

# JPhO News Letter

Japan Physics Olympiad

No. 2 2012年2月

## CONTENTS

- 02 物理チャレンジ 2012 始まる
- 04 国際物理オリンピック 2012 に向けて
- 05 委員からのメッセージ
- 06 物理チャレンジOPたちは今...
- 07 物理チャレンジ 2011 参加者たちの声
- 08 第1チャレンジ 2011 実験優秀賞のレポートの紹介



物理チャレンジ 2012 ポスター

**第8回全国物理コンテスト 岡山へ来たれ! そして世界へ!!**

# 物理チャレンジ2012

特別講師 益川 敏英 先生

**あなたもチャレンジしてみませんか!**  
物理チャレンジは、高校生・中学生の皆さんを主な対象として、物理の面白さや楽しさを体験してもらうことを目的とする全国規模のコンテストです。  
国際物理オリンピック日本代表選考を兼ねています。

**物理チャレンジ 2012 始まる**  
**国際物理オリンピック 2012 に向けて**  
**物理チャレンジ OP たちは今...**  
**物理チャレンジ 2011 参加者たちの声、**  
**第1チャレンジ 2011 実験優秀賞のレポート紹介**

## 参加者募集!!

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. www.jpho.jp/

# 物理チャレンジ2012始まる

## 日程

昨年末に第1チャレンジ実験課題レポートの課題がホームページ上で公開され、今年の物理チャレンジが始まりました。主な日程は以下の通りです。

●参加申し込み：4月2日（月）～4月30日（月）

●第1チャレンジ

実験課題レポート提出締め切り：6月11日（月）

理論問題コンテスト：6月24日（日）

7月初旬に第2チャレンジ出場者約100名を通知。

●第2チャレンジ：

8月5日（日）～8日（水）

岡山県閑谷学校を主会場

特別講演 益川敏英先生

（2008年ノーベル物理学賞受賞者）

高2生以下の成績優秀者の中から国際物理オリンピック日本代表選手候補者を選抜。



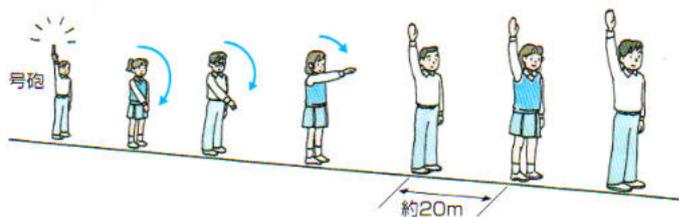
国宝に指定されている旧閑谷学校講堂

●国際物理オリンピック 2013（デンマーク大会）に向けた研修・合宿

日本代表選手候補者に対して9月から通信添削による研修を開始。年末には冬合宿が行われる。2013年3月の春合宿（チャレンジ・ファイナル）での最終選抜試験で5名の日本代表選手が決定される。

## 実験レポート課題「音速を測ってみよう」

今年の第1チャレンジ実験レポートの課題は、「音速を測ってみよう」です。夜空ではじける花火の音が遅れて聞こえる経験から、音が伝わる速さは、光の速さに比べてずっと遅いことがわかります。音速の測定実験として下図のような実験が中学校理科の教科書にも載っていますので、実際に測定した人も多いでしょう。もちろん、他の方法での測定を考えてもかまいません。さらに、精度良く測定するにはどんな工夫が必要かなど、いろいろ考えてユニークなレポートを書いてください。実際に実験してみると新しい発見があります。



