

JPhO News Letter

Japan Physics Olympiad

No. 38 2023 年 10 月

CONTENTS

- 02 国際物理オリンピック (IPhO) 2023
日本大会 全体報告
- 04 IPhO2023日本大会に参加して
- 08 IPhO2023 実験問題
- 09 IPhO2023 理論問題
- 10 物理チャレンジ2023 全体報告
- 12 物理チャレンジ2023 第1チャレンジ報告
- 14 物理チャレンジ2023 第2チャレンジ実験問題講評
- 15 物理チャレンジ2023 第2チャレンジ理論問題講評
- 16 国際物理オリンピック2023日本大会引率役員紀行



公益社団法人 物理オリンピック日本委員会

The Committee of Japan Physics Olympiad (JPhO)

Tel: 03-5228-7406 E-mail: info@jpho.jp Web: <https://www.jpho.jp/>

国際物理オリンピック (IPhO) 2023日本大会 全体報告



国際物理オリンピック派遣委員会 委員長
東辻 浩夫

4年ぶりの現地開催

International Physics Olympiad (IPhO) は2019年のテルアビブにおける第50回イスラエル大会の後、COVID-19の影響により2020年は中止され、2021年リトアニア大会、2022年スイス大会がともにオンラインで開催された。幸い、今年は、第53回IPhO2023日本大会が4年ぶりに現地(東京)で行われた。

大会はノーベル賞受賞者の小林 誠先生をIPhO2023会長・組織委員長として計画・実施された。現地開催いただいたことに感謝したい。代表選手は試験会場の国立オリンピック記念青少年総合センター(渋谷区代々木)に、同行役員は日本青年館ホテル(新宿区霞ヶ丘)にそれぞれ宿泊した。直線距離で2km程の両所間には行事に必要な移動のためのバスが手配された。

代表選手と同行役員

日本代表選手は物理チャレンジ2022により選考された14名の候補から3月末に選ばれた次の5名である。

IPhO2023日本代表選手

今村 晃太郎	大手前丸亀高等学校	3年生
岩下 幸生	市立札幌開成中等教育学校	6年生
喜多 俊介	筑波大学附属駒場高等学校	1年生
田中 優希	灘高等学校	3年生
東川 レオン	筑波大学附属駒場高等学校	3年生

役員として、JPhO国際物理オリンピック派遣委員会から、リーダー 東辻浩夫、サブリーダー 鈴木 功、オブザーバー 佐藤 誠、栗原 進、柴橋博資、吉岡大二郎、吉見光祐(OP)の各委員が同行し、ボードミーティング参加、問題の検討・翻訳、採点、モデレーションを行った。

例年と同じ日程

現地開催のこれまでの例と同じく、大会は7月10日の開会式から17日の閉会式までの8日間であった(右上参照)。日本代表選手は7月8日午後から夜まで東京理科大学で実験・理論の直前研修を受け、9日午後、同大での結団式で日本代表の認定証と励ましの言葉を受けた後、試験会場に移動して登録し、Get Togetherに加わった。[9日午前には全員が物理チャレンジ2023第1チャレンジの理論コンテスト

(オンライン)に参加した。]

開会式では組織委員長などの他、永岡桂子文部科学大臣(当時)の挨拶があった。14日午後の特別講義では、梶田隆章先生、天野 浩先生の両ノーベル賞受賞者が自身の業績や選手へのアドバイスを講演した。また、選手には、東京近郊への半日遠足2回、箱根、筑波などへの1日遠足2回や、3回の文化/科学行事など手厚い用意がなされた。

試験で使用する関数電卓については予めWebで試すための情報が与えられていたが、初日に演習の時間が設けられた。

日程の概略

日付(7月)	代表選手	同行役員
10日(月)	Opening Ceremony Briefing on calculators	Opening Ceremony Board Meeting (実験問題検討) 実験問題翻訳
11日(火)	実験試験(5時間, 20点満点) Cultural/Scientific event	Excursion*
12日(水)	Excursion Cultural/Scientific event	Board Meeting (理論問題検討) 理論問題翻訳 実験採点
13日(木)	理論試験(5時間, 30点満点) Cultural/Scientific event	Excursion*
14日(金)	Excursion, 特別講義	採点、特別講義
15日(土)	Excursion	採点締切 Board Meeting (メダル境界決定)
16日(日)	Excursion	モデレーション Final Board Meeting (結果確定など)
17日(月)	Closing Ceremony	Closing Ceremony

*日本役員は参加しなかった

問題検討のボードミーティングは、実験は10日、理論は12日に行われ、問題の最終版の翻訳にはそれぞれ翌日(試験当日)の早朝までの時間を要した。

モデレーションの前日に、同行役員にCOVID-19感染者(ホテル内で隔離)が出た旨のアナウンスがあり、モデレーション当日に検査キット(唾液)による非感染確認と2対2の交渉の際のマスクの着用が求められた。

一方、IPhO2023 News Letterの写真で見る限り、遠足など交流を目的に含む行事でマスクをした選手はほとんどなく、(大会前のCircularに感染への注意はあったが)着用を促された様子はなかった。

日本代表選手全員がメダルを獲得

387名(80か国/地域など)の中で、日本代表選手は田中優希、今村晃太郎の2名が金メダル、岩下幸生、喜多俊介、東川レオンの3名が銀メダルを獲得した。2017年の第48回インドネシア大会以来6年(5回)ぶりの金メダル複数獲得は17日のNHKニュースでも報道された。

メダル獲得状況の各国との比較を下に示す。この中のOLY teamは国としては参加が認められずIndividual参加となったロシアの5名である。5名全員が金メダルのチームもあり、まだ伸びしろがあるとも言えるが、日本代表の皆さんの健闘を大いに称えたい。

国名	金	銀	銅
China	5		
Korea	5		
OLY team	5		
USA	4	1	
India	3	2	
Romania	3	2	
Taiwan	3	2	
Japan	2	3	
Vietnam	2	2	1
...	...	...	...
計	37	74	103

メダル同数の国名はアルファベット順

Absolute Winnerなどは次の通りである(国名のみ、[]内は実験/20 + 理論/30の得点)。

Absolute Winner: China [15.6+29.6]

Best Performance (Experiment): USA [16.0+26.2]

Best Performance (Theory):

China [14.1+30.0], USA [10.1+30.0]

理論では満点が出ており、実験に比べてやや得点し易かったようである。因みに日本代表の実験の得点は最高10.8、最低4.2、平均8.4、理論はそれぞれ28.8、19.9、25.3であり、同じ傾向が少し強いかも知れない。実験、理論の具体的な問題についてはそれぞれの解説を参照いただきたい。

IPhO2024に向けて

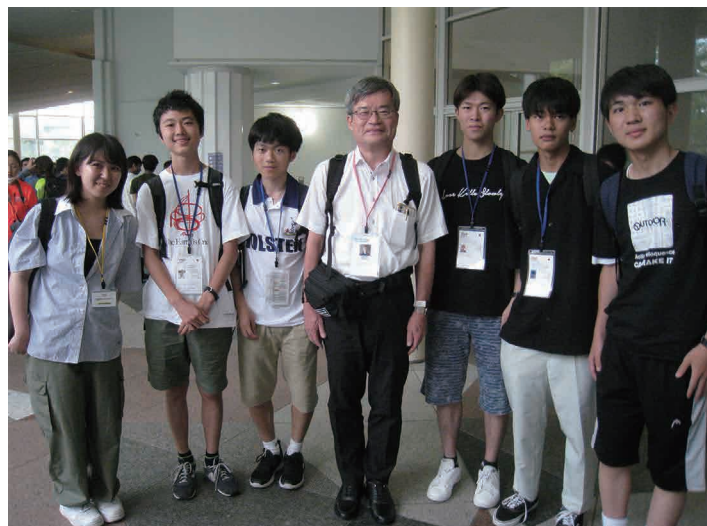
閉会式では、メダル授与、Absolute Winnerなどの発表に先立ち、次のように4か国のチームが表彰された:

Diversity Commendations (well-balanced gender mixture and good team performance):
Cyprus, France, Iceland, Ukraine.

