

物理チャレンジ 10 周年と 2022 年国際物理オリンピック日本大会

長谷川修司

東京大学大学院理学系研究科物理学専攻
特定非営利活動法人物理オリンピック日本委員会



1. はじめに

2005 年の世界物理年を機に始まった全国物理コンテスト物理チャレンジは、今年で 10 回目を迎えました¹⁾。図 1 に示すように応募者は年々増え続け、その傾向はまだ続くと予想されます。特に高校 2 年生以下の参加者が増え、また、中学生も果敢にチャレンジしているのは頼もしい限りです。これもひとえに、NPO 物理オリンピック日本委員会 (The Committee of Japan Physics Olympiad, JPhO) の委員の方々だけでなく、第 1 チャレンジ理論コンテストの会場校や第 2 チャレンジ開催地での役員の方々、さらには日本代表選手の訓練に協力いただいている先生方等、多くの関係者のご支援の賜物と感謝申し上げます。今年、10 周年記念行事として小中学生を対象とした「ジュニアチャレンジ」を各地で開催しました。物理チャレンジ活動をさらに広げようと努力を続けています。

図 2 には都道府県別の応募者数を示しています。10 年間の総数では、物理チャレンジ「発祥の地」である岡山県からの応募者が多いのが目につきますが、回を追うごとに全国各地からの応募者が増えています。物理チャレンジが全国的に浸透しつつある証左と言えるでしょう。

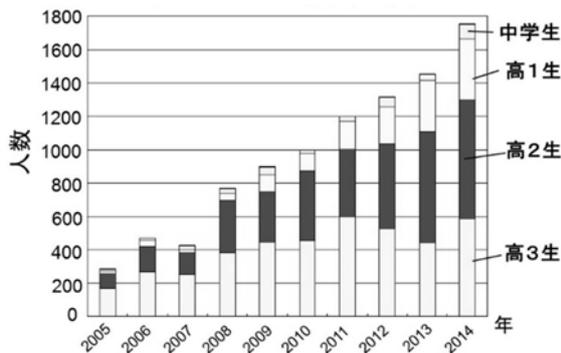


図 1. 物理チャレンジ応募者数の推移.

物理チャレンジの参加者の中から選抜された 5 名の日本代表選手が、2006 年以降毎年、国際物理オリンピック (International Physics Olympiad, IPhO) に派遣されており、今年のカザフスタン大会で 9 回目の参加となりました。その結果、図 3 に示すとおり、毎年、選手全員がメダルおよび入賞を獲得する優秀な成績を収めています。2022 年には (東京オリンピックの 2 年後)、日本で IPhO が開催される予定になっており、それに向けた長期的な準備を開始し、これを機に物理チャレンジ活動を一層拡充していきたいと願っています。そのためにも JPhO の組織力の強化を図りながら、物理学会や応用物理学会などの関係学協会、産業界など広くからのご支援をお願いしたいと思います。

物理チャレンジ・オリンピックと聞くと、日本代表選手だけを相手にした超エリート育成事業だと批判する人が今だに少なくありませんが、全国各地の高校や教育委員会等で開催している研修会「プレチャレンジ」や代表選手候補の選にもれた

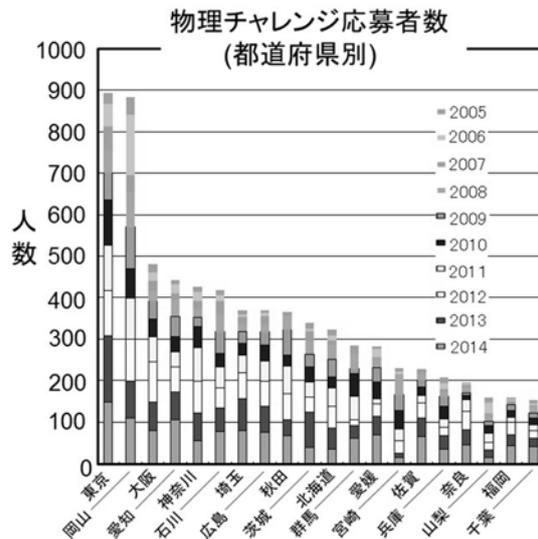


図 2. 都道府県別の応募者数.

