成されるケイ砂層の表面模様についてⅢ

奈良県立青翔高等学校 代表研究者：笠谷真由  
共同研究者：丸橋春日

本校では、本研究を継続して行っている。2015年度～2016年度（日本物理学会 Jr セッション 2016 で発表）タッパーケースに敷きつめたケイ砂にケースの底から打撃を与えたとき、ケイ砂層の表面に小さな砂山群が形成され、ヒョウ柄のような模様が瞬間的に現れることを偶然発見し、模様の形成について研究を始めた。ケースの底の定常波により砂の移動が循環をおこなっていることがわかり、同心円の模様の形成のしくみを説明した。しかし、小さな山の模様がなぜできるか説明できなかった。2017年度、（日本物理学会 Jr セッション 2017 で発表）砂が押し上げられることにより、ケイ砂の間に空気の流れができることを実験で確かめることができた。2019年度、この空気の流れが、小さな山の模様を形成すると仮定し、真空中と空気中それぞれで形成される砂山群の形を比較し、空気と砂山群の形成の関係を考察した。

## 17JPSA-38 気柱の共鳴点と音が大きく聞こえる点のずれと共鳴音が大きい原因の研究

私立玉川学園高等部 代表研究者：歌川喜矢

本研究では、気柱の共鳴を内部と外部と音源も含め3本のマイクで同時に測定し、気柱の内部の共鳴点と外部で音が大きく聞こえる点が異なるしくみについて考察を行った。また共鳴した気柱が吸収する音のエネルギーを音源と騒音計の間に閉管や開管の開口部を置いて測定し、共鳴音もとの音より大きくなるしくみについても考察を行った。気柱共鳴実験で聞く音は気柱と音源の干渉音であり気柱内部で音が大きい場所は水面でマイクが置けず気柱内部と外部の共鳴点が一致するか不明なので、閉管部にマイクが固定できるアクリル管と可動ピストンによる共鳴装置を用いて様々な条件で測定することで、気柱の共鳴点付近で気柱の内部と外部の位相と音の大きさの変化の仕方が異なり共鳴点異なる場合があることをとらえることができた。このとき測定された変化について開口部と閉管部での音の反射率と透過率による気柱モデルで考察したところ、位相と音の大きさの変化は説明がつくが共鳴音の大きさが入力音より大きくなる結果を説明できないことがわかりさらに研究した。音源と閉管が接近した実験では音源から発生する音の変化と区別できないので、閉管と騒音計を音源から遠ざけながら測定することで共鳴音が大きくなる原因が音源の音の発生よりも閉管の存在であることをとらえることができた。また閉管では開口部での音の入力と出力を区別できないので、閉管を音源と騒音計の間で用いることで気柱への音の入力領域が開口面から前方に広く広がっていることをとらえることができた。

## 17JPSA-39 ミルククラウンについての研究

私立本郷中学校・高等学校 代表研究者：岡慎一郎  
共同研究者：江花一輝、齋藤葵、柴田旺典、佐藤森太、中川周信

ミルククラウンの王冠・水柱の大きさについて、下に張る水の深さを変えると、水を落とす高さを変えたとき王冠・水柱の大きさはどのように変わるのかについて実験を行った結果、王冠は水を落とす高さを高くすると高くなるが、水深が十分でないときとある高さまでは高くなるが、それ以降は変わらなくなるということが分かった。また、王冠の大きさ・水柱の発生には王冠ができるとき同時に下にできる空間が関わっていると考えた。

## 17JPSA-40 逆シャボン玉の膜厚測定

国立津山工業高等専門学校 代表研究者：榎本千夏  
共同研究者：時本悠生

少量の洗剤を混ぜた水に水滴を垂らすことで、空気の薄い膜に覆われた水滴である逆シャボン玉が形成される。私たちは、逆シャボン玉が水中を上昇する際の終端速度から空気の膜厚を求めた。また、干渉縞から膜厚を求める方法を探り、干渉縞の本数を周辺から数えることで膜厚を求めることができることを明らかにした。この二つの方法で求めた膜厚を比較したところ、終端速度から求めた膜厚に対して、干渉縞から求めた膜厚は倍以上大きく見積もられた。干渉縞から求めた膜厚の方が正しいと考えられるため、水中で受ける抵抗を速度に比例した粘性抵抗と仮定したことに問題があると思われる。

## 17JPSA-41 石垣の耐震性と栗石の大きさの関係について

横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校 代表研究者：浦本樹

この研究は石垣の耐震性と栗石の関係を明らかにすることを目的とする。石垣は積石、栗石、土塁の大きく分けて3つの要素から構成されている。栗石には地震のエネルギーを吸収する働きがあり、石垣の耐震性に大きく関わっている。そこで栗石の大きさの違いによる石垣の耐震性への影響を研究した。実験では実際に栗石の大きさの違う3種類の石垣の模型を作り、それを振動させ、崩れやすさの比較を行った。その結果、模型において粒径2mm未満の砂を使った時が最も崩れにくく、2-4mmの砂を使用した時が最も崩れやすかった。実験により栗石の大きさが石垣の耐震性に影響することが分かった。

## 17JPSA-42 パスタを折る速さと破片の数の関係

岡山県立倉敷天城高等学校 代表研究者：磯山亜純  
共同研究者：重本鈴花、武内悠仁

通常、物体を折ると2つに破断する。しかし、パスタにおいてはそれが成立するとは限らず、3本以上に折れることが多い。この現象に関する Audoly(2005)らの報告では、パスタの直径と破片の数についての関係性は記述されていなかった。そこでパスタの直径を入力変数、破片の数を出力変数としてパスタを手で折ったが、関係性は見られなかった。しかしその過程で、パスタを素早く折った場合、破片の数が多くなるように感じた。よって本研究では、パスタを折る速さとパスタが3本以上に折れる割合の関係について調べることが目的とした。パスタを特定の速さで折るために、装置を作製し3パターンでパスタを折った。その結果、パスタを折る速さを速くするほど、3本以上に折れる割合が高くなることが分かった。

## 17JPSA-43 翼上面に於ける凹みと翼性能の関係性に関する研究

東京都立科学技術高等学校 代表研究者：井上泰清  
共同研究者：宮下航一、大野菜汰、西方優樹、榎本颯斗

本研究では、低速で飛行する固定翼機の翼上面に凹みを設置した際に翼に発生する抗力がどのように変化し、また凹みによって生じる変化が風速によってどのような影響を受けるのか調査した。結果として、低風速時には凹みによって抗力が低下し、揚抗比が大きく向上したが、高風速時は凹みによる影響は少なく一般的な滑らかな翼とほぼ同様の値であった。これについて、翼周囲の気流のシミュレーションを行った所、低風速時は凹みを設置することで翼後方に生じる乱流を抑制し、誘導抵抗が減少していることが分かった。また、高風速時には凹みの設置の有無に関わらず、翼の後方に乱流が生じていることが分かった。今後の研究では、高風速時でも乱流を抑制可能なように、凹みの位置・大きさ・間隔などの関係性の調査を行い、また凹みが揚力に対し及ぼす影響も明確にする。最終的には低速・低空域で長時間飛行可能な小型無人探査機を作成する。

## 17JPSA-44 物体間における影の伸縮のメカニズム解明

兵庫県立加古川東高等学校 代表研究者：伊藤光紀  
共同研究者：新谷惇人、谷川樹、田畑陽彩、戸嶋莞也

2つの物体の下に影が存在しているときに、その2つの物体を近づけると影が伸びる現象がある。この際、物体自体は変形しておらず、影だけがある一点から吸い付くように伸びている。この現象は太陽のもとで指を近づけるといったようにすれば、もちろん見えづらいといったことはあるだろうが日常生活の中でも確認することができる。先行研究を調査したが的確に現象を説明しているものがなかったため、この影が伸びる現象のメカニズムを解明することを目標として実験をおこなった。実験は、暗室の中で2つの物体の上から光を照射して物体の下に設置したスクリーンに映る影を確認するという方法で条件を変えてデータをとった。実験の結果、影が伸びる現象は影の中に見ることができるもう一つの影（以降、「内影」と呼ぶ）によるものであり、2つの物体を近づけると内影が変形、移動してもともと見ることでできた影からはみ出して、影が伸びたように見えることを発見した。さらにこの内影は、2つの物体のうち高い方にある物体の側面から光源からの光が反射し、その反射光がもう1つの物体を照らすことによって作られているということも分かった。今後は、内影を作り出す原因となっている反射光の強弱による現象への影響についてさらに実験を重ねていきたいと考えている。