国際的には男女混成のチームも多いのに対して、過去を含めて日本代表には女性が少ない。最近では第1チャレンジでの女性最優秀者の表彰など、これまでも改善は意識されているが、物理チャレンジ全体の一つの課題であろう。

次回第54回のIPhOは、2024年7月21日から28日まで、イランのIsfahan University of Technologyで行われる予定である。この場所は2007年の第38回IPhOと同じである。

7月16日の最後のボードミーティングでは、結果の確定とともに、Statutes, Regulationsの修正が議論され、IPhO Foundationの設置・運営、IPhO開催時期の中間におけるIPhO運営に関する事項の提案が採択された。女性(異性)の最高得点者の表彰をRegulationとする提案もあったが採択に至らなかった(規定なしで可能であり、多様性促進に異論があった訳ではない)。



天野 浩先生と
(7月14日、左端は日本チーム担当学生スタッフ)



Closing Ceremonyの後で

IPhO2023日本大会に参加して

田中 優希

4年ぶりの現地開催ということで80か国以上から約400人の選手が東京に集まり、様々な国の選手たちと交流できたことはとてもよい思い出になりました。日本開催なのでスタッフの方々も知り合いが多く安心感がありながらも、使われている言語は英語ばかりで異国の地に來たかのような体験ができました。談話室で海外の選手と国の文化や教育制度について話したり、物理の話題について盛り上がり、一緒にバスケをしたりしたことが印象に残っています。

さて競技の結果についてですが、代表候補時代から一番の目標にしていた、国際大会で金メダルを獲得するという夢を叶えることができとても光栄です。この2年間、委員の先生方やOPの方々はいつも親身になって質問に答えてくださり、主に毎月出題される添削課題を通して自分の実力が確実に上がっていることを実感できました。2か月前のAPhOでは満足のいく結果が出せず自分の限界を感じ始めていましたが、これが最後のチャンスだと自分に言い聞かせ、日本代表として日本を背負っていることを自覚し、IPhOまでの1か月半は物理のことだけを考え土日は12時

間、平日は6時間近く勉強していました。何度も物理のことが嫌いになり、やめたいと思うことも多々ありましたが、周りの方々の応援のおかげでここまで続けてこれました。大会本番ではこれまでの自分の努力を信じ、自分の実力を最大限発揮できたと思います。

この金メダルは何も自分一人の力で勝ち取ったものではなく、周りの方々の支えが一つでも欠けると実現できなかったものです。ここまで僕を応援してくださった方々、本当にありがとうございました。まだまだ未熟者ですが、これからもよろしくお願いいたします。



岩下 幸生

IPhO2023に無事参加し、銀メダルを取れたことは嬉しく思いますが、嬉しいという気持ち以上に金メダルを取れなかった悔しさでいっぱいです。APhOで金メダルという予想以上の好成果を上げたこと、IPhOが体育祭・学校祭と完全に被ってしまったことなどで、なかなか気持ちの持っていき方が難しかったです。しかし、その中でも油断しないということを常に念頭に置き、出来る限りの準備はしてきたつもりです。最後に0.9点届かず金メダルを取れなかったのは、問題や採点基準との相性という運要素も多少はあるとはいえ、準備と実力不足だと思います。「磁力線の向きを間違える」「境界条件をしっかりと考えない」など、初歩的なミスを重ねてしまったことが金メダルを逃すことにつながったと思いますし、小さなミスをしたことの重要性をあらためて実感しました。このように、試験に関しては後悔が多いですが、それ以外の活動はすごく楽しむことができました。APhOの時と

比べて日本代表チームで行動することが多く、代表メンバーの新たな一面を知り、もっと仲良くなることができました。また、今回の宿泊所には談話室があり、談話室で海外の選手と話したり、だるま落としカーリング(私が考案したゲーム)をしたりしたのも楽しかったです。最後の2日に体育館でバスケをしたのも楽しかったですし、一緒にバスケをしたアメリカ人の選手がTWやEWを獲ったことには驚かされました。また、日本大会ではガイドとしてIPhOのOBの先輩が多数参加していて、多くの先輩から話を聞いたのも日本大会ならではのだったと思います。最後に、目指していたIPhO金メダルには届かなかったとはいえ、日本代表としてAPhO金/IPhO銀という成果を出せたのは、これまで約1年間の添削や合宿を含む様々な支援を行ってくださったJPhO委員会の方々、ずっと支えてくれた家族のおかげだと思うので、皆様に感謝したいと思います。



今村 晃太郎

今回のIPhO2023は、自国である日本での開催ではありましたが、非常に貴重な経験でした。APhOモンゴル大会で仲良くなった海外の選手と再会することができ、私の住んでいる国について知ってもらえたので、より仲が深まりました。初めて会う選手とも、縁日などの日本の伝統的なイベントや、体育館でのバスケなどを通じて、楽しく交流できました。物理オリ

ンピックで出会った人達のことは、この先忘れないでしょう。今後、数理系の仕事やコンテストなどで再開できたら、とても素晴らしいことだと思います。

また、日本代表の人達とも、より深い仲になったと思います。今回のように同じ場所に滞在して共に勉強などをする経験は約5回目であり、互いのことを詳しく知ることができました。話しているときに、誰かが

面白いことを言ってみんなが笑う、ということがこの大会中に何度もありました。同じ大学に進学できたら一緒に遊びたいと思います。海外の大学を受験すると言っている人もいて、視野を広げることの重要さを感じました。私はコロナウイルスの影響もあって海外の大学という考えは持っていませんでしたが、今回の経験で世界には凄い人たちがいくらでもいるということを感じました。海外の大学に進学はしないつもりですが、留学などの機会を用いて行ってみたいと思いました。

成績は金メダルでした。この結果は、運やコンディションといった不確定要素を含んでいるかもしれませんが、十分に私のこの一年間の努力を裏付けてくれるでしょう。正直に言うと少し調子に乗っていますが、この大会で私が意識していたように、何ごとに

も自信を持って取り組むことは大切だと感じました。これからも、少し調子に乗っていると思われるくらい、自分を信じて生きていきます。



喜多 俊介

IPhOは2回目の参加でしたが、対面での開催の素晴らしさを強く実感しました。昨年大会までは、オンラインでエクスカーションや、交流もほとんどなく、試験だけというものでした。しかし今回は、日本大会では



