特定非営利活動法人物理オリンピック日本委員会会報

JPhO News Letter

Japan Physics Olympiad

No. 16　2016 年 12 月

CONTENTS

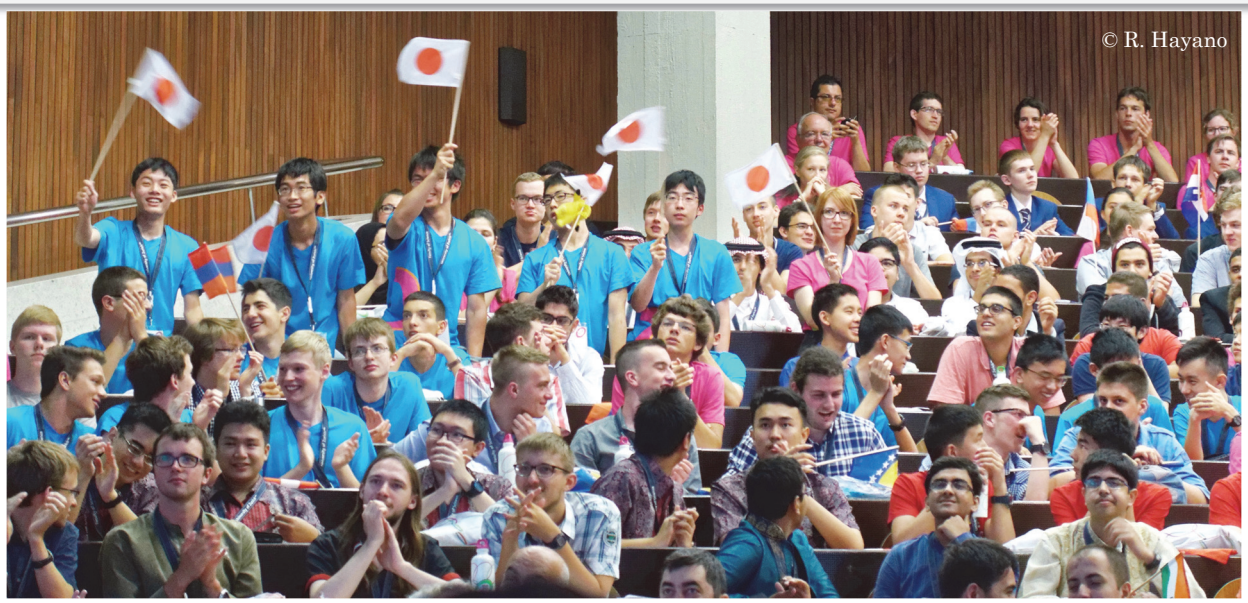
国際物理オリンピック 2016
スイス・リヒテンシュタイン大会
02　全体報告
03　日本代表選手たちの声
04　理論コンテスト
05　実験コンテスト
物理チャンレジ 2016 野田大会
06　第 1 チャレンジ理論コンテスト
07　第 1 チャレンジ実験レポート
08　第 2 チャレンジ全体報告
09　第 2 チャレンジ理論コンテスト
10　第 2 チャレンジ実験コンテスト
11　第 2 チャレンジ参加者の声
12　物理チャンレジ OP たちは今/JPhO だより

国際物理オリンピック2016
スイス・リヒテンシュタイン大会

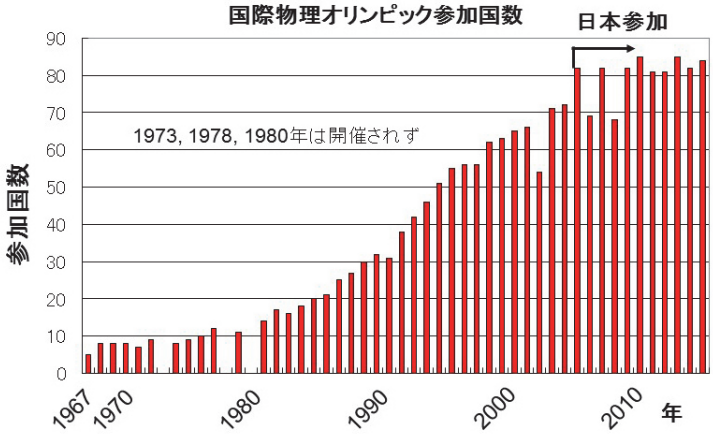
物理チャレンジ 2016
第2チャレンジ 野田大会

特定非営利活動法人 物理オリンピック日本委員会
NPO The Committee of Japan Physics Olympiad (JPhO)
Tel: 03-5228-7406　E-mail: info@jpho.jp　HP: www.jpho.jp/

国際物理オリンピック 2016 スイス･リヒテンシュタイン大会報告



7 月 11 日から 17 日までの 7 日間，スイス・チューリッヒにおいて，第 47 回国際物理オリンピック 2016 スイス・リヒテンシュタイン大会（International Physics Olympiad, IPhO2016）が開催されました．日本からは代表選手 5 名が参加．教員・OP の派遣委員 6 名がサポート業務のために同行しました．今大会では，84 カ国から 398 名の代表選手が参加しました．出題された理論問題および実験問題の詳しい解説は 4, 5 ページに掲載しています．



今大会のスケジュール

日程は次の通りです．従来，10 日間程の日程だった IPhO が，今年は 7 日間に短縮されました．採点のための時間を大幅に縮小した結果です．開催国の採点チームの努力は大変なものだったと想像します．さまざまな言語で書かれた約 400 人の代表選手たちの答案を理論･実験ともにほぼ 1 日で採点したようです．

日本代表団の主な日程：

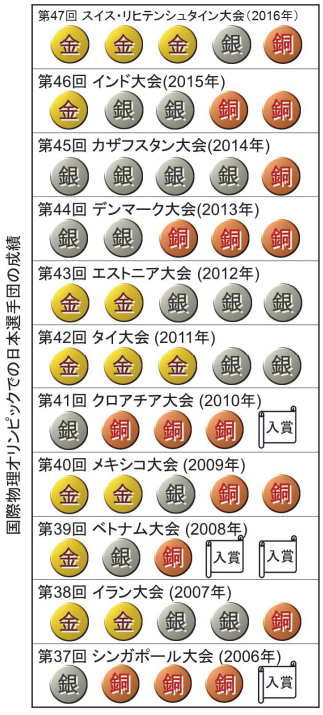
日	代　表　選　手	引　率　役　員
7 月 9 日（土）	結団式	
7 月 10 日（日）	成田発・チューリッヒ着・大会登録	
7 月 11 日（月）	開会式	
	エクスカーション	実験問題の検討および翻訳
7 月 12 日（火）	実験問題試験	エクスカーション
7 月 13 日（水）	エクスカーション	理論問題の検討および翻訳
7 月 14 日（木）	理論問題試験	実験問題採点
7 月 15 日（金）	エクスカーション	理論問題採点
7 月 16 日（土）	エクスカーション	問題採点調整会議・国際会議
7 月 17 日（日）	閉会式	
7 月 18 日（月）	チューリッヒ発	
7 月 19 日（火）	日本帰国・文部科学省表敬訪問	

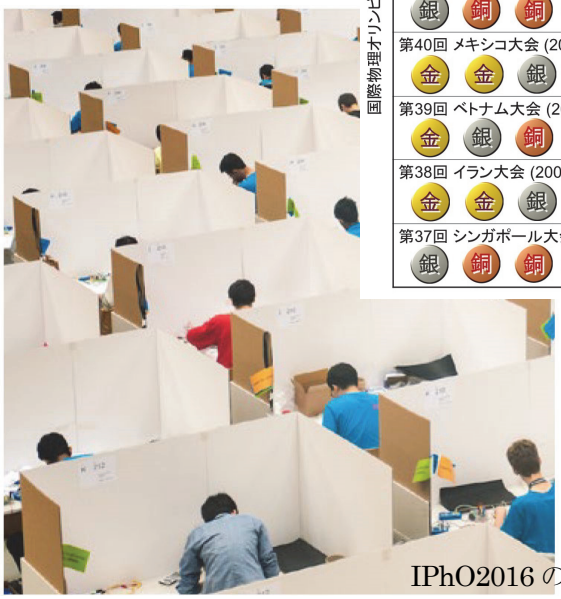
今大会の日本選手団の成績

福澤 昂汰（ふくざわ こうた）	筑波大学附属駒場高等学校（東京都）	3年　金メダル
吉田 智治（よしだ さとし）	大阪星光学院高等学校（大阪府）	3年　金メダル
渡邉 明大（わたなべ あきひろ）	東大寺学園高等学校（奈良県）	2年　金メダル
吉見 光祐（よしみ こうすけ）	灘高等学校（兵庫県）	1年　銀メダル
髙羽 悠樹（たかは ゆうき）	洛星高等学校（京都府）	3年　銅メダル

