

日本の理数科教育をサポートする

Rimse

Research Institute for Mathematics and Science Education

No.11

FEBRUARY
2015

特 集

資質・能力の育成を 目指す教育とは II ー「21世紀型能力」の観点からー

塩野直道記念

第2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

巻頭言

数学とビッグデータ…………… 表紙裏
九州大学 理事・副学長 若山 正人

特集 資質・能力の育成を目指す教育とは II

－「21世紀型能力」の観点から－

I 「21世紀型能力」の位置付けと内容…………… 2

国立教育政策研究所 西野 真由美

II 資質・能力の育成に向けた授業づくり…………… 5

－「21世紀型能力」の観点から－ 国立教育政策研究所 白水 始

III 資質・能力の育成に向けた授業づくりの事例…………… 7

国立教育政策研究所 後藤 顕一
白水 始

IV 資質・能力の育成を目指す授業における「本質的な問い」…………… 9

－IBの事例から－ 国立教育政策研究所 松原 憲治

V 資質・能力を育むカリキュラムマネジメント…………… 11

国立教育政策研究所 松尾 知明

VI 今後の課題…………… 13

国立教育政策研究所 白水 始

特別寄稿「資質・能力の育成を目指す教育」への期待…………… 14

文部科学省研究振興局 局長 常盤 豊

塩野直道記念 第2回「算数・数学の自由研究」作品コンクール 受賞作品の発表

- 作品の審査を終えて…………… 17
- 受賞者一覧…………… 20
- 最優秀賞・優秀賞－受賞作品の紹介と講評…………… 26

連載 数学は人とともにある 第10回（最終回）

数学は美しい…………… 35

横浜国立大学大学院 教授 根上 生也

連載 理科を活かして考えよう 第10回（最終回）

静電気…………… 38

高知工科大学 教授 八田 章光

連載 社会の中の科学技術 第10回（最終回）

これからの理科教育に求められること…………… 41

大阪大学全学教育推進機構 准教授 中村 征樹

広場 地域教育で活躍する人々 第10回

みんな元気になるために「つながり」でESDの発信を！…………… 44

堺市立家原寺小学校 校長 中井 精一

科学史の散歩道 第11回

トウモロコシとの語り合いを楽しみ、「動く遺伝子」を発見
～ノーベル賞受賞記念撮影に臨むマクリントック(1983年10月10日)～…………… 裏表紙

大阪教育大学 名誉教授 鈴木 善次

巻頭言



九州大学 理事・副学長
(研究・産学官社会連携担当)

若山 正人 / わかやま まさと

1955年大阪市生まれ。東京理科大学理学部数学科卒業、広島大学大学院理学研究科数学専攻修了。理学博士。鳥取大学教養部、九州大学理学部助教授などを経て、1996年九州大学大学院数理学研究科(院)教授、2009年より九州大学主幹教授。2006年数理学研究院長。2010年より九州大学副学長、基幹教育院長代理、2011年からは九州大学マス・フォア・インダストリ研究所所長を兼務。2014年10月より現職。2011年より文部科学省科学技術学術審議会数学イノベーション委員会主査。専門は表現論・整数論。Pacific Journal of Mathematics for Industry 編集長、叢書 Mathematics for Industry (Springer) 編集長などを務める。

数学とビッグデータ

ビッグデータという言葉を目にする機会が増えました。ビッグデータは医療、購買情報、技術開発、科学研究の現場などから次々と生まれています。

データといえば、計算機性能の向上に伴い今日のコンピュータサイエンス・情報学が社会に浸透し始めた頃、統計学はもはや不要といわれた時代が10年ほど続きました。かつては、少量のデータからどれほどのことが予見できるかが統計学の勝負所でしたので、そうした見方もさもありなんです。数学も同様でした。数学と計算は切り離し難く、応用の観点に立てば、計算機の発達が数学不要論を導いたのも仕方がなかったのでしょう。すぐに役立たせようとすれば、数学理論などにつき合うより、とにかく計算のみが重視されたことも頷けます。

ところで計算機といえば、アラン・チューリングやフォン・ノイマンといった天才数学者の名が思い浮かびます。つまり、計算機は数学の所産です。それにもかかわらず、その計算機によって数学が駆逐されたかのようにも映ったわけです。しかし、数学も統計学も不要になりませんでした。それどころか、今やその役割は、かつてよりも高く評価されるに至っています。事実、1990年代中盤以降の計算機性能の飛躍的発達の下、未来の数学を産む課題が、社会のなかで、泥がついたまま芽を出してきているのです。

さて、ビッグデータの理解と活用には、微分方程式で表されるような第一原理に基づく物理現象などの記述とは異なる様式が必要となります。しかしビッグデータと真に向き合うためには、HPC(高性能計算)技術が欠かせず、その理解・応用には統計学と現代数学が必須です。実際、どのようなデータを集めるのかという点にも統計学の力が発揮されます。また同時に、おかしな言い方に聞こえるかもしれませんが、(入試と違い)解けるように問題を定式化するのが数学的にはスジの良い戦略です。アインシュタインの言葉を待つまでもなく、数学者の自由な着想で“解けるように定式化”されながら体系化され発達した数学が、諸科学や社会の現実問題の解決に役立った歴史も多く知られています。

おそらく今後、数学者はビッグデータを幾何学的対象として扱っていくことになると思われます。与えられた大規模

データの理解には、それらのクラスタリング等も重要になりますが、その際の尺度となるものはデータ間にある種の関係性を見いだすための(同値)関係や、力学系的に定義されるエントロピーのようなものであると考えられます。産業界の開発・研究現場においては、多くのパラメータ(変数)をもつさまざまなデータを扱うのが普通です。それらのパラメータをあたかも独立なものとして扱うだけでは、多少の情報は得られるとしても、本来は、変数が互いに依存し合う多変数関数の組の性質を調べるのが自然です。つまり、そうした多変数関数の組が定める図形の考察が必要となります。このような図形の研究は、20世紀に深化し現在も発展する、代数幾何、トポロジー、微分幾何や群論などの得意とするところです。実際、最近では、微分トポロジーの分野での基本理論であるモース理論ばかりか、特異点の分類なども利用した、ビッグデータの可視化研究の進展もありました。

そもそも、立ち足はかかる難問に対して数学者が行うのは「言葉の整備」です。例えば、リーマン予想、あるいはそれと同値な究極の素数分布定理は、提出後150年以上経過してなお、多くの優れた数学者の攻略にもかかわらず未解決です。この“解けない”という状況に対して、少なからぬ数学者は、人類が有している言葉がまだ不足しているからだ、と考えています。実際、1994年にアンドリュー・ワイルズにより解決されたフェルマー予想を振り返ってみても、そのことは理解できるように思います。フェルマー予想自体は、中学生でも理解できるとても簡単な言葉で述べることができますが、大学で学ぶ数学の言葉・概念でも足りないくらい多くの最先端の概念を駆使して初めてその解決に至りました。

かつての第一原理と同様のものがビッグデータの世界にあるかどうかはわかりません。しかしビッグデータの応用に期待されるのは、例えば癌の発生予兆診断に使えるようなマーカー(数学的には不変量)の獲得です。実際、これらの発見には、統計学であれば、ある種の因果情報を推定することを手始めにするのもよいかもしれませんが、数学がなすべきは、そのような不変量の発見や記述のための言葉の整備です。現代数学の利用の機会と、それを促す多くの問題群を、ビッグデータは数学に提供しています。



資質・能力の育成を目指す教育とは II

－「21世紀型能力」の観点から－

I 「21 世紀型能力」の位置付けと内容



国立教育政策研究所 教育課程研究センター 基礎研究部
総括研究官

西野 真由美 / にしの まゆみ

お茶の水女子大学人間文化研究科助手を経て、1990年10月より国立教育研究所（2001年に国立教育政策研究所に改組）勤務。道德教育・特別活動を担当。1997～1998年まで教育課程審議会委員を務める。

学習指導要領改訂が中央教育審議会に諮問され、教育改革が本格的に始動した。諮問文（「初等中等教育における教育課程の基準等の在り方について」平成 26（2014）年 11 月 20 日；以下「今回の諮問」と略す）では、「厳しい挑戦の時代」の中、我が国の将来を担う子供たちに、「高い志や意欲を持つ自立した人間として、他者と協働しながら価値の創造に挑み、未来を切り開いていく力を身に付けること」が求められ、そのために「新しい時代を生きる上で必要な資質・能力を確実に育んでいくことを目指し」た改善が必要であるとされている。今後は、育成すべき資質・能力の具体的な検討とともに、それらの資質・能力を「どのように学ぶか」という視点から、学びの質を高めるための学習・指導方法やその評価に関する議論も、目標や内容の検討と一体的に進められるだろう。

そこで本特集の二回目である今回は、国立教育政策研究所が整理した「21 世紀型能力」の内容を具体的に示すとともに、それらを「どのように学ぶか」に関しても研究成果をもとに検討しよう。以下、まず本稿（「21 世紀型能力」の位置付けと内容）では、私たちがこの「21 世紀型能力」を整理した意図を確認したうえで、それが目指す具体的な資質・能力を解説する。それを踏まえ、「II 資質・能力の育成に向けた授業づくり」では、これらの資質・能力を育成する授業づくりのイメージを提案し、さらに具体的な事例として、研究校における実践事例（III）と国際バカロレア機構のプログラム（IV）を分析する。さらに、「V 資質・能力を育むカリキュラム

マネジメント」では、今後の学校教育における資質・能力の育成を支える学校づくりに向け、「学校を基礎にしたカリキュラム開発」の在り方を検討する。最後にここまでの研究成果に基づき、今後の課題（VI）について示すことにしたい。

1 「21 世紀型能力」をどう見るか

持続可能な社会を実現するための一律の正解は存在しない。

自立・協働・創造を今後の教育理念として提起した第 2 期教育振興基本計画（平成 25（2013）年 6 月 14 日）は、その前文で上のように指摘し、社会の全構成員が当事者として課題探求に取り組むよう求めた。正解が見えない中で、山積するさまざまな課題に納得できる答えを見いだしていかなければならない。そんな「厳しい挑戦の時代」だからこそ、この新しい時代を生き抜くための資質・能力を育成する教育の充実が求められているといえよう。

では、これからの社会を生きる子供たちに具体的にどんな資質・能力を育むべきか。この問いに対しても、一律の正解は求められないだろう。私たちが「21 世紀型能力」を整理した目的の一つは、学校教育で子供たちにどんな力を育てるかについて、各学校における議論が活性化することを期待してのことである。もとより、この「21 世紀型能力」がそのまま各学校の目指すべき唯一の方向として受け取られることを私たち

は望んでいない。むしろ、各学校が私たちの整理を批判的に検討し、学校の特色や実態を踏まえ、学校として育てたい資質・能力目標を提案し、実践しながら検証し、修正と更新を重ねていく—そんな試みを喚起する触媒となれば幸いである。

資質・能力を育成するカリキュラムの具体化は、まだ緒についたばかりである。私たちの整理もさまざまな意見を傾聴しながら修正を重ねてきた。ここでは、それらの成果をもとに、現時点で検討している「21世紀型能力」の構成要素について確認していこう。

2 なぜ三層構造なのか

「21世紀型能力」は、求められる資質・能力を三層で一体の円として表している(図1)。まずその意図を確認しておきたい。

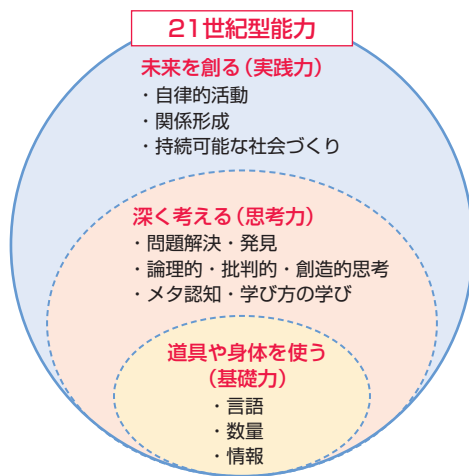


図1 21世紀型能力

日本の教育課程は、伝統的に「知・徳・体」のバランスと調和を重視してきた。これは日本の学校教育の強みでもあり、その良さは今後も継承したい。ただし、注意しなければならないのは、こうした理論的な分類が実践における分業や分離につながってしまうことである。教育の目標である「人格の完成」に込められた「人格」とは、一人の人間としての全体であって、この部分は「知」、この部分は「徳」などと分けられるものではない。日本の学校教育の「知・徳・体」で重視されているのも、それらの「調和」であり、知・徳・体を一体として働かせて「生きる力」を育むことである。

21世紀を生き抜く力は、分断よりも統合や総合から生まれる。そう考えるなら、日本が伝統的に培ってきた心身を一体的に捉える思想や文化がむしろ強みになり得るのではない

か。「21世紀型能力」を整理するにあたって最も留意したのは、このような統合的なアプローチの実現であった。

そこで「21世紀型能力」では、資質・能力が分業にならないよう、授業や活動による重点の違いはあるにせよ、常に三つの資質・能力を意識して実践できるように、三つの円全体で一つの円となるように示した。また、三円の重なりも、まず「基礎力」を育ててから「思考力」を、などといった段階的なモデルではないことを示している。さらに、三層の一番外側に「実践力」を置いたのは、実践力が学校教育だけで完結するものではなく、学校外の社会に広くつながりながら育成され得ることを示唆したいからである。三層の円の周囲に、さらに豊かな「生きる力」を育てる世界が広がっている。その多様に広がる世界の中に、学校教育で育成する三層の力をしっかりと根付かせたい。それが私たちの意図である。

3 「21世紀型能力」の構成

「21世紀型能力」の三層は、これまで「基礎力」「思考力」「実践力」と通称してきた。育てたい力をいっそうイメージしやすくするため、これらを表1のように整理してみた。以下、これらの能力について簡単に解説しよう。

A 「基礎力—道具や身体を使う」

「基礎力」は、私たちが世界で出会うさまざまな事象について、道具を使って理解し表現する力である。「基礎力」という呼び方から、「基礎的・基本的な知識・技能」を指すと理解されてしまうのを避けるため、「道具や身体を使う」として求める力の特徴を明示した。

道具には目的に応じた使い方が求められる。つまり、生活世界から得られたさまざまな情報を、言語、数、音や図、ICTなどの道具や自らの身体を用いて、適切に受け止めて表現し、目的を実現する力が意図されている。漢字を覚えたり楽器の演奏法を学んだりしても、それを自分の生活で活用できなければ、生きた知識・技能とはいえないだろう。英単語を記憶しても、正しい文法で表現しようとするあまり、会話を進めることができないのでは、英語を道具として使えているとはいえない。もちろん、知識量も大事だが、注目したいのは、その質である。21世紀型能力では、周囲とコミュニケーションし、自分の世界を広げる道具を身に付けることを推奨

するために、「基礎力」という用語を用いている。実際の場面で学んだことを自分の人生や生活の中で自由に使える力が求められているのである。

B 「思考力—深く考える」

「問題解決・発見」,「論理的・批判的・創造的思考」,「メタ認知・学び方の学び」で構成される。課題意識を持って問題に主体的に取り組み、解決方法を見いだしていくプロセスの中で、さらに新たな問題を発見していくような、発展的な学習のサイクルが想定されている。

思考力は、授業本来の目的である知識・技能を習得し活用し、探究的な学びへと発展させるサイクルの中で育まれる。したがって、それが問題解決や論理的思考から構成されるといっても、手順を道具的に操作することで身に付くわけではない。思考力はその対象を必要とする。つまり、教科等の内容の学びの中で一体的に育てることが重要なのである。

理科を例に考えてみよう。子供は、日常生活における具体的な経験から帰納した考えを携えて学校にやってくる。そこで仲間の違う考えや教科書、先生の述べる抽象的な原理や公式に触れて、帰納や演繹を繰り返しながら、授業前とは違う世界のモデルをつくるようになる。このように学ぶことができれば、教科の内容自体が明日の考える力の糧になり、学ぶ過程で考え方自体を鍛えることになる。

自分の経験や直感だけで考えるのでも、公式を暗記して機械的に適用するだけでなく、経験や公式の意味をよく考え、それらを結び付けて自分なりに世界のモデルを構成して考えようとすることを「深く考える」と表現した。

C 「実践力—未来を創る」

「未来を創る」の「未来」は、自分自身と社会の未来(将来)を切り拓いていく姿を込めている。実践力は、学んだことを

自分の人生や社会の現実の中で発揮するための力である。不確定で多様な現実の世界で発揮される力であるがゆえに、実践力を育成する学びには、子供が生きた文脈の中で実際に具体的な問題に出会い、多様な人々と関わり合いながら学んでいく活動の構想が求められる。このような、自己のまわりの世界との関わりを豊かに広げていく活動の中で、自律的活動(自分の生活や心身の健康づくりに主体的に関わり、学ぶ意欲を高め、人生のキャリアをデザインしていく力)、関係形成(多様な人々と関わり、さまざまな見方や考え方を伝え合う中で互いに理解を深め合い、協働で現実の問題や課題の解決に取り組む力)、持続可能な社会づくり(社会や自然をめぐるさまざまな課題に関わり、新たな価値を創造していく力)の三つの力を育てたい。

もとより、実践力は学校だけで育てられるものではない。その実践力を21世紀型能力に位置付けることによって、学校と社会との協働をいっそう意識したカリキュラム開発が進むことを期待している。

実践力で育成すべき力に「持続可能な社会づくり」を位置付けたように、「21世紀型能力」は、ESD(持続可能な開発のための教育)を意識している。ESDの世界的な牽引者となってきた日本には、自然と共生しつつすべての人々が幸福を追求して生きるための社会づくりの新たなモデルを創造していくことが求められている。さらに、その先の未来を生きる子供たちには、今の私たちには予想さえできない新たな課題が待ち受けているだろう。その時代を生き抜き、未来を力強く切り拓いていくような、課題をともに探究していく力を、これからの子供たちに育てたい。その実現に向けた新しい学びの姿を、「21世紀型能力」をもとに次に検討していこう。❖

表1 「21世紀型能力」の三要素

	求められる力(イメージ)	構成要素
未来を創る (実践力)	生活や社会、環境の中に問題を見だし、多様な他者と関係を築きながら答えを導き、自分の人生と社会を切り拓いて、健やかで豊かな未来を創る力	自律的活動 関係形成 持続可能な社会づくり
深く考える (思考力)	一人一人が自分の考えを持って他者と対話し、考えを比較吟味して統合し、よりよい答えや知識を創り出す力、さらに次の問いを見つけ、学び続ける力	問題解決・発見 論理的・批判的・創造的思考 メタ認知・学び方の学び
道具や身体を使う (基礎力)	言語や数量、情報などの記号や自らの身体を用いて、世界を理解し、表現する力	言語 数量 情報(デジタル、絵、形、音等)

II 資質・能力の育成に向けた授業づくり ー「21世紀型能力」の観点からー



国立教育政策研究所 初等中等教育研究部
総括研究官

白水 始 / しろうす はじめ

2000年から中京大学情報科学部認知科学科助手、情報理工学部情報知能学科准教授を経て、2012年度より現職。次期学習指導要領改訂の基礎資料となる「教育課程の編成に関わる基礎研究」に参画する一方で、文部科学省「多様な学習成果の評価手法に関する調査研究」の評価・推進委員や「情報活用能力調査に関する協力者会議」委員を務めながら、今後の教育のための授業法、評価、ICT活用研究を一体的に進める。

本編では、「基礎力、思考力、実践力」からなる「21世紀型能力」をいかに育成していくかについて検討する。育成のポイントを一言で表現するならば、「使って、育てて、21世紀を生き抜くための『21世紀型能力』」というものになる。以下では、この標語を軸として、資質・能力を育成する授業づくりのイメージについて、研究成果とともに紹介する。

1 子供は資質・能力を使った ほうがよく学ぶ

すでに現行学習指導要領に基づいた授業実践から、思考力・判断力・表現力等を用いた授業のほうが、暗記を強制する講義よりも、知識・技能の定着を促進することが見えてきている。その根底には、発達・学習研究が見いだしたような、たとえ小さい子供でも、自分なりに考えたり判断したり、考えを伝えようとしたりする力を潜在的に持っているという事実がある。こうした実践と研究の両面に支えられて、世界的にも資質・能力を「目標」としてだけでなく、「手段」として捉える見方が広まっている。

デア」と呼ばれる内容精選の動き、知識と資質・能力の育成を一体的に行おうとする統合的・文脈的アプローチの提唱は、いずれも教科等の内容を「わかるともっと知りたいことが生まれてくる」ようなものへと再編する試みである。今回の諮問で言及されたアクティブ・ラーニングも、単に子供を活動的にするのではなく、そのような活動を通して学習が深まるものにすべきだろう。

ここまでの、図1のように図式化した。教科等の学びが深まるように資質・能力が使えているか、かつ、黄色い矢印で示したように、内容自体が断片的な知識を結び付けると、一段上の概念的な理解へと深まるものになっているかが、鍵になる。

