

日本の理数科教育をサポートする

Rimse

Research Institute for Mathematics and Science Education

No.8

MAY
2014

特集

ICT を活用した 理数科教育の充実 I

CONTENTS

巻頭言

3つの活動－ Science for All …… 表紙裏

NPO 法人 知的人材ネットワーク あいんしゅたいん
理事長 坂東 昌子

特集 ICTを活用した理数科教育の充実 I

I 教育の情報化と新たな学びの創造 …… 2

文部科学省生涯学習政策局
情報教育課 教科調査官 上野 耕史

II ICTを活用した

思考力・判断力・表現力の育成 …… 5

武蔵大学社会学部 教授 中橋 雄

III 小学校理科における、これからのICT活用 …… 9

茨城県古河市教育委員会指導課 課長 平井 聡一郎

IV 中学校理科における、これからのICT活用 …… 12

滋賀大学教育学部附属中学校 教諭 太田 聡

連載 数学は人とともにある 第7回

新しい数学者の卵たち …… 15

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7回

色, いろいろ …… 18

高知工科大学 教授 八田 章光

連載 社会の中の科学技術 第7回

「ドーナツの穴」から覗く学問の世界 …… 21

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7回

親子で楽しむ 徳島わくわく算数教室 …… 24

徳島県小学校算数教育研究会 顧問 浜井 利教

科学史の散歩道 第8回

土星型原子模型を提唱した長岡半太郎

～物理学における「後進国」から「先進国」への先達～ …… 裏表紙

大阪教育大学 名誉教授 鈴木 善次

巻頭言



NPO法人 知的人材ネットワーク あいんしゅたいん
理事長

坂東 昌子 / ばんどう まさこ

1937年大阪府に生まれる。1960年京都大学理学部卒業。京都大学大学院理学研究科博士課程終了。理学博士。京都大学理学部助手・講師を経て、愛知大学教養部教授・教養部長、情報メディアセンター長などを歴任し、2008年定年退職。愛知大学名誉教授。2007年日本物理学会会長就任の後、日本物理学会キャリア支援センター長。退職後、NPO法人知的人材ネットワークあいんしゅたいん理事長。専門は素粒子論、交通流理論、経済物理学、環境問題、放射線生物学など。

著書：『物理と対称性』（丸善）、『性差の科学』（共編著 ドメス出版）、『生命のフィロソフィー』（共編著 世界思想社）、『4次元を超える物理と素粒子論』（共著『現代物理最前線5』共立出版所収）など。

3つの活動－Science for All

私たちが理科実験教室を開いてはや4年になる。子供たちは目を輝かせ、質問し、自らの作りに熱中する。自分で働きかけ、観察する体験は科学への入り口だ。問題は、この子供たちがずっと科学好きでいるかである。ここでは、「理科好きの入り口から真の理科好きへ」（京大基礎物理学研究所2010年2月シンポジウム）をきっかけに始めた3つの活動を紹介する。

親子理科実験教室 系統的に取り組んだものの一つに、小学校から先端の研究までつながり、日常生活に密着するテーマである「電磁気」がある。蓄電と送電ロス、今日のエネルギー問題の要でもある。準備段階では議論が盛り上がった。例えば、「電気を通すもの」を豆電球を使って識別し、電気を通すには導体の連結が必要なこと、そして「電気を通すもの」は金属と黒鉛だと学ぶ。ところが、長い鉛筆の芯では豆電球は点灯せず、芯を短くしていくと徐々に明るくなる。話はややこしいのである。豆電球でなくLEDにすればどうなるかも気になる。人が手をつないで輪をつくり、電気をためたライデン瓶に連結してびっくりさせる実験（百人おどし）は実験教室の超人気テーマだが、人体は導体か、とここで頭が混乱する。実は、○か×ではなく、電流量が問題なのだ。本当に理解するには、量的な感覚を身につける必要がある。理科好きの入口から次のステップへ進むには、数学の訓練が必要なのではないか。私たちがお互いに意見を交換するときは言葉を使う。一方、さまざまな現象を記述する、つまり自然と対話するときの言葉は数学だ。言葉が不自由だとぼんやりとしたわかり方になる。不得意な英語で講義を聞いているような状態である。今回の学習指導要領改訂で、電磁気に関して「発電・蓄電・発熱・利用」が小学校理科で登場してきて、「電流が強い（大きい）ほど発熱量が多いのなら、抵抗は小さいほど発熱量が多いのか」という疑問に悩む教員も多いらしい。こうなると、やはりオームの法則による定量的な考察が必要となる。実験教室からの次のステップが必要だ。こんな思いから、eラーニング教員免許状更新講習推進機構に講習「電磁気お役立ちメニュー」を他の先生方とともに提供した。

理数寺子屋 『分数ができない大学生』（西村和雄他）は世間にショックを与えた。高校の先生と話していると、「分数・

比・割合でつまづいた生徒が散見されるが、かといって小学校の教科書を使うと自尊心が傷つけられるので、困っている」といわれた。小学校の受験塾では、鶴亀算などの難問はやり方のルーチンを教えるらしい。それだったらどうして代数を使わないのか。むしろ、文意をくみとって数式に表す訓練のほうが大切だ。理解をしないまま演算だけを覚えてもしょうがない。そこで、当時小学校4年生の孫の友だちを8人ほど集め、高校生を講師にした寺子屋を始めた。英語はできるが数学は苦手という高校生も一緒に問題を解いて喜んでいった。講師が「分数は、分母が分子を支えているんや」といったら、「なんでお父さんが出てこないん？」と質問し、大笑いしたこともあった。また、英語なら「1^{アン}パー4^{フォー}」と読むのに、なぜ日本語では「4分の1」と読むのかも話題になった。日本語は全体を優先し、個は後からついてくる。そういえば「of」に相当する日本語の論理思考がないのである。孫たちは分数と代数だけは習得したようだ。文章をそのまま数式にすれば、後は方程式を解けばいい。せつかく凡人ができるよう工夫した数学をもっと活用すべきだ。

放射線の勉強会 東日本大震災の福島県外避難者から当NPOに、「ホールボディカウンターで内部被曝を知りたい」という相談があった。京大原子炉や関西電力美浜発電所をお願いしたり、福島の検査車を派遣してもらったりして、ホールボディカウンターで測定していただいた。それと同時に、「ホールボディ検査で何がわかるか」を、市民、科学者、避難者の三者で勉強しようということになった。放射線計測では、正確な測定結果を出すために校正作業が必要である。この内容にまで踏み込んで、ホールボディカウンターとは何かから始まって、体内の放射性物質の挙動とその影響まで勉強した。その結果、皆さんびっくりするほどの知識を蓄えた。「誤差って、機械によって違うのですね」、「ガンマ線を出すセシウムやカリウムだけがはかれるのですね」、「半減期には、物理学的なものや生物学的なもの2種類あるのですね」、「カリウムから出る放射線のコンプトン散乱が原因であるバックグラウンドは人によって違うのではありませんか」など、プロも顔負けの質問が続出した。誰もが科学の心を持てることを実感した貴重な体験であった。

