

# 第2回数理科学コンクール

課題・解説・講評

平成11年10月31日  
千葉大学先進科学教育センター

# 目次

はじめに . . . . .	2
優秀者氏名 . . . . .	4
<b>1 課題 1</b> . . . . .	<b>5</b>
課題 . . . . .	5
解説 . . . . .	6
講評 . . . . .	7
<b>2 課題 2</b> . . . . .	<b>9</b>
課題 . . . . .	9
解説 . . . . .	10
講評 . . . . .	11
<b>3 課題 3</b> . . . . .	<b>12</b>
課題 . . . . .	12
解説 . . . . .	14
講評 . . . . .	14
<b>4 課題 4</b> . . . . .	<b>16</b>
課題 . . . . .	16
解説 . . . . .	17
講評 . . . . .	17

## はじめに

明治の文明開化以来、我が国は欧米先進国の科学技術を効率よく吸収して発展してきました。戦後もこの傾向は基本的には変わっていません。現在、我が国は大量の自動車や電子機器を輸出して経済大国となっていますが、これらの工業製品の基本原理はほとんど外国で考えられたものです。欧米諸国との間に経済摩擦や文化摩擦が生じている現状を考えると、これからの我が国で大切なことは独創性のある個性的な人材を育成して、新しい科学技術のフロンティアを切り開き、世界に貢献することであると考えられます。

千葉大学では、日本のみならず、世界の科学技術の先端を担う若者を発掘し、育成するための一助として、昨年度に引き続き、第2回数理科学コンクールを開催しました。このコンクールの特色は次の通りです。

### 1. 自由にゆったり考える

試験時間は6時間、途中の休憩や参考書・ノート等の持ち込みは自由とする。

### 2. たのしい物理・数学の発見

物理や数学のカリキュラムにとらわれず、物理や数学の本質に根ざした、考えて楽しい問題を提供する。

### 3. 多彩な才能の評価

様々な参加者の優秀な能力やユニークな発想を多面的に評価するため、問題をたくさん解いたものだけでなく、1題に集中してすばらしい発想を出したのも表彰の対象にする。また、グループとしての総合能力を評価するため、個人参加だけでなく、グループ参加も認める。

### 4. 人材の育成

コンクール参加者の物理や数学の能力をさらに高めるため、コンクールの表彰式と講評会を行う。

昨年度に引き続き、多くの中高生の参加者があり、楽しい雰囲気の中で、いろいろユニークなアイデアが生まれました。昨年度より参加者は少なかったが、優秀な答案がたくさんありました。中学生も、高校生に負けず優秀であった。そして、答案を見ると、それぞれの問題に興味を持ちながら解答していることが読んでとれました。

第2回数理科学コンクールの課題の解説と提出された答案の評価を以下にまとめます。解説に述べたように、各課題は課題出題者の周りにおける最先端の問題を元にして作成しました。課題提出者一同、みなさんの素晴らしい洞察力と表現力を前にして、大変感心いたしました。

参加者の皆さんが今後、科学する心を磨き続け、我国の科学の発展に貢献することを課題作成者一同希望します。今後も諸君と共に科学することを楽しみたいと考えています。千葉大学では今後も引き続きこのコンクールを実施する予定です。物理・数学に興味がある中高生の積極的な参加を期待し

ています。課題作成者もさらに研鑽をかさね、おもしろく、しかも科学の本質に迫る課題を考えていきます。

課題作成者

千葉大学教授 井宮 淳

千葉大学助手 植田 毅

千葉大学教授 劔持信幸

千葉大学助教授 小林正和

千葉大学助教授 岸本 渡

千葉大学教授 蜂屋弘之

(五十音順)

