

日本の理数科教育をサポートする

Rimse

Research Institute for Mathematics and Science Education

No. **21**
FEBRUARY
2018



特集

プログラミング教育で育てたい力

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

受賞作品の発表

Rimse (財)理数教育研究所

Contents

表紙裏

巻頭言

「海のエデュケーション」についてあれこれ思うこと

東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授 佐藤 徹

特集 プログラミング教育で育てたい力

2 I プログラミング教育のねらい

文部科学省生涯学習政策局情報教育課 情報教育振興室長
安彦 広斉

6 II これならできる小学校でのプログラミング

株式会社情報通信総合研究所 特別研究員 平井 聡一郎

10 III すべての学校でプログラミング教育を実現するために ー柏市教育委員会の取り組みー

柏市教育委員会 学校教育課 副参事 佐和 伸明

14 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 受賞作品の発表

- 15 受賞者一覧
- 20 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 ー受賞作品の紹介と講評ー

33 連載 数学と音楽の織りなす世界 第10回

世界の音楽文化と変拍子と数列

ジャズピアニスト・数学者・STEAM 教育者 中島 さち子

36 連載 サイエンス・フィクション? 第10回

出藍の誉れ?

東北大学高度教養教育・学生支援機構 准教授 山内 保典

39 連載 ヒトの生物学を教えよう 第10回

腸内細菌は何をしているのか?

東京都立国立高等学校 主任教諭 大野 智久

42 教育に新しい風を

授業は子どもが主役!

青山学院大学 特任教授 柳下 則久

44 広場 地域教育で活躍する人々 第20回

島根・鳥取両県の自然・地域を愛し理科好きな 子どもを育む島根大学の環境寺子屋プロジェクト

島根大学教職大学院 教授 松本 一郎

裏表紙

知られざる女性数学者の素顔 第1回

ナイチンゲール

ー白衣の天使は統計学者ー

サイエンスナビゲーター® 桜井 進

巻頭言

Kantougen



東京大学大学院新領域創成科学研究科
教授

佐藤 徹 / さとう とおる

1961年埼玉県生まれ。1984年東京大学卒業、1986年同大学院修士、(株)ブリヂストンを経て、1993年英国インペリアルカレッジ Ph.D.。1996年東京大学工学系研究科・助教授、2004年より現職。おもな研究テーマは、CO₂ 海域地中貯留技術の環境影響評価、メタンハイドレート開発の数値モデリング、微細藻類培養フォトバイオリアクターの開発など。IEEE・Marine Environment Committee Chair、環境省・CO₂ 海底下貯留専門委員会委員、International Journal of Greenhouse Gas Control・Editorial Board、国交省・次世代海洋環境技術評価委員会座長、新領域創成科学研究科・環境学研究系長、Journal of Marine Systems and Ocean Technology・Editor in Chiefなどを歴任。

「海の教育」についてあれこれ思うこと

私は2010(平成22)年に、所属する日本船舶海洋工学会の教育担当の理事になり、海洋教育推進委員会に関わりを持った。この委員会は、高校生以下の若い人に海洋をもっと知ってもらい、その中から将来海洋関連の大学学部に進学し、また海洋関連の職業に就く人が出ることを期待して、さまざまな活動をしている。その活動の一環として、「海洋教育フォーラム」という講演会を2014(平成26)年には全国12か所で開催している。

この委員会の活動の中で、東京の教科書出版社を訪問したことがある。そのとき、最近の中学、高校の理科、社会の教科書に、「海洋」という言葉がほとんどないことに愕然とした。ふだん、いろいろなところで、「海洋立国日本」という旗頭の下、「海洋産業振興」や「海洋環境の創成」、「海洋による地方経済の活性化」、さらに、そのための「人材育成」などを唱導している私としては、これはショックであった。教科書に取り上げてもらえないのであれば、自分たちで教育の場を設けるしかないということで、この委員会の活動に共鳴した私は、委員会の委員となり、2014(平成26)年から「海洋教育フォーラム」の秋田担当となった。

なぜ埼玉生まれの私が秋田かというと、2009(平成21)年から7年間、国際教養大学で非常勤講師をしていた関係で、多少の縁があったからだ。また、秋田には、海洋工学関係の学部を持つ大学や造船関連の大きな産業がなく、学会委員会としては「海洋教育フォーラム」の「未開の地」であった。さらに、正直に告白すると、秋田の日本酒のおいしさは格別で、私自身、国際教養大学の非常勤講師が終わっても秋田と繋がっていたかったからだ。

そこで、熊谷嘉隆教授を始めとする国際教養大学アジア地域研究連携機構と福岡真理子理事長率いるあきた地球環境会議との共催で、2014(平成26)年は、白瀬中尉が秋田出身ということもあり、「南極・しらせ・海—自然と歴史」というテーマで、2015(平成27)年には、絶滅の危機に瀕したハタハタ、日本海にも存在が確認された海底表層型メタンハイドレート、秋田港に林立する洋上風力発電など、秋田に関連のある海の講演を集め、「海の研究最前線—大学の研究者と話そう」というテーマで、高校生をおもな対象として「秋田

海洋教育フォーラムin秋田」を開催した。なかなか「集客」に苦心しているが、「なぜ理系に進学したか」、「なぜ海と関わる仕事に就いたか」などに関するディスカッションもあり、内容としては興味深いものであると勝手に自負している。

一方で、本業の大学や大学院教育のほうでは、とかくデジタル化、IT化といった教育が全盛を振るう工学教育の中で、基礎工学実験を維持、復活するなどの努力を継続している。また最近、プレソルト層の海底ガス田開発に成功したブラジルの5大学と、船舶など浮体や海洋再生可能エネルギーに関する技術で先進的な日本の4大学(東大、九大、横国大、日大)で、文部科学省の「世界展開力」という予算をもらい、インターネットを使った同時遠隔講義という多分にチャレンジな教育を始めた。ブラジルとは12時間の時差があるので、ブラジルでは朝8時、日本では夜8時開講である。隔年で計12科目あり、各科目30名から50名くらいの参加がある。インターネットを用いた会議ソフトは近年かなり進歩していて、講師の顔と授業資料を同時にスクリーンで見ながら、学生が質問したいときは、自分の顔を9大学11キャンパスの画面に映して話すことも可能だし、チャットの的に文字で質問を画面に書き込むこともできる。大学では、ノートパソコンの画面をスクリーンに映し、臨場感ある講義となっている。社会人も、登録すれば職場や自宅から聴講できる。わざわざこんな面倒なことを始めたのも、日本が近い将来、メタンハイドレートや熱水鉱床、海底レアアース泥などを開発する際に備え、海底開発に一日の長のあるブラジルの経験を学生に聴かせたいという思いからである。

最近新聞で、日本の科学技術力の低下が、データとともに声高に叫ばれていた。もはや、「科学技術立国日本」ではないと言う。この原因は教育のせいだけではないが、教育が責任の一部を担っているのは確かだと思う。教育は、良きも悪きもすぐに結果が見えない。つまり、将来を見据えた長期的な社会投資である。さまざまな進路の多様性を提示しつつ、それぞれの分野で世界をリードする卓越性を有する人材を養成するという難問が眼前に横たわる。そういう意味で「高大連携」はもっとあってよいと思う。教育に携わる者として、我々の見識と実践力は常に問われている。



プログラミング教育で 育てたい力

I プログラミング教育のねらい

文部科学省生涯学習政策局情報教育課 情報教育振興室長（併）初等中等教育局 視学官

安彦 広斉 / あびこ こうせい

1968年山形県鮎川村生まれ。1995年文部省（現・文部科学省）採用。1996年から2004年まで、教育助成局、初等中等教育局、高等教育局において情報教育、教員政策関係業務に従事。初等中等教育局教職員課長補佐、幼児教育課長補佐、財務課長補佐、大臣官房総務課事務次官秘書、初等中等教育企画課長補佐などを経て、2017年4月から現職。



1 ■ 今後の教育を考える上で重要な社会の変化

- 2011年に小学生になった子供の65%は、現在存在していない職業に将来就くと予想される。ーキャシー・デビッドソン（ニューヨーク市立大学教授）
- 今後10～20年の間に、現在米国にある職業の47%がPCに取って代わられると予想される。ーマイケル・オズボーン（オックスフォード大学准教授）
- 2017年に国連が発表した世界人口予測によると、現在76億人の世界人口は、アジア、アフリカの人口増を中心に2050年に98億人、2100年には112億人に達すると予測。ー国際連合
- 日本では既にピークは過ぎ、2060年には総人口が9千万人を割り込み、高齢化率は約40%、2100年の総人口は6千万人程度（出生中位推計）と予測。ー厚生労働省
- 第4次産業革命の分かれ道

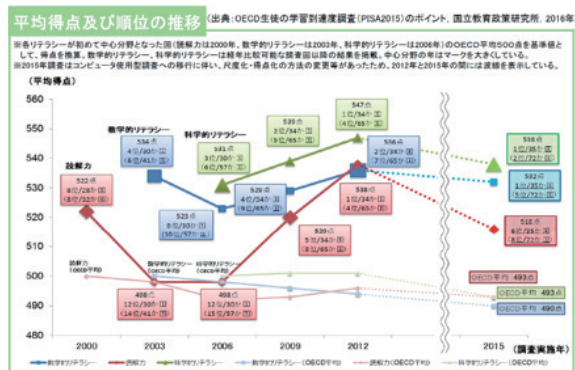


世界のデータ量は2年ごとに倍増し、ハードウェアの処理性能は指数関数的に進化し、ディープラーニング等によりAI技術が非連続的に発展するなど、産業構造や就業構造が劇的に変わる可能性がある。ー経済産業省

- 過去10年間（2007～2017年）の時価総額上位企業の合計額は日本では減少、米国では大きく増加。この間、米国では上位企業の半分が入り替わり、新興企業が全体の伸びを牽引。時価総額を大きく延ばした企業の例：アップル7.6倍、アマゾン16.7倍（出典：Bloombergに基づき経済産業省作成）

2 ■ 日本の教育の強み

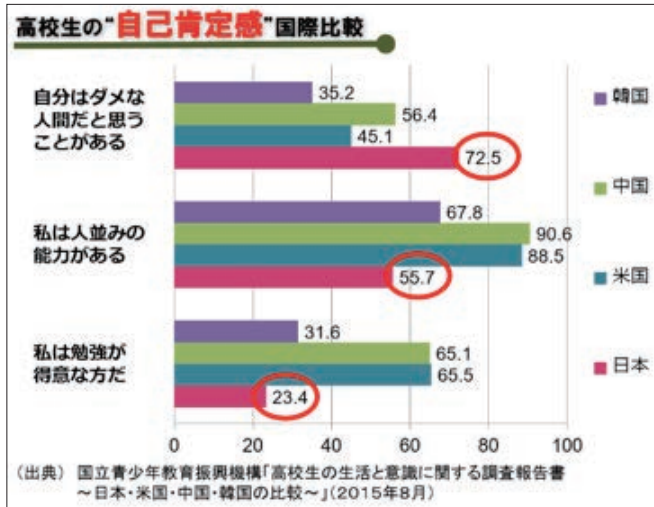
経済協力開発機構（OECD）が2015年に実施した生徒（15歳・高1）の学習到達度調査（PISA）の調査結果が公表され、OECD加盟国35か国における比較では、日本は科学的リテラシー1位、数学的リテラシー1位、読解力6位。



また、国際数学・理科動向調査（TIMSS）の結果も小学校（小4）、中学校（中2）ともに、引き続き上位（小：算数5位、理科3位、中：数学5位、理科2位）を維持。

3 ■ 日本の教育の弱み

高校生の「自己肯定感」の国際比較（2015年国立青少年教育振興機構調べ）では、以下のとおりとなっている。



一方、教える側の教師の「自己効力感」の国際比較（2013年 OECD TALIS 調査）では以下のとおりとなっている。

教師の「自己効力感」国際比較 (出典) OECD国際教員指導環境調査(TALIS) 2013年調査結果報告書より

表12.1 教員の自己効力感【学級運営について】

	学級内の秩序を乱す行動を抑える	自分が生徒にどのような態度・行動を期待しているか明確に示す	生徒を教室のまわりに促させる	秩序を乱す又は騒々しい生徒を落ち着かせる
日本	52.7%	53.0%	48.8%	49.9%
参加国平均	87.0%	91.3%	89.4%	84.8%

表12.2 教員の自己効力感【教科指導について】

	生徒のために発問を工夫する	多様な評価方法を活用する	生徒がわからない時は、別の説明の仕方を工夫する	様々な指導方法を用いて授業を行う
日本	42.8%	26.7%	54.2%	43.6%
参加国平均	87.4%	81.9%	92.0%	77.4%

表12.3 教員の自己効力感【生徒の主体的学習参加の促進について】

	生徒に勉強ができるという自信を持たせる	生徒が学習の価値を見いだせるよう手助けする	勉強にあまり関心を示さない生徒に動機付けをする	生徒の批判的思考を促す
日本	17.6%	26.0%	21.9%	15.6%
参加国平均	85.8%	80.7%	70.0%	80.3%

このように、学習到達度の国際調査で高い結果を出している高校生の「自己肯定感」のみならず、教える側の教師の「自己効力感」が大幅に諸外国よりも低いという現状は、情報化、グローバル化が急速に進展し、将来の予測が難しい社会であることを、むしろ両者がしっかりと認識できているからこそその数値ではないかと考えられる。

4 ■ 新学習指導要領における『情報活用能力』

新学習指導要領のポイント（情報教育・ICT活用）

- 中央教育審議会答申（平成28年12月）を踏まえ、平成29年3月に小学校及び中学校の新学習指導要領を告示（高等学校の新学習指導要領については今年度中に告示予定）。
- 新学習指導要領については、小学校は平成32年度、中学校は平成33年度から全面实施。

新学習指導要領（小学校及び中学校：平成29年3月告示）～情報教育・ICT活用関連部分のポイント～

- 情報活用能力を、言語能力と同様に「学習の基盤となる資質・能力」と位置づけ

総則において、児童生徒の発達の段階を考慮し、言語能力、情報活用能力（情報モラルを含む。）等の学習の基盤となる資質・能力を育成するため、各教科等の特質を生かし、教科等横断的な視点から教育課程の編成を図るものとする。

⇒学習指導要領に「情報活用能力」が規定されたのは初！

- 学校のICT環境整備とICTを活用した学習活動の充実に対応

総則において、情報活用能力の育成を図るため、各学校において、コンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段を活用するために必要な環境を整え、これらを活用した学習活動の充実を図ることに配慮すること。⇒学習指導要領の総則においてICT環境を整備する必要性が規定されたのは初！

- 小学校においては、文字入力など基本的な操作を習得、プログラミング的思考を育成

各教科等の特質に応じて、児童がコンピュータで文字を入力するなどの学習の基盤として必要となる情報手段の基本的な操作を習得するための学習活動や、プログラミングを体験しながらコンピュータに意図した処理を行わせるために必要な論理的思考力を身に付けるための学習活動を実践的に実施することを明記（小学校学習指導要領総則）

⇒小学校の学習指導要領に「プログラミング」が盛り込まれたのは初！

教育改革における情報化への対応は、「情報を主体的に捉えながら、何が重要かを主体的に考え、見いだした情報を活用しながら他者と協働し、新たな価値の創造に挑んでいく」ための『情報活用能力』の育成が柱となる。

新学習指導要領では、小・中学校ともに、「各学校においては、児童（生徒）の発達の段階を考慮し、言語能力、情報活用能力（情報モラルを含む。）、問題発見・解決能力等の学習の基盤となる資質・能力を育成していくことができるよう、各教科等の特質を生かし、教科等横断的な視点から教育課程の編成を図るものとする。」としている。

これは、児童・生徒の日々の学習や生涯にわたる学びの基盤となる資質・能力を、児童・生徒の発達の段階を考慮し、それぞれの教科等の役割を明確にしながら、教科等横断的な視点で育んでいくことができるよう、教育課程の編成を図ることを示している。

そして、学習の基盤となる資質・能力として、言語能力、情報活用能力、問題発見・解決能力等を挙げており、そのうち『情報活用能力』は、世の中のさまざまな事象を情報とその結び付きとして捉え、情報及び情報技術を適切かつ効果的に活用して、問題を発見・解決したり自分の考えを形成したりしていくために必要な資質・能力である。

将来の予測が難しい社会において、情報を主体的に捉えながら、何が重要かを主体的に考え、選択し、見いだした情報を活用しながら他者と協働し、新たな価値の創造に挑んでいくためには、『情報活用能力』の育成が重要となる。

また、情報技術は人々の生活にますます身近なものとなっ

ていくと考えられるが、そうした情報技術を手段として学習や日常生活に活用できるようにしていくことも重要となる。『情報活用能力』をより具体的に捉えれば、学習活動において必要に応じてコンピュータ等の情報手段を適切に用いて情報を得たり、情報を整理・比較したり、得られた情報をわかりやすく発信・伝達したり、必要に応じて保存・共有したりといったことができる力であり、さらに、このような学習活動を遂行する上で必要となる情報手段の基本的な操作の習得や、プログラミング的思考、情報モラル、情報セキュリティ、統計等に関する資質・能力等も含むものである。

こうした『情報活用能力』は、各教科等の学びを支える基盤であり、これを確実に育てていくためには、各教科等の特質に応じて適切な学習場面で育成を図ることが重要であるとともに、そうして育まれた『情報活用能力』を発揮させることにより、各教科等における主体的・対話的で深い学びへとつながっていくことが期待される。

5 ■ プログラミング教育の充実

今回の学習指導要領の改訂では、小・中・高等学校を通じてプログラミング教育の充実を図ることとしている。

プログラミング教育の充実について	
現行学習指導要領	新学習指導要領
小学校 対応していない ※学校の判断で実施可能 中学校 技術・家庭科(技術分野) ・「プログラミングによる計画・制御が必須」 高等学校 情報科 ・「社会と情報(情報科学の発展)の2科目からいずれか1科目を選択必修」 ・「情報の科学」を履修する生徒の割合は科の数の割合の1/3以上、高等学校でプログラミングを学ぶ生徒は、半数以上」	※「情報活用能力」は、コンピュータ等の情報手段を適切に用いて情報の収集・整理・発信・伝達したりする力であり、さらに、基本的な操作技能やプログラミング的思考、情報モラル、情報セキュリティ、統計等に関する資質・能力等も含むもの(学習指導要領改訂の趣旨) 小学校 必修化 ・ 総則において、各教科等の特質に応じて、「プログラミングを体験しながら、コンピュータに意図した処理を行わせるために必要な論理的思考力を身に付けるための学習活動」を計画的に実施することを確記 ・ 算数、理科、総合的な学習の時間において、プログラミングを行う学習場面を示す 中学校 技術・家庭科(技術分野) ・ プログラミングに関する内容を必修(「計画・制御のプログラミング」に加え、「ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミング」について学ぶ) 高等学校 情報科(平成29年度中に改訂予定) ・ 全ての生徒が必ず履修する科目(共通必修科目)「情報Ⅰ」を新設し、全ての生徒が、プログラミングのほかに、ネットワーク(情報セキュリティを含む)やデータベースの基礎等について学ぶ ・ 「情報Ⅱ」(選択科目)では、プログラミング等について更に発展的に学ぶ

児童・生徒が将来どのような職業に就くとしても時代を越えて普遍的に求められる「プログラミング的思考」(自分が意図する一連の活動を実現するために、どのような動きの組合せが必要であり、一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか、記号の組合せをどのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか、といったことを論理的に考えていく力)を育むため、小学校において

は、児童がプログラミングを体験しながら、コンピュータに意図した処理を行わせるために必要な論理的思考力を身に付けるための学習活動を計画的に実施することとしている。その際、小学校段階において学習活動としてプログラミングに取り組むねらいは、プログラミング言語を覚えたり、プログラミングの技能を習得したりといったことではなく、論理的思考力を育むとともに、プログラムの働きやよさ、情報社会がコンピュータをはじめとする情報技術によって支えられていることなどに気付き、身近な問題の解決に主体的に取り組む態度やコンピュータ等を上手に活用してよりよい社会を築いていこうとする態度などを育むこと、さらに、教科等で学ぶ知識及び技能等をより確実に身に付けさせることにある。したがって、教科等における学習上の必要性や学習内容と関連付けながら計画的かつ無理なく確実に実施されるものであることに留意する必要があることを踏まえ、小学校においては、教育課程全体を見渡し、プログラミングを実施する単元を位置付けていく学年や教科等を決定する必要がある。

なお、小学校学習指導要領では、「算数科」、「理科」、「総合的な学習の時間」において、児童がプログラミングを体験しながら、論理的思考力を身に付けるための学習活動を取り上げる内容やその取扱いについて例示しているが(算数:正多角形の作図を行う学習, 理科:電気の性質や働きを利用した道具があることを捉える学習, 総合的な学習の時間), 例示以外の内容や教科等においても、プログラミングを学習活動として実施し、プログラミングに取り組むねらいを踏まえつつ、学校の教育目標や児童の実情等に応じて工夫して取り入れていくことが求められる。また、こうした学習活動を実施するに当たっては、地域や民間等と連携し、それらの教育資源を効果的に活用していくことも重要である。

6 ■ プログラミング教育を通じて育まれるもの

プログラミング教育は各教科の内容を、主体的に、楽しく学ぶことにより、従来の学びでは理解が困難な内容でも簡単に理解できたり、さらに発展的な内容にまで到達できたりするため、学ぶことの楽しさを知ることや困難を乗り越えたからこそ得られる達成感を味わうことができる。

また、児童・生徒は、プログラミング教育を通じて、手順

の大切さ、適切な命令の重要さ、間違いを丁寧に見つけ正していく粘り強さなどを身に付け、さらに、プログラミングを体験しながら、目に見えない部分でさまざまな製品やシステムなどがプログラムにより働いていることを理解することで、今後、AI（人工知能）やビッグデータ、ロボットなどを有効に活用できるようになり、いかに自分の住む地域社会により良く貢献できるか、世界で起こっている問題に自分も解決に貢献できるのではないか、という発想につながっていくことになる。