音速の測定法の一つ（イラスト協力：大日本図書）。

号砲が聞こえたら手を下す。その時間と距離を測定して音速を計算する。



岡山県閑谷学校で開催された物理チャレンジ2010の実験コンテスト。今年も同じ会場で開催される。

7月

### 国際物理オリンピック 5名

世界トップレベルの高校生たちと闘う

- ・難問の理論および実験コンテスト
- ・海外の物理好き高校生たちと交流



翌年3月

### チャレンジ・ファイナル 約10名

国際物理オリンピック日本代表選手5名の最終選考

- ・第2チャレンジで選ばれた日本代表選手候補者に対して
- ・約半年間、選考添削で理論の特訓
- ・冬合宿・春合宿で実験の特訓

8月

### 第2チャレンジ 約100名

3泊4日の合宿形式による全国大会

- ・国際物理オリンピックにならったコンテスト
- ・理論コンテスト(試験時間5時間) 実験コンテスト(試験時間5時間)
- ・成績優秀者に金賞、銀賞、銅賞などを授与
- ・翌年の国際物理オリンピック日本代表選手候補者を約10名選出(高校2年生以下)
- ・研究所見学や最先端の研究者の研究者との懇話会などイベントも盛りだくさん



5~6月

### 第1チャレンジ

理論試験および実験レポートによる予選コンテスト

- ・理論問題コンテスト: 全国約70箇所の会場で一斉に実施
- ・実験課題レポート: 指定された課題について自分で実験をし、そのレポートを提出
- ・理論および実験の総合成績によって第2チャレンジ進出者約100名が選ばれる



4月

### 参加申し込み

参加資格: 満20歳未満で、大学の  
高等教育機関に在学していないこと。



# 国際物理オリンピック 2012 エストニア大会に向けて



国際物理オリンピック参加派遣部会長  
新潟大学 興治 文子

## 選抜された代表候補者たち

2012年の第43回国際物理オリンピックは、エストニアで7月15日から24日に開催される予定です。エストニアは、日本人には大相撲の大関、把瑠都の出身国なので馴染みがありますね。ヨーロッパ北東部にあるバルト三国の1つで、IT産業が盛んな国です。電磁誘導の分野で出てくる「レンツの法則」を発見したハインリヒ・レンツはエストニア出身の物理学者です。

2011年8月に開催された物理チャレンジの成績によって、エストニア大会の日本代表候補者として下記の11名が選抜され、9月から理論・実験の研修が始まっています。

榎 優一	灘高等学校	高校1年生
大森 亮	灘高等学校	高校1年生
岡本 泰平	大阪星光学院高等学校	高校2年生
落合 宏平	山梨県立甲府南高等学校	高校2年生
笠浦 一海	開成高等学校	高校2年生
川畑 幸平	灘高等学校	高校2年生
田中 駿士	岡山県立岡山朝日高等学校	高校2年生
中塚 洋佑	滋賀県立膳所高等学校	高校2年生
中村 駿甫	千葉県立千葉高等学校	高校2年生
船曳 敦漠	桐朋高等学校	高校2年生
吉川 成輝	開成高等学校	高校1年生



ちょっと緊張気味の代表候補者11名

## エストニア大会からのサプライズ —Physics Cup—

物理オリンピック日本委員会(以下、JPhO)による研修のほかに、今年度はエストニア大会ならではのサプライズ企画がありました。それはPhysics Cupというもので、2011年9月から2012年6月まで毎月第3日曜日にエストニアの委員会から問題が出題され、登録して解答を送ると成績優秀者の氏名がホームページに掲載されます。  
<http://www.ipho2012.ee/physicscup/>

Physics Cupの成績優秀者は、国際物理オリンピック大会で表彰されるそうです。JPhOは、通常の研修もあるのでPhysics Cupへの参加は希望者のみという立場をとっていますが、積極的に世界の舞台へ挑戦している代表候補者もいるようです。

## 冬合宿

2学期もそろそろ終わる2011年12月24日~27日に、東京の八王子セミナーハウスと東京工科大学で冬合宿が行われました。世間はクリスマスや年末で慌ただしい雰囲気でしたが、閑静な八王子の研修施設で、朝から夜までの勉強合宿でした。初日は、代表候補者たちは選抜されてから初めての顔合わせだったので緊張気味でした。初日の実験研修Iは、オシロスコープの使い方から始まりました。手を動かして、議論しているうちに代表候補者たちもすっかり打ち解けはじめ、夜には和気あいあいとした雰囲気ですべて研修が進みました。

