

# 第 15 回日本物理学会 Jr. セッション (2019) プログラム

日時：2019 年 3 月 17 日 (日) 8:15 ~ 16:50

会場：九州大学 伊都キャンパス

稲盛財団記念館稲盛ホール：受付，開会挨拶，ポスター発表 \*ポスター発表 80 件 (発表時間 120 分)

椎木講堂コンサートホール：Jr. セッション講演会，集合写真撮影，表彰式

総合司会：香取浩子

8:15 ~ 8:55 受付 (稲盛財団記念館稲盛ホール)  
ポスター発表 A 貼り出し

(稲盛財団記念館稲盛ホール集合)

8:55 ~ 9:00 開会挨拶 (松川 宏 Jr. セッション委員会委員長)

9:00 ~ 11:00 ポスター発表 A

担当：吉澤雅幸

17JPSA-01 北海道札幌西高等学校  
17JPSA-02 愛知県立一宮高等学校  
17JPSA-03 愛知県立明和高等学校  
17JPSA-04 横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校  
17JPSA-05 横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校  
17JPSA-06 岡山県立玉野高等学校  
17JPSA-07 岡山県立倉敷天城高等学校  
17JPSA-08 岡山県立倉敷天城中学校  
17JPSA-09 岡山県立津山中学校  
17JPSA-10 私立玉川学園高等部  
17JPSA-11 私立玉川学園中学部  
17JPSA-12 私立玉川学園高等部  
17JPSA-13 国立広島大学附属高等学校  
17JPSA-14 国立仙台高等専門学校名取キャンパス，  
国立明石工業高等専門学校

実は単純だった！チョコレートが電子レンジで温まる背景  
蛇腹構造を通る音の音速の遅れの研究  
光の散乱  
クラドニ図形による物性の解析  
ヨーヨーに個性をもたらす要素とは  
タンポポの綿毛の構造と再現に関する研究  
伸長過程におけるゴムの分子鎖のふるまい  
熱音響エンジンの性能向上の研究 ~鳴釜神事をモデル化する~  
輪ゴムにける荷重と伸び・縮みの関係  
衝突球の原理の研究  
球の転がり摩擦と速度の関係  
河川の研究~実験水路の製作と流速の測定~  
靴底のゴムとスキールノイズ  
自由落下運動の閉管時の気圧及び開管での違いについて

17JPSA-15 国立奈良女子大学附属中等教育学校  
17JPSA-16 国立名古屋大学教育学部附属高等学校  
17JPSA-17 国立名古屋大学教育学部附属高等学校  
17JPSA-18 国立名古屋大学教育学部附属高等学校  
17JPSA-19 私立広尾学園高等学校  
医進・サイエンスコース 理論物理学チーム

鮮度の数値化 -酸化に伴う吸光度変化測定装置の開発-  
高層ビルとトンネル内で重力は増えるか減るか？ -重力測定による地球半径の決定 -  
星のフィードバック効果による空洞構造の時間進化  
機械学習による熱伝導現象の推測  
広範囲同時測定による超高エネルギー宇宙線探索

17JPSA-20 私立札幌日本大学高等学校  
17JPSA-21 私立市川高等学校  
17JPSA-22 私立市川高等学校  
17JPSA-23 私立世田谷学園高等学校  
17JPSA-24 私立日本大学第一中学・高等学校  
17JPSA-25 私立本郷中学校・高等学校  
17JPSA-26 鹿児島県立鹿児島中央高等学校  
17JPSA-27 由利本荘市立大内中学校

ゴムに働く張力と伸びの関係  
非接触力を介したエネルギー変換効率の研究  
空気層の気圧差による紙の吸いつき  
氷の結晶の成長機構  
ペーパークラフト分光器によるプラズマ観測  
ゴムの引く力と伸びの関係  
振動させたシャボン玉表面の観察  
サツキ『紫龍の舞』おしべの数はなぜバラバラか  
~数・位置による物理的要因の追究~

17JPSA-28 神奈川県立横須賀高等学校，神奈川県立鎌倉高等学校  
17JPSA-29 静岡県立清水東高等学校  
17JPSA-30 石川県立小松高等学校  
17JPSA-31 大阪府立大手前高等学校 定時制の課程  
17JPSA-32 東京都立科学技術高等学校  
17JPSA-33 奈良県立青翔中学校・高等学校  
17JPSA-34 富山県立富山中野高等学校

古代製鉄法の再現と元素分析からわかる鉄の物性変化と産地特定  
濃度勾配を持つシロ糖溶液における旋光度と屈折率の関係 (第2報)  
ライデンフロスト効果の解析とその応用  
毛細管現象の重力項を検討する  
イルミネーションの色は温度で変わる！？ II ~低温環境下でのLEDスペクトル~  
鉛直振動による空気や水の吸い込みについて  
飽和水溶液面で浮きながら成長するNaCl結晶  
~ミラー指数(111)面方向で切断した形のNaCl結晶がなぜできるのか~  
非電解質水溶液の拡散速度と拡散係数の算出に関する研究  
曲面振動板を用いた音の聞こえやすさ向上のメカニズム解明  
ミュージカルソウにおける刃の曲げ方と音の振動数の関係  
水流による侵食作用の研究  
スライムの衝撃吸収能力の変化についての研究  
南海トラフ巨大地震を想定した通信インフラの迅速な復旧

11:00 ~ 11:25 休憩 (ポスター入れ替え ポスター発表 A はがし・ポスター発表 B 貼り出し)

11:25 ~ 13:25 ポスター発表 B		担当：中村 琢
17JPSB-01	和歌山県立向陽高等学校	マグナス効果の揚力とラップの芯の長さとの関係について
17JPSB-02	北海道札幌北高等学校	気柱共鳴管内に物体があると？～共鳴点の変化と音圧の関係を探る～
17JPSB-03	兵庫県立西脇高等学校	冷却過程における炭酸水と純水の気泡の温度 (第3報)
17JPSB-04	兵庫県立加古川東高等学校	『宇宙ピペット』実用化に向けた有用性検証
17JPSB-05	福岡県立小倉高等学校	ガリレオ衛星の静止画を用いた木星の質量の算出
17JPSB-06	福岡県立香住丘高等学校	流体摩擦の低減効果に関する研究～らせん形と直線形のリップレットを比較して～
17JPSB-07	富山県立富山中部高等学校	スターリングエンジンの高出力化の研究 ～複数機連結が生み出すメリットについて～
17JPSB-08	奈良県立青翔中学校・高等学校	遠心力による吸水について
17JPSB-09	鳥取県立鳥取西高等学校	レーザー光の干渉を利用した羽毛の構造解析
17JPSB-10	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	微小重力を用いて液体を容器に入れずに磁化率を測定する 第3報
17JPSB-11	石川県立小松高等学校	糸電話の共鳴振動数に影響を与える要因について
17JPSB-12	静岡県立科学技術高等学校	一円玉を浮かべる表面張力のはたらき
17JPSB-13	国立神戸大学附属中等教育学校	台風の微細構造の研究 - 2018年に神戸で観測された台風21号の構造解析法の開発とシミュレーション -
17JPSB-14	由利本荘市立大内中学校	ビンから出る第4の音～ト音・ク音・ン音・エビフライ音～
17JPSB-15	私立獨協埼玉中学高等学校	風車の“回りやすさ”とは何か ～自作風洞装置を用いて回転と羽形状との関係を探る～
17JPSB-16	私立本郷中学校・高等学校 科学部	コップから流れる水の形
17JPSB-17	私立西南学院中学校・高等学校	放電現象における二重プラズマのふるまい
17JPSB-18	私立市川高等学校	水の過冷却
17JPSB-19	私立市川高等学校	湿度と音の減衰の関係性について
17JPSB-20	私立札幌日本大学高等学校	ネオジム磁石と反磁性体間に働く斥力
17JPSB-21	私立札幌日本大学高等学校	ネオジム磁石球を用いた地磁気の測定
17JPSB-22	国立明石工業高等専門学校, 国立仙台高等専門学校名取キャンパス	ペットボトルフリップのメカニズム研究
17JPSB-23	国立名古屋大学教育学部附属高等学校, 愛知県立明和高等学校	カメレオン分子雲及びベルセウス分子雲領域における星と星間物質の分布の関係
17JPSB-24	国立名古屋大学教育学部附属高等学校	気象衛星の画像解析から求めた地球と月の軌道
17JPSB-25	国立津山工業高等専門学校	回転振動する棒を移動するリングの運動
17JPSB-26	国立奈良女子大学附属中等教育学校	扇風機の風向の制御
17JPSB-27	国立奈良女子大学附属中等教育学校	超音波を用いた非接触型感覚入力モジュールの開発
17JPSB-28	国立広島大学附属高等学校	水面を浮遊する油滴の運動
17JPSB-29	熊本県立宇土中学校・宇土高等学校	液体の屈折率の研究Ⅱ Zゾーンによる減光機能の活用
17JPSB-30	私立玉川学園高等部	テニスラケットに装着する振動止めの効果
17JPSB-31	私立玉川学園中学校	スピーカーと音波の関係
17JPSB-32	岡山県立津山中学校	“シャープの芯が折れる”を科学する～基本的内容に焦点を当てて～
17JPSB-33	岡山県立津山高등학교	ボールに加えた回転数と飛距離の関係についての研究
17JPSB-34	岡山県立倉敷天城高等学校	3段ずつ飛びボールの質量比に関する研究 ～中段球の質量と上段球が跳ね上がる高さの関係～
17JPSB-35	岡山県立倉敷天城高等学校	タンブラーの側面で踊りだす水の謎～不規則な振動現象(ガクット現象)の発見～
17JPSB-36	岡山県立岡山朝日高等学校	ペットボトルの水噴射時間
17JPSB-37	横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校	速度域が500km/h～700km/hである高速鉄道における空力制動装置の効率化を図る
17JPSB-38	横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校	高効率な小型複葉機の開発
17JPSB-39	愛知県立明和高等学校	日影曲線による真北の特定と均時差・アナレンマ観測
17JPSB-40	北海道札幌西高等学校	竜巻をつくるダウンバーストの発生条件

13:25 ~ 14:40 昼食 (ポスター発表 B はがし)

(椎木講堂コンサートホール集合)

14:40 ~ 14:50 集合写真撮影

撮影担当：田中忠芳 種村雅子

(各講演・表彰式の撮影も担当)

14:50 ~ 15:50 Jr. セッション講演会「ミクロの世界の3体・4体問題への誘い」

講師：肥山詠美子 (九州大学理学研究院物理学部門)

司会：大河内 豊

15:50 ~ 16:05 休憩

16:05 ~ 16:50 表彰式

教育功労賞授与 川村 光 日本物理学会会長  
 審査講評 松川 宏 Jr. セッション委員会委員長  
 各賞発表  
 賞状授与 川村 光 日本物理学会会長

主催：一般社団法人 日本物理学会  
 共催：公益財団法人 稲盛財団、高等学校文化連盟全国自然科学専門部  
 後援：福岡県教育委員会、福岡市教育委員会

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：jrsession19@gakkai-web.net

URL：https://gakkai-web.net/butsuri-jrsession/

# 17JPSA

## 17JPSA-01 実は単純だった！チョコレートが電子レンジで温まる背景

北海道札幌高等学校 代表研究者：千野莉奈  
共同研究者：高橋乃々花

電子レンジは、物質に含まれる水分子を振動させて温める調理器具であるが、チョコレートはほとんど水分子を含まないにも関わらず電子レンジで加熱される。この原因を解明するため、3年前から研究を行ってきた。チョコレートに含まれているカカオバターは、オレイン酸、ステアリン酸、パルミチン酸といった脂肪酸3分子が様々な組み合わせ方をした油脂から成り、なかには三つ同じものがつなげたトリオレイン、トリステアリン、トリパルミチンなどが含まれている。温まる原因物質は、そのうちのオレイン酸であると結論付けた。今年度は、「製造の際の「焙焼」の過程でオレイン酸が他とのつながりを切って分離する」という昨年度の仮説について、もう一度思考しなおすことから始めた。チョコレートを構成する物質を個別で用意し、複素誘電率測定を行い誘電率と誘電損失の値を得た。その結果から、温まる原因物質は単体のオレイン酸であること、トリパルミチン、トリステアリンをはじめとする油脂は温まらないこと、カカオバター中とカカオマダラ中では、オレイン酸の自由度に違いがあることがわかった。さらに、オレイン酸が振動できるようにするとき化学的な分解が起こっているのではなく、溶けて油脂から分離して、振動しやすくなると考えられた。以上からチョコレートは、いたるところに不純物として含まれる自由なオレイン酸が溶け、振動し、チョコレート全体を温めていき、TAGとして組み込まれているオレイン酸も振動しやすい状況を作っていくことによって、電子レンジで温まると考えられる。

## 17JPSA-02 蛇腹構造を通る音の音速の遅れの研究

愛知県立一宮高等学校 代表研究者：高木慎之介  
共同研究者：辻本祥吾

本研究では、「蛇腹ホースの中を通る音の速さは空気中の音速に比べて遅くなる。」という現象の原因を調べるため、まず蛇腹ホース内部の太い部分と細い部分の内径の差（内径の差 $[x]$ ）=太い部分の内径 $[R]$  - 細い部分の内径 $[r]$ ）を変数として、様々な径の蛇腹構造を製作して比較実験を行い、音速の遅れの程度・傾向についての考察を行った。その結果、大まかな傾向として、蛇腹の凹凸の起伏が激しいほど音速の遅れが大きくなるということが分かった。また、音源の周波数を変化させ、いくつかの蛇腹構造について周波数による音速の変化を調べた。その結果、低周波数であるほど音速の遅れが大きくなるということが推定された。

## 17JPSA-03 光の散乱

愛知県立明和高等学校 代表研究者：鈴木果奈

愛知県立明和高等学校 SSH 部物理・地学班と国立名古屋大学教育学部附属中・高等学校 相対論・宇宙論プロジェクトの共同で名古屋大学大学院理学研究科の天体物理学研究室の協力の下、2015年度から分子雲衝突による大質量星を含む星団の誕生の仕組みを研究している。今回は、星間物質（分子雲）の密度と光の吸収率の関係を調べることにによって観測された光の強さから星間物質（分子雲）の密度を特定することについて追及した。星から発せられた光は宇宙空間を通過する間に星間物質によって光の一部が吸収されて光が弱くなったり、光の散乱によって散乱されにくい波長が残り、地球からは赤みがかった光に見えたりすることがある。私たちはこの星間物質の密度と光の透過率について調べたため、名古屋大学大学院理学研究科天体物理学研究室の協力の下、天文データの解析と実験を行った。

解析は、分子が出す電磁波のうち星間物質に吸収されにくい赤外線を観測し、星の光を3つの異なる波長で観測したデータとの比較を行った。解析の結果、外れ値が見受けられるが、星間物質と光の透過率の関係に相関関係が見られるグラフが得られ、星の光の透過率と波長の関係について調べることができた。