ICTを活用した 理数科教育の充実 I

I 教育の情報化と新たな学びの創造



文部科学省生涯学習政策局 情報教育課 教科調査官

上野 耕史 / うえの こうし

1962年栃木県に生まれる。栃木県公立中学校教諭、栃木県教育委員会事務局義務教育課指導主事を経て、2004年4月から現職。初等中等教育局教育課程課教科調査官、国立教育政策研究所教育課程研究センター研究開発部教育課程調査官を併任。教育の情報化、技術教育のほか、へき地教育等を担当。

1 はじめに

2011年4月、文部科学省は「教育の情報化ビジョン」をとりまとめました。ここでは、21世紀にふさわしい学びと学校の創造の総合的な推進方策として、「情報活用能力の育成」「学力向上のためのICT（情報通信技術）の活用」「ICTの活用による校務の負担の軽減」「特別支援教育におけるICTの活用」そして「教員への支援」を打ち出しています。

教育の情報化の目的は、電子黒板やタブレットPCなどICTを活用して、わかりやすい授業を実現するとともに、興味・関心を引き出す学習、個別学習や各自の進度等に合わせた学習、そして21世紀型教育といわれるような教え合い・学び合いなどの協働学習、さらに障害のある子供たちの可能性を高める特別支援教育等、子供たちの主体的な学びを推進し、一人一人の個性や能力を発揮できる学びの場を作ることです。

この方向性は、さらに強化されており、2013年6月に閣議決定された、第二期教育振興基本計画においても、これからの学習の在り方として、一方向・一斉型の授業だけでなく、ICT等も活用しつつ、個々の能力や特性に応じた学びを通じた基礎的・基本的な知識・技能の確実な習得や、子供たちどうしの学び合い、身近な地域や外国に至るまで学校内外のさまざまな人々との協働学習や多様な体験を通じた課題探究型

学習など、学習者の生活意欲、学習意欲、知的好奇心を引き出すような新たな形態の学習を推進することが示されています。

本稿では、この方向性を踏まえて、教育の情報化の中で、特に、「学力向上のためのICTの活用」つまり各教科等におけるICTの活用について、その方向性と配慮事項について整理したいと思います。

2 教科等におけるICTの活用

A 基本的な考え方

教科等においてICTを活用する目的は、当然教科等の「目標をよりよく達成」することです。ただし、この「よりよく達成」には、「より高い目標を達成」や「より多くの子供が目標を達成」という意味もあれば、「より短時間に目標を達成」といった視点もあります。

一方、ICTは「時間的・空間的制約を超えることができる」「双方向性を有する」「カスタマイズが容易である」「多様な大量の情報の蓄積・共有・分析等が可能である」といった特徴を持つと言われています。そして、その種類や使い方はさまざまです。電子黒板や実物投影機等のように、使い方がある程度固定されているものもあれば、タブレットPCのように、使用するソフトウェア等を変えることで多様な使い方が

できるものもあります。また、教員が使う場合もあれば、子供が使うことも考えられます。

このようにさまざまな特徴・使い方の考えられる ICT を各教科等で適切に活用するためには、「ICT をどう使うか」を考える前に、「目標の達成のためにどのような授業を構築するか」を考えることが大切です。

例えば、一人一人の考えをタブレット PC で表現したうえで、電子黒板で共有し、それに基づいて教員と子供たちで意見を交換しながら考えを検討するといった、「教師と児童の双方向型の学び」や、異なる考えを持つ子供どうしがグループを作り、大型のタブレット PC 上に各自の考えを示したうえで、他者の異なる考えを聞いたり、それに対する改善策を提案したりする中で、考えを広げ・深め、新たな価値ある考えを創造するといった「協働的な学び」などは、ICT を活用することで可能になる新しい「学び」の創造といえます。ただし、このような「学び」は ICT を活用するために考えだされたのではなく、このような「学び」が必要だから、それを実現するために ICT を活用しているのです。子供たちの実態を踏まえ、目標を達成するためにどのような「学び」が必要かを検討し、授業形態等にも配慮したうえで、必要・有効な ICT の活用を考えることが大切なのです。

B 知識・技能の習得のための ICT の活用

基礎的・基本的な知識・技能、それを活用して課題を解決するために必要な思考力・判断力・表現力等、そして、主体的に学習に取り組む態度といった学力の要素の中で、知識を習得させるためには、「なぜ」と思わせて「わかった」で終わる授業展開が考えられます。一方、技能の習得のためには「やってみたい」と思わせて「できた」で終わる流れが考えられます。

このような授業の流れを考えたうえで、子供たちに「なぜ」と思わせる手段として、「実際には観察できないことを、美しい映像で見せる」電子黒板を用いることなどが考えられます。この機器は、単に映像を流すだけでなく、子供に注目してほしいポイントに印を付けるといった指導の工夫も容易にできます。

また、「わかった」と思わせる手段として、タブレット PC や電子黒板を用いて、他の子供たちに「自分の考えを説明し、自分の考えを検証させる」ことや、教員が「わかりや

すく説明する」ことが考えられます。

一方、「やってみたい」と思わせる手段としては、教員が実際にやってみせることも大切ですが、それを映像化し、「スローモーションや静止画として大切なポイントを示し」、挑戦する目標を明確にすることも有効です。また、「できた」と思わせる手段としては、子供たちが取り組んだことを即座に判定することが有効であり、タブレット PC 等を用いて「個に応じた練習問題を提供し、即時に評価する」ことなどが考えられます。さらに、「自らの行為を映像に保存」させ、それをしっかりと教員が評価し、目標が達成できたことを認めることは、多くの子供たちが同時に技能の習得に取り組む授業では有効です。

C 思考力・判断力・表現力等の育成のための ICT の活用

小学校の場合、学習指導要領総則の「第4 指導計画の作成等に当たって配慮すべき事項」の2(1)に「各教科等の指導に当たっては、児童の思考力、判断力、表現力等をはぐくむ観点から、基礎的・基本的な知識及び技能の活用を図る学習活動を重視するとともに、言語に対する関心や理解を深め、言語に関する能力の育成を図る上で必要な言語環境を整え、児童の言語活動を充実すること。」と示されているように、思考力・判断力・表現力等を育成するためには、「読む」「聞く」「書く」「話す」といった言語活動を充実することが大切であり、これは中学校・高等学校でも同様です。