第45回 カザフスタン大会(2014年)	銀 銀 銀 銀 銅
第44回 デンマーク大会(2013年)	銀 銀 銅 銅 銅
第43回 エストニア大会(2012年)	金 金 銀 銀 銀
第42回 タイ大会(2011年)	金 金 金 銀 銀
第41回 クロアチア大会(2010年)	銀 銅 銅 銅 入賞
第40回 メキシコ大会(2009年)	金 金 銀 銅 銅
第39回 ベトナム大会(2008年)	金 銀 銅 入賞 入賞
第38回 イラン大会(2007年)	金 金 銀 銀 銅
第37回 シンガポール大会(2006年)	銀 銅 銅 銅 入賞

図3. 国際物理オリンピックでの日本選手団の成績.

生徒を対象とした「ステップアップ研修」などで裾の拡大とレベルアップのための活動も活発に行っています. 頂点を高くするとともに物理の面白さを広く伝える啓発活動もJPhOの重要な目的です. ここでは, 物理チャレンジ・オリンピックの現状と将来に向けた課題などを述べたいと思います.

2. 物理チャレンジ10年と今後

物理チャレンジは, 応募者全員が参加する「第1チャレンジ」と, その成績によって選抜された100名が参加する全国大会「第2チャレンジ」から構成されています. 物理チャレンジの特徴は実験が重視されていることです. 第1チャレンジでは, 全国各地で同時に行われる90分間の理論コンテストだけでなく, 表1に示すように, 毎年, 特定の課題に関する実験レポートを課しています. いずれも身近にある材料を使って実験できるテーマを選んでいます. 図4に示すように, 理論コンテストと実験課題レポートの両方の成績を加味して第2チャレンジ進出者を選抜します. 理論コンテストはマークシート方式でコンピュータが採点するので全く手がかかりませんが, 実験課題レポートの採点は

表1. 第1チャレンジ実験レポートの課題

年	課題
2014	水溶液の屈折率を求めよう.
2013	温度計を作ってみよう.
2012	音速を測定しなさい.
2011	大気圧を測定しなさい.
2010	氷の密度を測定しなさい.
2009	(選択A) ボールの跳ね返り: ボールなどをいろいろな高さから落とし, 跳ね返る高さを測定して規則性を見出そう. (選択B) お湯の冷め方: 容器に入れた湯がどのように冷めていくのか.
2008	連成振り子の運動の規則性を調べよう.
2007	身の回りにある材料を使って, 楽器を作ってみよう. 音の高さは何によって決まるか.
2006	空気の密度を測定しなさい.
2005	単振り子の振動周期を測定し, 重力加速度を測定しなさい.

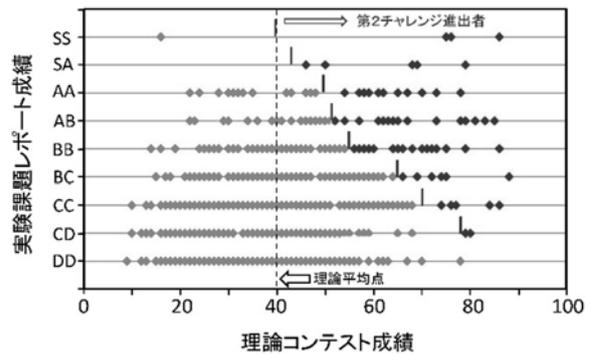


図4. 第1チャレンジでの理論および実験コンテストの成績の相関と第2チャレンジ進出者の成績(短い棒の右側). 2013年のデータ.