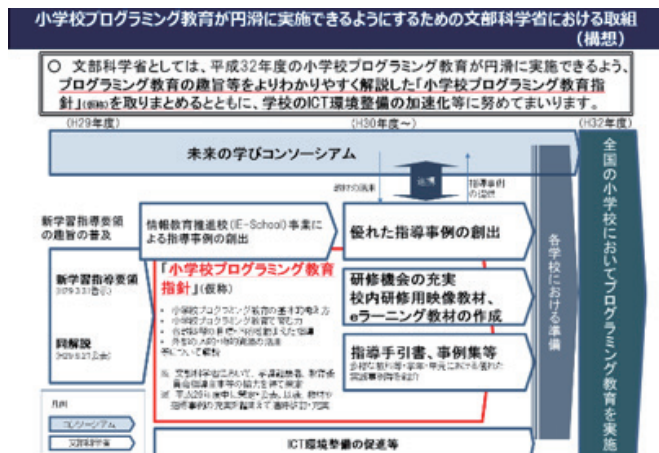
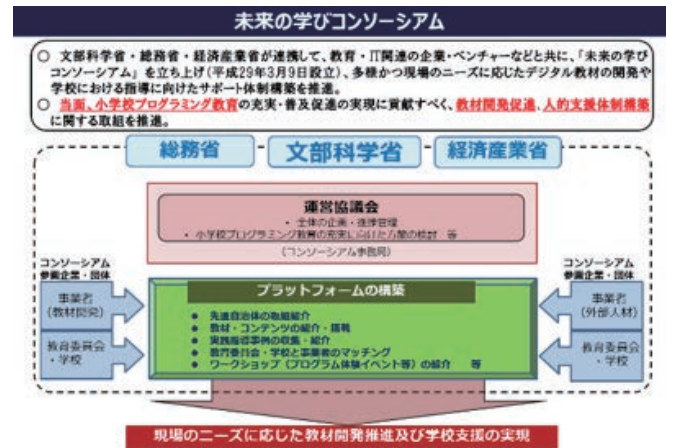
また、プログラミングの恩恵だけではなく、プログラムを悪用したコンピュータウイルスやネット詐欺などの存在にも触れることで、「人間らしさとは何か」、「人間にしかできないこととは何か」、「人間としてどのように暮らしていけばいいのだろうか」など、自分の生き方を考え直すことも期待できる。

22世紀まで生きる児童・生徒にとって、こうした発想や考え方を持つことは重要であり、プログラミング教育を通じて、児童・生徒は自己肯定感を、教師は自己効力感を、それぞれが得られることにもつながっていくと考えている。

文部科学省としては、プログラミング教育の趣旨等をよりわかりやすく解説した「小学校プログラミング教育指針（仮称）」を平成29年度内に取りまとめる予定であり、また、教員研修用の映像教材やeラーニング教材の開発・提供、優れた指導事例の創出に取り組むなどして、多様な学年、教科等においてプログラミング教育が実施できるよう、学校現場を支えていくこととしている。

また、官民連携の取組として、民間企業・団体等によるプログラミング教材の開発促進やプログラミング教育の人的支

援体制の構築を進めていくこととしている。



Ⅱ これならできる小学校でのプログラミング

株式会社情報通信総合研究所 特別研究員

平井 聡一郎 / ひらい そういちろう

茨城県の小・中学校教諭、管理職、指導主事を経て、今年度より現職。文部科学省教育 ICT アドバイザー、総務省プログラミング教育事業推進会議委員等を歴任、茨城大学教育学部非常勤講師。古河市教育委員会でセルラーモデルタブレット導入を実現。現在、全国を回り、ICT 機器整備、プログラミング教育に取り組んでいる。



1 ■ はじめに

新学習指導要領は、急激な社会変化に対応するために求められた、まさに学制発布以来の教育改革と言える。しかし、今回の改訂では、知識伝達型教授法からの脱却という、学びの変化が求められている。これは、勉めて強いられる「勉強」から自らの「学び」への変化とも言える。それは学習指導要領が初めて「主体的・対話的で深い学び」という学び方に触れたことから読み取れる。また、内容としては道德の教科化、英語活動と英語科、プログラミングといった今日的な内容の追加が併せて示された。これらの内容と学び方の変化という荒波に学校現場は翻弄されているように見える。中でも、小学校でのプログラミングは、未知の内容であり、大きな不安要素となっている。しかし、翻弄されっぱなしでよいのだろうか。社会構造の変化はこれからも続いていくだろう。その中で、学校教育自身もその変化にしなやかに対応できるように強靱化していくことが求められる。そこで、今回の学習指導要領改訂という外圧のような荒波を逆手にとって、それぞれの学校が質的に変化していく足がかりにしていくことで、日本の教育を変えるのではないかと考える。その中で、私は今回示されたプログラミング的な思考こそが、これからの小学校教育の学びを劇的に変える武器となるのではないかと捉えている。ここでは、小学校におけるプログラミングを、いかに日常の学びに落とし込み、それによって授業の在り方、学び方の変化に結びつけるかを考えていきたい。

2 ■ プログラミングの位置付け

新学習指導要領では、小学校から高等学校まで、一貫してプログラミングを履修することとなる。中学校では「技術・家庭科」において必修の内容として、従前から取り上げられてきた(3)「計測・制御のプログラミング」に、内容の(2)「ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミング」が加えられ、指導内容が2倍となったと言える。そして、高等学校では、これまで教科「情報」で選択的に履修されてきたものが統合され必修となっている。つまり、中・高はこれまでも教科の中で指導されていたことが拡大したということになる。それに対し、小学校では、プログラミングを教える教科の新設はされず、既存の教科等の中で、プログラミングの体験をすることが盛り込まれた。新学習指導要領の総則では、「各教科等の特質に応じて、次の学習活動を計画的に実施すること。イ 児童がプログラミングを体験しながら、コンピュータに意図した処理を行わせるために必要な論理的思考力身に付けるための学習活動」と示されている。ここで「各教科等」と書かれたことは、教科及び総合的な学習の時間で実施できるということであり、すべての教科等でその教科の特質に応じて実施するというを示している。今回、算数と理科、総合的な学習の時間で指導の例示がされたことで、この3教科で履修すればいいのではと誤解されているが、これらはあくまで例示であり、教科等を指定したわけではない。また、「計画的に実施すること」とされたことにより、実施が必須であることも併せて示された。

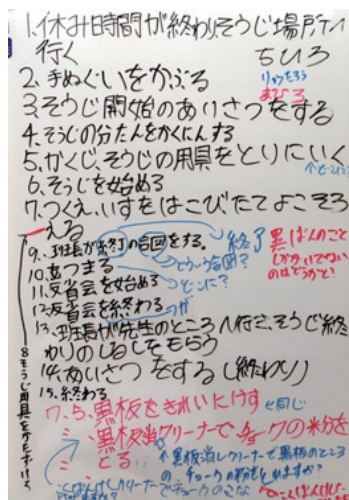
まとめると、中・高は、情報、技術・家庭科という教科のねらいを達成するためのプログラミング教育であり、「プログラミングを学ぶ」ことが目的となる。それに対し、小学校は「各教科等の特質に応じて」プログラミング体験を通して教科のねらいを達成することが目的であるから「プログラミングで学ぶ」となる。つまり、各教科等の特質に応じて、教科のねらいを達成するため「プログラミングを体験」するということである。また、プログラミングは、総合的な学習の時間でやればいいと思われがちであるが、「プログラミングを体験しながら論理的思考力を身に付けるための学習活動を行う場合には、プログラミングを体験することが、探究的な学習の過程に適切に位置付くようにすること」と明記されたことで、総合的な学習の時間で取り上げる場合、「探究的な学習の過程」の中に位置付けなければいけないという歯止めが示された。

3 ■ 小学校におけるプログラミング言語

(1) 3ステッププログラミング

現在、多くの学校や教員は、数多くのプログラミング言語から、何を選んでいいのかという迷いの時期にいる。さらに、自治体、学校ごとの機器環境等の違いから、これがベストというモデルを示しづらい状況にもある。そこで、そのような状況下でも、比較的、条件に左右されずにプログラミング体験のできる方法として、段階的、系統的にプログラミング体験を導入できる3ステッププログラミングを提案したい。

(2) ステップ1 アンプラグドコンピュータ



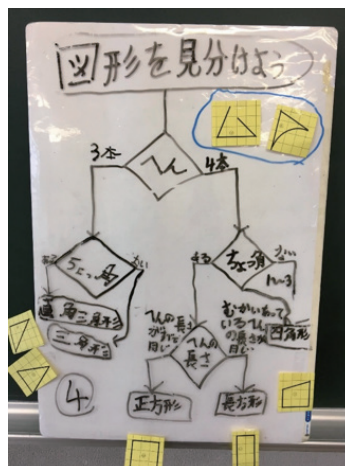
清掃指導

アンプラグドコンピュータは、一言で言えばコンピュータを使わないプログラミングである。つまり、さまざまな活動をプログラミング的な思考で表現するという学習活動である。

例えば、掃除のやり方を一つ一つの手順で示す活動がある。いわゆる「シーケンス」と呼

ばれる処理である。グループで手順を考えた後、他のグループに命令に誤りや抜けがあるかをチェックしてもらう。これはプログラミングでいう「バグ」を見つけ、それを直す作業「デバッグ」となる。コンピュータは指示されたことのみを、確実に実行するわけだから、その指示が大切であること、筋道立てて考えること、相手に伝わるよう表現するなど、多様な気づきがこの体験から生まれてくる。実際の授業では、学校行事の計画や算数の計算の説明、図形を描く手順、調理のレシピなどのプログラムが考えられる。

さて、アンプラグドコンピュータにはシーケンスの他にも、フローチャートの活用が考えられる。ここでは「条件分岐」といった処理が組み込まれ、シーケンスでの順次処理では説明の難し



図形の判断

い判断が含まれるものを扱う場面で用いると効果的である。例えば、図形の分類、水溶液の分類などが考えられる。

アンプラグドコンピュータの指導は、初期段階はシーケンス、思考が深まったらフローチャートという段階的な指導が効果的と言える、

さらに、ベン図などのシンキングツールと併用するとさらに効果的であろう。

アンプラグドコンピュータは活動により、見通しが持て、学習内容の本質的な理解につながる。

(3) ステップ2 ビジュアルプログラミング

タイル型、ブロック型といったビジュアル系の言語を使ったプログラミングであり、世界的にもScratchが知られている。Scratchはブラウザで動くので、OSに依存せずどんなデバイスでも使えること、参考図書が豊富なことから勧められる。私は小学校の低学年、中学年での指導にはScratch Jrを取り上げることが多い。それはストーリー性のあるプログラミングに向いていることによる。

教科の指導では、国語の「お話を創ろう」といった「動くえほん」づくりの授業がイメージしやすい。まずは、ストーリーをテキストでつくり、それを絵コンテに起こす。その上でプログラムす

と思考を具体化しやすい。逆にその過程を踏まないプログラミングは、思考の少ない単なる作業に陥る恐れがある。



絵コンテ

ビジュアルプログラミングの言語は多数あるが、基本的にScratch系の言語を用いられることが多い。私自身もこれまでの指導ではScratch系を活用している。学校での活用では、プログラミングに不慣れな先生にとって、書籍等の資料が豊富に存在するScratchは優位性があるだろう。また、ここでの注意点は、「教えないこと」。教員はまず完成形に近づけるために、児童に教え込んでしまいがちである。そのため、我々の意識をTeacherからFacilitatorに転換することが重要となる。

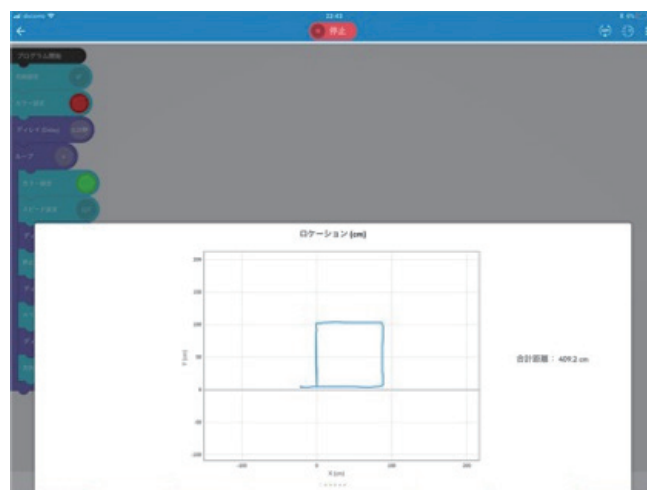
(4) ステップ3 フィジカルプログラミング

次の段階はロボットなどを動かすフィジカルプログラミングである。画面上のバーチャルな世界から、具体物の動くリアルな世界になるわけである。現在数多くのロボット等が発売され、ヒューマノイド型、車型、ボール型、ブロック型がある。



それぞれに良さもあり欠点もあるが、小学校においては、単純な構造で壊れにくい、紛失しにくい、管理しやすい、安価であるなどの視点で選択することが必要であろう。私の進めている実践ではSphero社のSPRK+を取り上げることが多い。シンプルなつくりのため、上記の問題をクリアできるロボティクス教材となっている。今後、多くの教材が開発されてくるだろう。学校の実態に応じて適切な教材の選択が必要となるだろう。

さてここで、算数で例示された多角形の描画をフィジカルプログラミングの指導事例として示してみる。「直進し、90°曲がる」を「4回繰り返す」と命令するとロボットは正方形の形に動く。では「五角形の形に動くにはどうしたらいい?」という問いを児童に与えると「繰り返しの数を変える」「角度を変える」と返ってくるだろう。つまり、ロボットを動かすことが目的ではなく、「ロボットを五角形に動かす」というプログラミング体験を通して、「正多角形の性質を理解する」という教科のねらいを達成するという活動が実現するわけである。



ライトニングラボ画像

現時点では、慌てて導入することなく、自校の実践を高めた上で、段階的に導入することが肝要かと思う。

4 ■ 移行期間に教育委員会と学校がやるべきこと

(1) 教育委員会がやるべきこと

市町村の教育委員会の最大の責務は教育環境整備である。プログラミングにはタブレット、コンピュータ等のデバイス

の整備が不可欠である。アンラグドコンピュータの指導がいかにも有効であろうと、それだけでは不十分である。当然、教科指導の中での活用も推進されることから、十分な台数のデバイス整備が、今後のプログラミングの指導の充実には欠かせない。そこで、学校種に応じた適切な機種選定、計画的かつ段階的整備計画の策定、そして調達、小学校は2020年、中学校は2021年までに進められる必要がある。コンピュータ室の40台リプレイスの予定という自治体もまだまだ見られることから、これは喫緊の課題であろう。

次に、学校教育でのプログラミングが順調に滑り出した後を考えてみよう。学校教育の中でのプログラミング指導には限界がある。そこで、社会教育におけるプログラミングを学ぶ場づくりとなる。ここでは総務省が計画しているプログラミング少年団構想が活きてくるだろう。もっとプログラミングをやりたいという児童・生徒の受け皿としてスポーツ少年団のような場が必要になると考える。このときこそ地域の人材、企業の力を借りての組織づくりが不可欠である。これも、2020年に向け、今から準備していくことが大切であろう。

(2) 学校がやるべきこと

プログラミングに必要な機器整備はまだ充分ではない。しかし、それを待っていたのでは2020年には間に合わない。このため各学校はまず走り出すことが必要であろう。しかし、いきなり授業をやろうとしても、阻害要因が多すぎる。そこで、どこから始めればいいのか手順を考えてみたい。ここでは、学校全体とリーダーとなる教員の二つの取り組みの同時進行が必要となる。学校での教育活動には牽引車が欠かせない。そのため2020年までにリーダー教員の育成を図りながら、全体のレベルアップを図るという手法をとることになる。これは、道徳教育、英語教育、アクティブ・ラーニングでも同様の取り組みが必要となるだろう。

①まずは教員が体験すること

現状では、ほとんどの教員がプログラミングの経験がない状況であることから、今年度はまず教員がさまざまなプログラミングを体験することが重要である。プログラミングに触れ、遊んでみることで、プログラミングとはどのようなものかを実感し、イメージすることがプログラミング指導の第一歩と言える。

②できる教科、内容を探すこと

プログラミングを体験しイメージできるようになると、次は各学年の指導計画の中で、プログラミング体験を活用できる場面の洗い出しである。ここで注意すべきは、教科の特質に応じるということである。あくまで教科のねらいの達成が目的であり、プログラミングをすることが目的にならないようにするということである。まずは、アンラグドコンピュータを活用できる場面から考えるとスムーズな導入ができるだろう。

③とにかく授業をやってみること

指導計画へのプログラミング体験を落とし込みができ、とりあえずの指導計画が作成されると、次はまずは授業をやってみるという段階となる。ここでの指導計画は当分の間、暫定版となる。あくまで「プログラミングで学ぶ」ことを踏まえて実践するわけだが、やってみてプログラミングには合わないとか、プログラミングが目的になりそうになったら指導計画から削除する。また、指導の経験を積む中で、当初考えていなかった指導内容でも、プログラミングでの指導が有効と気づくことも多い。だから、適宜、指導計画に加除修正を加えながら、新しいものを学校全体でつくり上げていこうとする姿勢が大切である。

④そしてフィジカルプログラミング

ある程度、プログラミング体験の指導の素地ができた段階で、いよいよロボットの登場である。指導側のリテラシーがあってこそそのフィジカルプログラミングと考えている。そうでない場合、ロボットを動かすことが目的化し、教科等のねらいと乖離する恐れがある。だから、指導にあたる先生のリテラシーがある程度高まった段階でフィジカルプログラミングの導入を検討すべきだろう。

⑤結論「つべこべ言わずやってみろ」

プログラミングは多くの教員にとって学習活動をイメージしにくい未知の領域である。そのため、その実施に躊躇する教員が多いのが現状である。しかし、やってみなければ見えてこない部分も多い内容でもある。新学習指導要領の完全実施を前にした移行期だからこそ、まずはやってみる。そして、やってみてうまくいかなかったら、また学校全体で考えればよい。これから始まる移行期、日本中がプログラミングに取り組み、その実践を集め共有し合うことで、より効果的で深い学びが実現する。プログラミングで日本の教育が変わる！ そんな未来に向かって、まずは「つべこべ言わずやってみろ」



Ⅲ すべての学校でプログラミング教育を実現するために — 柏市教育委員会の取り組み —

柏市教育委員会 学校教育課 副参事

佐和 伸明 / さわ のぶあき

柏市・松戸市小学校教諭、柏市立教育研究所指導主事、柏市立柏第二小学校教頭を経て現職。1990年代からICT教育に関わる。『タブレット端末を活用した21世紀型コミュニケーション力の育成』（日本教育情報化振興会）など共著本多数。現在は、プログラミング教育の推進等、子供たちがこれからの時代をたくましく生き抜くことのための教育企画を担当。



1 ■ 柏市が目指す教育の方向性

現在の子供たちが大人となって活躍する社会は、解のない課題に対して、他者と協力し合い、最善を尽くしながら取り組み、新たな価値を創造していく力が求められる。

柏市では、こうした社会的変化を視野に入れ、新しい時代を生き抜くために必要となる力を『学ぶ意欲と学ぶ習慣』と捉え、すべての子供たちがこれらを身に付けられるよう、さまざまな施策を展開している。昨年度からの実証授業を経て、本年度（平成29年度）より、市内全小学校（42校）の4年生（約3,600名）を対象に実施したプログラミング教育は、その取り組みの一環である。

新学習指導要領において、学力の基盤として「情報活用能力」が位置付き、プログラミングを体験することが明記されたものの、自治体全体での取り組みはまだ少ない。そのような状況のなか、柏市では、プログラミング的思考の育成はすべての子供が必要であると判断し、新学習指導要領の完全実施を待たずして、『オール柏』で実施することとした。

2 ■ プログラミング教育の考え方

(1) 実施の必要性

情報化が進展する社会を生き抜くために必要な力の育成において、プログラミング教育を実施する必要性を次のように捉えている。

○生活にますます身近なものとなっている情報技術（プログラ

ミング）を、受け身ではなく手段として効果的に活用していくことが求められる。

○将来どのような職業に就くとしても、時代を超えて普遍的に求められる資質・能力としてプログラミング的思考（論理的思考）を育てる必要がある。

○プログラミング的思考は、もはや情報リテラシーの1つと言える。

(2) 目指すところ

課題や目的に応じて、意図した処理を行うようにコンピュータに指示することができるということを体験させながら、「プログラミング的思考」を育てることを目指す。したがって、コーディングのような作成技術を身に付けることが目的ではなく、課題の解決や意図する活動を実現するために一つ一つの動きを組み合わせ、論理的に考えていく力（論理的思考力）の育成を図ることがプログラミング教育導入のねらいである。

(3) 先行実施に向けた背景

2020年からの新学習指導要領の実施を待たず、柏市がいち早くプログラミング教育に向けた取り組みを開始する背景には、次の3点が挙げられる。

①全国に先駆けてプログラミング教育を実施していた歴史

柏市では、昭和62年度より市内小学校において「ベーシック」や「ロゴ」といったプログラミング言語による学習を実施していた（図1）。教育用アプリケーションソフトやインターネットの利用が主流となり、約10年間でプログラミング学習は実施されなくなったが、当時の成果と課題を引き継いでいることは、再始動に向けた柏市の強みであった。



図1 田中北小でのプログラミング学習(昭和62年)

②外部人材の活用 (ICT支援員)

プログラミング教育実施における最大の課題は、指導者の育成であろう。指導はおろか、自分が体験したことのある教師はごくわずかであろうし、現段階では指導事例も少ない。

柏市では、平成26年度より、全・小中学校にICT支援員を派遣し、情報活用能力や情報モラルの育成を目的とした授業を学級単位で実施してきた。そこで、プログラミング教育を現行の事業のなかに位置付けることで(表1)、担任とITアドバイザーとのTTにより指導体制を構築できる。このことにより、担任の負担感を軽減させつつ、全校において質の高い授業の実現が可能となる。

学年	授業支援内容	時数
小1	はじめてのコンピュータ	1
小3	ローマ字入力	2
小4	★プログラミング	2
小5	プレゼン作成	1
小6	情報モラル(加害・被害)	1
中1	情報モラル(傍観者)	1
中2	情報モラル(SNS利用)	1
中2	情報モラル(SNS利用)	1

表1 柏市情報活用能力・情報モラル育成計画

③ICT環境の充実

プログラミング教育の実施に向けて、コンピュータ室の整備に加え、小・中学校すべての普通教室にプロジェクタを常設し、タブレット端末を用意するなど、日常的にICTを活用することのできる環境を整備済みである。

3 ■ 柏市プログラミング教育の実際

ここでは、実際に柏市で実施しているプログラミング教育の実践事例の一部について紹介したい。

(1) 全校で実施するプログラミング学習

平成29年度から市内全小学校で実施しているプログラミング学習は、平成28年10月と11月に、学校規模や児童の実態、地域性、ICT環境が異なる3校、10学級を対象に実証授業を行い、改善を図ったものである。

①実施方法

- 対象学年は小学校第4学年
- 総合的な学習の時間の2時間で実施
- 「Scratch (スクラッチ)」を利用
- 授業の計画は教育委員会が作成
- 担任とICT支援員のTTで実施