「読む」「聞く」活動で思考力等を育成するということは、「他者がどのように考えて課題を解決したのか、『書かれたもの』や『話』から読み取らせる（思考の道筋をなぞらせる）ことを通して、他者と同様の思考力・判断力・表現力等を育む」ことです。

一方、「書く」「話す」活動で思考力等を育成するということは、「実際に目標とする思考力・判断力・表現力等が必要な場面を意図的に設定し、そこで考えたことを言葉や記号を用いて表現させることを通して思考力・判断力・表現力等を育む」ことです。曖昧な考えや複雑な思考を、言葉や記号を用いて簡潔に表現することで、思考が明確になります。そして、この活動は「思考を可視化」することであり、そうすることで、思考の検討・修正が容易になるのです。このように自分の考えを表現・確認・修正することを繰り返すことで、思考等の道筋を実際に紙等に行ったりすることなく頭の中で

表現し、確認・修正が行えるようになるのです。

このような基本的な考え方を踏まえれば、「読む」「聞く」場面では、タブレット PC 等を用いて「他者の考えを読み取りやすくした資料を提供」したり、ネットワークを通して、「専門家（思考の道筋を身につけた人）の話聞く機会を設定」したりすることが考えられます。

また、「書く」「話す」場面でも、「文章や図で自分の考えをまとめさせる」や「文章や図で表現した自らの考えを見ながら、よりよいものへと変更させる」といったことが考えられます。このような活動は当然ホワイトボード等を使っても可能ですが、タブレット PC 等を使用し、自らの考えを変更するたびに保存させるといった指示をすることで、子供たち自身が自分の思考の広がりや深まりを認識できるようになるとともに、教員が各人の成長を確認し、適切に助言できるようになるという利点も生まれます。

D 主体的に学習に取り組む態度の育成のための ICT の活用

主体的に学習に取り組む態度とは、授業に取り組む意欲だけでなく、学校卒業後も生涯にわたり学び続けようとする教科等の目標としての態度です。このような態度の育成のためには、「知識による指導」や「経験による指導」などが考えられます。

前者は、『〇〇は大切である』『□□は問題がある』という知識を与えることで、〇〇や□□に配慮した行動をとるようになる」ということであり、後者は『〇〇に配慮して行動すると、よい結果（期待した結果）が得られる』『□□に配慮せず行動すると、よい結果（期待した結果）が得られない』という経験をさせることで、〇〇や□□に配慮した行動をとるようになる」ということです。

前者の考えに基づいた ICT の活用としては、例えば、中学校理科の「自然と人間」において、科学技術の利用が自然環境にどのような影響を及ぼすのかという知識や、自然の恵みを受け止め災害を防止するために、これまで多くの方々がどのように科学的に探究してきたのかといったことについて、美しい映像や多様な資料などを使って実感を伴って理解できるようにすることで、自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について科学的に考察し判断していこうとする態度が育まれるといったことが考えられます。

後者としては、実際に経験することができないことをタブレット PC 上でシミュレーションさせたりすることなどが考

えられます。

また、「期待通りの結果が得られた」ことを実感させる手段としては、例えば自ら考え出した解決策で問題が解決できたことを級友や教員だけでなく、ネットワークを使用して多くの方に認めてもらうことなども考えられます。

E 学習評価における ICT の活用

多くの子供たちをしっかりと評価するためには、子供たちの活動を把握することが必要です。そのためにワークシートの記載内容を確認したりペーパーテストを実施したりしているのですが、書かれたものからだけでは把握しがたく、映像等で記録しておいたほうがよいこともあります。さらに、その場で評価し、すぐにその結果を子供に返すことが必要な場面もあります。そのような場合に、ICT を用いて、記録したり、自動的に評価結果を返したりすることも一つの有効な方法です。

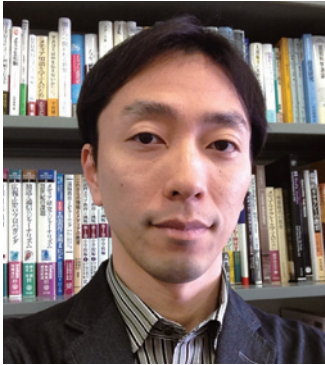
また、ワークシートやペーパーテスト等には、最終的な姿は評価できても、途中の成長過程は把握しにくいという弱点があります。しかし、先にも述べましたが、ICT を用いて途中経過を定期的に保存させることで、成長過程が把握できるようになるのです。そして、このような評価は、子供たち自身が自らの成長を確認するためにも有効です。

3 おわりに

ICT はあまりに便利すぎて、課題を解決する過程がブラックボックス化してしまうという危険性があります。大人の目標は、便利な ICT を活用して目の前の問題を解決することです。しかし、子供たちの目標は、将来直面する可能性のある、多様で困難な想定外の問題も解決できる力を身につけることです。そのために、あえて ICT を使用しないという選択肢もあります。

特に、ネットワークの発達と、そこで提供される情報の急激な増加、大量の情報に基づいた多様なサービスの提供等により、知識の習得や自ら考え判断することの必要性が感じられにくくなっているという現状があります。そのような現代社会で育った子供たちに、将来の社会を生き抜く力を育むためには、どのような学びが適切なのでしょう、そしてそれは ICT をどのように活用することで実現できるのでしょうか。読者の方々も検討していただけることを期待しております。❖

II ICTを活用した思考力・判断力・表現力の育成



武蔵大学社会学部 教授

中橋 雄 / なかはし ゆう

1975年福岡県に生まれる。福山大学専任講師、武蔵大学准教授を経て2011年より現職。専門は、メディア・リテラシー論、教育におけるICTの活用、情報教育など。おもに初等・中等教育をフィールドとして現場の教師とともに実践研究、カリキュラム開発、教材開発研究などを行ってきた。日本教育メディア学会理事・事務局長。

1 思考力・判断力・表現力の育成とICTの活用

私たちは、習得した知識や技能を活用して、思考し、判断し、表現し、他者と協働してさまざまな課題を解決する。そのような協働的な課題解決を経験する中で思考力・判断力・表現力が育まれていく。また、現代社会において、思考力・判断力・表現力を活かし、他者と協働して課題解決を行うためにICT（情報通信技術）は必要不可欠なものになってきている。

そうした状況を受けて、教育現場における教室環境や学習形態の在り方も検討されてきた。文部科学省は、「教育の情報化ビジョン」において、近未来の教室環境や学習形態の例を示している（図1）。