平成 11 年 10 月 31 日

## 優秀者氏名

平成 11 年 8 月 9 日に開催しました第 2 回数理科学コンクールの参加者の皆さんのすばらしい答案の中から以下の参加者諸君を表彰することを決定しました。

### 第 2 回数理科学コンクール優秀者

金櫛賞 小貫啓史, 中本隆晴

銀櫛賞, 池江 温, 甲斐大拓, 釘宮武郎, 西謙一郎, 西駿次郎, 福田 淳, 森宮頌詠

学長賞, 加治麻理子, 黒川あずさ, 杉村美佳, 杉村由花

課題	参加者名
1	小貫啓史 中本隆晴 甲斐大拓 グループ 2 加治麻理子, 黒川あずさ, 杉村美佳, 杉村由花
2	池江 温 西謙一郎 西駿次郎 釘宮武郎 グループ 2 加治麻理子, 黒川あずさ, 杉村美佳, 杉村由花
3	小貫啓史 グループ 2 加治麻理子, 黒川あずさ, 杉村美佳, 杉村由花
4	中本隆晴 福田 淳 森宮頌詠 グループ 2 加治麻理子, 黒川あずさ, 杉村美佳, 杉村由花

千葉大学先進科学教育センター長

教授 大川 澄雄

平成 11 年 10 月 31 日

# 1 課題 1

## 課題

ディープインパクトやアルマゲドンなど地球に小惑星が衝突することを題材にした映画が大ヒットしました。実際、最近の研究では恐竜が絶滅したのは白亜紀の終りにユカタン半島に巨大な小惑星が衝突したことによるとされています。小惑星の衝突による影響は発生する熱、核の冬、津波など多方面に渡りますが、津波に考えてみましょう。

1. 地球全体が深さが一定の海に覆われていると考えたとき、ある地点に小惑星が衝突し、その点から津波が発生し、等方的に伝播するとき、衝突地点以外で津波の影響が最も大きくなるのはどこかですか。
2. つぎに、地球の半分が陸地で半分が深さ一定の海であるとき、海のある地点に小惑星が衝突し、その点から津波が発生し、等方的に伝播するとき、衝突地点以外で津波の影響が最も大きくなるのはどこですか。

## 解説

この課題は波の性質の理解という物理的側面と球面の幾何学という数学的側面を取り混ぜた課題です。(あるテレビ局のニュースで「映画を見ていない人はどうするのか」という疑問が上がっていましたが、映画は一切関係ありません。) 物理的に重要なポイントは深さが一定であるとき、一点から発せられた波は等方的に伝わること、波は重ね合わせにより強めあったり、弱めあったりする(干渉)、波は広がると波のエネルギーが分散し弱くなる、すなわち、振幅、波の高さが小さくなる、波が反射するときは入射波、反射波が反射面の法線方向となす角がおなじになるということです。この課題では、球面上で考えるので、球面での直線、角度という参加者達には馴染みのないものを考えなければなりません。波としては小惑星の衝突を考えているので連続的な波ではなく、短時間間隔だけ波があるパルス波を考えます。思考の参考のために、水を張ったバット3つ、発泡スチロール球人数分を用意しました。

1. この課題は馴染みのない問題を単純なところからはじめてもらうため、また、2の課題の手助けのために出題しています。球面上で発生した波は始めは等方的、同心円状に球面状に広がり、広がるにつれて振幅は小さくなります。しかし、衝突地点を一つの極とする赤道を越えると、逆に、波は収縮し始め、もう一つの極、つまり、衝突地点の裏側の点では同時に発生した波が集束します。衝突地点とその裏側の点はどの方向にも球面状の距離は同じで、全ての方向から来た波が同位相で重ね合わされ、振幅が大きくなるということが重要です。実際の地球においては海の深さが変化するなど状況は複雑であるが、このような現象は実際の津波においても見られます。日本の裏側に当たるチリ沖で発生した地震に伴う津波が日本付近でも大きな津波として観測されたことは良い例です。また、波が集まることにより波が大きくなる現象は津波の場合によく見られます。
2. 波が等方的に伝わるのではなく、反射波が発生するとどうなるかを考察します。水面波でも波面上一点に注目すれば、幾何光学的同様の反射則が成り立ちます。反射される前の波と反射された後の波が至る所で干渉して、振幅の大きな波を発生させます。そのようなことを考えると複雑になりますが、逆に、波が再び一点に集中することがあるかどうかを考え、もしあるのであれば、そこが他の地点よりも大きな影響を受けそうです。しかし、注意しなければならないのは、集中した波が同位相でなければならないところです。もっとも簡単には、衝突地点からその点に到達するまでに波の進んだ距離が同じであることです。波が再び一点に集中するのは一度反射された波以外にありません。したがって、衝突地点から出発し、海岸で反射され、ある点に到達する、そのとき、衝突地点からどの方向に進んでも、もしくは、海岸のどの地点で反射されても、その距離が同じであることを探せばよいことになります。ここで、衝突地点の海岸線を含む面に対して対称な点を考えましょう。海岸線を含む面に対して対称な点(以降、対称点と呼びます)です