実験では、分子雲による光の散乱モデルとしてコロイド溶液であるカルピスを用いてコロイド溶液の密度と光の透過率について追及した。実験の結果、それらの間の関係を調べることができ、波長の長さや光の透過率の関係についても調べることができた。

## 17JPSA-04 クラドニ図形による物性の解析

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：渡邊将太郎

物体に音波を当てた際にできる波の節を可視化する「クラドニ現象」という現象がある。そのクラドニ図形を一般化することによって、物質のステータスと図形を関数化させる。この関数化により、クラドニ図形は物質の性質を図る新たな指標になると考えた。今回の研究ではクラドニ図形の概形の性質を関数として図ることが出来た。さらに実験では、図形的性質を理論と照らし合わせて、理論的、シミュレーション、実験からいくつか共通の性質がわかった。

## 17JPSA-05 ヨーヨーに個性をもたす要素とは

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：岸本昂大

ヨーヨーは今や世界大会も開かれる一大競技になっており、その競技ヨーヨーには様々なメーカーがある。それらのメーカーが作るヨーヨーにはそれぞれ「個性」があり、選手によって好みのヨーヨーが異なっている。そんな中、僕はその「個性」はヨーヨーのどのような要素がもたらしたものののか気になったため、その原因を解明すべくこの研究を始めた。この研究では、ヨーヨーの「個性」を「回転力」、「安定性」、「操作性」の三観点に分けて考え、それぞれを数値化することによってヨーヨーの性能を「可視化」することを目的としている。この数値化によって、どの要素がどのような個性にかかわっているかを知り、それをもとにそれぞれの選手に合った理想の性能のヨーヨーを作ればと考えている。現段階では、比較の基準となるベースモデルの設計、3Dプリンターによる作成と、条件を変えた様々なモデルとの比較、検証を行い、今まで具体的な数値化を行ってこなかった「操作性」の大まかな傾向などを知ることができた。今後は、今までのデータをもとに狙った通りの性能のヨーヨーの作成や、トレードオフだと考えられる部分の打開策などを考えている。

## 17JPSA-06 タンポポの綿毛の構造と再現に関する研究

岡山県立玉野高等学校 代表研究者：久志友香

本研究では、身近にあるものを用いて、実際のタンポポの綿毛と同程度の飛行性能をもつモデルの作成を行った。電子顕微鏡の観察より、綿毛の内部は空洞であり、それらが傘を逆にしたような形状になっていること、またモデル化した実験により、その角度が水平より上向きに29度が最も適していること、実際のタンポポの質量比よりも、種の部分を軽くし、綿毛自体の大きさをより大きくしなければ、十分な空気抵抗を得られないということが分かった。

## 17JPSA-07 伸長過程におけるゴムの分子鎖のふるまい

岡山県立倉敷天城高等学校 代表研究者：岡佳乃  
共同研究者：有村和真、河端亜弥、川端一弘、須賀潮音、藤原巧将

輪ゴムなど、我々は日常生活の中でゴムからの恩恵を受けている。これらはゴムが伸び縮みする、という弾性によるものである。しかしゴムの弾性にはフックの法則が成立しないことが知られており、そのメカニズムは一つの原理で単純に説明できるものではない。弾性学、熱力学、統計力学、連続体力学など様々な分野からゴムの弾性の解明に挑んでいるが、未解明の事柄が多く存在している。またゴムに一定のひずみを与えてそのまま保持する時、ゴムの応力が時間と共に減少していく応力緩和やゴムを引き伸ばすと発熱するガフ・ジュール効果などの現象も存在し、よりゴムの弾性を複雑にしている。本研究ではゴムの分子鎖のふるまいや加硫によってゴムの分子間に作られる架橋構造に着目し、ゴムの弾性のメカニズムを考察し、解明を試みた。本研究ではゴムの力と伸びの関係を調べる実験や応力緩和を考慮した実験、内部構造の変化に伴うエネルギー損失を求める実験を行った。その結果、伸びを3つの特定区間に分けると、ゴム内部では分子鎖が異なるふるまいをしていることが分かった。1つ目の区間ではゴムの分子鎖が不均一な絡まりをしておりゴムに均一に力が加わらず、2つ目の区間ではゴムの分子鎖の絡まりが均一になり、ゴムに均一に力が加わり $f-x$ グラフに線形が見られ、3つ目の区間では架橋構造が壊れ、絡まりあった分子鎖がほどけ始めると考えた。次に未加硫ゴムと加硫ゴムの力と伸びの関係を比較する実験を行い、この考察の妥当性を検証した。またモデル化することで視覚的にも理解し易いよう工夫した。

## 17JPSA-08 熱音響エンジンの性能向上の研究

～鳴釜神事をモデル化する～

岡山県立倉敷天城中学校 代表研究者：藤田紗矢

本研究では、岡山県にある吉備津神社で行われている「鳴釜神事」の原理でもある、熱音響エンジンをモデル化し、音の発生の有無について調べた。電気鍋やアルミ板、米と金網を使用して、実際に鳴釜を再現し、米を入れることによって生じる温度差を測定した。この結果をもとに、ガラス管とゴム栓、スチールウールを使用した閉管でも再現できる熱音響エンジンを用いて、音の発生の有無や性能測定を行った。自身で行った先行研究では、閉管のみの熱音響エンジンモデルを使用したのが、閉管の振動数は閉管の2倍であり、より大きなエネルギーを取り出せるのではないかと考え、閉管にもなるよう、装置を改良した。結果はゴム栓をした閉管で予想通りのガス管の約4倍の波長の音を発生させることができたが、閉管では発生させることができなかった。その理由として、閉管で音が発生するレイケ管で用いる金網に比べて、本研究で使ったスチールウールは、前後に長細く伸ばしているため、温度差による空気の振動がおこりにくくなるためではないかと考える。今後はスチールウールの形状を工夫し、閉管で音を発生させたいと考えている。

## 17JPSA-09 輪ゴムにける荷重と伸び・縮みの関係

岡山県立津山中学校 代表研究者：高橋恵吾

本研究では輪ゴムを引く力と伸び・縮みの関係に着目して実験を行った。輪ゴムの伸び・縮みの関係を調べるため、輪ゴムにける荷重を増減させるという一連の操作を繰り返した結果、輪ゴムにける荷重を増やしていくときと減らしていくときでは、ばね定数が変化することが分かった。また、その法則性を調べると、ばね定数は減少し、輪ゴムにける荷重の大きさが一定量を超えると、変化が急激に大きくなるということが分かった。

## 17JPSA-10 衝突球の原理の研究

私立玉川学園高等部 代表研究者：飯尾一斗

本研究では、衝突球について、金属球同士が接触している場合と、金属球とスーパーボールを組み合わせた場合についてオシロスコープを使い電気接触の瞬間的な変化を観測しその衝突メカニズムを考察した。今まで衝突球は球間に隙間がある仮定の上で、球が二個の場合の運動量保存則と力学的エネルギー保存則から玉突き運動が連続したものと説明されていた[1]。球同士が接触している場合、接している球同士を一塊と捉えると実際の運動を説明できなくなるが、我々はスーパーボールと金属球を組み合わせた衝突球の運動が、接触した球同士を一塊とした説明と同じになることを発見した。次に球同士が接触している衝突球に様々な抵抗を介し電圧をかけオシロスコープで測定して衝突時の瞬間的な各球間の接触状況の変化を調べた。その結果一つ球が衝突した瞬間に一度すべての球が接触し、衝突してきた側の球から順に離れていき最後の球が飛び出すことが分かった。これは接触した球の縮みの弾性力が関わっていて単に一塊と扱おうと実際と異なること分かった。塊として均一に扱いつつこの現象を説明するモデルとして、最初の衝突した球の反発係数を $1/n$ と考え、塊としての運動エネルギーと各球間の弾性エネルギーにエネルギーを等分配させる仮説モデルを立てた。金属球とスーパーボールを組み合わせた衝突球でも同様に測定し、スーパーボールと金属球の接触時間が金属球同士よりも約百倍以上のために、力積の力が小さく金属球間の弾性エネルギーを無視して一塊と扱ったときと同じ結果になることが分かった。

## 17JPSA-11 球の転がり摩擦係数と速度の関係

私立玉川学園中学校 代表研究者：浅倉ゆい

本研究では、ルール上での球の転がり摩擦係数において仮説を立てていた本校の卒業生の研究は正しかったのかを検証するとともに、運動エネルギーは何によって減少しているのかを卒業生の使用していた組み立て式の力学的エネルギー実験装置の改良版を用いて検証した。高速域で誤差が大きくなる速度測定器の欠点を補うため、カーテンレールの裏面より変形しやすいゴム製の「戸あたり消音テープ（ニトムズ）」を使用し、転がり摩擦係数の速度依存性をより詳しく計測することができた。今回の実験によって転がり摩擦係数が速度と共に増加する現象に、「レールの継ぎ目」「球の直径」「レールの形状」は関与していないと分かった。また「戸あたり消音テープ（ニトムズ）」を使用し転がり摩擦係数を計測した実験のグラフでは、まず増加して減少した後、再び増加し、その後急激に減少するということを繰り返しているようなグラフが得られたが、箇所によって増加しているのか、減少しているのか判別がつかないところがあった。

## 17JPSA-12 河川の研究～実験水路の製作と流速の測定～

私立玉川学園高等部 代表研究者：二宮瞳子

河川に関する研究手法は数値解析、モデル実験、実地調査の三つに大別される。私はモデル実験を選び河川の流れを物理的、数学的に捉える。モデルとして実験水路を製作した。基礎実験で水路底面の粗度を測定した。水路内流速、水深、傾斜の三つが観測されればそこから底面の粗さが導出され数値化することが出来る。基礎実験で導出された粗度の実験水路を使って昨年度は水路内に障害物を設置し水路全体の水の通過時間がどのように変化するのか実験をした。実験より二つのことが分かった。一つ目は障害物を両側面に交互に置くくと水路を延長させ通過時間を増加させるということだ。二つ目は障害物が連続的に水路内に並んだ時、流水幅が狭い区間が延長されるほど通過時間が少なくなるということだ。しかし、障害物付近では水深が著しく変化したり乱雑に渦が発生していた。それが実験結果にどのように影響するのか、ある程度解析範囲を限定させることが必要だと考えた。今年度は障害物付近にのみ注目しどのような条件で乱流が見られるのか昨年度の実験結果を参考にしながら考察をする。同時に粗度に関してさらに独自に解析を進めていくとエネルギー保存則と関連することが分かった。速度の項は水路の高さと水の圧力に依存する。つまり傾斜により高さが変化し、可変の水路幅によって速度が増加したり減少したりするということだ。これを利用して乱流の実証実験を行った。また実験装置の水路に関しては新しく規模を拡大した二台目の新水路を設計、製作したことでより広範囲の実証が可能になっている。

## 17JPSA-13 靴底のゴムとスキールノイズ

国立広島大学附属高等学校 代表研究者：古賀翔太

共同研究者：岡本大輝、河尻萌絵、中本幸乃、原田光、村上直生

体育館でスポーツをしている時に靴が床に擦れてキュッと音が聞こえることがある。この音はスキールノイズと呼ばれ、ゴムと床が滑りと付着を高速で繰り返すことによって生じる振動が空気中を伝わって発生するものである。私たちはこのスキールノイズに着目し、スキールノイズの大きさや高さに影響を与える要因を解明するため、本研究を開始した。

初めに、スキールノイズを発生させるために、振り子の要領で足の動きを再現する装置を自作した。この装置を用いて同じ条件でスキールノイズを発生させる実験を行った。この音を録音してフーリエ変換し、波形表示によって示されたグラフの概形を比較した。この実験からグラフの概形が類似しており、デシベル分布のピークの振動数のばらつきが小さかったため、実験に再現性があると判断した。また、装置の靴モデルを振り上げる高さを高くしたり、靴モデルを離す時に初速度を与えたりすると、発生する音の大きさや高さが異なると予測し、「靴が床モデルに擦れる時の速さが大きいほど、発生する音は大きく、高くなる。」という仮説を立て、本実験として検証を行った。この実験の結果から、速度ではなく靴にかかる圧力がスキールノイズに影響を与えているのではないかと考察した。

今後は、靴にかかる圧力とスキールノイズとの関係について探究していく必要があると考えている。

## 17JPSA-14 自由落下運動の閉管時の気圧及び閉管での違いについて

国立仙台高等専門学校名取キャンパス<sup>A</sup>、国立明石工業高等専門学校<sup>B</sup>

代表研究者：石井颯馬<sup>A</sup>

共同研究者：菅野亮太<sup>A</sup>、渋谷駿<sup>A</sup>、川端日和<sup>A</sup>、中谷真緒<sup>B</sup>、神馬綾乃<sup>B</sup>

自由落下とは、初速度をゼロにした物体を落下させたときの運動であり、大方の法則は知られているが、落下させる物体の直径の違い、気圧での違い、閉管管での違いによって、どのように落下速度が変化するのだろうか。落下させる物体として発泡スチロールの球体を用いてそれらの条件での落下速度の変化について自作の実験装置で測定し結果を検証した。そのとき手ぶれを無くすため発泡スチロールの球体を黒色の導体紙を使い固定して、赤外線レーザーでそれを焼き切る工夫をした。第一に「自由落下の気圧変化(閉管の場合)」について実験した。第二に「自由落下の閉管・閉管の違い」について調べた。第一の実験の結果から、 $v-t$ グラフの飽和傾向が気圧を下げるにしたがって直線に近づくことがわかった。これは直径を変えた場合も同様であった。また、同じ直径の場合、気圧を下げるほど速度が速くなる結果となった。同じ気圧の場合、直径が小さくなるほど、速度が速くなった。その結果は、直径が小さくなるほど空気抵抗が $v$ 則から $v^2$ 則を仮定し、理論式を用いて計算した結果に近づいた。そして第二の実験から、パイプにふたをしたときの方がいないときに比べて速度がわずかに速くなる結果が一部得られた。これは、乱流などによるさまざまな影響が考えられるため、詳細は検討中である。このように、自由落下の速度変化は、球体の直径、気圧、パイプ内の閉管などの条件と密接に関係していると考えられる。

## 17JPSA-15 鮮度の数値化－酸化に伴う吸光度変化測定装置の開発－

国立奈良女子大学附属中等教育学校 代表研究者：熊谷充弘

食品鮮度の低下は、色や匂いの変化によって感覚的に判断されることが多い。私はこのような「あいまいな判断基準」を数値化することで、食品廃棄率の低下や食中毒の予防に繋がるのではないかと考え、鮮度と強い相関がある、食品に含まれるタンパク質の酸化を定量化する装置の開発に取り組んだ。