## 17JPSA-45 水面への落下物と、水柱の高さの関係の研究～高く跳ね上がる水柱の謎～

岡山県立岡山一宮高等学校 代表研究者：安井修大  
共同研究者：磯野倫広、岩坪誠人、斎藤巨佑、辻村臣人

我々は水に固体を落下させた時にできる「水柱」を研究した。本研究の目的はアルミ棒の長さや、形状などの条件を変えて、最も水柱が高く上がる条件を追究することである。アルミ棒を水深 20cm の水に垂直に落下させることができる装置を自作し、正面と横からの 2 方向から撮影した。撮影した動画から、アルミ棒が入水したときにアルミ棒が水を押しのけてできた空間に水が戻る勢いで水柱があがっている様子が観察できた。

長さ 5.0cm 7.5cm 10cm のアルミ棒を落下距離を変えて実験したところ、5.0cm のアルミ棒が最も多くあがったことが分かった。一方、アルミ棒の先端を尖らせたものを使用すると、5.0cm 7.5cm 10cm のいずれを用いても最大 1.0cm の水柱しか形成されなかった。このことから、尖りをつけたアルミ棒は水中に空気を巻き込まないので、水柱ができないと考えられる。

つづいて、長さ 5.0cm のアルミ棒を水面から重心までの高さを 12cm から 2.0cm 刻みで 26cm までそれぞれ 10 回ずつ落下させ、あがる水柱の高さを詳しく計測した。その結果、22cm の高さから落下させた時が最も高く上がった。22cm をピークに落下させる高さを高くしても低くしても、あがる水柱の高さは低くなることが分かった。以上より、高いところから落下させると高速度で空気を押しよけるので多くの空気を巻き込むが、22cm より高いところから落下させたときは、強い水圧の影響で戻ってくる水の勢いが強くなる。このため安定せず水柱がちぎれて水滴になってしまい、高い水柱は形成されないと考えられる。

## 17JPSB

### 17JPSB-01 スライムの衝撃吸収能力の変化についての研究

北海道札幌北高等学校 代表研究者：高橋楓  
共同研究者：岩本佳祐、地野宏磯、竹田大翔、富宅優晴、長尾一磨

本研究では「スライム」の衝撃吸収能力について調べた。昨年までの実験結果から、スライムの基本構造の結合が弱いほど衝撃吸収能力が大きくなるという仮説を立てた。そこで今回は、結合を弱めるためにスライムに加える撃力を大きくして衝撃吸収能力を調べた。その結果、スライム全体の質量に占める PVA の質量の割合が大きい場合は撃力を大きくする、つまり結合を弱くするほど衝撃吸収能力も大きくなり、仮説は確からしいことが分かった。

### 17JPSB-02 鉄の元素分析による原料砂鉄の産地推定

神奈川県立横須賀高等学校<sup>A</sup>、神奈川県立鎌倉高等学校<sup>B</sup> 代表研究者：鈴木宗太<sup>A</sup>  
共同研究者：森田冬輔<sup>A</sup>、織田望海<sup>B</sup>、小林幹<sup>B</sup>

たたら製鉄によって得られた鋳（生成鉄）と原料砂鉄について、詳細な元素分析を行なった。砂鉄が還元され鋳ができる製鉄過程により、砂鉄に含まれる鉄は純度の高い鉄になるが、他の元素は不純物として分離される。しかし、ニッケルおよび銅が砂鉄に含まれている場合、これらの元素は鉄との分離が困難なため、鉄に対する割合は変化しない。また、火成岩をつくる造岩鉱物の成分元素には、分離する割合が他の元素と異なるものがあることがわかった。これは鉄との親和性がその一因と考えられる。したがって、鋳に残留する特定の元素を指標とし、砂鉄の元素分析結果を参照することにより、遺跡や古代建造物などから得られた古代鉄の原料となった砂鉄の産地を推定した。また、本校が所在する三浦半島の砂鉄は房総半島に漂砂鉱床をつくる東浪見砂鉄と元素成分が近似しており、九州地方や山陰地方、東北地方から採取した砂鉄とは明らかに異なっていることがわかった。このことから、三浦半島および東浪見砂鉄は相模トラフによって生じたマグマに由来する火成岩を母岩にしてできたと判断できる。さらに、選鉱前後の砂鉄に含まれる放射性元素の分析では、近似した成分を持つ三浦半島の砂鉄と東浪見砂鉄では 10 倍を超える放射線量の違いが観測された。この要因はマグマの結晶分化作用によるカリウムの影響と推察され、砂鉄分析は三浦半島および房総半島の地形形成のパラメータになり得るのか考察した。

### 17JPSB-03 液滴輸送装置を用いた効率的な液体の輸送

兵庫県立加古川東高等学校 代表研究者：本山泰成  
共同研究者：大西柱太郎、安樂水綾、田中智直、藤井夏海

撥水性の面と親水性の面を組み合わせることにより、平面上にある液体を移動させる技術があり、これを液滴輸送技術という。熱や電気をいわずに液体を上部に移動させることが出来れば、揚水式水力発電の効率化などに応用することが出来る。我々は、効率よく液体を輸送させ、斜面を効率よく上る条件を解析することを目的として実験をおこなった。実験 1 では、撥水性と親水性の面の入り組んだ形状を作成し、液滴輸送が実際に観測出来るか、また水平面ではどのように液滴が輸送されるかを確認した。実験 2 では、角度を変えた際にどのようにデータが変化するか、オープンソースの運動解析ソフト「Kinovea」を用いて解析した。実験から、液滴を落とすとすぐに撥水性の面から親水性の面へ液滴が輸送され、その後液滴はほとんど移動しないこと、斜面で実験をおこなうと液滴の移動に時間がかかること、また角度が大きすぎると、液滴にかかる重力が大きいため、斜面を上ることが出来ないことを確認した。

### 17JPSB-04 振動するシャボン玉表面の観察

鹿児島県立鹿児島中央高等学校 代表研究者：牧拓澄

シャボン玉に振動を加えて観測を行い、振動数と腹の数について観測を行った。現象を説明するために、シャボン玉表面の共振モデルを作成し、モデルがどれくらい現象を説明できるか考察した。

### 17JPSB-05 鳴き砂の物理的特性と発音メカニズム

石川県立小松高等学校 代表研究者：北村海晴  
共同研究者：蔵寛介、嶋多裕英、牧本泰生

歩くときキュッという音が出る鳴き砂については、以前からいろいろな研究がなされているが、その音がでる仕組みについては未だによくわかっていない。現段階では滑りを伴う砂の粒子層が振動することによって音が出るという「粒子層振動説」が最も有力な説である。そこで本研究では、石川県輪島市門前町にある琴ヶ浜の砂を材料として、鳴き砂から発生する音の振動数分布や、鳴き砂の摩擦力を測定することによって、その物理的特性と発音メカニズムの解明を試みた。実験によると、金属棒の貫入によって発生する鳴き砂の音の振動数は、棒の断面積を大きくすると低くなり、貫入速度を大きくすると高くなった。また、鳴き砂にはたらく摩擦力にはスティックスリップ現象が顕著に見られた。さらに、透明な容器に砂を入れ、木の棒で押したときの様子をハイスピードカメラで撮影し、分析したところ、斜め上方に滑りあがる砂の層を確認することができた。これらの実験から得られた結果は、滑りを伴う砂の粒子層が音を出すという考え方を支持するものであった。

### 17JPSB-06 光の干渉を利用した薄膜厚の測定の試み

鳥取県立鳥取西高等学校 代表研究者：美波聖斗  
共同研究者：縄田岳史、野田遥菜、本庄朝英

我々は、昨年の研究「レーザー光の干渉を利用した羽毛の構造解析」で光の干渉を利用して回折格子である羽毛の構造を顕微鏡と遜色ない精度で解析する方法を確立した。この研究結果から、回折格子以外にも光の干渉を利用して自然界の微細な構造を解析する方法があるのではないかと疑問を持った。光の干渉について情報を集めていく中で、自然界にはカキやアワビの貝殻やタマシの外骨格のように表面に薄い膜構造を持つ物が存在することが分かった。我々は、この薄い膜構造の膜厚を、高校物理における「薄膜による光の干渉」を利用して測定することができるのではないかと考えた。今回は、光の干渉を利用した薄膜厚の測定方法の確立に向けて、既成の薄膜製品を利用して測定精度の検証を行った。