※吉田さんは2015年の国際物理オリンピックで銀メダルを獲得
※渡邉さんは2015年の国際物理オリンピックで金メダルを獲得

今回は，全体で金メダル 47 名，銀メダル 74 名，銅メダル 98 名でした．日本チームは 3 名が金メダル，1 名が銀メダル，1 名が銅メダルを獲得し，日本代表選手全員がメダルを獲得しました．吉田さんと渡邉さんは，昨年に続いて 2 回目のメダル獲得です．そのうえ，渡邉さんは，総合成績で世界第 8 位の成績を修めました．また，国別のメダル獲得数では日本チームは世界第 6 位に入りました．





IPhO2016 の試験会場

国際物理オリンピック 2016 スイス・リヒテンシュタイン大会　日本代表選手たちの声

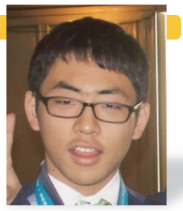
今までの 18 年間で一番楽しい思い出

国際物理オリンピック 2016 銅メダル
洛星高等学校（京都府）
3年　髙羽 悠樹

IPhO では，いろいろな国の人とコミュニケーションをとるという貴重な体験ができました．しかし，英語力が足りないせいでそれほど深い話や物理に関する話などはできなかったことは悔しかったです．いつかはきっと彼らとそのような話をしてみたいです．また，英語力だけでなく，もちろん物理においても，世界にはこんなにすごい同年代の人がいるのか，と驚かされて，もっと多くのことを学び経験しなければいけないと感じさせられました．物理をさらに意欲的に学ぶきっかけになったという意味で IPhO や研修はいい経験となり，今までの約 18 年間で一番の楽しい思い出になりました．

理論問題では，第 2 問で振動を思いつくことが出来なかったのであまり得点できませんでしたが，全体としてはいつも通りの得点でした．実験問題では，第 1 問で指示を読み飛ばしてしまったので正しい計測ができず，そこで時間を使ってしまい，第 2 問で時間があまり使えませんでした．そのため結果もあまりよくありませんでした．問題で指示を読み飛ばすことは，IPhO に限らずあらゆる問題で注意しないといけないことなので，この失敗は一つの大きな教訓になりました．

面白そうな題材の問題が多かった



国際物理オリンピック 2016 金メダル
筑波大学附属駒場高等学校（東京都）
3年　福澤　昂汰

今回の IPhO は，自分が物心ついてから初めての海外ということもあり不安でしたが，他国の選手と交流したり，開催国の文化や雰囲気を感じたり，日本では出来ない様々なことが新鮮でとても楽しかったです．ですが，中々相手の話している英語が聞き取れなかったり，こちらからも上手く話せなかったりと，英語でコミュニケーションをとることの難しさや，自分の英語力不足を強く感じました．IPhO の出題範囲の勉強を優先していたためにまだ範囲外のことをほとんど何も勉強出来ていないので，今後の自分の課題を認識させられました．

試験は苦労しながらもやりきれたという感触はあり，採点の交渉してくださった OP 委員や先生方のお陰で思っていたよりもかなりよく非常に満足いく結果だったのですが，実験試験の第 2 問は深く理解できれば面白そうな題材の問題が多かっただけに終始焦りっぱなしで試験を楽しむ余裕が無かったことが唯一心残りでした．

試験前には音楽が流れていて緊張しなかった

国際物理オリンピック 2016 金メダル
大阪星光学院高等学校（大阪府）
3年　吉田 智治

去年のインド大会とあわせて 2 度目の IPhO 参加となりましたが，前回と似たような内容だったかというとそうではなく，新鮮な気分で参加することができました．試験前には音楽が流れていて，少しずつみんなのボルテージが上がっていくのを感じました．緊張せず試験に臨むことができたのは，この独特の雰囲気のおかげだと思います．

試験については，理論試験の第 2 問を試験の終盤まで悩みぬいて，Part B のグラフが描けたことと他の問題をほぼ完答できたことに前回大会からの成長を感じてうれしかったです．また，ある程度余裕を持って試験を楽しみながら解くことができたのもよかったです．その結果として金メダルが取れたことは誇りに思っています．

今回はアジアとヨーロッパの違い，および自分の成長を見ることができ，非常に有意義な大会でした．この経験を活かし，将来アカデミックの場で活躍できるよう精進したいと思います．また，この大会に参加するにあたって協力してくださった関係者の方々には本当に感謝しています．ありがとうございました．

国際的に研究したいという思いが強くなった

国際物理オリンピック 2016 銀メダル
灘高等学校（兵庫県）
1年　吉見　光祐

物理を学んでいく上での一つの節目として目標にしてきた IPhO に出場し，メダルを獲得できて嬉しく思います．講義や施設見学などの物理に関する刺激を得るだけでなく，様々な文化や考えを体感することができ，将来，国際的に研究したいという思いが強くなりました．

理論試験では，第 2 問で問題の意図が分からず詰まってしまい，そこに固執してしまったことを悔しく思います．今後，より柔軟な対応ができるように努力したいと思います．実験試験では，珍しい問題が多く楽しみながらすることができました．第 1 問の最後の Part では精度のよい測定ができず，時間がなかったのでその原因が追究できなかったことが残念でした．試験では思うようにいかない面も多々ありましたが，それらの反省を生かして今後も物理を楽しみながら勉強していきたいと思います．

個人的目標であったベスト 10 入りを達成

国際物理オリンピック 2016 金メダル
東大寺学園高等学校（奈良県）
2年　渡邉　明大

2 回目の IPhO となった今回のスイス大会であったが，前回のインド大会に引き続き，金メダルをとれて本当にうれしかったです．総合順位も前回の 13 位からあがって 8 位と，今年の個人的目標であったベスト 10 入りを達成できました．支えて下さった周囲の方々のお蔭です．本当にありがとうございました．

交流の面では，まだまだ英語力に不安はあるものの，去年よりは頑張って交流できたと思います．去年参加した人とも再会できたのもよかったです．他の日本代表選手ともいろいろなことを話し合ったり遊んだりして交流を深められ，今後とも仲良くしたいです．

その一方で，物理現象の理解の甘さや，精神面での弱さ，土壇場での注意力不足，英語力の欠如など，いろいろ反省すべき課題も見つかりました．僕は来年も参加するチャンスがありますが，参加するかしないに関わらず IPhO を通して見つけた自分の弱点を克服し，成長につなげたいと思っています．

国際物理オリンピック2016スイス・リヒテンシュタイン大会で出題された理論問題

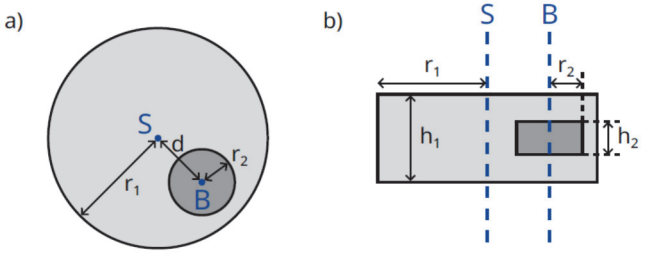
国際物理オリンピック派遣委員会
河合塾　杉山 忠男

理論試験は各10点満点の大問3つから成り，選手たちは5時間かけて問題に取り組んだ．今年の問題は，オリンピックとして標準的な難易度であった．

第１問:力学

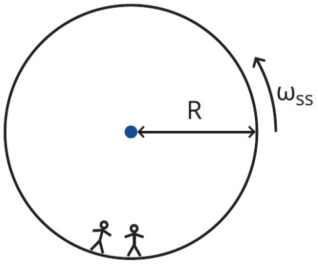
【Part A: 隠された円盤】

金属円盤が埋め込まれ木製円柱を用いて金属円盤の位置を定める問題である．慣性モーメントと回転運動方程式が正しく身に付けられているかどうかが問われている．



【Part B: 回転する宇宙ステーション】

宇宙ステーションを回転させることにより人工重力を得る問題である．回転座標系で運動している物体に作用するコリオリ力の理解，また，慣性系での考察から回転座標系での運動を予測する能力が問われた．前半の問いまでは，日本選手も健闘していたが，後半の問いにはかなり苦戦していた．



第2問　電気回路における非線形ダイナミックス

双安定な（２つの安定な状態をもつ）非線形素子の不安定性とダイナミックスを考察する問題である．そのような素子（サイリスタという）の無線送信機への応用，さらに，神経系のニューロンの興奮性とパルスの伝達に似た性質をもつ半導体チップであるニューリスタのモデルを考察する．