畜肉や魚肉の赤身の場合、酸化に伴い、見た目の色は褐色に変化していく。これは、ミオグロビン(Mb)の酸化が原因であり、その進行度合い(メト化率)は2種類の波長の光の吸光度比を測定することによって数値化できる。先行研究では、吸光度を大型の分光光度計で測定していたが、私は小型の測定装置を作成し、一般家庭で手軽に鮮度測定ができるようにしたいと考えた。そこで2種類の波長(527 nm,572 nm)のLEDとフォトトランジスタ、オペアンプを用いて各波長での吸光度を測定する装置を自作した。自作装置と分光光度計を用いて、Mbの濃度変化や酸化に伴う吸光度変化を測定したところ、測定値には一定の誤差があるものの、吸光度の変化の傾向は分光光度計とほぼ同様に測定できることがわかった。次に、2種類の波長の吸光度の比からメト化率を算出した結果、分光光度計と同様の精度で測定することができた。最後にキハダマグロの切り身を自作装置に入れて3時間常温で測定した結果、時間経過とともにメト化率が徐々に上昇していることが確認できた。今後の発展として、測定したメト化率と、一般的な鮮度の指標であるK値との相関を調べ、メト化率から鮮度を数値化したり、反射光を用いた測定装置の開発を目指したい。

## 17JPSA-16 高層ビルとトンネル内で重力は増えるか減るのか？

- 重力測定による地球半径の決定 -

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、村上諒成

我々は、高い所や深い所の重力が変化するか興味を持ち、実際に測定を行った。高いビルでは重力が減少することは容易に想像できたが地下やトンネル内の重力変化について「地球の中心に近づくため強くなる」または「頭上の質量による引力のため弱くなる」の二つが考えられる。我々は重力の変化を検証するため、ビル1階と最上階で重力の差を検出することに挑戦した。重力測定には精密な化学天秤を用い、分銅の重量を測定した。特に屋外では風や振動が測定の障害になる。そこで、布で囲って防風し、除振台を作成して屋外での精密測定を可能にした。重力変化は微小なので、できるだけ高い測定場所を捜し、10階建て(名古屋大学)、20階建て(愛知大学)のビルで測定した。更に、地下やトンネル内の重力変化を調べるため、地下鉄名古屋大駅(地下21m)、高さ70mの山を貫く北山トンネルの中で測定した。測定の結果、高いビル、地下、トンネル内、全ての地点で重力の減少を確認できた。また、ビルの高さに対する重力減少の勾配は、地下の深さに対する勾配の約2倍であることも分かった。測定結果を万有引力の法則に代入し、地球半径が得られた。しかし、ビルの質量や、トンネル上部の土砂からの引力の影響が10%~20%もあり、正しい地球半径を求めるためには、補正が必要なが分かった。

## 17JPSA-17 星のフィードバック効果による空洞構造の時間進化

国立名古屋大学教育学部附属高等学校 代表研究者：長岡祐希

共同研究者：隈部健

[背景・目的]

宇宙は真空ではない。星と星の間に存在する星間物質と呼ばれる希薄なガスが集まってできる分子雲が重力で収縮して星ができる。私たちは、星が自らの母体である分子雲を吹き飛ばしたり破壊するフィードバック効果という現象について、年周視差から星団までの距離を求めると共に、分子雲の空洞構造の大きさと年齢の関係について調べ、宇宙の物質の時間変化を研究した。

[研究方法]

Gaia archiveを用いて同じような固有運動をしている星を探し、年周視差から分子雲までの距離を求める。求めた距離のヒストグラムにガウス曲線をフィッティングし、分子雲までの距離と標準偏差を算出すると共に求めた値と先行研究の値を比較する。また、空洞構造のみかけの角度を測り、分子雲までの距離から空洞構造の大きさを求める。

[結果]

分子雲までの距離について、Gaiaのより正確な最新のデータを用いて自分たちで距離を求めた結果、全ての星団の距離を精密に10pc単位で算出することができた。また、空洞構造は星団からの紫外線や超新星爆発などのフィードバック効果によって時間と共に大きくなっていくことも分かった。

[結論]

本来求めるのが難しい星までの距離も年周視差を用いることで、容易なうえにかなり正確に求めることができる。今後は求めた分子雲までの距離の誤差を小さくする方法を模索していくと共に、ある条件下で空洞構造の大きさから分子雲の年齢が求まるような式を考察していきたい。

## 17JPSA-18 機械学習による熱伝導現象の推測

国立名古屋大学教育学部附属高等学校 代表研究者：前川輝輝

この研究では、固体の物質上で熱がどのように広がっていくかを機械学習を用いて推測する手法を提案した。この手法は熱伝導方程式を解くことや物質に関する詳しい情報が必要とせず、高い精度を必要としない場合には、実際に計測したデータの補完などに利用することができる。最終的には、補完されたデータを画像化し利用するような用途なら、既存のシミュレーション手法と大差ない質の推測が可能になった。

## 17JPSA-19 広範囲同時測定による超高エネルギー宇宙線探索

私立広尾学園高等学校 医進・サイエンスコース 理論物理学チーム

代表研究者：伊勢千沙子

本研究では、広尾学園、早稲田大学本庄高等学院、静岡北高等学校の3校で合計8台のシンチレーターを用いて2018年11月19日12時から2018年11月26日12時まで一週間の間宇宙線を測定し、Pythonを用いた解析によって、超高エネルギー宇宙線の有無を調べた。具体的には、3地点で観測された宇宙線のなかで同時に入ったものについてヒストグラムと累積分布を描いた。また、3校同時測定に先駆け、早稲田大学本庄高等学院と静岡北高等学校の2ヶ所で10月12日12時から10月15日12時までの3日間、宇宙線の2校同時測定を行った。本発表では主に3校同時測定による検出結果および検出原理について報告を行う。

## 17JPSA-20 ゴムに働く張力と伸びの関係

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：上原昂大、竹村康太郎、小泉泰央、中山賢人

ゴムの伸びと張力の関係については詳細な報告があるが、これらは引張速度を一定にしてゴムの応力-伸長率( $\sigma-\lambda$ )曲線を解析している。本研究では、ゴムにつけたおもりを加速度運動させたとき、すなわち引張速度が一定でない場合に生じるゴムの $\sigma-\lambda$ 曲線について、運動方程式を利用して定量的に解析することを試みた。本実験で使用したゴムは、ゴムバンド No.16であった。おもりは鋼球(直径16~24mm)およびネオジム磁石球(直径10mm)を用いた。ネオジム磁石球は磁力により鋼球と鋼球をつなぐために用いた。また、ゴムでは、加荷-除荷による変形を繰り返すと、加荷時の $\sigma-\lambda$ 曲線とは異なる除荷時の $\sigma-\lambda$ 曲線が観測されることが知られている。この現象についても確認し、加荷時と除荷時で生じる $\sigma-\lambda$ 曲線を比較し、定量的な解析を行った。さらに、本実験で得られた $\sigma-\lambda$ 曲線をMooney-Rivlin式および修正Mooney-Rivlin式に基づき考察した。引張速度が一定でない場合についても、運動方程式を利用することで $\sigma-\lambda$ 曲線を求めることが可能である。 $\sigma-\lambda$ 曲線の解析から、ゴムの応力は伸張率の4次式で表せることがわかった。ゴムにつけたおもりを自然長から初速度ゼロで落下させると、加荷過程において外力がした仕事のみだけゴムに蓄えられるエネルギーが増加した。加荷時と除荷時で生じる $\sigma-\lambda$ 曲線を比較しながら、ゴムのエネルギーは、粘性による変形により約30%失われた。力のつり合いを保ちながら時間をかけてゴムを変形させた場合のみ、加荷時の $\sigma-\lambda$ 曲線において $2 < \lambda < 5$ の範囲で、修正Mooney-Rivlin式がほぼ成り立つ。修正Mooney-Rivlin式のゴム弾性への適用範囲はかなり限られることがわかった。

## 17JPSA-21 非接触力を介したエネルギー変換効率の研究

私立市川高等学校 代表研究者：坂本和樹  
共同研究者：加藤泰成

様々なエネルギー源が電力となっている現代、瞬間的に大きな運動エネルギーを得られる装置は宇宙空間等では有用であると考えられる。本研究では電磁加速器の一種のコイルガンを用いて非接触力を介した静電エネルギーから運動エネルギーまでの変換効率を高めることを目標とし、昨年度からの継続研究として4つの実験を行った。その上で昨年度のものから、今年度実施したコイルの巻き数や長さ、コンデンサーの静電容量を変化させた実験1から、コンデンサーの放電が完了するタイミングと飛翔体の位置が変換効率を高めるのに関係するとわかった。次に、実験2でコイル内の磁場を測定した結果、コイル内では磁場はほぼ一様であり、外部に出た途端に急激に減少するとわかった。また、金属製の飛翔体の誘導電流による、コイルの磁場への影響を調べるため鉄とフェライトの2つを飛翔体とする実験3を行なった。その結果、予想に反して変換効率は鉄の方が高いという結果が得られた。これは、飛翔体の透磁率によることと考え、鉄とフェライトの透磁率を比べる実験4を行なったが、正確に比較することができなかった。以上4つの実験から、変換効率を高めるためにはコンデンサーの放電が完了するタイミングと飛翔体の位置関係、コイル内における飛翔体の初期位置、飛翔体の電気伝導性と透磁率が大きく関係していることがわかった。今後は、飛翔体がコイルから出た時点で放電を停止するシステムの構築、鉄の飛翔体が生み出す磁場の強さの測定、飛翔体が磁場から受ける力の測定の3つを行いたいと考えている。

## 17JPSA-22 空気層の気圧差による紙の吸いつき

私立市川高等学校 代表研究者：今城彩夏  
共同研究者：太田裕亮

本研究では、空気層による紙の吸いつきについて気圧計を用いて計測した。風速と気圧には相互関係があると予測し、送った風の速さと気圧差の関係をグラフに表した。単位時間当たりの風の流量を増やすと気圧差が上昇する現象を観測できた。ドライヤーとボルトスライダをつなげ、送る空気の出力を変えられるようにし、アクリル板に穴を開けアクリルパイプを接着した。ドライヤーから空気を送り、アクリル板の下から円形の紙を吸い付かせた。Ch1は紙の下の大気圧、Ch2はアクリル板と紙の間の気圧を測定する。風を送り、「紙を付けていない状態」→「紙が吸い付いている状態」→「紙を外して風を送っている状態」の三段階をひとつのデータとして気圧センサーを途中で止めず毎回測定した。気圧変化をCh1とCh2で比べることで二点間の気圧差を求めた。風速と、二点間の気圧差との相互関係を調べるために、風速を変えて同じ実験をおこなった。

紙が吸い付いている間はそうでないときより、紙とアクリル板の間の空間の気圧が大きく下がることがわかった。紙の下と紙と、紙とアクリル板の間の気圧の二点間の差が生じることにより、紙が吸い付けれらる、ベルヌーイの定理を用いて計算できる。大気圧と、紙とアクリル板間の二点間の気圧差により大気圧で紙が下から押し上げられるため、紙が吸い付くことを解明した。また、送る風の速さと二点間の気圧差の関係は原点を通る二次関数で表せることが分かった。

## 17JPSA-23 氷の結晶の成長機構

私立世田谷学園高等学校 代表研究者：石川諒

本研究は、氷の結晶の成長過程について実験及び考察を行ったものである。一般的に、こういった研究を行う際には専門的な設備に関しては不明瞭な点が多く、どのように雪の結晶が複雑になるかを説明できていない。そこで本研究では、雪の結晶の複雑な部分を、扇状と枝状の二つの状態の組み合わせであると考え、それぞれの成長の様子を定量化することを試みた。その結果、結晶が複雑になる様子を、稜の速度ベクトルで表すことができるのではないか考え、結晶の形状と稜の速度ベクトルの関係を導いた。結果結晶の成長過程を稜の速度ベクトルで表すことができるということが分かった。

## 17JPSA-24 ペーパークラフト分光器によるプラズマ観測

私立日本大学第一中学・高等学校 代表研究者：及川宏貴  
共同研究者：榎田魁舞、田村明裕、吉田樹

現在、多くの研究分野で分光器が用いられ、特にプラズマ研究においては、プラズマの諸特性を知る、極めて重要な計測法となっている。そこで私たちは、透過型回折格子フィルムを用いた手軽で安価な分光器を作成し、その性能の向上を試みた。本研究では、製作したペーパークラフト分光器と市販のCCD分光器を用いて、蛍光灯・水銀ランプ・ヘリウムランプを観測し、その結果を比較・考察した。初めに、スマートフォンに取り付けられ、手軽に使えるペーパークラフト分光器を設計した。そして、ペーパークラフト分光器で観測されるスペクトルをスマートフォンで撮影し、コンピューター上で波長分布へ変換した。その際、波長の較正のため、蛍光灯と水銀ランプをそれぞれ製作した分光器で観測し評価した。また、波長較正後、それぞれの分光器でヘリウムランプの計測を行い、光源の選定と分光器の性能の評価を行った。結果は、較正については観測された蛍光灯のスペクトル分布から水銀のスペクトルを判別出来ることから、波長較正に使用できることがわかった。また、ヘリウムランプの計測からは、長波長側においてCCD分光器による測定結果からのずれが生じていることがわかった。さらに、波長分解能の評価のため、587.5nm付近のスペクトルの半値全幅を比較すると、市販のCCD分光器に対し、1/4程度の波長分解能を得られていることも求められた。今後、長波長域での波長のずれの補正法を検討するとともに、スマートフォンの受光素子の感度特性の影響を検証、蛍光灯のスペクトルの幅が広がる理由を考察する予定である。

## 17JPSA-25 ゴムの引く力と伸びの関係

私立本郷中学校・高等学校 代表研究者：秋吉翔太  
共同研究者：岩田啓吾、斎藤泰良、橋和遼、松浦隆郎

ゴムのように小さな力で大きく伸び縮みする物の一つにばねがあるが、ばねでは引く力と伸びが比例する（フックの法則）ことが知られている。そこで、今回はゴムを引く力と伸びの関係についても同様にフックの法則が成り立つか調べた。その結果、ゴムについてはフックの法則は成り立たないことが分かった。そこで、力と伸びの関係を、両軸にそれぞれの対数をとってグラフにした結果、ある一定の範囲の力に対して、伸びが力の1.5乗に比例することが分かった。

## 17JPSA-26 振動させた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：川宿田賢人  
共同研究者：牧拓澄、木下誠祥、柳田海志

固有振動の節を可視化すると、クラドニ図形と呼ばれる幾何学的な模様が見ることが知られている。私たちはこのクラドニ図形を立体的に現わせないかと思い研究を始めた。実際にシャボン玉を振動させたところ、いくつかの腹（節）と渦が出現した。本研究では、振動させたシャボン玉表面を観察し、振動数と腹の数の関連性について考察を行った。シャボン玉が共振するときの腹の数は、おおよそ振動数に比例して多くなることが観察されたが、一方で低い振動数でも腹の数が増える現象も観察された。