②学習の流れ

- 身近な生活のなかに、プログラミングが活用されていることを知る。<知識>
- 「ねこ」が行ったり来たりするプログラム作成を通して、プログラミングの基礎技能を身に付ける。<技能>
- 「ねこ」と「ねずみ」のゲームづくりを課題とし、どんな命令(プログラミング)が必要か考え、話し合う。<思考力>
- コンピュータによるプログラミングによって、ゲームを各自で完成する。<思考力・判断力・表現力>



図2 Scratchによるプログラミング

③学びにつなげるために

ゲームづくりを通したプログラミング教育が目指すところは、作成技術ではなく、プログラミング的思考を育てることである。

ゲームを完成するために、指示通りにブロックを動かしているだけでは、思考力の育成は期待できない。そこで、子供たちが思考する時間を確保し、思考の過程を把握するために、ワークシートを活用している（図3）。

まず、教師がつくったゲームを見て、完成のイメージを掴ませる。次に、ワークシートを利用して、ゲームを完成させるためにはどんな命令が必要かを考え、書き込んでいく。そして、友だちと話し合っ必要命令を整理してから、各自でコンピュータを使った操作を行っていく。

この授業では、自分なりの考えでゲームを改良していく時間をできる限り多く確保したいと考えている。思いついたアイデアを試行錯誤しながらつくり上げていく過程を通して、思考力や表現力を育てていきたい。コンピュータによるプログラミングは、自分が考えたことが実現できたかどうかの結果がすぐに形に表れることも、子供たちの意欲を持続させやすいと考える。



図3 ワークシートに書き込むようす

④児童アンケートの結果

授業終了後、4年生、約300名を抽出して児童アンケートを実施したところ、楽しかった（99.0%）、もっと表現してみたい（98.3%）、真剣によく考えた（88.5%）など、たいへん好評であった。なかでも、興味深かったのは、プログラミングの学習をすることは、大人になって必要である（85.0%）というものであった。はじめてのプログラミングとの出会いにより、興味を持つきっかけづくりと、思考力を育てる活動に寄与したものとする。

（2）発展的なプログラミング学習

次に、プログラミングの基礎を学んだ子供たちが学校紹介のゲームづくりを行った事例を紹介する。

①実施方法

○対象学年は小学校第6学年

○総合的な学習の時間の3時間で実施

○「Scratch」を利用

②学習の流れ

○テーマを確認し、自分の学校のなかで、1年生に伝えたい場所や内容を考える。

○分担を決め（3、4人グループ）、プログラミングでどんなゲームをつくるか考える。必要に応じて撮影やインタビュー等を行う。

○理科室やコンピュータ室、校長室などから1年生に紹介したい場所を選び、画面上でカーソルを動かすと、物が動いたり、音が出たり、説明が表示されたりするプログラムをつくる（図4）。

○できあがった作品を「1年生を迎える会」でプレゼントする。学校探検の際に各教室にコンピュータを置いて体験してもらい、その後は、教室で自由に操作してもらう。



図4 児童が作成したプログラムの一部

③学びにつなげるために

プログラミングの基礎がわかっている子供たちであったため、つくりたいゲームの発想も豊かであった。アイデアを実現するためには、グループに寄り添った支援が必要となるが、指導者の人数が少ないとフォローしきれないこともある。

子供たちが、主体的に学習を進めていくためには、グループ内、または学級全体で学び合えるようにしくみづくりが大切であろう。

（3）算数でのプログラミング学習例

新学習指導要領で例示されている、「多角形の作図」について実践した事例を紹介する。

①実施方法

○対象学年は小学校第5学年

○単元「円と正多角形」の正多角形作図1時間で実施

○「Scratch」を利用

②学習の流れ

○プログラミングで正方形のかき方を考える

○正三角形のかき方を考える。角の大きさを 60° にすると、うまくかけない理由を考える。

○正六角形、正五角形のかき方を考え、共通する決まりを見つける。

○見つけた決まりを使って、さまざまな正多角形をかく。

③学びにつなげるために

プログラミングの基本的な概念である「順次処理」「繰り返し」を身に付けることができる。できるだけ子供たちが活動する時間を長くするために、算数の学習とは関係のない背景やペンなどは、事前にプログラミングしたテンプレートを配布した(図5)。

(4)理科でのプログラミング学習例

新学習指導要領では、「児童がプログラミングを体験しながら、コンピュータに意図した処理を行わせる」とあるので、コンピュータを活用することが望ましいが、ここでは、アンブラグドの実践例も紹介する。

①実施方法

○対象学年は小学校第6学年

○単元「水溶液の性質」のまとめの時間2時間で実施

②学習の流れ

○6種類の不明な水溶液について、これまで学んだ知識により、実験を通して見分けるためのフローチャートを考える(図5)。

○フローチャート通りに実験を行い、水溶液を判断する。

③学びにつなげるために

どんな順番で、どのような処理で行っていくか考えることで、プログラミングの「順次処理」「選択」を身に付けることができる。新学習指導要領で例示されている、電気製品の動作についても、ぜひプログラミング学習を取り入れたい。



図5 フローチャートをつくる

4 ■ プログラミング教育と学力

プログラミング教育については、思考力との関係がよく言われているが、その問題の前に、子供のプログラミングに対するイメージについて考えてみたい。

柏市では、30年ほど前からプログラミング教育を行っており、1988年に田中北小学校で実施したアンケートの「プログラミングをすると頭がよくなるか」という質問について、当時の子供たちは、42.5%が「そう思う」と回答をしていた(図6)。今年度、同じ学校で、2時間のスクラッチ体験のあと同じ質問をすると、83.3%が「そう思う」と応えており、ポジティブな回答が倍増している。30年ほど前のプログラミング教育は、プログラミング言語についても、時数についても、かなり難しいことを長時間かけて行っていたはずなのに、現在の評価のほうが高かった。これは、柏市内全体で見ても同様な結果であった(図6)。

さらに、「頭がよいとはどういうことか」とヒアリング調査をしたところ、「考える力がある人」、「新しいものをつくれる人」という回答が多かった。このことから、これからの時代に求められる資質・能力の変化を、子供たち自身が敏感に感じているのではないかと推測している。

今の時点では、プログラミングと学力との関連についてははっきりしたデータを示すことはできないが、子供たちの学びへ向かう意欲については、少なくない影響があるという事実を受け止める必要があると思っている。今後は、算数や理科といった教科のなかでプログラミング学習を取り入れる効果について検証が必要であると考えている。

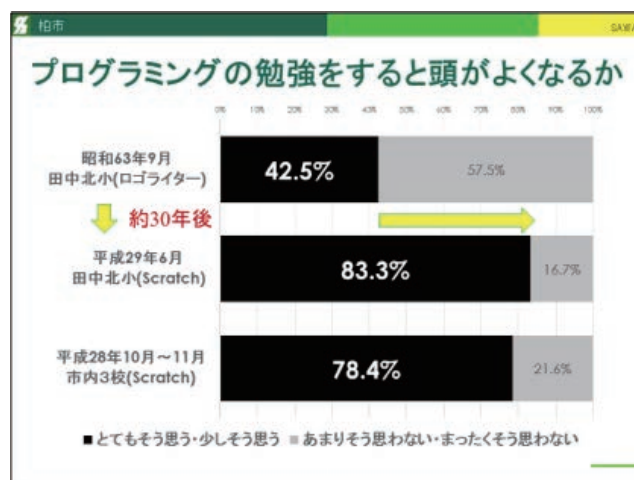


図6 プログラミングをすると頭が良くなるか

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5回となります。

塩野直道記念 第5回「算数・数学の自由研究」作品コンクールには、第4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17,120件の作品が届きました。海外からも24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.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
 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
	島田 功	日本体育大学 教授
	委員 中島 さち子	ジャズピアニスト・数学と音楽の研究者
	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（2017年11月26日、東京・アルカディア市ヶ谷）

受賞者一覧

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



最優秀賞

(p.23
~
p.28
に作品を紹介)

塩野直道賞

小学校低学年の部

とばしすうであそぼう

兵庫県 神戸市立春日台小学校 1年 福田 彬仁

塩野直道賞

小学校高学年の部

コーヒーに月は浮かぶの？

岐阜県 岐阜大学教育学部附属小学校 5年 香田 倫果

塩野直道賞

中学校の部

三角形及びその辺を準線とする放物線の性質

東京都 海城中学校 3年 島 倫太郎

塩野直道賞

高等学校の部

家事と数学の橋渡し

愛知県 滝高等学校 1年 丹羽 駿輔, 細江 力生

文部科学大臣賞

印象派な言語たち

愛知県 愛知教育大学附属名古屋中学校 2年 クーロン ファニー桜子

Rimse 理事長賞

パスカルの三角形とフィボナッチの数列を作り出すカードゲームに関する研究
兵庫県 関西学院高等部 2年 鈴木 翔大, 北川 将



優秀賞

(p.29
~
p.30
に作品を紹介)

読売新聞社賞

アイスより当たります

徳島県 徳島県立城ノ内中学校 2年 佐藤 雅姫

内田洋行賞

月はどうしてもはなれて行かないように見えるの？

愛知県 岡崎市立井田小学校 5年 西田 香穂

学 研 賞

「たくさんのお茶をのみたい！」茶畑の形のなぞにせまることにした！

京都府 京都聖母学院小学校 1年 安田 貫志

日本数学検定協会賞

フィボナッチ数列は2進数でも美しいのか

京都府 京都教育大学附属京都小中学校 9年 吉田 桃子



特別賞

(p.31
~
p.32
に作品を紹介)

審査委員特別賞

まわりしょうぎで金のさか立ちはいつでるのか？

山口県 山口大学教育学部附属山口小学校 2年 田中 煌人

審査委員特別賞

0.01秒でも速く！リレー攻略法

愛知県 小牧市立小牧小学校 6年 丸山 藍生

審査委員特別賞

「ちょっと」ってどれくらい？

広島県 広島市立江波小学校 6年 重本 慧

審査委員特別賞

2項係数を含む和と変形パスカルの三角形

大阪府 大阪星光学院高等学校 3年 大江 亮輔



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
「21ゲーム」必勝法	埼玉県 さいたま市立常盤小学校	3年	石川 嵩大
かけ算からうかび上がるもの	東京都 暁星小学校	2年	中島 義凱
とんぼのハネ、せみのハネ	東京都 暁星小学校	2年	山崎 一輝
ゴールはいつ生まれる？	東京都 白百合学園小学校	3年	吉川 桜子
トランプのきり方大けんきゅう!!	東京都 東京学芸大学附属小金井小学校	3年	原 虎太郎
ケーキをちゃんと分けるには？	富山県 富山大学人間発達科学部附属小学校	2年	室谷 勇仁
甲子園 何回に、とく点が入るのか。	静岡県 静岡市立西奈小学校	3年	大川 皓己
メモ 100% ?!	愛知県 日進市立梨の木小学校	3年	菱沼 武龍
きり絵のふしぎ	大阪府 大阪市立東粉浜小学校	2年	山中 琉聖
ぼくはデザイナー!! ～おりがみをひらいてみたら「わあ きれい」～	鹿児島県 肝付町立内之浦小学校	2年	橋口 真桜

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
糸を使っていろいろな形のカステラを 5 等分 ～ 5 人で仲良く食べよう!～	山形県 山形大学附属小学校	5年	三浦 千奈
太陽はあと何年輝いてくれるのか	群馬県 高崎市立下里見小学校	6年	富沢 謙信
地球に砂山をつくったら月まで届くか？	東京都 清明学園初等学校	5年	諸星 春陽
丸いすはいくつ積める？	福井県 福井大学教育学部附属義務教育学校 前期課程	6年	和田 涼花
きょりと高さの関係	長野県 信州大学教育学部附属松本小学校	5年	奥 仁珠
星形の不思議	京都府 洛南高等学校附属小学校	5年	藤井 咲羽
ウォータースライダーで速く滑るには？	大阪府 大阪教育大学附属池田小学校	6年	田中 莉穂
余った 1 個は誰のもの？ ～あみだくじは本当に公平なのか～	山口県 山口大学教育学部附属山口小学校	4年	久保 黛子
「〇倍にうすめる」はどれだけ水を入れるといいの？ 比を使っておいしい飲み物づくりにチャレンジ!!	福岡県 北九州市立大谷小学校	6年	小島 未来
水害発生！ 手作りイカダでペットとひなんでできるか？	熊本県 熊本市立壱川小学校	6年	園田 智翔

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
歩かなくてもいいんじゃないですか…？ ～エスカレーター効率について考える～	宮城県 仙台青陵中等教育学校	3 年	松浦 広和
第 7 回 JJMO 本戦第 5 問の解法の多様化・ 3 次元空間での拡張について	山形県 山形大学附属中学校	3 年	浅野 笙
1/9801 の謎を解き明かしていくと、 どこにたどり着くのだろうか？	新潟県 新潟市立両川中学校	3 年	畑野 安奈
月は、地球を何回救ってくれたのだろう？ ～小天体の衝突を分析する～	福井県 福井大学教育学部附属義務教育学校 後期課程	7 年	金原 成秀
真ん中を探せ！ ～様々な真ん中の決め方～	愛知県 田原市立泉中学校	1 年	小笠原 愛
“数える”ということ	滋賀県 大津市立皇子山中学校	2 年	佐藤 悠子
早ゆでスパゲティの秘密を探る	京都府 京都市立桃山中学校	3 年	中田 楓菜
折り紙の技術で電球カバー用正角柱を作る ～熊本銘菓「誉の陣太鼓」の紙缶詰技術を参考に～	愛媛県 愛媛大学教育学部附属中学校	2 年	福田 雛乃
正四角錐の切断 ～分類と描画法～	佐賀県 小城市立牛津中学校	3 年	蘭 瑠偉
色相空間 ～音と色の空間絵本～	熊本県 熊本大学教育学部附属中学校	3 年	東矢 彩葉

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
フィボナッチ数列の倍数，約数の関係	東京都 筑波大学附属駒場高等学校	3 年	原 季史
1/49 に隠された様々な等比数列とその規則性	東京都 東京学芸大学附属高等学校	1 年	設楽 紅那
ある条件を満たす置換の個数について	東京都 桐朋高等学校	1 年	高田 幹也
インド式割り算のしくみ	神奈川県 横浜市立 横浜サイエンスフロンティア高等学校	1 年	竹橋 侑矢
0（ゼロ）で割ることを「考える」	三重県 皇學館高等学校	1 年	渡辺 時丸
3.14 は何角形？	京都府 立命館宇治高等学校	1 年	藤野 雄二郎
完全数の新たな世界 ～3 を底に持つ完全数～	大阪府 大阪府立生野高等学校	2 年	石床 悠人
$n!$ の素因数分解とオイラー関数	岡山県 岡山理科大学附属高等学校	2 年	小倉 僚太，藤原 稜也， 三宅 寛明，森田 隆司， 山根 優平
ナイト・ツアーの成立する盤について	沖縄県 沖縄県立球陽高等学校	2 年	平良 丞，石川 開， 照屋 拓，松田 朝之
トランプのあるシャッフルとその代数方程式	沖縄県 沖縄県立球陽高等学校	3 年	大城 有，石川 葉未加， 呉屋 ひなた， 與儀 深優

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
栃木県	宇都宮大学教育学部附属小学校	2	柏倉 美那
神奈川県	横浜市立子安小学校	2	近藤 悠斗
新潟県	新潟大学教育学部附属長岡小学校	3	千葉 幹太
富山県	富山大学人間発達科学部附属小学校	2	金野 智仁
静岡県	静岡市立葵小学校	2	坂下 誠亮
三重県	三重大学教育学部附属小学校	1	横山 颯香
京都府	京都聖母学院小学校	2	破田野 智皇
	同志社小学校	2	梅村 ゆり
	洛南高等学校附属小学校	2	太田 瑛麻
		2	大野 優晟
		2	桂 彩華
		2	杉並 慧
		2	高島 瑞生
		2	野口 真理子
		2	花田 一登真
		3	安積 尚汰
		3	岡田 莉奈
	関西大学初等部	1	大澤 由佳
		2	河瀬 絢香
	四天王寺小学校	2	夏井 理駆
兵庫県	明石市立魚住小学校	2	中田 結彩
	仁川学院小学校	3	中川 摩耶
岡山県	岡山大学教育学部附属小学校	1	吉田 早希
		3	吉岡 直彦
熊本県	熊本大学教育学部附属小学校	2	小野 紗椰
		2	小島 万和
		2	松永 芽依

京都府	洛南高等学校附属小学校	4	尾野 悠人
		4	坂本 光咲
		4	福島 結衣
		4	箕輪 怜晟
		5	大橋 利巧
		5	河本 高秀
		5	島田 あゆみ
		5	高山 慈子
大阪府	立命館小学校	5	児玉 峻景
		6	小山 菜々花
		6	善明 宗一郎
		6	西川 佳凜
		6	森本 星
		6	山上 航平
兵庫県	明石市立魚住小学校	4	西川 昇太
		5	開田 然
		5	川崎 董
		5	牧野 有
	姫路市立城乾小学校	6	八木 宏平
		6	石丸 結衣
	姫路市立手柄小学校	6	有吉 秀成
		6	高城 葵子
愛媛県	愛媛大学教育学部附属小学校	6	川崎 雄斗
		6	斎藤 琴美
福岡県	北九州市立田野浦小学校	6	大田 梨華, 原田 紗彩
		6	中尾 湖春, 松尾 咲歩
佐賀県	佐賀大学教育学部附属小学校	4	増田 佳純
		5	立川 真帆
長崎県	白石町立白石小学校	6	福森 望遥
		6	福森 望遥
熊本県	熊本市立出水小学校	6	福森 望遥
		6	福森 望遥
鹿児島県	鹿児島市立大明丘小学校	6	福森 望遥
		6	福森 望遥

小学校高学年の部

学校名		学年	氏名
茨城県	茨城大学教育学部附属小学校	5	榎本 悠花
	常陸太田市立太田小学校	5	田所 睦陽
東京都	暁星小学校	6	相澤 聡嗣
	白百合学園小学校	4	村松 志優
	文京区立関口台町小学校	4	中原 義文
新潟県	上越教育大学附属小学校	6	千原 菜々子
富山県	富山大学人間発達科学部附属小学校	4	豊田 拓実
福井県	福井大学教育学部附属義務教育学校 前期課程	6	徳永 愛子
		6	鷺崎 寛幸
山梨県	山梨大学教育学部附属小学校	6	藤原 楓奈子
滋賀県	滋賀大学教育学部附属小学校	5	大杉 悠真
		5	辻 歩乃果
		5	若木 歩紀
京都府	京都聖母学院小学校	4	栗林 潤
		5	岡田 咲人
		5	中野 和道
	同志社小学校	6	三宅 萌由

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	山本 和果
		3	黒沢 愛奈
	北海道教育大学附属札幌中学校	3	橘 早映
岩手県	岩手大学教育学部附属中学校	1	中島 咲晴, 高橋 茉衣, 富澤 蒼依
宮城県	宮城教育大学附属中学校	1	山田 杏里沙
山形県	山形大学附属中学校	3	中村 友梨香
茨城県	茨城大学教育学部附属中学校	2	木村 理乃
栃木県	益子町立益子中学校	1	櫻井 迅人
埼玉県	埼玉大学教育学部附属中学校	1	坂下 夏菜
		3	佐藤 ちひろ
千葉県	千葉市立花園中学校	1	進藤 さくら
		1	伊藤 菜月
東京都	東京学芸大学附属世田谷中学校	2	嵯峨野 渉
		2	水町 ひろか
	東京都立富士高等学校附属中学校	2	太田 久美
		2	加賀谷 祈

東京都	早稲田中学校	3	加藤 拓真
	東京都立富士高等学校附属中学校	2	森田 花子
神奈川県	慶応義塾普通部	3	川口 卓朗
福井県	福井大学教育学部附属義務教育学校 後期課程	9	金原 匡秀
		9	金巻 明希
		9	森 文香
長野県	長野市立東北中学校	3	中島 花梨
	長野市立長野中学校	1	藤田 結愛
岐阜県	岐阜大学教育学部附属中学校	2	香田 栞理
滋賀県	彦根市立中央中学校	3	江原 和希
京都府	京都市立西京高等学校附属中学校	1	松井 葵
	同志社中学校	3	池田 はるな
大阪府	大阪教育大学附属池田中学校	2	熊ノ郷 健人
	関西大学中等部	2	新山 百香
		3	實平 栞那
		3	新保 彩萌
		3	中村 いち花
	四天王寺中学校	1	藤田 清良
		1	前田 祐奈
		1	田畑 有彩
兵庫県	小林聖心女子学院中学校	2	福島 百香
	賢明女子学院中学校	3	相川 和
		3	佐川 理緒
		3	安田 千歳
	滝川第二中学校	1	阿部 百花
	姫路市立城乾中学校	1	河南 青
	姫路市立白鷺中学校	2	長谷川 柚果
	姫路市立花田中学校	2	後藤 亜里沙
奈良県	広陵町立真美ヶ丘中学校	2	西村 茉奈美
和歌山県	開智中学校	3	伊藤 あかり
鳥根県	鳥根大学教育学部附属中学校	3	石倉 夏
岡山県	岡山大学教育学部附属中学校	2	小野 媛乃
		2	早川 翔
広島県	広島大学附属東雲中学校	1	平尾 紬希
山口県	山口大学教育学部附属光中学校	1	山田 加奈子
	山口大学教育学部附属山口中学校	2	西村 凜
徳島県	阿波市立土成中学校	3	寺井 菜々子, リンツ ジャスミン真理子
香川県	香川大学教育学部附属高松中学校	3	上田 瑞稀
愛媛県	愛媛大学教育学部附属中学校	2	山名 里沙
福岡県	小倉日新館中学校	2	井上 亜梨沙
		2	藤田 悠里
	福岡教育大学附属小倉中学校	2	黒本 涼音
佐賀県	佐賀大学教育学部附属中学校	1	大島 侑子
		1	川久保 怜
		2	田中 佐弥
		3	伊藤 さくら
		3	高橋 彩夏
熊本県	熊本市立錦ヶ丘中学校	2	緒方 瑛知
	熊本大学教育学部附属中学校	2	園村 水咲

大分県	大分県立大分豊府中学校	2	濱砂 七珠
		3	大津 泰人
		3	梶原 悠大
		3	佐伯 美喜子
	別府市立山の手中学校	1	児玉 実来
宮崎県	日向市立富島中学校	1	本田 海渡
		1	甲斐 千晴, 緒方 彩弥, 釘村 姫可, 黒木 玲
	宮崎県立都城泉ヶ丘高等学校附属 中学校	1	福島 ちづる
	宮崎大学教育学部附属中学校	1	日高 陽暉
		2	熊田原 莉子
		2	森山 直樹
鹿児島県	始良市立重富中学校	2	平田 千夏
	鹿児島市立伊敷中学校	2	白坂 悠真
	鹿児島市立武中学校	2	山之内 究
	鹿児島大学教育学部附属中学校	1	垣内 智哉
		1	宮内 仁登実
		2	白尾 彩也香
		3	井上 翔理
		3	大中原 史音
		1	山本 大心
海外	ジュネーブ日本語補習学校 中学部	1	山本 大心

