

日本の理数教育をサポートする

Rimse

Research Institute for Mathematics and Science Education

No. 39
February
2024

特集

学習指導要領に対する教育現場の受け止めと課題 II

第11回「算数・数学の自由研究」作品コンクール 受賞作品の発表



巻頭言

高校生に教えるべきこと／高校生がやるべきこと

東京大学 生産技術研究所 所長、教授 岡部 徹

特集 学習指導要領に対する教育現場の受け止めと課題 II

2 I とともに成し遂げた経験をもち、考え、伝え合い、行動する子供の育成

愛知県東栄町立東栄小学校 校長 後藤 理恵

6 II 自主・自立・自律 ～自らの未来を語れる生徒を育てる～

三重県東員町立東員第一中学校 校長 島田 真也

10 III 教育の原点と未来 ～過去の教えと未来への挑戦～

愛知県立足助高等学校 校長 谷上 正明

14 塩野直道記念

第11回「算数・数学の自由研究」作品コンクール 受賞作品の発表

15 受賞者一覧

20 作品の審査を終えてー中央審査委員からのメッセージー

22 表彰の集い

23 最優秀賞・優秀賞・特別賞ー受賞作品の紹介と講評ー

33 連載 やさしい電気化学 ～化学変化で起こす電気、 電気で起こす化学変化～ 第3回

身の回りの電池ーボタン形電池の種類と形状

東京学芸大学 教育学部自然科学系 教授 鎌田 正裕

36 連載 確率の現代的活用 第4回

メンデルの法則と確率・統計

東京大学 名誉教授／(株)ベイズ総合研究所 代表取締役 松原 望

39 連載 物理用語の成り立ち ～万物の根源を求めて～ 第4回

原子(アトム atom) IIー近代におけるアトム

元徳島県公立高等学校 教諭 西條 敏美

42 教育に新しい風を ～東京懇談会より～

シンクタンク「東京懇談会」における教員養成・校内環境・学習内 容アンケートの経年変化

茨城大学 教育学部 教授 小口 祐一

44 広場 地域教育で活躍する人々 第38回

東南アジア山奥の少数民族の子供たちの瞳の輝きに学ぶ ～学ぶことの意味と喜びを日本中に、世界中に広げたい!～

認定 NPO 法人 シーエスアールスクエア 理事長 穴戸 仙助

数学と言葉 第7回

数学用語 その2

geometry はなぜ幾何なのか

サイエンスナビゲーター® 桜井 進



東京大学 生産技術研究所 所長 教授

岡部 徹 / おかべ とおる

1965年京都市生まれ。ロンドン日本人学校、筑波大学附属高等学校を経て、1988年、京都大学工学部冶金学科卒業。同大学院博士課程へと進み、チタンなどのレアメタルの精錬に関する研究で1993年に博士号を取得。その後、日本学術振興会海外特別研究員として渡米、マサチューセッツ工科大学の博士研究員として約3年間留学。東北大学素材工学研究所(現:多元物質科学研究所)の助手として5年間勤めた後、2001年より東京大学生産技術研究所の助教授に着任し、2009年に教授に就任。2019年から2021年まで東京大学副学長、2021年に東京大学生産技術研究所所長に就任。専門分野は、材料化学、環境科学、循環資源工学、レアメタルプロセス工学。35年以上、一貫してレアメタルの研究に取り組んでいる。“プロセス技術がレアメタルをコモンメタルに変える”ことを夢見て、チタンなどの新製錬技術の開発を行っている。最近では、貴金属、レアアース(希土類金属)、などのレアメタルの製造プロセスや新規リサイクル技術、環境技術の研究も行っている。

高校生に教えるべきこと / 高校生がやるべきこと

デジタル技術の急激な進歩により、高校生が学ぶべきことは大きく変化している。特に、従来の記憶力をベースにした教育の意味は大きく低下している。AI時代に未来を担う高校生には、創造的で未来志向の教育を受けて欲しいものである。筆記試験で、単に処理速度や手際の良さを問う評価方法も見直す必要がある。

筆者は、職業上、また、自身のアウトリーチ活動の一環として、しばしば高校に招かれ「進路説明会」を行っている。そこでは、高校生に対して、将来の進路や職業を選ぶにあたって考慮すべきことをうまく伝えるように努めている。

高校生に対して、筆者は、教師の話を聞いて教室で学ぶだけではなく「良い友を作る」こと、「沢山の経験をする」ことが必須であり、「できること」に加えて「やりたいこと」を徹底的に追求すべきと説いている。

一方、社会に出ると、社会から「求められていること」への考慮が重要となってくる。そのためには、若いうちから少しでも、「できること」「やりたいこと」をしつつ、「求められていること」に対応できる能力をも身に付けておくべきことの重要性も伝えている。

「できること」を増やすには、コミュニケーション能力、論理的な判断力、将来予測・ビジョンを持つ能力の涵養が重要である。こうした意味では、数学的・論理的な思考能力、さらには、英語などの語学力は、若いうちに頑張って身に付けておくべきである。「できること」が多いほど「やりたいこと」も多くなり、また、社会に出てから役に立つ場合も多くなるからである。

右上の図は、STEAM教育の普及と推進を行っている「(一般社団法人)学びのイノベーションプラットフォーム(PLIJ)」主催の「女子高校生のための女性活躍応援イベント～企業におけるロールモデル～」(2023年6月17日開催)において、三菱電機株式会社 統合デザイン研究所・産業システムデザイン部の伊藤慎紀氏が使っていた図案をもとに、筆者なりに改変したものである。

筆者は同じ研究を35年間、延々と続けてきた。学生時代に追求した「やりたいこと」「できること」は、チタンをはじめとするレアメタルの精錬やリサイクルの研究であった。この研究は、最初の15年は社会からも求められず、評価もさ

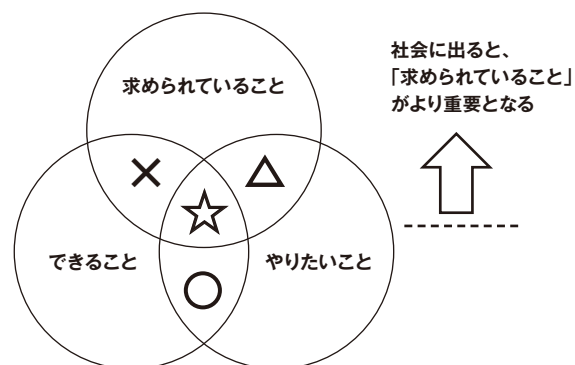


図. 進路や職業を選ぶにあたって考慮すべきこと。学生の間は、「やりたいこと」「できること」を追求すればよい。しかし、社会に出ると「求められていること」が重要となる。

れなかった。しかしながら、IT化の進展やEVの開発、環境問題の顕在化など、社会が大きく変化して、筆者が取り組んできた研究課題は、近年になって、社会から求められる重要なものに変化したのである。図で、○→☆に変化したといえる「きわめてラッキーなケース」である。

多くの友人は、本人の「やりたいこと」は犠牲にして「できること」と「社会から求められること」を仕事としている。図では、×の領域となる。これでは、不満やフラストレーションが鬱積するので、余暇を利用して稼いだお金で、○の領域を、いわば趣味や娯楽として追求することになる。

筆者のサジェッションとしては、若いうちは、図の☆を進路や職業として目指すべきであるが、社会が変化して○→☆となるケースもあるものの、逆に自身のやりたいことが変化して×→☆となるケースもあろう。若いうちには、まずは「やりたいこと」を追求し、「できること」を増やし、「社会から求められる」ようにする努力をすることも必要である。

このように見えてくると、従来型の記憶力重視の教育を延々と続けていては、時代の急激な変化に対応できず、教育効果が低くなるのは自明である。

今後は、未来志向の創造力重視の教育に軸足を移し、高校生が「やりたいこと」を自ら見いださせる教育に方向転換しなければならない。さらには、探究的な思考を支える論理的な思考能力を身に付けさせる方向で教育現場を再構築してほしいものと願っている。



I ともに成し遂げた経験をもち、考え、伝え合い、行動する子供の育成

愛知県東栄町立東栄小学校 校長

後藤 理恵 / こうりえ

愛知教育大学教育学部国語教室卒。1986年より愛知県公立小中学校教諭として北設楽郡内に勤務。愛知県教育委員会東三河教育事務所指導主事、設楽町立津具小学校長を経て2019年より現職。



1 ◆ 東栄町立東栄小学校の概要

東栄町は静岡県に隣接する愛知県山間北部に位置し、豊かな自然環境に恵まれている。古くより続く花祭の里としても知られている。私が教員になった昭和61年には町内に11校の小学校があったが、過疎化による統廃合が進み、平成22年に東栄小学校として町内唯一の小学校となった。今年度の全校児童は105名。今後もさらなる児童数減が見込まれており、「学校を核とした地域づくり」を合言葉に、次年度からの学校運営協議会・地域学校運営協議本部設置をめざしている。

子供たちは、さまざまな活動に協力して取り組むことができ、児童会を中心とした全校活動も活発である。運動会や学芸会、マラソン大会などに全力で取り組み達成感を味わうとともに、地域に元気な姿を発信している。

2 ◆ 研究の背景

学習指導要領が小学校で全面实施となった令和2年度は、まさにコロナ禍真っただ中であつた。臨時休校で幕を開けた学校現場では、感染症対策とともに、学習の場の保障、授業時数の確保に向けて、行事や活動を根本的に見直し、制限の中で何ができるか、何をすべきか日々知恵をしばり考えた。さらに、喫緊の課題である働き方改革も進めなければならぬ。令和3年4月には、東栄町教育委員会から年間360時間の在校時間制限を受けた。

しかし、コロナ禍や働き方改革が、学校運営改善の好機となったことも確かである。必要なことに必要な時間をかけるという当たり前に立ち戻り、状況に合わせて考える。急激な変化の渦中で、我々教員の意識は大きく変わった。育むべき資質・能力がこれまでと同じではいけないことも実感した。また、一人一台タブレット端末の整備が進み、ICT活用の準備も整った。

そのような中、本校は令和3・4年度の2年間、北設楽地方教育事務協議会からの研究委嘱を受けた。若手教員が多く、学級経営も授業づくりも日々研修という毎日である。いかに持続可能な研修体制を築き、日常の営みの中で力をつけていくか。めざす子供の姿「ともに成し遂げた経験をもち、考え、伝え合い、行動する子供」の育成を研究主題とし、「どの授業でもできる」「すべての活動に生かすことができる」手だてを明らかにしながら研究を進めることとした（図1）。

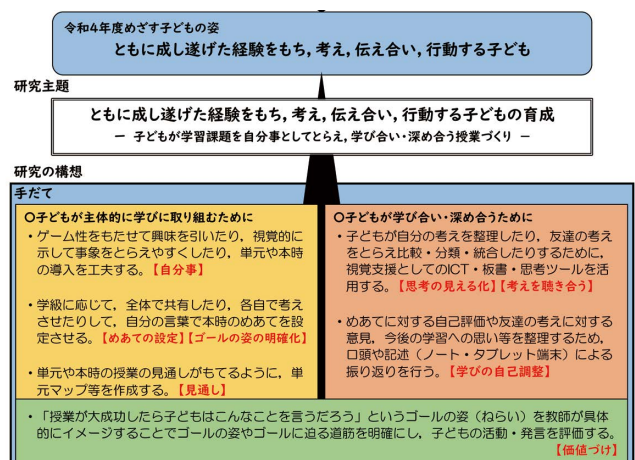


図1 研究主題と手だて（令和4年度 研究構想図）

3 ◆ 持続可能な研究体制の構築と意識の継続

本校はここ数年、新規採用教員が毎年赴任している。この実態を前向きにとらえ、校内初任者研修示範授業という形で、研究授業の日常化を図った。この研究授業は、より多くの授業を見て学ぶことをねらいとし、指導案は作成せず、単元名、本時のゴールの姿、授業の視点のみを示すこととした。2年間で約45回、ほとんどすべての教科の実践がある。研究の対象を1時間の授業とし、教科を固定しないことで、若手教員の日々の授業改善につながったと考える。

研究協議は、その日の授業後に30分間のハーフミーティング(HM)形式で実施した。「学びの研究室」という意味を込めた「まならぼ!」(校長室前廊下のコーナー)を会場(図2)に、研究主任がファシリテーターとして検討会を進め、輪番でホワイトボードシートに記録する。この記録を毎日必ず通る廊下に常掲することで、研究の足跡の見える化を図った(図3)。日々意識することこそが、学習指導要領の具現化につながると考えたのである。



図2 まならぼ! (学びの研究室)



図3 まならぼ!でのハーフミーティング

4 ◆ 手だてを合言葉にした研究実践

校内研究を進める上で最も重要なのは、手だての共有である。どんなに立派な研究理論があっても、それを日々の授業で意識し具現化できなければ意味がない。そこで、合言葉にできる具体的でイメージしやすい手だてを設定した。

(1) 子供が主体的に学びに取り組むための手だて

- ・導入を工夫し**自分事**とさせる
- ・**ゴールの姿を明確化**する
- ・自分の言葉で**めあてを設定**させる
- ・単元マップ等で学習の**見通し**をもたせる

「形の異なる当たりくじと外れくじを使って図形の特徴に着目させる(算数)」「去年の先輩の太鼓演奏動画を見せ、願いをもたせる(音楽)」「ブラックボックスでプロペラを回し、中身への興味を高める(理科)」(図4)など、導入の工夫は、若手教員にも取り組みやすい手だてであった。自分事となったかどうかは、めあての言葉やその後の取り組みで判断できる。毎時間の工夫と改善で、確実に子供の取り組みが変わることを実感でき、それがさらなる工夫への意欲につながった。

- T: 今からハンドパワーを見せるよ。
A: プロペラは回ってるけど、豆電球はあまり光ってない。
T: じゃあ、明るく光らせるよ。
はい!
A: 明るくなった! 何で?
B: プロペラも速くなった!



図4 ブラックボックスを使った導入の工夫(4年 理科)

単元マップには決まった様式はなく、学年、教科でさまざまなものがある。子供の課題を分類して作成したもの、教科書の流れを参考にしたもの…。いずれにせよ、単元マップが掲示してあることで、この時間に何をするのかがわかるとともに、授業と授業のつながりも感じられるようになった。

本校では、教師の提示する本時の課題とは別に、各自でめあてを設定している。「豆電球とプロペラがなぜ同時に動くのか解き明かす」「一緒につく理由をグループごとに話し合っ、みんなで発表しよう」同じ課題でも、個々にめあての表現は異なる。何を自分事としているかを知ることができ

るだけでなく、自分の言葉でめあてを設定すること自体が、見通しをもつことにつながっていることも明らかになってきた(図5)。

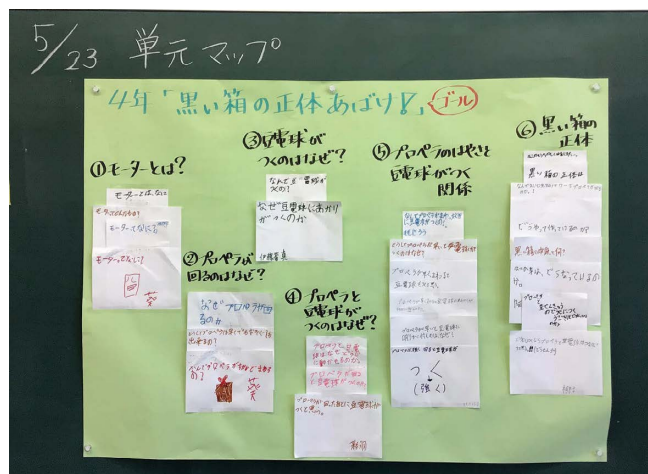


図5 子供と作った単元マップ(4年 理科)

(2) 子供が学び合い、深め合うための手だて

- ・板書やICT等を有効活用しての思考の見える化
- ・考えを聴き合う場の設定
- ・振り返りによる学びの自己調整

子供が学び合い、深め合うためには、自分の考えを整理したり、友達のをとらえて比較・分類・統合したりすることが必要である。ベテラン教員の板書術はもちろん、ICTや思考ツールといった新しいツールも取り入れ、思考の見える化に取り組んだ(図6)。

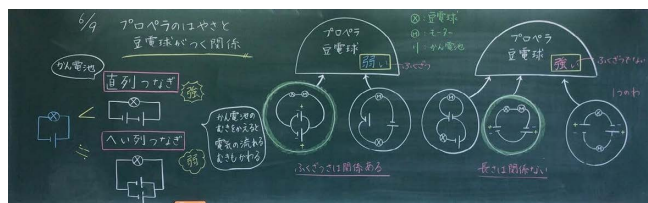


図6 思考ツールを使った板書(4年理科)

めあての設定と振り返りは、タブレット端末の導入により、格段に取り組みやすく、活用しやすくなった。「プロペラと豆電球が同時につくのはなぜか知った。3年生の学習でもやって、3年生の成果が出た気がする。」「ゴールに近づいている気がする。なんかわかった。前よりもわかった。」「ぼくの知恵だけ使えなかったけど、二人ががんばってくれたから②だけついた。ぼくもグループの一員だから、めあての『グ

ループの知恵を出し合って黒い箱の正体を暴こう』は失敗。」

振り返りを継続することで、既習の学習と結びついたり、さらに意欲を高めたり、次時への願いをもったりしていることがわかる。また、自分で設定しためあてに沿って、取り組みを評価しているものもある。学級全体としての学習の大きな流れの中に、個々の児童の願いや課題が確実にあり、それを主体的に追究していく。この積み重ねが、学びの自己調整につながると考えている。

(3) 「価値付け」で育てる・伸ばす

これらの実践を支え、子供のよさを引き出し広げる手だてが、「価値付け」である。研究の指導助言をお願いした玉置崇先生(岐阜聖徳学園大学教育学部教授)に提示していただき、東栄小学校の最も重要なキーワードとなっている。授業づくりの最初に「この授業が大成功したら、子供はどのようなことを発言したり、ノートに書いたりするだろう」というゴールの姿をイメージし、子供の言葉で明記する。そして、授業の中でそのような姿や発言があったとき、価値付け、広げていくのである。学び方や教科の本質に迫る姿は重要な価値付けポイントである。これにより、教師がぶれることなく授業を進め、「見方・考え方」につながる個々の姿をとらえられるようになってきた。

- ・モーターと豆電球が同時にというのがポイントだね。
- ・3年生の学習と結び付けているのがいいね。
- ・電気の通り道がきちんと1つの輪にならないといけ
ないんだね。

4年理科での価値付け例

- プロフィールワークシートは、人物像をとらえるのに有効だった。
- 心の距離の見える化もわかりやすい。
- 机間指導で個別に価値づけをし、意図的な指名につなげていた。
- ゴールの姿に迫る発言・つぶやきが多く見られた。子どもによる価値づけになっている。
- 👍 これを全体に広げる価値づけが欲しい。
- ◇ 個人・グループ・全体と場に応じた価値づけがあるのではない。

図7 ハーフミーティング(HM)記録の抜粋(4年国語)

ハーフミーティングの中で、合言葉とした手だてが自然に語られていることがわかる。具体的な手だては検証しやすい。日々意識できているからこそ、自分と比較しながら協議する

ことができるのである。特に価値付けについては、授業研究の回を重ねるごとに、広がりや深まりを感じることができた。褒めることとどう違うのか、教師が誘導することにならないか、といった議論から始まり、次第に教科の本質とは何か、個人と全体への価値付けのタイミングなどへ、さらに「もっと価値付けポイント」として、自分ならどう価値付けるかを考え伝え合うようになった（図7）。

ゴールを明確にすることで、手だてや価値付けポイントが見えてくる。見通しがもてることで、課題を自分事とし、学びを自己調整できるようになる。優れた価値付けで子供は変わる。あらゆる活動の場に応用できる手だてである。

5 ◆ 自主性と達成感を伸ばす「のびのびタイム」

令和3年度から取り組んでいる「のびのびタイム」は、子供たちが自らの力で全校活動を企画・運営する時間である。月曜日の6時間目に年間10時間ほど設定しており、自主性と達成感を伸ばす教育活動として位置付けている。児童玄関に専用の掲示板を設置し、まず、教師が実施可能な日を提示する。立候補制で、流れは以下の通りである。

- 1 友達と相談して内容を決め、実施日に名札を貼る。
- 2 起案書を作成し、担任に提出する。
- 3 起案書の内容を職員で確認する。
- 4 企画が認められたら準備を進め、各学級に説明に行く。
- 5 当日の運営をする。
- 6 感想を付箋に書いてもらい、振り返る。



図8 のびのびタイムの感想を書く子供たち

職員が起案書を確認するとはいえ、企画・運営は、ほぼ子供たちが自分たちの手で行っている。人数や学年に関係なく、自由に企画できるのも特色である（図8）。

ドッジボールを例にとると、「みんなでドッジボールをしよう→学年対抗トーナメント制ドッジボール→勝つぞ！王様ドッジボール→フリスビードッジボール→王様！！フリスビードッジ」のような形で変遷した。文句が出ないようにしたい、たくさんやりたい、力の差が大きいと面白くない…。日頃感じていた小さな不満を改善できる場を与えられたのである。子供たちは、さまざまな改善や工夫を繰り返し提案した。外遊びだけではなく、脱出ゲームや文字探しゲームなど、東栄小オリジナルな遊びが次々に誕生した。

何か月も前から休み時間に声をかけ合って準備を進める姿、当日質問を受けその場で必死に考え伝える姿、下級生の運営をさりげなく手助けする姿など、主体的に活動するたくさんの姿を見ることができている。令和3年12月に実施したオンラインアンケートの一部を紹介する。

- ・大規模だからこそ楽しくて面白い。
- ・新しい発想があつて、今までやったことがないものやチームやルールが違ったりして、それをみんなでフォローし合いながら進めるから楽しい。
- ・6年生が盛り上げてくれるから安心した。
- ・計画している人に言いたいのは、自分が計画している通りになるわけではない！ということ。

