

日本の理数科教育をサポートする

Rimse

Research Institute for Mathematics and Science Education

No. **18**
FEBRUARY
2017



特集 |||

算数・数学の自由研究 作品コンクール

塩野直道記念 第4回

「算数・数学の自由研究」作品コンクール

受賞作品の発表

Rimse (財)理数教育研究所

Contents

表紙裏

巻頭言

知識の格好良さ ～優秀な研究者を育む環境について～
数学者・大道芸人 Peter Frankl

特集 塩野直道記念「算数・数学の自由研究」作品コンクール

- 2 神様に愛されるということ
学校法人 目白学園理事長 尾崎 春樹
- 4 九州地区の作品審査に関わって
福岡教育大学 学長・「算数・数学の自由研究」作品コンクール審査委員
櫻井 孝俊
- 6 子供が考えることの楽しさを実感できる場を広げよう！
文教大学 准教授・「算数・数学の自由研究」作品コンクール審査委員
永田 潤一郎

8 塩野直道記念

第4回「算数・数学の自由研究」作品コンクール 受賞作品の発表

- 9 受賞者一覧
- 14 審査を終えて ―中央審査委員からのメッセージ―
- 16 表彰の集い
- 17 最優秀賞・優秀賞 ―受賞作品の紹介と講評―

27 連載 数学と音楽の織りなす世界 第7回

育て！ 音楽的な数学教育&数理女子
ジャズピアニスト・作曲家 中島 さち子

30 連載 サイエンス・フィクション？ 第7回

過渡期の混乱
東北大学高度教養教育・学生支援機構 准教授 山内 保典

33 連載 ヒトの生物学を教えよう 第7回

高校で脳科学は教えられているか？
東京都立国立高等学校 主任教諭 大野 智久

36 広場 地域教育で活躍する人々 第17回

北翔大学「おもしろ算数教室」
地域の子供たちとの学び合い
北翔大学 教育文化学部 准教授 三浦 公裕

裏表紙

科学史の散歩道 第18回

酵母で「オートファジー」の「謎」を解明
～若者たちに基礎研究の大切さを語る大隅良典～
大阪教育大学 名誉教授 鈴木 善次

巻頭言

Kantougen



数学者・大道芸人

Peter Frankl / ピーター・フランクル

1953年ハンガリーに生まれる。1971年国際数学オリンピック金メダル受賞。1977年博士号取得。1979年フランスに亡命。1988年から日本在住。ハンガリー学士院メンバー。一般財団法人算数オリンピック委員会専務理事。日本ジャグリング協会名誉理事。語学にも長けており、12か国語を操る。その才能を活かし、100か国以上を訪問している。現在は人生を楽しむコツなどをより多くの日本人に伝えたい、と講演活動に力を入れている。今までに書いた数学の論文は300編以上に及ぶ。

著書に『ピーター流生き方のすすめ』（岩波ジュニア新書）、『超数脳トレーニング』（WAVE出版）などがある。日本テレビ「世界一受けたい授業」など、出演番組多数。

知識の格好良さ

～優秀な研究者を育む環境について～

2016年のノーベル生理学・医学賞を受賞した大隅良典先生のお名前を、半年前に知っていた日本人はどの程度いたのだろうか？何を隠そう僕も知らなかった。いったん受賞の吉報が流れると受賞者は各種マスコミで大きく紹介され、さまざまな団体から招待される。日本人にとって大きな誇りであり、また若い研究者に新しい目標を与えるのでそれは当然だろう。

僕が特に注目したのは、大隅先生が自民党本部で行った講演である。「大学の研究環境が劣化している。日本の大学が空洞化するのではないかと心配している」と明言した。非常に優秀な若手研究者でもなかなか大学の定職に就けない現状を政治家に訴えた。

最近では毎年のように日本人のノーベル賞受賞者がいる。とてもうれしいことだ。大隅先生は71歳で彼らの中で平均的で、受賞の対象になった研究が数十年程前のものなのは普通である。だから基礎科学研究の現状からすると、30年後も日本人受賞者がいるかどうかはかなり微妙だ。

初来日した30年前にも既に、日本政府が基礎科学研究に出している予算の少なさに驚いた。ただしバブルが崩壊してからもしばらく日本の輸出企業は極めて元気で、研究にもたくさん資金を使った。また全国で多くの新しい大学やキャンパスが開かれ、研究者や教員としての就職先は今よりずっと豊富にあった。しかし近年は状況が悪化した。例えば、国公立大学の独立行政法人化に伴って、ごく一部を除いて以前は基礎科学研究を引っ張ってきたこれらの大学の予算は削られ、新しい教員・研究者を雇うのは難しくなり、現職の先生方の負担は増えるばかりである。

地方の国立大学教授である友達も年々忙しくなり、研究できるのは週末と夏休みだけだと言っている。そう言えば日本に来てすごく驚いたのは、夏休みのあり方である。ヨーロッパだと、一般労働者でも1か月程度の夏期休暇(バカンス)は普通である。学校の教員はそれよりずっと長い。例としてEUの経済エンジン、ドイツを挙げよう。小・中学校や高校の教員の有給休暇は年に13週間にも及んでいる。学校には丸々6週間の夏休みがある。その間は学校の門に大きな

南京錠がかかり、先生も生徒も入れなくなる。彼らの多くは、長い休みを国内外の長旅に利用している。2週間ずつの秋、冬や春休みも同様である。

ではスポーツ活動はどうなると、日本人は聞きたくなるだろう。体育の時間はドイツでもあるけれど、スポーツ活動は学校外で自主的に行われている。給食もなく、午後2時頃に生徒も先生も帰宅できる。だからスポーツ活動をやりたい人にはそのための時間が十分ある。日本とは対照的である。

何年前にもらった高校教諭である友人からのメールを思い出す。「自分が顧問をしているチームが予選落ちしたことを喜んではいけませんが、これでやっと例の数学の問題にじっくり取り組む時間ができた」とあった。ハンガリーで勤務医だった僕の両親は忙しくて、夏休みも3週間程度と短かった。それを見た幼い僕は、長い夏休みを自由に過ごせる大学の先生になろうと思った。似た思いで学校の先生になる人は多かった。

一方の日本。学校の先生はとても忙しくて、待遇もあまりいいとは思わない。予算全体に占める教育費の割合はドイツより低く、先進国の中でもかなり低いらしい。どの程度必要性があるのかわからない道路やリニア新幹線を作るお金があるなら、将来のノーベル賞学者を育てる道にもっと投資して欲しい！

最後に、世界をリードする学者を多数育てるための条件の一つとして、“知識の格好良さ”を挙げたい。19世紀のハンガリーの詩人がぐうたらな貴族を揶揄した詩の一節に「学問に生きるべきか？ いや、学者は皆貧乏だ」とある。現代社会でも学者の収入は決して高いと言えない。それでも優秀な若者にこの道を選んでもらうために、人類の未来を支えるこの職種を謳歌することは必須である。テレビなどのマスメディアで有望な学者たちの研究への思いや仕事ぶりを頻繁に紹介し、せめていわゆる進学校で運動部同等に科学部を設けるべきである。そうすれば物理や化学の教員はやりがいを感じるはず。また、知識が運動能力(スポーツ)並みに評価される社会になれば、教員を目指す優秀な若者の急増も期待できる。日本の現状からは夢のまた夢だろうか。❖

神様に愛されるということ

学校法人 目白学園理事長

尾崎 春樹 / おざき はるき

1982年に文部省入省後、児童生徒課長、厚生労働省保育課長、文部科学省財務課長、官房政策課長、スポーツ局担当審議官、初等中等教育担当審議官、国立教育政策研究所長などを経て2014年文部科学省退職。2011年から2015年まで東京大学教育学部で教育法を講義。2015年から学校法人目白学園理事長。著書に『教育法講義』（悠光堂、2013年）ほか。



寄稿に当たり、過去の受賞作品のいくつかに目を通してみた。すると、その作品から、自分が昔小・中学生だった頃に経験した、ある「気配」を感じたのである。

1 科学の神様に愛された瞬間

思い出の一つは、小3の頃だったか？ 父兄参観日の算数の時間だった。教室の後ろに父母がずらっと並ぶ中、ある文章題で「ほかの解き方をした人はいますか？」と先生から問われ、「はい！」と手を挙げて発表したら、先生が驚いたようすで「あなた、それ自分で考えたの？」と突然聞いた。僕は戸惑ってしまって、「はい」と答える前に、教室の後ろに立っている母のほうを思わず振り向いてしまった。自分が振り向いたことを少し悔やみながらも、「僕はきっと素敵な解き方をしたのだろう」と、とてもうれしい気持ちになった。当時、算数は、学校でも家でもドリルが多くて楽しい時間ではなかったから、これはテストで百点を取るよりずっとうれしい出来事だった。以来、算数の文章題で、「ほかにもどんな解き方があるのだろう？」と考えることが楽しくなった。

今思えば、あの一瞬「算数の神様」が、もっと広く言えば「科学の神様」が、僕に微笑んで「自由な発想」の楽しさを教えてくれたのだと思う。

もう一つの思い出は、中2だったか？ 夏休みに、テーマを決めて自由研究をやるのが理科の課題だった。

ボルタの電池の応用で、金属の種類をいろいろ変えて、どういう起電力になるのかを試してみようと思い立ち、先生に

相談したら、科学部の連中と一緒に実験させてもらえることになった。10種類以上の金属の組み合わせを試したと思うが、あの金属板は、学校の備品のはずだ。それを先生は何も言わずに、何日間か使いたいだけ使わせてくれ、おまけにアドバイスもくれた。目を離せなかったからかもしれないが、夏休み中ずっと見守ってくれた。ほかにも先生は、思い出せないくらいたくさんの実験をやってみせてくれた。理科の受験勉強はつまらなかったけれど、こういった実験はとても楽しかった。

おかげで、すっかり理科好きになってしまい、古本屋で高校の化学の参考書を買って、中学レベルを超える熱化学方程式の勉強なども、好きでやるようになった。

そういう過程で、世の中には自分の気づかないところでいろんな原理・法則が働いていることに気づかされた。これも、科学の神様が僕に微笑んでくれた瞬間だろう。

考えてみると、科学の神様は、いつでも僕らの前に現れるわけではない。それは、僕らが、何か不思議な現象の理由を解明しようと没頭しているときとか、本の中に出てきたり、身のまわりで起きている出来事の背後にある法則を発見しようと熱中しているときに突然現れる。

僕が、コンクールの受賞作品を読んだときに感じた「気配」は、彼らの前に科学の神様が現れたときに感じたものだったのだろう。

例えば、第1回コンクールで塩野直道賞 小学校低学年の部を取った小3の小笠原愛さんの「3分時計を作ろう」では、ペットボトルで3分時計を作れるよう、砂の落ちる穴の大

きを小さく調整しようとして、比例の考え方を応用して砂の重さを割り出している。あの瞬間、間違いなく算数の神様は彼女に微笑んでいる。

また、塩野直道賞 中学の部で受賞した村田一真君の「メロスの全力を検証」では、小説の記述を頼りにメロスの実際の走りを追体験していき、メロスが全力走に程遠いことを突き止める。『『走れメロス』よりは『走れよメロス』のほうが合っている』の結論には大笑いしたが、この瞬間も数学の神様が村田君に微笑んだときだろう。

同様のことは、第2回の塩野直道賞 中学校の部受賞作品、安藤一真君の「黒田官兵衛の水攻めを徹底検証！」にも言える。

歴史の記録を数学的に分析することが、歴史学の新しい頁をめくことはよくある。織田信長が本能寺の変で明智光秀に討たれた直後、豊臣秀吉が中国地方の毛利攻めから大急ぎで引き返した「中国大返し」の歴史考証でも、村田君や安藤君の発想と同様の数学が大いに活躍している。

そうしてみると、この「算数・数学の自由研究」作品コンクールの意義はきわめて大きい。応募した児童・生徒の皆さんに科学の神様が微笑んでくれるチャンスを作ってくれたことになるのだから。

これをきっかけに、もしかしたら彼らの人生が変わるかもしれない。このコンクールの受賞が、彼らが将来、人類の科学の進歩に大きな貢献をする一步になるかもしれないのである。

そして、この応募をサポートしてくださっているであろう先生方に申し上げたい。先生方の力は偉大です。僕はそれを身をもって体験した。先生方の熱心な支援が、ときには意図せざる一言が子供を勇気づけ、人生を変えることもあるのです。

2 その後の人生 — 科学の神様は縁遠くなったか？

何回か、科学の神様と触れ合いながら、僕自身は、大学で法学部に進学し、その後行政の道を歩み、いわゆる文科系人間として生きてきた。

こういう進路を決断した理由の一つは、高校時代の何人かの友人にある。朝講習の後、大学レベルの数学の難問に一緒

にチャレンジしたときに、彼らの意表をつく解法に何度も感心させられた。テストの得点はむしろこっちが上なのに、「あ、数学の神様は僕のほうには向いてないな」と感じさせられたものである。

また、文系への進路決断後のことだが、一緒に大学入試を受けた友人と、試験の後、文系理系共通問題の答え合わせをして、彼の予想外の解き方に鳥肌が立ったのを今でも覚えている。彼は、その後、東大の数学科を出て大学の数学の教師になった。

思えば、その頃の僕は、数学のさまざまな問題の解法パターンを数限りなくマスターすることに全力を挙げていたような気がする。そこには、新しい発見のわくわく感も自由な発想も欠けていたようだ。どうりで「理系に進むべきか？」と思い悩む程度の数学の成績をあげていたにもかかわらず、数学があまり楽しくなかったはずだ。

結局、僕は真理を探究したり、法則を発見することを目指す人生を選ばず、これまでの学びで身に付けてきた「合理的な思考」とか「科学的な発想」を応用して社会事象を分析し、世の中の仕組みを少しでも改善する役割を果たす、行政の道に人生の舵を切った。

しかし、「科学の神様は僕と縁を切ったのか？」と言えば、決してそうではないようだ。

僕も「メロスの全力を検証」の村田君のように、古地図を見ながら、時代小説の中に出てくる花魁（おいらん）道中が、あの重い高下駄を履いて可能なのか検証したことがある。また学生時代に、後に奥さんになる人と荒川の花火を見に行ったとき、花火の光と音との秒差から距離を推定し、三角比から花火の打ち上げ場所との距離がおよそどのくらいかを得意げにしゃべって、彼女からあきられたのも思い出だ。

こうしてみると、初級数学レベルではあるが、身近な現象に数学的な分析を思わず試みている自分がいることに気づく。そして、何より、行政マンとして、課題を分析し整理して、合理的なマネジメントを模索するとき、昔、算数や数学を学ぶ過程で身に付けたものが大いに活かされてきたように思う。

「数学の専門家になるわけでもないのに、数学の勉強が必要なのか？」という疑問に対して、僕は、以上のような経験を答えとして返すことにしている。



九州地区の作品審査に関わって

福岡教育大学学長・「算数・数学の自由研究」作品コンクール審査委員

櫻井 孝俊 / さくらいたかし

1951年福岡県生まれ。広島大学大学院理学研究科博士課程前期数学専攻修了（理学修士）。専門分野は数学（リー群の表現論、力学系、幾何学教育）。1999年福岡教育大学教授、2012年から2016年まで福岡教育大学理事・副学長（教育・研究・附属学校担当）。2016年4月から現職。



1 4年間の審査を振り返って

児童・生徒が日常生活や学校での学習などから興味を持った事象を、算数・数学的な見方・考え方を活用して主体的に探究していく姿勢を培うために、2013年度から塩野直道記念「算数・数学の自由研究」作品コンクールが、一般財団法人理数教育研究所主催で始まり、今年で4年目を迎えました。

私は、第1回から九州地区応募作品の審査のお手伝いをしてきました。第1回の応募件数は、全国で9,132件、九州で1,759件でした。予想を超える応募件数に審査委員一同うれしい悲鳴をあげながら審査をしました。

第2回では、全国で11,287件、九州で3,079件となり、第3回は、全国で15,329件、九州で6,005件、そして第4回は、全国で15,411件、九州で4,635件にもなりました。九州地区でも、この「算数・数学の自由研究」が根付きつつあります。この4年間で応募作品の質の向上も見られ、審査にたいへん時間がかかるようになりました。これは塩野直道賞をはじめとする、各入賞作品を全国へ公表してきたことと、各応募作品に付されたコメントにあると思います。どのような研究対象を選べばよいのか、その内容をどのように分析し、数理を見だし、まとめればよいのか具体的に示されていることが参考になったからではないでしょうか。

なお、審査に当たっては、次のような点を重視しています。日常生活や社会で感じた疑問、あるいは算数・数学の学びを発展させた数理的課題から、研究したいテーマを見つけているか。算数・数学的な見方・考え方を活用して創意ある研究を行っているか。研究で気づいたことやわかったこと、自らの解決方法などを、レポートにわかりやすくまとめているか。

特に結論を得るために用いた算数・数学の概念が何であるかを明示しておくことはとても大切なことです。例えば、「比の考えを用いて、…」や「合同な三角形の性質を用いて、…」などです。また、入賞作品のアイディアに大きな影響を受けたと思われる自由研究が次年度以降に数多く寄せられるようにもなりました。このような作品は残念ながら新鮮味に乏しくなり、なかなか高評価を得ることはできません。さらなるひと工夫が必要でしょう。

2 自由研究テーマの選定が鍵をにぎる

作品を作るに当たって、テーマを何にするのかが一番の難関でしょう。自分自身だけでなく、みんなの興味・関心を引くようなテーマはどのようにすれば見つかるのでしょうか。

テーマの内容については、既に述べたとおりですが、日常生活や社会で感じた疑問だけでなく、算数・数学の学びを発展させて新たな数理的課題を探究する中で、気づいたことやわかったこと、自らの解決の方法などもその対象になります。このことについて、少しばかり私からのヒントを述べてみましょう。