ば完全な形となり、ハラールやアレルギーの対応には少し不手際がありましたが、試験やエクスカーションはほぼ問題なく運営されていました。僕たちはそれ以外のところでもさまざまな国の選手と英語で交流し、お互いの国のことについて紹介したり、スポーツやオリジナルのゲームをしたりなど、極めて有意義な経験ができ、純粋に人生で一番楽しめたと思います。これこそがIPhOの真の価値だと感じました。世界的にも様々な懸念事項がある中で、対面での開催をしてくださった大会に関わった全ての方に感謝したいと思います。

また、試験の結果としても銀メダルを獲得でき、自分の実力を出し切れた結果だと考えています。もちろんうまくいかないところは沢山ありましたが、それも自分の実力だと受け止めて世界の優秀なライバル達にもっと近づけるように努力しようと思いました。

最後に、興味深い物理に触れる機会をつくり自分の実力を高めてくださった物理オリンピック日本委員会の皆様、共に切磋琢磨し深い関係を築くことができた友人達、そしてここまで支えてくれた家族に心から感謝したいと思います。

東川 レオン

僕が初めて物理に興味を持ったのは中3の時です。高校物理の参考書を買って読んでみたのですが、数式を使って世の中の身近な現象を説明できるのに感動を覚えました。その後高2で初めてJPhOに参加してみて、代表候補になることが出来たため、そこから1年間IPhOを目標にして勉強をしてきました。結果的にIPhOで銀メダルを頂けたことをとても嬉しく思うと同時に、1年間もの間学校で勉強できないような興味深い物理を教えてくれたJPhO委員会に感謝しています。

さて、今年のIPhOは日本開催だったため、スタッフがほとんど日本人で、APhOの時とはかなり違う雰囲気の大大会でした。海外の選手としゃべるときに日本のことを話題にしてもらいやすく、いろいろな話題で楽しくおしゃべりすることが出来ました。僕としては珍しくたくさんの人と話しに行って、多くの国の人と交流が深められたと思います。もちろん物理への強い熱意はどの国の選手にもあり、とても刺激的な環境で10日間を過ごすことが出来ました。開会式でけん玉

を成功させていればもっと完璧でした。

コンテストについては完全に満足できる出来ではありませんでしたし、他の日本代表選手が高い点数を取っているのを見ると自分の努力不足を感じましたが、ある程度自分の実力は発揮できたと満足しています。これからも自分の興味ある分野(特に物理)に対する理解をより正確なものにして、大学に入って新しい生活が始まるのを待とうと思います。



国際物理オリンピック (IPhO) 2023 実験問題

国際物理オリンピック派遣委員会実験研修部会長
鈴木 功



はじめに

4年ぶりの現地開催となった今年は、現物の実験装置に取り組むものであり、実験課題は、例年通り2課題で各10点の20点満点であった。2課題とも測定装置を正確に組み立てる必要があり、その装置設定には丁寧な長い文章での説明があったが、工作が苦手の生徒にとっては難問といえるものであった。

第1課題: Q1—質量測定

2019年に質量単位が、kg原器からプランク定数を基にすることに改定されたが、その基礎になる計測手段であったワットバランス法 (Kibble バランス法とも呼ばれる) を簡易にそのエッセンス部を体験させようというものであった。ワットバランス法は、力学量と電磁気量を仕事率 (ワット) で超精密に関係づけるもので、電気量がジョセフソン効果などでプランク定数と結び付けられることから、プランク定数によって質量 (kg 単位) を再定義したものである。この問題では、不確かさを評価することが求められた。

装置中心部のコイルが巻き付けてある円筒型振動子は、輪ゴム4本で木製の枠に固定され、その枠は磁石対の磁場中で固定台に支えられている。振動子は、印加する電磁力で、上下に動かされる (図1参照)。はじめにフックの法則に基づき、電磁気的な力と重力が作用する小錘 (数は変更可能) の数との関係性を求めさせた。次に図1の調和振動子モデルに基づいて制御コイルに

印加する交流電流によって、円筒形振動子を振動させ、その振幅と主コイルに生ずる交流電圧との関係を求めさせた。それらにより、振動子に巻き付けたコイル特性 (コイルの長さとかかる磁束密度の積) と小錘の質量を求めたものであった。

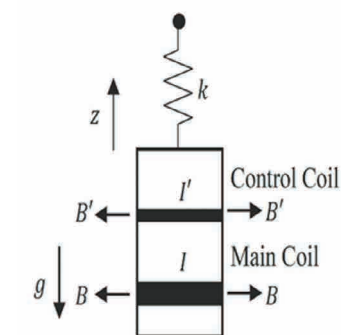


図1: 調和振動子の模型図

それらを踏まえて、振動子の共振周波数の質量依存性を求めさせて、弾性定数および振動子と小錘との質量比を求めさせた。さらに、小錘のない場合での共振現象の周波数幅を精密に測定させて、質量を求めさせた。用いた電源は直流、交流および周波数を安定に操作できるものであり、振動

子本体とともに、試験問題発案者の工夫が込められたものであった。

第2課題—Q2: 複屈折による厚さ測定

光線がある種の結晶に入射すると、その結晶軸によって直交する2方向への偏光成分の屈折率の違いにより、位相シフトが生じる (複屈折)。石英は複屈折性であるので、それを透過した光の偏光の波長依存性を調べることで、その厚さを決定できる。

はじめの問題では、白色LED光を透過型回折格子分光器に入射させ (図2)、分光された光をフォトダイオード (PD) で受光させて、分光器としての性能をきちんと確立させる趣向のものであった。図2に示されているように、各光学素子を正確に設置することがキーポイントになる問題であった。その後偏光板 (P1、P2) を挿入させて、出力光の偏光特性を確認させる測定を行わせた。この際、光源以外からの迷光を遮断するボックスを適切に設置することも重要であった。

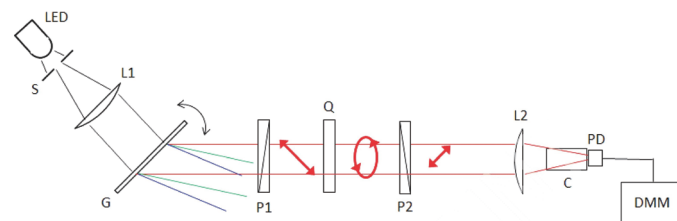


図2: 測定系の概要

次に2つの偏光板の間に石英板 (Q) をおき、透過光強度の平行成分、垂直成分の強度について、分光器波長を掃引させて大変多くの波長での強度計測を行わせた。全透過光強度と規格化強度 (垂直成分の全強度への比) を波長に対してグラフに表示させることにより、適切な計測を実行できたかを問う問題になっていた。最後に、グラフから、提示してある数式を利用して石英板の厚さを求めさせた。規格化強度は振動的構造を示し、その極小値の波長での屈折率の差は、複屈折での位相シフトと結び付けられ (整数で示される次数 m の任意性があるが)、石英の屈折率の表 (提示してある) を用いて、 $1/m$ の石英板の厚さを求め得る。グラフから読み取れるいくつかの極小値より、 m の妥当な値と石英板の厚さを決定させた。この問題では、光学素子を正確に設置できたかどうか、またそれを用いて精密な測定ができたかどうか極めて重要であり、それによって獲得できる得点が左右された。