6 ◆ おわりに

「研究の日常化」をめざして、コツコツと授業を積み上げてきた。しかし、その日常は、教員不足などで簡単に崩れ去る危ういものである。学校のすべきことは、無理なく継続できるように場や体制を作ることだと改めて実感している。持続可能とは前年踏襲ではない。子供同様、振り返りにより改善しながら更新していくのである。教師主導から離れ、考え行動する場を与えたとき、子供たちのたくさんの思いと可能性を目にすることができた。子供の可能性を引き出す伴走者として、これからも日常を大切にしていきたい。◆

Ⅱ 自主・自立・自律

～自らの未来を語れる生徒を育てる～

三重県 東員町立東員第一中学校 校長

島田 真也 / しまだ しんや

三重県員弁郡東員町立中学校教諭，東員町教育委員会指導主事・副参事，東員町立城山小学校教頭を経て，2020 年度から現職。



1 ◆ 東員町について

東員町は三重県北部に位置し，田園を中心とした恵まれた自然環境にある。桑名市に隣接し，名古屋市などへのアクセスが可能で，平成 28 年度には東海環状自動車道東員 IC が完成し，広域へのアクセスがより便利になった。「ちょこっと田舎，ちょこっと都会，コンパクトなまち」がキャッチフレーズの一つであり，子育て・教育に力を入れている町である。

2013 年から取り組み始めた，命が宿ったマイナス 1 歳から中学校修了 15 歳までの継続した取り組み「東員町 16 年一貫教育プラン」(東員町 HP 参照) に，東員町教育研究会(町内 6 幼稚園・保育園，6 小学校，2 中学校，教育委員会で構成)が連携して取り組んでいる。プランの中心は，子供たちの「意欲」を高める保育・教育や取り組み，幼児期，児童期などそれぞれのステージで，保護者が子育てで大切にしたいポイントを伝え，子供たちの「基本的信頼感」「自己肯定感」「自己有能感」の 3 つの感(3 感)を育むことである。このプランを基にさまざまな取り組みを行っているが，この実践は中学生となった子供の 3 感の高さや，課題はあるが学校の落ち着きに表れている。

2 ◆ 東員町立東員第一中学校について

本校は各学年 4 学級，特別支援学級 3 学級，生徒数 426 人の中規模校である。近年，小規模な宅地開発が進み環境も変化してきたが，農村地域ということで地域的なつながりがあり，それが生徒の姿にも反映されているように思える。真面目

で素直な生徒が多く，授業や行事に一生懸命取り組む。行事などでは生徒会，学級や学年のリーダーを中心に，仲間と協力できている。これまでコロナ禍で全校が集うことは制限してきたが，制限も緩和され，縦割りの活動などが生徒主体の活動になるよう目指し，教師と生徒がベクトルを合わせてさまざまな取り組みを進めている。

しかし，個々にはさまざまな要因から，学習意欲が低く，家庭学習の習慣が定着しにくい，集団生活に馴染めない生徒も増えている状況がある。そこで，安心して自分の思いを出せる授業作りを行い，「主体的・対話的で深い学び」の基礎となる生徒の「3 感」をさらに高め，下記の学校教育目標に向け，社会性や学習意欲の向上を目指して取り組んでいる。

東員第一中学校 学校教育目標

「自主・自立・自律～自らの未来を語れる生徒を育てる～」

⇒生徒自身が自分の未来を語り，自分で進路を切り拓くために必要な力(学力・対人力・協調性など)を育成する。

3 ◆ 新学習指導要領の具現化に向けて 本校研修の概要

本校の研修主題は，「わからない」から始まる授業の創造である。研修は，①授業力の向上，授業改善 ②学級経営能力の向上 ③学校組織力(同僚性)の向上，人材育成を目的としている。研修会では，グループ交流を中心とした「教師どうしの協働的な学び」を大切に，毎回グループを変更する。協議は「ワールドカフェ方式」を用い，コミュニケーションを増やし，教育観・指導観などの交流を大切にしている。指導教

論を中心に授業研究を町教研の方針とリンクさせ、3つの合言葉をもとに研修を推進している(図1)。

- 合言葉 1 安心・いきいき
合言葉 2 愛情いっぱい
合言葉 3 リーディングスキル

図1 東員町教育研究の会方針および本校方針

(1) 合言葉1より 安心して過ごせる教室環境の構築

「授業規律9項目」「学びの作法」を生徒に示し、誰にとっても安心して授業を受けられるものにする(図2, 3)。

東員第一中学校 授業規律9項目

- | | | |
|---------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| ①チャイムがなる3分前に授業の準備をして着席する。 | ②授業の始めと終わりのあいさつを姿勢を正して、きちんと行う。 | ③正しい姿勢で座る。(足を組んだりせず、背筋を伸ばして座る) |
| ④はっきりと返事をし、みんなに聞こえる声で話す。 | ⑤話す人を見ながら最後まで話を聞く。 | ⑥無駄話や手遊びなど、授業に関係のないことをしない。 |
| ⑦授業に必要なものは机の上に置かない。 | ⑧授業中に勝手に自分の席から離れない。 | ⑨自分の言動は周りをハッピーにしているか常に考える。 |

図2 授業規律9項目

東員第一中学校 学びの作法

- ・わからないときは「自分から」友達に聞こう。(待たない)
「わからないから教えて!」「それ、どうやるの?」「これどういう意味?」「まだわからないから、もう1回教えて!」
- ・きかれたら相手が納得するまで説明しよう。
相手の考えに寄り添って、相手が納得できるように説明する。
(「～さんは、どこでつまづいているのかな?」と考える。
「ここまで分かった?」と聞いてみる。
絵や図をかきながら(示しながら)説明する。)
- ・自分の考えと比べながら、優しい気持ちで相手の考えを聴こう。
(自分の考えとどこがちがうのかな?どこでそう思ったのかな?～さんが言いたいことは、つまり～ということなんだな。)

図3 学びの作法

(2) 合言葉1より 関わり合う力の育成

他者との関わりでしか得られない学びを実現するために、教科の本質に即して、意図のある小集団を活用した協同的な学びを行う。各教科で、個人の思考、ペアでの対話、グループでの学びを設定している(図4)。

東員町ではベネッセの総合学力調査を毎年受験しており、全国学力調査の結果と合わせて経年変化を分析している。結果

クラスのナインマトリックス行動指針



意図的に組まれたグループ活動と仲間をリスペクトし合う学びの作法

図4 グループ活動

をABCDの4層に分け、「D層10%未満の達成」を一つの指標として目指している。校内研修では、D層生徒の把握、成績の推移、定期テストと学力調査の相関関係をグラフにし、なぜその結果として現れたのか分析を行っている。生徒が伸びた要因は何か、グループでの学び合いへの姿勢や教師の働きかけなどを学年団で話し合う。「わからないから教えて」と自ら切り出せる生徒は3年後に成績は伸びている。また、各教師が作成した定期テストと、学力調査の結果の相関から、定期テスト自体について振り返りを行う。定期テスト作成については経験も必要であり、テスト作成のための研修の質・時間的保証ができないこと、1人配置の教科の研修が難しいことが課題である。

(3) 合言葉1より 学び合いの中で以下の3つの姿を目指す

- ①「わからない」と言える授業、安心できる空間を作る教師
- ② 生徒の「わからない」をつなぎ、適切に見取ることができる教師
- ③「わからない」と身を乗り出して質問する生徒

どうしても、教え込もうとして、つい教師が説明し過ぎてしまいが、不要な内容を省き、生徒に返し、教師は喋り過ぎない。「生徒:教師=8:2」を理想として取り組んでいる。

(4) 合言葉2 愛情いっぱい

①16年一貫教育プランの実践

②東員町の指導理念の実践

東員町立幼稚園・保育園・小中共通の指導理念

子供たちの **基本的信頼感**を裏切ったり**自己有能感**を否定したりするようなことは絶対にしない。愛情をいっぱいかけながら発達をサポートする。

(5) 合言葉3 リーディングスキル (4で後述)

①読み解く力の育成

授業の始めに「めあて(今日の目指す姿)」を示し、基礎学力を高める「共通の課題」、学んだことの応用・発展を図る「ジャンプの課題」を生徒に提示し、教科の特性に応じて、深い思考を促す授業を展開する。共有サーバーを活用して、財産(指導案などのデータ)を職員間で有効利用できるようにしているが、ジャンプの課題設定は容易ではなく、今後も研鑽が必要である。

②伝え合う力の育成

自分の考えを、自己表現(話す、聴く、書く)する場をさまざまな場面で設定する。例えば体育では、表現活動としてダンスなど自分が考えたことを自由に個人やグループで表現し発表し、生徒どうしても評価を行っている。

***3つの手立てで授業研究を進める

①外部講師による授業研究及び模擬授業

岐阜聖徳学園大学の玉置崇教授を招聘し研修を重ねている。玉置先生の模擬授業や、研究授業を映像で振り返っていただき、さらに深い学びになるように工夫いただくなど、来校を楽しみに学んでいる。中でも玉置流「教科の見方・考え方」をはじめ、授業中の生徒の姿・表情・しぐさ・ようすを見取ることの大切さを改めて教えていただいた。指導案を立てる際、また振り返りの際、「この授業を終えたら、どんなことを生徒が言ったり、書いたりしたらよいか」を考えることによって、原点に戻ること大切にしている。

②前・後期 授業づくり研修

研究授業前には部活動を中止し、教師が生徒役になり、授業者のニーズに合った模擬授業を実施し、研究授業のねらいなどについて共通認識を図っている。

職員・生徒の相互授業参観

全職員が目標やテーマを持って、1年間に2回、2週間程度の期間で全時限公開授業を行う。また、公開期間中は以下の手立てを講じる。空き時間で参観をし、お互いの授業改善につなげている。

- ①参加シートを使って授業を参観する。
- ②星取表を使って全職員の参観状況を可視化する。
- ③授業作り研修の始めと終わりに必ず取り組みの方向性の確認や振り返りを交流する時間を設ける。

この取り組みから職員同士で普段から授業を見合う習慣ができている。アドバイスを口頭で受けてもなかなかイメージすることは難しく、やはり、上手な授業、具体的な姿・働きかけ・表情などを自分で見ることで、授業改善につながると考える。また、参観後に学びやアドバイスを付度なく伝え合うことで、授業力向上の糧になるのではないだろうか。

また、生徒も一緒に授業改善に取り組むために、一学期に生徒会として異学年の授業をお互い見合う「授業参観の取り組み」を行っている。後述の「ナインマトリックス」を各クラスで考えて、それを意識して異学年に参観してもらい、感想を交流する取り組みである。これまで小学校で行われてきたさまざまな縦割りや集団活動がコロナ禍で中止になって、上級生としての活躍の機会を失い、授業も一斉授業の期間が長かった生徒たちは、仲間と関わる力や、自分たちがどう見られているか、どの状況にいるのか、自分の判断基準は独りよがりではないかどうかを判断する力、いわゆる「メタ認知」ができていない部分が、特に昨年度から課題であった。こういった取り組みを重ねることで、徐々に力が付き集団の質が高まりつつある(図5)。

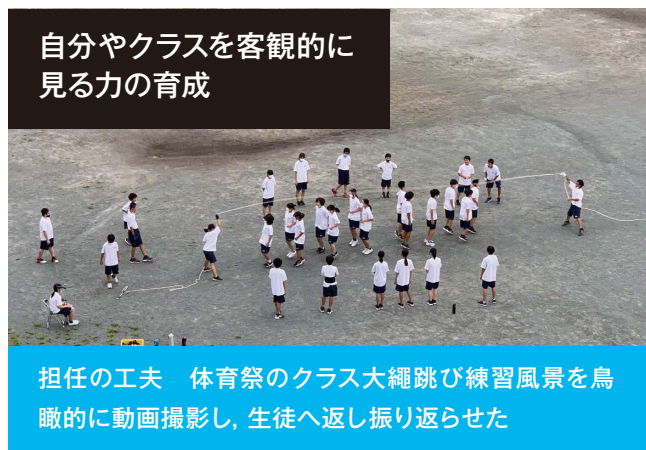


図5 担任の工夫

③学級(学年)経営研修

1年間に3回、学期の始めに学級(学年)の状況を振り返り、学級(学年)経営の成果と課題を明らかにする。また、年間3回以外にも各分掌の部と連携をして、プチ学級経営研修を定期的に行っている。

特に今年度は、具体的な行動指針として、まず各教師が今年度大切にしたいこと(授業版・学級版・体育祭版)を「ナインマトリックス」に落とし込み、研修会で交流し指針とし

ている。自分が大切にしたいことを具体的に表現すること、進捗状況を振り返ること、同僚と交流やアドバイスをもらうことで、羅針盤の役割となっている（図 6）。

「私が目指す授業」

ナインマトリックス～あなたの目指す授業とは何？～									
異障が分かりやすい	異障を受け入れる	することを明確に伝える	ペアでの確認	基礎・応用を習得	協力して問題を解く				
仲間と異障を乗り越えていく	積極的に相手と関わる	自分の思いを伝える習慣	「分からない」が言える	「できた」が言える授業	「できた」が言える授業				
	失敗するチャンスが多い		失敗を認め合える		自分で取り組みの工夫				
実物（リアル）	視覚教材を用いる	積極的に相手と関わる	「分からない」が言える	「できた」が言える授業	失敗する機会を増やす	相手の意見を否定しない			
バフボの色分けを工夫	目で見て分かる授業	目で見て分かる授業	全員参加	自信を持って発表している	相手の意見を聞き取り	自信を持って発表している			
	黒板に書くときは色ではなく形を覚える	助け合える	ペア活動に全員参加	安心					
困っている子のお助けマン	誰かの交流	教え合いができていく		相手の意見を聞き取り	新しいクラス	ルールづくり			
相手のことをよく知る	助け合える	最後まで諦めない	ペア活動に全員参加	安心					
	得意でもチャレンジ	お互いを励まし合える		相手目標	安心	生徒同士が賞がる			

図6 新規採用職員の目指す授業

また、生徒自身でもクラスごとの指針（授業版・体育祭版）を作成し、振り返りながら取り組んでいる。当初、生徒がクラス単位で作成するのは難しいかと思われたが、杞憂であった（図 7）。

ナインマトリックス～2Aが目指す体育祭の姿～									
いつでも本気（手を抜かない）	頑張ることを当たり前にする	前向きな気持ちを持って、頑張る	頑張っている人をバカにしない	失敗を失敗と考える	常に高い目標を立てて進む				
犯人捜しNG!!	雰囲気	成功した時は全力で喜ぶ	笑顔	最後まで諦めない	挑戦				
	不必要な笑いを起こさない	とにかく褒める							
クラスがより良くなるアイデアをひとりひとりが考える	他のクラスを褒める。頑張っている仲間として、リスペクトする	雰囲気	笑顔	挑戦	互いを思いやる言葉・行動を取る	体育祭にかけると「思い」を持つ			
自分の行動が周りからどう見られているのか常に考える	常に3人3Aの成長を想像して、行動する	想像力	輝	愛	ひとりひとりが「愛」を持つ	相手に勇気づけるポジティブ発言を大事にする			
学年で一番早く練習を始める	他人事ではなく、常に自分事として考える	切り替え	コミュニケーション	責任感	リーダーだけの責任にしない。失敗はみんなの責任	自分の発言・行動には責任を持つ			
練習に無関係な無駄なことをしない	人の話は目を見て、聞く	切り替え	コミュニケーション	責任感	特に1年生には先輩としての姿を背中から見る				
			ハイタッチ・円陣を大切に						

図7 2年A組の目指す体育祭の姿

4 ◆ リーディングスキル

東員町では、リーディングスキルテスト（RST）を小6と中2で実施し、町教研の取り組みとして、読解力の向上に取り組んでいる（図 8）。読解の阻害要因を探り、保幼小中それぞれの段階で力を付けようとしている。RSTでは読解の11のプロセスがある。何となく読めるのではなく、理論に立ち返り読めるように取り組んでいく必要があり、まだ実践研究途上である。特にコロナ禍で休校になった際、「自学できる力」が付けられていたかどうか、私たちは省みるようになった。「教科書を読める力」を大切に育成したい。

○自ら学ぶ子を育てる

特に中学校以降、自学に差が出る。

○自己実現・社会に貢献できる子（町教育目標）

将来的に、テキストを読んで一人で学べないと新しい職業や技術が求められる多様な社会に対応できない。

○低学力児童へ有効（汎用的・基礎的）

実は教科書やテキストが読めていない。

教えていそいで、実は教え切れていないスキル

図8 なぜ、リーディングスキルが大切か

5 ◆ 最後に

生徒の「主体性」を育てるために、たとえ2択であっても自己選択をする場面を設定するなど、朝の会から部活動までの学校生活、宿題などのすべての中で大切にしていきたい。課題は、時間的なゆとりがないこと、何を行うにしても、何のために、この取り組みを通じてどんな人になって欲しいかという思いが込められているかどうかである。生徒に主体性を求めるのであれば、まず職員の主体性の発揮が前提である。

「振り返り」については、各教科で工夫しているが、ルーティンとして取り組めており、振り返りの質が向上してきている教科もある。課題は時間の確保、フィードバックが物理的に難しいこと、評価への活かし方である。

「主体的に学習に取り組む態度」の評価方法について、具体的な例示がほとんどなく、研修を重ねている状態である。このことについての書籍が今年度多く出版されたことから全国的な課題であろう。評価のルーブリックを作成していくことが重要であるが、物理的に容易ではない。

「深い学び」に向けては、玉置流「見方・考え方」【今日の授業で、一生覚えておくと良いことがら】を意識し、生徒が互いに学び合い、「わかった」「おもしろい」「そうなんだ」と自然につぶやきがわくような授業を目指し、一人ひとりの未来に向け、力を付けていきたい。

参考・引用文献

※東員町PRパンフレット 東員町 2017年

※「中学校学習指導要領（平成29年告示）」文部科学省、2017年3月

※「東員町16年一貫教育プラン」東員町教育委員会

※東員町教育研究会の方針 東員町教育研究会、2023年4月

※リーディングスキルテスト（RST）一般社団法人 教育のための科学研究所

※リーディングスキル参考資料 東員町教育研究会、2022年4月

Ⅲ 教育の原点と未来

～過去の教えと未来への挑戦～

愛知県立足助高等学校 校長

谷上 正明 / たにかみ まさあき

愛知県出身。愛知教育大学教育学部卒業後、愛知県立足助高等学校教諭として赴任。愛知県立豊田北高等学校、愛知県立岡崎高等学校を経て、愛知教育大学附属高等学校に教頭として赴任。その後、愛知県立足助高等学校に校長として赴任。現在 3 年目。校訓でもある自主自律の実現に向け、生徒の主体性に重点を置いた教育を研究、実践している。



1 ◆ 学習指導要領の歴史的変遷

新学習指導要領を考えていくにあたり、今更ではあるがどのように改訂がされてきたかを簡潔に見ておきたい。

(1) 昭和22年(1947年)

最初の学習指導要領は、第2次大戦後の昭和22年に試案として出された。大戦後におけるGHQ指導の下、大改革がなされた内容であった。それまでのエリートと庶民を分離させた複線型の教育制度をやめ、後期中等教育段階を新制高等学校とした。昭和22年試案、昭和23年改正、昭和26年改訂を経て、新しい教育課程は始まった。

その内容は、経験主義の理念を基本とした知識の習得に終始することなく実際の経験を重視する考え方であり、現在の新学習指導要領にも通ずる考え方だとも言える。

(2) 昭和33年(1958年)改訂

GHQが昭和27年に廃止されると、日本独自の内容へと全面改訂が行われた。基礎学力の低下が問題視され、それまでの経験主義から系統主義へと転換された。高等学校においては昭和35年に改訂がなされ、基礎学力と科学技術教育を重視し、経済復興に邁進する「勤勉な国民」が形成される元とも言える姿が想定された。勤勉に働けば所得も上がり、いい職業につけていい暮らしができる、いい異性に巡り合い幸せな人生を送れる、といった理想が形作られた。

(3) 昭和43年(1968年)改訂

昭和35年に所得倍増計画が打ち出されると、日本はいよ

いよ戦後の経済復興から高度経済成長期へと進んでいく。昭和43年にはGNPが世界第2位となり、人材の確保が優先された。昭和43年の改訂では、高度で科学的な教育に向けた「教育の現代化」と、知識偏重や非行などのゆがみを懸念しバランスを重視した「調和と統一」の方針が打ち出された。高等学校においては昭和45年に改訂され、クラブ活動を全生徒に課すなど、人間形成における「調和と統一」が盛り込まれた。

(4) 昭和52年(1977年)改訂

昭和52年改訂の一番大きなキーワードは「ゆとり」である。高度経済成長を目指し突き進んだ日本も、学校荒廃など多くの問題が噴出し、人間性の回復が課題となった。高等学校においては、昭和53年に改訂され、高校1年生の教育水準を下げ、中学校教育との関連を強化し、卒業単位を80単位とした。この頃には高校進学率も90%を超え、高等学校はエリートが行くものではなくなった。個々の能力や適性に合わせ、習熟度別学級編成や習熟度別授業、コース別教育の方針も打ち出され、人間性の回復を目指す改革であった。

(5) 平成元年(1989年)改訂

校内暴力や陰湿ないじめなど、教育荒廃がますます深刻化し、家庭教育の崩壊、地域の教育力の低下なども問題視された。平成元年改訂では、前回の「ゆとり」を継承しながら、「新学力観」が打ち出された。「新学力観」とは知識・理解・技能の習得とともに、関心・意欲・態度を重視し、思考力・判断力・表現力を通して「自己教育力」を身に付けることを理念とした。家庭科の男女共修なども盛り込まれた。

(6) 平成10年(1998年)改訂

バブル崩壊、経済の低迷期を迎え、日本経済の「失われた10年」と言われるなど、先が読めない時代、将来に希望の持ちにくい時代となってきた。そのような状況の中、「生きる力」を中心に置いた改訂が平成10年にされる。「総合的な学習の時間」を設定し、教科横断的に総合的に課題対応型の学力を付けようとした。高等学校においては平成11年に改訂され、「生きる力」の育成、「自ら学び、自ら考える力の育成」などがねらいとされ、また、教科「情報」が新設、必修とされた。「総合的な学習の時間」の導入は、現在の「総合的な探究の時間」に受け継がれていく重要な方針だった。