### 合宿のスケジュール

12/24	集合	実験研修I	実験研修II
12/25	理論研修I	理論研修II	交流会 理論研修III
12/26	実験研修III	実験研修IV	実験研修V
12/27	実験研修VI	解散	



### 冬合宿の実験研修のようす

合宿の途中では、気分転換も兼ねて物理オリンピックに出場した先輩の大学生や大学院生が企画した交流会もありました。受験勉強とオリンピックのための勉強の両立方法、勉強の進め方といった質問コーナーから、ジェンガという頭を使うゲーム大会など、リラックスしたひと時を過ごしたようです。冬合宿で代表候補者と顔合わせした大学生たち(クロアチア大会出場者4名)は、代表候補者のよき相談相手(メンター)となって勉強方法などの不安を解消するためのサポートをしていく予定です。3月末の代表選手を決める春合宿(チャレンジ・ファイナル)に向けて、代表候補者たちは今日も物理の問題と楽しみながら格闘しています。

## 研修すすむ

全国各地から選ばれた代表候補者の研修はどのように行われているのでしょうか。学校がある時期は、1カ月に1度課題問題が出され、代表候補者はその解答を郵便で事務局に送付します。その後、委員によって添削された答案が戻るという通信添削の形式で行っています。その内容は、9月:理論(力学)、実験(測定と誤差)、10月:理論(振動・波動)、11月:理論(熱)、実験(データ解析)、12月:理論(電磁気)でした。国際物理オリンピックにはシラバスがあり、それぞれの分野でどのような知識が必要とされるのか、その基準が示されています。日本の高校の学習範囲を超えた内容が出題されるので、基本から応用までをじっくり考えて理解を深める研修問題が出題されています。さらに、12月末の3泊4日の冬合宿、1月から3月の通信添削の研修を経て、3月末に行われる3泊4日の春合宿(チャレンジ・ファイナル)で国際物理オリンピックへ出場する代表選手5名が選抜されます。代表に決まった選手たちは、7月の大会へ向けて、4月からの更なる研修を経て、本番に挑みます。

# 委員からのメッセージ

## 興味を持ったらチャレンジ!

物理チャレンジ第1チャレンジ部会長  
埼玉大学 近藤一史



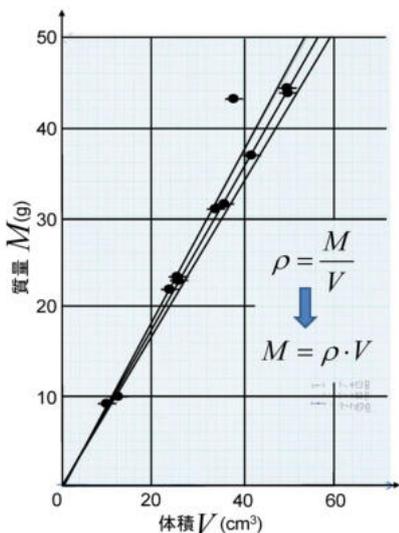
第1チャレンジでは、ひろく物理に興味を持った皆さんの参加を望んでいます。物理をまだ学習していない中学生でも（もちろん小学生でも）、物理チャレンジに興味をもった人は是非チャレンジして下さい。