## 17JPSA-27 サツキ『紫龍の舞』おしべの数はなぜバラバラか～数・位置による物理的要因の追究～

由利本荘市立大内中学校 代表研究者：渋谷和真  
共同研究者：奥山大聖、佐藤珠里、加藤遥奈、佐藤謙士、佐藤そら、伊藤晋太郎、佐々木賢太郎

中学校1年生の花のつくりの学習では、おしべやめしべの数は決まっていると認識した。しかし、大内中学校中庭のサツキの花を観察したところ、おしべの数が10本より少ない花が次々と見つかった。僕が調べたサツキのおしべは8本と9本。クラス全体で観察した結果は、予想外であった。なぜおしべの数がこんなにバラバラなのか。統計が科学部の今年度のテーマだったこともあり、サツキのおしべ欠損の不思議を統計学から解決することを目的にこの研究は始まった。この研究の中核は、単純な花の分解。しかし、僕たちは、花のつくりから見たおしべ欠損位置の特定、統計、概算、毛細管現象など、考えつくあらゆる見方・考え方を駆使し研究を深めた。そして、①おしべが内・外に5本ずつあること、②その欠損が外側にしかないこと、③その欠損には位置による極性があること、④そこには遺伝子群の影響が関わっていること等を約5ヶ月かけて類推した。

## 17JPSA-28 古代製鉄法の再現と元素分析からわかる鉄の物性変化と産地特定

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：鈴木陽夏<sup>A</sup>  
共同研究者：鈴木彩花<sup>A</sup>、渋谷有羽<sup>A</sup>、大澤翔平<sup>B</sup>、山本昌由樹<sup>B</sup>、黒田一葉<sup>B</sup>、織田望海<sup>B</sup>、竹中洋人<sup>B</sup>、金井瑠偉<sup>B</sup>

さまざまな地域の砂鉄を原料にした古代製鉄法（たたら製鉄）による製鉄と元素分析を行った。砂鉄は、チタン成分が多いと赤目砂鉄、少ないと真砂鉄に分類される。私たちの学校が所在する三浦半島では赤目砂鉄が産出するが、この砂鉄からは高純度の鉄はできず、鍛造には適していないと一般的に考えられている。これまでの研究によって、赤目砂鉄の選鉱方法や炉内温度、送風量などが製鉄のパラメータとなることを突き止め、その制御により高純度の鉄を得る工程を確立するとともに、鍛造にも成功した。燃焼法およびEPMAによって、砂鉄および生成鉄の定性・定量分析を行った。砂鉄は産出地域によって元素含有量がわずかに異なること、真砂鉄には銅とニッケルは含まれず、赤目砂鉄にだけ含まれることがわかった。また、砂鉄は多くの元素を含んでいるが、たたら炉内で合金液滴をつくることにより、高純度の鉄に精錬されるメカニズムを定量的に示した。そして、赤目砂鉄に含まれる銅とニッケルは生成鉄になっても含有する割合はほとんど変化しないことから、鉄に溶け込んだこれらの金属を除去することは熱力学的に困難であること、鉄中の銅により、ひび割れ問題など鉄の物性変化を引き起こす要因になっていることがわかった。このことから、赤目砂鉄によって生成した鉄が鍛造に適していない理由は銅による物性変化による可能性を指摘した。一方で、遺物の古代鉄に含まれる銅やニッケルの分析によって、原料となった砂鉄の産地を推測する方法を提案した。

## 17JPSA-29 濃度勾配を持つショ糖溶液における旋光度と屈折率の関係（第2報）

静岡県立清水東高等学校 代表研究者：山梨隼央  
共同研究者：宮重音緒、半田慧、多々良若奈、田中奎吾、川嶋諒、一ノ宮尚貴、岡崎絳樹、栗原未至、平沢真真、松田紗季、矢数伶

【背景・目的】水槽の底からショ糖を拡散させて濃度勾配をもたせた水溶液は、一様な濃度の場合と異なり光線を入射した位置によって入射角が0でも屈折角が0にならず、濃度のゆらぎによって濃度の高い部分に向かって徐々に曲がっていく現象（屈曲）が起きる。つまり、溶液の厚さによって屈折角が大きくなる。ショ糖溶液の旋光度も屈折率と同様濃度との相関があることから、類似した変化があると仮定し、この溶液について測定を行った。

【研究方法】2枚の偏光板と光センサーを用い、実験装置を設定した。濃度勾配に伴う屈曲を想定していたため、測定はできるだけ厚さの小さい水槽で行う必要があるが、その分旋光角が小さくなり、測定は困難を極めた。光がこの原理を利用して旋光角を測定し、10mm水槽、20mm水槽の旋光度の測定にこぎつけ、それぞれ屈折率と比較した。【結果】屈折率と旋光度には強い相関が認められた。また、濃度勾配のあるショ糖溶液の旋光度は、測定した水槽の厚さで値が異なり、10mm水槽より光線経路の長い20mm水槽での結果のほうが旋光度の値が小さく算出された。【結論】濃度勾配のあるショ糖溶液の屈折率と旋光度は相関はあるものの、同じ位置（濃度勾配）でも溶液の厚さが大きくなると前者は大きく、後者は小さく算出される。濃度の勾配がショ糖溶液の旋光性に与える影響は、屈曲とは全く無関係な要因からくることが明らかになった。

## 17JPSA-30 ライデンフロスト効果の解析とその応用

石川県立小松高等学校 代表研究者：北和馬  
共同研究者：朝日拓海、福田迅人

本研究では、液滴などと高温物体との接触によって生じるライデンフロスト効果についてその現象の本質をさぐるために性質の違う様々な試液を用いたり、液滴量を変えたりすることによって様々な観点から実験と考察を行い、この現象の解明を試みた。実験の結果から全ての液滴において同様にライデンフロスト効果が生じるが液滴の性質によってライデンフロスト効果の開始温度やライデンフロスト効果による熱伝導阻害が最大となる温度などは沸点が高いほど高いなどといった液滴の性質の影響を受けていることが分かった。また、ライデンフロスト効果下において蒸発時間の変化はライデンフロスト効果における液滴の概形の変化の特徴と、常に微量の液滴の蒸発を繰り返している性質による影響を強く受けているということが分かった。

## 17JPSA-31 毛細管現象の重力項を検討する

大阪府立大手前高等学校 定時制の課程 代表研究者：仲井間隼  
共同研究者：河合初音，小野晴香，橋本晃志，松田孟男，澤崎祥江，山下飛子

液体には表面積を小さくしようとする力である表面張力が働く。細い管の中にある液体は、表面張力により上に引っ張り上げられ液面が上昇する毛細管現象としてよく知られている。ご管内を引っ張り上げられた液体の高さは、細い管の半径に反比例しており、太い管より細い管のほうがより高くなる。また、重力は液体の高さと反比例している。そこで、重力を変化させて、管の半径を変えたときと同じ現象が得られるのか実験的な検証を行った。理論式より、重力がゼロでは液体の高さは無限大になるが、実験では、無限大になることはなかった。また、液面の高さは理論式に従って上昇しなかった。実験結果を実験装置の限界を見据えて考察する。

## 17JPSA-32 イルミネーションの色は温度で変わる！？Ⅱ ～低環境下でのLEDスペクトル～

東京都立科学技術高等学校 代表研究者：宮下航一  
共同研究者：蒲池英樹

我々は温度変化によりLEDの発光波長が変化することを知り、本研究を始めた。この研究は先輩が行っていたものを引き継いだものである。赤色・青色・黄色・緑色のLEDについて、常温から液体窒素で低環境下に変化させ、温度による発光スペクトルの変化を調べた。結果としてどのLEDも温度低下により短波長側にスペクトルがずれることが分かった。さらに、温度変化による発光スペクトルの長波長端の波長変化よりLEDのバンドギャップが温度低下によって広がることが分り、このことから、発光スペクトルの短波長端およびピークの波長より、温度低下によるバンド構造の変化も考察した。また、発光できる最小電圧を求める実験からもバンドギャップエネルギーを計算し、長波長端の波長より求めた方法で得た値との比較を行った。その結果すべての実験で、赤系統（赤色・黄色）のLEDと青系統（青色・緑色）のLEDとは挙動が異なることがわかった。この原因として、格子定数と結晶構造・素材による影響であると考えた。しかし、それらがどのように波長に関係するのは今後の検討課題である。今後の展望として、温度変化によってLEDの発光する波長やバンドギャップがなぜ変化するのか、その原因を調べることで、多機能で高性能なLEDを作ることに繋がるのではないかと考えた。

## 17JPSA-33 鉛直振動による空気や水の吸い込みについて

奈良県立青翔中学校・高等学校 代表研究者：の場伊吹  
共同研究者：江口俊介，白銀亮士，福林利樹

水を入れたペットボトルを鉛直方向に振動させると、内部の水の圧力が変化する。この水圧の変化を利用してポンプを作りたいと考えた。ペットボトルに穴があると、穴の内側の水の圧力が、外部の圧力より小さくなると、穴の外の空気や水がペットボトル内に吸い込まれる。

鉛直方向の振動による吸水現象は、飼育用水槽内の清掃用のポンプに用いられ、先行研究は、「技術教室」に報告がある。しかし、いずれも手動による吸水であることがわかったので私たちは、手動ではなく、パネによる振動を使って吸水を可能にし、海面の波や車の振動などの世の中に捨てられている振動のエネルギーを利用することを目的とし研究を始めた。

大気中では、重力加速度より大きい加速度でペットボトルが下降すると、ペットボトルの穴から空気が吸い込まれると考えられる。そこで、振動する水入りペットボトルを小型のケースに変え、パネ定数を調整した自作パネを装着し、鉛直方向の振動をケースに与えることで、空気を吸い込むことに成功した。さらに、振動を利用して水や空気の吸い込みができる装置を考案した。

## 17JPSA-34 飽和水溶液面で浮きながら成長するNaCl結晶 ～ミラー指数(111)面方向で切断した形のNaCl結晶が なぜできるのか～

富山県立富山中部高等学校 代表研究者：山澤晟嘉  
共同研究者：伊東龍平，宮崎孝太郎

飽和NaCl水溶液を内径15mmの試験管に入れ、上部を脱脂綿で覆って室温下で水をゆっくり蒸発させると、立方体を斜め方向に切断した形の結晶が、頂点を真下にして液面で浮きながら成長した。結晶が浮いている面は周りの液面より窪んでおり、溶液の表面張力の鉛直方向の力と浮力の合力が重力とつり合うことで、NaCl結晶が安定に浮いていられる。一辺がLcmの立方体で考えると、正方形の周囲の長さは4Lcmであるが、ミラー指数(111)面で切断した面の正三角形の周囲の長さは $3\sqrt{2}L$ となり、より大きな表面張力となる。これが、立方体を斜め方向に切断した面を上にしてNaCl結晶が浮いている理由と考えられる。その後、液面から容器の底に落下した結晶は、すべて安定な立方体の結晶に成長した。一方、内径85mmの深型シャーレを用いて上部をガーゼで覆った場合は、多数の細かいNaCl結晶が液面中央に集まり、数日後に集合した状態で一挙に沈んだ。深型シャーレでは、液面に生じた微結晶間の多数の窪みによって水の表面積が増えないように、微結晶は互いに集合する力を受けると考えられる。次に、深型シャーレにポリアクリル酸ナトリウムを2～4%含む高精度の飽和NaClゾルを入れると、NaCl結晶は表面に散在してしばらく浮いた状態から、非常にゆっくりと等速で落下しながら成長していった。結晶の多くは正八面体形をしていて、これは同符号の電荷のイオンが並ぶミラー指数(111)の結晶面で覆われた形であるが、ポリアクリル酸ナトリウムの電荷との作用で(111)面が安定になり、表面積の小さい形である正八面体形の結晶ができてと推察される。

## 17JPSA-35 非電解質水溶液の拡散速度と拡散係数の算出に関する研究

福岡県立香住丘高等学校 代表研究者：大杉健翔  
共同研究者：石橋希海

無色透明な水溶液境界面の拡散状態を可視化し、拡散速度を測定するのは非常に困難である。そこで、光の屈折を用いて、無色透明な水溶液境界面の拡散状態を可視化する装置を独自に開発した。この装置は、溶液の濃度によって屈折率が異なることを利用して、屈折光の変化から濃度の変化を測定する装置である。まず、自作したアクリル製プリズム型水槽に密度の小さい液体を入れた後、水槽の底から密度の大きい液体をゆっくりと入れて境界層を作製する。次に、扇形に広げたレーザー光を凸レンズに通して平行にし、水槽に照射する。このとき、境界層上の液体の屈折率が下の液体より小さいときにはV字型の像が映し出され、境界層上の液体の屈折率が下の液体より大きいときには逆V字型の像が映し出される。このV字型像は拡散が進むにつれて高さが変化するので、この高さの比を取り、拡散速度を定量的に比較する。先行研究では、電解質水溶液が濃度ごとに拡散速度が異なる理由について考察を行ったが、非電解質においても差がみられる理由については結論を出すことができなかった。私たちは、溶質の分子構造が拡散速度に関係しているのではないかと仮説を立て、二種類の構造異性体、立体異性体を用いて分子量を等しくした状態で実験を行った。その結果、溶質分子の分子量の大きさは拡散速度に大きくかわっていること、溶質分子中のヒドロキシ基が拡散を阻害している可能性について示した。また、測定装置の精度検証を行うために拡散係数を算出し、装置の改良についての考察を行った。

## 17JPSA-36 曲面振動板を用いた音の聞こえやすさ向上のメカニズム解明

兵庫県立加古川東高等学校 代表研究者：椋本暖  
共同研究者：大西元樹，国村亮太，中本那央，宮内こゆき

オルゴールに下敷きを当て、その下敷きをゆっくりと曲げていくと音が大きくなって聞こえるという現象がある。この現象そのものはすでにスピーカーの開発に応用されているが、メカニズムは未だ解明されていない。私たちは、この現象のメカニズムを解明することで、より誰にでも聞こえやすく安価なスピーカーを開発する助けになると考えた。そこで、発生している音の周波数変化、平面振動板と比較した曲面振動板が持つ共振周波数の個数、発生する音の周波数スペクトルの変化に注目して実験をおこなった。その結果、現象発生時に発生する音の周波数は変化していないこと、曲面振動板の共振周波数の個数は平面振動板と比較して少ないことが分かった。また、曲面振動板を用いることで、発生する音の振幅が大きくなること、基本音のほか複数の倍音の振幅が励起されるということが明らかになった。

## 17JPSA-37 ミュージカルソウにおける刃の曲げ方と音の振動数の関係

兵庫県立加古川東高等学校 代表研究者：内村俊介  
共同研究者：上田大翼，寺田桃実，野村駿介，横林美祝

ミュージカルソウとは、鋸の刃をS字に曲げた状態でマレットで叩いたり、弓で弾いたりすることで音を出し、そのS字の曲げ具合を変えることで音の高さを変えることができる楽器である。先行研究から、鋸の刃の曲がり具合を表す値である曲率が大きいほど音の高さが高くなるということがわかっていて、しかし、奏者はそれらの関係を実感のみで習得、演奏しているのが現状である。そこで本研究では、ミュージカルソウの演奏法マニュアルを作成して演奏法の習得を容易にするために、刃の曲げ方と音の振動数の関係の解明をおこなった。

実験には、地面に対して平行に固定した洋鋸と、マレットを用いた。刃の先端には持ち手となる棒を垂直に取り付けており、刃の先端を曲げる際にはこの棒を根元側に倒していく。ここで、棒と地面とがなす角度（以下、棒角と呼ぶ）と、刃の根元から先端までの鉛直方向の距離（以下、縦幅と呼ぶ）を用いて、鋸の曲がり具合を客観的に表すことにした。