高等学校の部

学校名		学年	氏名
東京都	筑波大学附属駒場高等学校	3	伊藤 優輝
		3	高野 雄基
		3	友藤 康司
	東京学芸大学附属高等学校	1	上田 笑鈴
		1	鈴木 陽大
三重県	三重県立名張青峰高等学校	1	堀 愛佳
大阪府	大阪星光学院高等学校	1	続木 丈
広島県	広島大学附属高等学校	3	植山 敬将
佐賀県	佐賀県立鳥栖高等学校	3	佐々木 裕貴

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

5回目にして応募数は17,000件を超えました。その内訳は小学生2,606作品、中学生13,532作品、高校生982作品。この応募者数増加の勢いが止まらなければ、いつの日にか日本の小・中・高生全員が作品を送ってくれるようになるのではと思えるくらいです。(誰か、研究してみてください) 今年の特徴は2つ。テーマが多岐にわたっていることと「数学」を感じさせるものが多かったことです。小学校高学年の部で塩野直道賞を受賞した「コーヒーに月は浮かぶの?」は、実際にコーヒーカップの水面に月を映りこませるといってもロマンチックな状況を実現させるために、非常に緻密な数学的考察をしています。小学校低学年の部では、いつもなら子供ならではのアイデアに感動させてもらっていましたが、今回はある電卓マジックを出発点に、それを一般化して数学的に考察してくれた「とばしすうであそぼう」が受賞しました。中・高生の部は、これまでは歴史やスポーツに関わる数学的な考察が目立っていましたが、今回は純粋に数学的な現象を解明した作品が多数寄せられました。もちろん、そういう数学的な深い研究も歓迎ですが、算数・数学を生活や身の回りのことに活用するという視点の研究も期待します。

銀島委員

応募作品の数はだんだんと増えています。今年はさらに数が増えました。多くの児童・生徒の皆さんが、算数・数学の自由研究に取り組んでくださっているということで、たいへん嬉しく思っています。過去の受賞作品からヒントを得て研究に挑戦し、作品を仕上げてくれた方もいました。日頃感じている素朴な疑問をもとに独創的な作品を仕上げてくれた方もいました。審査を担当する私たちにとっても、「そういえば、以前からこれは不思議に思っていた」というテーマに着目して研究に取り組んでくれた方もいました。ぜひ、身近な話題や現象に皆さんの算数・数学のセンサーを働かせていただき、自由に研究する楽しさを味わってほしいと思います。皆さんの「不思議だな」を大切にしてください。



桜井委員

身近な目線でテーマが選定されている応募作品が増えました。本コンクールが目指す理念が実現されていると言えます。与えられた問題ではなく、自ら生活の中で自分だけの問題を発見する。教科書で学ぶ算数・数学に新たな興味・関心を持つきっかけになることでしょう。本コンクールが第5回に及ぶこともあり、昨年の作品の続きを応募してくる方が出現しました。数学への取り組みの持続性の観点からまたたいへん歓迎すべき点です。皆さんのさらなるチャレンジを楽しみにしています。



島田委員

小学校低学年の自由研究作品を見せていただきました。日常場面の中から不思議さを感じて追究した作品や算数の中から不思議さを感じて追究した作品が全国から数多く寄せられました。いずれも素晴らしい作品ばかりでした。不思議さを感じる心（感性）はとても大切で、どんな偉大な研究にもその原点には不思議さを感じる心（感性）があります。これから不思議さを感じるその心（感性）を大切にしながら自由研究に挑戦してください。2018年もたくさんの素晴らしい作品に出会えるのを楽しみにしております。



蒔苗委員

今年も皆さんの自由研究を楽しく読ませていただきました。今年は、いろいろなタイプの研究が中央審査に上がっていて、バラエティー豊かな研究となっていました。皆さんがいろいろなことに興味をもっていることがわかり嬉しかったのと、身の回りのことを算数・数学を使って捉えたり、表現したり、そして処理することで、仕組みがわかったり、よくわからなかったことが明らかになったことがまとめられていて、感心しました。来年も多くの応募をお待ちしています。



中島委員

今年度もとても楽しく審査させていただきました！毎年、この自由研究作品を通して皆さんの自由で豊かな想像力や創造性に出会えること、とても楽しみにしています。社会のいろいろな課題を解決したいとき、スポーツや芸術でさらに成長したいとき、数学や数



藤田委員

おもに高校の作品を担当しました。今年もレベルの高い作品が多く、毎年楽しんで審査しています。特に、数学を遊びとして楽しむ中学生による幾何学に関する発見、高校生たちによる遊びに端を発した数理の探究（これは確率論の始まりとも同じで由緒正しき数学なのです）などに感動しました。来年もこの感動に出会いたいです。



渡辺委員

本年度も審査を通して、皆さんの想像力が算数・数学と組み合わせることでこんなにも自由に創造性に溢れた研究作品になるのだということに、改めて驚かされました。算数・数学の問題をただ解くのではなく、およそ関係のないと思われる日常の気づきを算数・数学のモデルに見立てて考えていくこと、考えたことを日常と再度結びつけることは、その発想自体が、ロボットやAI技術が社会に浸透してきた現在、とても価値があります。AIとアナリティクス・ネイティブ時代の皆さんのセンス溢れる作品に来年も出会え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、2017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

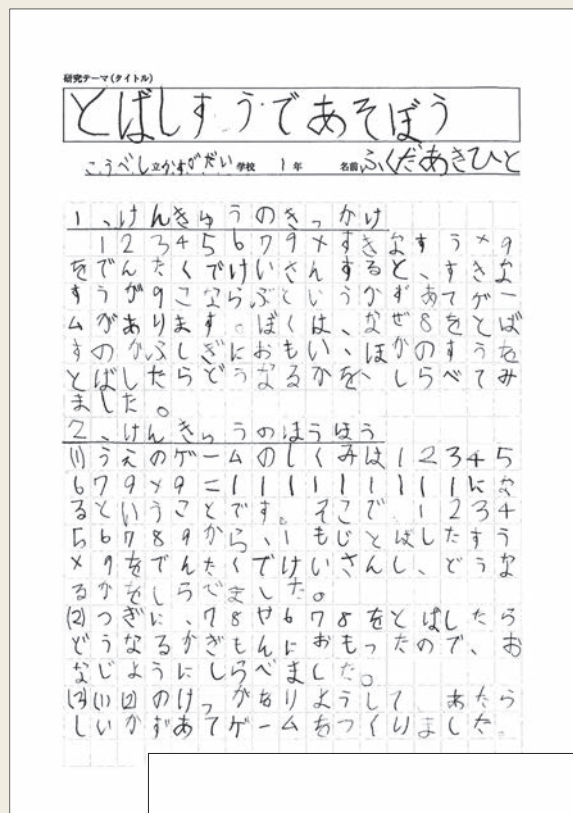
小学校低学年の部

とばしすうであそぼう

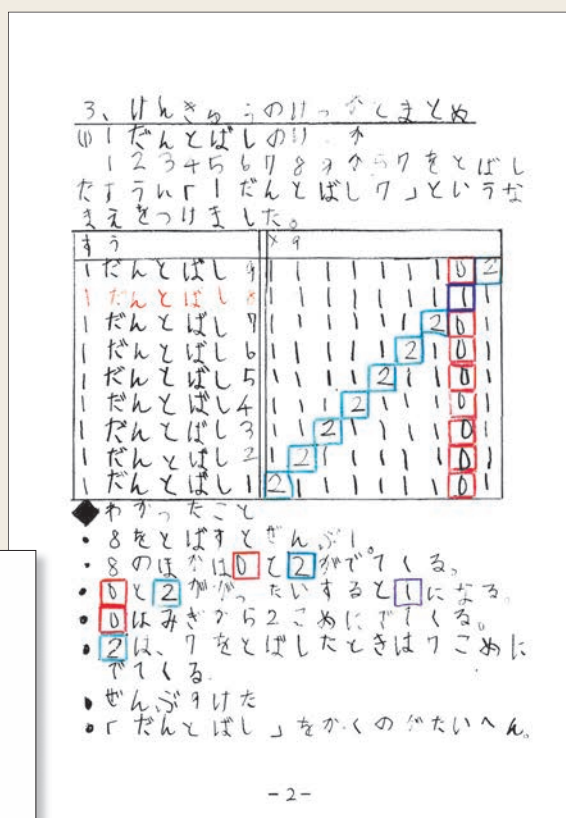
兵庫県 神戸市立春日台小学校 1 年 福田 彬仁



全5ページ



▲ 1 ページ目

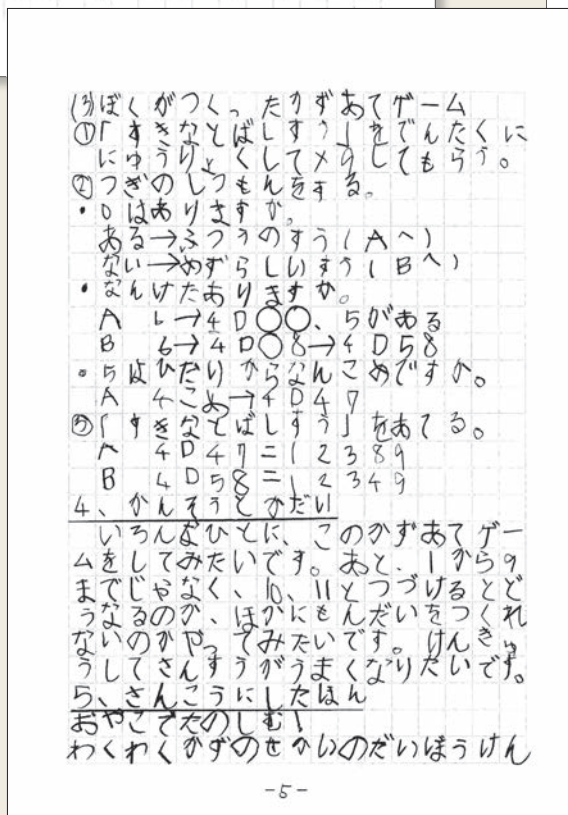


▲2ページ目

講評

「とぼしすう」という遊びを独自に発展させている力、もとの「数」のユニークな表現方法、9をかけた結果の規則性発見、9をかけた結果からもとの数を当てるための方法のまとめなど、非常によくできた独創的な研究になっています。例外的扱い方もうまい。自らの発想で算数を発展探究する喜びも随所に溢れています。1年生とは思えない素晴らしい算数力に脱帽しました！

中央審査委員会



5ページ目▶

※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/>)。



コーヒーに月は浮かぶの？

岐阜大学教育学部附属小学校

5年 香田 倫果

1. 研究のきっかけ

私の好きな柴田淳さんの「月光浴」という歌に コーヒーに月と星を浮かべて「おいしいね」と笑って、夜空を全部飲み干したら… という歌詞があります。不思議な歌詞ですと気になっていたんで調べてみたいと思いました。

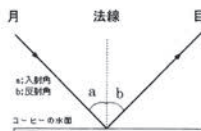
2. 研究の方法

コーヒーに月が浮かぶというのは、コーヒーカップの水面に月の光が反射して見えることだと思うので、

- ① 光の反射について調べる
- ② 水面を見る目の位置を調べる
- ③ 月の光が反射するコーヒーカップの水面について調べる
- ④ 水面に映るためには月がどの高さにあればいいのかを調べる
- ⑤ 実際にその条件でコーヒーに月が浮かぶのか確かめてみる ことにしました。

3. 研究の結果

① 光がものにあたってはねかえることを反射といい、反射する部分に垂直に線を引く(法線)と入射角と反射角は等しくなります。



② 私が自然にテーブルの上にコーヒーカップを置いた時の目の位置を、コーヒーカップの縁から測りました。その結果は水平方向に120mm 垂直方向に330mm でした。



コーヒーを飲むためにカップを持ち上げた時の目の位置は、カップの縁から水平方向に120mm 垂直方向に100mm でした。



きな月を浮かべることができると思い距離を計算しました。

下の図2のように月の直径を底辺とし目の位置までの距離を高さとする三角形を考え、カップの縁の直径と目までの距離でできる三角形と相似になります。目から見えるカップの縁の直径と、目から見える月の見かけの直径が等しくなる時、水面いっぱいには月が浮かぶと考えました。



この距離は 目線とカップの縁でできる直角三角形(底辺120mm 高さ100mm 斜辺156.2mm)の斜辺を伸ばした長さ(……)なので、カップの縁から9.2m $\times$ (120mm/156.2mm) = 7.1m 離れた、高さ9.2m $\times$ (100mm/156.2mm) = 5.9m の場所から見ればよいことがわかりました(図3①)。

人間が月を見ることのできる最も高い場所として、高度400kmの国際宇宙ステーションを考えました。すると水面までの距離が624.8km(図3②)となり(図3②)、直径が624.8km $\times$ (3474km/384400km) = 5.65km(図2)の水面にいっぱいの月が浮かぶことがわかります。調べてみると秋田県の田沢湖の直径が約5.5kmなので、雲と風のない夜、国際宇宙ステーションの窓から高度が30°から40°の月が観測できれば、田沢湖の湖面いっぱいには浮かぶ月が見られるかもしれません。

4. まとめと感想

一番大変だったことは、8月に雨や曇りの日が多くて 目線から観測が9月になっちゃったことです。でも予想したどちらの条件でもコーヒーに月が浮かんだときは、とてもうれしかったです。本当は月と星の両方を浮かべてみたかったのですが、月の近くに明るい星が見られる条件はなかなか無いので、チャンスがあれば試してみたいです。田沢湖いっぱいには月が本当に見られるのか宇宙飛行士さんにも試してもらいたいです。

5. 資料

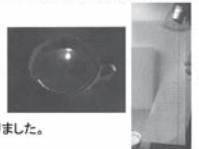
① Keisan 生活や実務に役立つ計算サイト <http://keisan.casio.jp>

⑤写真のように 目線と 位置にカメラを置き8月6日の22時30分の月を観察しました。日時は場所と時間から月の高度を計算できるインターネットサイト(資料①)から決めました。するとカップの水面中央の少し手前に月が浮かびました。



法線とひもは平行になるので、 $a = b = c$ となり月の高度は $90^\circ - c$ で求めることが出来ます。観測できた $c = 52^\circ$ だったので、この時の月の高度は 38° であることがわかりました。目線から見た時にカップの水面に浮かぶ月の高度は 30° から 40° と予測していた範囲になりました。

次に 目線と 位置にカメラを置き9月10日の2時の月を観察するとカップの水面の奥に月が浮かびました。観測できた $c = 30^\circ$ だったので、この時の月の高度は 60° であることがわかりました。予測していた 59° から 69° の範囲になりました。



コーヒーカップが机の上にある時も、飲もうとカップを持ち上げた時も月の高度の条件が合えば、「コーヒーに月を浮かべ…」ることができると思いました。でも机の上を持ち上げた時のカップの水面では、浮かぶ月の高度の範囲に重なりがないので、コーヒーを飲む連続した動きの中では、どちらか一方の月しか浮かべることができないこともわかりました。

目線からコーヒーカップの水面に映る月を観察していて気付いたことがあります。それは下の写真のように、カップから離れるほど月が大きく見えるということです。これは月までの距離が遠く、少し離れただけでは見えた目の大きさが変わらないために起きる現象で、自分が走っても月がついてくるように見える現象と同じです。



月の直径/水面の直径 %	4.9%	14.7%	18.3%
カップの縁からの水平距離	12cm	60cm	110cm

実際に測ってみると、水面の直径に対する月の直径の割合は4.9% 14.7% 18.3% と増えていました。このままどんどん離れて観察すれば、カップの水面いっぱいの大

▲4ページ目

講評

好きな歌の歌詞に「コーヒーに月と星を浮かべ…」とあることから、実際にどのような現象なのか、算数を使って考察し、再現してみました。コーヒーカップの大きさや月の角度、水面の入射角と反射角の関係などから答えを導いています。さらに、月の見える大きさの違いや湖に映る月など発展的に考察が展開している点が高く評価できます。

中央審査委員会

▲5ページ目



三角形及びその辺を準線とする放物線の性質

海城中学 3年 島倫太郎

1° 動機

ここ最近私は、作図に便利なツールソフトである Geogebra[®] を愛用している。今では我が校の数学同好会に必要不可欠なアイテムの一つとなっており、作図したオブジェクトを動かしてその美しさや面白さを仲間と観て遊んでいる。本論文で紹介する三角形と放物線に関する複数の命題も、先日この過程で无意に見つけたものであり、それらを本論文では代数なども交えながら証明していきたい。

2° 本論

ではまず本論文の発端となった命題を紹介する。

命題 1 任意の三角形 ABC において、同一平面上の任意の点 P を焦点とし、三角形 ABC の 3 辺を延長した直線を準線とする計 3 つの放物線を描き、その放物線同士の交点をとる。このとき、点 P を動かすと交点の軌跡はどれも直線になる。

これでは一見すると手の付けどころがわからないが、さらに Geogebra で作図を続けると新たな予想が立った。

命題 1(改) それらの交点はいずれも点 P の位置に関係なく $\angle A, B, C$ の二等分線上にある。

これによって、この命題の証明がとても簡単であることがわかった。

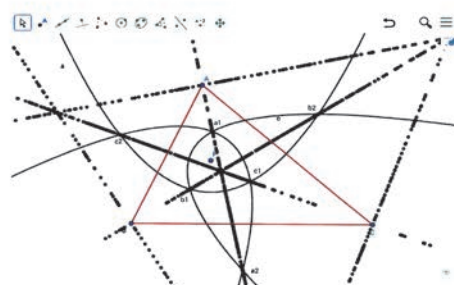
証明 点 P と直線 BC, CA, AB によってできる放物線をそれぞれ放物線 a, b, c とする。放物線 a, b の交点について考えると、放物線の定義より放物線 a 上の点は直線 BC と点 P からの距離が等しく、放物線 b 上の点は直線 CA と点 P からの距離が等しいから、その交点は直線 BC と直線 CA と点 P からの距離が等しい。よって、直線 BC, CA からの距離が等しい点の集合である $\angle C$ の二等分線上に必ず存在する。また、その他の交点についても同様に証明可能。■

^{*} 幾何、代数、解析を 1 つに結びつけた数学ソフトウェア。

描画が非常に美しく、操作も容易である。

作図したオブジェクトを移動、変形させると数式も自動的に変更され、逆に、数式を変更するとそれに応じてオブジェクトも変形する。(以上 Geogebra HP より引用)

命題 1 を表しているのが下の図である。なお、交点は $a1-c2$ としている。



$a1-c2$ の定義

まず放物線 b と c の交点のうち、点 P が三角形内部にあるときに点 A に近い方を $a1$ とする。ここで、 $a1$ は直線 AC に対して点 P が点 B 側にあるときにできる放物線 b 上で $a2$ より上の図の矢印①方向にあることがわかる。また、直線 AB に対して点 P が点 C 側にあるときにできる放物線 c 上で $a2$ より上の図の矢印②方向にあるといえる。よって点 P が直線 AC に対して点 B 側にあるときは、放物線 b 上でより矢印①方向にある方の交点を $a1$ とし、直線 AB に対して点 C 側にあるときは放物線 c 上でより矢印②方向にある方の交点を $a1$ とする。最後に、点 P が上記の両条件とも満たさない場合は、点 A からより遠い方を $a1$ とする。 $b1$ と $b2$, $c1$ と $c2$ についても同様の方法で決定するものとする。

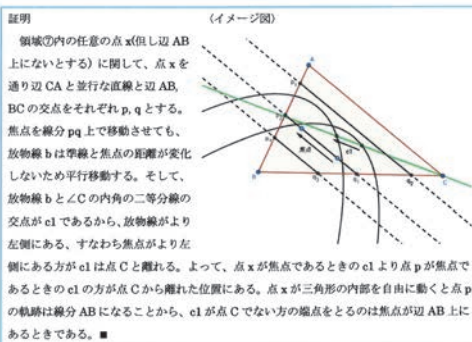
ここで念のために、交点が全部で 6 個(但し点 P は直線 AB, BC, CA 上にない)になることを述べておこう。これはある二つの放物線を選んだ時にその交点が必ず 2 個であることを示せばよい。よって、この問いは“焦点が一致し、準線が交わる異なる二つの放物線の交点が 2 個であることを示せ”という問いに置き換えられる。以下これを証明する。

2

▲ 1 ページ目

次に $c1$ の軌跡のもう片方の端点を求めてみよう。Geogebra を用いて実験を繰り返した結果、“ $c1$ の軌跡の端点のうち点 C に限りなく近い点)でない方は、焦点が辺 AB 上にあるときに $c1$ が通る点である”との予想が立った。以下これを証明する。

そこで再度命題 1 を利用し、 $c1$ を $\angle A$ の内角の二等分線と放物線 b の交点として捉えて考えたいと思う。二つの放物線の交点として捉えてしまうと変動するものを二つ同時に考えなければならないが、こうすることによって変動するのは放物線一つで済むため非常に考えやすくなる。



次に、焦点が辺 AB 上のどこにあるときに $c1$ が端点をとるか考える。これも Geogebra で実験したところ、以下の 3 通りの場合があることが判明した。

(i) $AC < BC$...焦点が点 A に限りなく近いとき端点になる。

(ii) $AC = BC$...焦点が点 A または点 B に限りなく近いとき端点になる。

(iii) $AC > BC$...焦点が点 B に限りなく近いとき端点になる。

(AC, BC とは辺の長さのことを指すものとする)

6

▲ 6 ページ目

▲ 2 ページ目

講 評

作品では幾何学ツール Geogebra を用いて初等幾何の命題を発見し、その論証を行っています。Geogebra を用いた実験から命題発見に到るまで、相当な時間取り組んだことが伺えます。命題のオリジナリティおよび論証の的確さが評価されました。今後この作品のようにコンピューターツールを用いた数学への取り組みが増えていくことが期待されます。

中央審査委員会



研究テーマ(タイトル)

家事と数学の橋渡し

私立 滝高等学校 1年 名前 丹羽 駿輔, 細江 力生

研究の動機

家でご飯の手伝いをしてるとき、家族の席それぞれに一人ひとりの箸を置くという作業を時々します。この時、食器棚から箸をつかひ取り手の上で一列に並べてそれぞれに箸を置くといくつか、次に1番目の箸が2本と並んでいると取りやすいです。