【Part A: 定常状態と不安定性】

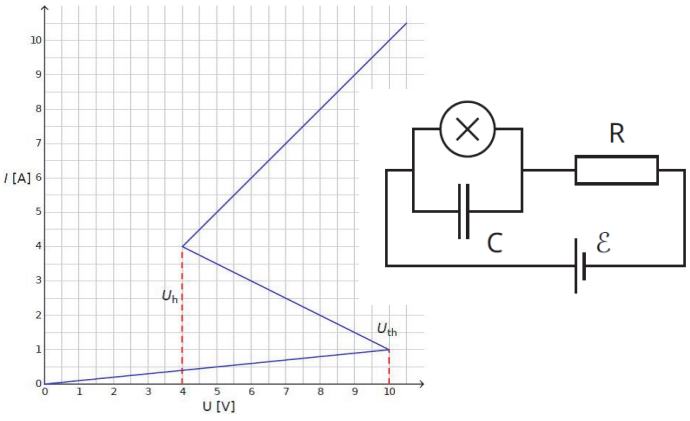
特殊な 特性をもつ非線形素子Xに，抵抗，コイル，直流電源を直列接続した回路を考えて，定常状態の安定性を議論する．

【Part B: 物理学のなかの双安定非線形素子：無線送信機】

素子Xとコンデンサーを並列に，それらに抵抗と電圧 E の電源を直列に接続した回路を考察する問題である．

【Part C: 生物学のなかの双安定非線形素子:ニューリスタ】

Part Bで考えた回路で，電源電圧 E を15.0 Vと12.0 Vの間で変化させて，１回だけ振動して元の状態に戻るニューリスタの特徴を考察する問題である．



非線形素子Xの $I-V$ 特性

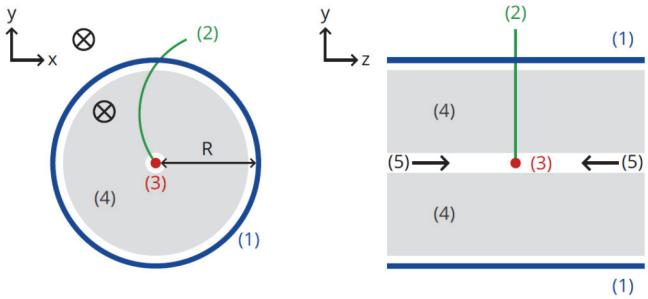
日本選手は，PartAとPartBでは善戦していたが，Part Cではかなり苦戦していた．問題の意味を正確に読み取ることが難しかったようである．

第3問　大型ハドロン衝突型加速器

スイス・ジュネーブの CERN 研究所にある粒子加速器 LHC の物理に関する問題である．

【Part A: LHC 加速器】粒子の加速と放射に関する問題．

【Part B: 粒子の識別】



加速した陽子どうしを正面衝突させ，発生する粒子の識別と同定を行う問題である．

日本選手はかなり健闘していたが，中には，相対論的扱いに不慣れな選手も見られた．

物理オリンピックの理論問題で例年見られる傾向であるが，今回の理論問題では，実験家の寄与が目立つように思われる．問題のテーマを実験家から出してもらう場合でも，もう少し興味深い理論的側面を提示することも必要であろう．IPhO の理論問題の作成に，理論家の積極的な関与を望みたい．

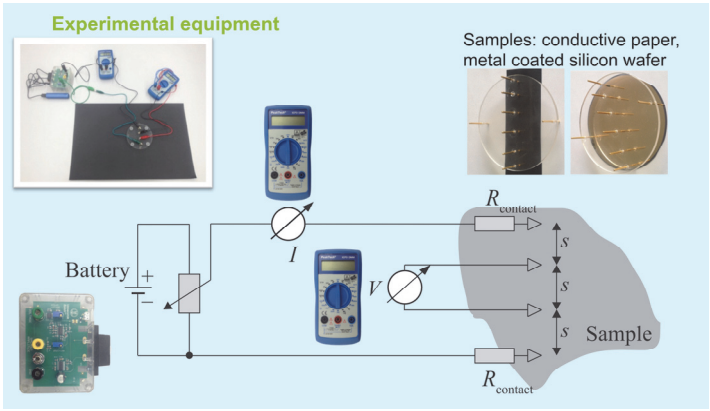
国際物理オリンピック2016 スイス・リヒテンシュタイン大会で出題された実験問題

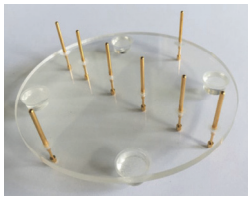
国際物理オリンピック派遣委員会
岡山県立岡山一宮高等学校　中屋敷 勉

実験問題１　2次元における電気伝導度

半導体技術に基づく次世代デバイスを開発するために，優れた特性を持つ材料を見つけることは重要なことである．実験問題１は，その特性の中でも電気抵抗に注目し，その測定に関して，用いる回路，測定電極の配置，資料の形状の３つのパラメータの影響を調べさせるものである．

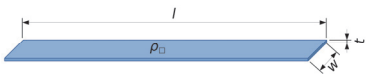
まず Part A では，四端子（4PP）測定法による抵抗率の測定である．試料として，黒鉛でコーティングされた導電紙を用いる．これに，バネ付きピンが装着された専用の測定端子を用いて，電流を変化させながら電圧を測定し，グラフから電気抵抗を求め，さらに抵抗の不確かさを求めるというものだ．四端子法は５月の実験合宿で研修しており，全員ほぼできていた．





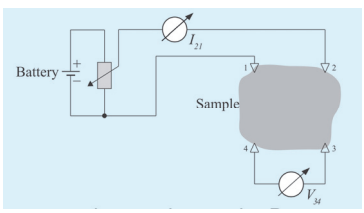
Part B は，Part A で得られたデータを用いて，試料の面抵抗率を計算させるもので，理論も示されており全員正解であった．

Part C は，異なる試料サイズでの測定である．試料の大きさにより同じ電圧をかけても電流値が異なるが，面抵抗率は試料の大きさに依存しない．そこで補正係数を用いなければならないが，それを測定値から決定するものである．理論も示され測定条件も指定されているため，丁寧に測定を行えば完答できるものであり，これもほぼ全員が正解できていた．



Part D は，形状補正係数とスケール則のパラメータを決定する問題である．そのために，Part C で測定したデータでグラフを書き，与えられた形状補正係数を表す関数でフィッティングさせて関数のパラメータを決定しないといけない．ここで，Answer Sheet には３種類のグラフ用紙（方眼，片対数，両対数）が用意され最も適切なものを選択して書くよう指示があった．対数グラフは冬合宿の実験研修のなかで簡単には説明していたものの，実際に書かせる機会は設けていなかったので心配していたのだが，両対数グラフで書いたのは１名，他の者は対数を計算し方眼紙に適切に書くことが出来ており，意味はよく理解できているようであった．

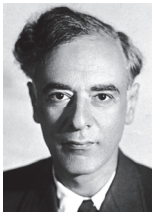
Part E は，シリコンウェハと van der Pauw 法についてである．ここでは試料にクロムの薄膜がコーティングされたシリコンウェハを用いる．まず，これまでと同様に四端子法により電圧と電流の測定を行い，グラフから抵抗を求め，さらに補正係数を求め，クロム膜の面抵抗率を求めさせる．前の Part と同じ手順のため概ね正答できていた．



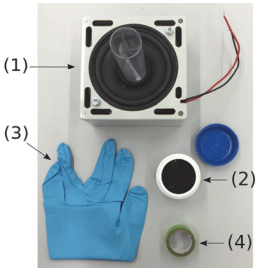
後半は，形状補正なしに面抵抗率を求めるために，フィリップス社の技術者である L.J. van der Pauw の開発した測定法を使って測定を行うというものである．測定時に電極の配置を変えて測定し，van der Pauw 法と結果を比較し，最後にクロムの抵抗率の計算をさせるものだ．

この問題で求められた実験のスキルは，実験器具の取り扱いと測定技術，データ取得の正確さ，データのグラフ化，フィッティングと不確かさの確定というデータ解析能力である．

実験問題2　飛び跳ねるビーズ

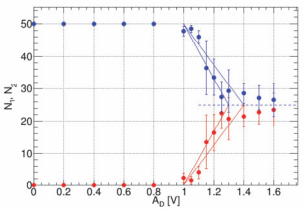


実験問題２は，相転移に関し，自由エネルギーを秩序変数に展開して相転移を議論する Landau の理論を背景に，相転移現象をユニークなモデル実験で調べるというものである．連続相転移におけるいくつかの特徴の一つは，不安定性が粒子の集団的なふるまいにどのように影響を与え相転移に至るかで，今回の実験はマクロな状態変化が粒子の励起にどのように依存するかを調べるというものである．



用いた装置は写真のようなもので，(1)はスピーカのコーンの中心にアクリル筒を立て，下方中央に高さ1cmほどの仕切り板が付いたもの，(2) (4)は筒の上部を塞ぐためのゴム手袋とテープ，(3)は約 100 個の芥子の実（粒子）である．

Part A は，相転移に伴う臨界励起振幅を求めさせる問題である．電圧を変えスピーカをさまざまな振幅で振動させ，仕切り板の左右の粒子数を数え上げ，統計処理を行いグラフ化し，臨界値を求めさせる．正確に実験を行えば特に難しくなく，選手も概ねできていた．



