

日本の理数科教育をサポートする

Rimse

Research Institute for Mathematics and Science Education

No.
27

February

2020

特集 STEM教育入門 II

塩野直道記念 第7回「算数・数学の自由研究」作品コンクール 受賞作品の発表



Contents

表紙裏

巻頭言

大学教育の新しい試み ～クエスト大学訪問記～
北海道大学名誉教授 山口 佳三

特集 | STEM 教育入門 II

- 2 **I** STE(A)M 教育の中のプログラミング教育
放送大学 教授 中川 一史
- 6 **II** STEM 教育の実践例
～デザインシンキングを活用した事例紹介～
さいたま市立大宮国際中等教育学校 副校長 根岸 君和
- 10 **III** STEM 教育の実践例
～小学校理科「電流がつくる磁力」を事例に～
東京学芸大こども未来研究所 専門研究員 木村 優里

塩野直道記念

第7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 -中央審査委員からのメッセージ-
22 表彰の集い
23 最優秀賞・優秀賞・特別賞 一受賞作品の紹介と講評

33 連載 | 1枚の図から地球を考える ～地球はどんなところか～ 第1回

地震の分布図から見えること

開成中学校・高等学校 教諭 有山 智雄

36 連載 | 統計の見方・読み方・使い方 第4回 仮説検定の考え方 II

～判断とそのリスク～

慶應義塾大学大学院健康マネジメント科 教授 渡辺 美智子

39 連載 | 物理法則の科学史 第4回

電磁誘導の法則

国立科学博物館理工学研究部 研究員 有賀 暢迪

42 教育に新しい風を |

学校は頼もしく発展している

元全日本中学校長会会長 大江 近

44 広場 | 地域教育で活躍する人々 第26回

地域だからできること 協働だからできること

～地域連携で創る、学びの場の実践報告～

吹田市佐竹台地区青少年対策委員会 青少年指導員 水木 千代美

裏表紙

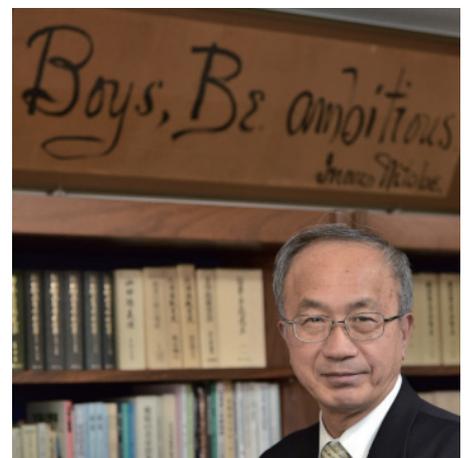
知られざる女性数学者の素顔 | 第7回

マリア・ガエタナ・アグネシ

～18世紀、微積分学の教科書をいち早く著す～
サイエンスナビゲーター® 桜井 進

巻頭言

Kantougen



北海道大学名誉教授

山口 佳三 / やまぐち けいぞう

1969年大阪府立大手前高校卒業。最初の時代の波「大学紛争」にのまれて、入試は大阪府警機動隊に守られて京都芸繊維大学で受ける。1973年京都大学理学部卒業、1975年名古屋大学理学研究科数学専攻修士課程修了、1978年京都大学理学研究科博士課程修了。1978年4月北海道大学理学部助手。その後、講師・助教授を経て1993年11月理学部教授。90年頃より大学院重点化、教養部解体という時代の波にのまれる。大学紛争で騒いでも何も変わらなかった大学が、あれよあれよと変わっていくのを実感する。2007年4月～2011年3月理学研究院長・理学院長・理学部長。2011年4月～2013年3月理事・副学長(教育・学生担当)。2013年4月～2017年3月北海道大学総長。2017年4月より名誉教授。専門は微分幾何学。研究テーマは二階の接触幾何学。写真上部に写っているのは、新渡戸博士揮毫による“Boys be ambitious!”

大学教育の新しい試み ～クエスト大学訪問記～

2014年の秋に、北海道大学の連携大学であるブリティッシュコロンビア大学を訪問しました。バンクーバーは、札幌農学校2期生である新渡戸稲造博士が客死されたところとして知られ、この大学には、Nitobe Memorial Gardenという大きな日本庭園があります。庭には茶室もあり、新渡戸博士ゆかりの展示物として、庭内を流れる小川のほとりには、「願はくはわれ太平洋の橋とならん」と日本語で刻まれた石碑が立っています。また、園の入り口に、台湾の有志から贈られた博士の銅像も立っています。実は、これと対を成して、太平洋をはさんで、北海道大学のポプラ並木の脇には、新渡戸博士の胸像があり、その裏面には“I wish to be a bridge across the Pacific”との英文が刻まれています。是非、機会があれば、いずれかないし両方を、ご覧いただければと思います。

この訪問の折り、北大の国際連携アドバイザーであった武田修三郎さんの勧めで、ご一緒に、バンクーバー郊外にある、カナダでは数少ない私立大学のクエスト大学を訪れる機会がありました。

クエスト大学は、学生が、教員の手助けの下、学習の進路を自ら築き上げていく新しいタイプの大学として2007年に設立されました。この大学を訪問して見聞きした新しい大学教育の試みを紹介したいと思います。

この大学の試みは、通常の数学教育がそうであるような、伝統的な知識の積み上げ方式による教授法と比較して、早い時期に挑戦すべき問題を意識させ、その創造的な解決に寄与すべき思考の柔軟性とスキルを身につけさせる教育を目指しているといえるでしょう。

クエスト大学のカリキュラムと教育理念は他の大学とはかなり異なっています。教育は5つの分野(社会科学、芸術と人文科学、数学、物理科学、生命科学)を融合して実施され、学科制はなく単一の学位(Bachelor of Arts and Sciences)を授与します。

学内に大教室はなく、授業は20名以内で、学生中心に行われ、教員はチューターとして参加します。ほとんどの教室は、日本でいうとセミナー用の小教室で、一番大きな部屋は、学生発表ないしポスターセッションを行うためのものでした。訪問時に、倫理学の授業を参観しましたが、予め課題図書ないし予習箇所は与えられており、教員を含めて、全員が輪になって座り、教員が、当日のテーマを挙げ少々の解説を行った後は、

学生の議論に任せ、時折、コメントないし新たなテーマを提示して議論を促す、というスタイルでした。

ここで、大学のホームページ(<https://questu.ca/>)に沿って、クエスト大学での4年間の学びを概観しましょう。

開講形態はコロラド大学で開発されたブロック制を採用しています。1つのブロックは3.5週間続き、その間、学生は1つのコース(授業科目)に集中して学びます。1セメスターは4ブロックで、学生は年間8つのブロックで履修します。

カリキュラムは、前半2年間の基礎プログラムと後半2年間の集中プログラムから成ります。基礎プログラムでは、上に挙げた5つの分野すべてから(それぞれ3, 3, 1, 2, 3コースを)と語学1コースを選択して、各ブロックで1コースに集中します。基礎プログラム最後のブロックは、Questionコースを履修します。このQuestionコースがこの大学の最大の特徴となります。このコースでは、メンターである教員と協働して、基礎プログラムの学びの中から、次の2年の集中プログラムにおいて、何を疑問とし、何を学び、何を目指したいかの目標を具体的に記した提案書を作り、皆の前で発表します。この提案書を基に、教員の手助けを受けて集中プログラムでの履修計画を立てます。

集中プログラムでは、まず自らのQuestionを深める単独の、あるいは複合的な分野での学びを6ブロック履修します。そしてクラスの中では得られない実証的な学び(Experiential Learning)を1～4ブロックをかけて実施します。このブロックは、企業ないし研究所での実習ないしプロジェクトに充てることも、屋外実習に充てることも、海外留学に充てることも可能です。卒業するために、学生は学びの総仕上げとして最後のブロックで、Keystoneプロジェクトを完成させなければなりません。Keystoneはさまざまな形態を取り得ます：科学論文、ビデオ・ドキュメンタリー、芸術作品、写真展示あるいは研究論文等です。これによって、学生は、4年間で自らが築きあげた学びを完成させるのです。

私が、クエスト大学を訪問したとき、昼食を取りながら懇談した若い香港出身の数学者が、伝統的な黒板に向かっての講義でない授業として、学生に議論させながら、数学を教えるのは、とても挑戦的(challenging)な仕事ですと話してくれたのが印象的でした。読者の皆さんはどう感じられますか？ ❖

STEM教育入門 II

I STE(A)M 教育の中のプログラミング教育

放送大学 教授

中川 一史 / なかがわ ひとし

1959年北海道生まれ。横浜市の小学校教師，教育委員会，金沢大学教育学部教育実践総合センター助教授，独立行政法人メディア教育開発センター教授を経て2009年より現職。専門領域はメディア教育，情報教育。主な研究テーマとしては，国語教育におけるメディア活用の研究，情報教育に関する学習環境の研究，ICT活用指導力育成に関する研究，情報端末環境の教育利用の研究，思考ツールの活用の研究など。博士（情報学）。



1 ◆ STE(A)M教育の検討

教育再生実行会議 第十一次提言 概要「技術の進展に応じた教育の革新，新時代に対応した高等学校改革について」（令和元年5月17日）の「1. 技術の進展に応じた教育の革新 (1) Society5.0 で求められる力と教育の在り方」によると，「国は，幅広い分野で新しい価値を提供できる人材を養成することができるよう，初等中等教育段階においては，STEAM 教育 (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics 等の各教科での学習を実社会での問題発見・解決にいかしていくための 教科横断的な教育) を推進するため，『総合的な学習の時間』や『総合的な探究の時間』，『理数探究』等における問題発見・解決的な学習活動の充実を図る。その際，各発達段階において，レポートや論文等の形式で課題を分析し，論理立てて主張をまとめることも有効である。そのため，国は，カリキュラム・マネジメントの視点を踏まえ，人材活用も含め産学連携や地域連携

による STEAM 教育の事例の構築や収集，モデルプランの提示や全国展開を行う。また，グローバルな社会課題を題材にした，産学連携 STEAM 教育コンテンツのオンライン・ライブラリーを構築する」としている。

STE(A)M 教育は，「実社会との関わりをもつ問題解決的な取り組み」であり，「問題を見出し，協働的・論理的にその解決方法を考え，制作や提案を行うこと」であり，「教科・領域を横断的に進めるもの」である。つまり，題材・問題解決力・カリキュラムの3つの観点から検討すべきと考える。

2 ◆ STE(A)M教育とプログラミング的思考

中央教育審議会答申においては，「情報技術を手段として活用する力やプログラミング的思考の育成」として，「(略) STEM 教育の視点を踏まえ，例えば，理科において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等を行う際，

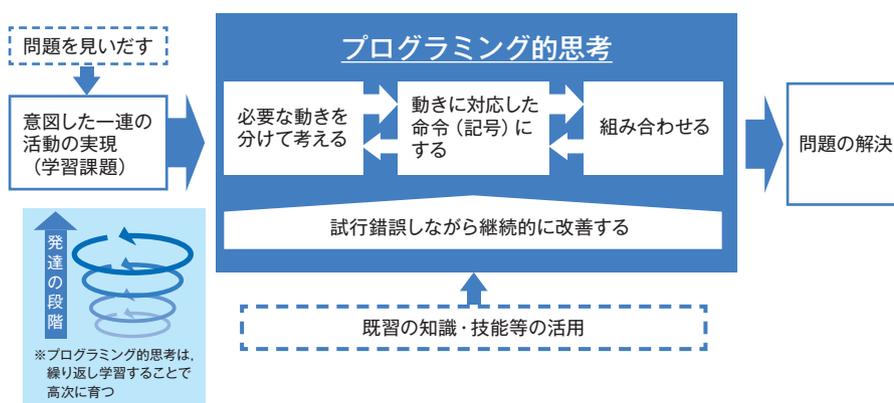


図1 プログラミング的思考（「手引」より）

また、算数において多角形などの図の作成を行う際に、プログラミングを体験しながら、プログラミング的思考の良さに気付く学びを取り入れていくこと等が考えられる。その場合において、学校における適切な指導を行うためには、教科等における学習上の必要性や学習内容と結びつけられた教材等が重要となる」としている。

3 ◆ プログラミング的思考

プログラミング的思考とは、文部科学省（2018）小学校プログラミング教育の手引（第二版）（注：以後「手引」とする）によると、「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」と示されている（図1）。

つまり、必要な動きを考えたり、動きに対応した命令にしたり、組み合わせたりして、試行錯誤しながら何度も改善をして、問題の解決をはかることになる。

小学校プログラミング教育では、「想定」から「実際」を見通す力をつけることが重要である。つまり、プログラム体験だけ（図2の「想定」→「動作」のプロセス）で満足しないことである。プログラミング的思考とは「想定から実際を見通せること」を意味する。この想定する力を磨くためには、

「動作」で得た結果を適用し、一般化・抽象化したり、組み合わせを変えたりしながら、「動作→実際」を論理的に導くことが重要である。

このプログラミング的思考のプロセスにおいて、「手引」によると、「(略) 児童は試行錯誤を繰り返しながら自分が考える動作の実現を目指しますが、思い付きや当てずっぽうで命令の組合せを変えるのではなく、うまくいかなかった場合には、どこが間違っていたのかを考え、修正や改善を行い、その結果を確かめるなど、論理的に考えさせることが大切(略)」としている。

カリフォルニア州の学校を訪問した際に、どこの学校でも「STEM教育の実施では、Tinkeringを大事にしている」と話していた。このTinkeringは、「試行錯誤を伴う問題解決」という意味であり、

- ・自分なりに材料や題材をいじくりまわしながら試行錯誤し、何を修正すればいいか見つけたりしながら問題解決を行う
 - ・そもそも何をするためのツールかを理解したり使い方や用途を見つけ出したりする
 - ・子ども自身が学び方を学ぶことになる
- の3点を重視していた。特に、見通しを持って修正を行うという考え方は、日本の小学校プログラミング教育と共通している。

小学校プログラミング教育では、各教科等での内容を指導する中で実施する場合には、各教科等での学びをより確実なものとするのがねらいであり、コーディングなどを目的と

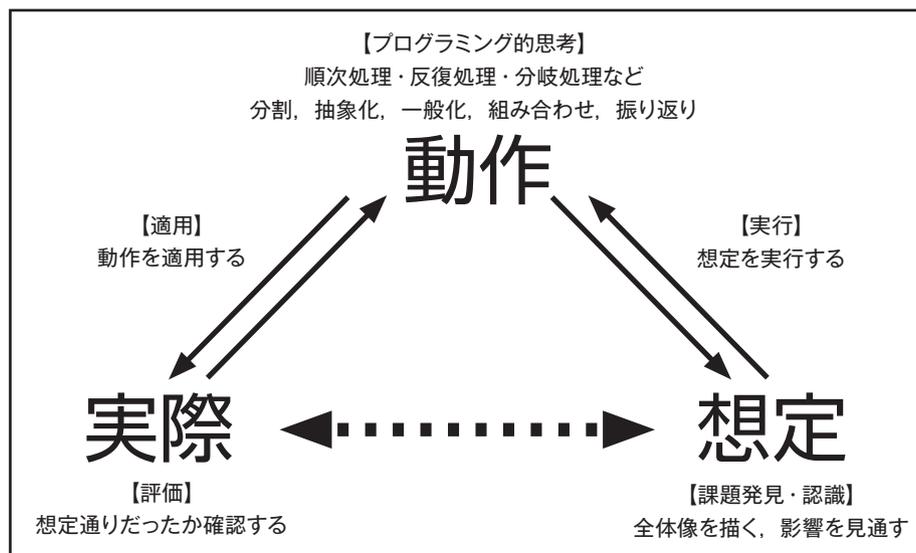


図2 「想定」から「実際」までのプロセス

A 学習指導要領に例示されている単元等で実施するもの
B 学習指導要領に例示されていないが、学習指導要領に示される各教科等の内容を指導する中で実施するもの
C 各学校の裁量により実施するもの（A、B及びD以外で、教育過程内で実施するもの）
D クラブ活動など、特定の児童を対象として、教育過程内で実施するもの
E 学校を会場とするが、教育過程内のもの
F 学校外でのプログラミングの学習機会

図3 小学校段階のプログラミング教育に関する学習活動の分類（例）（「手引」より）

していない。特定の教科も存在しない（図3）ことから、各学校では、教科・領域横断的にプログラミング的思考の育成を横串にしてカリキュラムを検討する必要がある。

4 ◆ プログラミング教育におけるカリキュラム・マネジメント

「手引」によると、「プログラミング教育のねらいを実現するためには、各学校において、プログラミングによってどのような力を育てたいのかを明らかにし、必要な指導内容を教科等横断的に配列して、計画的、組織的に取り組むこと、さらに、その実施状況を評価し改善を図り、育てたい力や指導内容の配列などを見直していくこと（カリキュラム・マネジメントを通じて取り組むこと）が重要（略）」と、カリキュラム・マネジメントの重要性に言及している。また、2020年度完全実施の小学校学習指導要領解説総則編「各学校におけるカリキュラム・マネジメントの推進」によると、「各学校においては、教科等の目標や内容を見通し、特に学習の基盤となる資質・能力（言語能力、情報活用能力、問題発見・解決能力等）や現代的な諸課題に対応して求められる資質・能力の育成のためには、教科等横断的な学習を充実することや、「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善を、単元や題材など内容や時間のまとまりを見通して行うことが求められる。」としていて、学習の基盤となる資質・能

力や現代的な諸課題に対応して求められる資質・能力に言及している。

5 ◆ 日本でのSTE(A)M教育の方向性

日本でのSTE(A)M教育の方向性を占うときに、プログラミング教育を視野に入れたSTE(A)M教育を検討する必要がある。筆者は、以下の視点が重要と考える。

- ・プロセスを重視した問題解決的活動を行う
- ・単発に終わらせることなく、文脈重視の学習活動を提示する
- ・E（工学：ものづくり）とA（芸術・表現）を中心に活動イメージを持たせる
- ・S（科学）とM（算数・数学）を中心に事象や根拠を明確に説明できる力をつけさせる
- ・そこにICTやプログラミング的思考を育成するプログラミング教育をかませる

これまで述べてきたように、プログラミング教育からのアプローチは、1つ目として、教科・領域をまたぐ可能性が高いことがあげられる。特に、高等学校は情報科において、数学や公民などとの関連も見られる。また、小学校はプログラミング教育特定の教科が存在しないため、必然的に教科・領域横断は校内で検討することになる。2つ目として、個々の児童生徒のコンピュータをはじめとするテクノロジーの活用が見られることがあげられる。ICT環境整備は進んでおり、

一人1台環境での活用が望める。3つ目として、新学習指導要領でうたわれている社会や生活との結びつきがある。STE(A)M教育を視野に入れたプログラミング教育の必修化は、この方向性に合致していると思われる。

6 ◆ 日本におけるSTE(A)M教育の今後の課題

では、プログラミング教育を視野に入れたSTE(A)M教育実施に関して、どのような課題があるだろうか。ここでは、2つの課題を指摘しておきたい。

(課題1) 導入の段階

STE(A)M教育が、すぐに日本の（特に小中）学校に広く浸透するとは思えない。しかし、その1つのきっかけが2020年度から順次完全実施の学習指導要領であり、プログラミング教育の小中高を通した必修化であると思われる。となると、段階的に進めることが妥当であると考えられる。

STE(A)M教育を積極的に進めているカリフォルニア州 P.A. Walsh STEAM Academy では、3段階のフェーズを持ってSTEAM中心の小学校に転換させた。

フェーズ1：国語と算数、理科の一部を、テクノロジーを組み合わせる学習するカリキュラムの開発。
教員研修の実施

フェーズ2：理科と社会にSTEAMを融合させたカリキュラムの開発

フェーズ3：全教科をSTEAMと融合したカリキュラムとして開発

今後、日本でも例えば小学校のプログラミング教育をどの学年のどの教科・領域で実施するのか、試行が進んでいる。教科・領域横断的に進めていく学校も少なくないと思われるので、ここからSTE(A)M教育の検討に移行するのが現実的であろう。

(課題2) 体制づくり

プログラミング教育を視野に入れたSTE(A)M教育実施においては、体制づくりも大きなカギとなる。一人の教員や1つの学年の問題ではないし、一学校で対応できることとできないこともあるだろう。「人」「もの」「こと」すべてにおいて検討が必要である。

先に例に出したカリフォルニア州のBULLIS charter schoolでは、以下のような「人」「もの」「こと」の対応をしている。

- STEM専任教員は、どこかのクラスでSTEMが始まると集中的にそのクラスのサポートに入る。
- 6年生から8年生は、FabLabという別の部屋が用意され、より高度な木工工具から、3Dプリンター、レーザーカッターなどの機材が用意され、コンピュータでプログラムを行う。
- STEMの学習は、3週間集中型で実施する。土曜日も授業を実施。

