



## 本会記事

### ■第19回高校生シンポジウム 「SDGsが拓く未来社会—集まれ高校生研究者—」 実施報告

東北大学大学院工学研究科  
金子俊郎（本会理事）

2022年1月29日(土)に、令和3年度第19回高校生シンポジウムをオンラインで開催しました。今回は、主催のプラズマ・核融合学会に加え、東北大学みらい型&探求型「科学者の卵養成講座」の共催で開催しました。開催にあたっては、当日のオンライン配信機材の設営やポスター発表の進行等で「科学者の卵」の事務局やメンター学生の皆さんに多大なご協力をいただきました。

この高校生シンポジウムは、次世代を担う高校生の皆さんが、最先端の科学や技術に触れ、自ら考える機会を提供することを目的としています。さらに、より多くの高校生にプラズマや核融合に興味を持ってもらい、プラズマ研究、核融合研究に取り組んでもらえるように、2018年度のシンポジウムから、プラズマ・核融合に関する実習の場を高校生に提供し、その実習・研究成果を発表していただけるようにしました。

しかしながら本年度は、COVID-19の影響で2021年夏時期のプラズマ実習を実施しないことが4月に決定されたことを受けまして、発表課題はプラズマに限らずに科学全般として公募を行いました。全国の10校から20件の応募があり、参加者数は、発表生徒95名、教員15名、「科学者の卵」のメンター学生および聴講の生徒が30名、学会・「科学者の卵」関係者23名で、総数163名でありました。なお、当日に発表者の体調不良のために1件の発表がキャンセルされました。

開催形式に関しては、当初は東北大学青葉山キャンパスにおいて対面での現地開催を目指して準備してきましたが、2021年12月上旬からの新型コロナウイルスのオミクロン株の感染拡大により、12月8日にプラズマ・核融合学会会長の承諾を得て、開催方式を完全オンラインに変更しました。1か月前の急な変更でありましたが、すべての高校に了承していただきました。あわせて、発表形式も全員をポスター発表として、概要を理解するためにプレポスター発表を行うことにしました。このプレポスター発表は、短い時間の発表で概要を知ることができ、高校生を含む多くの参加者から好評をいただきました。

プレポスター発表、ポスター発表ともにZoomを利用したため、事前に高校生の接続練習を学会事務局に担当していただき、実施しました。その結果、当日はZoom接続で大きな問題は発生せず、高校生も慣れた様子で研究成果をしっかりと発表することができました。また、ポスター発表では、ブレイクアウトルームに分かれて、各ルームで「科学者の卵」のメンター学生に進捗を管理していただくことで、非常にスムーズに進行していたように思います。また、ブレイクアウトルームに分かれることで各ルームの聴講者

が少人数になったため、発表者と聴講者の距離感が縮まり、聴講者から質問も多く出て、非常に活発に議論されていたようでした。

特別講演として、東北大学の高橋和貴先生に「次世代プラズマ宇宙エンジンの研究開発」というタイトルでご講演いただきました。宇宙科学への応用ということで、高校生も興味を持って聴講し、質問も多くあり、非常に盛り上がった特別講演であったと思います。

発表賞に関しましては、プラズマ・核融合学会からは昨年と同じく「最優秀賞」、「優秀賞」、「奨励賞」、「技術賞」を授与し、さらに今回の共催の科学者の卵養成講座から「オーディエンス賞」を授与しました。ポスター発表は2回に分けて、1回あたり10件を並列で行ったため、審査のために16名の審査員に採点をお願いしました。なお、採点集計や賞状作成・受賞者への送付等では、学会事務局ならびに科学者の卵事務局に大変お世話になりました。

最後に、発表していただいた高校生の皆さん、指導いただいた先生方、参加いただいた学会理事、審査員の先生方、準備・運営にご協力いただきました関係者の皆様に、この場をお借りしまして、お礼申し上げます。