Part B は，スピーカに加える電圧ではなく実際の振幅を知るためのキャリブレーションをさせる実験である．ここでは，実際の振幅を測るための実験の概略図を書かせ，実際に計測し校正を行うというものである．与えられた器具などすべて用いてよいというものであった．得られた結果のグラフから校正のための関係式を決定させ，粒子の臨界励起振幅を求めるという流れである．

Part C は，通常の相転移現象における温度に対応するものは，ここでは，粒子の飛び跳ね運動のエネルギーに対応しており，スピーカーの振動の速さの２乗に比例する．すなわち，信号発生器の振動数 f と振幅 A を用いて $v^2 = A^2 f^2$ と表せる．ここでは，この関係が成り立つか検証し，秩序変数のべき乗的な振舞を決定する指数を決定させる問題であった．

この問題で求められた実験のスキルは，誤差の伝搬，不確かさの解析，誤差の概算，関数のグラフ化，実験のデザインなどである．

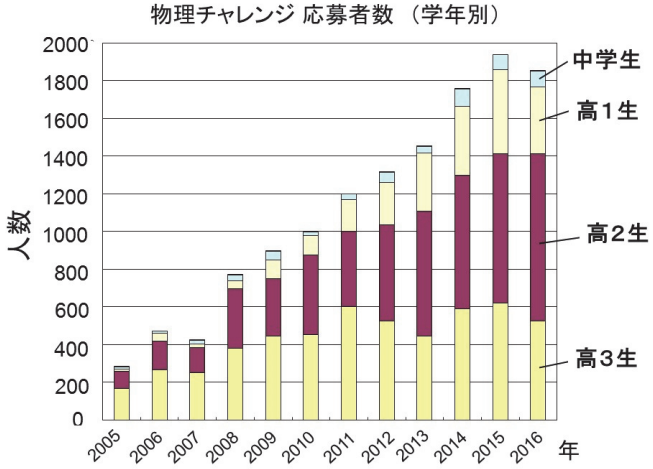
全体的に取り組みやすい良い問題であったと思われる．

物理チャレンジ 2016 第 1 チャレンジ理論問題コンテストの講評

第 1 チャレンジ部会長
埼玉大学　近藤　一史

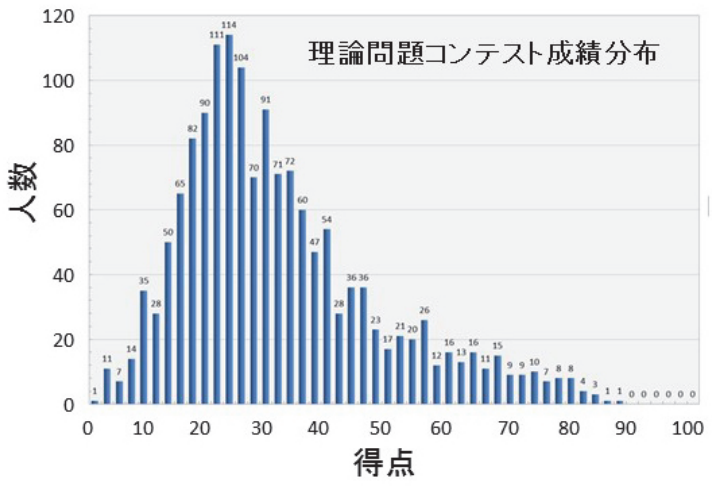
参加者数，去年より減少

今年の第 1 チャレンジ理論問題コンテストは 7 月 10 日に行われました．参加者は 1,527 名で，物理チャレンジが始まって以来初めて減少（昨年より 135 名減）しました．物理チャレンジへの申し込み，実験課題レポートの提出も同じように減少し，関係者は残念に思っています．原因は明確にはわかりませんが，他の科目のオリンピックと開催時期が重なったため，あるいは実験課題が取り組みにくかったため，などが考えられます．しかし，高校 2 年生の参加者は増え，全体で 1,500 名を超えたことをうれしく思っています．



平均点は昨年よりダウン，高得点不在

理論問題コンテストの平均点は，31.85 点でした．昨年は 36.07 点で，ここ数年の平均点は 30 点台ですので，あまり問題ないと思われるかもしれませんが，そうでもなさそうです．理論問題コンテストの問題は，10 名以上の委員が持ち寄って問題を選び，さらに物理チャレンジにふさわしい問題にするため，徹底した議論に基づいて作成しています．私個人の感想ですが，今年の問題は例年に比べると難しいとは言えず，むしろ易しいと感じていました．それなのに，平均点が下がったのは意外で，少し心配しています．



上記のように，委員が持ち寄り，議論を重ねて作成するので，例年，出題者以外の委員が解こうとしても，なかなか満点がとれない問題になっています．しかし，例年，満点を含む高得点を出す参加者がいるので，毎年驚かされていました．ところが，今年は，平均点が低いことに加え，90 点以上の得点者がいないことも特徴でした．

点数の低かった問題

今回満点がいなかったのは，いくつかの正答率の低かった問題に原因があるのかもしれません．理論問題コンテストでは「引っかけ問題」を作成する意図はありません．しかし，物理をじっくりと考えてもらうために，あまり安易に解答すると間違うような問題を積極的に出題しています．結果的に，「引っかけ問題」になってしまったかもしれませんが，もう一度考えて見て欲しいと思います．

問 1　図のように，球形の物体が水平面上を転がっている．この物体が，摩擦のある斜面をすべらずに転がり上り，最高点に達した後，またすべらすに転がり下りてきた．斜面を上るときと，下るときに物体にはたらく摩擦力の向きを説明したものとして，最も適当なものを，次の①～④の中から 1 つ選びなさい．

問 2　質量 m の小物体を次の A, B, C の方法で，同じ初速 v_0 で打ち出した．それぞれの最高点の高さを比較して，最も高くなるのはどの方法か．最も適当なものを，下の①～⑦の中から 1 つ選びなさい．

問 3　図のように，コイルの両端を合わせて円形のトロイダルコイルを作った．コイルに図中の i の矢印の向きに電流を流すと，コイル内には図中の B の矢印の向きに磁場が生じた．このコイルの外側 P 点における磁場の向きはどちら向きか．最も適当なものを，下の①～⑤の中から1つ選びなさい．

上の 2 問は力学の問題です．問 1 は，「摩擦力は運動の方向と逆向きに働く」と思い込んだために正答率 4%と最低でした．問 2 は，なぜか斜面を上がる方が到達する高さが低いと考えたため，正答率 19.3%でした．問 3 は，ソレノイドコイルと思い違いをしたのか，正答率は 17.7% でした．

物理チャレンジのホームページに問題と正解・解説が載っていますので，参照して下さい．

物理チャレンジ 2016　第1チャレンジ　実験課題レポートの講評

第１チャレンジ部会
電気通信大学　　鈴木 勝

実験課題レポート 1,533 通

第１チャレンジでは，自宅や学校などで実験ができて，さまざまな工夫もできるテーマを実験レポートの課題として出題しています．今回の実験課題は皆さんも良く利用する乾電池を題材として**『単３乾電池１本から取り出せるエネルギーの総量を求めよう』**としました．第１チャレンジの実験課題で電気のテーマを取り上げたのは実は今回が初めてでした．締め切りの 6 月 17 日までに 1,533 通のレポートが届きました．このレポート数は昨年より 150 通ほど少なくなっていますが力作が増えたようです．届いたなかで中学生以下からのレポートが 59 通含まれていました．

実験課題での取組み

今回の課題では共同実験者を 4 名以内とする制限を設けました．ここで共同実験者とは実験やデータ解析などを共同で行った人のことで，実験のアドバイスをもらったり，単に手伝ってもらった人は含まれません．友達と一緒に実験を行ったり，結果を議論することは楽しいことです．それと同時に，皆さんが多く手を動かすことで実験を楽しんで頂きたいと考えました．

多くの皆さんは，電池から取り出せるエネルギーの総量を，電池に抵抗をつなぎ両端の電圧の時間変化を測ることから求めたり，抵抗で水などを暖めてその温度上昇を測ることから求めていました．実験することで気づいたと思いますが，小さい単３乾電池にも多くのエネルギーが蓄えられていています．単３マンガン電池の場合，条件によって変わりますが 100 mA の電流をおよそ７時間は流し続けることができます．このために水の温度上昇の測定では，外部に熱が逃げてしまって誤差が大きくなり、測定が難しかったようです．

レポートには，複数の方法を試したり，独創的なアイデアでチャレンジしたり，測定に創意工夫が見られるものが多くありました．エネルギーを取り出す方法は抵抗を利用する方法以外に，モーターを回転させて仕事をさせる，LED を点灯させる，コンデンサーに電荷を蓄える方法などがありました．長時間にわたる自動計測の工夫をした取組みもありました．