### 17JPSB-07 3つの分子雲領域の多波長観測による宇宙線の密度の分布とダークガス

愛知県立明和高等学校 代表研究者：波多野雄希  
共同研究者：平野裕翔、大久保結実

本研究はカメレオン分子雲領域、ペルセウス分子雲領域、MBM535455 分子雲領域の 3 つの分子雲領域を電磁波の中でも波長が短く、エネルギーが高い γ 線を用いて観測・解析した。その結果から宇宙空間を飛び回る宇宙線の密度の分布と、組成や存在量が不明である俗にダークガスと呼ばれるガスの存在について調査したものである。今回調べた分子雲はいずれも比較的銀緯の高い太陽系近傍にある分子雲であり、観測データを 1 ピクセルごとに解析した。これにより分子雲 1 つ当たりのデータが増え、十分な統計データに基づく議論ができた。

データに基づいて作成した水素原子ガス中の陽子数と γ 線カウント値の相関図から宇宙線の密度は概ね一様であると考えられた。しかし、冷たいガスである CNM 成分に対して温かいガスである WNM 成分と同じ柱密度を用いてしまった。それによって水素分子ガス付近にある CNM 成分中の陽子数を過小評価する結果となった。また、過小評価してしまっ陽子数の分だけ今回計算した分子雲の質量は文献値よりも小さくなったと考えられ、私たちはそれらの差分がダークガスの正体ではないかと考えている。

## 17JPSB-08 小水力発電の出力向上のためのサイクロイド曲線の流体における最速降下の検証

兵庫県立古川東高等学校 代表研究者：藤本和真  
共同研究者：新谷琢人、徳井涼樹、宮脇宙大、山室佳奨、吉田武蔵

本研究は、小水力発電の出力の向上を目指し、流れる水の流量を増加させることに焦点を当てたものである。サイクロイド曲線は最速降下曲線とよばれており、2点 A、B があるとする、物体が重力の作用のみを受けて、A から B まで転がる時、サイクロイド曲線上を転がる物体は最短時間で到達することが分かっている。我々はこの性質が流体にもあてはまるのではないかと考え、この曲線を経路にとりいれることで、流れる水の流量がその他の経路を通る時より大きくなり、小水力発電の出力を向上させることができるのではないかと考えた。検証実験として、初めに、発泡スチロールでサイクロイド曲線と直線の2種類の経路を作り、食紅で染色した水を流し、染色水が流れ始めてから流れ終わるまでの時間を計測する実験1を行った。また、分子同士の衝突による減速作用を調べるために、ビー玉を複数個つみあげた状態で、最下点のビー玉が流れ始めてから最高点のビー玉が流れ終わるまでの時間を計測する実験2を行った。実験1の結果より、サイクロイド曲線上で水が流れるのにかかる時間は、直線を通る時より長いことが分かった。実験2の結果から、固体が複数個流れる際に、サイクロイド曲線における減速作用は直線における減速作用より大きいことがわかった。この減速作用はビー玉の個数が増えれば大きくなることから、無数の分子が流れる水の場合ではその減速作用も非常に大きいと考察される。これら2つの実験の結果をふまえると流体においてサイクロイド曲線は最速降下曲線であるとはいえない。

## 17JPSB-09 気柱共鳴管に蓋をした場合の共鳴点の変化と音圧の関係を探る

北海道札幌北高等学校 代表研究者：田口葵  
共同研究者：山下龍生、川田悠介、桝田雄人、石田莉礼、廣狩花恵、田中聡、柚木香乃、高田史人、上野将矢、池田咲亜

気柱共鳴において、片側が固定端の管と、両側が固定端の管を用いた場合の、共鳴状態の特徴の違いについて調べた。一般的な気柱共鳴の実験では、片側が固定端である管を用いている。そこで、私達は、両側が固定端である管を用いた実験を行った。実験を行うにあたり、共鳴管の側面に音源やマイクを挿し込み、共鳴の条件を維持した状態で実験を行うことのできる共鳴管を作成した。この共鳴管を用いて、片側が固定端である管と、両側が固定端である共鳴管を用いた場合で、音源の位置を管内で移動させる実験を行った。また、片側が固定端である管を用いた先輩方の先行研究で、管内の障害物となる物体の存在によって共鳴点の位置が変化するという現象が確認された。この現象が、両側が固定端である管を用いた場合も確認されるかを調べた。それぞれの実験で、共鳴点の位置の測定や音圧の分布の測定を行った結果、片側が固定端である管と両側が固定端である管での共鳴の特徴がよく似ていることが分かった。

## 17JPSB-10 金属管を落下する磁石

岐阜県立岐阜高等学校 代表研究者：辻圭汰  
共同研究者：芥子川貴英、桐山泰誠、高橋由基

金属管の中を落下する磁石は、自由落下する時と比べて非常にゆっくり落下する。これは、磁石が落下すると金属管に誘導電流が流れ、この電流が磁石の落下を妨げる方向に磁場を生じさせることによっておこる現象だと定性的に説明される。しかし、磁石の終端速度が磁石の質量、強さなどのパラメータによって定量的にどのように表されるかは知られていない。そこで、本研究では磁石の落下によって金属管に誘導される電流を計算し、磁石の落下によって失われた位置エネルギーが誘導電流によるジュール熱と等しくなると仮定することによって磁石の終端速度を求めて落下時間を表す式を導き、実験により検証した。実験では磁石の引きあう力と磁石の落下時間を測定した。磁石の引きあう力の実験では磁石とばねばかり、厚さの違う板を複数用意した。ばねばかりに磁石を固定して板を挟んで磁石をつけ、板をゆっくりと離していき磁石が離れた瞬間のばねばかりの示す力の値を記録し、磁石の引きあう力から磁気双極子モーメントを算出した。磁石の落下時間の測定では磁石と厚さ、長さ、素材の違う金属管を用意した。金属管はアルミと銅の2種類を用意した。磁石を金属管の中に落下させ、金属管を通過する時間を測定した。終端速度を表す式による理論値と実験によって得られた時間の値を比較することで我々が導出した式の妥当性を確かめた。

## 17JPSB-11 ペットボトルロケットの飛翔高度

岡山県立岡山朝日高等学校 代表研究者：長谷川愛美  
共同研究者：伊藤高志、原島寛之、駒崎崎崇

ペットボトルロケットは水を噴出して推進力を得る水ロケットであり、圧縮された空気を推力源としている。今までも多くの研究がなされている。本研究では、ペットボトルロケットの最高到達点を定点カメラにより撮影・測定した。また、ペットボトルロケットのモデルを考案し、Excelを用いたシミュレーション実験を行うことで、容器内の圧力・水量に応じた最高点の高度を予測した。このシミュレーションでは、ベルヌーイの定理と理想気体の断熱変化が成り立っていると仮定し、ペットボトルの水面の位置と時間の関係式を微分方程式で表し、4次のルンゲ・クッタ法を用いて、飛翔高度を計算から求めた。計算値を測定値と比較し、圧力・水量と最高点の高度との関連性について考察を行った。その結果、最も効率よく飛翔高度を得るための最適水量を求めることができた。

## 17JPSB-12 集風装置の組み合わせによる風力発電の効率化

横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校 代表研究者：中畑伯斗

本研究では、風力発電などで用いられる集風装置について縮小型とつば付き型の組み合わせによる効率の良いモデルをシミュレーションを用いて考察した。縮小型の装置入り口周辺に圧力の少し高い部分ができるという特徴とつば付き型のつば付き型はつばの部分で発生する渦により後方の気圧を下げ、風を引き込む特徴を組み合わせ、前後の気圧差を大きくすることで内部の風速を上げることを目指した。今回作成した集風装置は6m/sの風を当てた場合、1.49倍に風速を上げることが出来た。

## 17JPSB-13 物体表面の凹凸と流水への表面抵抗力の効果

国立神戸大学附属中等教育学校 代表研究者：中村嵩

本研究では、物体表面の凹凸に対して表面を流れる水により生じる抵抗力との関係について実験を行なった。実験装置は、水道水の流量を調節し、粗さの違う紙やすりの表面に流し摩擦応力を測定した。

実験では、流量が増すにしたがい摩擦応力が増加するが、低速領域では異なる性質が見て取れた。また、一般的に表面の凹凸の粗さが少ない方が抵抗を受けにくい性質が読み取れた。

紙やすりに撥水処理を行うと表面の凹凸に対する摩擦応力の変化が見られなかった。これらの観察から物体のごく表面の水の流れ「境界層の流れ」と、物体表面との親和性、形状により摩擦応力が変化する事がわかった。

一般に表面の粗さに応じて摩擦応力が増加するが、一番凹凸粗さが大きい紙やすりでは水の抵抗が流速条件によっては減少する事がある事が観察された。これはサメ肌の水着のような小さな水流の渦が表面で発生し、水流による抵抗を減少した事象と同様の効果が生じているのではと考えられる。