大変な作業になります. 今年は1500通を超えるレポートを20名以上の委員が丸2日かけて採点しました. 採点では, レポートとしての体裁および自分なりの工夫をどう盛り込んでいるかが重要なポイントとなります. 毎年, 優秀なレポート(SS評価やSA評価)の中には, まるで研究論文のようなものまであり, 委員を感心させます. 学校で実験の経験の少ない生徒たちに, このような体験をさせることが, 物理の面白さを「普及」させるというJPhOの目的に叶うと信じています. 実際, 実験器具を自作して実測してみて, 実験がこんなに面白いものとは知らなかった, という感想を書く生徒が毎年



図5. 第2チャレンジ実験コンテストの風景

少なからずいます。

第2チャレンジでも、試験時間が5時間の理論コンテストの他に、やはり5時間の「実験コンテスト」が課されます。これは国際物理オリンピックと全く同じ形式なのです。図5に示すように、実験キットが一人一人に与えられ、選手たちは問題冊子に記載の実験手順や取説をたよりに実際に実験し、データを解析して最終的に要求されている物理量を求めます。このような形式の「実験試験」は極めてユニークで物理オリンピックや物理チャレンジの魅力の一つになっていると信じています。過去10年間の実験試験のテーマは表2にまとめられていますが、いずれも出題委員会が半年以上かけて製作したオリジナル問題です。実験コンテストの成績分布の例を図6に示しますが、面白いことに、

表2. 第2チャレンジ実験コンテストのテーマ

年	テーマ
2014	(8月21日以降公開)
2013	熱伝導と電気伝導, 熱放射
2012	剛体の回転運動, 歳差運動
2011	電気回路, オシロ, 歪ゲージ, コンデンサー
2010	光, 屈折率, 偏光
2009	バネの弾性, 力学的エネルギーの保存と運動量の保存
2008	超音波の波長, 反射, 干渉, 回折
2007	弦の振動, 単振り子, パラメトリック励振
2006	電磁誘導 (渦電流による運動の抑制), ガウス加速器, 単極モーター
2005	LEDを使った光の回折, プランク定数の測定

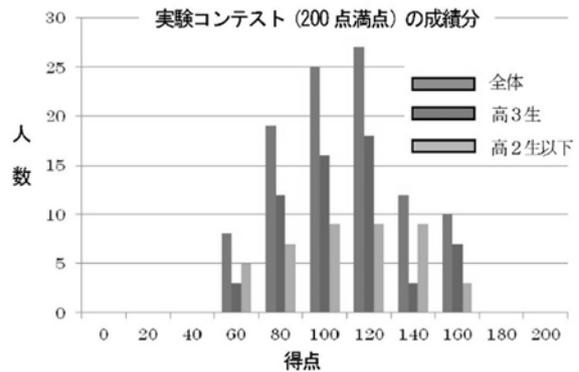


図6. 第2チャレンジ実験コンテストの成績分布の例 (2012年のデータ)

高校3年生と高校2年生以下の選手の成績との間には大差が無いことに気づきます。この原因はいくつか考えられますが、実験コンテストでは知識を問うのではないので実験に必要な物理の知識は問題冊子に与えられていること、学校であまり実験の経験をしていないので学年による差が無いことなどが挙げられるかもしれません。ときには、例えば2012年の実験テーマのように、高校の物理では全く習わない剛体の回転運動を取り上げることもあります。その意図は、必要な知識は問題冊子ですべて与えていますので、今までに見たこともない問題に出会ったときに、習ってないからできないと簡単に諦めてしまうのではなく、自分の持っている能力を総動員して果敢にアタックしていく「タフさ」を試しているのです。この考え方は理論コンテストでも同じです。理論・実験いずれも国際物理オリンピックで出題される問題は結局のところ見たこともない問題の場合が多いので、諦めないタフな心が重要だと考えています。

以上述べた第1,2チャレンジの他に、「プレチャレンジ」と銘打った研修会を各地で開催しています。そこでは、高校生だけでなく高校教員も含めて、実験の実習や実験レポートの書き方などを講義しています。2013年度開催のプレチャレンジを表3に示しますが、高校や教育委員会などからの要請を受けてJPhOの委員が各地に出向いています。図7に示すように、どこに行っても生徒たちは非常に熱心に取り組みます。10名以下の少数の参加者でも依頼されれば日本のどこにでも出向く用意