全体プログラムならびに実施詳細について以下の通りです。

開催日時：2022年1月29日(土) 13:00-16:30

会場：オンライン（東北大青葉山キャンパス）

プログラム：

- 12:30 Zoom 接続確認
- 13:00 開会の挨拶（竹入康彦 プラズマ・核融合学会 会長）
- 13:05 実施方法説明
- 13:10 プレポスター発表①（10件）
- 13:30 ポスター準備
- 13:40 ポスター発表①
- 14:25 休憩
- 14:35 プレポスター発表②（10件）
- 14:55 ポスター準備
- 15:05 ポスター発表②
- 15:50 休憩
- 16:00 特別講演『次世代プラズマ宇宙エンジンの研究開発』  
東北大学大学院工学研究科 高橋和貴
- 16:30 閉会式（授賞式・講評 竹入康彦 プラズマ・核融合学会会長、安藤晃 東北大学みらい型&探求型「科学者の卵養成講座」代表）
- 16:45 閉会

発表グループ

1. 廃棄される不良品プラスチックストローを固体燃料に用いたハイブリッドロケットの開発，岡山県立倉敷天城高等学校，藤田紗矢，中島慶子，中西杏奈，迫田寛南
2. 自作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，多田明良，中農拓人，菅原楓，志

村実咲, 山浦奈々

3. コール酸ナトリウムが、ラウリル硫酸ナトリウム水溶液の起泡性に及ぼす影響, 岩手県立水沢高等学校, 小野寺竜一, 佐藤風花, 及川和奏, 駒林瑠菜
4. ペットボトルフリップ成功条件の検討, 宮城県仙台第三高等学校, 濱崎爽, 庄司朝陽, 小和田真平, 小堤康太郎, 境野鴻太郎
5. サイクリング速度と自転車の傾斜角の相関, 宮城県仙台第三高等学校, 石川樹, 嶋崎周平, 柳橋晴, 八巻顕伍, 鈴木啓太
6. イスタンブールのお盆の応用, 宮城県仙台第三高等学校, 伊藤直樹, 五十嵐健, 齋藤柊, 庄子希, 古川滉人
7. 緊急地震速報で開くドアの開発, 岡山県立玉野高等学校, 高木響, 伊藤大悟, 井上一心, 井野川羅威, 岡崎敬太, 鈴木凌, 堀智貴
8. 伊豆沼の水質浄化を目指して～ハスの葉の回収機構～, 宮城県岩ヶ崎高等学校, 狩野蒼太, 伊藤はな, 高橋美遙
9. ダイヤモンド富士を用いて地球の大きさをもとめてみよう, 江戸川学園取手高等学校, 光城紳一郎, 村上碧基, 久保裕矢
10. パラシュートを用いた水ロケットの垂直着陸に関する研究, 北海道北見北斗高等学校, 鴨下公恩, 佐々木夏野, 小玉雄大, 佐藤陽翔, 修田優理愛
11. おいしいお茶を入れよう, 岩手県立水沢高等学校, 高橋凛, 小野寺彩花, 小林愛, 佐藤春緋
12. バナナの皮に含まれる蛍光色素の経時変化, 岩手県立水沢高等学校, 郷右近優志, 浅倉大斗, 及川越
13. メンコで負けたくない!, 宮城県仙台第三高等学校, 齋藤駿明, 鈴木聖人, 芳賀遼太郎, 六車昊
14. 家庭で実践しやすい風力発電方法を探る, 宮城県仙台第三高等学校, 日野皓, 古江野々花, 前田優太郎, 伏

見慶太

15. マグナス効果における風速と力の関係, 宮城県仙台第三高等学校, 大友皓太, 佐々木みちる, 鈴木倅太郎, 秋田倅希, 北村光季, 佐々木宥
16. パン用小麦「ゆめちから」の岡山県における栽培方法の確立, 岡山県立玉野高等学校  
上田さくら, 今岡舞羽, 小崎唯以奈, 板田海翔, 平野匡一, 二宮航士, 板崎貴也, 橋之口寛子, 三宅美玖, 西紗花
17. 熱音響現象を利用した有効な発電方法に関する研究, 岡山県立玉野高等学校, 正木翔大, 家塚伊織, 河野勝太, 三好恵司
18. 授業に活用できる人口オーロラ発生装置の制作と教材開発, 北海道北見北斗高等学校, 伊東奈穂, 小澤柚月, 余湖美咲
19. ブランコの物理～重心に着目した振り子運動～, 宮城県古川黎明高等学校, 山内脩斗, 千葉若菜, 今野凜叶, 熱海千尋, 小見山仁
20. 系外惑星の表面温度の推定と観測地との比較, 大阪府立北野高等学校, 島村拓実, 秋山拓耀, 小川武流, 北和寿, 國本祥太郎, 田淵悠人