第1チャレンジは、実験課題レポートと理論問題コンテストです。今年の実験レポートの課題は「音速を測ってみよう」です。音は目に見えませんし、音速は約340 m/sであり、ジェット機と同じくらいのもすごい速さですので、それを測定するには工夫が必要です。本やインターネットで測定方法を調べることができるでしょう。まず、自分にできそうな実験を「まね」してやってみましょう（チャレンジ!）。「まね」をすることはいけないことはありません。実際にやってみると、意外と簡単だったり、逆に難しい点があったりするでしょう。また、自分なりの工夫ができそうだったり、色々な発見があります。とにかくやってみなければわかりません。実験結果が出たら、結果について話し合ってみましょう。そこで、「まね」で終わるのではなく、よりよい測定・実験方法などを考えて、バージョンアップした実験を試みて下さい。高級な測定装置が無くても、身の回りにある身近な道具で工夫して測定することは価値があります。皆さんの工夫した実験のレポートを楽しみにしています。

理論問題コンテストは、物理好きならすぐに分かる問題から、教科書には載っていないけれど身近な現象の問題、そして大学入試相当の問題までと、幅広い内容からなっています。参考書1冊を持ち込むことができるマークシート方式ですので、公式を暗記している必要はありません。気軽にチャレンジして下さい。問題を解くことで新しい発見があるはずですよ。

### 【TRICK : 2010年の優秀実験レポートを参考に】

今年の第1チャレンジ実験レポート課題についてアドバイス。2010年の実験レポート課題「氷の密度を測ろう」が参考になります。密度  $\rho$  を求めるには、氷の質量  $M$  と体積  $V$  を測定して  $\rho = M/V$  から計算するのですが、下図のように、体積  $V$  の異なる氷をいくつも測定し、 $M$  と  $V$  の関係をグラフにします。その直線の傾きが求めたい  $\rho$  です。このように複数個のデータから求めた  $\rho$  は1個の水だけから求めた場合より精度が高いです。また、データ点のばらつきや測定誤差を考えると、それが  $\rho$  の誤差になります。さて、今年のテーマは音速の測定です。速さを測るには距離を時間で割り算するはずですよ。氷の密度を求める場合と似ていますね ...



2010年優秀実験レポートから

## 実験はスポーツだ!

物理チャレンジ実験問題部会長  
石巻専修大学（東北大学名誉教授）近藤 泰洋



第2チャレンジでは試験時間が5時間に及ぶ理論と実験のコンテストがあります。理論コンテストについては学校の試験の延長として想像できるでしょうが、実験コンテストについては未知の世界ではないでしょうか。与えられた実験セットを組み立て、計測器の働きを理解し、実際に測定して得られた値を記録・解析し、表やグラフを作り、求められている結果にまとめるという一連の作業です。これらの作業を順に行えるように試験問題は組み立てられているので、それを良く読めば時間内に終わることができるはずです。しかし、例年、最終課題にまで到達できたチャレンジャーはあまり多くはありません。その原因はどこにあるのでしょうか。

最大の原因は、日頃から実際に手を動かして実験装置を組み立てたり、その動きを理解して測定し、その数値の意味を理解するという一連の作業の経験があまり無いということにあるようです。

最初に装置を組み立てる際、その装置の動作原理を理解する必要があります。次に、実験セットの状態を指定された観測条件に設定することがなかなかうまくいかないという場合が多く見られました。原因は装置の動作原理をよく理解していないためか、装置の動きの予測ができていないように見受けられました。野球に例えれば、外野フライをとるのに落下点の予測ができず、落ちてから拾いに行くような状態と言えましょう。測定がうまくいくには、実験セットの配置は勿論のこと、身体、手指、目（頭の位置）など全身を想定される所に置かなければなりません。つまり予測が要求されます。また、不必要に高い精度で測定しようとするとう時間を浪費するだけです。測定後のデータ処理のときの有効数字の桁数を考え、どの程度の精度で測定すればよいか考えて要領よくテキパキと測定することがコツです。

さて、測定値が得られたら、それらをもとに図表に表したり、要求される物理量などを求める工程に入り、最終的な結論を導くことになります。要求される結果を良く表すようなグラフを描くことは重要です。ここで始めに戻り、この実験にかかわる理論背景の理解が要求されますが、最初に時間をかけて充分理解することなく実験に取り掛かったため、結果が出なかったり、間違った結果を出すケースが多々見られました。この点も実験がスムーズに進まない原因の一つです。