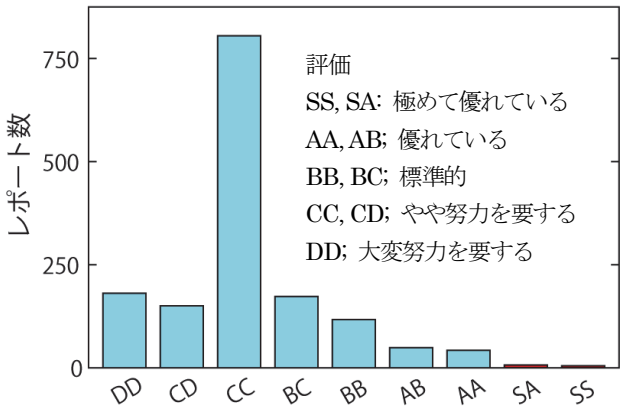
電池を使う条件を変えることは面白いことです．小さな値の抵抗をつなぐとき取り出せる電流の総量（電荷）は変わらないけれども取り出せるエネルギーの総量は小さくなるとの報告もありました．また電池をときどき休ませて使う，温度を変えることでも取り出せるエネルギーの総量が変わることが報告され，各自が実験の過程でいろいろなことに気づきながら実験した様子が伝わってきました．

採点の結果

今回のレポートでは，書き方をこれまでから少しだけ変更して，表紙の次にレポート全体の要約（要旨）を書くことをもとめました．専門的な研究論文や報告の多くは要旨を書きます．これは読者に重要な点をはじめに理解してもらうことで全体を見通しよく読んでもらう工夫のひとつです．

レポートの評価採点は，延べ約 60 名の先生方が 2 日間にわたって行い，下図に示すように「SS」から「DD」までの 9 段階で評価しました．レポートを作成する期間は半年近くもありましたので，何度も実験を繰り返して大変努力したレポートもありましたので，たった１回の実験だけのレポートでは評価はあまり高くなりません．また，短時間の測定から総エネルギーを算出した実験と長時間の測定では結果の精度も違います．短時間で行った実験でも，もうひと工夫や改良をすると面白い考察ができたのではないかと思うレポートもありました．多くの皆さんは測定した結果をグラフに表していました．グラフにすることで，測定結果の全体的な様子が良くわかります．その結果の理由を考えるきっかけにもなり，観察した現象の理解が深まるのではないかと思います．

実験課題レポートの成績分布



物理チャレンジでは，学校の授業では「合格」や「A」の評価になるレポートでも，長期間にわたって工夫を重ねたレポートと比較すると「B」や「C」という評価になります．今回は昨年より「C」の評価のレポートが多くなりました．

実験レポートを採点する先生方は物理の専門家です．そのような先生方をうならせるような工夫や努力が見られるレポートは「A」の評価を付けます．また，特にすばらしい創意と工夫が認められるレポートは「S」の評価になります．1,533 通のレポートのうち，「SS」という評価がついた実験レポートは 5 通，「SA」という評価がついた実験レポートは 7 通あり，それぞれ「実験優秀賞」と「実験優良賞」として表彰することになりました．

実験優秀賞受賞者

東海高等学校	2 年生	南	光太郎
名古屋高等学校	2 年生	吉水	純弥
帝塚山高等学校	2 年生	寺尾	樹哉
灘高等学校	1 年生	吉見	光祐
山口県立高森高等学校	2 年生	植木	みさと

物理チャレンジ 2016 第2チャレンジ 開催される

物理チャレンジ 2016 実行委員長
元東北大学　近藤 泰洋

新しい開催地，東京理科大学野田キャンパス

物理チャレンジは今年で 12 回目を迎え，新たな試みがいくつかなされました．8 月 19 日から 22 日にかけて開催された第 2 チャレンジは，千葉県野田市にある東京理科大学野田キャンパスで行われました．これまで，岡山県と茨城県の会場で交互に行われていましたが，今年，はじめて野田での開催となりました．

今年の第 2 チャレンジへの参加者は 103 名となりました．高校 3 年生が 49 名，高校 2 年生が 42 名，高校 1 年生が 10 名，中学 3 年生が 1 名，既卒生が 1 名でした．

今年の第 2 チャレンジでは，昨年同様，初日に集合・受付後，30 分間のオリエンテーションに引き続いて試験時間 5 時間の実験コンテストを行いました．翌日には，やはり試験時間 5 時間の理論コンテスト，その後，記念撮影とフィジックスライブを行いました．新たな試みの 2 番目として，経費節減のため，試験会場ではダンボール紙製パーティションで区切られた個別ブースを設けました．アンケートから見る限り，ほとんどの参加者は圧迫感を感じることなく，試験に集中できたようです．3 日目には，サイエンスツアーとして東京大学柏キャンパスの 5 研究機関（新領域創成科学研究科，宇宙線研究所，物性研究所，大気海洋研究所，国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構）を見学し，その間，昼食を兼ねた若手研究者との交流会と 2015 年ノーベル物理学賞受賞者である宇宙線研究所所長梶田教授の講演が行われました．アンケートによると，フィジックスライブ，サイエンスツアー共に参加者に刺激を与えたようです．

新たな試みの 3 番目として，問題解説会をサイエンスツアーから宿舎に帰った後に行いました．参加者がサイエンスツアーに参加している間，先生方は採点作業にあてることができたため，参加者の得意，不得意部分を考慮しながら問題説明会を行うことができました．また，参加者からも解けなかった問題の質問などが多数飛び出し，大変有意義な解説会となりました．

最終日には台風が接近したため，交通混乱を予測して閉会式を取り止め，表彰式のみとしました．表彰式では，金賞を 6 名に，銀賞を 12 名に，銅賞を 13 名に，優良賞を 18 名に，特別賞として，最優秀賞とつくば科学万博記念財団理事長賞を各 1 名に授与しました．また，来年の国際物理オリンピック日本代表選手候補者として高校 2 年生までの参加者 15 名を選抜しました．選抜者のうち 7 名が国公立高校の在校生であり，また，代表候補者の所属校のうち 8 校が今回初めて代表候補者を出したことも，最近 5 年間では初めてのことでした．これらは，物理チャレンジへ挑戦する意欲が全国の高校 2 年生以下の生徒たちの間に広く高まったことを示していると思われます．

最後になりますが，第 2 チャレンジに御協力いただいた東京理科大学と東京大学，千葉大学の皆様に厚く御礼申し上げます．

以下，各賞の受賞者の名前を記してその栄誉を称えます．

成績優秀者

・最 優 秀 賞（理論・実験コンテスト総合成績でトップ）
渡邉 明大　東大寺学園高等学校　2 年生（奈良県）

・つくば科学万博記念財団理事長賞（最も発想豊なチャレンジャー）
髙羽 悠樹　洛星高等学校　3 年生（京都府）

・金賞

安藤 貴政	岡山県立岡山朝日高等学校　2 年生（岡山県）
市橋 正裕	岐阜県立岐阜高等学校　3 年生（岐阜県）
末長 祥一	岡山県立倉敷天城高等学校　3 年生（岡山県）
髙羽 悠樹	洛星高等学校　3 年生（京都府）
吉見 光祐	灘高等学校　1 年生（兵庫県）
渡邉 明大	東大寺学園高等学校　2 年生（奈良県）

・銀賞

伊藤 大悟	開成高等学校 3 年生（東京都）
大島 鴻太	東海高等学校 3 年生（愛知県）
小川 順生	清風南海高等学校 3 年生（大阪府）
加嶋 颯太	新潟県立新潟高等学校 2 年生（新潟県）
喜田 輪	初芝富田林高等学校 1 年生（大阪府）
藏下 隼人	大阪府立天王寺高等学校 2 年生（大阪府）
斉藤 秀洋	筑波大学附属駒場高等学校 2 年生（東京都）
千歳 彬文	開成高等学校 2 年生（東京都）
富山 毅	三重県立四日市高等学校 3 年生（三重県）
中江 優介	大阪府立北野高等学校 2 年生（大阪府）
沼本 真幸	岡山県立岡山朝日高等学校 2 年生（岡山県）
橋本 信歩	清風南海高等学校 3 年生（大阪府）

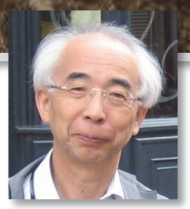
・銅賞

氏野 道統	大阪星光学院高等学校 1 年生（大阪府）
小川 彪	埼玉県立大宮高等学校 3 年生（埼玉県）
小田原 光一	大牟田高等学校 3 年生（福岡県）
河内 大輝	洛南高等学校 3 年生（京都府）
越田 勇気	海城高等学校 2 年生（東京都）
小宮山 智浩	埼玉県立大宮高等学校 2 年生（埼玉県）
杉本 望	富山県立富山中部高等学校 3 年生（富山県）
田中 直斗	北海道札幌南高等学校 3 年生（北海道）
千葉 遼太郎	公文国際学園中学校 3 年生（神奈川県）
野口 裕一郎	青森県立八戸高等学校 3 年生（青森県）
森田 瞭平	東京都立小石川中等教育学校 6 年生（東京都）
門間 爽汰	秋田県立秋田高等学校 3 年生（秋田県）
李林 嘉元	渋谷教育学園幕張高等学校 2 年生（千葉県）