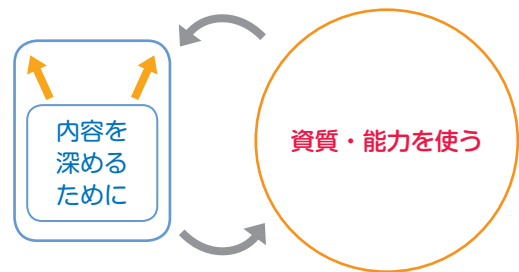


図1 資質・能力を使って内容理解を深める

2 資質・能力を活用できる内容が大事

資質・能力をうまく使うためには、それを働かせて学ぶための教科等の内容が充実している必要がある。世界的に見られる知識の重要性の再確認や「本質的な問い」、「ビッグアイ

3 資質・能力の質を高める自覚が大事

思考力等の資質・能力を人が生まれつき持ち自然に使っているとしても、そのこと自体を自覚しているとは限らない。それゆえ、資質・能力の質を意識的に高める努力が必要であ

る。一つの実現の仕方が、本特集の一回目で後藤論文が触れた「高次の資質・能力目標の設定」である。

例えば、三人の理科の先生がいるとする。A先生が「子供は活動から自然に学ぶ」と考え、種を集め、植物を育て、実験装置に慣れさせて活動の質と量を評価するだけであるのに対し、B先生が「活動からの知識習得や理解が大事」と考え、学習のゴールを設定し、既有知識を喚起し、議論をガイドする刺激的な質問を投げかけ、探究を指示し、理解度を評価する場合、B先生のクラスにおいて子供の学びが深まりやすいことはうなずけるだろう。さらに、B先生と同じ学習過程について、C先生が、その学習のコントロール権を子供に手渡し、子供自身がゴールを形にし、既有知識を活性化し、自問自答、探究を方向付け、失敗も含めて理解度を自己評価するように支援を行う場合、子供は科学的な知識・技能だけでなく、理科の学び方まで学ぶ可能性が高まることは疑いない(Scardamalia & Bereiter, 1991)。

C先生の例に見るように、同じ内容を教える場合も、知識・理解だけでなく、子供の思考力や問題発見・解決力まで使って、科学的に考える力やものの見方・考え方を育てようとすることで、育成が実際に図られやすくなる。

4 内容と資質・能力を学習活動でつなぐ

しかし、C先生の目標は「言うは易く行うは難し」という典型である。したがって、例えば「失敗を恐れずに正解のない問いに取り組んで、自分で考える力ややり抜く力を身に付ける」ことを学校目標としたとしても、最初からオープンエンドの問題ばかりグループで解かせていたら、自然とそれらの力が身に付くものでもない。子供を適切かつ実効的に「学ぶ主体」とするための支援が必要になる。

それゆえ、「学習活動」を工夫して、子供が潜在的に持つ資質・能力をうまく引き出し、教科等の内容理解を深める学びの繰り返しから、資質・能力の質を高め、21世紀の社会を生き抜く力へとつなげていくことが必要になる。これを図示したのが図2である。学習活動は最適な一つに決まるものではなく、各学校や教室、子供の目標や実態に合わせ、多様な選択肢を試すことができるようになっていることが望ましい。

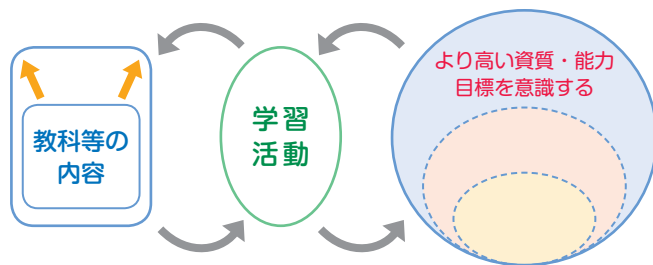


図2 内容と資質・能力を学習活動でつなぐ

5 サイクルの具体的活用例と今後の課題

図2のサイクルは、右端に位置する資質・能力が何であっても当てはまる概括的なものである。ここでは、一回目の特集で後藤論文が紹介した知識構成型ジグソー法の授業と21世紀型能力とを結び付けた例を図3に示してみる。図に見るように、読んだり話したり聞いたりする基礎力や、対話しながら考えたり問題を解いたりする思考力をジグソー法の一連の活動で引きだし、身分統制令などの知識の断片を組み合わせることで、「階級」という大きな概念(ビッグアイデア)をつかむ流れが右から左への矢印で表されている。そこから、「今の社会は誰にとって住みやすいものか」という次の問いを考えて持続可能な社会づくりへと向かっていく流れが左から右への矢印で示されている。

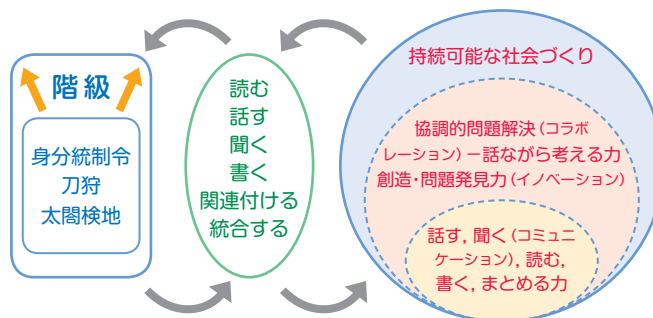


図3 知識構成型ジグソー法でのつなぎ方

以下の論文では、このサイクルで他の授業も考えることができるか、さまざまな条件の学校にどう広がっていくのか、そのための具体的な方策はいかなるものか等について検討する。

引用文献

Scardamalia, M. & Bereiter, C. (1991). Higher levels of agency for children in knowledge-building. The Journal of the Learning Sciences, 1 (1), 37-68.

III 資質・能力の育成に向けた授業づくりの事例



国立教育政策研究所 教育課程研究センター基礎研究部
総括研究官

後藤 顕一 / ごとう けんいち

1989年埼玉県立高校教諭，2008年埼玉県教育委員会事務局高校教育課指導主事を経て，2009年4月から現職。2013年度は，初等中等教育局教育課程課教科調査官を併任。専門は，化学教育，科学教育。国立教育政策研究所では，国内外の教育課程の調査，理系進路選択研究，教育課程編成に関する実践的研究等に従事。

国立教育政策研究所 初等中等教育研究部
総括研究官

白水 始 / しろうす はじめ

本稿では、『21世紀型能力』を使って，育てて，21世紀を生き抜く」とはどういうことを具体的に考えるため，特集一回目に紹介した実践例の再検討等からふだんの授業に展開する示唆を得る。

1 文脈の中で技能と思考力を使う

前回紹介した新宿区立大久保小学校の実践例（『Rimse』No.10, pp.10-11）を白水論文の図2のサイクル（本号p.6）で捉え直すと，重要なポイントは次の二点になる。

ポイント1 文脈の中で技能（日本語）を使う

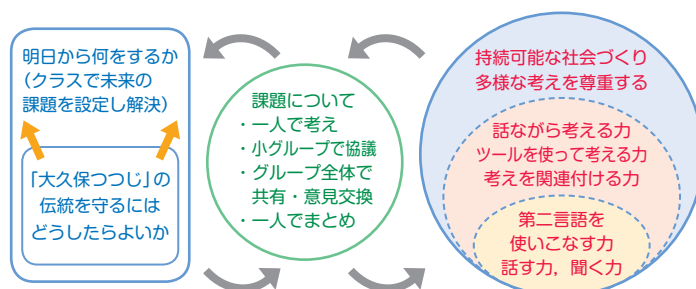
この小学校では，外国につながりを持つ児童が多いため，従来は日本語が得意でない児童にドリル学習をさせていた。サイクル図でいえば，日本語の読み書き技能という「内容」を，学習活動の工夫なく行っても基礎力が身に付いてくることをねらっていたといえる。「探究活動などを行うためにも，まず基礎をしっかりとさせる」という考えは，多くの先生の常識に合うものだろう。

しかし，探究型の学習に切り替え，その課題を追求する中で日本語を使ったほうが，技能は習得させやすかった。確かに，日常生活では「相手と意思を通じ合いたい」という目標を実現しようとするうちに，結果として言語を習得するものである。そう考えると，意味のある文脈で技能を学ぶことに効果があると考えられる。

ポイント2 対話しながら考える活動を導入する

しかし，単に探究型の学習をすればよいものでもない。三田先生の総合的な学習の時間では，児童が一人で考え，班ごとに話し合い，全体でまとめる活動を思考ツールで支え，最後に一人ずつ書いてまとめる時間を確保していた。この学習活動の工夫により，日本語に不慣れな児童でも，自分の考えをまず持ち，小グループで仲間の会話を聞きながら，チャンスがあれば発言してみる機会が保障されるわけである。話し言葉は，書き言葉に比べて表現を作りかえやすい分だけ，考えを柔軟に変えることに役立つ。多様な考えの交換と深まりに参加しながら，最後に，自分の考えを文章でまとめて，「形」にすることで，最初の考えからの進歩も見ることができる。

これをサイクルに表すと，いわば第二言語の日本語を道具に，話したり聞いたり，ツールに文字を書いたり黒板の文字を読んだりしながら考える「思考力」を使って，多様な考えを尊重し，それを生かして次の課題を見つける「実践力」を身に付け，同時に，使える「基礎力」として日本語技能を習得したと考えることができる（図1）。



自立，協働，創造の力を思考ツールも介して

図1 大久保小学校における実践でのサイクル

2 まずは学習活動を少し変える

上記のように、学習活動によって内容の学習と資質・能力の育成とを一体化する授業ができれば理想だが、まずは、同じ内容でも学習活動を少し変えることで、授業が変わる面もある。

北海道立高等学校のある数学の先生は、周囲の先生方が従来型の講義を行う中で、自分のほぼすべての授業に生徒間の対話活動を取り入れた。例えば、高校1年生の組合せの単元ならば、生徒は「碁盤の目の街路上でA地点からB地点まで最短距離でたどり着くにはどうしたらよいか」といった課題に取り組んだ。その際、まず地元の地図を用いて、学校から公会堂までの道筋は何通りあるかを考え、その後、難易度が増えていく計4題を5～6人のグループで解決した。基本的には、個人で解答を記述し、相談をしたくなった時点で、グループ内で自由に対話ができるようにした。また、多くの生徒がつまづいた課題は、解いた生徒が前に出て説明し、解き方を共有した。最後に「まとめの問題」を全生徒が自作し、先生に指名された生徒が前に出て披露し全員で解き合った。

結果として、4題の課題を78%の生徒が完答し、94%の生徒がその日の学習を「理解できた」と自己評価した。生徒が「わかっていった」手応えを得たことが見てとれる。授業中の対話を以下に示す。わからない生徒Aが「何を考えればいいのか」というメタ認知的発話を行いながら、生徒Bの「さっきの問題の考え方をを使う」「同時に起こる事象は掛け」といった概念的理解を含んだ発話を引き出ししている。

特徴的な授業中の対話

生徒A：わかんないな。xの場所を通らないといけない。何を考えればいいのか。うーん。

生徒B：さっきの問題の考え方をを使って、まずは、入口までの行き方を考えればいいのか。

生徒A：なるほど。やってみよう！ っていうことは、出口からも同じようにして、ゴールまでを考えて、足せばいいのか。掛ければいいのか。

生徒B：同時に起こることだから、掛ければいいのかじゃない？

生徒A：そっか。スタートから入口まで行って、さらに、その出口からゴールまで同時に起こるから、掛ければいいんだ。わかった！（その後、一人で集中して計算）答えは、170！やったね。

この対話は、「解き方のわからない者が、わかった者から教えてもらう」パターンであり、「わからない者どうしが共通の課題を解決する」協調問題解決には至っていない。それで

も、先にわかった者が聞かれてもいないのに教えるのではなく、わからない者が自らヒントを探しにいく点で、主体的・積極的な問題解決活動やその能力育成の萌芽と認められる。

授業見学後の研究会での質疑では、「これで授業が終わるのか」「基礎・基本の定着は大丈夫か」という質問に対して、実践の手応えをもとに教員が「主体的な姿勢が身に付き、学習意欲が高まることで、基礎・基本を押さえながら予定より早く終わる」と回答する場面も見られた。まずは、少し学習活動を変え、子供の学びを変える提案型の授業公開を行うことで、周囲の先生の吟味も得ながら、学び合う文化が生徒・先生両方の中に育つ契機となった事例といえる。

今後は、効果の上がらないグループ活動で子供が疲弊しないように、学習のねらい(教科等の本質)と子供はいかに学ぶかの洞察(学習理論)の質を向上させていく必要がある。例えば、上記と同じ単元を知識構成型ジグソー法で展開した埼玉県立のある高校では、「12個の立方体を積んでできた直方体の対角に位置する二つの頂点を最短距離で通る道順のうち、途中の3点を通らない道順は何通りか」という難題に、「小さいサイズの直方体の場合の問題」「補集合」「全体集合と部分集合」に関するエキスパート資料の知識を組み合わせることで答えを出す授業を行った。この単元の本質の一つは、組合せと集合の結び付けである。それを明示的に取り上げ、難題の「協調問題解決」を通して、単に問題を解いて終わりにしない「納得」を目指したのである。こうした内容の充実と問題解決活動の質の向上が、「思考力」の一部である「協調的問題解決能力」を育成することにもつながっていくだろう。

3 まとめ

いずれの事例でも、教員がきめ細かく授業準備を行いながら、課題解決・発見を大胆に子供にまかせ、授業中は目立たずにようすを観察していた。今後は、一つ一つの授業で子供につけたい力や教科等の本質、単元目標をしっかりと見据えられるかが鍵となる。また、授業終了後の検証と内省を通した質の向上も重要である。第2節に示した実践のように、学校で共通理解を作る前に小さなネットワークで少しずつ新しい授業を試し広げる道筋もあってよいだろう。同じ単元の違う教え方に触れる授業研究などの輪で、さらに大胆な視点転換も可能になる。



IV 資質・能力の育成を目指す授業における「本質的な問い」－IBの事例から－

国立教育政策研究所 教育課程研究センター基礎研究部
総括研究官

松原 憲治 / まつばら けんじ

公立中学校助教諭・高等学校教諭、青年海外協力隊(ザンビア、理数科教師)、国際協力機構専門家(ガーナ、理科教育／授業研究)を経て、2009年4月から現職。専門は、科学教育、国際教育協力。国立教育政策研究所ではIEA／TIMSS2015 国別調査責任者(理科担当)およびOECD／TALIS2013 事務局担当。国際調査とともに教育課程編成に関する実践的研究に従事。

本稿では資質・能力の育成を目指す授業における「本質的な問い」について予備的な考察を行う。ここまでの特集論文に見るように、学習活動を通して内容と資質・能力の育成を図るためには、学習の土台となる「問い(学習課題)」が重要である。そのタイプとして、教科内容と日常生活や実世界との関連を深める方向で機能するもの、教科の系統性の中で中心的な内容の理解を深めるために機能するもの、これら二つを融合する形で機能するものなどが考えられよう。これらの枠組みをもとに、問いについて考えを深めるため、教育研究の分野で最近よく言及される「本質的な問い」について、諸外国の事例から示唆を求めることとする。

事例としては、今回の諮問において「新しい時代に必要となる資質・能力の育成に関して、論理的思考力や表現力、探究心等を備えた人間育成を目指すカリキュラム」例として挙げられた国際バカロレア機構(IBO)によるカリキュラムのうち、中等課程プログラム(MYP)に注目する。IBOは1968年に設立された国際教育の推進を目的とする非営利教育団体として、特定の国に限定しない大学入学資格(ディプロマ・プログラム:DP)を提供してきた。MYPはDPの前段階の中等課程プログラム(11歳から16歳の生徒対象)として1992年から導入されたものである。

1 MYPでの目標と価値観

MYPにおける目標と価値観については、学習者をどのような人物に育てたいかについて描いた「IB学習者像」に簡潔に示されている。すなわち、「すべてのIBプログラムは、人類共通の人間らしさと地球を共同で守る心を知り、平和でよ

り良い世界を築くために貢献する、国際的な視野を持つ人間の育成を目指しています(国際バカロレア機構 2011, p.9)」とある。目標とする人物像として以下を示している。

IBの学習者像

探究する人、知識のある人、考える人、コミュニケーションができる人、信念を持つ人、心を開く人、思いやりのある人、挑戦する人、バランスのとれた人、振り返りができる人

2 MYPの授業デザインと単元クエスチョン

MYPの単元設計書を事例として挙げながら、資質・能力の育成を目指す授業における授業デザインについて考察する。

MYPの単元設計書は、学校におけるカリキュラムの計画・授業(実践)・評価の連携を強化し、設計において教師を支援するツールとして提供されている。第1段階で「重要概念」、「相互作用のエリア」および「単元クエスチョン」の統合、第2段階では評価から探究による学習活動までの逆向き設計がなされる。本稿では単元クエスチョンに注目するため、以下第1段階について述べる。

第1段階の単元設計においては、まずどのIBの学習者像に焦点を定めるのか、また、その理由について検討される(IB学習者の焦点)。これには、MYPの目標と価値観を単元設計の土台として意識化する役割があると考えられる。

相互作用のエリアは、「学習の姿勢、コミュニティと奉仕、健康と社会教育、多様な環境、人間の創造性」の5つとされ、教科間、教科と社会をつなげるしくみである。教科の内容を

学習の状況に関連付けることで、学習指導において心構えや価値、スキルに焦点をおくことができる(国際バカロレア機構 2011, p.24)とする。なお、教科(群)としては言語A、言語B、社会、数学、科学、芸術、体育、テクノロジーの8つが設定されている。単元設計の際には、どの相互作用のエリアに焦点を定めるのか、また、その理由について検討される。

重要概念については、この単元で扱われる大きな概念(ビッグアイデア)は何か、また、生徒に今後も長い期間覚えておいてほしいことは何かについて検討される。

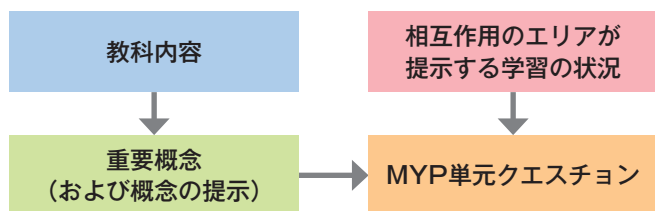


図1 MYP単元クエスチョンの設定時に何をどの順序で考えるか
出典：国際バカロレア機構 2011, p.91

MYP単元クエスチョンは、相互作用のエリアを意識しながら重要概念の理解に導くための発問であり、相互作用のエリアの焦点と重要概念を統合する役割を持つ。また、MYP単元クエスチョンは、複数の教科で同一の発問を検討・設定する場面を提供している。これにより、教科間の連携が促進される。図1は、構想を内容や状況から始めるかにかかわらず、最後に統合的に考えるのはMYP単元クエスチョンであることを示している。

3 実践例と「本質的な問い」への有益な示唆

MYP単元クエスチョンの作成においては、相互作用のエリアの検討が、教科内容と日常生活との関連を深めるしくみとして機能し、他方、重要概念の検討が、大きな概念(ビッグアイデア)―教科の系統性における中心的な内容―の理解を深めるしくみとして機能すると考えられる。それでは、IBの学習者像との関係はどうなるのだろうか。

図2、3に、東京学芸大学附属国際中等教育学校の実践例で用いられた単元計画書を示した。MYP単元クエスチョンを相互作用のエリアにおける「人間の創造性」や「多様な環境」と結び付けることで、「信念を持つ人」や「探究する人」といっ

た学習者像の形成を助けること、加えて、MYP単元クエスチョンを「持続可能な社会」や「機能」といった極めて抽象度の高い重要概念の習得に結び付けることで、学習者像の要素となる知識の獲得をねらうことが見て取れる。

第1段階：重要概念、相互作用のエリア(AOI)及び単元クエスチョンの統合

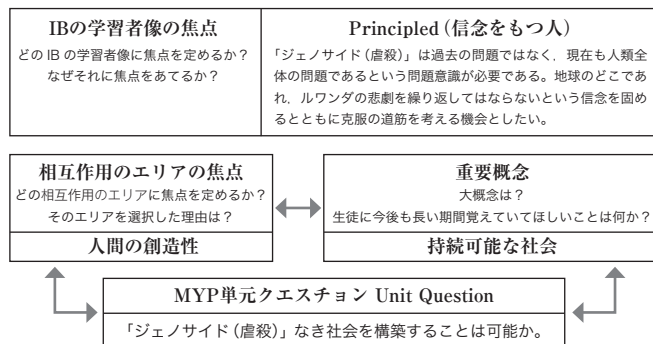


図2 MYP単元計画書の例1 ジェノサイドからアフリカの奇跡へ 社会科(ESD 地理) 1年(古家正暢先生実践より一部)