から、この点から海岸上のある任意の点までの距離と衝突地点からその海岸上の点までの距離は同じです。また、そのとき、対称点と海岸上のある任意の点を結ぶ線と海岸線のなす角と衝突地点とその海岸上の点を結ぶ線と海岸線のなす角は同じです。このことより、陸地がないとして衝突地点から発生する波と同位相で対称点から発生した波の問題で海に設定してあった部分はまさに反射波を表すことが分かります。つまり、1度反射して同位相で波が集中する点が存在し、その点は衝突地点の海岸線を含む面に対して対称な点の反対側（地球の裏側）の点ということになります。この点と海岸上の点、衝突地点を結ぶ線の長さは海岸上の点をどこにとっても同じ長さです。発泡スチロール球に答の点と衝突地点にピンを刺し、ある海岸上の点を通るように糸を渡し、その糸の端をもって海岸線上を一周することで簡単に確認できます。

## 講評

評価においては答そのものではなく、思考過程の物理的センスを重要視しました。1に関しては非常によくできていました。グループ参加の1グループ、個人参加の2名以外は正しく考察できていました。正解にはたどり着けなかったが、個人参加の1人は海面に衝突する角度により津波の形が変わるとの指摘をしていました。これはその通りで、重要な考察です。しかし、ここでは分散のない波を考えているのでどのような形の波であろうと、地球の裏側で元の形を取り戻します。

2については、さすがに正解に到達した参加者はグループ1、個人参加者2名でした。また、正解には達していなかったものの、具体例を上げて非常によく反射波の影響を考察していた答案もありました。答案の多くが「反射波と反射される前の波のぶつかる」という表現にとどまっていた。この課題に付いては、もう一歩踏み出して考える必要があります。次に多かった答案は「海岸の衝突地点にいちばん近いところ」と言うものでした。確かに、実生活において津波の被害が多く出るのは海岸ですが..... また、津波のコンピュータシミュレーションを行ったNHKの番組を見て、このように答案した例もありました。これはコンピューターシミュレーションを行う場合、実際の地球に合わせて、海の深さの変化を取り込んで計算します。この場合、海岸に近づくほど波の速度が遅くなるため、交通渋滞のように波が集中することになって、波が重ね合わさることにより波が高くなります。奥尻島の津波の場合も半島の先の部分に大きな被害が出たのも同じ原理によるものと考えられています。また、正解に達していた人でも衝突点を通り、海岸を含む面に垂直な大円上で距離のみを考察したものでした。波の本質の一つである、それ以外の方向の波、位相についての考察がなかったのが残念です。これを機会に、波の本質を理解していただければ幸いです。また、考察の補助にと発泡スチロールの球を人数分用意していたが、これを利用した参加者はグループ参加の1グループを除いてありませんでした。発泡スチロールの球を利用したグループは正解に達していました。その答案は海側の半球の頂点に対し「海を中心」という表現を使い、作図した発泡スチロールの球を答案に添付するなど、斬新かつ明瞭に表現されていました。