最初の予備実験では、紙やすりが水に濡れる事で反ってしまうという問題や、紙やすりにだんだんと水が染み込むなど検討事項が多かった。実験のたびにさまざまな問題に直面したが、実験を繰り返す中で、物体表面の構造と水流により生じる摩擦応力は、複雑な関係性がある事が観測された。

## 17JPSB-14 糖の種類の違いによる保水力の違い

岡山県立津山中学校 代表研究者：中江はるる

本研究は、トレハロース、マルトース、スクロース、フルクトース、グルコースの水溶液を乾燥させて、保水力を比較する実験を行ったものである。本研究から、糖の種類によって保水力には差があることが分かった。また、全体のヒドロキシ基の数と、-CH<sub>2</sub>-を介して環に結合しているヒドロキシ基の数が多いほど、保水力は大きくなるという考察を立てることができた。今回の研究では、なぜ-CH<sub>2</sub>-を介して環に結合しているヒドロキシ基のほうが保水力が大きいのか、また、なぜトレハロースとマルトースで保水力に違いがあらわれたのかを明らかにすることはできなかった。

## 17JPSB-15 水中落下物体の流れと終端速度・抵抗係数との関係

三重県立四日市高等学校 代表研究者：谷禎之輔  
共同研究者：林智也、中野颯、西川晃太、宮田隼佑

空気や水の中を落下する物体は、重力と垂直抗力が等しくなると速度が一定になる。これが終端速度であり、物体の素材、大きさや形によってその値が変わる。この実験の目的は、いろいろな体積、底面積、形状の物体の終端速度・抵抗係数と物体周囲の水の流れとの関係を明らかにすることである。直方体の場合、底面積は大きくなるほど終端速度は小さくなり、直方体の周囲に渦が発生して抵抗係数が大きくなるということがわかった。円柱を横向きにして落下させると、縦向きの場合に比べて渦の剥離が少なくなり、抵抗係数は小さくなった。体積と水中の重さ（重力-浮力）が等しい直方体と円柱を比べると、円柱の方が終端速度は約1.3倍大きく、抵抗係数は0.65倍に小さくなるということがわかった。これは落下方向の面が曲面の場合に抵抗が小さいことを意味している。さらに、三角柱の場合、平らな面を下にして落としたときより、とがった面を下にして落としたときの方が1.5倍も終端速度は大きくなり、抵抗係数は1/2になった。これは、平らな面を下にしたときには、多量の気泡が発生しているのに対し、とがった面を下にして落としたときは、側面での渦の発生が少なく、死水域が小さくなるためであると考えられる。渦や気泡の発生によって生じた落下物体に対する抵抗が終端速度を決定していることがわかった。

## 17JPSB-16 レール上の球の転がり摩擦力と滑り摩擦力の研究

私立玉川学園高等部 代表研究者：浅倉ゆい

本研究は、プラスチック製のレール上を転がる金属球の摩擦を2台の速度測定器で測定し、レール間隔に対する球の直径の比率によって摩擦が変化する様子について考察を行った。速度測定器を使ったレール上を転がる球の摩擦の測定は、レールの平坦性や水平性および金属球の汚れの付着などの影響が出やすく、また低速域での測定に限界があるので、レール下に薄いプラスチックシートを入れたり、平坦性の高い金属角棒をレール下に敷いたり、レールを傾けて位置エネルギーを利用して低速で等速になるようにしたりして、広範囲の速さについて摩擦の変化をとらえることができた。このとき測定されたレール間隔と球の直径の比と摩擦の変化について、レールを球が押し広げるモデルから考えたところ、一部の説明はつくが、比が1/2以下で急に様子が変わる点は説明がつかなかった。

## 17JPSB-17 自作の高い分解能をもつ簡易分光器による電子レンジプラズマの分光

兵庫県立姫路東高等学校 代表研究者：赤瀬彩香

共同研究者：高瀬健斗, 岩本滯治, 奥見啓史, 藤本大夢, 安原倭, 山本夏希

電子レンジでシャープペンシルの芯を加熱すると、黄色の強いプラズマが発生する。なぜシャープペンシルの芯から強いナトリウムの輝線があらわれるのか、この輝線は本当にD線なのか疑問に思った。筆者らはこれらの疑問を明らかにしたいと考えたが、D線を2本に分離できるような市販の分光器は、数万円と高額なために入手できない。そこで、D1線とD2線を分離することができる高い分解能をもつ簡易分光器を工夫して自作し、これを用いて電子レンジプラズマを分光しようと考えた。

回折格子としてDVD-Rの記録面の塗装を落とした盤面を、反射鏡として塩ビ製の鏡を用い、観察窓の位置とスリット幅を工夫することによって、ナトリウムの輝線を2本に分離できる分解能をもち(画像分析ソフトimagejで確認した)、デジタルカメラで安定的に撮影することができる簡易分光器を作成した。

これを用いて電子レンジプラズマ内でシャープペンシルの芯から発生するプラズマを撮影すると、分光によって得られた輝線は、ナトリウムのプラズマであることがわかった。シャープペンシルの芯は、炭素を固めるために粘土が使われている。粘土には一般的にナトリウムが含まれているが、プラズマのほぼすべてがナトリウムによるものである原因は不明である。

## 17JPSB-18 水流による物体の削れ方と水位上昇について～流しそうめん機を使って様々な仮説を確かめる～

北海道札幌北高等学校 代表研究者：石田莉礼

共同研究者：廣狩花恵, 田中聡, 山下龍生, 川田悠介, 樹田雄人, 田口葵, 柚木香乃, 高田史人, 上野将矢, 池田咲亜

本論文では、物体が水の流れによって直接力を受けるとどのように削れるのかを、四角柱を置いた電池式フロストそうめん流し機[M]に水を流して調べた。四角柱が一方の面のみが平らに削れるという特徴があることとその原因がわかったので報告する。また、水の流れに主流と支流がある場合のバックウォーター現象による水位変化の実験を報告する。

## 17JPSB-19 自然放射線強度と宇宙線成分の物質吸収特性

埼玉県立大宮高等学校<sup>A</sup>, 私立浦和明の星女子高等学校<sup>B</sup> 代表研究者：石上元直<sup>A</sup>

共同研究者：普家小百合<sup>B</sup>

自然界に存在する自然放射線の中には、地球上の物質に由来する放射線のほかに宇宙空間から飛来してくる宇宙線も含まれている。高エネルギーの宇宙線は大気中に入射したとき、大気原子核と相互作用を起こし、ミューオンを含む多数の粒子が作られて、地表にまで降り注いでいる(空気シャワー現象)。本実験では、ガイガー・ミュラー計数管をセンサーとするガンマスカウトという放射線測定器5台を同じ場所、高さに設置し、10分おきに自然放射線強度を記録し、建物内の異なる階や大気圧が変化することで自然放射線強度にどのような特性があるのかを調べた。

埼玉大学構内地上高1mにおける12時間の測定から自然放射線強度として726.8個/sec/m<sup>2</sup>を得た。これは人間が毎秒500個程度の自然放射線を常時浴び続けていることを示すもので、その特性がよりよく理解できた。

埼玉大学建物内各階(1.5階～5.5階)での測定からは、放射線強度が階数に依存して変化し、低層階ほど、強度が小さくなる傾向を確認した。

また、台風15号(2019/9/9)と台風19号(2019/10/12)接近時に埼玉大学構内で自然放射線強度の測定を行い、放射線強度と大気圧の関係を調べた。その結果、気圧と自然放射線強度の間には負の相関を認めることができた。2つの実験からは、自然放射線強度は通過する物質質量に依存していることがわかった。この依存性は自然放射線の中で、大気上空で生まれた宇宙線ミューオン成分が検出器に到達するまでの間で通過物質によりエネルギー損失を起こすことで強度が減衰すると考えることができる。

## 17JPSB-20 障害物による波の変化について

奈良県立青翔高等学校 代表研究者：石河怜輝

共同研究者：西村篤輝

海岸に押し寄せる波を効果的に弱めるためには、障害物(杭など)を、どのような形に配置すればよいか調べようと考え、長方形の水槽の端でパルス波を発生させ、波の通り道の途中に障害物(円柱1本～4本)を様々な形に配置し、障害物を通った後の波の高さを測定し、高さの変化から障害物が波を弱める効果を調べた。さらに、波を弱める主な要因を調べるため、反射波の強度も波の高さとして測定し、アルミニウムの粉を水面に浮かべて粉の動きから波の動きを観察した。これらの実験から、波の進行を妨げる障害物の面積が大きい方が、効果的に波を弱めることがわかった。さらに、杭を並べる配置は、反射波を弱めることもわかった。