このように考えると、表題に挙げたスポーツとの類似点に気が付くでしょう。ルール（原理）を理解し、相手の作戦を読んで自分の作戦を考え（測定方法）、相手の動きを予測（測定値の予測）して動き（測定と解析）、最終ゴールまたは得点（結論）を目指すという一連の作業なのです。もちろん5時間集中力を維持する体力も要求されます。

第2チャレンジでの対戦相手は、実は実験セットの後ろに隠れている出題者かもしれません。相手の意図を読み取り、実験セットの基本的な理論、動作原理を理解して、出題者を打ち負かすゲームと考えるとなんとなく面白そうに思えてきませんか。実は、出題者は、想定する実験よりスマートな実験をして思いがけない結論を導き出してくれるチャレンジャーを密かに期待しているのですが。

# 物理チャレンジOPたちは今

## 加速器を用いる実験の世界に飛び込む

東京大学大学院理学系研究科物理学専攻修士課程1年  
物理チャレンジ2005・2006, 国際物理オリンピック2006 参加  
田中 良樹

こんにちは。僕は今大学院で、加速器を用いて普通には存在しないエキゾチックな粒子を生成し、その状態を精密に調べることで、物質の質量起源を探る研究をしています。とはいっても、まだこの世界に足を踏み入れたばかりなので、近況というよりは、これまでのことを中心に書かせてもらおうと思います。

そもそも原子核・素粒子の分野に進んだきっかけは、大学3年生の時の五月祭の活動でした。東大の物理学科には、学生有志でチームを作り、自由なテーマで実験等を半年間行い、五月祭でその成果を発表するという文化があります。僕は3年生の時、先輩や友人と一緒に、カミオカンデと同じ原理の小さな検出器「ミニオカンデ」を作りました。自作の装置が、目に見えない素粒子をちゃんと検出できることに感動して、翌年の五月祭でも別の種類の素粒子検出器を作り、そのまま大学院は素粒子・原子核の実験分野の研究室に進むことにしました。

大学院生になってからは、夏にCERNのサマースクールに参加しました。CERNはスイス・フランスの国境上にある研究所で、ヒッグス粒子や超対称性粒子の探索、反粒子の研究などを行っている、この分野で今最も有名な研究所の1つです。サマースクールには世界中から200人程度の学生が集められ、2, 3ヶ月間各学生はCERN内の研究チームに割り振られて研究を行いました。他にも、学生向けの講義や、CERNの実験室ツアー、研究内容の発表の機会もありました。このサマースクールを通して、素粒子・原子核の分野は、もちろん物理自体が面白いことに加えて、様々な国から様々なバックグラウンドの人が集まり協力するという楽しい環境も良い特徴だと感じました。

そしてCERNから戻って来て、昨秋から大学院生としての研究(最初に書いた、物質の質量起源に関する研究)を始めました。実験を加速器の施設に提案することから始まり、次に必要な装置を作成し、実際に実験を行い、その結果を解析して奥にある物理を引き出します。この一連の流れを終えるには数年の時間がかかりますが、自分たちで作った検出器が加速器で生成される粒子を検出して、その結果、素粒子の世界の根源的な性質を調べられると思うとすごくワクワクします。最近、周りにいるプロの人たちの頭のキレに圧倒される毎日ですが、そういう人たちと早く渡り合えるように努力したいと思っています。



CERN サマースクールにて(僕は左から4人目)

## なぜ宇宙物理学を志したのか

大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻修士課程1年  
物理チャレンジ2006・2007, 国際物理オリンピック2007 参加  
高倉 理

幸運にも国際物理オリンピックに参加できた僕は、自分で新しい道を切り開きたいと思い、当時初めて実施された「物理オリンピック入試」を利用して大阪大学理学部物理学科に入学しました(しかし、現在までに、物理オリンピック入試による入学者は僕だけ)。