既に学んだことで、十分に理解していると思われることでも、もう一度違う視点から振り返って、「本当だろうか」、「なぜだろう」と自らに問うてみるのです。人間の直感は間違いだらけであることを、数学のみならず科学の歴史が見事に示しています。このように、まず「問い」そのものを発見することが大切です。そして、多くの場合、その問いには「答え」が前もって準備されているわけではありません。したがって、同じ問いに対しても、チャレンジする人によって、結論が違っ

てくるのです。

例えば、三角形の面積の公式「底辺×高さ÷2」は小学校で学び、ほとんどの人が覚えていることでしょう。しかしながら、底辺の選び方は3通りあり、それぞれの底辺に応じて高さも3通りあります。3つの底辺の長さは一般に異なりますし、当然対応する高さも異なります。普通は、異なる数どうしをかけると、結果も異なるものです。しかし、三角形の面積の公式では一致します。不思議ではありませんか。別の言い方をすれば、どの底辺を選んで、同じ面積の値が得られるのはなぜでしょうか。式の値が一致してしまうことは不思議ではないでしょうか。加えて、「高さ」を用いるのはなぜでしょうか。三角形を描くときに、わざわざ高さを書き入れることは少ないと思います。算数・数学的な見方・考え方からすれば、三角形の構成要素は、3つの頂点、3つの辺、3つの頂角です。したがって、三角形のすべての性質はこれらの構成要素を用いて記述できるはずですが、座標平面上に3つの頂点があれば、その面積は、これらの座標を用いて表現できるはずであり、1辺とその両端の角が与えられた三角形ならば、それらを用いて面積を表すことができるというのが自然な発想です。それを広げ、深めることがテーマ選定の鍵だと思います。

3 数学が科学に与えた、未来へつながる発展の一例

2,500年以上の歴史をもつ数学には、ある発見が、時代を超え歴史を超え、別の発見と結びつくことによって、全く新しい世界を切り開くことになったという例が数多くあります。

ギリシャ時代の数学者メナエクモス(紀元前375～325年頃)はプラトンの弟子であり、アレキサンダー大王の家庭教師の一人でした。彼に始まる、円錐を平面で切り取ったときにできる切り口が描く曲線(円錐曲線という)の研究は、後にアポロニウス(紀元前262～200年頃)により「円錐曲線論」として体系的にまとめられました。アポロニウスは、3種類の切り口の曲線を「楕円、放物線、双曲線」と名付けました。それから500年後に現れた幾何学者パップス(320年頃)は、これら3種類の曲線が「曲線上の点から定点(焦点という)までの距離と定直線(準線という)までの距離の比が1より小さいか、1に等しいか、1より大きいのか」という観点から統一的に

扱えることを発見しました。そして17世紀に入り、座標を用いて図形の研究を始めたデカルト(1596～1650年)は、円錐曲線がすべて x と y の2次方程式で表されることに気づいたのでした。このことがやがて「代数幾何学」という新しい数学の分野の始まりとなりました。また、円錐曲線論を学んでいたケプラー(1571～1630年)は、チコ・ブラーエ(1546～1601年)の火星観測の結果を精査することにより、火星の軌道が円ではなく楕円であることを発見したのです。この発見が、ニュートン(1642～1727年)に近代物理学の扉を開けさせることになりました。彼は彗星の軌道が細長い楕円であるか放物線であるかを見いだしています。メナエクモスに始まる研究が実に1800年の時を超えて、自然界の法則を解き明かす重要な鍵となったのです。

また、数学者であり物理学者でもあったオイラー(1707～1783年)は、複素数を用いることによって、指数関数と三角関数との結びつきを表す美しい等式を発見しました。この等式から $e^{i\pi} = -1$ という関係式が得られます。天文学者の計算量を半減し寿命を2倍に延ばしたといわれる、対数を発見したネイピア(1550～1617年)によるネイピア数 e と、円周の長さ $2\pi r$ と直径 $2r$ との比である円周率 π 、複素数の虚数単位である i および負の整数 -1 は、それぞれ生まれた時代も、生まれた場所も、育った環境もまるで異なります。これらが一堂に会して一つの等式として表されるとき、自然の持つ神秘さと美しさ、そして人間の英知に驚くばかりです。また彼の発見が、現代の医療診断機器であるCTやMRIに应用されていることを知るとき、手近な有用性のためだけでなく、静かに未来を見据えた「基礎研究」の大切さを痛感します。

4 終わりに

既によく知られていることでも、別の視点や観点、あるいは他の数理との関係に着目することにより、全く新しい世界を切り開くことができます。

「算数・数学の自由研究」を通して探究されたテーマが、やがて数学や科学の進歩に大きく寄与するときに必ず来ることでしょう。そして、この探究に関わった児童・生徒が人類の発展に貢献するときに必ず来ることでしょう。そのことに関わることが何よりの幸せです。



子供が考えることの楽しさを実感できる 場を広げよう！

文教大学准教授・「算数・数学の自由研究」作品コンクール審査委員

永田 潤一郎 / ながた じゅんいちろう

1962年東京都出身。千葉大学大学院修了。中・高等学校に17年間勤務後、文部科学省初等中等教育局教育課程課で教科調査官、国立教育政策研究所で教育課程調査官・学力調査官を務める。2012年から文教大学教育学部で教員養成に携わりながら、全国各地で行われる研究会や研修会に積極的に参加し、学校現場の先生方と学び合う機会を大切にしている。著書に『数学的活動をつくる』（東洋館出版社）ほか。



1 はじめに

子供たちが本コンクールに応募した作品を鑑賞させてもらうことは、私にとっての初秋の楽しみとして、すっかり定着した感がある。手にした作品には子供たちの驚きや疑問、予想や着想、試行錯誤、そして意外な発見などが詰め込まれていて目が離せないからである。そして、子供たちの取り組みを作品を通じて追体験させてもらうたびに感じるの、考えることの楽しさを実感できることの喜びである。

2 考えることの実態

気になる調査結果がある。全国学力・学習状況調査の児童・生徒質問紙調査の中に「算数・数学の授業で学習したことは、将来、社会に出たときに役に立つと思いますか」という質問項目がある。これに対する調査開始時（平成19年度）からの子供の回答の状況は図1のとおりであり、肯定的な回答（「当てはまる」と「どちらかといえば、当てはまる」の合計）は小学校で9割程度、中学校では7割程度に達している。こうした現状は、算数・数学の授業で、教師が日常生活や社会との関連を意識した指導を大切にしている成果といえるだろう。

ところで、同調査には「算数・数学の授業で学習したことを普段の生活の中で活用できないか考えますか」という質問項目もある。これに対する子供の回答は図2のとおりであり、肯定的な回答は小学校で7割に満たず、中学校では3割から4割にとどまっている。もし「活用していますか」という質

問であれば、多くの子供にとってハードルの高い内容であったかもしれないが、活用できるかどうか以前に、考えることから遠ざかりつつある子供の多いことがうかがわれる調査結果である。

3 考えることから遠ざかる人々

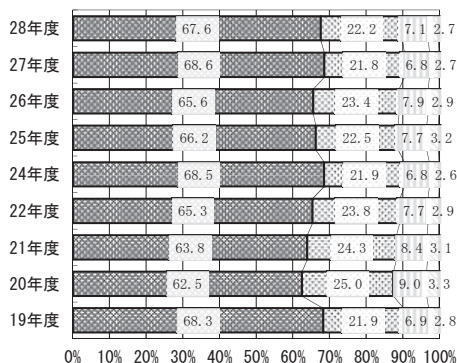
こうした考えることから遠ざかるという症状は、子供ばかりでなく大人の間でも、すでに蔓延し始めているのではないだろうか。

最近、「現代は、考える人が減り、調べる人が増える時代である」という話に、自分のことを指摘されたように感じて思わずドキッとした。あなたもおそらくその一人ではないだろうか。例えば、「あれっ、どうしてだろう？」と疑問を感じたとき、最初にすることは何だろう。おそらく多くの人がすることは、その理由を考える前にポケットからスマホを取り出して、またはパソコンの前に座って「ググる」…つまりその理由を調べることではないだろうか。もちろん、調べること自体は考えるための前提として大切なことである。しかし、ググった結果を見て「ああ、そうなんだ…」と納得し、考えること自体をやめてしまっていないだろうか。

小・中・高等学校を問わず、算数・数学科の教師との対話の中で、「最近の子供は、じっくり考えもしないで答えばかり知りたがる」という発言を耳にすることがよくある。しかし、実のところ、考えることについてのこうした実態は、大人も子供と大差なく、時代の趣向といえるのかもしれない。



【小学校】



【中学校】

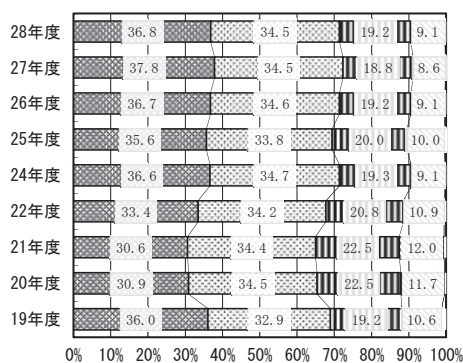
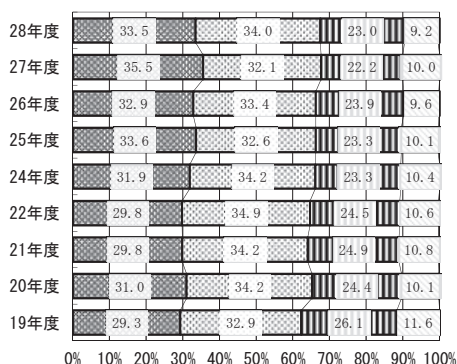


図1 「算数・数学の授業で学習したことは、将来、社会に出たときに役に立つと思いますか」の回答

【小学校】



【中学校】

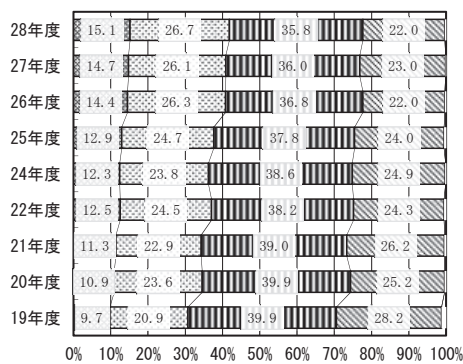


図2 「算数・数学の授業で学習したことを普段の生活の中で活用できないか考えますか」の回答

4 「考える」再考

こうした現状は、多忙感やICTの進歩の影響だと片付けることができるかもしれないが、個人的には^{がえ}肯んじない。むしろ「考えることの楽しさ」が見失われたことがより大きな原因なのではないだろうか。

いつの頃からか、私たちは「考える＝正しい答えを導く」と位置付けるようになっていないだろうか。特に算数・数学科の指導は、少なからずこうした判断を後押ししている可能性があると感じる。もちろん、子供が考えた成果として正解に辿り着けるようにすることは大切な指導である。しかし、途中で道に迷ったり、教師の想定外の結論に辿り着いていたりしても、子供は自分なりに考えることを楽しんでいる場合が少なくない。

本来、「考える」とは、自らが感じた疑問に主体的に取り組み、自分が納得できるようにその状況の解消を図ることで

ある。その納得のレベルや解消の仕方は人それぞれであってよい。自分自身の経験を振り返ってみても、じっくり考えてわかったつもりでいたことが、後になって非常に浅い理解であったと気づかされる…というような経験は枚挙にいとまがない。そんな場合であっても、そのプロセスを楽しみ、自分なりに腑に落ちる感覚を得ることが考えることの本质である。

指導内容が多く、授業時間の少ない現在の学校教育における算数・数学科の指導では、こうした「考えることの楽しさ」を実感する場合は、徐々に授業の片隅に追いやられているのかもしれない。しかし、こうした状況が変わらなければ、授業で学習したことが活

用できないか考える子供の少なさは改善されないのではないだろうか。

5 おわりに

こうした現状を前に、本コンクールの応募作品を読むたび、「算数・数学の自由研究」が子供にとって考えることの楽しさを実感できる場になっていることに勇気づけられる。決して数学的に高度な内容を追い求めるだけではなく、子供が自分なりに感じた「なぜ？」を明らかにするため、「もしかしたら…」と追究する姿に、考えることの本来在るべき姿をみるからだ。算数・数学科の授業の延長線上に、こうした場がいつそう広がっていくことをこれからも期待したい。❖

引用文献

文部科学省・国立教育政策研究所「平成28年度全国学力・学習状況調査報告書 質問紙調査」(2016)

受賞作品の発表



一般財団法人 理数教育研究所では、児童・生徒が日常生活や学校での学習などから興味をもった事象を、算数・数学的な見方・考え方を活用して主体的に探究していく姿勢を培うために、2013年度から塩野直道記念「算数・数学の自由研究」作品コンクールを開催しました。今年は第4回となります。

塩野直道記念 第4回「算数・数学の自由研究」作品コンクールには、第3回を上回る多数のご応募をいただきありがとうございました。小学生、中学生、高校生の皆さんから合わせて15,411件の作品が届きました。海外からも13件の応募をいただきました。

作品は各地域で選考後、中央審査委員会で最終審査を行い、p.9～11のように受賞者が決定しました。

●塩野直道賞 顕彰委員会

吉川 弘之 東京大学名誉教授／Rimse 理事長

岡本 和夫 東京大学名誉教授／Rimse 理事

清水 静海 帝京大学教授／Rimse 理事

梶川 眞秀 公益社団法人 全国珠算教育連盟理事長

[特別顧問]

塩野 宏 東京大学名誉教授

中央審査委員

委員長	根上 生也	横浜国立大学大学院 教授
	銀島 文	国立教育政策研究所 総合研究官
	桜井 進	サイエンスナビゲーター
	坪田 耕三	青山学院大学 教授
	中島 さち子	ジャズピアニスト
	藤田 岳彦	中央大学 教授
	蒔苗 直道	筑波大学 准教授
	渡辺 美智子	慶應義塾大学大学院 教授

(五十音順)

主催：一般財団法人 理数教育研究所

協賛：株式会社 内田洋行

株式会社 学研ホールディングス

公益財団法人 日本数学検定協会

カシオ計算機株式会社

後援：文部科学省

国立教育政策研究所

読売新聞社

公益財団法人 文字・活字文化推進機構

公益社団法人 全国珠算教育連盟



中央審査委員会（2016年11月27日、東京・アルカディア市ヶ谷）

受賞者一覧

最優秀賞

(p17 ~ 22に作品を紹介)

塩野直道賞

小学校低学年の部

サメのコップのひみつ

東京都 暁星小学校 1年 中島 義凱

塩野直道賞

小学校高学年の部

小牧小学校のトラックに疑問!?リオ・オリンピックから気づく!

愛知県 小牧市立小牧小学校 5年 丸山 藍生

塩野直道賞

中学校の部

「球に近い」ということは、どういうことなのかを考える

岐阜県 岐阜大学教育学部附属中学校 1年 香田 栞理

塩野直道賞

高等学校の部

竜王のニム：Wythoff Nim の変形

兵庫県 関西学院高等部 3年 戸國 友貴

文部科学大臣賞

ほしのうた

熊本県 熊本大学教育学部附属中学校 2年 東矢 彩葉

Rimse 理事長賞

初等幾何と二次曲線

東京都 筑波大学附属駒場高等学校 3年 青木 孔

優秀賞

(p23 ~ 26に作品を紹介)

読売新聞社賞

熊本地震で学校がひなん所になった体験から、「全校ひなんしたら？」を想定する
熊本県 熊本市立壱川小学校 5年 園田 智翔

内田洋行賞

テニスコート作り時短レシピ ~作図と三平方の定理を利用して~
茨城県 銚田市立大洋中学校 3年 竹澤 風花

学 研 賞

時（とき）そろばん

京都府 洛南高等学校附属小学校 2年 山本 梨紗

日本数学検定協会賞

コンプガチャの確率について

愛知県 愛知県立一宮高等学校 3年 武藤 拓志

審査員特別賞

グラフの先には幸せがある？！

愛知県 日進市立梨の木小学校 2年 菱沼 武龍

審査員特別賞

見て楽しいベン図！4つ以上の集合をかわいい図で表せる？

京都府 立命館小学校 6年 鍵井 心花

審査員特別賞

ウランバートル数学オリンピック問題に由来するある研究

東京都 海城中学校 2年 島 倫太郎

奨励賞

Rimse 奨励賞 小学校低学年の部

作品タイトル	学校名	学年	受賞者氏名
時間は大切!! てきぱき朝食作り	秋田県 秋田大学教育文化学部附属小学校	3年	山本 千陽
「ごちそうさま」にまにあわせたい!	東京都 成城学園初等学校	2年	三津橋 魁人
きれいな形のくす玉のひみつ	東京都 文京区立林町小学校	3年	藤田 樹
かみコップのひみつ	富山県 富山大学人間発達科学部附属小学校	1年	室谷 勇仁
三かく形のパワー	兵庫県 芦屋市立精道小学校	2年	藤山 ゆいつ
砂山高くなれ! 大作せん	鳥取県 鳥取大学附属小学校	2年	徳田 華子
音のおもさを考えました。	岡山県 岡山大学教育学部附属小学校	2年	東 実弥
ガンダム RX-78-2 の大きさは?	鹿児島県 与論町立茶花小学校	2年	楠元 結慎