国際物理オリンピック (IPhO) 2023 理論問題

国際物理オリンピック派遣委員会理論研修部会
栗原 進(左)、柴橋博資(右)



第1問

第1問はコロイドの特性という、高校生には馴染みが薄いと思われる内容だった。

パートAでは、コロイド粒子を1次元の質点として単純化し、水分子から受ける摩擦力とランダム力の下で運動方程式を考える。静止していたコロイド粒子が1回だけ水分子と衝突して力積を受けたとした場合の速度を時間の指数関数の形に与え、その係数と特性時間をコロイド質量、力積、および摩擦係数を用いて求める。次に、運動方程式の線形性から多数回の衝突の結果を個々の衝突解の重ね合わせの形に求める。

パートBでは、水分子の衝突が上記特性時間に比べて大きい時間間隔で起こるという仮定の下に、速度の平均値はゼロ、2乗平均は或る有限値、異なる時刻の速度は相関を持たないというマルコフ型の確率変数を仮定し、与えられた時刻におけるコロイド粒子の位置の変化の平均値と分散を求めさせる。さらに、極限的な場合としてブラウン運動でのこれらの量を求めさせる。

パートCでは、コロイド粒子が電荷を持つとし、電場の下での運動(電気泳動)を考える。濃度勾配に比例する拡散流と電場に引き起こされる流れとの釣り合いから拡散係数と摩擦係数の関係(揺動散逸定理と呼ばれるアインシュタインの関係の最も素朴な形)を導く。

パートDでは、ブラウン運動の観測データを基にアボガドロ定数を概算する(ペランの実験)。前述のアインシュタインの關係に現れる摩擦係数がストークスの法則で与えられ、ボルツマン定数が気体定数をアボガドロ定数で割ったものとして、データから求められた拡散係数と比較しアボガドロ定数の概算値を得る。

パートEでは、電解質を加えられてコロイド粒子表面近傍に正負の電気二重層が形成された場合を考える。電解質の濃度が増加すると、或る臨界濃度でコロイド粒子同士がファンデルワールス力で合体するために凝固し、結果として溶媒である水が浄化される。電気二重層の厚さが電解質濃度の $-1/2$ 乗に比例するとした場合について、水の浄化に必要な最小の電解質の臨界濃度を求める。

アインシュタインのブラウン運動理論のエッセンスと、それに基づくペランの実験を扱い、応用として水の浄化の方法を考えさせるという興味深い問題であるが、背景の知識を持たない高校生には手強い問題だったと思われる。

第2問

第2問は中性子星に関する問題であった。

まず、パートAは、重い原子核では中性子が多い理由を理解することを目的として、陽子と中性子から成る原子核の結合エネルギーについての与えられた近似式から、質量数が固定された条件下で最も安定な原子核における陽子数を導かせ、更に、単純化した状況の下での核分裂についてのエネルギー関係を問うものであった。

次いで、パートBは、中性子星を巨大な原子核と見做し、重力による束縛エネルギーによって核分裂をせずに安定を保つために必要となる質量の閾値を問うものであった。これにより、中性子星の質量がどの程度であるかが推定される訳である。

パートCの前半では、パルサーとなっている中性子星が白色矮星と連星を成している場合を考える。その軌道傾斜角がゼロに近い場合には、パルサーからの光が地球に到達する際に受ける、白色矮星の重力の影響が周期的に変化するために、パルスの時間間隔が変動する。この観測される変動から白色矮星の質量を決定させるという流れであった。次いで後半は、中性子星同士の連星系の場合を考え、重力波の放出に伴う軌道変化の様子と、観測される重力波の時間変化の定性的様子を問うものであった。

第3問

第3問は水と物体の相互作用によって引き起こされる、表面張力に関する現象についての問題であった。

パートAでは、超撥水性材料の表面上に、隣り合って置かれている球形の2つの水滴が互いに接触した途端に、合体して大きな水滴となり突然跳ね上がるという現象に関する問題であった。セミの翅が自然に水を弾く仕組みがこれなのだという。超撥水性材料は日常生活の身近なところでも色々と使われているが、あまり知られていない現象の様に思うので新鮮に感じられたのではないだろうか。

パートBでは、平らな板を垂直に水に浸した場合に板が作る水面の形状を求める問題であった。板が親水性であっても撥水性であっても、重力の大きさと表面張力、接触角のみで表されることになる。

パートCでは、箸を平行に水面に浮かべると、やがて2本の棒は互いに接近してくっつくという現象を考える問題であった。2枚の1円玉を水面に浮かせたときにも見られる現象である。棒が2本、あるいは円盤が2枚あるゆえに生じる、各棒あるいは各円板についての左右非対称性が引き起こす現象である。

全体として見ると、第2問と第3問は、問題として解くだけでなく、物理の面白さを味わってもらう趣向であったように思う。

物理チャレンジ2023 全体報告



物理チャレンジ実行委員長
大塚 洋一

はじめに

1年前、第2チャレンジ現地開催を3年ぶりに無事に終えられたことを受けて、本格的な合宿方式の第2チャレンジ復活に向けて準備を始めました。しかし、冬になってコロナ患者数に第8波の大波が伝えられる中合宿形態は時期尚早と判断し、姫路と同様にビジネスホテルを利用した現地開催方式に切り替え実施することになりました。開催場所は岡山市です。岡山県は物理チャレンジに深い理解をいただいている地であり、第1回、第2回をはじめとしてこれまで計7回の第2チャレンジが開かれています。

第1チャレンジ

第1チャレンジ実施の詳細については第1チャレンジ部会からの報告をご覧ください。2023/4/1～5/30の申し込み数は1,125名(前年1,354名)、5/31メ切の実験レポート受付は988通(同1,197通)、7/9に行った理論問題コンテストの参加者は950名(同1,064名)でした。最終的に第1チャレンジの有効参加者は901名(1,022名)でした。チャレンジ有料化とコロナ禍の影響で減少した参加者数が徐々に回復し、第2チャレンジも現地開催できたことから、今年はさらに参加者が増えると期待していましたが、いずれも前年の数字を下回ってしまいました。原因を調べ対策を考える必要があります。

第2チャレンジ

第1チャレンジの実験レポート・理論コンテストの総合成績を基に108名の第2チャレンジ進出者が選抜されました。8月19日13時、そのうち105名が岡山市岡山国際交流センターに集い、第2チャレンジが始まりました。



第2チャレンジのスケジュールは概ね例年通りで、初日ガイダンスの後直ちに実験問題コンテスト、2日目も朝から理論問題コンテスト。いずれも5時間ぶっ続けて、段ボール製のパーティションで囲まれたブースの中で課題に取り組むというスタイルです。遅い昼食の後は、終わったばかりのコンテスト問題の解説を聞いて、そのあとようやく参加者同士の交流の時間がスタートしました。後楽園・岡山城に移動し、記念写真撮影、夕食、散策を楽しみました。



