# 2015
# 日本数学コンクールのまとめ

## 第26回　日 本 数 学 コ ン ク ー ル
## 第19回　日本ジュニア数学コンクール
－平成27年８月９日実施－

## 第16回　日本数学コンクール論文賞

日本数学コンクール委員会
名 古 屋 大 学

# 目　　　　次

# １．はじめに

日本数学コンクール＝Gate way to the Great Nature

日本数学コンクール委員会委員長　國　枝　秀　世
（名古屋大学研究担当理事）

本年平成２７年度、名古屋大学主催の第２６回日本数学コンクールが無事開催されたこと嬉しく思います。今年も中高生、中には小学生を含む大勢の皆さんが参加してくれました。日頃見た事もない問題に出くわし、わくわくしながら挑戦してくれたとすれば嬉しい限りです。そうした問題を考えて頂いた出題委員の先生方、開催にあたってご協力頂いた関係者の皆様に主催者を代表して心から御礼を申し上げます。

最近のこのコンクールの出題では身の回りの題材を取り上げたものが多い様に思います。そうです。世の中には数学が満ち溢れています。挑戦した皆さんはその楽しみを知る幸運に恵まれたのだと思います。そして素晴らしい発想を示し、今回受賞の栄に輝いたみなさんおめでとうございます。このコンクールのこれまでの受賞者は様々な分野に進んで活躍をしており、それに続いてくれることを祈っています。勿論、数学の研究者になった方も居ますが、むしろその数学の力を様々な分野に活かしている人が多いと言って良いと思います。１８世紀に遡りますがラプラス変換のラプラスは実はブラックホールの最初の提唱者でもあります。同じ１８世紀の数学者オイラーは1760年に剛体の力学を論じ、剛体に固定した運動座標系を導入してオイラーの運動方程式を発展させましたが、実はビリヤードに熱中し、突いたボールの運動解析がその動機だとも言われています。

名古屋大学にある 2008 ノーベル賞展示室に入るとすぐに目に入ってくるのが「自然に学ぶ」と言う標語です。奥に進むとオワンクラゲから緑色に発光するタンパク質を見つけた下村脩先生の色紙にも同じ言葉を書いて頂いています。野依先生の鏡像対称の分子の作り方も、益川先生、小林先生の６個のクォークも、赤﨑先生、天野先生の青色に光る窒化ガリウムも自然に隠された仕組みや隠された力を、これらの先生方が人類で初めて気がついたものだと思います。私の専門である天文学は当然としても、数学も同じではないかと思います。自然は美しい数学の真理をずっとずっと以前から作って、皆さんが気付くのを待ってくれているのだと思います。この受賞を励みとして身の回りに潜む数学の美しい姿を見つける姿勢を保ち続けて欲しいと思います。それは入試対策の勉強とはある意味対極にあるでしょう。通常の入試問題の大きな違いは、問題が与えられ答えが用意されたものであることです。数学の研究では本コンクールの論文賞の様に自分で問題を見つけることが中心になります。試験時間にとらわれず十分な時間をかけて数学を楽しみ、自然が用意した数学の美しさに気づく、これはすべての自然科学に共通の喜びです。あらゆる対象、現象の中に自然が用意している数学の美しい姿を見つける楽しみ、すなわち数を楽しむ数楽をこれからも目指して下さい。それはすべての学問への入り口＝Gate Way になるに違いありません。

# ２．日本数学コンクール開催の趣旨

## 開催の趣旨

今日世界はいろいろな意味で大きな転機に立っています。産業技術の高度化や高度情報化の技術革新は急速な進展を見せていますが，反面，人口爆発，エネルギー問題，環境汚染等人類がかつて経験したことのない複雑多岐にわたる課題に直面しています。このような問題を解決し，将来にわたって人類社会の発達と繁栄を享受していくためにも，総合的，学際的な学術研究の振興が必要です。このことは，必然的に汎科学性を有する数学の一層の飛躍とそれによる新しい科学の発展が求められており，それを支える優れた数学的思考力を持ち，探求心と創造性豊かな人材の育成が急務となっています。

このような情勢にかんがみ，新しい科学と技術の開拓を担う夢とロマンを秘めた青少年の発掘，伸長を図っていくため，中・高校生を対象に，平成 2 年度から「日本数学コンクール」を，同 9 年度からは「日本ジュニア数学コンクール」を，同 12 年度からは「論文賞」を開催してきました。そして今年度は，協力して解を導き出せる人材の発掘・育成のため「団体戦」を導入しました。私ども委員会は今後とも数学コンクールを実施し，もって世界の学術研究進展の基礎形成に寄与していくものです。

## 特　色

**◎自由にゆったり考える**

一題に絞っての解答も可能です。参考書やノート等の持ち込みも自由です。途中，試験会場で昼食や飲み物などを自由に取ることができます。

**◎楽しい数学の発見**

学校における数学の教育課程，教科書にとらわれず，数学の本質に根ざした考えていて楽しい問題を提供します。数理実験も積極的に採り入れます。

**◎多彩な才能の評価**

優秀な能力をもった生徒，ユニークな発想をもった生徒等様々な参加者の才能を多面的に評価します。特定の一題に集中して素晴らしい発想を出した生徒も顕彰します。

**◎優れた人材の育成**

日本数学コンクール参加者の数学的な能力，資質を一層高めるために，定期的に，中・高校生を対象に数学の公開講座「数理ウェーブ」を開催しています。

なお，「数理ウェーブ」は一般の方々の参加も認めており，多数の参加があります。

# ３．講評と解説

## （１）２０１５年日本数学コンクール問題の狙いと全体講評

日本数学コンクール実行委員会委員長　宇澤　達
（名古屋大学多元数理科学研究科教授）

問題１「段取り上手」
　オペレーションズリサーチ(Operations Research, OR)と呼ばれる分野の問題です。いろいろな起源があると言われていますが、計算機のプロトタイプを発明した Babbage というイギリスの数学者が郵便の仕分け、配達経路の問題などを解決して郵便制度を立ち上げたのが一つの起源だと言われています。第二次世界大戦中に飛躍的な進歩をとげます。名古屋大学では小野勝次先生が力を入れ、OR 学会が社団法人となった時の初代会長をつとめました。

問題２「二進数のような十進数」
　０と１が並ぶ有限数列は現象のプロトタイプともなる数学の基本的な対象です。ここではその乗法的な性質に着目しています。

問題３「お菓子の交換」
　経済学の基本的な問題をうまく出題した問題です。ゲーム理論、OR の、アメリカでの一つのメッカが Rand Coorporation という研究所です。プリンストン大学の数学科はベル研究所の近くにあったことも手伝ってか、純粋数学に志した大学院生もシャノンの元で夏休みのバイトをしたり、Rand Coorporation でバイトをしたりしたと聞きます。そのような環境の中で応用系に進んで行く人たちが出ました。社会科学への数学の応用はそう言った環境の中で、このような問題を考えていくことで進んでいきました。コンクールに参加された方の中でも新しい分野を切り開いていく人が出ることを期待しています。

問題４「ジャングルジムの最長経路問題」
　グラフ理論ではハミルトン経路の問題と言われているものです。ジャングルジムと言わずに箱の中の蛇の問題と呼ばれることもあります。ハミルトンが正十二面体の各頂点を一回通過するように辺をたどっていくことができるか、という問題を考えたためハミルトン経路の問題と呼ばれています。様々な問題と結びついて盛んに研究されています。

問題５「イヤホンの絡まり」
　これは数学では結び目理論と呼ばれている分野です。結び目の分類は、ケルビン卿による原子はエーテルの中の結び目である、という理論に触発されてテイトという人が 1885 年に１０交叉までのリストを作成し、これが完全なリストであるという予想を立てました。トポロジーの重要な対象となり、盛んに研究されました。結び目の補集合は３次元多様体において重要です。また歴史のいたずらか、統計力学と量子場の理論との密接な関係が近年明らかにあり、様々な不変量を生み出しています。DNA、たんぱく質の３次構造にも関連しています。

以上参加者の皆様出題者の予想以上の努力をされました。

# （２）日本数学コンクール・日本ジュニア数学コンクール 共通問題第１問の解説

日本数学コンクール実行委員会委員　　林　　正人（名古屋大学多元数理科学研究科　教授）
渡辺　武志（名古屋大学教育学部附属高等学校　教諭）
青木　勝人（愛知県立瑞陵高等学校　教諭）
小島　彰二（愛知県立名古屋聾学校　教諭）
（出題時所属：愛知県立半田高校）

## 問題１．「段取り上手」

　ある学校では、各クラスの体育委員により構成される体育祭実行委員会が体育祭の実施を司っている。工程表が以下であるとき、次の各問に答えよ。

問Ｉ．下記の工程表のＡからＯまでを実施するとき、活動日に制限を設けない場合の活動開始から活動終了までの最短日数を求めよ。

| | 作業工程 | 先行工程 | 作業日数 |
|---|---|---|---|
| A | 開催の検討 | − | 5 |
| B | 会場の選定 | A | 7 |
| C | 招待客の確認 | A | 14 |
| D | 希望種目のアンケート実施 | A | 5 |
| E | 体育祭の内容の検討 | B,D | 10 |
| F | 出場人員の取りまとめ | E | 10 |
| G | 用具の借り入れ | E | 8 |
| H | 体育祭の練習① | F,G | 10 |
| I | プログラムの作成・印刷 | F,G | 14 |
| J | 賞品の選定 | F,G | 15 |
| K | 体育祭の練習② | H | 10 |
| L | 会場の飾り付け | C,I,J,K | 2 |
| M | 弁当の手配 | C,I,J,K | 1 |
| N | 体育祭の当日 | L,M | 1 |
| 0 | 会場の後片付け | N | 1 |

**※解答作成上の注意。**

１．結論を最初に明示すること。例えば、
　　問Ｉならば「最短は○○日」
　　問２ならば「第１回開催検討委員会開催は○月□日以前とする。」
２．求めた結論が最もふさわしいことがわかる様に、根拠を明らかにすること。
３．工程の流れがわかるように、適切な図、表を作成すること。
４．なお、問Ｉ、問２ともに、各工程は、先行工程がすべて完了した翌日を開始日とする。

問２．下記の諸条件のもとで、今年 2015 年 10 月 8 日（木曜日）に体育祭を実施する場合、第 1 回の委員会（開催検討委員会）は遅くとも、何月何日より以前に実施しなければならないか考察せよ。

**条件**

１．一般生徒の活動は、平日（月曜日から金曜日）に可能であるが、定期試験期間（中間試験 5 月 19 日から 5 月 22 日、期末試験 7 月 1 日から 7 月 6 日）および定期試験前 1 週間、夏休み期間（7 月 19 日から 8 月 31 日）は活動不可とする。
２．体育委員による委員会開催・工程作業は、平日の他、土曜・日曜・祝祭日も可能であり、夏休み期間(7 月 19 日から 8 月 31 日）も同様に可能であるとする。しかし、定期試験期間（中間試験 5 月 19 日から 5 月 22 日、期末試験 7 月 1 日から 7 月 6 日)および定期試験前 1 週間は活動不可とする。
３．作業工程の遅延を考慮して、平日 10 日を予備日として算入すること。
４．人員を多数投入しても、作業工程日数に変動はないものとする。

| | 作業工程 | 体育委員 | 一般生徒 | 先行工程 | 作業日数 |
|---|---|---|---|---|---|
| A | 開催の検討 | ○ | | − | 5 |
| B | 会場の選定 | ○ | | A | 7 |
| C | 招待客の確認 | ○ | | A | 14 |
| D | 希望種目のアンケート実施 | | ○ | A | 5 |
| E | 体育祭の内容の検討 | ○ | | B,D | 10 |
| F | 出場人員の取りまとめ | | ○ | E | 10 |
| G | 用具の借り入れ | ○ | | E | 8 |
| H | 体育祭の練習① | | ○ | F,G | 10 |
| I | プログラムの作成・印刷 | ○ | | F,G | 14 |
| J | 賞品の選定 | ○ | | F,G | 15 |
| K | 体育祭の練習② | | ○ | H | 10 |
| L | 会場の飾り付け | ○ | | C,I,J,K | 2 |
| M | 弁当の手配 | ○ | | C,I,J,K | 1 |
| N | 体育祭の当日 | ○ | ○ | L,M | 1 |
| 0 | 会場の後片付け | ○ | ○ | N | 1 |

2015年度　カレンダー（4月～10月）

4月

| 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | | |

5月

| 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 1 | 2 |
| 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 31 | | | | | | |

6月

| 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
| 28 | 29 | 30 | | | | |

7月

| 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | |

8月

| 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 1 |
| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| 30 | 31 | | | | | |

9月

| 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |
| 27 | 28 | 29 | 30 | | | |

10月

| 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1 | 2 | 3 |
| 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |

# 解説と講評

体育祭は、どなたも学生時代に体験された、お馴染みの学校行事です。体育科の先生方が中心となって毎年工夫を重ねながら、どの学校でも実施されてきた、行事の華、それが体育祭です。段取りの良し悪しが、結果の成否を左右します。「体育祭をテーマに、段取りを科学する」が本問の主題です。

### 解説

日常生活で、仕事の段取りの良し悪しを取りざたされることがあります。段取りが悪くて、いい事は何もありません。何事も段取り良く、仕事はこなしたいものです。

ここで、問題の背景を紹介します。その昔、米ソ冷戦当時、人類初の宇宙飛行で先を越された米国は、その威信を掛けて、ポラリス潜水艦発射弾道ミサイル開発プロジェクトを急いだと言います。その過程で、形作られた手法が、今回のテーマとなる、PERT（パート）です。PERT とは、Program Evaluation and Review Technique の頭文字を集めたものです。一方、費用管理とし有名なのは、フランスのデュポン社が開発した、CPM です。CPM とは Critical Path Method の略です。PERT,CPM どちらも、オペレーションズ・リサーチで扱われる分野として有名です。人類を月に送り込むアポロ計画のような巨大プロジェクトを管理する手法としても採用された PERT は、ここ日本でも、新幹線の建設、1964 年の東京オリンピックでの施設建設、霞ヶ関ビル建設の施工管理等の巨大プロジェクトの管理を担いました。PERT はプロジェクト管理の中でも、主として工程管理を担当する有力な手法です。オペレーション・リサーチは、高度成長経済を支えた、とても実際的で、役に立つ学問なのです。

例えば、航空会社を一つとって見ましても、運行管理、機体配備ならびに人員配置まで、時間管理に対応するためにこの PERT の考え方を駆使しています。この問題を通して、PERT の基本を理解していただければ幸いです。

**問 1 「最短は 56 日」であるが正解。（表 I 参照）**

ガント・チャートあるいは、アロー・ダイアグラムを利用して最短日数（全体の作業工程を詰めた時の最長日数）を求めればよい。アロー･ダイアグラムを利用して出来た工程管理手法が PERT です。

ガント・チャート（Gantt chart）とは、プロジェクト管理や生産管理などの工程管理に用いられる表です。1910 年代に米国人、Henry Laurence Gantt によって考案されました。

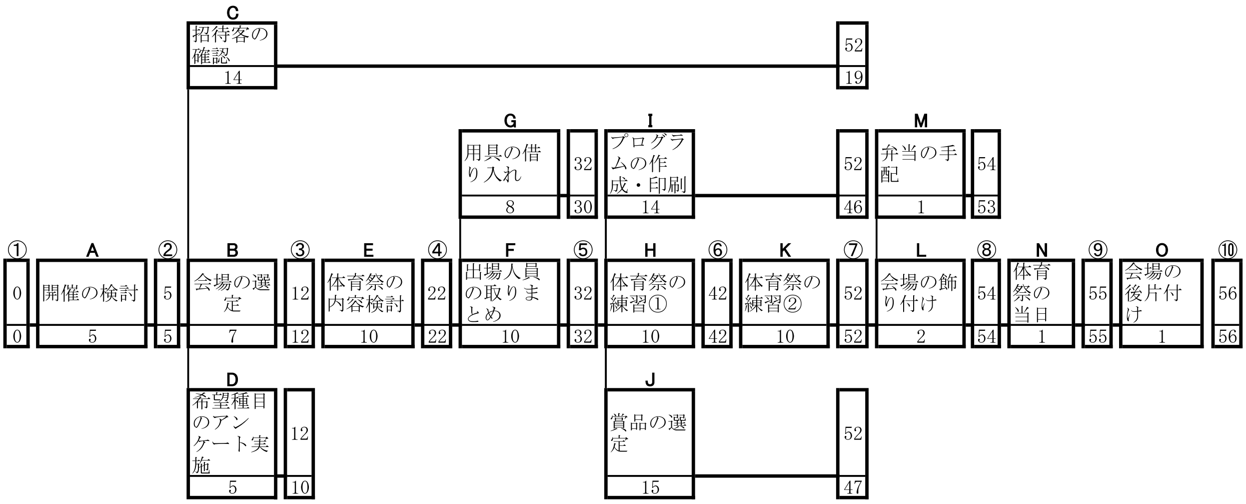
プロジェクトの各段階を作業単位に分解し、縦軸に作業内容、横軸に作業開始日、作業終了日を書き、期間と進捗状況を視覚的に表した表が、ガント・チャートです。

一方、アロー・ダイアグラム（Arrow diagram）とは、ある作業の内容と日程の流れを、順を追って表した図式のことです。

次の事象を開始するためには、前段階に事象が２つ以上有る場合には、その２つ以上の事象がすべて完了することが必要です。そのため、事象の流れの中で、各事象間の関係や影響が明確になります。複雑な工程や細かい時間配分を図式化できるため、大規模なプロジェクトで作業の進行状況を的確に把握するために役立っています。

PERT は、主として大規模で複雑なプロジェクトの計画立案とスケジューリング管理のために開発されました。従って、時間が主要な要因となる研究開発プロジェクトに向いた手法と言えます。PERT の最も特徴的な図としては「PERT 図」があります。PERT は非常に大規模で 1 度限りの、定型タイプではない複雑なプロジェクト管理に向いています。

2015年度数学コンクール「段取り上手」　表Ⅰ




**問２「第１回開催検討委員会開催は５月 26 日以前とする。」が正解。（表Ⅱ参照）**

問１．で行った作業を、後ろから前に遡って工程を埋めて行きます。（バックトラック）
ここで､予備日として平日の 10 日を取る必要があります｡どのタイミングで予備日を取るかが、結果に大きく影響を及ぼす点に注意しよう。現実に、工程作業が遅れるのは、天候に左右されやすい H（体育祭の練習①）と K（体育祭の練習②）であり、予備日はその為に 10 日用意されています。予備日の設定の仕方も、結果に影響を及ぼします。ある程度、ヒューリスティック（heuristic 試行錯誤を伴う、発見的）な探査、探求が必要です。注意すべきは、体育祭実行委員会は土日、祝祭日、長期休業日（夏休み）にも開催できることです。なお「第１回開催検討委員会開催は５月 24 日以前とする。」も正解とします。

**採点基準**

採点は、以下の基準に従って行いました。

１．解答を導く過程に着目し、論証力（説明力）を評価しました。
３．分かり易い説明のために、効果的に図表の作成を行っているかどうかを評価しました。
４．説明全体のプレゼンテーション能力を評価しました。
５．当然ですが、論理的な飛躍がないかチェックしました。
団体戦では、結果の正しさばかりでなく、プレゼンテーション能力の優劣を評価しました。

**講評**

**問１**　個人戦､団体戦あわせての正解数は約 70 であり､参加者の数理能力の高さを示しています。就職試験等において、今や定番の SPI。PERT 関連の問題は、必ず出題されています。

**問２**　問１の結果をどの様に利用するかが大切であり、プレゼンテーション能力が問われる問題です。一つ一つ、丹念に調べることが正解への近道です。問１を正解し、かつ、問２の出来の優劣が、評価の良し悪しにつながりました。制約の多い一般生徒の活動の日程配置を中心に考えると良いです。

**参考文献**

この分野の定番と言われる以下の２冊をお薦めします。

刀根　薫　著　「ＰＥＲＴ入門」(改訂版)　東洋経済新報社　1977 年
関根智明　著　「ＰＥＲＴ・ＣＰＭ」　日科技連　1975 年（ＯＲライブラリー⑪）

刀根先生は、元日本オペレーションズ・リサーチ学会会長。
関根先生は、株式会社管理工学研究所の創始者。データーベースソフト「桐」で著名。

段取り上手（問2解答例）

4月

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 |
| | 体育委員会・工程作業可能日 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 一般生徒活動可能日 | | | | | | | | | | | × | × | | | | | | × | × | | | | | | × | × | | | × | |
| | 予備日 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 開催の検討 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | 会場の選定 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | 招待客の確認 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | 希望種目のアンケート実施 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | 体育祭の内容の検討 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | 出場人員のとりまとめ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G | 用具の借り入れ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H | 体育祭の練習① | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I | プログラムの作成・印刷 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| J | 賞品の選定 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| K | 体育祭の練習② | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L | 会場の飾り付け | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M | 弁当の手配 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | 体育祭の当日 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| O | 会場の後片付け | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表Ⅱ-1

第1回開催検討委員会は遅くとも5月26日に開催すればよい。

5月

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 |
| | 体育委員会・工程作業可能日 | | | | | | | | | | | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | | | | | | | | | |
| | 一般生徒活動可能日 | | × | × | × | × | × | | | × | × | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | | | | | | × | × |
| | 予備日 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 開催の検討 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | 会場の選定 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | 招待客の確認 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | 希望種目のアンケート実施 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | 体育祭の内容の検討 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | 出場人員のとりまとめ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G | 用具の借り入れ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H | 体育祭の練習① | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I | プログラムの作成・印刷 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| J | 賞品の選定 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| K | 体育祭の練習② | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L | 会場の飾り付け | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M | 弁当の手配 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | 体育祭の当日 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| O | 会場の後片付け | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表Ⅱ-2

6月

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 |
| | 体育委員会・工程作業可能日 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | × | × | × | × | × | × | × |
| | 一般生徒活動可能日 | | | | | | × | × | | | | | | × | × | | | | | | × | × | | | × | × | × | × | × | × | × |
| | 予備日 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 開催の検討 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | 会場の選定 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | 招待客の確認 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6月7日～10月2日までの14日間 | | | | | | | | | |
| D | 希望種目のアンケート実施 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | 体育祭の内容の検討 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | 出場人員のとりまとめ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G | 用具の借り入れ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H | 体育祭の練習① | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I | プログラムの作成・印刷 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| J | 賞品の選定 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| K | 体育祭の練習② | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L | 会場の飾り付け | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M | 弁当の手配 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | 体育祭の当日 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| O | 会場の後片付け | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表Ⅱ-3

7月

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 |
| | 体育委員会・工程作業可能日 | × | × | × | × | × | × | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 一般生徒活動可能日 | × | × | × | × | × | × | | | | | × | × | | | | | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| | 予備日 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 開催の検討 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | 会場の選定 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | 招待客の確認 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | 希望種目のアンケート実施 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | 体育祭の内容の検討 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | 出場人員のとりまとめ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G | 用具の借り入れ | | | | | | | | | | | | | | | 7月7日～9月1日までの8日間 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H | 体育祭の練習① | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I | プログラムの作成・印刷 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| J | 賞品の選定 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| K | 体育祭の練習② | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L | 会場の飾り付け | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M | 弁当の手配 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | 体育祭の当日 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| O | 会場の後片付け | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表Ⅱ-4

8月

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 |
| | 体育委員会・工程作業可能日 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 一般生徒活動可能日 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| | 予備日 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 開催の検討 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | 会場の選定 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | 招待客の確認 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | 希望種目のアンケート実施 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | 体育祭の内容の検討 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | 出場人員のとりまとめ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G | 用具の借り入れ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H | 体育祭の練習① | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I | プログラムの作成・印刷 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| J | 賞品の選定 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| K | 体育祭の練習② | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L | 会場の飾り付け | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M | 弁当の手配 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | 体育祭の当日 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| O | 会場の後片付け | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表Ⅱ-5

9月

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 |
| | 体育委員会・工程作業可能日 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 一般生徒活動可能日 | | | | | × | × | | | | | | × | × | | | | | | × | × | × | × | × | | | × | × | | | |
| | 予備日 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 開催の検討 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | 会場の選定 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | 招待客の確認 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | 希望種目のアンケート実施 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | 体育祭の内容の検討 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | 出場人員のとりまとめ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G | 用具の借り入れ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H | 体育祭の練習① | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I | プログラムの作成・印刷 | | | | | | | | | | | | | | | | 9月2日～10月2日までの間の14日 | | | | | | | | | | | | | | |
| J | 賞品の選定 | | | | | | | | | | | | | | | | | 9月2日～10月2日までの間の15日 | | | | | | | | | | | | | |
| K | 体育祭の練習② | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L | 会場の飾り付け | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M | 弁当の手配 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | 体育祭の当日 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| O | 会場の後片付け | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表Ⅱ-6

10月

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 |
| | 体育委員会・工程作業可能日 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 一般生徒活動可能日 | | | × | × | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 予備日 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 開催の検討 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | 会場の選定 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | 招待客の確認 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | 希望種目のアンケート実施 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | 体育祭の内容の検討 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | 出場人員のとりまとめ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G | 用具の借り入れ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H | 体育祭の練習① | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I | プログラムの作成・印刷 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| J | 賞品の選定 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| K | 体育祭の練習② | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L | 会場の飾り付け | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M | 弁当の手配 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | 体育祭の当日 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| O | 会場の後片付け | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表Ⅱ-7

# （３）日本数学コンクール・日本ジュニア数学コンクール 共通問題第２問の解説

日本数学コンクール実行委員会委員　　伊師　英之（名古屋大学多元数理科学研究科　准教授）
高田　宗樹（福 井 大 学 工 学 研 究 科　准教授）

## 問題２．「二進数のような十進数」

最高位と一の位を１として､その他の各位の数は1と0が規則的に並んでできる数の列$\{A_n(m)\}$を考えます。ここで、自然数$n$は項数を表し、$m$は自然数$k$の関数で 1 と 1 に挟まれる 0 の個数を表すとします。例えば$m(k)=k$　のときは、1 と 1 に「はさまれる」0 の個数は項数$k$が増えるに従って 1 個ずつ増えるので、

$$A_1(m)=1,\quad A_2(m)=101,\quad A_3(m)=101001,\quad A_4(m)=1010010001,\ldots$$

となります。言いかえると、$A_n(m)$において$k=1,2,\ldots,n-1$に対して、最高位から数えて$k$番目の 1 と$k+1$番目の 1 に挟まれる 0 の個数が$m(k)$で表されています。特に$A_1(m)=1$　と定義します。