(7) 平成20年(2008年)改訂

前回の改訂は「総合的な学習の時間」を通して、「生きる力」を育成しようとしたものだったが、現場の混乱やゆとり教育による学力低下など十分な成果を上げることができなかった。今回の改訂は、OECDが提案するキー・コンピテンシーの考え方であったり、PISAテストであったり、さまざまな視点を意識した改訂であると言える。高等学校においては、平成21年に改訂され、「生きる力」の理念を継承し、基礎・基本の知識・技能・理解を第1層、思考力・判断力・表現力などの活用する力を第2層、そして探究的態度を第3層とする新3層構造の学力観が提唱された。

(8) 平成29年(2017年)改訂

社会は急激に変化しており、この先どのように社会が変化していくのか予測すら困難な時代になってきた。改訂後に、コロナ禍、ChatGPTなどの生成AIの登場など、今回の改訂を裏付けるような出来事も起きた。

幼・小・中の改訂は平成29年になされ、高等学校においては翌平成30年に改訂された。平成20年改訂のテーマである「生きる力」の育成、キー・コンピテンシーの考え方は継承されつつ、資質・能力の3つの柱を重視し構造化するとともに、さらにもう一步踏み込み「何ができるようになるか」というコンピテンシーの育成が明確化された。そのために、全教科・領域に「主体的・対話的で深い学び」を志向し、教科横断的な学習の充実、「社会に開かれた教育課程」の重視、カリキュラム・マネジメントの必要性と、いくつものポイントが示され、本格的な改革が求められることになった。

2 ◆ 近隣高等学校・特別支援学校へのアンケート調査

ここまで歴史的変遷を見てきたが、各時代の背景や出来事、そして教育の諸問題が、改訂の動機として如実に映し出されていることが感じられる。今回の学習指導要領は、先を見通すことが難しい状況の中、生徒がどのような能力を育むべきか(強いて身に付けさせるではない)を示唆するものであり、その内容からは微かな「焦燥感」さえ伝わってくる。これは私だけの感覚だろうか。

では、実際の教育現場ではこの改訂をどのように評価しているのだろうか。本校と同じ地区にある高等学校・特別支援学校の校長に対してアンケートを実施し回答を得たので、一部を紹介したい。

(1) 校長の意識と職員の意識について

まず、各校長に対して新学習指導要領に関する私見について問うた。「好意的」と認識する割合が33.3%、「やや好意的」が50.0%、「中立的」が8.3%、「あまり好意的ではない」が8.3%で、「好意的ではない」とする者は存在せず、約83%の校長が積極的な視点を保持していることが明らかとなった。

加えて、肯定的な理由として「アクティブラーニング、探究的な学習、ICTの活用、評価方式の革新等、授業の質向上の促進」、「個別最適な学び、協働的な学びなど基本理念に賛同」、「学習者のニーズや能力への配慮、個別の学びのサポート」や「診断的評価への転換、学習状況をより正確に把握し、適切な支援の提供」などが指摘された。一方、実施に関する懸念として「教員不足、人材不足」や「財政的な課題」、さらには「学び方や評価方法の策定、研究等における学校現場の負担増加」などの声も寄せられた。

では、一般職員はどのように感じているのか。校長に対し、所属教職員はどのように感じているかについて問うたところ、「好意的」が8.3%、「やや好意的」が16.7%、「中立的」が41.7%、「あまり好意的ではない」が25.0%、「好意的ではない」と感じる者が8.3%であった。多くの学校で意見が分かれており、対応の難しさが伺える。

肯定的な理由としては、「授業改善の取り組みに向けて前向き」、「多くの教員が授業改善に尽力」、「主体的、対話的、深い学びなど試行錯誤で実践」などが挙げられた。反対に、

「評価の課題や科目変更による負担増」、「現状維持の志向」、「観点別学習評価の重荷」、「新しい科目への対応や観点別評価への課題」などの懸念点も示された。校長の感受とはいえ、現場の受け止めはかなり厳しいといったところか。

(2) 校長の視座からの教育上の課題

さらに教育現場での主要な問題点に対する認識についても問うた。探究的な学びに関して「導入に際して準備不足」や「事前に専門教員を育成し各校へ配置するなどの準備、予算が必要」、「教員のスキル不足」、「継続的な教員研修と専門性向上」などが指摘された。また、評価に関しては「学習評価の妥当性および信頼性の確保」や「評価方法の再検討の必要性」などが挙げられ、他にも「大学入試との整合性のギャップ」や「業務量の増加」など数多くの意見が提起された。

これらの課題は、多くの学校が共有していると考えられる。即時にこれらを解決するのは難しいかもしれないが、問題解決に向けた取り組みを次の節で述べていきたい。

3 ◆ 問題解決に向けた本校での取り組み事例

(1) 生徒の主体性の涵養：学校生活全般における試み

今回の改訂の核心は、自律的に学びを深める生徒の形成にある。そのためには「どのように学ぶか」が大切であり、「学習過程の改善」が求められている。教師は、勇気をもって、生徒への教え込みをやめ、生徒の自発的な学びをサポートする立場を取る必要がある。しかしながら、これまで我々は善意とはいえ、生徒に対して過度ともいえる指示を行い続けてきた。学習面はもちろん、あらゆる場面で大人が指示し、その指示に沿うことが模範的な生徒像とされてきた。だが、この慣習が生徒たちの独自の思考や判断力の喪失を招いているのではないか。

本校では、授業のみならず、学校生活のあらゆる場面について、生徒の主体性を促す工夫、自分で決断する場面を増やしていく取り組みを実践している。教師や大人の当たり前のようしていたサポートを見直し、生徒自身の選択肢を増やし、自分で考えて行動する場面を増やすよう努力している。

一例として、一昨年度から取り組んでいるルールメイキングプロジェクト（校則見直し）を紹介する（図1）。探究活動の一環でもあるこの取り組みは、これまで当たり前だと

思ってきたさまざまな校則を見直し、対話を通して納得解や最適解を見つける活動だ。大切にしているのは、



図1 ルールメイキングプロジェクトのようす

校則を変えることなく、見直す過程、プロセスであり、そのための対話である。例えば、制服は本当に必要なのか、そもそも制服とは何かなど生徒や保護者へのアンケート実施、地域へのアンケートやインタビューの実施を繰り返す中で納得解を探している。

この活動を通して、将来的には学校生活を越えた広い視点での課題把握や、さらには地域や社会全体の問題点に目を向け、視野を拡張する活動へと発展させたい。そして、その成果が教師と生徒の共同作業としての授業の質的向上に繋がることを期待している。

(2) 教員の意識変革を通じた授業改革の取り組み

我々が受けてきた教育は、135年前の1888年（明治21年）にアメリカで検討され始めたものと言われる。「当時、社会は工業化が進み、多くの均質な工場労働者が必要とされた。授業を従順に受講し、ある一定の知識を持つ人材は、工場では非常に有用だったのである。この義務教育の基本スタイルは、アメリカだけではなく、瞬く間に世界に広がり、アジアでもヨーロッパでも多くの国で似たような形態の学校が標準的なものになった。」（『探究する学びを作る』藤原さと著、平凡社より引用）

135年前の教育が我々にとっては標準であり、一斉授業での教え込み以外を知らない教員にとって、新学習指導要領の目指す世界をイメージできない教員が多いということでもある。しかし、現代の社会は多様性が求められる時代であり、この135年前の教育スタイルが適切でないことが指摘されている。

そこで本校では、教員の意識変革を促すために次のような取り組みを実施している。

① 外部講師との授業研究会

「生徒を主語にする授業」への改善を目指し、外部講師を招き定期的な授業研究会を実施している。実際の授業を参観

していただき、撮影した映像を見ながら改善のポイントを共有する取り組みである。主語が生徒になる授業をどう構築すべきか、主体性を促す発問の工夫、そもそも対話とは何か、対話が単なる生徒どうしのおしゃべりになっていないか、効果的なグループワークの手法など大変有益な助言をいただき、学び合いをしている。

②ICT機器とAI教材の導入

「個別最適な学びの実現」を目指した、ICT機器の有効活用の研究を進め、タブレットやAI教材を導入している。特に本校では昨年度よりAI型数学教材を導入し、今年度は情報を含む6教科型のAI教材を導入している。授業内においては、生徒の理解度に応じた個別最適な学習が実現でき、正解者はより高い目標へ、不正解者は基本へ戻るようAIがアシストしてくれる。家庭学習や空き時間での学習にも効果的だ。教員が指示して「やらせる」よりも、生徒の自主的な取り組みを期待して導入された。また、問題演習をAIに任せることで「働き方改革」も期待されている。活用に関してはまだまだ課題も多いが、生徒の知的好奇心をくすぐる授業との一体的な取り組みを通して、ますますの活用が期待されている。

③PBL(課題解決型学習)と地域連携による探究活動

「探究活動の充実」を目標に、PBL実践の促進や実体験を重視した学習機会の増加を目指している。

本校は中山間地域に位置しており、地方の抱える多くの問題に直面している。そこで、地域の実際の課題を取り上げ、生徒がそれを解決するためのプロジェクトベースの学習を推進している。地域と連携し、実際の問題を体感することで、生徒たちの問題解決能力や社会への関心を高める取り組みである(図2)。

「社会に開かれた教育課程」を通して、「地域とともにある学校」を目指す取り組みは、真の



意味での「生き 図2 大学生とのワークショップ:PBL実践
る力」を身に付けさせることができ、それこそが我々教育者の使命であると感じている。

4 ◆ おわりに

昭和22年学習指導要領試案の第四章「学習指導法の一般」の第一節「学習指導は何を目ざすか」に次のようなことが書かれている。

「学習指導とは、(中略)知識や技能を教師が児童や青年に伝えることだと解するかも知れない。しかし、教育の目標としていることがどんなことであるかを考えてみれば、ただ知識や技能を伝えて、それを児童や青年のうちに積み重ねさえすればよいのだとはいえない。学習の指導は、もちろん、それによって人類が過去幾千年かの努力で作らあげて来た知識や技能を、わからせることが一つの課題であるにしても、それだけでその目的を達したとは言えない。児童や青年は、現在ならびに将来の生活に起こる、いろいろな問題を適切に解決して行かなければならない。そのような生活を営む力が、またここで養われなくてはならないのである。それでなければ、教育の目標は達せられたとは言われない。

(中略)このような教材をこのような学び方で学んで行くように指導するには、まず「学ぶのは児童だ」ということを、頭の底にしっかりおくことがたいせつだということである。教師が独りよがりにならなければそれでよいと考えたり、教師が教えさえすればそれが指導だと考えるような、教師中心の考え方は、この際すっかり捨ててしまわなければならないまい。

その内容は経験主義の影響を強く受けているものの、「生活を営む力」とは「生きる力」、「学ぶのは児童だ」とは「生徒の主体性」であり、今回の学習指導要領に通ずるものを強く感じる。遡れば江戸時代の寺子屋における教育スタイルには一斉教授はなく、1対1のマンツーマン指導が基本だったという。過去に戻ろうとは思わないが、教育の効率性を重視するあまり我々は重要なことを置き去りにしてきたような気がする。教育におけるコペルニクス的転換点が今まさに到来している。我々教育者は、新しい教育の方向性を追求しつつ、過去の教育の良い部分も取り入れ、最も効果的で生徒たちのウェルビーイングを最優先に考えた教育方法を真剣に模索し続けなければならない。



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养するために、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ています。今年は第 11 回となります。

塩野直道記念 第 11 回「算数・数学の自由研究」作品コンクールには、全国の小学生、中学生、高校生の皆さんから合わせて 15,699 件の作品が届きました。海外からも 9 件の応募をいただきました。ありがとうございました。

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.15～17 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 名誉理事
 岡本 和夫 東京大学名誉教授 / Rimse 理事長
 工藤 寿和 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 名誉教授
	伊藤 由佳理	東京大学 教授
	銀島 文	国立教育政策研究所 生涯学習政策研究部 部長
	桜井 進	サイエンスナビゲーター®
	中島 さち子	(株) steAm 代表取締役、音楽家 / STEAM 教育者
	藤田 岳彦	中央大学 教授 / 一橋大学 名誉教授
	吉川 成夫	國學院大学 教授
	渡辺 美智子	立正大学 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

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 (2023年11月26日, 東京・アルカディア市ヶ谷)

<受賞者一覧> 第11回「算数・数学の自由研究」作品コンクール



塩野直道賞
小学校低学年の部

AI にじゃんけんでかとう!!

島根県 松江市立法吉小学校 3年 青山 陽

塩野直道賞
小学校高学年の部

きんさい! 「大和比」のくに島根県へ!

島根県 松江市立母衣小学校 4年 下村 岳

塩野直道賞
中学校の部

父への請求書発行

鹿児島県 鹿児島大学教育学部附属中学校 1年 川原 千鶴

塩野直道賞
高等学校の部

陸上競技を数学で解く ～スポーツの平等性について～

長崎県 長崎県立長崎北陽台高等学校 1年 橋元 南緒

文部科学大臣賞

犬とねこの気持ちを知りたい!!

京都府 京都聖母学院小学校 3年 中本 宙

Rimse 理事長賞

n次元空間における反転幾何を用いたn次超球の体積の導出

東京都 筑波大学附属駒場高等学校 2年 澤本 雄正



読売新聞社賞

最適な雪かきのタイミング

鳥取県 鳥取大学附属中学校 2年 森田 寧音

内田洋行賞

速さで分かる人の気持ち

東京都 白百合学園小学校 5年 前澤 美月

学 研 賞

昆虫ドキドキちょうさ

兵庫県 神戸大学附属小学校 1年 小島 匠太

日本数学検定協会賞

記数法なのに複素数のフラクタル!? ～煩雑と美の架け橋～

長野県 長野県屋代高等学校附属中学校 3年 宮澤 希成



**中央審査委員
特別賞**

ちさんちしょうの野さい作り

栃木県 宇都宮大学共同教育学部附属小学校 2年 福田 多良

**中央審査委員
特別賞**

クラシックバレエを測る

福岡県 福岡雙葉小学校 5年 加藤 暖乃香

**中央審査委員
特別賞**

美しい旋律の構造とコラッツ数列の規則性の類似

茨城県 学校法人角川ドワンゴ学園 S 高等学校 1年 丸山 優佳

**中央審査委員
特別賞**

中和滴定曲線の断崖絶壁 なぜ?

大阪府 四天王寺高等学校 3年 磯部 万智

奨励賞

中央審査委員奨励賞 小学校低学年の部

作品タイトル	学校名	学年	受賞者氏名
すっきりかさなるコップのひみつ	宮城県 宮城教育大学附属小学校	2	岡本 千歳
お花もようのひみつ	東京都 白百合学園小学校	3	藤野戸 美宇
でんたくのすう字のもんだいをとく	三重県 津田学園小学校	1	佐貫 希子
サイコロ対決 !! ～答えは本当に計算通りになるのか～	京都府 長岡京市立長岡第九小学校	1	山崎 巧翔
もっと上手にお買い物	京都府 洛南高等学校附属小学校	2	坪田 さわ
めざせ、伊能忠敬！ 《きょりを正確に測る方法を見つける!!》	大阪府 追手門学院小学校	2	格谷 瑛一郎
伊能忠敬は世界地図をつくることができたか？	兵庫県 神戸大学附属小学校	3	神谷 幸佑
一まいの紙を三とう分にする方ほう	福岡県 福岡教育大学附属小倉小学校	3	濱本 凜
見方がかわると、かわるせかい	福岡県 福岡教育大学附属福岡小学校	1	川本 悠仁
本当に一万本も作るのかな？	熊本県 多良木町立久米小学校	3	那須 万桜

中央審査委員奨励賞 小学校高学年の部

作品タイトル	学校名	学年	受賞者氏名
かけ算ピラミッドを大きくしたい！	北海道 名寄市立名寄小学校	4	先川 柚乃
おいしいってなんだろう II	東京都 聖徳学園小学校	4	原田 和
先生が出すじゃんけんの秘密とは	福井県 福井大学教育学部附属義務教育学校 前期課程	5	安田 結香
『ウサギとカメ』のウサギはどのくらい寝たのか	福井県 福井大学教育学部附属義務教育学校 前期課程	6	石黒 香音
おもしろい計算	愛知県 岡崎市立大門小学校	4	神田 向
名菓ひよ子 五角形箱の仕切りのなぞ	京都府 京都聖母学院小学校	4	武田 莉乃
モザイクアートのナゾ？を解く!?	京都府 京都聖母学院小学校	4	安田 一恵
トリック動画をとってみよう！	兵庫県 神戸大学附属小学校	6	富士 修睦
100 m走を速く走るためには !! (100 m走のタイムと歩幅・歩数の関係)	奈良県 王寺町立王寺南義務教育学校 畠田学舎	6	吉村 由愛
ドラえもんがいるくらし ～なぜ私の引き出しから ドラえもんが現れないのか～	熊本県 熊本大学教育学部附属小学校	5	岡井 佐知

中央審査委員奨励賞 中学校の部

作品タイトル	学校名	学年	受賞者氏名
Music made from irrational number	秋田県 秋田県立秋田南高等学校中部	3	菊地 真明子・ 黒澤 京華
ニュートン法を利用した n 次方程式の解を求める アルゴリズムと常微分方程式への応用	千葉県 千葉市立稲毛国際中等教育学校	1	岩崎 解
自転車に乗ると寒くなるの？ 暑くなるの？	神奈川県 横浜市立六角橋中学校	3	加藤 咲花
君とバスで会う方法	京都府 京都教育大学附属京都小中学校	9	宮川 空
ぐるぐるエスカレーターは実現可能か！？	大阪府 大阪教育大学附属池田中学校	2	古賀 行雲
ダンゴムシの交替性転向反応の確率について	兵庫県 小林聖心女子学院中学校	2	奥野 有彩
東京タワーと東京スカイツリーと東京都庁の 高さが同じに見える所	岡山県 岡山大学教育学部附属中学校	2	久澄 大晴
航空機とコリオリの力による「ずれ」の関係 - 宇宙から見た航空機の進路 -	福岡県 福津市立福岡中学校	2	久保 夏希
速さと効率の違い in エスカレーター	佐賀県 佐賀大学教育学部附属中学校	2	古川 結菜
台風の被害を数学で先読み	熊本県 熊本大学教育学部附属中学校	2	坂口 智哉

中央審査委員奨励賞 高等学校の部

作品タイトル	学校名	学年	受賞者氏名
ウォリス積を用いた二次無理数の近似	東京都 筑波大学附属駒場高等学校	2	大森 瑛仁
約数の和からオリジナルの「数」を作る	東京都 東京都立小石川中等教育学校	5	熊谷 凜乃助
n 角形に隠す m 角形 ～辺に触れてはいけない～	東京都 東京都立第三商業高等学校	3	何 俊熙
Twisted Prism (ねじれ立体構造) の原理を探る	神奈川県 洗足学園高等学校	1	恵木 陽菜
ガウス整数の性質およびフィボナッチ数列との関係	神奈川県 フェリス女学院高等学校	3	山中 愛子
60° の内角を持つ三角形の心について	福井県 福井県立藤島高等学校	3	天谷 凜太郎・ 武田 陸来
三角形の内心と傍心の関係について調べたこと	京都府 京都市立堀川高等学校	3	アンデタ 悠登
ライツアウトは常に解決可能か？	兵庫県 神戸大学附属中等教育学校	6	富田 真人
確率漸化式の行列を用いた考察	兵庫県 雲雀丘学園高等学校	2	上條 日菜子
折り紙の可能性 II 一角の素数等分に挑む	愛媛県 愛媛県立宇和島高等学校	3	大野 寛平・河野 琉青・山本 遥駒

全応募作品の中から、最優秀賞、優秀賞、特別賞、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
茨城県	茨城大学教育学部附属小学校	1	石井 琴葉
栃木県	宇都宮大学共同教育学部附属小学校	2	鈴木 菜生
千葉県	成田市立加良部小学校	3	大沼 頼弘
東京都	白百合学園小学校	3	亀山 紗季
	千代田区立九段小学校	3	竹内 佐保
	港区立赤坂学園赤坂小学校	3	吉野 珠生
神奈川県	慶應義塾横浜初等部	2	伊藤 理夏
京都府	京都聖母学院小学校	1	笠井 律希
		1	松永 伊世
		3	近藤 梨央
		3	八田 悠衣
	同志社小学校	3	中川 暉人
	洛南高等学校附属小学校	1	山内 陽斗
岡山県	岡山大学教育学部附属小学校	2	吉岡 啓
福岡県	福岡教育大学附属小倉小学校	2	花岡 律
熊本県	熊本市立画図小学校	1	山内 道
	熊本大学教育学部附属小学校	1	下城 すず

小学校高学年の部

学校名		学年	氏名
秋田県	能代市立浄城西小学校	6	佐々木 夏穂
茨城県	茨城大学教育学部附属小学校	4	石井 希宥
栃木県	宇都宮大学共同教育学部附属小学校	6	福田 朱里
東京都	千代田区立麴町小学校	5	赤松 佑紀
福井県	福井大学教育学部附属義務教育学校 前期課程	6	奥永 翔太郎
		6	谷畠 佑和
		6	野村 壮志
長野県	長野市立南部小学校	5	依田 恭太郎
滋賀県	滋賀大学教育学部附属小学校	4	伊東 愛夏
京都府	京都聖母学院小学校	4	筒井 悠生
		5	菊池 有心
		6	小笠 珀
		6	益田 怜央
大阪府	大阪教育大学附属天王寺小学校	5	笥 愛理咲
		5	榊原 妃音
	関西大学初等部	5	藪花 聖悟

兵庫県	神戸大学附属小学校	4	光岡 利珠那
		6	工藤 真由佳
	仁川学院小学校	5	松尾 柏翔
奈良県	王寺町立王寺北義務教育学校	4	内村 一心
		4	田中 奏多
		4	林 桔平
	王寺町立王寺南義務教育学校 畠田学舎	6	石川 美羽
		6	深町 美生
福岡県	北九州市立折尾西小学校	4	森 泰
	北九州市立田野浦小学校	5	田村 悠
	久留米市立弓削小学校	4	神代 航輝
		6	神代 夏海
佐賀県	唐津市立浜崎小学校	6	大庭 美夢
		6	大森 舞乃
		6	野口 應介
熊本県	熊本大学教育学部附属小学校	5	古閑 麗
		5	徳永 絢子
宮崎県	宮崎市立大淀小学校	6	津山 環
鹿児島県	鹿児島大学教育学部附属小学校	5	村田 留彩
海外	ジュネーブ日本語補習学校	4	村中 アーネスト