ちょうど大阪大学理学部では「理数オナープログラム」という、学生が自ら課題を決め、研究費等を含めた計画書

を申請して研究を行うプログラムが実施されていて、僕は1回生の頃から参加しました。とはいえ、特に研究したいことが決まっていたわけではないので、興味の赴くまま、空気中の微粒子の大きさを測る測定器を作ったり、実験施設に見学に行かせてもらったり、自律航行するヨットを作ったりしました。

そんな中、3回生のとき、僕は「すばる望遠鏡・観測研究体験企画」に参加しました。ハワイに行くには選考を兼ねた発表をしなければなりません。僕は、現在宇宙のことがどの程度まで解っているのかを調べ、僕の高校時代の知識と比べて数年でかなりのことが新たに解明されたこと、そして、まだ解っていないことがまだまだいろいろあることを知りました。



IPhO2007 イラン大会にて



ハワイのすばる望遠鏡にて

学部4回生よりも大学院生の方が活発な研究活動が行えるだろうと考え、僕は3回生で飛び級をして1年早く大学院に進学し、現在、宇宙物理の理論の研究室に所属しています。理論の研究は基礎が大事なので、この1年間勉強に追われる日々を送っていますが、宇宙の謎を新たに解明するような研究ができるように頑張りたいと思います。

## 物理チャレンジ 2011 参加者たちの声

2011年8月に筑波で開催された第2チャレンジに参加した75名の生徒たちにアンケート調査を行い、感想などを書いてもらいました。以下、その中からいくつかを紹介しましょう。

### 物理チャレンジ参加のきっかけ、準備は？

物理チャレンジを何で知ったか、という問いに対し圧倒的に「学校の先生から」(43名)が多く、次いで「ホームページ」(27名)、「ポスター」(8名)です。また、「第2チャレンジ参加にあたり何か準備をしたか」という問いに対し、半数以上の39名が何も準備をしていない、と答えています。準備した参加者は、過去問を解いたり参考書で勉強したという回答でした。学校や塾の先生に特別指導を受けたチャレンジャーが15名いました。

### ノーベル物理学賞受賞者の小林誠先生の講演

7月31日午後2:00から始まった開会式に引き続き、2008年ノーベル物理学賞の受賞者である小林誠先生による講演が行われました。小林先生は、益川敏英先生とともに「小林・益川理論」と呼ばれる素粒子物理学の理論を作り、その後、その理論が実験によって正しいことが実証されました。当日は、高校生にも理解できるよう優しく噛み砕いて素粒子物理学の歴史と最前線の研究を紹介していただきました。講演後の質問時間には、チャレンジャーたちからたくさんの質問が出ました。そのときのチャレンジャーたちの感想は以下の通りです。「大変有意義だった」21名、「有意義だった」37名、「あまり有意義でなかった」13名、「有意義でなかった」2名。具体的なコメントとしては、「有名な人の話をきけてよかった」、「夢かと思った」、「かなり高度だったが、物理の奥の深さが分かった」、「内容が難しく、あまり理解できなかったが、とても良い経験になった」、「もっとつつこんだところまで話してほしいかった」、「ちょっと物足りない」、「かなり高度な質問が出ていてびっくりした」。個人差が大きかったようです。



講演中の小林誠先生

### サイエンスツアーは有意義でしたか？

8月1日と2日の両日、試験後の午後に産業技術総合研究所や筑波大学、J-PARCに見学ツアーに出かけました。その感想は「大変有意義だった」28名、「有意義だった」38名、「あまり有意義でなかった」7名、「有意義でなかった」0名と、概ね好評でした。具体的なコメントは、「とても興味がわき、早く大学で学びたいと思った」、「最先端の研究にふれ、とても良い経験になった」、「スケールの大きさに圧倒された」、「加速器の実物があって、わくわくした」、「研究者との交流が、やっぱりよかったです」、「震災に負けず頑張ってほ