Rimse 奨励賞 小学校高学年の部

作品タイトル	学校名	学年	受賞者氏名
1 から始まる数ってどのくらい?	北海道 札幌市立八軒小学校	5年	鈴木 真梨
〈疑問バスターズ〉解決!! 紙風船の表面積	茨城県 茨城大学教育学部附属小学校	6年	桐原 輝心
続・弟は、私の半分くらい?	東京都 荒川区立第二日暮里小学校	5年	鈴木 知音
ショートパットの奥深さにせまる!!	東京都 立教小学校	6年	阿出川 宗哉
ハチの巣は、なぜ正六角形でできているのか?	愛知県 岡崎市立梅園小学校	6年	前田 尚香
缶ビールを斜めに立ててみよう!	京都府 京都聖母学院小学校	5年	森 理緒奈
ラジオ体操って過酷!?	京都府 洛南高等学校附属小学校	5年	仲野 真由
算数で史蹟「巖水道」の実物に迫る!	佐賀県 鹿島市立古枝小学校	6年	北村 愛理奈、 三原 愛結
どうして1回転は360°なの	鹿児島県 与論町立茶花小学校	4年	鶴田 侑之介

Rimse 奨励賞 中学校の部

作品タイトル	学校名	学年	受賞者氏名
いざ！ミレニアム問題 part 2 … 素数の間隔の謎をさぐる。	福島県 福島大学附属中学校	3年	過足 俊介
長方形を奇数等分する方法を調べる	茨城県 茨城大学教育学部附属中学校	2年	大曾根 文之介
循環する無限小数の循環節の長さに規則性はあるのだろうか？	新潟県 新潟市立両川中学校	3年	西 賢汰
2016年 リオオリンピック 日本卓球女子団体戦を分析する	東京都 東京学芸大学附属世田谷中学校	2年	吉川 真理衣
QRコードに隠された数学 ～誤り検出・誤り訂正符号の秘密～	京都府 京都教育大学附属京都中学校	2年	高橋 和瑚
見た目の形と距離の関係 ～地面のタイルまでの距離が遠くなると、 タイルが平たく見えるのはなぜだろう??～	京都府 同志社中学校	2年	池田 はるな
驚き！高校野球には勝利の法則があった!?	大阪府 大阪教育大学附属池田中学校	2年	吉和 美優
自然数の分割方法と謎の三角形	大阪府 大阪星光学院中学校	3年	続木 丈
数独を作ってみよう！	岡山県 岡山大学教育学部附属中学校	1年	高橋 万機
四色問題は、五色問題?…いや、「ほぼ三色」問題!?	香川県 高松市立山田中学校	2年	安田 葵

Rimse 奨励賞 高等学校の部

作品タイトル	学校名	学年	受賞者氏名
チェバの定理 α	東京都 東京学芸大学附属高等学校	1年	松平 六花
何色でぬれる？平面・立体	愛知県 愛知県立岡崎高等学校	2年	林 悠太
ベンフォード則の統計的分析	愛知県 愛知県立豊田西高等学校	2年	佐直 駿太
n 筆書き	愛知県 愛知県立豊田西高等学校	2年	三苫 凌
雨の日のコンビニには要注意?!	愛知県 滝高等学校	2年	勝野 誠也
テトラナッチ数列の一般項を導く	兵庫県 須磨学園高等学校	1年	岡本 康生
Partner of Fibonacci sequence	兵庫県 兵庫県立龍野高等学校	3年	原井 悠貴, 高島 和嗣, 中村 友亮, 本部 勇真
迷惑メールフィルターに隠された数学	和歌山県 近畿大学附属和歌山高等学校	1年	鳥井 匠
渋滞学 ～表計算ソフトエクセルを利用した 渋滞シミュレーションについて～	熊本県 熊本県立熊本西高等学校	2年	森田 恭平, 井上 大雅, 中川 匠, 三瀬 統世
パパ抜き ～最初にジョーカーを持った人は 不利なのか?～	沖縄県 沖縄県立球陽高等学校	3年	安谷屋 佳奈, 安谷屋 佳歩

全応募作品の中から、最優秀賞、優秀賞、奨励賞の受賞者のほか、下記の方々の作品が地区審査から中央審査委員会の最終審査に推薦されました。

小学校低学年の部

学校名		学年	氏名
栃木県	宇都宮大学教育学部附属小学校	1	柏倉 美那
東京都	暁星小学校	1	杉岡 孝一郎
		1	滝沢 祐樹
		1	松嶋 光
愛知県	小牧市立小牧小学校	2	清水 璃桜
京都府	同志社小学校	1	梅村 ゆり
	洛南高等学校附属小学校	1	上田 百花
		1	大野 優晟
		1	桂 彩華
		1	杉並 慧
		1	高島 瑞生
		2	井上 聡人
		2	金岡 優奈
		2	郡司 悠太郎
		2	佐藤 裕輝
		3	池永 尋真
		3	後 慶唯
	大阪教育大学附属天王寺小学校	3	石川 晶雄
	賢明学院小学校	1	高橋 薫乃
	吹田市立千里たけみ小学校	3	峯 莉暖
	豊中市立新田南小学校	2	鈴木 清矢
兵庫県	仁川学院小学校	2	原野 蓉子
岡山県	岡山大学教育学部附属小学校	3	橋野 太功仁
佐賀県	佐賀市立若楠小学校	3	淵上 舞衣
	佐賀大学教育学部附属小学校	3	山口 悠希
大分県	国東市立富来小学校	3	岡野 結菜

三重県	三重大学教育学部附属小学校	4	新井 沙都子
京都府	京都聖母学院小学校	4	岡田 咲人
		4	中野 和道
		5	赤井 七理
	洛南高等学校附属小学校	4	雛田 亜希
		4	藤井 咲羽
		4	藪 瑛蓮
		5	清水 悠生
	立命館小学校	5	小賀 美花里
		5	平野 千紗都
		6	海渡 絵理香
大阪府	池田市立池田小学校	5	吉福 麻央
		5	田中 莉穂
		5	村井 七穂
		5	村田 葵
兵庫県	小野市立市場小学校	6	田中 紅葉
	神戸市立木津小学校	6	阿部 百花
	西宮市立甲陽園小学校	5	伊藤 遙人
	姫路市立手柄小学校	5	富樫 太輝
岡山県	岡山大学教育学部附属小学校	6	森川 涼介
	倉敷市立万寿東小学校	5	奥村 一友
香川県	香川大学教育学部附属高松小学校	6	池田 歩夢
愛媛県	愛媛大学教育学部附属小学校	5	笠松 佑伎
福岡県	福岡教育大学附属福岡小学校	4	梅本 隆ノ介
佐賀県	武雄市立山内東小学校	4	狩峰 偉吹
		5	森 光月希
宮崎県	都城市立中霧島小学校	6	福島 ちづる
	宮崎大学教育学部附属小学校	6	日高 陽暉

小学校高学年の部

学校名		学年	氏名
栃木県	鹿沼市立さつきが丘小学校	6	市田 悠磨
東京都	暁星小学校	4	大橋 夢人
		4	鈴木 悠生
		4	田中 晃太郎
	玉川学園小学校	4	佐藤 美佑
	立教小学校	6	阿部 良太郎
		6	大西 祐輝
		6	田村 有旦
石川県	能美市立辰口中央小学校	5	羽野 泰河
福井県	福井大学教育学部附属小学校	6	金原 成秀
山梨県	山梨大学教育学部附属小学校	5	藤原 楓奈子
静岡県	静岡市立西奈南小学校	6	光村 勇飛
愛知県	岡崎市立井田小学校	5	長崎 春媛
		6	春日井 耀大
		6	西田 俊太郎
	田原市立泉小学校	6	小笠原 愛
	名古屋市立富士見台小学校	5	高江 純平

中学校の部

学校名		学年	氏名
北海道	北海道教育大学附属釧路中学校	1	高田 芽生
	北海道教育大学附属札幌中学校	3	秋葉 瑠果
宮城県	宮城県古川黎明中学校	3	伊藤 颯矢
山形県	山形大学附属中学校	2	浅野 笙
埼玉県	さいたま市立与野東中学校	2	木下 桃香
	埼玉大学教育学部附属中学校	3	小林 由依
千葉県	千葉市立松ヶ丘中学校	3	曾我 実由
	お茶の水女子大学附属中学校	1	渡辺 菜月
東京都	海城中学校	2	清水 琢也
		2	山田 宗太朗
	東京学芸大学附属世田谷中学校	2	長尾 信孝
	目黒区立第七中学校	1	加賀谷 祈
神奈川県	横浜市立境木中学校	3	峰山 空大
福井県	福井大学教育学部附属中学校	2	金原 匡秀
		2	森 文香
長野県	長野市立東北中学校	3	井口 謙信

愛知県	愛知教育大学附属岡崎中学校	2	猪原 優輔
	愛知教育大学附属名古屋中学校	1	水口 野乃花
		1	三輪 天音
		2	西表 詩萌
		2	瀬尾 尊
三重県	三重大学教育学部附属中学校	3	出口 花
京都府	京都教育大学附属京都中学校	2	森 貴紀
		2	森田 優奈
大阪府	大阪教育大学附属池田中学校	2	中西 理子
	関西大学中等部	1	浅井 健太郎
		1	岡氏 信登
		1	尾本 汐音
		1	七里 元嗣
		2	増田 知真
		3	並川 千鶴
	四天王寺中学校	1	井上 令子
		1	北元 虹香蘭
		3	出水 小春
兵庫県	小林聖心女子学院中学校	2	宇都宮 鈴鹿
		2	佐野 愛海
	賢明女子学院中学校	2	相川 和
	神戸市立井吹台中学校	3	奥田 健太郎
	神戸市立吉田中学校	2	仙石 曹
奈良県	奈良教育大学附属中学校	2	大森 千愛
		2	森川 明音
和歌山県	和歌山市立東中学校	3	大西 竜世
鳥取県	鳥取大学附属中学校	2	岡本 瑤美
島根県	島根大学教育学部附属中学校	2	柴崎 功二郎
岡山県	岡山大学教育学部附属中学校	2	木村 真実子
		2	倉本 紗英子
徳島県	徳島県立城ノ内中学校	1	佐藤 雅姫
香川県	香川大学教育学部附属高松中学校	2	三谷 知蔵
		2	米本 龍汰
愛媛県	愛媛大学教育学部附属中学校	2	松本 凜
		2	米澤 悠聖
		3	越智 彩乃
福岡県	福岡教育大学附属小倉中学校	2	中島 伯章
	大町町立小中一貫校大町ひじり学園	3	下ノ原 航成
佐賀県	佐賀大学教育学部附属中学校	1	大坪 優衣
		3	蒲地 夏実
	白石町立白石中学校	3	太田 洸陽
長崎県	長崎大学教育学部附属中学校	1	山道 陽輝
熊本県	熊本市立城西中学校	2	西山 朱音
	熊本大学教育学部附属中学校	1	梅古川 華暖
		1	新山 晏末
		1	田中 水人
		2	尾田 悠
		2	西岡 航平
		3	渡邊 凜乃

大分県	大分県立大分豊府中学校	2	岩本 佳桜
		2	小野 舜史
		3	清水 脩平
鹿児島県	始良市立帖佐中学校	3	今別府 幸芽
	阿久根市立鶴川内中学校	3	宮崎 結也
	鹿児島市立伊敷中学校	2	鮫島 海翔
	鹿児島市立武中学校	2	又木 淑花
	鹿児島大学教育学部附属中学校	1	白尾 彩也香
		1	田上 愛
		2	坂元 奎太
		2	堀下 桃歌
		2	南 めぐみ
		3	有留 和花
		3	井手上 未佳
沖縄県	今帰仁村立今帰仁中学校	3	藤原 のぶ

高等学校の部

学校名		学年	氏名
東京都	東京学芸大学附属高等学校	1	出川 怜
		1	今西 凜花
		1	蒲池 美紀
		2	深澤 亮
	明治大学付属明治高等学校	3	柴田 哲志
愛知県	滝高等学校	1	塩崎 ひかる
京都府	立命館宇治高等学校	1	宮脇 仁那
大阪府	近畿大学附属高等学校	2	山下 弘人
	清風高等学校	1	前畠 怜弥
兵庫県	小林聖心女子学院高等学校	2	笠原 彩香
		2	田中 莉沙子
		2	谷山 珠梨
		2	野世溪 萌
奈良県	奈良県立青翔高等学校	3	笹川 隼汰、 尾崎 穂乃花、 筒井 三太、 花谷 友紀
和歌山県	近畿大学附属和歌山高等学校	1	井口 直人
		1	大塚 真由
		1	隠岐 嘉将
		1	木下 貴仁
		1	楠本 唄子
		1	黒田 さくら
		1	森前 羽菜
		1	吉松 依里佳
佐賀県	佐賀県立佐賀西高等学校	2	山口 颯仁

審査を終えて —中央審査委員からのメッセージ—



根上委員長

今回も 15,000 件を超える応募がありました。うれしいことです。その内訳は、小学校低学年 744 件、小学校高学年 1,443 件、中学校 12,807 件、高校 587 件と、例年どおり中学校からの応募が大半を占めています。一方、高校生の応募作品のバリエーションが年々増えているようにも思います。どの部門も、身のまわりにあることを題材にしたものもあれば、あるテーマのもとで算数・数学的な仕組みを探究したもの、思わずニッコリとしてしまうアイデア勝負のものが目白押しでした。特に、文部科学大臣賞を受賞した「ほしのうた」は、夜空の星の配置をメロディーに変換するというもので、YouTube にアップされている実際のメロディーを耳にして、審査員の皆さんはどなたも感動していました。「時(とき)そろばん」も面白い。

中央審査委員会にまで残った作品なので、どの作品もレポートとしては、とてもよくできているものばかりです。でも、最終的に受賞には至らない作品の多くには「やってみただけ」という印象があります。テーマを決めて、一生懸命に調べたり、計算したり。結局のところ誰がやっても同じになってしまう研究では「自由研究」ではありません。「これは自分だからこそできたんだ」と胸を張って言える作品を期待しています。

銀島委員

今回もたくさんのすばらしい作品を見せていただき、皆さんの算数・数学に対する熱意と可能性を感じながら楽しく審査ができました。前回応募してくださった方が、関連するテーマや新たに生じた疑問をもとにまとめてくださった作品もありました。現実の数学者のように数学を探究の道具として自由自在に使いこなしている作品もあり、たいへん頼もしく思いました。皆さんの「不思議だな」をこれからも大切にしてほしいと思います。



桜井委員

テーマが年々多分野・多岐にわたってきています。今回は、音楽とスポーツが目立ちました。数学とは関係しなさそうな音楽が実は数学と深く結びついていることを知った驚きが自由研究の動機になったようです。また、リオ・オリンピックでの日本人選手の活躍に影響され、スポーツを数学の視点で分析した作品も多数ありました。本コンクールでは、教科書で学んだ算数・数学を自らの疑問の分析・解決に活用することができず。数学が活用できる未知のテーマが皆さんのチャレンジを待っています。



坪田委員

小学校低学年の内容について見せていただきました。

いずれも面白いところに目をつけて、そこから疑問を持ち、解明するのに、実験や実測をしたり複雑な計算をしたりする研究が多く見られました。

実際に身近な事象を体験的に解明していくのは「ハンズオン・マスマティクス」の考えに基づくものです。レポートには、やったことの写真などを貼って読みやすいものになっているものが多くありました。言葉の力で足りないところを映像の力で上手に表現したものです。これもすばらしい。全体に意欲的な研究がたくさんあり、読んでいて頼もしく感じました。



蒔苗委員

今回のコンクールも数多くの研究が寄せられ、楽しく読ませてもらいました。それぞれの問題意識から選んだテーマがレポートにまとめられていました。不思議

に感じたことや疑問に思ったことを、算数・数学を使って研究する過程では、うまくいかなかったり、関係するいろいろなことを考えたりします。自由研究は、結果や成果だけでなく、こうした過程に面白さがあります。2017年も多くの応募をお待ちしています。



中島委員

毎年、自由研究作品が送られてくる時期になるとワクワクします。皆さんの自由な算数・数学の研究アイデアには驚くことがいっぱい！ 身近にはこんなにも多くの算数・数学が眠っていると気づかされ、毎回感動を覚えています。

正直、算数・数学の研究には苦難もたくさんあるでしょう。でも、試行錯誤や失敗や苦闘を経て、初めて意義ある研究が生まれます。

本コンクールに参加した皆さんは全員立派な数学者！ 研究体験は皆さんの人生の大きな力になるはずです。2017年もたくさんの応募をお待ちしています。



藤田委員

おもに高校生の審査を担当しましたが質の良い作品が多くあり、楽しく審査をさせていただきました。特に塩野直道賞、Rimse理事長賞に選ばれた2作品は数学

のレベルも非常に高くすばらしいものでした。小学校低学年・小学校高学年・中学校の部にも興味深い作品が数多くあり、日本の理数教育の未来に本コンクールが貢献できると実感しています。



渡辺委員

今回も生徒の皆さんから、とてもすばらしい研究作品が応募されました。特に今回感心したのは、作品のタイトルの付け方にとてもインパクトがあることでした。作品の内容が優れているのは言うまでもありませんが、そのエッセンスを20字前後のタイトル文字数の中に収め、作品全体に審査委員の期待と関心を抱かせることはやさしいことではありません。自分の研究に、自信と思い入れがあるからこそ、できることです。