本実験では、棒角を一定にしたときの鋸の曲げ方と音の振動数の関係を調べた。今回は、棒角が90°と70°の場合について、縦幅を変化させて音の振動数を測定した。その結果、棒角が一定の場合、縦幅は音の振動数の2乗に比例するかのよう関係がみられた。以上の結果をもとに、棒角が90°と70°の場合について音階と縦幅を対応させることで、特定の音を出すための刃の曲げ方を示した演奏マニュアルの作成をおこなった。この演奏マニュアルを利用すれば、任意の高さの音を容易に出すことができる。

## 17JPSA-38 水流による侵食作用の研究

兵庫県立龍野高等学校 代表研究者：坂川陽紀  
共同研究者：川人康史，高田鍊，松永丞太郎

本校のテニスコートは南北の傾斜があるため、雨が降ると、雨水が勢いよく流れてテニスコートの表面が侵食される。特にラインテープ付近の土の侵食がひどく、雨が降った後のコート整備は大変である。この侵食作用は、ラインテープを越えた後の水の流れによって著しく起こるので、ラインテープの表面の形状を変えることで、ラインテープ付近の侵食を抑えることができるのではないかと考えた。具体的には、ゴルフボールの表面の凹凸が、ゴルフボールの表面を通過する空気の流れに大きな乱れが生じることを防ぐように、ラインテープの表面を粗くすれば、水の流れに大きな乱れが生じるのが妨げられ、侵食の程度が軽減されると仮説を立てた。本研究では、テニスコートのラインテープ付近の土を再現したモデルに水を流す装置を作製し、実際に水を流して水流による侵食作用を起こさせ、その程度を数値化した。そして、ラインテープの表面の粗さが粗いほど、侵食作用の程度が小さくなるという仮説にしたがう結果を得ることができた。

## 17JPSA-39 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：岩本佳祐  
共同研究者：地野宏磯，竹田大翔，富宅優晴，長尾一磨，高橋楓，大泉幹，黒川舞羽，廣瀬絵理，山岡桃子，小原鈴菜

本論文では、「スライム」の衝撃を吸収する能力（以下衝撃吸収能力と呼ぶ）について調べた。スライムとは、ポリビニルアルコール（以下PVA）とホウ酸イオン（ホウ砂が電離するとき発生）が結合してできた物質が水を含んだ状態である。PVA、水、ホウ砂それぞれのスライム全体の質量に占める割合を変化させてスライムをつくり、衝撃吸収能力を測定した。PVAの割合を増加させると、ある割合で衝撃吸収能力が急激に減少するが、途中からその減少が緩やかになるという二段階に変化することを発見した。

## 17JPSA-40 南海トラフ巨大地震を想定した通信インフラの迅速な復旧

和歌山県立向陽高等学校 代表研究者：井上実祐  
共同研究者：河嶋雄真，細川大輔，松村晃汰

私たちの地元和歌山では30年以内に南海トラフ巨大地震が起こるとされ、その被害は東日本大震災時の1.4倍～20倍になると言われている。このような自然災害時の大きな問題の一つとして、通信インフラの崩壊がある。東日本大震災では地震や津波により通信インフラが断たれ、家族の安否確認などの連絡ができない状態が長く続いた。当時よりスマートフォンが普及した現在、さらに規模が大きくなるであろう南海トラフ巨大地震の発生に向けてこの問題は必ず改善しなければならない。そこで私たちは失われた通信インフラを迅速に、応急的にでも復旧させることを目標に研究を行った。災害後、人の手が届かない場所で通信基地局が被害を受け機能しなくなったと仮定し、その通信基地局の代わりとなる小型中継機の開発。中継機を目的の場所へ設置するための長距離の滑空が可能なパラシュートの作成。そして中継機の現在地を把握するためのGPSデータをGoogleマップ上に表示するプログラムの製作を行い、これらの実験を行った。この実験では中継機の役割を果たす缶サットをロケットに搭載・発射し、缶サットの放出時から着陸後にかけて中継機を介したスマートフォン同士の実際と同じ通信経路方式での通信、GPSデータのリアルタイム表示の動作確認、降下時の旋回・滑空の観測を行った。その結果通信、データの表示、旋回・滑空は成功した。よって小型中継機による応急的な通信インフラの回復方法は実現可能であるといえる。

# 17JPSB

## 17JPSB-01 マグナス効果の揚力とラップの芯の長さとの関係について

和歌山県立向陽高等学校 代表研究者：大畑葉月  
共同研究者：平岩大知，宮脇涼太，奥業奈実，増井莉子

「マグナス効果」とは回転する物体が回転軸に垂直な流体の流れから、流れに垂直な方向に力を受ける現象である。「マグナス効果」は1852年、ドイツの科学者ハインリヒ・グスタフ・マグナスによって初めて認識され、野球の変化球やテニスのドライブショット等とその効果を目にすることができる。私たちは1924年に発明されたマグナス効果を用いたローター船に興味を持った。ローター船は、風力とマグナス効果を利用することにより、弱い動力で航行できる船である。弱い動力で運行できるため、燃料費を抑えることができ、さらには燃料である石油の消費を抑えることで地球温暖化の改善につながる。以前は、技術的にコストがかかりすぎたため普及することはなかった。しかし、近年比較的成本を抑えられるようになり、再びローター船に期待が高まっているというニュースを知った。マグナス効果に対する理解を深めたいと考え、私たちはマブチモーターとラップの芯、模型の車等を用いてローター車なるものを作成し、大型扇風機からの風を当てることでマグナス効果を生じさせ、2m移動する時間を測定した。ラップの芯の長さを10cm、15cm、20cmと変化させてそれぞれ10回測定を行い、平均の速さを算出し、ラップの芯の長さとの関係を探った。実験の結果、ラップの芯の長さとの平均の速さは比例関係になることがわかった。よって、芯の長さともマグナス効果で生じた揚力も比例関係になると考えている。今後は、移動時間の測定方法を再検討を始め、芯の素材や形状、太さ等を変えて、実験を継続して行いたい。

## 17JPSB-02 気柱共鳴管内に物体があると？

～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：大泉幹  
共同研究者：黒川舞羽，山岡桃子，廣瀬絵理，小原鈴菜，長尾一磨，高橋楓，地野宏磯，竹田大翔，岩本佳祐，富宅優晴

気柱共鳴の実験の際に管内に音源（イヤホン）を入れると、音源の位置により共鳴が起こるときの水面の位置（共鳴点）が変化した。この共鳴点に変化する現象のメカニズムを探るため、球状、円盤状、円柱状の物体を管内に入れる実験を行ったところ、音源の振動数を変えていなくても異なる共鳴点が物体の位置によって規則的に変化することが分かった。また、管内に物体が存在し共鳴が起こっているときの管内の音圧を測定したところ、定常波の位相は物体が存在する位置でずれていることが分かった。

## 17JPSB-03 冷却過程における炭酸水と純水の気泡の温度（第3報）

兵庫県立西脇高等学校 代表研究者：深瀬葵  
共同研究者：小林すずみ，西村向遥，藤田ちなつ，岸本ななみ，藤井咲幸，横山浩

1. 研究の動機と目的  
地学部は昨年、空気を多く含む純水を冷却すると、状態変化がおこっている間の気泡（空気）は冷凍庫内よりも1～3℃高いことを示した。それはなぜなのか、炭酸水を凍らせても同様の現象が見られるのかに疑問をもった。気泡内の温度に着目した先行研究はない。
2. 研究の方法  
純水と炭酸水をプラスチック製の容器にそれぞれ30mL入れ、容器内のさまざまな位置の温度を1分ごとに測定するとともに、凝固過程をカメラで撮影した。
3. 結果  
炭酸水を冷却すると、容器内を二酸化炭素が上昇して、上方に大きな二酸化炭素だまりを形成する。純水でも同様の現象が見られるが、空気だまりは小さい。状態変化のために温度が平衡になる部分で、炭酸水上部の二酸化炭素だまりの温度だけが他よりも1℃程度高い。
4. まとめ  
炭酸水を冷却すると、二酸化炭素は周囲の水より熱伝導率が小さいため、微小な閉鎖系となって気泡の上昇に伴って熱を上方に輸送し、容器上方の二酸化炭素だまりの温度を1℃程度押し上げる。純水に含まれる空気も熱伝導率が小さいが、純水中の空気の体積は小さく、気泡と周囲の間で有意な温度差を示さない。炭酸水も純水も、中央部のシャベットの部分は、熱をもつ微小な気泡が上方に移動できずに結晶化する。気泡の体積が小さく、気泡の内外で有意な温度差を測定できない。空気を強制的に吹き込んだ純水で実験をおこなった西脇高等学校地学部の昨年の実験結果は、熱をもった空気が大量の気泡となって上方にたまったために測定できたものと考えられる。

## 17JPSB-04 『宇宙ビペット』実用化に向けた有用性検証

兵庫県立加古川東高等学校 代表研究者：横林美祝  
共同研究者：中本那央，野村駿介，牛久保友基，大西桂太郎，新谷琢人，山本康太

国際宇宙ステーションのような微小重力下では、固体と液体が引き付け合う性質である濡れ性が顕在化する。このことが水の挙動に大きく影響するため、微小重力下では一般的なビペットが使用できない。そこで、逆に濡れ性を利用して、微小重力下でも使用できる「宇宙ビペット」を考案した。これまでの研究から、微小重力下では濡れ性の大きい管内で上昇を、濡れ性の小さい管内で下降を続けることがわかってきた。このことから、ビペットのような管に定量線（濡れ性）を定め、それ以下を濡れ性の大きい面、それ以上を濡れ性の小さい面にするだけで、微小重力下では濡れ性の境界である定量線が水が静止すると考えた。この仮説から「宇宙ビペット」を考案した。これは、管の定量線の位置までの水をはかり取ることができ、定量線の位置を変えることで水をはかり取る水の量を変えられるという構造である。また、定量線の位置を下げていくことで、上部に付けたゴム球をつぶすことで取り取った水を取り出せると考えた。このデザインの有用性を検証するため、2種類の実験をおこなった。自由落下実験では、濡れ性の大小の境界である定量線が水が静止するかどうかを検証し、実際に水が定量線の位置で減衰振動して静止する様子を観測した。地上実験では、「宇宙ビペット」では取り取れる水の量を変えられるということと、はかり取った水を取り出せるということの検証をおこない、実際にこれらに成功した。以上のことを確認でき、「宇宙ビペット」のデザインの有用性を検証できたといえる。

## 17JPSB-05 ガリレオ衛星の静止画を用いた木星の質量の算出

福岡県立小倉高等学校 代表研究者：小中美海  
共同研究者：帆足優花，久富彩香，金田麻奈

惑星と衛星の静止画を撮影し、地球からみた木星の中心と衛星の距離を測定して、それを用いて軌道半径の計測及び計算を行った。そこで得た値を教科書に載っている手法を用いて、ケプラーの第三法則と万有引力の法則を用いて作成した式に代入し、木星の質量を算出した。

## 17JPSB-06 流体摩擦の低減効果に関する研究

～らせん形と直線形のリップレットを比較して～

福岡県立香住丘高等学校 代表研究者：村上雄大  
共同研究者：渡辺海斗

管内に作用する流体摩擦を低減させ、流体を輸送する際のコスト削減を目指してこの研究を行った。そこで、まず着目したのが「リップレット」と呼ばれる溝構造である。これを管内に加工し、流体摩擦の低減を試みた。しかし、「リップレット」は非常に微細で加工に多大なコストと時間がかかる。そこで、私たちは紙やすりを用いて物体表面を一定に磨ることで、「リップレット」と同様の溝構造を加工することが可能ではないかと考えた。紙やすりを用いて作成した流体の流れに平行な溝構造を「直線形リップレット」と定義し、流体摩擦の低減効果について調べた。その結果、「直線形リップレット」は一定の加工条件の下では従来の「リップレット」と同様に乱流において流体摩擦を低減させることが確認された。さらに、溝構造を直線形ではなくらせん形にすれば、層流にも流体摩擦の低減効果があるのではないかと考え、新たな加工である「らせん形リップレット」を考案し、効果について調べた。その結果、「らせん形リップレット」は層流において流体摩擦の低減効果が確認された。層流においての効果は従来の「リップレット」には見られなかった効果である。また、「らせん形リップレット」のらせんピッチを変化させると、流体摩擦の低減効果の程度も変化することが判明した。

## 17JPSB-07 スターリングエンジンの高出力化の研究

～複数機連結が生み出すメリットについて～

富山県立富山中部高等学校 代表研究者：吉田行成  
共同研究者：山田和幸，恒田莉久

スターリングエンジンは熱機関の一種で、理論上高い熱効率を得られるとされるが、他のエンジンと比べて出力が大変小さい。構造上、力が増加しても回転しにくい位相（気体の圧縮過程）と回転しやすい位相（気体の膨張過程）が存在し回転しない。一般的なスターリングエンジンはこの欠点を解消するものとしてはずみ車を取り付けているが、はずみ車自体の質量（慣性モーメント）により出力が低下してしまう難点があった。そこでスターリングエンジンを複数機連結させることを考えた。まず、連結の際、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。このときははずみ車も不要となるため、はずみ車が外すことができれば出力自体も向上する（ $2 \times \text{機連結出力} > 1 \times \text{機} \times 2 \text{ 分の出力}$ ）と考えた。1機で動作確認した2機を接続し、はずみ車を取り付け加熱したが、初めは回転しなかった。軸の連結機構や回転機構における摩擦が原因だと考えられたため、摩擦の除去や回転軸合わせをやり続けたところ、回転するようになったばかりか、やがて回転数（720rpm）にも1機（480rpm）との間に明確な差がみられるようになり、自動車のエンジンのアイドリング時の回転数に匹敵する程になった。また、はずみ車を外した状態でも回転したため、3機以上を連結するとより回転数の向上、出力の向上の効果が期待できるといえる。

## 17JPSB-08 遠心力による吸水について

奈良県立青翔中学校・高等学校 代表研究者：地造由樹  
共同研究者：岡本侑真，遠山佳祐，水野友晴

水の入ったストローを回転させるとストロー内の水に遠心力が働き、水がストローの先端から吸収され、もう一方の先端から放出される。回転数を変化させながら吸水量を測定したところ、吸水が始まる回転数があること、吸水が始まった後は回転数の変化に応じて一回転で吸水量が変化することがわかった。また、遠心力の働き方や水が上がる仕組み、力のつり合いにより考察し、ポンプの回転周期を式で表すことができた。得られた式を実験により検証した。また、吸水が始まる回転数は表面張力と関係すると考え研究をすすめてきた。