第1段階：重要概念、相互作用のエリア(AOI)及び単元クエスチョンの統合

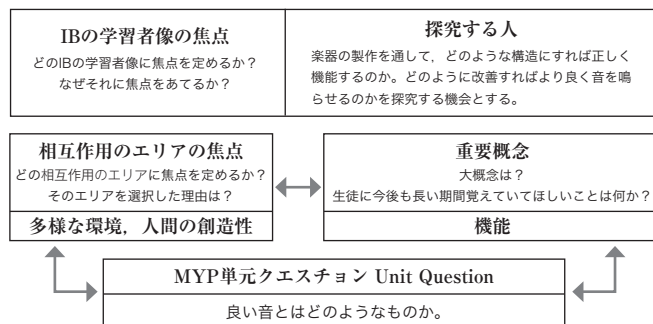


図3 MYP単元計画書の例2 単元名：音の性質 教科 物理基礎2年(長友結希先生実践より一部)

MYP単元クエスチョンは、そのカリキュラムにおいてどのような人物に育てたいかについての意識、学習の状況、教科の内容および子供に身に付けてほしい大きな概念を統合することをねらっているといえよう。加えて、図1の枠組みや図2、3のシートという共通の枠組みを学校現場で共有し、複数の教科間で連携することで、カリキュラムマネジメントの「内容をつなぐ」活動を具現化しやすくなると考えられる。

このような枠組みは、資質・能力の育成を目指す授業において「本質的な問い」を考える際に具体的な示唆となり得る。❖

引用文献

国際バカロレア機構(2011)「MYP：原則から実践へ」
 第4回TGIUSS公開研究会資料 グローバルスタンダードに立脚した中等教育の「学びのあり方」～多様な学習評価から設計する探究型授業～
 東京学芸大学附属国際中等教育学校 2014年6月

V 資質・能力を育むカリキュラムマネジメント



国立教育政策研究所 初等中等教育研究部
総括研究官

松尾 知明 / まつお ともあき

福岡教育大学卒業後、公立小学校で教員を4年間務める。浜松短期大学講師を経て、現在、国立教育政策研究所に在籍。専門は、カリキュラムと多文化教育。単著に、『教育課程・方法論—コンピテンシーを育てる授業デザイン』（学文社）、『多文化共生のためのテキストブック』（明石書店）などがある。

資質・能力の育成が重視される中で、「何を知っているか」だけでなく、知識を活用して「何ができるか」が問われるようになると、地域、学校、生徒の実態やニーズに対応した主体的な学びがいつそう求められるようになる。この課題に 대응するためには、21世紀型能力などの資質・能力モデルをもとに、育みたい生徒像を学校レベルで明確に設定して、その資質・能力形成に向けた学校レベルのカリキュラム開発が必要になってくる。

本稿では、学校教育目標として設定した生徒の資質・能力像の育成を目指し、学校を基礎にしたカリキュラム開発（SBCD：School Based Curriculum Development）を進めるためのカリキュラムマネジメントの考え方・進め方について検討したい。

1 カリキュラムマネジメントとは

学校教育目標として設定した生徒の資質・能力像の育成に向けて、どのようにカリキュラムをデザインしていけばよいのだろうか。資質・能力の形成には、全国一律に教科等の内容をカバーするような教師主導のやり方では対応ができないだろう。育みたい資質・能力像の育成に焦点化し、日常生活や実社会に近い真正な文脈のもとで、生徒にとって意味のあるリアルな課題に取り組む学びのデザインが必要となってくる。こうした主体的で深い理解を促す授業づくりを実現するには、地域、学校、生徒の実態やニーズを捉え、教育の目標や内容に具体化した、学校レベルのカリキュラムづくりが求

められる。

そこで注目されるのがカリキュラムマネジメントの視点である。カリキュラムマネジメントとは、学校教育目標の実現に向けて、アクションプランを立て、組織的に取り組み、PDCA（Plan-Do-Check-Action）のサイクルを動かす営みという。それは、学校をカリキュラム開発の現場として捉え、日常的な教育実践の中でカリキュラムの計画、実施、評価のサイクルを組織的に進めていく試みといえる。

2 カリキュラムマネジメントの考え方

カリキュラムマネジメントには、例えば、図1のようなモデルが提案されている^{*}。図1をもとに、3つの「つなぐ」課題を検討したい。

第一に、「学びと経営をつなぐ」ことである。カリキュラムマネジメントには、大きくは、図1の上半分に示されたカリキュラムレベルのマネジメントと下半分に関連する組織レベルのマネジメントがある。カリキュラム（生徒の学び）と条件整備としての経営（マネジメント）とをいかにつないでいくのかが課題となる。

第二に、「内容をつなぐ」ことである。カリキュラムの開発にあたっては、学校のミッションを踏まえ「ア. 教育目標」を設定して、目指す生徒の姿に具体化する。その目標を具現化するために、具体的な手立て（教育の内容・方法）を考え、「イ. カリキュラムのPDCA」のサイクルを動かしていく。その際、育みたい資質・能力像に焦点化しながら、教育内容をつない

でいくことが必要である。

第三に、「人をつなぐ」ことである。管理職やミドルリーダーの「オ. リーダーシップ」のもとで、人(人材育成を含む)、モノ(時間や情報を含む)、財、組織と運営などを含む「ウ. 組織構造」を整え、「エ. 組織文化(学校文化:教職員の意識、学校の体質など)」を醸成していく。また、「カ. 家庭・地域社会等」、および、「キ. 教育課程行政」との連携を図っていくことも大切である。人と人をつなぎ、組織的にいかに協働して取り組んでいくのが重要である。

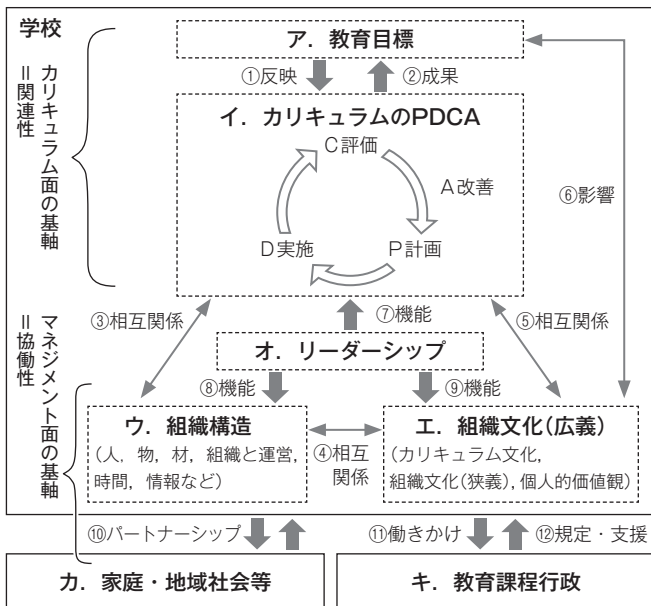


図1 カリキュラムマネジメント・モデル

出典：田村 2011, p.7

3 カリキュラムマネジメントの進め方

カリキュラムマネジメントを進めるにあたっては、以下の4つの課題に応えることが重要である。

- ①学校教育目標(育みたい資質・能力像)は設定され、共通理解されているか？
- ②目標を実現するための具体的なプランがあるか？
- ③P(計画)→D(実施)→C(評価)→A(改善)のサイクルは動いているか？
- ④目標達成に向けて組織的に取り組んでいるか？

①は、学校教育目標がスローガンに終わっていないかという問いである。目標が実質的な意味をもつためにも、例えば、21世紀型能力の視点から、学校で育みたい生徒の資質・能力像を具体的に設定し、その共通理解を図ることが課題となる。

②は、目標を実現するための具体的なアクションプランがあるかという問いである。①で設定した学校教育目標(育みたい資質・能力像)をもとに、本年度の重点課題を設定し、具体的なカリキュラムを計画することが課題となる。

③は、カリキュラムのマネジメントサイクルは動いているかという問いである。②で計画したアクションプランをもとに、P(計画)→D(実施)→C(評価)→A(改善)→…のサイクルを実際に動かしていくことが課題となる。

④は、組織レベルのマネジメントは効果的に機能しているかという問いである。目標達成に向け、学校が一つの組織体として協働する体制をつくっていくことが課題となる。

カリキュラムマネジメントとは、これらの問いに答えて、目標(育みたい資質・能力像)の達成を目指して、学びを中心とした学校づくり、授業づくりをしていくアプローチだといえる。

4 おわりに

資質・能力の育成が課題となる中で、目の前の生徒の実態を踏まえ、学校で育みたい生徒像の具体化とそれに基づくカリキュラムの構想が不可欠な時代となってきた。そこで必要とされるのが、カリキュラムマネジメントの実践である。①学校で育てたい生徒像を明確に設定して共有し、②その育成のためのカリキュラムを立案し、③PDCAのサイクルを動かし、④組織的に取り組むといった学校レベルのカリキュラム革新が今求められているといえるだろう。

なお、こうした学校を主体としたカリキュラムの編成は、従来から「教育課程の編成」と呼ばれていた作業と根本的に異なるわけではない。また、目標を設定して実践の変革をねらって授業をデザインし、結果を評価する「アクション・リサーチ」という手法、あるいは、そのプロセスを繰り返して課題の乗り越えをねらう学習科学の「デザイン研究(デザイン実験)」の手法とも類似する。要点は、教育課程の編成を組織的・実効的に行っていくことがますます重要になってきているということである。



注

※ 田村知子編著『実践・カリキュラムマネジメント』ぎょうせい、2011年、pp.7-11。

VI 今後の課題

国立教育政策研究所 初等中等教育研究部
総括研究官

白水 始 / しろうす はじめ

前号と今号の二回にわたる特集で、21世紀を生き抜くために必要な資質・能力目標を「21世紀型能力」として整理し、それを軸に「資質・能力の育成を目指す教育」の在り方を検討した。ただし、その能力を詳細化し、「いついつまでに達成すべきもの」として提示することより、各教育現場が独自に目標を立て、日々実践と評価を重ねるために、最大公約数的な目標と実践のサイクルを提案することに留意した。資質・能力教育の背景には、学習のゴールの見直しがあるからである。

例えば、「未来を創る」という実践力の目標は、学びのゴール自体を子供がつくり、自らつくり変え続けることを期待している。それは、大人が設定した「ここまでできれば合格」というゴールから逆算し、そこに到達することだけを目指して学ぶ学び方から、学んだことを使って解ける問題—科学的な問題や社会的な問題を問わず—を探し、さらなる疑問を追求する前向きで主体的な学び方への転換を意味する。

未来を創る子供を育てるためには、先生も学校も研究者も行政関係者も前向きに学び続けられるとよい。そのために、私たちが大切だと考える三つの視点を紹介して特集を終わりたい。

1 評価を教育に合わせる

入試が変わらなければ教育は変わらないという言葉をよく聞くが、上記の教育を目指すのであれば、「入試を変えて教育を変える」方向性自体に矛盾する面がある。つまり、入試が資質・能力を測るものになったとしても、それを絶対のゴールとしてそこから逆算して教育課程や授業を組み立てるだけでは、子供がゴールを越えて未来を創る力は育てにくいからである。それよりも日々の資質・能力を生かした授業を充実させ、成果を適切に評価する多様な手法を開発して、全国で共有し、互いに提案・活用し合うサイクルを求めたい。その中には、指導要録等の充実、パフォーマンス評価やポー

トフォリオ、学校ベースの評価なども含まれるだろうが、これらも例示と捉えて「教育の質を上げる評価」を探す姿勢と努力が求められる。

2 豊富な例をもとに教育と評価を問い直す

有識者や行政関係者には、教育現場が資質・能力の教育に前向きに取り組むことを妨げないような制度の充実や教育課程の基準の設定が求められる。教育目標を設定しつつそれを問い直すサイクルの保障や、教育方法や評価の例をあくまで「例」として受け止める学校や教員の専門性の向上が求められる。国立教育政策研究所の「教育情報共有ポータルサイト」では、全国のさまざまな実践例を提供する予定である。

3 一人一人が学びの理論を創る

問い直しの基盤となる一つが、「人はいかに学ぶのか」についての教員自身の理論である。一人一人が理論を創っていければ、言語活動や体験的活動、アクティブ・ラーニング等が提唱された場合も、なぜそれが必要か、いかにその質を向上させるかを自分で判断できるはずである。そのためには、本特集で触れたカリキュラムマネジメント等も含め、教育の手法や方策を、「それをやれば必ずうまくいくもの」として捉えるのではなく、「自ら試し、データを集めて、効果を検証する手段や機会」と捉える姿勢が重要である。その不断のサイクルの中で、私たちは、子供たちや私たち自身も含めて、人がどこまで賢くなることができるかを知ることができるだろう。資質・能力の育成を目指す教育とは、一人一人が主体となって、昨日より今日、今日より明日の自分や社会をよりよいものにしていく教育である。



特別寄稿 「資質・能力の育成を目指す教育」への期待



文部科学省研究振興局 局長

常盤 豊 / ときわ ゆたか

1982年文部省（現文部科学省）入省。1989年鹿児島県教育委員会学校教育課長。1997年文部科学省高等教育局大学改革推進室長。2001年文化庁記念物課長、広島県教育委員会教育長。2004年文部科学省初等中等教育局教育課程課長。2007年初等中等教育企画課長。2009年大臣官房人事課長。2010年科学技術・学術総括官。2011年高等教育局審議官。2014年高等教育局私学部長を経て現職。

我が国の教育において、今後育成すべき資質・能力については、文部科学省の「育成すべき資質・能力を踏まえた教育目標・内容と評価の在り方に関する検討会」（以下「検討会」という）の論点整理（平成26（2014）年3月31日）が、①教育基本法、学校教育法における教育の目的・目標、②「生きる力」の理念、③OECDのキー・コンピテンシーなども含め、これまで提案されたさまざまな資質・能力概念を整理している。学習評価との関係や指導方法の扱い、カリキュラムマネジメントの促進の必要性などについても論究されている。

また、国立教育政策研究所からは、基礎力、思考力、実践力で構成される「21世紀型能力」が提案されている。

本稿では、先の学習指導要領改訂の基礎となる部分の検討を担当した者として、その経過から学んだこと、今後の議論に期待することを記すこととしたい。なお、あくまでも、個人の見解であることをご理解いただきたい。

1 これまでの経過から学んだこと

A 「能力の育成」重視は、一貫した方向性であること

中央教育審議会のいわゆる46答申（昭和46（1971）年）においては、「今日の時代がひとりひとりの人間によりいっそう自主的、自律的に生きる力をもつことを要求しつつあることを示している。そのような力は、いろいろな知識・技術を修得することだけから生まれるものではなく、さまざまな資質・能力を統合する主体としての人格の育成にまたなければならない」としている。

昭和60年代初頭の臨時教育審議会の答申においても、「生涯にわたる人間形成の基礎を培うために必要な基礎的・基本的な内容の修得の徹底、自己教育力の育成を図る。このため学校段階ごとに、その教育内容の重点化と精選を図り、その際、創造力・思考力・判断力・表現力の育成、我が国の伝統・文化の理解と日本人としての自覚の涵養、体力の増進と健康教育の充実などを重視する」と記述されている。

学習指導要領においても、昭和52（1977）年の「ゆとりある充実した学校生活の実現」を目指し、各教科の目標・内容を中核的事項に絞った改訂に始まり、この数十年間にわたって一貫して資質・能力の育成が課題とされてきている。そして、この「能力の育成」重視の流れは、「生きる力」の育成を目指し、教育内容の厳選と総合的な学習の時間の新設を行った平成10（1998）年の改訂において一つの区切りを迎えた。

今日において、知識基盤型社会の到来、情報化の進展、グローバル化の進展は、この「能力の育成」重視の流れを加速しており、さらに議論を深めてより精緻なものとしていかなければならないが、その際、これまでの経験から学ばなければならないものも多くあると考える。

B 「能力の育成」と「知識の習得」は対立するものではないこと

平成10（1998）年改訂では、教育内容、授業時間のいっそうの精選がなされたが、その際、学習指導要領の理念を実現するための具体的な手立てが必ずしも十分でなく、結果として、教育現場には知識を軽んじる風潮が見られることとなった。「能力の育成」を重視することが、「知識の習得」よりも能力の育成を重視するものと受け止められ、ゆとり教育、学力

低下との大きな社会的批判が寄せられた。

我々は、学習するときには、さまざまな情報について、聞く、読む、体験するなどのチャンネルを通じて獲得して(理解して)、自分の頭の中で習得した知識として蓄積する。そして、ある解決すべき課題が情報として与えられると、解決のために必要な知識を既に習得した知識の蓄積の中から引き出し、組み合わせることで、解を導き出す(思考する)作業を行う。

そして、その導き出した解を他者に対して伝達する(表現する)、さらに伝達のときの他者の反応を受け止め(対話し)、理解し、再び思考し、より高い水準の解を導き出す。

つまり、理解し、思考し、表現するなどのサイクルを、自分の頭の中で、あるいは他者の頭と相互に交流しながら、グルグル回して、知識を習得し、習得した知識を活用し、新たな知識を探究(創造)するのである。(参考:文化審議会答申「これからの時代に求められる国語力について」(平成16(2004)年2月3日))

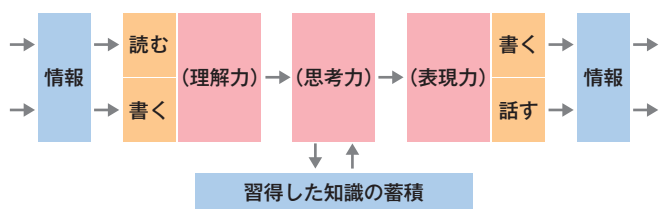


図1 知識の習得と活用のサイクル (常盤作成)

知識の「習得」は、知識の「活用」「探究(創造)」の前提であるし、知識の「習得」「活用」「探究(創造)」の過程で情報を理解、思考、表現するなどの「能力」は不可欠のものなのである。「知識の習得」と「能力の育成」とは、そのいずれかが重要だということではなく、車の両輪として相互に関連させながら伸ばしていくことが求められる。

C 知識の習得、能力の育成には、言語活動が重要であること

情報の理解・思考・表現というサイクルを通じて、知識の習得・活用・探究(創造)を支えるのは、言語の機能だ。

もちろん、情報を理解する手段は、「聞く」、「読む」以外でも、「見る」、「嗅ぐ」、「味わう」、「触る」といった五感を通じて行われる。情報を表現する手段も、美術表現、音楽表現、身体表現なども活用されることがある。しかし、学問ということになると、言語を通じて、「聞く」、「読む」、「話す」、「書く」という技能を用いることが特に重要である。授業を聴く、教科書

を読む、学会で発表する、論文を執筆するなどなど。言語は学習や学問の最も重要な手段である。

「考える」という場面はどうだろうか。考えることは、頭の中で自己と対話することである。言葉を使わずに考えることはできない。言語活動の充実こそが理解、思考、表現を支え、知識の習得、活用、探究のパイプを太くするうえで重要な役割を果たすものなのである。

これらのことは、いずれも文部科学省の「言語力育成協力者会議」での議論から学んだことである。同会議は、平成19(2007)年8月16日に報告書案をまとめている。中央教育審議会に報告され、今回の学習指導要領における「言語活動の充実」という考え方の基礎となった。

そこでは、言語が、知的活動、感性・情緒等、コミュニケーション能力の基盤であること、今後の学校教育において、「言葉」を重視し、すべての教育活動を通じて国語力を育成することの必要性が指摘されている。特に、知的活動においては、①事実を正確に理解し、的確にわかりやすく伝える技能を伸ばすこと、②自らの考えを深めることで、解釈や説明、評価や論述をする力を伸ばすこと、③考えを伝え合うことで、自らの考えや集団の考えを発展させる力を伸ばすことの重要性を提案している。

こうした提案は、各教科を通じての横串として、「言語」ととどまらず、「論理」を共有することの重要性を示すものでもある。各教科で用いられる「論理」を言語活動という共通の場で共有することを促しているとも言えよう。

2 今後の議論に期待すること

A 主体的に学習や生活に取り組む態度をどう位置付けるか

現行の学習指導要領においては、「生きる力」の育成を目指している。「生きる力」は、伝統的な知徳体の3つの要素を中核としつつ、「自ら学び、自ら考える」ことを強調することで、主体的な態度の育成を重視するものといっていよう。

平成19(2007)年の学校教育法の改正で定められた、いわゆる「学力の三要素」では、「①基礎的な知識及び技能を習得させるとともに、②これらを活用して課題を解決するために必要な思考力、判断力、表現力その他の能力をはぐくみ、③主体的に学習に取り組む態度を養うことに、特に意を用

いなければならない」としている。

このうち、①および②の要素については、これを車の両輪として相互に関連させながら伸ばしていくという考え方が、国際学力調査等の結果から見ても、現場に浸透していることがうかがえる。これをさらに磨いていかなければならないのはもちろんだが、気になるのは③の要素である。