次回も皆さんのキラキラしたセンスがたくさん寄せられることを楽しみにしています。

表彰の集い

優秀作品の受賞者を招いて、2016年12月18日に東京・アルカディア市ヶ谷にて表彰の集い(表彰式・作品発表)を開催しました。



最優秀賞・優秀賞－受賞作品の紹介と講評

塩野直道賞

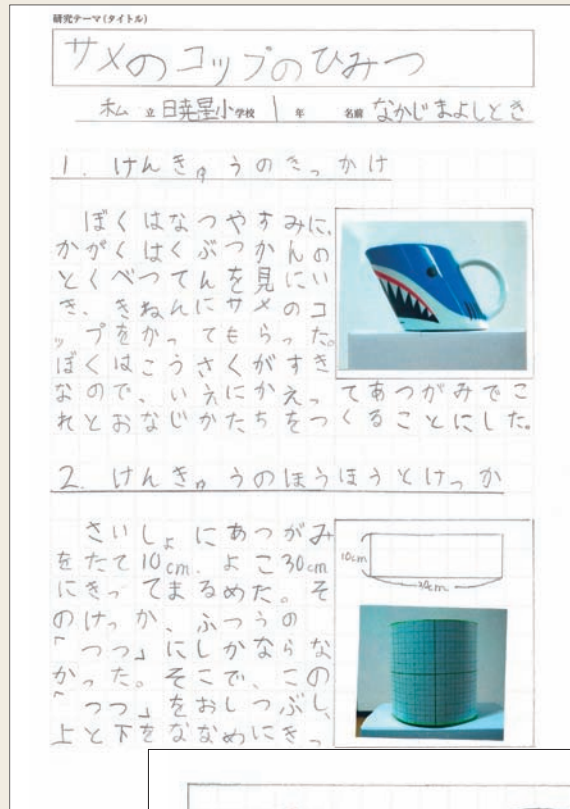
小学校低学年の部

サメのコップのひみつ

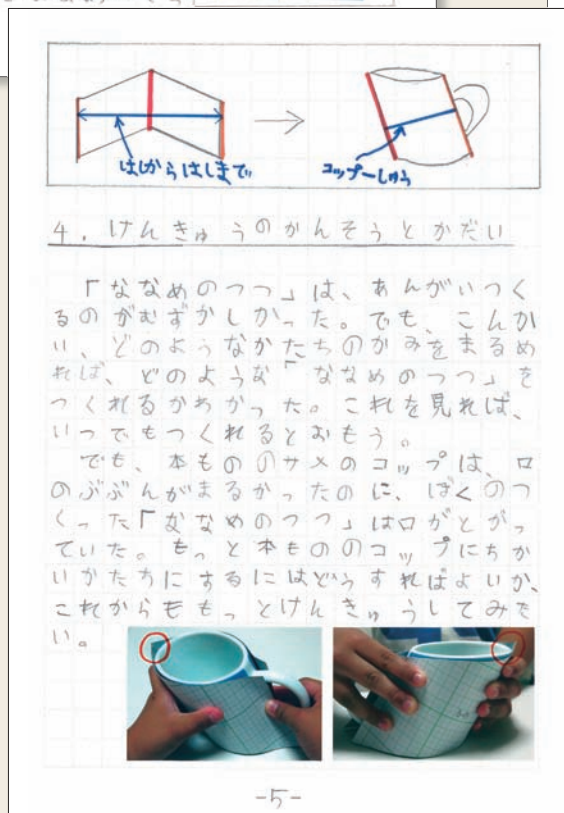
東京都 暁星小学校 1年 中島 義凱



全5ページ



▲1ページ目



5ページ目▶



▲2ページ目

講評

科学博物館で買った斜めに傾いたサメのコップを自分でも作ってみようとした研究。いろいろな試行錯誤の結果、最終的にそっくりの形が作れました。おめでとう！ 途中どのように考えて少しずつサメのコップに近づけたかの考察やアイディアがうまく書かれており、ワクワクしながら読みました。小学校1年生にしてすばらしい算数力と研究力です！ 最終形がまだ少し本物と違うと気づいたよしとき君。展開図の正体はいったいどんな形でしょう？！

中央審査委員会

※紙面の都合で、受賞作品は一部のみを紹介しています。理数教育研究所のホームページで、作品のすべてをご覧いただけます (<http://www.rimse.or.jp/>)。



小牧小学校のトラックに疑問!? リオ・オリンピックから気づく!

小牧小学校五年一組 丸山 藍生

1. 研究の動機や目的

ぼくは小牧市のジュニア育成で陸上チームに入っています。五年生からは100m走とジャベリックボール投げで試合に出て、いまは11月3日の県大会に向けて練習しています。県大会などの大きな試合は名古屋市瑞穂陸上競技場で行われるので、いつもコーチから「がんばって瑞穂に行くぞ!」と言われていて、瑞穂陸上競技場は第1種公認競技場という国際的な大会でもできる超一流の会場です。その瑞穂での県大会で100m×4人のレースの時、不思議に思ったことがありました。

「リレーの第1走者の場所がずいぶん離れてるんだな」ということです。考えてみれば、外側を大きく回らなければいけないレーンと内側を走るレーンが、同じ場所からスタートしたら、外側の方が遙かに決まっています。

「だからスタート位置をずらして同じだけの距離にしてもらいたい」と押谷コーチに教えてもらいました。そこでひとつ調べができました。

「小牧小学校のリレーでは外側のレーンも内側のレーンと同じ場所からスタートするから、外側の人はかなり遅くなるんじゃないの?」

この自由研究では、

- ・瑞穂陸上競技場での100×4人レースの場合のスタート位置のちがいを調べる
- ・小牧小学校のリレー方法は正しいのか?について研究します。

2. 研究の方法や内容

- ①瑞穂陸上競技場について調べる
パンフレット・運営員の先生へのインタビュー（計測はできなかった）
- ②小牧小学校のトラックについて調べる
先生へのインタビュー・計測（パンフレットはなかった）
- ③①と②の結果を比べて、調べているか、していないか、もし調べていたらどうしたらよいかを考える



6/18 夏の県大会
押谷先生とぼく
瑞穂陸上競技場で



①瑞穂陸上競技場について

施設概要の詳細

施設概要	詳細
所在地	〒466-0801 名古屋市瑞穂区
開場	1964年(昭和39年)10月
面積	約100,000㎡
トラック	400m×8コース 内径約110.00m 外径約125.00m 直線約85.00m 曲線約25.00m

でもこれだけではスタート位置のちがいはわかりません。

- パンフレットを見てわかったこと
- ・100×4人リレーで使う400mのトラックは8コース(レーン)ある
 - ・直線の長さ 80m
 - ・曲線部分半径 37.895m

▲ 1 ページ目

③ビニールひもで計測

新聞をまとめる用のビニールひもをトラックにひいていき、最後に使った分の長さを計測します。



結果は155.5mだった。いいアイデアだと思ったけど、この測り方はあまり正確にできなかったと思う。

- 反省1 最初に測る時に1mを最初測ってそれを何本あるかというやり方でやってみただけ、ぐるぐる巻いていくうちに正確な1mでなくなってしまうと思った。
- 反省2 最初にビニールひもをひくとき、曲線のところがうまくできなかった。
- 反省3 ビニールひもを押さえないでひいていくと、途中でたまたま引っ張りすぎたりしてしまいました。

(4)メジャーで測る

お裁縫セットにあった2mのメジャーで測る。
直線部分の半分が13.5mだった。曲線部分はうまく測れなかった。
直線は13.5×4=54m 全部で150mとすると曲線は96m



(5)杭を利用して測る

- 二学期が始まったら突然運動場に杭が打たれていた。運動会だと思っただけでこれを利用して測れば一番良いと思う。
1. 直線部分の杭と杭の間を測る 68cm
 2. 杭の数を数える 41本
 3. 直線1本の長さ 0.68×41=27.88m
 4. 直線2本の長さ 27.88×2=55.76m
 5. 曲線の中心に向かって打たれている杭の間を測る 68cm
 6. 曲線の中心に向かって打たれている杭の本数 43本
 7. 曲線の内側の半径 0.68×43=29.24m

8. 曲線部分の周りの長さ 20.24×3.14=63.56m
9. 直線+曲線=55.76+63.56=119.32m

5つの計測方法で測ったまとめ

やり方	直線部分	曲線部分	合計の長さ
1 靴	57.6	(69.3312)	(126.9312)
2 自転車			152
3 ビニールひも			155.5
4 メジャー	54	(96)	(150)
5 杭	55.76	63.56	119.32
平均	55.7866	63.56	119.35

おおよそトラック一周150m、直線部分2本で54m、曲線部分2本で96mだとわかった。

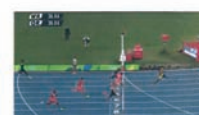
4

▲ 4 ページ目

本当にスタート位置にそんなに差をつけているのか、リオ・オリンピックを見て確かめます。



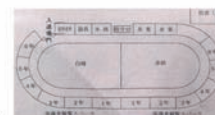
確かにスタート位置はとても離れています。



そしてゴールは同じ位置にあります。やっぱり、内側と外側のレーンでは走る距離に差があるのでスタート位置を揃えていることがわかりました。

②小牧小学校の運動場について

担任の戸松先生へのインタビュー
「ぼく「小牧小学校の運動場のトラックは何メートルですか?」
また、直線部分はどのくらいですか?」
戸松先生「1周150mで直線部分は50mくらいじゃないかな」



計測

(1)足で計測 ぼくの靴のサイズは22.5で、靴と靴をぴったりくっ

けると24センチです。くっつけたまま歩いてトラックの一番内側の線の距離を測ります。

直線部分の半分 0.24×60歩=14.4 14.4×2=28.8

直線1本 28.8m×2本=57.6m

曲線部分の半径 0.24×48歩=11.04

曲線部分 内周 11.04×2×3.14=69.3312

直線+曲線=57.6+69.3312=126.9312m

短いような気がします。

反省 ふらふらしてしまっただけで、正確に測れなかったと思う。



(2)自転車で計測 ぼくが自転車一周して何回タイヤが回るか友達のを伊藤くんに教えてくれました。



自転車のタイヤの周りの長さ 2m
自転車一周のトラックの内側一周すると
タイヤは76回転 2×76=152m
トラックの一番外側一周すると
タイヤは90回転 2×90=180m
外側と内側では28mの差がありました。



トラック一周(内側)は152m トラック一周(外側)は180m
トラック内側は、戸松先生が150mと教えてくれたのと大違いになりました。

3

▲ 3 ページ目

講 評

陸上トラックのリレーのスタート位置をどれくらいずらせばよいか、先生に聞いたり、ルールブックを調べたり、また自分で実測したりしながら考えました。試行錯誤の過程やどんな思いで研究を進めたかをレポートにまとめてくれました。うまくいかなかった点や自分の学校の運動会への提案をするなど、最初に不思議に思ったことを、算数を使って研究し、問題解決した点が評価されました。

中央審査委員会

塩野直道賞

中学校の部

「球に近い」ということは、どういふことなのかを考える

岐阜県 岐阜大学教育学部附属中学校 1年 香田 栞理



全 10 ページ

「球に近い」ということは、どういふことなのかを考える

岐阜大学教育学部附属中学校 1年 香田栞理

1.研究の動機

去年の算数・数学の自由研究で、「円に近い」といふことを調べました。そのとき、球に近い」といふことなのかについても調べてみたかったので、今年はこのテーマを選びました。

2.研究の方法

球は、空間のある一点から等距離にある点の集まりで、平面で切れば断面は必ず円になります。また平面上を転がすとまっすぐ進みます。球を直方体の箱に入れると、縦・横・高さが等しくなり箱は立方体になります。

そこで以下のような方法で調べてみることにしました。

- 1)身のまわりにあるもので、球に近いと思うものを集める
- 2)いろいろな角度を変えて縦・横・高さを計測する
- 3)去年使った方法で、3つの断面がどれだけ円に近いかを調べる
- 4)直線の通路の先の平らな斜面(傾度5%;80cm進んで4cm下がる)を転がし、中央からのずれを計測する

データの計算はCASIO社製 fx-CG20 を使用しました。

3.研究の結果と解析

1)身近で手に入りやすいものの中から、レモン・オレンジ・トマト・じゃがいも・たまねぎを選びました。球の代表としてテニスボールを選びました。やわらかいボールを選ばなかった理由は、置いたときに形が変形して縦・横・高さを正確に測ることができな

いと考えたからです。この中では私はオレンジが最も球に近いと思いました。

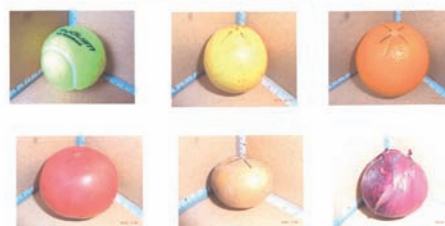
2)3つの面が直角に交わる台を作り、縦・横・高さ計測しました。

頂上の部分に油性ペンで十字のしるしを書き、それ以外に45度ずつ3方向(写真右の黒矢印)に傾けて、計4方向計測をしました。

球の場合は4方向の縦・横・高さの数値が全て等しくなると考えられます。したがって計測した数値のばらつきが少ないほど球に近いと判断しました。

ばらつきを指標として、標準偏差(SD;球に近いものを選んだのでデータは平均値を中心に正規分布すると考えました)・レンジ(最大値と最小値の差)・四分位範囲(第3四分位数Q3と第1四分位数Q1との差)を用いました。

偶然あるひとつの方向のばらつきが小さい場合があるので、全ての計測結果をまとめて解析しました。



単位 mm	ボール	レモン	オレンジ	トマト	じゃがいも	たまねぎ
縦①	65	55	82	76	49	59
横①	65	56	81	72	45	60
高さ①	66	64	83	59	39	57
縦②	65	57	82	70	46	55
横②	65	58	80	71	48	60
高さ②	65	59	81	70	42	55
縦③	65	59	82	70	47	60
横③	65	57	80	70	44	55
高さ③	65	58	81	72	47	56
縦④	65	60	82	70	45	57
横④	65	58	82	70	41	56
高さ④	66	58	83	73	48	60
平均	65.17	58.25	81.58	70.25	45.08	57.5
SD	0.39	2.26	0.99	3.98	3.09	2.15
レンジ	1	9	3	15	0	5
Q1	65	57	81	70	43	55.5
Q2	65	58	82	70	45.5	57
Q3	65	59	82	72	47.5	60
Q3-Q1	0	2	1	2	4.5	4.5

【データの解析】

1)標準偏差

テニスボールが0.39と最も小さい数値になりましたが、0にはなりません。それぞれのデータを比べると、オレンジが0.99と最も小さく、たまねぎ・レモン・じゃがいもが2.15と最も大きいです。

— 2 —

▲ 2 ページ目

講評

昨年は「円に近い」を探究し、今年は球をテーマにしてい

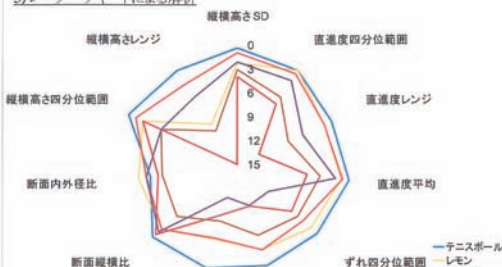
中央審査委員会

▲ 1 ページ目

【データの解析】

平均値・レンジ・四分位範囲の全てのデータでレモンが最も球に近いという結果になりました。このことからレモンのような形は球に近い形ではないかと考えられます。

5)レーダーチャートによる解析



断面の内接円・外接円の直径の比の値を除いて、テニスボールが最も球に近い形という結果になりました。この点については納得のできる結果であったと思います。テニスボールを除くと、レモンが6項目で最も球に近い結果となり、次にオレンジが5項目でトマトが1項目でした。じゃがいもとたまねぎは0項目でした。

4.研究のまとめと感想

最初の予測はオレンジだと思っていましたが、レモンが最も球に近い結果になりました。細長くつぶれて見えるのになぜ球に近いのか不思議でした。調べると楕円体または扁球体と呼ばれ、「円」や「球」の文字が入っているのが驚きました。体積の求め方も球と似ているので、球に近い形だと納得できました。

テニスボールも球に近いが球ではないということがわかりました。当たり前に思っていることも自分で調べてみると違っていることに気づくことができました。

球に近いかどうかを比べる方法は、どこを調べても見つからずとも苦労しました。自分の方法で比べることができたので楽しかったです。これからいろいろなことについて、ほんとうにそうなのか？と考えて調べていきたいです。

— 10 —

▲ 10 ページ目



竜王のニム:Wythoff Nimの変形

私立 関西学院高等部3年 戸國 友貴

1. はじめに

1.1. 研究の動機と目的

私は関西学院高等部数理科部に属しているが、このクラブでは近年、チャコレートゲームという組み合わせゲームを主に研究して国際学会のProceeding[6]、情報処理学会の[5]、IT系の国際雑誌[7]などで掲載されたが、昨年は純粋数学で定評があるIntegers誌[8]に掲載された。

今年になって、組み合わせゲームに関する私達の経験と知識を用いて新しいテーマを探し、有名なWythoffのゲーム[10](別名Corner the Queen)を元にして新しいゲームを作って研究することを思いついた。

Wythoffのゲームとは、2人のプレイヤーが、交互に2つの山から石を取る。1度に1つの山からならいくつでも取っても良く、同時に2つの山から取る場合は回数を取らなければならない。石の個数を0にした人が勝つ。簡単にゲームであるが、必勝手はかなり難しい計算になり、黄金比なども関わってくるので興味を持ってアマチュアや数学者が多くいる。

WythoffのゲームはCorner the Queenという名前でも知られている。それはチェス盤に1つのQueenを置き、チェス盤の1つのコーナーをゴールと決める。2人のプレイヤーが、交互に動かしていき、Queenをゴールに置いたプレイヤーが勝利となる。ただし、ゴールから遠ざかるような動きは許されない。Queenは縦、横、斜めにはいくつでも移動でき、斜めの移動は石とりゲームでは2つの山から同時に同じ個数取るのと数学的には同じであるから、石とりゲームと考えると、Queenを動かす問題と考えるのも同じである。