さて、0 以上の整数$c$について、項数$k$に依らず常に$m(k)=c$となる関数を$\underline{c}$と書くことにします。例えば$m$が$\underline{0}$　や$\underline{1}$で与えられるとき、$\{A_n(m)\}$は以下のようになります。

$A_1(\underline{0})=1,\quad A_2(\underline{0})=11,\quad A_3(\underline{0})=111,\quad A_4(\underline{0})=1111,\ldots$

$A_1(\underline{1})=1,\quad A_2(\underline{1})=101,\quad A_3(\underline{1})=10101,\quad A_4(\underline{1})=1010101,\ldots$

このとき、以下の問いに答えてください。

(1) $A_n(\underline{0})$，$A_n(\underline{1})$，$A_n(\underline{2})$を$n$の式で表してください。

(2) 一般に$m(k)$がどんな$k$の式であっても、$A_3(m)$や$A_9(m)$は素数とならないことを示してください。

(3) 数列$\{A_n(m)\}$ができるだけ多くの素数を含むような$m(k)$を考えてください。

# 解説と講評

数列$\left\{A_n(m)\right\}$のうち最も単純な構造をとる$\left\{A_n(\underline{0})\right\}$は Repunit(レピュニット)と呼ばれ、$A_n(\underline{0})^2$は回文数となることでも知られている。Repunit の素数が無限にあるかどうかは未解決問題で、実をいうと、この問題の本当の解決に向かって某博士は、今なお、計算を続けている。

Repunit は 10 進数(10 以外の基数)に対しても定義されうる。基数$x$に対する Repunit を$\mathrm{Rep}_n(x)$と書くことにすると[1]、数列$\left\{\mathrm{Rep}_n(x)\right\}$の一般項は、

————

[1] 例えば、$\mathrm{Rep}_n(2)$はメルセンヌ数である。

$$\mathrm{Rep}_n(x) = \frac{x^n - 1}{x - 1}$$

となる。$\mathrm{Rep}_n(10)$については、$n = 2, 19, 23, 317, 1031$の素数判定が得られている[2]。それ以上の数については桁数が大きいために厳密には判定されていない[3]。これらの反復単位数に加えて、本問題では単位数 1 に「はさまれる」0 も入れた数の世界を新たに定義して、素数を探索して楽しんで頂くのが狙いであった。(1), (2)については以下で答えを述べるが、完答に達した答案が多かった。ただし、(2)については知識を答えるに留まり、論述を与えない答案が多くみられたことは残念であった。

(1) 帰納的な証明を省くが、以下の通りである。

$$A_n(\underline{0}) = \frac{10^n - 1}{9}, \qquad A_n(\underline{1}) = \frac{10^{2n} - 1}{99}, \qquad A_n(\underline{2}) = \frac{10^{3n} - 1}{999}$$

(2) 一般に$m(k)$がどんな$k$の式であっても、$\ell$桁の自然数$A_n(m)$:

$$\begin{aligned}
A_n(m) &= \sum_{j=0}^{\ell-1} a_j 10^j \\
&= \sum_{j=0}^{\ell-1} a_j (10^j - 1) + \sum_{j=0}^{\ell-1} a_j \\
&= \sum_{j=0}^{\ell-1} \left\{9A_j(\underline{0})\right\} a_j + S[A_n(m)] \\
&= 9\sum_{j=0}^{\ell-1} A_j(\underline{0}) a_j + S[A_n(m)] = 3\cdot 3\sum_{j=0}^{\ell-1} A_j(\underline{0}) a_j + S[A_n(m)]
\end{aligned}$$

$$s.t. \qquad a_j \in \left\{0,1\right\}; \quad S[A_n(m)] = \sum_{j=0}^{\ell-1} a_j$$

について、$9 \mid A_n(m) \Rightarrow 9 \mid S[A_n(m)]$ かつ、$3 \mid A_n(m) \Rightarrow 3 \mid S[A_n(m)]$となる($\ell \geq n$)。ここで、$a_j$は$A_n(m)$の$j+1$桁目の数を表す($0 \leq j \leq \ell - 1$)。また、$S[A_n(m)]$は各桁の数の和である。以上の結果を用いて、各桁の数の和が 3 の倍数となる$A_{3n}(m)$は 3 を約数として持ち、素数にはなり得ない。

(3) ある自然数以下の全ての素数を発見するアルゴリズムとして、エラトステネスの篩が知られている。解答では $A_2(\underline{0})$ や $A_2(\underline{1})$ が素数であることを指摘しつつも、$\mathrm{Rep}_n(10) = A_n(\underline{0})$ について、

① $A_4(\underline{0}) = 1111 \div 11 = 101$ などといった簡単な割り算の実験により、商みられる繰り返し構造

---

[2] Williams, H. C. & Dubner, H. (1986) The Primality of ***R*** 1031, *Math. Comput.* **47**: 703-711.

[3] Probably Prime (PRP)である数について議論されている。

② (2)の結果

などを考察して、項数 $n$ が偶数に加え 3、9、11 の倍数である数 $A_n(\underline{0})$ を素数候補から外すもの(3 去法、9 去法…)があった。一般に、$m$ が $n$ を割り切るならば、$A_m(\underline{0})$ は $A_n(\underline{0})$ を割り切る。よって、$n$ が合成数ならば $A_n(\underline{0})$ は合成数となる。この性質を明確に述べて議論した宮川純一君(鶯谷高、3 年)の解答が秀でていた。素数を生成するためには、上述のような規則性[4]が伴わないように工夫して $m(k)$ をとることが考えられる。例えば、フィボナッチ数列

$$m(k+2) = m(k+1) + m(k), \qquad s.t. \qquad m(1) = 0, \quad m(2) = 1$$

により $\{A_n(m)\}$ をとると、

$$\begin{gathered} A_1(0) = 1 \\ A_2(0) = 11 \\ A_3(1) = 1101 \\ A_4(1) = 110101 \\ A_5(2) = 110101001 \\ \cdots \end{gathered}$$

が得られる。ここで、$A_2(0), A_5(2)$ は素数となっており、高次の項に関する解析が待たれる。

---

[4] $\{0,1\}$ のなす数列の規則性(複雑性)を計量することは、応用上、興味を持たれることが多く、統計学的には連検定が知られている。例えば、睡眠時を 1(■)、非睡眠時を 0(無印)とする睡眠日記というグラフがある(下図)。これは心理学や動物行動学でみられる活動時間配分の記録のひとつである。健常者は規則正しい生活を送り、規則的なパターンを示す。一方、臨床的には数多くある 0 の海にところどころ不規則に 1 が出現することがある。

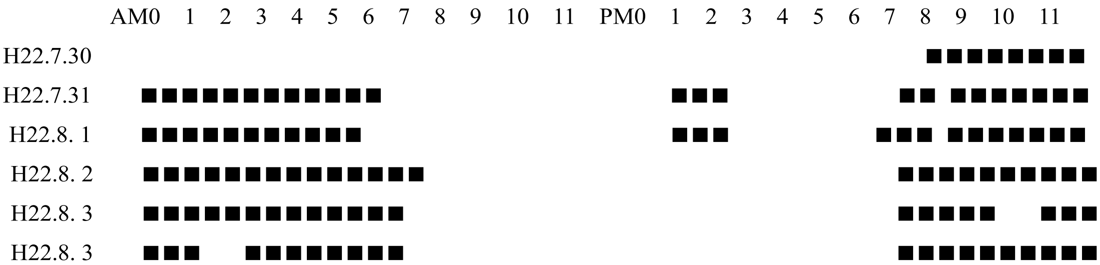



図　睡眠日記の一例

# （４）日本数学コンクール・日本ジュニア数学コンクール　共通問題第３問の解説

日本数学コンクール実行委員会委員　花薗　誠（名古屋大学経済学研究科 准教授）
田地　宏一（名古屋大学工学研究科　准教授）

## 問題３．「お菓子の交換」

種類の異なる n 個のお菓子（チョコ、飴、クッキー、大福、どら焼き、…）があり、生徒 n 人にくじ引きで 1 つずつ配りました。生徒は各自、お菓子の好みについて同点のない順位付けをしているとします。また、他の生徒をうらやんだり、ねたんだりしないとしましょう。

お菓子の好みは人それぞれなので、再配分すると、初めの配分と比べて誰も順位を落とさずに、何人かは順位を高められるような配り方になるかもしれません。次の方法を考えてみましょう。

0. それぞれの生徒は「好みの順位」を公表する。
1. 公表した順位に従い、各自 1 番好きなお菓子を持っている人を指差す。自分の持っているお菓子が 1 番なら、自分自身を指差す。
2. 以下のような「循環」ができていたら、循環を作る生徒の中で、各自が指差した相手からお菓子をもらい、指差された人にお菓子を渡し、退場する。全員退場なら終了。残った生徒がいれば 3.へ。
   循環とは：指差す方向を→で表す。A→B→C→A（A が B、B が C、C が A をそれぞれ指差す）のような、ひと回りする指差しの連鎖を循環とよぶ。A→A も 1 つの循環と考える。
3. 残った生徒は各自、好みの順位のリストから、退場した生徒のお菓子を削除し、残ったお菓子・生徒について、1. からのプロセスを繰り返す（つまり、残った中から 1 番好きなお菓子を持っている人を指差す）。

問 1 : このプロセスは必ず終了することを示してください。
問 2 : ステップ 0 で好みの順位を公表する際に、嘘をつくとどうなるでしょう。正直な場合と比べて、好みの順位が高いお菓子を決して得られないことを示してください。
問 3 : ステップ 0 で好みの順位を公表した直後に、グループ（1 人でもよい）を作って上のプロセスから抜け、グループ内でそのメンバーのお菓子を交換できるとします。どんなグループを作っても、また、その中でどのように工夫して交換してもよいとします。しかし、全員が参加する交換プロセスによる結果と比べて、グループメンバーの誰も得しないか、あるいは誰かは必ず損するかのいずれかであることを示してください。

問 4 : お菓子がいくつかあまり、ある生徒に初めから 2 つ配りました。2 つ配られた生徒は、2 つお菓子を食べることになるので、その組み合わせに順位をつけなければなりません（全部でチョコ、クッキー、飴、大福の 4 種類の場合、例えば「チョコとクッキー」1 位、「チョコと飴」2 位、「クッキーと飴」3 位、「チョコと大福」4 位、「クッキーと大福」5 位、「飴と大福」6 位、など）。

上のプロセスを修正し、問 1～3 のような性質を満たす再配分が実現できるでしょうか。あるいは、どんな困難があるでしょうか。2 つお菓子を持つ生徒が指差す方法や、また循環ができた時の交換・再配分方法について、いろいろな想定を試し、工夫してください。

## 解説と講評

**問 1：各プロセスで 1 つ以上循環ができるため、**プロセスを繰り返すと全員退場し、終了することを示します。もし循環が 1 つもできないならば、生徒 1 は生徒 2〜n の誰かを指差す必要があります（生徒 2 とします)。生徒 2 は、循環を作らないために生徒 3〜n の誰かを指差す必要があります（生徒 3 とします)。同様に、循環を作らないような指差しの連鎖を考えると、生徒 n が指差す相手は誰も残りません。つまり循環を作らない事は不可能で、必ず 1 つ以上の循環できることがわかります。

**問 2：自分以外の生徒のお菓子の順位は様々な場合がありますが、どんな場合でも自分が嘘をついて得しない**ことを示します。そこで、自分以外の生徒のお菓子の順位を 1 つ固定して議論します。この状況で自分の順位を正直に公表した場合、自分を含む循環がいつ生じるか予期できます(j 回目とします)。また、ある嘘の順位を公表した場合にも、自分を含む循環がいつ生じるか予期できます(k 回目とします)。

**【循環の形成が早まらない場合：j ≤ k】**嘘をついた影響が k 回目（j ≤ k）に現われるため、j-1 回目までのプロセスの進展は、正直でも嘘でも変わらない点に注意しましょう。つまり、j 回目のステップ 1 で残っているお菓子は、どちらの場合も変わりません。正直な場合、j 回目に残っているなかで 1 位のお菓子を獲得しているのですから、このような嘘をついて、より高い順位のお菓子を得ることはありません。

**【循環の形成が早まる場合：j ＞ k】**上と同様に、k-1 回目までのプロセスの進展は、正直でも嘘でも変わりません。嘘をつき、<u>k 回目にできる循環を構成する自分以外の生徒</u>に着目します。実は、「**(*)正直に公表する時、この生徒たちは j−1 回目の終了まで退場せず、j 回目のプロセスで自分と循環を作ることが可能**」です。つまり、循環の形成を早めても、正直な時に j 回目で形成可能な循環からのお菓子を先取りしているだけで、正直な場合と比べてより高い順位のお菓子を得ることはありません。

> 【(*)の証明】上記の循環を形成する自分以外の各生徒は、k 回目のプロセスで 1 位のお菓子を持つ人を指差しています。この循環が形成されるか、自分が退場しない限り、これら各生徒の 1 位のお菓子は残り続けることに着目します。自分が正直に公表するなら、j-1 回目の終了まで退場せず、上記の循環を形成するように指差しもしません。よって、j-1 回目の終了までこの生徒たちは循環をつくれず、退場しません。

**問 3：**グループ内で**誰も損しない抜け駆けグループを作ろうとすると、誰も得をしない**ことを示します。したがって、誰かが得をするなら、誰かが損をしてしまうので、題意が示されていることがわかります。

1 回目に循環を形成し退場する生徒たちは、1 位のお菓子を得ているので抜け駆けしても絶対に得せず、かえって損する可能性があります。誰も損しないグループを作るには、彼らを含まないか、含むなら循環を形成する者全員を含み、その循環にしたがって交換するようにしなければなりません。

次に 2 回目に退場する生徒たちに着目しましょう。彼らは 1 回目終了時に残った中で 1 位のお菓子を得ています。彼らが抜け駆けして得するためには、1 回目に退場する生徒の誰かと交換しなければならないのですが、その相手は損をしてしまいます。したがって、誰も損しないグループを作ろうとすると、2 回目に退場する生徒たちも得することができません。グループに彼らを含むなら、循環を形成する者全員を含み、その循環に従って交換するようにしなければなりません。この議論を繰り返して、誰も損しないグループを作ろうとすると、結局グループ内で誰も得をしない事がわかります。

**問 4**：非常に困難です。いくつか例を考えてみましょう。

例 1：お菓子に対する順位はこれまでと同様で、2 つ持つ生徒はその順位の和を小さくしたい場合。

- 2 つのお菓子を持っている生徒は、それぞれお菓子ごとに自分の「分身」を作って、分身がそれぞれ指差すと考えてみます。他の生徒は、1 位のお菓子を持つ生徒、または分身を指差します。退場の仕方はこれまでと同じようにします。2 つのお菓子を持っている生徒は分身ごとに退場します。
- 分身を 1 人の生徒と考えれば、n+1 人による交換のプロセスが必ず終了することはすぐに分かります。
- **嘘をつくと、得する場合があります**。5 つのお菓子 A,B,C,D,E を 4 人に配った場合を考えます。生徒 1 に A,E の 2 つが配られたとします。
- 好みの順位：

| 生徒<br>配られたお菓子 | 1<br>A,E | 2<br>B | 3<br>C | 4<br>D |
|---|---|---|---|---|
| 1 位<br>2 位<br>3 位<br>4 位<br>5 位 | A<br>B<br>C<br>D<br>E | A<br>C<br>B<br>D<br>E | B<br>E<br>C<br>A<br>D | D<br>A<br>B<br>C<br>E |

- 正直な場合：
  - 1 回目：1, 1’は生徒 1 の分身。太字は循環形成

| 生徒(菓子) | 1(A) | 1’(E) | 2(B) | 3(C) | 4(D) |
|---|---|---|---|---|---|
| 指差し先 | **1(A)** | 1(A) | 1(A) | 2(B) | **4(D)** |

  - 2 回目：

| 生徒(菓子) | 1(A) | 1’(E) | 2(B) | 3(C) | 4(D) |
|---|---|---|---|---|---|
| 指差し先 | 1(A) | 2(B) | **3(C)** | **2(B)** | 4(D) |

  - 3 回目：1’が自分自身を指して終了。生徒 1 は結局交換せず、A,E を得る。**順位の和=6**
- 生徒 1 が嘘をつく場合：たとえば以下の好みの順位を提出。太字は嘘の表明。

| 生徒<br>配られたお菓子 | 1<br>A,E | 2<br>B | 3<br>C | 4<br>D |
|---|---|---|---|---|
| 1 位<br>2 位<br>3 位<br>4 位<br>5 位 | **B**<br>**A**<br>C<br>D<br>E | A<br>C<br>B<br>D<br>E | B<br>E<br>C<br>A<br>D | D<br>A<br>B<br>C<br>E |

  - 1 回目：太字は循環形成

| 生徒(菓子) | 1(A) | 1’(E) | 2(B) | 3(C) | 4(D) |
|---|---|---|---|---|---|
| 指差し先 | **2(B)** | 2(B) | **1(A)** | 2(B) | **4(D)** |

  - 2 回目：

| 生徒(菓子) | 1(A) | 1’(E) | 2(B) | 3(C) | 4(D) |
|---|---|---|---|---|---|
| 指差し先 | 2(B) | **3(C)** | 1(A) | **1’(E)** | 4(D) |

  終了。生徒 1 は B,C を得る。**順位の和=5**

例 2:組合せに好みがある場合：例えば、生徒 1 は(チョコレート、大福)を持っているとして、これが 3 位で、1 位は（クッキー、飴)、2 位は（せんべい、飴）とします。(クッキー、飴)を指差して、運よく 2 つとも入れ替わればよいが、1 つしか入れ変わらないともとの状態より順位が低くなります。1 つずつ交換ができるとすると、場合によっては交換しないほうがましになるため、生徒 1 は(チョコレート、大福)の組合せが 1 位であると嘘をつく方が望ましい可能性があります。では、2 つ一緒でないと交換しないというルールにすると、生徒 1 が持つ 2 つのお菓子のうち、1 つしか循環ができず、それ以外の循環がない可能性があり、プロセスが終了しない場合がありま

す。

講評：この問題はマッチング理論において有名な「トップトレーディングサイクル」という交換のアルゴリズムを取り上げたものです。それぞれが順位の一番高い人を指して、のぞましい交換の成立する人達の集合を見つけるというシンプルな仕組みですが、現実の交換や人員配置にも用いられている非常に有用なものです。アルゴリズムの優れた性質を示すに当たっては、難しい数学知識は必要がないのですが、かなり論理的な議論が要求されます。答案を見たところ、全体的にはそのような論理的な議論を苦手にしている中高生が多いのではないかと感じられました。今後に期待したいと思います。

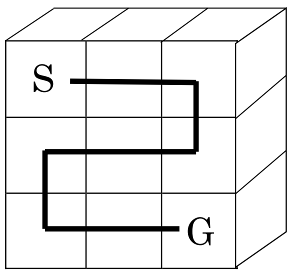
もちろん、そういった要求にこたえた力作やエレガントな解答も見ることができました。ジュニアに関しては、野村海斗君、中村佑匡君の二人は問 3 までの大変優れた解答に加えて、問 4 についても様々な可能性（好みの順位の付け方や配分ルールの方法など）を詳細に検討し、興味深い考察を加えていました。また小宮晨一君も、簡潔ですが本質に迫る理解を示した解答と感じました。シニアでは矢萩慎一郎君のエレガントな解答が特に光りました。坂部圭哉君の綿密な議論や、神田秀峰君の変数や関数を上手に用いた論理的な議論も全般に優れていました。また岡本姫奈さん、竹本敏成君の解答では、図をうまく用い、特に問 2 の解答が工夫されていて、印象に残りました。

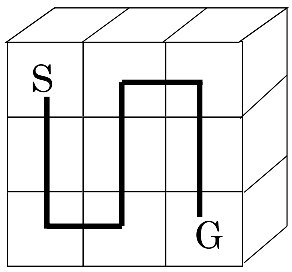
# （５）日本数学コンクール・日本ジュニア数学コンクール
# 共通問題第４問の解説

日本数学コンクール実行委員会委員　　　鈴木　紀明（名 城 大 学 理 工 学 部　教授）
岩本　隆宏（三重県立伊勢高等学校　教頭）
奥田　真吾（三重県立津西高等学校　講師）
小倉　一輝（三重県立上野高等学校　講師）
田邉　　篤（三 重 県 立 津 高 等 学 校　教諭）

## 問題４．「ジャングルジムの最長経路問題」

立方体が３×３×１個積み上がった形のジャングルジムを作ります。左上の立方体(S)をスタート、右下の立方体(G)をゴールとし、全ての立方体の中を 1 度だけ通過する一本道の経路は下図のように２つあります。ただし、立方体から立方体への移動は、接する面を通ってのものに限るとし、n は自然数とします。



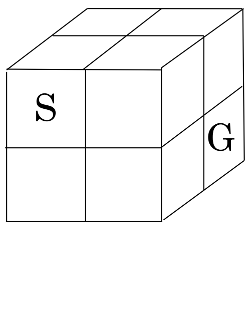

(1)　３×４×１のとき、全ての立方体を通過する一本道の経路はいくつ作ることができますか。
　また、３×n×１のときに、経路の数をnの式として表して下さい。

(2)　４×４×１のとき、全ての立方体を通過する一本道の経路は存在しないことを証明して下さい。

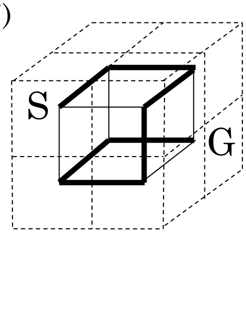
(3)　４×５×１のとき、全ての立方体を通過する一本道の経路はいくつ作ることができますか。
　また、４×n×１のときに、経路の数をnの式として表して下さい。

(4)　２×２×２のとき、全ての立方体を通過する一本道の経路はいくつ作ることができますか。
　また、２×２×nのときに、経路の数をnの式として表して下さい。

２×２×２



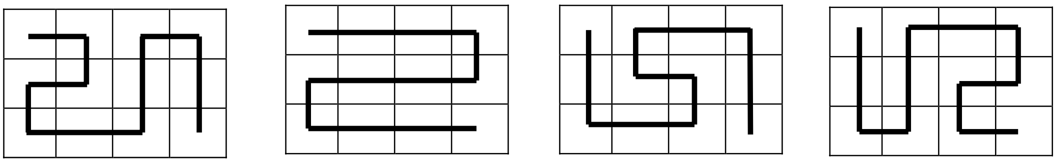

(例)



## 解説と講評

この問題の分野は数学ではグラフ理論のハミルトン道（みち）〔すべての頂点を含む道〕と言われています。（最近は、ハミルトン路（ろ）とも言う）　グラフと言っても、座標平面に描く関数の変化を表す直線や曲線のことではなく、点と点のつながり方を抽象的に表したものがグラフです。ハミルトン道は道路交通網、電力網、ワールドワイドウェブ、避難所の配置問題、カーナビゲーションなど日常生活にも密接に関係しており、離散数学や情報分野の数学に止まらず、高分子構造などにも関連し、これに関する論文は化学物理学の論文集に掲載されたりもしています。すなわち、非常に幅広く研究されているようです。

(1)　３×４×１のとき、次の**４通り**である。平面として表現しても同じなので、平面的に図示すると、

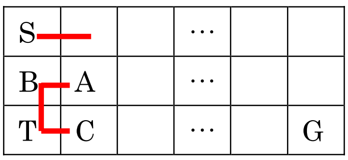


３×ｎ×１のとき

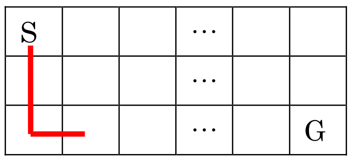
$n \geqq 2$において

S→G のとき、次の右へ１つか下へ１つの２つの場合が考えられる。

〔1〕




〔2〕




S→G、T→G の場合の数をそれぞれ$a_n$、$b_n$とおくと、

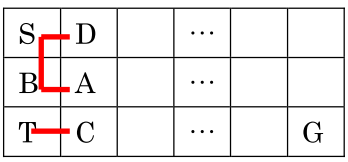
〔1〕は、A に来れば必ず A→B→T→C と行かざるを得ないので、A→C と同じなので、

$a_{n-1}$通りである。また、〔2〕は、$b_{n-1}$通りである。

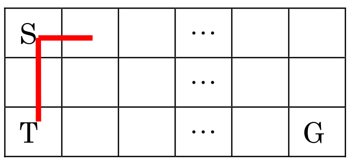
よって、$a_n = a_{n-1} + b_{n-1}$　……　①

T→G のとき、次の右へ１つか上へ１つの２つの場合が考えられる。

〔3〕




〔4〕

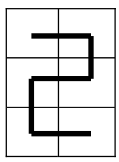



〔3〕は、A に来れば必ず A→B→S→D と行かざるを得ないので、A→D と同じなので、

$b_{n-1}$通りである。また、〔4〕は、$a_{n-1}$通りである。

よって、$b_n = b_{n-1} + a_{n-1}$　……　②

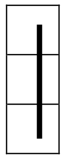
①、②より、$a_n = b_n$　　①より、$a_n = 2a_{n-1}$　また、$a_2 = 1$



$a_2 = 1$

よって、$a_n = 2^{n-2}$

$n = 1$において、$a_1 = 1$　　よって、$\boxed{\begin{cases} a_1 = 1 \\ a_n = 2^{n-2} \quad (n \geqq 2) \end{cases}}$

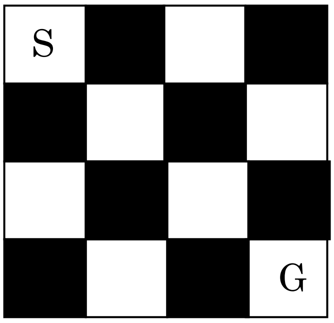


$a_1 = 1$

多数の人が、答の推測はできていました。証明までできていた人は次の４名と１チームでした。
名取雅夫さん(明和高３年)、美間亮太さん(灘高２年)、丹羽葵さん(東海中３年)、神田秀峰さん(海陽中等教育学校高１年)、AKATUKI☆(暁高１年)