\* 講演番号16は当日キャンセルになりました。

受賞者

【優秀発表賞】

最優秀賞

9. 江戸川学園取手高等学校
13. 宮城県仙台第三高等学校

優秀賞

1. 岡山県立倉敷天城高等学校
2. 兵庫県立姫路東高等学校
17. 岡山県立玉野高等学校



- 18. 北海道北見北斗高等学校
- 20. 大阪府立北野高等学校

**奨励賞**

- 3. 岩手県立水沢高等学校
- 4. 宮城県仙台第三高等学校
- 5. 宮城県仙台第三高等学校
- 6. 宮城県仙台第三高等学校
- 10. 北海道北見北斗高等学校
- 11. 岩手県立水沢高等学校
- 12. 岩手県立水沢高等学校

- 14. 宮城県仙台第三高等学校
- 技術賞**

- 7. 岡山県立玉野高等学校
- 8. 宮城県岩ヶ崎高等学校
- 15. 宮城県仙台第三高等学校
- 19. 宮城県古川黎明高等学校

**【オーディエンス賞】**

- 7. 岡山県立玉野高等学校
- 18. 北海道北見北斗高等学校

**【最優秀賞】**

**ダイヤモンド富士を用いて地球の大きさを求めてみよう**

江戸川学園取手高等学校 2年  
光城紳一郎, 村上碧基, 久保裕矢

**1. 研究目的**

ダイヤモンド富士とは、太陽が昇り、また夕陽が沈むその瞬間に、富士山と太陽とが重なる光景である。それは、いくつかの条件が揃わないと観察できない珍しい光学現象である。茨城県内にある本校は、富士山から約130kmも離れた遠距離に位置するが、年に2回だけ利根川の河川敷からダイヤモンド富士を観察できる稀有な環境にある。この自然現象を用いて前年度は富士山の位置と高さを求めた。今年度は更にスケールアップした研究を行いたいと考え、地球半径を算出する。

**2. 研究方法**

- ① 太陽の位置の算出：ケプラーの面積速度一定の法則を用いて、黄道座標における太陽の位置の厳密解を求めた。そして、その解を数値計算し、黄道座標を赤道座標、地平座標の順に座標変換して、高い精度で任意の時刻における太陽の位置を算出した。
- ② ダイヤモンド富士の撮影：①の計算結果を基に取手にてダイヤモンド富士が生じる時刻と場所を特定し、実際に取手市周辺の土手から計5回の撮影に成功した。図1のスマートフォンのマークは今回我々が観察した地点、直線は



図1

ダイヤモンド富士を観察した時刻における太陽の方向角を表している。

③ 地球の半径を求める：写真のGPS情報を用いて、観測地の位置情報と太陽が富士山頂上に沈み始める時刻と沈み終える時刻を特定した(図2)。また観測時刻から太陽高度 $\alpha$ を求め、観測地と富士山頂上の位置情報から距離 $h$ ,  $H$ ,  $L$ を求めた。地球の半径を $R$ とし、図3の三角形に正弦定理を用いると次のような式が求まる。

$$\frac{R+H}{\sin\left(\alpha+\frac{\pi}{2}\right)} = \frac{R+h}{\sin\left\{\pi-\theta-\left(\alpha+\frac{\pi}{2}\right)\right\}}$$

$$\rightarrow \frac{R+H}{\cos\alpha} = \frac{R+h}{\cos\left(\alpha+\frac{L}{R}\right)}$$