Wythoffのゲームの研究は多くの数学者によって行われているが、それらは後手必勝の状態であるP-positionのみを研究しており、Grundy数については公式を導くことは最良の解い未解決問題で、多くの数学者は簡単な公式は存在しないと考えている。そこで私はQueenの動きを変形することで、Grundy数の研究ができればと考えた。

Queenの代わりに何か良い動かないかと考えて、将棋の龍王(成龍馬)を使うことを思いついた。将棋の龍王を使う理由は、まず将棋では動きに関しては最良の駒と言うべきなので、チェスのQueenの動きを置き換えるには適していること、他のチェスの駒やインド将棋などに比べて、日本の将棋が海外で知られていないので、全く新しい研究になる可能性があるからである。

1.2. 研究の方法

組み合わせゲームに関しては、既にAlbert氏連の本の翻訳[2]、佐藤文広先生の[3]、一松信先生の[4]などがあるので、これらの本にある理論を使った。特にGrundy数に関しては、これらの本だけでなく、私達のクラブが持っている、これらの本に載っていないことも多くある中で研究には有効であった。

ある程度進展が認められてからは、積極的に[10]と[11]などの学会で発表して意見を聞くようにした。また、全日本数理科科学の得意な高校生や大学生が集まり、トップレベルの研究から指導を受ける大川セミナー[15]において、参加者として研究発表の機会をもらうことができた。そのとき貴重な意見を聞くことができてとても参考になった。

私の属する数理科部の顧問である宮中教授は数学者であるが、先生がいつも言っておられるようにゲームのような具体性がある分野では、専門の数学者よりも高校生の方が良いアイデアを出せることが多い。

1

▲1 ページ目

定義 3.3. 二つの石の山があるとする。二人のプレイヤーは交互に片方から両方から石をとる。そしてプレイヤーはどちらか一方の山からは1つだけ石をとることができ、プレイヤーは同時に片方の山からn個、もう一方の山からm個とることができ、ただし $n+m \leq p-1$ である。ここで p は固定された自然数である。

注意 3.2. 定義 3.2 と定義 3.3 は数学的に同じである。

例 3.1. 図 3 は龍王の動きを表している。図 4 と図 5 は $p=4$ と $p=8$ の時の一般化された龍王の動きを表している。図 6 は p についての一般化された龍王の動きを表している。



図 3: 龍王の動き



図 4: $p=4$ についての一般化龍王の動き



図 5: $p=8$ についての一般化龍王の動き



図 6: p についての一般化龍王の動き

例 3.2. 表 3 は $p=4$ についての一般化された龍王のGrundy数の表である。表 4 は $G(x,y) = \text{mod}(x+y, 4) + 4(\lfloor \frac{x}{4} \rfloor \oplus \lfloor \frac{y}{4} \rfloor)$ の表である。

0	1	2	3
1	2	3	0
2	3	0	1
3	0	1	2

表 3: Grundy 数

0	1	2	3	4	5	6	7
1	2	3	0	5	6	7	4
2	3	0	1	6	7	4	5
3	0	1	2	7	4	5	6
4	5	6	7	0	1	2	3
5	6	7	4	1	2	3	0
6	7	4	5	2	3	0	1
7	4	5	6	3	0	1	2

表 4: $\text{mod}(x+y, 4) + 4(\lfloor \frac{x}{4} \rfloor \oplus \lfloor \frac{y}{4} \rfloor)$

図 3 と 図 4 は同じものである。よって $p=4$ についての一般化された龍王のGrundy数は $G(x,y) = \text{mod}(x+y, 4) + 4(\lfloor \frac{x}{4} \rfloor \oplus \lfloor \frac{y}{4} \rfloor)$ だと予想する。一般に、予想 3.1 を導出する。

予想 3.1. p についての一般化された龍王 Nim の Grundy 数は $G(x,y) = \text{mod}(x+y, p) + p(\lfloor \frac{x}{p} \rfloor \oplus \lfloor \frac{y}{p} \rfloor)$

予想 3.1 を 定理 3.1 として証明するが、そのために幾つかの補題が必要である。

5

▲5 ページ目

定義 2.2. 3つの石の山があり、2人のプレイヤーが1つの山からならいくつでも石をとれ、3つの山から同時に取る場合は、それぞれから1つずつとれるゲームがある。そして石の個数を0にした方が勝つ。



図 1: 座標の定義



図 2: 龍王の動き

定義 2.3. 引き分けのないゲームであるから、すべてのマス(位置)は次のどちらかになる。

(a) N-position とは、先手のプレイヤーがそこから正しく動かして勝つことができるマスとする。これは先手必勝ポジションと呼ばれることもある。

(b) P-position とは、後手のプレイヤー(先手の次のプレイヤー)がそこから正しく動かして勝つことができるマスとする。後手必勝ポジションと呼ばれることもある。

そして、ここでの研究にはGrundy数を使う。Grundy数を定義するために、いくつかの定義をする。

定義 2.4. ゲーム G の中のマス(位置)を p とし、 p から一手でいける全ての位置の集合を $\text{move}(p)$ とし、表す。

定義 2.5. 龍王の動きである $\text{move}((x,y))$ を $1 \leq x,y$ を満たすような $x,y \in \mathbb{Z}_{\geq 0}$ に対して決める。

$$M_1 = \{(u,v) : u < x\} \quad (1)$$

$$\text{かつ} \quad (2)$$

$$M_2 = \{(x,v) : v < y\}, \quad (3)$$

と決める。ここで、 $u,v \in \mathbb{Z}_{\geq 0}$

$$M_3 = \{(x-1, y-1)\}. \quad (4)$$

と決める。ただし $x,y \geq 1$ 。このとき (x,y) から動ける位置の集合を次のように決める。

$$\text{move}((x,y)) = M_1 \cup M_2 \cup M_3. \quad (5)$$

注意 2.1. 集合 (1) は左に動くことを表し、集合 (3) は上に動くことを表している。集合 (4) は左上の斜めに一つ動かすことを表す。図 2 参照。もし $x=0$ のときだと M_1 は空集合、 $y=0$ のときだと M_2 は空集合であり、 $x=0$ または $y=0$ のときだと M_3 は空集合である。

定義 2.6. (i) 非負整数の集合 S の $\text{mex}(S)$ とは S にない最小の非負整数のことである。

(ii) ゲーム G のそれぞれのマス(位置) p は Grundy 数をもち、それを $G(p)$ と記す。Grundy 数は $G(p) = \text{mex}\{G(h) : h \in \text{move}(p)\}$ というように帰納的に計算される。

例 2.1. mex の計算の例 mex

$$\text{mex}\{0, 1, 2, 3\} = 4, \text{mex}\{1, 1, 2, 3\} = 0, \\ \text{mex}\{0, 2, 3, 5\} = 1 \text{ and } \text{mex}\{0, 0, 0, 1\} = 2.$$

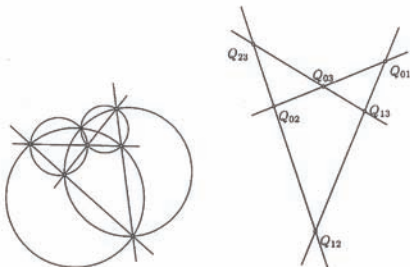
3

▲3 ページ目

講評

組合せゲーム理論という難しい数学を活用して新しいゲームを提案し、必勝形などその数学的性質を明らかにした優れた研究です。日本将棋の要素を取り入れることで、国際的な研究としてのオリジナリティを出そうと着想した点や Mathematica の本格的な活用および国内外の過去の文献レビューなど、研究の進め方についても高く評価できます。新ゲームに付けられた「竜王のニム」という名称もとってもクール！ 今後のさらなる成果も期待できる研究です。

中央審査委員会



証明 直線を l_0, l_1, l_2, l_3 とし、 $i < j$ に対し l_i と l_j の交点を Q_{ij} とする。 $Q_{12}Q_{23}Q_{13}$ と $Q_{02}Q_{23}Q_{03}$ の外接円の交点を Q (Q_{23} と異なる) とおく。対称性から $Q_{01}Q_{13}Q_{03}$ の外接円上に Q があることを示せばよい。 π を法とする角度計算をすると、

$$\begin{aligned}\angle Q_{13}Q_{03}Q_{02} &= \angle Q_{13}Q_{23}Q_{02} + \angle Q_{23}Q_{03}Q_{02} \\ &= \angle Q_{13}Q_{12}Q_{23} + \angle Q_{23}Q_{02}Q_{03} \\ &= \angle Q_{13}Q_{12}Q_{02} + \angle Q_{12}Q_{02}Q_{03} \\ &= \angle Q_{13}Q_{01}Q_{03}\end{aligned}$$

となり、示された。 ■

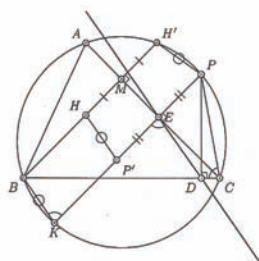
この証明では、はじめに対称性を崩しているが、それは角度計算をするためであるとかんがえられる。角度計算による証明は図を書かなくても機械的にできるという利点もあるが、対称性を保った証明をつけるためには使えないものだと考えられる。角度計算によらない方法として円錐曲線（二次曲線）を使うことを考えた。

2 Miquel の定理の放物線を使った証明

2.1 放物線の初等幾何的性質

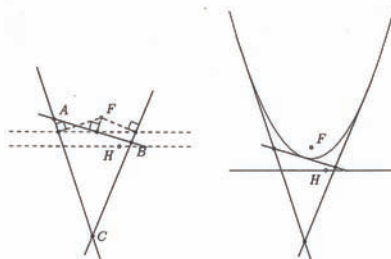
次は放物線の定義である。この定義は初等幾何的に扱いやすい。

定義 2.1 直線とその上にない点を与えられたとき、点からの距離と直線からの距離が等しい点の軌跡を放物線という。このとき、その直線を準線、点を焦点という。また、焦点から準線におろした垂線が放物線と交わる点を頂点という。



この命題を用いて命題 3.1 が証明できる。

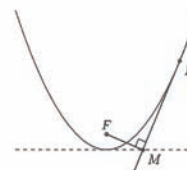
証明 与えられた完全四辺形に対し命題 2.4 より定まる放物線をとる。4 接線のうちの各 3 接線のなす三角形に関して、命題 2.6 の証明と命題 3.3 から垂心が放物線の準線上にあることがわかる。 ■



3.2 命題 3.2 の証明

放物線と中点に関する性質として次がわかった。

命題 3.4 P, Q を放物線上の点とし、 l, m を P, Q における放物線の接線とする。 l, m の交



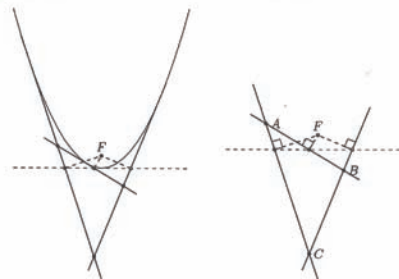
2.2 Miquel の定理の証明

与えられた完全四辺形に放物線を関係させるために次の命題を使う。ここで放物線の別の特徴付けが役立つ。

命題 2.4 どの 2 直線も平行でなく、どの 3 直線も一点で交わらない 4 直線に対してその 4 直線すべてに接する放物線がただ 1 つ存在する。

証明 放物線とは無限遠直線と接する円錐曲線である。4 直線すべてに接する放物線とは無限遠直線と与えられた 4 直線の 5 直線に接する円錐曲線であり、5 直線は一般の位置にあるのでただ 1 つ存在する。 ■

放物線の 3 接線を見ると次の定理が使えそうな状況にあることがわかる。



定理 2.5 (Simson) 三角形 ABC と辺上にない点 F に対して、 F が三角形 ABC の外接円上

講評

放物線の任意の 3 接線が作る三角形の外接円はいつでもその放物線の焦点を通るという定理があります。青木君は放物線の初等幾何的な性質と対称性をうまく利用し、ミケルの定理との関係においてこの定理を証明し、さらにいろいろな発展的事項についても調べています。直角双曲線やまた、他の二次曲線における関連定理も発見しました。証明の見通しの良さ、また、対称性の使い方、発展事項の発見などに見られる数理能力の高さは疑いようがなく評価できるものです。

中央審査委員会



全5ページ

(4) 2年前に校内に作られた非常用タンク(下の写真)の容積を予想しました。ヒントは、かん瓶にかりました。

Q. 「400人分の3日分の水」のタンクの容積は？

考察 ● 5年で学んだ箱の容積の公式では求められない。
● かん瓶に、「タンクの中は、水がまんたん」と書いてあるから、「タンクの容積 = まんたんの水の1本量」だろう。
● 水の1本量を求めるために足りない情報は、「1人が1日に必要な水の量」。
図書館で調べた結果、「1日: 2L」が必要らしい。
出典: PHP研究所「水の大研究」より

1日に必要な水		1日に出ていく水	
飲み水 1L	→	息から 0.5L	合計 2.5L
食べ物 1L		皮膚から 0.5L	
たいてい水 0.5L		おしこ・うんち 1.5L	
(体の中で使われる水)			
合計 2.5L			

考察から、 $(2L \times 400人) \times 3日分 = 2400L$
 $1L = 1000cm^3$ なので、 $2400L = 2400000cm^3$
 $1m^3 = 1000000cm^3$ なので、 $2400000cm^3 = 2.4m^3$
 A. 壺川小学校のタンクの水の1本量は2400L。
 球の入れ物の容積は、 $2.4m^3$ と予想しました。

— 4 —

▲4ページ目

講評

熊本地震のために自分の学校が避難場所に使われたという経験から、学校の施設の面積や貯水タンクの体積を計算して、何人の被災者に対してどのくらいのスペースを確保できるか、何日間分の飲料水を確保できるのかななどを推定しています。自分自身が直面した被災というリアリティと真剣に向き合って、研究に取り組んだ態度がすばらしいと思います。

中央審査委員会



全8ページ

テニスコート作り時短レシピ
～作図と三平方の定理を利用して～

鉾田市立大洋中学校 3年 竹澤 風花

1 動機
私は、ソフトテニス部に所属していた。3年生の部員は、私一人だった。そして、7月の総合体育大会を最後に部活動を引退したが、部活動からたくさんのかたちを学ぶことができた。
私たちの学校のテニスコートは、全部で5面あるが、年々、部員数が減ってきたこともあり、現在は、2面しか整備できていない。残りの3面は、ラインテープを取ったままになっているので、正確なコートの大きさが分からないまま、練習をしていた。
そこで、後輩たちのために正確なテニスコートを描くことで、ソフトテニス部への感謝の気持ちを表したいと思った。また、後輩たちだけでも簡単にテニスコートが描けるレシピを考えて、残していきたいと思った。

2 目的
正確なテニスコートを、できるだけ少ない手順で簡単に描く方法を見つけ、他の人でも簡単に描けるレシピを作成する。

- 1 -

▲1ページ目

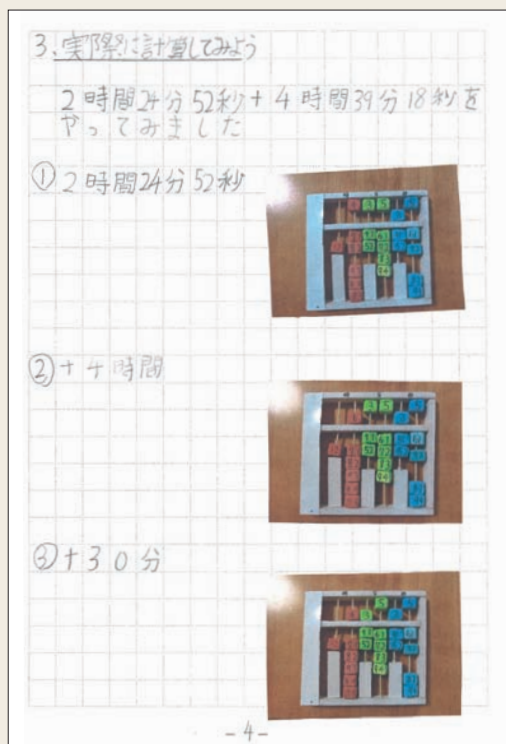
講評

テニス部員としてテニスコートのライン引きの効率化を後輩に教えてあげることが目標とした研究です。最短でラインを描くための作業手順を実際にコート上で試していく中で、数学で習った三平方の定理を使えることに気づき、最適な作業手順の発見に至り、「時短レシピ」と結論づけたところから、テニス部の後輩への思いが伝わってきます。

中央審査委員会



全6ページ



▲4ページ目

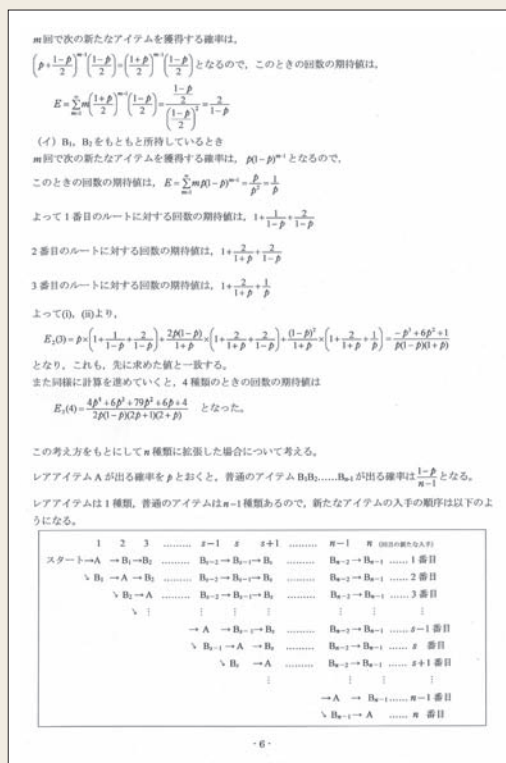
講 評

計算が苦手だということからの出発で、時間の計算を「そろばん」という形でできるように工夫しました。位を、「秒」「分」「時間」という仕組みにして、計算が簡単にできるようにしたところが面白いものとなりました。実際に「そろばん」を作り、それを使ってみて、繰り上がりが難しいと感じています。ほかのものでも「仕組み」を調べる勉強は役に立ちます。こんな工作はなかなか楽しいのではないかと感じました。