(2)　４×４×１のとき

【証明】4×4 のとき、下図のように市松模様にして考える。S を白とすると、G は白となる。



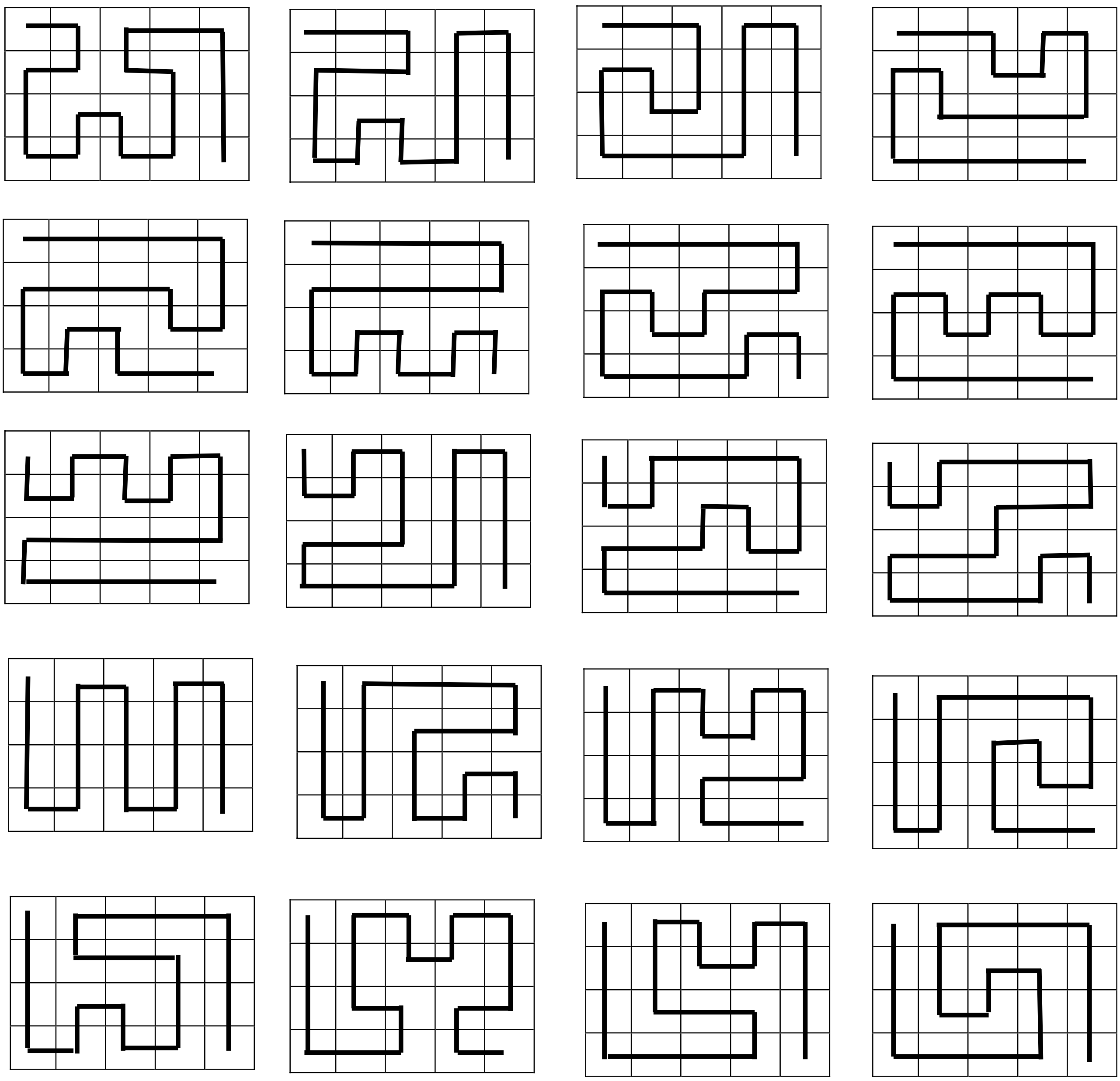

S から奇数回移動すると黒の立方体に達し､偶数回移動すると白の立方体に達することが分かる。S からスタートし、全ての立方体を通過して G にゴールできると仮定すると、G は ４×4−1＝15　の奇数回目に到達することになり､G は黒でなければならない。これは、G が白であることに矛盾する。

ゆえに、全ての立方体を通過することはできない。

一般的に、(偶数)×(偶数)のときも同様にして、全ての立方体を通過することはできない。

この問題に関しては、数学オリンピックの問題等にもよくあるタイプの問題でもあり、非常に多くの人およびチームができていました。

(3)　４×５×１のとき、次の 20 通りである。



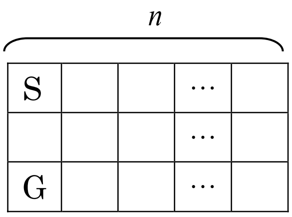
正解は意外と少なく、図も完璧だったのは、次の３人と３チームでした。

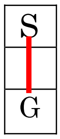
名取雅夫さん、中谷凱さん(四條畷高２年)、鶴岡祐介さん(四條畷高１年)、AKATUKI☆、時習館高校γ(1 年)、三重大学附属中学校 C(3 年)

４×ｎ×１のとき

【漸化式による解法】

３×ｎ×１において、次の図で、場合の数を $c_n$ とおく。



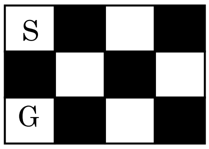



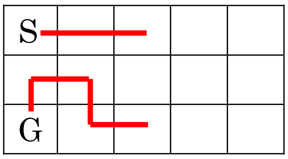
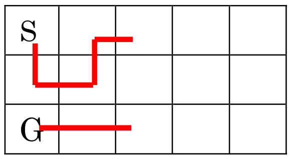

左図より、$c_1=1$

($k<0$ のとき、$c_k=0$ とおく)

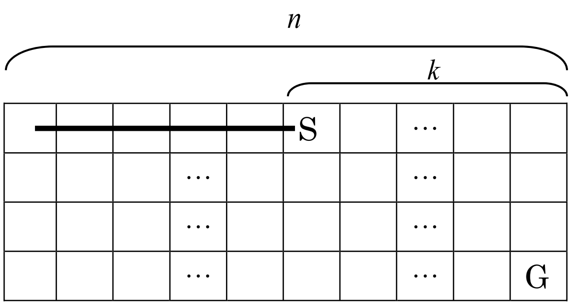
$k$ を自然数として、$c_{2k}=0$

なぜなら、(2)と同様にして、右図より証明ができる。

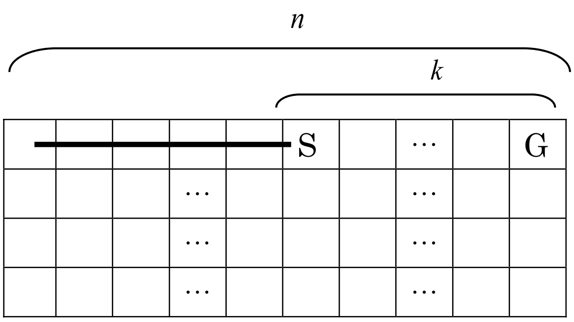



$c_{2k+1}=$  ＋  $=2c_{2k-1}=2^k c_1=2^k$

よって、$\boxed{\begin{cases} c_{2k-1}=2^{k-1} \\ c_{2k}\ \ =0 \end{cases}}$ または、別の表現として $2k-1=n$ より、$k=\dfrac{n+1}{2}$ $\therefore \boxed{c_n=\begin{cases} 2^{\frac{n-1}{2}} & (n:\text{奇数})\cdots① \\ 0 & (n:\text{偶数}) \end{cases}}$

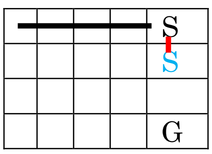
$a_{n,k}=$ 


$k\leqq 0$ または $n<k$ のとき $a_{n,k}=0$ とおく。

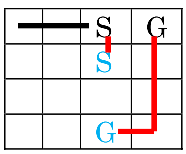
$b_{n,k}=$ 


$k\leqq 1$ または $n<k$ のとき $b_{n,k}=0$ とおく。

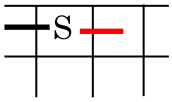
ここで、$\boxed{a_n=a_{n,n},\ b_n=b_{n,n}}$ とおく。また、$\boxed{a_{n,1}=c_n,\ b_{n,2}=c_{n-1}}$ となっている。なぜなら、

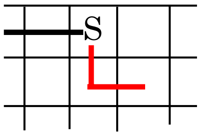


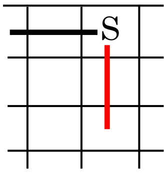

より、$a_{5,1}=c_5$，

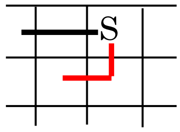


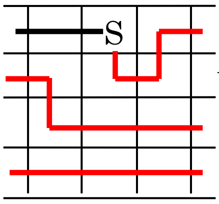

より、$b_{4,2}=c_3$

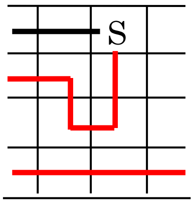
$a_{n,\,k} =$ 

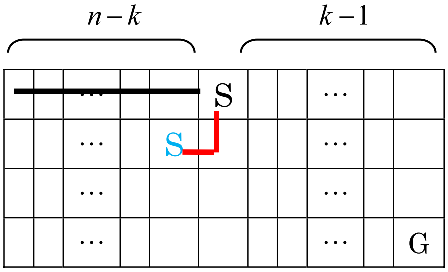
$+$ 

$+$ 

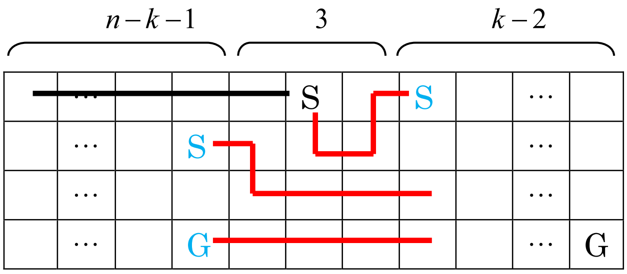
$+$ 


$= \quad a_{n,\,k-1} \quad +$ 

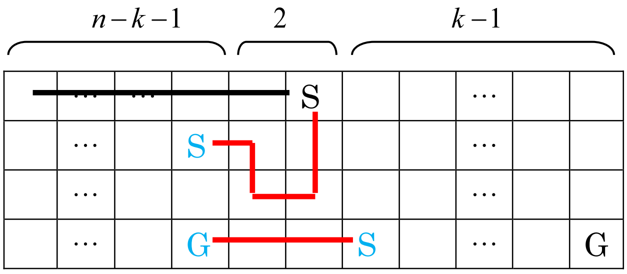
㋐
$+$ 

㋑
$+$ 

㋒

㋐ $=$ 

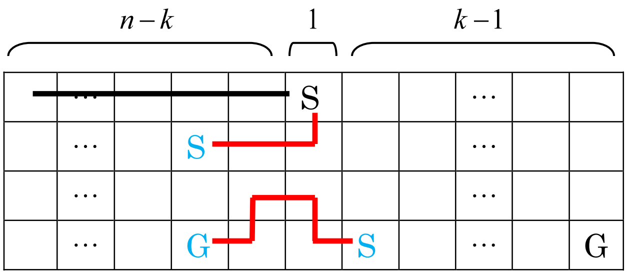
$= c_{n-k-1}\, a_{k-2}$

㋑ $=$ 

$= c_{n-k-1}\, b_{k-1}$

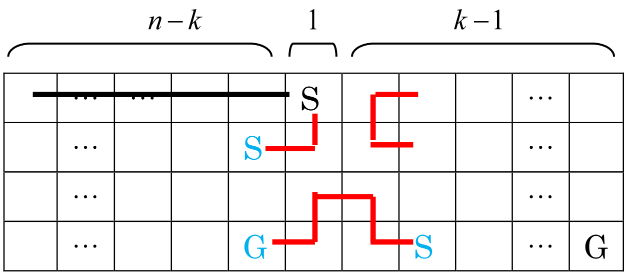
㋒ $=$

$n-k$が偶数のとき



$= c_{n-k-1}\, b_{k-1}$

$n-k$が奇数のとき



$= c_{n-k}\, b_{k-2}$

よって、

$$a_{n,k}=a_{n,k-1}+c_{n-k-1}\left(a_{k-2}+b_{k-1}\right)+c_{2\left[\frac{n-k-1}{2}\right]+1}\,b_{n-2\left[\frac{n-k+1}{2}\right]-1} \quad \cdots\cdots \quad ②$$

$$b_{n,k}=b_{n,k-1}+c_{n-k-1}\left(b_{k-2}+a_{k-1}\right)+c_{2\left[\frac{n-k-1}{2}\right]+1}\,a_{n-2\left[\frac{n-k+1}{2}\right]-1} \quad \cdots\cdots \quad ③$$

[ ]：ガウス記号
$[x]=n \Leftrightarrow n \leqq x < n+1$
$x$を超えない最大整数
例$[3.7]=3,\ [-3.1]=-4$

これを変形すると、$a_1=1,\ a_3=4,\ b_2=1,\ b_4=8$として、…… ④

$$a_{2n+1}=a_{2n-1}+a_{2n-3}+2a_{2n-5}+4a_{2n-7}+\cdots+2^{n-3}a_3+2^{n-2}a_1$$
$$+b_{2n}+3b_{2n-2}+6b_{2n-4}+12b_{2n-6}+\cdots+3\cdot2^{n-3}b_4+3\cdot2^{n-2}b_2+2^n \quad \cdots\cdots \quad ⑤$$

$$b_{2n}=b_{2n-2}+b_{2n-4}+2b_{2n-6}+4b_{2n-8}+\cdots+2^{n-4}b_4+2^{n-3}b_2$$
$$+a_{2n-1}+3a_{2n-3}+6a_{2n-5}+12a_{2n-7}+\cdots+3\cdot2^{n-3}a_3+3\cdot2^{n-2}a_1 \quad \cdots\cdots \quad ⑥$$

⑤において、$n \to n-1$とすると、

$$a_{2n-1}=a_{2n-3}+a_{2n-5}+2a_{2n-7}+4a_{2n-9}+\cdots+2^{n-4}a_3+2^{n-3}a_1$$
$$+b_{2n-2}+3b_{2n-4}+6b_{2n-6}+12b_{2n-8}+\cdots+3\cdot2^{n-4}b_4+3\cdot2^{n-3}b_2+2^{n-1} \quad \cdots\cdots \quad ⑦$$

⑤－2×⑦より、

$$a_{2n+1}-3a_{2n-1}+a_{2n-3}=b_{2n}+b_{2n-2} \quad (n \geqq 2) \quad \cdots\cdots \quad ⑧$$

同様にして、 ⑥において、$n \to n-1$とすると、

$$b_{2n-2}=b_{2n-4}+b_{2n-6}+2b_{2n-8}+4b_{2n-10}+\cdots+2^{n-5}b_4+2^{n-4}b_2$$
$$+a_{2n-3}+3a_{2n-5}+6a_{2n-7}+12a_{2n-9}+\cdots+3\cdot2^{n-4}a_3+3\cdot2^{n-3}a_1 \quad \cdots\cdots \quad ⑨$$

⑥－2×⑨より、

$$b_{2n}=3b_{2n-2}-b_{2n-4}+a_{2n-1}+a_{2n-3} \quad (n \geqq 3) \quad \cdots\cdots \quad ⑩$$

⑩を⑧に代入すると、

$$a_{2n+1}-3a_{2n-1}+a_{2n-3}=\left(3b_{2n-2}-b_{2n-4}+a_{2n-1}+a_{2n-3}\right)+b_{2n-2}$$

$$\therefore\ a_{2n+1}-4a_{2n-1}=4b_{2n-2}-b_{2n-4} \quad (n \geqq 3) \quad \cdots\cdots \quad ⑪$$

⑧において、$n \to n-1$とすると、

$$a_{2n-1}-3a_{2n-3}+a_{2n-5}=b_{2n-2}+b_{2n-4} \quad (n \geqq 3) \quad \cdots\cdots \quad ⑫$$

⑪＋⑫より、 $a_{2n+1}-3a_{2n-1}-3a_{2n-3}+a_{2n-5}=5b_{2n-2}$ $(n \geqq 3)$ …… ⑬

⑪－４×⑫より、$a_{2n+1}-8a_{2n-1}+12a_{2n-3}-4a_{2n-5}=-5b_{2n-4}$ $(n \geqq 3)$…… ⑭

⑬において、$n \to n-1$とすると、$a_{2n-1}-3a_{2n-3}-3a_{2n-5}+a_{2n-7}=5b_{2n-4}$ $(n \geqq 4)$ …… ⑮

⑭＋⑮より、$a_{2n+1}-7a_{2n-1}+9a_{2n-3}-7a_{2n-5}+a_{2n-7}=0$ $(n \geqq 4)$ $n \to n-1$とすると、

$$a_{2n-1}-7a_{2n-3}+9a_{2n-5}-7a_{2n-7}+a_{2n-9}=0 \quad (n \geqq 5)$$

よって、隣接５項間の漸化式を解けばよい。

同様にして、$b_{2n}-7b_{2n-2}+9b_{2n-4}-7b_{2n-6}+b_{2n-8}=0$ …… ⑯も成り立つ。

$$\boxed{a_{2n-1}-7a_{2n-3}+9a_{2n-5}-7a_{2n-7}+a_{2n-9}=0\ (n \geqq 5),\ a_1=1,\ a_3=4,\ a_5=20,\ a_7=111} \quad \cdots\cdots \quad ⑰$$

④の$a_1=1,\ a_3=4,\ b_2=1,\ b_4=8$と⑤⑥より$a_5=20,\ a_7=111$が分かり、

漸化式を解くために簡単な形にして、$a_k=a_{2k-1}$…… ⑱ とおくと、

$$\boxed{a_n-7a_{n-1}+9a_{n-2}-7a_{n-3}+a_{n-4}=0\ (n \geqq 5),\ a_1=1,\ a_2=4,\ a_3=20,\ a_4=111}$$

特性方程式は、$x^4-7x^3+9x^2-7x+1=0$より、相反方程式になっており、
$x=0$とすると、左辺＝１より、右辺＝０に矛盾するから、$x \neq 0$
よって、両辺を$x^2$で割ると、

$$x^2-7x+9-\frac{7}{x}+\frac{1}{x^2}=0 \qquad \left(x+\frac{1}{x}\right)^2-7\left(x+\frac{1}{x}\right)+7=0$$

$x+\dfrac{1}{x}=t$とおくと、$t^2-7t+7=0$

$t=\dfrac{7\pm\sqrt{21}}{2}$ 、 $x+\dfrac{1}{x}=\dfrac{7\pm\sqrt{21}}{2}$ 、 $x^2-\dfrac{7\pm\sqrt{21}}{2}x+1=0$ 、 $2x^2-\left(7\pm\sqrt{21}\right)x+2=0$

$2x^2-\left(7+\sqrt{21}\right)x+2=0$ 、 $2x^2-\left(7-\sqrt{21}\right)x+2=0$

$$x=\frac{7+\sqrt{21}\pm\sqrt{\left(7+\sqrt{21}\right)^2-4\cdot2\cdot2}}{4}=\frac{7+\sqrt{21}\pm\sqrt{54+14\sqrt{21}}}{4}=\frac{7+\sqrt{21}\pm\sqrt{14\sqrt{21}+54}}{4}$$

$$x=\frac{7-\sqrt{21}\pm\sqrt{\left(7-\sqrt{21}\right)^2-4\cdot2\cdot2}}{4}=\frac{7-\sqrt{21}\pm\sqrt{54-14\sqrt{21}}}{4}=\frac{7-\sqrt{21}\pm\sqrt{14\sqrt{21}-54}\ i}{4}$$

$$\alpha=\frac{7+\sqrt{21}+\sqrt{14\sqrt{21}+54}}{4},\quad \beta=\frac{7+\sqrt{21}-\sqrt{14\sqrt{21}+54}}{4},\quad \gamma=\frac{7-\sqrt{21}+\sqrt{14\sqrt{21}-54}\,i}{4},\quad \delta=\frac{7-\sqrt{21}-\sqrt{14\sqrt{21}-54}\,i}{4}$$

とおくと、一般解は、 $a_n=A\alpha^n+B\beta^n+C\gamma^n+D\delta^n$ とおける。 $a_1=1,\ a_2=4,\ a_3=20,\ a_4=111$ より、

$$a_1=A\alpha+B\beta+C\gamma+D\delta=1$$
$$a_2=A\alpha^2+B\beta^2+C\gamma^2+D\delta^2=4$$
$$a_3=A\alpha^3+B\beta^3+C\gamma^3+D\delta^3=20$$
$$a_4=A\alpha^4+B\beta^4+C\gamma^4+D\delta^4=111$$

を解くと、 $A+B=0,\ \ C+D=0$ が得られ、次のように求められる。

$$A=\frac{1+\sqrt{21}}{\sqrt{21}\sqrt{14\sqrt{21}+54}},\quad B=-\frac{1+\sqrt{21}}{\sqrt{21}\sqrt{14\sqrt{21}+54}},\quad C=\frac{\left(1-\sqrt{21}\right)i}{\sqrt{21}\sqrt{14\sqrt{21}-54}},\quad D=-\frac{\left(1-\sqrt{21}\right)i}{\sqrt{21}\sqrt{14\sqrt{21}-54}}$$

⑱より、 $a_{2k-1}=A\alpha^k+B\beta^k+C\gamma^k+D\delta^k$

(2)より、 $a_{2k}=0$ 　よって、

$$\boxed{\begin{cases} a_{2k-1}=\dfrac{1+\sqrt{21}}{\sqrt{21}\sqrt{14\sqrt{21}+54}}\left(\dfrac{7+\sqrt{21}+\sqrt{14\sqrt{21}+54}}{4}\right)^k-\dfrac{1+\sqrt{21}}{\sqrt{21}\sqrt{14\sqrt{21}+54}}\left(\dfrac{7+\sqrt{21}-\sqrt{14\sqrt{21}+54}}{4}\right)^k \\ \qquad\qquad +\dfrac{\left(1-\sqrt{21}\right)i}{\sqrt{21}\sqrt{14\sqrt{21}-54}}\left(\dfrac{7-\sqrt{21}+\sqrt{14\sqrt{21}-54}\,i}{4}\right)^k-\dfrac{\left(1-\sqrt{21}\right)i}{\sqrt{21}\sqrt{14\sqrt{21}-54}}\left(\dfrac{7-\sqrt{21}-\sqrt{14\sqrt{21}-54}\,i}{4}\right)^k \\ a_{2k}=0 \end{cases}}$$

$\{a_n\}$ は、 $1,\ 0,\ 4,\ 0,\ 20,\ 0,\ 111,\ 0,\ 624,\ 0,\ 3505,\ 0,\ 19076,\ 0,\ 110444,\ 0,\ 619935,\ 0,\ \cdots$ と続く。

同様にして、 $b_n$ を求めると、⑯より、 $b_{2n}-7b_{2n-2}+9b_{2n-4}-7b_{2n-6}+b_{2n-8}=0$

④の $a_1=1,\ a_3=4,\ b_2=1,\ b_4=8$ と⑤⑥より $b_6=47,\ b_8=264$ が分かり、

漸化式を簡単な形にして、 $b_k=b_{2k}$ とおくと、

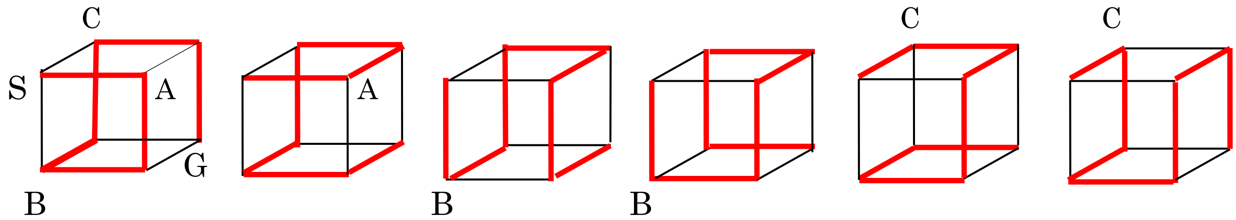
$$\boxed{b_n-7b_{n-1}+9b_{n-2}-7b_{n-3}+b_{n-4}=0,\ b_1=1,\ b_2=8,\ b_3=47,\ b_4=264}$$

これを解くと、 $b_k=b_{2k}$ より、　また、(2)の論法より、 $b_{2k-1}=0$ だから、

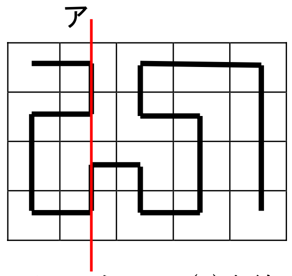
$$\begin{cases} b_{2k-1}=0 \\ b_{2k}=\dfrac{1}{2\sqrt{21}}\left\{\left(\dfrac{11+\sqrt{21}}{\sqrt{14\sqrt{21}+54}}+1\right)\left(\dfrac{7+\sqrt{21}+\sqrt{14\sqrt{21}+54}}{4}\right)^k-\left(\dfrac{11+\sqrt{21}}{\sqrt{14\sqrt{21}+54}}-1\right)\left(\dfrac{7+\sqrt{21}-\sqrt{14\sqrt{21}+54}}{4}\right)^k\right. \\ \qquad\left.+\left(\dfrac{11-\sqrt{21}}{\sqrt{14\sqrt{21}-54}}i-1\right)\left(\dfrac{7-\sqrt{21}+\sqrt{14\sqrt{21}-54}\,i}{4}\right)^k-\left(\dfrac{11-\sqrt{21}}{\sqrt{14\sqrt{21}-54}}i+1\right)\left(\dfrac{7-\sqrt{21}-\sqrt{14\sqrt{21}-54}\,i}{4}\right)^k\right\} \end{cases}$$