プログラミング教育1つとっても、どのような「人」「もの」「こと」のバックアップ体制が取れるか、授業者任せにしないか、今後の普及・促進には大きなポイントとなる。



II STEM 教育の実践例 ～デザインシンキングを活用した事例紹介～

さいたま市立大宮国際中等教育学校 副校長

根岸 君和 / ねざし きみかず

早稲田大学教育学部数学専修卒業後、筑波大学大学院教育学研究科数学教育コース修了。平成13年よりさいたま市立中学校の数学教員となり、さいたま市教育委員会指導主事、さいたま市立大宮北高等学校で文部科学省からSSH（スーパーサイエンスハイスクール）の指定を受け、理数科主任として運営に参画し、大宮北高校の探究活動を推進する。その後、さいたま市立中学校教頭を経て、昨年度、さいたま市教育委員会指導主事として、開校のため準備を進めていた現任校の現職となる。



1 ◆ はじめに

2018年11月に約1週間、アメリカのSTEM教育について見学する機会をいただいた。文部科学省がイノベーション創出に向けた教育「STEM教育を通じた創造的問題解決能力の育成法と評価法の研究」事業を「特定非営利活動法人 教育テスト研究センター（CRET）」に委託し、CRETがその調査研究としてアメリカ視察を行った際、私も同行させていただいた。

私が見学したアメリカのSTEM教育は、多様な言語、年齢、特性の生徒と一緒に学ぶにはどうしたらいいのかがベースにあり、「FUN」を大切にして授業を飽きさせない工夫がなされ



低学年と高学年でグループ活動

ていた。西海岸のある公立の小学校では、童話「3匹の子ブタ」の世界観を教材化し、子ブタを守る家を作ろうとする課題解決型の授業を見学した。小学1年生と4年生の児童が4、5人くらいでグループを作り、レゴやアイス棒のような木の教具で、家のミニチュアを創る課題

だった。最初は、レゴで家を作るグループが多数いた。先生が全グループをまわり、板を扇いで、家を飛ばそうとしたが、レゴで作った家はまったく飛ばされない。



木の棒を使って家を作っている様子

次に、全グループがアイス棒で家を作るように指示され、どのグループも時間内に家を完成させた。最後に、家の強度に自信のあるグループは教室前方で、どのように作ったのか発表して授業は終わった。終始、教師はファシリテーター役を担っていて、全体で知識を授ける場面は見受けられなかった。そのような教員の姿勢と授業構成、STEM教育を肌で感じた。

一方、日本ではSTEM教育に関してどのような授業を考えればよいのだろうか。そして、理科や数学、技術・家庭のつながりを持たせた教科横断的な学びをどう捉えたらよいのだろうか。平成14年度からスタートしている総合的な学習の時間は、教科横断的な学習の取り組みであるが、あれから17年が経過した今、世界情勢や社会状況を鑑みながら、STEM教育という視点で総合的な学習の時間をバージョンアップすることができないだろうか。また、STEM教育を通して、子どもたちに必要なスキルを身につけさせ、学びの主体性、学習の楽しさを育むことができないだろうか。

2 ◆ STEM教育とは

なぜSTEM教育は重要なのだろうか。現代社会では、社会的な状況・要請が一昔前と違って大きく変化している。知識はデジタルデバイスによって容易に獲得することができる時代であり、人間の活動の一部もAIで代替できる時代である。変化の激しいこの時代に学校現場では、知識や技能の獲得はもちろんのこと、当事者意識をもって世の中の課題の解決を図ること、多様な人たちと協働的に問題解決を図ること、クリエイティブな学習活動を行うことなどが求められている。そこで、STEM教育は、理数系分野を中核に据えた学際的・教科横断

的な学びとして、知識を統合的に活用しながら実社会の問題解決を目指す学びであり、現在、学校現場に求められていることと親和性が高い。

では、STEM教育を通して生徒に何を身につけさせたいか。1つ目は、生徒に自分で考え、行動するための多様なスキル・コンピテンシーを育みたい。その中で、例えば、

- (1) 主体性：当事者意識をもって課題解決をする態度
- (2) 自己理解：自分の強み・弱みを知ろうとする態度
- (3) ICT活用力：ICTを活用して、調査・活用ができる力
- (4) 創造力：世の中の課題を捉え、新しい価値を創る力
- (5) 協働力：多様な人たちと協働的に問題解決する力
- (6) 表現力：相手に対して動きを促すためにプレゼンテーションする力
- (7) 振り返る力：自分たちが決めた計画や活動をメタ認知によって振り返る力
- (8) 批判的思考力：目の前にある事象や情報を決して鵜呑みにすることなく、適切に分析し、最適解に辿りつく力などが挙げられる。これらは、学校の系統的な教育課程、地域性、生徒の学習履歴などによって、そのときに生徒に育みたい能力・態度は変わってくるだろう。

2つ目は、生徒にデザインシンキングを身につけさせたい。私は、アメリカのSTEM教育の視察の中で、The New York Academy of ScienceにあるGlobal STEM Allianceにてデザインシンキングに関する研修を受けた。デザインシンキングはフレームワークであり、身近な社会課題を解決していく



「すべ」を生徒 Global STEM Alliance でのワークショップたちに身につけさせるものである。図1のように、10のステップに分けられ、このステップに基づいて学習活動を行っていく。これは、児童生徒が行う科学の自由研究に例えれば、計画を立てて、予想し、実験してみるものの、プロセスにおいて別の課題が見つかって、軌道修正を重ねながら、ある一定の結論を見出す学習の流れのようである。このように、試行錯誤するこ

- 1 Research (リサーチ)
- 2 Brainstorm (ブレインストーム)
- 3 Design (デザイン)
- 4 Plan (計画)
- 5 Build (ビルド)
- 6 Test (テスト)
- 7 Analyze (分析)
- 8 Iterate (反復)
- 9 Refine (リファイン)
- 10 Present (プレゼン)

図1 デザインシンキング

とで成功や失敗体験から多くを学びとり、子どもたちにとって当事者意識を育み、達成感や充実感につながるだろう。

さて、どのような方法でスキル・コンピテンシーを身につけさせることができるのだろうか。それは、今回のテーマであるSTEM教育を核として、学校が社会とのつながりを意識したPBL (Project Based Learning) を通して、各教科で学習した知識・技能をフル稼働させ、協働してアウトプットしながら、生徒たち自身が新しい価値を創って楽しむことで身につけさせられると考える。しかし、そこにはただ創って楽しめばいい、ただ新しいものを創ったということで終わりにしてはいけないだろう。それは、テーマや目的に沿って創られたものであるかという評価の視点が大事であることを忘れてはいけない。例えば、成果物や活動は社会貢献に役立ったのか、環境に優しく無駄な資源を使っていないか、依頼者のオーダーに見合ったものを創ったのか、などであり、事前にその評価基準を生徒に示して学習に取り組むことが大切である。つまり、活動を通して何を育みたいかを最初に明確に生徒に示すとともに、生徒はどんな力をつけたいのか自ら意識して活動させたい。

他方、STEM教育によって教員が身につけたいマインドセットがある。それは、ファシリテーターとしての意識をもつことである。どうしても、各教科の授業では、教員は知識伝達者であり、生徒は知識を教えてもらう、という関係が成立してしまいがちである。しかしながら、STEM教育の授業では、教員も生徒と一緒に正解がない問題に挑戦し、各教科で学習した知識を活かして、最適解を求める教育活動となるので、教員はファシリテーターの役割を担うことが求められ、そのためにはマインドセットを変える必要がある。教員は生徒のプロセス、思考

や行動をよく観察し、学習活動を促していくことで、生徒に学びの楽しさを感じてもらうとともに、教員も一緒に楽しんで教育活動を行っていかれたらと考える。

3 ◆ STEM教育の定義

CRET が提案した STEM 教育の定義として、

- ・理数系分野を中核とした学際的・教科横断的な学び
- ・知識を統合的に活用しながら実社会の問題解決をめざす学び
- ・知識・技能だけではなく関心・意欲・態度も高まる学びの3要素を満たす学び

とすることとしており、ここでも3要素を定義とする。

そのように定義したうえで、実践で気をつけることとして、

- ・答えは1つではなく最適解を見つける活動とし、何らかの成果物を創ること
- ・事前に活動の目的と生徒に育てたい能力を明確にすること
- ・活動がPBLであり、主にグループ活動とすることとする。

4 ◆ STEM教育の具体的実践例

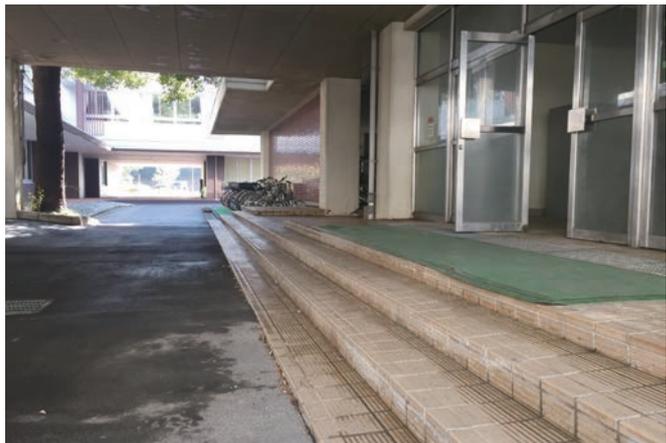
まず、授業を設計するため、テーマと目的、場面設定を考える。生徒は活動の方向性のよりどころをもつことで、グループでの活動方針を明確にさせることができ、生徒たちがその目的を意識して活動できたかを教員が最終的に評価しやすくする。また、地域特性、生徒の学習履歴及び問題意識を吟味し、生徒の問題意識とかけ離れた場面設定でないようにする。もちろん、STEMであるから、評価の視点を数学、理科、技術・家庭科の視点をもって行うことも必要と考える。ただし、必ずしもS(科学)、T(技術)、E(工学)、M(数学)のすべてを入れる必要性はないと考える。

次に、生徒が課題を発見し、そこからどのように課題解決をしていけばいいのか話し合い、計画・仮説を立て、実際にモノを創ってテストしたのち、自分たちの計画・実行を振り返り、生徒全員の前で発表する一連の流れを一単位として、教育活動を展開する。最終的には、教育活動が社会とつながっていることを生徒に実感させたい。

以下、PBL (Project Based Learning) の取り組みにおいて、デザインシンキングを活用したSTEM教育の展開事例を2つ紹介する。

(1) STEM実践例『スロープを作ろう』

テーマ「福祉」 目的「貢献する」



生徒昇降口

場面設定

私は中学校3年生です。来年度、中学校に入学してくる子どもに車いすを使う子がいると聞きました。そこで、学校の昇降口を調べたところ3段の階段になっていてバリアフリーになっておらず、登下校のためにスロープが必要だと考えました。

① 計画を立てる

- ・スロープの最適な角度は何度か、商業施設、福祉施設などのスロープの角度・長さを調査する。
- ・スロープの水平の長さはどこまで伸ばせるか、昇降口の周囲の状況を調査する。
- ・150kgまで耐えられる材質は何かを研究する。
- ・車いすについて調べる。

② つくる

- ・3段の階段の模型を作り、スロープの設計図を描き、模型を作ってテストする。
- ・模型でテストした結果を基に、実際に作成する大きさの設計図を描くとともに、最適な材料を集める。
- ・材料を組み立て、強度は大丈夫か、何度もテストと分析を繰り返す。

③ 振り返る・プレゼンする

- ・角度、材質など、どこに焦点を当てて作ったのかグループで話しあい、ポスターやプレゼンソフトにまとめる。
- ・まとめた結果をみんなの前でプレゼンする。
- ・実際に創ったものを設置し、学校・保護者の了解の基で、使用する。

④ 教員の評価の視点

- ・課題設定はテーマ・目的に合っているのか、「貢献する」ことをどのようにグループで捉えたか。
- ・スロープの角度、材質、素材、設計図など、S,T,E,Mの視点で考察していたか。
- ・どのようなスキル・コンピテンシーが身についたか。(事前に生徒にどのような力をつけてほしいか明確にする。)

(2) STEM実践例『ネギフェスに出店しよう』

テーマ「地域社会」 目的「地域を活性化する」

場面設定

私の住んでいる市は、ネギの主な産地で他市に多く出荷しています。自分の通っている学校から、地域のお祭り「ネギフェス」に出店することになりました。そこで特産品であるネギを使った料理のレシピを創り、食べやすさ、作りやすさ、栄養面など様々な魅力をアピールしつつ、出店して地域を盛り上げたいと思います。

① 計画を立てる

- ・ネギの栄養分、人気のネギ料理は何かを調査する。
- ・これまで出店した他のお店に食数、値段などをインタビューする。
- ・何食分作るかを決め、仕入れの量を計算し、価格設定する。
- ・ネギの栽培方法、旬の時期、品種などについて調査する。

② つくる

- ・食べやすさ、作りやすさ、栄養分、値段を考慮して、レシピを考案する。
- ・調理実習で作って実食会を開き、地域・大人・子どもの人から感想をもらい、さらによりよいレシピを考える。

③ 振り返る・プレゼンする

- ・レシピ、作りやすさ、感想などについてグループで話し合い、ポスターやプレゼンソフトにまとめる。
- ・まとめた結果をみんなの前でプレゼンする。
- ・一番評価を得たレシピで料理を作って出店する。

④ 教員の評価の観点

- ・課題設定はテーマ・目的に合っているのか、「地域の活性化」をどのようにグループで捉えたか。
- ・材料の量の計算、値段設定、栄養分の効果的な吸収など、S, T, E, Mの視点で考察していたか。
- ・どのようなスキル・コンピテンシーが身についたか。(事前に生徒にどのような力をつけてほしいか明確にする。)

5 ◆ まとめ

STEM教育は、身のまわりにあるものすべてがプロジェクトになりうる。その地域・土地に合った状況や問題を解決するためにどうすべきかを、学校・教員・児童生徒・保護者・地域の方々が一緒になって考えられるところにおもしろさがある。そこに当事者意識が芽生え、自分たちの学校・地域に愛着がもてるようになり、学校での学びが社会や地域と近づいていくのではないだろうか。そして、生徒に世の中により良い変化を与えられる力・態度を育てていきたい。

STEMのよさは、公正で、個別最適化の学びを実践でき、生徒一人一人に合った教育の展開が可能となる点である。また、絶対的な解がなく、最適解を見つける活動なので、その過程・プロセスをほめていける環境をつくりやすい。さらに、教員も一緒になって学ぶ姿勢を持って取り組むことで、指導スキルの向上が図られ、各教科の学びの必要性を生徒に再認識させられることにつながると思う。

6 ◆ おわりに

さいたま市教育委員会では STEAMS (最後の S はスポーツ) として、教科横断、融合した学びの教育活動の展開を図っている。

また、さいたま市立大宮国際中等教育学校では、中等5、6年生で3つのコースに分かれた1つをSTEMコースとして、STEMのおもしろさを味わえるようなコースを設定する。コースのスタートは3年後であり、現在、学校全体がコースの活動計画を設定し、これまでになく新しい取り組みとなるよう準備を進めている。生徒の成長のため、社会のため、世界のためになれるよう本校においてもSTEM教育を盛り上げていきたい。



大宮国際中等教育学校の外観

Ⅲ STEM 教育の実践例

～小学校理科「電流がつくる磁力」を事例に～

東京学芸大こども未来研究所 専門研究員

木村 優里 / きむら ゆうり

東京学芸大学教育学部卒業。民間企業、立教大学理学部プログラム・コーディネーターなどを経て現職。社会人大学院生として、青山学院大学大学院社会情報学研究所博士前期課程修了、東京理科大学大学院科学教育研究科博士後期課程修了。博士（学術）。主な研究関心分野は、科学教育、理科教育、サイエンスコミュニケーション、STEM 教育。CoSTEP 4 期生。福井県出身。



1 ◆ はじめに

理科教育において、授業で実社会・実生活との関連のある話題を導入したり、実社会・実生活の場面や状況を反映した課題設定をしたりすることが重要であることはよく知られている（内海・磯崎・中條，2011；小林他，2019）^{1・2}。これは、実社会・実生活との関連付けが理科の真正な学びを実現するために効果的であるということである。STEM 教育と理科教育の接点を見出すならば、まさにこの点であろう。

これまでの理科教育では、実社会や実生活の文脈を導入しつつも、自然の事物・現象に関する問題を中心的に扱い、その問題を科学的に解決することを通して理科の資質・能力を育成するという学習が設計されてきた。これは、理科の問題に対して、理科の見方・考え方を働かせる学習である。しかし、こうした理科の見方・考え方を働かせる必要性は、理科の問題解決の場面に限ったことではないだろう。たとえば、社会的な問題に取り組む場面においても、理科の見方・考え方を働かせたり、理科の資質・能力を活用したりして、問題を解決できるようになることが期待されているといえる。それは、これからの時代を担う人材には、科学技術の発展に伴う社会の急速な変化に対応すること、つまり、それに応じて生じる問題を解決するためのイノベーションを創出できることが求められているためである。つまり、これからの理科教育では、実社会や実生活の問題解決のために、理科の見方・考え方を働かせたり、育成された理科の資質・能力を活用したりするという側面も見据える必要があるといえるのではないだろうか。

しかし、こうした実社会・実生活における問題を解決するためには、領域固有のアプローチだけではなく、学際的なアプロ

チが必要であるとされている。そこで、理科の学習に、S・T・E・M の各分野を統合的に推進していく STEM 教育を導入し、「実社会や実生活における問題解決という文脈の中で理科の資質・能力を育成し、社会的な問題解決のためにそれを活用する理科の授業」を設計し、実践を試みた。

2 ◆ 本実践におけるSTEM教育の捉え方

本実践では、STEM 教育を図 1 のように捉え、学習をデザインした。この捉え方は、「よりよい生活や社会になるようくみをデザインし問題を解決する」というエンジニアリングの活動を主軸とし、科学・技術・数学を展開するという捉え方である。これは、筆者が所属している特定非営利活動法人東京学芸大こども未来研究所の STEM 教育プロジェクトが示したものである。実社会や実生活における問題解決という文脈は、エンジニアリングの活動として位置付けることができ、本実践はそれを主軸として展開する理科の学習といえる。

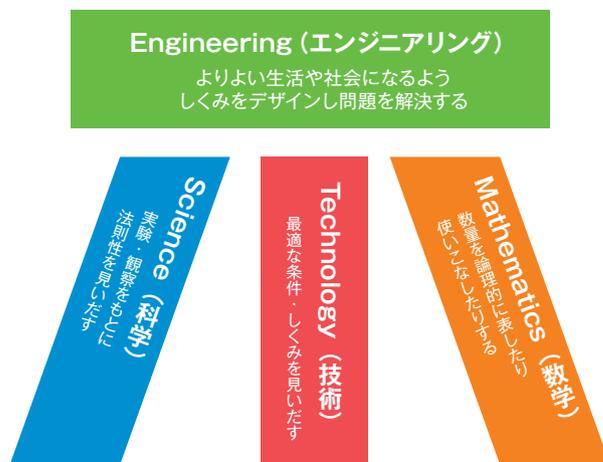


図 1 エンジニアリングを主軸とした STEM 教育の捉え方^{*3}

3 ◆ STEM教育を導入した理科の授業

3-1 STEM教育を導入した理科の学習デザイン

理科の問題解決を通して学習内容を習得することは探究的な活動であるのに対し、それを活用し、実社会・実生活における問題を解決することは創造的な活動である。本実践では、学習者がその双方を扱うべき価値のある問題として捉えて学習できるように、実社会・実生活における問題を扱うことによって学習者が理科の問題を解決する必要性を見出して探究したり、その探究活動によって習得した理科の資質・能力を学際的なアプローチの中で活用して、実社会・実生活の問題解決に向かったりする学習をデザインした。

3-2 単元「電流がつくる磁力」(小学5年生)の授業開発

実社会・実生活における問題解決という文脈で理科を学ぶために適した単元を検討した結果、エンジニアリングの活動を展開しやすく、その活動を通して理科の学習内容を習得することに適している単元として、5年生の「電流がつくる磁力」を扱うことにした。また、2020年度から小学校でプログラミング教育が必修化されるという状況や、プログラミングはSTEM教育の中でもとりわけ注目されている分野であることから、プログラミングも取り入れた教材を開発した。

各社の教科書で示されている「電流がつくる磁力」の学習は、導入で電磁石というものを紹介し、電磁石をつくってその性質を調べてみようという流れで、電流を流すと磁石になる(磁力が発生する)ことや、永久磁石と違って電流を流したときだけ磁石になること、永久磁石と同様に極があること、乾電池の個数(電流の強さ)やコイルの巻数を変えると電磁石の磁力の強さが変化すること、などの性質を学び、最後に電磁石を用いたものづくりをする、という流れが一般的である。教科書によっては、導入でリフティングマグネットなどの電磁石の活用例を紹介している場合もあるが、性質を調べるときには「電磁石をつくって鉄を引きつけてみましょう」「電磁石には磁石のようにN極・S極があるのだろうか?」「電磁石の極を変えるためにはどうすればいいか?」「電磁石をもっと強くするためにはどうしたらいいか?」といった探究のための問いのみが用意されており、実社会や実生活とのつながりを意識したような問題設定にはなっていないことが伺える。