中央審査委員会



全9ページ



▲6ページ目

講 評

おまけが何種類あるとき、お菓子を平均何個買えばおまけが全種類揃うかという問題は昔から有名な問題で解法もいろいろあります。本研究ではそれらを自然に拡張し、レアアイテム(当たる確率が低いもの)が存在する場合について全種類が揃うまでの平均回数をうまく求めています。高校生の程度をやや超えた数学も使いこなし、高校生の数学の自由研究レポートとしてはオリジナリティが感じられ、高評価で、表彰されるに十分値すると思います。

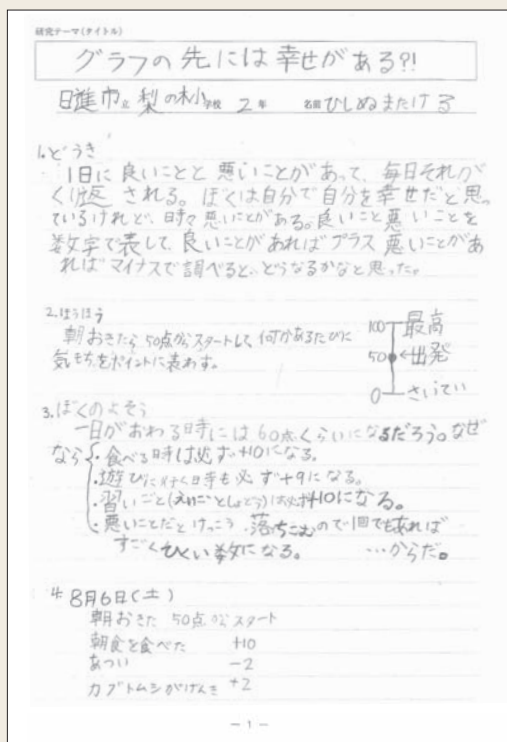
中央審査委員会

審査員特別賞

グラフの先には幸せがある？！

愛知県 日進市立梨の木小学校2年 菱沼 武龍

全 5 ページ



▲ 1 ページ目

講評

自分のことを幸せと感じているたける君が、そのことを、数字を用いて示した作品です。とにかく面白い！ 朝を50点として、毎日の終わりは60点くらいと予想。いろいろな良い・悪い出来事に点をつけて数日間の幸せ値の推移をグラフで見ました。兄弟げんかは-5、昼ご飯は+10のように。結果、毎日ボコボコ上下しながらも一日の終わりには必ず上がり、幸せとわかって、うれしくて100点満点の気持ちのたける君。審査員特別賞受賞おめでとう！

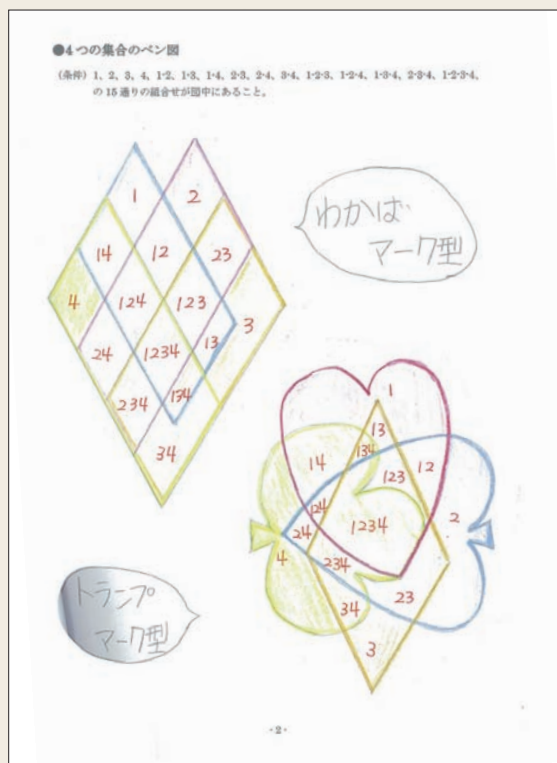
中央審査委員会

審査員特別賞

見て楽しいベン図！ 4つ以上の集合をかわいい図で表せる？

京都府 立命館小学校6年 鍵井 心花

全 5 ページ

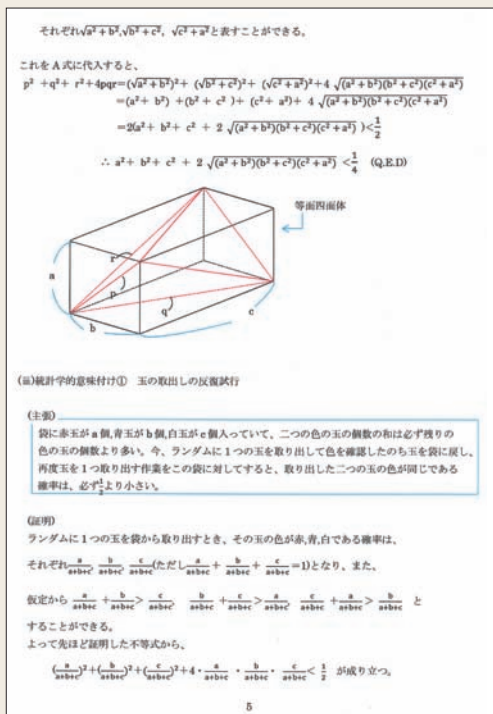


▲2ページ目

講評

3つの円を組み合わせることで3つの集合を表すベン図を描くことは簡単にできます。でも、4つの円では4つの集合のベン図は作ることができません。この研究では、どのような図形によって4つ、5つの集合のベン図が表現できるかを調べています。女の子らしく、いろいろな形の図形を使ってベン図を作り、楽しい絵に仕立てられていて、見るだけで楽しい作品です。

中央審査委員会



▲ 5 ページ目

講評

数式を解釈することと数式に表現すること(この2つは式を読む、式を書くと言われたりします)を自由自在に巧みに、そして楽しんで行っているすばらしい作品です。独自の視点で数式を使いこなして、幾何学的意味づけや統計学的な意味づけを見だして付与しており、独創的な優れた考察になっています。新たな評価式の導出という点でもたいへん興味深い内容です。

中央審査委員会

塩野直道記念

第 5 回「算数・数学の自由研究」作品コンクールへのお誘い



●応募資格

- 小学生、中学生、高校生(海外の日本人学校も含む)
- ・小学生…低学年の部(1～3年)と
高学年の部(4～6年)に分けて審査します。
 - ・中学生
 - ・高校生(高等専門学校3年次までを含む)
- ※同学年のグループでの応募も可能です。

●応募作品

- 日常生活や社会で感じた疑問を算数・数学の力を活用して解決する、あるいは、算数・数学の学びを展覧させて新たな数理的課題を探究する中で、気づいたことやわかったこと、自らの解決の方法などをレポートにまとめてください。
- ・小学生…A4判の用紙(片面)で5枚以内、
またはA3判の用紙(片面)で2枚以内
 - ・中学生・高校生…A4判の用紙(片面)で10枚以内
- ※立体的な作品や、立体的な制作物を添付した作品の応募はお断りします。

●応募方法

- 理数教育研究所のホームページにある応募票に必要事項を記入し、作品と一緒に送ってください。
- 送付先：〒543-0052
大阪市天王寺区大道4丁目3番23号
(財)理数教育研究所
「算数・数学の自由研究」係
- 受付期間：2017年8月20日～2017年9月10日
(当日消印有効)

●応募にあたっての注意

- ・作品は図や写真も含めて、応募者本人のオリジナル作品に限ります。
 - ・他のコンクールなどで審査中の作品や過去に入賞した作品の応募はお断りします。
- ※応募ならびに審査と表彰についての詳しいことは、ホームページをご覧ください。

第7回

育て！ 音楽的な
数学教育&数理女子

ジャズピアニスト・作曲家

中島 さち子 / なかじま さちこ

1996年国際数学オリンピックインド大会で日本人女子初の金メダル、翌年のアルゼンチン大会で銀メダル獲得。東京大学で数学を専攻する一方、ジャズに出会い、卒業後本格的に音楽活動開始。2010年ピアノトリオCD「REJOICE」リリース。2012年『人生を変える「数学」そして「音楽」』（講談社）出版。現在は、音楽活動や数学研究のほか、全国で数学や音楽の講演活動、教育、グローバル人材育成（Phoenix Consulting）などに携わる。「算数・数学の自由研究」作品コンクールの中央審査委員を務める。

第一回数理女子ワークショップのご報告

2016年8月27日土曜日、東京大学駒場キャンパスで「母娘で楽しむ数理ワークショップ～デザインに潜む数学～」を実施しました。主要企画メンバーは、私中島と、佐々田槇子（東京大学大学院数理科学研究科准教授。なお、佐々田先生は、慶應大学の坂内健一准教授とともに、数学の魅力をより女性に伝えたいという思いから、数理女子ウェブサイトを立ち上げており、私も立ち上げ当初より少しずつ協力をさせていただいております。^{※1}

本ワークショップは、「数理女子を増やしたい」という夢と、学問としての数学と社会をリンクさせつつ「新しい21世紀型の学びを開発したい」という夢をかけ合わせて実現しました。数学者や、数学を社会で活用する多彩なメンバーが



図1 数理女子ワークショップの参加者たち

集い、3か月の議論や切磋琢磨の末に当日を迎えました。

当日は約15組の女の子（小学校高学年～中学生）とお母さまが参加。チューターも多数参加し、母・娘の2部屋に分かれて、約7時間のワークショップが開始しました。

なお、今回のワークショップ全体のテーマは「あなたも数学者！」。さらに、午前は「数学を発見しよう」、午後は「数学で創ろう」のテーマをもとに、数学の発見の醍醐味や世界のいろいろな場所に応用されている数学を体験してもらう構成としました。具体的には、前回ご紹介した「平面上の繰り返し紋様の中に隠れた対称性」を題材としました。

午前は、エッシャー作品のような「繰り返し紋様」をもとにまずさまざまな発見や絵の分類をしてもらいました。答えは無数。子供も大人も、次から次へとさまざまな発見をしてくれ、チューターも講師も正直、驚きの連続です！ OHPシートをくると回転するともとの絵と重なることに気づく人がいたり、「目と目を結ぶと正方形になる！」と声をあげた人がいたり、1つの絵の中に60度、120度、180度の回転対称性を発見する人がいました。ほとんどの絵に目があると気づいたお母さまも（笑）！ グループワークで実施した「分類」でも、生物と無生物の違いから、目の有無、平行移動対称性や線対称性の有無、回転対称性の有無や回転角度の違い…など、実に多種多様な分類方法が発見・発表されました。

午後は、数学者×デザイナーの対談（司会：株式会社Change Wave 代表 佐々木裕子氏）と、しばしの遊び時間（日本テセレーションデザイン協会のタイリングパズル、ペンローズタイリング、対称性で遊べる「千手観音 iPad アプリ」、3次元エッシャー的立体など）を経てから、いざ創作の時間へ。「エッシャーになろう！? ルールブック」を用いて、一人一人対称性の型を決めて、絵を描いてコピーして切り貼りし…と、オリジナル繰り返し紋様作品を創りました（図2）。



何が発見できる？



何を描こう？



皆でわいわい議論→発見

＜参加者作品例＞



『茶帯の柔道家』



『音楽』



『逗子海岸』

図2 創作活動のようすと作品例

参加者作品例、いかがでしょう。すごい発想力ですよ！

2つ目の作品のタイトルにもありますが、私はこうした発想は極めて音楽的だと感じます。ジャズで即興をするとき、私たちは無意識のうちに対称性を感じながら、美しくも不可思議な構造を構築しながら音を紡ぎます。そこに独創的なアイデアを散りばめることで、音がストーリーとなり、曲となります。特に女性は想像力豊かに論理と感性をつなげるお話を創ることがうまい方が多く、私自身、新しい音楽的な数学教育の在り方を、数理女子対象のワークショップを企画することで新たに発見できたような気持ちになりました。

なお、アンケートの結果は満足度 100%。最初は緊張気味の娘さんとお母さまでしたが、アンケートでは、「私でもワークショップについていけて楽しめたことにびっくりしました！」「デザインと数学が深くかかわっていると知って驚きました」「子供のように大人も熱中できることに驚きました」「I don't like math --> I like math!!!」「対談は目からうろこでした。数学と生活（美術、コンピューター）が結びつきました」「つい夢中に」「自分もエッシャーになれたようで楽しかったです」「娘が数学で困っているようすでしたが、実はこういうワークショップをととても楽しんでいるようすを目の当たりにして、驚きました」「答えが一つしかないのが面白くない学問だと思っていましたが、答えを導き出すプロセスはいくつもあり、考えることそのものが数学にとって大切だと気づいた」「数学って難しいけれど、キレイで楽し

い！」…など、さまざまうれしい声をいただきました。帰宅後、お母さんと娘さんとワークショップにて発見したことや作品について語り合う時間もあったようです。

図3は、帰宅後にルールブックのすべての方法にチャレンジした（もともと数学は苦手かなとおっしゃっていた）お子さんの作品です。お母さまは娘さんが自分よりデザインの中の数学を理解していると驚いていらっしゃいました。

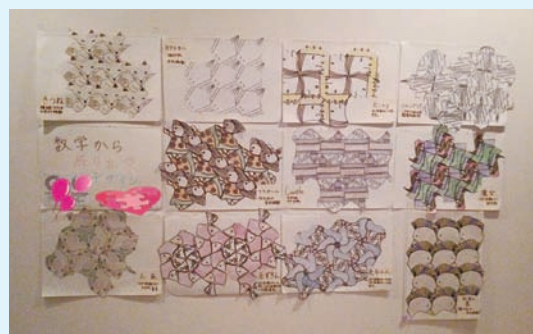


図3 11種に挑戦！ 対称性もたくさん発見（小6）

21世紀型の音楽的な数学カリキュラムの可能性

こうして、第一回数理女子ワークショップは無事成功に終わり、年に一度は同様の形式で開催を継続していくこととなりました。同時に、こうした試みを通じて、「21世紀型の新しいアクティブ・ラーニングの数学プログラム（本物の数学と学校の数学が結びつく＋数学と社会が結びつく）」の可能性と開発の苦労、そして醍醐味を改めて味わいました。

私は最近、北陸4県や近畿7府県をはじめ、さまざまな地域の数学教育研究会にご招待いただき、数学・音楽・創造を絡めた講演をさせていただいております。多くの場合、午後には各実験校のデモ授業や研究内容も紹介されており、いつもワクワク感動しています。こうした挑戦経験が積み重なり、多くの学校の「総合」の授業などで標準的に挑戦できる新プログラムへと昇華できればどれほど面白いだろうと今考え、私自身も今新たに動き始めています。

日本の算数・数学の教科書は非常に優れたものです。プロの数学者や教育者が集い、厳正な議論を積み重ねて、人類の叡智を標準的な教室の場に落とし込んできました。内容は他国の教科書に比べてきれいに構造化されており、多様なレベルの学校・教師にとってある程度同じように扱うことができる使いやすい設計となっています。

日本の教科書は特に「仕組まれた問題解決型 (structured problem solving)」^{※2}として、世界からも高い評価を受けています。日本では、教科書だけでなく、現場の先生方も学校の垣根を越えて授業改善・授業研究を進めてきた長い歴史があり、世界に誇れる部分が多々あります。ただし、日本の教科書は長らく、全般的に教室は一方的な知識伝達の場合として設計されてきたことや受験の功罪もあり、学習到達度調査 (PISA) などで明らかになったように、他国の教科書に比べて「数学と他科目との関係」「数学と社会の関係」「学習目的の理解」が不足しているのも現状です。より答えのない課題に向き合う力を育て、明確に主体的・協働的な学びへ誘う設計も求められていますし、これからの時代は、より感性 (情緒) や文化・社会とのリンクを重視すべきと考えます。

教育先進国フィンランドでは、現在、領域横断型で現象やイベントを総合的に学ぶプログラムをどんどん開発しています。日本でも、多くの先生方の知恵を結集させ、領域・科目横断型の学びを創造し、世界を牽引できる可能性も大きいと思います。数学×音楽、数学×社会×建築などのように。数学は社会のさまざまな側面で役立っているのですから！是非、本誌を読まれている先生方とも協働しつつ、より本質的な、躍動する21世紀型の学びを追及したいものです。

数理女子よ、育て！

もう一つの課題は、数学をはじめとする理系の女性がまだ

まだ少ないということです。2006年に文部科学省の「女性研究者支援モデル育成事業」が開始されて以降、女性研究者支援政策が進み、女性研究者数は増えてきましたが、諸外国に比べて伸びは遅く、2014年で未だ15%弱です (総務省統計局 2015)。数学に限ると数値はさらに低くなるでしょう。

国際的には^{※3}、2012年度に博士号を数学で取得した人のうち、女性の比率は、英国や米国は30%前後、ドイツやフランスは25%前後、リトアニアやポルトガルはなんと約70%、トルコは約50%と、積極的に国をあげて女性支援を実施した国はやはり成果を出しています。(ただし、教授となると女性比率が格段に下がるなどの課題もまだあります。^{※4})