・優良賞

新居 智将	開成高等学校 1 年生（東京都）
今井 啓貴	洛南高等学校 3 年生（京都府）
岩渕 颯太	岩手県立大船渡高等学校 2 年生（岩手県）
荻野 恭輔	石川県立金沢泉丘高等学校 2 年生（石川県）
小林 海翔	栃木県立宇都宮高等学校 2 年生（栃木県）
近藤 侑生	徳島市立高等学校 3 年生（徳島県）
白鞘 祐斗	栄光学園高等学校 2 年生（神奈川県）
杉原 悠太	広島学院高等学校 2 年生（広島県）
舘野 航平	富山県立富山中部高等学校 3 年生（富山県）
反頭 康裕	駿台甲府高等学校 3 年生（山梨県）
坪内 健人	岐阜県立岐阜高等学校 3 年生（岐阜県）
寺尾 樹哉	帝塚山高等学校 2 年生（奈良県）
西 幸太郎	ラ・サール高 等 学 校 1 年生（鹿児島県）
本田 創太郎	久留米大学附設高等学校 2 年生（福岡県）
松田 響生	栃木県立大田原高等学校 2 年生（栃木県）
南 光太郎	東海高等学校 2 年生（愛知県）
持田 隼	武蔵高等学校 2 年生（東京都）
山田 琳太郎	福岡県立明善高等学校 3 年生（福岡県）

物理チャレンジ 2016 第2チャレンジ理論コンテストの講評

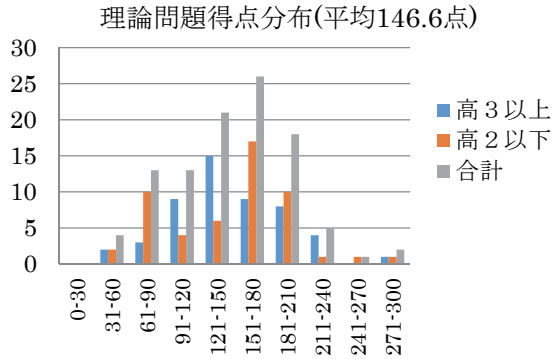


理論問題部会長
元岡山大学　東辻 浩夫

例年より多いテーマで出題

試験時間 5 時間に対して，理論問題は大問数 4，小問数合計 42 でした．小問数は例年より少し減りましたが，第 1 問は A，B に分かれていますのでテーマ数は 5 で，例年(大問数 3 程度，テーマ数 4 程度)より増加しました．

満点は 300 で，平均は 146.6，昨年の 152.6 に比べやや低下しました．学年別の平均[高 3 以上(高 3 生=49 人，既卒生=1 人)142.1 点, 高 2 以下(高 2 生=42 人，高 1 生=10 人，中 3 生=1 人)150.9 点]に大きな差はありませんが，高 2 生以下には低得点側にも山があります



第 1 問 体に当たる雨滴と新体操のフープ

第 1 問 A は，雨風の中で道路を横断するとき，どうすれば濡れを少なくできるかという，日常生活の経験をもとにした運動学の問題でした．全般的によくできていました．体にあたる雨滴の数は流束 (flux) として捉えることができます．雨滴に限らず，流束という概念を理解してください．

第 1 問 B は，新体操で使うフープの力学です．床を滑らせるときに回転を与えたとして，手元に戻るための条件は何か，を求めます．重心の運動方程式と回転運動の方程式で表される現象ですが，後者は慣性モーメントとともに文中で説明しました．この問題の得点率が最も高く，慣性モーメントは第 2 チャレンジ挑戦者にはすでにおなじみのようです．

第 2 問 結晶成長の熱･統計力学

第 2 問は，結晶成長を題材とした熱・統計力学です．

前半は，ドライアイスのように，固体と気体が有限温度 T ($T \neq 0$) の熱平衡状態にあるときの固体の分子数などを求めます．内部エネルギーを U，エントロピーを S とすると，(体積一定の) 熱平衡状態では $F = U - TS$ が最小となることを用います．解答例を参考に，もう一度問題を見直してください．

後半は正方格子の 2 次元結晶について，表面張力の角度依存性から，T=0 での結晶の形を求めます．多角形と仮定して，解が得られるように誘導しました．前半より得点率が高かったのは得意な幾何学に帰着するためでしょうか．最後に，自由な発想で結晶の形が考察できないかを問いました．少数ですが，大変優れた解答がありました．

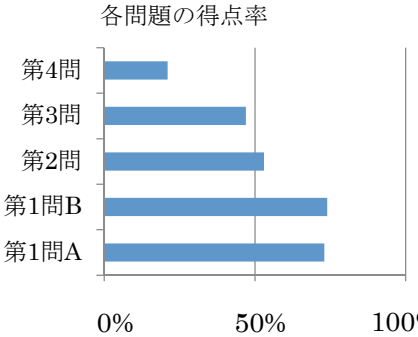
第 3 問　コンデンサーに誘電体を挿入

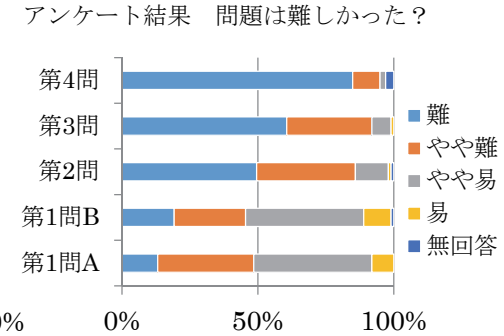
第 3 問はコンデンサーに誘電体(不導体)を挿入すると容量が増えるのは何故か，という電磁気の問題です．電気双極子，双極子が一様に分布した面 (電気 2 重層)，それを積層したときの電位，と考察を進め，誘電体分子が分極したとき誘電体中に生じる電場を求めて，上記の疑問に答えます．誘電体があっても電極の電荷だけで決まる「電束密度」を説明し，電場と電束密度を同時に測定する実験を紹介しました．得点率はやや低くなりましたが，電気 2 重層の電位あたりまではかなりできていました．

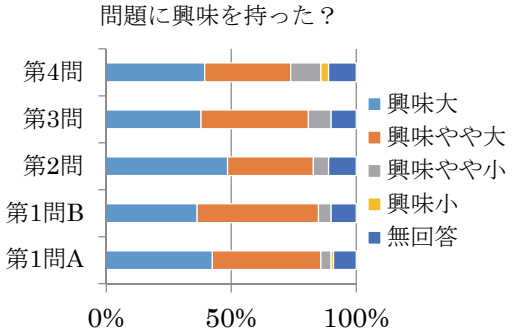
第 4 問　原子核反応でのエネルギー･運動量の保存

第 4 問は現代物理です．不確定性関係から原子核の半減期(寿命)で決まるエネルギー幅を求め，核反応で γ 線と ν (ニュートリノ) が放出されるとき，原子核の反跳エネルギーをエネルギー幅と比べて，ν の特性 (ヘリシティー) が測定されたこと，また，反跳のないメスバウアー効果により，原子核が放出･吸収する γ 線エネルギーの重力の強さへの依存(重力偏移)が測定されたことを説明した問題となっています．第 4 問は多くの新しい概念を含み，参加者にとって難問でした．また，「重力偏移を Einstein の等価原理で説明できるか」という最後の問い以外は，主にエネルギー・運動量の保存則の適用ですが，得点率が低かったのは，質量比による近似計算が必要だったことも一因と思われます．

全体としてテーマ数と新しい概念がやや多かったと思いますが，下に示すアンケート結果では，難易度にあまり関係なく，「興味がもてた」ようです．今後も新しい概念は丁寧に導入するとともに，独創的な解答のできる問いを含めたいと考えています．最後に，答案，特に数式の文字が丁寧でないことが気になります．紛らわしい文字だと見直すときに自分でも間違えますよ．







物理チャレンジ 2016 第2チャレンジ実験コンテストの講評

実験問題部会長
東京学芸大学　松本 益明

物理チャレンジ 2016 第 2 チャレンジにおける実験問題は，実験課題 1「渦電流による制動力の測定」と実験課題 2「表面張力の測定」の 2 つの課題からなり，それぞれ 120 点と 80 点の合計 200 点の配点，発展課題がそれぞれ 20 点と 15 点の合計 35 点で，満点 235 点となる形でした．発展課題に解答できたチャレンジャーは極めて少なかったため，通常の課題のみについて 103 名の平均点を計算すると，課題 1 が 58 点，課題 2 が 23 点，合計で 81 点であり，最近の 5 年間で最も低い結果でした．アンケートでも，装置の組み立てや説明書を読むのに時間がかかったという意見が多くあり，チャレンジャーの苦労した様子が伺われます．反面，題材や装置の構成，オシロスコープ実験等に対しては好意的な意見も多く見られました．