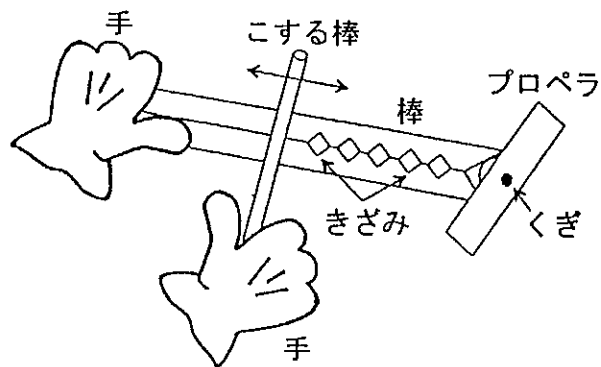


答案に「実際の地球の津波について調べるには、海底、海に近い陸地、気候、月の位置などについて、たくさんの正確な資料とコンピュータが必要だと思います。しかし、この問題は考えるほどに面白く、こういうことを勉強してみたいと思いました。」と言う記述が1例あました。内容はともかく、答案には非常に多くの記述がありました。これは参加者達がこの問題に興味を持ったことの表れと考えられます。

## 2 課題 2

### 課題

「きりきりがりがり」というおもちゃを知っていますか。図1のような形で、ギザギザのついた棒を別の棒でこすると先端のプロペラが回転を始めるというものです。実際にこのおもちゃを作ってどうして回転するのか考えてください。うまく回せるようになると右にも左にも自由に回転させることができるそうです。どのようにすればよいのでしょうか。そして、形、こすり方、持ち方などうまく回転させるための工夫をいろいろと考えてください。



## 解説

「きりきりがりがり」というおもちゃを初めてみると、こする棒の直線的な運動が、ぎざぎざが彫られてこすられている棒先端のプロペラの回転運動に変化するという現象がとても不思議に思えます。構造は極めて単純で、割り箸を材料にしてもよいので、作ることも容易ですが、いくら力をいれてもプロペラは前後や上下に振動するだけで、うまく回転してはくれません。なにかのはずみで、プロペラが回ることにはあるのですが、継続的にはなかなか回りません。上手に回せる人を見ると、たいした力も使っていないのにプロペラが勢いよく回り、回転方向を自由に変えることができるので、さらに不思議に思えてしまいます。実際、このおもちゃはどのような原理で運動するのでしょうか。こする棒を前後に動かすと、こすられている棒は、彫られている溝によって、振動が生じます。この振動は基本的に棒の上下方向に生じます。このままいくら勢いよくこすったとしても、振動の周期が小さくなって、上下の振動の振幅が大きくなるだけです。作ったときのプロペラの取り付け方によって、多少回転するような振る舞いをするかもしれませんが、継続的ではありません。なんらかの方法で、この上下方向に加えられる振動を回転する力に変換するしかけがあるはずです。しかし、対称な力に、対称な形状では、上下以外の運動は生じそうもありません。なんらかの非対称な構造を作ってやって、上下方向以外の力を安定に作り出す必要があります。うまく回っている人の様子を見ても、そのために使えるのは棒を支えている手と、こする棒（駆動棒）をもつ手だけです。実はこの手のどちらかを使うことがもっとも簡単に、そしてうまく回転させる方法なのです。具体的には、

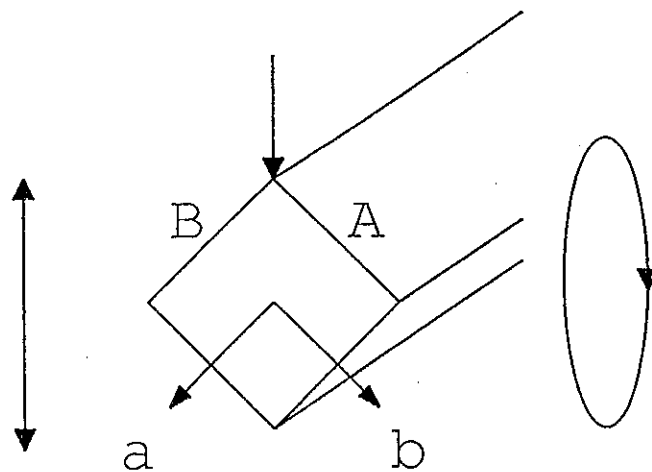
1. 本体を支える側で触れる面を変えることで回転方向を制御する。
2. 駆動棒をもつ指を本体にくっつけ、本体の一面にその指が触れた状態で溝をこすり、指で触れる面を変えることで回転方向を制御する。