依然として、子供たちの「学習意欲」の問題は残されている。昨年(2014年)末に、学習指導要領の改訂の諮問が中央教育審議会に対してなされたが、そこでも、「育成すべき資質・能力と、各教科等の役割や相互の関係はどのように構造化されるべきか」を課題として設定している。また、アクティブ・ラーニングとの関連でも「現行学習指導要領で示されている言語活動や探究的な学習活動、社会とのつながりをより意識した体験的な活動等の成果や、ICTを活用した指導の現状等を踏まえつつ」具体的な在り方を検討するとされている。児童・生徒の「主体性」の育成を、学力とのかかわりを含め、全体の体系の中でどう位置付けるか、議論を深めることを期待したい。

B 「能力の育成」に関する新たな評価方法を開発すること

「能力の育成」に関しては、評価方法も重要課題である。

高大接続の改善の観点からの中央教育審議会答申(「新しい時代にふさわしい高大接続の実現に向けた高等学校教育、大学教育、大学入学者選抜の一体的改革について」平成26(2014)年12月22日)においても、高等学校教育の質の確保・向上という観点から、新たな評価方法の研究・開発を行い、生徒の多様な学習成果や活動を評価する方法に転換することが求められている。

「検討会」でも、パフォーマンス評価、ポートフォリオ評価などが開発されていることが紹介されている。ただ、これらは、評価負担が大きく、教員に高い評価能力を要求することなどの課題が併せて指摘されている状況である。

ルーブリック(成功の度合いを示す数レベルの尺度と、それぞれのレベルに対応するパフォーマンスの特徴を示した既述語からなる評価基準表)についても言及されている。

一方で、演繹的な視点から、国際情勢、社会情勢なども踏まえつつ目標設定をしていく過程があり、他方で、学校現場での日々の教育の成果を児童・生徒一人一人に当てはめて評価していく営為を帰納法的に集約し、具体的な場面に即して

ルーブリックのような評価基準表を作成していく作業がある。問題は、学習指導要領の策定に当たって、この長いトンネルを両端から掘っていくような二つの作業をどこで貫通させるかということではないだろうか。

入学試験に活用することを考えると、共通化・精緻化が求められるが、他方で、評価負担や各教室での創意工夫の重要性を考えると自ずから限度がある問題である。国レベルではどの程度の粗さをもって基準として設定するか、最適化という視点からの議論が必要になるのではないだろうか。

3 まとめ

今日、グローバリゼーションとイノベーションにどう対応するかが、大きな社会的課題となっている。国境を越えて、あるいは専門の壁を乗り越えて、ものごとを見る、交流する、新しい価値を創造する、そういう力を持つ人材の育成が求められている。そのための教育の枠組みとして、「専門分野の枠を超えた」教育が求められている。それが、教科の枠を超えた「資質・能力」と位置付けられるべきものなのかもしれない。

この議論を深めるには、個別の「専門分野の枠を超えた」普遍的な学問・学習に関する幅広い関係者の共通理解が重要なのではないだろうか。言語活動の充実、各教科に通じる「言語」あるいは「論理」を共有化する試みだと指摘した。これはいわば座標軸を設定する作業である。座標軸のない中で「専門分野の枠を超えた」教育は、個別学問や教科の羅列に過ぎず、汎用力や俯瞰力は生まれない。

国際学力調査の結果がV字回復したことからも明らかなように、我が国の教員と児童・生徒の潜在力は極めて高い。国として大綱的な目標設定と具体的なイメージを適切に設定し提供すれば、学校は大きく動く。その際、目標設定、指導方法、評価方法が理想を目指し精緻な議論に基づくことは必要だが、それに加えて現場の力を引き出すことが特に重要である。理想に走りすぎたり、マイクロマネジメントとなったりすることで現場の力を損なうことがないように十分留意しつつ、21世紀を担う若者たちの資質・能力を最大限に伸ばしていくために、どのような座標軸を設定すればよいのか、中央教育審議会等での議論の深まりが期待される。



塩野直道記念 第2回「算数・数学の自由研究」作品コンクール

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2回となります。

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

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

●塩野直道賞 顕彰委員会

吉川 弘之 東京大学名誉教授／Rimse理事長

岡本 和夫 東京大学名誉教授／Rimse理事

清水 静海 帝京大学教授／Rimse理事

梶川 眞秀 公益社団法人 全国珠算教育連盟理事長

[特別顧問]

塩野 宏 東京大学名誉教授

中央審査委員

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

(五十音順)

作品の審査を終えて

塩野直道記念 第2回「算数・数学の自由研究」作品コンクールには、第1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す。小学生、中学生、高校生の皆さんから合わせて11,287件の作品が届きました。海外からも12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.20～23のように受賞者が決定しました。



中央審査委員会（2014年11月30日、東京・アルカディア市ヶ谷）



中央審査委員からのメッセージ



根上委員長

第1回の応募者が9,000名を超えて驚いていましたが、当初の心配をよそに、第2回は11,000点を超える作品の応募にまたまたびっくりです。前回の中学校の部で最優秀賞を受賞した「メロスの全力を検証」がメディアで取り上げられて有名になったこともあり、今回はそれに似たパターンの作品が多くありました。つまり、算数・数学以外の題材を算数・数学の力によって解き明かすという作品です。そういう作品は大歓迎ですが、そのかわりに激戦となるので、受賞を狙うにはかなり高いクオリティが要求されることになります。実際、今回、中学校の部で最優秀賞を受賞した「黒田官兵衛の水攻めを徹底検証!」は、話題性だけでなく、具体的なデータに基づいてかなり緻密な考察がなされたたいへん優れた作品でした。反対に、受賞を逃した作品の中には、日常的な事柄を計算の力によって大きなものに適用するというものが多く見られました。単に比例の計算をするだけでなく、もう一味工夫して面白い作品にしようというものでしょう。全体を通して感じたことは、小学生も中学生も高校生も、女子の作品が目立ったことです。たいへんうれしいことです。男子にももっと頑張ってもらいたいですね。

銀島委員

審査で見ていただいた作品は、着眼点もすばらしく、レポートのまとめ方にたくさんの工夫がありました。算数・数学という「めがね」で身のまわりを見渡すと、これまでの見え方とは違う見え方になったり、新しい発見ができたりします。作品に取り組んだ皆さんも、きっと素敵な経験をなさったことでしょう。素朴な疑問から出発した探究の中に、数学の研究者がしていることと同じような内容が表現されている作品もあり、皆さんが持つたくさんの可能性を感じることができました。是非これからも、不思議に思ったことを大切にして、考えたり調べたりすることを続けていってほしいと思います。



桜井委員

応募数が昨年より増えたことはコンクールがより周知されたことを示すものであり、うれしいことです。数学は人とともに数千年の時間をかけて発展してきた学問です。人類の叡智である数学を手にする喜びは何にも代えがたいものです。それをできるだけ若いときに体験することが数学と永くつきあうためのコツです。昨年に増して低学年の応募作品が意欲的であったことは今後に期待が持てます。コンクールを通して算数・数学をする感動と喜びを一人でも多くの皆さんに味わってもらえることを願っています。



坪田委員

皆さんの力作を読ませていただきました。感心したことが二つあります。第一に、自らの問題を解決するために実際に「実験」をしていることです。手を使って確かめるという活動は、より多くのことを実感し、体得することになります。今後もこの意識を持ち続けてほしいと思います。第二に、一つの問題を解いてそれで終わりにしないということです。「もしも〜だったら」と考えて、新たな問題を生み出す。一つの「問題を発展」させる。それに正解があるかどうかはまだわからない。しかし、問題を発展させて、そこからまた考えるべき問題がたくさん浮かんでくる。「問題から問題へ」という発想です。学校の授業では答えを正確に求めるということに力点が置かれていますが、自ら問題をつくってみるということも同じように大切なことです。この意識も持ち続けてほしいと思います。



中島委員

2回目にして既に応募者が1万人を突破した「算数・数学の自由研究」作品コンクール。私は昨年より、本コンクールの中央審査委員を務められることが楽しくて仕方がありません。子供たちの豊かな発想、算数・数学を自由にとらえ活用していく柔軟な力、その表現力と鋭い感性に、毎回脱帽しつつワクワクしています。研究にたとえ失敗や間違いがあったとしても、皆さんの挑戦は各自にとってかけがえのない体験となっているはずです。是非、こうした研究体験を宝として、人生の山谷を乗り越える力や自信を養っていつってください。来年の作品も今から楽しみです。



藤田委員

面白い作品を多数読ませていただき非常に楽しかったです。日常事象からの数理的な考察とその応用、数学そのものの発展的研究、どちらも深く鋭く興味深い分析をされた作品がとても多かったです。これこそがまさに塩野直道先生が目指されていた道ではないでしょうか？この後も引き続いて「ジュニア数学オリンピック」、「数学オリンピック」、さらに数学の研究とその諸科学への応用などを目指して頑張してほしいと願っています。



蒔苗委員

第1回に続き、今回も興味深い作品をたくさん見ることができました。応募は1万点を超え、受賞とはならなかった作品の中にも、表彰したい作品がいっぱいありました。算数・数学は、学校の授業の中だけにあるものではなく、身のまわりの事象や、人が何かを考えるとときの考え方の根本にもあります。算数・数学の自由研究は、こうした算数・数学の豊かな広がり成形したものです。「面白そう」、「何でだろう」と思ったことに、どんどん挑戦してみてください。



渡辺委員

2回目を迎えた今回の高校生の皆さんの作品は、数学的な推論や考察のレベルが高いこともすばらしいのですが、包装紙の包み方やジャンケンの手の出し方、インターネット上の暗号からゲームで人気のスライムの顔、万華鏡に現れる模様など、実にさまざまな身近な対象が興味深く取り扱われており、たいへんに感心いたしました。身のまわりの現象を数学的に捉え、目的に沿って推論し探究する力や実際のデータを使って問題解決する力は、将来、研究や仕事をするうえでとても必要になってくるものです。多くの高校生が自由研究にチャレンジして、楽しい作品が全国から集まることを期待しています。

塩野直道記念 第2回「算数・数学の自由研究」作品コンクール

受賞者一覧



(p.26~30 に作品を紹介)

塩野直道賞

小学校低学年の部

いっぽんのひもでできる いちばんおおきなおへや

兵庫県 仁川学院小学校 1年 前田 宇佐子

塩野直道賞

小学校高学年の部

日本をスピード横だんします！！

東京都 白百合学園小学校 4年 鈴木 聖央

塩野直道賞

中学校の部

黒田官兵衛の水攻めを徹底検証！

宮城県 名取市立みどり台中学校 2年 安藤 一真

塩野直道賞

高等学校の部

立方体・直方体の包装

東京都 東京学芸大学附属高等学校 2年 柳 美帆

Rimse 理事長賞

約数の和の公式

京都府 京都府立洛北高等学校 2年 ホッジ ルネ 倫

優秀作品の受賞者を招いて、2014年12月21日に表彰の集い(表彰式・作品発表)を開催しました。



表彰の集い (2014年12月21日, 東京・アルカディア市ヶ谷)

読売新聞社賞

数学で国語を斬る！

大阪府 高槻中学校 1年 杉本 修嗣

内田洋行賞

球を作ろう！ ～球の仕組みの秘密～

神奈川県 川崎市立下小田中小学校 5年 松本 しおり

学 研 賞

ジャンケンはどうして3しゅるいのなの？

大阪府 大阪教育大学附属池田小学校 3年 田中 莉穂

審査員特別賞

おかあさんのじてんしゃをおいこそう だいさくせん

和歌山県 和歌山大学教育学部附属小学校 1年 楽野 航世

審査員特別賞

自由なフラフープ？

京都府 洛南高等学校附属小学校 3年 仲野 真由

審査員特別賞

数字がつくりだす図形の不思議

岐阜県 岐阜大学教育学部附属小学校 6年 村田 和也

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
弟は、私の半分くらい？	東京都 荒川区立第二日暮里小学校	3年	鈴木 知音
わる数が9のわり算の研きゅう ～あまりと答えがかんたんに出せる法そく～	東京都 文京区立千駄木小学校	3年	二本木 葦智
黄金比は本当に人気者か調べよう！！	神奈川県 横浜市立立野小学校	3年	多田 諒典
ごはん1つぶにひめられたパワー	新潟県 新潟市立新潟小学校	3年	津端 莉々子
どうして算数を勉強しないといけないの？	京都府 洛南高等学校附属小学校	2年	清水 泰成
ゾウの耳は、本当に大きいのかな？	山口県 山口大学教育学部附属山口小学校	2年	水田 悠紀
レゴでピラミッドを作ろう！！	愛媛県 愛媛大学教育学部附属小学校	2年	菅 真都

トランプピラミッドの三角形の数	福岡県 福岡教育大学附属福岡小学校	2年	梅本 隆ノ介
手作り飛行機を一番飛ばせる角度は何度？	佐賀県 佐賀大学文化教育学部附属小学校	3年	川崎 雄斗
おどろきの数字9と3！	ニューヨーク市 PS150Q	2年	岩原 彰星

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
短針と長針はいつそろうのか？	東京都 東京学芸大学附属大泉小学校	5年	池垣 宏務
太陽系はどのくらい大きいの？	東京都 東京創価小学校	6年	平野 永
ティラノサウルスよりも、お母さんに踏まれた方が痛い！？	福井県 福井大学教育地域科学部附属小学校	6年	金原 匡秀
攻略！ テンバズル	静岡県 静岡市立西奈南小学校	6年	光村 華乃
みんなでピンゴ ～マジックのひみつ～	愛知県 田原市立泉小学校	4年	小笠原 愛
見た目の大きさと距離の関係	京都府 同志社小学校	6年	池田 はるな
通学時間を短縮できたら・・・	大阪府 池田市立池田小学校	6年	和泉 汐織
どっちが大きい？ どれがエコ？ ～包み方いろいろ～	兵庫県 神戸市立木津小学校	4年	阿部 百花
モミの木の枝は何本	広島県 広島大学附属小学校	4年	山田 こはく
花火のような葉のひみつ	鹿児島県 南さつま市立阿多小学校	5年	鶴田 小春

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
我が家の地球温暖化対策 ～家庭の CO ₂ 排出・削減量を計算してみよう～	北海道 北海道教育大学附属札幌中学校	3年	阿部 萌夏
チラシに隠された秘密を暴け！ —数字で紐解く心理学—	茨城県 茨城大学教育学部附属中学校	3年	齋藤 美桜
ファストパスを有効に使え！！ ～ディズニーランド攻略法～（の一部）	東京都 東京学芸大学附属世田谷中学校	3年	関 理々子
甲子園の予選から、夏の甲子園の 結果を大予想する。	愛知県 岡崎市立福岡中学校	2年	鷲津 翔也
桐の家紋ではどの形が美しく見えるのか？	兵庫県 姫路市立神南中学校	2年	安田 実彩乃

四国の電力補完計画	香川県 坂出市立坂出中学校	3年	辻 香帆
積のロマン	福岡県 福岡教育大学附属小倉中学校	2年	菊池 将鳳
“秘伝のタレの寿命は何歳？” ～鰻数列の解明～	佐賀県 佐賀大学文化教育学部附属中学校	3年	山口 颯仁
EVOLUTION TO FUTURE	熊本県 八代市立第六中学校	3年	藤井 良輔
じゃんけんの不思議	宮崎県 宮崎市立生目台中学校	2年	北畑 海登

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
指数関数と対数関数のグラフの交点	千葉県 渋谷教育学園幕張高等学校	3年	潘 宇路
貝殻島灯台は必要か	東京都 東京学芸大学附属高等学校	2年	工藤 才造
ペル方程式の拡張について	東京都 海城高等学校	3年	恩田 直登
e が循環小数になる記数法？！？ 続 階乗進法 ～ n 進法の拡張～	東京都 海城高等学校	3年	山口 哲
渋滞を数学的に捉える。	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	2年	深谷 祐介
万華鏡の鏡はなぜ正三角形なのか？	京都府 立命館宇治高等学校	1年	大北 梨紗
気になる偏差値	兵庫県 小林聖心女子学院高等学校	2年	近藤 美佐
タイリング	岡山県 金光学園高等学校	2年	杉 悠生
最適なクモの巣の形とは？ ～獲物の捕獲率に関する数学的な考察～	広島県 広島大学附属高等学校	3年	村上 綾、来山 瑠奈、 西川 里紗
じゃんけんグリコに隠された秘密	香川県 英明高等学校	2年	木下 智恵

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

小学校低学年の部

学校名		学年	氏名
秋田県	秋田市立桜小学校	1	泉 生穂
茨城県	茨城大学教育学部附属小学校	3	川崎 文慈
東京都	東京学芸大学附属大泉小学校	3	佐藤 隆太郎
	光塩女子学院初等科	3	金澤 舞香
富山県	砺波市立砺波東部小学校	3	中山 慧羽
福井県	福井大学教育地域科学部附属小学校	3	石津 智希
愛知県	小牧市立小牧小学校	2	清水 爽来
		3	橋本 華
		3	丸山 藍生
	名古屋市立富士見台小学校	3	高江 純平
	西尾市立平坂小学校	2	若山 紗菜
滋賀県	滋賀大学教育学部附属小学校	3	西澤 碧梨
京都府	京都聖母学院小学校	3	森 理緒奈
	洛南高等学校附属小学校	2	石川 貢太郎
		2	今中 夢陽
		2	藤井 咲羽
		2	山崎 泰生
		3	小林 比奈子
		3	谷水 麻菜
		3	角田 悟
		3	則貞 智哉
		3	橋本 野乃花
		3	福留 ひまり
	大阪教育大学附属天王寺小学校	1	田中 悠翔
		1	田中 凜
	大阪教育大学附属平野小学校	3	村田 葵
大阪府	関西大学初等部	3	北村 すみれ
		3	清水 心愛
		3	土井 美咲
兵庫県	賢明学院小学校	2	古谷 優多
	仁川学院小学校	1	佐伯 凜々子
		3	熊谷 一輝
		3	中野 美音
	姫路市立手柄小学校	3	藤田 莉緒
鳥取県	鳥取市立遷喬小学校	3	須藤 正
鳥取県	鳥取市立遷喬小学校	3	前木 香花
岡山県	岡山市立旭操小学校	1	藤井 陽
徳島県	徳島市助任小学校	3	松永 理沙
香川県	香川大学教育学部附属高松小学校	2	納田 卓真
		3	白石 晃久
愛媛県	愛媛大学教育学部附属小学校	3	相馬 怜奈
佐賀県	佐賀大学文化教育学部附属小学校	3	秋山 にこ
		3	稲毛 醐宇
熊本県	熊本市立壱川小学校	3	園田 智翔
	熊本大学教育学部附属小学校	3	吉浦 愛佳
鹿児島県	鹿児島大学教育学部附属小学校	1	末廣 遼大
	肝付町立内之浦小学校	1	橋口 香恋
沖縄県	大宜味村立大宜味小学校	3	崎山 ひなた、大城 ゆうね、 島袋 かの、宮城 わかな

小学校高学年の部

学校名		学年	氏名
青森県	八戸市立下長小学校	5	河原木 南々子
	茨城大学教育学部附属小学校	5	川崎 丹瑚
茨城県	日立市立坂本小学校	6	井川 力輝
		6	瀬尾 周
千葉県	千葉市立西の谷小学校	6	菅原 響生
東京都	学習院初等科	6	吉池 南穂
	清明学園初等学校	4	諸星 真優
石川県	能美市立辰口中央小学校	6	高崎 未央
福井県	福井大学教育地域科学部附属小学校	5	鈴木 開
長野県	松本市立寿小学校	6	小池 豪太
愛知県	愛知教育大学附属岡崎小学校	6	服部 真奈
	幸田町立幸田小学校	6	岩間 朋香
	西尾市立平坂小学校	6	小島 千波
		6	渡部 日和
三重県	津市立南が丘小学校	5	西口 大翔
京都府	立命館小学校	6	大関 庸子
		6	若林 武生
大阪府	池田市立池田小学校	6	安見 日菜子
	大阪教育大学附属天王寺小学校	6	能村 香穂
	貝塚市立東山小学校	4	茨木 駿
	関西大学初等部	5	上原 彩絵
		5	小林 真奈
		5	土井 凌太郎
	岬町立淡輪小学校	6	杉田 葵
	明石市立山手小学校	6	福田 菜々子、森西 ののか
	加古川市立陵北小学校	4	満月 智輝
	神戸市立高羽小学校	4	久我 桜
兵庫県	仁川学院小学校	5	五十嵐 晴香
		5	宮城 怜
	姫路市立安室小学校	6	佐藤 夢起
	姫路市立手柄小学校	5	河盛 心音
		6	松本 愛美
鳥取県	鳥取市立遷喬小学校	6	竹山 歩花
岡山県	岡山市立大元小学校	6	竹入 瑠莉
徳島県	徳島市福島小学校	6	岡田 みなみ
香川県	香川大学教育学部附属高松小学校	5	松浦 鳳
	高松市立多肥小学校	4	溝渕 咲智、溝渕 香乃
愛媛県	愛媛大学教育学部附属小学校	5	松友 佑介
福岡県	福岡教育大学附属福岡小学校	5	石川 実祈
佐賀県	佐賀大学文化教育学部附属小学校	5	植松 笑未
		5	堺 珠寧
		6	好川 ほの風
熊本県	熊本市立長嶺小学校	5	山川 莉穂
	熊本市立西原小学校	5	前村 遼
鹿児島県	鹿児島市立田上小学校	6	星原 秀哉