## 17JPSB-21 ジャンプするスティックスリップ現象

私立逗子開成高等学校 代表研究者：菅原瑞

本研究では、チョークで黒板に点線を素早く描く時に見られる、ジャンプするスティックスリップ現象のメカニズムを、静止摩擦力の変化や動きを観察する実験から考察した。条件を変えた時に振動がどう変化するかを調べて考察するだけでなく、ゆっくり振動するよう装置を改良し、静止摩擦力の変化をばねばかりで直接はかることで、この振動が最大静止摩擦力によるものであることをはっきりと示した。また、この運動は等速でない回転運動と自由落下の重なったものであるようだということがわかった。

## 17JPSB-22 日本語の波形解析と合成音声プログラム開発

西宮市立西宮高等学校 代表研究者：森下和哉

共同研究者：山崎碧士, 坂下直輝, 渡辺優太, 上橋秀太, 小坂田夏希, 亀浦一真, 宮本育鈴

この研究の目標は、合成音声を誰の声でも作成できるようにすることである。例えば「病気で声を失ってしまう人の声を保存しておきたい」という要望に応えたい。現在、このような製品は開発されているが高価である。そこで、誰でも自分で自分の声の合成音声ソフトをつくれる手法の開発に取り組んだ。

より本人らしく聞こえるようにするために、日本語の音声を録音したり、必要な部分を切り抜いたり、繋げたりするためにSound Engineというソフトを使用した。波形を見ながら音の繋がり方を分析し、自然な音の繋がり方を調べた。次に、文を入力するとそれに対応した文を自動で読み上げてくれる合成音声プログラムを開発した。例えば「頭」と打ち込まれた場合「あ」、「た」、「ま」と1音ずつ認識し、それに1対1対応した音声を再生する。そのため、1音ごとに対応した音声(以降は素材と呼ぶ)を録音した。そして、文を認識し自動でその素材を繋ぎ合わせて読み上げられるようにした。

実験を重ねた結果、自然な読み上げをさせるには、音の素材を文章中から取り出すこと、前の音の母音を配慮すること、変位が0デシベルの点で素材を切ること、前の音の子音できつてつなげることが大切なことが分かった。Siri(apple社)より滑らかに聞こえる音声をつくることに成功した。

## 17JPSB-23 キャップに働く揚力についての考察

私立本郷中学校・高等学校 代表研究者：小林洵

共同研究者：作田雄一郎, 夏目一樹, 渡辺裕介, 山下宗一郎

ペットボトルのキャップを指ではじくようにして飛ばすと、下にくぼみがあるときはストレートのような真っ直ぐな軌道になり、上にくぼみがあるときはチェンジアップのような下に落ちるような軌道になる。この違いは揚力の向きによるものであると考え、風洞装置を用いて、揚力の測定を行った。ペットボトルのキャップを用いたが、キャップ自体の質量が小さかったので、値が計測できなかった。そこで、キャップに近い形の二倍ほどの大きさの物体を3Dプリンターで自作し、計測した。すると、下にくぼみがある状態では揚力が上向きに働いており、くぼみが上にある時は下向きに揚力が働いていることが分かった。くぼみの中の流速とくぼみがない面の流速を計測するとその差が大きく、それによって揚力が生まれたことが分かった。

## 17JPSB-24 ボトルフリップがペットボトルの着地に与える影響

国立広島大学附属高等学校 代表研究者：小林愛佳  
共同研究者：中田朱里，藤村惇世，森本彩加

“ボトルフリップ”という、ペットボトルを1回転させて水平面に立たせる遊びがある。私たちはこの遊びを行う中で、ペットボトルは、フリップした際には立つことがあるのに対して、手から自由落下させた際は殆ど立たないことに気づいた。本研究では、水の入ったペットボトルをフリップさせた時、内部の水がどのように動いているのかを観察し、水の運動が着地に与える影響について考察した。500mLのペットボトルに対して、水の量は250mLが最適であることが分かった。またフリップ後は、空中で水がボトルの上部と下部に分離し、着地後に上部の水が遅れて落下することが分かった。これらをもとにモデルを作製し、ボトル内部の物体が着地に与える影響を調べた。結果として、分離した上部の物体が遅れて落下することで、着地の成功率が高まることが分かった。現段階では、内部を塊状物体および粒子状物体にして実験を行い、比較を試みている。

## 17JPSB-25 過冷却現象の解析とその応用

石川県立小松高等学校 代表研究者：小島晴貴  
共同研究者：池田雷乙，若山仙周，前川心之介

本研究では、不純物の種類・濃度や冷却する前の温度（以後インストール温度と呼ぶ）と過冷却の関係について調べ、過冷却促進のメカニズムについて考察を行った。過冷却状態は準安定状態なので、過冷却度（過冷却状態での最低温度と凝固点の差）は変動しやすい。そこで、複数のデータを取り、各インストール温度や濃度の過冷却度の最大値を測定することにした。得られた結果は3つある。インストール温度が高いほど、過冷却度の最大値は小さくなる。食塩の濃度が高いほど過冷却度の最大値は大きくなる。インクの場合、過冷却度の最大値は、インクの割合が10%で最大となり、それより割合が高くなるにつれて、小さくなっていく。そして過冷却促進は、水が凍るときに不純物を押し出すのにエネルギーが必要になることが主な原因として起こるといふ仮説が得られた。

## 17JPSB-26 流水が生み出す半月模様

国立広島大学附属高等学校 代表研究者：小森満柚菜  
共同研究者：池田未宇，亀田あかり，藤原美穂

雨の日、坂道の轍に雨水が流れているとき、水面に半月のような形をした模様がいくつも流れる様子が観察できることがある。この不思議な半月模様はどのような条件で発生するのだろうか。この疑問を解明することを目的として研究を始めた。動画の観察から次の仮説を立てた。①轍（道路の形）によって水が路面から受ける摩擦力の差が生まれ、流速の差が生じて半月の形ができる。②流水が波立つことで水位の高い所が光を反射して光っている。仮説を検証するために、まず半月模様の再現を目的として実験を行った。道路の舗装に使われるアスファルトを用いた装置を作製し、水を流したが、半月模様は見られなかった。しかし着水点の色が、観察する方向によって黒色、白色と変化することに気づいた。この色の変化の条件が半月模様の発生につながるのではないかと考え、実験を行ったところ、着水点の色の変化は、光源の位置に依存することがわかった。以上を踏まえ、「水面の反射」と「半月模様の再現」の2つの視点から研究を進めることにした。「半月模様の再現」については、降雨時に半月模様が見られた道路で実際に水を流す実験を行ったところ、半月模様が観察された。半月模様の発生条件は道路の表面の形状（凹凸）に依存しているのではないかと考察した。今後は自作の装置を実際の道路の表面の状態に更に近づけ、実験室での半月模様の再現を試みる。また半月模様が見える原因と考えている水面の模様と光の反射との関係を明らかにしてゆきたい。

## 17JPSB-27 電気回路を用いた避難経路の誘導システムの研究

愛媛県立西条高等学校 代表研究者：十亀圭右  
共同研究者：堀田暉斗，能智航希，石井斐悟

電流は抵抗値が小さいところ流れるという性質がある。そこで電流の特性を使い、災害時の避難経路を判断し、誘導するシステムができなかないかと思い、研究することとした。最初に出口が2か所ある教室から4名が避難するときに想定し、回路を作製した。避難する生徒4名を+極端子、避難方向を一極端子と設定した。また、複数の抵抗を接続し、避難経路を作製した。実験の結果、前方の出口と後方の出口に当たる抵抗に流れる電流量の比は、2.88：1.12となった。整数の比にすると、前方から3名、後方の出口から1名が避難するのが効果的であると考えられる。

次に出口が2か所ある教室から9名が避難するときに想定し、回路を作製した。実験の結果、前方と後方の抵抗に流れる電流量の比は、6.74：2.26となった。整数の比で考えると、前方から7名（6名）、後方から2名（3名）が避難するのが効果的であると考えられる。電気回路における実験の有効性を確認するため、生徒9名を教室に配置し、前後の出口に向かう人数を変えて避難時間を測定した。その結果、前方の出口から6名ないし7名の生徒が避難する場合は短時間で避難することができ、電流回路の結果とほぼ一致した。

さらに、電気回路の各抵抗を流れる電流量より、確保しなければならない通路も求めることができた。この原理を応用し、全校生徒の避難などを検討していきたい。そのためには、アナログ回路では複雑となるため、シミュレーションソフトを活用することが必要である。さらに、西条市全体の避難経路誘導システムを開発することができる。