さらに、遠心力は無重力空間でも働くので、宇宙で使用できる「宇宙ポンプ」を考案することができた。

## 17JPSB-09 レーザー光の干渉を利用した羽毛の構造解析

鳥取県立鳥取西高等学校 代表研究者：浦川修  
共同研究者：田中権耀，縄田岳史，美波聖斗，栗田竜一

光の波動性を調べる実験として、ヤングの実験が有名である。ヤングの実験を発展させたのが回折格子による光の干渉である。自然界には回折格子となる規則性をもった微小な縞は少ないが、羽毛の羽枝が回折格子となり光の干渉が起こることは広く知られている。ところが、干渉光を使って羽枝の間隔を定量的に調べた先行例は見当たらない。我々は羽毛の羽枝を回折格子として干渉光を計測し、格子定数即ち羽枝の間隔を光学顕微鏡のマイクロメーターと遜色のない精度で定量的に測定することができた。また、羽枝よりも微細な小羽枝の間隔や交差角度の測定に成功するとともに、この手法を用いて温度変化や湿度変化に対する小羽枝の挙動の測定を試みた。なお、本研究は蝶の羽に代表される、反射による干渉の構造色とは異なる内容である。

## 17JPSB-10 微小重力を用いて液体を容器に入れずに磁化率を測定する第3報

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  
代表研究者：小野晴香  
共同研究者：橋本晃志，松田孟男，鷲見香莉奈，新居優太郎，今林潤

微小重力発生装置を用いて永久磁石レベルの磁場強度で、水を容器に入れずに反磁性磁化率を測定し、文献値に近い値を得ることができた。これまで報告したわれわれの測定方法では、試料の水滴の速度が遅いため磁化率の誤差が大きくなってしまった。磁気回路を見直し磁場強度を上げたこと、高速度撮影用カメラの画像サイズが大きな機種へ変更したことで空間分解能上がったことにより、誤差を小さくすることができた。また、この測定方法は原理的に質量計測が必要ない。質量の異なる水の試料を準備するために水を利用することで実験的に質量比依存を検証することができた。

## 17JPSB-11 糸電話の共鳴振動数に影響を与える要因について

石川県立小松高等学校 代表研究者：林美唯  
共同研究者：淺井朗人，西出有毅，吉光優

糸電話には、音が特によく伝わる振動数—共鳴振動数—が複数個存在することがわかっている。本研究では、糸電話の共鳴振動数が、糸の張力や底板の厚さによってどのような影響を受けるかを調査した。実験では、自作した糸電話の発信側と受信側の音圧レベルを、2台の騒音計を用いて測定することによって、その共鳴振動数 $f$ を求めた。その値は糸の張力の増加とともに増大した。さらに、糸の定常波モデルおよび糸を伝わる音速の測定結果から計算した共鳴振動数 $f_s$ との比較を行った。その結果、測定値は計算値よりも20%以上小さくなった。また、この減少量は高次の振動数ほど大きくなり、隣り合う共鳴振動数の差が狭くなる傾向が見られた。糸電話の共鳴振動数もつこのような性質は、糸の張力や受信機の底板の厚さを変えても、同様に見れて大きく変化することがなかった。

## 17JPSB-12 一円玉を浮かべる表面張力のはたらき

静岡県立科学技術高等学校 代表研究者：竹澤凌生  
共同研究者：米倉大貴

水に浮かべた2枚の一円玉がくっつく現象があると知り、厚さや面積を変えたアルミ板を用意し、予備実験を行った。厚さが同じアルミ板では、面積が大きいほど板にかかる重力が大きくなるはずだが、沈み深さが同じことが分かった。そこで、なぜ一円玉は水に浮くのかと疑問を持った。私たちは、表面張力により一円玉を押し上げる力がたらくと予想し、調べたところ、先行研究では、浮力が支える、または浮力と表面張力が支えるという考察をしていた。そこで、一円玉が浮く理由について解明しようと考え、一円玉の浮力を、沈み込んできた水面のカーブに着目し、浮力を求める際の水を押し上げた体積を、一円玉の体積とその上部の空間の体積を合せて求めた。

一円玉の代わりにアルミで試料を作成し、水に浮かべた写真を側面と上面から撮影した。試料が沈み込んできた水面のカーブを座標に表しグラフにした後、カーブを回転体として積分し、試料上部の空間の体積を求め、試料の体積との合計で浮力を求めた。この結果、重力と浮力はほぼ1対1の比例関係になり、一円玉を支える力は浮力であると考えられた。また、この考察から、水と油での一円玉の浮き方を比較し、表面張力は水の表面をできるだけ増やさないように水を内側へと引く力と考えられた。

## 17JPSB-13 台風の微細構造の研究 - 2018年に神戸で観測された台風21号の構造解析法の開発とシミュレーション -

国立神戸大学附属中等教育学校 代表研究者：黒田要

台風の気象観測データを解析することにより、台風の内部構造を解明する方法を開発した。使用したデータは、気象庁の公開している2018年に神戸に上陸した台風21号の気圧、気温、風速、風向、降水量であった。気温の分析から、台風内部には暖気帯と寒気帯のドーナツ状の20重の繰り返し構造がある事が判明した。風速と風向の分析から、暖気帯と寒気帯の境界で風速が極大になること、暖気帯の風速極小点が下降気流の中心点であること、寒気帯中での風速極小点が上昇気流の中心点であることを見出した。また、降水量の分析から、台風の中心に幅約30Kmの下降気流帯があり、その外周に強い降雨をもたらす寒気帯のアイウォールが取り巻く微細構造があることを見出した。さらにその外周部にはスパイラルバンドと呼ばれる上昇気流帯が台風の前方後ともに4つあることも判明した。気圧と風速の解析から、神戸では台風21号の眼は観測されず、中心近くにあるアイウォールが通過したと思われる結果を得た。地上で得られた気象観測データをもとにした結果を統合することにより、台風の下部域での構造を知ることができた。今後は、他の台風へ応用することにより、台風内部の構造解析の精度を上げるとともに、異なる地域のデータを統合し、2次元構造を解明する方法を研究したい。また、今回開発した手法をPCに組み込み、台風のCGを作成を試みた。対流圏や対流圏上端の情報がないので、正確なCGとは言い難いが、台風解析の1手段としてさらに研究を続けたいと考えている。

## 17JPSB-14 ビンから出る第4の音

～ト音・ク音・ン音・エビフライ音～

由利本荘市立大内中学校 代表研究者：奥山大聖  
共同研究者：藤藤珠里，加藤遥奈，伊藤晋太郎，渋谷和真，佐藤そら

3年前、大内中学校の前身である出羽中学校の科学部では、ビンから出るトク音の解明に挑んだ。「トク音」の他、「ン音」も発見した。3つの音の正体をWaveLabElementsソフトで分析すると、ト音はビンの首中の空気の振動であること、ク音は中に入っていく空気の振動による音であること、そしてン音は首の空気と中の空気がつながったときに音であることを証明することができた。しかし、出羽中学校が行った「ビンから出る音の研究」では、音と映像の同期ができなかった。そこで、2年前から同期実験の準備を進めていた計画が今年度やっと実現。早稲田大学のラポにて、音と光速度カメラ映像の同期が叶ったのである。「トク音」の確定のため行った実験は、僕らを思わぬ方向に導いた。「第4の音」の発見である。音解析ソフトPraatとの出会いが、ビンの中に入ってきた空気がたまった空気にぶつかり、共鳴することによって起こる「第4の音、エビフライ音」を確認するきっかけとなった。この研究は、この音の原因を追及した軌跡である。

## 17JPSB-15 風車の“回りがやすさ”とは何か

～自作風洞装置を用いて回転と羽形状との関係を探る～

私立獨協埼玉中学高等学校 代表研究者：土屋終人  
共同研究者：須賀友亮，増永由佑

風車の回転において、羽の形状は特に重要な要因である。私たちは条件を一定にするため、羽の取り外し/角度調整が自在な風車を考案した。そして羽形状を変更することなく、取付角や折れ角、枚数を変化させ、“回転効率値”を計測した。実験は2種類おこなった。まず、羽の角度や枚数と回転数の関係を計測、回転効率値を算出した。風源には、扇風機、等速度運動する台車による相対風、自作風洞の3種類を用いた。いずれの実験も、取付角が小さく折れ角が大きい羽ほど回転効率値が大きくなった。しかし羽枚数を半分にした場合、回転効率値は半分にならないことから、前面投影面積のみで回りがやすさは決まらないことが分かった。風速を上げた場合、回転数は飽和する傾向にあり、取付角が小さい（前面投影面積が広い）ものほど、より低速で効率値のピークを迎えることが分かった。次に、風洞内に人工煙を入れ、風車周辺気流の可視化を行った。その結果、低風速条件ほど、羽の前面から大きく空気が乱されることがわかった。風車を小型にした実験ではその影響が少ないことから、風洞の内壁から風車までの距離が近いことによる影響と考えられた。また高風速条件では、羽の上から後方にかけて渦流が発生し、羽の取付角が小さいほど渦は増加、渦半径も大きくなること分かった。こうした点より、取付角が小さな風車は低風速でも回りがやすい（回転効率値が大きい）が、渦流が発生しやすく、高風速では、回転数が飽和しやすく（回転効率値が小さくなる）と考えられた。

## 17JPSB-16 コップから流れる水の形

私立本郷中学校・高等学校 科学部 代表研究者：岡野修平  
共同研究者：笠井圭太，堀田悠真，高橋礼

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。条件を一致させるために、自作容器を用いて実験を行った。その結果、流れ出る水の断面の形が楕円形るとき、その長径が長くなることとリングも太くなるが、両端の筋の状態も変化するため、その増加は一定ではないことが分かった。また、両端の筋がぶつかり合う力とリングの太さは比例するという事も分かった。

## 17JPSB-17 放電現象における二重プラズマのふるまい

私立西南学院中学校・高等学校 代表研究者：伊藤孝起  
共同研究者：野津原悠太，濱地亮平，小野瑞生，牧原一生，吉岡凜

現在、エネルギー問題の解決策として密かに注目を浴びている核融合テクノロジーに関連した研究をしたいと思い、フューザー炉と言うリアクターの作製・改良を進めていた。フューザー炉とは、真空のチャンパー内の内側に網状球体の陰極を、外側にそれを囲うようにして陽極を設置したリアクターだ。高性能なものでは重水素を用いてD-D反応といった核融合を比較的簡単に行うことができる。そんな高性能フューザー炉を目指していたところ、陽極板に二層の膜状プラズマが生成することが分かった。一層目は暗い赤色で陽極板を這うように発生し、磁場を加えると負の電荷が受けるローレンツ力に従って移動する。二層目は磁場を加えると位置が安定しなくなり、不規則に移動する。また二層目は青白く透明い。なぜこのように二層のプラズマが発生するのか疑問に思い研究を始めた。その謎をプラズマ側の視点である“原子核の違い”と電子側の視点の“放電の種類”この二つの視点で二層のプラズマが発生したのか、考察を進める。

## 17JPSB-18 水の過冷却

私立市川高等学校 代表研究者：吉原舞桜  
共同研究者：井上綾美

我々は氷のまま冷却するよりも食塩を入れて水入り食塩水で冷却した方が早く冷えることに注目し、実験を行って冷却の様子を観察した。そのとき、食塩水の濃度を15%より高くすると、水が0度以下より下がるが氷にはならない過冷却という現象を観察することができた。測定できた温度から水と氷入り食塩水の比熱を求めるために、熱エネルギー移動のモデルを考案し、Excelを用いて4次のルンゲクッタ法を用いて計算し、実験データへのフィッティングを行って水と氷水の比熱 $c$ を求めた。氷水の濃度が5%・10%の時は、凝固点において凝固熱が発生し、単純な二種の物質の熱エネルギー移動のモデルではフィッティングが難しかったため、水が凝固点に達したら熱変化がなくなるようなモデルを構築し、フィッティングを行った。濃度が15%・20%の場合は、過冷却状態において水の測定値の傾きが緩やかになったため、凝固点を境に水の比熱が変化するモデルを立て、フィッティングを行った。以上のモデルでは、5%・10%の時はフィッティング結果と差異がみられたため、モデルを立て直す必要があるが、濃度が15%・20%の場合はきれいにフィッティングに成功したため、正しくモデルを立てることに成功した。過冷却のとき、比熱が常温のときより大きくなることは一般的に知られており、今回求められた比熱も同様に過冷却状態では大きくなること確認できた。



## 17JPSB-19 湿度と音の減衰の関係性について

私立市川高等学校 代表研究者：賣間弘美  
共同研究者：西ヶ谷風佳

私たちは湿度と音の減衰の関係性について研究している。いくつか実験を行った結果から、同じ周波数のとき高湿度時には響きが少なくなる原因が見つかり、音の周波数とスペクトルの湿度依存性は特定範囲において存在することがわかった。研究動機は、楽器を演奏する際に、雨の日は音が響きにくいと感じたことから、湿度と音の間にはどのような関係があるのかを調べようと思ったことだ。1つ目の実験はモノコードを用い、部屋の湿度を変えて特定の音を出し録音した。減衰の特定数を求め比較すると、高湿度時の方が早く減衰してしまうことがわかり、フーリエ変換したグラフを比べると、高湿度時での高周波数の波が低湿度時よりも少ないことがわかった。これらの結果から、雨の日のような高湿度の時“音が響きにくい”と感じるのはないかと考えた。2つ目の実験は長いパイプを用いてその内部の湿度を変え、パイプの一端で低周波数から高周波数へとスweepさせながら音を出し、反対側で音を録音した。得られたグラフを高湿度時と低湿度時と比べると周波数とスペクトルの湿度依存性は特定範囲において存在することがわかった。今後は音源を楽器の音にすること、実際の人間の感じ方との相互性について究明していきたいと思っている。

## 17JPSB-20 ネオジム磁石と反磁性体間に働く斥力

私立札幌日本大学高等学校 代表研究者：今村美咲  
共同研究者：菅野紗那

本研究の目的は、ネオジム磁石と反磁性体間に働く斥力と距離の関係を定量的に詳しく調べることである。反磁性体として銅、熱分解黒鉛、及び等方性黒鉛を検討した。熱分解黒鉛は異方性を考慮し、炭素六角網面に平行な面であるベール面と、垂直な面であるエッジ面の両方について、ネオジム磁石との間に働く斥力をそれぞれ調べた。ネオジム磁石は、角型ネオジム磁石(厚さ5mm)を用いた。電子天秤と手動Zステージを用いることにより、ネオジム磁石/反磁性体間に働く斥力と中心間距離の関係を $1 \times 10^{-8}$  N及び0.01mmの精度で測定することができた。ネオジム磁石/反磁性体間に働く斥力と中心間距離の関係は、 $y=ax^b$  (a, bは正の定数)で表すことができる。厚さ5mmの反磁性体の場合、斥力はネオジム磁石/ベール面間では中心間距離の約3.4乗に、ネオジム磁石/等方性黒鉛間では約4.0乗に反比例する。表面間距離0.01mmの場合、ネオジム磁石/反磁性体間に働く斥力の大きさは、ベール面>等方性黒鉛>エッジ面>銅の順になる。二つの角型ネオジム磁石の側面どうしを接続し、その境界部分と反磁性体間に働く斥力を調べてみると興味深い現象が見つかった。予想に反して、斥力の大きさはエッジ面>等方性黒鉛となり、エッジ面に働く斥力は等方性黒鉛の3倍以上になり、逆転現象が生じた。この逆転現象が生じる理由の解明については、今後の課題である。また、銅板の厚さを変えて、ネオジム磁石/銅間に働く斥力を調べると、4mm付近から斥力の大きさが飽和した。この結果は、反磁性体の斥力は表層部で強く働いていることを示している。