3日目は2時間のバス旅による理研放射光科学研究センターへのサイエンスツアーで、理研放射光施設SPring-8とX線自由電子レーザー施設SACLAの見学を行いました。さらに会場に戻ってからはフィジクスライブです。岡山大学、岡山県内高校、JPhOの先生方による実験、今年のIPhO東京大会、APhOモンゴル大会、過去の第2チャレンジ実験課題、協賛企業の展示など18件の出展があり、物理を種とした説明者との交流の場として今年も非常に好評でした。

一方、この間アカデミックスタッフは別室で答案採点に取り組めます。時間が限られた中で慎重に採点が行われ、3日目夜の会議で成績を確認しました。

4日目最終日は閉会式・表彰式です。今回は特別賞のプレゼンターも会場に来ていただきました。特別賞、金賞・銀賞・銅賞の表彰者は別表の通りです。優良賞受賞者はJPhOホームページをご覧ください。また高校2年生以下の成績優秀者から12名の日本代表選手候補者が選出されました。このようにして4日間の第2チャレンジを終えました。今回も救急に備えて夜間看護師にホテルに常駐してもらうなどの準備をしていましたが、幸いなことに頭痛の訴えがあったのみで心配される報告は1件もありませんでした。



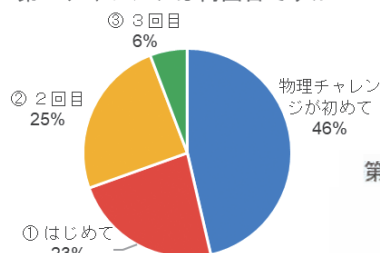
参加者アンケート

今回も第2チャレンジ参加者にアンケートを実施しました。その結果のいくつかを報告します。

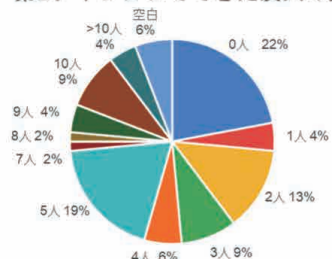
物理チャレンジへの応募回数の中には、初めてという数と2回以上という数が拮抗しています。さらに第2チャレンジへの参加回数についても2回目以上が3割おり、複数回参加者は稀ではありません。そのため、見学先が去年と同じだったサイエンスツアーに関して「面白かったが、去年と一緒なので新鮮味は薄れた」といった感想が複数見られました。

4日間の合宿を通じて多くの友人を作ってもらったということは物理チャレンジの目的の重要な部分を占めています。ただ交流は感染防止と多分に相反するので、今回も交流の機会は限らざるを得ませんでした。それでも、「今回の第2チャレンジで初めて知り合い、今後も連絡を取り合おうと思う人はできましたか」という問いに8割近い人ははいと答え、できた友人は平均5人となっています。

第2チャレンジは何回目ですか？



第2チャレンジでできた友人の数



今期の物理チャレンジの開催に当たっても数多くの方々のお世話になりました。中でも岡山県の高校理科部会の8人の先生方には生徒の引率、ホテルでの対応、試験監督、採点、フィジクスライブなど裏方を含む多方面でお世話になりました。また岡山県立倉敷南高校放送無線部には閉会式司会を務めてもらいました。この方々をはじめお世話になった皆様全員に厚く御礼申し上げます。

【成績優秀者】

☆物理チャレンジ大賞・☆岡山県知事賞(総合最優秀)

岩下幸生 市立札幌開成中等教育学校6年

☆エリジオン賞(理論問題コンテストで最優秀)

岩下幸生 市立札幌開成中等教育学校6年

☆TDK賞(実験問題コンテストで最優秀)

田中優希 灘高等学校3年

☆理研計器賞(高校2年以下で最優秀)

角谷賢斗 開成高等学校1年

☆東京エレクトロン賞(第1チャレンジにて最優秀)

甲斐健心 宮崎県立宮崎西高等学校3年

☆東京理科大学賞(第1チャレンジにて女子最優秀)

宮本アロハ 東京都立桜館中等教育学校6年

☆金賞

稲垣黎 岡山白陵高等学校3年

今村晃太郎 大手前丸亀高等学校3年

岩下幸生 市立札幌開成中等教育学校6年

角谷賢斗 開成高等学校1年

田中優希 灘高等学校3年

東川レオン 筑波大学附属駒場高等学校3年

☆銀賞

揚妻慶斗 筑波大学附属駒場高等学校3年

安積知史 白陵高等学校3年

有水大世 ラ・サール高等学校3年

植田靖啓 灘高等学校3年

甲斐健心 宮崎県立宮崎西高等学校3年

加納怜 広島学院高等学校3年

小林悠大 大阪星光学院高等学校2年

佐藤耀大 横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校1年

鈴木晴翔 聖光学院高等学校3年

昇航玄 東大寺学園高等学校3年

濱田泰成 灘高等学校1年

松坂康平 東海高等学校3年

☆銅賞

伊丹翔治 灘高等学校1年

大槻輝 聖光学院高等学校3年

河野次郎 ラ・サール高等学校2年

窪田裕成 新潟県立新潟高等学校2年

小藪夏陽 京都市立西京高等学校3年

佐藤賢之介 会津若松ザベリオ学園高等学校3年

祖父江誠梧 徳島市立高等学校3年

田中喜大 筑波大学附属駒場高等学校2年

遠山龍之介 洛南高等学校2年

中嶋泰誠 広島学院高等学校3年

松田瑛二 広島学院高等学校3年

楊弘毅 横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校3年

物理チャレンジ2023 第1チャレンジ報告

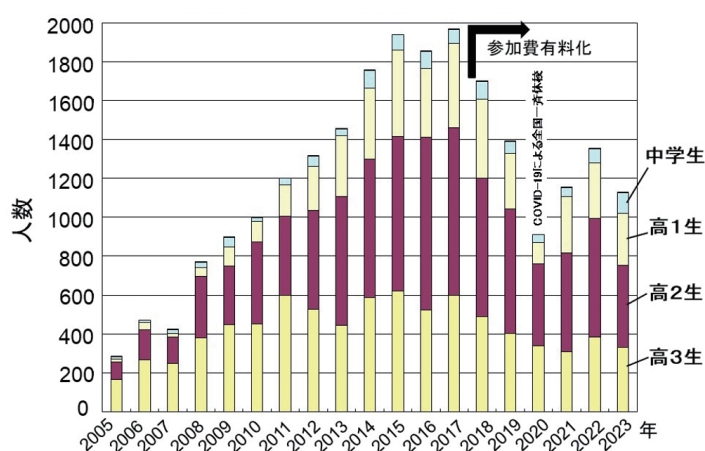


物理オリンピック日本委員会 第1チャレンジ部会長
埼玉大学教育学部 近藤 一史

応募者数は1125名 昨年より微減

物理チャレンジ2023の応募者は1125名でした。コロナ禍のために1000名以下にまで減少した応募者が、昨年回復したことに喜んでいましたが、今回少し減少して残念に思っています(下のグラフ参照)。

物理チャレンジ 応募者数(学年別)