の二つがあります。どちらも、振動している棒のある面を触れることになります。ではどのような変化がどちらかの面を触れることで生じるのでしょうか。Aの面を手の指で触れるとすると、a方向の振動に変化が生じます。この接触は、a方向にはじいたときに、この方向に棒が自然と振動する速さ（共振周波数）を変化させることになり、駆動棒による振動の応答がa方向と、b方向で異なることになります。この結果、a方向と、b方向の振動は同時にはおこらず、僅かな時間差を生じます。この僅かな時間差（位相差）が棒の先端を上下方向の振動から、楕円運動へと変化させます。この棒先端の運動によりプロペラは回転することになります。この運動は安定ですので、プロペラは回転し続けることになります。Bの面を手の指で触ると、逆の方向の楕円運動が生じるため、プロペラは逆方向に回転することになります。この運動を最もうまく作り出すにはどのようにすればよいのでしょうか。実はこれは難しい問題です。ちょっと考えただけでも、棒の材質、太さ、彫る刻みの深さ、間隔、こする速度、強さ、面を抑える力、位置など多くの要因が考えられ、簡単には答えがでない問題です。でも、自分で作った「きりきりがりがり」については、ちょっとコツを覚えて練習すれば与える振動

の速さ、面を触れる強さなど経験的に最適条件を学習できます。

## 講評

振動が回転の原因になっていて、振動を伝えなければ回転は止まるということには多くの人が指摘した点です。ただ、実際にやってみると強くこすって振動を激しく起こしても、決してうまくは回転しません。振動させることは力の元となっていることは確かですが、これだけでは回転に結びつかないということに気づくことが第一の重要なポイントです。そして、なんらかの非対称を作り出したらどうだろうということが、答案の次のポイントになります。その方法としては、最も確実な「左右どちらかの面に触れる」という方法のほかに、「刻んだ溝の右側、または左側をこする」、「手前から奥へこする、奥から手前方向にこする」、「こする棒を右に傾ける、左に傾ける」などの方法が考えられていました。どれも条件がそろえば確かに回転方向を制御できる可能性があり、よい視点だと思えます。ただ、これらの方法について思いつきだけでなく、そうだとすればどのような理由によるのか、あるいはよく回る条件について系統的に調べるといった視点が必要だと思えます。今回の問題は、実際の細かい動作機構には、難しい点も多く、必ずしも正解にたどり着かなくてもよい問題ですが、基本的な着想は中学生にも十分可能な問題です。答案の選定には、正解にはこだわらずに、回転の原因について考えを深め、仮説を立てながら、それについて実験的、論理的に検討を加えていることを基準にしました。力のかけ方を段階的に変化させたり、机の上に棒をのせ机からはみ出す棒の長さを変化させて回転の様子を見たり、刻みの彫り方を変化させたりといったことを検討した答案は考察も含め優秀な内容でした。また、棒の振動をよく観察し、直接的には回転の力が加えられていないことを指摘し、上下運動がどのように回転に変化するのかを、回転軸とプロペラの穴の隙間の関係から検討していった答案も、論理的な印象に残る答案でした。



### 3 課題 3

#### 課題

新しい市民公園の設計やファッションデザインのコンクールなど、様々なコンクールで多くの応募作品から最も優れたものを選定することは極めて難しい仕事です。人間は、先入観や思い入れなどにより、客観的な判断を狂わせてしまうことがよくあります。このような事態を避けるため、また下した決定が客観的かつ妥当であることを多くの人に納得してもらうためにも、その証拠を数値によって表すことは一つの有効な手段であるといえます。たとえば、現在学校で広く実施されている運動能力テストは