難問でしたが、果敢にアタックしていたのは、次の３人と１チームでした。
名取雅夫さん、美間亮太さん、村上聡梧さん(筑波大学附属駒場高２年)、AKATUKI☆
特に、名取雅夫さんは解答例の⑤に近い式を得ています。大変素晴しいと思います。

(4)　２×２×２のとき
　次の**６通り**である。

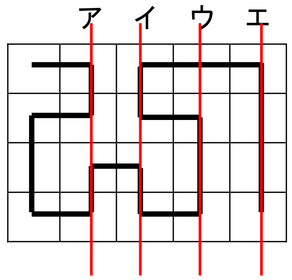



　Ｓからスタートして、１辺目はＡ, Ｂ, Ｃの３通り、２辺目は２通り、３辺目以降はＩ通りとなり、
　３×２×１＝６通り
２×２×ｎのとき
　漸化式による解法を見つけようと努力しても無理のようなので、別の方法で求めてみましょう。
まず、(3)の４×ｎ×１（経路が平面上にある）のときを解いてみることにします。
【４×ｎ×１のとき(別解)】　この方法では、図形を縦切りにして分析することから始める。
　１例を見てみると、

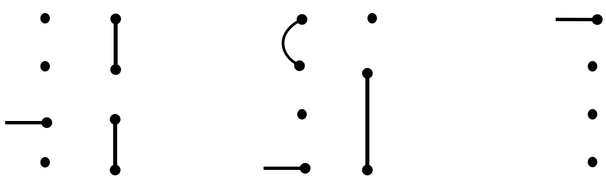



(a)ア線より左側の状態　(b)ア線上の断面図

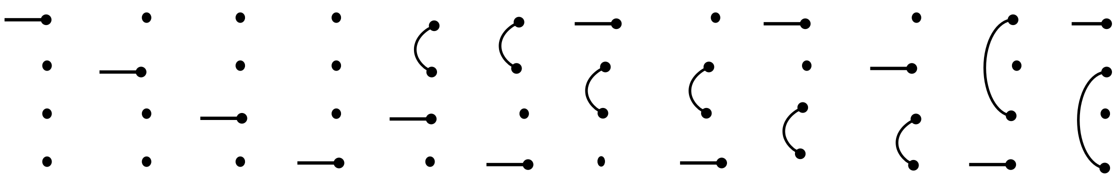
この図の全ての (a)赤線より左側の状態と、(b)赤線上の断面図を調べてみると、



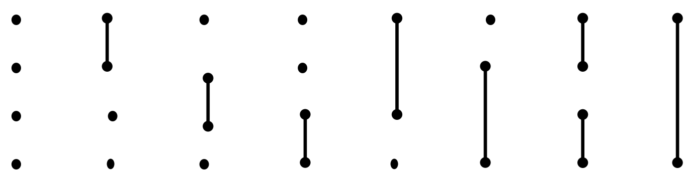

イ　ウ　エ【右端は(a)だけでよい】



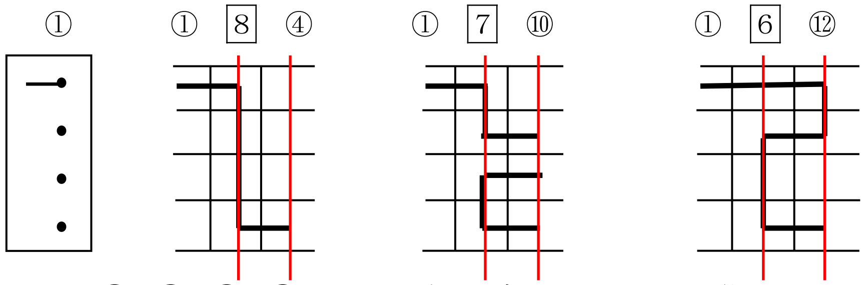
(a)ア、イ、ウ、エの各線より左側の状態は次の 12 種類に限られる。
①　②　③　④　⑤　⑥　⑦　⑧　⑨　⑩　⑪　⑫



(b)ア、イ、ウの各線上の断面図は次の８種類に限られる。
1　2　3　4　5　6　7　8



（a）の①～⑫の後に来れるものを(b)の$\boxed{1}$～$\boxed{8}$から選び、その後①～⑫になるかを調べる。
例えば①は、




よって、①は④、⑩、⑫の１通りずつに変化することが可能である。4, 10, 12 番目を１として、他は０として、横に和を並べると、

（ 0　0　0　1　0　0　0　0　0　1　0　1 ）

後、②～⑫も同様にして、全部で 12 行の数の列を並べて下記のように、12×12 の行列 $A$ を作る。あと必要なものは、左端**ア**線と右端**エ**線のそれぞれの左側の状態 $u$ , $v$ である。

$u$ は、④、⑩、⑫、$v$ は、①、⑦、⑨が起こり得るので、下記のように表現することができる。

$$A=\begin{pmatrix} 0&0&0&1&0&0&0&0&0&1&0&1\\ 0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0\\ 0&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0\\ 1&0&0&0&1&0&0&0&0&0&1&0\\ 0&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0\\ 1&0&0&0&1&0&0&0&0&0&1&0\\ 0&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0&1\\ 1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0\\ 0&0&0&1&0&0&0&0&0&1&0&1\\ 0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0\\ 0&1&0&0&0&1&0&1&0&0&0&0\\ 0&0&1&0&0&0&1&0&1&0&0&0 \end{pmatrix}\quad u=\begin{pmatrix}0\\0\\0\\1\\0\\0\\0\\0\\0\\1\\0\\1\end{pmatrix}\quad v=\begin{pmatrix}1\\0\\0\\0\\0\\0\\1\\0\\1\\0\\0\\0\end{pmatrix}$$ とおくと、

$u$ を横に並べたものを $u^t$ で表し、$u^t=(0\ 0\ 0\ 1\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 1\ 0\ 1)$ とすると、

$\boxed{a_n=u^tA^{n-2}v}$ と表される。例えば、４×５×１のときは、$n=5$ より、

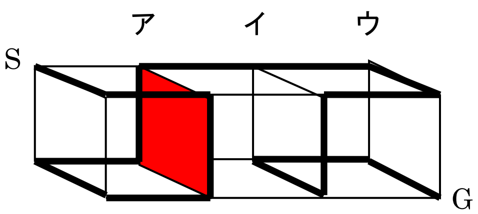
$$a_5=u^tA^3v\ =(0\,0\,0\,1\cdots\ 0)A^3\begin{pmatrix}1\\ \vdots\\ 0\end{pmatrix}=20$$ と計算できる。

$u$ は、**ア**線の左側の状態であり、$A^3$ は**ア→イ**、**イ→ウ**、**ウ→エ**の３回の変化を意味し、
$v$ は、**エ**線の左側の状態に成り得るものを数え上げていることになる。よって、
$a_2=0,\ a_3=4,\ a_4=0,\ a_5=20,\ a_6=0,\ a_7=111,\ a_8=0,\ a_9=624,\ a_{10}=0,\ \cdots\cdots$ となる。
$A$ の固有方程式は、$|A-xE|=0$ より、$x^4(x^8-7x^6+9x^4-7x^2+1)=0$　したがって、漸化式⑰
$a_{2n-1}-7a_{2n-3}+9a_{2n-5}-7a_{2n-7}+a_{2n-9}=0,\ a_1=1,\ a_3=4,\ a_5=20,\ a_7=111$ と一致する。

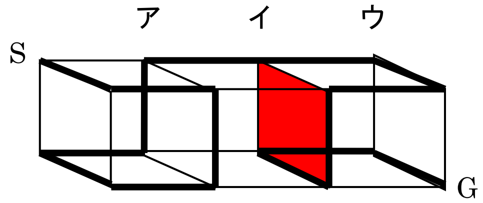
【２×２×ｎのとき】

４×ｎ×１のときと解き方は同様であるが、経路の図形が立体であることを考慮する。
例として、２×２×４を上げると、経路だけを図示すれば、下図のようになる。

**図１**

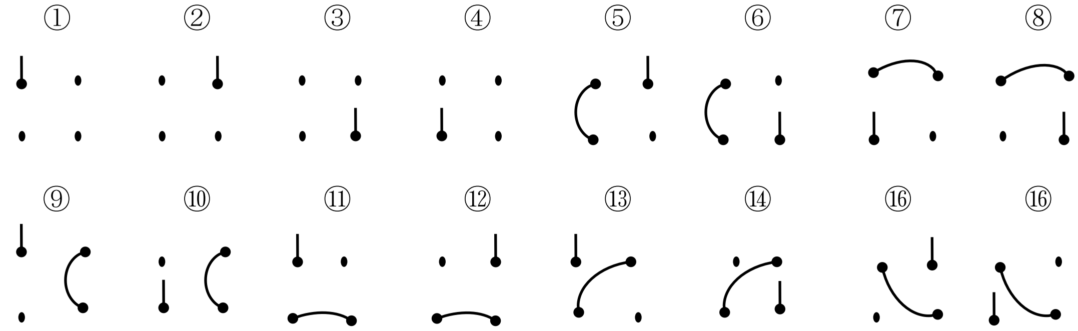



(a) **ア**面より左側の状態　(b) **ア**面上の断面図

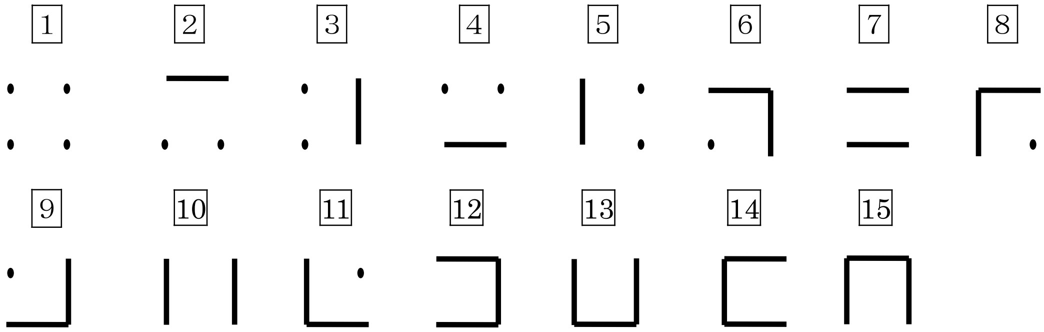



(a) **イ**面より左側の状態　(b) **イ**面上の断面図

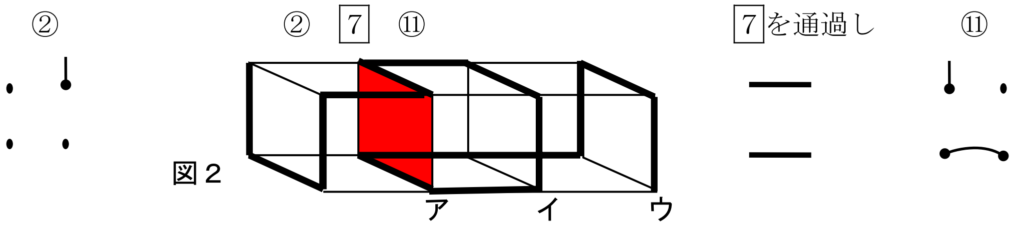
(a)**ア**、**イ**、**ウ**の各面より左側の状態は次の 16 種類に限られる。




(b)**ア**、**イ**、**ウ**の各面上の断面図は次の 15 種類に限られる。

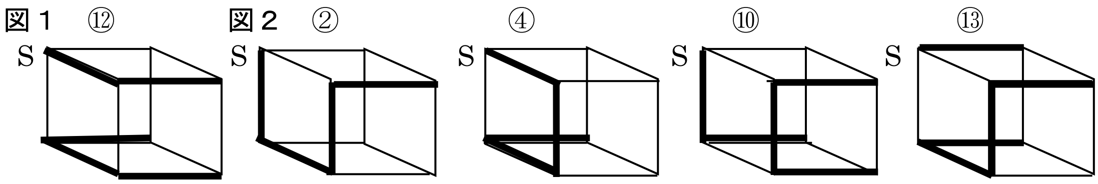



(a)の①～⑯の後に来れるものを(b)の$\boxed{1}$～$\boxed{15}$から選び、その後①～⑯になるかを調べる。
例えば②から⑪に変化する場合を図示してみると、




変化を表す行列$A$は①～⑯から①～⑯への変換であるから、16×16 の行列となり、上記のように②から⑪への変換が 1 通り起こるので、$A$の 2 行目 11 列目を 1 とする。このようにして、全てをチェックし、$A$が決定できる。立体の場合は、2 通りになることもあるので注意を必要とします。

次に、**ア**面の左側の状態$u$を考えると、**図１**、**図２**の場合はそれぞれ⑫、②に一致する。他には、下図の④、⑩、⑬があり、合わせて５通りがある。




よって、②、④、⑩、⑫、⑬番目を 1 とし、他を 0 として、横に並べると、

$u^t = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ となる。

また、右端**ウ**面の左側の状態$v$は、②、④、⑤、⑦、⑩、⑫、⑬が起こりうるので、同様にして、

$v^t = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 2 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ となる。

ただし、⑬は右端**ウ**面上の断面図が$\boxed{7}$、$\boxed{10}$の２通りあるので、２になっている。
よって、次のように、$A, u, v$ を決定することができる。

$$A=\begin{pmatrix} 0&1&0&1&0&0&0&0&0&1&0&1&1&0&0&0\\ 1&0&1&0&0&1&0&0&0&0&1&0&0&0&1&0\\ 0&1&0&1&1&0&1&0&0&0&0&0&0&1&0&0\\ 1&0&1&0&0&0&0&1&1&0&0&0&0&0&0&1\\ 1&0&1&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0\\ 0&1&0&1&1&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0\\ 1&0&1&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0&1\\ 0&1&0&1&0&0&1&0&0&0&0&0&0&1&0&0\\ 0&1&0&1&0&0&0&0&0&1&0&0&1&0&0&0\\ 1&0&1&0&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0&1\\ 0&1&0&1&0&0&0&0&0&0&0&1&1&0&0&0\\ 1&0&1&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0&1&0\\ 0&0&2&0&0&0&0&0&1&0&1&0&0&0&0&0\\ 2&0&0&0&0&1&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0\\ 0&0&0&2&1&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0&0\\ 0&2&0&0&0&0&1&0&0&1&0&0&0&0&0&0 \end{pmatrix} \quad u=\begin{pmatrix}0\\1\\0\\1\\0\\0\\0\\0\\0\\1\\0\\1\\1\\0\\0\\0\end{pmatrix} \quad v=\begin{pmatrix}0\\1\\0\\1\\1\\0\\1\\0\\0\\1\\0\\1\\2\\0\\0\\0\end{pmatrix}$$
とおくと、

$\boxed{a_n = u^t A^{n-2}\, v}$　と表される。２×２×２のときは、$n=2$ より、

$$a_2 = u^t v \;=(\,0\,1\,0\,1\,0\;\cdots\;0\,)\begin{pmatrix}0\\ \vdots\\ 0\end{pmatrix}=6$$
と計算できる。

また、２×２×４のときは、$n=4$ より、

$$a_4 = u^t A^2 v \;=(\,0\,1\,0\,1\,0\;\cdots\;0\,)\,A^2\begin{pmatrix}0\\ \vdots\\ 0\end{pmatrix}=100$$
と計算できる。

$u$ は、**ア**面の左側の状態であり、$A^2$ は**ア→イ、イ→ウ**の２回の変化を意味し、
$v$ は、**ウ**面の左側の状態に繋がり得るものを数え上げていることになる。よって、

$a_2=6,\ a_3=0,\ a_4=100,\ a_5=0,\ a_6=1940,\ a_7=0,\ a_8=38404,\ a_9=0,\ a_{10}=760396,\cdots\cdots$ となる。

この(4)は、非常に難しい問題でした。漸化式で解ける問題としては、(3)が限界かも知れません。その限界を打ち破る新たな方法はあるのか？　これは問題作成委員にとっても挑戦だったのです。解答例を見て数学の発想の面白さを体験して下さい。

また、「おねえさんの問題」＝「『フカシギの数え方』おねえさんといっしょ！ みんなで数えてみよう！」というアニメーション動画をご覧になったことがあるでしょうか。おねえさんが２人の子どもたちの前で、ｎ×ｎの格子グラフの対角 2 頂点(S と G)を連結する経路の総数を数え上げてみせているのですが、「同じところを 2 度通らない道順の数」という条件で一見同じ問題に見えるのですが、違いは最長でなくてもよいということです。すなわち、すべての格子点を通らなくてもよいので、このコンクールの問題より範囲が広くなります。「おねえさんの問題」の動画は、東京のお台場の日本科学未来館で展示されたもので、組み合わせ爆発の凄さとアルゴリズム技術の重要性を小中高生や一般市民に分かりやすく伝えるために作成された展示物の１つのようです。「フカシギ」でネット検索すれば容易に見つけることができます。(2015 年 1 月の時点で約 160 万回再生)

そして、グラフ理論には、「ハミルトン閉路問題」(S=G のとき閉路となる)、「巡回セールスマン問題」等、有名な問題があり、これらは、100 万ドルの賞金のかかる未解決のミレニアム問題「$P \neq NP$ 問題」とも関わる現代数学の超難問です。将来、君たちの中から挑戦する人が現れるかも知れませんね！

〔参考文献〕
・The On-Line Encyclopedia of Integer Sequences!　Number of Hamiltonian paths in a 4×(2n+1) grid.　　　http://oeis.org/A014523
・K. L. Collins and L. B. Krompart, The number of Hamiltonian paths in a rectangular grid, Discrete Math. 169 (1997), 29-38.
・A.Kloczkowski,R.L.Jernigan,Transfer matrix method for enumeration and generation of compact self-avoiding walks. Ⅰ.　Square lattices, J.Chem. Phys 109　(1998)　5134－46
・A.Kloczkowski,R.L.Jernigan,Transfer matrix method for enumeration and generation of compact self-avoiding walks. Ⅱ.　Cubic lattice,　J.Chem.　Phys 109　(1998)　5147－59
・「グラフ理論最前線」　秋山　仁著　朝倉書店　(1998)
・「超高速グラフ列挙アルゴリズム」〈フカシギの数え方〉が拓く、組み合わせ問題への新アプローチ　湊　真一著　森北出版社　(2015)
・日本科学未来館作成の動画（「フカシギ」でネット検索可）
　①「『フカシギの数え方』 おねえさんといっしょ！ みんなで数えてみよう！」
　　https://www.youtube.com/watch?v =Q4gTV4r0zRs　　　　(2012.9.11)
　②「『フカシギの数え方』同じところを 2 度通らない道順の数」
　　https://www.youtube.com/watch?v=ge8vy4tc_kQ　　　　(2012.9.11)
　③「Graphillion: 数え上げおねえさんを救え / Don't count naitively」
　　https://www.youtube.com/watch?v=R3Hp9k876Kk　　　　(2013.6.17)
　④「サイエンティスト・トーク『フカシギの不思議』」（最先端が良く分かります）
　　https://www.youtube.com/watch?v=QVVHEZCdY_k　　　　(2013.1.27)
　①～④に登場する数列は次の所で見ることができます。
　　The On-Line Encyclopedia of Integer Sequences!
　　Number of nonintersecting (or self-avoiding) rook paths joining opposite corners of an n×n grid.　　　http://oeis.org/ A007764
　①は論文の参考文献として海外では次のように表記されているとのことです。
　　Doi, Maeda, Nagatomo, Niiyama, Sanson, Suzuki, et al., Time with class! Let's count! [Youtube-animation demonstrating this sequence. In Japanese with English translation]
　①でおねえさんの前にいる 2 人の子どもたちが畳に座っている理由は、ドミノ敷き詰め問題の源泉が 1600 年頃の和算にある畳敷き詰め問題であることを暗示しているとのことです。
・「『最短経路の本』レナのふしぎな数学の旅」　P.グリッツマン、R.ブランデンベルク著　シュプリンガー・ジャパン　(2007)
・「驚きの数学　巡回セールスマン問題」ウィリアム・J・クック著　青土社　(2013)
・数学セミナー　2013 年 12 月号　特集「$P \neq NP$ 予想最前線」　日本評論社
・「$P \neq NP$ 予想とはなんだろう」　ランス・フォートナウ著　日本評論社　(2014)
・「『$P \neq NP$』問題」（現代数学の超難問）　野崎昭弘著　講談社ブルーバックス　(2015)

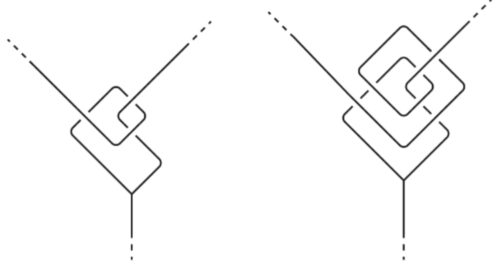
# （６）日本数学コンクール・日本ジュニア数学コンクール 共通問題第５問の解説

日本数学コンクール実行委員会委員　　宇澤　　達（名古屋大学多元数理科学研究科　教　授）
野村　昌人（愛知県立旭丘高等学校　教　諭）
樋口　英次（愛知淑徳高等学校　教　諭）
矢野　秀樹（愛知県立東海商業高等学校　教　諭）
山内真澄美（愛知県立豊明高等学校　教　諭）
市川　　敏（椙山女学園高等学校　教　諭）
岡﨑　建太（京都大学数理解析研究所　研究員）

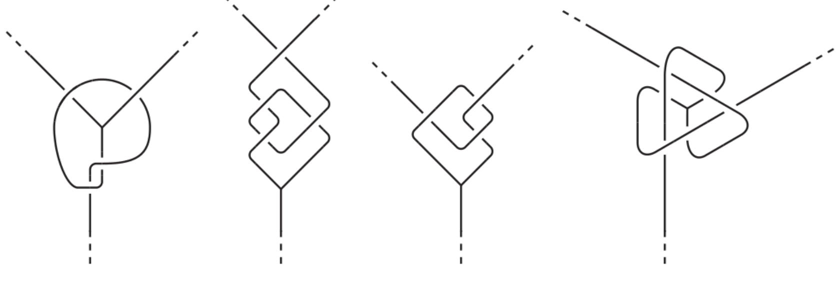
## 問題５．「イヤホンの絡まり」

鞄からイヤホンを取り出すとひとりでに絡まっていることがよくあります．この絡まり方について考えてみましょう．以下では両耳にイヤホンをつけ，胸ポケットに入れた音楽プレイヤーにプラグを刺して音楽を聴いている状況を考えます．また，コードのよじれは考えないものとします．

(1) 次の図のようにイヤホンが絡まっているとします．実はこのようなときは，両耳のイヤホンやプラグを外したり，胸ポケットから音楽プレイヤーを取り出したり，コードを胸ポケットにくぐらせたりせずに絡まりをほどくことができます．その方法を説明して下さい．



(2) 次の図のようにイヤホンが絡まっているとき，(1) と同じようにして絡まりをほどくことはできるでしょうか．また，この中に同じ絡まり方をしているものはあるでしょうか．

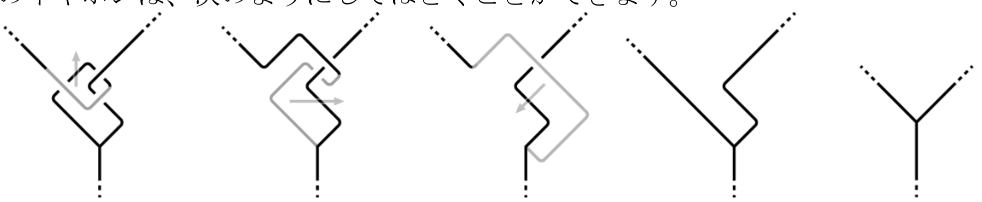


(3) 右耳のイヤホンを外しても，左耳のイヤホンを外しても，プラグを外しても絡まりがほどけるが，全体としては絡まっているようなイヤホンの絡まり方の例を思いつく限り挙げてください．

## 解説と講評

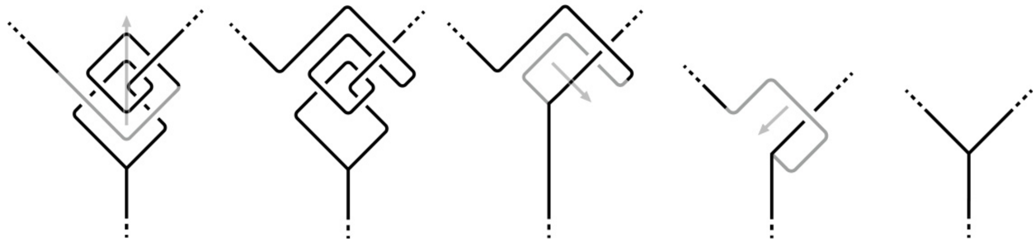
[解答例]

(1) 1 番目のイヤホンは、次のようにしてほどくことができます。



(☆)

2 番目のイヤホンは、次のようにしてほどくことができます。

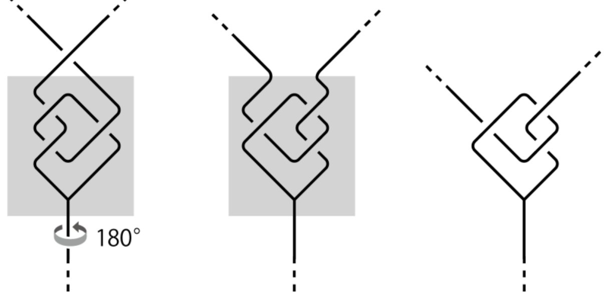


ただし、2 番目から 3 番目の過程では(☆)を用いました。

(2) [ア] 2 番目と 3 番目のイヤホンは同じ絡まり方をしている。
[イ] 1 番目、3 番目（＝2 番目）、4 番目のイヤホンは全て絡まり方が異なる。
[ウ] 4 つのイヤホンのいずれも、(1)のようにほどくことはできない。
これらのことを順番に示していきます。