## 17JPSB-28 スターリングエンジンの出力向上へ

富山県立富山中部高等学校 代表研究者：室谷顕欽  
共同研究者：張天朗

スターリングエンジンは熱機関の一種で、理論上高い熱効率（カルノーサイクル）を実現できるとされるが、他のエンジンと比べて出力は微々たるものだ。そこで、エンジンの性能を出力、回転数において研究し、考察を行った。回転数の向上のため、複数機連結を考えた。複数機連結は、一方のエンジンの回転しにくい位相の部分にもう一方のエンジンの回転しやすい位相を割り当てることによって、位相による回転速度の大小差が抑えられ、エンジンの回転の安定性が増す。このとき回転速度を安定させる働きを持つはずも不要となるため、はずみ車が外すことができれば回転数自体も向上する（〔2機連結出力〕>〔1機×2つ分の出力〕）と考えた。また、一機当たりの性能向上を図った。

## 17JPSB-29 金平糖の生成過程について

兵庫県立加古川東高等学校 代表研究者：山本康太  
共同研究者：小林園花，柴田和明，中田陽輝，皆木遼太郎，室元寛史

金平糖は、表面に角が林立した形状を持つ、伝統的な砂糖菓子である。我々はなぜそのような角ができるのか不思議に思い、研究を行った。金平糖の角の数はある程度、一定範囲内に収束することが知られている。その角の形成理由に関しては、(1)統計的な説明（中田モデル）、(2)表面張力の作用（Mullins-Sekerka不安定）、(3)粒子同士の接触、という3つの仮説が提唱されているが、これらの研究を統一的に考察した研究は今までになく、なぜそのような形状になるのかは解明されていない。そこで我々は、まず「金平糖を生成する過程を、経過時間ごとに詳細に観察する」ことで、金平糖の角が生じる原因を探っていくと考え、製菓会社を参考にして機械を作成し、実際に金平糖の生成を行った。金平糖を生成する上で可変の条件には、鍋の角度、加熱する温度、鍋の回転数など様々なものがあり、現在様々な状況下での結晶の生成の様子について観察中である。その結果、作る過程の初期から角が生成されること、角が生じること自体には均一な攪拌の重要度は低いことが分かった。また、観察を踏まえ角が生成する過程についての新たなモデルを提案する。研究の目標として、これまで提唱されてきたものも含め様々なモデルについて、実験的に検討を行い有用と思われるモデルについて裏付けを与えていきたいと考えている。また、生成した結晶の形態を評価する必要があり、現在3Dスキャンを用いて角の位置を座標で表現するなどの方法も検討中である。考慮しなければならない要素が多く想像以上に複雑な現象のため、現在機械の台数を増やし、様々な条件下での実験を行っている。

## 17JPSB-30 音による空気の壁について

奈良県立青翔高等学校 代表研究者：山崎恵輝  
共同研究者：古沢聡一郎

夏季、お客さんが入りやすいように、店内にクーラーをかけながら、入り口を開けっ放しにしている店をよく見かける。入り口が開いているので、店内の冷気は外に出てしまい、店外の熱気は中に入り込んできてしまう。もし、空気を使って入り口を遮断できたら開けっ放しでも冷気と熱気が混ざらず効率よく冷気を活用できると考えた。私たちは、空気を流さずに、超音波を利用して空気を遮断しようと考えた。様々な音とスピーカーで実験した結果、2個のスピーカーで定常波をつくることで空気の流れを変えられることがわかった。

## 17JPSB-31 同極磁石間に働く引力

静岡県立科学技術高等学校 代表研究者：山口敬大  
共同研究者：三宅亮誠，大石桃瑚，浅谷隆一郎

同極を向かい合わせた磁石の間に、鉄球を挟むと引力が生じ、同極同士がくっつく。また、挟む鉄球の数を変えると、くっつくときと、くっつかないときがある。本研究では、それらの現象がなぜ起こるのかを解明することを目的として研究を行った。そこで、両側からの磁石による磁界が相殺される点に着目し、その位置と引力と斥力の生じ方を実験で確かめた。磁界のつり合い式をたて、理論的に磁石の磁束密度を算出した上で、実験を行った。結果はすべて想定通り相殺点で内部にあるときくっつき、鉄球の境にある時はくっつかなかった。しかし、本当の相殺点がどこにあるのか疑問に残った。鉄球の同極を向かわせて、片方の磁石に鉄球を数個つけ、もう片方の磁石を近づけると先端の鉄球が移動する現象を利用して、相殺点を実測する方法を考えた。結果は先端の鉄球が他方へ移動するとき、相殺点は鉄球の内部にあり、その位置は条件とともに変化する事がわかった。さらに、間に挟む鉄球を小さくしたところ、5mm 鉄球では引力が発生しないことがわかった。そのことから、空間的に磁力を考えるため、鉄球周囲の磁束密度から磁力線を推定したところ、磁力が相殺される場所は、点ではなく領域として存在していると推察した。5mmの鉄球ではその領域をカバーできないため、引力が発生しないと考えられる。

## 17JPSB-32 立ち上る線香の煙の構造変化

広島県立安古市高等学校 代表研究者：細田廉

線香の煙が上昇するとき、風の流れがあると、煙の両端が筋状になり、横に広がりながら上昇する。この現象に興味を持ち、線香の煙の断面にラインレーザー光を当てて、煙の構造変化を観察した。その結果、立ち上る線香の煙に対して風があたると、上昇とともに、煙の断面が、ドーナツ型、三日月型、C型、両端渦巻き型へと構造を変化することが明らかとなった。本研究の目的は、線香の煙が上昇するときの構造変化を起こす原因を解明することである。そのために、次のような実験装置を作成した。線香を台車に載せ、台車を動かすことで、線香に風があたる状況を再現した。また、外からの風の影響を無くするために、線香を直径9cm、高さ1mの亚克力パイプに入れ、詳細な構造変化の観察、線香の煙の上昇速度の測定等を行った。本研究の結論は次のとおりである。線香の煙に風があたらない場合、煙の温度が室温から580℃の間のレイノルズ数は7～10程度であり、このことは、無風状態では、線香の煙は層流で上昇することが明らかとなった。また、線香の煙に風があたる場合の構造変化を起こす原因は、粘性流体が円柱物体を通過するとき生じる双子渦・後流の影響ではないかと予想した。線香に風があたると、線香本体の風下側に双子渦・後流が生じ、それが原因で最初のドーナツ型風の風下側に凹みが生じ、この変形が浮力による上昇気流に乗ることで、三日月型、C型、両端渦巻き型に発達していくと考えた。

## 17JPSB-33 ペットボトル振動子のリズム運動 ～鉛直ばね振り子によるモデル化～

大阪府立豊中高等学校 代表研究者：佐藤駿太  
共同研究者：天野晴斗，福永健人，安永真子，上田侑璃，西村拓朗，村上匠

飲み口の部分を通したペットボトルに水を入れて逆さまにすると、水の流出と空気の侵入が交互に起こる。この運動が‘ペットボトル振動子’と呼ばれるもので、このリズム運動や、2つのペットボトルの空気層をチューブでつないだときの振動の同期について様々な研究がなされている。本研究では、水の流出に起因する空気層の圧力変化により管内の水にはたらく力を、鉛直ばね振り子における復元力とみなすモデル化を行い、その適合度を確認した。おもりにあたる管内の水の密度を $\rho$ 、その底面積をS、長さ $h$ とし、ばねにあたる上部の空気の圧力をP、体積をVとすると、振り子を用いたモデル化により、水が流出する周期は $T=2\pi\sqrt{(\rho Vh/PS)}$ と表せる。実験では、管口の面積Sおよび管の長さ $h$ を変えて、リズム運動の周期Tの測定を行った。結果は、周期Tと水柱の長さの平方根 $\sqrt{h}$ とは精度よく比例することが確認されたが、周期Tと水柱の底面積の逆数の平方根 $\sqrt{1/S}$ とは明確に比例する関係がみられなかった。水が管から流出する際の、水の動きの乱れの様子なども含めて報告する。

## 17JPSB-34 「固体版クロマトグラフィ」をめざして～微小重力を用いた磁場勾配による固体粒子の分離と非破壊同定～

大阪府立大手前高等学校定時制の課程<sup>A</sup>、大阪府立春日丘高等学校定時制の課程<sup>B</sup>、大阪府立今宮工科高等学校定時制の課程<sup>C</sup> 代表研究者：橋本晃志<sup>A</sup>  
共同研究者：松田孟男<sup>A</sup>，岩本亮太<sup>A</sup>，鷲見香莉奈<sup>B</sup>，間石啓太<sup>B</sup>，岡田京弥<sup>B</sup>，花崎卓哉<sup>C</sup>，奥野優一郎<sup>C</sup>，北田悟<sup>C</sup>