課題 1　渦電流による制動力の測定

課題 1 はファラデーの電磁誘導の法則に関する課題です．電磁誘導は高校でよく取り扱われるテーマであり，特に課題 1－1 は高校の教科書にも掲載されている典型的な実験です．物理チャレンジとしては 2 度目となるオシロスコープを使用する課題で，高校生の多くは使用経験がないことを考慮して，問題冊子巻末に 8 ページの簡易的な利用手引きを付けました．

◇ 課題 1-1 誘導起電力のデジタルオシロスコープによる測定

50 回巻のコイルに 300mm の高さから 1 個（図 1(a)）もしくは 6 個連結した（図 1(b)）ネオジム磁石を落とし，発生する誘導起電力の変化をデジタルオシロスコープで観察し，図のような形や大きさになる理由を考察する課題です．コイルの巻き方とオシロスコープへの接続の向きを指定し，磁石の極を判定する課題も出しましたが，オシロスコープの正負の極と電流の向きの関係を電池の場合と同じと考えて間違えた人が多く見られました．ほぼ全員が課題 1－1 に解答し，平均点は 60 点満点中 38 点と高いものでしたが，課題 1－1 の解答に時間をかけすぎて課題 1-2 以降の課題に取り組めない人も多くいました．

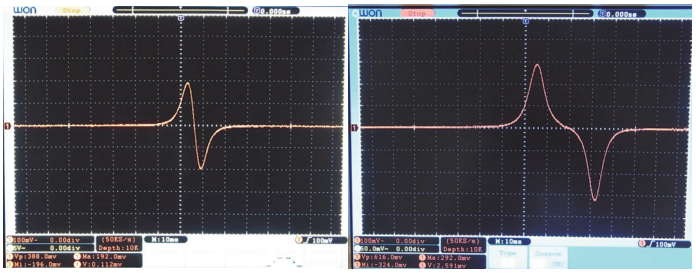


図 1 長さ 10mm の磁石により，直径 20mm，50 回巻きのコイルに生じる誘導起電力 (a) 1 個の時 (b) 6 個連結時

◇ 課題 1-2 渦電流による制動力の測定

磁石を銅やアルミ等のパイプ中に落下させると，電磁誘導によって渦電流が発生し，力学的エネルギーの一部が電気エネルギーに変換されます．そのため磁石には制動力が働き，重力とつり合った時に終端速度に達します．磁石の下に糸でおもりを取り付け，パイプの材質および肉厚を変えて磁石及びおもりの重さと終端速度の関係をグラフ化し，制動力が磁石の速さ，パイプの肉厚，電気伝導度などにどのように依存するかを考察します．この課題では，複雑な装置を組み立てる技術と何度も測定を繰り返す根気強さが求められます．全体の 3 割は無解答で，解答できた者の平均点は 60 点満点中 29 点でした．

◇ 課題 1-3 導体の形状と渦電流によるジュール熱との関係

ワッシャーの穴に磁石を通した時に生じる渦電流について考察する課題です．切れ目のないワッシャーでは数が増えるにつれて速度の低下が観察されますが，切れ目のあるワッシャーではほとんど落下速度は低下しません．これは電流が一周流れず電気エネルギーへの変換が起きにくくなるためです．この課題は発展課題であり，解答できたのは 3 名のみでした．

課題 2　表面張力の測定

毛管（毛細管）現象は，高校ではあまり深く取り扱われないテーマですが，内容的には力学の知識で対応できるものです．しかし，課題 1 に時間をかけすぎてこの課題に到達できなかったチャレンジャーが約 3 割もいたのは残念でした．

◇ 課題 2-1 樹脂パイプセットによる毛管現象の観察

内径の異なる ABS 樹脂パイプのセットを用いて簡単に毛管現象を体験できる実験です (図 2)．無解答者が約 3 割いましたが，比較的簡単な実験なので，解答した者の平均点は 15 点満点中 11 点と高かったです．

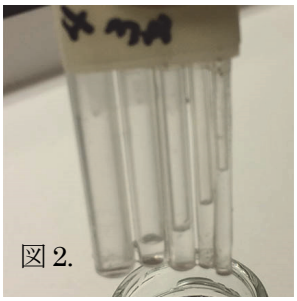


図 2.

◇ 課題 2-2 ガラスピペットによる水の表面張力の測定

毛管現象を実用的に利用しているガラスピペットの両端で，課題 2-1 と同様の実験をおこない，理論式より水の表面張力定数を求める課題です．解答したチャレンジャーの多くは正しいグラフを描くことができていましたが，表面張力定数の計算間違いや単位のミスが多く見られました．

◇ 課題 2-3 デジタル天秤による水の表面張力の測定

この課題では，逆さに吊り下げたガラスコップの飲み口を水に接触させ，水容器の重さの減少分から表面張力を求めます．コップの内部と外部をパイプでつなぎ，気圧を一致させることやコップの端面を水平にして正確に水面に合わせることが重要で，コップの汚れも結果に敏感に反映されます．正しく測定できれば，一般に受容されている水の表面張力定数に近い 70 mN/m 程度の値が得られます．解答できたのは 35 名と少なく，その平均点も 45 点満点中 17 点と低いものでした．

◇ 課題 2-4 表面張力の振る舞いについての考察（発展課題）

課題 2-3 までは，ガラスと水の接触角を 0 と仮定していましたが，固体や液体の種類が違い，接触角が 0 でない場合について考察する課題です．解答したチャレンジャーはわずかでしたが，彼らは概ね正しい結果を得ることができていました．

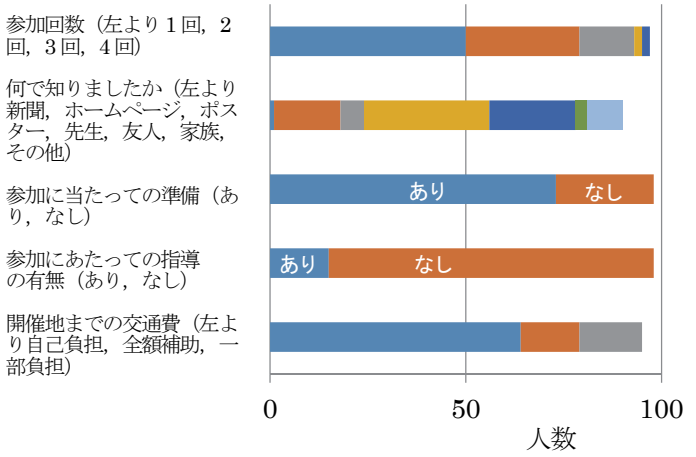
物理チャレンジ 2016 第2チャレンジ参加者アンケート

第２チャレンジ参加者から，物理チャレンジについてさまざまな観点からのアンケートを取り，生の声を聞いた．

物理チャレンジへの参加

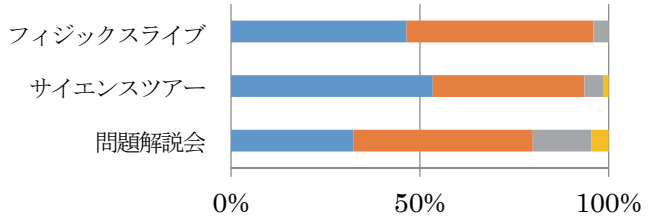
今年も例年と同じく，第 2 チャレンジに複数回参加したリピーターが約半分を占めた．このことは，第 2 チャレンジへの参加が，翌年の物理チャレンジへの参加の可能性を大きくしていることを示している．後に示すように，第２チャレンジが，参加者の物理に対する興味と理解を大きく伸ばしていると思われる．

参加回数，物理チャレンジを知った経緯，参加にあたっての準備と指導の有無，さらには交通費の補助についてのアンケート結果を示す．学校の先生から物理チャレンジのことを知った参加者が一番多いので，今後もなるべく多くの高校に情報提供することが重要と思われる．



第2チャレンジでのイベント

第２チャレンジの理論および実験問題に関するアンケート結果は，それぞれのページで示されているので省略し，フィジックスライブ，サイエンスツアー，問題解説会についての感想を次の図に示す．

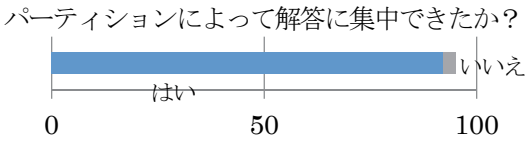


左より，「とても楽しかった」，「楽しかった」，「あまり楽しくなかった」，「楽しくなかった」という感想を示す．

フィジックスライブは，東京理科大学より 10 件（講演１件，FEL 見学１件を含む）と千葉大学より３件の出展をいただいた．また，当委員会の派遣部会より，今年の国際物理オリンピック（スイス・リヒテンシュタイン大会）での実験問題の解説が行われた．サイエンスツアーでは東京大学柏キャンパスの５研究所（大気海洋研究所，新領域創成科学研究科，物性研究所，宇宙線研究所，カブリ数物連携宇宙研究機構）の見学と宇宙線研究所所長の梶田教授の講演が行われた．サイエンスツアー終了後に理論問題について１時間，実験問題について１時間 30 分の問題解説が行われた．アンケート結果から，参加者がこれらのイベントをとても楽しんだようすがわかる．