中学校の部

学校名		学年	氏名
北海道	北海道教育大学附属札幌中学校	3	大塚 千秋
		3	島田 実怜
		3	原井 絢叶
秋田県	秋田大学教育文化学部附属中学校	3	高橋 七叶
山形県	山形大学附属中学校	3	高橋 星奏
茨城県	つくば市立谷田部東中学校	2	須田 陽矢
埼玉県	埼玉大学教育学部附属中学校	1	坂下 もなみ
		2	木山 佳城
東京都	海城中学校	2	白石 惺之介
	東京学芸大学附属世田谷中学校	2	朱 明美
	立教池袋中学校	1	土屋 敦裕
神奈川県	慶応義塾湘南藤沢中等部	3	守部 凧
福井県	福井大学教育学部附属義務教育学校 後期課程	7	坪川 心優
		8	佐藤 愛奈、 池尾 蒼華
		8	高村 樹輝
		9	木曽 湧士
		9	堀江 なつみ

長野県	信州大学教育学部附属長野中学校	3	堀内 ころこ
静岡県	静岡市立城内中学校	3	久保 奏翔
	浜松市立中部中学校	2	堀内 陽太
愛知県	愛知教育大学附属岡崎中学校	1	岡野 真帆
		1	小野田 一葉
	愛知教育大学附属名古屋中学校	1	荒木 萌友
		1	小島 麗奈
		2	熊崎 英恵
		2	中川 朔
	北名古屋市長勝中学校	1	森田 航太郎
三重県	高田中学校	3	星合 奏樹
	三重大学教育学部附属中学校	3	猪股 梓水
		3	中原 未遥
		3	米澤 可奈
	四日市市立笹川中学校	2	石附 玲太
京都府	京都市立西京高等学校附属中学校	1	花房 優真
大阪府	大阪教育大学附属池田中学校	2	大田 眞由紀
兵庫県	神戸市立長峰中学校	3	澤井 星現良
	神戸大学附属中等教育学校	3	持田 理乃
	姫路市立香寺中学校	1	光岡 康太郎
	賢明女子学院中学校	2	田中 綾乃
		2	野中 麻央
奈良県	葛城市立新庄中学校	3	井上 詩木
	西大和学園	3	六嶋 大智
和歌山県	和歌山県立向陽中学校	3	清原 颯人
島根県	島根大学教育学部附属義務教育学校 後期課程	8	蝦名 智世
岡山県	岡山大学教育学部附属中学校	2	石井 梨心
		2	銅前 はるか
	岡山中学校	1	角 孝太郎
広島県	広島大学附属東雲中学校	1	澤田 航太郎
香川県	香川大学教育学部附属高松中学校	3	江本 怜奈
福岡県	福岡県立輝翔館中等教育学校	3	平井 萌生
佐賀県	佐賀大学教育学部附属中学校	1	小野原 和子
		2	野口 由維
		3	青木 怜
		3	大野 琴乃
		3	山口 馨子
熊本県	熊本大学教育学部附属中学校	1	河津 智哉
		2	小島 万和
		2	藤原 梨乃

大分県	大分大学教育学部附属中学校	2	菊次 奏汰
宮崎県	宮崎県立宮崎西高等学校附属中学校	1	稲葉 結海
		1	高山 愛
		2	迫田 蒼来
	宮崎大学教育学部附属中学校	1	迫園 梨央
		2	櫛間 蓮斗
		2	水野 美空
		3	白井 陽
		3	保坂 多紀
		1	入佐 朋華
		1	川越 連
鹿児島県	鹿児島大学教育学部附属中学校	1	細山 遥斗
		2	上野 舞子
		2	兒玉 怜依
		2	前岡 咲彩
		2	渡邊 李胡
		2	渡邊 李胡

高等学校の部

学校名		学年	氏名
東京都	東京都立立川高等学校	3	高橋 一之助
新潟県	新潟県立新発田高等学校	3	吉田 吏玖, 内山 晃希, 小室 駿也, 庭山 一真
山梨県	山梨県立甲府第一高等学校	3	藤原 楓奈子
兵庫県	小林聖心女子学院高等学校	1	細見 梨恋
	賢明女子学院高等学校	1	宇山 由利子
奈良県	奈良女子大学附属中等教育学校	5	坂本 悠
広島県	広島県立広島叡智学園高等学校	2	黒瀬 陽音
山口県	山口県立下関西高等学校	3	小瀬良 俊佑, 平野 匠, 福井 海翔, 藤永 健利
長崎県	長崎県立長崎北陽台高等学校	1	相川 京美
		1	大塚 漣, 三浦 爽和, 向井 優翔
		1	川口 奈々, 前田 紗生, 山下 星
		1	中尾 亜美, 成松 奈南, 原口 れおん, 松浦 寧琉

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

今年度はコロナ禍による行動制限が解除されたので、「自由研究」の応募状況はどうなるのだろうかかと心配していましたが、15,699 作品の応募があり、一安心しました。前回と比べると 800 点程の減少ですが、誤差のうちと解釈してもよいでしょう。とは言うものの、全体として、昔のように、思わず「これは！」と心ときめくような作品が少なかったように感じます。例えば、中央審査委員会に寄せられた作品の中には、以前に受賞した作品の続編というべきものが散見されました。研究を継続すること自体はとてもよいことですが、類似の研究の繰り返しに止まらず、さらなる飛躍を見せてくれるとうれしいです。また、時事ネタとして括れそうな作品も目立ちました。

そう言えば、近年、いわゆる生成 AI (人工知能) が登場して以来、教育界でも AI とどう向き合うべきかが議論されています。仮に、この自由研究に応募された作品が AI を使って作られたものだったとしたら残念でなりませんが、私は決してそんなことはないと思います。なぜなら、応募作品の中には、単に研究結果が述べられているだけでなく、自分がどのように研究と向き合い、どう思ったのかが、自分の言葉で熱く語られているからです。



伊藤委員

数学といえば計算を思い浮かべるかもしれませんが、パズルやゲームの中にも数学の考え方を取り入れることができます。身の回りに当たり前にある現象も数学で説明できるかもしれません。高校の理数探究として、より進んだ高度な数学の探究もできますが、身近な疑問を数学で解決するのも面白いでしょう。問題集の模範解答を見て理解するのが数学ではありません。自分の頭で考えて問題を解決する能力を身に付けるのが数学です。一人で勉強するだけではなく、いろんな人と議論しながら、アイデアや意見を出し合って、問題を解いてみるのも面白いです。

コロナ禍で、多くの人と関わる機会が減ってしまいましたが、次回の MATH コンに向けて、仲間との楽しい議論を始めませんか？

銀島委員

今年もたくさんの児童・生徒の皆さんから素晴らしい作品が届きました。惜しくも受賞を逃した作品も力作ばかりでした。毎年応募くださる方もいらっしやって、同じテーマを発展させて追究した作品や違う視点から研究した作品もあり、プロフェッショナルな研究者の姿を見ているようでした。AI などの現代的なツールに着目したり、社会的な話題に算数・数学を活用して取り組んだり、皆さんの発想の豊かさにも触れることができました。根気強く問題にアプローチしたり、丁寧にレポートを作成したりすることの大切さも再確認できたように思います。

これからも、皆さんの「不思議だな」を大切に、研究を続けていただきたいと思います。感染症や戦争、気候問題など、世界ではいろいろな難題がありますが、きっと、皆さんの研究意欲と探究心が問題の解決につながります。



桜井委員

本コンクールの大きな特徴として、数学以外の他分野に対して数学を応用する点が挙げられます。それは、音楽、歴史、交通、スポーツ、政治、経済、プログラミング、料理など多岐にわたります。身近な生活や学びの中で生まれる疑問・問題に対して、数学を使って取り組んでみるのが本コンクールです。教科書の練習問題とは違って自らが見つけた問題に取り組む時間は貴重な体験となります。それは自分の算数・数学を手に入れることを意味します。料理に好みの違いがあるように、本コンクールへの取り組みによって自分はどんな算数・数学が好きなのかを気づくチャンスにもなるでしょう。そこからますます算数・数学との付き合いが深まっていくことを期待しています。



中島委員

今年もとても楽しい審査でした！ 日常や自然の中にはこんなところにも算数・数学がある！……そういうことに気づく・発見できる心の目が日本中で育ってきていることを感じます。「算数・数学の自由研究」の歴史も長くなってきて、なかなか本当に独創的なアイディアで臨むのは難しくなってきましたが、AIなども台頭してデータも溢れ、文化や哲学・芸術の重要性も増す中、さらに多様な深い研究がどんどん湧いてくることを期待します！ 必ずしも本「算数・数学の自由研究」では“賞”がとれなくても、素晴らしい自由研究や芸術作品・科学研究もあります。結果以上に、自分が没頭したこと、新しい「目」を獲得できたことを喜び、誇りに思い、研究を続けてほしいと思います。



藤田委員

いつものように高校の自由研究を審査しました。今回もレベルの高い作品が多くあり、選考に悩みました。今回の作品の中には、私の過去の個人的な体験や数学的経験にマッチするものもあり、十分楽しめました。高校部門の数学の自由研究（それ以降の数学研究もちろんそうですが）では、“数学と社会や他科学の関わり”と“数学そのものの研究”の両方の観点からの作品があると嬉しいです。



吉川委員

今年も「算数・数学の自由研究」に応募されたたくさんの作品に触れることができました。全国の各ブロックから推薦されてきた作品は、どれも素晴らしいものばかりです。その中から、最優秀賞、優秀賞や特別賞などを選ぶのが中央審査委員の仕事です。私は、作品を読みながら「これは面白いな」と感じる作品を評価するようにしています。面白さには、算数・数学としての面白さ、生活や社会での場面の面白さ、これまでに見たことのない面白さなどがあります。作者も、きっと面白いと感じていることでしょう。もう一つ、私が評価するのは、「作者が楽しんで研究したり、レポートを書いたりしている」という点です。そうした楽しさは、読む人にも伝わってくるものです。



渡辺委員

さすがデジタルネイティブ世代！ スマートスピーカーを相手にデータを取得したり、動画からデータを取得したりと、人工知能と共存する社会で、身の回りの問題意識から自然に、算数・数学を活用して探究を深めていく応募者の皆さんの能力の高さに驚いています。アナログで何気なく見ている日常生活場面を一旦、デジタルデータに置き換え、そこで論理的に問題を解決するロジックを構築していくのは、大人でも発想することが難しい『データ化』、『デジタル化』の領域です。さらに素晴らしいことは、算数・数学のデジタル世界で得られた結果をちゃんと元のリアルな日常の理解や問題解決に繋げていることです。今回、受賞された作品もされなかった作品も、皆さんが着実にものごとを客観的に科学の視点で捉えることができるようになったことを示しており、デジタル時代を担うこれからの若い皆さんの活躍が目に見えます。次回の作品も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、2023年12月17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・特別賞 - 受賞作品の紹介と講評

塩野直道賞

小学校低学年の部

AI にじゃんけんでかとう!!

島根県 松江市立法吉小学校 3年 青山 陽

全5ページ



研究テーマ(タイトル)

AI にじゃんけんでかとう!!

松江市立法吉小学校 3年 青山 陽

1. 研究のきっかけ

AI にふれる機会にさんかし、AI のかこさにびっくりして、おもしろかった。アレクサとじゃんけん対決をして、どれが強いのか、どんな手を出しているのか、調べてみたいと思った。

2. 研究の方法

- (1) 1日3回(朝、帰宅時、寝る前)に5回ずつじゃんけんする。
- (2) アレクサが出た手をかち負け、あいこを記入する。
- (3) アレクサの出た手を調べてどうやって勝つか、アレクサのくちょうをみつける。

3. 研究の内容

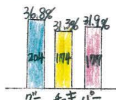
日付	朝	帰宅時	寝る前	日付	朝	帰宅時	寝る前
6/19	アレクサ はる	アレクサ はる	アレクサ はる	6/20	アレクサ はる	アレクサ はる	アレクサ はる
6/21	アレクサ はる	アレクサ はる	アレクサ はる	6/22	アレクサ はる	アレクサ はる	アレクサ はる
6/23	アレクサ はる	アレクサ はる	アレクサ はる	6/24	アレクサ はる	アレクサ はる	アレクサ はる

7/17	アレクサ はる	アレクサ はる	アレクサ はる	7/18	アレクサ はる	アレクサ はる	アレクサ はる
7/19	アレクサ はる	アレクサ はる	アレクサ はる	7/20	アレクサ はる	アレクサ はる	アレクサ はる
7/21	アレクサ はる	アレクサ はる	アレクサ はる	7/22	アレクサ はる	アレクサ はる	アレクサ はる
7/23	アレクサ はる	アレクサ はる	アレクサ はる	7/24	アレクサ はる	アレクサ はる	アレクサ はる
7/25	アレクサ はる	アレクサ はる	アレクサ はる	7/26	アレクサ はる	アレクサ はる	アレクサ はる

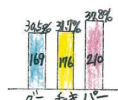
はる 199 (6) 189 (はる) 166 (はる)

0.69 ~ 1/2 までの集計

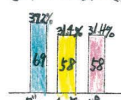
① アレクサの出し



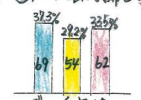
② はるの出し



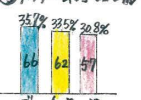
③ アレクサの出し(朝)



④ アレクサの出し(帰宅時)



⑤ アレクサの出し(寝る前)



グラフから分かる事
アレクサは「パー」を出す事が多い。

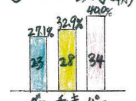
↓
パーだけ出すせきをやってみた。

- 3 -

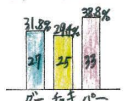
▲3ページ目

▲1ページ目

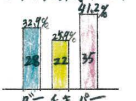
③ アレクサの出し(朝)



④ アレクサの出し(帰宅時)



⑤ アレクサの出し(寝る前)

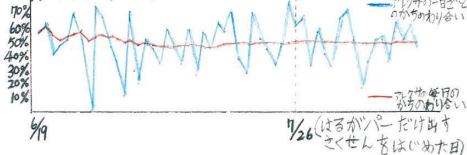


グラフから分かる事

今度はアレクサは「パー」を出すことが多くなった。
また、「パー」ばかりの出しの時、アレクサが「ロー」ばかり出して私をみくびっているところがいしますよ」と言っていた。

↓
アレクサは、こちらが出している手を、みくせしなが、次の手を出している。かち負けが平たうになるようにしている。

<アレクサのかちのわり合い>



4. 研究のまとめ

アレクサは一日ごとのかち負けの数がばらばらだけど、毎日の合計すると、かち負けを同じにしていることが分かった。

5. 今後の課題

もっとくちアレクサの出し手調べてみるような作せを考えたいです。

- 5 -

5ページ目▶

講評

AI のアレクサとじゃんけん対決をして、アレクサの特徴を探った楽しい作品です。まず、最初の約1か月でアレクサの傾向を分析し、グーが多いことを見いだしました。それをもとに、パーを出す作戦を実行して、勝敗の記録をグラフに表した結果、アレクサも分析しながら次の手を出していることを発見し、また、勝ち負けが平等になるようにしていることも発見しました。1日に3度、朝と帰宅時、寝る前に、それぞれ5回のじゃんけん対決をして約2か月を費やした熱意が素晴らしい発見につながり、優れた自由研究になりました。

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 (<https://www.rimse.or.jp/>)。



研究テーマ(タイトル)

きんさい！「大和比」のくに島根県へ！

松江市立母衣小学校 4年 名前 下村 岳

<研究のきっかけと目的>

島根県の2023年度上半期の観光客がコロナ前の8割程度の水準にとどまっていることを知った。島根県には、僕の大好きな、きれいな海や、大きな木江城など「美しい」場所がいっぱいあるからそれをアピールできれば観光客も増えるんじゃないかと思った。でも島根県の美しいってなんだろうとも思った。そこで、島根県にはどんな美しいかあるのかを言ったり絵や比を調べることを通して島根県の魅力を発信することを目的とする。

<研究の方法>

- ①: まず島根県の美しいを考えるために「美しいって何かについて考える。ここでは、島根県の美しいものや場所について、自分で考えたり家族に聞いたりする。その後、世の中の美しいに隠された秘密について調べる。
- ②: 次に美しいに隠された秘密が島根県のどこで使われているかを調べる。ここでは、島根県のいろんなところを周りながら僕が美しいと思う島根県を見つける。
- ③: 最後に、島根県の美しいを使って魅力を発信する。ここでは、島根県の美しいに隠された秘密を使って島根県をアピールするための案内チラシを作る。

▲1ページ目



(考察) 巨大大和比を使った島根県の案内チラシを作ることができた。大和比になるような写真を撮るのは大変だったけど案内チラシで一回描いたものや写真を縮小するときもう一度作り直すことでよく、比って魔法みたいだなと思った。

(感想) 今日案内チラシを作るためにたくさんの長さを何度も測っているうちに1:1.4が見えた感じでもわかるようになってきた。この前、イオンの中を歩いていても、大和比は大和比じゃないかな？と思うものもけっこうあったから言ってみようと思う。また、ものや場所以外にも、島根県は親切な人も多いからそれも島根県の美しいだと思う。そんな美しいが溢れる島根県にみんな来てくれるといいのにな。

(参考) 秋山仁 監修、算数のなぜ? 新事典 愛蔵版 研究社、2023年

-5-

▲5ページ目

②: 島根県の美しいに隠された大和比

島根県の美しいものにも大和比が隠れているかを調べるために、色々な場所の写真を撮ってきた。その写真の長さを定規で測り、大和比を見つけしてみた。

～発見!! 出雲大社に隠された大和比～



神楽殿 (a:b=c:d=e:f=1:1.4)



ムスビの御神像 (a:b=1:1.4)



割子そば (a:b=1:1.4)



拝殿 (a:b=c:d=1:1.4)

(考察) 僕が「美しい」と思っていた出雲大社には、たくさんの大和比が隠されていた。木江城も言ってみれば、見つけられなかった。写真は斜めからしか撮ることができなかったから真正面から撮れたら大和比が見つかったかもしれない。割子そばは写真の撮り方で比が変わるのが面白かった。

-3-

▲3ページ目

講評

地元である島根の魅力を算数でアピールする方法への思いつきがとても新しく、研究全体に地域への愛情が感じられる作品です。

「美しい」という概念を黄金比や白銀比で数学的に計量化することの意味をよく理解し、活用に結びつける態度は高く評価できます。とくに「大和比」を前面に押し出し、島根の魅力を表現するチラシ作成に至る、作者のビジネスマーケティング力も頼もしい作品です。

中央審査委員会



研究テーマ(タイトル)

父への請求書発行

国 立 鹿児島大学附属中学校 1年 名前 川原 千鶴

1. 研究の動機

毎月のお小遣いを父からもらう約束が、小学6年生4月から今までもらっていないことに気付いた。父に言ったら、そこ、そのうちね、とはぐらかされた。そこで、父に正式に請求書を発行しようと思う。せ、かくなので、そのお小遣いをどうにかして増やせないかと考え、預金や金利について調べてみた。

2. 研究の方法

小学6年生4月から中学1年生8月までのお小遣いを元に一番多く増える方法を調べてみる。内容としては、①定期預金、②外貨建て預金、③遅延損害金請求で調べてみる。それぞれの金利をインターネットなどで調べて、表やグラフにして、調べた。

3. 研究の結果

まず、元金(もらっていない期間の総額)を計算する。

・小学生時 月500円

R4.4～R5.3までの12ヶ月間

$500円 \times 12ヶ月 = 6,000円 - ①$

・中学生時 月1,000円

R5.4～R5.8までの5ヶ月間

$1,000円 \times 5ヶ月 = 5,000円 - ②$

$① + ② = 11,000円$

この11,000円を元金に①～③で検証開始!!