微小重力下で単調減少する磁場中に解放された固体粒子は並進運動するが、その速度は粒子の質量に依存せず物質固有の磁化率のみに依存する。この原理を用いて、小型ネオジム磁石と自作微小重力発生装置で、固体粒子の混合物を、物質の種類ごとに分離・回収できる事を実証した。実験に必要な微小重力は、小型の落下ボックス(30×30×20cm)内に発生させた。落下距離は1.8m、微小重力継続時間は約0.5秒である。落下ボックス内にネオジム磁気回路、高速度カメラ、試料回収板、照明器具を配置した。反磁性体の無機物質6種と有機物質6種の粒子は、回収板の上に物質ごとに異なる粒子群として回収された。分離した回収板上の粒子の位置から粒子の磁化率 $\chi$ が得られ、その値から物質の種類が推定できる。精密分析に先立って固体混合物を物質の種類ごとに分離する「固体版クロマトグラフィ」技術として開発への応用が期待される。

## 17JPSB-35 クレーターの直径は重力に支配されるか？～重力可変装置を用いた衝突クレーター重力スケールリング則の実験的検証～

大阪府立大手前高等学校定時制の課程 代表研究者：橋本晃志  
共同研究者：松田孟男，岩本亮太

太陽系内の惑星や衛星に見られるクレーターができる仕組みは、まだ完全には理解されていない。クレーターの形成についての理論はあるが、まだ実験的に確認されていない状況である。とくに重力の役割に関する研究が進んでおらず、クレーター直径と重力加速度の関係を実験で明らかにしようと考えた。重力とクレーターの直径の関係を調べるために、微小重力発生装置と重力可変装置を用いる。この二つの装置を用いて、0～1Gのいろいろな重力で落下カプセル内の標的となる砂に弾丸を打ち込みクレーターを作り、その直径を測定した。この実験においては、弾丸の速度はほぼ一定で衝突エネルギーは固定されていると考えた。上から撮影した映像から得られた重力とクレーター直径の関係は、 $D \propto g^{-(0.246)}$ となった。また、横から撮影した映像から得られた重力とクレーター直径の関係は、 $D \propto g^{-(0.256)}$ となった。それぞれ、重力の指数部分は、重力スケールリング則の理論から予測される-0.25とほぼ一致した。この結果は、42年前にNASAのAmes研究所が求めた $D \propto g^{-(0.16)}$ 、MGLABでの実験から求められた $D \propto g^{-(0.004)}$ とは異なっている。衝突現象の解明に貢献できることが期待される。

## 17JPSB-36 チョコレートが電子レンジで温まる要因～カカオバターに隠された秘密～

北海道札幌西高等学校 代表研究者：千野莉奈  
共同研究者：高橋乃々花，宮崎花菜

電子レンジは、マイクロ波加熱を原理とし、水分子を振動させることで食品を加熱することができる調理器具であるが、チョコレートは水分子を含まないにもかかわらず電子レンジで温め融かすことができる。この原因解明を目的として研究を始めた。そして、水分子の代わりに振動して熱を発生しているのはカカオバターに含まれるオレイン酸という脂肪酸であり、脂肪酸の周りが融けてより振動しやすくなるということが明らかになった。その後オレイン酸の割合を高めたオリジナルのチョコレートをつくる実験をしたところ、オレイン酸の割合と温まりやすさは比例しなかった。またカカオバターを適切な融点をもつ多型に結晶化させる「テンパリング」という温度調節を行わなかったものは温まりがよくなったことから、オレイン酸の量より振動しやすさの方がチョコレートに温まりやすさを決める大きな要因となっていることがわかった。今回はそのテンパリングをチョコレートとして固める前段階に対してではなくカカオバターに対して行い、以前に得られていた、「オレイン酸の含有率が低いカカオマスの方がカカオバターより温まりやすい」という結果を検証した。結果、カカオバターのみではテンパリングの有無に関わらず温まりやすさは同じ程度であり、融けてもカカオマス中のオレイン酸より振動しやすい状況にはならないということがわかった。また、これまでの結果を総じて、1度加熱して放置したチョコレートは電子レンジで簡単に素早く温まるチョコレートといえることを結論づけた。

## 17JPSB-37 音からみる混合系の推移

岐阜県立岐阜高等学校 代表研究者：河田祐輔  
共同研究者：有吉優希

気体の混合は私たちの生活に密接に関わっている。例えば、気象現象は密度の異なる空気が混ざることが原因で生じている。その気体の混合のメカニズムを調べようと考えた時、着色することで視覚的に観察できる液体の混合に対し、着色できない気体が、混合する様子を視覚的に観察することは困難である。そのため、視覚による観察以外の方法を確立することが必要である。ここで本研究では、気体中を通過する超音波の速さ(音速)に注目した。音速は、気体の比熱比や分子量に依存するため、その混合具合に応じて音速に差が生じる。この事実に着目し、超音波センサーを用いた音速測定から気体の混合について考えることにした。実際に行った実験では、メスシリンダー内に、水上置換によって集めた空気とヘリウムを分離した状態で満たし、混合について調べた。まず、最初の実験では、空気を上、ヘリウムを下にしたメスシリンダーAと、空気を下、ヘリウムを上としたメスシリンダーBを用意した。この2つを対比し、音速の測定値にどのような違いが生じているかを混合の速さについて考察した。次の実験では、混合が速く起こるメスシリンダーAにおいて、音速の測定値の時間変化に着目した。得られた測定値をもとに、分離した空気とヘリウムは以下のように混合すると考察した。まず、密度差によって、中心部で空気の下降流、周辺部でヘリウムの上昇流が形成される。次に、2つの気流の間にある混合気体において、時間が経つにつれ密度差が生じ、混合気体中でも対流し混合が起こると考えた。

## 17JPSB-38 コップから流れる水の形 第3報

私立本郷中学校・高等学校 代表研究者：岡野修平  
共同研究者：佐々木大和、高橋礼、山口慶太郎、野本峻平

本研究ではコップから流れる水が落下するときに、交互に繋がれたリングのような形になるという現象に注目して実験を行った。過去の実験から表面張力によって、コップから流れ出た水の両端には筋のようなものが形成され、それがぶつかり合うことでリングが発生することが分かっている。今回の実験では、水の表面張力を変化させたときのリングの太さ変化について調べることを実験の目的とした。条件を一致させるために自作容器を作り、ドデシル硫酸ナトリウムを用いて液体の表面張力を変化させて実験を行った。その結果、落下する液体の両端に生じる筋がぶつかり合う力が等しいとき、表面張力が小さいほどリングは太くなることが分かった。また、筋がぶつかり合うときに生じる運動量について考えると、この結果は恒常的に成り立つことを示すことができた。

## 17JPSB-39 正八面体に変化する NaCl 結晶～ポリアクリル酸ナトリウムによるミラー指数 {111} 面の安定化～

富山県立富山中部高等学校 代表研究者：横山愛子  
共同研究者：森山和、石川悠莉、曾我部景虎

飽和 NaCl 水溶液から室温下で水が自然に蒸発すると、容器の底にミラー指数 {100} 面で囲まれた直方体の結晶が成長する。しかし、昨年度の研究で、飽和 NaCl 水溶液にポリアクリル酸ナトリウムを2%または4%混ぜたゾル溶液では、どちらの濃度でも、同種のイオンが並んだ不安定な {111} 面で囲まれた形の正八面体結晶が成長することが分かった。そこで今年度は、岩塩をへき開いて得られる {100} 面で囲まれた直方体結晶をポリアクリル酸ナトリウム 0.01%、0.02%、0.05%、0.1%、0.5% および2% 含む過飽和 NaCl 水溶液中にそれぞれ入れ、結晶の形がどのように変化するか調べた。すると、ポリアクリル酸ナトリウムの濃度によらず、すべての直方体結晶の形は変化し、側面に正三角形の面が形成されてピラミッド形になった。続いてその結晶を横に倒してピラミッド底面を溶液内に浸らすことで、透明度の高い大きな正八面体結晶に成長した。

ポリアクリル酸ナトリウムを媒晶剤として飽和 NaCl 水溶液に加えると、ポリアクリル酸ナトリウム中の多数の -COO<sup>-</sup> に Na<sup>+</sup> が引き寄せられ、Na<sup>+</sup> だけが並ぶ {111} 結晶面が安定になる。そして、結晶の表面積が小さいと表面エネルギーが小さくなって安定化するので、{111} 面に沿ってイオンが配列されていき、NaCl は正八面体結晶に成長すると考えた。ポリアクリル酸ナトリウムの濃度がさらに薄い0.001%でも、投入した岩塩結晶や析出した NaCl 結晶の表面は {100} 面と異なる面が観察された。したがって、ポリアクリル酸ナトリウムは NaCl 結晶の外観の形 (晶癖) を変化させる効果の高い媒晶剤であると言える。