表 3. 2013 年度開催のプレチャレンジ

日	場 所	対象・人数
4 月 27 日	秋田県立横手清陵学院中学校・高等学校	高校生 19 名, 教員 9 名
5 月 6, 12, 19 日	千葉市科学館	高校 1 年生 10 名 高校 2 年生 12 名 高校 3 年生 3 名
8 月 9 日	国立女性教育会館 (埼玉)	女子中高生夏の学校での実験実習: 中学 3 年生 4 名 保護者 2 名
8 月 19 日	茨城県立水戸第一高等学校	茨城県教員研修 高校教員 26 名
11 月 30 日	福島県立福島高等学校	高校 1 年生 18 名 高校 2 年 8 名
2 月 22 日	埼玉県立総合教育センター	高校教員 4 名 指導主事 1 名
3 月 3 日	熊本県立第二高等学校	高校 2 年生 38 名 高校教員 5 名
3 月 15 日	栃木県立宇都宮高等学校	高校 1,2 年 16 名 高校教員 3 名
3 月 22 日	東北大学片平さくらホール	高校 1,2 年 5 名 中学 2,3 年 4 名

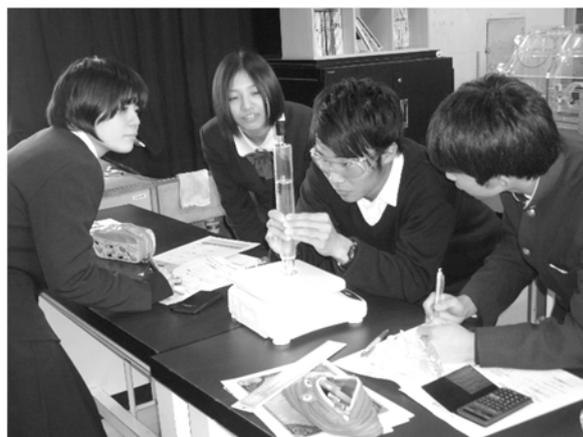


図 7. プレチャレンジでの一コマ
(2014 年 3 月 3 日, 熊本県立第二高等学校)

があります。このような草の根的な活動が、第 1 チャレンジの参加者数の増加とレベルアップにつながっていると信じています。

プレチャレンジと並んで重要な活動を 2 年前から始めました。それは、第 2 チャレンジに参加した 100 名のなかから翌年の国際物理オリンピック日本代表選手候補者を 10 名程度選ぶのですが、その

選に洩れた参加者を対象にした「ステップアップ研修」です。毎年 30~50 名の参加者がこの研修を受けます。毎月出題される問題に解答して郵送し、それを JPhO 委員が添削して返却するという通信添削の形式です。第 2 チャレンジのあと 9 月から翌年 3 月までの半年間行われますが、おもに次の年のチャレンジに備える高校 2 年生以下が積極的にこの研修に参加しています。もちろん、このような研修をさらに広げて第 2 チャレンジに進出できなかった第 1 チャレンジ参加者にも行いたいのですが、1000 名近い規模になるので JPhO のマンパワー不足のため今のところ実現できていません。

この 10 年間で物理チャレンジの応募者数が 2000 名近くまで増えたので、今後の課題としては参加者増を目指すだけでなくレベルアップのための取り組みも重要と考えています。JPhO の中では、現在の「振り落とし型」から「育成型」に変えられないかと議論しています。現在のように、第 1 チャレンジで 2000 名弱から 100 人に絞り、さらに第 2 チャレンジでその 100 人から 10 人程度に絞って翌年の国際物理オリンピックの日本代表選手候補者を選ぶ方式は、(実験課題レポートも含めて) 単に試験をして絞っていくだけの「振り落とし型」と言わざるを得ません。上述のステップアップ研修を行って「振り落とされた」選手に対するケアをしていますが、大多数の参加者には何の研修を行わずに「さよなら」しているだけです。物理オリンピックに関しては先輩格の韓国では、千数百人の参加者がインターネットで物理の講義を少しずつ受けながら、複数回の課題レポート提出と試験で徐々に絞っていくというやり方をとっています。日本でもそのような少しずつ教えながら絞っていくというやりかたができないかと考えています。しかし、そのためにはスタッフ側の負担が極めて大きくなり、組織力の拡充が前提となるでしょう。このように「教えながら選抜」する方法として、その他にもいろいろな工夫が考えられるかもしれません。アイデアをお持ちの方、あるいは手伝ってもいいとお考えの方は JPhO までご連絡いただければ幸いです。少年野球や少年サッカークラブの