①定期預金で預けた場合

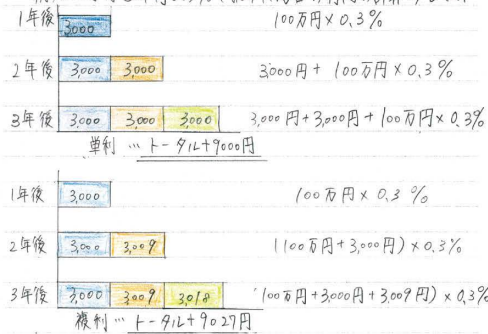
これから、中学卒業までの期間、定期預金に預けたらどのくらい増えるのかを考えてみた。

・金利には、単利と複利がある。

単利は預入期間中の元本についての利息がつくということ。

複利は、預入期間の途中で、それまでの利息を元本に加えて、その合計額を新たな元金として利息を計算していく方法。

例) 100万円を年利0.3%で預けた場合の利息の計算のしくみ



②それは11,000円で検証をしてみる。

条件

・金利: A銀行の金利0.01%で計算。

単利と複利の両方で計算する。

・期間: R5.8～R5.3 2年7ヶ月 (943日)

- 2 -

▲2ページ目

▲1ページ目

③遅延損害金を請求する場合

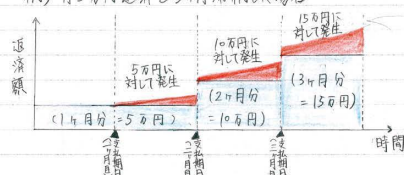
もっと増やす方法はないだろうか調べたところ、支払いが遅れたときに遅延損害金というものを請求できることを知った。

・遅延損害金には分割と一括のケースがある。

(1)分割で返済の場合

→毎月支払う額に対して毎月損害金が発生する。(図示)

例) 月5万円返済を3ヶ月滞りした場合



(2)一括で返済の場合

→借入総額に対して、延滞した日数分の損害金が発生する。

④それは11,000円で検証をしてみる。

条件

・遅延損害金年率: 20.0%

遅延損害金は年率14.6%から20.0%が一般的。

※年率が20.0%を超える場合は違法。

長年待たされたので、上限の20%とする。

・遅延損害金の計算方法

支払残高 × 遅延損害金の利率 × 遅れた日数 ÷ 365日

・今回は、毎月お小遣いが遅れていることより、分割方法で計算してみた。

- 6 -

▲6ページ目

講評

毎月もらえるはずのお小遣いが小学6年生から中学1年生までの17か月間支払われていませんでした。未払いのお小遣いを父親に支払ってほしいという切実な願いの結果がタイトルにある請求書発行です。

債権に対し定期預金、外貨建て預金、遅延損害金請求、それぞれの返還額を計算し、いちばん大きいものを請求書に用いるという作戦です。

中学生が自ら金銭に対して利息の計算をするという新鮮さと現実感、そして真剣さが伝わる仕上がりで評価できます。

中央審査委員会



陸上競技を数学で解く ～スポーツの平等性について～

長崎県立長崎北陽台高等学校 1年 橋元南緒

*陸上800m競争とは

400mトラックを2周する競技。レーンの種類は2種類あり、オープンとセパレートである。中高生の大会の場合、予選はオープンで、準決勝・決勝はセパレートで行われることがほとんどだ。セパレートで走る場合、ブレイクラインと呼ばれる第2コーナー付近にひかれてある白い線を越えてから内側へ走っていかなければならない。

1. 研究の動機

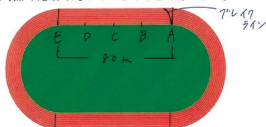
800mをセパレートで走る場合、そのブレイクラインは半径80mの弧を描くような形で作られている。これは外側のレーンの距離的不利を解消するためであると分かるが、もしそのような形でなく一直線にひかれていたならば外側のレーン走るときにどれほど距離的不利が生じるのか、またその場合、距離的不利を小さくする方法はあるのかというのを研究していきたいと思ったから。

2. 研究の内容及方法

私が9レーン(1番外側)を走っていると仮定する。高校の全国大会やプロの世界大会の800mのレースを見てみると、先頭は4レーンを走っていることが多い。そのため、私の内側にいる8人の中の先頭は4レーンを走っているとすると、

レーンの幅など計算に用いる値は日本陸上競技連盟で記されている値とする。

*自分は第2コーナー通過時点で先頭で走っていることを目標とする。



3. 研究内容

I. レーンの幅

1レーンの幅は1.22mと公式で記されているため、A地点から4レーンの内側までは

$$1.22m \times 3 \text{レーン} = 3.66m = 3.7m$$

A地点から9レーンの内側までは

$$1.22m \times 8 \text{レーン} = 9.76m = 9.8m$$

II. ブレイクラインから内側までの直線距離

各レーンのブレイクラインから内側までの直線距離を求めるために三平方の定理を使う。

例えば私(9レーン)と先頭(4レーン)の両者どちらともE地点を目指して走るとき、それぞれの直線距離は

$$\text{私(9レーン)} : \sqrt{80^2 + 9.8^2} = 80.598m \approx 80.6$$

$$\text{先頭(4レーン)} : \sqrt{80^2 + 3.7^2} = 80.085m \approx 80.1$$

▲1ページ目

場合③ 私E地点を、先頭B地点を目指して走る。(先頭は秒速6.06mで走っているとすると)

先頭がA地点からB地点を通過してE地点まで走るときの距離は図3より

$$20.3 + 60 = 80.3$$

E地点まで走るタイムは

$$80.3 \div 6.06 = 13.2500 \dots = 13.25$$

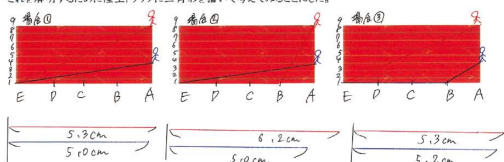
また、私がE地点まで走るときの直線距離は図3より80.6m。この場合にE地点を過ぎたあたりで私が先頭で走らなければならないスピードをxと置くと

$$80.6 \div x = 13.25 \quad x = 6.0830 \dots = 6.08$$

よって6.08%以上で走ると先頭で走ることができる。

この3つの中で最も走る距離に差が出たのは場合②(私はB地点を、先頭はE地点を目指して走る)である。なぜこのように走る距離に差が出たのか。

これを説明するために陸上トラックに三角形を描いて考えてみることにした。



三角形の斜辺の傾斜が大きくなるほど
総走距離が長くなっている!!!

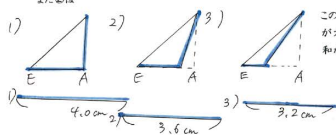
結果

以上の研究から次のことが考えられる。

- ① それぞれのレーンのA地点からE地点まで目指して走るときが最短のコースである。
- ② それぞれのレーンのA地点から、よりブレイクラインに近い位置で内側につくほど走る距離が長くなる。
- ③ どのレーンからでも走るコースによって距離的不利を小さくすることができる。

①は2つの点を結ぶ線を最短にする場合にどこにも折れ曲がらず、1本の直線となるという点と直線の性質から考えられる。

またの



この図から分かるように斜辺に対する角の大きさが大きくなるほど斜辺以外の2つの辺の長さの和が短くなる

— 3 —

▲3ページ目

このようにして私(9レーン)と先頭(4レーン)がB, C, D, E地点を目指して走った時のそれぞれの直線距離を計算すると下の表のようになる。

(図3)

内側に着いた時の位置(m)	[B] 20	[C] 40	[D] 60	[E] 80
ブレイクラインから内側までの直線距離(m)	20.3	40.2	60.1	80.1
	22.3	41.2	60.8	80.6

III. あらゆる場合を考える

今回は

① 私と先頭が二人とも同じ地点を目指して走する場合

② 私がブレイクラインから最も近い地点に、先頭はブレイクラインから最も遠い地点を目指して走る場合

③ 先頭がブレイクラインから最も近い地点に、私はブレイクラインから最も遠い地点を目指して走る場合

この3通りのいずれかが走る距離に大きな差が出そうと考えたため、この3通りの場合について調べていく。

場合① 私と先頭もE地点を目指して走る(先頭は秒速6.06mで走っているとすると)

先頭がA地点からE地点まで走るときのタイムは

$$80.1 \div 6.06 = 13.21$$

この場合にE地点を過ぎたあたりで私が先頭で走らなければならない最低限必要なスピード(%)を求めるため、その値をxと置くと

$$80.6 \div x = 13.21 \quad x = 6.1014 \dots = 6.1$$

これより約6.1%で走らなければならない。

たったこれだけの差だと感じるかもしれないが400メートルのタイムで考えると、6.06%の時66.006秒である一方、6.1%の時65.73秒となり約0.5秒の差が生じる。陸上世界での0.5秒は大きな差である。

場合② 私はB地点を、先頭はE地点を目指して走る。(先頭は秒速6.1mで走っているとすると)

先頭がA地点からB地点まで走るときのタイムは場合①で計算したとおり13.21秒

また、私がB地点を通過してE地点まで走るときの距離は図3より

$$22.3 + 60 = 82.3$$

この場合にE地点を過ぎたあたりで私が先頭で走らなければならない最低限必要なスピード(%)を求めるため、その値をxと置くと

$$82.3 \div x = 13.21 \quad x = 6.2301 \dots = 6.23$$

よって6.23%以上で走らなければならない。

これを400mのタイムで考えると6.06%の時66.006秒である一方、6.23%の時64.205秒となり約2秒の差が生じる。場合①より6%の差が生じる。

— 2 —

▲2ページ目

講評

陸上競技の経験者なら一度は「レーンによって有利不利があるのではないかな」と思います。1周400メートルのトラックを2周する800メートル競走では、セパレートと呼ばれる方式が採用され、各レーンに分かれて出発します。そして第2コーナー付近にあるブレイクラインという曲線から内側に入って走ります。果たしてそれは平等なのかという疑問を解決した作品です。

こんな風に身近な疑問も数学で解決できるといい例です。

中央審査委員会



n次元空間における反転幾何を用いた n 次超球の体積の導出

筑波大学附属駒場高等学校 2年 澤本雄正

1 はじめに ～研究の動機～

数学の授業で習った平面における反転幾何が興味深かったため、その活用方法を模索したところ、空間での拡張性があることが確かめられた。そして、その性質を用いた活用方法を考えたところ n 次超球の体積を求めようという発想に至り、その結果の導出を本研究の目的とすることにした。

2 n 次元空間における反転の性質の確認

2.1 平面における反転の定義とその性質

まず平面における反転とは以下のような操作のことである。

平面上のある点 O に対して、点 O と点 P を結ぶ半直線上に

$$OP \cdot OQ = r^2$$

を満たす点 Q をとる

この時、点 O を中心とする半径 r の円を基準円などと呼ぶ。

このような平面の反転においては次のような事実が知られている。

- (i) 点 P が点 O を通らない直線の線上に存在するとき、点 Q は原点を通る円を描く
- (ii) 点 P が点 O を通る直線の線上に存在するとき、点 Q は原点を通る直線を描く
- (iii) 点 P が点 O を通らない円の周上に存在するとき、点 Q は原点を通らない円を描く
- (iv) 点 P が点 O を通る円の周上に存在するとき、点 Q は原点を通らない直線を描く

この証明は後に一般化した形で行うものとしここでは省かせてもらう

2.2 n 次元空間への拡張

ここからは上記のような反転の操作を n 次元の空間に拡張することを目指す。ただし、本研究では想定される n 次元の空間は n 次元のユークリッド空間を想定するものとする

$$(a_1^2 + a_2^2 + \dots + a_n^2 - s^2)(X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_n^2) = 0$$

ここで $a_1^2 + a_2^2 + \dots + a_n^2 - s^2 = d$ とする

$$\Leftrightarrow r^4 - 2r^2(a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n) + d(X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_n^2) = 0 \cdots \textcircled{5}$$

$$\Leftrightarrow \left(X_1 - \frac{r^2 a_1}{d}\right)^2 + \left(X_2 - \frac{r^2 a_2}{d}\right)^2 + \dots + \left(X_n - \frac{r^2 a_n}{d}\right)^2 = \frac{r^4(a_1^2 + a_2^2 + \dots + a_n^2 - d)}{d^2} = \frac{r^4 s^2}{d^2}$$

よって原点を通らない超球の表面を表す■

(iv) の証明

⑤の式のうち原点を通るもの(d=0)を考えると

$$\textcircled{5} \Leftrightarrow r^4 - 2r^2(a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n) = 0$$

$$\Leftrightarrow a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n = \frac{r^2}{2}$$

よって原点を通らない超平面を表す■

2.3 結果から見える性質

上に挙げた証明の結果の式から(i)のような場合では、反転後の超球の中心の座標は

$O' = \frac{r^2}{2s}(a_1, a_2, \dots, a_n)$ であることから、反転前の超平面に対して原点からおろした垂線の足を H とすると、半直線 OH 上に反転後の超球の中心が存在することが分かる。その球の半径は OO' に等しいため、OH の長さと基準球の半径に依存していることも分かる。特に、基準球の半径 r=1 の場合この結果を得る。

$$\text{反転後の超球の半径} = \frac{1}{2OH}$$

3 n 次元における n 次超球の体積の導出

3.1 方針

ここでは n 次元での超球の体積の導出に入る前に、まず私がこのテーマを思いつくもとなった平面での円周の長さの反転を用いて表すことをした後、n 次元での超球の体積の導出を行いたいと思う

3.2 円周の長さの導出

まず、基準円の半径を 1 とし、その中心を原点に置くものとする。

4

▲4ページ目

▲1 ページ目

$$= \textcircled{6} = \begin{cases} \frac{1}{(x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_{n-1}^2)^{\beta-\frac{1}{2}}(2\beta-2)!!} \frac{(2\beta-3)!!\pi}{(2\beta-2)!!} & (2\beta \text{ が偶数}) \\ \frac{1}{(x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_{n-1}^2)^{\beta-\frac{1}{2}}(2\beta-2)!!} \frac{(2\beta-3)!!}{(2\beta-2)!!} & (2\beta \text{ が奇数}) \end{cases} \cdots \textcircled{8}$$

この結果を用いて再び最初の n 次超球の体積の式を表すと

$$\begin{aligned} V &= 2^{n-1} \int_{-\infty}^{\infty} \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \dots \int_0^{\infty} \frac{1}{(x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2)^n} dx_1 dx_2 dx_3 \dots dx_n \\ &= 2^{n-1} \frac{(2n-3)!!}{(2n-2)!!} \left(\frac{\pi}{2}\right) \int_{-\infty}^{\infty} \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \dots \int_0^{\infty} \frac{1}{(x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_{n-1}^2)^{n-\frac{1}{2}}} dx_1 dx_2 dx_3 \dots dx_{n-1} \\ &= 2^{n-1} \frac{(2n-3)!!}{(2n-2)!!} \frac{\pi}{2} \frac{(2n-4)!!}{(2n-3)!!} \left(\frac{\pi}{2}\right) \int_{-\infty}^{\infty} \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \dots \int_0^{\infty} \frac{1}{(x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_{n-2}^2)^{n-1}} dx_1 dx_2 dx_3 \dots dx_{n-2} \end{aligned}$$

同様に計 n-1 回 ⑧を V の式に用いると次の式を得る

$$\begin{aligned} V &= 2^{n-1} \frac{(2n-3)!!}{(2n-2)!!} \frac{(2n-4)!!}{(2n-3)!!} \cdots \frac{(n-1)!!}{n!!} \left(\frac{\pi}{2}\right) \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{x_1^{n+1}} dx_1 \\ &= 2^{n-1} \frac{(n-1)!!}{(2n-2)!!} \left(\frac{\pi}{2}\right) \left[-\frac{1}{nx_1^n} \right]_{-\infty}^{\infty} = 2^{n-1} \frac{(n-1)!!}{2^{n-1}(n-1)!!} \left(\frac{\pi}{2}\right) \frac{1}{n} (2r)^n \\ &= \frac{1}{n!!} \left(\frac{\pi}{2}\right) (2r)^n \end{aligned}$$

よって

n 次元空間の半径 r の n 次超球の体積 V は

$$V = \frac{1}{n!!} \left(\frac{\pi}{2}\right) (2r)^n$$

表面積は上の V の式の x₁ の座標を $\frac{1}{2r}$ に固定することで求めることができるので表面積 S は

$$\begin{aligned} S &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\left(\frac{1}{4r^2} + x_2^2 + \dots + x_n^2\right)^{n-1}} dx_2 dx_3 \dots dx_n \\ &= 2^{n-1} \frac{(n-3)!!}{(2n-4)!!} \left(\frac{\pi}{2}\right) \frac{1}{\left(\frac{1}{4r^2}\right)^{\frac{n-1}{2}}} = \frac{2}{(n-2)!!} \left(\frac{\pi}{2}\right) (2r)^{n-1} \end{aligned}$$

この結果は上の体積の式を半径 r について微分することでも得ることができる
よって

9

▲9ページ目

講評

平面における反転は、数学オリンピックでよく用いられる手法の一つです。初等幾何の問題のある点に関して反転すると簡単になり解けるといことがよくあります。また、高次元への反転の一般化はまあまあ知られています。例えば、高次元トレミーの不等式を高次元反転で示すことなどが個人的には好きです。しかし、高次元反転を用いて n 次元球の体積を求めるのは初めて見ました。大変面白かったです。

中央審査委員会

最適な雪かきのタイミング

鳥取県 鳥取大学附属中学校 2年 森田 寧音



全9ページ

最適な雪かきのタイミング

国立鳥取大学附属中学校 2年C組32番 森田 寧音

1 研究の動機や目的

2023年1月下旬、10年に1度とも言われる強烈寒波を経験した。日本各地で積雪記録を更新し、交通にも大きな影響が出た。私が住む町でも、あっという間に雪が降り積もり、何度も何度も雪かきをする事となった。

せっかく雪かきをして、すぐにまた積もるのなら、ある程度積もってからまとめてかいた方が雪かきに出る回数も減り、楽なのではないか、と考えた。そうはいい、あまりに積もると雪も重くなり、雪かきに出た際の除雪量が

増え、時間がかかる。
積雪量がどのくらいになったときに雪かきをするのが、時間をかけず済ませられるのだろうか、今年もやってくるであろう大雪に備えるため、調べてみたと思った。

2 研究の方法や内容

(1) 時間の経過と積雪の状態・重さを調べる。

- (1-1) 積雪の種類について
- (1-2) 時間の経過に伴う雪質の変化について
- (1-3) 積雪量の変化について
- (2) 雪かきにかかる時間と除雪量の計算方法を考える。
- (2-1) 雪かきにかかる時間と除雪量の計算方法について
- (2-2) 雪かきをした後の道路について
- (3) 雪かきを始めるタイミングを変え、雪かきにかかる時間を調べる。

(1) 時間の経過と積雪の状態・重さを調べる

(1-1) 積雪の種類

日本雪氷学会の積雪分類によると、

名前 記号	写真	説明	密度 (kg/m ³)
新雪(new snow) +		積もってから数日程度の雪で、降雪時の結晶の形が残っているもの。みぞれやあられを含む。	30~150

1

▲ 1 ページ目

講評

2023年強烈寒波により多くの雪が降り、鳥取でも沢山の雪かきが行われたことをきっかけにした研究です。雪質や降雪量・積雪時間、一度雪かきしてからまたアスファルトに雪が降り積もるまでの時間などを適切な考察の上で仮に設定し、検討した結果は「6cm降り積もるごとに雪かきが良い!」というもの。現象の抽象的なモデル化も上手で、何より実践や実感に伴う研究であるところが素敵です。ぜひ、この冬、いろいろと試しながらさらに考察を深めてください!

中央審査委員会

速さで分かる人の気持ち

東京都 白百合学園小学校 5年 前澤 美月



全5ページ

速さで分かる人の気持ち

私立 白百合学園小学校 5年 前澤美月

1. 研究の動機

私は、同じ道のりなのに習い事の行きと帰りでかかる時間が違うことに気づいた。この違いは途中にある急な坂道のために、私の歩く速さが変わってしまうからではないかと考えた。そこで、坂道が歩く速さに与える影響を調べることにした。

2. 研究の方法

私は授業で教座 10m を 5 回歩いて平均時間を出し、自分の歩く速さを求めた。これを私が平地を歩く速さとする。

(写真 1 参照)

- ① 自宅周辺の坂の角度を調べる。(写真 2、地図 1 参照)
- ② 10m に切ったスズランテープを坂道に固定し、その距離を往復で 5 回歩く。(写真 3 参照)
- ③ それぞれの時間と歩数を計測する。
- ④ ③の結果から平均時間、歩く速さ、歩幅を計算して比較する。

※道路なので車をつけて、歩行者の邪魔にならないようにする。

坂の角度(勾配)の調べ方

- I. 500ml のペットボトルに半分強の水を入れ、水平な場所で横に置き水面の位置にマジックペンで線を引く。
- II. 坂道でペットボトルを横に置き、水面の位置とマジックペンの線が交わる角度を分度器で測る。(写真 2 参照)

写真 1 平地を歩く速さの計算結果

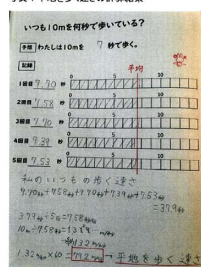


写真 2 ペットボトルと分度器で坂の角度を測る様子

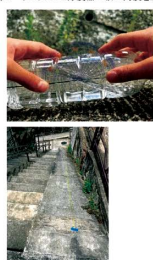


写真 3 10m のスズランテープを坂道に固定した様子 (写真 3)

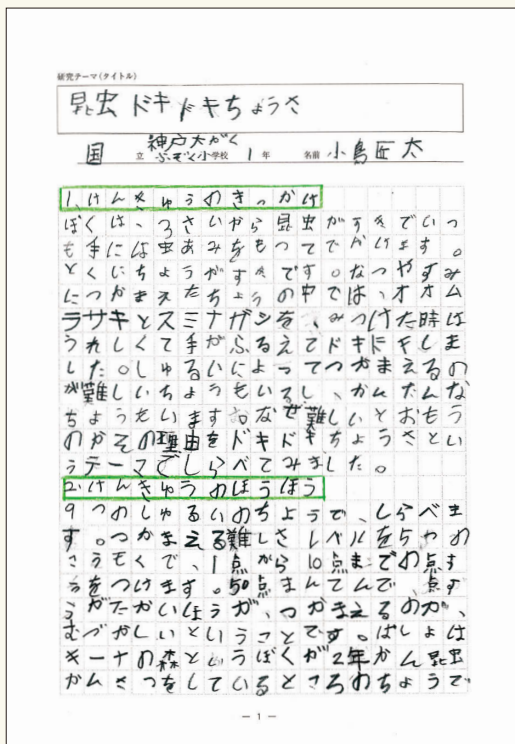
- 1 -

▲ 1 ページ目

講評

作者は、同じ道のりなのに習い事の行きと帰りでかかる時間が違うことに気づきました。そこで、途中にある坂道が歩く速さに与える影響について調べることにしました。自宅近くの坂道の角度を調べ、また歩く時間と歩数のデータを詳しく整理しています。それから、坂道を上ったり下がったりするとき、速さがどのように変わるかを分析しています。また、「高齢者疑似体験」をして、祖父母の気持ちをとらえようとしています。人の気持ち(感覚)についてデータを用いて数学的に分析し、明らかにしようとしている点がすばらしい作品です。