50m 走, 走り幅跳び, ハンドボール投げ, 懸垂,

歩および走, 水泳, スキー及びスケートから 1 つを選択

の 5 種目からなります。この運動能力テストを行うと、図 2 のような得点表をもとにして、各種目のテスト結果は得点として換算され、その総得点によって生徒の運動能力の程度を数値で比較することができます。

さて、 $Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5$  さん 5 人の中で、6 つの性質や能力  $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$  それぞれの程度を 0 から 10 までの実数値で調べた記録があります。この記録を図のように表すことができます。ここで、 $a_{ij}$  は  $Y_i$  さんの  $A_j$  の得点です。

	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$	$Y_5$
$A_1$	$a_{11}$	$a_{21}$	$a_{31}$	$a_{41}$	$a_{51}$
$A_2$	$a_{12}$	$a_{22}$	$a_{32}$	$a_{42}$	$a_{52}$
$A_3$	$a_{13}$	$a_{23}$	$a_{33}$	$a_{43}$	$a_{54}$
$A_4$	$a_{14}$	$a_{24}$	$a_{34}$	$a_{44}$	$a_{54}$
$A_5$	$a_{15}$	$a_{25}$	$a_{35}$	$a_{45}$	$a_{55}$
$A_6$	$a_{16}$	$a_{26}$	$a_{36}$	$a_{46}$	$a_{56}$

図 1: 能力の得点表

いま、ある任務を遂行するのに、最も適した理想的な人物の性質や能力は数値で表すと

$A_1$  は  $a_1^*$ ,  $A_2$  は  $a_2^*$ ,  $A_3$  は  $a_3^*$ ,  $A_4$  は  $a_4^*$ ,  $A_5$  は  $a_5^*$ ,  $A_6$  は  $a_6^*$

であるとし、5 人の中にこれらの評点にぴったりの理想的な人物がいればその人を選べばよいが、そうでない場合、記録表を参考にして、5 人の中から任務を遂行するのに最適な人物を決めるにはどの

ような方法が考えられるでしょうか。いろいろな決め方を考案してください。また、考え出した方法が妥当である理由を付け加えたり、可能ならそれを適用して上で述べた運動能力テスト以外の具体例も作ってください。

## 解説

複数の人物について、いくつかの互いに関連のない性質や能力の程度を比較して、ある目的を達成するために最もふさわしい人物は誰かをどのように決めれば良いかを考える問題です。

この問題には決まった正解は有りません。問題の解釈と設置を解答者自らが詳細に見直して、その解決方法を数学的手法で表現したうえで応用して、結果の妥当性を理論的に説明できれば全て正解です。

この問題では、5人の人物  $Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5$  さんの、6つの性格や能力  $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$  の程度が0以上10以下の実数値で表された記録表が与えられていて、各性格や能力一つ一つについて、目的を達成するために最適な数値  $a_1^*, a_2^*, \dots, a_6^*$  が定められています。最もふさわしい人物を選ぶとこの基本的な考え方は、「総合的に判断して

$$|a_{kj} - a_j^*| \quad j = 1, 2, \dots, 6$$

が最小となる人物  $Y_k$  を見つける。」こととなります。

比較要素が1つだけなら、例えば、 $A_1$  だけなら、 $1 \leq k \leq 5$  のうち  $|a_{k1} - a_1^*|$  が最小となる  $Y_k$  を選ばよることとなります。しかし、比較要素が2つ以上である場合は、その方法は単純ではありません。

その数学的な表現法はいろいろと考えられます。以下に、考えられる代表例をあげます。

### 1. (単純な例) 関数

$$F(k) = |a_{k1} - a_1^*| + |a_{k2} - a_2^*| + \dots + |a_{k6} - a_6^*|$$

が最小となる  $k$  に対応する  $Y_k$  を選ぶ。

### 2. (複雑な例) 関数

$$F(k) = C_1 |a_{k1} - a_1^*|^{p_1} + C_2 |a_{k2} - a_2^*|^{p_2} + \dots + C_6 |a_{k6} - a_6^*|^{p_6}$$