そこでこの単元に、実社会・実生活における問題として、ゴミや資源の収集及びリサイクルと将来の就労人口不足という文脈を導入し、教科書で提示されているこれらの探究の問いが、エンジニアリングの活動の中で感じた必要性がきっかけとなって引き出されて学習が展開されるように工夫した。また、理科の授業として、学習内容が学習指導要領に準拠するよう配慮した。

3-3 授業計画

授業時数は13時間を想定し、授業計画を立案した(表1)。前半の8時間では、資源ゴミとして回収されている缶に着目し、リサイクルするためにスチール缶とアルミ缶を分別するという課題を設定した。既習事項である磁石にくっつくものの特徴を想起させながら、缶の分別方法について検討させた。そして、リサイクルするためにはアルミ缶とスチール缶を仕分けた後、それぞれ集める必要があることなどを踏まえて、どのようなしくみがあればよいかを考えさせた。その上で、ゴミ処理場で分別した鉄を持ち上げるために使用されている機械としてリフティングマグネットを紹介し、班ごとにブロック教材でリフティングマグネットを製作させた(図2)。まず、電流を流すと鉄がくっつき、電流を止めると鉄が離れる現象を確認し、鉄とアルミの分別に取り組ませた。その後、リフティングマグネットの特徴をまとめ、電磁石という用語を示して、その性質についてまとめた。

表1 「電流がつくる磁力」の授業計画

次	時	学習活動
1		【課題】リサイクルするために缶を分別する
	1	缶を分別する方法を考え、リフティングマグネットをつくる
	2	リフティングマグネットで鉄とアルミを分別する
		【課題】効率的に缶を分別する
	3	電池の個数(電流の大きさ)及びコイルの巻き数と電磁石の磁力の強さの関係を調べる
	4	リフティングマグネットを改良し、効率的に分別する
		【課題】リフティングマグネットを自動で動かす
	5-6	プログラミングでリフティングマグネットを自動化する
2	7	プログラミングを改良し、より効率的な動きにする
	8	自分たちのリフティングマグネットを発表する
		【課題】プログラミングでゴミ収集車を自動化する
	9-10	ゴミ収集車をつくり、プログラミングで自動化する
	11-12	道順を工夫して、効率的にゴミを回収する
13	自分たちのゴミ収集車をその道順を発表する	

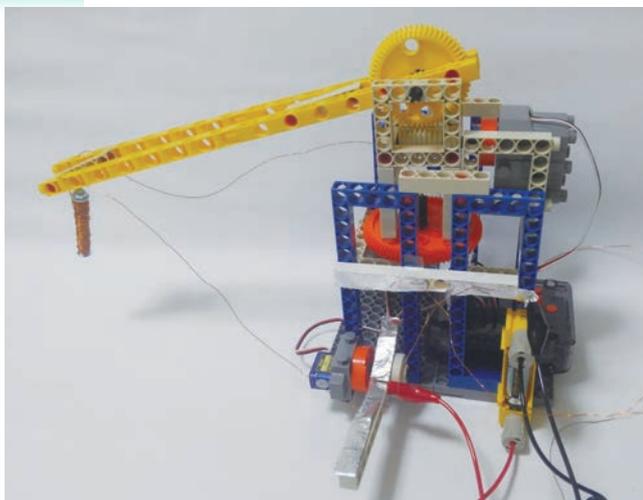


図2 ブロック教材で製作したリフティングマグネット

次の課題として、年間の缶の回収量などを提示し、より効率的に分別するためにはどうすればよいかという課題を設定した。まずは自由に方法を考えさせた上で、その中から電磁石の磁力を強くするという方法を取り上げた。電磁石の磁力は何と関係あるかを予想させて、電池の個数（電流の大きさ）及びコイルの巻数と電磁石の磁力の強さの関係について、変える条件・変えない条件を決めて実験によって調べさせた。その後、実験結果に加えて、最初に自由に考えた方法も取り入れて、より効率的に仕分けができるリフティングマグネットに改良させた。

さらに、ゴミ処理にかかる費用の内訳で人件費の割合が高いことから、機械化や自動化できる作業に着目し、リフティングマグネットをプログラミングで自動化する課題に取り組みさせた。まずは実際に動いている様子を観察して再現し、それから効率的に仕分け作業ができるように工夫させた。ここまでのまとめとして、鉄をリサイクルするためにリフティングマグネットで分別するという課題の成果を班ごとに発表させた。最後に前半のまとめとして、リフティングマグネットに活用されている電磁石の性質を振り返り、その特徴や有用性の側面に焦点をあてた。

後半の導入として、2030年には日本の就労人口が644万人不足するという調査結果^{*4}を提示し、AIやロボットといかに協業できるかという視点から、ゴミや資源の収集及びリサイクルについて考え、ゴミ収集車に着目させた。そして、後半の5時間では、こうした背景を踏まえてプログラミングでゴミ収集車を自動化するという課題を設定した。そこでまず、ブロック教材でゴミ収集車を製作し（図3）、決められたルートで自動走行できるようにプログラミングをさせた。ゴミ収集車の動きを制

御できるようになったところで、実際の交通規則を意識したコースを提示し（図4）、どのような道順でゴミを回収すれば効率が良いかを考えさせた。その後、実際にプログラミングでゴミ収集車を自動で動かし、試行錯誤を繰り返しながら、効率的にゴミを回収するために最適化した道順とそのプログラミングについて班ごとに発表させた。最後に全体のまとめとして、リフティングマグネットには電磁石が活用されていることと、その性質や特徴を確認した。さらに、その電磁石はゴミ収集車にも活用されていることを伝え、どこに活用されているか考えさせた。その上で、モーターを分解した写真を提示して、電磁石が活用されている様子を確認し、電磁石だからこそモーターが回転したり、その動きをプログラミングによって制御したりできることに焦点をあてることで、実社会や実生活の問題を解決するために、電磁石の性質（理科の学習内容）が活用されているという気づきを促した。

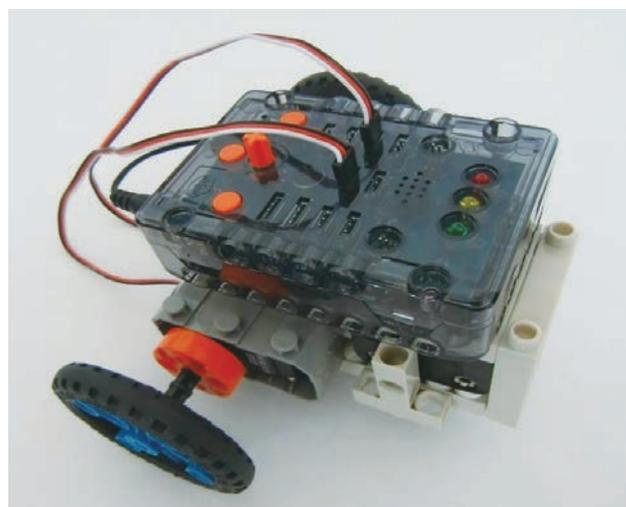


図3 ブロック教材で製作したゴミ収集車

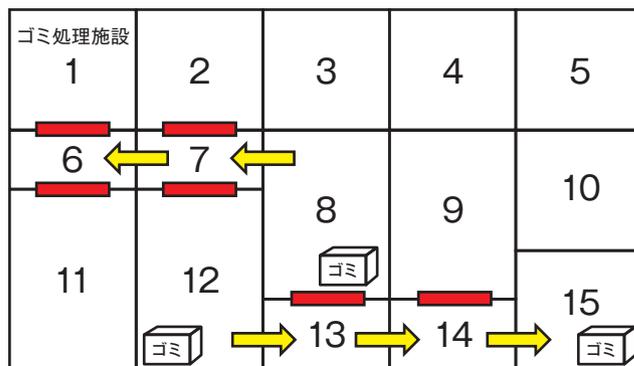


図4 ゴミ収集車がゴミを回収する課題で使用したコース

4 ◆ 実践事例

4-1 実践の概要

2019年10月末から11月にかけて、東京都中野区にある新渡戸文化小学校の5年生2クラスを対象に授業を実施した。授業時間数は1クラスあたり13時間。参加児童は授業で使用したブロック教材やプログラミングに本実践で初めて取り組んだ。

4-2 実践における児童の活動の様子と考察

リフティングマグネットにより効率的に缶を分別するにはどうすればよいかという課題では、「電磁石の磁力を強くする」「電磁石の数を増やす」「鉄がくっつく面積を広くする」「リフティングマグネットの動きを速くする」などの意見が出た。

これは、エンジニアリングの活動に取り組む中で「電磁石の磁力を強くする」という意見が出たことをきっかけに、理科の問題を解決する必要性を見出して探究することにつながった場面である。実社会や実生活における問題解決という文脈によって科学的探究の必要性が生まれ、そこから電磁石の強さは何と関係があるのかを予想し、電池の個数（電流の大きさ）及びコイルの巻き数と電磁石の磁力の強さの関係を科学的に調べることで、理科の学習内容の習得に至った。また、児童らはこの課題に取り組む中で、電磁石には鉄がくっつく場所が2か所あるということを発見した。これは、どのようにしたら一度にたくさんの鉄がつくかを試行錯誤している中で発見された。この発見によって、永久磁石と同じように電磁石には2つの極があるということにも気づくことができた。

また、「鉄がくっつく面積を広くする」という意見からは、児童らが、電磁石には鉄がくっつかない部分があるということを理解していたということが読み取れる。これは、その前の課題に取り組んだ際に、リフティングマグネットに鉄がくっつくかどうかを注意深く観察していたときに発見されたものである。鉄がくっつくのは電磁石の先端の鉄心（ネジ）の部分だけであるということ、つまり電磁石に磁極があり、それがどの部分かということを経験的に理解していたということになる。そしてさらに、その性質をふまえて実社会・実生活の問題解決の方法を検討することができていたということを示している。

一方で、「リフティングマグネットの動きを速くする」といった意見は、理科とは直接関係のない意見である。しかし、効率的に缶を分別するという課題解決の糸口としては妥当なも

のである。たとえば、いくつかの班では、リフティングマグネットを動かす可動部に持ち手をつけて操作性を向上させたり、モデルに組み込まれているギアの大きさを変えたりすることで、鉄をくっつけて移動して放すまでの一連の動きの繰り返しを速くできるようにして、効率化を図っている様子が見られた。各班の改良したモデルには、こうした理科とは直接関係のない改良も複数見られた。これは、この授業において理科の枠にとらわれることなく、STEM教育特有の学際的なアプローチへの橋渡しがなされていたことを示すものであろう。つまり、そうした多様な観点の一つとして理科の見方・考え方や資質・能力を活用できていたということである。従来の探究が中心の理科の授業では正解が明快な分、教師側がそれ以外のアプローチに注意を払わないことも多いのではないだろうか。そうすると学習者は、今は理科の時間だから理科とは関係のない観点は不正解なんだ、ということを経験してしまいかねない。だからこそ、STEM教育の枠組みを導入し、実社会や実生活の問題解決のために活用できるという側面を理科の授業でも見据える必要があると考える。

電磁石を使って何かを便利にしたり、役に立つようなしくみをつくれないだろうか？という問いに対しては、「ロケットを打ち上げる」「ドローンで金属をとる」「宇宙ゴミを回収して落とす」「マグネット電車」「金庫（電磁石でロックする）」などのさまざまな案が出てきた。電磁石の特徴を踏まえたものもそうでないものも混在していたが、別の実社会・実生活の問題にも理科の見方・考え方や資質・能力を活用しようという様子が伺えた。理科が実社会・実生活の問題と関わっているということが実感できたのではないだろうか。 ❖

参考・引用文献

- *1 内海志典，磯崎哲夫，中條和光．(2011)．高等学校化学における「実社会・実生活」との関連を重視した指導に関する研究：「文脈に基づいたアプローチ」を導入した教材とその効果．科学教育研究，35(3)，234-244．
- *2 小川博士，高林厚志，池野弘昭，竹本石樹，平田豊誠，松本伸示．(2019)．実社会・実生活との関連を志向する真正の学習論に着目した中学校理科の単元開発とその実践．理科教育研究，59(3)，345-356．
- *3 特定非営利活動法人東京学芸大こども未来研究所 HP [http://stem.codomode.org/ (2019/11/30)]
- *4 パーソル総合研究所・中央大学「労働市場の未来推計 2030」 [https://rc.persol-group.co.jp/news/files/future_population_2030_3.pdf (2019/11/30)]

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7回となります。

塩野直道記念 第7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17,821件の作品が届きました。海外からも27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
- 清水 静海 帝京大学教授 / Rimse 理事
- 平上 一孝 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 理事・副学長
委員	伊藤 由佳理	東京大学 教授
	桜井 進	サイエンスナビゲーター®
	藤田 岳彦	中央大学 教授
	蒔苗 直道	筑波大学 准教授
	吉川 成夫	國學院大學 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

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 (2019年11月24日, 東京・アルカディア市ヶ谷)

<受賞者一覧> 第7回「算数・数学の自由研究」作品コンクール

最優秀賞

塩野直道賞
小学校低学年の部

僕たちの未来（身長は、何cmのびるのか）
大阪府 賢明学院小学校2年 福里 浩平

塩野直道賞
小学校高学年の部

グラフでわかるバドミントン
京都府 京都聖母学院小学校4年 井上 ももこ

塩野直道賞
中学校の部

目のバランスは人物イラストの年齢に影響する？
三重県 三重大学教育学部附属中学校3年 大川 楓香

塩野直道賞
高等学校の部

正n角形ねじり折り - 折り方の総数の一般化と「とやまブランド」の魅力発信 -
富山県 富山県立富山中部高等学校3年 舘盛 陽香, 藤山 瞳, 山口 天音

文部科学大臣賞

ヴァイオリンソナタ第1番「雨の歌」の数学的分析から見る作曲者ブラームスの心象風景
～気象観測値と楽譜の周波数変換値を用いた時系列データの類似度比較～
千葉県 千葉大学教育学部附属中学校1年 横内 敬文

Rimse 理事長賞

ミャンガットからの贈り物
～二項係数, パーゼル問題, ネイピア数をつなぐ等式の発見～
東京都 海城高等学校2年 島 倫太郎

読売新聞社賞

打球のヒットゾーンを考える
埼玉県 埼玉大学教育学部附属中学校1年 伊良波 里紗

内田洋行賞

人間でいうと何才？
佐賀県 鳥栖市立弥生が丘小学校4年 八尋 瑛登

学研賞

家にあるえんぴつは10年分!？
京都府 洛南高等学校附属小学校1年 江藤 実桜

日本数学検定協会賞

“雨傘の形”と“値段”は相関するか？
大阪府 四天王寺中学校2年 磯部 万智

審査委員特別賞

なつやすみのきよくをつくろう
香川県 香川大学教育学部附属高松小学校1年 松岡 桃香

審査委員特別賞

縦横ぴったり人間は誰だ! ～身長と腕を広げた長さを比べよう～
熊本県 天草市立本渡北小学校5年 岡部 文香, 松本 望愛

審査委員特別賞

嘉瀬川はどの位の雨で氾濫するのか
佐賀県 佐賀大学教育学部附属中学校3年 大島 侑子

審査委員特別賞

円周率の近似（新公式？）
神奈川県 桐蔭学園中等教育学校6年 畑 悠貴

👑 奨励賞

Rimse 奨励賞 小学校低学年の部

作品タイトル	学校名	学年	受賞者氏名
「あ」「め」「ぬ」はそっくり?!	東京都 暁星小学校	3年	阿保 雄也
きょうりゅうになりきれの重り	東京都 品川区立大井第一小学校	1年	鷲森 蒼一
最短きよりで移動しよう! ~道は何通り?~	東京都 白百合学園小学校	3年	若杉 怜奈
おじいちゃん、俳句は絶対なくならないよ -算数が教えてくれたこと-	京都府 洛南高等学校附属小学校	2年	幾野 叡
飛行機から見た東京湾 ~どれだけ遠いの?~	京都府 洛南高等学校附属小学校	3年	竹内 音羽
財布を軽くする支払いの知恵	大阪府 大阪教育大学附属池田小学校	3年	流川 昊軒
月のうさぎの大きさは?	兵庫県 仁川学院小学校	3年	石野 芽衣子
九九を使っているいろいろなまようを作ろう	奈良県 奈良学園小学校	3年	江川 千紗
はやく家に帰りたい!!	ジュネーブ ジュネーブ日本語補習学校	3年	安井 凜

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
遠近法 面白写真でみんなを驚かせよう!	埼玉県 さいたま市立常盤小学校	6年	村上 惺南
フィボナッチが教えてくれた! 数とうずまきのヒミツ	千葉県 千葉市立海浜打瀬小学校	5年	田口 湊音
ピッチャーの投げる球はコースによって 打たれにくい場所があるか?	静岡県 浜松市立内野小学校	5年	松井 信鷹
大きな黄身で美味しい目玉焼き	京都府 京都教育大学附属京都小中学校	6年	森岡 葵早
織姫と彦星は本当に遠距離恋愛なのか	大阪府 吹田市立千里たけみ小学校	6年	峯 莉暖
エスカレーターは、1列? 2列?	兵庫県 小林聖心女子学院小学校	6年	細谷 美優花
「まわり将ぎ」をもっと面白くするための科学	兵庫県 太子町立龍田小学校	4年	山本 彩奈
百人一首の傾向を数字で考える	兵庫県 仁川学院小学校	5年	松本 佳寛
サッカー J3 リーグ 得失点の秘密	香川県 高松市立三溪小学校	4年	明神 蓮
自動車ナンバーについて	熊本県 熊本大学教育学部附属小学校	4年	大多和 さや子

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
ジェンガって意外と倒れない？	北海道 北海道教育大学附属札幌中学校	3年	高桑 隆聖
どの手段を使うべき？ ～私は、一秒たりとも無駄にしたいくないんだ！～	岩手県 岩手大学教育学部附属中学校	3年	佐々木 大輝, 立花 空知
点字はもっと改善できるのではないか	秋田県 秋田県立秋田南高等学校中部	3年	伊藤 温翔, 工藤 丈, 高橋 滉正
正しいアトラクションの回り方 ～テーマパークを遊び尽くそう！～	山形県 山形大学附属中学校	2年	中西 美文
「並んだ数」と「階乗！」と「累乗」の関係	新潟県 新潟市立内野中学校	1年	門脇 直矢
ノータッチでフリースローを決めろ！	東京都 東京学芸大学附属世田谷中学校	2年	西川 英理紗
成長による顔の変化を数学で見える化する！ 僕はイケメンになった？	愛知県 愛知教育大学附属岡崎中学校	2年	柴田 悠翔
浸水防止シート「パツとくん」の製作	山口県 山口大学教育学部附属山口中学校	3年	高木 鈴世
J.S.Bach に数学で挑む	宮崎県 宮崎大学教育学部附属中学校	3年	日高 陽暉
君ならアルキメデスの立体の、頂点を一筆書きで回れるかい？ 半正多面体上のハミルトン閉路探索	沖縄県 沖縄県立球陽中学校	2年	上地 明徳

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
NIM の発展ルールを考える	群馬県 群馬県立高崎高等学校	3年	山根 那夢達, 栗原 草太郎
Xorshift の研究	東京都 筑波大学附属駒場高等学校	3年	笠村 卓矢
三角形の内心の n 次元空間への拡張	東京都 東京学芸大学附属高等学校	3年	青柳 俊吾
コッホの雪片を n 次元化してみたかった。	東京都 東京都立西高等学校	2年	澤山 智貴
平行移動 m のスーパー完全数で、 m が 6 の倍数のときについて	東京都 広尾学園高等学校	3年	菊地 能乃
周期関数の級数表現とその応用	愛知県 愛知県立旭丘高等学校	1年	手塚 亮佑
数学を使って、音楽を作ってみた。 ～ヤニス・クセナキスに触発されて～	京都府 立命館宇治高等学校	1年	廣澤 考治
球面と平面	大阪府 大阪星光学院高等学校	3年	山田 達也, 続木 丈
記数法の変換 ～暗号への活用～	広島県 広島大学附属高等学校	1年	森山 颯達
三角形＝チェバの定理・メネラウスの定理を ぶっこわせ！！	宮崎県 宮崎県立五ヶ瀬中等教育学校	4年	穴井 拓海