図1 近未来を想定した学びの環境と学びの姿(文部科学省 2011年)

そこには、電子黒板、タブレット端末、実物投影機などが連動した教室環境のイメージ図が描かれている。そして、「一斉学習」「個別学習」「協働学習」といった学習活動の形態が例示されている。この中でも特に、学習者どうしが学び合い高め合う「協働学習」において、ICTの真価が発揮されると考えられる。

協働学習は、学習者どうしが学び合い、高め合うような学習活動を意味する。ここでの協働学習は、答えが一つに決まるような問いに対して、その道筋が見えている学習者が、見えていない学習者に教えるということに留まらない。多様な解法が想定される問いに対して、自分が考えつかなかった方法を他者の解答から学ぶという学習活動も含まれる。あるいは、答えが一つに決まらない問いに対して相互に考えを交流させることで新しい知を生み出すことまでも含んでいる。

ICTは、「見てわかる映像教材」「インタラクティブな自学自習用教材」などのように、学習者と教材の対話による学習にも活用できるが、それだけに留まるものではない。ICTを「人と人との対話による学習」に活用する方法に期待が集まっている。例えば、理科教育では、実験・観察が重視されてきたが、実験のための実験では意味がない。何のために実験・観察をするのかということや、何を観察すればよいのかという目的意識をもって実験・観察を行うことが重要である。自分の発見を他者に伝えることで他者の役に立つということ

は、その目的の一つになり得る。この点において、思考や判断のプロセスを可視化して表現・共有できる ICT のメリットを活かすことができると考えられる。

2 思考の可視化と共有がもたらす効果

岡崎市立羽根小学校（実践者：近藤浩之教諭）では、電子黒板と学習者用タブレット端末を連携させる取り組みが行われた。小学校6年・理科「水よう液の性質」の単元で、アルミニウムが塩酸に溶ける現象について実験を通じて学ぶ授業である。

まず、教師は、塩酸に溶けたアルミニウムがどうなってしまったのか児童に予想させた。はじめはグループ内で相談させることによって思考を促す。グループ内でもさまざまな意見が出されるが、児童は、よく話し合ってどれを採用するか判断することになる。そして、児童は、その予想をグループごとに与えられたタブレット端末にペンで書き込む。思考を可視化して他者に伝えるという目的で表現させる活動である。

次に、グループごとにどのような考えにまとまったか発表する活動を行った。ここでは、例えば、「気体になって出た」「別のものになった」「小さな粒になって残っている」など、さまざまな予想が出てきた。教師は、児童の思考が可視化されたタブレット端末の画像を無線のネットワークで瞬時に電子黒板に転送した。その提示画面を使い、児童は考えを発表して、多様な考え方をクラス全体で共有した（図2）。



図2 タブレット端末から転送された画面での説明

その後、グループごとに話し合いながら実験を開始した。アルミニウムの溶けた塩酸を熱して蒸発させると、白い粉が出てくる。その際にタブレット端末内蔵のカメラで実験のようすを記録しておき、結果を発表する。教師は、その動画をタブレット端末から電子黒板に無線で転送・提示した。映像を全員で見ながら児童が実験の結果と考察を発表し、教師はそれに対して解説を加えた。ここまでは共通の実験であり、他のグループも同じ結果になったことを確認するものであった。

さらに、白い粉がアルミニウムなのかどうか調べるために、グループごとに、どんな実験ができるか考えた。例えば、「塩酸に溶かして泡が出るか」「水に入れて溶けるか」「電気が流れるか」などさまざまな方法を考え出し、グループごとに異なる実験を行った。児童は実験のようすをタブレット端末のカメラで記録しておく。それを電子黒板に転送・提示し、自分たちの実験の結果を全体に発表した。このようにすれば、さまざまな実験の結果・知見を共有することができる。1人ですべての実験をすることは時間的にも困難であり、他者と協働して学び合うことをタブレット端末と電子黒板が支援しているといえる（図3）。



図3 グループごとに実験を録画

自分たちの発見や考えを伝えることで、他者の役に立つことができる。そうした実感を持たせることで、児童の自己効力感や学習意欲の高まりを期待できる。このように、グループ内、グループ間で、多様な考えを共有して練りあげていくような協働的な学習場面を作るために ICT を活かすことができる。思考・判断・表現を行う ICT 活用を繰り返し行うことによって、児童の思考力・判断力・表現力が育まれると考えられる。

3 デジタル教科書を活用した学習

東京都葛飾区立本田小学校では、小学校5年・理科「メダカのたんじょう」の単元で「学習者用デジタル教科書」を活用した実践が行われた(実践者：秋元尚教諭)。

まず導入で、教師は「メダカは、たまごの中でどのように育ち生まれるのか？」と児童に問いかけて予想させた。そこで複数の意見を出させたうえで、実際どうなのか確かめるために「学習者用デジタル教科書」で児童に調べてさせて、確認させた。ここではボタンを押すと段階的にメダカの卵が成長していく写真と解説が表示される「学習者用デジタル教科書」のコンテンツが利用された(図4)。



図4 ボタンを押すと、メダカの卵の成長が順に表示される

次に教師は「メダカのオスとメスを体形の違いから見分けよう」という学習のめあてを確認した。そして、「学習者用デジタル教科書」を電子黒板に提示して、オスとメスを見分けるポイントについて説明した。背びれやしりびれの特徴について説明する際には、ペン機能を使って該当部分を囲って説明していった(図5)。



図5 「デジタル教科書」を使った教師の説明

そして、見分け方を理解できたか確認する演習を行うために、再度「学習者用デジタル教科書」が活用された。教師は、10匹のメダカが写っている画像のあるページを児童に開かせ、オスは青色、メスは赤色のペンで囲んでいくように指示を出した(図6)。



図6 知識・理解を確認する個別の演習

児童が個別の演習に取り組んでいる最中、教師は机間指導を行っていた。本田小学校が利用している授業支援システムには、電子黒板の一つの画面を分割して複数の児童の画面を表示できる機能が実装されている。この機能を使って、教師は児童の進捗状況をモニタリングすることができる。もし、理解できていない児童がいれば、個別に指導を行うことによって理解を確実なものにできる。「学習者用デジタル教科書」を使う学習者用端末が、電子黒板と連動しているからこそできる活用法である(図7)。