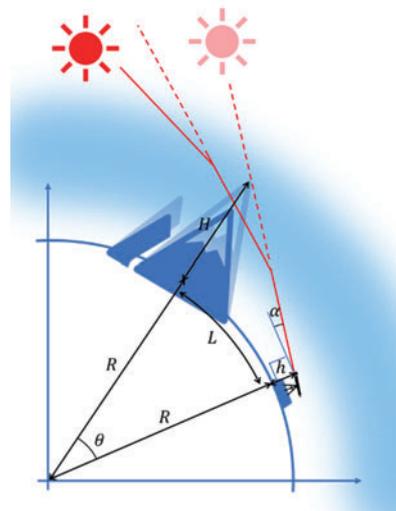


図2



図3

この式の右辺と左辺を満たす  $R$  (地球の半径) を求めた。

### 3. 結果・考察

- ① 5日分の観測データを用いて、それぞれにおける地球半径の計算をして平均値を求めた。その結果、4230 km となった。これは実際の地球半径 6370 km と比べて非常に小さい。
- ② この誤差の原因は、太陽光が富士山と観測地点の間の大気中で屈折すること(気差)により、仰角が小さく見えていたことが考えられる。つまり、富士山の気差を考慮すべきである。その結果、3888 km となり、半径の値は小さくなり、さらに精度が悪くなった。次に富士山の気差の代わりに太陽の気差を考慮して計算し直すと、7471 km となった。精度は良くなったが大きくなりすぎたため、富士山の気差を考慮した時に地球半径が小さくなったことを踏まえて、太陽と富士山の気差の両方を考慮して計算し直した結果 6465 km となった。この結果は、実際の地球半径との相対誤差が 1.49% となっており、非常に精度よく地球半径を求めることができる(表1)。
- ③ 残っている誤差の原因の一つは、6~10秒間隔で写真を撮ったため測定誤差が最大で±5秒発生したからだと考えられる。そして、測定誤差と標準誤差を足し合わせた誤差を図4に表した。

### 4. 結論及び今後の展望

本研究により、高校で学ぶ幾何学と、様々な自然現象を考慮することによってダイヤモンド富士という美しい景色から地球の半径を精密に求められることが示せた。さらに精度を高めることにより、次回は地球の扁平率を求めた

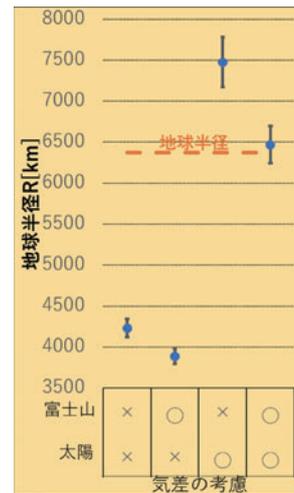


図4

い。また、この研究から、数学と理科の緻密でかつ美しい計算によって自然現象を説明できたことが、中高生における数学と理科を学ぶ意義がわからない人にとっての学習の動機付けになることを期待する。

### 参考文献

- [1] 宮本尚彦：日の出日の入り時刻の計算の考え方(2013). <http://bakamoto.sakura.ne.jp/buturi/2hinode.pdf>
- [2] 国立天文台「こよみの計算」：<https://eco.mtk.nao.ac.jp/cgi-bin/koyomi/koyomix.cgi>
- [3] Google マップ：<https://www.google.co.jp/maps/>
- [4] K. Hubeny, Weiterentwicklung der Gauss'schen Mittelbreitenformeln, Z.Vermess 84, 159 (1959).
- [5] 廣野康平：天文航法のABC (成山堂書店, 2020).