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	平賀 友
秋田県	秋田大学教育文化学部附属中学校	2	長谷川 律希
茨城県	茨城大学教育学部附属中学校	3	宮田 ひかる
埼玉県	埼玉大学教育学部附属中学校	1	宝珠山 理歩
東京都	品川女子学院	1	守屋 理衣奈
	東京学芸大学附属世田谷中学校	2	小野 礼佳
		2	千田 莉々
神奈川県	横浜国立大学教育人間科学部附属横浜中学校	3	市島 佳和
福井県	福井大学教育地域科学部附属中学校	2	青山 凌奈
		2	遠矢 季穂
長野県	信州大学教育学部附属長野中学校	2	深澤 磨生
	長野市立東北中学校	3	原田 美来
愛知県	愛知教育大学附属岡崎中学校	2	杉下 華海
		3	坪井 大晃
		3	村田 一真
	愛知教育大学附属名古屋中学校	1	増田 和俊
		2	原 亜維
		3	浅井 日沙
三重県	三重大学教育学部附属中学校	3	矢原 圭祐
京都府	立命館中学校	1	吉村 瑛希
大阪府	大阪教育大学附属池田中学校	2	横川 奏乃
	大阪市立咲くやこの花中学校	3	内田 翔
	関西大学中等部	2	上田 有紗
		2	吉川 里依
兵庫県	小林聖心女子学院中学校	2	佐治 百合恵
	姫路市立広畑中学校	1	藤本 大和
和歌山県	和歌山市立紀之川中学校	2	隠岐 嘉将
鳥取県	鳥取市立北中学校	3	野口 尚宏
島根県	島根大学教育学部附属中学校	2	井原木 佳奈
広島県	広島大学附属中学校	1	吉満 多聞
山口県	山口大学教育学部附属山口中学校	2	兼田 典佳
徳島県	吉野川市立鴨島東中学校	2	上田 結菜, 榎並 千夏, 大櫛 永実, 近久 ほの, 山姿 玲奈
香川県	高松市立桜町中学校	2	上原 樹月
愛媛県	愛媛大学教育学部附属中学校	2	石丸 帆夏
福岡県	福岡教育大学附属久留米中学校	2	城下 大地
	福岡教育大学附属小倉中学校	1	竹永 彩由美
		1	原田 愛美
佐賀県	佐賀大学文化教育学部附属中学校	1	真島 銀河
		2	大野 恵理香
		2	山西 翔子
熊本県	天草市立河浦中学校	2	大山 夏音
	熊本市立出水中学校	1	窪井 春希
	熊本市立西山中学校	3	正代 嘉紀
	熊本大学教育学部附属中学校	2	甲斐 御法
		3	井手田 凌
		3	丁 晟
大分県	大分県立大分豊府中学校	3	廣瀬 碧

高等学校の部

	学校名	学年	氏名
東京都	海城高等学校	3	増田 康隆
	東京学芸大学附属高等学校	1	草間 祐貴
		2	田村 あずみ
愛知県	愛知県立豊田西高等学校	2	大原 康平, 堀 剣太郎
京都府	立命館高等学校	2	益野 颯仁, 登 竣理
兵庫県	小林聖心女子学院高等学校	2	井村 明日香
		2	江原 りか
		2	小笠原 瑞姫
和歌山県	和歌山県立橋本高等学校	1	山口 真央, 小西 沙那, 辻田 帆乃夏
香川県	香川県立観音寺第一高等学校	3	大賀 春輝, 合田 太一, 近藤 諒太
		3	大西 亜弥, 米谷 和馬, 三宅 功朔

最優秀賞・優秀賞－受賞作品の紹介と講評

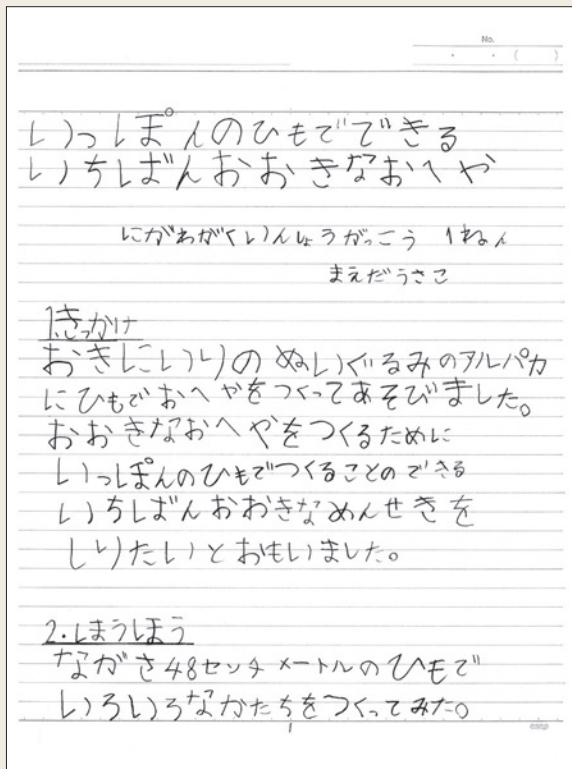
塩野直道賞

小学校低学年の部

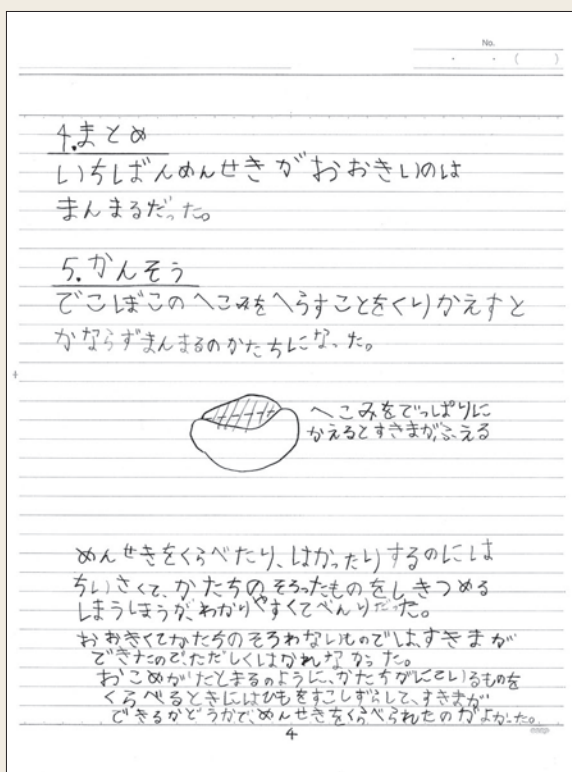
いっぽんのひもでできる いちばんおおきなおへや

兵庫県 仁川学院小学校 1年 前田 宇佐子

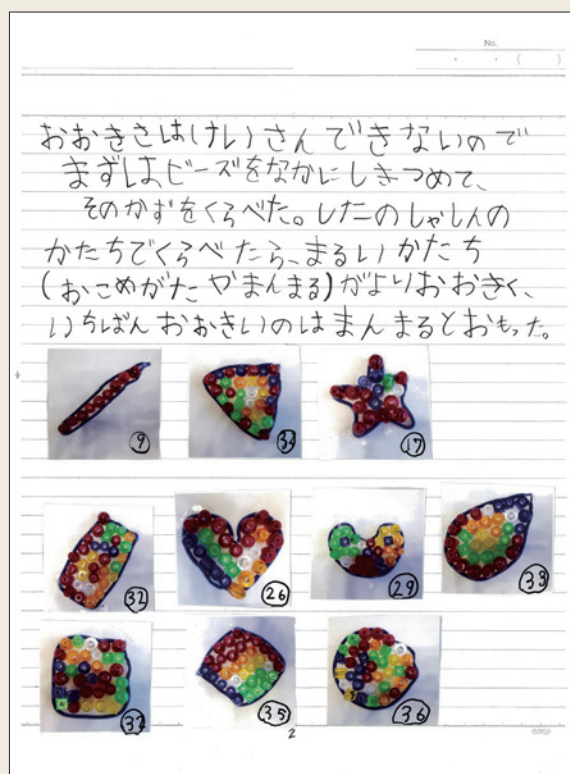
全5ページ



▲1ページ目



▲4ページ目



▲2ページ目

講評

ぬいぐるみのお部屋を作る遊びから始まり、1本のひもを使って一番大きな部屋を作るという想定で、最大面積の形はどんなものかという疑問を解決する実験を行いました。最初はビーズを使って中を埋めていきますが、一つ一つのビーズの大きさが違うのでうまく調べられないことに気づきました。次に、ほぼ同じ大きさの小豆を使って、どうやら「円の形」が最も大きくなりそうだと結論づけました。日常生活で使われているものを使った1年生らしい研究で、写真などを使って上手にまとめられ、素晴らしいものでした。

中央審査委員会

塩野直道賞

小学校高学年の部

日本をスピード横だんします!!

東京都 白百合学園小学校4年 鈴木 聖央

全5ページ

『日本をスピード横だんします!!』

4年校級 鈴木 聖央

1. 研究のきっかけ
 今、わたしは社会のじゃまな仕事で県や県外所まで遠くへ出かけています。この間、家族で旅行の計画を立てていた時に、「まだ見たことのない県がたくさんあるから全部の都道府県を周りたいね」と話していました。そこで、全部の県外所まで遠くへ一番早く周るにはどのルートがいいのかな?と迷ったので、これを研究してみようと思いました。

2. 研究の目的と方法
目的
 北海道から沖縄までの47の都道府県を1回ずつ通って、最短のルートで日本一周をしてみよう。
方法
 ①500万分の1の日本地図を用意する。(地図上の1cmが実地上では50kmになります)
 ②日本地図に県名と県外所を記入し、発着スチロールの板に日本地図を張り付け、まわりは地方ごとに色分け出来るように用意し、県外所を地図に貼ります。
 ③何通りかのルートを考えて、実地するために、色分け色の用意します。
 ④まわりは、北海道から沖縄まで、色分けをします。
 ⑤それぞれの県の長さを測って、一番短いルートを見つけます。

3. 研究の結果
予想
 大体、どのくらいか、ざっくりと、ざっくりと、色分けをしてみよう。
予想
 どのくらいか、ざっくりと、ざっくりと、色分けをしてみよう。
結果
 赤の糸の長さ: 16.4cm
 (実地の長さ: 16.4cm × 500000 = 8200km)

▲1ページ目

北海道から沖縄まで、県外所を1回ずつ通って、最短のルートで日本一周をしてみよう。

予想
 どのくらいか、ざっくりと、ざっくりと、色分けをしてみよう。

結果
 赤の糸の長さ: 16.4cm
 (実地の長さ: 16.4cm × 500000 = 8200km)

4. 研究の予想結果
 赤の糸の長さ: 16.4cm (実地の長さ: 8200km)
 青の糸の長さ: 18.1cm (実地の長さ: 9050km)
 緑の糸の長さ: 19.6cm (実地の長さ: 9800km)

5. 研究の感想
 今回の研究を通して、たくさんのおもしろい発見がありました。とくに、どの県からどの県へ行くかは、必ずしも最短ルートとは限りません。また、どの県からどの県へ行くかは、必ずしも最短ルートとは限りません。また、どの県からどの県へ行くかは、必ずしも最短ルートとは限りません。

最短路線発見!!

3日目の実験で、問題点と解決方法を考えたことにより、合計47の都道府県を1回ずつ通って、最短のルートで日本一周をしてみよう。このルートは、北海道から沖縄まで、県外所を1回ずつ通って、最短のルートで日本一周をしてみよう。

赤の糸の長さ: 16.4cm (実地の長さ: 8200km)
 青の糸の長さ: 18.1cm (実地の長さ: 9050km)
 緑の糸の長さ: 19.6cm (実地の長さ: 9800km)

赤の糸の長さ: 16.4cm (実地の長さ: 8200km)
 青の糸の長さ: 18.1cm (実地の長さ: 9050km)
 緑の糸の長さ: 19.6cm (実地の長さ: 9800km)

▲5ページ目

北海道から沖縄まで、県外所を1回ずつ通って、最短のルートで日本一周をしてみよう。

予想
 どのくらいか、ざっくりと、ざっくりと、色分けをしてみよう。

結果
 赤の糸の長さ: 16.4cm
 (実地の長さ: 16.4cm × 500000 = 8200km)

4. 研究の予想結果
 赤の糸の長さ: 16.4cm (実地の長さ: 8200km)
 青の糸の長さ: 18.1cm (実地の長さ: 9050km)
 緑の糸の長さ: 19.6cm (実地の長さ: 9800km)

5. 研究の感想
 今回の研究を通して、たくさんのおもしろい発見がありました。とくに、どの県からどの県へ行くかは、必ずしも最短ルートとは限りません。また、どの県からどの県へ行くかは、必ずしも最短ルートとは限りません。また、どの県からどの県へ行くかは、必ずしも最短ルートとは限りません。

最短路線発見!!

3日目の実験で、問題点と解決方法を考えたことにより、合計47の都道府県を1回ずつ通って、最短のルートで日本一周をしてみよう。このルートは、北海道から沖縄まで、県外所を1回ずつ通って、最短のルートで日本一周をしてみよう。

赤の糸の長さ: 16.4cm (実地の長さ: 8200km)
 青の糸の長さ: 18.1cm (実地の長さ: 9050km)
 緑の糸の長さ: 19.6cm (実地の長さ: 9800km)

▲4ページ目

講評

北海道から沖縄まで県庁所在地をすべて1回ずつ通過する最短ルートを探し出すという研究をしています。当初は日本地図に刺したピンにひもを引っかけてルートを探するというパズルのような活動をしているが、三角形や四角形の性質をうまく利用して、ルートの改善を図っており、算数を活用することの良さを感じさせる作品です。

中央審査委員会

黒田官兵衛の水攻めを徹底検証！

名取市立みどり台中学校 2年 安藤 一真

1. 研究の動機、目的

今年の NHK 大河ドラマは、軍師官兵衛で、毎週楽しみに見ています。先日、官兵衛ならではの作戦で、これにより秀吉を天下人に押し上げたと言っても過言ではない、備中高松城の水攻めの様子が放送されました。城を囲む地盤が緩く、攻めにくいという点を逆にとり、周囲の地形をうまく利用して、近くを流れる川から水を引き込み、城を水に沈めてしまうという、大胆な発想の戦法でした。

これを見たとき、いくつか疑問に思うことがありました。

・川からの水を引き込むだけで城を水に沈めるなんて可能なのだろうか？

・水かさが徐々に増して来たら城兵は水に沈む前に逃げ出す事ができるのではないだろうか？

これに関して父の持っている歴史に関する雑誌 [1, 2] などを見せてもらおうと、当時の城があった位置、地形などが載っているのを見つけた。そこで、実際にどれくらいの雨が降ったら城兵が逃げの間もないくらい早く、城を水没させることができるのかをシミュレーションしてみることにしました。

2. 研究の方法、内容

水攻めをシミュレーションするために、以下の手順で行うことを考えました。

- (1) 備中高松城のあった地形図を入手して、どのように堤防を築けば水を溜めることができるかを調べる。
- (2) 近くを流れる川（足守川）の水系、流域面積を調べ、どれだけの水を高松城に引き込むことができるかを調べる。
- (3) この地方の年間の降水量を調べ、城を水没させるために必要な雨量と比較して、この作戦が現実的であったかどうかを検証する。
- (4) 最近のゲリラ豪雨、あるいは逆に干ばつのように、極端な気象条件のときに、この作戦は成功したかどうかを検討する。

1

▲ 1 ページ目

(3) 気象条件の調査

① 平年の降水量の場合

秀吉が備中高松城水攻めを行ったのは旧暦の 1582 年のことである。旧暦は歴史の記録にあるので、それらを現在の暦に読み直して、平均的に雨量がどの程度であったかを見積もる。高松城の水攻めに關する主なできごとと月日は以下のとおりとなっている。これは旧暦であるので、新暦に換算した月日を併せて示す。

	旧暦	新暦
高松城入り	4 月 15 日	5 月 7 日
水攻め開始	5 月 11 日	6 月 1 日
毛利軍到着	5 月 21 日	6 月 11 日
早朝本能寺の変	6 月 2 日	6 月 21 日
宗治自刃	6 月 4 日	6 月 23 日

このように、高松城の水攻めは現在の季節で 6 月に入ってからであり、当に梅雨の最中のことであった。現在の岡山市付近における気象のデータを下記に示す [6]。

表 1 月別の平均気温、平均降水量（統計期間：1981-2010）

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間
最高気温(°C)	9.0	9.8	13.3	19.6	24.4	27.7	31.4	32.7	28.4	22.5	16.8	11.6	20.6
平均気温(°C)	4.9	5.5	8.8	14.5	19.3	23.3	27.2	28.3	24.4	18.1	12.3	7.3	16.2
最低気温(°C)	1.1	1.4	4.3	9.6	14.6	19.4	23.7	24.7	20.7	14.0	8.2	3.3	12.1
降水量(mm)	34.2	50.5	86.7	92.3	125.0	171.5	160.9	87.4	134.4	81.1	51.2	31.0	1105.9

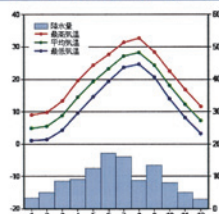


図 4 月別の雨温図（統計期間：1981-2010）

5

▲ 5 ページ目



図 3 足守川の流域面積の算出

合理法によるピーク流量 Q (m³/秒)

1 時間あたり r (mm) の雨が A (km²) の地面に降ったときの水量を求めてみる。

$$(\text{水の体積}) = (\text{雨量}) \times (\text{面積})$$

$$r \text{ (mm)} \times A \text{ (km}^2\text{)} = 1000 \times r \times A \text{ (m}^3\text{)}$$

これが 1 時間 (=3600 秒) あたりの水量に相当するので、1 秒あたりに換算すると、

$$Q = 1000 \times r \times A \text{ (m}^3\text{)} \div 3600 \text{ (秒)}$$

$$= (1/3.6) \times r \times A \text{ (m}^3\text{/秒)}$$

ここで雨として降った水のうち、洪水となって流れ出す水の割合を流出係数 f とおく。 f の値は地表の状態によって異なり、平坦な耕地で 0.45・0.6、灌漑中の水田で 0.7・0.8、山林で 0.5・0.75 程度とされている。また、雨量が多くなるほど f の値が大きくなる。今回の計算では、水田で雨量が多い場合を想定して、 f の値の初期値は 0.85 とした。

これらより、ピーク流量 Q は、以下のように表すことができる。

$$Q = f \times r \times A \div 3.6$$

- ・ピーク雨量 : r (mm/時)
- ・流出係数 : f
- ・流域面積 : A (km²)

4

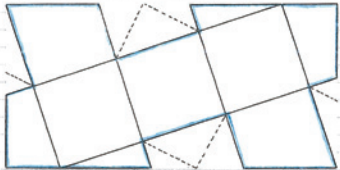
▲ 4 ページ目

講評

歴史的史実の検証に数学を活用した好例です。黒田官兵衛の水攻めのシミュレーションを史実、地理データ、地形図を駆使して定量分析を行っています。その緻密さに驚かされます。秀吉の備中高松城水攻めにおける降水量の考察においては、仮説検証のための統計データの使い方および分析方法が評価できます。結果として、歴史の検証という難題に中学校で学んだ数学を用いて挑戦できた研究に仕上がっています。

中央審査委員会



長方形の中心対角線を二等分するので、 $BO = DO$, $FO = HO$ ①②
①②より、 $\triangle BOF \cong \triangle DOH$ ③
 $\triangle BOF \cong \triangle DOH \therefore BF = DH$
よって、紙の角から立方体を折りたたむとき、横の辺の交点までの長さを上下で等しくすればよい。ここで仮に、たのめ、立方体を折りたたむとき、角度は同じで紙の端に置いて紙を折りたたむとき、全面を包むことができる。
二つ目は紙の右下と左上の角についてある。右下の角は折り目と紙の角がほとんど等しい。左上の角は小さな直角三角形の部分が余っている。あるいは、紙の端に置いて紙を折りたたむとき、全面を包むことができる。
これら二つの点を考慮すると、必要な紙の最小面積が特定できようである。ここで用いた $6 \times 12 \text{ cm}$ の長方形と大抵には面積が異なる。よって考えられる。横の辺を 10 cm と仮定して、紙の角から立方体全面を包むことができるか試してみよう。(紙の辺の長さは縦:横 = 1:2 と予め決めておいて、横の辺の長さを決定してから、1/2 以上の長さの長さをとった。したがって、紙の辺の長さは 0.5 cm の増減があった。)
調べた結果、縦 5.7 cm 、横 11.4 cm のときに二つの条件を満たすことができ、立方体を包むことができ、1/2 の増減がなくても包むことができた。