しい」など。特に、8月2日の夕食は、J-PARCで若手研究者と一緒に食べながら、研究生生活や勉強の仕方など、ざっくばらんにいろいろな話ができたと好評だったようです。



J-PARCで若手研究者たちと一緒に夕食をとる

### 大好評！Physics Live 恒例の実験屋台村

8月1日の夕方、サイエンスツアーから帰ってきたあと、恒例のPhysics Liveが開かれました。筑波大学の先生や大学院生、委員やチャレンジOPの有志などが、それぞれ得意の実験を披露してくれました。液体ヘリウム、プラズマと核融合、減圧実験、スーパーコンピュータ、ヒッグス・ハンティングなどの実験や展示がありました。その感想は、「大変有意義だった」42名、「有意義だった」26名、「あまり有意義でなかった」4名、「有意義でなかった」0名と圧倒的に好評でした。具体的なコメントは、「実験は面白かったし、大学生や教授とも話せた」、「CERNの話ができてよかった」、「(展示ブースの)地図がほしかったです」、「液体窒素を触ることができて楽しかった。大学生の方々が親切でよかった」



液体ヘリウムを使った超低温実験

### 理論・実験問題に興味を湧きましたか？

もちろんチャレンジのメイン・イベント、理論と実験コンテストについてもアンケートしました。理論コンテストについては、各問平均で「難しい」40名、「やや難しい」24名、「やや易しい」5名、「易しい」3名。問題内容に関して、「とても興味深い」31名、「やや興味深い」25名、「あまり興味が湧かない」6名、「ほとんど興味が湧かない」1名。実験コンテストに関しては、各問平均で「難しい」33名、「やや難しい」18名、「やや易しい」11名、「易しい」3名。問題内容に関して、「とても興味深い」25名、「やや興味深い」18名、「あまり興味が湧かない」11名、「ほとんど興味が湧かない」2名。

# 第1チャレンジ 2011 優秀実験レポートの紹介

## 2011年 第1チャレンジ実験レポート課題

### 大気圧を測ってみよう

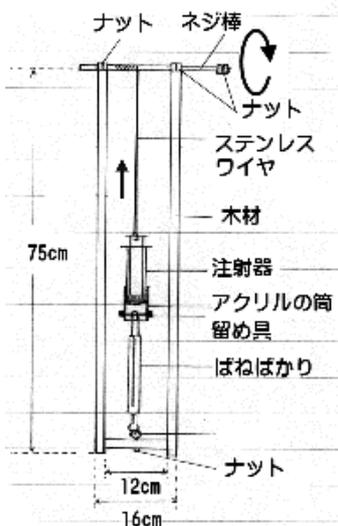
地球は大気に覆われていて、私たちは大気の底に住んでいます。この大気にも重力がはたらいていて、下層にある空気は上層の空気におさされています。これが大気圧で、単位面積にかかる力によって表され、単位はヘクトパスカル (hPa=100 N/m<sup>2</sup>) が使われます。学校や家など身近なところの大気圧を、自分なりに工夫して測ってください。また、可能ならば、複数の方法で測って、結果を比較検討してください。

### 全体講評

レポートの大半は、① 吸盤が引きはがされる力を測定して大気圧を求める方法、② 注射器のなかに閉じ込めた空気の体積とピストンに加えた力との関係 (ボイルの法則) から大気圧を求める方法、③ 水銀の代わりに水を使った「トリチェリの真空の実験」から大気圧を求めるという3つの方法をとっていました。そのうちの多くのレポートでは、2つ以上の方法で実験して結果を比較し、その違いの原因も考察していました。とくに、水を使ったトリチェリの真空の実験では、長さ 10 m 近いホースに水を入れ、それを校舎の 3 階まで引き上げて実験している写真などが多数あり、仲間と実験を楽しんでいたようです。