図7 一画面を分割して複数の解答をモニタリング

また、児童の思考をモニタリングすることは、発表者を選定することにも役立つ。本実践においても、全体で共有する

と有益な考えを書いている児童を指名して、その画面を電子黒板に転送提示し、発表させていた(図8)。



図8 児童の画面を電子黒板に転送して発表

最後に、まとめとしてメダカのオスとメスを体形の違いから見分けるポイントをワークシートに記入させた。

以上のように、「学習者用デジタル教科書」は、知識を得るデータベースとしての役割、演習を通じて思考する道具としての役割など、さまざまな役割を担っていた。そして、こうしたさまざまなICTの活用によって思考・判断・表現を促すような課題解決場面を教師がデザインしていることがわかった。こうした実践の積み重ねによって、児童の思考力・判断力・表現力が育まれると考えられる。

4 学習を成立させるために

中橋(2014)は、授業支援システムによって電子黒板とタブレット端末が無線で連携した学習環境において、ICTが拡張する教室内のコミュニケーションパターンを以下の7つに整理している。

教師が主体となるコミュニケーションパターン

- ① 学習者の思考を外化するワークシートを教師から配布するパターン
- ② 学習者の思考をモニタリングして教師が把握するパターン
- ③ 学習者の思考を教材化して全体で共有するパターン

学習者が主体となるコミュニケーションパターン

- ① 「送り手と受け手の関係」を1台のPCで媒介するパターン

② 「送り手と受け手の関係」を複数のPCで媒介するパターン

③ 「対話する関係」を1台のPCで媒介するパターン

④ 「対話する関係」を複数のPCで媒介するパターン

本稿で取り上げた実践事例におけるICTの活用も、こうしたコミュニケーションパターンの組み合わせで成り立っている。このようなICTが拓く機能的な可能性、コミュニケーションの経路を把握しておくことは、授業デザインを行う前提として重要である。

ただし、ICTの活用自体が目的化してしまい、教科として目指す学力、目標を見失うようなことがあってはならない。教科の目的を達成するうえで、思考力・判断力・表現力が発揮される課題解決場面をデザインし、その課題解決の手段としてICTを活用していくことが重要である。

ICTが整備された学習環境においてICTをうまく活用すれば、教師が教え込むのではなく、学習者どうしが学び合うことで主体的な学びが生じるような授業をデザインしやすくなる。自分では考えつかない他者の意見や考え方に触れることで、学習者は新しいものの見方や考え方を学ぶことができる。その過程において、思考・判断・表現は必然のものであり、他にも応用できるような思考力・判断力・表現力が育まれると考えられる。



付記 本稿は、以下の拙稿をまとめ直したものである。

中橋雄：「現場から考えるICT教育(第10回) 携帯情報端末の可能性(2) 思考共有型学習の可能性」, 内外教育(6064):12-13(2011年)

中橋雄：「デジタル教科書と学習者用端末」, 学習情報研究(2012年9月号)

引用・参考文献 (URLは、2014年3月確認)

文部科学省：教育の情報化ビジョン～21世紀にふさわしい学びと学校の創造を目指して～(2011年)

http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/23/04/1305484.htm

中川一史・佐藤幸江・寺嶋浩介(編)：『タブレット端末で実現する協働的な学び』フォーラムA(2014年)に収録の「タブレット端末が可能にするコミュニケーション」(中橋雄)

Ⅲ 小学校理科における、これからのICT活用



茨城県古河市教育委員会指導課 課長

平井 聡一郎 / ひらい そういちろう

1960年茨城県に生まれる。1984年茨城大学教育学部小学校課程技術科を卒業。茨城県の公立小・中学校教諭、総和町教育委員会指導主事、茨城県教育庁義務教育課指導主事、筑西市立下館南中学校教頭、古河市立古河第五小学校校長を経て、2014年4月より現職。指導主事としては県内の技術・家庭教育、ICT機器活用の推進に力を入れた。また、古河市立古河第五小学校校においても、論理的な思考力の育成を目指し、タブレット端末を中心としたICT機器の活用に学校をあげて取り組んだ。

1 はじめに

現在、小・中学校の教育現場ではタブレット端末をはじめとするICT（情報通信技術）機器の活用が急速に進んでいる。特にXP問題に起因するコンピュータ室の機器入れ替えにより、この動きはここ1、2年のうちに加速化することが予想される。しかし、機器の入れ替えや導入のみが先行して、何のためにICT機器を活用するのか、どのような効果があるのかの検証が充分なされていないというのが現状である。

そのような状況を踏まえ、今年の春まで校長として勤務していた古河第五小学校では、2012年度より、タブレット端末、電子黒板等のICT機器を段階的に導入し、これからの小学校におけるICT機器整備のモデル、およびICT機器を活用した授業のモデルの構築に向けた研究に取り組んできた。主たる目的は、ICT機器を活用することによる授業改革である。教師主導の授業から、学習者主体の授業への質的転換を図ることである。その結果として、学習者である児童の授業中における思考の時間が確保され、児童に求められる、論理的な思考力の育成が図られると考えた。

ここでは、これからの小学校理科におけるICT活用の在り方について、古河第五小学校が構築してきたICT機器の段階的な整備モデル・ICT機器を活用した授業モデルと、小学校中学年での理科の授業におけるICT機器の活用の事例とを通して述べていきたい。

2 「論理的な思考」とICT機器活用の関係

古河第五小学校は、目指すべき「論理的な思考」を、「現実、事実を解釈するため、あるいは説明するため」に「筋道を立てて考えたり、表現したりする」とし、言語活動を通して「論理的な思考」の習得を図っている。そして、そのために、次のようなスキルを学習場面に位置づけて指導することが必要であると考えている。これらは、理科教育においては特に重要である。

「論理的な思考」を支えるスキルの例

比較する 分類する 因果関係で見る 理由づけ 条件づけ 多面的に見る 共有する 推理する 構想する
 広げてみる 構造化する 要約する

そして古河第五小学校の理科教育においては、次の3点について、ICT機器が特に効果的に活用されている。

- ① 見えないものの「見える化」
- ② 知識の修正、改善
- ③ 筋道を立てるための整理、まとめ

ICT機器は、これら3点を「多量」に、「多様」に、そして「瞬間的」に行うことができる。つまり「多量にある情報の中から多面的に考える」ことにおいて、紙媒体や言葉より優位性がある。

3 ICT機器の段階的な活用のモデル

ICT 機器導入にあたっては、教員の機器活用スキルに大きな差があるため、段階的に機器を整備し、授業での活用を徐々に進めていくことが必要である。古河第五小学校では、誰にでもできる授業での活用から始め、3つの段階を経ることでスムーズな ICT 機器活用の推進を図ってきた。