そこで、家族4人分の4セットの箸が全て「取りやすい状態」になっている箸の並び方はいくつあるのかを考えます。また、そのような状況下の棒の組目の数についての並び方を発展させてみたいと思いました。

研究の方法

- 1) 4人分の箸(2本1組の棒の組)の並び方を調べる。
- 2) 配る箸の人数を増やす、一般化する。
- 3) 条件を付け足す。

研究の

まず「解くべき問い」を明確にする。

問題(1)

それぞれ柄の異なる箸が4セットある。これを一列に並び順に取っていく。取る順番が決まるとき、箸を取るときにその箸が2本と並んでいる状態が全ての箸に当てはまる箸の並び方はいくつあるか。

研究(2)

問題(2)

1組の棒(1組ごとに色異なる)が n 組ある。これを1列に並び、順に取っていく。取る順番が決まるとき、棒を取るときにその棒の組目が p 本全てと並んでいる状態が全ての棒の組に当てはまる棒の並び方はいくつあるか。ただし、最後から x 番目になる棒の組が最初から全てと並んでいるものとする。(1≦ x ≦ n)

今までのように逆手順と④における $f(a)$ を定義する。

このとき、②までは問題(2)と同じなので、

$$f(p) = f(p-1) \quad \text{通り}$$

④(1)～④(2)の逆手順では、問題(2)における

$f(a)$ から、④で入れた棒の間、 $(p-1)$ ヶ所には

入れることができず、

$$f(a) = f(p(a-1)+1) - (p-1)$$

$$= pa - 2p + 2$$

よって、④(1)～④(2)の入め方は、 $\prod_{k=1}^n (pk - 2p + 2)$ 通り。

以上より、

$$\prod_{k=1}^n (pk - p + 1) \times \prod_{k=1}^n (pk - 2p + 2) \quad \text{通り}$$

感想

今まで解いてきた数学の問題では、グラフなどにおいて特に、問題で行われる手順通りに計算を進めれば「解くことができるもの」が多かったが、今回は手順と逆の「逆手順」を設定することにより、より単純な方法で解くことができた。

すなわち、3セットのとき1,1,3,2,2,3という箸の並び(数字は箸を取っていく順番を表す数字)があるとき、

$$1,1,3,2,2,3 \rightarrow 3,2,2,3 \rightarrow 3,3$$

と順番に取っていくと、全て4セットの箸はとれる直前に、おいて、と並んでいる。おいて、は条件を満たす並び方。また、2,1,1,3,3,2という並び方も、

$$2,1,1,3,3,2 \rightarrow 2,3,3,2$$

と、2番目の箸がとれ、おいて、は条件を満たしている。

これは、取っていく手順を逆向きに見て並び方と、必ず条件を満たす並び方になると考えられる。

すなわち

逆手順① 4番目になる箸を並べる

逆手順② 3番目になる箸を①の箸のどこかに1セット入れる。

逆手順③ 2番目になる箸を②と同様に1セット入れる。

逆手順④ 1番目になる箸を③と同様に1セット入れる。

を行う。

ここで逆手順④で箸を入れる場所の場合の数を $f(a)$ (通り)で表す(1≦ a ≦4)とすると、

$$f(1) = 1$$

$f(2)$ は、①で2本の箸があるので、その両端と間に入れる。よって、 $f(2) = 3$ 。

$f(3)$, $f(4)$ は $f(2)$ と同様に考えて、 $f(3) = 5$, $f(4) = 7$ 。

以上より、問題(1)の答えは、

$$1 \times 3 \times 5 \times 7 = 105 \text{ (通り)}$$

講評

箸を並べるという日常生活に数学的課題を発見し、「取りやすい」という条件を定義したうえで、条件を満たす並び方の数を求める一般式の導出に成功しています。求める際に、具体例で「逆手順」という独自の発想の有効性を示し、その視点で一般形を導いた後、さらに、柄の異なる n 膳の箸だったら？ 色の異なる p 本の棒が n 組だったら？と、得意の「逆手順」で問題を次々に解いています。柔軟な発想で数学を楽しんでいるようすがよくわかる作品です。



math Математический
印象派な言語たち 数学
Mathe 愛知教育大学附属名古屋中学校 2年 クーロン ファニー 桜子
数学 Matematika

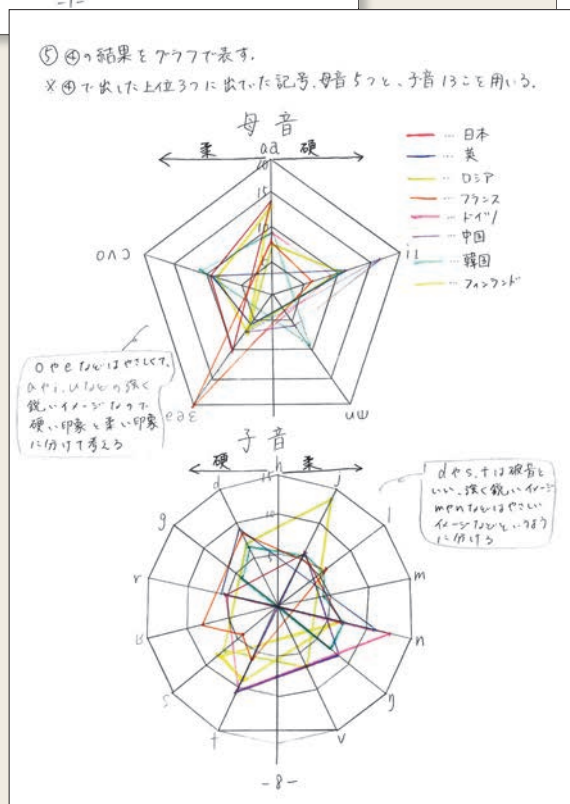
1. 研究の動機
世界には8000以上の言語があるといいますが、聞いた時に受ける印象は全く異なります。はっきりした感じ、優しい感じ、様々です。これらの違いはなぜに生み出されるのか。私は言語に興味があり、将来はそれらに関わる仕事をしたいので、その時により深い理解を得られるようにこの研究をしたいと思っています。

2. 研究の方法
① 周りの人と受ける各言語の印象を調査する。
② 1つの文をそれぞれ訳し、その字をIPA(国際音声記号)に変換する。
③ 出た記号を表にまとめる。
④ ③の数字をそれぞれ割合にして出す。
⑤ ④をグラフ化して、他の言語と比較する。

今回使う言語は、私が聞いた時に印象の違いを感じた。
「日本語」「英語」「ロシア語」「フランス語」
「ドイツ語」「中国語」「韓国語」「フィンランド語」
の、8言語とする。(英語はイギリスのものとしてます。)

-1-

▲1ページ目



▲8ページ目

③ 出た文字の出現頻度を表にまとめる。

	日本	英	ロシア	フランス	ドイツ	中国	韓国	フィンランド
b	3	3	2	1	2	2	2	2
c	3	3	3	7	3	3	3	3
d	6	10	10	9	4	10	1	1
f	1	2	1	4	6	6	6	6
g	5	1	1	1	6	8	5	5
h	1	2	1	1	4	8	2	2
j	9	2	20	1	8	1	6	6
k	6	3	1	1	1	1	8	2
l	2	3	7	4	3	8	2	2
m	1	1	5	1	1	6	4	4
n	11	15	7	3	12	7	10	11
o	5	1	1	1	10	10	2	2
p	2	1	2	1	2	2	1	1
r	8	7	2	7	7	2	2	2
s	4	3	10	9	4	7	5	12
t	5	5	9	7	15	15	1	13
v	1	1	11	2	2	3	6	6
w	2	4	1	2	3	3	1	1
x	1	2	1	1	1	1	4	4
y	1	3	3	4	4	1	3	3
z	1	1	1	1	1	1	1	1
aa	20	6	11	9	11	4	13	22
ai	10	15	14	7	12	20	9	22
au	4	1	6	7	1	7	14	3
ea	15	7	9	25	20	10	5	11
ou	14	11	4	5	2	4	17	14

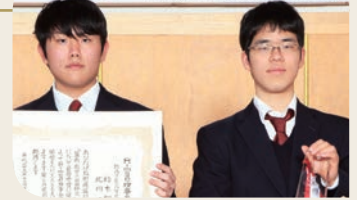
-6-

▲6ページ目

講評

8言語（日英露仏独中韓芬）を聞いたときに受ける印象の違いを数量化して解明しようとした意欲的な作品です。ある文章を8言語に翻訳してIPA（国際音声記号）に変換することで母音と子音の割合を算出して可視化し、それらが言語の印象に影響を与えていることを発見しています。言語の印象というのはとても感覚的な内容ですが、上手に研究対象にして説得力のある考察にまわっています。文例を増やすことで研究の発展性も期待できる興味深い内容です。

中央審査委員会



パスカルの三角形とフィボナッチの数列を作り出すカードゲームに関する研究

北川 将 鈴木 翔大
平成 29 年 9 月 10 日

1 序論

今回私達は、クラブの先輩の研究を大幅に拡張して新しい結果を得た。先輩達は、箱に白色のカードと赤色のカードがあり、複数のプレイヤーが箱からカードを交互にカードを取り出し、一定のルールに従って、一人の数字を決めるようなゲームを考え、勝敗の確率を三角形に表すと、分母と分子が独立にパスカルの三角形の性質を持つことを見出し、イギリスの Mathematical Gazette [2] で論文を掲載した。この性質については、図 1 を見ていただきたい。

当時分母と分子が独立にパスカルの三角形の性質を持つことは、数学の専門家からとても珍しいものと考えられたのだが、今回の私達の研究ではそのような性質を持つようなゲームのルールはまだ拡張できることがわかった。クラブの中で、珍しい事実を見出したことを誇りに思ってきたのだが、パスカルの三角形の性質を持つようなゲームがどんなゲームで、どのような性質が全く見えないこともあれば、残念なことに思っていた時期もあった。幸い、パスカルの三角形の性質を持ったゲームも見つかり、そのようなことが起こる時の条件もかなりわかってきた。

パスカルの三角形からフィボナッチ数列を作ることができる事実は有名な事であるが、私達のクラブの先輩達もカードゲームの確率から作った三角形からフィボナッチ数列に似た数列を作り、それをアメリカの Fibonacci Quarterly [3] で掲載した。今回私達の研究では、先輩の作った数列と私達が新しく見つけた数列が面白い関係を持つことが分かった。その結果を整数数列の国際学会 [1] で私達が発表することができた。

カードゲームのルールを書いた定義 1.1 において、 $s = 1$ としたのがクラブの先輩達の研究である。私達はまずこの s を増やすところから研究を始めた。

定義 1.1. p, n, m, s を $m \leq n$ を満たす正の整数とする。四角のテーブルの周りに p 人のプレイヤー $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_p$ を配置し、プレイヤー θ_1 からゲームを開始する。そして順に、同じ大きさの枚数のカードを含む箱を渡していく。枚数の多いカードを除き、残りは全て白のカードである。プレイヤーは箱を受け取ったら、 s 回カードを無作為に取り、取ったカードは箱に戻さない。したがって、箱の中のカードの数は減少していく。ただし、箱の中を見ることはできないとする。この方法で、プレイヤー θ_1 が最初にカードを引き、第 s ラウンドまでカードを引き、そして、プレイヤー θ_2 が第 $s+1$ ラウンドでカードを引き、第 $2s$ ラウンドまでカードを引き、これを次のプレイヤーが繰り返していく。こうやっていく間に、最初に赤のカードを引いたプレイヤーが負けであり、そこでゲームは終了する。

注意 1.1. このゲームのルールがわかりにくいところから議論がわからないので、もう少し補足する。プレイヤー θ_1 は、 $1, 2, 3, \dots, s$ 回目のラウンドでカードを引き、次にプレイヤー θ_2 が第 $s+1$ ラウンドからカードを引き始める。第 $2s$ ラウンドまで続ける。次にプレイヤー θ_3 が第 $2s+1$ ラウンドからカードを引き始める。第 $3s$ ラウンドまで続ける。このようなことを繰り返していくのである。

元々、私達のグループは、ロシアルーレットのゲームを研究していたが、ロシアルーレットのゲームは研究に適していないと考える人もいたため、私達のグループは数学的に同じゲームである定義 1.1 のゲームを作った。ただし、数学的にはロシアルーレットのゲームだと言われた方がわかりやすいと人が多いかもしれない。

定義 1.2. 定義 1.1 のゲームにおいて、先手のプレイヤーが負ける確率を $f(p, n, m, s)$ とする。

例 1.1. まずパスカルの三角形を思い出していただきたい。パスカルの三角形では、組合せの数 C_n^k を表す。ここで、 $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ としなれば、上から下へ見て、 $m = 0, 2, n$ と左から右に並べると、私達の研究で何となく似てくる。ただし $m = 1, 2, \dots, n$ と左から並べると、 $m = 0$ ではゲームが成立しないからである。集合 $\{(p, n, m, s) : m \leq n, n, m = 1, 2, \dots\}$ は、正の整数 p と $s = 1$ に対してパスカルの三角形と似

たパターンを有することが示されている。例として、カードゲームを $p = 4$ 人でやる。各自が自分の番になると $s = 1$ 回ずつカードを引く場合を考えて、先手のプレイヤーの負ける確率を考える。その確率をパスカルの三角形と似たやり方で並べる。すなわち、 $\{f(4, n, m, 1) : 1 \leq m \leq n, n = 1, 2, \dots, 6, 7\}$ から作られるパスカルの三角形を図 1 に示す。

見て明らかのように、図 1 は美しい特徴を有する。例えば、図 1 によれば、 $f(4, 6, 2, 1) = \frac{1}{15}$ 、 $f(4, 6, 3, 1) = \frac{1}{15}$ 、 $f(4, 7, 3, 1) = \frac{1}{15}$ 、 $6 + 10 = 16$ 、 $16 + 20 = 36$ であり、分子と分母がパスカルの三角形が作られる。図 2 の数字は、図 1 にある数字の分子である。

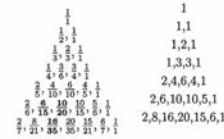
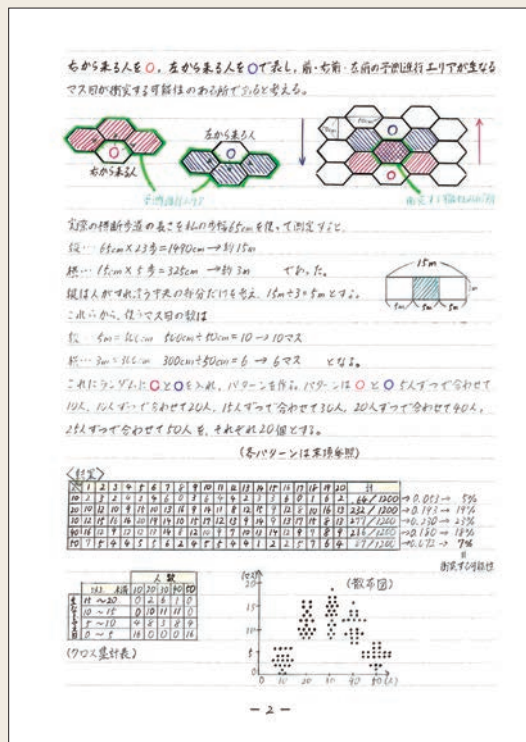


図 1: パスカルの三角形 図 2: 図 1 の分子を取り出したもの

例 1.2. パスカルの三角形の対角線上の数を見ていくと、フィボナッチ数列になることは良く知られている。私達の先輩は、研究の中で発見した図 2 の三角形の対角線上の数を見ていくと、フィボナッチ数列になることを見出した。このようにして作られた数列 b_n とする。そして、 $b_1 = 1, b_2 = 1, b_3 = 1 + 1 = 2, b_4 = 1 + 2 = 3, b_5 = 2 + 3 = 5, b_6 = 3 + 5 = 8, b_7 = 5 + 8 = 13, b_8 = 8 + 13 = 21, b_9 = 13 + 21 = 34, b_{10} = 21 + 34 = 55, b_{11} = 34 + 55 = 89, b_{12} = 55 + 89 = 144, b_{13} = 89 + 144 = 233, b_{14} = 144 + 233 = 377, b_{15} = 233 + 377 = 610, b_{16} = 377 + 610 = 987, b_{17} = 610 + 987 = 1597, b_{18} = 987 + 1597 = 2584, b_{19} = 1597 + 2584 = 4181, b_{20} = 2584 + 4181 = 6765, b_{21} = 4181 + 6765 = 10946, b_{22} = 6765 + 10946 = 17711, b_{23} = 10946 + 17711 = 28657, b_{24} = 17711 + 28657 = 46368, b_{25} = 28657 + 46368 = 75025, b_{26} = 46368 + 75025 = 121393, b_{27} = 75025 + 121393 = 196418, b_{28} = 121393 + 196418 = 317811, b_{29} = 196418 + 317811 = 514229, b_{30} = 317811 + 514229 = 832040, b_{31} = 514229 + 832040 = 1346269, b_{32} = 832040 + 1346269 = 2178309, b_{33} = 1346269 + 2178309 = 3524578, b_{34} = 2178309 + 3524578 = 5702887, b_{35} = 3524578 + 5702887 = 9227465, b_{36} = 5702887 + 9227465 = 14930352, b_{37} = 9227465 + 14930352 = 24157817, b_{38} = 14930352 + 24157817 = 39088169, b_{39} = 24157817 + 39088169 = 63246086, b_{40} = 39088169 + 63246086 = 102334255, b_{41} = 63246086 + 102334255 = 165580341, b_{42} = 102334255 + 165580341 = 267914596, b_{43} = 165580341 + 267914596 = 433494937, b_{44} = 267914596 + 433494937 = 701409533, b_{45} = 433494937 + 701409533 = 1134904470, b_{46} = 701409533 + 1134904470 = 1836314003, b_{47} = 1134904470 + 1836314003 = 2971218473, b_{48} = 1836314003 + 2971218473 = 4807532476, b_{49} = 2971218473 + 4807532476 = 7778750949, b_{50} = 4807532476 + 7778750949 = 12586268425, b_{51} = 7778750949 + 12586268425 = 20365019374, b_{52} = 12586268425 + 20365019374 = 32951287799, b_{53} = 20365019374 + 32951287799 = 53316307173, b_{54} = 32951287799 + 53316307173 = 86267594972, b_{55} = 53316307173 + 86267594972 = 139583892145, b_{56} = 86267594972 + 139583892145 = 225851487117, b_{57} = 139583892145 + 225851487117 = 365435379262, b_{58} = 225851487117 + 365435379262 = 591286866379, b_{59} = 365435379262 + 591286866379 = 956722245641, b_{60} = 591286866379 + 956722245641 = 1548009112020, b_{61} = 956722245641 + 1548009112020 = 2504731357661, b_{62} = 1548009112020 + 2504731357661 = 4052740469681, b_{63} = 2504731357661 + 4052740469681 = 6557471827342, b_{64} = 4052740469681 + 6557471827342 = 10610212297023, b_{65} = 6557471827342 + 10610212297023 = 17167684124365, b_{66} = 10610212297023 + 17167684124365 = 27777896421388, b_{67} = 17167684124365 + 27777896421388 = 44945580545753, b_{68} = 27777896421388 + 44945580545753 = 72723476967141, b_{69} = 44945580545753 + 72723476967141 = 117669057512894, b_{70} = 72723476967141 + 117669057512894 = 190392534480035, b_{71} = 117669057512894 + 190392534480035 = 308061591992929, b_{72} = 190392534480035 + 308061591992929 = 498454126472964, b_{73} = 308061591992929 + 498454126472964 = 806515718465893, b_{74} = 498454126472964 + 806515718465893 = 1304969844938857, b_{75} = 806515718465893 + 1304969844938857 = 2111485563404750, b_{76} = 1304969844938857 + 2111485563404750 = 3416455408343607, b_{77} = 2111485563404750 + 3416455408343607 = 5527940971748357, b_{78} = 3416455408343607 + 5527940971748357 = 8944396379991964, b_{79} = 5527940971748357 + 8944396379991964 = 14472337351739321, b_{80} = 8944396379991964 + 14472337351739321 = 23416733731731285, b_{81} = 14472337351739321 + 23416733731731285 = 37889071083470606, b_{82} = 23416733731731285 + 37889071083470606 = 61305804815201891, b_{83} = 37889071083470606 + 61305804815201891 = 99194875898672497, b_{84} = 61305804815201891 + 99194875898672497 = 160500680713874388, b_{85} = 99194875898672497 + 160500680713874388 = 259695556612546885, b_{86} = 160500680713874388 + 259695556612546885 = 420196237326421273, b_{87} = 259695556612546885 + 420196237326421273 = 679891793938968158, b_{88} = 420196237326421273 + 679891793938968158 = 1100088031265389431, b_{89} = 679891793938968158 + 1100088031265389431 = 1779979825204357589, b_{90} = 1100088031265389431 + 1779979825204357589 = 2880067856469747020, b_{91} = 1779979825204357589 + 2880067856469747020 = 4659947681674104609, b_{92} = 2880067856469747020 + 4659947681674104609 = 7539915538143851629, b_{93} = 4659947681674104609 + 7539915538143851629 = 12199863219817956238, b_{94} = 7539915538143851629 + 12199863219817956238 = 19739778757961807867, b_{95} = 12199863219817956238 + 19739778757961807867 = 31939641977779764105, b_{96} = 19739778757961807867 + 31939641977779764105 = 51679420735741571972, b_{97} = 31939641977779764105 + 51679420735741571972 = 83619062713521336077, b_{98} = 51679420735741571972 + 83619062713521336077 = 135298483449262908049, b_{99} = 83619062713521336077 + 135298483449262908049 = 218917546162784244126, b_{100} = 135298483449262908049 + 218917546162784244126 = 354216029612047152175, b_{101} = 218917546162784244126 + 354216029612047152175 = 573133575774831396301, b_{102} = 354216029612047152175 + 573133575774831396301 = 927351605386878548476, b_{103} = 573133575774831396301 + 927351605386878548476 = 1500485181161709944777, b_{104} = 927351605386878548476 + 1500485181161709944777 = 2427836786548588493253, b_{105} = 1500485181161709944777 + 2427836786548588493253 = 3928321967710298438030, b_{106} = 2427836786548588493253 + 3928321967710298438030 = 6356158754258886931283, b_{107} = 3928321967710298438030 + 6356158754258886931283 = 10312310711969187369313, b_{108} = 6356158754258886931283 + 10312310711969187369313 = 16668469466228074300596, b_{109} = 10312310711969187369313 + 16668469466228074300596 = 26980780178197261669909, b_{110} = 16668469466228074300596 + 26980780178197261669909 = 43649249644425335970505, b_{111} = 26980780178197261669909 + 43649249644425335970505 = 70629929822622597640414, b_{112} = 43649249644425335970505 + 70629929822622597640414 = 114279179467047933610919, b_{113} = 70629929822622597640414 + 114279179467047933610919 = 184909109289670531251333, b_{114} = 114279179467047933610919 + 184909109289670531251333 = 299188288756718464862252, b_{115} = 184909109289670531251333 + 299188288756718464862252 = 484097398046388996113585, b_{116} = 299188288756718464862252 + 484097398046388996113585 = 783285686803107461025837, b_{117} = 484097398046388996113585 + 783285686803107461025837 = 1267383084849496457141422, b_{118} = 783285686803107461025837 + 1267383084849496457141422 = 2050668771652603918167259, b_{119} = 1267383084849496457141422 + 2050668771652603918167259 = 3318051856502100375334681, b_{120} = 2050668771652603918167259 + 3318051856502100375334681 = 5368720628154704293501940, b_{121} = 3318051856502100375334681 + 5368720628154704293501940 = 8686772484656804668836621, b_{122} = 5368720628154704293501940 + 8686772484656804668836621 = 14055493112811508962338561, b_{123} = 8686772484656804668836621 + 14055493112811508962338561 = 22742265597468313631175182, b_{124} = 14055493112811508962338561 + 22742265597468313631175182 = 36797758710279822593513743, b_{125} = 22742265597468313631175182 + 36797758710279822593513743 = 59539924307748126224688925, b_{126} = 36797758710279822593513743 + 59539924307748126224688925 = 96337683018027948818202668, b_{127} = 59539924307748126224688925 + 96337683018027948818202668 = 155877607325776075042891593, b_{128} = 96337683018027948818202668 + 155877607325776075042891593 = 252215290343804023861094261, b_{129} = 155877607325776075042891593 + 252215290343804023861094261 = 408092897669580098903985854, b_{130} = 252215290343804023861094261 + 408092897669580098903985854 = 660308188013384122765079515, b_{131} = 408092897669580098903985854 + 660308188013384122765079515 = 1068401085682964221669065369, b_{132} = 660308188013384122765079515 + 1068401085682964221669065369 = 1728709273796348344434144884, b_{133} = 1068401085682964221669065369 + 1728709273796348344434144884 = 2797110359479312566103210253, b_{134} = 1728709273796348344434144884 + 2797110359479312566103210253 = 4525819633275660910537355137, b_{135} = 2797110359479312566103210253 + 4525819633275660910537355137 = 7322929992754875476640565390, b_{136} = 4525819633275660910537355137 + 7322929992754875476640565390 = 11848749626030536387177920527, b_{137} = 7322929992754875476640565390 + 11848749626030536387177920527 = 19171679618785411863818485917, b_{138} = 11848749626030536387177920527 + 19171679618785411863818485917 = 30990429244815948251056406444, b_{139} = 19171679618785411863818485917 + 30990429244815948251056406444 = 50162108863601360114876992361, b_{140} = 30990429244815948251056406444 + 50162108863601360114876992361 = 81152538108417308365933398805, b_{141} = 50162108863601360114876992361 + 81152538108417308365933398805 = 131314646972018668480810391166, b_{142} = 81152538108417308365933398805 + 131314646972018668480810391166 = 212467185080435976846743789971, b_{143} = 131314646972018668480810391166 + 212467185080435976846743789971 = 343781832052454645327554181137, b_{144} = 212467185080435976846743789971 + 343781832052454645327554181137 = 556249017132890622173497971108, b_{145} = 343781832052454645327554181137 + 556249017132890622173497971108 = 900030849265349267501052152245, b_{146} = 556249017132890622173497971108 + 900030849265349267501052152245 = 1456279866398239889674550123353, b_{147} = 900030849265349267501052152245 + 1456279866398239889674550123353 = 2356310715663589157175602275598, b_{148} = 1456279866398239889674550123353 + 2356310715663589157175602275598 = 3812590582061829046849152401151, b_{149} = 2356310715663589157175602275598 + 3812590582061829046849152401151 = 6168901297725418204024754676749, b_{150} = 3812590582061829046849152401151 + 6168901297725418204024754676749 = 9981491884787247250873907077899, b_{151} = 6168901297725418204024754676749 + 9981491884787247250873907077899 = 16150393182512665454898661754648, b_{152} = 9981491884787247250873907077899 + 16150393182512665454898661754648 = 26131885067299912705752768832547, b_{153} = 16150393182512665454898661754648 + 26131885067299912705752768832547 = 42282278249812580909651420587195, b_{154} = 26131885067299912705752768832547 + 42282278249812580909651420587195 = 68414163317112493615404189419742, b_{155} = 42282278249812580909651420587195 + 68414163317112493615404189419742 = 110696441566925074525055608939537, b_{156} = 68414163317112493615404189419742 + 110696441566925074525055608939537 = 179110604884037568140459798359279, b_{157} = 110696441566925074525055608939537 + 179110604884037568140459798359279 = 289807046450962642665511407298816, b_{158} = 17911060$