日本では、女性が数学科に行こうとしたとき、親から「就職できない」「結婚できない」と反対された、というケースを時々伺います。結婚はともかく、「就職できない」は特に今の時代大きな間違いといえるのではないのでしょうか。米求人情報サイトのキャリアキャスト・ドットコム発表の2014年版「ベスト・ジョブ」ランキングでは、最も良い職業は数学者 (年間中位所得は10万1360ドル) でした。統計学者が3位、保険数理士が4位と、数学的な技能を要する職業が多く上位にランクイン。同サイトのトニー・リー氏は「数学のスキルがあれば就職の機会は大きく広がる」と述べています。しかも、数学分野の仕事は向こう8年間で23%拡大するとの見通しとか。^{※5}特にシリコンバレーでは今や数学者はひっぱりだこ。日本の初等・中等教育でも、もっと数学が社会のどこに役立つのか、どんな職業に生かせるのかが明示されれば、結果的に女性が理数系に進むことを後押しする文化が醸成されるかもしれません。歴史的にも女性数学者はまだまだ少数です。これからの数学・科学技術を切り開く女性たちがもっともっと増えるよう願って、数理女子応援の活動も発展させていきたいと考えています。❖

補足

- ※1 本ワークショップを企画した「数理女子」ウェブサイトは <http://www.suri-joshi.jp/>
- ※2 Stigler, J. W. & Hiebert, J., The Teaching Gap: “Best Ideas from the World’s Teachers for Improving Education in the Classroom, Free Press, 1999”
- ※3 Women in Mathematics: Change, Inertia, Stratification, Segregation (Cathy Kessel, 2015)
- ※4 ※3 参照。2005年数学教授女性比率は英3%, 独7%, 仏10%。
- ※5 Wall Street Journal Article (Apr. 14, 2014)

第7回

過渡期の混乱



東北大学高度教養教育・学生支援機構
准教授

山内 保典 / やまのうち やすのり

1977年愛知県に生まれる。2005年名古屋大学大学院教育発達科学研究科博士課程後期課程修了。博士（心理学）。名古屋大学大学院情報科学研究科（研究員）、大阪大学コミュニケーションデザイン・センター（特任研究員・特任助教）、大阪大学全学教育推進機構（講師）を経て、2016年より現職。コミュニケーションを軸に、科学の営み、科学者と市民の対話、科学技術政策形成への市民参加を研究・実践している。現在は、将来の科学者や研究者が学ぶ高等教育の在り方にも関心を広げ、カリキュラムの調査、開発、実践にも取り組んでいる。

ゲームは一日一時間

子供だったころ、「ゲームは一日一時間」という言葉をよく耳にしました。当時のゲーム名人、高橋利幸さんの言葉です。現代で言えば、SNS ルールに近いでしょうか。例えば、SNS 東京ルールにも「一日の利用時間と終了時刻を決めて使おう」があります。似ていると思いませんか。

高橋名人の言葉の背景には、ゲームと社会との長期的で健全な関係を育みたいという想いがあったといわれています。当時、ゲームが問題視されることも多くあったからです。

このように、ある科学技術が社会に普及する際に、社会との良い関係を築くために、ルールなどによって調整が求められることがあります。技術が社会に合わせることもあれば、社会が技術に合わせることもあります。すばらしい技術とい

うのは、さまざまな人や環境が利用します。それによって、社会に大きな変革をもたらすのですが、その中に、予想外の影響も含まれてしまう可能性を否定しきれません。現在、そのような技術の例としてロボットが挙げられます。

今回の作品は、ロボットの普及し始めた世界を描いた、30年以上前の作品です。今や、この作品で描かれた世界は、数年後まで迫った世界といえるでしょう。果たして、私たちの社会は、30年以上前に予想されたさまざまな混乱を回避し、ロボットとうまく共存できるのでしょうか。

今回のポイントー科学技術と社会の相互作用

この後、作品の最後に人間とロボットの関係について、あるユニークな現象と捉え方が提示されます。要約の最後が中途半端なのは、そのためです。ぜひ作品をご覧ください。

この作品は、よくあるSFのように、ロボットが直接的に混乱を引き起こしたわけではありません。ロボットは、何も問題なく社会に溶け込んでいましたし、警官の命令などにも従順に従っていました。一方で、社会にも問題はありませんでした。このようにロボットにも社会にも問題がないにもかかわらず、偶然、ロボットに対する罰金に関するルールの問題が顕在化されたことにより、連鎖的に社会に混乱が生じてしまう点が、この作品の興味深いポイントです。

作中で、警察や税務署は、ロボットの真の所有者が将来的に現れると想定し、ロボットに罰金を課しました。逆に言えば、真の所有者が現れるまでは、ロボット自身をロボットの所有者として扱うことを暫定的に認めました。それぞれの組織としては、混乱の少ない判断をしたように思います。

しかし、この判断は別の文脈で、問題を引き起こしました。保険に加入している、真の所有者の現れていないロボットが壊されたのです。部品が壊れただけであれば、保険会社は、その所有者でもあるロボット自身に保険金を払う形で対処できたでしょう。しかし、その所有者が受け取れないほど壊れてしまったのです。かといって、保険会社としては、契約に従って、誰かに保険金を支払わなければ詐欺になってしまいます。故意に壊したといった憶測を招くかもしれません。そうであれば、今回は「死」とみなして、お金で解決するのが、会社として最も混乱が少ないかもしれません。

しかし今回限りにせよ、保険会社がロボットの「死」を認

作品の概要 「過渡期の混乱」 星 新一
『さまざまな迷路』（新潮社）収録

いつのころからか、通行人を相手にキャンディーを売るロボットがあらわれるようになった。場所の移動、お金の受け渡し、簡単な会話ができる。目ざわりでもなく、あいきょうもあり、特に子供たちからの人気もあった。

ある日の夕ぐれ、二人組の警官のうちの一人が、商売禁止区域で営業をするロボットを見つけた。実際には、その警官は都会出身者ではなかったため、ロボットとは気づいていなかった。一人で近づいていき、違反を伝え、罰金の支払いを命じると、ロボットはすなおに従い、罰金を支払った。

その警官が、待っていた同僚にその話をすると、同僚は複雑な声で、ロボットだと知ってやったのかを尋ねた。警官は人間だと勘違いしていたことを認め、罰金徴収の是非について考えた。ロボットから罰金を徴収してはいけなかったのか。しかし、ロボットだからといって法規違反を見逃しては筋が通らない。同僚も判断できず、上司に報告された。

つぎの日、署内で処置について会議が開かれた。なんとなく見すごされてきた問題が顕在化したのだ。前例もない。しかし、いつかは直面しなければならない問題であり、今さら罰金を返すわけにもいかない。もし返せば、それが前例となり、物売りロボットが禁止区域にあふれるだろう。

議論の結果、ロボットの所有者を調べ、所有者に罰金の徴収を通告することになった。ロボットからの罰金の徴収には疑義があるが、ロボットの持ち主からであれば問題はない。しかし翌日、ロボットに所有者を尋ねると、所有者はいないと答えた。ロボットは自分で商売をしているというのだ。たしかに所有者の名前は書いていない。分解して部品の流通を調べればわかるかもしれないが、それは面倒だ。

そこで警察は罰金を返さず、所有者が文句を言いはじめたら、その人物からの罰金に切り替えることにした。ロボットだからといって違法を大目に見ていたことを反省し、厳しく罰金を取り立てる方針を立てた。ほっておけば、ロボットに違法商売をみとめて、なぜ人間にはみとめないのかという者が出現するかもしれない。他の警察もその方針に従った。

警察の情報をもとに税務署が動き出した。ロボットは自分で営業をして利益をあげていることが判明したのだ。ほっておけば、ロボットは利益をあげても税金を払っていないのに、なぜ人間は払わなければいけないのかという不満が出てくる。税務署は、キャンディー会社による脱税の可能性を考えたが、その証拠はなかった。税務署は、ロボットのようなまぎらわしいものを一掃したいと思ったが、税務署の都合で人気のあるロボットを一掃すれば反対論が出る。そこで税務署は、ロボットからの所得税の徴収を発表した。

警察と税務署の動きから、ロボットが現金を持っていることを知った男が、ロボットを壊して金を奪おうとした。その結果、電子部品が破壊され、修復不能となった。人間でいえば死に相当する。偶然、そのロボットは仲間のロボットを受取人にした保険をかけていた。ある保険会社が、話題になるだろうと傷害保険に加入させていたのだ。保険会社は手足の故障を想定していたが、電子部品が破壊されて修復不可能になった。内密にしては会社の信用にかかわる。そこで死と認定し、指定どおりに死亡の際の金額を支払った。

生命保険会社が死亡と認定したということは、この破壊行為は殺人なのだろうか。ロボットを壊したときの罪名は、今までは器物破壊だと思われていた。しかし器物と呼ぶには、所有者が必要だ。しかし警察も税務署も、ロボット自身がロボットの所有者であることをみとめ、それが慣行となっている。何かが存在し、それ自身がその所有者であれば、それは人間の肉体と同じではないか。その肉体が回復不能にまで破壊されれば、死亡といえる感じもする。こんな意見を耳にし、ロボットから強盗をしようとした男は青ざめた。

ロボットに選挙権を与えるべきだという政治家も現れた。その政治家は、住民税や戸籍がないのが問題であれば、それも作ってやればよいという。大衆は警戒心を抱き、反対議論が盛り上がった。反対という方向さえ決まれば、理屈はいくらでもつく。選挙権を与えるのであれば、被選挙権も与えなければならない。そうなれば、われわれは機械に支配されることになる。それは暗黒の時代だ。

いったい人間とは何なのだ。そんな議論がながながとつづいた。いつまでもつづくということは、すなわち、うやむやな結論をめざしているのである。

めたことは、ロボットの破壊行為が、器物破壊なのか殺人なのかについて、社会的に議論をせざるを得ないことになります。犯人の裁判が続いているからです。これについて、作中では終わりの見えない議論が始まりました。

この混乱の原因は、ロボットや意思決定をする組織ではなく、それらを取り巻く、社会の矛盾した考えにあるように見えます。ルールには一貫性を求める一方で、例えば、税金徴収ではロボットを人間と同じものとして、選挙権では別のものとして捉えたがっているように、考えが一貫していない以上、ルールも混乱せざるを得ないでしょう。

科学技術と社会は相互作用しており、その調和を保つために、共に変わっていく必要があります。しかし技術開発のスピードと、社会制度の設計および普及のスピードは異なります。そのため、科学技術と社会の関係を調整することは容易ではありません。とりわけ、以下に見るように、混乱は連鎖的に広がる一方で、それぞれの混乱に対する明快な結論が社会で出ない可能性があります。こう考えると、私たちは混乱の中で過ごし続けなければならないようにも見えます。

1 問題の連鎖は止められるか

商売禁止区域でのロボットの商売への罰金がないことが明らかになれば、その綻びを悪用しようとする者や、人間にも罰金免除を認めろという議論が出てきます。この問題に対処をしないのであれば、相当の説明が求められます。

問題に対処するには、科学技術や制度を変更しなければなりません。しかし、ロボットの一掃に対する社会からの反発が予想されたように、変更が別の混乱をもたらす可能性があります。また仮にロボットを一掃するのであれば、他の技術が認められている理由、評価対象技術の選定方法、異なる技術を平等に評価する方法、一掃するか否かの判断基準やその判断の正しさの検証方法など、次々に検討すべき問題が生まれます。その一方で、新技術や一度禁止した技術の普及を新たに承認する場合にも、事前チェックが厳しくなるでしょう。これは大きなコストを生みます。

加えて、対処する／しないにかかわらず、そこで行われる説明が、別の文脈にも適用される可能性にも注意しなければなりません。例えば、ロボットに選挙権を認めないという議論は、将来的に拡大解釈され、特定の人々の選挙権をはく奪する議論につながる可能性があります。

問題自体だけでなく、その問題への対処や説明も、別の文

脈で新たな問題を引き起こすとなれば、問題の連鎖は止められないように見えます。例えば、AがBに、BがCに、CがAに影響する円環構造に陥れば、解決は困難です。

2 問題は解決できるのか

作中では、ロボット破壊の罪名などをめぐって「いったい人間とは何なのだ」という終わりなき議論がなされました。それは結論をうやむやにするためだとされましたが、実は意図的ではないのかもしれませんが。現在、人文科学、社会科学、自然科学が、それぞれのアプローチで「人間とは何か」に迫り、暫定的な答えを出しています。そのどれもが答えになり得ます。例えば、作中では「何かが存在し、それ自身がその所有者であれば、それは人間の肉体と同じ」という議論がなされました。今後、ロボットや人工知能の研究が進展すれば、この問題はより複雑になるでしょう。誠実に問題に答えようと議論を継続すればするほど、それが事態の收拾の妨げになってしまうという悩ましい構造なのです。しかも現実には、ロボットがさまざまな形で導入されるので、この手の明快な解の出ない問題が他にも生じると予想されます。

現代の私たちとのつながり

新しい科学技術の導入後にどうなるのかは、導入してみなければわかりません。その一方で、わかったときには決定的な問題となって、時すでに遅しということも考えられます。

そこで、革新的な科学技術を社会に導入した場合に生じ得る問題を予測しようとする試みがあります。作品で見たように、そうした問題は必ずしも科学技術のみに由来するものではなく、社会制度や人間の考えも影響します。そのため、こうした問題の予測において、できる限り想定外を減らすための方法として、非専門家も含め、多様な人が議論に参加することが役に立つのではないかと考え方もあります。

さて私たちの社会は、過渡期の混乱が起きないように、十分に想像を広げ、準備できているでしょうか。思いがけない問題が生じた場合、誰がどう対処しますか。未知の問題であれば、所轄組織が明確にならない可能性もあります。初期対応の遅れが問題を深刻化させることは、よくあることです。この作品をもとに、将来あり得る世界に対して、想像を膨らませ、他の人と議論してみてはいかがでしょうか。 ❖

第7回

高校で脳科学は教えられているか？



東京都立国立高等学校 主任教諭

大野 智久 / おおの ともひさ

1981年茨城県に生まれる。2004年東京大学大学院総合文化研究科修士課程修了。在学中は松田良一教授に師事。2006年都立高校の教諭（理科・生物）となり、2015年より現任校に勤務。日本生物教育学会、日本生物教育会に所属。東京都生物教育研究会を中心に活動。日本人類学会や日本人類遺伝学会などの学会と連携し、「ヒトの生物学」の高校現場への導入を模索。上越教育大学の西川純教授の提唱する『学び合い』の考え方に基づく協働学習を実践。NHK高校講座の生物基礎の講師を務める。

脳科学神話と脳科学リテラシー

「右脳人間と左脳人間がいる」、「脳の90%以上は使われていない」、「ゲームは脳に悪い」、「脳トレで脳機能改善」、脳に関するこんな話を聞いたことがあるのではないのでしょうか。しかし、これらは「脳科学神話」と揶揄されるような、「怪しい」ものばかりです。

テレビ番組等では、MRIなどの脳の画像が示されることも多くあり、脳科学は今後私たちの日常生活にもますます浸透してくることが予想されます。そのような状況では、「怪しい」情報を見分けるための「脳科学リテラシー」が必要ですが、現行の高校生物では十分に扱っているとは言えません。

そこで、今回は、高校生物における脳科学の現状と課題について考えてみます。

教科書での扱い

高校生物および保健で使用されている教科書では、脳科学に関連する内容として、表1のような内容が扱われています。

表1 高校の生物、保健での脳科学に関連する内容

科目	項目	キーワード
生物基礎	生物の体内環境	自律神経系、内分泌系
生物	動物の反応と行動	ニューロン、感覚神経、運動神経、興奮の伝導、伝達、中枢神経系、末梢神経系、学習
保健	現代社会と保健	睡眠、薬物、欲求、ストレス

90%以上の高校生が学び、「リテラシー」を想定している『生物基礎』では、恒常性の維持に関連して、自律神経系と内分泌系が血糖量を調節している例などが取り上げられているだけです。これらは脳の中でも間脳の機能と関連しており、大脳に関してはほぼ扱いがありません。

理系進学者がおもに選択する『生物』では、神経における興奮の伝導・伝達は詳述されている一方で、脳に関しては大脳・間脳・中脳・小脳・延髄が紹介され、その働きが概説されているだけで、内容的には偏りが見られます。現行の学習指導要領解説では、動物の行動に関して、「神経系の働きに関連付けられる動物の行動を扱うこと」と書かれており、実際に教科書にはアメフラシのえら引込め反応や慣れ・鋭敏化などが紹介されています。これは、これまではなかった「シナプス可塑性」というものを扱うものですが、その理解を、ヒトの記憶のしくみなどにつなげるような扱いにはなっていません。単純に言えば、とても「もったいない」ものになっていると言えます。

脳科学は保健で扱われているか？

高校生物でヒトを中心的に扱わない一つの理由として、保健との内容の切り分けがあります。保健の教科書では、脳科学に関連する内容として、睡眠・薬物・欲求・ストレスなどが扱われていますが、ほとんどしくみには言及していません（表1）。脳の断面図が登場するのは、唯一、「欲求と適応機制」のページで、内容としては「大脳新皮質は、欲求と情動をつかさどる大脳辺縁系の働きをコントロールしている」というメッセージが書かれています。

この内容では、脳で何が起きているのか全く理解できませんし、これからの時代のリテラシーとして不十分です。「うつ」や「自閉症スペクトラム」の紹介もなく、例えば、「本人が悪いからこうなった」などの誤った理解を持っていたとしても、それが修正されずにそのままになってしまうかもしれません。

脳科学の学習の大きな目的は、しくみの理解など正しい知識を持ち、そのうえで、自分の健康につなげていけること、また疾患など他者に対しての理解を深め、無用な差別・偏見をなくしていくことだと思います。