## 17JPSB-40 コップから流れ出る液体の温度変化

国立広島大学附属高等学校 代表研究者：永田美佳  
共同研究者：川野舞奈

コップに入ったコーンスープを飲むとき、急にスープの温度が下がった気がした。そこで本当にこの現象が生じているのか、またその原因は何かについて調べることにした。水、牛乳、コーンスープを用いて、コップから流れ出るときの温度を測定した結果、コーンスープの場合だけ温度が上昇、下降を繰り返しながら徐々に下がっていく現象を確認することができた。そこで、コップ内の液体の温度分布を測定した結果、コップ周辺の液体の温度がコップ中央にある液体の温度と比べ低いことが分かった。このことから流れ出る液体の温度に変化が生じる原因は、コップを傾け液体が流れ出るときに、中の液体が単純に混合するのではなく、選択的に流れ出ているのではないかと考えた。今後は、流れ出る液体の規則性について液体の粘性に注目し、粘性の異なる液体と流れ出る液体の温度変化をコップ内の液体の温度分布と関連付けて研究を進めるとともに、コップを傾け液体を流す装置を開発し、当日これらの内容を示す。

## 17JPSB-41 揺れにくい船の開発

横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校 代表研究者：一澤要守

本研究では、小型船における縦揺れを軽減する装置を考案した。実験では発泡スチロールで作成した船体モデルを使用し、撮影した動画から揺れの大きさを測定した。また、船体モデルの形状を変化させたほか、モデルの下部に様々な大きさの板を取り付けて揺れの大きさを比較した。その結果、船体を水の抵抗を受けにくい形状にし、船底の面積と同じ大きさの板を取り付けることによって縦揺れが軽減されることが分かった。

## 17JPSB-42 混合した衝突球の隙間による時間の変化

私立玉川学園高等部 代表研究者：井田脩介

先輩方の研究により金属球間に隙間がなくても衝突球が成り立ち、2球の連続的衝突では説明できないことが分かっており、3球以上の場合には、一つの金属球を同じ質量・半径・反発係数のスパーボールに変えた場合に金属球だけの時は起きない現象が生じる場合があることが分かっていた [1]。そこで今回は、金属球が2球くっついて飛び出す場合とそうでない場合の違いが生じる謎を解き明かしていきたいと思い、自分でこの原因を研究することにした。

## 17JPSB-43 ピンから出る音の秘密 Q.E.D. ～固有振動数と空気バネから数式化への挑戦～

由利本荘市立大内中学校 代表研究者：伊藤晋太郎  
共同研究者：渋谷和真

先輩達は、水中で切れて入る空気の振動からなる音は、「ク音」1種類だけとまとめている。昨年度、新たに見つけた「エビフライ音」の底辺部分の音の原因は、周波数から考えると、先輩達の見つけた、その「切れて入る空気の振動」としか考えられなかった。そうすると、矛盾が生じる。先輩達の見つけた「ク音」の原因と重複するのだ。1つの空気の振動から2つの違った周波数が生まれるなど、僕にとって想像できないものだった。

昨年度見た文献の中に「水中バブルの固有振動数」という文字を見つけたとき、僕の目からうろこが落ちた。その文献から、次のように解釈できる。空気の振動には2種類ある。1つは空気表面を這うように動く振動 (変形モードと参考文献※1では書かれていた)。そしてもう1つは、空気が呼吸するように体積が変化する振動 (呼吸モード)、以上の2つである。先輩が見つけたク音の原因は空気の表面の振動 (過去の研究で表面の波の振動を数え、周波数と一致) であり、昨年度僕が見つけた振動 (底辺) は呼吸モードの固有振動ということになる。周りの水圧を受け、体積が小さくなったり大きくなったりしている振動だと理解している。

昨年度生まれた課題の中に「精度を上げた音と映像の同期」という言葉があった。だが、今年度は、それに加え「精度を上げた実験データの数式化」に全精力をつぎ込んでいる。そして、7年前から残った最後の疑問である1つの音の変化をも数式化から読み取ること成功している。現在理解できている数学全てを使用し、この時点での Q.E.D. とした。

## 17JPSB-44 水中を落下する物体の終端速度

岡山県立倉敷天城中学校 代表研究者：安田佐紀乃

本研究のきっかけは物理チャレンジのテーマを聞いて終端速度に興味を持ったことである。落下速度が空気抵抗によって一定になるというところが面白いと感じた。しかし空気中では2mの高さから球体を落下させても終端速度には達さないことがわかり、空気よりも粘度が高い水中で落下させてみようと考えた。水中で落下させるに当たり、撮影に困難な点が見受けられた。今回はストロボスコープを用いたが、それでは球体の鏡面反射光でしか写真に収められなかった。そこで鏡面反射光の軌跡が実物の軌跡と同じなのかを球体全体が写るように、白く塗った鉄球と鏡面反射が起こる鉄球を用い検証した、その結果同一の値が得られ、本研究を進めることにした。そこで本研究では球体における落下物の質量と水中での終端速度の関係を明らかにすることを目的とした。

落下させた物体は20mmの球体で、アルミ球 (1.1.2g)、セラミック球 (1.5.2g)、チタン球 (1.8.8g)、鉄球 (3.2.4g)、銅球 (3.7.2g) の5種類である。その結果、質量が大きくなると終端速度は大きくなり、 $v^2 = gm/k$  で表せることがわかった。

また、質量と抵抗係数の関係においてアルミ球だけ抵抗係数が突出していたことから、これが落下時のプレによるものではないかと考え、その検証として水よりも粘性が高い液体であるグリセリンを用いて同様の実験を行った。しかし、水槽表面の光の反射によりグリセリン中の終端速度が測定されなかったため、質量と抵抗係数の関係においてアルミ球だけ抵抗係数が突出していたことの解明にはいたらなかった。

## 17JPSB-45 坂道を運動する二層構造物体の加速度についての分析

岡山県立津山高等学校 代表研究者：芦田真依  
共同研究者：高橋柚葉、難波紗生、松永実咲樹

本研究の動機は、水の入った缶を坂道で転がす中に何も入っていない缶とは違う動きをすることに興味を持ったことである。そこで坂道を転がる二重構造の物体 (中に固体または流体を入れる) の運動は、内包する物体によってどのような影響を受けるのか、空の容器と比較しながら運動の様子の変化を分析したいと考えた。そして、坂道を転がる物体の加速度を変化させることができれば、それを活用して最終的には落下した物体の紛失、破壊を防ぐなど生活の様々な場面で役立ててみたいと考えた。これらのことから、ある物体の内部に別の物体を内包した二層構造の物体が斜面を運動する際の加速度について分析することを目的とした。具体的な方法としては、円柱状の外側の容器を製作し、中に様々な質量の固体や液体を入れ一定区間の斜面を進むのにかかった時間を計測した。そして直線運動と回転運動についての運動方程式を組み合わせ、外側の容器のみの加速度の理論値を算出し、各実験結果と比較した。その結果、内包する物体が液体の方が固体のときに比べて、質量の増加に伴う加速度変化が大きいことが分かった。ことから液体を内包する方が加速度に影響を与えやすいことが明らかとなった。

---

Jr. セッション委員会委員（任期：2019年4月1日～2020年3月31日）

委員長	松川 宏（青山学院大学）	
副委員長	香取浩子（東京農工大学）	
委員	青井 考（大阪大学）	飯沼昌隆（広島大学）
	大河内豊（九州大学）	河内明子（東海大学）
	北本俊二（立教大学）	小林義明（名古屋大学）
	佐藤 仁（広島大学）	佐藤 実（東海大学）
	白井正文（東北大学）	鈴木 勝（電気通信大学）
	須藤彰三（東北大学）	橘 孝博（早稲田大学高等学院）
	田中 悟（九州大学）	田中忠芳（金沢工業大学）
	谷口和成（京都教育大学）	種村雅子（大阪教育大学）
	寺内正己（東北大学）	土井正晶（東北学院大学）
	中澤知洋（名古屋大学）	中村 琢（岐阜大学）
	並木雅俊（高千穂大学）	福田善之（宮城教育大学）
	藤井康裕（立命館大学）	藤田佳孝（大阪大学）
	松多健策（大阪大学）	村尾美緒（東京大学）
	山口哲生（九州大学）	吉澤雅幸（東北大学）
	渡辺純二（大阪大学）	