全9ページ



▲2ページ目

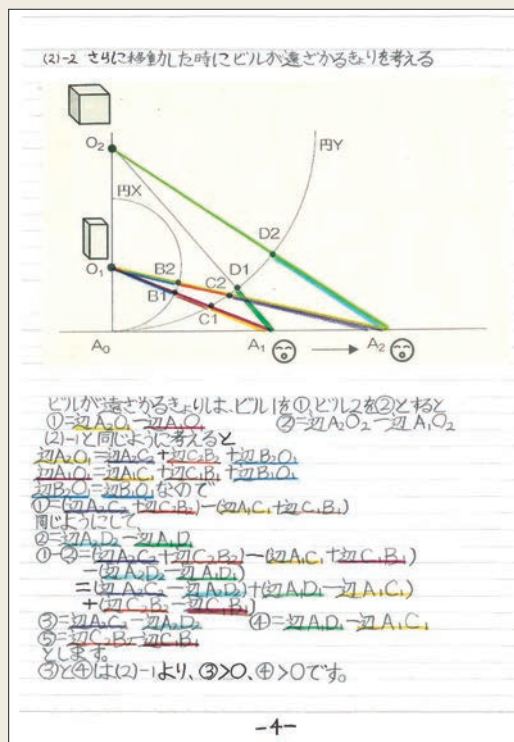
講評

時代性、社会性、有用性の感じられる研究テーマに取り組んでいます。日常生活でも「歩きスマホ」の危険性は指摘されていますが、その検証に挑戦し、キャッチーなタイトルで作品にまとめてくれました。横断歩道で行き交う人々の動きは複雑でランダムですが、それらを単純化して制御することにより上手に考察を進めています。図を描いたりグラフで表現したり、幾何学や確率統計の考えを使って現実の事象を扱っている点も高く評価できます。

中央審査委員会



全5ページ



▲4ページ目

講評

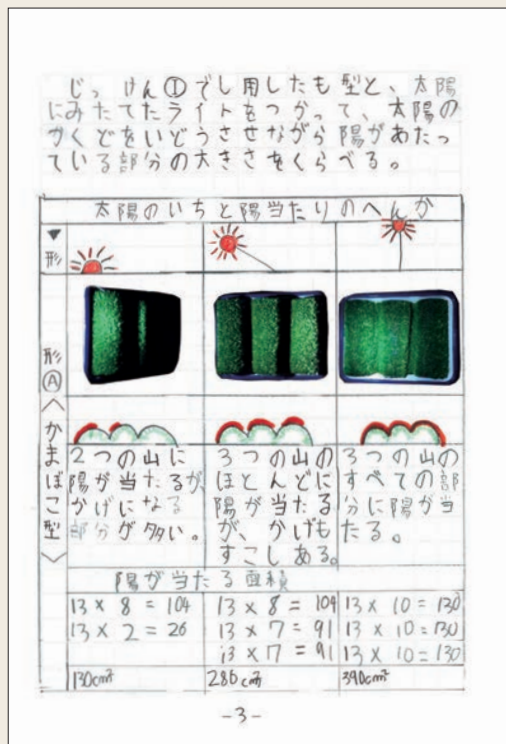
夜空の月はいつも止まっているのに、近くの街路樹は流れるように、遠くの高層ビルはゆっくりと動いて見えることに不思議さを感じ、それを解明しています。近いビルと遠いビル、移動する自分の位置関係を図にして、それぞれの距離の大小を考察して、遠いビルほど自分から離れていく距離が短いことを突き止めています。小学生にもかかわらず、いくつもの計算をして、不等式の評価を行っているのには驚かされました。

中央審査委員会

学 研 賞

「たくさんのお茶をのみたい!」茶畑の形のなぞにせまることにした!
京都府 京都聖母学院小学校 1 年 安田 貫志

全 5 ページ



▲ 3 ページ目

講 評

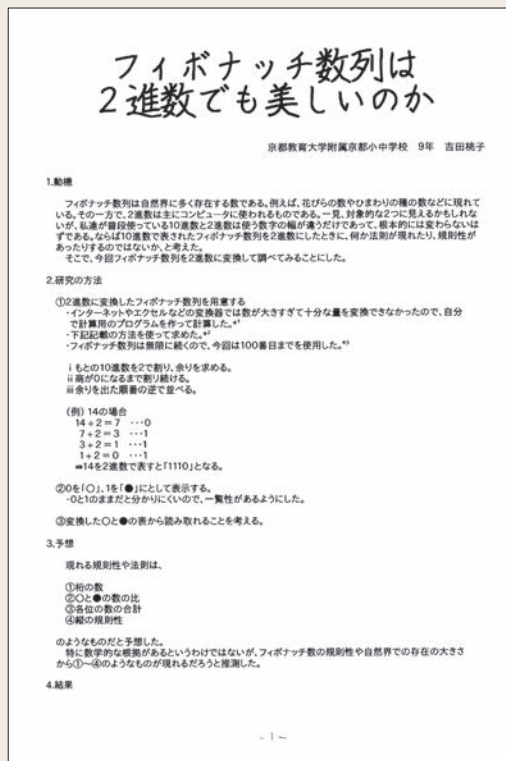
茶畑の形がなぜかまぼこ型をしているのかに不思議さを感じ、探究した作品です。実際に、人工芝を使ってかまぼこ型と平面型を作り、それぞれの表面積を比べたり、朝・昼・夕方に太陽の当たる面積を比べたりして比較研究している点が素晴らしいです。お茶の栽培をしている農家の人もいろいろな形と比べながらかまぼこ型がよいことを見つけたそうです。これからも日常場面に見られる形に不思議さを感じて、なぜそのような形をしているのかを研究してください。期待しています。

中央審査委員会

日本数学検定協会賞

フィボナッチ数列は 2 進数でも美しいのか
京都府 京都教育大学附属京都小中学校 9 年 吉田 桃子

全 9 ページ



▲ 1 ページ目

講 評

単純な規則から生成されるフィボナッチ数には数多くの性質が発見されています。本作品では、「10 進数を 2 進数に変換したらどのような性質が発見されるか」という明確な動機のもとに研究がなされています。自作のコンピューター・プログラムを用いて2進数への変換およびパターン生成を行い、規則を発見しその考察を行っています。テーマ自体のオリジナリティ、的確なコンピューターの使用、規則発見のプロセスの明解さが評価されました。

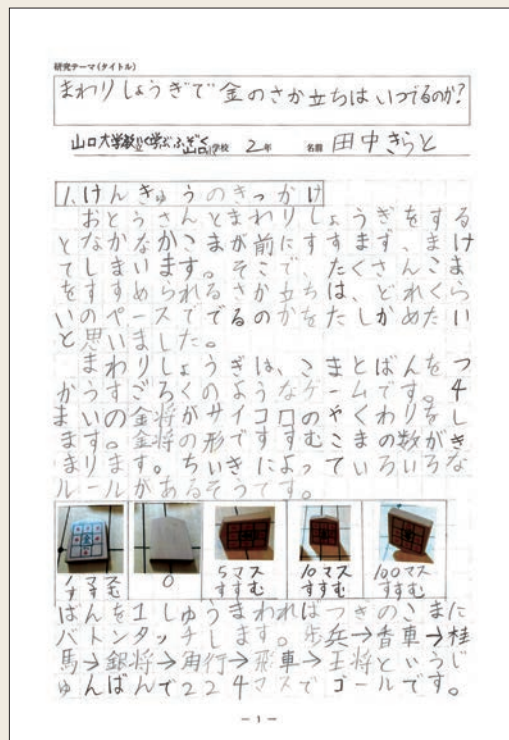
中央審査委員会

審査委員特別賞

まわりしょうぎで金のさか立ちはいつでるのか？

山口県 山口大学教育学部附属山口小学校 2年 田中 煌人

全5ページ



▲1 ページ目

講評

金将を不思議な形の「(7面体)サイコロ」と見なして遊ぶ「まわり将棋」の探究作品です。自由な発想でサイコロをとらえ、その非対称性と目が出る頻度との間の関係を探っています。地域に伝わる「まわり将棋」のルールが本当に妥当かどうか統計的に検証し、新しいルールの提案までありました。伝統的な遊びとの出会いとともに、ゲームのルールがどのように作られてきたのかを改めて自ら問い直す姿勢など、面白く拝読しました。

中央審査委員会

審査委員特別賞

0.01秒でも速く！ リレー攻略法

愛知県 小牧市立小牧小学校 6年 丸山 藍生

全5ページ



▲1 ページ目

講評

新しく結成された4人チームが400メートルリレーでよい記録を出すために、算数を活用して知恵を絞りました。メンバーの1分間の足を運ぶ回数や歩幅を測定して速さを計算し、バトンを渡すタイミングや走者の特性に合わせた走順について仮説を立てて実験を繰り返し、100メートル走の自己ベストの合計よりも早い記録を出せる走法を発見しました。そして、初出場にもかかわらず、地区大会で3位になったのには感動しました。

中央審査委員会

審査委員特別賞

「ちょっと」ってどれくらい？

広島県 広島市立江波小学校 6年 重本 慧

全5ページ

3. 研究の内容

その1. あなたにとって「ちょっと」ってどれくらいですか？
と書いたアンケート用紙を先生に配り集めた結果が次のとおり
となった。

5分	8人
10分	18人
15分	22人
20分	14人
25分	7人
30分	1人

この結果より

$$(5 \times 8) + (10 \times 18) + (15 \times 22) + (20 \times 14) + (25 \times 7) + (30 \times 1)$$

$$= 40 \text{分} + 180 \text{分} + 330 \text{分} + 280 \text{分} + 175 \text{分} + 30 \text{分} = 955 \text{分}$$

$$= 15 \text{時間} 55 \text{分}$$
となり、1人あたり平均は15.92分ということが分かった。
しかし、このアンケートには問題点があることが見えた。
回答してくれた人の中には、
2時間仕事かいてそれが15分だった。という疑問を抱いた人
もいて、10分～20分位と回答した。
だからその人の回答を例外としてみ直し、集計には加えな
かった。
つまり、何と比べて「ちょっと」なのかがあいまいなので、次のアン
ケートでは「何と比べて」という部分を必ずとさせてみることにした。

-2-

▲ 2 ページ目

講評

ことばで「ちょっと」と表現された時間は、実際はどれ
ぐらいの時間なのか、質問紙による調査を行ってデータを
集め、分析し考察しています。質問紙の工夫や相対的な時
間の感覚、また、ものの長さの「ちょっと」との比較など、
得られた結果を評価して、調べ方を改善したり、新たな課
題を見つけたりするなど多面的な見方がされている点が優
れています。

中央審査委員会

審査委員特別賞

2項係数を含む和と変形パスカルの三角形

大阪府 大阪星光学院高等学校 3年 大江 亮輔

全8ページ

このとき

第10回

世界の音楽文化と
変拍子と数列ジャズピアニスト・数学者・
STEAM教育者

中島 さち子 / なかじま さちこ

(株) steAm代表、東京大学大学院数理科学研究科特任研究員。1996年国際数学オリンピックで日本人女子初の金メダル、翌年同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年にはリーダーアルバム“REJOICE”，2016年に“Time, Space, Existence”，2017年に“希望の花”をリリース。著書に『人生を変える「数学」そして「音楽」』（講談社）ほか。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、執筆、21世紀型人材育成などに携わる。「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。

日常生活の中のリズム (拍)

音楽を特徴づける3大要素として、西洋ではリズム・メロディ・ハーモニーがあげられます。今回はリズムについてお話したいと思います。

私たちはふだん、音楽を聴いていないときであっても、さまざまな音やリズムの中で生きています。身近なリズム（拍、ビート）にはどのようなものがあるでしょうか。

例えば、心臓の鼓動、呼吸等はある程度一定の速度でリズムを刻んでいます。時に興奮すると速くなったりしますが…。また、瞬きも多少不規則な動きはあっても、ある種周期的に繰り返し行われるリズムです。お肉を食べて噛むとき、牛乳をごくごく飲むとき、他にもお百姓さんが鍬（くわ）を振

るとき、会社でハンコを繰り返し押さなくてはいけないとき…いろんなところでリズムが生まれています。歩けば勿論その人なりのリズムが生まれますし、包丁でトントンと野菜を切るときにもリズムが生まれています。

リズムは、拍の集まりと言い換えることもできます。何か動作が繰り返されると、その「動」の瞬間を拍ととらえ、拍を繰り返すとリズムになる、という考え方です。因みに、歩くときは右足、左足、と交互に出すことが基本かと思うので、ある意味では2拍子（2つの拍で一つのまとまりとなり、そのまとまり：小節が繰り返される）と考えることができます。では、心臓の鼓動や瞬きは何拍子なのでしょう。

世界の伝統音楽と変拍子

上記の問いに答える前に、いわゆる「音楽」のリズムにも目を向けてみましょう。

世界には、実にいろんな音楽があります。何百年何千年前から脈々と受け継がれ、時代とともに変容してきた音楽もあれば、ここ数十年の中で生み出された新しいタイプの音楽もあります。西洋音楽では音楽は「作曲家」とともに語られることが多いのですが、その他の多くの音楽はその土地ごとの慣習や文化、生活とともに生まれ、育ってきました。

「リズム」も、文化ごとにいろいろと変わります。^{*1}特にインド・アラブの音楽は複雑な拍子が多く、摩訶不思議なグルーブを醸し出します。

例えば、日本の音楽は基本2拍子、韓国のアリランは基本3拍子、西洋音楽は4拍子が基本ですが純粋な3拍子（ワルツ）もあり、ブルガリアのパイドゥーシュコ（国の踊りの一つ）は5拍子、マケドニアのレスノトというダンスやブルガリアのラチャニツァは7拍子、ブルガリアやトルコのカルシュラマは9拍子、インドでは例えばジャブタールは10拍子、ブルガリアのコパニツァ（これも国の踊りの一つ）は11拍子です。youtube等いくつか例が出ていますので、是非その不思議なグルーブを楽しんでみてください。なお、例えばインドでは、異なる拍子を行ったり来たりしたり、時には7拍子の中に12個の音を入れたり（一音は7/12拍）、7.75拍子などの小数拍子もあります。

一方、面白いことに、日本をはじめとする音楽には1拍子、あるいは0拍子（無拍子）もたくさんあります。例えば、「あ

んたがたどこさ」は2拍や3拍、4拍のフレーズが＜不規則に＞組み合わせり、全部で48拍の曲になっていますが、これは一つ一つの拍の長さは変わらない「1拍子」と考えることができます（2拍子でも3拍子でもありません）。私たちの心臓の鼓動もある意味では1拍子ですね。

では、0拍子（無拍子）とは何でしょうか？ 例えば日本の声明（しょうみょう）や追分民謡などのように、拍が歌や感情に応じて自在に伸び縮みするものです。一つ一つの拍の長さが違うとふつうは怒られそうですが、逆に声明などではそれができなければ技術的に下手である、ということになってしまいます。歌を重視し感情に任せて拍を自在に伸び縮みさせる無拍子は、世界でもたくさん存在します。もしかしたら私たちの瞬きは0拍子になったり、気づかぬうちに周期的な1拍子になっていたりするのかもしれません。

なお、少しマニアックな考察をすると、拍子というのは、平面の繰り返し敷き詰め模様ならぬ時間の繰り返し敷き詰め模様であると考えられます。連載の第8回で見てきたバッハの音楽やエッシャーの絵の中の繰り返しは平面などの図形的な世界の繰り返し模様でした。結晶構造は3次元空間の繰り返し模様の基本形です。一方、拍子は「時間」という1次元世界の繰り返し模様といえるのです。

2と3がつくる（変）拍子の世界とパドヴァン数列

とは言え、5拍子や7拍子、9拍子、11拍子なんて急に言われても「聴いたことがない!」という方がほとんどではないかと思います。ましてや、「7拍子で手を叩く」などはとても難しいに違いない!と感じるでしょう。

ところが、ブルガリアやトルコやインドでは、子供たちが自然に（変な拍子とも思わず）楽しく7拍子や9拍子のリズムに乗って遊んでいたり、音楽家とは限らないふつうの大人もダンスを楽しんだりしています。彼らはどのように感じながら複雑な拍子を楽しんでいるのでしょうか。

最終的には慣れや感覚的なものも多いと思いますが、一つの考え方が東欧にあります。ブルガリアやマケドニアなど東欧のいろいろな拍子は、実は2拍をQ（Quick：クイック）、3拍をS（Slow：スロー）と呼び、QとSの組み合わせでつくっています。例えば、マケドニアの7拍子はSQQ（3+2+2）ですが、ブルガリアのラチャニツツァはQQS（2+2+3）の7拍

子です。実際に聞いてみたり、手を叩いてみたりすると、同じ7拍子でもかなりグループ・リズムの「感覚」が違うことがわかるかと思います。他にも、例えば有名なデイブ・ブルーベックの5拍子の曲“Take Five”は3+2の5拍子（SQ）ですが、ブルガリアのパイドゥーシュコはQS（2+3）です。

なお、ブルガリアの人たちは、例えばQSのパイドゥーシュコは2拍目が少し長い2拍子、QQSのラチャニツツァは3拍目が少し長くなった3拍子ととらえて踊っているのだとか。そう言われても実際にグループに乗るためには慣れがいるのです…。Q：クイックのところはふつうのステップ、S：スローのところはスキップステップを踏めばよいのですね。

さて、ここで問題です。では、世の中のリズムをQ（2拍）とS（3拍）でつくろうとすると、例えば世界には何通りの9拍子があるのでしょうか。

例えば2拍子はQの1通り、3拍子はSの1通り、4拍子はQQ（2+2）の1通り、5拍子はQS（2+3）とSQ（3+2）の2通りです。9拍子はSQQQ（3+2+2+2）、QSQQ（2+3+2+2）、QQSQ（2+2+3+2）、QQQS（2+2+2+3）、SSS（3+3+3）の5通りですね。他は、いかがでしょうか。是非数えてみましょう。