脳科学は十分に整理されていない？

高校生物でヒトに関する脳科学を積極的に扱わない別な理由として、脳科学はまだまだ発展途上の分野で、教科書に書けるほどには十分に整理されていない、ということがあります。もちろん、これはある面では正しく、アメリカの「ブレイン・イニシアティブ」、ヨーロッパの「ヒューマン・ブレイン・プロジェクト」、日本の「革新的技術による脳機能ネットワークの全容解明プロジェクト（革命脳）」など、脳科学に関する大型プロジェクトがいくつも立ち上がり、毎年のように新しい発見があり、「動き」の激しい分野であることは間違いありません。しかし、一方では高校生に伝えたい「脳科学リテラシー」に関しては、現在の知見から十分に整理することが可能です。実際に、アメリカの神経科学学会では、脳科学の基礎的な標準テキストとして『Brain Facts』を公開しており、HPから無料で入手できます。2016年9月には、邦訳版もでき、こちらもHPから無料で入手できます。このテキストでは、「今知っておくべき脳科学」が整理され、記述されているのです。

文献の比較から考える

先ほど紹介したアメリカの神経科学学会作成の『Brain Facts』と似たような発想で、日本でも理化学研究所脳科学総合研究センターが中高生向けに『脳科学の教科書』という書籍を作成しています。これら2つの文献と、日本の高校生物の教科書の内容を比較しました（表2）。

すぐに気がつくのは、高校生物は「神経編」に対応する内

容は詳しいが、「こころ編」に対応する扱いは極めて少ないということです。それに対して、2つの文献で扱われている内容の特徴としては、①記憶、睡眠、感情など、ある程度整理されてきた内容を扱っている、②イメージングなど、技術的な内容を扱っている、③疾患に関連した内容をある程度網羅的に扱っているなどが挙げられます。ちなみに、『キャンベル生物学』でも、『脳科学の教科書』とほぼ似たような内容が（扱いの軽重はありますが）登場しています。

表2 各テキストの脳科学に関連する内容

内 容	脳科学の教科書	Brain Facts	高校生物
神経系の構造と構成細胞	○（神経編）	○	○
脳の進化と発達	○（神経編）	○	×
感覚のしくみ	○（神経編）	○	○
運動のしくみ	○（神経編）	○	○
記憶と可塑性	○（神経編）	○	△
ヒトの脳の構造と機能	○（こころ編）	○	△
脳を見る	○（こころ編）	○	×
言語思考のしくみ	○（こころ編）	○	×
情動と感情	○（こころ編）	○	×
脳の病気	○（こころ編）	○	×
睡眠	△	○	×
老化	×	○	×
神経倫理学	△	○	×

また、『Brain Facts』では、神経倫理学が独立したチャプターとして設定されています。私自身は、生命倫理を高校生物にも積極的に取り入れていくべきと考えているので、脳科学でも是非触れておきたい話題です。

「伝達」の内容から考えられること

高校生物では、脳科学の内容は扱いにくい現状があります。最後に2つほど、現行の学習指導要領のままで無理なく扱えるアイデアを紹介します。

1つ目は、神経の「伝達」に関しての話題です。「伝導」についてはイオンチャネルの開閉等も含めて、かなり詳細に書かれているのですが、「伝達」に関してはそれに比べると

扱いが軽くなっています。しかし、「伝達」のしくみをベースにして扱える内容は多くあります。

基本的な知識としては、シナプス前細胞で神経伝達物質が放出され、それがシナプス後細胞の受容体で受容されることや、神経伝達物質が、シナプスで分解されたり、シナプス前細胞にあるトランスポーターの働きで回収されたりして除去されること、そして脳ではさまざまな神経伝達物質が使われていることなどを知っていれば十分です。

疾患との関連で、パーキンソン病の患者ではドーパミンという神経伝達物質が不足し、うつ病の患者さんではセロトニンという神経伝達物質が不足しているという話題があります。どちらも神経伝達物質の不足を補う方向で治療を考えるわけですが、方法が異なります。

パーキンソン病では、ドーパミンの前駆物質であるL-ドーパが患者に投与されます。一方、うつ病では、SSRIという薬が抗うつ薬として使用されています。SSRIは、シナプス前細胞にあるトランスポーターに結合し、回収を阻害します。

神経伝達物質の回収の阻害に関連して、コカインや覚せい剤は、ドーパミンを回収するトランスポーターを阻害することで持続的な快楽をもたらします。また、薬物の使用により、シナプス後細胞では受容体が減少するため、興奮の伝達がうまくいかなくなるため、より多くの薬物を必要とするようになります(耐性)。

シナプスでの神経伝達物質の除去に関連して、サリンという毒物は、アセチルコリンという神経伝達物質を分解するコリンエステラーゼという酵素の働きを阻害してしまいます。

このように、「伝達」に関して、高校生物にある基本的な内容をもとに、さまざまな内容を扱うことが可能です。特に重要な点が、「こころ」の問題を扱えるということです。日本では、「薬学」や「心理学」にあたるような内容が高校ではほとんど触れられていないため、「こころ」の問題に科学的にアプローチすることがなかなかできません。「伝達」の内容をうまく広げて、「こころ」の問題にも、科学的にアプローチできるということを伝える意味でも、是非このような内容は扱ってほしいと思います。

ここで紹介したような内容を知識として伝えるだけでなく、考察課題として提示することも効果的です。例えば、「神経伝達に関してどのような異常が考えられるか、またそれに対してどのような治療が考えられるか」などを課題として提

示し、生徒に考察させることが可能です。

PBLで脳科学を取り上げる

現行の高校生物で扱えるアイデアの2つ目として、プロジェクト学習(PBL)の課題例を紹介します。

【課題】

脳科学に関する研究を1つ取り上げて、「研究の中心となる“問い”は何か」、「どのような方法を用いてどのような結果が得られたか」、「結果からどのようなことがわかったか」がわかるように説明せよ。

この課題に対し、最終的にA4用紙1枚程度の配布資料を作成し、10分程度のプレゼンテーションをしてもらいます。

テーマとしては、「どうすれば効率よく暗記をすることができるか?」「どうすれば英語が上達するか?」「人は何のために寝るのか?」「恋愛のドキドキとは何か?」など、さまざまなものが想定されます。テーマが思いつかないという生徒に対しては、いくつかのテーマを例示してそこから選ばせてもよいでしょう。

この課題の利点は、生徒自身が興味のある内容を取り上げることができること、プレゼンテーションがあることにより当事者意識をもって取り組むことができることなどがあります。そして何より、調べる過程や他者のプレゼンテーションを聞くことで、脳科学の奥深さに触れることができます。

どうしても教師目線で考えると「エッセンスを整理して、伝えきる」ことを考えがちですが、脳科学は、扱う内容が広範であり、教える中身が膨大になってしまいがちです。それよりも、まずは、この課題のように「学習の入口」を提供するだけでもよいのではないのでしょうか。

「わからない」ことを避けるのではなく、積極的に楽しむ。このことを、脳科学の学習を通して是非体験してほしいと思います。



参考資料

理化学研究所脳科学総合研究センター編、2011年、『脳科学の教科書 神経編』岩波ジュニア新書

理化学研究所脳科学総合研究センター編、2013年、『脳科学の教科書 こころ編』岩波ジュニア新書

「BrainFacts.org」<http://www.brainfacts.org/>

「BSI Youth」<http://www.brain.riken.jp/jp/youth/>

北翔大学「おもしろ算数教室」 地域の子供たちとの学び合い



北翔大学 教育文化学部 准教授

三浦 公裕 / みうら きみひろ

はじめに

我が国の子供たちの理数科離れがいわれて久しく、深刻な社会問題になっている。なぜ子供たちは理科や数学の学習に興味や関心を失ってしまったのか。小学生に算数の勉強がどのくらい好きかを質問した調査^{*1}では、算数が「好き」と答えた割合は1年生から6年生へと学年が上がるにつれて徐々に減少し、両者の差は20ポイントもあった。小学校の入学式、「何の勉強がしてみたい？」と尋ねると「さんすう」と答える児童は多い。子供たちにとって、算数の時間は楽しく、面白い教科であったはずである。しかし、学年の上昇に伴い、学習に対する意欲や関心などの減少が見られるとの報告^{*2}もある。算数の面白さや楽しさを体験することで、子供たちの理数科離れは克服できるかもしれない。

北翔大学「おもしろ算数教室」は、「なぜ?」「どうして?」を、体験を通して「わかった!」「できた!」にすることを目指す、小学生と大学生の学びの場である。その活動の一部を紹介させていただく。

「おもしろ算数教室」の誕生

北翔大学は、札幌市に隣接する人口約12万人の江別市内に位置する。私が所属する教育文化学部教育学科には、小学校の教諭を目指し、全道各地から学生が集まる。彼らは、教育に対する強い関心と、子供たちの成長を支えたいという情熱に満ちあふれ、小学校教師としての資質を十分に備えている。「おもしろ算数教室」の設立の目的は、そうした熱意ある未来の教師たちに、学校現場で役立つ「授業能力」を身に付けさせる場を与え、実践力を磨いてほしいと願い、当時の担当教授であった西村光弘氏が平成20年10月にゼミ活動の一環として始められた。開設当初は、学生の授業技術向上の場としての意味合いが強かったが、いまでは小学生の学び

表1 平成28年度 おもしろ算数教室の内容

学年	内容	日程
6年	①「正方形の面積の不思議」「ダブル魔方陣」 ②「年齢当てゲーム」「ハノイの塔」 ③「フィボナッチ数列」「21って言いたい」	9/24[土] 10/1 [土] 10/8 [土]
5年	①「さっさだて」「さいころの行方」「どっちが得かな」 ②「4を4回使って?」「タングラム」 ③「五進術」「500mL」	
4年	①「カレンダーの不思議」「誕生日当てます!」 ②「まある・さんかあく・しかあく」「変わり方調べ」 ③「電卓の不思議」「小町算2」	10/15[土] 10/22[土] 10/29[土]
3年	①「算数語と日本語」「コマの変わり模様」 ②「バンバンセブン」「九九表の不思議」「図形探偵になろう」 ③「不思議なたし算・引き算」「九九ビンゴ」	
2年	①「ぬけたレンガ」「どうやって切ったのかな」 ②「宝のありかはどこだ?」「数づくり」「仲間はずれ探し」 ③「形やきまりの推理」「ネズミのお食事」	11/ 5 [土] 11/12 [土]
1年	①「アイスクリーム」「かたちとことばのしりとりあそび」 ②「かいものごっこ」「小町算1」「なにができるかな?」 ③「チップ取りゲーム」「不思議なトンネル」「ピラミッドのなぞ」	11/26[土]

の場として広く受け入れられ、現在では地域の教育活動として高い評価を得るまでに至った。今年度は、表1のように、小学生を低・中・高学年の3ブロックに分け、それぞれ3回ずつ授業を行い、参加した小学生は75名、9日間の延べ人数は225人であった。また低学年では定員の20人を超える応募があり、キャンセル待ちが出るほどの盛況となった。

“疑問や不思議”が面白い

「おもしろ算数教室」では、学校の授業の復習や予習ではなく、普段の授業では時間的・物理的な制限からなかなか取り扱うことが難しい題材を、学生のアイデアを取り入れながら設定している。それらの題材には、子供たちの興味や関心を引き出すための“疑問”や“不思議”がいっぱい詰め込まれ、考えて、試すことで「なぜ」を解決する工夫が仕込まれている。そこには、算数科本来の目的である探究的な活動を大切に、子供たちの学ぶ意欲を高めさせたいという意図がある。授業を担当する学生たちは、十分に題材を分析し、ユニークで楽しい教材や教具を作り上げる。

また授業後の反省会では、子供たちは「楽しんでいたか」

「どんな学びがあったか」という観点で、授業を振り返り参加者全員で検証する。改善点は、次週の授業に向け指導案や教材・教具等に生かされる。またそれらの記録はファイル化され、後輩へと引き継がれていく。



図1 授業後の反省会を行う学生たち

■ 地域の方に支えられて

授業を参観いただいた保護者の方々にアンケート調査を実施し、「おもしろ算数教室」についての意見と感想をいただいている。以下感想の一部である。

- ・子供たちが興味を持てるように視覚的に工夫されていて楽しい授業でした。
- ・実際に触れ、遊びながらできる教材をたくさん用意していただき楽しそうでした。
- ・普段の学校では学べないこと、想像力や推理力を必要とする学習が興味深かったようです。
- ・今日の子供たちは元気過ぎました。先生方、負けないでくださいね。
- ・子供たちの距離が近く、親しみを感じ気軽に話しかけられると喜んでいました。
- ・息子が「おもしろ算数教室」を小学校で「楽しかった」と自慢げに話していました。また来年もお世話になります。
- ・とても熱意が感じられ、このまま素敵な先生に成長されることを願っています。

いただいた言葉の一つ一つにゼミ学生は励まされ、将来教師を目指す彼らの自信となっている。これらのアンケートは開設当時から大切に保管されている。



図2 子供たちとの楽しい授業のようす

■ 最後に

「おもしろ算数教室」には、本学の1,2年生がサポーター役として参加している。先輩の姿を見習って子供たちに寄り添い、優しく声をかけ学習を見守ってくれる。のちに彼らの多くが「おもしろ算数教室」を運営する強力な担い手となる。本ゼミに所属する学生は毎年入れ替わるが、題材の設定、教材・教具の準備、事前リハーサル、そして授業実践など、開設当初からの取り組みと精神は、伝統として確実に先輩から後輩へと引き継がれている。また算数教室を担当した学生が、全道各地の小学校の教員として採用され、子供たちに算数の面白さを伝えている。そんな先輩たちに追いつこうと、夜遅くまで教材・教具作りに汗する後輩たちの姿を眺め、北海道の算数教育に明るい未来を感じる。

北海道の小学校では、全国学力状況テストの結果が全国平均を下回り、現在子供たちの学力向上に向けた取り組みを全力で行っているところである。「おもしろ算数教室」が、微力ながら地域の算数教育に寄与できることを願っている。

今年度最後の授業が終わり、小学生が笑顔で「楽しかった。また来年来るね」に、「待っているよ。必ず来てね」と学生も笑顔で応じる。小学生にとってもゼミ学生にとっても、一年後の成長が楽しみな「おもしろ算数教室」である。 ◆

引用文献

- ※1 ベネッセ教育研究開発センター「小学生の計算力に関する実態調査」(2007)
- ※2 文部科学省・国立教育政策研究所「平成26年全国学力・学習状況調査 質問紙調査結果」(2015)

編集後記

今回は第4回 塩野直道記念「算数・数学の自由研究」作品コンクールの受賞者・作品の発表号ということで、3名の先生に本コンクールに寄せて子供たちの未来への可能性や期待を綴っていただきました。中央審査委員の先生方も「審査を終えて」で本コンクールに応募した皆さんに暖かいエールを送られています。これらの先生方の想いは子供たちはもちろん私も主催者にとってもたいへん力強い励みになります。2017年もきっと頼もしい作品と子供たちにたくさん出会えることでしょう。また、「科学史の散歩道」で、2016年ノーベル賞を受賞された大隅良典先生(理数教育研究所理事)を取り上げました。

(財)理数教育研究所 事務局

酵母で「オートファジー」の「謎」を解明

～若者たちに基礎研究の大切さを語る大隅良典～



© 朝日新聞社/amanaimages

ノーベル生理学・医学賞の賞状とメダルを手にした
大隅良典・東京工業大学名誉教授(2016年12月12日)

2016 年日本人として 4 人目のノーベル生理学・医学賞が大隅良典（東京工業大学名誉教授、理数教育研究所理事）に与えられました。生物の細胞内で起こる「オートファジー」という現象の仕組みを遺伝子レベルで解明することに成功した業績などが認められたのです。バクテリアを除き、生物が核を持つ細胞から成り立っていることは 19 世紀以来人々のよく知るところですが、電子顕微鏡の発明によって、細胞の核を取り巻く「細胞質」と呼ばれる部分の構造や働きもかなり明らかになりました。その一つがベルギーの細胞学者ド・デュヴ（1917～2013 年）によって発見、命名された「リソソーム」（1955 年）という構造物とそこで展開される「オートファジー」（自食作用：飢餓状態になった細胞が自らの不必要となったタンパク質を分解し、必要なタンパク質に再構成する作用。1963 年）という現象です。このように「オートファジー」の発見は早かったのですが、ラットなどの多細胞動物を材料にして

いた研究者たちにはその仕組みの解明は困難なものでした。そこに登場したのが大隅の研究でした。彼は東京大学在職中、別の研究目的で単細胞の酵母を光学顕微鏡下で観察していたとき細胞内を動く「小さな粒子」を見つけ（1992 年）、それが「オートファジー」と関わりがあると「ひらめき」、遺伝研究にとってラットなどに比べて細胞分裂速度が速いという利点を持つ酵母を材料にして、緻密な計画のもと根気強く研究し、この現象に関与する遺伝子を世界で初めて発見したのです（論文発表、1993 年）。



写真提供：東京工業大学

光学顕微鏡のモニターに映る酵母を観察する大隅と学生
(2016年2月4日)

この研究は当時大学院生だった塚田美樹の努力の成果で、今回の受賞記念講演では彼女の名前も紹介されました。大隅はこうした若い研究者に対して、平素から基礎研究の大切さを語っているそうです。現在、科学者はすぐに応用につながる成果を求められていますが、大隅の「想い」を生かすためには、じっくりと生物の「謎」と向き合う研究も可能にする「研究環境」が求められます。ノーベル賞受賞後、大隅は、若手研究者の育成も含めた「研究環境」の改善の重要性を指摘しています。（歴史的記事ですので敬称を略しました）

大阪教育大学名誉教授 鈴木 善次 / すずき ぜんじ