中央審査委員会

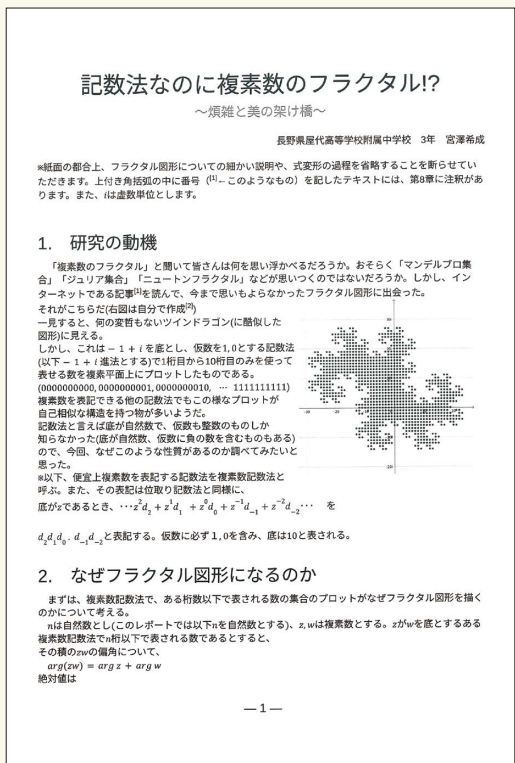


▲ 1 ページ目

講 評

作品中の図や写真からも「昆虫大好き!」が伝わってくる力作です。めずらしい蝶を見つけたときにうれしくてドキドキしたことから、蝶の種類によって捕まえるのが難しい理由を研究テーマにしています。蝶が飛ぶ高さや速さ、擬態レベル、出現期間、出現頻度という項目を設定し、蝶の種類ごとに点数をつけて数値化しました。予想と比較して考察をまとめており、レポート構成も大変しっかりしています。小学1年生にして素晴らしいデータサイエンスの研究レポートを仕上げてくれました。

中央審査委員会



▲ 1 ページ目

講 評

面白い! まずそもそも複素数を底とする記数法やその1桁から10桁までを使って表せる数のプロットが自己相似性を持つ美しいフラクタルになるというのが衝撃でしたが、同様にその出会いに刺激されて自分なりに先の考察を深めたのが本研究です。

中学生ながら複素数やフラクタルの諸概念や性質の根幹をよく捉えており、なぜフラクタルになるのか、フラクタル次元は何か、どんな仮数ならば任意の複素数を表記できそうか……などをシンプルかつ本質的に考察しており、美しさと深さが同居する名作品です。

中央審査委員会

中央審査委員 特別賞

ちさんちしょうの野菜い作り

栃木県 宇都宮大学共同教育学部附属小学校 2年 福田 多良

全5ページ

研究テーマ(タイトル)

ちさんちしょうの野菜い作り

宇都宮大学共同教育学部附属小学校 2年 名 福田 多良

①. けんぎゅうの きつ かけや目てぎ
おはあちゃんはやさいを直売しよー
もっていくためにふくらづめをします。
ぼくは、休みの日に手つだうことがあ
ります。ふくらづめをてつど。ている
ときかくのおもこになるまで、なん
どおはかりにかけで作るのて、はかり
にかけける回数が少なくなるほうはあ
るか、かんがえてみようと思ひました。

②. けんぎゅうのほうほう
いつもは、ふくらにこれくらいかな
とおもひ入れてみてはかりにかけ、
おもひかたもちと小さなものに、か
るからたらちと大きなものに、か
何れもおはかりにのせて作っています。
×か、の重さになつたやさいのかた
を紙に書き、つしてその広×にそえて
てみる、なん、おもひかたかけなくて
良くなるのか、それともかわりな
いかわりなつてみようと思ひます。

- 1 -

▲1ページ目

講 評

規定の重さに野菜を袋に詰めるお手伝いをしていたときに思いついた研究です。秤にかけける回数を少なくする方法はないだろうかと考えて、あらかじめ規定の重さになるようにナスやシシトウを袋詰めしたときの絵を描いておき、その絵に重なるように袋詰めするとどうなるかを実験しました。その結果、高い頻度で規定どおりの袋詰めができました。

3次元的な事柄を2次元に落として判定するという着想はとても画期的な考え方です。

中央審査委員会

中央審査委員 特別賞

クラシックバレエを測る

福岡県 福岡雙葉小学校 5年 加藤 暖乃香

全5ページ

研究テーマ(タイトル)

クラシックバレエを測る

福岡県 福岡雙葉小学校 5年 名 加藤 暖乃香

[1]研究のきっかけ
私は小さいころからクラシックバレエを習っている。今、一番熱中していることだ。去年から「トゥシューズをはけるようになる、コンクールで」「コッペリア」という演目のイタリアンフェットという振り付けをおどった。イタリアンフェットとは、片足を上げてクルクルと回る重さだ。



もっとイタリアンフェットを上手におどれるようになりたいと思い、自分のおどりを研究してみることにした。

[2]研究の方法
(1)私のおどりの動画を何枚かの画像に分ける。
(2)動画、サイトにアップされている3人のダンサーのおどりと同じタイミングで画像同士を比べる。
(3)同じタイミングの画像同士を比べる。
(4)重さを分かつやすくするため、本番前に書きかえる。

- 1 -

▲1ページ目

講 評

自身のバレエの振り付け(イタリアンフェット、響きも美しい!)の出来栄を動画で見直す方法の中で、三角形の角度や辺の長さ、円の半径、直径、円周の長さなど算数で学習したことを具体的な現実の問題解決に活かしている作品です。リアルな現実の課題を要素分解し、数学の問題に結びつけることは、一般には大人でも慣れない作業です。空間の動きを複数の面で切り取り、面の形状を線で単純化し、動的な問題を円周の長さに帰着した論理性とその結果を現実の知恵に戻す力は高く評価できます。

中央審査委員会

中央審査委員 特別賞

美しい旋律の構造とコラッツ数列の規則性の類似

茨城県 学校法人角川ドワンゴ学園 S 高等学校 1 年 丸山 優佳

全 10 ページ

美しい旋律の構造とコラッツ数列の規則性の類似

学校法人角川ドワンゴ学園 S 高等学校 1 年 丸山 優佳

概要

音楽の中で、旋律の 1 音目はさまざまな音が用いられ作成されます。しかし、音の終わりは主音・主和音であることが多いことから、最終的に 1 となるコラッツ数列の規則性との類似性を分析できるのではないかと考えました。美しい旋律の書きがなぜコラッツ数列につながるのか、結果を紹介しながら音楽の調性がある、美しい響きの世界を示します。

1 はじめに

ピタゴラス音律の旋律 7 音は、全音・半音がそれぞれ一定となり、振動数が 2 倍となる 1 オクターブ内にぴったりと収まります。完全 5 度を重ねることとは、3 倍音を重ねることと同じといえることから、 2^4 となる主音で閉じるピタゴラス音律とコラッツ予想の類似について調べました。極端極上に表した整数倍音の中での 3 倍音の調和する音と、導音が主音で美しく解決するときの半音との関連を考えることで、コラッツ数列が 1 に到達していくことを分析しました。

整数倍音、対数関数、対数線図が作る音の世界から、コラッツ予想を検証します。

2 背景

2.1 ピタゴラス音律

ある音の振動数を 1 の基準とした場合、2 倍した音は 1 オクターブ高く、3 倍した音は 1 オクターブと完全 5 度高い音になります。振動数が 2:3 となる完全 5 度は、基準音から 6 回分（長調の場合は下に 1 回、上に 5 回）重ねてできる 7 音で 1 オクターブ内に収め替えます。こうしてできる音階は、隣り合う 5 度の全音・2 度の半音の比率がそれぞれ一定で定めらるがにつながり、1 オクターブを 1:2 の完全 8 度で閉じることができ [1]。

$$\left(\frac{9}{8}\right)^5 \times \left(\frac{256}{243}\right)^2 = 2 \quad (1)$$

このように、ピタゴラス音律の 7 音は、2:3 の音の度によって、連なる旋律の音が美しく響くような構造になっています。しかし、ただ単に完全 5 度を上に 12 回繰り返しただけでは、1 オクターブを閉じることができません。基準の音を下とすると、12 回目に表れるのは、

$$\frac{3^{12}}{2^{19}} = \frac{531441}{524288} = 1.0136\ldots \quad (2)$$

となり、基準の下より約 1.0136 倍高い音になります。3¹² の音を 1 オクターブ内で表すために、2¹⁹ で割ることにより 19 オクターブ下げます。

この 12 回分の音の度、対数関数を用いて 1 オクターブ 1200 セントで表します。これは、管弦楽のチューニングなどでよく用いられるセオリーの表示方法です。100 セントごとに平均的な半音をあらわすことができます。平均率はオクターブの比率は整数比 1:2 になりますが、100 セントごとと平均は 1:2 倍です。

$$\frac{3^{12}}{2^{19}} \log_2 = 1200 (12 \log_2 3 - 19) = 23.46\ldots \quad (3)$$

完全 5 度を 12 回繰り返した音は、はじめの下より約 23.46 セント高い音になり、1 オクターブは閉じません。

美しい旋律のために、ピタゴラスは 1 オクターブの音階を 12 度の完全 5 度や 12 度の半音ではなく、5 度の全音と 2 度の半音を組み合わせた 7 音で作り直しました。ピタゴラス音律は、2:3 という小さな整数比の音の度が互いに調和しながら、2⁴ の主音を基として美しい旋律を奏でることができる音階といえます。

1

▲ 1 ページ目

講評

音階と数学の関係、また、コラッツ予想に関する自由研究はいろいろ見てきましたが、二つを結びつけた研究は初めて見ました。確かにどちらも数学的には素数 2 と素数 3 のコラボレーションでできています。

また、ピタゴラスコンマなどの考察もきちんとしており、今後のより発展的な研究も期待される作品です。

中央審査委員会

中央審査委員 特別賞

中和滴定曲線の断崖絶壁 なぜ？

大阪府 四天王寺高等学校 3 年 磯部 万智

全 9 ページ

研究テーマ(タイトル)

中和滴定曲線の断崖絶壁 なぜ？

私、立 四天王寺高等学校 3 年 名前 磯部 万智

背景

化学で酸・アルカリと学び、塩酸は水酸化ナトリウムと加えていく中和滴定実験を行い、得られた pH 曲線が何やら「断崖絶壁」のようになり、なぜこんな曲線になるのだろう？と不思議に感じたのをよく覚えてる。その当時は「こういうものなのだな」と暗記したもの、やはりスッキリしない気持ちが残っていて、自分でも 1 回、数学を使った計算で導き出してみようと思った。今回の計算にチャレンジしてみた。

目的

中和滴定曲線が、なぜ独特な断崖絶壁のようなカーブを描くのかを数学的に証明する。

計算

計算を簡単にするために、以下のような H 価の酸をあらかじめ水に溶かしておいてから、H 価の塩基と時間をとって一定量ずつ加えていくモデルを考える。

用いる酸 (HΔ) は $H\Delta \rightleftharpoons H^+ + \Delta^-$ のように反応し、電離度を α とする。

用いる塩基 (□OH) は $\square OH \rightleftharpoons \square^+ + OH^-$ のように反応し、電離度を β とする。

水中では、H⁺ (水素イオン) の濃度 [H⁺] と OH⁻ (水酸イオン) の濃度 [OH⁻] の間には次の式が成り立っている。

1

▲ 1 ページ目

講評

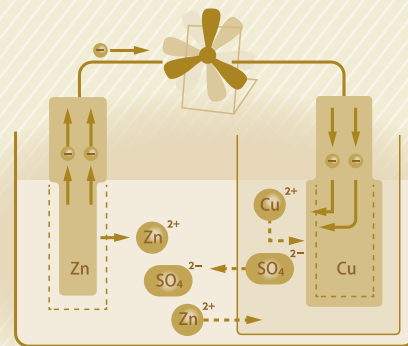
高校の化学の中和の実験で出てくる中和滴定曲線は、みな同じような曲線を描き、中和の際には断崖絶壁のような部分が現れます。なぜそんな曲線になるのかという疑問を持ち、その理由を数学的に解析しました。さらに物質によっても異なる曲線が現れることも調べています。化学の時間に当たり前のように描いているグラフですが、高校までの数学でその形の理由がわかると、世の中のいろんなグラフの形も気になりそうですね。

中央審査委員会

【第3回】

身の回りの電池

ーボタン形電池の種類と形状



東京学芸大学 教育学部自然科学系 教授

鎌田 正裕 / かまた まさひろ



1959年生まれ。京都大学大学院時代の専攻は原子核工学で、もっぱら熔融塩系の電気化学を専門とした。京大助手、鳥取大学助教授を経て東京学芸大学に異動した後は、授業で使える実験教材やものづくり教材の開発に取り組んできた。これまでに、高等学校理科（化学、理数探究）の学習指導要領の改訂・作成作業に関わるとともに、小学校理科、中学校理科、高等学校理数探究基礎の教科書の執筆にも関わってきた。大学院の授業では、科学と非科学の違いを考えさせるために、オカルト科学（擬似科学）を題材に科学の素晴らしさを次の世代に伝えることを目指している。

身近なボタン形電池

単三電池に代表される円筒形の電池に対し、円形でも平べったい電池のことをボタン形電池と呼びます。同じボタン形電池の中でも、コインのように直径が大きく厚さの薄いものは、コイン形電池と呼ばれることもあります。電気屋さんの電池売り場に行くと、ボタン形（コイン形）電池だけでもいろいろな種類があることがわかります。同じ形の電池であっても種類の異なるものがありますし、同じ種類の電池にもさまざまな形のものがあります。このように市販の電池の中でもボタン形のものも種類も形状も多く、それらに着目すれば、教材としての活用法がいろいろありそうです。今回は、教材という視点で、ボタン形電池の特徴を解説してみたいと考えています。

電池の型番



図1 代表的なボタン形（コイン形）電池

パッケージに書かれている型番を見ると、ほとんどの電池はその型番がアルファベット2文字とそれに続く数字からできていることがわかります。

型番の付け方にはルールがあって、アルファベットの最初の1文字が電池の種類、2文字目が電池の形状、そして数字の部分が電池のサイズを表しています。私たちがよく目にするボタン形電池にはLR, PR, CR, SRで始まるものがあります。LRとPRで始まる電池は、前回も解説しましたが、アルカリ電池と空気亜鉛電池です。CRで始まる電池がリチウム電池で、SRで始まるものが酸化銀電池となります。2文字目のRは円形であることを表している文字なので、ボタン形電池はすべて2文字目がRとなります。単三のアルカリ電池はボタン形電池ではありませんが、その形状が円なので型番はやはりLRで始まり、LR6と決められています。

次にアルファベット2文字に続く、数字についてです。先に述べたように、この数字は電池のサイズを表しています。例えば、前回の話に登場したPR44（空気亜鉛電池）は、LR44（アルカリ電池）と種類は異なるものの、数字が同じということは電池の外寸は全く同じということになります。また、CR2016やCR2032に代表されるように数字の部分が4桁のものについては、最初の2桁が直径を、後ろの2桁が厚さを表しています。ですから、CR2016は直径が20mm（1円硬貨と同じですね）で、厚さが1.6mmであり、CR2032なら直径は同じで、厚さが3.2mmであることを意味しています。型番の

意味を理解しておくと、店頭で電池を探すときにも便利なので、ぜひ知っておいてください。

標準電極電位と電池の起電力

電池の電圧は、電池の種類によって異なります。中でもリチウム電池の電圧は3Vで、アルカリ電池の2倍に相当します。後の回で、もう少し丁寧に説明しようと考えていますが、これには正極と負極の標準電極電位が大きく関わっています。標準電極電位は熱力学的なデータから算出できる数値で、両極の標準電極電位の差が電池の起電力に相当します（厳密には電解液の濃度なども影響しますが、詳しい説明は電気化学の教科書などに譲ります）。ここでは、酸化銀電池を例に起電力を見積もってみましょう。各極の反応と標準電極電位は以下になります。

酸化銀電池

正極： $\text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Ag} + 2\text{OH}^-$ (0.34V)

負極： $\text{Zn} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{ZnO} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$ (−1.22 V)

このとき、電池の標準電極電位と起電力には次のような関係があります。

$$\begin{aligned} \text{起電力} &= \text{正極の標準電極電位} - \text{負極の標準電極電位} \\ &= 0.34 - (-1.22) = 1.56\text{V} \end{aligned}$$

このようにして得られた起電力のことを理論起電力と呼ぶこともあります。実測した起電力（電流を流していないときの端子間の電圧）に必ずしも一致しません。市販の電池には公称電圧（電池を通常の状態で使用した場合に得られる端子間の電圧の目安）が示されており、これが実用的な意味での電池の電圧ということになります。酸化銀電池を実測した起電力は1.58Vで公称電圧は1.55Vですから、いずれも理論起電力に十分近いのですが、空気亜鉛電池では、理論起電力のほうが0.2Vほど高く、実際には1.4V程度しか電圧が得られないことがわかります。また、二酸化マンガンを正極に用いた電池では、購入直後の電池の起電力を測定すると、公称値より高くなることも珍しくありません。

アルカリ電池の場合、

正極： $\text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{e}^- \rightarrow \text{MnOOH} + \text{OH}^-$

で示されるように、放電反応生成物（MnOOH）が元の正極物質（MnO₂）内に混在し、その組成比によって電位が変化するため、放電するとともに正極の電位は低くなります。使用開

始直後の端子間の電圧が、放電期間中の平均値に相当する公称値よりやや高いのはこのためです。

CRで始まるリチウム電池の負極には、アルカリ電池（LR）と同じ二酸化マンガ人が用いられています。ちょっと乱暴な比較ですが、リチウム電池とアルカリ電池の起電力の差は、これらの電池の負極の標準電極電位の差と考えることができます。

リチウム電極の標準電極電位は、亜鉛電極に比べ2V以上低く、これがリチウム電池の大きな起電力の原因と言えます。標準電極電位だけで考えれば、アルミやマグネシウムを使っても高い起電力を持つ電池が期待できますが、ボタン形電池等での利用例は見当たりません。

電池の大きさとその特性

同じ種類の電池であればサイズが異なっても、起電力（公称電圧）は同じです。しかし、取り出せる電流の大きさには違いがあり、このことについては単一と単三の乾電池を使って、第1回で説明しました。同様のことはどんな電池を使っても示すことができるのですが、CRに代表されるコイン形電池を用いると、円筒形電池より詳しく説明できます。乾電池の場合、電池の大きさを変えてしまうと、電極面積も電極物質の量（厚さ）もいっしょに変化してしまうため、例えば内部抵抗の大きさが、電極面積や電極物質の厚さにどのように依存しているのかを分けて評価することができません。一方CRタイプの場合、ある性質について調べる際、例えばCR2016とCR2032を用いれば、電極の厚さの影響を調べることができ、CR1616とCR2016を用いれば電極面積の違いのみに起因する違いを調べることができます。このようにCRタイプの電池はその形状が豊富で、内部の構造が外寸（外形）に反映されているので、教材開発を行う上で、魅力的な素材です。

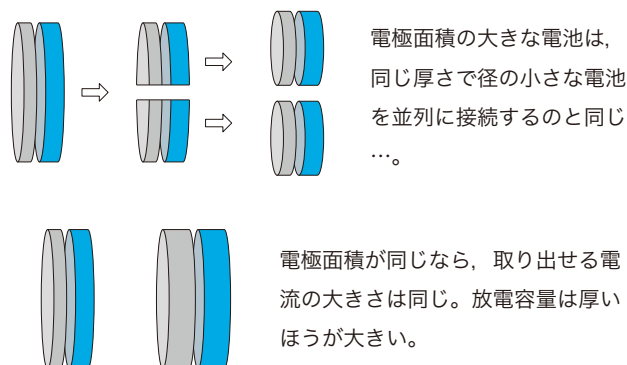


図2 電池の形状を見てわかること

CR2032を用いた電気分解実験

CR2032 は端子間電圧が3 V あり、これは1 枚でも水の電気分解を行うには十分の電圧です。また、電池の外缶がむき出しの金属でできているので、次のような装置で水の電解実験を簡単に行うことができます※¹。

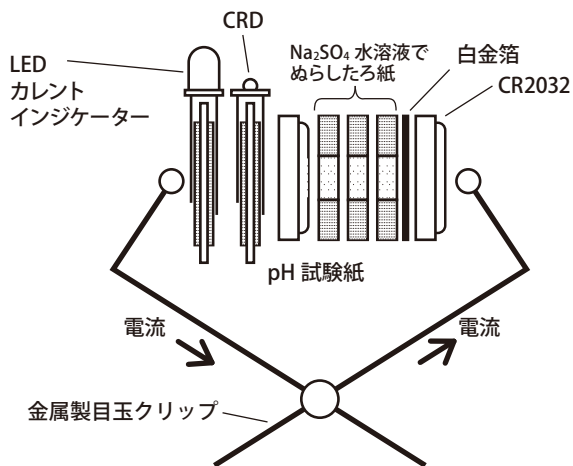


図3 クリップを使った電解装置

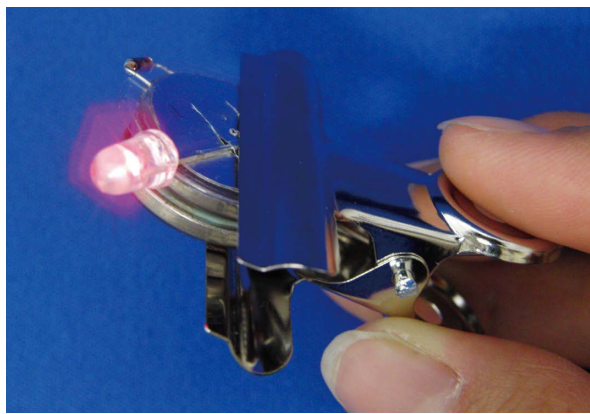
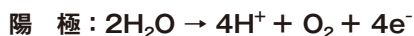


図4 電解中のようす

コイン形リチウム電池の外缶を電極とし、硫酸ナトリウム水溶液を含ませたろ紙を挟んで水の電気分解を行うことで、ピーカーのような電解槽が不要になり、使用する電解液の量を約 0.2mL 程度に抑えることができます。同時に、電極間の距離が小さくなり通電時の抵抗を小さくすることができるのも本装置の特徴です。さらに、定電流電解を可能にするためにCRD（定電流ダイオード：Current Regulative Diode）を回路内に挿入し、同時に通電中であることをはっきり示すためにLED（カレントインジケータ）を回路内に挿入してあります。電解中のようすは写真に示したとおりで、このとき各極では以下の反応が進みます。