## 17JPSB-21 ネオジム磁石球を用いた地磁気の測定

私立札幌日本大学高等学校 代表研究者：宮本悠史  
共同研究者：石黒駿斗、高田駿

本研究の目的は、ネオジム磁石球を用いた簡便かつ正確な地磁気の測定法を確立することである。我々が考案したネオジム磁石球を用いた地磁気の水平分力測定法を検討した結果、主な国内および国外での測定地において報告値と実測値がほぼ一致したことから、この測定法は簡便で信頼できる方法であることが判明した。この測定法を用いるためには、ネオジム磁石球の磁気モーメントを求める必要があり、3つの異なる方法で磁気モーメントの値を求め、それらの値がほぼ一致することを確認した。第1に、ネオジム磁石球間に働く磁気力は球心間距離が大きくなると球心間距離の4乗に反比例するが、この関係からネオジム磁石球の磁気モーメントを求める方法である。第2に、金属パイプ中にネオジム磁石球を落下させると、磁石球は電磁誘導現象により等速で落下するが、このときのネオジム磁石球の終端速度を表す理論式から、ネオジム磁石球の磁気モーメントを決定する方法である。第3に、ネオジム磁石球を糸でつるし自由振動させると、地磁気から受ける力を復元力とする単振動をするが、その周期から磁気モーメントの値を求める方法である。これらの異なる3つの方法から得られた磁気モーメントの値はほぼ一致した。国内外で実験を行い、地磁気の水平分力と磁石球の単振動周期との関係を詳細に調べた。その結果、国外の結果も含めて、求められた地磁気の水平分力は国土地理院の発行する値に殆ど一致することが分かった。この方法は、地球上だけでなく、宇宙空間における磁場測定にも応用できると考えられる。

## 17JPSB-22 ペットボトルフリップのメカニズム研究

国立明石工業高等専門学校<sup>A</sup>、国立仙台高等専門学校名取キャンパス<sup>B</sup>  
代表研究者：中谷真緒<sup>A</sup>  
共同研究者：神馬綾乃<sup>A</sup>、菅野亮太<sup>B</sup>、石井颯馬<sup>B</sup>、渋谷駿<sup>B</sup>

近年、ペットボトルフリップという遊びが全世界で流行している。少量の水の入ったペットボトルを回転を加えて投げ上げ、台の上に立たせるという遊びであり、日本では今年度の高専ロボコンの競技題目にも採用されている。飛来中のペットボトル内における液体の形の変化が興味深い。何度か投げてみたところ、着地したペットボトルが立つ確率は、液体の量や投げ方によって異なることがわかった。そこで我々は、どのような条件で投げたときにペットボトルが立ちやすいのかを明らかにしようと考えた。計測機材としてスマートフォンのカメラとアプリを用い、飛来中のペットボトルを撮影した。軌道の背景に配置した目盛りから、重心位置の時系列データを取得した。その結果、放物線軌道を描くことが確かめられた。

今後は、液体の量や投げ方のパラエーションを増やした実験を行い、どのように投げれば立つ確率が高いのかを明らかにしたい。

## 17JPSB-23 カメレオン分子雲及びペルセウス分子雲領域における星と星間物質の分布の関係

国立名古屋大学教育学部附属高等学校<sup>A</sup>、愛知県立明和高等学校<sup>B</sup>  
代表研究者：杉山乙珠<sup>A</sup>  
共同研究者：白田淳一<sup>A</sup>、渡辺光哉<sup>B</sup>、波多野雄希<sup>B</sup>

星と星の間は完全な真空ではなく、希薄にガスが存在する領域がある。そこは宇宙の中で星形成が行われる領域と考えられており、それを分子雲という。それは水素原子ガスや水素分子ガス、星間微粒子(ダスト)で構成されている。従来より、分子雲の観測には電波やサブミリ波が用いられてきたが、昨年の研究で私たちはγ線による観測も可能であることを確認した。今年の研究では、分子雲を構成する星間物質の分布の様子と、分子雲の領域内に存在する若い星(YSO)の分布を比較した。調べた領域は、昨年研究したカメレオン分子雲領域にペルセウス分子雲領域を加え、電波・サブミリ波・γ線を用いて観測したデータを分析した。その結果、YSOの分布とよく対応していたのは分子ガスとダストの分布で、特にダストの分布は分子ガスよりもYSOをよりよくトレースしていた。また、γ線の強度はダストの光学的厚さと非常に良い相関を示し、マップ上でもγ線とダストはほぼ一致した。これらの結果から、分子ガスを観測する電波よりもダストの光学的厚さの方がYSOのトレーサーとして向いているとわかった。しかし、分子ガスが星の材料であることを考えると、YSOの分布は分子ガスにもダストと同じように相関を示すはずである。このような結果になったことについて考察すると、分子ガスの光学的厚さによる放射の阻害の可能性が考えられた。この研究をさらに深めることで星の形成とその材料や周りの環境についての推察が可能になると考えられる。

## 17JPSB-24 気象衛星の画像解析から求めた地球と月の軌道

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

これまで我々は、静止気象衛星ひまわり8号とインターネット望遠鏡の画像だけを用い、地球と月の軌道要素をどこまで正確に決定できるか、研究を続けてきた。本研究では、特に気象衛星の画像から地球の軌道離心率を高い精度で決定することが分かったので報告する。

気象衛星から見て、地球のちょうど半分は太陽光が当たるとき、気象衛星と太陽は地球に対して直角方向にあり、明暗境界線の角度は自転軸の公転面に対する傾きを表す。この傾きの時間変化から地球の軌道速度の変化が分かり、3年分、2052枚の画像解析により、近点年と地球の軌道離心率の計算を行った。気象衛星「ひまわり8号」の性能が飛躍的に向上し、高精度の画像を高頻度で得られるようになったため、このような解析が可能になった。

日本標準時2016年3月9日の皆既日食時に、気象衛星の画像に月影の移動する様子が映っていた。しかし、影の移動速度がそのまま月の軌道速度とはならない。気象衛星が地球の自転と共に、回転しているためである。2017年度に報告した日食時の月影の移動を、さらに詳しく解析することにより、日食時の月の軌道速度を求める解析を進歩させた。2015年度に、月の視直径の時間変化から近点月と月の軌道離心率を求める方法を確立した。本研究では、3年に及ぶ月の継続観測のデータからそれらをより高い精度で求めることができた。さらに、近点月と月の軌道離心率、日食時の月の軌道速度から、月の軌道長半径を高い精度で求め、月の軌道を求めた。

## 17JPSB-25 回転振動する棒を移動するリングの運動

国立津山工業高等専門学校 代表研究者：石田優翔  
共同研究者：遠藤大樹

短く切断したストローや発泡スチロール製の軽いリングに棒を通し、偏芯モーターで棒に回転振動を与えると、リングが棒の長手方向に移動する現象が見られる。重力に逆らって上昇させることもできる。棒の振動に合わせてリングが回転するだけでは、リングが棒に沿って移動することは考えにくい。我々は、どのような仕組みでリングが棒に沿って移動しているかを高速度カメラを用いて解析し、リングが棒に対して傾いた状態を維持することで一方方向に移動していることを明らかにした。リングが一度傾くと棒に沿って移動し始め、その際に棒から受ける摩擦力によるトルクが傾きを維持する。さらに、遠心力による偶力がリングの歳差運動を引き起こし、歳差運動の周期が回転周期と一致するとき、リングは一方方向に連続的に移動することを明らかにした。リングの内径に大小を与え、強制的にリングの軸を棒に対して傾けさせることで、一方方向に移動させることも成功した。

## 17JPSB-26 扇風機の風向の制御

国立奈良女子大学附属中等教育学校 代表研究者：山田折莉  
共同研究者：河原慎太郎

私たちは「よく飛ぶ物体の飛行条件」について課題研究を行う過程で、ゴルフボールのディンプルに興味を抱くようになった。その仕組みを調べた中で、ディンプルが空気の流れを制御し、物体表面での空気の剥離点を後方に移動させる作用があることがわかった。この仕組みを扇風機の風向の制御に利用できるのではないかと考え、扇風機につけるアタッチメントの開発及びディンプル付きの羽による風向制御に利用した。空気の流れの観測は、自作の風洞実験装置によって可視化した。線香の煙をファンで吸い込む仕組みを用いて風洞実験を自作し、その中にディンプル付きの物体を配置し、物体付近での空気の流れを観測した。また、扇風機の羽にディンプルを施したものについては、風洞実験による観測を行うとともに、モーターによる発電量の観測を行った。実験結果より、ディンプルありの物体の方が、物体表面での空気の剥離点が後方に移動させる様子が確認できた。また、扇風機の羽にディンプルを用いた場合についても同様の傾向が観測されるとともに、モーターの発電量も上昇が見られた。

## 17JPSB-27 超音波を用いた非接触型感覚入力モジュールの開発

国立奈良女子大学附属中等教育学校 代表研究者：望月草馬

私は以前よりバーチャル・リアリティ (VR) や拡張現実 (AR) に興味を持ち、画像認識システムやアプリケーションの開発に取り組んできた。研究過程において、表示される仮想物体に感覚を持たせたいと考えようになった。そこで今回は、超音波の音圧を焦点化することで音響放射圧を空間上の1点に集中させるシステムを開発した。多数の超音波振動子 (以下、振動子) への出力において、通常利用される Arduino などのマイコンでは、出力端子数の不足や信号の立ち上りの遅さが確認された。そこで、集積回路 FPGA(Field Programmable Gate Array) を活用し、フェーズドアレイ方式による位相制御を試みた。FPGA の出力周波数である 50MHz を振動子の入力周波数 40KHz に変換するシステムの構築を行ない、72 個の振動子から 40kHz の超音波を出力できるようになった。加えて、音圧を焦点化したい空間上の1点で多数の振動子からの音圧を焦点化するためには、距離に応じた位相差が必要となる。そこで、2つの振動子に対してクロック数の操作を行い、逆位相や 1/4 周期の位相差の実現を行なった。最後に、72 個の振動子に対する位相差を実現するために、ゲーム開発エンジン Unity を用いて位相差のシミュレーションを行い、出力信号を確定し、各振動子に入力した。上記の入力を受けた振動子を 72 個同時に発振した結果、全てを同位相で発振した場合に比べ、シミュレーションで得られた位相差を適用して発振した場合には音圧が焦点化されていることが確認できた。今後の課題として、位相差の自動算出システムの構築や音圧の強化を行いたいと考えている。

## 17JPSB-28 水面を浮遊する油滴の運動

国立広島大学附属高等学校 代表研究者：村上綾

共同研究者：有井紀乃, 太田宮加, 神田穂香, 畑中大翔, 三好奈

ラーメンのスープの表面に浮かぶ油滴がくっつく様子に興味を持ち研究を始めた。油滴の運動は一見ランダムに見えるが規則性があるのではないかと考え、水面に浮かぶ油滴の運動パターンを観測、分析し、油滴が動くルールと理由の考察を行った。シャーレに入れた水面上に2つの油滴 (流動パラフィンを使用) 間の距離を変えて同時に滴下し、油滴間距離の時間変化を計測した。滴下後、2滴の油滴は互いに引き合うように運動した。また、油滴の運動には直線的な運動と、回転を伴う運動の2パターンあることがわかった。どちらのパターンでも近づく速さの変化は、滴下直後の高速運動、途中の等速運動、合体直前の加速運動といった共通の傾向がみられた。一方、1滴の油滴を滴下した場合は、必ずシャーレの中心に向かうこともみられた。1滴の運動、2滴の運動のどちらの場合でも、滴下からの運動は等速運動でないこと、また、油滴の運動方向がシャーレの中心、または互いに引き合う方向に向かうことから、油滴には異なる原因による力が複合的にはたらいているのではないかと考えている。運動する理由について、先行研究を参考にして様々な仮説を立て検証を行った結果を報告する。

## 17JPSB-29 液体の屈折率の研究 II Zゾーンによる減光機能の活用

熊本県立宇土中学校・宇土高等学校 代表研究者：北岡実乃理

共同研究者：米田琉世, 佐藤謙, 窪田瑛仁, 吉野泰生, 植田健太郎, 迫田裕太, 中野駿大, 加藤怜奈, 上原琴音

昨年、透明感が高い和菓子「水信玄餅」があることを知り、材料のアガーを用意してボールなどの半球容器に大量に作った。その透明感と弾力性に驚いたと同時に、表面の円周部分だけが白く色つき光の反射の様子が異なることに気づき、すぐに媒質を水に換えて調べたが同様の現象が見られた。このゾーンを Zゾーンと名付け、自分たちで調べた結果、この現象は全反射によって出現することがわかった。さらに、この幅 z は曲率半径 R と媒質の屈折率 n に関係し、 $n = R / (R - z)$  の導出に成功した。ただ、濃度と屈折率の関係調べるまでには至っていなかった。また、幅 z の測定自体は、慣れれば簡単で、誤差 1% 程度の精度が得られるものの、視差により精度のばらつきもみられることも課題であった。今回は、測定の簡易化と精度向上を目的に、画像解析による測定、濃度測定への応用等を調べた。測定には、半球容器に加え、少量でも測定可能な半円プリズム形状の容器を特注で新たに準備し、再現性の高い処理が行える ImageJ を採用した。画像解析を行った結果、カーボンノギスに比べ、精度が 10 倍以上 (基準容器 R=50mm) した。また、シロ糖濃度を 0 ~ 50% の範囲で変化させたところ、濃度によって Zゾーンの幅、つまり屈折率が規則的に変化することが確認できた。さらに、Zゾーンによって透過光量の約 4割がカットされることが新たにわかった。この性質を活かせば、透明の素材であっても密閉容器のふたの裏に半球形状のドットを施すだけで食品の光酸化を防ぐ新たな機能を加えることができると考える。