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
福島県	いわき市立高坂小学校	3	島倉 汐里
東京都	白百合学園小学校	3	小杉 怜子
岐阜県	岐阜市立長森北小学校	1	渡瀬 月咲
京都府	洛南高等学校附属小学校	1	竈 貴仁
		1	杉田 龍一
		1	千菊 隆志
		1	高川 眞輝
		2	青柳 暁
		2	山本 真央
		3	幾野 和心
大阪府	大阪教育大学附属池田小学校	3	加藤 裕之
	関西大学初等部	1	馬場 奏衣
		3	大澤 由佳
兵庫県	仁川学院小学校	1	保本 篤宏
鳥取県	鳥取大学附属小学校	3	渡邊 寧々
福岡県	福岡教育大学附属福岡小学校	1	川本 結子
長崎県	長崎大学教育学部附属小学校	2	渡邊 真博
熊本県	熊本市立画図小学校	2	草野 琥白
	熊本大学教育学部附属小学校	1	増田 千彩
鹿児島県	鹿児島大学教育学部附属小学校	2	上下 悠花

大阪府	大阪教育大学附属池田小学校	4	岩井 飛祐
		4	川畑 理桜
		5	角 創太
	関西大学初等部	4	岩根 佳悠
兵庫県	高槻市立北清水小学校	4	押田 祐介
	小林聖心女子学院小学校	6	村上 満保
	仁川学院小学校	5	平 愛
鳥取県	米子市立明道小学校	6	今岡 歩未
岡山県	岡山大学教育学部附属小学校	6	末光 由季
福岡県	北九州市立黒崎中央小学校	6	遠藤 朱莉
	久留米市立大橋小学校	5	今村 文佑乃
	福岡教育大学附属小倉小学校	5	吉川 紗良
	福岡市立城南小学校	4	白奥 育
佐賀県	佐賀大学教育学部附属小学校	4	香月 洸太
長崎県	長崎市立福田小学校	6	松尾 咲歩
熊本県	天草市立本渡北小学校	5	赤松 希星, 松下 仁大
宮崎県	宮崎市立宮崎西小学校	5	荒川 美咲樹
鹿児島県	鹿児島市立南小学校	5	楠元 結慎
	肝付町立内之浦小学校	4	橋口 真桜
沖縄県	浦添市立神森小学校	6	内山 藤次朗

小学校高学年の部

学校名		学年	氏名
北海道	札幌市立北九条小学校	4	北川 慧
岩手県	盛岡市立土淵小学校	4	藤井 翔子
茨城県	茨城大学教育学部附属小学校	5	丹野 朔杜
千葉県	千葉市立若松小学校	6	大島 明日香
東京都	暁星小学校	4	山崎 一輝
	白百合学園小学校	5	吉川 桜子
	立教小学校	5	飯島 健仁
富山県	富山大学人間発達科学部附属小学校	4	岡部 圭太
		4	室谷 勇仁
福井県	福井大学教育学部附属義務教育学校前期課程	6	河崎 咲歩
長野県	信濃町立信濃小中学校	6	服部 宇芽
岐阜県	美濃加茂市立山手小学校	5	岸 直史
愛知県	小牧市立小牧小学校	5	清水 璃桜
	名古屋市立大高北小学校	5	榊原 大和
京都府	京都教育大学附属京都小中学校	6	森本 光咲
	京都市立陵ヶ岡小学校	5	中村 瞭斗
	京都聖母学院小学校	4	赤井 奈央理
		4	砂畑 有咲
		4	破田野 智皇
	同志社小学校	4	梅村 ゆり
洛南高等学校附属小学校	4	高島 瑞生	
兵庫県	神戸大学附属小学校	6	鈴木 葉瑠子

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	中島 桜
宮城県	宮城県古川黎明中学校	1	伊藤 聡真
秋田県	秋田大学教育文化学部附属中学校	1	平澤 怜大
茨城県	神栖市立神栖第一中学校	3	高島 美涼
埼玉県	埼玉県立伊奈学園中学校	2	大山 遥香
	大妻中学校	2	宮西 咲凜
	海城中学校	3	打越 柊哉
	芝浦工業大学附属中学校	1	正村 壬賀佐
	東京学芸大学附属世田谷中学校	2	大倉 早葵
	東京都立小石川中等教育学校	3	松本 凜太郎, 堀内 佑, 村松 和音
		2	池田 悠乃
	東京都立富士高等学校附属中学校	3	服部 伽羅
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 成秀
岐阜県	岐阜大学教育学部附属中学校	1	香田 倫果
愛知県	愛知教育大学附属岡崎中学校	1	小山 りさ
	岩崎 成美	3	岩崎 成美
三重県	田原市立泉中学校	3	小笠原 愛
三重県	三重大学教育学部附属中学校	3	大杉 さくら
	京都教育大学附属京都小中学校	8	栞原 健人
京都府	龍谷大学付属平安中学校	2	藤原 麻衣, 岡田 真由子, 載本 結菜

大阪府	大阪教育大学附属池田中学校	2	高山 眺嘉
		2	又川 真緒
	四天王寺中学校	2	中村 美乃里
		2	西村 悠香
兵庫県	芦屋市立山手中学校	3	金児 佑奈
	伊丹市立西中学校	3	豊田 桃奈
	小林聖心女子学院中学校	3	孫 鈴葉
		3	間淵 節
	加東市立滝野中学校	3	高見 瑛真
	賢明女子学院中学校	1	黒田 千晴
		2	近藤 茉奈
2		鈴木 茉奈	
奈良県	上牧町立上牧中学校	2	印藤 大和
	広陵町立真美ヶ丘中学校	3	山本 真央
和歌山県	和歌山県立向陽中学校	1	鷹野 祥希
		2	岸田 健吾
		3	島本 真希
鳥取県	鳥取大学附属中学校	1	村口 誠仁
岡山県	岡山大学教育学部附属中学校	1	水口 陸
		2	佐野 文音
		2	森永 眞己人
広島県	広島大学附属東雲中学校	1	菊崎 沙良
山口県	山口大学教育学部附属山口中学校	1	大坂 美都
徳島県	徳島県立城ノ内中学校	3	磯部 青空, 木谷 天音, 橋本 和樹, 横島 惺
香川県	香川大学教育学部附属高松中学校	2	南部 宗摩
	高松市立龍雲中学校	2	宮武 明希
福岡県	九州国際大学付属中学校	2	松永 若菜
	福岡教育大学附属福岡中学校	1	木村 元美
佐賀県	佐賀大学教育学部附属中学校	1	池田 心晴
		1	貞包 祥汰
		1	白木 悠惺
		3	内田 美桜
長崎県	島原市立第三中学校	2	木下 智博
熊本県	熊本市立長嶺中学校	3	竹添 美咲
	熊本大学教育学部附属中学校	1	樋口 頌子
		1	吉田 有花
		1	米村 純
大分県	大分県立大分豊府中学校	1	濱川 綾子
		2	三角 アンリ
	大分市立上野ヶ丘中学校	2	藤澤 和弥
宮崎県	大分大学教育学部附属中学校	2	日高 大翔
	延岡市立島野浦中学校	1	長友 玲々
	延岡市立延岡中学校	3	江口 聖矢, 中島 悠吾, 吉田 鉄平
			小田切 馨子
	宮崎県立宮崎西高等学校附属中学校	3	岩切 智哉
3		藤原 裕也	
宮崎大学教育学部附属中学校	1	原竹 優佳	

鹿児島県	鹿児島市立伊敷中学校	1	大山 明子
	鹿児島大学教育学部附属中学校	1	倉元 俊輔
		1	立和田 美佳
		1	西 優美子
		2	大島 凪仁
		2	潟上 実麗

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	有泉 美紗貴
神奈川県	公文国際学園	2	大谷 浩太郎
富山県	富山県立富山中部高等学校	3	種谷 直哉, 中村 麻人
愛知県	椋山女学園高等学校	1	植 美咲
		3	船木 小春
大阪府	関西大倉高等学校	2	清水 智仁
兵庫県	賢明女子学院高等学校	1	山本 真琴
	神戸国際高等学校	2	藤田 朱里
熊本県	熊本県立熊本西高等学校	2	大塚 悠斗
宮崎県	宮崎県立五ヶ瀬中等教育学校	5	唐立 莉緒

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

今年の応募総数は17,821件。素晴らしいですね。このところ、宇宙ステーションから地球を眺めると田沢湖いっぱい満月が映るとか、スカイツリーのエレベーターを利用すると西から昇ったお日様が見られるとか、それを聞いただけで心動かされる作品が目立ちました。今回はそういうストレートに面白がれる作品が少なかった印象ですが、深みを感じさせるものがいくつかありました。例えば、高等学校の部で最優秀賞を受賞した作品は、富山ブランドのます寿司のパッケージの折り方をヒントに数学的に深みのある考察をしています。それよりもその考察の結果をます寿司の業者に提示して交渉するというところまで踏み込んでいたのには驚きました。文部大臣賞を受賞した作品では、ブラームスの名曲「雨の音」のバイオリン演奏を周波数とピッチ

を組み合わせたデジタルデータでの表示がある地方の雨の降水量の変化と符合するという発見を示してくれました。科学的には批判を受ける点多々あると思いますが、奥の深い物語を描き出しています。小学生の作品の中にはご父兄の手助けが見え隠れするものもありますが、お子さんの「自由」を損ねないようにしていただきたいと思います。



伊藤委員

今年もたくさんの個性あふれる作品を見ることができました。このコンクールは、日常的な疑問を算数で解決したり、身近な現象を数学の問題に置き換えて考えたりできる貴重な機会です。学校で学ぶ算数や数学とは違って、さまざまな工夫やアイデアも必要です。問題を解決するだけでなく、いろんな応用も考えられます。もし自分の力で身近な疑問が解決できたら、身のまわりで起きていることへの関心をもっと高まることでしょう。それが更なる算数や数学への興味にも繋がることでしょう。来年のコンクールでも、「こんなことを算数や数学で考えてみたよ！」という大人もびっくりするような面白い作品に出会えるのを楽しみにしています。



桜井委員

今回の応募数は過去最大でした。7年に渡り本コンクールが日本中に知れ渡ってきた証拠です。審査委員としての喜びは、応募者の皆さんの作品を通して、算数・数学をやる心に触れることにあります。心を込めて完成させた作品に驚き、衝撃そして感動させられます。本コンクールならではの醍醐味です。応募総数17,821点、挑戦した皆さんが与えられた問題を解くことでは味わえない喜びを本コンクールに参加することで体験できたはず。その体験はこれから算数・数学と付き合っていくうえでかけがえのないものになるでしょう。1人でも多くの皆さんに本コンクールを知ってもらい、参加されることを願ってやみません。



藤田委員

高校生の作品の審査を担当しました。数理そのものを調べた程度の高い数学（例えば、大学以降の数学）を用いた作品が多く見られ、例えば、 π と定積分の関係、いろいろな興味深い極限值計算、立体角に関する考察、高次曲線の接線、関数項の無限級数など面白い作品も多かったように思います。ただ、日常の数理から得られる数学を発展させるような作品が小学生や中学生の作品に比べて少なかったのは少し残念でした。次回に期待します。



蒔苗委員

時期に来ています。算数・数学の自由研究は、学校で教えてもらったことを反復練習するのではなく、自分で見つけた課題や問題を、算数・数学を使って解決していくものです。自由研究への挑戦は、これからの変化の激しい社会や、これまでよりも人間性が大切になっていく未来において、きっと役立つ経験となります。これからも、自分で考え、新しいことにどんどん取り組んでください。来年も多くの応募を待っています。

Society 5.0 という言葉がよく聞かれ、これまで人がしてきたことの多くがコンピュータや機械に取って代わられる時代が来ようとしています。算数・数学でも、今まで重視されてきた計算技能や処理がどこまで必要なのかを考え直



吉川委員

中央審査では、小学生から中学生、高校生までの作品の審査を行いました。算数・数学で学習する内容や方法を日常や生活の場面から見つける作品や、算数・数学を活用して生活や社会での問題解決に生かそうとする作品があり印象的でした。高校生の部では、数学の内容を高度に発展させる作品も多く見られました。現在の社会にはさまざまな問題がありますが、そうした問題を算数・数学を通して調べたり考えたりすることができます。問題の本質への理解がより深まるとともに、数学の面白さや素晴らしさも実感できるでしょう。多くの皆さんにチャレンジしてほしいと思います。

中央審査では、小学生から中学生、高校生までの作品の審査を行いました。算数・数学で学習する内容や方法を日常や生活の場面から見つける作品や、算数・数学を活用して生活や社会での問題



渡辺委員

中学校の部の審査を担当させていただきました。政府は昨年6月に、すべての生徒が高校卒業時まで、「理数・データサイエンス・AI」に関する基礎的なリテラシーを習得して、新しい社会の在り方や新しい製品・サービスのデザインができるように、リアルワールド（現実世界）に関心をもち、「理数・データサイエンス・AI」の知識と技能で、AI時代を生き抜く創造力を身につけてもらう教育政策を公表しました。応募された皆さんの作品は、まさにAIネイティブ世代の先導者にふさわしい、日常の気づきや社会課題をデジタルデータに変換し数学モデルとコンピュータで解決を導くもので、たいへんに頼もしく感じました。来年度もさらに腕に磨きをかけた、新しい創造力に溢れる作品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、2019年12月15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

僕たちの未来（身長は、何 cm のびるのか）

大阪府 賢明学院小学校 2年 福里 浩平



全5ページ

研究テーマ(タイトル)
僕たちの未来(身長は何cmのびるのか)

私 賢明学院 2年 福里 浩平

1. 研究のきっかけ

お母さんがちいさいころの僕の写真を
見せてくれました。写真を
うちにどうやってここまで大きくなっ
たらうと考える始めました。
それと生まれた時の足型と今くら
べて、未来の身長がわかるのかなと思
てしらべてみました。

2. 方法

- ①生まれた時の身長から今までどれ
ぐらいのびたか、生まれた時の足の
長さとのびる足の長さをくらべる。
- ②足が11cmのびたら、身長が何cmの
びるか調べる。
- ③未来の身長を調べる

実際にくらべてみる

19cm(今の足)

11cm
(7年で大きくなった数) 8cm(赤ちゃんの足)

$$\begin{aligned} & 2+2+2+2+2+2+2+2+2+2+2+2+2+2+2+2 \\ & = 11.5 \end{aligned}$$

2が11で71.5cmになります。
2に数をいれてみるたえば5

$$\begin{aligned} & 5+5+5+5+5+5+5+5+5+5+5 \\ & 71.5にならないので \times \end{aligned}$$

-3-

▲1ページ目

▲3ページ目

他的人也	生まれた時の身長	今の身長	今の足の長さ	今の足の長さの伸び
1歳	50cm	122cm	8cm	19cm 6.5
友(男)	49cm	131cm	9cm	20cm 6.308
友(女)	48cm	125cm	8.2cm	19cm 7.13

4. 研究結果

男子は足のサイズ27、女子25とし
たら、僕は174cm、友男子は175cm、友女
子は157cmです。

5. かんそう

未来の身長を調べてみて174cmになる
ためには足が27cmにならないといけない
だから、僕は、ご飯をいっぱい食べて
運動をしすいみんさんをとって、
174cm以上になりたいです。

-5-

5ページ目▶

講評

なんと言っても、自分が赤ちゃんのときの8cmの足型と現在の19cmの足型が並べられているページを見たときには感動しました。2つの足型を比べて、足の大きさと身長の伸びの関係を明らかにして、未来の自分の足の大きさや身長を推定しようとがんばりました。まだ習っていない掛け算や割り算の代わりに足し算を利用しています。自分にできる算数を駆使しようと努力しているところに、福里くんのすてきな未来の姿を感じることができます。

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/>)。

塩野直道賞

小学校高学年の部

グラフでわかるバドミントン

京都府 京都聖母学院小学校 4年 井上 ももこ



全5ページ

グラフでわかるバドミントン

京都聖母学院小学校 四年 井上ももこ

1.きっかけ

私は初めてグラフを使った時、グラフって分かりやすくいいなと思ったので利用する方法を考えました。私にとって、今一番身近なものは、バドミントンです。先日、全国大会の京都予選の決勝で惜くも負けてしまいました。その試合を父がビデオでとっていてくれました。そこから、自分はどうやって点数をとるか、またどうやって相手に点数をとられたか、グラフを使って分析してみようと思いました。

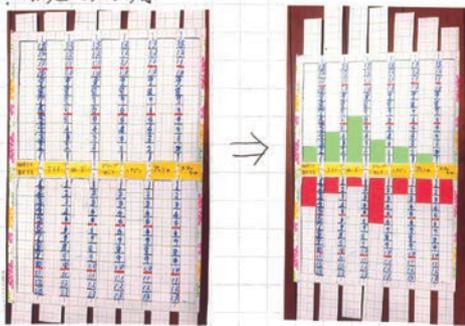
2.研究方法

- (1)3セットある内の1セット目を分析し、
- (2)何のショットで点数をとったか(とられたか)を表にしてみる。
- (3)表にしたものをグラフに書きかえる。
- (4)そのグラフを見て、自分には何が足りないのか、自分のとくいなショットは何か、課題はなせたいかを見つける。

-1-

▲1ページ目

8.研究の活用



この研究をしたことで、データをとることで試合をより深く見なおすことができ、次の試合にいかせるということがわかった。上に作った物は、試合に応えんに来てくれる方にスコアボードをつけてもらい、1ゲームごとに写真でおさめると、スコアノートにもできる。この研究をこれからのバドミントンに活かしていきたい。

-5-

▲5ページ目

3.試合内容

2019年全国小学生大会京都予選
4年生女子シングルス決勝

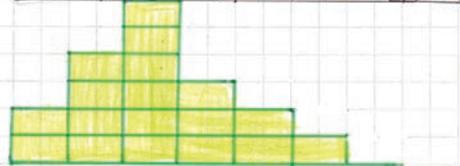
井上ももこ (18-21)

2019年7月13日 (土) 城陽体育館

4.ショット別を表グラフにする

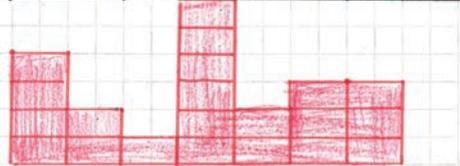
自分(井上)18点 内わけ

相手	クリ	ロブ	ドロブ	ヘアピン	スマッシュ	スマッシュ	合計
2	4	6	3	2	1	0	18



相手() 21点 内わけ

相手	クリ	ロブ	ドロブ	ヘアピン	スマッシュ	スマッシュ	合計
4	2	1	6	2	3	3	21



-2-

▲2ページ目

講評

受賞者の井上さんは、研究の動機として「私は初めてグラフを使ったとき、グラフって分かりやすくいいなと思ったので利用する方法を考えました」と述べています。本研究は、自分のバドミントンの試合の経過を表やグラフを用いて分析している点が優れています。自分と相手の得点の取り方を調べ、長所や短所を明らかにしています。数値を記入した用紙を動かすと色のついたグラフが表れる仕掛けも紹介しています。この研究をこれからのバドミントンの試合に生かしてください。

中央審査委員会



目のバランスは人物イラストの年齢に影響する？

三重大学附属中学校 3年 大川楓香

1. 研究の動機

魅力的なイラストには数学的なバランスやルールがあるのかもしれませんが、私はイラストを描くことが好きで本やYouTubeをつけてイラストの勉強をしています。私が特に興味を持っているのは人物イラストです。人物イラストの楽しいところは髪型や服装が変わっても同一人物に見える必要があることです。同一人物に見えるようにするために重要な要因となるのはキャラクターの目だと思っています。目の形がよく似ていれば髪型や服装が変わってもある程度同一人物として認識できます。また目の形には人物の特定だけではなく、男らしさや女らしさ、子供らしさや大人らしさを表すこともあります。私はここに数学的なルールがあるのではないかと考えました。あるキャラクターの目のバランスを関数で表し、そのキャラクターの幼少時代から青年期、老年期までを表現できないか検証してみたいと思います。

2. 研究の方法

(1) モデルとなるキャラクターの作成 (図1)

まずは単純な例として特徴の少ない中性的なキャラクターを作成しました。年齢的には20~30代をイメージしています。



図1. モデルキャラクター

(2) 目のバランスを関数で表す (図2)

目は2次元に描き表されるので幅を表す関数と高さを表す関数で表現することにします。

目の幅を表す関数 : $W = ax$ (aは定数) ... (式1)

目の高さを表す関数 : $H = by$ (bは定数) ... (式2)

▲1 ページ目

(3) 考察のまとめ

人物イラストの年齢に影響する要素として、目のバランスを関数で表現しましたが、それだけでは不十分であり、それに加えて目の角度やしわ、輪郭のパターンについても考慮することでより効果的な年齢経過モデルを作ることができると分かりました。

(4) 目のバランスの数式表現の見直し

私は目バランスを表す関数として、ごく単純に

目の幅を表す関数 : $W = ax$ (aは定数) ... (式1)

目の高さを表す関数 : $H = by$ (bは定数) ... (式2)