本実験では気体の捕集ができないため、目視による気体の発生は無理ですが、反応が進むに従い、陽極側が酸性に、陰極側がアルカリ性に傾くため、pH 試験紙を用いて3 分ほど通電した後に その変化を観察すると、図のような結果が得られ、上記の反応を確認することができます。

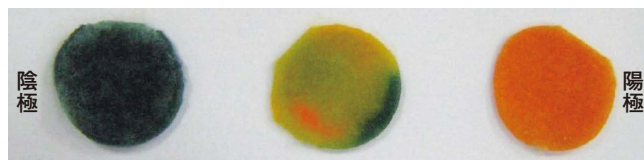


図5 電極近傍のpH 変化（赤が酸性、青がアルカリ性）

また、硫酸ナトリウム水溶液の代わりに、塩化銅の水溶液を使えば、陰極上での銅の析出や陽極からの塩素の発生を、臭いやろ紙につけた赤インクの染みの脱色で確認することができます。

学校の理科の授業で行う電気分解の実験では、電解用セルや電源装置を始め、電解液の準備や廃棄などどうしても大がかりな準備が必要になるのですが、リチウム電池を使うとこんなに簡単にできますよという紹介でした。

ボタン形電池の誤飲

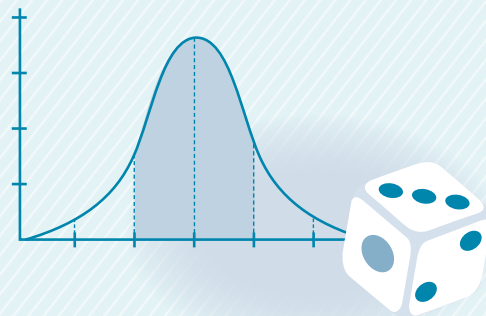
乳幼児の誤飲による事故は電池に限りませんが、特に近年、ボタン形電池の誤飲が問題となっています。その理由の一つに、昔はボタン形電池の利用が少なく、その多くも電圧の低い酸化銀電池やアルカリ電池であったのに対し、近年ではコイン形のリチウム電池が広く使われるようになったことがあります。LR や SR であれば、誤飲した際にも小径であるため食道などに引っかかる可能性が低く、飲み込んだ電池が特定の部位にダメージを与えるリスクも限られています。しかし、リチウム電池は径が大きいので食道などに引っかかりやすく、ひとたび引っかった部位で電解が起これば、上で述べたようにアルカリが生成され、これによって食道等の組織に大きなダメージを与えることになります。身近なところで使うことの多い電池ですので、小さな子供の手の届くところに放置しないことが大切です。

参考文献

- *1 Masahiro Kamata and Seiko Yajima, "Microscale Electrolysis Using Coin-Type Lithium Batteries and Filter Paper", J. Chem. Educ., 90, pp. 228 – 231, 2013

【第4回】

メンデルの法則と確率・統計



東京大学 名誉教授

松原 望 / まつばらのぞむ

Ph.D. (スタンフォード大学)。1942年生まれ。東京大学教養学部基礎科学数学コース卒。統計数理研究所研究員、スタンフォード大学大学院博士課程、筑波大学社会学系助教授、エール大学フルブライト研究員、東京大学教養学部・大学院総合文化研究科教授、同新領域創成科学研究科教授、上智大学外国語学部教授、聖学院大学大学院政治政策学研究科教授を歴任。著書には東大教養部統計学教室（編・著）『統計学入門』（東京大学出版会）、『わかりやすい統計学：データサイエンス基礎』（丸善）、『社会を読み解く数理トレーニング』（ペレ出版）、『計量社会科学』（東京大学出版会）、『意思決定の基礎』（朝倉書店）、『ゲームとしての社会戦略』（丸善）、『入門確率過程』（東京図書）、『入門ベイズ統計』（創元社）、『はじめよう！統計学超入門』（技術評論社）、『ベイズの誓いーベイズ統計学はAIの夢を見る』（聖学院大学出版会）など多数。

統計学が先鞭をつけた；遺伝の法則

今高校で教えられている統計学の仮説検定を始めたのは「統計学の父」フィッシャーですが、その題材は作物の収量や品種改良でした。始まりにおいて生物学ほど統計学に関係ある学問は経済学を除けば見つかりません。フィッシャーも人名辞典ではまず「遺伝学者」とありますが、遺伝現象に最初に深い関心を寄せたのはイギリスの学者たちです。誰でも子が親に似るのは当たり前だと思っていますが、当たり前過ぎてそれを科学的に物差しで測ってみるのはかえって稀でした。メンデルと同時代のゴルトンの遺伝現象に関する貴重なデータが表1です。相関係数は0.895で「驚くほど高い」という前にむしろ当たり前というべきでしょう。では、親から子へ何が伝わるのか、それが「遺伝」です。話はイギリスからオーストリアへと移ります。

表1 スイートピーの種子の大きさに見る遺伝現象

	スイートピーの種子の直径						
親の種子	15	16	17	18	19	20	21
子の種子（平均）	15.3	16.0	15.6	16.3	16.0	17.3	17.5

1/100インチ

確率でメンデルの法則がわかる

「メンデルの法則」は誰でも知っているでしょう。メンデ

ルは論文「植物の雑種に関する実験」（1865年2月8日）を出版しています。メンデルはエンドウ（*Pisum*）の2つの形質で子葉の色（黄、緑）と種子の形（丸形、しわ形）に注目し、黄色で丸形の種子をつくる純系の個体と緑色でしわ形の種子をつくる純系の個体を交配したところ、その結果、子（ F_1 ）はすべて黄色で丸形となりました。次に F_1 を自家受粉で子（ F_2 ）をつくると表2のような個体数のデータが得られました。なお、これはメンデルの行った多くの実験の一つであり、多くのデータが収録され、「分数形」という著者独特の代数式で分析しています（表2）。実験だけでなく「分析」こそすごいところです。

表2 メンデルの法則による確率分布の適合

表現型	黄色・丸形	黄色・しわ形	緑色・丸形	緑色・しわ形	計
観測度数	315	101	108	32	556
確率	$\frac{9}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{16}$	1
理論度数	312.75	104.25	104.25	34.75	556
両度数の差	2.25	-3.25	3.75	-2.75	0

これから重要なことが推論されます。見ての通りデータには微妙な揺らぎがありますが、生物学のテキストにあるように、表現型（現れる外形）として黄色・丸形、緑色・丸形、黄色・しわ形、緑色・しわ形が、理論的にそれぞれ $\frac{9}{16}$ 、 $\frac{3}{16}$ 、 $\frac{3}{16}$ 、 $\frac{1}{16}$ の確率になるらしいことです（なお、メンデルは

この比までは出していません)。生物統計学では比だけではなく確率も使いますし、そのほうがスッキリするメリットもあります。

例えば、実際、黄色・丸形については、この確率から理論値 $556 \times \frac{9}{16} = 312.75$ は観察値 315 に非常に近い値で、

黄色・しわ形 $556 \times \frac{3}{16} = 104.25$, 観測値 = 101

緑色・丸形 $556 \times \frac{3}{16} = 104.25$, 観測値 = 108

緑色・しわ形 $556 \times \frac{1}{16} = 34.75$, 観測値 = 32

となるのが表2で、計算はスッキリしています。差は表2にも見られるように非常に小さく、メンデルの法則が正しいらしいことがわかります。ただし、逆に決して完全にピッタリではなく、確率論や統計学が生物学にも広く有用とわかります。

ちなみに、当てはまりのよさを示す「カイ2乗値」は0.470と非常に小さく、差は統計的に有意でなく、メンデルの仮説の有力証拠になります。「カイ2乗値」は高校の仮説検定ではまだ教えられていません。



図 緑色エンドウ豆はむしろめずらしい

「独立の法則」も確率で

では、確率で話を進めてみましょう。まず分離の法則から説明します。よく知られていることですが、染色体はそれぞれ両親から来た一対（相同染色体）になっています。

雑種第1代F₁ 元の個体は純系なので、その染色体上で遺伝子は黄色をYY、緑色をyyとします（同様に、別の染色体上では丸形をRR、しわ形をrrとします）。これがそれぞれの個体の減数分裂でYとY、yとyに分離してそれぞれの「配偶子」（卵や精子のように合体して新しい個体を作るための細胞）に一つずつ入ります。これが「分離の法則」です。したがって、合体後の雑種第1代F₁の遺伝子型は必ずYyになります。

色や形から見た表現型は、黄色が緑色に対し 顕性（かつての言い方では 優性 dominant）なので、種子は黄色になり、同じく形は丸形になります。遺伝子型は Rr、丸形がし

わ形に対し顕性です。これが「顕性の法則」です。

雑種第2代 F₂ YyとYyのF₁どうしの受精によって、F₂には4通りの遺伝子型があり確率は等しく1/4ですが、YyとyYは区別できないので、

$$P(YY) = \frac{1}{4}, P(Yy) = \frac{1}{2}, P(yy) = \frac{1}{4} \quad (1)$$

となり、比では1:2:1と表せます。

これを表現型でまとめると、黄色が顕性で、

$$P(\text{黄色}) = \frac{1}{4} + \frac{1}{2} = \frac{3}{4}, P(\text{緑色}) = \frac{1}{4} \quad (2)$$

となります。

これと並行的に、別の染色体上で、遺伝子型では、

$$P(RR) = \frac{1}{4}, P(Rr) = \frac{1}{2}, P(rr) = \frac{1}{4} \quad (3)$$

となります。表現型では丸形が顕性で、

$$P(\text{丸形}) = \frac{1}{4} + \frac{1}{2} = \frac{3}{4}, P(\text{しわ形}) = \frac{1}{4} \quad (4)$$

となるわけで、ここに $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{4}$ という確率が出てきました。これに注目です。

確率の独立性から2遺伝子型を計算 さてここからは、色と形を込みにして2遺伝子雑種の遺伝を考えます。ここが根本ですが、2遺伝子は異なる染色体上にあると考えます。まずF₂のでき方としてF₁の配偶子まで戻ります。Yyは {Y, y} に、Rrは {R, r} に分離し、それぞれの { } から一つずつ確率 $\frac{1}{2}$ で配偶子に入ります。例えばYRは確率の積で $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ の確率で生じます。確率が積で計算される場合を「独立性」と言います。

よって、配偶子は {YR, Yr, yR, yr} がそれぞれ確率 $\frac{1}{4}$ で生じ、この後、組み合わせ

{YR, Yr, yR, yr} と {YR, Yr, yR, yr} の自家受精

になることがわかります。ここで、これらの組み合わせから、最初のYY|RR, 2番目のYY|Rr, …など16通りの遺伝子型が、確率論の独立性が効いて、今度は確率 $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$ で生じています（| は見やすくするため）。

よく見ると、ここに式 (1), (3) が表れています。これは遺伝子型ですが、表現型では (2), (4) です。この確率の組み合わせを表にすると、表の最右例、最下行です（表3）。もともと色と形の染色体は別ですから、確率論として独立で、 $\frac{3}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{9}{16}$ が成立しています。 $\frac{3}{16}$ はどうやって計算できますか。これで表2の確率が出ました。

表3 表現型での独立の法則

	丸形	しわ形	
黄色	$\frac{9}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{4}$
緑色	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{4}$
	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{4}$	

「伴性遺伝」のさまざまな表れ方

ここからはメンデルより後の染色体の発見以後のことです。遺伝の仕組みの理解が進み、多少入り組んでくるのですが、それでも高校の「生物」レベルです。

そのわかりやすい一例として、性の決定とは別の働きをもつ遺伝子が性染色体 XX や XY の上にあるとき、その形質は性と深い関係をもって遺伝し「独立の法則」に従いません。この遺伝現象を「伴性遺伝」と言います。生物の教科書では、ショウジョウバエの眼の色などが取り上げられていますが、ヒトの伴性遺伝を取り上げている教科書もあります。

そこで、ヒトを例として、遺伝子が X 染色体上にある (Y 染色体上にはない) 場合を扱います。この場合もいろいろあります。人権にも配慮が必要とした上で、色の見え方が個人差として異なる形質が知られています。これが現れる原因は X 染色体上にある **潜性** (かつての言い方では **劣性** recessive) 遺伝子のためです。そこで、ここからはこの遺伝子を顕性 B および潜性 b で表します。

(1) きわめて多様

伴性遺伝では、親あるいは子の性♀、♂によって表現型が異なることがあります。異なる形質はよく♂に多いなどと言いますが、実際は♀に全く見られないわけではありません。もちろん完全に♂に限る場合もあります。また、両性ともに全く見られないケース、逆に必ず両性ともに見られるケースもあります。そうなると、全く移り気で無規則、予測不能と思われるかもしれませんが、そんなことはありません。きちんと理論的に整理でき、相当程度に確率的に予測もできます。

それを説明するために、(ここでだけですが、) 例えば♀の性染色体 XX 上に遺伝子 BB, ♂の性染色体 XY の X 上に b があることを ♀ = BB, ♂ = b のように表すことにします。すると、(2), (3) で述べるように、親の 5 通りの遺伝子型から子の遺伝子型が決まります。

上に述べた潜性形質が表現型である個体を※で示します。

(2) 子の遺伝子型が性で確定的に決定

性により確定的に一通りに決まります。親が、

① (♀ = BB) × (♂ = ※b) のとき 子♀の XX には親♀から B, 親♂から b が来るほか、子♂の X は親♀から B が来る組み合わせだけで、確定的に子♀は Bb, 子♂は B となります。いずれの性でも遺伝子は確定的に顕性になり、※の個体は決して表れません。

② (♀ = ※bb) × (♂ = B) のとき 子♀は BB, 子♂は ※b
この場合は、子♂(だけ) に※の個体が出ます。

③ (♀ = ※bb) × (♂ = ※b) のとき 子♀は ※bb, 子♂は ※b
この場合、子は性に関わらず確定的に※の個体となります。以上から、①→②→③の順に※が出やすくなります。

②の場合には、子の性によって表現型が異なりますが、①、③の場合は、表現型は異なります。

(3) 子の遺伝子型が性により確率的に影響

この場合も性により左右されますが、①～③と違って必ずではなく確率(条件付き確率)的になります。親が、

④ (♀ = Bb) × (♂ = B) のとき 子の性ごとに、
 $P(BB | ♀) = \frac{1}{2}, P(Bb | ♀) = \frac{1}{2}$ および
 $P(B | ♂) = \frac{1}{2}, P(※b | ♂) = \frac{1}{2}$

これはわかりやすく、子♂(だけ) に※の個体が出ますが、必ずではなく確率的になります。

⑤ (♀ = Bb) × (♂ = ※b) のとき
 このときも、 $P(Bb | ♀) = \frac{1}{2}, P(※bb | ♀) = \frac{1}{2}$
 および $P(B | ♂) = \frac{1}{2}, P(※b | ♂) = \frac{1}{2}$

子は性に関わらず※の個体が出ますが、このときも必ずではありません。

まとめ 統計学や確率論によって「遺伝」を深く明確に理解することができる。

第5回予定 可能性と確率



参考

マウスのインターロイキン4の遺伝子の塩基配列

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/NC_000077.7?report=genbank&from=53503287&to=53509492&strand=true

【第4回】

原子 (アトム atom) II

ー近代におけるアトム



元徳島県公立高等学校 教諭

西條 敏美 / さいじょう としみ

1950年徳島県生まれ。関西大学工学部および同大学院修士課程で気体電子工学専攻。卒業後35年間、徳島県の公立高校で理科(物理)教員として勤務し、2011年定年退職。1982年に徳島科学史研究会を創設。理科教育の立場から科学史の活用を持つ。科学史を取り入れた高校教科書『理科基礎』(実教出版)の共同執筆にもかかわった。おもな著書に、『理科教育と科学史』(大学教育出版)、『測り方の科学史(I)(II)』、『単位の成り立ち』(以上恒星社厚生閣)、『物理定数とは何か』(講談社ブルーバックス)など。趣味は毎日1万歩、1時間15分歩くこと。現在地球の全周の10分の9を達成。

それを言い表すには一つの言葉しかない。それが見つかるまで、その言葉を探さなければならない。断じていいかげんところで、満足してはならない。

モーパッサン (1850～1893)
『ビュールとジャン』(1887) まえがきより

古代の原子論が芽を吹き返すことに貢献をした人物は17世紀フランスのガッサンディとされています。彼は古代のエピクロス哲学を研究し、無神論であった古代の原子論を神学に合致するような原子論に体系づけ、ヨーロッパ世界に広く原子論を復活させました。代表的な原子論者としては、ガッサンディと同国のデカルト、イギリスのボイル、ロック、ニュートンなどの名が思い浮かびます。しかし、「アトム」という語が共通には使われることはなく、共通しているのは彼らが粒子論者だということです。

ここでは、ボイルとニュートン、近代的原子論の創始者ドルトンの原子概念をその用語に注目して見てみます。

ボイルのミニマ・ナチュラリア

ボイルの著名な2つの著作『懐疑的な化学者』(1661)と『形相と質の起源』(1666)を取り上げてみます。

対話形式の著作『懐疑的な化学者』では、第1部の冒頭において、カルネアデスの言葉を借りて4つの命題が立てられ、最初の2つの命題で粒子論にもとづいて物質創造の原理が述べられています。

命題I 最初の創造の際、混合物体(mixed body)を作った宇宙の諸部分(part)、とりわけ普遍物質(universal

matter)は、さまざまに運動しているいくつかの形や大きさをもった粒子(particle)に分割されていたと信じて、不思議ではない。

命題II これらの微小粒子(minute particle)のうち、最小にして隣り合ったさまざまな粒子は、ここかしこに集まって微小な塊(minute mass)、あるいは群(cluster)を作り、それらは結合して容易に元の粒子に分割されない始源的凝塊(primary concretion)、あるいは塊(mass)を多数形成した。

多様な語が出ていますが、物質創造に4つの段階を追っているのが読み取れます。第1は微小粒子の段階で、この微小粒子は形や大きさを持ち、さまざまに運動していること。第2はこれが集まってできる微小な塊の段階、第3はこれがさらに集まってできる始源的凝塊の段階で、これは元の粒子に分割されないこと。そして第4はこの始源的凝塊から最終の物質(混合物体)が作られる段階です。ボイルは自然に階層構造を設定しているのです。

第3部の冒頭には、元素との関連で粒子を説明するのに、粒子(corpuscle)なる語が出てくることにも注目しておきます。これは、微小粒子が集まってできる始源的結合物(primary coalition)の粒子です。

5年後に刊行された『形相と質の起源』の「生成・消滅・変質」と題する節では、微小粒子の代わりに、「ミニマ・ナチュ

ラリア」なる語を登場させています。

「世界には大量の物質粒子が存在する。それらの各々はあまりに小さくて、単独で存在するかぎりは感知できない。しかも完全で分割できないから、一定の形をもち、非常に固くなければならない。粒子は思考の上や神の全能によっては分割できるが、それが小さくて固いために、自然力で現実分割されることはまずない。だから粒子はミニマ・ナチュラリア (minima naturalia) と呼ぶことができるだろう。」

この語は、「神の全能によっては分割できる」が、「自然力で現実分割されない」粒子を意味し、ボイルにとってのアトムに当たるといえます。

青年期に書かれた「原子論哲学について」と題する未刊のノートでも、古代の原子論に関するアリストテレスの誤解を批判し、アトムの意味は、究極の不分割体（形や大きさをもつ）で、この意味でミニマ・ナチュラリアの語と同じであると述べています。

この語はボイルの造語ではなく、古代ギリシャのアリストテレスが『自然学』第1巻で用いた「エラキスタ」なる語に由来しています。事物には一定の大きさがあるとしたその大きさを表す語でした。訳注などによれば、この語は12世紀にイスラムの哲学者アヴェロエスによって、minima というラテン語に訳され、中世のスコラ哲学では minima または minima naturalia という語が物質の最小単位として息づいていました。英語訳では、minimum particle, a certain magnitude などの語が当てられました。アヴェロエス以後、minima なる語は、minima naturalia のほか、pars（部分）、minima pars（小部分）、particula（粒子）、corpusculum（粒子）、homoiomere（同一素）などの語と大差なく用いられ、デモクリトスの原子論に言及するときだけアトムという語が使われていました。しかしドイツの哲学者ゼンネルトが登場して、ミニマとアトムを同一視同義語として用い始めたといえます。

このような経過を知りながらも、ボイルは、アトムという語を自身の粒子論に持ち込むことには慎重だったといえます。

ニュートンの始源粒子

ニュートンも粒子論者で、光の本性を粒子と捉えたほか、物質も粒子で捉えました。彼の著作に粒子論をよく表している箇所があります。一つは著名な『プリンキピア』（1687）の第Ⅱ

編・命題23で、ボイルの法則を説明するために、次の命題を立てて証明しています。

「互いに飛び交う多くの粒子 (particle) からなる流体の密度が圧縮に比例するならば、各粒子に働く遠心力はそれらの中心間の距離に逆比例する。また逆に、それらの中心間距離に逆比例する力によって互いに飛び交う多くの粒子は、その密度が圧縮に比例する弾性的な流体を作る。」

流体の構成要素は、逆比例する遠心力が働く粒子からなるとして、ニュートンは particle という語を使っているのです。いま一つの『光学』（1704）第3編疑問31にも、こんな記述があります。

「初めに神は物質を、固形の、重く、硬い、不可入性の、可動の粒子に形作り、その大きさと形、その他の性質および空間に対する比率を、神がそれらを形作った目的に最もよくかなうようにした。これらの始源粒子 (primitive particle) は固体であるから、それらの複合物であるいかなる多孔質の物質よりも比較できないほど堅く、決して摩滅したり、粉々に壊れたりしないほどきわめて硬い。神自らが最初の創造において、一つに作られたものを、普通有能力で分割することは不可能である。」

ニュートンの粒子は大きさと形のほか5つの性質（固形、重い、硬い、不可入性、可動性）を持っていて始源粒子と名付けていることがわかります。

ニュートンも、アトムとは何かを論ずることはしても、アトムの語を用いて自身の論を展開することはしていません。

ドルトンのアトム

19世紀の初めイギリスのドルトンは、ボイルやニュートンの粒子概念を受け継ぎ、またラボアジエの単体概念の上に立って、各単体の最小粒子間の相対的重さ、今日的用語でいえば原子量を実験値で示しました（次ページの図参照）。またその大きさまで推定しました。さらには最小粒子を記号化し、結合のようすを図示し、具現化しました。彼の業績は実験と結びついた近代原子論の基礎を固めたことです。