### 注射器を使った方法

注射器の中の空気をすべて追い出して密閉し、その後ピストンを引っ張り出すと、注射器の中に「真空」の空間ができます。このときピストンを引っ張っている力  $F$  は大気圧  $P_a$  がピストンを押し戻そうとする力  $P_a \cdot S$  と釣り合っていますので ( $S$  は注射器の断面積)、 $P_a = F/S$  から大気圧  $P_a$  を測定できます。右図のように、ばねばかりを注射器につけ、ワイヤを巻き上げてピストンを引っ張る装置を自作したチャレンジもいました。



この方法で測定誤差を生む要因は3つ考えられます。① 注射器の気密性：注射器の気密性が完全でなく空気が漏れ入ってくる場合や初期状態で残留気体がわずかに残っている場合、注射器の中の空間は真空とはみなせません。その補正をしているレポートがいくつかありました。② ピストンの摩擦：ピストンと注射器内壁との静止摩擦力を考慮すると、ピストンを引っ張っている力は実効的に小さくなります。注射器の先端を解放状態にして、その摩擦力を測定して補正しているチャレンジもいました。③ 温度

変化：この実験では実は希薄な気体を断熱膨張させているので温度が下がってしまいます。そこで一定温度に保つため、測定中に頻りに注射器を恒温の水に浸したり、ピストンを引いたあと長時間待って測定するなどの工夫をしているレポートもありました。

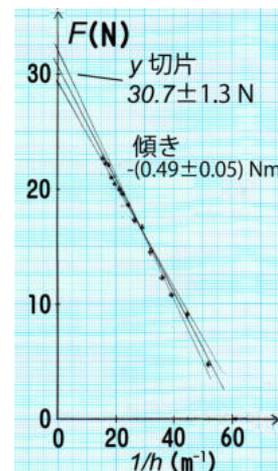
最初に、注射器内に一定量の空気を入れておいて密閉してからピストンを押し下したり引いたりしても大気圧を測定できます。つまり、温度が一定なら「ボイルの法則」が成り立ちますので、注射器内に閉じ込められている気体の圧力  $P$  と体積  $V$  の間には  $P \cdot V = C$  (一定値) が成り立ちます。力  $F$  でピストンを引っ張っているとき、注射器の中の空間の長さを  $h$  とすると  $V = S \cdot h$  だからボイルの法則は

$$(P_a - F/S) \cdot S \cdot h = C$$

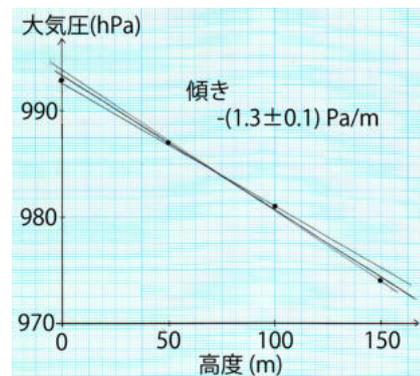
と書けます。よって、

$$F = C/h + P_a \cdot S$$

となります。つまり、実験データを右図のように、 $h$  の逆数 対  $F$  でプロットすると、その  $y$  切片 (=  $P_a \cdot S$ ) から大気圧  $P_a$  を求めることができます。右図ではデータ点のばらつきを考慮して3本の直線でフィットしています。ちなみに、この直線の傾きから何がわかるでしょうか？



このような測定装置を持って高層ビル (高さ 170m の御影タワーレジデンス) に上り、気圧の高度依存性を測定したレポートもありました。その結果、右図のように、高度が 1 m 高くなるごとに大気圧は約 1.3 Pa 減少することを見出しました。



また、別のチャレンジは、自分が測定した大気圧と気象庁が発表している値を比較しました。下図のように、初めの 10 日間ぐらひは気象庁の値とほぼ一致していたのですが、それ以降はやや小さい測定値になってしまいました。これは、注射器の気密性が完全でないために空気が漏れたためで、その補正もしていました。