実際に12拍子まで数えてみると表1のようになります。この数列をこの連載では「変拍子数列」と呼びます。

皆さんが数えた答えと一致したでしょうか。13拍子や14拍子は何通りになりましたか？^{*2}

次に、この数列から「規則性」を発見してみてください！
因みに、ヒントは、フィボナッチ数列（表2）です。

明らかにフィボナッチ数列のほうが多く大きくなっていきますが、実はこれら2つの数列は従妹のように似ているのです。フィボナッチ数列はご存じの方も多いかと思いますが、 N 番目の数は $N-1$ 番目（1つ左）と $N-2$ 番目（2つ左）の数を足したものになっています。例えば、8番目の数21は、7番目の数13と6番目の数8を足したものになっています。では、変拍子数列はどうでしょうか。

いかがでしょう。発見できましたか？^{*3} さらに腕に自信のある方は是非、証明もしてみてください。

なお、変拍子数列を1つずらして1～3項目を1、4項目を2、5項目を3、…と考えた数列には、建築家のリチャード・パドヴァン（1935-）に因んで「パドヴァン数列」という名前がついています。

表1 変拍子数列

拍子	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
場合の数	0	1	1	1	2	2	3	4	5	7	9	12

表2 フィボナッチ数列

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
フィボナッチ数列 N 番目の数	1	1	2	3	5	8	13	21	34	55	89	144

表3 ペラン数列

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ペラン数列 N 番目の数	0	2	3	2	5	5	7	10	12	17	22	29

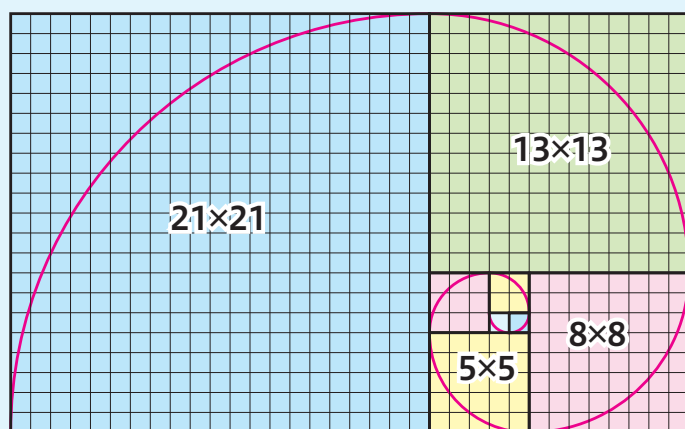


図1 フィボナッチ数列と螺旋

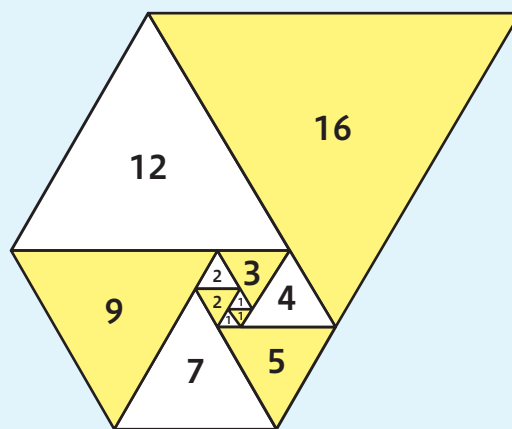


図2 パドヴァン数列と螺旋

フィボナッチ数列とパドヴァン数列は似ている？

さて、規則性以外のフィボナッチ数列とパドヴァン数列の類似性を少し覗いてみましょう。

◆フィボナッチ数列の隣接項の比は黄金比 ϕ ($x^2 - x - 1 = 0$ の1より大きい実数解) に限りなく近づいていく。一方、パドヴァン数列の隣接項の比はプラスチック数 ρ ($x^3 - x - 1 = 0$ の1より大きい実数解) に限りなく近づいていく。

◆フィボナッチ数は図1のように正方形での螺旋構造の中に現れるが、パドヴァン数列は図2のように正三角形での螺旋構造の中に現れる（なぜでしょう？）。

このように、なんと変拍子はフィボナッチ数列の従妹であるパドヴァン数列と関係があったのです。いやはや深い…。もちろん、実際に音楽を楽しむときは心を開放し、難しく数を数え過ぎず、ノリをいかに身体に染み込ませるかが重要になりますし、音楽は感情や感性と切っても切り離せないものです。でも、そんな感性的な音楽を、密かにパドヴァン数列が支え、多様で微妙な心や感情の機微を個性豊かな数の組み

合わせで表現しているなんて、ロマンチックではないでしょうか。音楽も、過去のものを踏襲するだけでなく、数学研究同様、常に今この瞬間もみんなで創り出していく文化の一つです。創造の苦闘の際には、実は数学がヒントをくれます。さて、21世紀らしいグループとは何なのでしょう。

最後にもう一つ。とても不思議な数列をご紹介します。終わりにします。その名はペラン数列。パドヴァン数列と同様の規則性ですが、初項が0, 2, 3から始まるものです。

この数列にはなんと「 N が素数ならばペラン数列の N 番目の数は N の倍数」という美しい性質があります。確かめてみましょう。さて、逆は成り立つでしょうか？※4 ❖

補足

- ※1 農耕民族では鍬(くわ)を振る「1,2」の2拍子が多く、騎馬民族は馬が「ばっかばっか」と走るため3拍子が多いと言われています。
- ※2 変拍子数列の13番目(13拍子)は16, 14番目(14拍子)は21です。
- ※3 答えは「 N 番目の数は $N-2$ 番目(2つ左)と $N-3$ 番目(3つ左)の数を足したものになっている」。
- ※4 実は逆命題は反例が知られています。例えば、 $N=271441=521^2$ は合成数ですが、ペラン数列の N 項目は N の倍数になっています。

第10回

出藍の誉れ?



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。

人智の及ばない一手

囲碁の世界で、人工知能が世界のトップ棋士に、次々と勝利を収めています。恥ずかしながら、私はこれほどの急速な進歩を予測していませんでした。

さらに、これまでの人工知能は人間が指した棋譜を学習していたのですが、そうした学習をしない人工知能も開発されているようです(Silver, 2017)。*¹ その新しい人工知能は、囲碁のルールだけを与えられた状態で、人工知能どうしの対局を490万回繰り返して、学習を行いました。しかも、その新しい人工知能は、トップ棋士に勝利した前の人工知能と100回対局し、100勝したそうです。詳細なプログラムは理解できていませんが、これまで人間が蓄積してきた棋譜無しに、人工知能だけで短期間で学習ができることには、かな

り衝撃を受けます。人工知能は、このまま人智の及ばぬところに達してしまうのでしょうか。出藍の誉れと素直に喜んでいいのか、悩ましく思います。

この新しい人工知能の指す手には、トップ棋士でも想像できない手が含まれているそうです。こうした一手が勝利につながるのを目にすると、人間の知能の限界を感じ、すべて人工知能に任せたほうが良いようにも思えます。少なくとも、私が囲碁で勝つためには、自分で思考をせず、人工知能の指示に従うべきでしょう。

それでは囲碁ではなく、個人の生き方や社会の運営など、私たちの実生活に関わる判断も、人工知能に任せたほうが良いのでしょうか。近い将来、人工知能は、さらに広く、深く社会に浸透すると考えられています。私たちは、どこまで人工知能に判断を委ねても良いのでしょうか。

今回の作品は、社会の運営を人工知能に任せた社会を描いています。既に囲碁などでは、人工知能のほうが大多数の人より、良い判断ができることを踏まえて、作中の人々の立場に立つと、他人事ではないと感じられると思います。

ポイント1ー社会の運営を人工知能に任せるか否か

短いですが、印象的な作品です。ぜひ原作をお読みください。今回はポイントを2つに分けて考えていきます。1つ目は、人工知能に社会の運営を任せるか否かです。

前提として、社会運営の学習の可能性について考えます。囲碁などのゲームの特徴としてゴール(達成すべき具体的な成果)やルール(プレイヤーがゴールに達するうえでの制約)の存在があげられます(マクゴニガル, 2011)。*² それに対し、「何が社会運営で達成すべき具体的なゴールなのか」について、合意形成をすることは困難であり、むしろ1つに定めるのではなく、地域や時代に合わせて変化させるべきかもしれません。同様に、制約となる諸条件、法律、規範といったルールも変化します。このようにゴールとルールが変わり続ければ、それぞれの指し手の良し悪しも確定しません。結果として、有効な手段の学習が難しくなるでしょう。

仮に社会運営におけるゴールとルールを定めても、膨大な数にのぼる、結果に影響する要因を知ることができないという問題もあります。特に、100年先を見据えて政策を考える場合、100年後の社会状況や人々の価値観も、結果に影響



作品の概要 「おかバさま」 星 新一

『未来いそつぷ』(新潮社)収録

社会の運営をコンピューターにまかせる時代となり、さまざまな問題と混乱が収まった。平穏な世の中になったある日、コンピューターが、カバをおかバさまと呼んで大切にし、この指示にさからう者に厳罰を処するように指示した。ただちに立法の手続きがとられた。

コンピューターは、これまで正しい指示をしてくれた。その指示に反してはいけない。この指示こそ絶対なのだ。理由はわからないが、コンピューターがまちがったことをするわけがない。人間のなかには、「くだらん。そこまでカバを大切にすることなんかない」という人もいたが、政策に反対したということで重罪となった。

かくして、政府には<おかバさま省>ができ、特別の警察機構もできた。カバの専門医や繁殖を高めるホルモン剤の国営製造工場のおかげでカバは増え続け、街なかをも歩きまわっている。店先の野菜を食べ始めれば、店員は客を整理し、カバのじゃまにならないように努める。カバの食べた分を書類にして役所に提出すれば、料金がもらえるのだ。人びとは、いたるところにいる、すべてのカバを、尊敬しなければならなかった。時には、自分たちを犠牲にしても、カバを大切にしなければ罪

となる場合もあった。

何年かがたち、人々が内心、おかしいんじゃないか、コンピューターが狂ってるんじゃないかとの疑惑をもちかけたとき、世界に異変が行った。家畜の伝染病が大流行したのだ。コンピューターは、家畜がほぼ全滅し、もどおりになるには、年月を要すると発表した。

人びとの「どうしたらいいのでしょうか」という質問に対し、コンピューターは指示をした。「心配はいらない。カバを食えばいいのだ。カバについての保護令をただちに廃止し、食料にふりむけよ」。人びとがコンピューターの指示に従い料理してみると、おいしく食べることができた。

なにしろ、コンピューターの指示は正しいのだ。みごとに立証されたではないか。動物のうち、カバだけは伝染病にやられなかった。指示をばかにしてカバを増やさなかったら、栄養失調で大量の死者が出ていた。コンピューターは、あらゆる情報をもとに、この状態の予測をたてたのだらう。それによって、人類の危機は未然に防げたのだ。コンピューターへの人びとの信頼は高まった。

しかし、このとき、コンピューターにかすかな狂いが生じた。その結果、こんな指示が出ることになった。「人間はこれから、立って歩いてはいかん。よつんばいで歩くべきである」。故障によるむちゃくちゃな指示なのだが、誰ひとりそう思うものはいなかった。いるわけがない。

響する要因となります。しかし今後 100 年間に何が起こるのか、そして 100 年後に何が良い政策と呼ばれるのかは、誰も知ることはできません。優秀な人工知能なら予測できるかもしれませんが、その予測の正しさを検証できるのは 100 年先であり、予測が誤りである可能性は排除できません。

このような学習の難しさはありますが、一方で、こうした問題は人工知能だけでなく、人間の判断でも無視できないはずで、そうであれば、やはり人工知能の判断のほうが、人間よりは当てになるかもしれません。また、この作品は、人工知能に政治を任せることで、さまざまな問題と混乱が収まり、平穏で順調な世の中になったという前提で描かれています。ここからは、人工知能に社会運営ができるという前提のうえで、懸念されることについて考えていきます。

まず変わり続けるゴールとルールを設定を、人工知能に任せるのか、人間が行うのが 1 つの分岐点になるでしょう。仮に人工知能に任せただけの場合、人間からすると受け入れがたいゴールやルールを設定する可能性が懸念されます。例えば、

健全な生態系を保護するうえで、人類は多すぎると判断されて、減らされてもおかしくありません。作中でも、人々はカバのために不便を強いられたり、罪に問われたりしました。長期的に見れば人々は助かりましたが、これがもう数十年続いた場合、特に伝染病が広がる前に亡くなった人にとって、良い政策といえるかどうかは判断が分かれます。一方で、人間が設定するとしたら、かえって政治的な議論が紛糾するでしょう。自分の抱く理想的な社会像がゴールとして設定されれば、その実現可能性は極めて高くなるからです。

加えて、作品でも描かれていましたが、人工知能の指示に従う人と従わない人で対立が起きるかもしれません。作中では「この指示こそ絶対なのだ。理由はわからないが、コンピューターがまちがったことをするわけがない」という人が出てきます。しかし、人工知能の指示の根拠や意図がわからなければ信頼できないという人もいでしょう。さらに、歴史の中で何度も示されてきた、特定の考えを絶対視することの危険性を心配する人もいかもしれません。

あるいは、効率的な社会運営をゴールにした場合、人工知能によって各人にそれぞれの才能に合った職を割り当てることが有効かもしれません。無駄な努力を未然に防げます。しかし、人工知能から「あなたは夢をかなえられないから、早く諦めなさい」と指示されたら、あなたはどう感じますか。確かに実現可能性の低い夢を追いかけることは、効率性からすれば愚かな行為かもしれません。しかし、それを行う自由と権利を訴え、夢を追うことに生きがいを感じる人もいます。人工知能に従えば必ず勝てるゲームでも、あえて自分の力で勝負することで、私たちはそのゲームを楽しむことができます。ゲームは勝つことが目標ですが、本当に楽しいのは、勝利を目指して努力している時間なのです。人工知能の指示に従って、ゲームに勝つことが味気ないように、指示に従うだけの人生も味気ないかもしれません。

ポイント2ー人工知能の誤作動に気づけるか

もう1つ懸念されるのが、作品に描かれたような、人々が人工知能の誤作動に気づかず、間違った指示を信じて疑わないという事態です。人類は、人工知能の誤作動に気づき、よつんばいをやめることができるのか。これが2つ目のポイントです。物理的な故障は、定期検査などで発見できるので、ここでは指示の内容から誤作動に気づけるかを考えます。

作品では、カバの一件があり、異議を唱えたり、故障を疑ったりする者がいなくなりました。批判的な見方を放棄した状態で、問題を発見することは困難です。

例えば、よつんばいの効果が出ないことに疑問は持つでしょうが、数年で効果が出たカバのときとは異なり、よつんばいは数十年後や数百年後の危機に備えた判断だと解釈するかもしれません。そう考えれば、効果がない期間が長いからといって間違いと判断できません。いつまでも「異変は明日起きるかもしれない」と言い続けることができるのです。

仮に疑いを持ったとしても、問題の所在を特定できず、誤りを証明できないでしょう。問題の発生源の候補が多すぎるからです。この人工知能は「あらゆる情報」を得ています。逆に言えば、そのうちに1つでも誤情報が混入すれば、間違った結果が出る可能性があります。あるいは、どこかのパーツが不良品だったり、経年劣化で問題を起こしたりしているかもしれません。仮に100万パーツで構成されているシステ

ムの場合、各パーツに問題が起きる可能性が10万分の1であれば、10パーツは問題を抱えることになります。さらに人工知能の情報処理の過程で問題があった場合、検証する人物には、膨大な情報に基づく複雑な計算を理解するという高度な専門性に加え、人工知能と遜色ない速度が求められます。そのような人物は存在し得るでしょうか。

仮に数年かけて、問題の発生と所在を把握した場合でも、すべての指示を無視すれば社会が混乱します。しかし、各指示の正誤を判断するためには、各指示の背景にある複雑な計算を、すべて精査しなければなりません。別の人工知能と比較しようにも、全く別の要因で、新しい人工知能が間違っている可能性もあります。さらに誤作動が起きた以上、人工知能への信頼は落ちているため、誤作動による指示が与えた社会への影響を、どう取り除くのかも課題になります。

現代の私たちとのつながり

現在、人工知能に従う形で、業務改善を行う試みなどが進められています。こうした試みは、新たな可能性を切り拓くものです。一方で、作品で描かれたような、人工知能の指示に従う人間の社会は、どこか違和感のある姿です。こうした違和感は、これからの人工知能と人間との協働を考えるうえで、頭の片隅に置いておく価値があります。

また現在は、それほど人工知能が人に指示する社会にはなっていませんが、一部の科学者、政治家、カリスマ経営者などが、作中の人工知能のように振る舞っているように見えることも少なくありません。その意味では、上述した懸念の一部は既に現実化しているともいえます。

人工知能の社会への普及により、人間の知能の特徴や、人間が果たすべき役割が問い直されています。将来を担う世代に何を教育するのか。私を含め、教育関係者は数十年先を見据えた判断を、まさに今求められています。私たちが想像できないような人工知能との素晴らしい協働を実現する、まさに出藍の誉れとなる世代を生み出したいものです。❖

参考資料

- ※ 1 <https://www.nature.com/nature/journal/v550/n7676/pdf/nature24270.pdf>
- ※ 2 マクゴニガル, J. (2011) 『幸せな未来は「ゲーム」が創る』, p.39, 早川書房.

第10回

腸内細菌は何をしているのか？



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。

皆さんは、腸内細菌のことをどのくらい知っていますか。大腸などに細菌が棲んでいるということくらいは知っていると思います。腸内細菌の働きには、例えばさまざまなビタミンの合成などがありますが、最近の研究では、腸内細菌に関して驚くべきことが次々にわかってきました。

高校では、生物やそれ以外の科目を含めて腸内細菌は教科書には登場してきません。しかし、腸内細菌に対する理解は、「リテラシー」というにふさわしい、市民としての必須のものに思えます。そこで、今回は、腸内細菌の驚くべき世界をほんの少しですがお伝えします。

ヒトにはどのくらい腸内細菌がいるか

ウシは草食動物ですが、植物のもつ食物繊維とよばれるセ

ルロースという物質を分解する酵素を持ちません。そこで、体内にセルロースを分解できる微生物を棲まわせることでこの問題を解決しています。ウシの胃の4つの部屋にはこうした微生物が棲んでおり、食べ物はウシの口で細かくされ、胃では酵素の働きで分解されます。これを反芻運動で繰り返し、必要な栄養を摂取しているのです。これはウシの例ですが、同様にヒトでも腸内細菌は重要な役割を果たしています。

ヒトは100兆個、1,000種類以上の腸内細菌をもち、腸内細菌のもつ遺伝子の総数は数百万個ともいわれます（ここに挙げた以外にもさまざまな見込みがあります）。ヒトの体の細胞数は数十兆個、遺伝子の総数は約2万個といわれているので、腸内細菌は、細胞の数では私たち自身の細胞よりもはるかに多く、遺伝子の総数でいえば、実に100倍以上ということになります。

腸内細菌の種類は人によって大きく異なります。しかし、腸内細菌全体を見ると、発現している遺伝子は似ているそうです。つまり、細菌の種類は異なっているとしても、全体としての働きには共通性があると考えられます。このことから、腸内細菌を、「新たな臓器」のように捉えることができ、ある特定の役割を果たしているのだと考えることができるのです。

肥満と腸内細菌

ヒトと腸内細菌の関係を示す最初の例として、肥満について紹介します。そもそもなぜ人は肥満になるのでしょうか。これまでは遺伝子などによって影響を受ける体質のことや、どのくらいのカロリーを摂取しどのくらい運動しているかといった生活習慣が問題になってきました。しかし、近年の研究で、これらの要因に加えて、肥満に腸内細菌が大きく関わっていることが明らかになってきました。

2013年、ジェフリー・ゴードンらがScienceに発表した論文では、一方が肥満、もう一方が肥満でない双子の女性の便に含まれる腸内細菌を無菌マウスに移植すると、同じ餌を与えられたにもかかわらず、肥満の人の腸内細菌を移植されたマウスは、もう一方のマウスに比べてより体重が増加し、脂肪が蓄積したと報告されています。また、これらのマウスを同じケージで飼育すると、マウスはお互いの糞を食べて腸内細菌を取り込みました。その結果、肥満したマウスの体重が減少したのです。これは、「肥満を防ぐ腸内細菌」の存在

を示唆します。また、与えた餌を食物繊維が多いものにしたときにはこのような結果が得られましたが、餌を食物繊維が少なく飽和脂肪酸を多く含むものにしたときには特に変化が見られませんでした。

この実験からは、肥満はどんな腸内細菌をもつかによって影響を受けること、またそれらの腸内細菌の働きはどんな食事をとるかによって影響を受けることがわかります。

腸内細菌は短鎖脂肪酸をつくる

なぜ、どんな食事をとるかによって腸内細菌の働きが影響を受けたのでしょうか。ある種の腸内細菌は、食物繊維を取り込んで分解し、短鎖脂肪酸と呼ばれる物質をつくって放出します。代表的な短鎖脂肪酸は、酢酸、酪酸、プロピオン酸の3種です。実は、私たちヒトにとっては、腸内細菌が腸に存在することそのものが大事なのではなく、腸内細菌の働きによって短鎖脂肪酸がつくられることこそが大事なのです。

短鎖脂肪酸の働きを2つ紹介します。1つは、腸壁の透過性を低下させる働きです。短鎖脂肪酸が腸内に少ないと、腸壁の透過性が上がると考えられています（これを「リーキーガット（漏れる腸）」といいます）。このとき、ある種の腸内細菌の表面からはがれおちたり多糖という物質が腸壁を通過して血液中に入ってきます。すると、リ多糖により免疫系が刺激され、全身で炎症が生じてしまいます。

全身で炎症が起これと、さまざまな悪影響が出ます。例えば、脂肪細胞では余剰のエネルギーを貯蔵する際には、分裂して細胞数を増やし、それぞれに少量の脂肪を蓄えるのですが、炎症が生じると、分裂をせずに細胞そのものが肥大してしまいます。すると、脂肪組織が本来果たすべき機能を正常に行うことができず、さまざまな合併症を引き起こすことになります。

また、血管壁に存在するLDLコレステロールに対し、全身の炎症状態ではマクロファージが過剰に炎症性サイトカインを分泌することでマクロファージを集合させます。マクロファージはコレステロールを食べ、そこにマクロファージの死骸がたまっていくことで、ついには血液が流れにくくなったり血管が詰まったりする「動脈硬化」が起きてしまいます。