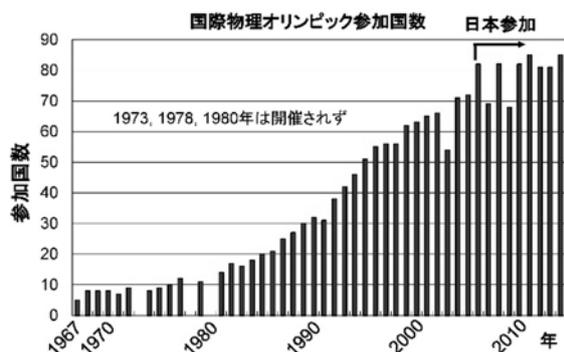


図 8. 国際物理オリンピック参加国数の推移.

ように、学校外で（学校で習う理科や物理より少し進んだ）物理を学び楽しむという全国的な仕組みを、物理チャレンジを核として実現できないかと夢想しているのですが、いかがでしょうか。

もう一つ重要な活動を今年を試みています。それは、物理チャレンジ 10 周年を記念して、小中学生を対象とした「ジュニアチャレンジ」を、仙台、岡山、東京、大阪で開催しました。小中学生が対象なので、「おもしろ実験教室」的な内容で、工作をして簡単な実験をするというイベントです。これは、物理や理科への興味を喚起するだけでなく、2022 年に日本で開催予定の国際物理オリンピックに向けた長期的な準備と国内の意識を高めようとする活動の始まりとも位置づけています。この活動を継続するかどうか現在検討しています。

3. 2022 年国際物理オリンピック日本大会

毎年、国際物理オリンピックに出場した 5 名の日本代表選手たちは、非常に興味深い（しかし難しい）理論および実験試験を経験して世界の「強豪たち」と競う合うだけでなく、試験時間以外のエキスカッションやスポーツイベントの機会に同年代の物理好きと親交を深める貴重な機会を持つことができます（図 9）。過去の選手経験者の何人かは現在大学院まで進学し、国際会議などで物理オリンピック経験者と出くわすことがあると聞きます。物理オリンピックでの出会いは、実は、その後も長く続く親交の始まりになる場合もあるのです。そのような機会を、毎年わずか 5 名にしか経験させられないのは残念ですが、物理オリンピックへの



図 9. 国際物理オリンピックでの一コマ (2012 年エストニア大会).

選手派遣を継続する意義は大きいと信じています。

日本代表選手団が参加した最近 9 回の国際物理オリンピックでの実験コンテストのテーマを表 4 に挙げます。オリンピックでは物理チャレンジと違い、実験に必要な物理の知識が与えられない場合が多いのです。とくに「ブラックボックス」の問題がときどき出題されますが、そこでは、いろいろな測定を自分で工夫して試みて、例えば不透明な筒の中に固定されている重りの位置とその質量を求めることが要求されます。テキストに書いてあ

表 4. 日本が参加した最近 9 回の国際物理オリンピックでの実験コンテストのテーマ

年	テーマ
2014 カザフスタン	液晶やプラスチックシートの複屈折
2013 デンマーク	(1) レーザ距離計による媒質中での光速の測定 (2) 太陽電池の特性とそれを利用した水の屈折率の測定
2012 エストニア	(1) レーザを使った水の反磁性の計測 (2) 非線形電気回路のブラックボックス
2011 タイ	(1) 電氣的ブラックボックス (2) 力学的ブラックボックス
2010 クロアチア	(1) プラスチックシートの弾性 (2) 棒磁石と円環磁石にはたらく力
2009 メキシコ	(1) 半導体レーザの回折を利用した波長の測定 (2) 雲母の複屈折
2008 ベトナム	(1) 差分温度測定法による凝固点の測定 (2) 太陽電池の発電効率の測定
2007 イラン	分光計による半導体バンドギャップの測定
2006 シンガポール	マイクロ波の波長、干渉、回折、全反射の測定