おおよそ多少の誤差はあるが、一辺 1 cm の立方体の全面を包むのに必要なのは、 $5.7 \times 11.4 = 64.98$... 約 19.98 cm^2
よって、立方体を斜めに置いて包むと必要は紙の面積が小さくなる。

▲4ページ目

[考察]

一般化できる図形としても、結果より、立方体の側面がすべて正方形の体積を数えていくことで、この立方体の辺の比を、縦：横＝ $1:n$ として考えることができる。これを証明する。数値的な立方体を数えるだけではダメだが、 $n=1$ の場合、つまり、立方体の側面がすべて正方形のとき、その長さを、 $2n$ と前置していい。

[証明]

底面が一辺の正方形である(図4)。(nは整数)の立方体を数えていく(図5)を考える。 $3, 6$ の結果から、資料帳であることがわかるので、図は斜めに二分された7つの右き(左)の図を用いる($0 < \alpha < 90^\circ$)。

まず、①の直角三角形を考える。 $\angle A = \alpha$, $BC = 2x = 1$, $AB = \frac{1}{\cos \alpha}$ (図5)

(A) $\rightarrow \cos \alpha \Leftrightarrow GA = \frac{\cos \alpha}{2}$

続いて、②の直角三角形を考える(図6)。

①②より、DE : EF : FD = $\sin \alpha : (\frac{1}{\cos \alpha}) : \cos \alpha$

FD = $2n+1 - \frac{1}{\cos \alpha} \sin \alpha \times 2$

EF = $FD \times \cos \alpha = (2n+1) \cos \alpha - \sin \alpha$

次に、③の台形に注目する(図7)。

$\triangle GHI$ は等しい。 $\frac{GH}{GI} = \sin \alpha \Leftrightarrow GI = \frac{GH}{\sin \alpha}$

ここで前へ戻り、中心に垂直な線に包む方向に、(図8)のように中心を通り傾きを α と $\tan \alpha$ の正接と斜辺との直角三角形を描く。矢張り、このNLの長さの半分が直線PRの長さと同じになる。

$\frac{1}{NL} = \cos \alpha < NL = \frac{1}{\cos \alpha} \therefore PR = \frac{1}{\cos \alpha} \times \frac{x}{2} = \cos \alpha$

図4

図5

図6

図7

図8

▲8ページ目

まずは、この時と同様の考え方で、立方体を三つ繋げたもの（紙の中心）を合わせ、右に上の面と左面をそれぞれ直ぐに合わせる。置き方は、この証明と同じにする。また、右に上側の角と折り目AからPへ一致していること、左側を無視するには重要である。

新たに注目すべきは、相似である。1:3:√10の直角三角形が現れたというのである。このように通ば、立方体を三つ繋げたものを置くことによって△AEHや△CGFのような直角三角形が出来たことになるのである。このことから、立方体をつなげた場合には、1:5:√10の直角三角形が現れることが想像できる。

これを△ABFに注目すると、FD:BA:AF=1:3:√10の直角三角形で、AF=6cm=3×2cm。すなわち立方体の一辺の長さ×2であることがわかる。ここから包む直方体の場合でも、包む紙の幅の4倍の間に持つ直角三角形の斜辺は、立方体の一辺の長さ×2の6cmであり、直方体の三辺の比から他の辺の長さも求められやすくなる。

下の紙が直方体を含んだ紙である。無理数ではない値で測った。

▲6ページ目

講評

箱の包装は「紙の中心と箱の中心を合わせ、少し斜めにずらせて包む」といことは昔から経験的に知られています。それに関する秋山仁氏たちの研究・著作にもある立方体の包装について深く分析し、その結果を改善しています。さらに直方体への拡張についても考察した作品です。テーマとしても面白く、日常事象にかかわる数理の分析は塩野直道賞にふさわしい研究です。

中央審査委員会

約数の和の公式

京都府立洛北高等学校 2年 ホッジ ルネ 倫

1. 研究内容

「約数の和」というものを数列のように扱って、規則正しく求めることができる公式について研究です。

普通 約数の和を求めるには、まずその数を素因数分解して約数をすべて導出してそれらを足し合わせるという方法を使いますが、この公式ではその素因数などという不規則なものを使うことなく求めることができます。

では、その公式に至るまでの道筋を追っていきます。

2. 定理への道筋

まず、次のような関数を持ち出してくる。

$$F(x) = (1-x)(1-x^2)(1-x^3)(1-x^4) \dots$$

この関数の微分を

$$f'(x) = \{\ln f(x)\}' \cdot f(x)$$

という公式に当てはめてすると、

$$F'(x) = \{ \ln(1-x) + \ln(1-x^2) + \ln(1-x^3) + \ln(1-x^4) + \dots \}' \cdot F(x)$$

となる。

これを計算すると、

$$F'(x) = -\left(\frac{1}{1-x} + \frac{2x}{1-x^2} + \frac{3x^2}{1-x^3} + \frac{4x^3}{1-x^4} + \dots \right) F(x)$$

となる。

両辺に $-x$ をかけ $F(x)$ で割ると、

$$-\frac{x F'(x)}{F(x)} = \frac{x}{1-x} + \frac{2x^2}{1-x^2} + \frac{3x^3}{1-x^3} + \frac{4x^4}{1-x^4} + \dots$$

という式ができる。

-1-

▲ 1 ページ目

3. 考察

$$\sigma(n) = n H_n + \sum_{t=1}^{n-1} \sigma(n-t) H_t \quad (\text{定理①})$$

この定理は、ある数の約数の総和はその数以下の約数の総和を用いて規則正しく求められるということを示している。

すなわち、約数の総和というものに漸化式を与えられたのである。

この式で注目してほしいのは、「約数」という素数をはらむものに数列としての性質を導き出したことである。

この数式の右辺は漸化式になっているが、 H_t というややこしい数列を含んでいるため残念ながらこの式から $\sigma(n)$ について解くことは困難である。しかし研究が進めば H_t をうまくまとめて $\sigma(n)$ に閉じた式を与えることができるかもしれない。

.....

$$\sigma(n) = \sum_{t=1}^n t p(n-t) H_t \quad (\text{定理②})$$

数を積で分割して生まれる約数、それに対して数を和で分割して生まれる分割数、この2つの要素を結び付けてシンプルな式を作り出せたのは重要な意味を持つのではないだろうか。

約数について考えようとしてもどうしても素数ははらむが、この式では約数の和を比較的扱いやすい分割数を用いることで求めることができる。この先 分割数の性質がわかってくれば、そこからこの(定理②)を用いて約数に結び付けて、そこから素数の未知のふるまいが見えされるかもしれない。

-8-

▲ 8 ページ目



この式を

$$\frac{1}{1-x} = 1 + x + x^2 + x^3 + x^4 + \dots \quad (|x| < 1)$$

という公式に当てはめて展開すると、

$$-\frac{x F'(x)}{F(x)} = x + x^2 + x^3 + x^4 + x^5 + x^6 + x^7 + \dots$$

$$+ 2x^2 + 2x^4 + 2x^6 + \dots$$

$$+ 3x^3 + 3x^6 + \dots$$

$$+ 4x^4 + 5x^5 + \dots$$

$$+ 6x^6 + 7x^7 + \dots$$

となる。なお、ここで x の定義域は $|x| < 1$ であるがあの論証に影響はない。

さて、上から n 段目に注目すると、項が現れるのは x の次数が n の倍数になっているときのみである。また、係数は n になっている。

よって、1段目から全て足し合わせたとき、 x^n の係数は n の約数の総和になる。

つまり上の式は、

$$-\frac{x F'(x)}{F(x)} = \sigma(1)x + \sigma(2)x^2 + \sigma(3)x^3 + \sigma(4)x^4 + \sigma(5)x^5 + \sigma(6)x^6 + \dots \quad (\text{式①})$$

と表せる。(ただし、 $\sigma(n)$ は約数関数で、 n の約数の総和を $\sigma(n)$ と表す。たとえば、6の約数は1, 2, 3, 6なので $\sigma(6) = 1 + 2 + 3 + 6 = 12$ となる。)

.....

さて、最初に持ち出した関数に戻る。

始めに $F(x)$ を積の形のまま微分したが、今度は展開してから微分する。

$$F(x) = (1-x)(1-x^2)(1-x^3)(1-x^4) \dots$$

この関数の展開は「五角数定理」により、

$$F(x) = 1 - H_1 x - H_2 x^2 - H_3 x^3 - H_4 x^4 - \dots$$

と展開できる。

-2-

▲ 2 ページ目

講 評

オイラーの五角数(以下五角数とする)の母関数を対数微分した関数は約数の総和数(以下総和数とする)に関する母関数と一致することを注意し、五角数と総和数に関するある関係式を導き出しています。さらに分割数も用いて総和数を五角数と分割数で具体的に表しました。使う数学は母関数とその展開という大学数学としては標準的な手法ですが、高校生の数理解析としてはたいへん面白く優れたものであり、Rimse理事長賞にふさわしい研究です。

中央審査委員会

読売新聞社賞

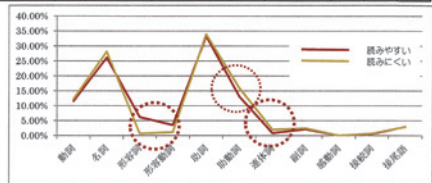
数学で国語を斬る！
大阪府 高槻中学校 1 年 杉本 修嗣

大阪府 高槻中学校 1 年 杉本 修嗣

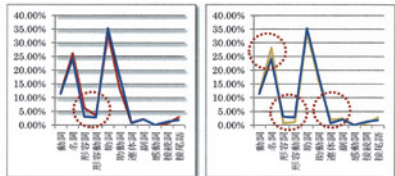
全 10 ページ

＜読みやすい・読みにくい別、品詞の頻出率＞

	動詞	名詞	形容詞	形容動詞	動詞	動動詞	連体詞	副詞	感動詞	接續詞	接尾語
読みやすい文	11.47%	26.12%	6.13%	3.47%	33.33%	13.07%	0.80%	2.17%	0.00%	0.53%	2.80%
読みにくい文	12.20%	20.16%	0.67%	1.11%	33.82%	15.90%	2.00%	2.44%	0.00%	0.67%	2.80%
自分の文	11.37%	24.43%	3.02%	2.76%	35.27%	17.62%	0.70%	2.09%	0.00%	1.16%	1.86%



グラフ 3



漢の文 - 6 -

僕の文

▲6ページ目



講評

文章の特徴をつかむという定性的な問題を、文章内の品詞の出現度数を統計的に分析して定量的な数学の問題に置き換えた、とてもユニークな作品です。特に題材を自分がこれまでに書いた過去の文章にして、それを年代で追っていった分析や、身近な図書の“読みやすさ”といった感覚的な概念を数学でとらえた分析など、具体的に説得力のあるたいへんに興味深い研究に仕上がっています。品詞分解ソフトウェアを上手く使いこなした力量も高く評価します。

中央審査委員会

内田洋行賞

球を作ろう！ ～球の仕組みの秘密～
神奈川県 川崎市立下小田中小学校5年 松本 しおり

神奈川県 川崎市立下小田中小学校5年 松本 しおり

全5ページ

テニスボールの特徴	
・野球と同じ2枚のノベルでできている。	・野球より、まん中の部分がらくらんでいる。
・表面は反発力を抑えるため、毛でおおわれている。	・ノベルは縫いつけられているのではなく、貼り付けている。



ハンドボールの特徴 ・バネルの形はサッカーと同じだが大きさや枚数が違う。 ・サッカーボールとちがって、バネルは貼り付けている。	・バネル1枚の大きさが小さいのは、持ちやすいからである。 ・おそらく、正三十面体の頂点を切ってできた形だと思う。 ※自分の考え
---	---

パネルの仕組みを調べて気づいたことは？

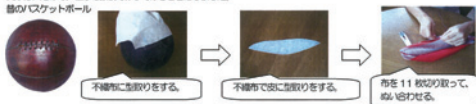
パネルの仕組みを調べて気づいたことは？

- ・パネルの数は同じ(1種類)、もしくは2種類でできている。
- ・パネルの数は偶数になっている。そのパネルは全て全直線でできている。
- ・球の時は直線に見えなく、切り取られてみると直線が描かれている。
- ・パネルの枚数が少ないと角や直線がなく、枚数が多いと角や直線に近い線がある。
→パネルの枚数が少ない場合は、角や直線がある時に近づく。
- パネルの枚数が多くなれば、角があったり、直線と直線があったりしても球ができる。

時間によって手や足など、使う体の部分が気にかかる。それに合わせてバミルの形や枚数など

- ・増量によって手足は足など、使われる部分が増えちゃうから、それに合わせてパネルの形状や数も大きさが異なっている。
 - ・サッカーボールやバレーボールなどは、昔に比べてパネルの枚数が少なくなってきた。
 - ・バスケットボールはパネルの枚数があっている。
- 馴染みやすい地域地、表現性、ボールの回転の見やすさなどをよくするために改良している。

Keywords: child sexual abuse; disclosure; social support

[illegible]

▲3ページ目



講評

球の形をしているボールが、どのようなパネルの組み合わせで作られているかについて、実際に6つのボールを調べて「球の仕組みの秘密」に挑み、実際に「球を作ろう」とした意欲的な研究です。球がいろいろなパネルの組み合わせからできていることから、気がついたことや、球技の種類によってパネルが異なることをまとめ、計算や工夫をしてボールを作るなど、算数を活用して身近な生活への探究をしている点が評価されました。

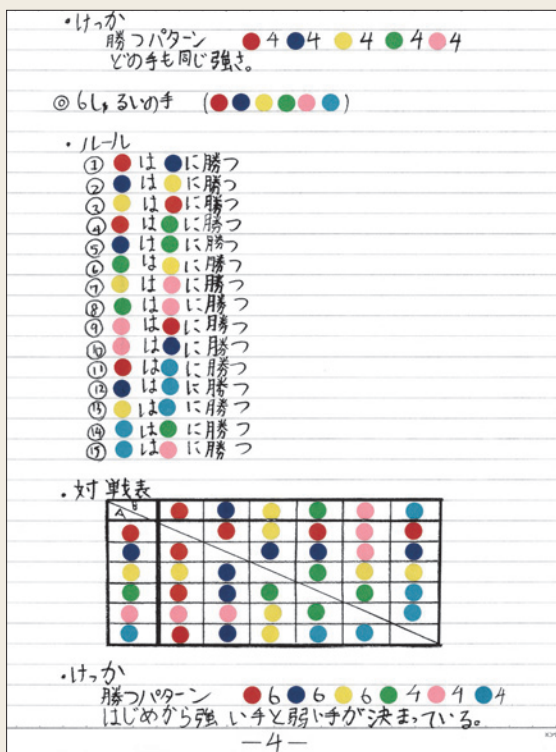
中央審査委員会

学 研 賞

ジャンケンはどうして3しゅるいなの？

大阪府 大阪教育大学附属池田小学校3年 田中 莉穂

全5ページ



▲4ページ目



講評

「ジャンケン」の公平性を調べることから始まって、もしも種類が4, 5, 6, ...と増えたらどうなるのかと発展的に考えているところがたいへんよい算数的な活動となっています。その結果、種類が奇数の場合には公平なジャンケンができることに気づきますが、実際に試してみるとたいへんな部分があることにも言及しています。一つのことにについて、「もしも～だったら」と考えて、それを探究していく姿勢は素晴らしいものです。

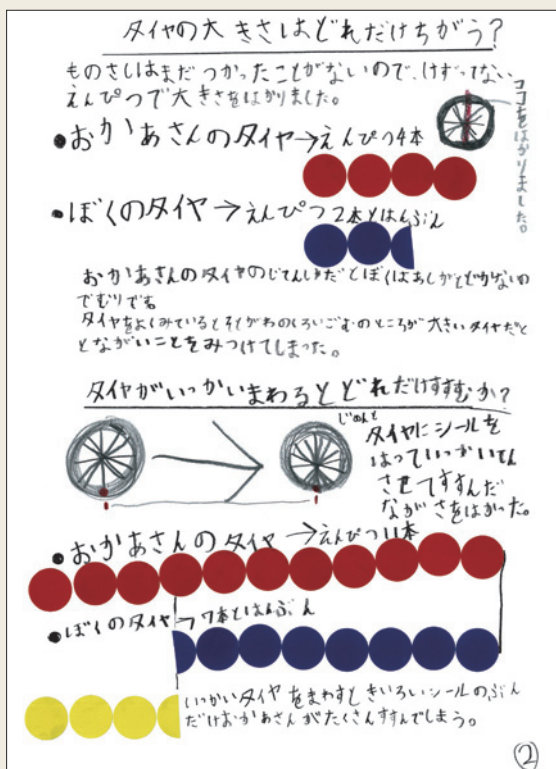
中央審査委員会

審査員特別賞

おかあさんのじてんしゃをおいこそう　だいさくせん

和歌山県 和歌山大学教育学部附属小学校 1 年 楽野 航世

全3ページ



▲2ページ目

講評

お母さんの自転車を追い越したい、という素朴な動機に始まり、僕とお母さんの違いを分析し、特に「タイヤの大きさの違い」を鉛筆を用いて調べています。あと一歩踏み込めば、円周率の研究にもなりそうですね。1年生なりの発想と道具で、算数の力を存分に発揮してお母さんを追い越す作戦を編み出した本作品は、とても魅力的です。でも、自転車の運転にはくれぐれも気をつけてね！

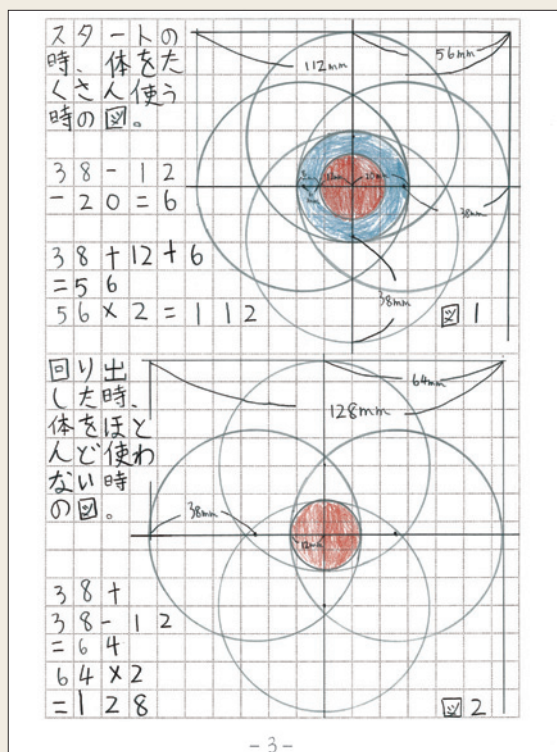
中央審査委員会

審査員特別賞

自由なフラフープ？

京都府 洛南高等学校附属小学校3年 仲野 真由

全5ページ



▲3ページ目

講評

大好きなフラフープについて、どの程度の広さがあればフラフープができるのか知りたくなった、というとても身近な疑問を、算数の力で見事に解決しています。そのとき、体をほとんど使わないときのほうが体をたくさん動かしたときより広い部屋が必要になることを「発見」した驚きについても素直に書かれており、素晴らしい、オリジナルな研究です。

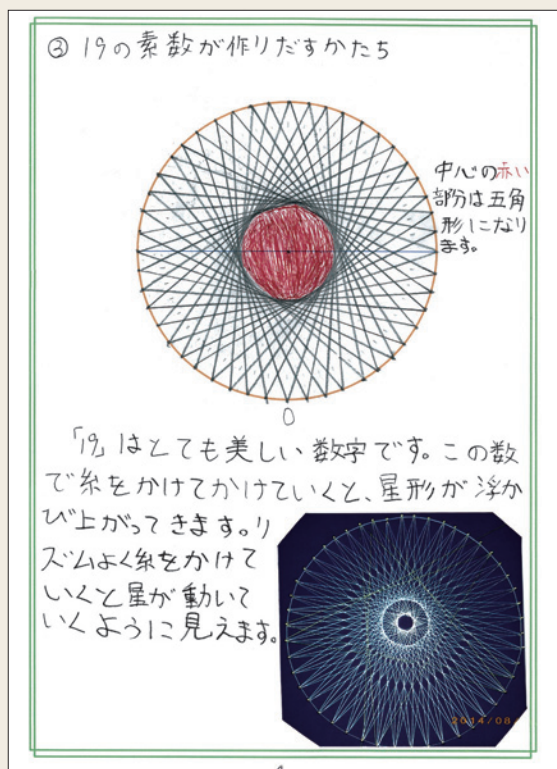
中央審査委員会

審査員特別賞

数字がつくりだす図形の不思議

岐阜県 岐阜大学教育学部附属小学校6年 村田 和也

全5ページ



▲4ページ目

講評

円周上に規則的に並んだ48本の釘に、順に糸をかけて模様を作る「糸かけグラフィック」を通して、糸をかける間隔の数と美しい模様の中に見られる図形との関係を考察した研究です。糸かけグラフィックでできる模様の美しさの中には、その模様を作るいろいろな数が隠れていることに面白さを感じ、いろいろな種類の数は「人間のように個性豊か」と表現しています。

中央審査委員会



●応募資格

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

●応募作品

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

●応募方法

- 理数教育研究所のホームページにある応募票に必要事項を記入し、作品と一緒に送ってください。
- 送付先：〒543-0052
大阪市天王寺区大道4丁目3番23号
（財）理数教育研究所
「算数・数学の自由研究」係
- 受付期間：2015年8月20日～2015年9月10日
（当日消印有効）

●応募にあたっての注意

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

作品コンクール
優秀作品集

2013年度に行われた第1回作品コンクールの優秀作品を多数収録した作品集です。
第2回の作品集は3月に発刊の予定です。

監修 根上 生也
編者 （財）理数教育研究所
発行 文研出版
定価 各巻 2,500 円（税別）

各巻 64～68 ページ
オールカラー

お近くの書店にお申し込み
いただくか、文研出版のWEB
ショップやアマゾンからご購
入ください。



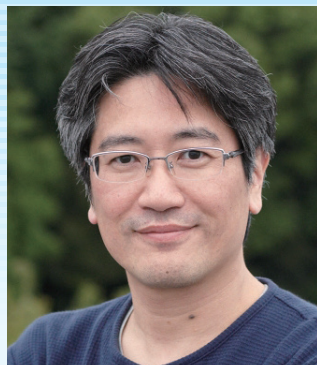
- ◀小学校1～3年生編（左）
（13 作品収録, 64 ページ）
- ◀小学校4～6年生編（右）
（13 作品収録, 64 ページ）

- 数・計算編【中・高校生向】（左）▶
（10 作品収録, 68 ページ）
- 図形・ゲーム編【中・高校生向】（右）▶
（10 作品収録, 64 ページ）



第10回 (最終回)

数学は美しい



撮影：宮島正信

横浜国立大学大学院 教授

根上 生也 / ねがみ せいや

1957年東京都に生まれる。東京工業大学理工学研究科博士課程情報科学専攻(1983年中退)。理学博士。東京工業大学助手を経て、現在、横浜国立大学大学院環境情報研究院教授。「計算しない数学」を提唱する数学者。2013年から始まった「算数・数学の自由研究」作品コンクール(理数教育研究所主催)の中央審査委員長を務める。独特な数学の世界を展開する啓蒙的な論説や著作多数。「頭がしびれるテレビ」「和算に恋した少女」などを監修。

美しい?