原子量の最初の発表は1803年10月21日、マンチェスター文学哲学協会の例会で読まれ、2年後11月発行の同協会報告に掲載されました。

ドルトンの時代には、単体は最小粒子2個が結びついてで

ELEMENTS				
	Hydrogen.	1		Strontian 46
	Azote	5		Barytes 68
	Carbon	54		Iron 50
	Oxygen	7		Zinc 56
	Phosphorus	9		Copper 56
	Sulphur	13		Lead 90
	Magnesia	20		Silver 190
	Lime	24		Gold 190
	Soda	28		Platina 190
	Potash	42		Mercury 167

ドルトンの元素記号と原子量の最初の表

きる分子という概念はまだできてはいなかったもので、酸素、水素、窒素のような気体は1個の最小粒子から成り立っていると考えられていました。

用語の上でも、この最小粒子にどのような名前をつけるか、ドルトン自身も苦慮したようです。ボイルのミニマ・ナチュラリア、ニュートンの始源粒子 (primitive particle) などでは、修飾語が付いていて、そもそも長すぎます。基本用語は短く簡潔でなければなりません。ドルトンはアトムという語で命名するのですが、1810年1月の王立研究所での連続講義の第17回原稿で、このことについて、こう記述しています。

「私は究極的粒子 (ultimate particle) を表すのに、particle, molecule, あるいは他のどんな語よりも atom という語を選んだ。それは他の用語が含んでいない分割できないという意味を本来的に含んでいるからである。私が複合原子 (compound atom) というときには、この語の適用をあまりに広げすぎているといわれるかもしれない。例えば、私は炭酸の究極的粒子を複合原子と呼んでいるのである。この語は分割することができるが、しかしそれは、そのような分割によって、炭と酸素に分解されてしまうので、炭酸でなくなってしまう。

それで、複合原子という場合にも何らの矛盾もなく、私の意味する点が誤解されるはずはないと思う。」

アトムという語には「不分割体」の意味が含まれているから採用したとドルトンは述べているのです。彼がいう複合原子とは化合物を作るアトムのことで、単体を作るアトムには単一原子 (simple atom) と名付けています。炭酸でも水でもそれを作る粒子はアトムということになります (今風にいえば分子)。

彼の学説は大著『化学哲学の新大系』全2巻3部 (1808, 1810, 1827) にまとめられましたが、この中でも究極的粒子でアトムと呼ぶべきところを molecule と呼んだりしています。

粒子を表す語は、それだけ混乱していたということです。ドルトン自身もほかに「粒子 (particle) なる語の意味および他の用語や言葉の使い方」(1811) なる論文を発表しています。彼は当時の科学者たちが使っている粒子の関連用語、例えば、integrant part (構成要素), component part (成分要素), integrant particle (構成粒子), compound particle (複合粒子), constituent particle (組成粒子), subordinate particle (下位粒子), first order of particle (第1次粒子), second order of particle (第2次粒子), molecule (分子), principle (原質) などの語をあげ、こう結んでいます。

「化学の著者たちが、粒子という語にどのような意味を与えているのか、考えるところを説明してくれるよう私は希望している。そうすれば、化学の基本原理と実践を包んでいる暗霧をやがて一掃することができるであろう。」

むすび

用語が混乱しているということは、その概念が混乱していることを意味します。ドルトンが用語についての論文を発表した同じ1811年、イタリアのアヴォガドロは今日の分子概念の論文を発表していて、粒子を表す語はますます、混迷を深めることとなります。

文献案内

- 原著の日本語訳は、古典化学シリーズ (内田老鶴圃新社), 科学の名著 (朝日出版社), 世界大思想全集 (河出書房), 世界の名著 (中央公論社), 岩波文庫 (岩波書店) などに所収。原著の復刻版の入手、閲覧も容易。
- 原光雄著『近代化学の父 ジョン・ドールトン』岩波新書 (岩波書店)。

シンクタンク「東京懇談会」における 教員養成・校内環境・学習内容アンケートの経年変化

小口 祐一 / おぐち ゆういち

茨城大学教授。1962年長野県生まれ。東北大学大学院教育学研究科修了、博士(教育学)。日本数学教育学会理事、日本教授学習心理学会理事、長野県学力向上外部検証委員、茨城県立高等学校等入学者選抜方法協議会委員、千葉大学、埼玉大学、信州大学、日本女子大学等にて非常勤講師を歴任。現在 Rimse 東京懇談会調査研究部長。



1) 調査研究部会の役割

理数教育研究所(Rimse)のシンクタンクとして、2016年に「東京懇談会」が設立されました。全日本中学校長会会長、早稲田大学客員教授などを歴任された大江近先生が座長を務められ、教育委員会における教育行政経験、学校長経験を有する教員養成系大学の教授で構成される委員の皆様で教育全般をめぐる諸課題について研究・協議が重ねられています。

東京懇談会の下部組織として設置された調査研究部会では、東京懇談会で協議された課題および提言を受け、科学的根拠に基づく調査・研究を目的として活動しており、2018年度より各地区の教育委員会、校長会、校長先生、先生方へのアンケートを実施し、主に教員養成・校内環境・学習内容の観点で分析を進めてまいりました。

第1期アンケート(2018年度)実施から5年が経過し、この間に教育界では「コロナ禍における学びの保障」、「教員の資質・能力の向上」、「GIGAスクール構想の実現」など、大きな教育課題への対応が求められました。本アンケートの結果においても、この5年間で大きく変化している傾向が見られます。

本稿では、教員養成・校内環境・学習内容の観点でアンケート結果の経年変化を分析し、今後の学校教育に向けた情報提供を進めてまいります。

2) 教員研修の観点から

2018年度の調査で、「これまでに参加した校外研修で良かったと思う研修の内容とその理由」を尋ねたところ、特に多かった内容は、「授業研究」(14.6%)、「外国語教育」

(9.9%)、「実験・実技研修」(8.5%)でした。

2019年度の調査で、自由記述での出現回数が多かった単語を抽出したところ、出現回数の上位から、「研修」、「授業」、「指導」、「理科」、「実技」となりました。

2022年度の調査では、出現回数の上位から、「研修」、「授業」、「ICT」、「活用」でした。「授業」に関する研修が多い傾向は変わりませんが、相対的に「理科」、「実技」に関する研修が減少し、「ICT」、「活用」に関する研修が増加した傾向が見られました。今回の調査で、「今後受講したい校外研修の内容」についても尋ねたところ、出現回数の上位から、「ICT」、「活用」、「研修」、「授業」でした。さらに、「ICT教育に関する研修」の質問項目を追加し、「過去2年間にICT教育に関する研修へ参加しましたか」という質問項目に対し、「はい」が71%でした。

このような経年変化は、「GIGAスクール構想」が推進された結果と推測されます。また、「コロナ禍における学びの保障」を目的として、オンライン学習が重要になったことが要因の一つと考えられます。

3) 校内環境の観点から

2018年度において、「小学校の専科教員の配置」の質問項目に対する回答には、複数回答可で、「算数・数学の専科教員は配置されている」が73%、「理科の専科教員は配置されている」が48%、「外国語の専科教員は配置されている」が40%という結果が得られました。

2022年度の調査においては、複数回答可で、「算数・数学の専科教員の配置」が32.0%、「理科の専科教員の配置」が22.2%、「外国語の専科教員の配置」が26.6%でした。

特に、平成29年3月告示小学校学習指導要領で、中学年に「外国語活動」、高学年に「外国語科」が導入されたことから、小学校では外国語の専科教員が必要とされているようです。しかし、2018年度の調査と比較して、算数・数学、理科、外国語のすべてにおいて、専科教員の配置が減少している傾向が見られました。教員志望者の減少により、講師の採用が希望通りに進まない実態が反映されていることが推測されます。

次に、ICT教育に関する経年変化を見ていきます。2018年度の調査において、ICT教育対応の教材の保有率は65%でしたが、2022年度の調査においては、ICT教育対応の教材の使用率は82%となっています。使用している教材の種類は、複数回答可で、「学習者用デジタル教科書」が46%、「自学自習用教材」が46%、「動画・音声教材」が33%、「図形・グラフ・英単語などのアプリケーション」が18%でした。この5年間で、ICT教育対応の教材の使用率は高まり、教材の種類が多様になってきたことがわかりました。

さらに今回の調査では、「特別な支援が必要な児童・生徒の在籍状況」の質問項目を追加しました。特別な支援が必要な児童・生徒の在籍状況は、1クラスあたり「1～2名」が35%、「3～4名」が46%、「5名以上」が18%であり、ほとんどのクラスに在籍している傾向が見られました。また、「特別な支援が必要な児童・生徒の指導にタブレット端末を活用していますか」という質問項目に対し、「活用している」が62%でした。

今後は、タブレット端末活用の研修やICT教育の教材開発をさらに進め、子供たちの学習を保障していくことが大切であると考えられます。

4 学習内容の観点から

ここでは、「授業で指導しにくいと感じる学習内容」について、教科ごとに見ていきます。

算数・数学の回答の上位項目を表にしました(表1)。2018年度の調査において、小学校で「割合」、中学校で「証明」の内容があげられていました。2022年度の調査においては、小学校で「概数」、中学校で「負の数」の内容があげられました。思考力の育成が大切であることは言うまでもありませんが、数の概念や意味の指導に課題がある傾向が見られました。

表1 算数・数学の回答の上位項目

	2018年度	2022年度
小学校	単位量当たりの大きさ	概数と四捨五入
	同種の二つの量の割合	異種の二つの量の割合
	異種の二つの量の割合	偶数・奇数、倍数・約数
中学校	証明の方法	平行線と角、多角形の角
	一次関数の表、式、グラフ	直線と平面の位置関係
	証明の必要性和意味	正の数・負の数の意味

理科の回答の上位項目を表にしました(表2)。2018年度の調査において、小学校で「地球領域」、中学校で「エネルギー領域」の内容があげられていましたが、2022年度の調査においては、小学校で「生命領域」、中学校で「エネルギー領域」の内容があげられました。ICT教材の開発が進み、地球領域の内容が指導しやすくなったことが推測されます。

表2 理科の回答の上位項目

	2018年度	2022年度
小学校	月と星	電流が作る磁力
	土地のつくり方と変化	植物の発芽、成長、結実
	月と太陽	動物の誕生
中学校	電流と磁界	天体の動きと自転・公転
	天体の動きと自転・公転	電流
	水溶液とイオン	水溶液とイオン

2022年度における外国語の回答(表3)では、小学校で「読むこと」と「書くこと」、中学校で「聞くこと」と「話すこと」の内容があげられました。学校種において、指導しにくい内容に違いがある傾向が見られました。

表3 外国語の回答の上位項目

小学校	中学校
外国語を書き、表現に慣れる	英語を正しく聞き取る
外国語を読み、表現に慣れる	英語で正しく話す

最後に、「教科書の使用場面」について尋ねたところ、算数・数学では、複数回答可で、「導入」が62%、「展開」が41%、「まとめ」が38%、「振り返り」が28%、「演習」が78%であり、教科書が頻繁に使用されている傾向が見られ、授業における教科書の重要性が明らかになりました。先生方の教科書への期待が感じられます。



東南アジア山奥の少数民族の子供たちの瞳の輝きに学ぶ

～学ぶことの意味と喜びを日本中に、
世界中に広げたい！～



認定NPO法人 シーエスアールスクエア 理事長

宍戸 仙助 / ししど せんすけ

36年間、福島県公立学校の教員として奉職。19年間の管理職の経験と道徳教育の実践を通して、子供たちの心の教育に力を注いできた。2017年からは、認定NPO法人「シーエスアールスクエア」を設立し、海外出張・支援活動と国内外での講演活動を続けている。1952年、福島県福島市生まれ。

はじめに

退職間際に訪問することとなったアジア最貧国の一つ「ラオス」。クラスター爆弾の不発弾が、未だに 8,000 万個も残る過酷な環境。しかし、そこで出会ったのは、貧しくとも家族のために懸命に働きながら瞳を輝かせて学ぶ子供たちの姿でした。そして、東日本大震災と東京電力福島第一原子力発電所の爆発事故。「子供たちにとって『生きる』とは、一つでも多くの、少しでも大きな夢に向かって一步一步進むこと。それが子供たちにとっての『生きる』だ」と、痛感したときでした。

それらが、私が第二の人生を生きる意味と意欲となりました。「東南アジアの貧しい教育環境で学ぶ子供たちを支えたい。」そして、「日本中の子供たちが、学ぶ動機を育み、瞳の輝きを取り戻す手伝いをしたい。」

3つのミッション

当団体を設立して 7 年。3つの使命により活動しています。

①東南アジアの貧しい学習環境で学ぶ子供たちの学習環境の改善を図ること。②日本の子供たちの支援を現地へ届け、継続的に交流を進めること。③日本の中学生や高校生、先生方を現地に案内し、学び教える意味と意義の再発見を促すことの 3 つです (HP は、<https://csr2.or.jp/>)。

学習環境の改善

福島県公立学校長を退職後、本格的に通い始めた東南アジア、ベトナム、ラオス、タイ、カンボジアの山奥。ベトナム・ラオスを中心に、山奥に住む山岳少数民族の貧しい村々の支援に明け暮れて 10 年。学校建築、小規模水力発電所の建設による電気の供給、寮・トイレ・飲料水用井戸掘削、飲料水

用水浄化システムの建設、幼稚園への大型遊具の設置、大型テレビやプロジェクターなどの教育機器、絵本の寄贈、奨学金制度の立ち上げなどに懸命に取り組んできました。



図1 2020年 ベトナム北部の奥地に完成したNa Kieng小学校

SDGs で定める目標の絶対貧困レベル 1 日 1.9USD、その半分以下で暮らしながらも、家族を思いやり、家族を助けるために懸命に働きながら、「幼い弟や妹を、学校で、学びたいだけ学ばせてあげたい」と訴える子供たち。そこには、「学びの本質的価値」と思える姿がありました、さらに、私たちが忘れ始めている生涯幸せであるための大きなヒントが隠されていました。



図2 ラオス南部 妹を抱く少年(左)、サッカー大好き少年(右)

日本の子供たちの支援を届ける

出前授業や講演活動は、十年間で、小中学校を中心として通算 560 回、国内では、北海道東部中標津町から広島県、

島根県、そして福岡県。海外での講演も東南アジア各国のほか、USA・ロサンゼルス、チャップマン大学からフランス・パリ、エコル・ノルマル・シュペリエール大学院大学まで、十数回となっています。

その中で出会った子供たちは、「僕たち私たちも、あの貧しい子供たちを励ますため、何か力になりたい」と立ち上がってくれます。そうした子供たちから預かった支援金で教育機器等を届け、交流作品などを現地まで運び、オンラインで双方を結んで交流をすることにより、子供たちの成就感・達成感を育む活動を続けています。

また、最近では、さまざまな企業のCSR（企業の社会貢献活動）の一環として話させていただける機会が増えてきました。日本全国の学校などで、「人の役に立つ人間になろう」と訴え続けている「その理由（わけ）」を、日本の青少年の現状などと比べながら、訴えさせていただいております。



図3 2022年度、広島県福山大学での教養講座のオンデマンド配信（YouTubeで1,850人の視聴者）

中・高校生や先生方のスタディツアー

コロナ禍で3年間実施できなかった、中・高校生を案内しての現地での交流活動も一昨年に再開し、12月には、32人の高校生の生涯の記憶に残る体験をアレンジすることができました。また、昨年8月には、日本全国から集まってくださった先生方をはじめ23人を案内してのスタディツアーも、4年ぶりに実施でき、「教員として、教えること、

学ぶことの本質を探る一生に一度の素晴らしい体験ができました」との嬉しい感想も寄せていただいています。

今年3月末には、神奈川県の中3年生51人を案内し、観光などでは絶対に立ち入ることのできないベトナム北部の山奥の学校を訪問し、現地の中3生と交流活動の予定です。



図4 生まれて初めての「運動会交流」に喜ぶベトナム北部山岳少数民族の子供たち

おわりに

一昨年9月、寄付者が税制上の優遇措置「寄附控除」を受ける資格「認定NPO法人」に認証いただき、昨年2月には、ベトナム政府認証の「海外NGO登録」も2度目の更新ができました。

現在、西東京市の方の支援で、ラオス中北部のシエンクアン県の小学校に4教室とトイレを建設中です。また、K-1キックボクシングの「武尊君」とのタイガーマスクプロジェクトもスタートして、ベトナム北部の山奥に2階建て6教室の小学校が完成間近です。

すべてがボランティアであることから学べる「自己有用感」の喜びから、いつまでも、東南アジアと日本中の小中学生に「夢と希望」を育み、学ぶことの本質を訴えることができることの有り難さを痛感しています。❖

※出前授業・講演会など、いつでもどこへでも伺います。
右のQRコードのホームページに、実績と申込みフォームがありますので、ご連絡をお待ちしております。



編集後記

MATHコンの表彰の集いは、コロナ禍により、3年連続でオンライン開催となっておりましたが、昨年12月に開催した第11回の表彰の集いでは4年ぶりに受賞者の皆さんを会場にお招きすることができました。今年も会場でお会いできることを願っています。奮ってご応募ください。

(財)理数教育研究所 事務局



「数学用語」その2

geometry はなぜ幾何なのか

サイエンスナビゲーター® 桜井 進／さくらいすすむ

幾何

人之生乎地上之無幾何也，譬之猶駟馳而過隙也。

人の地上に生まれるや、これ幾何も無きなり、これを譬え
れば、猶お駟の馳せて、隙を過ぐるがごときなり

『墨子』巻四 兼愛下 第十六より

幾何を「いくばく」と読むときは、「幾何の利益を得たか」のように、どれほど、いくらぐらいといった意味で数量・程度が不明であること、「余命幾何もない」のように下に「も」と打消しの語を伴い、数量・程度が多くないことを表します。

和算と幾何

「幾つか」という意味で用いられたのが江戸時代の数学——和算です。日本各地で庶民から大名・大臣まで広く和算に熱狂していたことを示すメディアの例が数学書と算額です。一大数学ブームの火付け役になったのが、1627年に吉田光由によって著された『塵劫記』です。人気作家の井原西鶴や十返舎一九を遙かに凌ぐ江戸時代最大のベストセラーが数学書であったことに驚かされます。

数学書に載った問題が解けると、その記念として問題と解答を絵馬に描いて地元の神社仏閣に奉納しました。算額奉納と呼ばれる風習です。奉納には、考え続けて問題が解けたことを神・仏に感謝するという意味があります。算額の問題文の最後に「幾つですか」という意味の「幾何」が見つかります。例えば次のような問題文です。

今有如図釣股内容全圓只云釣三寸股四寸間全圓径幾何
答曰 全圓径二寸

訳 図のように釣股（直角三角形のこと、釣が高さと股が底辺）があり、その内に円が内接している。釣が3寸、股が4寸のとき円の直径はいくらか。

答え 直径は2寸

geometry=geo(地球)+metry(測る術)

英語の geometry の語源はギリシャ語で、geo (地球・土地) + met (測る) + ry (～の術)、地球を測る術という意味です。このように geo がつく語は、geography (地理) = geo (地球) + graphy (記述したもの) のように地球にまつわるものです。

私たちが地球で生きていくために必要なのが、水と空気と食料そして「いつ」と「どこで」です。数学は、「いつ」すなわち暦と「どこで」すなわち地図を作るために発展してきました。手では測ることができない大きな地球、手が届かない遙か彼方、天上の星。私たちは星を測量することで、時間を作り出し、大地の縮図を作ることができました。そのために必須の技術が数学です。

測量術から始まったユークリッド幾何学から二千年を経て、さまざまな幾何学——座標幾何、射影幾何、位相幾何、非ユークリッド幾何が誕生しました。さらに幾何学はそれ以外の数学の分野とも密接に関係することが明らかになってきました。代数幾何学、数論幾何学、情報幾何学といった新しい分野が切り開かれているのが現代数学の風景です。数学は幾何学に始まり幾何学に終わる、ということです。

中国語の幾何

1607年にユークリッドの『原論』が中国に輸入されると、イタリア人マテオ・リッチが口訳を行い、徐光啓がそれを完全な漢文に直しました。“geo” に対しその音ジオに似た“幾何”の字を当てました。幾何の音はゲイホ、ジーホ、キーホ、キホ、ギーホなど方言により異なります。かくして中国語の幾何が日本に渡ったということです。興味深いことに、現在の中国語の幾何の意味は「幾ら」で日本語と同じです。

日本語の幾何

現代日本人が幾何を冒頭で示したような意味で使うことはありません。geometry の語源の明解さに比べると幾何は日本人にはイマイチ、ピンと来ないのは仕方ないことです。改めて幾何を見つめ直してみると、「geometry + 幾らか = 幾何」と思えてきます。さらに「なぜ geometry は幾何なのか」という問いを通して、geometry の語源、地球を測ることが数学の発展にいかに深く関係しているか、ユークリッドの『原論』が中国に輸入され日本にその訳が伝わった、という数学の大きな流れを学ぶことができます。これは geometry ではできないことです。言葉が作られることの有り難さを伝えられるとすれば、イマイチな“幾何”も無比の存在に思えてきます。

編集・発行 (財)理数教育研究所

大阪オフィス

〒543-0052 大阪市天王寺区大道4丁目3番23号
TEL.06-6775-6538 / FAX.06-6775-6515

東京オフィス

〒113-0023 東京都文京区向丘2丁目3番10号
東大前HiRAKU GATE2階
TEL.03-3814-5204 / FAX.03-3814-2156

E-mail : info@rimse.or.jp

https://www.rimse.or.jp

※本冊子は、上記ホームページでもご覧いただけます。

印刷所：岩岡印刷株式会社

デザイン：株式会社 アートグローブ

本文イラスト：株式会社 アートグローブ

表紙写真：© Stuart Kinlough /Ikon Images /amanaimages