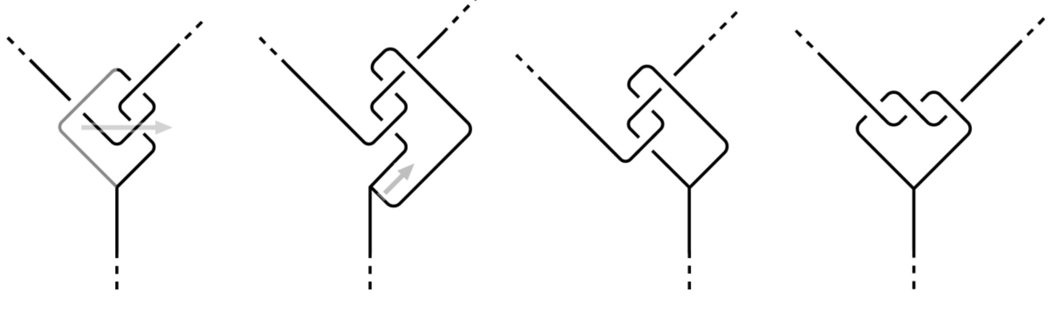
**[ア] について：**

2 番目のイヤホンは、下図のようにプラグ側のコードを軸にして 180°回転させることにより、3 番目のイヤホンと同じ形に直せることがわかります。



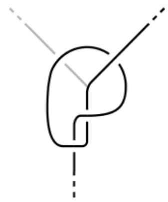

**[イ] について：**

まず、3 番目のイヤホンは次の図のようにして、「片結び」にプラグのコードをつなげたものに変形することができることに注意してください。



3 番目のイヤホンは、1 番目、4 番目のイヤホンのいずれとも絡まり方が異なります。何故なら、1 番目、4 番目のイヤホンはプラグを抜けばほどけるのに対して、3 番目のイヤホンはプ

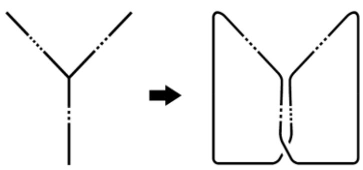
ラグを抜いてもほどけず「片結び」になるからです。
次に、1 番目のイヤホンは 3 番目のイヤホンとは絡まり方が異なります。何故なら、1 番目のイヤホンは右耳のイヤホンを外してもほどけず、下図のように「片結び」になるのに対して、3 番目のイヤホンは右耳のイヤホンを外したらほどけるからです。



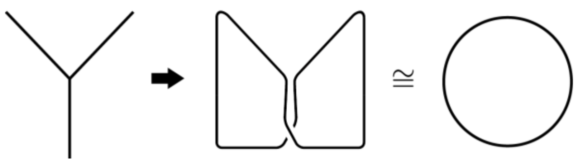
以上により、[イ] が示されました。

※ 「プラグを抜いた状態の絡まり方を考える」ことは、「プラグにつながっているコードを消した状態の絡まり方を考える」ことと同じであることに注意します。右耳、左耳のイヤホンについても同様です。
※ 『「片結び」がほどけない』のは当たり前のことではなく、厳密には証明が必要です。
いろいろな示し方がありますが、例えば結び目の「3 色塗り分け」という道具を使うことで示すことができます。「片結び」を閉じたもの（**3 葉結び目**といいます）は 3 色塗り分けができますが、「ほどけたひも」を閉じたもの（**自明な結び目**といいます）は 3 色塗り分けができません（下図参照）。これにより両者は違う絡まり方であることがわかります。結び目の「3 色塗り分け」について、詳しくは C.C.アダムス著『結び目の数学』などを参照してください。

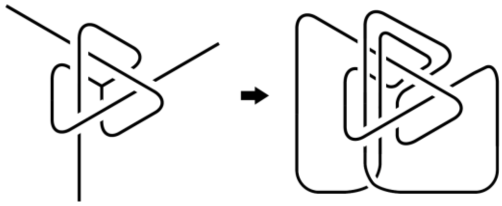
**[ウ]について：**
1 番目や 3 番目(=2 番目)のイヤホンは、[イ]でも説明したとおり「片結び」を含んでいるので、ほどくことができません。
以下、4 番目のイヤホンがほどけないことを示します。
イヤホンに対して次の図のような変形―プラグ側のコードを 2 重にし、半ひねりを加えた上で 2 本のコードの端点を各々右耳、左耳のプラグの端点につなげる変形―を考えます。この変形により、イヤホンは**結び目**（空間に埋め込まれた 1 つの円周）に変化します。



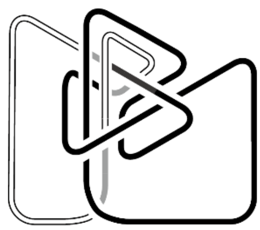
例えばこの変形をほどけたイヤホンに対して行うと、ほどけた結び目（**自明な結び目**といいます）ができます。



一方でこの変形を(2)の 4 番目のイヤホンに対して行うと、次のような結び目が得られます。



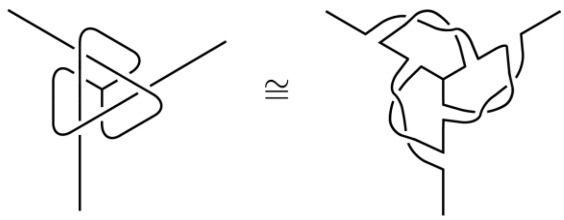
ここで再び「3色塗り分け」を考えます。自明な結び目は3色塗り分けができないのに対し、上の結び目は次の図のように 3 色塗り分けができます。よってこの結び目は自明な結び目ではないことがわかります。



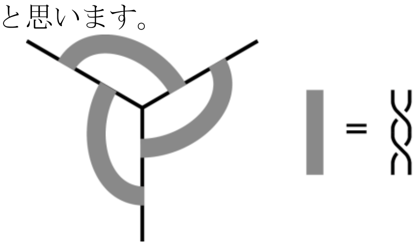
以上により、(2)の 4 番目のイヤホンはほどくことができないことがわかりました。

(3) まず、(2)の 4 番目のイヤホンが条件をみたすことが直接確かめられます。

この他の例を考えるために、(2)の 4 番目のイヤホンを次のように変形してみましょう。



このように直すと、次の図のように「ほどけたイヤホンに 3 枚のリボンが貼り付いている」様子が見えてくるかと思います。



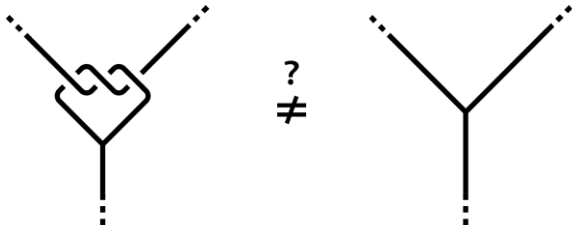
このリボン状の部分のコードの形を変えることで、以下のように様々な例を作ることができます。

[講評と解説]
今回の問題は、イヤホンという身近な題材を通じてトポロジーや結び目理論の考え方を体験してほしい、という意図で作りました。当日は手芸用のモールを配りましたが、参加者の皆さんは実際にモールを手で動かしながら一生懸命問題に取り組んでおられたように思います。

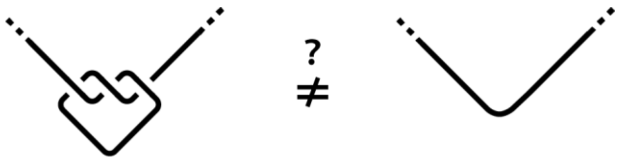
ざっくり言って、問(1)は「ほどくことができる」イヤホン、問(2)は「ほどくことができない」イヤホン、問(3)は「ぎりぎりほどくことができない」イヤホンについて扱っています。

問(1)のイヤホンはいずれも「見た目上は絡まっているが、簡単な変形によってほどくことができる」ものです。実際にモールで同じ形を作ってみて、ほどけることを確認した参加者の方は多くいたと思われますが、それをいかに図や言葉を使って解答でわかりやすく表現できたかで差がついたように思います。

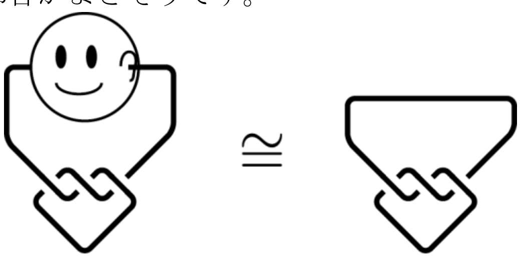
問(2)のイヤホンはいずれも「そのままではほどくことができない」イヤホンです。そのうち1〜3 番目は「左耳のイヤホン、右耳のイヤホン、プラグのうちのどれか 1 つを上手く選んで外さないとほどけない」イヤホンで、4 番目だけが「左耳のイヤホン、右耳のイヤホン、プラグのどれを外してもほどける」イヤホンでした。この違いを指摘してくれた解答者はいなかったように思われます。1〜3 番目のイヤホンは、いずれも「固結びにコードをくっつけたもの」に変形することができます。よってこれらは本質的に同じ絡まりをしていることがわかります。さて、これらのイヤホンはほどくことができないのですが、それを厳密に証明するのは案外やっかいです。



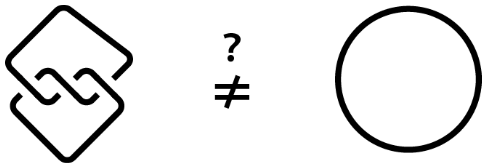

この問題よりもよりシンプルに、プラグ側のコードを消してみます（次図）。これは「固結びはほどけないのか？」という問いかけと同じです。これが証明できれば、上の問も示されたことになります。




ここで点線の先は両耳につながっていますので、左耳側のコードと右耳側のコードの端点をくっつけた図を考えると都合がよさそうです。



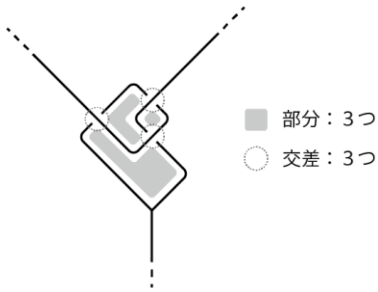

結局、次の問に答えればよいことがわかりました。



これを解くには結び目の不変量を使います。結び目の不変量とは、同じ結び目に対して同じ量（数字や多項式など）を返す対応のことです。2 つの結び目に対して異なった不変量の値が返るならば、その 2 つは異なった結び目であると証明されるわけです。結び目の不変量には最小交点数、アレキサンダー多項式、ジョーンズ多項式、3 色塗り分け可能性などいろいろなものが知られていますが、今回の解答では 1 番理解しやすい 3 色塗り分け可能性を用いました。他の不変量について、詳しくは末尾の参考資料などを参照して下さい。

問(3)では、問(2)の 4 番目のような「ぎりぎり」型のイヤホンについて他にも例を挙げてほしい、という意図で出題しました。しかし、残念ながらそのような解答はほとんど見受けられず、大半の解答が問(1)のようなそのままほどける型の例を挙げているものでした。これは問題文の書き方がよくなかったからだとは思いますが…。

飯田奈那さん（白百合学園小）は「不変量」の考え方を直感的に理解し、イヤホンがほどけていないことを示すための不変量を自分で作ろうとしているように思われました。飯田さんは、結び目のさまざまな図式について次図のように「部分」と「交差」の数を数え、両者の個数がいつも等しいことを経験的に発見し、「部分 - 交差」という数は常に 0 になるだろうと予想しました。




実際、このことは「オイラーの多面体公式」から導くことができます。ゆえに作ろうとしていた不変量は常に値が 0 の「自明な不変量」となり、ほどけていないイヤホンとほどけているイヤホンを見分けることには使えないことがわかります（このことは飯田さんも解答で指摘しています）。さらに飯田さんは交差の数え方を工夫することによって他の不変量を作れないかトライしましたが、こちらもほどけたイヤホンとほどけていないイヤホンで同じ値を返すものがあることに気づき、両者を見分けるための不変量とはならないことを指摘しています。
今回の取り組みは失敗に終わりましたが、この考え方をさらに改良することで新しいイヤホンの不変量が作り出せるかもしれません（筆者も考えてみましたが今のところ上手くいっていません）。不変量を作り出すということは、日々結び目理論の研究者が頭を悩まして取り組んでいる課題の一つであり、そうした考え方が自然に行えている飯田さんには数学的な筋の良さを感じました。

大岡ゆりさん（桜蔭中）は、「固結びを含んだイヤホンの絡みはほどくことがない」という主張を「絡みの原則」と名付け、「絡みの原則」は正しいということを前提として 1〜3 番目のイヤホンがほどけないことを証明しました。「絡みの原則」は直感的には正しく思われるものの、上で述べたように証明するにはそれなりの技術が必要です。そこをいったん仮定としてワンクッション置き、その上で問題を解いている丁寧さに好感が持てました。

前田凌佑さん（東海中）は問(3)について、「右耳のイヤホンを外しても、左耳のイヤホンを外しても、プラズを外しても絡まりがほどける」ことは、「右耳へのコード、左耳へのコード、プラグへのコードのうちの 1 本、どれがなくなってもほどける」ことと同じであることを指摘し、問(2)の 4 番目のイヤホンが実際にその条件を満たしていることを指摘しました。問(3)の一部について、作題の意図を汲んで正確かつ丁寧に解答できていたのは前田さんだけであったように思われます。

[今後の学習に役立ちそうな参考文献]
『結び目の数学と物理』L.H.カウフマン
『結び目の数学—結び目理論への初等的入門』C.C.アダムス
『レクチャー結び目理論』河内明夫

# （７）日本数学コンクール・日本ジュニア数学コンクール論文賞の解説

## テーマ１．「道路距離と直線距離」

二つの地点の直線距離と道路距離 (道路に沿ったなるべく短いルートの長さ) の比の平均を理論的に推測しなさい.

日本数学コンクール実行委員会委員　鈴木　紀明（名城大学理工学部　教授）

[**解説**] 私は通勤に車を使っています．カーナビをセットすると，岡崎市にある自宅から目的地の大学までの直線距離が 23.4 キロと表示され，その後に道路に沿った距離は 26.7 キロと表示されます．カーナビはなるべく短いルートを計算しているので，その値を道路距離と考えてもよいでしょう.

この時の比は

$$\frac{26.7}{23.4} = 1.141$$

です．通勤途中には曲がり角がいくつかありますが，その割にはこの比は案外に小さいなという印象です．そこで試しに，いろいろな地点を目的地にしてカーナビをセットしてみました．その結果が下記です.

| 地点 | 大学からの道路距離 | 大学からの直線距離 | 比 |
|---|---|---|---|
| 大阪駅 | 168 | 143 | 1.175 |
| 東京駅 | 353 | 260 | 1.358 |
| 山口駅 | 631 | 524 | 1.204 |
| 金沢駅 | 239 | 163 | 1.466 |
| 合計 | 1391 | 1091 | 1.275 |

最下段に書いたように，これらの平均を合計の比と考えれば，その値は 1.275 です.

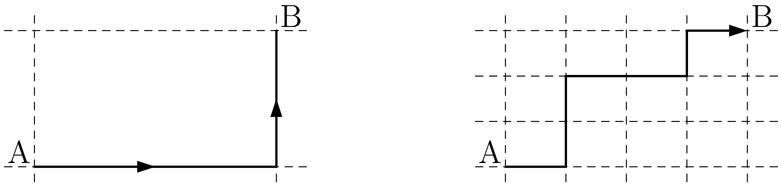
問題作成委員会でこの問題について話し合っていた時に，高蔵寺高校の村田先生が次のようなコメントをされました.「通勤手当のための通勤距離を申請するとき，距離が正確にわからないときは，“直線距離を 1.3 倍すればよい” と事務担当者に言われた.」事務担当者の根拠はわかりませんが，上の平均と比較しても 1.3 倍はかなり的を射たものかもしれません.

この問題について私が考えた理論値は

$$(*) \qquad \frac{\text{道路距離}}{\text{直線距離}} = \frac{4}{\pi} \quad ( = 1.2732...)$$

です．この説明から始めます．先ほど述べましたように，私は自宅から大学まで車を使っています．距離が比較的長いので，時々，ルートを変えたり，横道に入ったりしますが，意識して遠回りをするようなことをしない限りは走行距離は始め

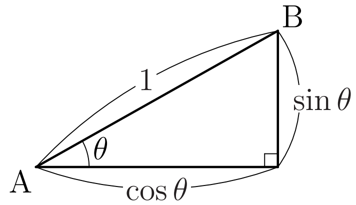
にカーナビが表示した 26.7 と大きくは変わりません．その理由を考えてみました．



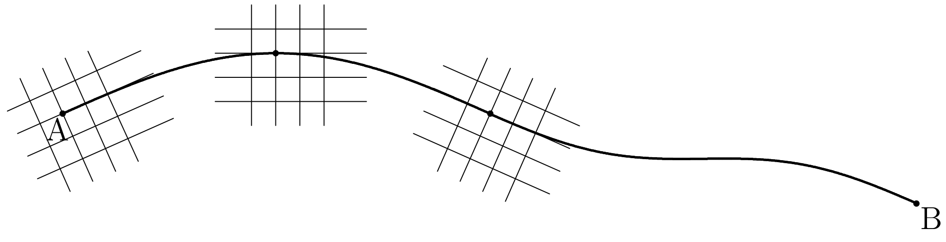

地点 A から地点 B までの道路距離は右図と左図では同じです．都市部には道路がたくさんあり，田舎は道路が少ないでしょうが，このような碁盤の目状に道路がある場合は道路の多少に関係なく

$$\frac{\text{道路距離}}{\text{直線距離}} = \cos\theta + \sin\theta$$

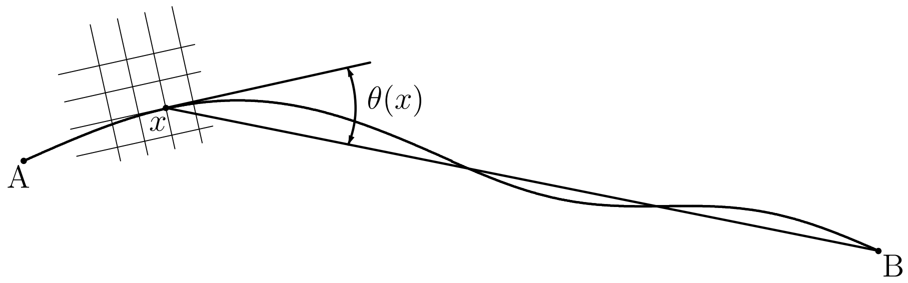
です．ここで，$\theta$ は目的地までの方向と道路の方向のなす角度です．対称性から非負とします．遠回りをしないと言うことで $0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$ の条件を付けてもよいと思います．




もちろん，一般には二つの地点を結ぶ道路全体が上記のような碁盤の目ではないでしょう．しかし，局所的には (部分的に見れば) 各地点の道路網は碁盤の目であると考えられます．一般の道路は局所的に碁盤の目状の道路が各地点でいろいろな方向を向いていると考えます．



道路距離は目的地の方向と碁盤の目状の道路の方向とのなす角がどれくらいかで決まります．より少し正確に考えてみます．道路距離を $L$ として途中の地点を $x$ とします．$0 \leq x \leq L$ です．地点 $x$ から目的地までの方向と，地点 $x$ における道路とのなす角を $\theta(x)$ で表すことにします．$0 \leq \theta(x) \leq \frac{\pi}{2}$ です．




$\theta(x)$ の取る割合を表す関数 $f(\theta)$ を次を満たす関数として考えます．任意の $0 \leq \alpha < \beta \leq \frac{\pi}{2}$ について

$$\int_\alpha^\beta f(\theta)d\theta = \{x \in [0, L];\ \alpha \leq \theta(x) \leq \beta\}\text{ の長さ}$$

このとき

$$(**) \qquad \frac{\text{道路距離}}{\text{直線距離}} = \frac{\displaystyle\int_0^{\frac{\pi}{2}} f(\theta)(\cos\theta + \sin\theta)d\theta}{\displaystyle\int_0^{\frac{\pi}{2}} f(\theta)d\theta}$$

となります．出発点と目的地により $f(\theta)$ は変わりますが，すべての場合の平均ならば，$\theta(x)$ は均一になり，$f(\theta)$ を定数関数と考えることが自然です．

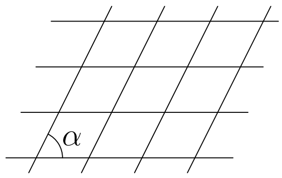
特に, $f \equiv 1$ とすると，上記は

$$(***) \qquad \frac{\text{道路距離}}{\text{直線距離}} = \frac{\displaystyle\int_0^{\frac{\pi}{2}} (\cos\theta + \sin\theta)d\theta}{\displaystyle\int_0^{\frac{\pi}{2}} d\theta} = \frac{[\sin\theta - \cos\theta]_0^{\frac{\pi}{2}}}{\frac{\pi}{2}} = \frac{4}{\pi}$$

となり $(*)$ が導かれました．

論文賞としてのこの問題には 4 件の応募がありました．星野泰佑さん (東海中学 2 年) は上記の $(***)$ の計算を正確に行って，理論値 $\frac{4}{\pi}$ を得ていました．中学 2 年で三角関数の積分計算ができることも驚きですが，積分によって平均が表されることを理解していて感心しました．こちらの手の内はすべてお見通しという感じ

で脱帽です．彼は，基礎になる道路網が碁盤の目だけではなく下記のように角度 $\alpha$ の場合も正弦定理使って計算していています．




山口紘生さんと西村慎太郎さん (和歌山県立古佐田丘中学 2 年) は全国 50 箇所のデータをとってその平均を出しています．データをとって調べることは一つの方法として大変よいことですが，データをどのようにとって解析したのかを詳しく書く必要があります．無差別に 50 箇所選んだとありますが，どのような方法で無差別に選んだのか (無差別に選ぶことはそれほど容易ではない)，また道路距離の測定はどのような方法で行ったのか，平均をどのように考えたのか，などの記載がないのが残念です．データが十分に信頼できるものであることを示さないといけません．

それはともかくとして，彼らの結論は 直線距離／道路距離 $= 0.776$ です．逆数にすると

$$\frac{\text{道路距離}}{\text{直線距離}} = \frac{1}{0.776} = 1.289.....$$

です．$(*)$ とかなり近く．$\frac{4}{\pi}$ がデータ的にも裏付けられたと言えるかもしれません．

この問題に関連して名古屋大学の田地先生から以下の研究論文があることを教えて頂きました．私はこの問題が学術的な研究対象になっていることを知って驚きましたが，これらの研究は新しい道路網をどのようにするかなどの都市計画に役立つのかもしれません．


[1] 塚越，小林，道路距離と直線距離，日本都市計画学会学術研究発表会論文集 (1983)，18, pp.43-48

[2] 栗田，円盤都市における道路パターンの理論－直線距離，直交距離並びに放射・環状距離の分布，日本都市計画学会学術研究論文集 （2001），36，pp.859-864.

[3] 田村ほか，日本の主要都市における直線距離と道路距離との比に関する実証的研究，Theory and Applications of GIS (2014), 22 pp.1-7.