数学は美しい。そう言う人がたくさんいますが、本当にそうなのでしょうか。数学が美しいなら、もっと多くの人たちから好かれてもよいはずなのに、現実はどうでなく、数学は多くの人たちから嫌われています。

こんな矛盾が起こるのも、「数学」という言葉が意味することが人によって異なるからです。ある人は、芸術作品や自然界の中に黄金比を見つけて、美しさの根源は数学だと考える。またある人は、過去の天才たちが導いた公式や定理の意味を考えて、それが表す法則や構造に美しさを見いだす。その一

方で、数学の授業中に苦痛しか感じなかった人たちもいます。実は、数学者である私自身は「数学は美しい」と安易に口にするのは好きではないのですが…。

例えば、次の数式は美しいでしょうか?

$$e^{i\pi} + 1 = 0$$

これはいわゆる「オイラーの公式」で、アメリカの数学者を対象にしたあるアンケートの結果、世界で一番美しい数式に選ばれたそうです。日本でも、数学を愛好する人の中では有名ですが、小川洋子さんが書かれた小説『博士の愛した数式』で紹介されたおかげで、多くの人たちが知るところとなりました。

複素数について何も知らない人にとっては、この数式が何を意味しているかは皆目見当がつかないでしょう。しかし、数学において重要な定数である0, 1, 円周率 π , 虚数単位 i , 自然対数の底または「ネイピア数」と呼ばれる e が一堂に会していると思えば、その凄さが理解できるかもしれません。また、単純にフォルムが美しいと感じる人もいるでしょう。

とはいえ、 e の $i\pi$ 乗とは何なのか。指数が自然数なら、同じ数を繰り返し掛けることだと理解できますが、同じ数を虚数回掛けるとは、いったいどういう意味なのでしょう。

その意味を与えるのが、次の公式です。

$$e^{i\theta} = \cos \theta + i \sin \theta$$

ここでは詳しくは説明しませんが、この公式は e の虚数乗が複素平面上の回転に対応していることを意味しています。

特に $\theta = \pi$ を代入すると、次の式になります。

$$e^{i\pi} = -1$$

つまり、 -1 は複素平面上の角度 π の回転に対応するということです。その回転角は 180° なので、1から始めて2回掛けると元に戻って1になります。なぜ -1 を二乗すると1になるのか。これはその問いの答えになっていますね。

さらに、右辺の -1 を左辺に移項すれば、上で述べたオイラーの公式になります。こういう深い意味を包含した公式を数学者が美しいと感じる。そのこと自体はなんとか理解できそうな気がします。

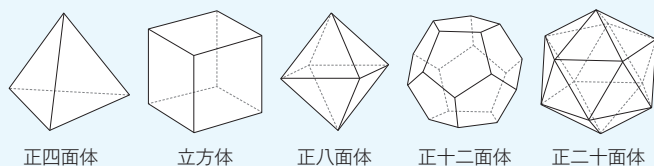
世界で二番目に美しい数式

では、世界で二番目に美しい数式は何でしょうか。それはやはりオイラーによる公式で、日本では「オイラーの多面体公式」と呼ばれています。

オイラーの多面体公式 凸多面体において、頂点の数、辺の数、面の数をそれぞれ V 、 E 、 F とすると、次の等式が成り立つ。

$$V - E + F = 2$$

オイラーの公式と比べると、式自体は簡単です。そして、意味するところもわかりやすい。例えば、いわゆる正多面体に対して、頂点、辺、面を数えて試してみるとよいでしょう。



正四面体 立方体 正八面体 正十二面体 正二十面体

	頂点数	辺数	面数
正四面体	4	6	4
立方体	8	12	6
正八面体	6	12	8
正十二面体	20	30	12
正二十面体	12	30	20

図1 正多面体

正多面体自体も美しい形をしていることだし、そこに潜んでいる法則を表す数式も美しいと感じても不思議ではないでしょう。さらに、この公式を出発点として、いわゆる「トポロジー」という幾何学が発展していったことを知ると、さらに公式の美しさが光ります。

実は、最近、このオイラーの多面体公式を軸として、古代ギリシャの多面体の研究から20世紀に発展したトポロジーまでを解説した翻訳本を出版しました。原著は『Euler's Gem』という英語の本なのですが、そのタイトルをそのまま日本語にすると、『オイラーの宝石』または『宝物』となって、どこかで聞いたようなタイトルになってしまいます。そこで、あえて『世界で二番目に美しい数式』という邦題にしてみました。



図2 『世界で二番目に美しい数式』 岩波書店

この本を翻訳して知ったことですが、オイラーの多面体公式が現在の形で知られるようになるまでには紆余曲折がありました。

当初、オイラーは多面体についてこの公式が成り立つと主張していましたが、その多面体とは何なのかが明確に定義されていませんでした。いわゆる凸多面体に限定すればもちろん間違いなく成立する公式ですが、多面体をいくつかの面で囲まれた立体図形くらいに捉えてしまうと、この公式が成り立たない例を構成することができます。

さらに、多面体は凸でなければいけないのか、凸でなくてもよいとすると、どのような多面体に対して公式が成り立つのか。こういう疑問が次から次へと提出され、それに答えるために曖昧だった定義が改善されたり、最終的には図形をくなくにゃと変形することを許すトポロジーの考え方が登場したりと、多くの数学者たちによって泥まみれの作業が続けられてきたのです。

汚いものをきれいにする

こういう歴史を知ってしまうと、素直に「数学は美しい」とは言えなくなってしまいます。確かに完成された公式は美しいけれど、その美しいものを生み出すためには、汚い作業を積み重ねていかなければならない。

要するに、数学を美しいと言っている人たちは、この泥まみれの部分に目をつぶっているのでしょうか。もしくは、そういう数学者の営みをまったく知らないのかもしれませんが。完成された数学が整然と書かれている本や論文を読んでいるだ

けでは、それを垣間見ることは不可能です。

もちろん、数学愛好家として生きているのなら、完成された美しい数学だけを鑑賞していても何の問題ありません。しかし、この連載ですでに再三述べてきたように、日本にはたくさんの「数学者」がいます。それは、専門家ではないけれど、数学的な活動に魅了されている人たちのことです。小学生、中学生、高校生の中にもそういう人たちがいて、「算数・数学の自由研究」に応募してくれました(2014年度に行われた第2回には11,000を超える作品が寄せられました。本誌p.17～33参照)。そして、彼らが作成したレポートには、自分たちが積み重ねた努力のプロセスも書かれています。

初めに興味を持った課題をどう捉えれば算数・数学の問題になるのか、それをどうすれば解決したことになるのか。失敗もするでしょう。それをどう克服しようとしたのか。たくさん考えて、たくさん計算して、たくさん図を描いて、そういう泥臭い作業の末に問題が解決した瞬間、小脳でガッツポーズをしながら、心の中で「算数は美しい」、「数学は美しい」と叫んでいることでしょう。そして、鼻をぬぐった手が頬に触れて、泥の跡を残しているかもしれません。

私が数学を専攻する大学院生を指導するときも、これに似たプロセスをたどります。初めに私が研究テーマと大づかみな問題解決のアイデアを提供します。専門的な問題にチャレンジしてもらうので、さすがに学生の自由に任せておいたのではまるで埒が明かないでしょう。そこで、糸口になることは私が教えてあげるわけです。

そのアドバイスに従って、地道な作業をしていく学生は、なんとか定理の証明にたどり着きます。しかし、この時点では無駄な議論が多い。議論を整理して、要するにどういうことなのかという理解が生まれるまで、自分の議論を反芻する。そして、その要点をわかりやすくプレゼンする練習をして、研究集会で発表する。ここまで来れば、自分が作った定理の命題や証明の美しさを実感することができるよう。

最終的には自分が出した結果を論文にまとめるわけですが、それだって初めは見るのも嫌になる出来映えです。どうして見にくいのかを一緒に考えて、重要な命題を補題として切り出したり、その配列を工夫したりして、定理の証明の流れがわかりやすいように修正していく。つまり、美しい論文に仕上げていくわけです。

つまり、「数学」を完成された知識ではなく、数学をする人の行為と捉えると、素直に「美しい」とは言い難い。最初は泥臭くて汚いけれど、それを磨き上げて、美しいものに仕上げていく。それが数学なんだなあ。

数学は人とともにある

完成された数学は美しい。「完成された」とは言うけれど、その美しい数学は人間が創り出したものなのかという議論もあるでしょう。世界で一番美しいオイラーの公式にしろ、多面体公式にしろ、それを発見したのはオイラーですが、オイラーがいなくても、そもそも人間がいなくても、その公式は存在するのではない。

確かに、そういう公式が表している事実は、人間がいるいないにかかわらず、成立する事柄です。しかし、人間がいなかったら、その事実がこの世界で語られることはないでしょう。そして、誰もそれを美しいとは言わないでしょう。

かつて地上を闊歩していた恐竜たちが夜空を見上げたところで、それを美しいとは感じなかったでしょう。おそらく、私たちの先祖は、進化の過程で「美しい数学」を感じる心を獲得しました。そして、天空に大きな円を描いてゆっくりと運行する星に気づいたとき、「美しい」と叫んだはず。しかし、天空に星の軌道が白線で描かれているわけではありません。星が描く円は、あくまで星を観察する人の心の中にあるのです。

この連載の第2回で「世界は数学でできている」と述べました。世界の根底は数学的な原理で司られています。そういう世界が数学的であると見抜けるのは、私たちの心の中にそれに対応する「数学」があるからです。自分を取り巻く世界と自分の心の世界がシンクロする。そのとき、あなたは思わず「美しい」とつぶやいてしまう。

そう。数学はあなたという人とともに存在します。

これにて10回にわたる連載を完了します。長い間、ご愛読いただき、ありがとうございました。(完)



第10回 (最終回)

静電気



高知工科大学 教授

八田 章光 / はった あきみつ

1963年愛知県に生まれる。京都大学工学部電子工学科卒業、同大学院修士課程電子工学専攻修了、博士後期課程単位取得退学。大阪大学工学部電気工学科助手、高知工科大学電子・光システム工学科助教授を経て、現在は同システム工学群教授、総合研究所ナノテクノロジーセンター長、国際交流センター長。2012年より高知県教育委員会教育委員を務める。博士（工学）。専門は放電プラズマ工学、薄膜電子材料、エネルギー環境教育。

静電気

冬のよく晴れた日に、天日に干して乾いた洗濯物を取り入れて家に入ろうとドアノブなどに触れたとき、また自動車から降りてドアノブに触れたとき、あるいはホテルのエレベータのボタンに触れたときなど、静電気で痛い思いをすることがあります。今回は静電気で痛い目にあわないためにどうすればよいか、理科を活かして考えてみましょう。

静電気は、異なる物質が接触して離れるときに電子が一方の物質から他方の物質に移動して、電子の過不足が生じる「帯電」現象によって生じます(図1)。物質の性質や表面の状態が異なるときや、接触面に圧力をかけて擦り合わせたとき(いわゆる摩擦)、大きな帯電が起こる場合があります。電子が

他へ移動して不足した状態は正の電荷が蓄えられた正の帯電、電子が過剰になった状態は負の電荷が蓄えられた負の帯電です。

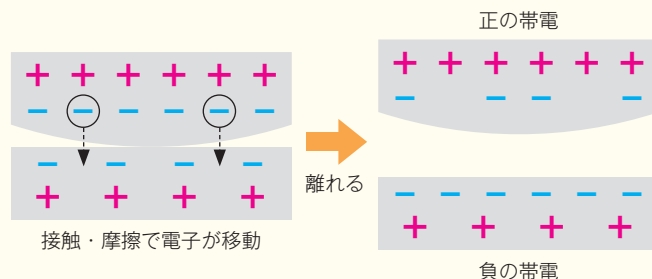


図1 接触と摩擦による電子の移動

衣類や履物が接触、摩擦を繰り返すことで人体に電荷が蓄えられます。電荷を蓄えた人が接地状態(地面と電氣的につながって中性状態)の建物のドアノブや自動車の金属部に触れようとした瞬間、空気中で火花放電が発生し、電荷がパルス的な電流として流れます(図2)。空気中の火花放電は、距離1 cmあたり約3万Vの電圧で生じます。



図2 ドアノブに触れる直前に放電

静電気で痛い目にあわないためには、3つの対処が考えられます。第一は接触や摩擦で帯電しやすい材料の組み合わせを避けること、第二は電荷を蓄えないように逃がすこと、第三はそれでも電荷がたまってしまった場合には安全に放電させることです。

帯電列の近い衣類で帯電防止

摩擦による帯電の傾向は物質によって異なります。表1は身近な材料の帯電列を示しています。帯電列とは、正に帯電

しやすい正極性から、負に帯電しやすい負極性への順に物質を並べたものです。2種類の材料を摩擦などで帯電させたとき、より正極性側にある材料が正に帯電し、より負極性側にある材料が負に帯電します。例えば、紙はウール(羊毛)と摩擦させると電子が移ってきて負に帯電しますが、ポリエチレンと摩擦させると電子が逃げて正に帯電します。

帯電列で遠く離れた組み合わせほど、帯電が起きやすくなります。帯電列の中で特に気になるのは、アクリル繊維とポリエステル繊維です。アクリル繊維はもともウールに似せてつくられているようですが、帯電列で見ると似て非なるものと言わざるを得ません。ウールに対してはナイロンやレーヨンは親和性がよく、また絹、木綿、麻なども互いに親和性のよい組み合わせです。

アクリルとポリエステルは互いに近いですが、他の繊維からははるかに遠く離れて位置しています。ウールとアクリルは見かけは似ていても、衣類の中では最悪の組み合わせなので避けなければいけません。「自分はどうも帯電しやすい」という人がいるようですが、もしかすると好みのファッションが帯電的に悪い組み合わせなのではないでしょうか、仮にセンスは良いとしても、です。

表1 帯電列 産業安全技術協会の「静電気安全指針」より抜粋

(+)正極性	人毛・毛皮
	ガラス
	雲母
	ウール(羊毛)
	ナイロン
	レーヨン
	絹
	木綿
	麻
	木材
	人の皮膚
	アルミニウム
	紙
	エポナイト
	鉄
	銅
	ニッケル
	金
	ゴム
	ポリスチレン
(−)負極性	ポリプロピレン
	ポリエステル繊維
	アクリル繊維
	ポリエチレン
	塩化ビニル
	テフロン

触っているので、後から触ってバチっとはなりません。さすがに手が届かないという場合は、ドアノブと手を導線でつないでおくという方法が確実ですが、ちょっと面倒で、しかも「断線事故」のリスクを伴います。物干し竿に触れながらでも効果はあるでしょう。

静電気として蓄積される電荷(電気)の量はそれほど大きなものではありません。電圧は容易に数万Vを超えてしましますが、電荷の量が少ないので、金属ほどの良導体でなくても、わずかに電気が流れる程度のもので静電気を逃がすには十分です。自然界にある材料の多くは、もともと絶縁性が高くありません。材料の内部が絶縁性であっても表面に水分が吸着しやすく、表面を通してわずかに電流が流れることで静電気を逃がします。これに対して、人工的な材料であるプラスチック類は非常に絶縁性の高いものが多く、しかも表面が水をはじく疎水性であるために、表面での電気伝導もほとんどありません。帯電列の中で極端に負極性の材料はどれも人間がつくり出した絶縁性の材料であり、静電気の問題の多くは人間がつくったこれらの高分子材料によるものです。

静電気防止、帯電防止のためにわずかに導電性をもたせた高分子材料が開発され、作業靴やスリッパ、床材などに利用されています。これらの材料は金属と比べるとほとんど絶縁性ですが、わずかに電流が流れるので、それだけで電荷が蓄積するのを防止できます。

静電気防止スプレーというものもあります。表面が疎水性で水分が吸着しにくい材料、特に合成繊維の衣類などに界面活性剤をうすく塗ることで、表面に水分が吸着しやすいようにして導電性を高めるしくみです。水分の吸着によって表面の電気伝導がよくなるという原理ですから、部屋の乾燥を防ぐことも有効です。第6回でも触れたように、特に冬場、電気で暖房すると部屋の空気は極端に乾燥しています。おなじみの電気クラゲの実験は、湿度の高い夏場には上手くできませんが、冬は面白いほど浮くので授業でおすすめです。

自動車から降りるとき、電荷を逃がして帯電を防ぐ一工夫があります。自動車の内装はほとんど絶縁性の材料で、シートと衣類が摩擦しています。車から降りるとき、人体が帯電し電荷を帯びてシートから離れます(図3(a))。車体は導電性のあるタイヤを通して接地されているので、帯電した人体が自動車の金属部に触れようとした瞬間に火花放電で電流が

電荷を逃がして帯電防止

身体に電荷を蓄えすぎないためには、電流が地面や建物に流れて逃げる経路を確保し、電荷を逃がせばよいのです。後で触るドアノブを、始めからずっと片手で触ったまま洗濯物を取り入れるようにすれば電荷は蓄えられません。始めから

一気に流れます。

電荷を蓄えないように逃がしながら降りる、すなわち身体がシートから離れようとするとき、まさに降りるときに、自動車の金属部分、例えばドアのノブやボディに触れた状態にすると、電荷はその場で逃げてくれるので、身体はほとんど帯電しません(図3(b))。