「振り子の周期を、振れ角を変えて調べてみよう」

減少した原因について、第1チャレンジ部会で話し合いましたが、今回の実験課題レポートの「振り子の周期を、振れ角を変えて調べてみよう」という課題が1つの原因ではないかという意見もありました。昨年度の、「お湯の冷め方を調べ、そのしくみを考えて見ましょう」という、温度計と身の回りにあるもので実験できる課題に対して、振り子の装置を借りてくるか作製する必要がある、測定にも工夫が必要です。また、振り子の実験は、小学校から高等学校の教科書にもあるため、どこまでの内容を実験すれば良いかわからなかったのではないかという意見もありました。

第1チャレンジの実験課題レポートは、自分で実験を計画し、工夫を凝らし、得られた結果を考察し、さらによりよい実験、データを得るという過程を経験してもらうことも重要だと思って出題しています。友達や学校の先生、また家族の人と協力・相談することで、物理への興味・関心が深まって行くことがあればよいと思っています。

実験課題レポートの講評

振り子の振れ角 θ を大きくすると、 $\sin \theta \approx \theta$ の近似が成り立たなくなり、振り子の周期が振れ角に依存することを実験で確かめてもらうのが目的の一つでした。そのためには、減衰の小さな装置、精密な測定方法が必要となり、それらの工夫を期待していました。

実験課題レポートで評価できる点は、

- $\sin \theta \approx \theta$ の近似が成り立たない場合、多くのレポートが厳密解である楕円積分に言及していて驚きました。
- 実験で得られたデータについて、近似曲線を作成して議論しているレポートも多く見られました。
- 振れ角が大きい場合の実験を求めていましたが、振れ角が 90° 以上での実験を行っているレポートも見られました。

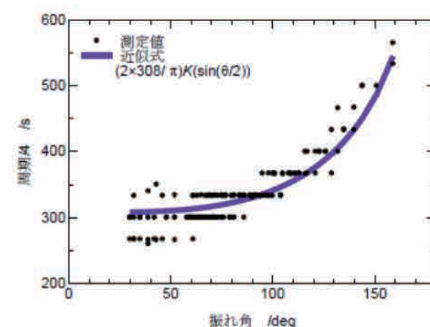
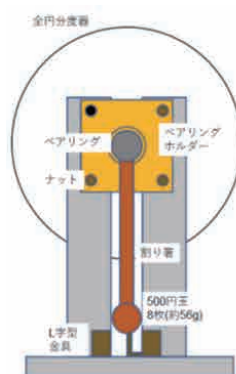


図13 シールド有脱脂有の周期と振れ角の測定結果と近似式。

振れ角 90° 以上の振り子とそのデータ

その一方で、

- 減衰の少ない装置、測定方法の工夫など期待していた内容のレポートは少なかった。
 - 従来から指摘している、レポートの作成方法に問題のあるレポートがほとんどであった。
- など残念なところもありました。

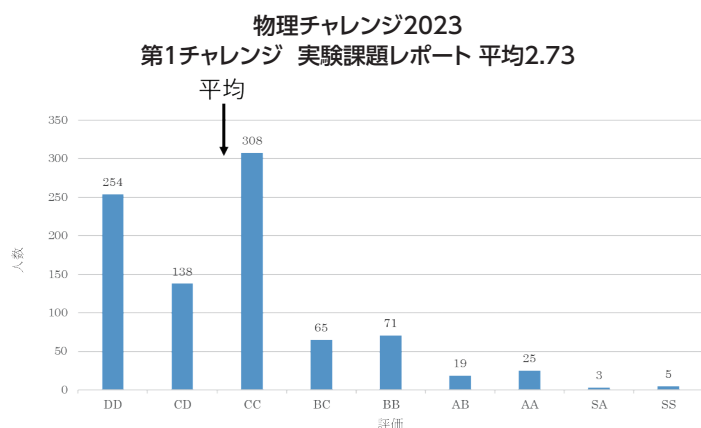
実験課題レポート平均は2.73点

実験課題レポートは、DDからSSの9段階で評価します。昨年のNews Letterでも書きましたが、第1チャレンジの実験課題レポートでは、Cを標準とし、CCの評価(3点)が合格点と考えています。今回の実験課題レポートの平均点は2.73点で、3点を少し下回りますが、標準的な結果だと思っています。

す(下のグラフ参照)。DDの評価が多いのは、振り子の実験をクラス単位などで行い、同じ内容のレポートがあったり、課題に対する実験が行われていなかったりしたとの報告がありました。ポスターの裏面に、「…共同実験者と同じ内容の部分が多い実験レポートは、両方の実験レポートがともに最低評価や失格になる場合があります。」という記述がありますので、次回参加する場合は注意して下さい。

理論問題コンテストの平均は38.92点

理論問題コンテストの平均点は38.92点で、昨年39.61点、一昨年39.20点と比べると若干低くなっていますが、例年通りの結果だと思っています(右段にある右下のグラフ参照)。最初の基礎総合問題14問の正当率は44.1%で、基礎的な内容は、きちんと理解されていると思いました。



ここで、気になる理論問題コンテストで正答率の低かった問題を紹介します(スペースの関係で選択肢や図などは省略しています)。

一番正当率の低かった問題は、熱力学の問17でした。

問17 1.0 kg、 -79°C のドライアイスが1気圧(1.0×10⁵ Pa)ですべて昇華して、 -79°C の気体になった。内部エネルギーはどれだけ増えたか。ただし、気体の二酸化炭素は理想気体として扱い、ドライアイスの昇華熱は25 kJ/mol、モル質量は4.4×10⁻² kg/mol、密度は1.56×10³ kg/m³、気体定数は8.3 J/(mol・K)である。最も適切なものを、次の①～④の中から1つ選びなさい。

この問題は、特に難問とは考えていなかったのですが、ドライアイスが外にした仕事を考慮していない選択肢への回答が多かったために、正当率が低くなったようです。

2番目に正当率が低かったのは、発展問題でした。これをのぞき、3番目に正当率が低かったのは、波動の問20でした。

問20 図1のように、物体Aから距離 a_1 に焦点距離 f_1 の凸レンズ L_1 を置いたところ、 L_1 から(物体の反対側)距離 b_1 の位置に倒立像が映った。倒立像の高さは、Aの高さの半分であった。次に、Aと L_1 をそのままにして、図2のように、焦点距離 f_2 の凸レンズ L_2 を L_1 の光軸上に置いて、レンズ L_2 をとおして見たところ、Aと同じ位置にAと同じ高さの倒立像が見えた。このとき、 f_1 と f_2 の関係はどうなるか。最も適切なものを、下の①～⑤の中から1つ選びなさい。

この問題も難問とはいえ、レンズによる光の進み方は、中学校で学習する内容ですので意外でした。教科書では、1枚のレンズで学習しますが、問題では2枚のレンズの組み合わせについて出題されています。身の回りのレンズを用いた製品(デジカメ、望遠鏡、双眼鏡など)は複数のレンズが組み合わされています。この程度の応用問題でも、苦手なのかと思いました。