上記の論文についての田地先生のコメントです．

● (この分野の) 最初の研究である [1] では，都市内 (東京 23 区) での比は約 1.3，茨城県の都市間で国道を経由した場合では約 1.21 となることを示しました (その後長い間，この値が基準になっていたようです)．

● [2] は放射環状型 (城下町や，パリ中心部，キャンベラ中心部など) のネットワークに対する理論的な研究で，本文のテーマに即した内容となっています．同じ著者は，碁盤の目のネットワークの理論的結果も取り扱っています．

● [3] は人口 20 万人以上の 112 都市を対象に，GPS データを用いてそれぞれの都市内部での道路距離と直線距離の比を計算したもので，平均値は 1.3035 です．ちなみに，最小は一宮市の 1.1260 であり，最大は静岡市の 1.9235 です．また，この分野のサーベイ的な論文にもなっています．

田地先生も指摘されていますが，地域を限定した実データからの統計的分析ではあまり面白くありません．理論的に，地域を限定しないで平均の値を考察することが今回の論文賞問題のテーマでした．

## テーマ２．「雪のテント」

吹雪の中で車を運転していると、雪がナンバープレート上に吹き付けられて、下図のようにテント状の雪の塊が見られることがあります。どのような原理に従って、このような立体が形成されるのかを考えてください。

**図 1** ナンバープレート上に吹き付けられた雪の塊(模式図)

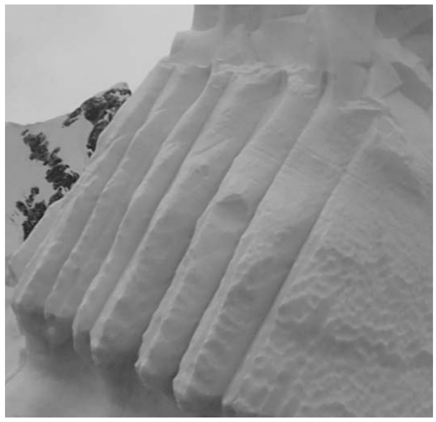


図 2 南極海に漂う氷山の一部
図 1 の構造のくり返しがみられる。

## 解　説

日本数学コンクール実行委員会委員　高田　宗樹（福井大学工学研究科　准教授）

雪は天からの手紙である
（池内了編『中谷宇吉郎エッセイ集』から引用）

数学はモデルを使って自然現象を記述することができる。この問題は、自然にみられる『手紙』(**入出力**)を生成する(**モデル**)を求める逆問題である。本数学コンクールでは、この種の問題を積極的に取り上げ、話題を呼んできた。第 1 回の問題 4(イースト菌の繁殖)や第 2 回の問題 4(ミルククラウンの形)をはじめとして、第 8 回の問題 4(ビデオのモザイク)では非鮮明な画像の復元・補完を扱っている。

さて、自然にみられる『手紙』(**入出力**)を観察することにより得られる「手がかり」を数学的な仮定としてまとめて議論を進める。ナンバープレート上に吹き付けられる雪の塊は図 2 のように氷山にもみられる他、積雪の多い東北地方の山肌にも確認することができる[1]。ここで、図 1 のナンバープレートは長方形であるが、一辺(梁)の長さを 1 とする正方形として議論を進めても一般性は失われない(図 3)。

(1) テント状の構造体は地球の重力を受けるため、一定の高さ以上に成長することはない。

(2) (1)の構造体の安定性から、外界と接する表面積(単位体積あたり量)を最小化する

(1)は雪の物性(ぬれ・粘性)に、(2)は構造体からの熱の散逸に由来すると考えられる。(1)における構造体の高さ(合掌)の上限を $h$ とし、(2)のもとで棟の長さ $x$ を求める。ここで、$x=0$ のとき棟は存在せず、最適な構造体の形としては錐体が選択されることを意味する。単位体積あたりの表面積は以下の式で与えられる；

[1] 例えば、「摩耶山有情」（荘内日報, 2013 年 6 月 19 日, pp.4）に掲載されている写真でも見ることができる。

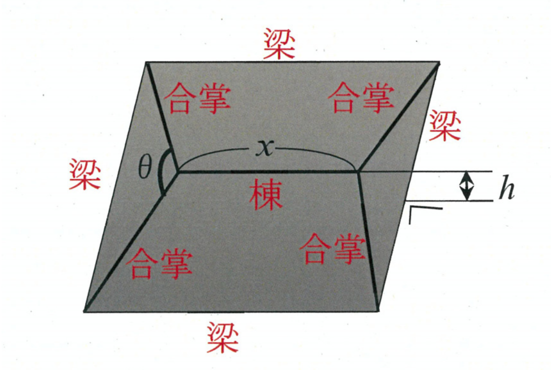



図 3 テント状構造体の各部位の名称

$$\frac{S(x)}{V(x)}=\left(\sqrt{h^2+\frac{(1-x)^2}{4}}+(x+1)\sqrt{h^2+\frac{1}{4}}\right)\Bigg/\frac{h(x+2)}{6}.$$

$h$ を定数として、上式を $x$ にて微分することによって構造体の外界に接する表面積を最小とする $x$ の値を知ることができる(図 4)。合掌の高さに依存せず、構造体として錐体が選択されることはない。図 5 はそのときの合掌のなす角度 $\theta$ に関する高さ依存性をグラフ化したものである。雪が積層する高さによっては、(正四面体の頂点に原子が位置する)メタン分子にみられるマラルディの角度もみられる(図 5 矢印)。

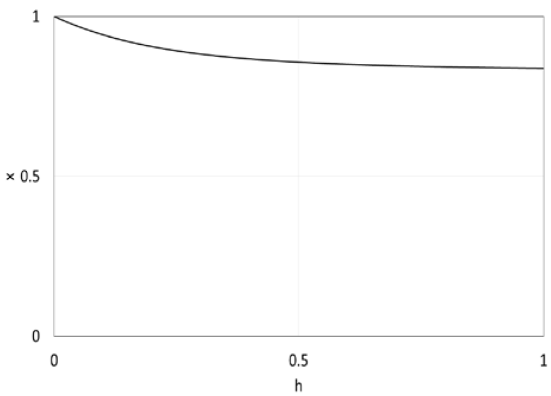



図 4　棟の長さに関する積層厚依存性

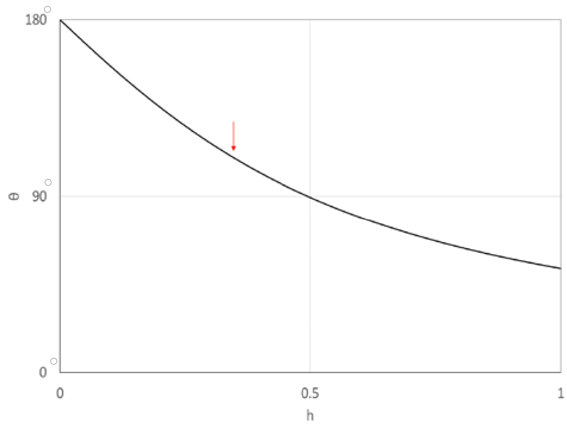



図 5 合掌のなす角度に関する積層厚依存性

以上のような関数の条件付きの停留値問題は、変分法と呼ばれる方法に従って解析的に吟味されることがある。一様でない媒質の測地線(最短経路)が計算されるだけでなく、物理現象を記述するニュートン方程式やシュレディンガー方程式なども導出される。本問に対しては、山口颯仁(佐賀県立佐賀西高、1年)は実験的に再現することを試み、系の入力となる土台(ここではナンバープレートとなる長方形)を変化させる問題の拡張に挑戦してくれた。

# テーマ３．「自由課題」

## 解　説

日本数学コンクール実行委員会委員　伊師　英之（名古屋大学多元数理科学研究科　准教授）
宇澤　　達（名古屋大学多元数理科学研究科　教　授）

今回も論文賞の自由課題に応募された論文には大変優れたものが多かったです。その中でも、金賞となった星野創さん（愛知県立明和高校）の「魔法陣と計算複雑性理論」は高校生とは思えない力作で、魔法陣という身近な話題を拡張するとともに、計算機科学で基本的な概念である計算複雑性理論と結びつけたアイデアも高く評価できる論文でした。計算複雑性理論に関する説明も大変こなれていて、好感が持てる叙述です。

銀賞を受賞された新井康太さん（桐蔭学園中等教育学校）の「べき乗和の新公式」は、べき乗和の公式の新しい公式を発見されたもので、碁盤目の上のある種の道を数える問題と関連付けています。この考え方は組み合わせ論で最近活躍している考え方で、センスの良さが光っています。

銅賞の市川智聡さん（静岡県立科学技術高等学校）の「人による図形の類似度の数値化」は、類似した図形、という直観的に明らかな概念をさまざまな方法で数値化する試みです。応用上の興味もさることながら、図形を関数と考えれば、関数の遠い、近い、を考えることにつながり、関数解析につながっていく話題です。このような興味をうまく育てていってほしいと思います。

## 4. 受賞者一覧

### 第26回日本数学コンクール【個人戦】受賞者一覧

**大賞（1名）**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS-20 | 名取 雅生 | 愛知県 | 愛知県立明和高等学校 | 高3 | 4 |

**優秀賞（2名）**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS-24 | 矢萩 慎一朗 | 東京都 | 筑波大学附属駒場高等学校 | 高2 | 1,3,5 |
| OSS-5 | 山内 星徳 | 大阪府 | 大阪府立四條畷高等学校 | 高1 | 1 |

**優良賞（6名）**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS-1 | 神田 秀峰 | 愛知県 | 海陽中等教育学校 | 高1 | 2,3,4 |
| SS-2 | 坂部 圭哉 | 愛知県 | 海陽中等教育学校 | 高1 | 2,3,4 |
| SS-7 | 村上 聡梧 | 東京都 | 筑波大学附属駒場高校 | 高2 | 4 |
| SS-9 | 宮川 純一 | 岐阜県 | 鶯谷高等学校 | 高3 | 1,2,4,5 |
| SS-37 | 釜倉 武蔵 | 愛知県 | 愛知県立一宮高等学校 | 高2 | 1 |
| OSS-33 | 美間 亮太 | 兵庫県 | 灘高等学校 | 高2 | 4 |

**奨励賞（10名）**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| SS-3 | 青木 謙典 | 愛知県 | 愛知県立岡崎高等学校 | 高2 | 2,3,4 |
| SS-6 | 竹本 敏成 | 愛知県 | 海陽中等教育学校 | 高1 | 1,3,4 |
| SS-13 | 濱地 哲成 | 愛知県 | 愛知県立明和高等学校 | 高2 | 1 |
| SS-19 | 杁山 圭祐 | 愛知県 | 愛知県立明和高等学校 | 高1 | 1 |
| SS-35 | 西村 祐輝 | 愛知県 | 愛知県立旭丘高等学校 | 高2 | 1,2,4,5 |
| OSS-7 | 宮内 理桜 | 大阪府 | 大阪府立四條畷高等学校 | 高1 | 1 |
| OSS-11 | 中谷 凱 | 大阪府 | 大阪府立四條畷高等学校 | 高2 | 4 |
| OSS-12 | 大橋 拓弥 | 大阪府 | 大阪府立四條畷高等学校 | 高2 | 1,2 |
| OSS-25 | 隠岐 颯太 | 大阪府 | 大阪府立大手前高等学校 | 高2 | 1,4 |
| OSS-34 | 岡本 姫奈 | 兵庫県 | 雲雀丘学園高等学校 | 高2 | 1,3 |

＊問題 1. 段取り上手 2. 二進数のような十進数 3. お菓子の交換
4. ジャングルジムの最長経路問題 5. イヤホンの絡まり

表記は次の順にしてあります。参加番号、氏名、所在県名、所属校名、学年、表彰対象の問題。

# 第26回日本数学コンクール【団体戦】受賞者一覧

## 大賞（1組）

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| OSG-1 | 数学LOVE！ | 山下　貴央 | 奈良県 | 奈良工業高等専門学校 | 高2 | 1 |
| | | 三宅　達也 | 奈良県 | 奈良工業高等専門学校 | 高1 | |
| | | 神﨑　優 | 奈良県 | 奈良工業高等専門学校 | 高1 | |
| | | 鄭　従真 | 奈良県 | 奈良工業高等専門学校 | 高1 | |

## 優秀賞（2組）

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SG-1 | AKATSUKI☆ | 伊藤　利太朗 | 三重県 | 暁中学校･高等学校 | 高1 | 4 |
| | | 小山　和紀 | 三重県 | 暁中学校･高等学校 | 高1 | |
| | | 小林　尚暉 | 三重県 | 暁中学校･高等学校 | 高1 | |
| | | 西浦　響 | 三重県 | 暁中学校･高等学校 | 高1 | |
| SG-2 | チーム文系 | 服部　源太郎 | 三重県 | 暁中学校･高等学校 | 高1 | 1 |
| | | 松岡　信人 | 三重県 | 暁中学校･高等学校 | 高1 | |
| | | 辻　清龍 | 三重県 | 暁中学校･高等学校 | 高1 | |
| | | 山川　桃佳 | 三重県 | 暁中学校･高等学校 | 高1 | |

## 優良賞（1組）

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SG-9 | 時習館高校$\alpha$ | 小林　怜平 | 愛知県 | 愛知県立時習館高等学校 | 高2 | 1 |
| | | 鈴木　智希 | 愛知県 | 愛知県立時習館高等学校 | 高2 | |
| | | 鈴木　一輝 | 愛知県 | 愛知県立時習館高等学校 | 高2 | |

## 奨励賞（2組）

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SG-3 | チームモッツァレラチーズ | 中野　裕己 | 三重県 | 暁中学校･高等学校 | 高1 | 5 |
| | | 谷口　晃平 | 三重県 | 暁中学校･高等学校 | 高1 | |
| | | 北口　源一郎 | 三重県 | 暁中学校･高等学校 | 高1 | |
| SG-11 | 時習館高校$\gamma$ | 南金山　亮太 | 愛知県 | 愛知県立時習館高等学校 | 高1 | 4 |
| | | 加藤　諒也 | 愛知県 | 愛知県立時習館高等学校 | 高1 | |
| | | 河合　諒人 | 愛知県 | 愛知県立時習館高等学校 | 高1 | |

＊問題　1. 段取り上手　 2. 二進数のような十進数　 3. お菓子の交換
4. ジャングルジムの最長経路問題　 5. イヤホンの絡まり

表記は次の順にしてあります。参加番号、チーム名、氏名、所在県名、所属校名、学年、表彰対象の問題。

# 第19回日本ジュニア数学コンクール【個人戦】受賞者一覧

## 大　賞(1名)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| JS-1 | 野村　海斗 | 東京都 | 筑波大学附属駒場中学校 | 中3 | 1,3,4 |

## 優秀賞(4名)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| JS-2 | 飯田 奈那 | 東京都 | 白百合学園小学校 | 小6 | 5 |
| JS-5 | 丹羽　葵 | 愛知県 | 東海中学校 | 中3 | 1,4 |
| JS-21 | 前田　凌佑 | 愛知県 | 東海中学校 | 中3 | 1,5 |
| JS-26 | 星野　泰佑 | 愛知県 | 東海中学校 | 中2 | 2,4 |

## 優良賞(4名)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| JS-3 | 宇佐美　友那 | 東京都 | 桜蔭中学校 | 中3 | 1,2,5 |
| JS-13 | 中村　佑匡 | 静岡県 | 浜松市立中部中学校 | 中3 | 3 |
| JS-23 | 熊谷　光剛 | 東京都 | 筑波大学附属駒場中学 | 中2 | 1,4 |
| OJS-2 | 後藤　颯汰 | 奈良県 | 東大寺学園中学校 | 中2 | 1,4 |

## 奨励賞(5名)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| JS-10 | 佐々木　和葉 | 愛知県 | 名古屋市立猪子石中学校 | 中2 | 1 |
| JS-12 | 小宮　晨一 | 東京都 | 筑波大学附属駒場中学校 | 中3 | 1,3,5 |
| JS-37 | 大塚　舜平 | 愛知県 | 豊川市立南部中学校 | 中3 | 1 |
| JS-45 | 大岡　ゆり | 東京都 | 桜蔭中学校 | 中2 | 5 |
| JS-49 | 藤倉　賢尚 | 神奈川県 | 栄光学園中学校 | 中1 | 4 |

＊問題　1. 段取り上手　2. 二進数のような十進数　3. お菓子の交換
4. ジャングルジムの最長経路問題　5. イヤホンの絡まり

表記は次の順にしてあります。参加番号、氏名、所在県名、所属校名、学年、表彰対象の問題。

# 第19回日本ジュニア数学コンクール【団体戦】受賞者一覧

## 大賞（1組）

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| JG-10 | BESH | 残華　宏和 | 三重県 | 鈴鹿中学校 | 中3 | 1 |
| | | 岡崎　光輝 | 三重県 | 鈴鹿中学校 | 中3 | |
| | | 平野　誠一 | 三重県 | 鈴鹿中学校 | 中3 | |
| | | 別所　雅也 | 三重県 | 鈴鹿中学校 | 中3 | |

## 優秀賞（1組）

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| JG-32 | 東海中1 | 渡辺　空一翔 | 愛知県 | 東海中学校 | 中1 | 1 |
| | | 橋口　航大 | 愛知県 | 東海中学校 | 中1 | |
| | | 岡田　瑛希 | 愛知県 | 東海中学校 | 中1 | |
| | | 石川　竜聖 | 愛知県 | 東海中学校 | 中1 | |

## 優良賞（1組）

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| JG-19 | KYAN！～CAN～ | 若林　和 | 三重県 | 鈴鹿中学校 | 中2 | 1 |
| | | 三輪　天暉 | 三重県 | 鈴鹿中学校 | 中2 | |
| | | 児玉　航太 | 三重県 | 鈴鹿中学校 | 中2 | |
| | | 森口　結斗 | 三重県 | 鈴鹿中学校 | 中2 | |

## 奨励賞（6組）

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| JG-2 | キッコ | 加藤　夏妃 | 愛知県 | 名古屋市立吉根中学校 | 中3 | 5 |
| | | 浅川　結菜 | 愛知県 | 名古屋市立吉根中学校 | 中3 | |
| | | 木下　萌花 | 愛知県 | 名古屋市立吉根中学校 | 中3 | |
| | | 牧田　福多羽 | 愛知県 | 名古屋市立吉根中学校 | 中3 | |
| JG-8 | Clever　Girls | 野田　彩音 | 三重県 | 鈴鹿中学校 | 中3 | 4 |
| | | 倉田　真彩 | 三重県 | 鈴鹿中学校 | 中3 | |
| | | 小坂　恵里奈 | 三重県 | 鈴鹿中学校 | 中3 | |
| | | 栗原　優奈 | 三重県 | 鈴鹿中学校 | 中3 | |
| JG-29 | 光が丘天才軍団 | 川上　翔大 | 愛知県 | 小牧市立光ヶ丘中学校 | 中3 | 4 |
| | | 山本　駿里 | 愛知県 | 小牧市立光ヶ丘中学校 | 中3 | |
| | | 岩田　航弥 | 愛知県 | 小牧市立光ヶ丘中学校 | 中2 | |
| | | 船引　應佑 | 愛知県 | 小牧市立光ヶ丘中学校 | 中2 | |
| JG-31 | 三重大学附属中学校C | 林　航大 | 三重県 | 三重大学教育学部附属中学校 | 中3 | 4 |
| | | 長谷川　竜大 | 三重県 | 三重大学教育学部附属中学校 | 中3 | |
| | | 清水　大誠 | 三重県 | 三重大学教育学部附属中学校 | 中3 | |
| | | 森村　隼伍 | 三重県 | 三重大学教育学部附属中学校 | 中3 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| JG-38 | 名無し | 尾崎　優也 | 愛知県 | 豊川市立南部中学校 | 中3 | 4 |
| | | 山崎　寛人 | 愛知県 | 豊川市立南部中学校 | 中3 | |
| | | 八木　優歩 | 愛知県 | 豊川市立南部中学校 | 中3 | |
| | | 浅井　香帆 | 愛知県 | 豊川市立南部中学校 | 中3 | |
| JG-40 | TORI NO KAWA | 坂野　寿 | 愛知県 | 瀬戸市立品野中学校 | 中2 | 5 |
| | | 長江　瑠璃 | 愛知県 | 瀬戸市立品野中学校 | 中2 | |
| | | 柴田　しいな | 愛知県 | 瀬戸市立品野中学校 | 中2 | |
| | | 加藤　綾乃 | 愛知県 | 瀬戸市立品野中学校 | 中2 | |

＊問題　1．段取り上手　 2．二進数のような十進数　 3．お菓子の交換
4．ジャングルジムの最長経路問題　 5．イヤホンの絡まり

表記は次の順にしてあります。参加番号、チーム名、氏名、所在県名、所属校名、学年、表彰対象の問題。

## 第16回日本数学コンクール論文賞受賞者一覧

### 金賞

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 星野　創 | 愛知 | 愛知県立明和高等学校 | 3年 | 魔方陣と計算複雑性理論 |

### 銀賞

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 新井　康太 | 神奈川 | 桐蔭学園中等教育学校 | 2年 | べき乗和の新公式 |

### 銅賞

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 市川　智聡 | 静岡 | 静岡県立科学技術高等学校 | 3年 | 人による図形の類似度の数値化 |
| 山口　颯仁 | 佐賀 | 佐賀県立佐賀西高等学校 | 1年 | 雪のテント |

## 第16回日本ジュニア数学コンクール論文賞受賞者一覧

### 金賞

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 星野　泰佑 | 愛知 | 東海中学校 | 2年 | 道路距離と直線距離 |

### 銀賞

該当者なし

### 銅賞

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 山口　紘生<br>西村　慎太郎 | 和歌山 | 和歌山県立古佐田丘中学校 | 2年 | ・道路距離と直線距離<br>・オリガミクスからみるスウリのおもしろさ |

＊テーマ　1．道路距離と直線距離　2．雪のテント　3．自由課題　4．感想戦

表記は次の順にしてあります。 氏名、所在県名、所属校名、学年、表彰対象のテーマ。

# 5. 第26回日本数学コンクール参加状況一覧

## (1)シニア個人戦　　参加数　65

| 会場 | 地域 | 学校所在地 | 性別 | 高校生 | | | | | | その他 | | 計 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1年 | | 2年 | | 3年 | | | | | |
| 名古屋大学 | 中部 | 愛知 | 男 | 8 | 10 | 8 | 9 | 2 | 2 | 0 | 0 | 18 | 21 |
| | | | 女 | 2 | | 1 | | 0 | | 0 | | 3 | |
| | | 岐阜 | 男 | 2 | 2 | 1 | 1 | 4 | 4 | 0 | 0 | 7 | 7 |
| | | | 女 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | | 三重 | 男 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | 女 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | 関東 | 東京 | 男 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| | | | 女 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | その他 | 高卒認定 | 男 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | | 女 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | **小計** | | **男** | **12** | **14** | **11** | **12** | **6** | **6** | **1** | **1** | **29** | **33** |
| | | | **女** | **2** | | **1** | | **0** | | **0** | | **3** | |
| 津 | 中部 | 三重 | 男 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| | | | 女 | 2 | | 0 | | 0 | | 0 | | 2 | |
| | **小計** | | **男** | **0** | **2** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **2** |
| | | | **女** | **2** | | **0** | | **0** | | **0** | | **2** | |
| 大手前高校 | 近畿 | 大阪 | 男 | 15 | 17 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 27 |
| | | | 女 | 2 | | 0 | | 0 | | 0 | | 2 | |
| | | 兵庫 | 男 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| | | | 女 | 0 | | 1 | | 0 | | 0 | | 1 | |
| | **小計** | | **男** | **15** | **17** | **11** | **12** | **0** | **0** | **0** | **0** | **26** | **29** |
| | | | **女** | **2** | | **1** | | **0** | | **0** | | **3** | |
| 福井大学 | 中部 | 福井 | 男 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | | | 女 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | **小計** | | **男** | **0** | **0** | **1** | **1** | **0** | **0** | **0** | **0** | **1** | **1** |
| | | | **女** | **0** | | **0** | | **0** | | **0** | | **0** | |
| **合計** | | | **男** | **27** | **33** | **23** | **25** | **6** | **6** | **1** | **1** | **56** | **65** |
| | | | **女** | **6** | | **2** | | **0** | | **0** | | **8** | |

## (2)シニア団体戦　　参加数　44

| 会場 | 地域 | 学校所在地 | 性別 | 高校生 1年 | | 2年 | | 3年 | | 計 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 名古屋大学 | 中部 | 愛知 | 男 | 6 | 6 | 15 | 15 | 0 | 0 | 21 | 21 |
| | | | 女 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | | 岐阜 | 男 | 0 | 0 | 7 | 8 | 0 | 0 | 7 | 8 |
| | | | 女 | 0 | | 1 | | 0 | | 1 | |
| | | 三重 | 男 | 10 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 11 |
| | | | 女 | 1 | | 0 | | 0 | | 1 | |
| | 小計 | | 男 | 16 | 17 | 22 | 23 | 0 | 0 | 38 | 40 |
| | | | 女 | 1 | | 1 | | 0 | | 2 | |
| 大手前高校 | 近畿 | 奈良 | 男 | 3 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| | | | 女 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | 小計 | | 男 | 3 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| | | | 女 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| 合計 | | | 男 | 19 | 20 | 23 | 24 | 0 | 0 | 42 | 44 |
| | | | 女 | 1 | | 1 | | 0 | | 2 | |

# 第26回日本数学コンクール参加校一覧

| 学校所在都道府県 | 学　校　名 |
| --- | --- |
| 愛知県 | 愛知県立五条高等学校 |
| | 愛知県立新川高等学校 |
| | 愛知県立日進西高等学校 |
| | 愛知県立旭丘高等学校 |
| | 愛知県立一宮高等学校 |
| | 愛知県立岡崎高等学校 |
| | 愛知県立時習館高等学校 |
| | 愛知県立明和高等学校 |
| | 海陽中等教育学校 |
| | 椙山女学園高等学校 |
| | 大同大学大同高等学校 |
| 岐阜県 | 鶯谷高等学校 |
| | 岐阜県立多治見北高等学校 |
| | 岐阜県立大垣東高等学校 |
| | 岐阜県立恵那高等学校 |
| 三重県 | 津高等学校 |
| | 暁高等学校 |
| | 四日市高等学校 |

| 学校所在都道府県 | 学　校　名 |
| --- | --- |
| 東京都 | 海城中学高等学校 |
| | 筑波大学附属駒場高等学校 |
| 兵庫県 | 雲雀丘学園高等学校 |
| | 灘高等学校 |
| 大阪府 | 近畿大学附属高等学校 |
| | 大阪市立咲くやこの花高等学校 |
| | 大阪府立四條畷高等学校 |
| | 大阪府立大手前高等学校 |
| 奈良県 | 奈良工業高等専門学校 |
| 福井県 | 福井商業高等学校 |

# 第19回日本ジュニア数学コンクール参加状況一覧

## (3)ジュニア個人戦

参加数 55

| 会場 | 地域 | 学校所在地 | 性別 | 4年 | 5年 | 6年 | 中学生 1年 | | 中学生 2年 | | 中学生 3年 | | 計 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 名古屋大学 | 中部 | 愛知 | 男 | 0 | 0 | 1 | 3 | 5 | 8 | 11 | 6 | 7 | 18 | 24 |
| | | | 女 | 0 | 0 | 0 | 2 | | 3 | | 1 | | 6 | |
| | | 岐阜 | 男 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| | | | 女 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | | 三重 | 男 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| | | | 女 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | | 静岡 | 男 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | | 女 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | 関東 | 東京 | 男 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 6 | 9 |
| | | | 女 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 1 | | 1 | | 3 | |
| | | 神奈川 | 男 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| | | | 女 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | | 山梨 | 男 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | | | 女 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | **小計** | | **男** | **1** | **0** | **1** | **6** | **8** | **11** | **15** | **17** | **19** | **36** | **45** |
| | | | **女** | **0** | **0** | **1** | **2** | | **4** | | **2** | | **9** | |
| 津高校 | 中部 | 三重 | 男 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| | | | 女 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | **小計** | | **男** | **0** | **0** | **0** | **1** | **1** | **0** | **0** | **2** | **2** | **3** | **3** |
| | | | **女** | **0** | **0** | **0** | **0** | | **0** | | **0** | | **0** | |
| 大手前高校 | 近畿 | 大阪 | 男 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | | | 女 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | | 奈良 | 男 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | | | 女 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | **小計** | | **男** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **1** | **1** | **2** | **2** | **3** | **3** |
| | | | **女** | **0** | **0** | **0** | **0** | | **0** | | **0** | | **0** | |
| 橋本市 | 近畿 | 和歌山 | 男 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 |
| | | | 女 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | **小計** | | **男** | **0** | **1** | **0** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **4** | **4** |
| | | | **女** | **0** | **0** | **0** | **0** | | **0** | | **0** | | **0** | |
| **合計** | | | 男 | **1** | **1** | **1** | **8** | **10** | **13** | **17** | **22** | **24** | **46** | **55** |
| | | | 女 | **0** | **0** | **1** | **2** | | **4** | | **2** | | **9** | |