パーティションについて

今年も試験会場にはパーティションを設置し，各参加者がそれぞれ隔離された状態とした．とくに実験コンテストでは，隣の人がどのように実験しているのか見えてしまったのでは試験の精度が落ちることになるためで，これは国際物理オリンピックで採用されている会場の仕様である．アンケートに示されるように，パーティションのおかげで解答に集中できたと好評であった．



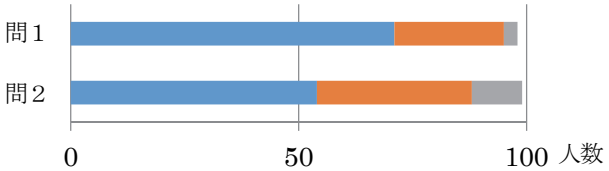
試験会場に設置されたダンボール製パーティション

大きな刺激になった物理チャレンジ

以下の問いに対する答えを示す．

問１：物理チャレンジに参加して，科学を学ぶ意欲が高まったと思いますか．

問２：物理チャレンジに参加して，将来，科学技術を必要とした職業に就きたいという気持ちが高まりましたか．



左より、「とてもそう思う」、「どちらかといえばそう思う」、「あまり思わない」、「まったく思わない」、の人数を表す．

参加者間の交流を通じ，物理の勉強法や今後の進路に関してさまざまな刺激を受けたことが示されている．例を挙げると「高校で扱われない物理学を通して，現実の世界をより深く学べる機会となったのがよかった」，「全国トップレベルに物理ができる人たちと友だちになれてよかった」，「僕は大学院で理論系の研究室に入りたいので，それを目指してがんばろうと思えるよい機会となった．また似たような目標を持つ友人とつながるよい機会となった」という回答があった．参加者の物理に関する興味の深化，参加者間の交流を進めるという，JPhO が意図した目的に合った回答が多数寄せられた．物理チャレンジは単なるコンテストではないことが改めて浮き彫りになった．

物理チャレンジOPたちは今...

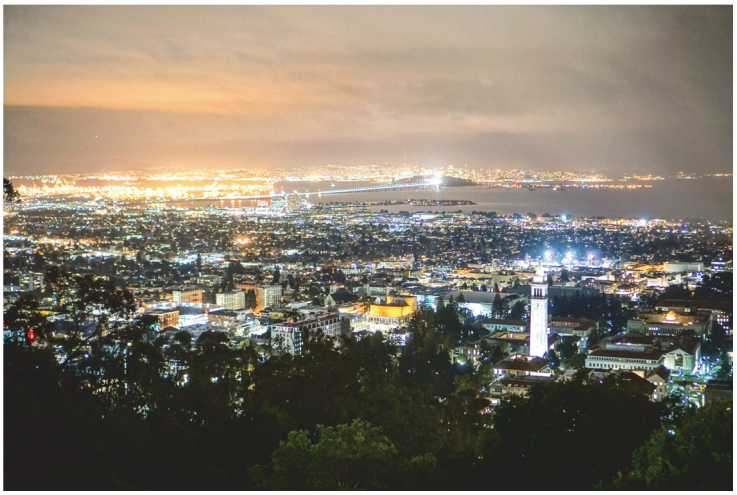
海外で生活する，ということ

東京大学大学院理学系研究科博士課程 3 年
物理チャレンジ 2006, 2007 参加　谷内　稜

研究に国境なんてない．研究のテーマによっては，必然的に海外の研究所や大学へ滞在して共同研究をすることも多い．とはいえ，海外は海外だ．日本と異なる環境での生活は簡単ではない．

食べることが大好きな私にとって，海外生活ではいかに充実した，健康的な食生活を送れるかどうかがとても重要だと感じる．研究所によっては都市部から離れた田舎にあることも多く，食事は死活問題だ．食事以外にも文化の違いや，もちろん英語での共同研究者とのコミュニケーションも重要になってくるが，こちらは気合いで（?）意外と何とかなる．それよりも自炊をしていかに満足のいく食事をすることが重要だと感じた．

私は 2016 年 1 月から 3 月までの期間，アメリカのカリフォルニア州北部にある Berkeley という街に滞在した．サンフランシスコから電車で 30 分ほどのところにあり，カリフォルニア大学バークレー校（UCB）や，私の共同研究先であるローレンス・バークレー国立研究所（LBNL）がある街だ．4 年ほど前にドイツのダルムシュタット市郊外の研究所に 2 カ月間滞在したときに，食事の面ではとても苦労した経験があり，今回の滞在ではできるだけ自炊をし，食事を充実させることが目標の一つであった．日本では生協食堂や大学の近くのお店でご飯を食べることも多かったというのに，週末も含めてほぼ毎日自炊をするなんてドイツの経験がなければしなかっただろう．食事のおかげか，それとも研究所の雰囲気がとてもよかったのか，アメリカ滞在中は面白いように共同研究がすすみ，またシェアハウスしていた同居人や，その同居人の友達なども増えるなど，当初の想定では考えられないくらい充実した生活を送ることができた．偶然同時期にシカゴ郊外にあるアルゴンヌ国立研究所に滞在していた西口大貴くん（JPhO News Letter 第 10 号に寄稿）が同様の時差圏内（とはいえ 2 時間差）に居たおかげでお互いの料理自慢 (?) や雑談をできたのも，一人ぼっちでの海外滞在で寂しくならなかった理由かもしれない．思い返せば彼とは 2006 年の物理チャレンジで出会って以来もう 10 年近くの付き合いになる．



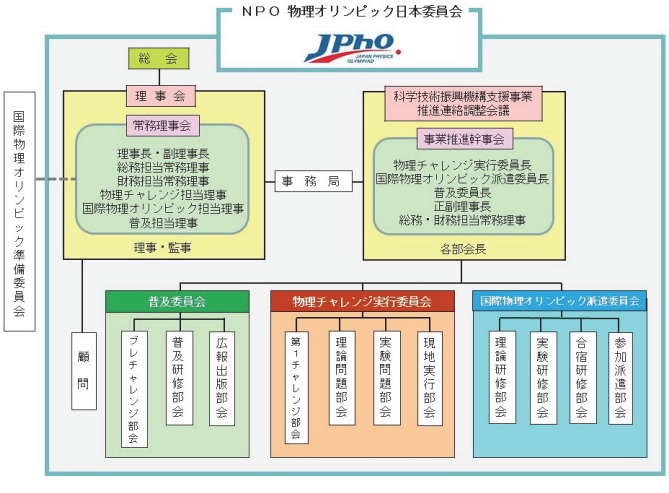
研究所は丘の上にあり，眺めがよい．ある夜に研究所からサンフランシスコ方面を撮影した写真である．右下のエリアが UCB のキャンパスある．サンフランシスコ・ベイブリッジの対岸にある街がサンフランシスコになる．

現在は大学院の最後の学年となり，卒業にむけて博士論文を執筆するまとめの時期に来ている．同時に卒業後の研究職の“就活”をする必要もある．今回の滞在を機に海外での生活への手ごたえも感じてきたので，少なくとも数年間は海外の研究所で働いてみたいと考えている．

最後に，僕の誕生日にとてもおいしいチェリーパイを作ってくれた，シェアハウスの大家さんにこの場を借りて感謝をさせていただきます．

JPhO だより

6 月 25 日に開催された JPhO 総会において承認された第 4 期（2016 年 9 月〜2018 年 8 月）の理事・監事は右表の通りです．また、JPhO の組織は下記の通りです．



理事	北原 和夫	理事長，東京理科大学
	長谷川 修司	副理事長，東京大学（財務担当）
	杉山 忠男	副理事長，河合塾（総務担当）
	毛塚 博史	東京工科大学（IPhO 合宿担当）
	近藤 一史	埼玉大学（物理チャレンジ実行委員会担当）
	光岡 薫	大阪大学（IPhO 派遣担当）
	原田　勲	岡山大学（普及委員会担当）
	並木 雅俊	高千穂大学（広報出版担当）
	田中 忠芳	金沢工科大学（国際物理オリンピック委員会担当）
	高須 昌子	東京薬科大学（日本物理学会）
	財満 鎭明	名古屋大学（応用物理学会）
	村田 隆紀	京都教育大学名誉教授（日本物理教育学会）
監事	天野 徹	㈱島津製作所
	瀧澤 照廣	㈱日立製作所