る実験の手順に従って実験すれば答にたどり着くといった実験課題ではなく、実験自体を自分でデザインしなければなりません。物理チャレンジ(や日本の大学教養課程レベルの実験課題)より数段難しい実験問題となっています。これが物理オリンピックの醍醐味でもあります。

この国際物理オリンピックが2022年に日本開催になる予定です。空港での到着の出迎えから帰路の空港への見送りまでの8日の会期中、80数カ国から集まる選手たち400名弱と250名程度の役員のケアをしながら、理論および実験コンテストを行い採点するという大事業になります。選手たちが試験をしている間は役員たちがエクスカージョンをやり、役員たちが問題翻訳や採点をしている間は選手たちがエクスカージョンをやるので、out of phaseで大人数の外国人を動かさなければなりません。しかも、選手たちは高校生ですから、近くのレストランで適当に昼食や夕食と取らせることもできませんので、三度々々の食事をすべて面倒みます。研究者を対象とする国際会議とは比べ物にならないくらい大変な事業となります。また、日本選手団の選抜・研修とは全く別に、国際オリンピック用の理論および実験問題を準備しなければなりません。その問題文は、主催国が英語、フランス語、ロシア語、スペイン語、中国語の5カ国語版を作らなければなりません。しかも、それぞれの母国語で書かれた80数カ国の選手たちの答案を主催国が採点します。答案のコピーで各国役員もそれぞれの国の選手の答案を採点して、最後には主催国採点者たちと採点ミスをチェックしますが、いずれにしても、読めない外国語で書かれた答案を、数字と記号と式だけを頼りに採点することになり、想像を絶する困難な作業になることは容易に想像できます。

このような大事業を行うには、莫大な資金と大規模な組織が不可欠です。JPhOは、日本代表選手役員団を国際物理オリンピックに送り出すだけのための組織ですので、2022年の日本主催のために

はJPhOと別組織を立ち上げる必要があるかもしれません。いずれにして、関連学協会や産業界からの全面的な支援無くして実現することはできませんので、8年先とはいえ、今から周到な計画に基づく準備を始める必要があるでしょう。

4. おわりに

2005年以来、物理チャレンジ事業と国際物理オリンピックへの選手役員団派遣事業は順調に拡大・継続しています。学校教育では十分実施できない特色ある啓発活動が定着しつつあると自負しています。しかし、その実施のための費用は、企業からの寄付やJPhO会員からの会費はあるものの、その大半は科学技術振興機構からの委託支援費に頼っているのが現状です。将来、この国からの支援費が縮小あるいは途絶する可能性も無いわけではありませんので、持続可能な体制にするためには徐々にでも様々な改革をする必要があります。出版などの収益事業の拡大や参加の有料化などが考えられますが慎重に進める必要があります。

ここで述べたJPhOの活動によって、理科や物理に対する若者たちの興味関心が向上し、ひいては微々たるものとはいえ、日本の成長戦略に資することは間違いありません。そのような意義を各方面に訴え続け、支援を呼びかける継続的な努力が不可欠と考えています。2022年の国際物理オリンピック日本開催もありますので、物理教育にご関心をお持ちの読者諸兄弟からのご支援もお願いしたいと思います。

参考文献

- 1) 毎年開催されている物理チャレンジおよび国際物理オリンピックの詳細は、JPhOのホームページ<http://www.jpho.jp/>を参照。

連絡先 E-mail : shuji@phys.s.u-tokyo.ac.jp

<著者連絡先情報>

※次の各項目にご記入ください。

■住所：

〒113-0033

東京都文京区本郷 7-3-1

東京大学大学院理学系研究科物理学専攻

■氏名：

長谷川 修司

■電話番号：

03-5841-4167

■Fax 番号：

03-5841-4167

■Email アドレス：

shuji@phys.s.u-tokyo.ac.jp