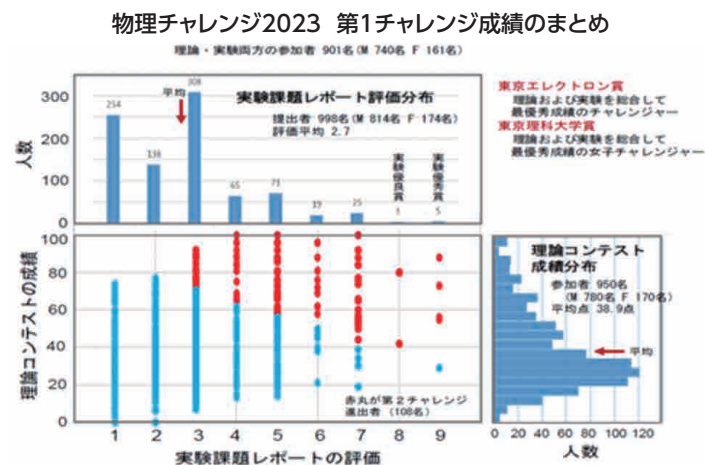
実験でも理論でも過程が重要

近頃は、ネットワークを用いると、簡単に結果が導かれるようになってきました。しかし、これらは多くのデータの蓄積があつてのことです。新たなデータを蓄積するには、科学的な活動は必要です。科学では、結果もですが、その過程が重要です。物理チャレンジに参加した人には、例えば、優秀賞・優良賞を受賞した実験課題レポートを読んで見たり、送られてきた理論問題コンテストの解答・解説を復習したりして、科学の過程を学習してもらえたらと思います。

第2チャレンジ進出者 108名

次のグラフが、実験課題レポート、理論問題コンテスト、第2チャレンジへの進出者の関係を表しています。

実験課題レポート、理論問題コンテストの結果を総合して、第2チャレンジへの進出者108名を決定しました。



物理チャレンジ2023 第2チャレンジ実験問題講評

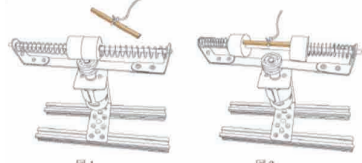
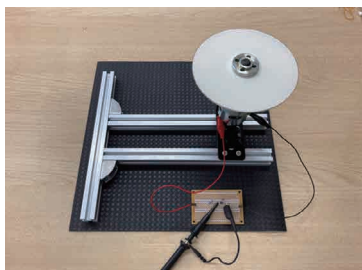


実験問題部会 部長
電気通信大学／元東京大学 末元 徹

今年の実験問題は、2つの大問で構成した。課題1では角運動量の概念を理解し、角運動量保存則が成り立つことを体験してもらった。課題2ではLEDと太陽電池の働きをpn接合の観点から理解することを目標とした。

課題1 回転運動と角運動量保存の法則

フィギュアスケートの選手が回転しながら腕を縮めると回転が速くなるのは、テレビなどでおなじみのシーンである。これは角運動量の保存則から説明できる現象であるが、これを実験で確かめてみようというのが、この課題の狙いである。DCモーターの軸を回転させると、角速度に比例する起電力を発生するので、これをオシロスコープの画面に表示させて角速度の時間変化を記録する。図はモーターの軸に数枚のCD板を取り付けた状態である。これを手で回して減衰の様子を観察し、その結果からCDの枚数によって慣性モーメント I が変わることを確かめ、モーター自身の I と減速トルクを求める。問題の後半では回転中に支え棒を引き抜きバネの力で錘を中心方向へ移動させるという巧妙な仕掛けで、フィギュアスケートを再現した。引き抜きの瞬間に I が小さくなって角速度が大きくなることを確かめてもらう(ここまでで100点)。そのときのエネルギーの変化や、その後の減衰の様子についての設問を「発展問題」として設け、ボーナス点を与えた。

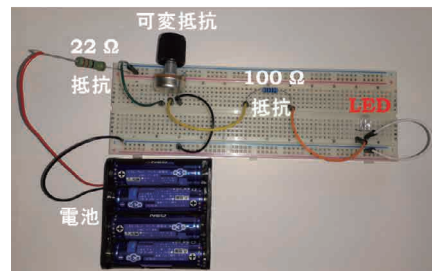


回転運動の実験装置

課題2 LEDと太陽電池

太陽電池は電卓の電源や屋上の発電設備として、発光ダイオード(LED)はペンライトや電気器具の表示として、見慣れたものであるが、いずれも半導体のpn接合という概念で理解できるところに気づいてもらうのが狙いである。実験に用いる回路は、電池ボックスと可変抵抗、LEDなどから構成され、各自ブレッドボード上に組み立てる。そして電流と電圧をデジタルマルチメータで測定する。まず、LEDの電流-電圧特性を測定し、LEDの種類によって電流の流れ始める電圧が異なる事、そして、その電圧と発光の波長がバンドギャップ

の大きさと関係していることを確かめる。LEDの光を太陽電池に照射して電流を測定し、LEDの明るさ(電流値)に対してどのように変化するかを測定する。LEDの光を別のLEDに当てると起電力が生じる(発電できる)ことを確かめてもらうのがユニークな点であった。最後に太陽光のスペクトルを掲げ、太陽電池(Si)とLEDに使われている半導体の発電用材料としての長所短所を論じてもらった。(100点)



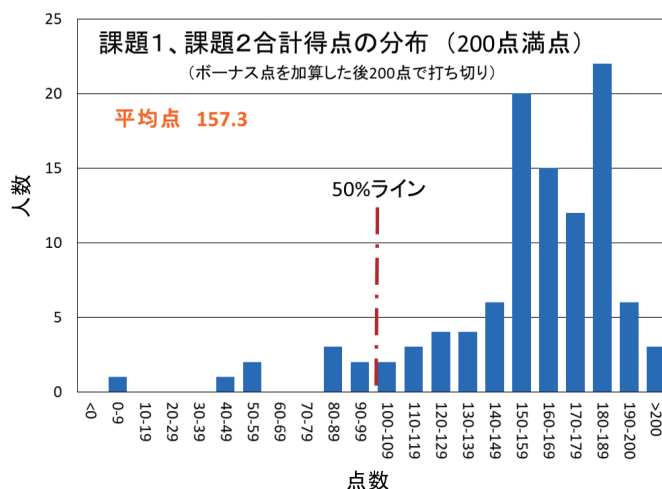
LEDや太陽電池の電流、電圧を測定する回路

成績

今回は多くの生徒が実験を最後まで行うことができたようで、アンケートでは楽しかった、面白かったという感想が多く、実験の面白さを伝えるという点では成功したといえる。

一方、平均点が目標の50%ラインを大きく超えた157.3点という高得点になり、上位者の点差が付きにくいという問題があった。

昨年は課題2の正答率が22%と非常に低く、課題1(80点)と課題2(120点)を合わせた平均点も低く(72.1点)なってしまった。その反省に立って、今回は設問の数を減らし、解答しやすい問題を作成したが、やや行き過ぎたようである。また、実験手順などの指示が細かくされていたので、生徒自身の工夫の余地があまりなかったという点で物足りなさを感じた人もいたようである。簡単な問題から難問までをうまく分布させるなどの工夫が必要と思われる。



物理チャレンジ2023 第2チャレンジ理論コンテスト問題と講評



理論問題部会長
岡部 豊

はじめに

2023年の第2チャレンジ理論試験は岡山国際交流センターで8月20日に行った。第1チャレンジで選考されたチャレンジャーの中で当日参加した者は105名。試験時間は5時間で、問題冊子は表紙を除いて25ページ、解答用紙は15ページであった。