を考えました。また年齢に関係ある要素として以下のように仮定しました。

パターン1 : $(x=0.5, y=1.5)$ は10歳以下のイメージを表す

パターン2 : $(x=0.75, y=1.25)$ は10~20歳のイメージを表す

パターン3 : $(x=1.0, y=1.0)$ は20~40歳のイメージを表す

パターン4 : $(x=1.25, y=0.75)$ は40~60歳のイメージを表す

パターン5 : $(x=1.5, y=0.5)$ は60歳以上のイメージを表す

少し考えてみると、 x と y はそれぞれ年齢の一次関数として表現できると気がきます。例えば、年齢を r としたとき x と y を

$x = ar + d$ (cとdは定数、rは年齢)

$y = er + f$ (eとfは定数、rは年齢)

と表現しなおし、この式を $r=10$ (歳) の時 $x=0.5, y=1.5, r=60$ (歳) の時 $x=1.5, y=0.5$ として連立方程式を解くことで以下の式が得られます。

x を年齢 r で表現した関数 : $x = \frac{1}{50}r + \frac{3}{10}$... (式3)

y を年齢 r で表現した関数 : $y = -\frac{1}{50}r + \frac{17}{10}$... (式4)

そうすると目のバランスを表す幅 W と高さ H は年齢の関数として表現することができ、それは式1と式2に式3と式4をそれぞれ代入すると得られ、以下ようになります。

年齢 r を定数として目の幅を表す関数 : $W = (\frac{1}{50}r + \frac{3}{10})a$... (式5)

年齢 r を定数として目の高さを表す関数 : $H = (-\frac{1}{50}r + \frac{17}{10})b$... (式6)

※定数 a と b は最初に描いた絵から式5と式6を使って求めることができる定数です (W と H は絵を測り、 r は任意に設定)。

式5と式6は年齢によって目のバランスを決定する公式に他なりません。私はこの研究を通じて年齢によって人物イラストの目のバランスに関する公式を作ることができました。

▲6 ページ目

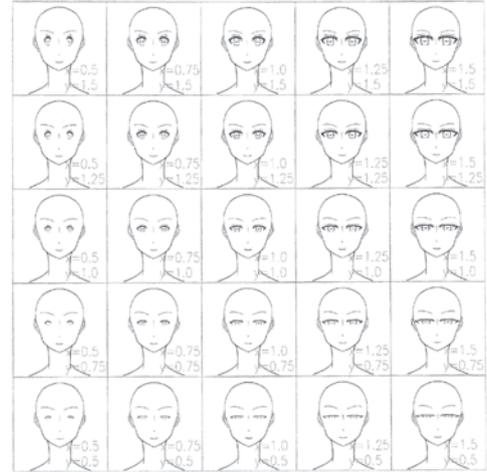


図3. x と y を0.5~1.5の間で変化したモデルキャラクター

(4) 仮説の検証方法

以下の方法で仮説を検証します。

- ・一つのキャラクターにつき10枚のイメージを作成する
- ・イメージは2行5列で配置する
- ・1行目の5イメージは目を仮説の5パターンとし、毛髪なし、その他パーツは同一とする
- ・2行目の5イメージは目を仮説の5パターンとするが、目の位置や角度は少し調整し、毛髪やその他のパーツを私の感性で作画する。
- ・作成したイメージが予想通りの年齢の印象を与えるかどうか確認する

例えば、この方法で作成したモデルキャラを図4に示します。

▲3 ページ目

講評

顔認識技術における特徴量の同定は一般に難しい問題です。イラストを描くことが好きな大川さんは、顔の印象を数学で特徴づける新しい関数とそのパラメータ表現を導出しています。とくに、年齢変化とパラメータ値との関係を導いたことは、高い評価に値します。画像から受ける視覚的印象も、デジタルな指標の数学構造で説明できることをイラストも交えてわかりやすくレポートにまとめた点も優れています。

中央審査委員会

正 n 角形ねじり折り

— 折り方の総数の一般化と「とやまブランド」の魅力発信 —

富山県立富山中部高等学校 3年 舘盛 陽香 藤山 瞳 山口 天音

1. はじめに

現在、折り紙の原理を用いた人工衛星のパネルや医療用ステントなどの開発が進んでいる。このような「小さくたんだものを大きく広げる」機構をもつ「ねじり折り」はメカニカルスイッチへの応用などの研究がされており、様々な分野への応用化にどのようなパターンがあるのかを知る必要があると考えられるが、折れる角度や折り方の総数についての研究は見られず、参考文献にも正四角形の場合に何通りあるかしか載っていなかった。そこで、ねじり折り可能な最大角度の導出と、折り方の総数の一般化を目的とした。

また、ねじり折りを応用した「ますのすし折り紙」を開発し、地元のますのすし企業（株式会社 源）と連携することで富山ブランドの発信を目指した。

2. 研究の対象とした折り方

ねじり折りとは、紙をひねって折り込む構造をしていて、完全に折りたたむと平坦になる折り方である。この研究では、内側と外側の図形が相似した正 n 角形である折り紙について考えた。正三角形、正四角形、正五角形の例を図 2-1、2、3 に示す。

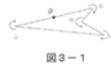




3. 用いた定理

(1) 前川定理

平坦折り可能な展開図の一つの頂点に集まる山折りと谷折りの数は 2 である。



(2) 大小の角

一頂点平坦折りの隣り合う二つの角 θ_{i-1} , θ_i , θ_{i+1} の関係が $\theta_{i-1} > \theta_i < \theta_{i+1}$ であるならば、角の隣の 2 本の折り線の山谷は異なる。



▲1 ページ目

内部の正 n 角形の山谷の決め方を考える。すべての辺について山か谷かの選択をすること、正 n 角形であるので、回転しても同じであることを考えると、これは 2 色の玉の円順列を考えると同じである。正四角形の例を 1 つ示す (図 5-6)。



図 5-6 折り方の数学化

以上より、正 n 角形ねじり折りの折り方の総数は、合わせて n 個の 2 色の玉の円順列の総数に等しい。なお、全ての山谷が反転した折り方は、裏返して折ることと同じなので、1 つの折り方として考える。すなわち、2 色の玉の色が反転したものを同一視する。

6. 正四角形ねじり折りの折り方の総数

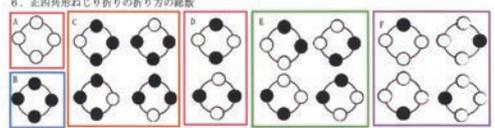


図 6-1 重複を無視したすべての並べ方

今、求めたいものは、 $A+C+D+E$ である。ここでパーンサイドの補題を用いてその総数を求めると、

$$\frac{1}{2}(2^4 + 2 + 2^2 + 2) = 6$$

回転操作

0°	90°	180°	270°
回転して変わらないもの: A, B, 4C, 2D, 4E, 4F	回転して変わらないもの: A, B	回転して変わらないもの: A, B	回転して変わらないもの: A, B, 2D

全部で $4 \times (A+B+C+D+E+F) + 4$ となり、 $A+B+C+D+E+F$ の 6 通りと求まる。

さらに、2 色の玉の色が反転したものを同一視する。ここで、A と B、C と F は、それぞれ白黒反転すると一致するが、D、E は反転しても一致するものがない (自身自身と同じになる) ので、D と E を加えて $\frac{6+2}{2} = 4$ 通りと求まる。このような考え方をいって正 n 角形ねじり折りの折り方の総数を求める。以下、白黒の 2 色の玉を用いて考えることとする。

▲3 ページ目

べて押し寿司にしたものである (図 10-1)。

富山県は 300 年以上の歴史と伝統を持つ実業が盛んで、かつて、菓の売場行商でお得意先に紙風船や売場販用なをプレゼントすることがあった。そのような役割を担うべく「ますのすし折り紙」を開発することにした。

正八角形のねじり折り、正方形の折り紙から可能となるように、正方形と正八角形を合わせた形とし、色合いも本物のますのすしに近くなるようデザインした (図 10-2)。また、その折り方の手順書も作成した。




図 10-1 ますのすし 図 10-2 完成したますのすし折り紙

さらに、地元ますのすし企業 (株式会社 源) に「ますのすし折り紙」の付録やお土産、商品 PR 用としての利用を提案したところ (図 10-3)、ますのすしミュージアム イベント「山・海・思ふれあひ祭」にて折り紙ワークショップを開催 (図 10-4)、子供から年配の方まで 330 名ほどが体験され、子供たちからは、ねじり折りという折り方を知らなかった。こういうことを考える人たちはすごいなと思いました。今まで折ったことのない折り方で楽しかったけど、そこが面白かった。などの感想が聞かれ、イベント全体のアンケートでも印象に残ったもの第 2 位となるなど大変好評であった。




図 10-3 様子の様子 図 10-4 ワークショップの様子

11. 今後の課題

慣れ親しんでいたおりがみを円順列、約数や、オイラー関数などの数学的な思考を用いて研究することができた。今後は多角形を組み合わせた場合も研究したい。また、大正時代、富山の菓売りは各家庭にお土産として紙風船を置いて行った。その紙風船の役割を果たすべく、ますのすし折り紙を「ますのすしミュージアム」の来場者に配布するなどの案について企業と検討中である。

12. 参考文献

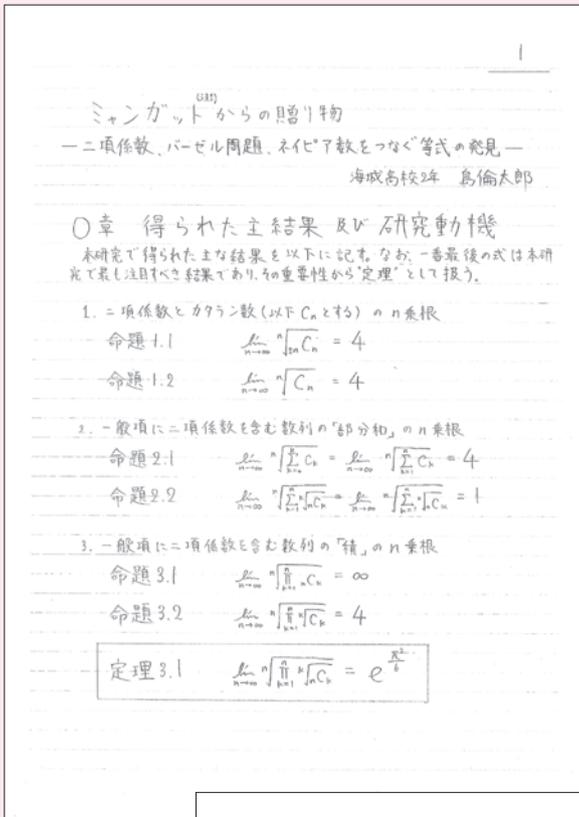
トーマス・ハル (著) 別島公太郎 (訳) 「ドクター・ハルの折り紙数学教本」日本評論社 2015 年
三浦公宏 川崎敏和 館知宏 博上陽隆平 Robert J. Lang Patsy Kang-Iverson (編) 上原隆平ほか (共訳) 『折り紙数学の広がり 抄訳 Origami』森北出版株式会社 2018 年
Anne Ju 「Popular origami pattern makes the mechanical switch」Guelph University 2015 年

▲7 ページ目

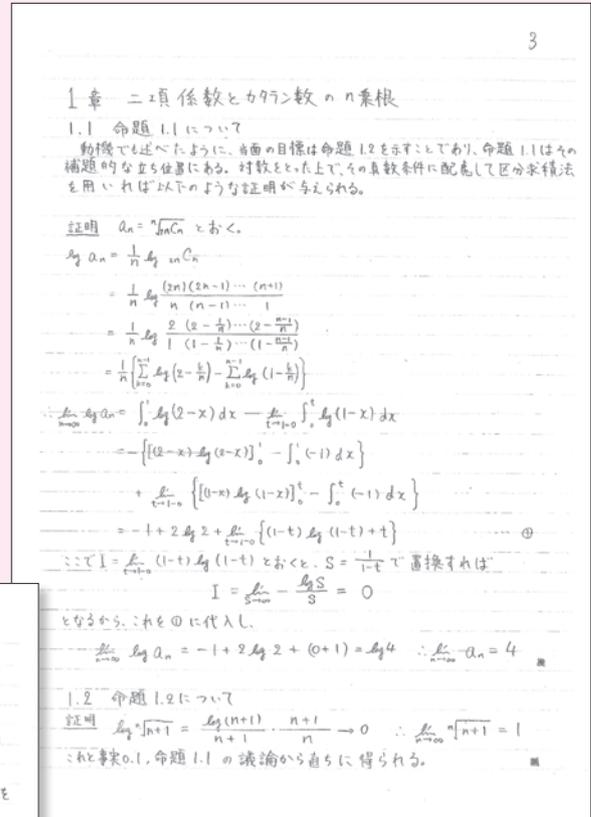
講評

この作品では「正 n 角形ねじり折り」という折り紙の折り方を数学的に考え、その折り方の総数を一般の正 n 角形の場合まで求めています。実際に使っている数学は高校生レベルのようですが、オイラーのファイ関数やパーンサイドの補題など大学数学に現れる概念や定理をよく理解し用いている点も素晴らしい。また応用例として、地元富山の「ますのすし」を折り紙で表現する作品も提供し、数学と地域の魅力発信をつなげた面白い作品です。

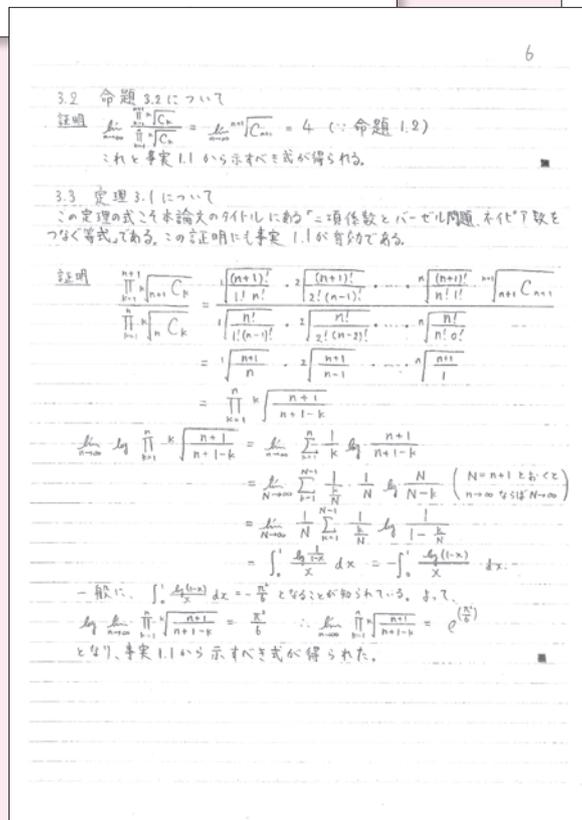
中央審査委員会



▲1ページ目



▲3ページ目



▲6ページ目

講評

二項係数やカタラン数に関する数列の極限値をいろいろと考察した作品です。不等式の評価や定積分への帰着なども高校数学の程度を超えて厳密に実行しています。特に π の現れる極限値の計算はある不等式の評価を用いて π に関するある種の定積分の計算に帰着するというまい方法をとっています。高校間の交流があるモンゴルからの情報(ミヤンガット数など)も絡めて、興味深い作品です。

中央審査委員会

打球のヒットゾーンを考える

埼玉県 埼玉大学教育学部附属中学校 1年 伊良波 里紗



全 10 ページ

打球のヒットゾーンを考える

埼玉大学教育学部附属中学校 伊良波 里紗

1. 動機や目的

私は中学でソフトボール部に入学した。初心者だが、試合にも数回出場した。試合でゴロを打ったときに、ボールが捕球されるまでの距離が同じでも、捕球される場所によってセーフになるかアウトになることもある。そこで自由研究のテーマとして、ゴロがどの位置で捕球されたときにヒットになるかを調べてみることにした。ヒットになる場所がわかれば、攻撃に生かすことができるし、守備でも打者をアウトにするための固い守りにつなげることができる。ヒットゾーンの研究は意味のあるテーマと考えた。

2. 研究の方法

(1)ゴロがヒットになる条件の考え方

バッターが打ったゴロの打球、捕球した内野手の一塁送球、バッターの一塁への走塁について、それぞれ平均の速さをもとめて固定とし、打球距離、送球距離を変化させてセーフになるかを調べた。

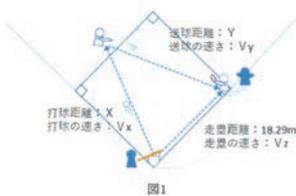


図1

1

▲ 1 ページ目

講評

自分の部活での経験をもとにした問題意識から、ソフトボールのヒットゾーンを求めようとした研究です。打球の捕球位置や送球距離の実測値を用いて、式やグラフを作成しています。そして、その結果をもとにヒットゾーンを数式化し、図示しました。また、結果を振り返って評価し、妥当性を考えたり、実際の試合においては誤差が生まれることやその理由を考察したりしています。こうした自分の経験をもとにした問題意識や導いた結果、考察、振り返りという一連の研究が評価されました。

中央審査委員会

内田洋行賞

人間でいうと何才？

佐賀県 鳥栖市立弥生が丘小学校 4年 八尋 瑛登



全 5 ページ

トラの年れいが人間の4倍になっていることが分かります。このことから、トラの年れい×4=人間の年れいと考えられます。ほくが知れたから、トラの18才は、人間でいうと、18才×4=72才となります。この方法で他の動物についても調べてみることにしました。

3調べて分かったこと

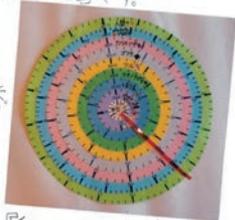
動物の年れいをもとに、動物が人間でいうとたい何才なのか分かります。その動物がどのくらい年をとっているか人間とくらべるとイメージしやすいです。ほくと同じ年に生まれた動物も人間でいうと、ほくのお父さんに近い年れいだったり、おじいちゃんに近い年れいだったりする。同じ年でも動物によって年のとり方がちがうことが分かりました。

そして、ほくは動物の年れいをもとに、人間と動物の年れいをくらべるのにも見やすい方法がないかを考えてみました。そこで思いついたのが、「動物の年れい時計」です。

時計の目盛りで人間と動物の年れいを表します。1目盛りは、

動物ごとに $360 \div \text{動物の寿命}$ の計算をして角度をもとめて作ります。(小さい下の角度はもとめて目盛りを書きました。赤いのは動物の

知れた動物の年れいが人間でいうと何才なのか分かります。例えば、ほくのオオの目のところに赤い線を合わせると、人間でいうと20才くらいと分かります。さらに赤い線の他の動物のところを見ると、ゴリラが20才くらい、アフリカゾウが4才くらいと、同じ年れいになることが分かります。この時計を作って、一度いろいろな動物の年れいをくらべることもできるようになりました。



動物の年れい時計

▲ 3 ページ目

講評

動物と人間の寿命の対比については一般によく知られています。8種類の動物について寿命を調べ、それらと人間の寿命の比較を行うことから考察は始まります。そこに用いられる算数が比の考え方です。ここまでは特に目立つところはありませんが、動物園で取り上げた8種類の動物を見ながら寿命の対比を知りたいという目的のために、「動物の年れい時計」を考案し実際に製作したところにオリジナリティが認められます。

中央審査委員会

家にあるえんぴつは10年分!?

京都府 洛南高等学校附属小学校 1年 江藤 実桜



全5ページ

①のまとめ
17cmの新品えんぴつは百マス計算32まいで使い切る。一日に2まい分書くとすると、16日で1本なくなる。また、のこり25cmでけずれなくなる。

②つぎに、家にあるえんぴつの使える長さを測る。1cmごとのルーラーに分ける。

えんぴつの長さ	17cm台	16cm台	15cm台	14cm台	13cm台	12cm台
使える長さ	14.5cm	14.5cm	13.5cm	12.5cm	11.5cm	10.5cm
本数	35本	29本	15本	15本	14本	7本

11cm台	10cm台	9cm台	8cm台	7cm台	6cm台	5cm台	4cm台
8.5cm	7.5cm	6.5cm	5.5cm	4.5cm	3.5cm	2.5cm	1.5cm
7本	7本	5本	7本	4本	5本	1本	1本

18本ありました

-2-

▲2ページ目

講評

お母さんに鉛筆をおねだりしたときに、「家には10年分あるわ!」と怒られたことがきっかけとなってこの研究が始まりました。百マス計算をして新品の鉛筆を使い切るのにかかる日数や使える長さ、家にある鉛筆の総量などを調べて計算するという地味な活動を続けましたが、最終的に家にある鉛筆は「4年分」であるとわかり、お母さんにリベンジできたのが愉快です。また、副産物として、百マス計算の記録がかなり更新したそうです。

中央審査委員会

“雨傘の形”と“値段”は相関するか?