## （4）ジュニア団体戦　　参加数　173

| 会場 | 地域 | 学校所在地 | 性別 | 中学生 | | | | | | 計 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1年 | | 2年 | | 3年 | | | |
| 名古屋大学 | 中部 | 愛知 | 男 | 8 | 10 | 7 | 18 | 15 | 25 | 30 | 53 |
| | | | 女 | 2 | | 11 | | 10 | | 23 | |
| | | 三重 | 男 | 19 | 26 | 10 | 25 | 23 | 31 | 52 | 82 |
| | | | 女 | 7 | | 15 | | 8 | | 30 | |
| | 関東 | 神奈川 | 男 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| | | | 女 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | **小計** | | **男** | **27** | **36** | **17** | **43** | **42** | **60** | **86** | **139** |
| | | | **女** | **9** | | **26** | | **18** | | **53** | |
| 津高校 | 中部 | 三重 | 男 | 13 | 16 | 6 | 10 | 1 | 4 | 20 | 30 |
| | | | 女 | 3 | | 4 | | 3 | | 10 | |
| | **小計** | | **男** | **13** | **16** | **6** | **10** | **1** | **4** | **20** | **30** |
| | | | **女** | **3** | | **4** | | **3** | | **10** | |
| 大手前高校 | 近畿 | 兵庫県 | 男 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| | | | 女 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | **小計** | | **男** | **0** | **0** | **0** | **0** | **4** | **4** | **4** | **4** |
| | | | **女** | **0** | | **0** | | **0** | | **0** | |
| **合計** | | | 男 | **40** | **52** | **23** | **53** | **47** | **68** | **110** | **173** |
| | | | 女 | **12** | | **30** | | **21** | | **63** | |

# 第19回日本ジュニア数学コンクール参加校一覧

| 学校所在都道府県 | 市町村 | 学 校 名 |
|---|---|---|
| 愛知県 | 名古屋市 | 名古屋市立吉根中学校 |
| | | 名古屋大学教育学部附属中学校 |
| | | 名古屋市立牧の池中学校 |
| | | 名古屋市立志段味中学校 |
| | | 名古屋市立川原小学校 |
| | | 名古屋市立猪高中学校 |
| | | 椙山女学園中学校 |
| | | 東海中学校 |
| | | 名古屋市立一柳中学校 |
| | | 名古屋市立猪子石中学校 |
| | | 名古屋市立田光中学校 |
| | | 名古屋市立北山中学校 |
| | 蒲郡市 | 蒲郡市立蒲郡中学校 |
| | 小牧市 | 小牧市立光ヶ丘中学校 |
| | 瀬戸市 | 瀬戸市立品野中学校 |
| | 豊川市 | 豊川市立南部中学校 |
| | 豊田市 | 豊田市立美里中学校 |
| | | 豊田市立足助中学校 |
| | | 豊田市立松平中学校 |
| | 丹羽郡 | 扶桑町立扶桑中学校 |
| 岐阜県 | 高山市 | 高山市立朝日中学校 |
| | 郡上市 | 郡上市立白鳥中学校 |

| 学校所在都道府県 | 市町村 | 学 校 名 |
|---|---|---|
| 三重県 | 四日市市 | 暁中学校 |
| | 津市 | 三重大学教育学部附属中学校 |
| | 鈴鹿市 | 鈴鹿中学校 |
| 静岡県 | 浜松市 | 浜松市立中部中学校 |
| 神奈川県 | 鎌倉市 | 栄光学園中学校 |
| | | 鎌倉学園中学校 |
| 東京都 | 世田谷区 | 駒場東邦中学校 |
| | | 筑波大学附属駒場中学校 |
| | 千代田区 | 暁星中学校 |
| | | 白百合学園小学校 |
| | 文京区 | 桜蔭中学校 |
| | | 文京区立茗台中学校 |
| 山梨県 | 甲州市 | 甲州市立松里小学校 |
| 大阪府 | 大阪市 | 大阪教育大学附属天王寺中学校 |
| | 富田林市 | 初芝富田林中学校 |
| 兵庫県 | 神戸市 | 灘中学校 |
| 和歌山県 | 橋本市 | 橋本市立紀見北中学校 |
| | | 橋本市立高野口中学校 |
| | | 橋本市立応其小学校 |
| | | 和歌山県立古佐田丘中学校 |

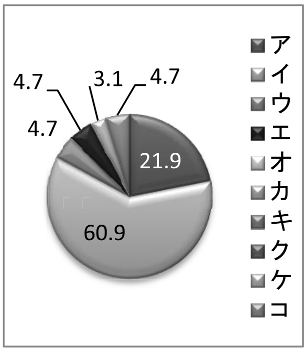
# ６. 参加者アンケート調査結果

## 日本数学コンクール【個人戦】

アンケート総数　64

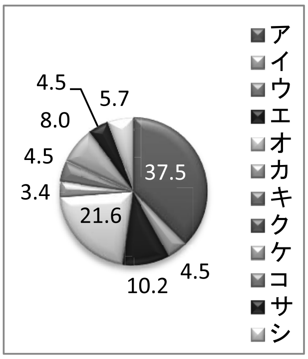
1．今回のコンクールの開催については，どのようにして知りましたか。

| | | | |
|---|---|---|---|
| ア | 学校の掲示を見て | 14 人 | ( 21.9 %) |
| イ | 先生から | 39 人 | ( 60.9 %) |
| ウ | 友人から | 3 人 | ( 4.7 %) |
| エ | 両親から | 3 人 | ( 4.7 %) |
| オ | 兄弟姉妹から | 0 人 | ( 0.0 %) |
| カ | 新聞で | 0 人 | ( 0.0 %) |
| キ | ラジオ・テレビで | 0 人 | ( 0.0 %) |
| ク | 雑誌で | 0 人 | ( 0.0 %) |
| ケ | 日本数学コンクールのホームページから | 2 人 | ( 3.1 %) |
| コ | その他 | 3 人 | ( 4.7 %) |
| | ○ 去年参加したので、案内が来た。 | 1 人 | |
| | ○ SSHの取り組みにより。 | 1 人 | |
| | ○ チラシを見た。 | 1 人 | |



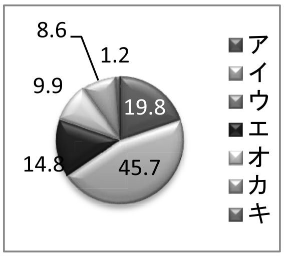

2．今回のコンクールを受けようと思ったきっかけは何ですか。

| | | | |
|---|---|---|---|
| ア | 数学が好きだから | 33 人 | ( 37.5 %) |
| イ | 数学が好きになりたいと思ったから | 4 人 | ( 4.5 %) |
| ウ | 数学が苦手だから | 0 人 | ( 0.0 %) |
| エ | 以前参加して有意義だったから | 9 人 | ( 10.2 %) |
| オ | 先生に勧められたから | 19 人 | ( 21.6 %) |
| カ | 両親に勧められたから | 3 人 | ( 3.4 %) |
| キ | 友人に誘われたから | 4 人 | ( 4.5 %) |
| ク | 名古屋大学のキャンパスに関心があったから | 0 人 | ( 0.0 %) |
| ケ | 何となく興味があったから | 7 人 | ( 8.0 %) |
| コ | 参考書持参が自由だから | 0 人 | ( 0.0 %) |
| サ | コンクールの雰囲気を味わいたいから | 4 人 | ( 4.5 %) |
| シ | その他 | 5 人 | ( 5.7 %) |
| | ○ 部活で | 2 人 | |
| | ○ 過去の問題がおもしろかったから | 1 人 | |
| | ○ 以前出たので | 1 人 | |
| | ○ 数学の問題にもっと慣れたかったから | 1 人 | |



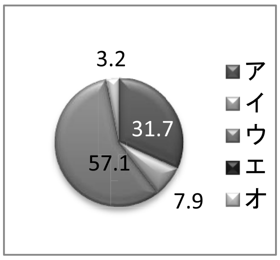

3．今回のコンクールの問題については，どのように感じましたか。

| | | | |
|---|---|---|---|
| ア | 問題が難しいと思った | 16 人 | ( 19.8 %) |
| イ | 問題は難しいけれど楽しかった | 37 人 | ( 45.7 %) |
| ウ | 問題が難しいと思わなかった | 0 人 | ( 0.0 %) |
| エ | 学校での問題とは、かなり内容が違うと思った | 12 人 | ( 14.8 %) |
| オ | 数学の学問的広さを感じた | 8 人 | ( 9.9 %) |
| カ | 問題文の意味が分かりにくい | 7 人 | ( 8.6 %) |
| キ | その他 | 1 人 | ( 1.2 %) |
| | ○ 問題数の増加に驚いた。 | 1 人 | |




4．今回のコンクールに参加して，今後のことをどう思いますか。

| | | | |
|---|---|---|---|
| ア | 勉強の励みになると思う | 20 人 | ( 31.7 %) |
| イ | 今後の進路を考える参考になると思った | 5 人 | ( 7.9 %) |
| ウ | 数学に対するイメージがこれまでより広くなった | 36 人 | ( 57.1 %) |
| エ | 数学に対するイメージがこれまでより悪くなった | 0 人 | ( 0.0 %) |
| オ | その他 | 2 人 | ( 3.2 %) |
| | ○ 研究っておもしろい | 1 人 | |




5．数学以外の分野でも同じようなコンクールがあったらよいと思いますか。

11名 化学
9名 物理
4名 生物
2名 哲学
2名 古典

＊ その他（各1名ずつ）
小論文、地理、地学、情報、1Q、倫理、科学

6．今までで何か数学に関する本で特に興味を持って読んだものがあったら書いてください。

5名 博士の愛した数式
3名 オイラーの贈物
2名 数学ガール
2名 フェルマーの最終定理

＊ その他（各1名ずつ）
黄金比の謎、初等整数論講義、神は数学者か？、面白くて眠れなくなる数学、高校への数学、The Book、浜村渚の計算ノート、ガウス整数論、数学再入門、素数の音楽、数独を数学する

7．名古屋大学では数学についての公開形式のセミナーを，「数理ウェーブ」という名で開催しています。講演者は主に名古屋大学の教員と院生で，話題は数学コンクールの問題に関連したものから素粒子論まで様々です。数理ウェーブの開催日は10月～1月と3月～6月の第4土曜日で,場所は名古屋大学理1号館509講義室，題目や要旨はインターネットで公開しています。（名大のホームページにリンクしています。）今年度開催された講演のテーマは次のとおりです。

| |
|---|
| 4月25日(土）「演算の集合と関係の集合」「数学は言葉か」 |
| 5月23日(土）「巨大数論の世界」「対称性と群」 |
| 6月27日(土）「数え切れないものと数えられないもの」「グラフ理論で考える：日本数学コンクールの問題から」 |

A 数理ウェーブが行われていることを知っていますか。

| | | |
|---|---|---|
| ①知っている | 12 人 | （ 18.8 %） |
| ②知らない | 50 人 | （ 78.1 %） |

B これから数理ウェーブに参加する希望はありますか。

| | | |
|---|---|---|
| ①ある | 12 人 | （ 18.8 %） |
| ②ない | 12 人 | （ 18.8 %） |
| ③わからない | 38 人 | （ 59.4 %） |

C これから数理ウェーブで行ってほしいテーマがあったら書いてください。

- 集合
- 4色問題について
- 数え切れないものと数えられないもの
- 素数定理
- 大学で習う数学について
- 四次元
- トポロジー
- 平方剰余
- 関数方程式
- 不等式

8．その他，感想があれば何でも結構ですから書いてください。

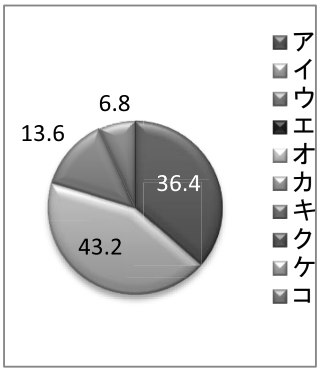
- 2問目は問題と見て、理解することにかなり時間がかかったが、(2)まではそれなりの解答が書けた。粘り強さを得たと思う。
- 今回も面白くて、じっくり考えられる問題で楽しかったです！
- ムズカシカッタ
- 想像よりは意味不明な問題が多くなかった。
- 一問にかけられる時間が減った。すべて解かなくていいと言われても気になるからねぇ。
- 問題はとても楽しかった。解答用紙の上に書く項目が面倒だった。
- この問題をつくった人におすすめの本があります。「ロジカル・ライティング」という本です。
- すごく楽しかった。
- 身近なことを数学で考えるのが楽しく、有意義な時間を過ごすことができた。また、5時間という時間の長さが精神的にゆとりをもって解く助けとなったので、自分の解答を書ききることができた。機会があればまた参加したい。
- どの問題もとても面白かったです。
- 難しかったけど楽しかったです。時間が早く感じました。
- とても良い経験になりました。
- とてもおもしろい問題でした。時間が足りなかったのが残念です。
- 裏に解答を書いてよいのか、解いていない問題に対しても提出するのか、などを事前に説明してほしかった。
- 去年と違って一応答えを求める問題があったので、少し解くことができた。まぁ難しかったのでそんなにわからなかったけど、多少書けたので良かった。
- 去年よりも問題が難しいというよりは、問題文が理解しにくかった。
- つかれた。
- ジュニアから数えて4度目の参加となります。今までより難しく、久しぶりに「全く歯がたたない」問題に出会いました。悔しくも楽しかったです。
- 非常に問題が難しかった。しかし、ただ難しいだけでなく、有意義なものだった。
- 楽しく数学を考えられました。
- 数学の奥深さを実感できてよい経験だった。
- 入試や数学オリンピックの問題とは一味違った問題を楽しめました。昼抜きでずっと挑みましたが全部中途半端に終わってしまいました。もっと8時間くらい考えてみたいものです。

## 日本数学コンクール【団体戦】

アンケート総数 44

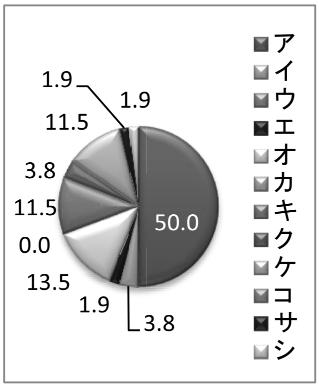
1．今回のコンクールの開催については，どのようにして知りましたか。

| | | |
|---|---|---|
| ア 学校の掲示を見て | 16 人 | ( 36.4 %) |
| イ 先生から | 19 人 | ( 43.2 %) |
| ウ 友人から | 6 人 | ( 13.6 %) |
| エ 両親から | 0 人 | ( 0.0 %) |
| オ 兄弟姉妹から | 0 人 | ( 0.0 %) |
| カ 新聞で | 0 人 | ( 0.0 %) |
| キ ラジオ・テレビで | 0 人 | ( 0.0 %) |
| ク 雑誌で | 0 人 | ( 0.0 %) |
| ケ 日本数学コンクールのホームページから | 0 人 | ( 0.0 %) |
| コ その他 | 3 人 | ( 6.8 %) |
| ○ 部活 | 2 人 | |
| ○ 昨年の参加 | 1 人 | |



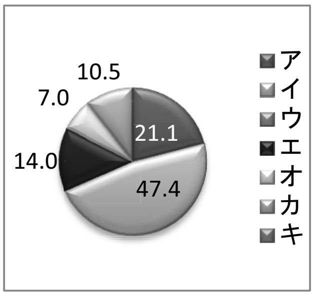

2．今回のコンクールを受けようと思ったきっかけは何ですか。

| | | |
|---|---|---|
| ア 数学が好きだから | 26 人 | ( 50.0 %) |
| イ 数学が好きになりたいと思ったから | 2 人 | ( 3.8 %) |
| ウ 数学が苦手だから | 0 人 | ( 0.0 %) |
| エ 以前参加して有意義だったから | 1 人 | ( 1.9 %) |
| オ 先生に勧められたから | 7 人 | ( 13.5 %) |
| カ 両親に勧められたから | 0 人 | ( 0.0 %) |
| キ 友人に誘われたから | 6 人 | ( 11.5 %) |
| ク 名古屋大学のキャンパスに関心があったから | 2 人 | ( 3.8 %) |
| ケ 何となく興味があったから | 6 人 | ( 11.5 %) |
| コ 参考書持参が自由だから | 0 人 | ( 0.0 %) |
| サ コンクールの雰囲気を味わいたいから | 1 人 | ( 1.9 %) |
| シ その他 | 1 人 | ( 1.9 %) |
| ○ 部活 | 1 人 | |



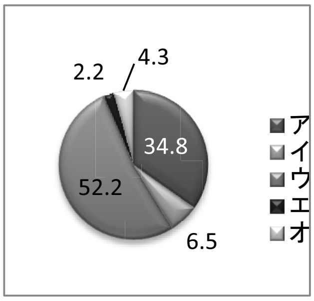

3．今回のコンクールの問題については，どのように感じましたか。

| | | |
|---|---|---|
| ア 問題が難しいと思った | 12 人 | ( 21.1 %) |
| イ 問題は難しいけれど楽しかった | 27 人 | ( 47.4 %) |
| ウ 問題が難しいと思わなかった | 0 人 | ( 0.0 %) |
| エ 学校での問題とは、かなり内容が違うと思った | 8 人 | ( 14.0 %) |
| オ 数学の学問的広さを感じた | 4 人 | ( 7.0 %) |
| カ 問題文の意味が分かりにくい | 6 人 | ( 10.5 %) |
| キ その他 | 0 人 | ( 0.0 %) |




4．今回のコンクールに参加して，今後のことをどう思いますか。

| | | |
|---|---|---|
| ア 勉強の励みになると思う | 16 人 | ( 34.8 %) |
| イ 今後の進路を考える参考になると思った | 3 人 | ( 6.5 %) |
| ウ 数学に対するイメージがこれまでより広くなった | 24 人 | ( 52.2 %) |
| エ 数学に対するイメージがこれまでより悪くなった | 1 人 | ( 2.2 %) |
| オ その他 | 2 人 | ( 4.3 %) |
| ○ 数学の広さが分かった。 | 1 人 | |
| ○ 皆で協力して問題に取り組むことが大切だと思った。 | 1 人 | |




5．数学以外の分野でも同じようなコンクールがあったらよいと思いますか。

4 名 雑学
4 名 物理
4 名 化学
3 名 哲学
3 名 情報

＊ その他（各1名ずつ）
美術、日本史、歴史、古典、(短編)小説を書く、理科、英作文、英語

6. 今までで何か数学に関する本で特に興味を持って読んだものがあったら書いてください。

＊ 各1名ずつ

数学的な感覚の探求、チャート式、フェルマーの最終定理、小学生の時に習う知識で解けるパズルの本、数の悪魔、複素数とは何か？、眠れなくなる数学の10の話、数学のおもちゃ箱、確率のエッセンス、数学ガール、無限への一歩、世界でもっとも美しい10の数学パズル

7. 名古屋大学では数学についての公開形式のセミナーを，「数理ウェーブ」という名で開催しています。講演者は主に名古屋大学の教員と院生で，話題は数学コンクールの問題に関連したものから素粒子論まで様々です。数理ウェーブの開催日は10月～1月と3月～6月の第4土曜日で,場所は名古屋大学理1号館509講義室，題目や要旨はインターネットで公開しています。（名大のホームページにリンクしています。）今年度開催された講演のテーマは次のとおりです。

| |
|---|
| 4月25日(土)「演算の集合と関係の集合」「数学は言葉か」 |
| 5月23日(土)「巨大数論の世界」「対称性と群」 |
| 6月27日(土)「数え切れないものと数えられないもの」「グラフ理論で考える：日本数学コンクールの問題から」 |

A 数理ウェーブが行われていることを知っていますか。

| | | |
|---|---|---|
| ①知っている | 3 人 | （ 6.8 %） |
| ②知らない | 41 人 | （ 93.2 %） |

B これから数理ウェーブに参加する希望はありますか。

| | | |
|---|---|---|
| ①ある | 7 人 | （ 15.9 %） |
| ②ない | 9 人 | （ 20.5 %） |
| ③わからない | 28 人 | （ 63.6 %） |

C これから数理ウェーブで行ってほしいテーマがあったら書いてください。

○ 公式を考える(まだ知らない公式を数を見て公式をつくりだす。)

○ 場合分け

○ 0の意味

8. その他，感想があれば何でも結構ですから書いてください。

○ 違った角度からの問題は、普段から解いたことがなかったので、とても楽しめた。

○ 意外と長かった。

○ やはり数学は楽しい！

○ 5時間半があっという間で、もっと解いていたかった。

○ 時間がもう少し欲しかった。

○ 普段は一人で解いていた問題を解くことで、いろいろな面から問題を見ることができました。楽しかったです。

○ とても面白い問題でした。楽しかったです。

○ とても楽しく考えることができたのでよかったです。

○ しっかり練られた問題で解いていて楽しかったです。

○ 普段の学校のテストでは扱わないような問題ばかりで、とても刺激のある時間を過ごすことができた。

○ 本当の数学の力をつけたいと思った。

○ 楽しかった。

○ 皆で考えられたので、良かったです。

○ 難しかった。前回はジュニアだったが、シニアとは全然違うんだなと感じた。

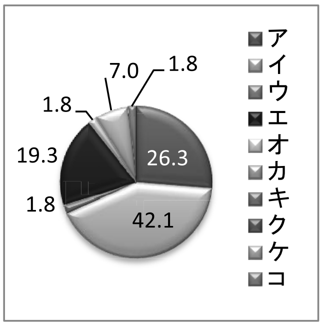
○ $\chi^n+y^n=Z^n$ （$n$は自然数で3以上） ⇒整数解($\chi$, y, Z)は存在しない。

# 日本ジュニア数学コンクール【個人戦】

アンケート総数　55

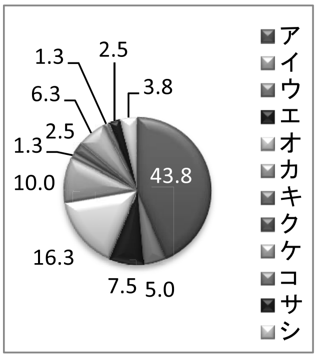
1．今回のコンクールの開催については，どのようにして知りましたか。

| | | |
|---|---|---|
| ア 学校の掲示を見て | 15 人 | （ 26.3 %） |
| イ 先生から | 24 人 | （ 42.1 %） |
| ウ 友人から | 1 人 | （ 1.8 %） |
| エ 両親から | 11 人 | （ 19.3 %） |
| オ 兄弟姉妹から | 1 人 | （ 1.8 %） |
| カ 新聞で | 0 人 | （ 0.0 %） |
| キ ラジオ・テレビで | 0 人 | （ 0.0 %） |
| ク 雑誌で | 0 人 | （ 0.0 %） |
| ケ 日本数学コンクールのホームページから | 4 人 | （ 7.0 %） |
| コ その他 | 1 人 | （ 1.8 %） |
| ○ 家に案内が届いたため。 | 1 人 | |



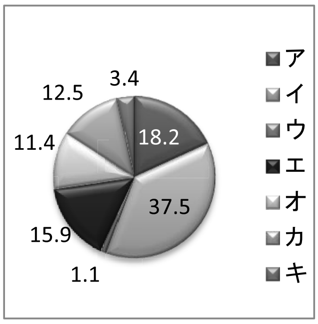

2．今回のコンクールを受けようと思ったきっかけは何ですか。

| | | |
|---|---|---|
| ア 数学が好きだから | 35 人 | （ 43.8 %） |
| イ 数学が好きになりたいと思ったから | 0 人 | （ 0.0 %） |
| ウ 数学が苦手だから | 4 人 | （ 5.0 %） |
| エ 以前参加して有意義だったから | 6 人 | （ 7.5 %） |
| オ 先生に勧められたから | 13 人 | （ 16.3 %） |
| カ 両親に勧められたから | 8 人 | （ 10.0 %） |
| キ 友人に誘われたから | 1 人 | （ 1.3 %） |
| ク 名古屋大学のキャンパスに関心があったから | 2 人 | （ 2.5 %） |
| ケ 何となく興味があったから | 5 人 | （ 6.3 %） |
| コ 参考書持参が自由だから | 1 人 | （ 1.3 %） |
| サ コンクールの雰囲気を味わいたいから | 2 人 | （ 2.5 %） |
| シ その他 | 3 人 | （ 3.8 %） |
| ○ 東京会場がなく、遠出ができるから。 | 1 人 | |
| ○ 昨年も受けたため。 | 1 人 | |
| ○ いとこに誘われたから。 | 1 人 | |



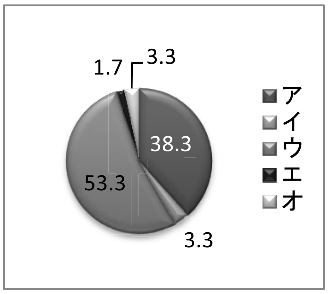

3．今回のコンクールの問題については，どのように感じましたか。

| | | |
|---|---|---|
| ア 問題が難しいと思った | 16 人 | （ 18.2 %） |
| イ 問題は難しいけれど楽しかった | 33 人 | （ 37.5 %） |
| ウ 問題が難しいと思わなかった | 1 人 | （ 1.1 %） |
| エ 学校での問題とは、かなり内容が違うと思った | 14 人 | （ 15.9 %） |
| オ 数学の学問的広さを感じた | 10 人 | （ 11.4 %） |
| カ 問題文の意味が分かりにくい | 11 人 | （ 12.5 %） |
| キ その他 | 3 人 | （ 3.4 %） |
| ○ 学校でもこのような問題はたまに出るが、もっと出してほしいと思った。 | 1 人 | |
| ○ 解けないものも多くあったが、勉強になった。 | 1 人 | |
| ○ やる気がなくなる問題があった。 | 1 人 | |




4．今回のコンクールに参加して，今後のことをどう思いますか。

| | | |
|---|---|---|
| ア 勉強の励みになると思う | 23 人 | （ 38.3 %） |
| イ 今後の進路を考える参考になると思った | 2 人 | （ 3.3 %） |
| ウ 数学に対するイメージがこれまでより広くなった | 32 人 | （ 53.3 %） |
| エ 数学に対するイメージがこれまでより悪くなった | 1 人 | （ 1.7 %） |
| オ その他 | 2 人 | （ 3.3 %） |
| ○ 大して変わらなかった。 | 1 人 | |
| ○ 数学には答えがあるかないかわからない。このことを頭のすみに置いてやっていきたい。 | 1 人 | |