昨年11月より理論問題部会委員で議論を重ね、広い意味の力学、電磁気学、熱学、現代物理の分野から全4問の大問題を出題した。出題範囲は基本的に高校物理であるが、それを超える場合もある。物理的なイメージを持って解答できるように、やさしい導入問題から始めるように工夫した。かなり高度な内容を含んだ問題もある。

各問の出題

第1問は、広い意味の力学として、「力学とくりこみ群」を扱った。くりこみ群は相転移研究などで成功を収めているが、粒子を水平に投げる力学の運動を用いて、くりこみ群の考え方を紹介した。初速 U_0 を与えて、粒子が地球の中心（原点）から最も遠ざかる距離を $R_{max}(U_0)$ とすると、その発散のふるまいを、スケール変換を導入することにより、くりこみ群の考え方を議論した。

第2問は電磁気学で、「電磁波の伝搬と圧力」という問題で、ファラデー（電磁誘導）の法則とアンペールの法則を出発点に、真空中の電磁波と変位電流を確認した。次に、物質中の電磁波の分散関係を求め、また、電磁波が反射するとき、電磁波が及ぼす力を計算し、電磁波が運動量をもっていることを理解させた。

第3問は、統計物理学の「アインシュタインの関係式」、すなわち、ブラウン運動するコロイド粒子の拡散係数 D と易動度 μ の関係を与える式を導出した。拡散定数の見積もりができれば、アボガドロ定数を求められる。知られているアボガドロ定数を用いてブラウン運動をするコロイド粒子の平均2乗変位を計算させた。

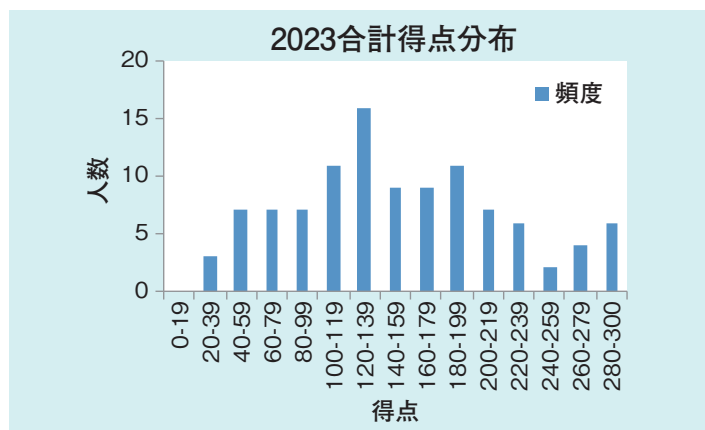
第4問は、「ファブリーペロー干渉計」の問題である。平行薄膜に照射された光の干渉から出発して、ファブリーペロー干渉計（FPI）の原理を考察する。波の式の複素数表現を用いてFPIのエネルギー透過率を計算し、FPIの分解能を議論した。

全体の講評

理論各問の採点結果を表に示すが、全体の平均点は151.6点（約51%）で、2022年度の約60%より低かったが、2021年度の約51%と同程度であった。第1問の力学系の問題はくりこみ群への応用の後半部分は得点が低いものの、前半の得点が高く、全体の平均点は高かった。第2問の電磁気学系の問題は、初めの小問でつまづいた生徒が多く、得点は低かった。第3問のアインシュタインの関係式の問題は、後半の小問もある程度の得点をとれた生徒が多く、全体の平均点は高かった。第4問のファブリーペローの問題は、前半の小問の得点率が高かったが、総合が高得点の生徒が少なく、平均点は高くなかった。

	第1問	第2問	第3問	第4問	合計
配点	75	75	75	75	300
平均点	46.7	22.4	44.2	38.3	151.6
得点率	62.2%	29.9%	58.9%	51.0%	50.5%

得点分布を図に示すが、ほぼ正規分布で、最高点は293点であった。



アンケートでは、各問の難易度は、第1問、第2問が難しいという評価が多く、第3問がやや易しいとした生徒が多かった。内容は、第1問と第3問が、とても興味深いという回答が多かったが、アインシュタイン、くりこみ群というキーワードに魅力を感じたと思われる。

採点は、現地とオンラインのハイブリッド形式で行ない、慣れてきた。しかし、全体の厳しいスケジュールで、判定会議にぎりぎり間に合わせるという状況である。

国際物理オリンピック2023 日本大会 引率役員紀行



国際物理オリンピック派遣委員会 OP 委員
東京大学大学院 理学系研究科物理学専攻 修士1年 吉見 光祐

今年、国際物理オリンピックが日本で開催され、2019年以来の対面開催ということも相まって大いに盛り上がりを見せました。私自身も高校生以来のIPhOでしたので、当時抱いた感懐を思い出しながら参加させて頂きました。ここでは大会がどのような様子であったかを引率役員の視点から紹介したいと思います。

翻訳・採点交渉

引率役員は問題の検討・翻訳作業のために大会期間の大半で代表選手とは行動を別にします。この作業と採点交渉が引率役員の主な仕事となります。これらの詳しい内容は7月号で竹中さんが紹介済みでしたので、ここでは私の所感をお話します。

検討・翻訳作業は試験前日に開始されます。実験装置の実物や採点基準も同時に公開され念入りの検討が可能でした。翻訳では例に漏れず早朝までかかってしまいましたが、その分丁寧に訳せたと思っています。

採点交渉は理論・実験合わせて90分と短く、綿密に作戦を練って臨みました。採点基準が例年と比べて厳格で、ある意味日本的なのかなと感じていました。問題によってはかなり難航しましたが、最後には双方納得のいく結論で終えることができました。



作業に疲れ、コーヒーに大挙する役員の方々

空き時間では・・

IPhOでは役員用のエクスカージョンも用意されているのですが、日本人にとっては馴染み深い場所ばかりでしたの



到着時の記念撮影

でホテル周辺で過ごしていました。空き時間にはホテルから一望できる神宮球場での試合を眺めたり、毎日発行されるニュースレターをよすがに選手たちの楽しげな様子を感じたりしてリラックスしていました。

セレモニー・イベントなどなど

大会を盛り上げる行事も多数用意されていました。

開会式や閉会式では和太鼓や琴が披露されるなど日本文化満載といった感じで和やかな雰囲気が流れていました。何度か立食パーティーも催されたのですが日本食はやはり人気ようで、寿司や焼き鳥などは熾烈な争奪戦が繰り広げられていました。

また特別公演としてノーベル賞受賞者である梶田先生・天野先生のお話を頂戴しました。特に分野が近いこともあり、人生哲学を交えながらご自身の経験を語ってくださった天野先生のお話は非常に印象的でした。

最後には日本選手の皆さんから役員全員へ色紙をいただきました。研修への感謝や成長への自信の言葉が綴られており携わってきた一員として嬉しく思いました。

おわりに

IPhOに対してこれほど衆目が集まったことには、以前より知っている人間として感慨深いものがありました。この日本大会を機に、野球好きにとっての高校野球のように、物理を愉しむ人たちにとっての夏の風物詩のようになればいいなと思っています。