【第1段階】 普通教室や特別教室へのディスプレイ（プロジェクタ）、書画カメラ、デジタル教科書の整備の段階である。デジタル教科書の導入により、板書や資料準備の時間短縮を図り、45分という授業時間内での児童の思考・表現の時間の確保とテンポのよい授業展開をねらっている。また書画カメラの導入により、授業の中で児童が自分でノートやワークシートを投影し、自分の考えを説明する活動を取り入れてきた。極めてアナログ的な活用ではあるが、この段階を踏まえたことで、授業者が ICT 機器活用の効果や、学習者主体の授業の効果を実感し、授業改善への意識転換の第一歩となっている。また、各教室へのディスプレイの整備は ICT 機器の日常的な使用につながり、活用の促進につながった。

【第2段階】 次は、1学級分40台のタブレット端末の導入となる。今後、4、5年でほとんどの学校がこの体制になると考えられる。古河第五小学校では、iPad2を10台、iPad miniを30台、2段階で導入し、同時に無線 LAN のアクセスポイントと、iPad とディスプレイを結ぶ Apple TV を整備している。40台の iPad をグループに1台や、2人に1台で使うことで、複数学級で同時使用している。授業では、おもに表現のツールとして活用されている。ロイロノート、Note Anytime という2つのアプリと本体のカメラの機能がよく用いられている。すべての教科等で、iPad で表現された思考・表現の結果を、Apple TV を通してディスプレイで投影するという学習活動が展開されるようになった。また、この段階で1台の端末を複数児童がシェアして使うことから、児童一人一人のデータの保管が課題となり、Google Apps によるクラウド上でのデータ保管体制を導入した。

【第3段階】 各学年でタブレット端末の活用が進んだ段階で、いよいよ一人1台のタブレット端末の導入である。2013年度に3～5年生が一人1台の端末を活用する実証実験に取り組んできた。one to one の体制が確立された段階で、学習や思考の結果を、画像情報、文字情報、音声の効果的に構成して表現

するといった、児童の iPad の活用スキルは飛躍的に向上した。特に、家への持ち帰りを可能にしたことで、iPad を使った反転授業的な家庭学習が進められている。理科においても、帰宅後の身近な草花の観察、自宅での栽培記録などを可能にしている。

4 古河第五小学校の理科教育での ICT 機器活用事例

A ICT 機器活用の基本的な考え方

授業での ICT 機器の活用は、何のために用いるのかを明確にすることが重要である。授業のねらいを達成するために必要だから使うということを授業者が意識しないと、機器の活用が目的になる授業に陥る危険性がある。そこで、古河第五小学校では指導案の中で使用する ICT 機器とその利用目的を明確にすることで、授業者が授業のねらいとそれを支える ICT 機器の役割との関係を意識化するようにしている。

B 書画カメラによる観察

動植物の観察やスケッチなどを行う際には、体の部位のどこに注目するかという視点をもたせて観察させることが、特徴を捉えるために重要である。そこで、書画カメラを採用することで、個々の観察の前に観察のポイントの確認と共有を容易にしている。また、解剖顕微鏡での個々の観察も重要だが、書画カメラを活用することは、メダカの卵や昆虫の体表、花粉などの特徴を学級全体で確認したり、共有したりするなど、知識の共有が容易になった。さらに、プレパレードの作成など、細かい作業のようすを演示する際、教師の手元を書画カメラで映すことで、操作法を容易に全体で共有することができる。これは児童の理解を助けるとともに、説明を効率化でき、実験時間の充分な確保につながった。iPad 導入後も、書画カメラはカメラ機能が優れていることや固定の容易さから、iPad との併用、使い分けとなっている。



図1 書画カメラの活用場面

C iPad のカメラ機能を用いた実験の過程・結果の記録

理科の実験では、事象や事物の変化が絶えず起こっている。この変化の過程を多面的な視点で捉えることにより、一つの実験から多くの気づきが導き出される。しかし、一度だけの実験では、考察に必要な気づきが見過ごされることも多い。そこで、古河第五小学校では理科の実験の過程を iPad で動画や静止画で撮影して記録している。そのため、再実験を行うことなく iPad 上で瞬時に「再実験」することが可能で、何度も結果を確認することができる。また、この画像を AppleTV でディスプレイに投影することで、実験結果や気づきを学級全体で共有できることも効果的であった。グループごとの記録からグループ間の共有までを、1 台の機器で効果的、効率的に行えることに、タブレット端末の有効性がある。

また、実験後には、ノートに記述した実験の考察を児童が iPad で撮影し、そのままディスプレイに投影して考えを発表している。このとき、電子黒板の機能を併せて用いることで、ディスプレイに複数の異なる考察結果を表示し、全体での比較検討が効果的、効率的に行えた。



図2 iPadを使った実験の記録

D Note Anytime 活用による実験結果・考察の比較検討

Note Anytime は、iPad 画面上にあるノートに、手書きでの書き込み、テキストの入力、画像の貼り付けおよびそれらの編集が容易にできるアプリである。直感的に使えることから、学年を問わず活用されている。実験結果や観察記録ではこの機能が特に有効である。画像に考察や図を併せてノートを構成することで、「比較」や「理由づけ」「多面的に見る」など、「筋道を立てて考える」ための整理やまとめの活動が効果的に進められた。実験の過程で画像を記録し、実験後に画像をノートに貼り付け、考察を書き入れ、発表するという学習過程を、45 分の授業の中で効果的、効率的に展開することが可能となっている。グループ実験でも、一人が撮影した画像をグループ内

で共有し、各自がレポートを作成することで、一人一人の学習が成立している。また、こうした学習を重ねる中で、適切な画像を撮影しようという意識が高まり、児童に観察・記録の視点が身についてきている。



図3 Note Anytime を使ったまとめ

E Share Anytime

Share Anytime は Note Anytime の基本機能に、児童全員が 1 枚のノートを同時に共有する機能を加えたものである。全員に共有されたノートがそれぞれの iPad にあり、複数の児童による書き込みが共有ノート上に反映される。1 枚の観察させた画像を全員に配布し、児童がそれぞれの気づきを同時に書き込んでいくのである。例えば、蝶の画像を貼り付けた共有ノートを教師が配布し、児童は各自の画面上で画像を拡大し、鱗粉のようすを観察した結果を書き込んだり、あしの形や口などの特徴の気づきを書き込んだりする。自分と同じ内容の書き込み、自分の気づかなかった内容の書き込みは、自分だけでなく、他者の思考が同時に見えるので、「比較する」「多面的に見る」といった思考につながる。1 枚のノート上で思考の共有が瞬時にできることは、授業において効果的であり、効率的でもあった。