## 17JPSB-30 テニスラケットに装着する振動止めの効果

私立玉川学園高等部 代表研究者：柴田蔵人

本研究では、振動止めの効果について加速度センサーを用いて振動を計測し考察した。振動止めとはプレーの向上や怪我の防止のためにテニスラケットに装着するものである。この振動止めには様々な形状のものがあり、形状によって振動を抑える量に違いがあるのか比較するために実験を行い考察した。実験では、ラケットを固定し 5m 上からボールを落下させてグリップ部分に加速度センサーを装着し計測を行った。加速度の値の振れ幅から振動量を読み取り 10 個の振動止めで効果を比較した。最新の実験では、振動止めに装着していない時の振動量が 6.96m/s<sup>2</sup> に対して 5つの振動止めで下回る数値となった。最も振動量が低くなったものが円形のもの 5.30m/s<sup>2</sup> だった。振動を抑える理由として円形型の振動止めが振動をもう一度広げる発信源の役割を果たして振動を減衰させたため、他の振動止めよりも振動を抑える結果になったと考えられる。振動を抑えるものも種類があり、ひも状のものは周りの広がった部分の振動を抑える効果があると考えられた。また、振動止めの質量と振動止めの振動を抑える効果の関係に着目しグラフを作成したところ反比例の傾向がみられた。 $a = A(n \pi / L) 2 * SL / m$  より加速度 a は質量 m に反比例の関係があると分かった。このことより、振動止めの振動を抑える効果を向上させるためには、振動止めを重くすることで可能になると考えられる。作成したグラフは2つの反比例の形に分離したが円形型の質量が最も低かった。よって、質量が大きく振動を減衰抑える形状の振動止めが振動を抑えることが出来ると分かった。

## 17JPSB-31 スピーカーと音波の関係

私立玉川学園中学校 代表研究者：歌川喜矢

この研究では、スピーカーから出る音をマイクで観測すると同時に、圧力センサーを使ってマイクが音波の何を測定しているのかを観測し、その結果を使ってスピーカーの振動と音波の振動について考察した。マイクはエレクトレットコンデンサーマイクを使用した。理由は、ダイナミックマイクだと中にコイルが入っていて、出力の振動のタイミングが振動の影響を受けやすくなっているからである。使用する圧力センサーは、振動する圧力下では正しく圧力を表さない可能性があるという懸念が別の実験結果から生まれていた [1] ので、確認の実験を行ってみた。すると、やはり強制振動をしていることがわかった。強制振動によって圧力センサーの出力が圧力と逆転し始める前に測定された圧力センサーとエレクトレットコンデンサーマイクの結果から、マイクの出力が圧力変化と 1/4 周期ずれていることがわかった。音波の振動の場合、圧力変化の 1/4 周期遅れた動きは空気分子の動きの振動と等しいので、マイクの出力は音波の空気分子の動きと同じになっていると考えられる。この結果を使ってスピーカーの振動と音波の実験を解釈してみるとよく言われているように、0Hz から 1000Hz まではスピーカーと音波による空気分子の動きは同じになっていると考えられることがわかった。

## 17JPSB-32 “シャーペンの芯が折れる”を科学する ～基本的内容に焦点を当てて～

岡山県立津山中学校 代表研究者：仁木心音

本研究はシャーペンシル (以下シャーペンと表記) の芯が折れる条件を、シャーペンの先から出した芯の長さ、芯の太さ、筆圧の大きさという変数に着目して、実験を通して検証したものである。その結果、それぞれの芯の太さに対して芯が折れる時の力のモーメントがわかり、何mm以上シャーペンの先から芯を出すと芯が折れやすくなるかを考察することができた。

## 17JPSB-33 ボールに加えた回転数と飛距離の関係についての研究

岡山県立津山高等学校 代表研究者：高山航輔

共同研究者：戸田俊光, 富阪柚希, 中西統也, 大林啓人

野球の始球式で、腕の力などは同程度でも、山なりの投球になる人と真っすぐな投球ができる人がいる。この原因としては、ボールの回転によるボール付近の空気の流れの変化が影響しているということがわかっている。そこで、本研究は物体の回転の度合いと飛距離変化についてその規則性を明らかにすることを目的とした。そのため、ボールに常に一定の回転を加えることのできる装置を自作し、回転数を変化させながら飛距離の計測を行い、その結果から、回転数と飛距離の関係を定式化することを試みた。

## 17JPSB-34 3段すっ飛びボールの質量比に関する研究

～中段球の質量と上段球が跳ね上がる高さの関係～

岡山県立倉敷天城高等学校 代表研究者：宮本華那

共同研究者：横田宇未, 岡本久瑠美, 白濱なつみ, 平田真理

本研究では、質量比を変化させることで、3段すっ飛びボールの上段球がより高く跳ね上がる条件について実験、考察を行った。先行研究より、2段すっ飛びボールでは質量比が大きくなるほど上段球が高く跳ね上がるのが分かっている。よって、我々はまず、上段球と中段球、中段球と下段球の質量を固定し、残りのボールの質量を変える実験を行った。その結果、3段でもボールの質量比が跳ね上がる高さに関係していることが分かった。続いて、我々は中段球の質量と上段球の跳ね上がる高さの関係について実験、考察を行った。まず、運動量保存則、反発係数に基づき3段すっ飛びボールの上段球の速度の理論式を立てた。そして、2つの実験を行った。1つ目は2球間の反発係数の測定で、2つ目は上段球と下段球の質量を固定し、中段球の質量を変えたときの、質量と上段球の跳ね上がる高さの測定である。その結果、理論値と測定値を用いて最高点になる中段球の質量を求められることが分かった。

## 17JPSB-35 タンブラーの側面で踊りだす水の謎

～不規則な振動現象 (ガクツト現象) の発見～

岡山県立倉敷天城高等学校 代表研究者：桑田陽予里

共同研究者：高橋木優, 貝原命, 難波静空

水が入っている容器を徐々に傾けたとき、容器の側面を水が伝うことがある。この理由は次のように文献に記されている。「水分子が、電気陰性度の低い水素と高い酸素より構成されて、強く分極されているためである。例えば、強く分極した官能基で表面が覆われている場合、水との表面官能基の間に静電気的引力が発生する。その結果、空気ではなく極性溶媒である水が個体表面を覆った方が安定になる。」我々は、粘性に着目して水の伝い方の違いを調べるため、水の伝い方を独自の方法で点数化し、容器をタンブラーで代用し実験を行った。その結果、粘性の違いでは水の伝い方に大きな変化は見られなかったが、水が不規則に振動する現象を発見した。この現象を「ガクツト現象」と名付け、原因を解明するため、現象が起こるタンブラーの角度の範囲、容器の親水性との関係、界面活性剤を用いた表面張力との関係を調べる実験を行った。実験には自作した実験装置を用いた。その結果、容器の親水性によって水が容器の側面に吸着し、その吸着した水が容器の側面を伝っていない水を表面張力によって引き付けると考えた。表面張力の大きさは容器と水滴との接触角を測定し、推定した。この表面張力によって水の表面積を小さくする、水を引き付ける力と重力によって下に落ちようとする力がほぼ均衡しており、重力によって下に剥がれ落ちた水の流れが、容器の側面を流れる水との間に働く表面張力によって再び側面に引き上げられる。この2つを繰り返すことで「ガクツト現象」が起きていると考えた。

## 17JPSB-36 ペットボトルの水噴射時間

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：木村真実子、難波大地

ペットボトルロケットを打ち上げるとき、中に入れる水の量や内部の圧力によって水噴射時間は変化する。今回はペットボトルを固定し、カメラの連写機能を利用して水噴射時間（実測値）を測定した。水の量、圧力を変えながら様々なパターンを測定し、数値に規則性がないか調べた。事前には水の量が少なく、圧力が高い方が水噴射時間は短いと考えた。実験を行うと予想は正しく、測定した水噴射時間に同じ傾向が見られたことを報告する。

文献を調べると、理論的に水噴射時間を求められることがわかった。ベルヌーイの定理と断熱変化を仮定し、水噴射時間を決める微分方程式を求めた。Excelを用いて4次のルンゲ・クッタ法により計算し、水噴射時間の「計算値」を求めた。「計算値」においても、「実測値」と同じ傾向があった。

「計算値」は「実測値」より小さな値になった。違いが生じた原因を考察した。当初の計算においては1としていた流量計数を1より小さくすることによって、「計算値」を「実測値」に近づけられた。流量計数を1より小さくすることは、水の「粘性」を考慮することに対応することが分かった。しかし流量計数の操作だけでは、「計算値」を「実測値」に一致させることはできなかったことを提出する。

## 17JPSB-37 速度域が500km/h～700km/hである高速鉄道における空力制動装置の効率化を図る

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：藤澤悠

近年、世界各地で旅客輸送を主とする高速鉄道の建設が数多く進むなか、その最高速度は上昇しつつある。これは高速走行中の車輪と同時に、旅客に対する安全性の確保が困難になることを意味しており、制動時の制動距離が絶対的に大きくなるために停車までの間にさまざまな危険性を多く持つためである。そこで注目されるのが空力ブレーキである。空力ブレーキは、抵抗板によって空気抵抗を発生させることで制動力を得るブレーキであり、高速鉄道には非常に適した制動方法である。JR東海が中央新幹線の開業に先立ち公開したL0系には、抵抗板一枚あたりの面積の大きい大型集中方式が採用されているが、これは格納スペースが大きくとられ、車内の客室空間を大きく圧迫してしまう。しかし、一枚あたりの面積の小さい小型分散方式では、格納スペースを大きくとられることはなく、客室空間への圧迫を小さくすることができる。小型分散方式は一枚あたりで発生する抵抗力が小さくなるため、多数枚の設置が必要となる。その配置についての研究を、さまざまな3Dモデルと流体シミュレーションを用いて行い、小型分散方式が大型集中方式と同等以上の性能を発揮でき、代替されるに十分な方式であることを示した。

## 17JPSB-38 高効率な小型複葉機の開発

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：生方鈴乃

複葉機とは主翼が上下に二枚ある飛行機のことである。スピードを出すことができない、空気抵抗が大きいなどの理由で現在では使われなくなってしまった複葉機だが、揚力が翼2枚のため大きく、低速でも飛べるため、少ないエネルギーでも飛ぶことができる。従来の複葉機をより高効率化することで、省エネルギーな飛行機を開発する。

3Dモデル設計ソフトを使い、翼のみのモデルを作り、流体解析ソフトを用いて揚力と抗力を求めた。この値から、揚抗比を算出し、単葉機と複葉機での比較を行った。①複葉機の翼の間の距離を変えたモデル、②上の翼を前にずらしたモデル、③下の翼のアスペクト比を変えたモデル、④片方の翼を縮小したモデルを解析した。

今回の複葉機が効率が悪いとされていた原因を、流体解析によって明らかにすることができた。従来通りの翼を二枚重ねただけでは、単葉機よりも抵抗が大きく揚抗比が著しく小さいため飛行効率が劣る。その原因として、上下の翼の間に空気抵抗が発生していることが解析からわかった。また、翼の距離を広げ、上の翼を前にずらし、下の翼を縮小することにより、上の翼で発生する揚力がより大きくなり、単葉機に迫る揚抗比を出すことができた。

今後は上下で翼の形やサイズを変え、単葉機の揚抗比を超える高効率の複葉機を開発する。また、本校所有の3Dプリンターと風洞を用いた実機による実験を行う。

## 17JPSB-39 日影曲線による真北の特定と均時差・アナレンマ観測

愛知県立明和高等学校 代表研究者：炭本壮一郎  
共同研究者：鈴木果奈、長江広晴、渡辺光哉

太陽の日周運動によって地面に立てられた棒の先端が描く軌跡を日影曲線、年周運動によって描く曲線をアナレンマという。また、ある地点での太陽の南中時刻とその地点での地方時12時との差を均時差という。私たちはアナレンマと均時差が地軸の傾斜や公転軌道の離心率といった地球の軌道要素の影響を受けていることを知り、では逆にそれらを観測することで地軸の傾斜と公転軌道の離心率を求めることができるのではないかと考えた。しかし、それらに関する計算式は真北（地軸の方向）を向いた座標軸が大前提であった。そこで日影曲線を用いた新たな真北の特定方法を考案し、その結果、正確な真北を知ることができた。その後、アナレンマと均時差を自作の装置で観測し、地軸の傾斜と公転軌道の離心率を求めることができた。そして均時差は公転軌道の離心率の影響を受けやすく、均時差観測による公転軌道の離心率の計算は精度が高いということがわかった。また地軸の傾斜と公転軌道の離心率の値を変化させることでアナレンマが8の字になる条件を調べることができた。

## 17JPSB-40 竜巻をつくるダウンバーストの発生条件

北海道札幌西高等学校 代表研究者：納谷敬介  
共同研究者：中島聖陽、小林玲奈、高橋乃々花、大瀬樟太郎、岩田真朋

昨年までの研究で周囲を筒で囲まなくても人工竜巻を作ることができるようになったので、本実験では人工ダウンバーストによる竜巻の再現とダウンバーストの発生条件について調べることを目的とした。まずダウンバースト装置を作り、昨年の竜巻再現装置とあわせて、ダウンバーストによって竜巻を再現できるかを調べた。また、プロワーで風を送り気圧差をつくり、冷気を支えることのできる気圧差についても調べた。実験の結果、竜巻はほぼ確実に再現させることができ、冷気を支えることのできる気圧差についても求めることができた。昨年度の実験での上昇気流と衝突するときの冷気の速さは0.38m/sだったが、今回の実験では0.52m/sになった。これより竜巻の発生は冷気の速さには依存していない、または冷気の流れ条件は幅広いものだという考察を得ることができた。今回の実験では箱（雲底に相当する）と地上の気圧差が0.4Pa/mだったが、実際の雲底と地上の気圧差は10Pa/mだった。室内実験のデータを積乱雲の雲底の2000mにあてはめると、地上との気圧差が8hPaになり、地上との気圧差がほとんどなくなるとみることができているが、これまで大きな気圧変化は簡単には起こらないと考えられる。これよりダウンバースト現象が起こるにはすくなくとも周囲に比べて10℃以上の温度差の冷気が溜まっている必要があると考えられる。

---

## Jr. セッション委員会委員（任期：2018年4月1日～2019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）	佐藤 仁（広島大学）
	佐藤 実（東海大学）	白井正文（東北大学）
	鈴木 亨（筑波大学附属高等学校）	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）	田村裕和（東北大学）
	寺内正己（東北大学）	土井正晶（東北学院大学）
	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）	前田恵一（早稲田大学）
	松多健策（大阪大学）	松山豊樹（奈良教育大学）
	溝川貴司（早稲田大学）	村尾美緒（東京大学）
	矢口 宏（東京理科大学）	山口哲生（九州大学）
	吉澤雅幸（東北大学）	渡辺純二（大阪大学）

なお、各審査および表彰は、次に示す本会関係者により厳正に行います。

### \*書類審査

理事、領域代表・副代表、Jr. セッション委員会委員、男女共同参画推進委員会委員、物理教育委員会委員、大学の物理教育編集委員会委員、前回審査員、他に Jr. セッション委員会委員長が指名する者が書類審査を行なう。その結果をもとに Jr. セッション委員会においてポスター発表者を決定する。

### \*当日審査

第1次審査の審査員、他に Jr. セッション委員会委員長が指名する者が当日審査を行う。

当日審査の観点は次の4点です。

1. 着眼点：発想、着眼点がユニークであるか。
2. 論理性：主張が明確で、根拠に基づいて論理的に展開されているか。
3. 工夫：実験・理論との比較等を、自分たちでどのように工夫して行っているか。
4. 表現力：内容を的確にわかりやすく聴衆を引きつけるように発表しているか。

### \*表彰

書類審査・当日審査の結果をもとに、Jr. セッション委員会において賞を授与する研究を決定する。