大阪府 四天王寺中学校 2年 磯部 万智



全10ページ

図17はθの関係式は次のようになる。

$$\begin{cases} X_1 = L \cdot \cos \theta \\ X_2 = L \cdot \cos 2\theta \\ X_3 = L \cdot \cos 3\theta \end{cases} \quad \begin{cases} Y_1 = L \cdot \sin \theta \\ Y_2 = L \cdot \sin 2\theta \\ Y_3 = L \cdot \sin 3\theta \end{cases}$$

よって全体の縦長Yと全体の横長Xはそれぞれ次のように表せる。

$$\begin{aligned} Y &= Y_1 + Y_2 + Y_3 = L(\sin \theta + \sin 2\theta + \sin 3\theta) \quad \text{①} \\ X &= X_1 + X_2 + X_3 = L(\cos \theta + \cos 2\theta + \cos 3\theta) \quad \text{②} \end{aligned}$$

①÷②より

$$\frac{Y}{X} = \frac{\sin \theta + \sin 2\theta + \sin 3\theta}{\cos \theta + \cos 2\theta + \cos 3\theta} \quad \text{③}$$

①×②より $\frac{\sin \theta + \sin 2\theta + \sin 3\theta}{\cos \theta + \cos 2\theta + \cos 3\theta} = \tan 2\theta$

か成り立たないわけではない。

$$\tan 2\theta = \frac{\sin 2\theta}{\cos 2\theta} \text{ を用いると } \frac{\sin \theta + \sin 2\theta + \sin 3\theta}{\cos \theta + \cos 2\theta + \cos 3\theta} = \frac{\sin 2\theta}{\cos 2\theta}$$

となりさらに変形すると次式になる。

-8-

▲8ページ目

講評

雨傘の形状と値段に相関があるのかを調べた研究です。雨傘の骨組みに着目して、雨を防ぐ範囲が広く、かつ、風などを受けても壊れにくい構造を数学的に捉えた点が評価できます。また、29本の傘の商品写真を集め、それらの形状を調べて数値化し、値段との相関関係を調べています。そして、雨傘の形状と値段に相関があることを指摘し、その理由を考察していたり、精度に対する見直しをしたりしている点も優れています。

中央審査委員会

審査委員特別賞

なつやすみのきよくをつくろう

香川県 香川大学教育学部附属高松小学校 1年 松岡 桃香

全5ページ

研究テーマ(タイトル)
なつやすみのきよくをつくろう

こく立 香川大学教育学部附属高松小学校 1年級 松岡まつおみんか

①げんさのうのさ かけ
わたしは、ピアノが好きなので、なつやすみのまいにちのさぶんをすうじであらわして、きよくにしてみたいなあとも。だからです。

②げんさのうのほうほう
のまいにちのさぶんを+7から-7であらわす。(7%~8%、9%からほきよくづくり、まどめ)

+...うれしい たのしい
-...かなしい つまらない
0...ふつう

③まんなかのド(♩)を0にして、

ひい — 0 — たか
ドレミソラドレミソラドレ
-7 -6 -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6 7
すうじをおんかい(ドレミ...)におきかえる。

- 1 -

▲1ページ目

講評

音階を数に対応させ楽曲を制作する作品はこれまでも優秀な作品が受賞しています。一番のポイントは、元データを音符に変換するアルゴリズムです。夏休み30日間、毎日の気分を-7(かなしい・つまらない)から+7(うれしい・たのしい)と数値化し、2オクターブ分の音階に対応させるという独自のアルゴリズムを考案しました。最終的に「なつやすみのきよく」を作曲して完成させた点が評価できます。

中央審査委員会

審査委員特別賞

縦横ぴったり人間は誰だ！～身長と腕を広げた長さを比べよう～

熊本県 天草市立本渡北小学校 5年 岡部 文香, 松本 望愛

全5ページ

縦横ぴったり人間は誰だ！
～身長と腕を広げた長さを比べよう～

熊本県天草市立本渡北小学校5年 岡部文香 松本望愛

1. 研究のきっかけ
前から「腕を広げた長さ」と身長は同じと言われていたのでそれが本当か、また、性別や年代で違うのが気になったから、調べた。

2. 研究の予想
みんな身長と腕の長さはだいたい同じ。

3. 研究の方法
(1) 身長と両手を広げた腕の長さのサンプルを集める。
※両手を広げた腕の長さを「両手幅」と呼ぶこととする。
(2) 計算をして、身長をもとにした差と割合を出す。
※求める式 差=両手幅-身長
割合=両手幅÷身長
(3) 表やグラフに表して結果を分析する。
※保育園児は「園児」、小学1～6年生は「小学生」、中学生・高校生は「中高生」と表記することとする。

4. 研究の実際
【測定の様子】

【114人の測定結果一覧表】

年齢	性別	身長	両手幅	差	割合
1	園児	89.8	85	-4.8	0.947
2	園児	80.3	80	-0.3	0.996
3	園児	83	80	-3	0.964
4	園児	73.4	72	-1.4	0.981
5	小学生	123	118	-5	0.968
6	小学生	123	123	0	1.000
7	小学生	170	165	-5	0.971
8	中学生	127	127	0	1.000

▲1ページ目

講評

腕を広げた長さ」と身長は同じとよく言われますが、本当でしょうか。本作品では、園児、小学生から大人までのデータを数多く集めて調べています。長さの違いは、差と割合の2種類で表しています。結果を、年代別や男女別の表や円グラフ、棒グラフを用いて分析しています。年代別に見ると、園児については身長のほうが腕よりも長いですが、大人になるほど、腕を広げた長さのほうが長くなるのがわかりました。研究レポートは見やすく、わかりやすく作成されています。

中央審査委員会

審査委員特別賞

嘉瀬川はどの位の雨で氾濫するのか

佐賀県 佐賀大学教育学部附属中学校 3年 大島 侑子

全 10 ページ

③「雨の強さ」に対して、嘉瀬川の氾濫の関係を表にしてみました。

②の計算式を、1時間雨量をYとした式に直すと
 $(169300y - 9000000)X = 68000000$
 $X = 68000000 / (169300y - 9000000)$

となるので、Yの値を入れてXを算出した。

予報用語	1時間雨量 mm (=Y)	X(時間)
	10mm	-9.3(氾濫しない)
やや強い雨	20mm未満	-12.1(氾濫しない)
強い雨	30mm未満	-17.3(氾濫しない)
激しい雨	50mm未満	-127.1(氾濫しない)
非常に激しい雨	80mm未満	14.96 = 15時間
猛烈な雨	80mm以上 (100mmで計算)	8.57 = 8.6時間

「非常に激しい雨」にならない限りは安心。
 「猛烈な雨」でも8時間は持ちこたえてくれる。
 ことが判った。

8

▲ 8 ページ目

講評

2018年の大雨で佐賀市内が浸水した事実に触発され、嘉瀬川がどのくらいの雨で氾濫するのかを研究したものです。気象庁の降水量のデータ、国土交通省の嘉瀬川の流域面積や流量などのデータを調べ、川の最大流量や嘉瀬川ダムの効果量を計算し、実際にどのくらいの雨が降ると氾濫する可能性があるのかを数学的に調べ、ダムの効果も実感しています。近年、台風や大雨で川の氾濫が増えていますが、数学を防災に役立てるよい例です。

中央審査委員会

審査委員特別賞

円周率の近似(新公式?)

神奈川県 桐蔭学園中等教育学校 6年 畑 悠貴

全 7 ページ

§3. ラマヌジャンによる近似

ラマヌジャンによって発見された円周率の近似には、以下の2つがある。

$$\frac{1}{\pi} = \frac{2\sqrt{2}}{99^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(4n)! (26390n + 1103)}{(n!)^4 \cdot 396^{4n}}$$

$$\frac{4}{\pi} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n (4n)! (21460n + 1123)}{(4^n n!)^4 \cdot 882^{2n+1}}$$

前者は、根号が含まれている。

また、前者も後者も逆数をうけているため、近似がしづらい。

ただ、有理数で近似できているため、このようなシグマを使った級数的な、しかも、より簡単に計算できる式を発見してみたい。

§4. オリジナルのアプローチ(円周率近似の新公式?)

§3. までで従来の求め方を紹介したが、このセクションでは、オリジナルな近似方法を紹介します

$\int_0^1 \frac{x}{1+x^2} dx = \frac{1}{2} \log 2$ を用いて、

$$I_n = \int_0^1 \frac{f(x)^n}{1+x^2} dx$$

という関数を考える。

ここで、

$$\int_0^1 \frac{x}{1+x^2} dx = \frac{1}{2} \log(1+x^2) \Big|_0^1 = \frac{1}{2} \log 2$$

だが、式に $\log 2$ が入ると近似ができないので、 $f(x)^n$ を $1+x^2$ で割った余りを $a_n x + b_n$ とすると、任意の n に対して、 $a_n = 0$ となるような $f(x)$ を探したい。そのためには、剰余の定理より、任意の n に対して $f(0)^n = f(-1)^n$ を満たす関数を探せばよい。

ここで、 $f(x) = (g(x))^m$ とすると、 $g(0)$ は実数の m 乗根なので、 $\arg(g(0))$ を考える。

まず、根号が入るのを避けるために、 $g(x)$ の係数、つまり $g(i)$ の実部と虚部が整数比で計算できるようにしたい。

実部と虚部が整数比となる $g(i)$ には、 $\arg(g(i)) = \pi, \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{4}$ などがある。

普通に計算しても、 $\arg(g(0)) = \pi, \frac{\pi}{2}, \pm \frac{\pi}{4}$ とすると、 $g(x) = x^2, g(x) = x, g(x) = (1 \pm x)$ などがあるが、これらを計算するといずれも §2. で紹介した方法が導かれる。

収束を速めるために、不等式で挟むことを考えた。そこで、以下のような工夫を施す。

$$I_{m,n} = \frac{x^{2m}(1-x)^{2n}}{1+x^2}, \quad L_{m,n} = \int_0^1 x^{2m}(1-x)^{2n} dx \text{ とする。}$$

$$L_{m,n} \text{ は } \beta \text{ 関数なので、} L_{m,n} = \frac{(2m)!(4n)!}{(2m+4n+1)!} \text{ と表される。}$$

3

▲ 3 ページ目

講評

円周率 π が現れる定積分はこれまでいろいろ知られています。この論文では、ある分数関数からなる関数族の定積分と π の面白い関係を詳しく調べています。実は、 π の近似値が $\frac{22}{7}$ であることはよく知られていますが、この作品のやり方でも定積分を用いて証明できるので、そこに言及されていればもっと面白い研究だったと思われる。

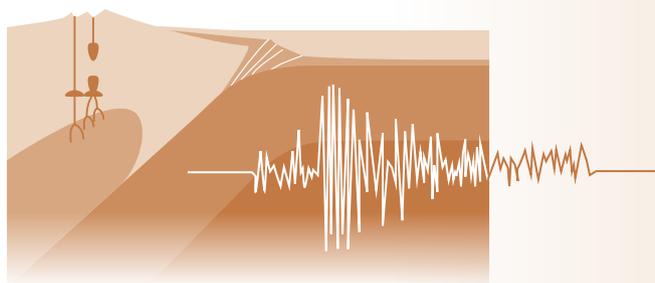
中央審査委員会

第1回 地震の分布図から見えること



開成中学校・高等学校 教諭

有山 智雄 / ありやま ともお



1960年生まれ。開成高等学校時代に地学の授業でプレートテクトニクスや地震予知に興味を持つ。東京大学理学部地質学科卒業、同修士課程修了。修士での研究テーマは活断層の活動性の評価。1985年より東京学芸大学附属高等学校で、1989年より開成中学校・高等学校で地学を教える。高校地学の教科書の執筆にも携わる。趣味はトレッキングとロードバイク。常々伝えたいと思っていることは「地球に住むなら地球のことを知っていたほうがいい」

新しくスタートする連載です。1枚の図を手掛かりに、自分たちの住む日本、そして地球がどんなところなのか探っていきたいと思います。

取り上げる予定の図は、地球科学の世界では有名なものが中心で、その多くは高校の地学の教科書で取り上げられています。地球に興味を持つきっかけとなり、より深く理解する一助となることを願いつつ筆を進めていきたいと思います。

地震大国日本

「日本は地震大国である」そんな言葉を聞いたことがあるかもしれません。図1は地球上で発生した地震の震央の分布を示したものです。日本は震央を示す赤い点で埋め尽くさ

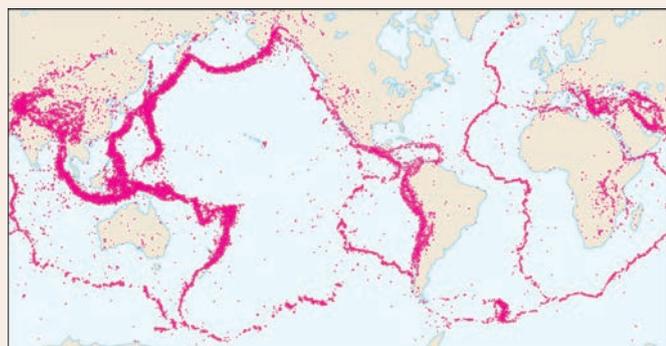


図1 世界の地震分布 100kmより浅い地震の震央。『地学基礎改訂版』（啓林館）より引用

れ、海岸線を確認することすらできません。一方では北米大陸の東海岸や北欧など、地震がほとんど発生していない地域があることもわかります。

地球上の地震の分布はどのように偏っているのか、そして、どうして日本はこんなに地震が多いのか、今回はこの図を手掛かりに考えていってみましょう。

図1の地震の分布を見てまず気がつくのは、地震は帯状の非常に限られた地域でしか発生していないということです。

Q 地震が多いのはどんな所か？

図1を見て目につく所を列挙してみましょう。

- ① 日本を含む環太平洋地域
- ② アルプスやヒマラヤ
- ③ 大西洋の中央、太平洋やインド洋



図2 世界の大地形 『地学基礎 改訂版』（啓林館）より引用

これらの地域にどんな共通性や違いがあるのかを見つけだすことができれば、地震がどんな所で発生するのかがわかるはずです。一つのヒントとして世界の大地形の分布図(図2)を見てみましょう。海洋部分は海水を取り除いた状態を示しています。海洋で目につく地形として海嶺と海溝があります。

海嶺は幅が500～1000km、高さが2～3km程度の大山脈で、海溝は水深10000m程度の谷状の地形です。

図1と図2を比較してわかることは、地震の多発帯と地球の大地形の分布は密接な関連性があるということです。図3は図1と図2を重ねたものです。具体的に対応させると以下のようになります。

- ① 日本を含む環太平洋地域 → 海溝
- ② アルプスやヒマラヤ → 大山脈
- ③ 大西洋の中央、太平洋やインド洋 → 海嶺



図3 地震の分布と大地形の対応 図1と図2を重ねた図

Q 海嶺や海溝はどんな所か?

これは答えを知っている方も多いかと思いますが。

海嶺はプレートが生産され拡大する所で(図4①)、海溝はプレートが沈み込む所です(図4②)。

地球の表層は厚さ数十～250kmほどのプレートと呼ばれる十数枚の岩盤に覆われており、年間数cmの速さで動いていることが明らかにされています(このことが明らかにされる過程もなかなか面白いのですが、第2回でお話する予定です)。動く向きはいろいろなので、プレートが拡大する境界や収束する境界、すれ違う境界ができるわけです。

図5はプレートの分布とプレート境界のようすを示した図です。環太平洋地域で発生している地震は、プレートの収束境界(海溝)で発生し、大西洋中央や太平洋、インド洋で発生している地震は海嶺の中軸部で発生していることが一目瞭然です。

地震はプレートの境界で集中的に発生し、プレートの内部ではほとんど発生しないのです。

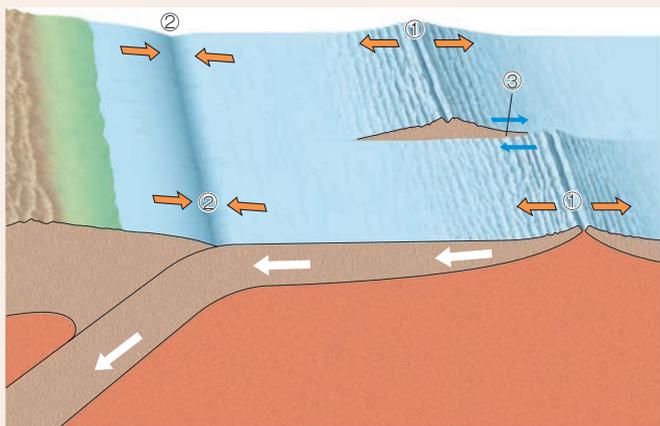


図4 3種類のプレート境界 『地学基礎 改訂版』(啓林館)より引用

- ① 拡大する境界：プレートが互いに離れていく
- ② 収束する境界：プレートが互いに近づく
- ③ すれ違う境界：プレートが互いすれ違う



図5 プレートの分布 『地学基礎 改訂版』(啓林館)より引用

プレート境界と地震の発生

Q 地震はどのように発生するのか?

地震とは、硬い岩石でできた岩盤が破壊され、そのとき出る振動が周囲に伝わったものです。例えば、クッキーが割れるときにパキッと音がするようなものです。岩盤に力が加わると岩盤に歪みが生じます(図6(b))。歪みが限界に達すると岩盤は割れてずれます(図6(c))。そのとき発生する振動が地震なわけです。なお、このときにずれた割れ目が断層です。

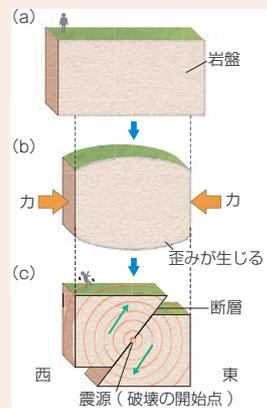


図6 地震の発生

『地学基礎 改訂版』(啓林館)より引用

Q 収束境界で地震が起こる理由は？

プレートが収束する(近づく)境界には、海のプレートが陸のプレートの下に沈み込む境界(沈み込み境界)と、陸のプレートどうしがぶつかり合う境界(衝突境界)の2種類があります。

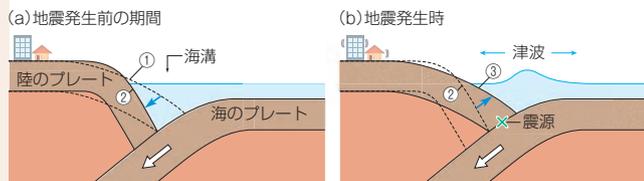


図7 収束境界での地震発生 海溝型地震。『地学基礎 改訂版』(啓林館)より引用

衝突境界の例としてはヒマラヤ山脈が有名で、インド大陸とユーラシア大陸の衝突が起っています。衝突の衝撃を断層がずれることや、褶曲することで吸収しています。図1でヒマラヤ山脈に分布する多数の地震はこのようにして発生しています。沈み込み境界の例としては日本があげられますが、図7(a)のように海のプレートが陸のプレートの下に沈み込んで、その際に陸のプレートが①→②のように歪みます。やがて歪みが限界に達し、図7(b)のように②→③の状態に急激に戻ります。このときプレートの境界で地震が発生するわけです。このようにして発生する地震は海溝型地震と呼ばれ、マグニチュード8以上の巨大地震が100年前後の周期で繰り返し発生するのが特徴です。2011年に発生した東北地方太平洋沖地震や、今後発生が懸念されている南海トラフ地震などはこのタイプの地震です。環太平洋地域などで海溝に沿って分布する多数の地震(図1)はこのようにして発生しています。

Q 拡大境界で地震が起こる理由は？

プレートが生産され拡大していく海嶺の中軸部では、図8のように両側に引き延ばすような力が働き、ずり落ちるような断層運動が起こり、中軸谷という谷地形が形成されています。この断層運動に伴い地震が発生します。図1で大西洋の中央部など海嶺に沿って分布する地震は、このようにして発生しています。



図8 拡大境界での地震発生 正断層型の地震が発生

Q すれ違い境界で地震が起こる理由は？

プレートがすれ違う境界(図4③)では、プレートが滑るようにすれ違うわけではなく、日常的には歪みがたまっていき、限界に達すると断層運動が起こるといって地震が発生しています。図9のように海嶺をずらしているすれ違い境界が多いので、海嶺軸付近で発生する場合がありますが、すれ違い境界で発生する地震は横ずれ断層型であり、拡大境界で発生する地震は正断層型なので、明確に区別することができます。北米大陸西岸のサンアンドレアス断層はプレートのすれ違い境界が陸上に現れたものです。このようなすれ違い境界の断層はトランスフォーム断層と呼ばれています。