5 おわりに

授業における ICT の活用を進めてきた結論は、ICT 機器はあくまでツールであり目的ではないということである。ICT 機器は教科のねらいを達成するため、児童の思考を助けるためのツールであり、求められるのは教師の授業力であると実感した。ICT 機器の進化とともに、教師の ICT 機器の操作スキルは不要となり、授業を構成するスキルの必要性が見えてくる。つまり、思考力・判断力・表現力を育てるために、授業のどの場面で、どんな機器が有効かを判断するスキルこそ、ICT 機器の活用スキルではないだろうか。



Ⅳ 中学校理科における, これからのICT活用



滋賀大学教育学部附属中学校 教諭

太田 聡 / おおた さとる

1972年滋賀県に生まれる。1997年より滋賀県内の公立中学校に勤務。2011年より現職。理科授業の中でのICT活用に関心を寄せ、思考ツールを用いた思考過程の可視化や、ネットワーク環境に依存せず、誰もが活用できるICT環境の構築に向けて、授業実践を展開している。

1 積極的なICT活用の背景

本校の今日の授業において、生徒が思考過程や観察・実験の結果を共有する手段の基本として、ノートに言葉、図、表などを用いて結果を書きとめ、生徒自らが、黒板または教材提示装置を用いて発表する姿は日常的な光景として見られるようになった。

しかしながら、このような生徒の姿に至るまでの背景には、教師間で気にかかっていたある課題があった。それは理科の授業に関して言えば、生徒どうしが観察・実験結果を振り返り、学習課題について考察する際、得られた結果（色や形など、現象そのもの）を、観察・実験前に注目した視点に立ち戻って、なぜそうなったのか、前後を比較し言葉で説明することがスムーズに進まない点であった。これは、観察・実験の作業の途中で、観察・実験の本来の目的・視点が薄れてしまっていたことや、結果と考察の持つ意味の違いが生徒に明確になっていなかったことなどが原因と考えることができた。また、考察の段階などで、生徒どうしが他者の発表を聞く場面においても、観察・実験で用いた具体物や、今言及されている観察・実験の視点を具体的かつ視覚的に示されていないと理解が難しいという点が要因であることに気づいた。

これらの困難を軽減・克服するために、本校ではより効果的なICT（情報通信技術）の活用について、研究を進めている。

2 本校におけるICT環境整備（物的環境）

本校では既に、各教室にコンピュータ、据付型プロジェクタ（黒板用、スクリーン用）、スクリーン、教材提示装置等の基本的な機器類が、また2つの理科室には、黒板用据付型プロジェクタの代わりに、50インチと60インチの電子黒板が設置され、恵まれた教室環境のもとに授業を行うことができる。このため、理科の教師に限らず、どの教科の教師も、日常的に機器を使いこなし、授業に積極的に活用している。

また、授業で教師が機器を活用する姿を日常的に目にした生徒も、発表の場面で画像の静止・拡大・縮小を行うなど、機器を自由自在に活用している。

このことから私は、ICT活用の重要な決め手の一つは、「いつでも、誰もが、手軽に使える状況にあること（物的環境）」であると考え。ICTは文房具のようなもので、鉛筆や消しゴムのように、常に使える状況でないと、学習活動がはかどらない。また、活用する方法や道具を知り、それらを持っていたとしても、実際に活用しなければせっかくの便利な道具（ツール）が宝の持ち腐れになる。教師側の視点でICT活用を例えるなら、教師はこれまで、まだ削っていない新しい鉛筆や、包装紙に包まれた消しゴムのようすを見て、必要以上に「ICTを用いて何ができるのだろう」と、頭を抱え込んで悩み

すぎていなかったらどうか。今こそ、教師自身がICTという新しい鉛筆を実際に手にとって削り、消しゴムの包装紙を破り捨て、活用してみることが必要である。それでも授業のねらいに沿ったICT活用のしかたが見当たらないのであれば、ICT機器を無理に使う必要はないし、使うべきでない場面もあるはずだ。さらに留意すべきは、ICT活用は、機器の活用のみを指す言葉ではないことである。生徒の情報を読み解く力、つまりICT機器の活用の中身こそ大切なのではないか。

3 ICT活用は手段であり目的ではない

「得た情報をどう取り扱うか?」。本校が、近年特に力を注いできた「総合的な学習の時間」での「情報の時間」のねらいである。情報やICTと聞けば誰もがコンピュータを用いた学習であると考えがちであるが、本校では、情報の見方や考え方について、「紙と鉛筆」を用い、(コンピュータをあえて用いない) アンプラグドな状況下で校内研究を深めてきた経緯がある。

特に、生徒自身の思考過程を言語化・視覚化させるために、ベン図やチャート図などに代表される「思考ツール」を各教科の授業に積極的に活用してきた。学習で得た情報を比較させたり、整理させたり、まとめさせたりしながら、そこから、何が導き出されてくるかを見いださせるような生徒主体の学習経験の積み重ねを重視してきた。つまり、「学び方を学ばせる」経験を重視し、継続してきたのである。その結果、本校生徒は、全国学力・学習状況調査において、記述問題に対する無回答率が全国平均値よりも圧倒的に低く、物事を論理的に捉える力が身についている。

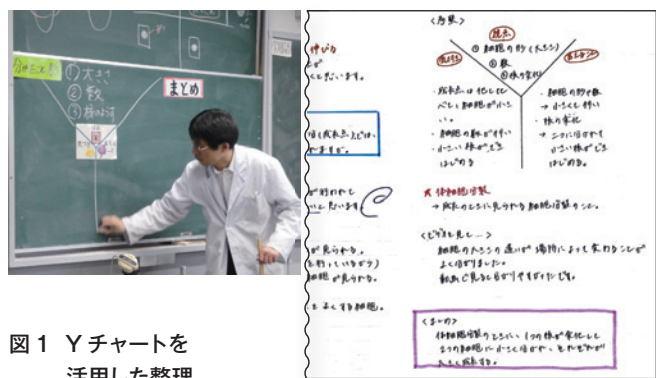


図1 Yチャートを
活用した整理

黒板・ノート・思考のリンク。右は生徒のノート。

広い意味で捉えれば、これまで全国の学校で教師の誰もが、黒板に示した図や表、掲示した写真、配布プリント、ノート指導などを通して、生徒に学習情報を与え、情報を読み解く力を指導してきたわけである。生徒自身も、自他の考えをまとめるためにノートや黒板に考えを書き、発表してきた。つまり、形式は多少違えども、アンプラグドな状況下においてICTを活用した授業が脈々と続けられてきたといえる。