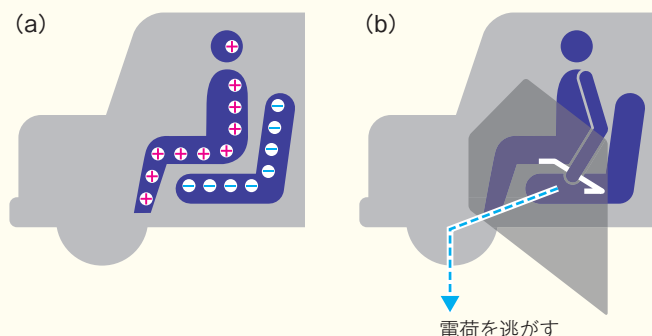


図3 降車時の帯電と電荷の逃がし方

最後は放電させて…

うっかりドアに触れずに車を降りてしまったら？ 体が帯電してしまうと、後は放電させて電荷を逃がすしかありません。筆者は放電プラズマが専門分野なので、どちらかというと喜んでやってしまうほうですが、指先でバチッとやるのは痛いので、金属のキーを握ってキーの先端で火花放電させます(図4)。今どきの車はほとんど非接触のキーですが、車のキーである必要はありません。家のドアのキーやキーホルダーで放電させます。放電する電流の総量は同じですが、手でしっかりキーを握ると、接触面が大きいので電流を感じることはありません。しかし、火花放電は電気的なノイズを出し、ドアノブなどに小さな放電痕(きず)が残り、また発火の原因ともなるので、おすすめするべきものではありません。

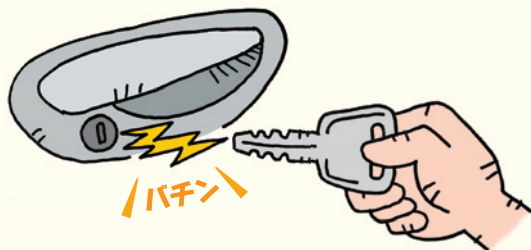


図4 火花放電

もちろんガソリンスタンドでは厳禁です。

ガソリンスタンドの給油機に、触って静電気を逃がすための黒いノブがついています。伝導性の高い金属などでは一気に電流が流れて火花放電を起こしますが、抵抗の大きな材料を通して放電すると、電流が小さく衝撃ありません。高抵抗を通して放電させるグッズもいろいろ販売されていますが、これらの材料は金属と比べると絶縁といってもよいくらい抵抗の高い材料です。

静電気の電荷はそれほど大きくないので、高抵抗でもすぐに逃がすことができます。ドアノブやスチールの本棚でバチッとやる前に、コンクリートや木の壁など適度に抵抗のあるものに触れることで静電気を静かに逃がすことができます。

安全と安心

人間が発明した高分子材料は理想的な絶縁性をもち、耐久性に優れた合成繊維は広く普及しました。一方で、エアコンなどにより極度に乾燥した生活空間となり、静電気がさまざまな問題を引き起こしています。同様に、人間が発明したフロンガスは冷媒やスプレーガスとしてすばらしい性能でしたが、オゾン層破壊という思わぬ問題を引き起こしてしまいました。利便性の裏側にさまざまな課題や問題がいつもつてきます。

バチッと痛い思いだけですめばよいのですが、静電気の放電による石油タンクの爆発や火災などの甚大な事故、災害が繰り返り起きています。また、静電気は半導体や電子部品の故障原因としても深刻な問題となっています。労働・製造現場における静電気事故を防止するため「静電気安全指針」というガイドラインが示されていますが、静電気による現象を正しく理解して対処することが安全の基本です。

本稿をまとめるためにインターネットで静電気防止グッズを検索すると、中にはちょっと理解しかねるものもありました。自然災害も含めて災害や事故をむやみに恐れるのではなく、自然界の現象を正しく理解して、理にかなった対応をすることが本当の安心につながると思います。

理科はまさに生きる力となる科目です。知識だけでなく活かす力を身に付けてもらいたいと思います。(完) ❖

第10回 (最終回)

これからの理科教育に
求められること

大阪大学全学教育推進機構 准教授

中村 征樹 / なかむら まさき

1974年神奈川県に生まれる。1997年東京大学教養学部教養学科科学史・科学哲学学科を卒業、2005年東京大学大学院工学研究科先端学際工学専攻博士課程修了。博士(学術)。東京大学先端科学技術研究センター助手、文部科学省科学技術政策研究所研究官を経て、2007年より現職。専門は科学技術社会論・科学技術史。最近の編著に『ポスト3・11の科学と政治』(ナカニシヤ出版、2013年)。



身近になる遺伝子検査

自宅で唾液や口内の粘膜を採取して郵送するだけで、かかりやすい病気や自分の体質について手軽に知ることができる。遺伝子解析技術を利用したそんなサービスが日本でも広がりつつある。昨年夏には、大手ネット企業が遺伝子解析サービスへの参入をあいっいで表明し注目を集めた。

多くの病気には、遺伝的要因が関係している。サービス提供企業によれば、遺伝子検査によって、例えば肺がんや大腸がん、心筋梗塞、糖尿病、円形脱毛症といった病気になる可能性が高いかどうか明らかにするという。利用者のもとには、遺伝子検査の結果と、発症を予防するためのアドバイス

が提供される。どのような病気になる可能性が高いかがわかることで、将来に向けた対策をとれるというわけである。費用はわずか数万円であり、検査にかかる期間も2～3週間である。

また、病気のリスクだけでなく、太りやすさや肌質など体質についても知ることができるという。ダイエットや美容について、利用者の遺伝的特徴を踏まえたアドバイスを提示するサービスメニューも用意されており、いろいろな関心から遺伝子検査を利用することができるようになっている。

遺伝子検査がこれほど手軽に、また安価に行われるようになっていくことには、単純に驚かされる。その背後には、この十年くらいの間に遺伝子解析技術が急速に進展したことがある。

遺伝子検査とどう向き合うか

このようなサービスは社会にどのように受け止められるのだろうか。大学の授業で学生に、遺伝子検査サービスを利用してみたいかについて聞いてみたところ、一部の学生は利用してみたいと答えたものの、多くの学生は必ずしも乗り気ではなかった。しかしその理由を聞いてみると、数万円という価格が学生にとっては高価であること、また、若いために将来の病気のリスクについてあまり気にしていないことが理由になっているようであった。逆にいえば、年齢が上がれば遺伝子検査サービスへの関心は高くなることが推測される。

遺伝子検査ビジネスが、今後、日本でどの程度普及していくかはわからない。しかし、近い将来、より安価でより手軽なサービスが広がっていくことは十分予想される。

そのようなサービスを利用するのか。あるいは利用しないのか。利用する場合、その結果をどのように受け止めるのか。そのような判断が問われる場面は、今後、ますます増えていくものと思われる。その際、私たちはどのようなことを考えなければならないのだろうか。

遺伝子検査サービスの普及を受け、医療倫理を専門とする東京大学医科学研究所の武藤香織教授は、「遺伝子検査サービスを購入手続きを迷っている人のためのチェックリスト10か条」を発表している。^{*1}

そこでは、①検査結果はあくまで確率的情報であり、実際

に将来その病気にかかるか否かはわからないこと、②遺伝情報と病気・体質の関わりを示す確率の計算式はサービス提供企業によって異なり、検査結果が会社によって異なること、③研究が進めば確率が変わることが指摘されている。また、④予想外の検査結果によって精神的なショックを受ける可能性もあること、⑤「知らないでいる権利」があること、⑦遺伝情報は自分だけではなく血縁者にも関わるもので、検査を受けることは血縁者にも影響を与えうること、⑨DNAやゲノムのデータの行方についても注意を喚起している。

遺伝子検査は、今やそれほど深く考えずに、極めて手軽に利用することができる。しかしその手軽さとは裏腹に、利用にあたって考慮すべき点は少なくない。遺伝子検査サービスをきちんと活用するためには、そして予想外の結果が出てから後悔しないためには、ある種の「リテラシー」が重要になってくるだろう。

さまざまな場面でそのような「リテラシー」が問われる社会。科学技術の進展した現代は、そのような社会だということができるだろう。私たちは科学技術をめぐる問題について、さまざまな場面で消費者として、あるいは市民として、選択を下し、判断を行うことを求められる。その際に拠り所になるのが「科学リテラシー」である。

「科学リテラシー」とは？

では、そこで求められる「科学リテラシー」とはどのようなものなのだろうか。

遺伝子検査サービスの場合には、遺伝子とはどのようなものか、遺伝子と病気の関係、遺伝子検査の仕組みなどについて、一定の科学的知識を持っていることは重要だろう。また、統計的・確率的データをどう理解するかについての知識も欠かせないだろう。しかし必要なのは、そのような科学的知識だけではない。

先のチェックリスト③にあったように、科学的知見とは確定した知識なのではなく、とりわけ最先端の領域では流動的であり、新たな研究によって更新される可能性がある。そのような「現在進行形の科学」の在り方についての理解は欠かせない。また、チェックリスト⑨にあるような、極めて重要な個人情報であるDNAやゲノムのデータがどのような体制で管

理されているのかに注意を向け、信頼できる仕組みになっているのかを判断する力も重要となろう。

言い換えるならば、狭義の科学的知識について知り、理解するだけではなく、科学とはどのような営みなのか、科学的知見にはどのような特徴や制約があるのか、そこではいかなる倫理的・社会的問題が生じうるのかなど、科学技術について多面的に理解することも「科学リテラシー」の重要な構成要素なのである。それは、2年半にわたる本連載で伝えたかった一番のメッセージでもあった。

このような「科学リテラシー」のモデルは、近年、英国の新たな理科教育の潮流として展開されてきた、「21世紀の科学（トゥエンティ・ファースト・センチュリー・サイエンス）」と呼ばれる中学・高校レベルの理科教育プログラムでも基軸に置かれている。それは日々の生活で遭遇する科学的問題にどのように対応すべきかに焦点をあてて構想されており、ここでは遺伝病や出生前診断、遺伝子スクリーニング、遺伝子治療など、極めて具体的で現代的な問題が取り上げられる。

例えば、遺伝性疾患の甥をもつ夫妻が自分たちの子供を産むときの葛藤が描かれる。出生前診断を受けるべきかどうか、受けた場合に診断結果をどのように受け止めるべきかについて、さまざまな立場からの意見が紹介される。そして生徒には、それらの意見を踏まえううえで、自分の意見をその根拠とともに述べることが求められる。その判断を下すにあたって、倫理的検討が不可欠なことはもちろんのこと、偽陰性・偽陽性など診断結果に一定の不確実性があることについても考慮することが要求される。

プログラムの軸に据えられているのは、従来の理科教育で重視されてきた「科学的説明」とともに、科学のもつ不確実性や倫理的・社会的側面を含めた総合的な「科学に対する理解」である。そして倫理的問題を考える際には、

- ・問題は何かを明確に述べられること
- ・人々が抱くであろう意見を複数述べられること
- ・自分がどう考えるのか、その根拠とともに述べられることが不可欠だとされる。

「21世紀の科学」では、科学技術に関連する問題について多面的に理解するとともに、実際に判断を下し意思決定できるようになること、そのための力を育成していくことが重視されているのである。

エイズ研究と患者たち

科学技術をめぐる問題について、個人として判断を下せるようになること。そのような場面は今後、さらに増えていくだろう。しかし、科学技術への市民の関わり方はそれに限定されるものではない。市民の立場から積極的に科学に関与し、科学の担い手となっていくこともまた重要ではないか。

そのような問題について考えるうえで、1980年代半ば以降の米国で患者を中心とした当事者団体がエイズ研究に関与していった事例は極めて興味深い。^{※2}

1980年代初頭に米国初のエイズ患者が報告されたとき、メディアや政治家らは「ゲイの病気」という表現を繰り返した。その中でエイズ患者を中心とした当事者運動が始まった。派手な街頭行動や抗議活動はときに大量の逮捕者を出しながら、エイズ患者への差別を助長する政治家やメディアだけではなく、医薬品の規制を行う米国食品医薬品局(FDA)をも対象に展開され、エイズ治療法の開発強化や、効果の期待される治療薬の認可の迅速化を求めた。

エイズをめぐる当事者運動で特徴的だったのは、そのような街頭行動によって行政にプレッシャーを与えるにとどまらず、当事者たちがエイズ研究に深く関与し始めたことだった。

エイズ患者たちには20代の若者も多かった。また、発症してから死を迎えるまでの期間が短く、治療薬開発の遅れは多くのエイズ患者の死を意味するものであった。そのような状況の中、当事者たちはさまざまなかたちで自分たちの生命をかけた運動に取り組んでいくことになる。

その一つが、エイズ研究の現状について学習していくことだった。関連学会の研究報告や専門論文について、情報共有の場を作って学習したり、関連する文献を読み込んだり、専門家からレクチャーを受けたりした。最先端の研究について把握し、専門用語を使って語れるようになる中で、一部の当事者はエイズ研究の専門家たちと対等に議論できるようになり、彼らと信頼関係を築いていった。そして、当時治験で採用されていたランダム化二重盲検法について、患者の立場から批判し、科学的にも妥当性をもつ代替的な治験方法を提示していくに至るのである。

当時、採用されていた治験方法は、プラセボ効果を避け治療薬の効果を科学的に評価するため、2グループにランダム

に振り分けられた患者群に対して、一方のグループに治験に供される治療薬を、もう一つのグループには偽薬を与えると
いうものだった。しかし、開発中の薬に一定の効果が期待される
ときに偽薬を与えられることは、生命の危機が迫っている患者
にとって極めて非倫理的である。それに対して当事者たちは、
エイズ患者たちの過去の治療記録を対照群として利用するなど、
ランダム化二重盲検法を用いずとも一定の科学的妥当性をもつ治
験法を提示し、治験のプロセスを実際に変えていったのである。

当事者の立場から介入しにくい基礎研究のレベルでも、いくつもの
貢献を行った。基礎研究者たちの書いた論文を読み、対話を重ね
る中で、研究者の関心をより臨床に近い現場に向けさせたり、違
う分野で行われている関連研究を紹介し、専門分野を超えた研究
者間のコミュニケーションを促し、研究の進展を促進させること
にもなった。

当事者たちは多様なかたちで、研究のプロセスそのものに深く
関与し、科学者・専門家とともにエイズ研究を進めていくパート
ナーとなっていたのである。

「受け手」から「担い手」へ

エイズ研究の事例は、さまざまな条件が重なる中で可能になった
ものであり、一般化することは難しいかもしれない。しかし重要
なのは、これからの科学技術を担っていくのは、科学者や専門
家だけではなく、非専門家の市民を含めた社会全体だということ
である。それは、近視眼的な視野から科学研究に成果や結果を
求めるのではなく、将来の人類社会と科学技術の発展を見据え
て、社会全体で科学を育んでいくということでもある。

科学知識を身に付けるだけではなく、科学について多面的な
理解を深めること。そして、妥当な判断を行える力を身に付け、
さらには今後の科学を担えるようになっていくこと。これからの
理科教育には、そのような視点が求められるのではないだろうか。
(完)



補注

※1 <http://www.pubpoli-imsut.jp/>

※2 Steven Epstein, *Impure Science*, University of California Press, 1996. 同書の概要は、H. コリンズ・T. ピンチ『迷路のなかのテクノロジー』(化学同人、2001年)7章でも紹介されている。

みんな元気になる ために「つながり」で ESDの発信を！



堺市立家原寺小学校 校長

中井 精一 / なかい せいいち

私は長年、教育現場で、これからの教育の在り方を模索しながら、環境教育に携わってきました。あるとき「ESD」という考え方に出会い、「これからの教育の在り方を変えるものだ」と直感しました。それ以来、公立学校の校長として、子供、教員、保護者、地域の人々が今よりも少しでも元気で笑顔になれるように、ESDの教育実践を行っているところです。



図1 小春日和の家原寺小学校

ESDは「つながり教育」です！

ESD(Education for Sustainable Development)は、「持続可能な社会づくりの担い手を育む教育」という意味です。「持続可能性」をキーワードに教育の在り方をとらえ直し、将来への希望のある社会、「持続可能な社会」を創り出そうとする教育活動がESDなのです。

そのために、ESDは、人と人、人と社会、人と自然との「つながり」を意識して、社会の解決すべき課題と私たちの身近な暮らしとを結びつけ、新たな価値観や行動を生み出すことを目指します。

すなわち、ESDは「つながり教育」といえます。

ESDの考え方を学校教育で！

校長として、学校経営方針の柱を「未来に向かって大きくはばたく子供を育む学校づくり」と設定しました。そして、明るい未来と環境を次世代の子供につないでいくために、ESDの考え方を学校教育に取り入れました。特に、自然体験などを積極的に取り入れ、生命、自然を尊重する精神や地球的視野で考える課題対応型学習の「環境教育」を推進し、身近なところから行動できる資質と能力を身に付けた人材の育成を目指しています。具体的な取り組みの内容は、次のとおりです。



図2 環境教育の学習「水育」と発表会「堺市子どもゆめフォーラム」

ESDの実践で、みんな元気に！

(1) 教員へのアプローチ

学校経営方針、学力向上プラン、学校評価書などにESDを明記することによって、教員が共通理解をもって教育活動を推進できるようにしています。

(2) 保護者、校区へのアプローチ

学校だより(月1回)や学校ホームページ(毎日)で、日々の子供のようすを発信し、地域の人々の学校への信頼感や期待感、さらに自尊感情を醸成しています。

(3) 校区外へのアプローチ

堺市より委嘱された「堺エコロジー大学」の運営委員とし

て、学校での取り組みを市民へ発信したり、市民活動の企画推進などにかかわったり、大学の講義や講演会、研究発表会などの機会を利用したりして、ESDの実践を紹介しています。

(4) 地域社会との協働

教育活動の基盤として人材の育成や情報の収集をするために、企業や大学、行政、NPOなどとの新しい協働をダイナミックに取り入れています。特に、教育CSR(企業による教育貢献)を大いに活用しています。

このように、校長として学校経営に明確なビジョンと自信をもって具体的に活動しています。校長自身が元気になることにより、教員、子供、保護者、地域の人たちも元気になり、笑顔が広がってきたことを実感しています。ESDの実践によって、学校全体が元気になってきました。



図3 大阪府立大学での「ESD講演会」

「ESD カリキュラム」の作成

学校でESDを実践していくためには、日々の授業にESDの考え方を取り入れることが大切です。

今、本校の教職員と取り組んでいることは、持続可能性の観点から「つながり」をキーワードに、ESDの考え方を取り入れた「ESD カリキュラム」の作成です。

個々の学習課題、各教科のそれぞれの単元は、いずれも他の教科や他の学年の内容と「つながり」があります。さらに、実生活や実社会にもつながっています。これらを相互に関連づけてみたり、考えたりすることが大切です。学校や地域社会、そして国や世界との空間的つながり、さらに過去・現在・未来といった時間的つながりを図りながら、学習することが

重要です。

教員は、その「つながりの理由」を確認して、ESDの考え方を取り入れ、それを認識したうえで、「持続可能性の観点からの授業づくり」をしていくことが大切です。

そのために、教員の方々にお願いしたいのは、少しの「発想の転換」と自分自身の「意識改革」をしてみることです。そうすれば、少しずつでもESDの実践が前に進んでいきます。



図4 いきいきとした授業のようす

ESDを「堺」から発信する！

私たちの住む堺市は、政令指定都市のうちで全国14番目の人口をもつ大都市であり、低炭素都市宣言をしています。また、世界的文化遺産「仁徳天皇陵」に代表される古墳群があり、千利休や与謝野晶子などの文化人を輩出している歴史・文化の豊かな町です。この「堺」の地から、これからの新しい教育として、堺らしいESDを発信してまいります。❖



図5 日本庭園の茶室での「もてなしの心」の体験学習

.....編集後記.....

前号に引き続き、「資質・能力の育成を目指す教育とは」の第2弾をお届けします。昨年の11月20日に「初等中等教育における教育課程の基準等の在り方について」が中央教育審議会に諮問され、いよいよ次期学習指導要領の改訂に向けて動き始めました。検討のキーワードとして、「アクティブ・ラーニング」や「英語教育」、「カリキュラム・マネジメント」などが読み取れます。次号では、小学校で先行実施されている「英語教育」を特集で取り上げます。

(財)理数教育研究所 事務局

トウモロコシとの語り合いを楽しみ、「動く遺伝子」を発見 ～ノーベル賞受賞記念撮影に臨むマクリントック(1983年10月10日)～

1951年、バクテリアやウイルスなど世代の短い材料を用いた研究から「遺伝子はDNAから成り立つ」ことが明らかにされつつあった頃、トウモロコシの種子の色の遺伝に関心を持ち、長年、顕微鏡下でその染色体を調べた結果、当時の遺伝学の「常識」（遺伝子は染色体の決まった位置に一直線に並び、移動することはない）に反して「動く遺伝子」があると考えざるを得ないと発表した研究者がいました。写真の左から二人目のバーバラ・マクリントック(1902～1992年、アメリカの遺伝学者)です。

当時は研究者仲間から変人扱いされるなど、彼女の学説は支持されませんでした。その後も孤独を“楽しみ”ながらトウモロコシと語り合うことを続けました。今では微生物でも確認されている「動く遺伝子」。「常識」に縛られず、目の前の現象を忠実に追究した彼女にノーベル生理学・医学賞が与えられたのは、発表から30数年後、81歳のときでした。

大阪教育大学名誉教授 鈴木善次/すずき ぜんじ



© SVENSKT/SIPA/amanaimages

Rimse (リムス)

No.11

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

http : //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：© Somos Images/Corbis/amanaimages