時間	年月日		2021/11/25	2021/11/28	2022/1/18	2022/1/21	2022/1/22	平均	標準誤差	測定誤差 [m] (撮影間隔 ±5s)
	沈み始め	沈み終わり	16:17:18	(16:16:19)	16:41:58	16:45:02	16:46:09			
観測地点	緯度		35.90367783	35.9118667	35.9010833	35.888332	35.886989			
	経度		140.0369167	140.015897	140.041783	140.06728	140.07931			
	標高		14.3	12.1	17.7	16.2	16.2			
球面	太陽の気差無	富士山の半径[m]	4294761	4188280	4097925	4260417	4312949	4230867	39484	+72,252
		相対誤差[%]	-32.59%	-34.26%	-35.67%	-33.12%	-32.30%	-33.59%		-69,894
		富士山の半径[m]	3942355	3852469	3775887	3913388	3957654	3888350	33378	+60,933
		相対誤差[%]	-38.12%	-39.53%	-40.73%	-38.57%	-37.88%	-38.96%		-59,105
	太陽の気差有	富士山の半径[m]	7658186	7375049	7113144	7539269	7674344	7471998	104477	+203,337
		相対誤差[%]	20.21%	15.77%	11.65%	18.34%	20.46%	17.29%		-192,778
		富士山の半径[m]	6604799	6393170	6195417	6516131	6616757	6465255	78429	+151,632
		相対誤差[%]	3.68%	0.35%	-2.75%	2.28%	3.86%	1.49%		-144,792

表1

### 江戸川学園取手高等学校



夏休み明けに物理の研究に興味を持っていた者が集まりました。クラスは違い、話したことがなかったのですが、研究はとても楽しく、研究が進むにつれ仲が深まりました。松田先生や飯塚先生のご指導のもと、地球半径の計算方法、淡々と喋るだけにならない工夫など多くのことを学び、今回のシンポジウム準備を通して、研究や発表で大切なスキルを伸ばすことができました。このたびはこのような機会をいただき、心から感謝します。ありがとうございました。

**【最優秀賞】**

**「メンコで負けたくない！」**

宮城県仙台第三高等学校

**1. 背景目的**

私達はめんこ返しという遊びをしているときに、どのような条件だとメンコがひっくり返りやすいのか気になったので参考文献を調べた。すると、メンコを地面に打ち付けたときに発生する風によって地面にあるメンコがひっくり返ることがわかった。しかし、参考文献には具体的にどのような条件だとひっくり返りやすいのかは記載されていなかった。そこで、その条件を知りたいと思いこの研究を行った。手でメンコを投げているうちに、メンコのひっくり返り方が何種類かあることがわかってきた。また、全てに共通してメンコが浮き上がることもわかった。そこで、メンコの浮き上がる条件を調べようと思い実験を行った。実験では投げるメンコとひっくり返されるメンコとの距離と角度の条件を変えて行った。このとき手でメンコを投げると誤差が大きくなるので、メンコを発射させる装置(図1)を作成し実験をした。また、実験では円形の投げるメンコと長方形のひっくり返されるメンコを使用した(図2)。

**2. 実験方法**

円形のメンコの弧からひっくり返される長方形のメンコの重心までの最短距離を  $X$  とし、1 cm 間隔で 3 cm から 6 cm の範囲で実験を行った。また、角度  $\theta$  は図3の上側の角メンコを  $0^\circ$  とし、角メンコの重心を中心として  $30^\circ$  ずつ反時計回りに回転させて  $0^\circ$  から  $90^\circ$  まで実験を行った。(図3)

**3. 結果**

私達は長方形のメンコの頂点が地面から離れた場合を浮いたと定義し、その中でも特に、4つの頂点すべてが地面から離れた場合を「浮き上がった」。図4の表は円形のメ

ンコを30回投げたとき、長方形のメンコが「浮き上がった」回数を角度、距離ごとにまとめたものである。表より  $0^\circ$  で設置されているときに最も浮き上がりやすかったことがわかる。