が最小となる  $k$  に対応する  $Y_k$  を選ぶ。ただし、 $C_j, p_j$  ( $j = 1, 2, \dots, 6$ ) は状況に応じて定める定数である。

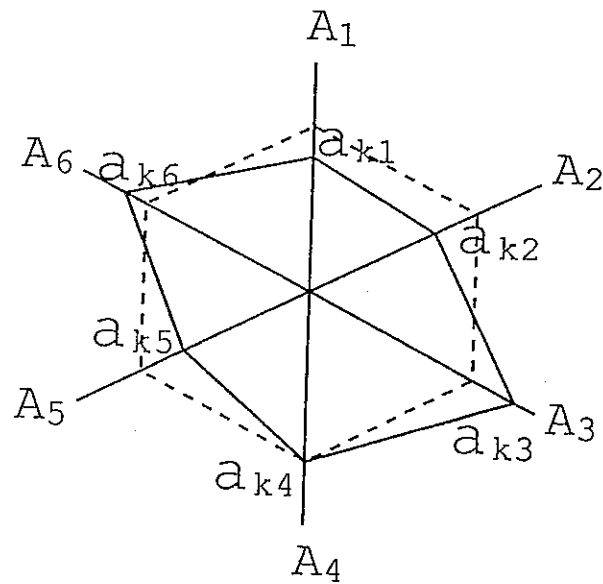
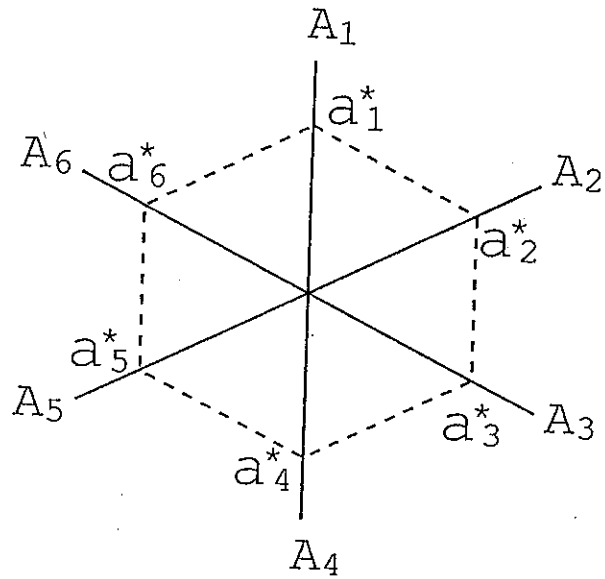
### 3. (図形を利用した例) 図に示すように、理想の値に対応する6角形とのずれの面積が最小となる $k$ に対応する $Y_k$ を選ぶ。

## 講評

与えられた問題を数学として表現する手法「モデル化」は今の中学校、高等学校の教育課程ではあまりふれられていません。しかし、これは科学技術のなかで最も基本的な考え方です。

問題のモデル化と解法のために数学があるといっても良いと思います。モデル化の普遍性や、解法の一般性を追求する中から、純粋数学が生まれ、また、純粋数学がモデル化の新たな手法を提供しています。

この点から、課題の意図を良く理解した解答はあまり多くありませんでした。少々残念なところ  
です。





## 4 課題 4

### 課題

ある入れ物にその上部から球がまとめてそそぎ込まれます。ただし、球の大きさや重さは全て等しいとします。

1. 入れ物の中で球が整然と並ぶようにしたいのですが、どのようにしたら球を整然と並べることができますか。
2. 入れ物の中には時折、異なった大きさの球が間違っってそそぎ込まれることがあります。どのようにしたら、異なる大きさの球が混じった場合でも整然と球を並べることができるでしょうか。
3. まとめてそそぎ込まれる球が赤色と青色との2種類あったとします。二つの色の球が乱雑に混じって並ぶ場合と、青と赤との二色の球が規則的に配置される場合が考えられます。どのような工夫をすると、どのような規則的な並び方が実現できるでしょうか。