このような事態に対し、ビフィズス菌などの腸内細菌は短鎖脂肪酸の1種である酢酸をつくり、腸壁のバリア機能を高

めてくれています。そうすることでリ多糖の血管内への侵入を防ぎ、全身の炎症を防いでくれているのです。

短鎖脂肪酸のもう一つの働きは、免疫系の制御です。免疫系には、過剰な反応を抑制するブレーキ役である制御性T細胞という細胞があります。この制御性T細胞は、腸内細菌のつくりだす短鎖脂肪酸の一種である酪酸により分化が誘導されます。逆に、酪酸が不足する場合には制御性T細胞が減少し、免疫系が過剰に働いてしまうということになります。この免疫系の過剰反応も、さまざまな疾患と関係していると考えられています。

また、腸内細菌の働きによって制御性T細胞が誘導されるのとは逆に、制御性T細胞も、免疫グロブリンの一種であるIgAの産生を介して、腸内細菌のバランスを制御していることがわかりました。さらに、IgAが結合しやすい腸内細菌とそうではない腸内細菌がいて、腸内細菌の選別につながっているということもわかってきました。

このように、腸内細菌と免疫系は、相互にやり取りをしながら私たちの健康維持に関わっており、短鎖脂肪酸も重要な役割をもっているのです。

- ① 腸壁の透過性を低下させる
 - ・ リ多糖の血管内への侵入を防ぐ。
 - 全身の炎症を防ぐ。
- ② 免疫系の制御
 - ・ 制御性T細胞の分化を誘導する。
 - 免疫の過剰反応を抑える。

図1 短鎖脂肪酸の働き

抗生物質の影響

約70年前から抗生物質の使用が一般に普及し始めました。抗生物質は、ヒトの細胞に影響を与えず、細菌だけを選択的に排除してくれます。そのため、さまざまな病気が治せるようになりました。しかし同時に、抗生物質の過剰使用が問題になっています。例えば、ほとんどの風邪はウイルスによって引き起こされますが、抗生物質はウイルスには効きません。それにもかかわらず、風邪のときにも抗生物質が処方されているのです。医師は「細菌感染による合併症が生じないように」ということで処方しているのかもしれませんが、しかし、患者のほうは「抗生物質で風邪が治る」と思い込んでいる場

合も多いようです。実際に、2009年にヨーロッパで行われた調査では、53%の人は抗生物質がウイルスを殺すと誤解しており、47%は風邪やインフルエンザに抗生物質が効くと信じていたそうです。

抗生物質を本当に必要なとき以外にも「念のため」と安易に使用してしまうと、大きく危惧されることが2つあります。1つは、病気に対する耐性菌を生み出してしまう可能性です。ここでは詳しくは述べませんが、これはずっと問題になってきたことです。そしてもう1つ、耐性菌に比べてまだあまり知られていませんが、腸内細菌に対する悪影響があります。

抗生物質の使用後に、下痢になることがあります。これは、腸内細菌がかく乱されたためであると考えられています。さらに悪いケースでは、腸内でクロストリジウム・ディフィシルという細菌が増えてしまうこともあります（クロストリジウム・ディフィシル感染症）。この病気では下痢や腹痛などの症状が見られ、敗血病などを併発し死に至ることもあります。

また、肥満、食物アレルギー、花粉症、糖尿病、自閉症などは、ある時期から増加してきたのですが、それが抗生物質の使用と関係しているのではないかと指摘する研究者もいます。疾患との関連性についてはさらなる研究を待たなければ確かなことは言えませんが、抗生物質の不必要な過剰使用が腸内細菌に悪影響を与えていることは確かでしょう。

腸内細菌を改善する

ここまで、腸内細菌の働きなどを紹介してきましたが、腸内細菌を「改善」するにはどうしたらよいのでしょうか。大きくは、プロバイオティクスとプレバイオティクスという2つの方法があります。

まず思いつくのが、「ヨーグルトを食べて生きたまま乳酸菌を腸に届ける」といったように、細菌そのものを摂取する方法です。これをプロバイオティクスといいます。しかし、腸内に既にできあがった「生態系」に、外来の細菌が侵入して定着するのはなかなか難しいらしく、せっかく腸に到達した細菌も数日でいなくなってしまうようです。生きた細菌は実際に腸まで到達しているようなので、ヨーグルトなども毎日食べればある程度の効果は期待できるかもしれません。

細菌そのものではなく、細菌の「餌」となる物質を摂取する方法もあります。これをプレバイオティクスといいます。

「リーキーガット」を予防したり、肥満にならないようにしたりするためには、食物繊維を「餌」として摂取し、腸内細菌の力を借りて短鎖脂肪酸をつくってもらうことが重要です。

上記のようにヨーグルトや食物繊維などの食物による方法ではない新しい方法として注目されているのが、「便移植」です。これは、健康な人の腸内細菌を病気の人に移植するという治療法で、先ほど述べたクロストリジウム・ディフィシル感染症では、抗生物質が効かない重症の患者のうち、実に90%の患者を治療できたそうです。ただし、これ以外の疾患については、はっきりしたことはあまりわかっておらず、一般に普及するのはまだ時間がかかるかもしれません。

私たちの「体質」は、ある程度遺伝子によって決まっていると考えられますが、残念ながら遺伝子を変えることはできません。それに対して、ヒトの100倍もの遺伝子をもつ腸内細菌の組成は変えることができます。

現在、ヒトと微生物の関係に負の影響を与えていると考えられていることがおもに3つあります。抗生物質の過剰使用、食物繊維の摂取の不足、そして出産と育児の変化です（出産と育児に関しては、次回以降で詳しく述べる予定です）。腸内細菌の果たす大きな役割を知れば、いかに「彼ら」とうまく付き合っていくかが重要であると理解していただけたと思います。

腸内細菌のためにすぐにできる、一番簡単な方法は、食物繊維をたくさん摂ることです。野菜嫌いの人も、腸内細菌が食物繊維を取り込み短鎖脂肪酸をつくるようすを思い浮かべれば、「親愛なる共生微生物に日々の餌をあげる」と、前向きな気持ちで野菜を食べることができるのではないのでしょうか。

腸内細菌の驚くべき働きが少しでも伝わり、「彼ら」にも自分にも良い生活を送っていただくことを願っています。❖

参考資料

- アランナ・コリン（2016年）『あなたの体は9割が細菌』河出書房新社
- 山本太郎（2017年）『抗生物質と人間』岩波新書
- NHKスペシャル取材班（2015年）『腸内フローラ10の真実』主婦と生活社
- Gordon JI, et al. Gut Microbiota from Twins Discordant for Obesity Modulate Metabolism in Mice Science. 2013;341(6150)

教育に
新しい風を

授業は子どもが主役！



青山学院大学 特任教授

柳下 則久 / やぎした のりひさ

● はじめに

『教室は学習そのものをやらせてしまう場所』

教室は、「やってごらん」という場所ではないからです。それをやらせてしまう場所だからです。「もっとよく読んでみなさい」「詳しく読んでごらん」。そういう場所ではなくて、ついつい詳しく読んでいた—そういう自覚もないぐらいに一詳しく読む必要があるのでしたら、その場で詳しく読むという経験そのものをさせてしまうところです。

大村はま著『教室に魅力を』（国土社）（一部抜粋）

私の受け持つ大学の授業で上記の「教室」の意味を討論した結果、次のような感想を発表したグループがあった。

- ①公園・・・子どもは自ずと夢中になって遊ぶ。
- ②かっぱえびせん・・・やめられない。止まらない。
- ③オアシス・・・人や動物は黙っていても水を飲む場所。

この3つの言葉は、主体的な学習にぴったりの言葉である。このような自ら動き出す学びの場を教師が仕掛けることで「主体的・対話的で深い学び」の実現と考える。

● 授業の改善

次期学習指導要領では、「主体的・対話的で深い学び」が改訂の目玉となり、学びの質や深まりを重視している。

それは、子どもが主体的に学ぶなかで、知識を相互に関連付けてより深く理解したり、問題を見だし解決策を考えたり、情報を調査して考えを形成したりすることを通して思考力、判断力、表現力が育つことを期待しているからである。

そのような学びを実現するには、子どもが、予想したり、調べたりしながら解決に向けて話し合う問題解決学習は必然である。自ら課題を見つけ、進んで解決に向かう能動的な子どもの姿が見えることが改善の一步である。

教師が問題を与えるのではない。指導観・授業観の転換の視点に立って、授業改善に臨むことが迫られている。

①子どもが主体となる授業

教師が仕掛けることで、子どもの興味・関心を引き出し、授業は能動的になる。3つの例を次に挙げる。

(1) 問題を生む学習

【理科の例】 3年「磁石のふしぎ」



T：見てごらん。フォークに近づけると、立つんだよ。

C：わあ。すごい。不思議？

C：今度は、鉛筆を立たせて。

C：立たないね。おかしいね。

C：僕のカッターナイフやってみて。

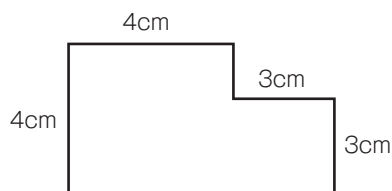
C：ついたぞ。中に磁石？

問題は、与えるものではない。子どもが発見するように、教師は手助けをするのである。

(2) 既習事項から解き方を考える学習

【算数の例】 4年「四角形の面積」

次の面積を求めましょう。



C：今までのやり方で解けないかな？

C：大きい長方形から小さいのを引く。

C：小さく長方形に分けてみよう。

C：1 cm²がいくつあるか数えよう。

既習の学習をもとに「求め方」を子ども自身が考えを出し合い説明することを常に、教師は支援することだ。

(3) 考える学習

【社会科の例】 5年「おいしいマグロはどこから」



※マグロの延縄漁の漁師さんの話「120キロメートルから150キロメートルの長さの幹縄に2000個から3000個のえさを付けた枝縄でマグロを獲ります。1回の漁で獲れるマグロの量は多くありません。



※マグロの巻き網漁の漁師さんの話「網を広げて底から泳いでいるマグロを一網打尽に獲ります。1回の漁で、他の魚も入りますが、多いときで100トンですね。」

「あなたならどちらの方法でマグロを獲りますか？」

マグロ漁は、いろいろな漁法で行われている。答えはない。それぞれの漁の意味について関心をもって考えるように、教師は仕向けるのだ。

● 教師の役割

①仕切る授業か仕掛ける授業か

教師は子どもが「おかしいな」、「不思議だな」、「調べたいな」と興味・関心を示すようにすることが大切だ。子どもが自ら課題を見つけたり、情報を集めたり、調べたりして解決していくように、教師は仕掛けることだ。子どもに悟られないように、見えない糸で子どもの思いを引き出してやることである。

授業では、教師が必要以上に話さないことだ。教師が丁寧に説明したり解釈したり、必要以上に指示したりすることは、子どもの思考や子どもの発言の機会を奪うことになる。

「先生は、この文章を読んで、○○と思ったのですが、みんなはどう思う」などと教師が誘導しては子どもの良さや可能性は引き出せない。教師が仕切る授業が子どもの自主性を奪ってしまう。子どもの新鮮な驚きを半減させてはいけない。

②教師は黒衣(くろこ)

黒衣とは、歌舞伎や人形浄瑠璃で、役者や人形遣いを助けたり、小道具を役者に渡したりする係のことである。教師が黒衣となり、教材提示や学習環境の整備をすることだ。教師の支援は、あたかも子どもが自ら課題を見つけ、問題を解決していったように学びをつくることだ。

● おわりに

子どもを主語にした授業を展開すれば、子どもが主役の元気な授業がいずれの学校からでも聞こえてくるはずだ。

・今日は○○をやります。→○○について考えてきました。

・この資料を読みましょう。→資料からこう言えます。

・○○をやりました。→○○をやってみたくな。



島根・鳥取両県の自然・地域を 愛し理科好きな子どもを育む 島根大学の環境寺子屋プロジェクト



島根大学 教育学部環境寺子屋室長
島根大学教職大学院 教授

松本 一郎 / まつもと いちろう

■ 自然・地域を愛し理科好きな子どもを育てたい

「理科嫌い」や「理科離れ」が叫ばれてから長い月日を感じます。地下資源に乏しい日本は、先人たちの努力によって世界の中で科学技術立国となるための努力を積んできました。自然豊かで四季折々の日本列島が私たち日本人の感性や勤勉性を育んできたようにも感じています。このような日本の科学技術や自然環境を次代に守り伝えていくのが重要であり、先人たちのバトンをしっかりとつないでいかなければなりません。

そのためには、子どもたちを日頃から見守り、教育を行っている現場の教員の役割が極めて重要です。そこで、私たちは自然・地域を愛し理科好きな子どもを育てたいとの思いから、特に小・中学校教員の卵たち、つまり教師を目指す大学生に「理科が得意な教員になる」ためのプログラムを用意しました。このプログラムを管理・提供するのが環境寺子屋（正式名称は、環境・理科教育推進室）であり、地域や国際社会と協同しながら教育プログラムを実施しています。

■ 夢の実現に向けた環境寺子屋の開設と維持

「環境寺子屋」は平成 20 年度に文部科学省の「質の高い大学教育推進プログラム（教育GP）」に申請、採択されたところから始まりました。このプログラムは3年の期限付きのものでしたが、学部や地域内外に高い評価を受けることができました。これは、子どもたちや子どもたちを育てる教員の卵たちにより良いプログラムを提供できたものと自負しています。文部科学省からも平成 23 年 9 月 23 日付の書面にて「特に優れていて波及効果が見込まれる取組として貴教育プログラムを選定し（文章前後割愛）」とあり、現地視察を受けるに至りました。これらの成果や評価を受けて、プログラムの内容に地域社会や国際社会との連携強化という内容を加え、平成 24 年度からは文部科学省の特別経費（プロジェクト分：高度

な専門職業人の養成や専門教育機能の充実）に申請、採択を受けることができました。現在の環境寺子屋は、このときの組織体制・プログラムが基本になっています（図 1）。

■ 個性豊かで目的が明確な学習プログラム

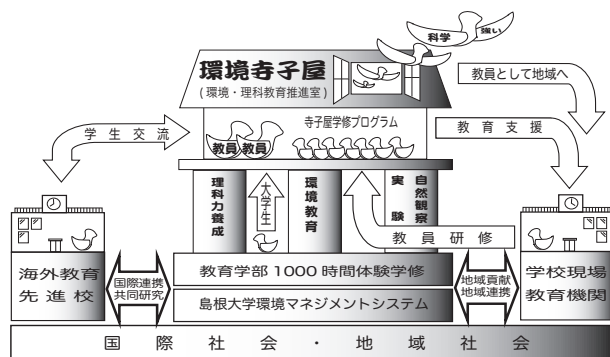


図 1 環境寺子屋の組織と教育のイメージ

本プロジェクトの目的、それは教育学部の「教員養成」という大目標の線の上にあります。つまり、「どのような教員を養成するか？」という問いに対し、教員の持つべき資質の一つとして「理科・科学に強い」という側面の強化をプログラムに盛り込みました。そこで、本プログラムでは「豊富な環境リテラシーを有して理科に強い」義務教育教員を養成するという大変シンプルな目標を掲げました。シンプルであるが故に、それを達成するために「楽しめること」「教科の学習にフィードバックできること」などの教育内容や方法を数多く盛り込みました。

環境寺子屋の「環境」には、地球環境問題の解決という意味も勿論持たせていますが、昨今の ESD（持続可能な開発のための教育）や SDGs（持続可能な社会の構築にむけた 17 のゴール）の考えのように、「環境」が理科のみならず、さまざまな教科や地域の課題につながっているという認識のもと、個性豊かで目的が明確な学習プログラムを構築しました。

プログラムの内容はおもに、A 領域（物質とエネルギー）、

B 領域（生命と地球・宇宙）、C 領域（くらしの科学・物づくり）として、16 のプログラムを構築しました。その後、プログラムの新設や統合（PDCA サイクル）を繰り返し現在に至っています。ここでは、構築したプログラムのうち、地域との連携に焦点をあてたものを紹介します。

■ 地域との連携から生まれる「地域に開かれた教育課程」の構築を目指して

環境寺子屋では地域の市民や小学生・中学生の児童・生徒への科学プログラムを提供しています。これは、地域貢献という意味合いを含みますが、地域とともに「学び」を創設するという「協同」を意識しています。ここでは、これまでに実施した特色ある2つのプログラムを紹介します。

1つは「秋鹿田んぼ塾」という活動で、島根県松江市の秋鹿という地域において、休耕田を用いて年間を通して稲作活動を地域の市民とともに行うという内容です。1年がかりで行う活動であり毎年、十数人の教員を目指す大学生が地域の市民とともに草刈り作業、田おこし作業から収穫作業まで体験するもので、稲作活動とともに田んぼの生き物や微生物などを肉眼や顕微鏡を用いて生物学的に調べることも盛り込みました。担当は生物学を専門にする大学教員が行いました。活動のようすを図2に示しました。

秋鹿田んぼ塾は環境寺子屋始動の前から活動をしていたのであり、10 年間におよび継続実施し市民との交流に一定の成果を示しました。現在は次の活動を見据えて、プログラムを再構築中の段階にあります。



図2 秋鹿田んぼ塾の一場面：田植えのようす

もう1つの活動は「青空地球塾」という活動で、松江市や出雲市の小学生、中学生、高校生を対象に理科野外学習を実施しているものです。年間約 15 校程度の学校に対して半日、もしくは終日をかけての野外学習であり、おもに地球の大地（地質）の学習（小学校6年生理科単元「土地のつくりと変化」、および小学校5年生理科単元「流れる水のはたらき」と関連した内容です。担当は地質学を専門にする大学教員が行っています。

本活動は教員を目指す大学生にとって野外での授業参観や授業協議の場にもなっており、国内でも希で貴重な教育体験活動となっていることが特徴の1つです。加えて、本活動には「地域の自然と私たちの暮らしの関係を知る」という目的があり、児童・生徒をはじめ、担任の先生や大学生にとっても学びの場（研修）となっています。

■ おわりに



図3 島根県斐伊川における学習場面のようす

島根大学教育学部環境寺子屋では、通常の理科授業に加え、それぞれの専門分野が地域社会とどのようにつながっているのかを体験学習を通して教師を目指す大学生に提供してきました。また、同時に地域社会に開かれたものとしてこれらの活動をプログラム化して実施してきました。この環境寺子屋の学習プログラムで学んだ学生が、教師となり理科好きな「子どもたち」を育てる日を楽しみに、地域社会とともに更なるプログラムの進化を目指したいと考えています。❖

・・・編集後記・・・

本号では、これからの時代を生きる児童・生徒に必要な「情報活用能力」の育成を目指して、新学習指導要領で充実される「プログラミング教育」を特集に取り上げました。教科の指導と関連させながら、プログラミング教育に取り組んでいただきたいと思います。また、第5回を迎えた「算数・数学の自由研究」作品コンクールの審査結果を発表します。今年も学校からのご応募をお待ちしています。

（財）理数教育研究所 事務局



ナイチンゲール ～白衣の天使は統計学者～

サイエンスナビゲーター® 桜井 進/さくらい すずむ

近代看護の発展に貢献した白衣の天使として有名なフロレンス・ナイチンゲール(1820-1910)のもう一つの顔が統計学者です。フロレンスの実像に迫っていきます。

フロレンスはイギリスの上流階級の両親の元に生まれました。フロレンスが17歳のとき、六頭立ての馬車、御者2人、召使い3人とともに家族で大陸を巡る豪華な旅行をするほどでした。その大旅行でフロレンスはイタリアではオペラとピアノ、パリでは社交に明け暮れたといいます。それに増して優雅だったのが娘フロレンスへの教育です。父ウィリアムは自ら教師となり娘フロレンスに教えたのが、ギリシャ語、ラテン語、ドイツ語、フランス語、イタリア語、歴史、哲学、そして数学。中でもフロレンスを熱中させたのが数学です。時間がある限り机に向かい数学に打ち込む娘の姿に、母は数学の学習をやめさせたいと思うほどでした。華やかなパーティよりも論理を追究することに没頭した数学少女がフロレンスでした。

もう一つ、フロレンスが打ち込んだのが貧しく苦しむ人々に心を寄せる慈善です。彼女は手記に次のように語っています。

私の心は人びとの苦しみを想うと真っ暗になり、
それが四六時中……私に付きまとって離れない。
……私にはもう他のことは何も考えられない。詩
人たちが謳い上げるこの世の栄光も、私にはすべ
て偽りとしか思えない。眼に映る人びとは皆、不
安や貧困や病気に蝕まれている。(小玉香津子『ナ
イチンゲール』)

かくして、24歳のフロレンスは貧しい病人の看護をすることを決心します。まさかこのとき看護が数学と結びつくとは夢にも思わなかったことでしょう。

1854年、英国とフランスはロシアに宣戦しクリミア戦争が勃発。前線における死傷者の多さを伝えるニュースが流れる

と、フロレンスは看護師として38名の看護師を率い従軍する決意をします。多くの負傷兵を献身的に看護する現場でフロレンスは一つの事実を見つけます。死傷者増の原因が負傷者の扱いのずさんさだったことです。政府と軍はそのことを把握できなかったために前線における看護救護体制を十分なものにすることができませんでした。フロレンスはイギリス兵の死亡原因が病院の衛生管理にあることを明らかにし、そのことを国会議員に理解してもらうことに力を注ぎます。ここで、フロレンスの数学の出番となります。「コウモリの翼」と呼ばれるカラーグラフがフロレンスによって考案されました。

このグラフのおかげで戦場における兵士の生活環境の改善の必要性が国会議員や官僚に理解され、陸軍病院の衛生環境は改善されました。結果的に傷病兵の死亡率を劇的に引き下げることが実現されました。さらには陸軍医学校まで新たに創設され、イギリス中の病院で衛生環境の改善が行われるまでになりました。



死亡原因を分類し視覚化した
グラフ「コウモリの翼」

©Science Photo Library / アフロ

看護師フロレンスがこのような独創的な「グラフ」をつくりだすことができたのも少女時代に熱中した数学のおかげです。フロレンスが若い頃から強く影響を受けたのがベルギーの統計学者アドルフ・ケトレー(1796-1874)です。ケトレーは、確率論を社会現象に適用する「社会物理学」を提唱し「近代統計学の父」と呼ばれています。フロレンスはケトレーと交流していく中で揺るぎない数学の力を獲得していきました。1860年には、統計学者フロレンスとケトレーは互いに協力して、第4回国際統計会議において衛生統計の統一基準の採択を実現するまでになりました。

数学を味方につけた看護師フロレンス・ナイチンゲールは、人々の命を救うために全力でその力を発揮しました。「近代看護教育の生みの親」として知られている白衣の天使ナイチンゲールは、死亡統計の改善に尽力しながら医療統計学の先駆者でもあったのです。彼女が考案した死亡率や、平均入院日数の計算方式は、現在の医療統計学にそのまま使われています。