**4. 考察**

メンコが浮く様子を観察したところ、ほとんどの場合、初めに丸メンコに近い手前の辺が浮き、次に奥の辺が風に押されて浮いていることがわかった。手前の辺が浮きあがるとき、 $\theta = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ$  の場合は 3.5 cm の長い辺から、 $90^\circ$  の場合は 2.1 cm の短い辺から垂、丸メンコから向かって奥側へ直方向に浮き上がる。また、最初に受ける風の量は、図5の通り  $3.5 \cos \theta + 2.1 \sin \theta$  で表すことができる。特定の方向にメンコが動き始めることから、手前の辺の浮き上がりやすさを数値で表すと、 $\theta = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ$  の場合は最初に受ける風の量の  $3.5 \cos \theta + 2.1 \sin \theta$  に  $\cos \theta$  をかけて  $3.5 \cos^2 \theta + 2.1 \sin \theta \cos \theta$  となり、 $90^\circ$  の場合は風を受ける量をそのまま用いて 2.1 となる。ゆえに、動き始めやすさの順は  $30^\circ, 0^\circ, 90^\circ, 60^\circ$  となる。

メンコの手前の辺が浮き上がった後に風を受けるのは、 $\theta = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ$  の場合 3.5 cm の長い辺、 $\theta = 90^\circ$  の場合は 2.1 cm の短い辺となる。そのため、奥側の辺の押されやすさは  $\theta = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ$  の場合  $3.5 \cos \theta$  となり、 $90^\circ$  の場合は 2.1 となる。よって奥が浮きやすい順は  $0^\circ, 30^\circ, 90^\circ, 60^\circ$  となる。以上のことから、最も手前の辺が浮き上がりやすい角度は  $30^\circ$ 、最も奥側の辺が押されやすい角度は  $0^\circ$  となる。しかし、 $\theta = 30^\circ$  の場合、 $\theta = 0^\circ$  のときよりも手前の辺

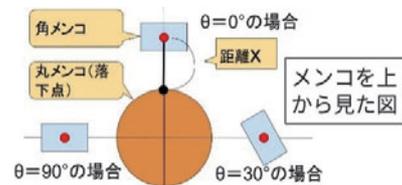


図3

角度/距離	3cm	4cm	5cm	6cm
$0^\circ$	24	22	26	27
$30^\circ$	16	19	18	16
$60^\circ$	15	19	12	8
$90^\circ$	18	9	18	17

角メンコが浮き上がった回数 (30枚中) (表)

図4

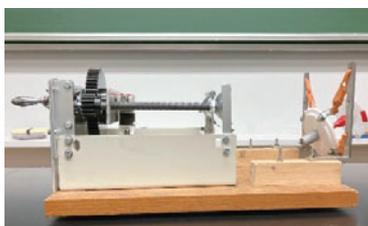


図1



図2

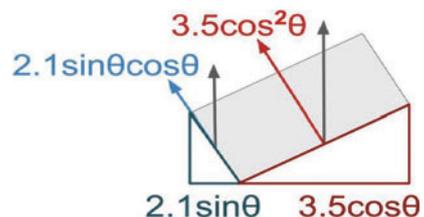


図5

しか浮かず、奥側の辺が浮かないことが多かった。そこで  $\theta = 0^\circ$  が最も浮き上がりやすいと考えた。また、距離に対する浮き上がりやすさに相関は見られなかった。

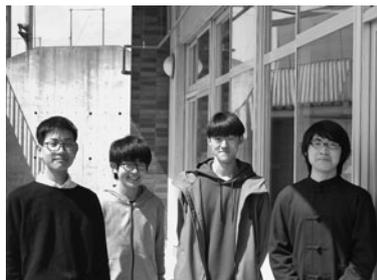
## 参考文献

<https://gakusyu.shizuoka-ed.jp/science/sonota/ronnbunshu/072029.pdf>

## 5. 展望

今後は浮き上がりやすさではなく、ひっくり返りやすさについて、メンコの大きさや形によってどう変わるのか調べていきたい。

### 宮城県仙台第三高等学校



物理の研究に興味を持ったひとたちが部活動として集まりました。出身中学が異なり、最初は全く面識のないひとたちでしたが、研究を進める内に互いのことを知り、仲が深まりました。また、北野先生のご指導のもと、発表におけるポスターの作り方や話し方を学びました。今回の機会を通して、研究や発表に必要な力を身につけることができました。このような機会をいただき、誠にありがとうございました。