整然と並べるためにはどんな工夫をしても構いません。磁石や電池を使っても構いません。

## 解説

今回のテーマは、みなさんがコンピュータゲーム等で日頃使っている「半導体」と呼ばれる物質の作製方法にヒントを得ました。結晶は原子が「整然」と並んだものを指しますが、自然界にある力で「整然」と並ぶ場合もありますが、人工的な力により「整然」と配置することもできます。有名な電気会社は「半導体」を使った「トランジスタ」や「IC」「LSI」を作っていますが、そこでは、「いかに整然と結晶を作るか」が重要な課題になっています。今回は透明な箱の中に球を並べることを試みてもらいました。その際、

1. 箱の底面はすべすべしている、
2. 球の大きさを整数倍しても箱の大きさに一致していない、

という難点がありました。底面がすべすべしているので、球がどこに並ぶかわかりません。

## 講評

多くの参加者が底面に突起を付ける、等の工夫をしていました。これは最初の難題を解決するために重要な鍵でした。ただし、球の大きさと箱のサイズが対応していないため、最初の1層が仮に旨く出来たとしても2層目の作製が出来なかったはずです。実験を行っている際にはこの問題点を発見している人は多く見受けられましたが、実際にそれ以上、2層目の問題についての検討は進まなかったようで、答案の中にはこの問題点にふれているものがなかったのはちょっと残念でした。

箱を振るときれいに並ぶ、ゆっくり入れるときれいに並ぶ、傾けると良い。

これらは会社に勤めて実際に「半導体」を作っている人たちが応用している技術です。世界の一流技術の源についてみんなが気がついてくれたことは、日本の将来が明るいことを示していると思います。

紙の上で行う空想実験と実際の実験が異なることを1つ示したいと思います。多くの答案に「磁石を球に埋め込むと良い」「赤い玉のN極と青い玉のS極が引き合うから整然と並ぶ」とかかれています。大変有効なアイデアではありますが、問題がないわけではありません。「磁石に引き寄せられる」だけでは「整然と並ぶ」ことにはならないのです。砂鉄の中に磁石を差し込んでみることを想像して下さい。磁石を引き抜くときには砂鉄が磁石にくっついてきますが、それはまるで綿飴のようにくっつくのであり、棒磁石が1列に整然と並ぶわけではないと思います。磁石を使うことは「整然と並べるため」のきっかけ作りとしては大変有効ではありますが、それだけでは「整然」と並ばないのです。つまり今回の実験で考えると、磁石の効果で赤い玉のとなりに青い玉が来ることは確かかもしれませんが、それだけでは整然と並ぶことにはつながらないと思います。みなさんが今後実験をす

る際に、「こうなるであろう」と考えて実験し「そうならない」場面に多く突き当たると思いますが、その際にはより考えを深め、より理解するようになっていただきたいと思います。

赤い球と青い球を組み合わせで並べるのに「光を使う」というアイデアを寄せてくれた人がいました。これは大変にいい点に着眼していると思います。見た目や重さが同じでも、いろいろな手法によって識別をすることが可能であり、そのことをみなさんに考え、気づいていただきたかったので、そのような設問を出しました。

今回のテーマで予期していない回答が多く見られました。「水に玉を浮かべる。そして水を抜く。」というものです。そばに水槽の実験があったためかもしれませんが、みなさんの発想の豊かさには敬服いたしました。この手法が会社で使われていないかというと、これも実によく使われています。ただし、通常広く用いられている半導体ではなく「有機材料」という種類の物質の作製方法に広く使われています。みなさんのアイデアは1層の球の並びを得ることに成功すると思います。しかしながら、何層も重ねることについて工夫をするところまでたどり着いていませんでした。どうしたらいいのでしょうか？