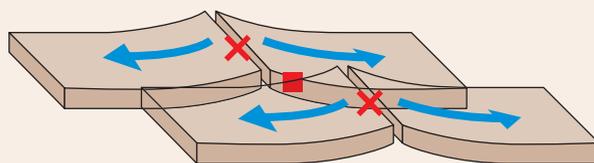


図9 海嶺軸付近で発生する地震

- すれ違い境界で発生する横ずれ断層型地震
- × 拡大境界で発生する正断層型地震

Q プレート境界でしか地震が起こらない理由は？

クッキーに力を加えると割れますが、どこかで割れてしまえば他の場所でそれ以上割れることは普通ありません。プレートの場合も上で述べたように、海溝や海嶺などのプレート境界で地震が発生しやすく、そこで歪みが解消されるので、プレート境界以外ではあまり歪みがたまることもなく、地震が発生しないわけです。

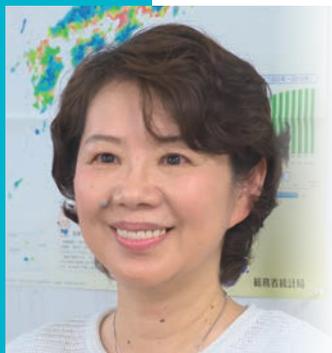
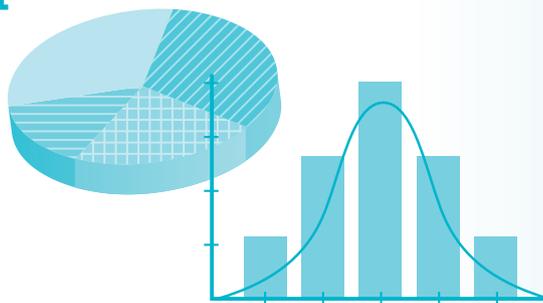
■ 「まさか」のレベルの地震リスク

図1の地震分布図を改めて見てみましょう。「日本は地震が多いのは知っていたが、まさかここまでとは」 そう思った方もいるのではないのでしょうか。そう、日本は「まさか」のレベルで地震リスクが高いのです。私たちはそういう所に住んでいるということをしかりと自覚し、個人レベルの安全対策から、街づくり、そして国づくりを考えていく必要があるのではないのでしょうか。



第4回 仮説検定の考え方 II

～判断とそのリスク～



慶應義塾大学大学院 健康マネジメント科
教授

渡辺 美智子 / わたなべ みちこ

九州大学大学院総合理工学研究科修士課程修了。理学博士。九州大学理学部附属基礎情報学研究施設文部教官助手、関西大学経済学部専任講師、助教授、東洋大学経済学部教授を経て、2012年より現職。専門は統計学、特に多変量解析（潜在構造分析法）と統計教育。日本学術会議連携会員、2012年度日本統計学会賞受賞、2017年度科学技術分野の文部科学大臣表彰「科学技術賞（理解増進部門）」受賞。おもな著書として、『21世紀の統計科学III 数理・計算の統計科学』（東大出版会 分担執筆）、『身近な統計（改訂新版）』（放送大学教育振興会 共著）など。放送大学「身近な統計」主任講師、統計グラフ全国コンクール審査委員長、「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。

AI時代の意思決定

年末恒例のNHKの紅白歌合戦、ついに昨年はAI美空ひばりが出演して、新曲「あれから」を歌いあげました。故人となって30年が経過した美空ひばりの神秘的歌声をAIがその姿とともに再現したのです。

現在わたしたちが体験しているIndustry4.0（第4次産業革命）の新技术基盤、AI、ロボット、IOTの進化は目を見張らせるものがあります。まだ、その革命の初期にいるわけですから、技術が生み出すサービスや製品の品質は少々、劣っているかもしれません。しかし、設計が決まればあっという間に品質は日々向上していきます。AI時代の本格化はもう目の前、という感じです。

この新技术の基盤を支えているSTEAM型数理は、データサイエンス（第4の科学）と呼ばれる理論と技術・実践の体系です。人間同様の判断や意思決定をコンピュータが膨大なデジタルデータに基づいて行う、そのための法則（ルール）である知識をデータから学習（統計的に推測）していく、それがデータサイエンスの考え方であり技法です。今回も、前回同様、新課程で、高校数学I、情報I、理数探究と新しく1年生レベルに位置付けられたAI時代の基本リテラシー、データから判断を下す「統計的仮説検定の考え方」を紹介します。

AIだって間違えるー判断に伴う2種類の誤り

図1を見てください。



図1 判断に伴う2種類の過誤（タイプIエラー VS. タイプIIエラー）放送大学「身近な統計'18」第11回より

これは、判断（意思決定）には2種類の誤りがあることを印象づけるため、仮説検定の考え方を教えるときによく使われるジョークをイラストにしたものです。海外のテキストには思わず笑ってしまう、この手の面白いコミックがよく掲載されています。

妊娠している（陽性、ポジティブ）のか、していないのか（陰性、ネガティブ）など、わたしたちはまだ判断に資する完全な情報を手にしていないとき、不確実な現象に対して判断しなければならないことが多くあります。

真実と判断には、4つのパターンがあること、そして判断の誤りには、つねに2種類あることを整理しておきましょう。

		判断	
		妊娠していない (-)	妊娠している (+)
真の状態	妊娠していない	<p>真陰性 (true negative)</p>	<p>第1種の過誤 Type I error</p> <p>偽陽性 false positive</p> <p>おめでとす！ あなたは妊娠してます！</p> 
	妊娠している	<p>偽陰性 false negative</p> <p>第2種の過誤 Type II error</p> <p>あなたは妊娠してません お、エラー</p> 	<p>真陽性 (true positive)</p>

- 真陽性：「妊娠している (+)」状態が真であるとき、「妊娠している (+)」と正しく判断する。
- 真陰性：「妊娠していない (-)」状態が真であるとき、「妊娠していない (-)」と正しく判断する。
- 偽陽性：「妊娠していない (-)」状態が真であるとき、「妊娠している (+)」と誤って判断する。
- 偽陰性：「妊娠している (+)」状態が真であるとき、「妊娠していない (-)」と誤って判断する。

図2 真の状態×判断

判断のルールにおいて、この2種類の誤りを犯す可能性を同時に小さくできるといいのですが、条件が同じであれば、一方を小さくすると他方が大きくなり、逆に、他方を小さくすると一方が大きくなるトレードオフの関係になります。極端に言えば、いつも、「あなたは妊娠しています。」というルールにすれば、偽陰性の確率は0になりますが、偽陽性の確率は高くなります。逆に、いつも、「あなたは妊娠していません。」というルールにすれば、偽陽性の確率は0になりますが、偽陰性の確率は高くなります。

統計的検定における2種類の仮説

統計的検定は、正確には統計的仮説検定といわれており、母集団に対する仮説を想定し、その仮説の真偽を母集団から無作為に抽出された標本データに基づいて判断します。母集団とは、得られているデータを時間的にも空間的にも拡張した概念的な集団も含まれます。

母集団全体のデータが得られていない状況で、その一部分から母集団に関する仮説の真偽を判断しようというのですから、当然、その判断には誤りが生じます。その2種類の誤りが、**タイプIエラー (第1種の過誤)**と**タイプIIエラー (第2種の過誤)**です。前者が偽陽性、後者が偽陰性に対応します。

仮説検定では、母集団に関する**2種類の仮説**を置きます。それが、**帰無仮説 H_0** と**対立仮説 H_1** です。Hはhypothesis (仮説)の頭文字からきており、添え字の0は無に帰する (何も新しいことは起こっていない) という意味で付けられています。帰無仮説 H_0 の対立する事象として、対立仮説 H_1 は設定されます。

仮説検定の判断のロジックは、この帰無仮説 H_0 を反証する証拠として、得られたデータを利用するという立場をとります。帰無仮説 H_0 が正しいとしたときに、いま手にしているデータから計算される統計量 (**検定統計量**)は、生じる確率が非常に小さいところ (棄却域)に位置している。だから、帰無仮説 H_0 は成立しない、帰無仮説 H_0 が成立しないのだったら、対立仮説 H_1 が成立する、というロジックです。これが、**帰無仮説 H_0 を棄却、対立仮説 H_1 の採択**と言われるものです。仮説検定の目的は、対立仮説 H_1 が成立するのかもしれないのかであって、帰無仮説 H_0 が成立することを証明しようとするものではありません。帰無仮説を否定する確率的な証拠によって対立仮説を証明します。

例えていうと、妊娠しているのかどうかを知りたいときに、帰無仮説 H_0 : 妊娠していない、をいったん置いて、対立仮説 H_1 : 妊娠している、の証拠を得ようとする行為です。検査薬で「陽性 (+)」と出るということは、妊娠していない人 (帰無仮説 H_0)でも何らかの理由で「陽性 (+)」が出ることもあります。それは非常に小さい確率でしか起こらない (偽陽性の確率、タイプIエラーの確率は小さい) かつ、妊娠している人 (対立仮説 H_1)では、検査薬で「陽性 (+)」と出る確率 (真陽性の確率、検出力)は大きいことが知られているから、検査薬を使った判断を行います。統計的仮説検定はこの検査薬に相当します。

そのため、仮説検定では、標本データから計算される検定のための統計量 (**検定統計量**)がどのような値の範囲 (**検定の棄却域**) だったら帰無仮説 H_0 上では稀なこととして考えてよいかの判断のルールが、確率的に説明できるものでなくてはなりません。そこで、帰無仮説 H_0 を棄却するかを判

断するため、仮説検定の目的に応じた確率分布モデルや標本分布の知識が必要になってきます。検定は判断のルールなので、あらかじめ、稀なことの確率の基準が必要になってきます。これが、検定の有意水準 α （アルファ）または、危険率 α と言われるものです。

α は、本当は何も起こっていないとき、つまり、帰無仮説が正しいときに帰無仮説を棄却してしまい、対立仮説を正しいとして何らかのアクションを起こすわけですから、これを“あわて者の誤り”の確率と言い、一方で、本当は何か通常とは違うことが起こっているとき、つまり、対立仮説が正しいときに帰無仮説を棄却しないで、アクションを起こさない誤りの確率 β （ベータ）を“ぼんやり者の誤り”の確率と言っています（図3）。新薬や新戦略に切り替えるなど、アクションを起こすほうの仮説を対立仮説とするのが実戦での検定の活用方法です。



図3 第1種の過誤と第2種の過誤の確率 放送大学「身近な統計'18」第11回より

2項分布による母集団比率の検定

仮説検定は母集団の特性値（母数）に関する仮説の検定（テスト）です。どのような特性値を仮説にするのかで取り扱う分布モデルや検定統計量が異なってきます。最もよく使われるのが質的変数の母集団比率（母比率）や量的変数の母集団平均（母平均）に関する検定です。仮説検定の考え方を理解するためには、代表的な検定法と事例を一つ、押さえておくことです。ここでは、前回ご紹介した2項分布による母比率の検定（2項検定）で説明しましょう。

従来の薬品の治癒率が25%とわかっているときに、新薬を30人の患者で治療してみた。その結果15人が治癒した。これは偶然の変動か（ H_0 ）、もしくは新薬は治癒率が従来の



図4 2項分布と棄却域

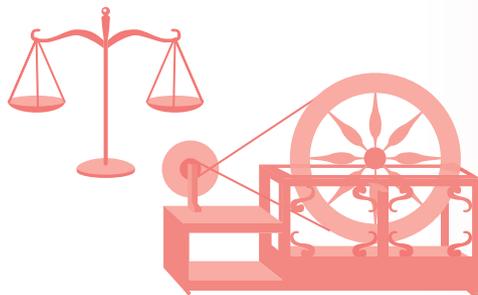
薬品より高いと言えるのか（ H_1 ）？ 従来の販売方法では来店者の15%が契約をしていた。新しい販売方法を試したところ、20人の来店者で5人が契約した。契約率は上がったと判断できるのか（ H_1 ）？ など、改善策の効果を判断する際には欠かせない検定法です。ここで、帰無仮説 H_0 ：母比率 $p = p^*$ （従来比率、15%）、対立仮説 H_1 ：母比率 $p > p^*$ （従来比率）となります。改善の効果をみたいので、2項分布の片側確率を利用する片側検定とします。検定統計量は、契約者数 X （人）です。

帰無仮説 H_0 での n 人中の契約者数（検定統計量） X の分布は、成功率 $= p^*$ の2項分布 $B(n, p^*)$ に従います。

$n = 20$ で $p^* = 0.15$ のとき、 $B(20, 0.15)$ の形と確率は図4のようになります。統計的な検定では、タイプIエラー（偽陽性）の確率のみをあらかじめ有意水準（危険率） α として、その上限を決めてから行います。通常は、1%や5%とします。有意水準を5%とする判断ルールでは、契約者数（検定統計量） X が7人以上となる範囲が検定の棄却域となります。6人以上にすると、累積確率が5%を超えるからです。妊娠検査薬の役割をするのが検定統計量であり、検定の棄却域が「陽性（+）」を出す範囲です。

何だかややこしいのですが、既に、日常、私たちが利用するWebデザインやアプリのデザインには、常にクリック率が上がるようにこのような検定による判断がAIとして組み込まれています。AIの判断ロジックの基礎として、また今後、すべての高校生が学ぶ共通必修内容であることも踏まえ、検定の用語と考え方を理解しておきましょう。

第4回 電磁誘導の法則



国立科学博物館理工学研究部
研究員

有賀 暢迪 / ありがのぶみち

1982年生まれ。京都大学総合人間学部卒業（2005年）、京都大学大学院文学研究科博士後期課程研究指導認定退学（2010年）。大学の非常勤講師などを経て、2013年より現職。高校では「理系」を選択し、大学では物理学を主専攻としていたが、大学院から「文系」に転じて科学史を修めた。現在は、物理学・数理学の歴史と、近現代日本の科学技術史という二つの領域で、幅広い調査・研究活動を行っている。著書に、『力学の誕生』（単著、名古屋大学出版会）、『20世紀物理学史』（共訳、名古屋大学出版会）、『ビジュアル版 科学の歴史』（共同監修、ポプラ社）などがある。京都大学博士（文学）。

教科書に登場する物理法則の原典を訪ねる連載です。今回は、電磁誘導の現象とその法則を取り上げます。

電磁誘導とその法則

小学校6年の理科に、手回し発電機を使って電気を起こしてみる実験があります。ここでは、ハンドルを回すと豆電球を光らせることができるといったことだけでなく、回す向きや強さを変えることで、電流の向きや大きさが変わることも学ぶようになっています。

この発電の原理となっているのが、電磁誘導と呼ばれる現象です。この用語は、小学校でこそ学習しませんが、中学校では登場します。この連載で参照している啓林館の教科書（中学校2年）では、棒磁石をコイルに出し入れするとコイルに電流が流れるという実験結果がまず紹介されます。そのうえで、「コイルの中の磁界が変化すると、その変化に応じた電圧が生じて、コイルに電流が流れることがわかる。このような現象を電磁誘導といい、このとき流れる電流を誘導電流という」と説明しています。

誘導電流の大きさについては、次の3点にまとめられています。仮に、「誘導電流の法則」と呼んでおきましょう。

◎ 中学校理科

1. 磁石を速く動かす（コイルの中の磁界を速く変化させる）ほど、誘導電流は大きい。
2. 磁石の磁力が強いほど、誘導電流は大きい。
3. コイルの巻数が多いほど、誘導電流は大きい。

以上が義務教育で学習する内容ですが、高校の物理になると、これを数式で書いたものも出てきます。参考までに記しておく、次のような内容です。

◎ 高校物理

$$V = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

（ V ：誘導起電力、 N ：コイルの巻数、 $\Delta \Phi$ ：磁束の変化、 Δt ：微小時間）

この式が出てくる節は、高校物理の教科書では、「ファラデーの電磁誘導の法則」と題されています。中学校の教科書でも、電磁誘導を最初に発見したのはイギリスのファラデーだという紹介があります。

それでは、ファラデーはどのようにして電磁誘導を発見し、そこにどんな法則があると考えたのでしょうか。

発見の経緯

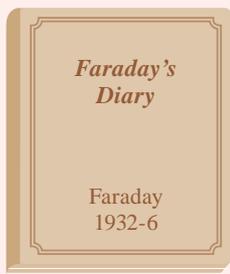
ファラデー（1791－1867）はイギリスの実験家で、ほとんど教育を受けていないにもかかわらず、電気に関係した物理と化学の分野できわめて多くの業績を残しました。研究だけでなく、一般向けの講演にも優れていて、『ロウソクの科学』という本は特に有名です。

ファラデーは1820年代から電気の研究を行っており、1821年には、ある種のモーターを作り出すことにも成功していました。しかし、その後はほかの仕事などで忙しく、なかなか研究のための時間を取れなかったようです。ようやく1830年代になって、本格的な実験研究に乗り出します。

電磁誘導の現象を初めて観察したのは、1831年8月のことでした。その後も実験を繰り返し、11月には考察をまとめて、イギリスの王立協会（ロイヤル・ソサエティ）で最初の発表をします。ただし、この内容が論文として出版されたのは翌年4月になってからです。その後もファラデーは研究を続け、関連する数編の論文を発表しました。これらの論文はのちに出版された『電気学実験研究』という本に収められていて、日本語にも訳されています。

ちなみに、電磁誘導の原理を使って発電機を作った最初の人物はファラデーではなく、ピキシというフランスの技術者です（1832年）。発電機はその後、10～20年ほどかけて電池と並ぶ電源になっていきましたが、ファラデー自身はこうした技術開発に関わっていません。

ファラデーの行った実験



ここからは、ファラデーの行った実験を詳しく見ていきましょう。実はファラデーは、出版した論文とは別に実験日誌を残していて、ずっと後に全7巻の本として出版されています（残念ながら日本語訳はありません）。

これを見ると、研究がどのように進んでいったかがよくわかります。

日誌によると、電磁誘導を初めて観察したのは1831年8月29日のことでした。ファラデーは、鉄の環にコイルを2つ巻き付けたものを作り（図1）、片方のコイルに電池をつな

いで電流を流してみました。すると、もう片方のコイルにつないだ検流計の針が振れたのです。

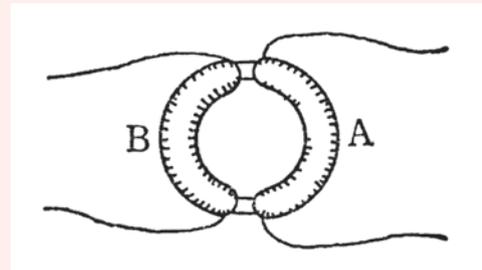


図1 ファラデーの最初の実験装置 『電気実験（上）』（内田老鶴圃）、p. 11より引用

現在の目で見ると、この現象は次のように説明できます。片方のコイルに電流が流れると、その中に磁束が発生し、この磁束が鉄の環でつながっているもう片方のコイルも貫くこととなります。この磁束の変化により、電池がつながっていないコイルに誘導電流が流れるのです。実のところ、ここでファラデーが作ったものは、史上初の変圧器と言えます。

この次の重要な発見は、2ヵ月ほど経った10月17日になされました。この日、ファラデーは、コイルの中に棒磁石を入れたり出したりすると電流が発生することを確認します。むしろこちらのほうが電磁誘導の最も簡単な実験ではないかと思われるのですが、最初に発見されたわけではないのが興味深いところです。

10月28日には、ファラデーは別の実験も行いました。銅でできた円板を、磁石のN極とS極の間で回転させるという実験です（図2）。このとき、円板の回転軸と端とにそれぞれ電極を取り付けると、板が回転したとき電流が流れます。これは小学校や中学校では学習し

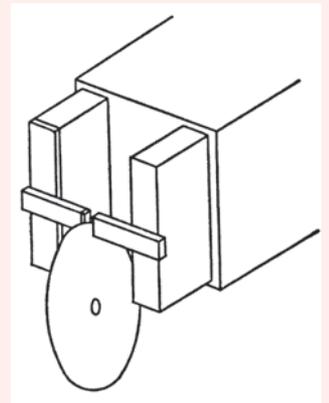


図2 円板を使った実験装置 『電気実験（上）』（内田老鶴圃）、p. 30より引用

ないと思いますが、やはり電磁誘導現象の一種です。

いま紹介したような発見をまとめたものが、『電気学実験研究』の第1論文から第4論文に当たります。ただし、論文に書かれている順番と実験日誌に記された順番は、同じではありません。ファラデー自身、「私はこれらの諸結果を、発見した時の順序ではなく、全体を最も簡潔に一覧できるよ

うな仕方ですべてみようと思う」とはっきり書いています。

したがって、もし、「ファラデーはどのようにして電磁誘導を発見したのか」を理科の授業などで紹介したいなら、出版された論文を読むのでは不十分ということになります。これはファラデーに限らず、科学論文について、おそらく一般に言えることでしょう。だからこそ、実験日誌のような記録が科学史にとっては重要な研究材料となるのです。