5．数学以外の分野でも同じようなコンクールがあったらよいと思いますか。
あれば，それはどのような分野ですか。

5名 物理
5名 歴史
4名 化学
3名 科学
2名 英語
2名 理科

＊ その他（各1名ずつ）
地学、暗記科目、国語、近代日本史、日本語、パズル、生物、漢字、技術

6. 今までで何か数学に関する本で特に興味を持って読んだものがあったら書いてください。

3名 数の悪魔
3名 博士の愛した数式
2名 算法少女

＊ その他（各1名ずつ）
虚数の情緒、よりみちパン！セ、ゲーム理論、はじめまして数学、素数の音楽、学校では教えてくれない数学、数学ガール、四色問題、シンメトリーの地図帳、数学という学問

7. 名古屋大学では数学についての公開形式のセミナーを，「数理ウェーブ」という名で開催しています。講演者は主に名古屋大学の教員と院生で，話題は数学コンクールの問題に関連したものから素粒子論まで様々です。数理ウェーブの開催日は10月～1月と3月～6月の第4土曜日で,場所は名古屋大学理1号館509講義室，題目や要旨はインターネットで公開しています。（名大のホームページにリンクしています。）今年度開催された講演のテーマは次のとおりです。

| |
|---|
| 4月25日(土)「演算の集合と関係の集合」「数学は言葉か」 |
| 5月23日(土)「巨大数論の世界」「対称性と群」 |
| 6月27日(土)「数え切れないものと数えられないもの」「グラフ理論で考える：日本数学コンクールの問題から」 |

A 数理ウェーブが行われていることを知っていますか。

| | | |
|---|---|---|
| ①知っている | 11 人 | ( 20.0 %) |
| ②知らない | 41 人 | ( 74.5 %) |

B これから数理ウェーブに参加する希望はありますか。

| | | |
|---|---|---|
| ①ある | 9 人 | ( 16.4 %) |
| ②ない | 6 人 | ( 10.9 %) |
| ③わからない | 37 人 | ( 67.3 %) |

C これから数理ウェーブで行ってほしいテーマがあったら書いてください。

○ 数学の歴史
○ 今回の数学コンクールの問題の解き方
○ 巨大数(スキューズ数、グラハム数、ふぃっしゅ数)
○ 身近な数学について、単位について
○ 数字パズル(ジグゾーパズルではなく、ナンバープレーズなど)

8. その他，感想があれば何でも結構ですから書いてください。

○ あまり解くことができなかったけど、楽しかった。

○ 名古屋は遠かった。

○ このような大会がもっと増えてくれればよいと思った。

○ 自分の字が汚いことを改めて実感した。(ごめんなさい)

○ 冷房とは寒いもの。上着を持ってきてよかった。

○ 新幹線でずっと立っていたせいか、とても足が痛い。

○ 試験官の方々がトゲトゲせず、あたたかかった。感謝しております。数学を愛していらっしゃるのだなと感じさせられました。

○ さっぱり分からないものもあったが、解けそうなもの、解けなかったもの、どれも考えて考えて、答えが出たときは嬉しかった。

○ 想像よりも難しく、ハイレベルでしたが、様々な考え方をすることができて非常に有意義な時間となりました。もっと数学を学びたいです。

○ 問題2が、問題を理解すらできず、くやしかった。

○ 個人戦も1つ出すだけにしてほしい。時間がない。

○ 5時間半あるけど短い。

○ 5のイヤホンの絡まりの問題は、私が普段から考えていることだったので、とても楽しく取り組めた。

○ とてもおもしろかったです。数学はこんなにもおもしろかったんだと知れる良い機会になりました。参加してよかったです。

○ とっても難しい問題だったけど、また参加してみたいと思った。

○ 問題はとても難しかったが、とてもやりごたえのある問題だった。しかし、文章がわかりにくい所があったので、もう少しわかりやすくしてほしい。

○ 問題文の意味が分からなかったです。なので、問題がとけませんでした。学校で習うものとちがったので数学のイメージが少し悪くなってしまいました。

○ 私てきには問題は難しいものもあったと思ったけど、今まで解いたことのない問題だったので、いろいろなことが考えることができたので、とてもいいイベントだなと思いました。今後、役に立てるといいです。

○ 難しかったです。

○ 3年間受けてきて、一番難しかった。

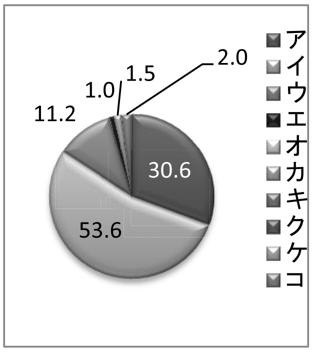
○ また時間があったら問題を解いてみたい。

# 日本ジュニア数学コンクール【団体戦】

アンケート総数　173

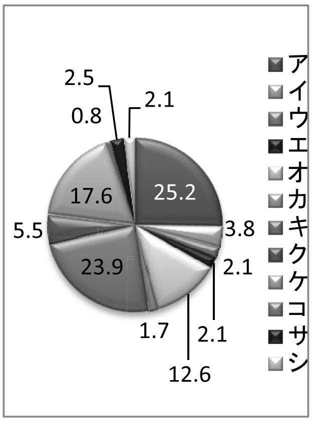
1．今回のコンクールの開催については，どのようにして知りましたか。

| | | | |
|---|---|---|---|
| ア | 学校の掲示を見て | 60 人 | ( 30.6 %) |
| イ | 先生から | 105 人 | ( 53.6 %) |
| ウ | 友人から | 22 人 | ( 11.2 %) |
| エ | 両親から | 2 人 | ( 1.0 %) |
| オ | 兄弟姉妹から | 0 人 | ( 0.0 %) |
| カ | 新聞で | 0 人 | ( 0.0 %) |
| キ | ラジオ・テレビで | 0 人 | ( 0.0 %) |
| ク | 雑誌で | 0 人 | ( 0.0 %) |
| ケ | 日本数学コンクールのホームページから | 3 人 | ( 1.5 %) |
| コ | その他 | 4 人 | ( 2.0 %) |
| | ○ 部活 | 2 人 | |
| | ○ 昨年参加したので案内がきた。 | 2 人 | |



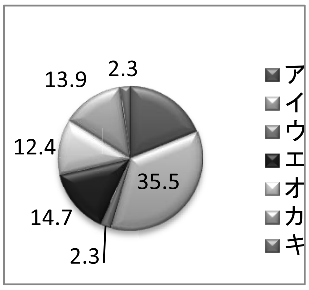

2．今回のコンクールを受けようと思ったきっかけは何ですか。

| | | | |
|---|---|---|---|
| ア | 数学が好きだから | 60 人 | ( 25.2 %) |
| イ | 数学が好きになりたいと思ったから | 9 人 | ( 3.8 %) |
| ウ | 数学が苦手だから | 5 人 | ( 2.1 %) |
| エ | 以前参加して有意義だったから | 5 人 | ( 2.1 %) |
| オ | 先生に勧められたから | 30 人 | ( 12.6 %) |
| カ | 両親に勧められたから | 4 人 | ( 1.7 %) |
| キ | 友人に誘われたから | 57 人 | ( 23.9 %) |
| ク | 名古屋大学のキャンパスに関心があったから | 13 人 | ( 5.5 %) |
| ケ | 何となく興味があったから | 42 人 | ( 17.6 %) |
| コ | 参考書持参が自由だから | 2 人 | ( 0.8 %) |
| サ | コンクールの雰囲気を味わいたいから | 6 人 | ( 2.5 %) |
| シ | その他 | 5 人 | ( 2.1 %) |
| | ○ 親に「経験しておいたほうがいい」と言われたから。 | 1 人 | |
| | ○ みんなで協力できるから。 | 1 人 | |
| | ○ 友達と行けるのが楽しそうだから。 | 1 人 | |
| | ○ 友達と一緒に行きたいと思ったから。 | 1 人 | |
| | ○ 楽しそうだと思ったから。 | 1 人 | |



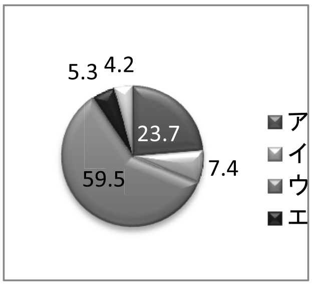

3．今回のコンクールの問題については，どのように感じましたか。

| | | | |
|---|---|---|---|
| ア | 問題が難しいと思った | 49 人 | ( 18.9 %) |
| イ | 問題は難しいけれど楽しかった | 92 人 | ( 35.5 %) |
| ウ | 問題が難しいと思わなかった | 6 人 | ( 2.3 %) |
| エ | 学校での問題とは、かなり内容が違うと思った | 38 人 | ( 14.7 %) |
| オ | 数学の学問的広さを感じた | 32 人 | ( 12.4 %) |
| カ | 問題文の意味が分かりにくい | 36 人 | ( 13.9 %) |
| キ | その他 | 6 人 | ( 2.3 %) |
| | ○ 実用性のある問題もあり、数学の必要性を感じた。 | 1 人 | |
| | ○ 少し難しかった。 | 1 人 | |
| | ○ 大人へ通じるものがあると思った。 | 1 人 | |
| | ○ 時間が足らなかった。 | 1 人 | |
| | ○ 数学ではないと思った。 | 1 人 | |
| | ○ 思っていたより簡単だった。 | 1 人 | |




4．今回のコンクールに参加して，今後のことをどう思いますか。

| | | | |
|---|---|---|---|
| ア | 勉強の励みになると思う | 45 人 | ( 23.7 %) |
| イ | 今後の進路を考える参考になると思った | 14 人 | ( 7.4 %) |
| ウ | 数学に対するイメージがこれまでより広くなった | 113 人 | ( 59.5 %) |
| エ | 数学に対するイメージがこれまでより悪くなった | 10 人 | ( 5.3 %) |
| オ | その他 | 8 人 | ( 4.2 %) |
| | ○ 図形分野をつくってほしい。 | 1 人 | |
| | ○ 自由な雰囲気がよかったため、期待。 | 1 人 | |
| | ○ 色々な面から見ることが必要だと思った。 | 1 人 | |



5. 数学以外の分野でも同じようなコンクールがあったらよいと思いますか。

23 名 化学
18 名 物理
14 名 歴史
10 名 理科
9 名 国語
9 名 科学
8 名 英語
7 名 地理
7 名 社会
3 名 図形
2 名 音楽
2 名 公民

＊ その他（各1名）
芸術

6. 今までで何か数学に関する本で特に興味を持って読んだものがあったら書いてください。

4 名 高校への数学
3 名 浜村渚の計算ノート
3 名 数の悪魔
2 名 博士の愛した数式
2 名 面白くて眠れなくなる数学
2 名 自由自在
2 名 フェルマーの最終定理
2 名 お任せ！数学屋さん
2 名 数学ガール
2 名 数学Ⅰ・A

＊ その他（各1名ずつ）
魔方陣についての本、数学の不思議や規則性についての本、数学Ⅱ・B 、やさしく教える数学、素数ゼミの謎、図鑑のようなもの(数の歴史など)、数学オリンピックへの挑戦、最高水準特進問題集、数学検定、Newton、相対性理論、ワンダーズ・オブ・ナンバーズ・数の不思議、THE BIG QUESTIONS Mathematics、超面白くて眠れなくなる数学、考える力が身につく！大人のクイズ、四色問題、つながる高校数学、数学を愛しすぎた人の本、数学オリンピック（過去問）、体系数学、4STEP、ブルーバックス、教科書、数学の定理、大学への数学、中学への算数、応用自在、特進クラスの算数、数学物理、算数オリンピックに挑戦、暗号解読、素数の音楽、なぜか惹かれる不思議な数学、数学の魔術師たち

7. 名古屋大学では数学についての公開形式のセミナーを，「数理ウェーブ」という名で開催しています。講演者は主に名古屋大学の教員と院生で，話題は数学コンクールの問題に関連したものから素粒子論まで様々です。数理ウェーブの開催日は10月～1月と3月～6月の第4土曜日で,場所は名古屋大学理1号館509講義室，題目や要旨はインターネットで公開しています。（名大のホームページにリンクしています。）今年度開催された講演のテーマは次のとおりです。

4月25日(土) 「演算の集合と関係の集合」「数学は言葉か」
5月23日(土) 「巨大数論の世界」「対称性と群」
6月27日(土) 「数え切れないものと数えられないもの」「グラフ理論で考える：日本数学コンクールの問題から」

A 数理ウェーブが行われていることを知っていますか。

| | | |
|---|---|---|
| ①知っている | 13 人 | ( 7.5 %) |
| ②知らない | 158 人 | ( 91.3 %) |

B これから数理ウェーブに参加する希望はありますか。

| | | |
|---|---|---|
| ①ある | 16 人 | ( 9.2 %) |
| ②ない | 37 人 | ( 21.4 %) |
| ③わからない | 115 人 | ( 66.5 %) |

C これから数理ウェーブで行ってほしいテーマがあったら書いてください。

4 名 素数
2 名 相対性理論
2 名 計算

＊ その他（各1名ずつ）
○ 数学の不思議
○ メラニン種アルビノ種
○ エントロピー
○ 1+1はなぜ2なのか
○ 数学の活用法
○ 規則性
○ 数学のおもしろさ
○ マイナスとマイナスをかけるとどうしてプラスになる？
○ 文章問題
○ 数学を好きと思うには
○ 整数
○ ビッグバンについて(無から何故生まれるのか)
○ 数学とは
○ 宇宙

8．その他，感想があれば何でも結構ですから書いてください。

- 班のみんなと色々話し合って協力できて、たくさんの考えが生まれたので楽しかったし、おもしろかったです。
- 私は、数学コンクールを受けるのは今回が初めてで、過去問を解いてみたとき、「なんて難しいんだ！」と驚かされました。でも、本番、グループで協力して何問か解くことができ、とても楽しかったです。数学を更に好きになれてよかったです！
- 少々時間が長いと感じた。5時間半もモチベーションが持たない。
- どれだけ考えても分からない問題があったので、いつか解いてみたい。楽しかった。
- いつも学校ではしないような問題がとけておもしろかった。また機会があれば行きたい。
- 長時間かけて1つの問題に取り組めたので、以前より図形分野をゆっくり考えることができた。
- 問題自体は難しかったけど、みんなで考えて一つの答えを導き出したのは楽しかったし、自分もみんなと一緒にがんばることができました。ありがとうございました。
- みんなと協力をして、難しい数学の問題を解くことができました。
- 問題は難しかったけど、team mate と協力し楽しく数学ができました。一生の思い出です。
- つかれた
- 外が暑いです。
- 予想通りむずかしかった！
- とても難しい問題だった。数学とは思えないようなものだった。
- 団体戦の空気や、食事と参考書持込OKがよかったです。
- とても楽しかった。長時間かけ1つの問題を解くことにやりがいを感じられた。
- 難しく、答えを導き出すことができないことが多かったけど、チームで話し合って考えた時間は、個人戦とは違った緊張感が味わえて楽しかったです。
- 問題選びをはやくに行わなかったため、満足できるところまで解くことができなかった。
- どの問題も奥が深かったです。
- 問題用紙の中の「問3」のような文章ばかりだと分かりにくいけど、その他のように、グラフで説明されてあったりすると、とても分かりやすい。
- ほとんど他の子が解いてくれました。もっと勉強しないといけないなと思いました。難しい問題をつくることができるなんて、本当にすごいなと思いました。
- 数学の楽しさを知ることができた。協力してできたと思う。
- 数学コンクールをやって、とても数学に興味をもちました。
- おもしろかった。
- また参加したいです。
- サービスがよく、最適な環境でできて、解くのに困ったことはなかった。
- 数学はしているとだんだんと引きこまれていくような教科だから、もっとこのような問題を解いていき、数学についての理解を深めて楽しめるようになりたいです。
- 問題は、とても難しくて大変だったけど、友達と参加できてよかった。
- 今回初めて数学コンクールに参加して、様々なことが数学的に証明できることを改めて知れて感動しました。問題はとてもややこしく難しかったですが、ひらめいた瞬間はとても爽快感があり気持ち良かったです。やめたくなる時もありましたが、最後まで行えて良かったと思います。
- 思っていたより難しくて大変でした。
- 最後まで解けず悔しくて、また考えてみたいと思った。
- 悔しかった。
- ラストが難しかった。
- 問題で考える時に、モールをつかって考えられたので、楽しかった。
- 難しい問題だったけど、楽しく解けたので良かったです。
- 難しかったが、みんなと考えて解くのは楽しかった。
- とても面白くて楽しかった。
- 今年、僕は受けるのは初めてですが、仲間と協力し合い、問題を解き、数学の楽しさを味わえた。
- 同じ参加者がふざけたのは何とも残念だが、資料・機械を使い相談し、一つの物事を処理する技術は、情報社会の今でこそ養わなければならない技術であり、またそれと同時に数理に関する好奇心がくすぐられるのは素晴らしいです。全員が一つの机に群がるような形でできるとより良いと思います。これまでのコンクールで最も楽しかったです。来年も作ってくれることを願います。ありがとうございました。
- 数学にもこんな見方があることが分かった。
- かなり難しかったけど、数学の奥深さを感じた。
- 2時過ぎたあたりから集中力がなくなって大変だったけれど、楽しかったです。
- 5時間半の間、集中力を保つのは難しいが、問題が難しいため、解けてくると集中して解こうという気持ちになり、数学コンクール自体も含め、とてもおもしろくていい体験になったと思います。
- 普段は解くことのない問題を時間をかけて解くことができ、普段と違う感じでした。
- 難しかったです。普段と違う感じでした。
- 問題の意味が分かりにくかったり、難しかったりしたけど、楽しかったからよかったなと思います。また機会があれば参加できるといいなと思います。
- 身近なことでも数学を考えることができるのだなと思った。

○ 楽しかった！また挑戦したい！

○ 身近なところにも数学があふれていて、楽しかったです。

○ 団体戦で行うことによって1人では解けなかった問題も楽しく解くことができた。新鮮な問題に出会うことができ、楽しかった。

○ とても難しい問題ばかりで心が折れた。

○ グループで取り組めたことが、自分では解けない問題も解けてよかった。すごく楽しめたので、また機会があれば参加したい！

○ これから情報整理などのことをしていくことが必要だとコンクールで感じた。

○ 問題はすごく難しかったです。ですが、団体戦ということで、みんなで話し合ってやることで、数学を楽しく解くことができました。すごく快適で、自由に相談することができたので良かったです。

○ すごく自由な感じで楽しかった。(でも、自由すぎてすごくウルサイ人がいた。)キレイだし快適だった。ジュースとかがうれしかった。

○ 思っていたよりも難しかった。頭ではなんとなく理解できても、文字で書こうとすると、なかなかまとめることができなかった。数学は計算以外にもたくさんあるんだなと思いました。

○ 前回に比べて結構できた。

○ 問題は難しかったけれど、協力してできたので、良い経験になりました。

○ 5問すべてを解答する方式の方が、時間を有効的に利用できてよいと思う。これからも参加したいと思うようなおもしろい問題だった。

○ こういった自由な環境で、学校では取り組めない数学の本質にねざしたような問題を解いたことで、より数学に興味を持てた。

○ すごくむずかしかったです。

○ もっと自由行動をとりかたった。

○ とても難しかったけれど、解きがいがあり、楽しかった。

○ 今年は、去年参加しもっと数学にやる気ができて、今回は団体だったので上位が取れたらうれしいです。とっても楽しかった。

○ みんなとひとつの問題を考えるのはとても楽しかった。

○ 今までは数学への関心がうすかった。しかし、このコンクールを通じて、数学への関心が深まった。

○ 難しかった。

○ ぱっと見簡単そうに見えるが、やってみるとむずかしい問題があった。

○ 幾何問題を増やしてほしい。

○ コンクールの雰囲気が味わえ、難しかったが楽しかった。

○ 全くわからないというよりも、頑張れば解けそう！と思いながら取り組めたのがよかった。1人ではできなかったと思うけど、メンバーと協力したことで問題が解けた気がして良かった。

○ 文章力が数学には必要かなと思った。

○ 団体で解くのが楽しかった。

○ 団体で解くと、自分では知りえなかったことや分からなかったこと、ひらめきなど知れて、とても勉強になるし、楽しかった。

○ 団体戦が楽しかった。いろいろな考えを知れて、有意義な時間をすごした。

○ 公式が大切ということが分かった。

○ いろんな公式を勉強しようと思った。

○ 公式を導き出すのが困難だった。もっと数学の事を深く知りたい。

○ 公式は、2.3問だけでは分からない、見つけにくいものもあることを知った。

○ 次はもっとがんばります。

○ とても楽しかった。

○ とても難しい問題だったが、とてもおもしろかった。あと、チームで協力して解けた。

○ むずかしかったが、友達といろいろな考えを出して解けたのでよかった。

○ すごくむずかしくて、数学はこういうものなんだなと感じました。でも4人で良いチームプレーで、いっぱい悩んだけどすごく楽しく出来ました。

○ 1チーム1部屋ずつの部屋をもうけてほしい。でもすごく楽しめました！

○ 有意義な時間が過ごせました。

○ みんなで相談できるのがよかったです。また参加したいです。

○ みんなで協力できてよかった。

○ 来年もまた来たい。

○ おもしろかった。

○ 難しい問題だったけど、友達と楽しみながらできたのでよかった。

○ 以前よりも、数学に興味を持てるようになりました。

○ 団体だったこともあり、友達に相談したりして、楽しく問題にとりくめた。また、思ったよりも問題のクオリティが高くおどろいた。

# 日本数学コンクール実行委員会委員名簿

学内委員
宇澤　達（名古屋大学多元数理科学研究科　教授）
林　正人（名古屋大学多元数理科学研究科　教授）
伊師英之（名古屋大学多元数理科学研究科　准教授）
横川大輔（名古屋大学理学研究科　特任准教授）
佐藤潤也（名古屋大学情報科学研究科　准教授）
花薗　誠（名古屋大学経済学研究科　准教授）
田地宏一（名古屋大学工学研究科　准教授）
柴田好章（名古屋大学教育発達科学研究科　准教授）
渡辺武志（名古屋大学教育学部附属高等学校　教諭）
大羽　徹（名古屋大学教育学部附属高等学校　教諭）

学外委員
鈴木紀明（名城大学理工学部　教授）
松川和彦（元愛知江南短期大学　元工学部総務課長）
高田宗樹（福井大学工学研究科　准教授）
丹羽一雄（名古屋経済大学市邨高等学校　講師）
服部展之（愛知県立明和高等学校　教諭）
野村昌人（愛知県立旭丘高等学校　教諭）
児玉靖宏（愛知県立一宮商業高等学校　教諭）
村田英康（愛知県立高蔵寺高等学校　教諭）
小島洋平（愛知県立幸田高等学校　教諭）
服部保孝（大同大学大同高等学校　校長）
渡辺喜長（愛知県立瑞陵高等学校　教諭）
青木勝人（愛知県立瑞陵高等学校　教諭）
高原文規（愛知県立千種高等学校　教諭）
樋口英次（愛知淑徳高等学校　教諭）
矢野秀樹（愛知県立東海商業高等学校　教諭）
山内真澄美（愛知県立豊明高等学校　教諭）
伊藤慎吾（愛知県立鳴海高等学校　教諭）
小島彰二（愛知県立名古屋聾学校　教諭）
土岐慎一（岐阜県立多治見北高等学校　講師）
奥田真吾（三重県立津西高等学校　講師）
岩本隆宏（三重県立伊勢高等学校　教頭）
堀川　浩（鈴鹿中学校・高等学校　教諭）
田所秀明（元三重県立伊勢高等学校　教諭）
小倉一輝（三重県立上野高等学校　講師）
深川　久（雲雀丘学園中学校・高等学校　教諭）
市川　敏（椙山女学園高等学校　教諭）
大須賀裕貴（愛知県立時習館高等学校　教諭）
青木健一郎（愛知県立刈谷高等学校　教諭）
田邉　篤（三重県立津高等学校　教諭）
岡﨑建太（京都大学数理解析研究所　研究員）

# 日本数学コンクール委員会委員名簿

| | | |
|---|---|---|
| 委員長 | 國　枝　秀　世 | （理事・副総長） |
| 委　員 | 菅　野　浩　明 | （多元数理科学研究科長） |
| | 黒　田　達　朗 | （情報文化学部長） |
| | 根　本　二　郎 | （経済学研究科長） |
| | 松　本　邦　弘 | （理学研究科長） |
| | 新　美　智　秀 | （工学研究科長） |
| | 安　田　孝　美 | （情報科学研究科長） |
| | 竹　下　典　行 | （理事・事務局長） |
| | 塩　原　耕　次 | （研究協力部長） |
| | 宇　澤　　　達 | （多元数理科学研究科 教授） |

# 主　催

名　古　屋　大　学
日本数学コンクール委員会
名古屋市千種区不老町

# 後　援

| | |
|---|---|
| 愛 知 県 教 育 委 員 会 | 岐 阜 県 教 育 委 員 会 |
| 三 重 県 教 育 委 員 会 | 名 古 屋 市 教 育 委 員 会 |
| 大 阪 市 教 育 委 員 会 | 愛知県高等学校数学研究会 |
| 和歌山県橋本市教育委員会 | 三重県高等学校数学教育研究会 |
| 岐阜県高等学校数学教育研究会 | 中　日　新　聞　社 |
| 大阪高等学校数学教育会 | 東海テレビ放送株式会社 |
| テ レ ビ 愛 知 株 式 会 社 | |

## ■■■ 編　集　後　記 ■■■

今年の数学コンクールには、団体戦の導入という大きな変化がありました。数学コンクールとしては全く新しい試みで、実施の形式などの基本的なことから手探りの議論を積み重ねて当日に臨んだのですが、ふたを開けてみると大成功でした。団体戦の内容や位置づけは、これまでの日本数学コンクールのあり方と調和した形に落ち着きましたし、一方でこれまでにない様々なタイプの生徒が団体戦として参加してくれたことが何よりの成果です。とくにジュニアの会場では、和気あいあいの遠足のような雰囲気で、楽しそうに難問に取り組んでいた様子が印象的でした。

近年は夏休みに理数系のサマースクールやコンクールが多数開催されるようになり、その中で日本数学コンクールをいかに中高生にアピールするかということが大きな課題となっていましたが、団体戦はそれに対する一つの突破口になったといえます。その意味で、今後とも個人戦・団体戦のそれぞれで楽しめる問題をつくることが重要です。