ファラデーは電磁誘導をどのように考えたか

では、出版された論文は特に重要ではないのでしょうか。そんなことはありません。論文には考察した結果が書かれ、公表されます。ファラデーが電磁誘導についてどんな考えを持っていたかを知るには論文を読むことが不可欠です。ファラデーの発見がほかの人たちにどんな影響を与えたかを考えるにも、論文の内容を押さえる必要があります。

Experimental Researches in Electricity

Faraday
1839

今回のテーマである電磁誘導の法則について言えば、ファラデーは『電気学実験研究』の第4論文の中で、「表現が困難ではあるが至極簡単である」と書いています（第114パラグラフ）。ファラデーは、棒磁石のまわりで針金を動かすとどのように電流が流れるかを記しているのですが、実のところこの説明はとても長く、一読してすぐに飲み込める内容ではありません。

むしろ、後で発表された第6論文に出てくる表現のほうが要点をつかみやすいので、そちらを紹介します。次がその内容です（第256パラグラフ）。

もし有限な針金を、磁力線を切って動かすならば、それを通して電流を起す力が発動される。しかし針金の両端に、電流を放電してさらにそれを新しくする準備がなければ、この電流が実在するまでには行かない。

ここで2番目の文章が言っているのは、単に針金だけがあっても駄目で、導線をつないで電流が流れるようになっていなければならないということです。重要なのは1番目の文章のほうで、ファラデーは、針金が「磁力線」（日本語訳では「磁気線」となっていますが変更しました）を切るときに誘導電流が流れると主張しています。

磁力線は、磁石のまわりに鉄粉が作る模様として理科の授業でもおなじみのものですが、これを電磁気現象の理解に不可欠なものとしたのはファラデーです。別の言い方をすると、ファラデーは電磁誘導の法則を言い表すために、磁力線というものを必要としたのです。

これを示しているのが、第6論文に出てくる図です（図3）。ABは棒磁石を、NPは金属を表しています（ファラデーは具体的に、「銀製のナイフの刃」としています）。ここで金属を動かすと、どの方向に動かしても、棒磁石から出ている磁力線を切ることになり、その結果、誘導電流が生じます。

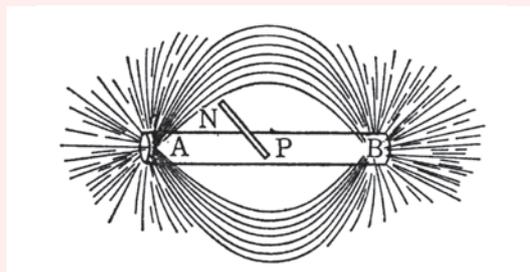


図3 ファラデーが与えた電磁誘導の説明『電気実験（上）』（内田老鶴圃）、p. 38より引用

このファラデーの説明を、今回の記事の最初に見た教科書の記述と比べてみると、まったく違うことがわかります。中学校の誘導電流の法則は電流の大きさについて述べていますが、ファラデー自身は電流の大きさをほとんど議論していません。高校物理の「ファラデーの電磁誘導の法則」はもっと違いが明確で、ファラデー自身は数式を使っておらず、「磁束」という概念はまだありません。理科の教科書に出てくる法則は、その後さらに多くの研究がなされた結果、得られたものだと考えるべきでしょう。

ファラデーが、電磁誘導の現象を発見したのは確かです。しかしそれにとどまらず、ファラデーはこの現象を一般的に表現しようとして、磁力線を切るときに誘導電流が発生すると考えました。この考えは、今から見れば素朴かもしれませんが、しかし、まったく新しい現象について体系的な実験を行い、磁力線という目新しい概念によって法則にまとめたファラデーの力量は、やはり大したものだと思います。❖

原典についての情報

- Michael Faraday, *Experimental Researches in Electricity*, 1839.
/ 【日本語訳】 矢島祐利・稲沼瑞穂訳『電気実験（上、下）』（内田老鶴圃、1987-8年）。
- Michael Faraday, *Faraday's Diary*, 7 vols., 1932-6.

学校は頼もしく発展している



元全日本中学校校長会会長

大江 近 / おおえ ちかし

今、学校は頼もしく発展しています。筆者は、校内研究会等のお手伝いでお伺いしたり、研究協議会や保護者も参加する懇談会に参加させていただいたりする機会が相当数あります。

今、学校は、新学習指導要領の全面实施に向けて、創意工夫した取り組みが、各教科、領域などで地域を巻き込みながら具体的に展開されています。

● 各学校の発展

○保健体育科のダンス

中学校の学習発表会、いわゆる文化祭を拝見しました。ステージ部門は合唱コンクールと職場体験、修学旅行の成果の報告とダンス発表会ですが、驚いたのはダンスです。

発表されたダンスは男女が入り混じりミュージカルのようにストーリー性をもって演じられ、ダンスそのものも実に上手だし生徒自身が楽しんでいるのです。

校長先生は「保健体育科でダンスが必修となり不安だったが、学校運営協議会で課題にしたところ、地域にプロのダンサーが所属するダンススクールがあり、そのスタッフが講師として学校に来て指導してくれている」とうれしそうに語られました。

○アクティブ・ラーニング

アクティブ・ラーニングの視点を重視し「主体的・対話的で深い学び」の実現を目指した全教科の抜本的な授業改善の取り組みを拝見しました。

どの教科においてもペアワークやグループワーク、クラス全体でのシェアリングと、いわゆるアクティビティを多用した授業が展開されていました。校長先生は「対話的な学習は、子どもの既習事項に差異があってもそれらが結びついていくために、深まりのある学習ができます」と自校の実践の紹介をされました。要するに、話し合いによりどの子どもも学力の定着と伸長が図られているということでしょうか。

○人間関係づくり

人間関係づくりを最優先しているという学校の校長先生は「校内研修会を継続しており、着実に成果があがっている」とお話をされました。その学校は、以前、ひどいいじめ問題があり、教職員の人間関係もギクシャクしていたそうです。そこで生徒理解と学級経営の専門家を講師としてお願いし、生徒理解の方法や学級集団づくりなどについての研修を計画的・継続的に実施しているということです。生徒理解や学級経営の手法を

具体的なスキルとして学ぶことで、経験則だけでやっていた生徒指導や学級経営が改善されるとともに、教職員の人間関係もとてもよくなったということです。

○人権教育を軸として

人権教育を軸に、学級経営の充実と授業改善を図っている学校にお伺いしました。テーマは外国人に関わる人権課題の解消に向けてということでしたが、校長先生は「とにかく外国人から伝統文化や生活習慣を学ぶことにした。人権教育を軸に据えたことは正解だった」と話されました。人権教育を展開する際に、人権課題をどの段階でどのように知識として教え考えさせるか、授業における人権教育を軸とした授業計画の在り方とは何かなど、幹部教員を集めて何度も議論を繰り返したそうです。

その結果、教職員は、知識としての人権課題という認識から、教師の責任として人権教育の必要性を認識した、もっと多くのマイノリティーから話を聞いて学びたい、などの積極的な意見が出るとともに、教師の子どもたちへの接し方も変化してきたそうです。

○道徳科の授業改善

道徳教育の充実と正面から取り組んでいる中学校の校長先生は「これまでの本校における道徳の授業は一応計画どおり実施はされてきたが、グループでのルールづくりなど学級としての話し合いが多く、明らかに特別活動であり、校長として疑問を持ち続けてきた」と正直な気持ちをお話いただきました。

この学校においては、道徳科全面実施の機会に道徳科授業を基礎基本から学ぶこととし、ベテラン教師も若手教師も、道徳科の時間のカタチをつくり、そのカタチに慣れてきたら内容項目や教材によって新たなカタチを考えることにしたそうです。

校長先生は「道徳科授業のワンパターン化と批判されそうだが、今後、パターンを増やしていく。カタチのないところに教育の発展と充実はない」と力強く話されました。

● 学習指導要領全面実施に向けて

学習指導要領は、先行実施された「特別の教科 道徳」以外については、令和2年度から小学校、令和3年度から中学校が全面実施となり、高等学校は令和4年度から年次進行で実施されることとなっています。

文部科学省は、新しい時代に必要となる資質・能力の育成と学習評価の充実として、目指す資質能力を「学びを人生や社会

に生かそうとする学びに向かう力・人間性等の涵養」、「生きて働く知識・技能の習得」、「未知の状況にも対応できる思考力・判断力・表現力等の育成」としました。

教育課程の実施に当たっては「何ができるようになるか」「何を学ぶか」「どのように学ぶか」を一体的に捉えて取り組むことを求め、学習指導要領においてもこの3つの視点を踏まえて整理し示されました。

具体的には、より良い学校教育を通じてより良い社会を創るという目標を共有し、社会と連携・協働し、社会に開かれた教育課程の実現を図るとともに、「主体的・対話的で深い学び」の視点からの学習過程の改善など、各学校におけるカリキュラム・マネジメントの実現を求めました。

また学習評価については、学習指導要領に示す各教科の目標や内容に照らして学習状況を評価する目標準拠評価であることを明確に示しました。

さらに、情報活用能力を「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、各教科等の特性を生かし、教科横断的な視点から教育課程の編成を図るものとするを明記しました。

情報活用能力に関わる学校段階別のポイントは、プログラミング教育が必修化されたことです。小学校においては、文字入力など基本的な操作を習得するための学習活動や、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、中学校においては、技術・家庭科（技術分野）においてプログラミング、情報セキュリティに関する内容を充実すること、高等学校においては、情報科において共通履修科目「情報I」を新設し、すべての生徒がプログラミングのほか、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習することとしました。

● 子どもたちの輝く未来のために

学校は明らかに変わりつつあります。働き方改革に関わり「勤務時間の縮減」や「職務内容の精査」などの課題がある中、学校は新しい教育課題に前向きに取り組んでいます。学校はとても元気です。先生方は疲れてはいますが、子どもたちの輝く未来のために懸命に取り組む姿はとても頼もしく感じます。 ❖

地域だからできること 協働だからできること

～地域連携で創る、学びの場の実践報告～



吹田市佐竹台地区青少年対策委員会
青少年指導員
キャリア教育コーディネーター

水木 千代美 / みずき ちよみ

「地域で子育て」のカタチとは

大阪府吹田市佐竹台地域で、小学校のPTA本部役員、青少年指導員、自治会広報担当とさまざまな地域での役割を担いながら、子どもに関わる活動を始めて16年になります。高齢者が地域活動の主な担い手である現状に、若い世代が地域活動に関心を持ってもらうには、まずは多世代がつながる場所が必要ではと考えました。地域の皆さんと共にトヨタ財団の国内助成に応募、採択をきっかけに、地域コミュニティの場「さたけん家」を2011年に開設、年間8,000人を超えるさまざまな世代や立場の人に利用していただいています。

地域における私の立ち位置は、市民活動である「さたけん家」の代表と、地域活動である佐竹台地区青少年対策委員会の指導員であります。この紙面では主に子どもを中心とした活動を報告します。

2013年に始めた学習支援は今年で7年目となります。そのきっかけは、「地域で子育てと言われるけれど、それってどういうことなのだろう」と思ったことでした。学習支援の希望があり、小学生の部からスタート、小中学生対象の無料体験教室を夏休みに実施しニーズを調査、助成金を得て半年間の試行期間を設け、その後本格的に始動しました。やっと支援のカタチが見えてきました。



小学生の部：高校生が小学生に教えている（2015）



中学生の部：金曜日は隣接する市民ホールを使用（2019）

カタチを模索する試行錯誤の日々

半年間の無料体験教室を行うにあたって、参加希望の保護者には、無料期間は半年であること、継続希望が多ければ有償での継続を検討する旨を説明し実施しました。結果、継続希望の中学生が6名いたことで有償での継続となりました。当初参加費は週1回2時間で小学生の部は月額1,000円、中学生の部は毎回1,000円（月4回であれば4,000円）でスタートしました。はじめは「さたけん家」の自主事業でしたが、継続を考え、佐竹台地区青少年対策委員会主催での実施に変更しました。現在の収入は「さたけん家」が受けている補助金、青少年対策委員会の予算で、寄付金と参加費の割合が約3：1で運営しています。参加費は2時間あたり、小学生の部は毎週金曜16～18時で月額1,500円、中学生の部は毎週火曜・金曜19～21時で月額3,500円です。生活保護、就学援助を受けているご家庭は小学生は1,000円、中学生は2,500円となっています。

規模はどちらも定員10名で設定、小学生は指導員が3～4名、中学生は指導員：生徒が1：2～3名での個別指導をしています。指導員は大学生を中心に地元の高校生や大人ボランティアが受け持っています。謝金は大学生には1回

2,000円、高校生には1,000円で、大人はボランティアです。それぞれ夕食付です。

運営は、小学生は集中力が2時間も持たないので、1時間頑張ったら自由時間とし、折り紙や盤ゲームなどで遊べるなど子どもの現状に合わせて工夫をしています。

夕食はひとり暮らしの大学生や部活動から直接来る中学生のために始めました。毎週金曜日の18～20時はだれでも利用できる「みんなの食堂」として地域に開いていますので、小学生の部の子どもたちが利用して帰ることもあります。小学生以下は300円、中学生が400円、大人は500円で提供しています。お米は市内のお米屋さんからのご寄付です。



さまざまな方が利用している「みんなの食堂」のようす（2019）

活動から見えてきた居場所のカタチ

実施回数、参加費、運営体制などを少しずつ変えながら、地域にとって必要かつ継続できるしくみの在り方を考えてきました。その過程では、教室出身の生徒が指導員になって戻ってきてくれたり、高校生になって地域の子どものために演奏会や科学実験教室を開催してくれたり、地域の学びの場だからこそ生まれたうれしい成果がありました。

子どもたちの学びの場としても、地域コミュニティを育む場としても定着してきたこの場を続けるためには、生活困窮世帯なども含め、経済的な負担が少ない参加費設定は今後も続けていきたいし、加えて教室を必要とする子どもたちに情報が伝わるためには、教育委員会や学校との連携を一層緊密に進めていくことが今後の課題だと考えます。

..... 編集後記

第7回「算数・数学の自由研究」作品コンクールで受賞された皆さん、おめでとうございます。今年はいよいよ東京オリンピックが開催されます。選手の活躍によって日本が活気にあふれ、災害により被災された方々に元気が届くことを祈っています。また、一刻も早く、猛威をふるっている新型コロナウイルスのワクチンが開発されることを願ってやみません。

中学生の進路選択を多様な立場から考える

学習支援をしている中で、中学生が進路先の高校を「受かるところ」で決めることに違和感を持つようになりました。中学生が成績だけでなく、興味関心や将来を見据えて主体的に進路を選ぶためには、どのような情報や取り組みが必要なのかを調査するというテーマで、トヨタ財団の助成に応募し採択されました。応募にあたっては、これまでの活動の中でご縁をいただいた高校、大学の先生など教育や子ども支援をされている方々に協力をお願いしました。2018年度の調査では、大阪府の受験制度の複雑さ、中学校でのキャリア教育、進路指導の難しさなどが見えてきました。専門学科の高校など、学びに特色のある高校のヒアリング、その高校の在校生、卒業生のインタビューなど調査結果を冊子にまとめました。

一年間の調査で、進路選択の情報を中学生にどの時期にどのように提供するかや進路選択以前のキャリア教育の重要性も見えてきました。



進路選びのヒントーこんな学校あったんだ！ー
トヨタ財団国内助成のページからダウンロードできます。
<https://www.toyotafound.or.jp/community/2018/publications/data/2088.pdf>

おわりに

2019-20年も引き続きトヨタ財団の助成金に採択されました。教育のプロフェッショナルだけでなく、さまざまな立場の大人が集い、教育を考え地域で協働する大切さを私たちは学び「子どものキャリア支援研究会」を立ち上げました。学習会など今後さまざまな活動を進めますので、関心のある方はご参加いただければと思います。❖

「子どものキャリア支援研究会」
facebookにて情報提供中です。
<https://www.facebook.com/groups/2304353089834237/>



知られざる

女性数学者の素顔

第7回

マリア・ガエタナ・アグネシ ～ 18世紀、微積分学の教科書を いち早く著す～

サイエンスナビゲーター® 桜井 進/さくらい すずむ

数学上の学識は、イタリアおよび彼女の世紀の栄光なり

ミラノ市にあるピオ療養院正面、記念の隅石に刻まれた銘である。ミラノ師範学校には、彼女の名前をつけた奨学金が設けられている。彼女こそ、マリア・ガエタナ・アグネシ (Maria Gaetana Agnesi)。1718年5月16日に、ミラノで生まれた。ポーニャ大学の数学教授であったマリアの父は、娘の教育に母とともに力を注いだ。マリアは、5歳でフランス語、9歳までにラテン語、ギリシャ語、ヘブライ語をマスターする。マリアの10代は、20人の弟たち (マリアは21人兄弟の一番上) の家庭教師することに費やされた。この間に、彼女は数学に邁進していった。ニュートン、ライプニッツ、フェルマー、デカルト、オイラー、ベルヌーイらの数学を次々とマスターしていった。

このような事情は当時のイタリアに女性の学問進出の自由があったことを物語っている。欧州大陸の他の場所では、14世紀から16世紀のルネサンス以後でさえ、女性には学問の自由はなかった。フランスとドイツでは女権反対運動が盛り返し、16世紀のイギリスではヘンリー8世は修道院の制度を廃止し、エリザベス1世も女子教育のために何もしなかった。しかし、イタリアは違っていた。幾人かの女性が博士号をとり、ポーニャやパヴァアの大学で教授になる者もいた。中でもマリアはすべての時代を通じ、最も優れた女性学者の一人といわれる。

十代のマリアは、数学と兄弟の家庭教師の他にもう一つ特別な環境の中にいた。アグネシ家は知識人の集合場所——サロンであった。父ピエトロが選んだ人々が書齋に集まり研究集会在開催された。そこに同席させられたのが自慢の娘マリアであった。ある集まりにはヨーロッパ中から集まった30人が円形に座り、マリアに質問していったという。そのときのようすが参加者によって次のように記録されている。

「…彼女 (マリア) は、私たち同様、前もってそれらについて話すための準備をしていなかったにもかかわらず、すべての問題について驚くほどみごとに話した。彼女は、サー・アイザック・ニュートンの思想に深く傾倒していた。彼女の年齢で、難解な問題についてあれほど論じられるのは、素晴らしいことだ。彼女

の知識の広さと深さについて、随分驚いたが、彼女がラテン語をあのように純粋にすらすらと正確に話すことはもっと驚いた」

こうしてマリアの十代は、数学と弟たちの世話とサロンと、母の死後は家事に費やされた。結局、マリアは結婚しなかった。

1738年、20歳のマリアは、サロンでの討論を基にした『科学論』 (Propositiones philosophicae) という自然科学と哲学を融合した論文集を出版した。同時期、マリアはある闘志を燃やし始めていた。微積分学についての教科書を著すことだ。寝ても覚めても難問との格闘を続けた。果たしてこの仕事に10年という時間が費やされた。

1748年、30歳のマリアは『解析学』 (Analytical Institutions) を完成させた。はじめは自分の楽しみのためそして弟たちの教科書のために書き始めたが、出版されたこの本は四つ折版2巻にもなる大論文となった。弟たちの教科書となったことはもちろん、弟たちよりも驚いたのが学界だった。初期のロピタルの微積分学の教科書以来の最初の総合的教科書は、完全さの神々しさを纏い、読む者を圧倒せずにはおかなかった。

微積分学の教科書がなかった当時は、ニュートンの流率法 (fluxion)、ライプニッツの微分法など解析に関する研究は多くの本に散在していた。マリアは海外の書籍にも散らばっていた内容を2冊の本に集約した。ここに『解析学』の大きな価値がある。『解析学』の第1部は、有限量の解析を扱い、円錐曲線を含む軌跡の作図、曲線の極大・極小、接線、曲率について基本的問題を論じた。第2部は、無限小解析——微分法。第3部は、積分法を扱い、関数のベキ級数展開を論じた。とりわけ、『解析学』の中で異彩を放つ研究が「アグネシの曲線」と呼ばれる $(x^2+c^2)y-c^3=0$ で表される曲線である。

この曲線はもともと17世紀のフェルマーが研究していて、イタリア語で versiera と呼ばれていた。ラテン語で「廻る」という意味の vertere が由縁である。それとともにイタリア語で avversiera 「悪魔の妻」の略語でもある。これがイギリスで英訳されたときに「魔女」と誤訳されたことにより「アグネシの曲線」は「アグネシの魔女」と呼ばれるようになった。

『解析学』はフランス語、英語にも翻訳され広く教科書として使われた。イタリアでは、ポーニャの科学アカデミー会員に選出され、ポーニャ大学の名誉教授にも任命された。44歳以降、マリアは貧民たちを助ける慈善事業に身を捧げることになり、1799年1月9日、81歳で永眠するまで続いた。彼女の死後百年の記念碑に記されたのが冒頭の銘である。

Rimse (リムセ)

No.27

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
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：© Leigh Wells /Ikon Images /amanaimages