したがって、今すべての教師が求められているICT活用力とは、これまでの指導法を否定するものではない。また、目新しい機器を用いて教えることを求められているのでもない。重要なポイントは、教師の立場から、ICT活用により大幅に広がる指導の可能性をしっかりと捉えたうえで、どのようにICTを活用すれば、生徒の思考を深めさせ、学び方を学ばせることができるかについて、教師が柔軟な発想力とアイデアを発揮すべき時代になったということではないだろうか。

現代社会はさまざまな情報にあふれ、飽和した状況である。これからは、いわゆる知識のコピー&ペーストを繰り返すだけでは、社会の抱える諸問題を根本的に解決できない。生徒自らが未解決な諸課題に向き合い、自分自身で判断し、解決する道筋を見いだす経験を積み重ねておくこそが、今日の学校教育の重要な責務であるとする。

4 本校理科授業での具体的な取り組み

本校の理科授業において取り入れているICT活用の具体的な場面としては、おもに次のようなものがある。

【導入】

- ・教師が、生徒の学習意欲を高めさせ、学習課題を提示し、確実に把握させる。
- ・生徒が、予想した意見を交流する。

【展開】

- ・教師が、装置を組み立て、準備の手本を見せる。
- ・生徒が、観察・実験を行う際の注意すべき視点をあげ、示すことで、課題を意識化・共有化する。

【考察・まとめ】

- ・教師または生徒自身が撮影した画像や動画を用いて、観察・実験の振り返りの場面で、生徒の理解を促す。

・生徒が、考察に基づいたまとめを発表する。

【活用】

・教師が、生徒に対し、同様または異なる発展的な実例を示し、本時の学びを深めさせ、補充・定着させる。

これらの場面で、生徒の思考活動を補うために、本校理科室では、前述した基本的な機器のほかに、無線化タブレットPC液晶ペンタブレット、無線化デジタルカメラ、ホワイトボード等を用いて、学習情報を効果的に即時共有できる環境整備を試験的に進めてきた。教師・生徒を問わず、誰もが即座に、結果を比べたりまとめたりでき、学習課題に迫り得る学習活動のしくみを構築したいと考えたからである。

また、本校では、中学校3年間を通して、理科授業の流れを、[課題把握]→[予想]→[意見交流]→[視点把握]→[観察・実験]→[考察]→[まとめ]→[活用]として定型化するとともに、黒板に書き記す項目とノートとを連携させている。具体的には、理科ノートの見開き1つを4分割して、自分の考えを書く欄、結果を記録する欄、結果から言える欄、さらに自分で調べた欄を区別させ、継続的に活用させてきた。

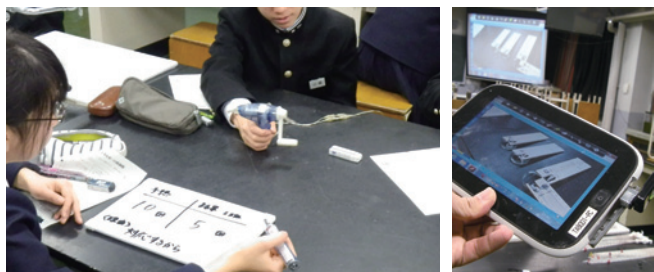


図2 ホワイトボードやタブレットPCを活用して実験結果を共有

ここで、今後もICT活用の重要な柱となるのが、従来から用いられている「黒板」と「ノート」の役割分担だと考えている。ICTの活用を通して、教師に指導方法の選択肢が増える反面、なぜ「黒板」に書くのか、生徒の「ノート」にまとめさせるのか、といった根本的な意味も問われてくる。「黒板」や「ノート」の長所は、1時間の学習履歴が、それさえあれば、確実に記録でき、消えずに見渡せる点である。この点で、「黒板」や「ノート」に勝るものはない。

その一方で、デジタル教科書に添付されたデジタルコンテンツやバーチャル教材の活用を通して、これまで直接生徒に見せたり体験させたりすることのできなかった内容を提示し、生徒自身の思考を深められる利点がある。また、タブレット端末等を活用することで「黒板」や「ノート」だけでは容易

に実現できなかった、「生徒の思考途中の状況把握」などができる利点がある。これらについて、教師として知っておく必要がある。

ICTの活用は、生徒の表現の幅を広げたり、科学的に思考する学習活動を補ったりするものであるから、それ自体が目的ではないし、生徒に高価で便利な道具を与えたからといって、それだけで科学的な思考が深まるわけでもない。教師自身が、これまでの指導スタイルを大きく覆す存在としてICTに脅威を感じるのではなく、ICTを従来の「黒板」や「ノート」の良さと共存させながら、これまでの指導方法を基礎として、ICTの持つ可能性を発揮させていくことが重要である。

5 これからのICT活用に向けて

生徒1人に1台のタブレット端末が教室にやってくる日は近い。授業のどんな場面で、こういった便利な機器を活用できそうかについて、常にイメージして日々教材研究を進めておく必要がある。留意すべきは、教材への問いかけである。「便利な機器が目にあるから、単に使わせる」活用法は果たして適切だろうか。「わかりやすそうな映像が入っているから、直接には体験させずに見せる」活用法もどうだろうか。中学校の理科教育においては、自然事象に直接向き合わせ、そこから法則や規則性を見いだす学習活動が行われなければ、理科学習とはいえない。

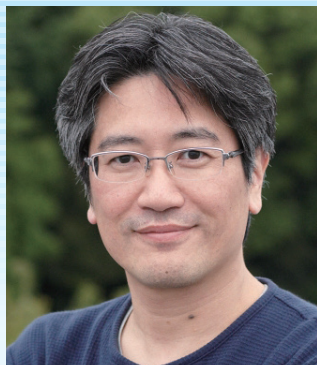
例えば、生徒を校外学習で動物園に連れていったとする。ある動物の動きや体の特徴を、実際に生徒が自分で観察せずして、タブレット端末の画面を見つめ、ネットでその動物の特徴を調べている生徒がいたとしたら、その活用は本当に効果的といえるだろうか。

昔も、今も、これからも、ICT活用の背後で、教師による確固たる指導上のねらいが明確に示されていることが必要である。今後、どんなに便利なICT機器が導入されようとも、理科の授業において、生徒自身の「なぜ？」という学習課題に対する疑問や意欲を大切に、生徒自身の直接体験を通して、科学的な思考を促進させるプロセスを授業に盛り込み続けることの意義と重要性を忘れてはならない。ICT活用の視点から、理科教育における「不易と流行」について、今一度、問い直してみる必要がある。



第7回

新しい数学者の卵たち



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。

走れよ、メロス

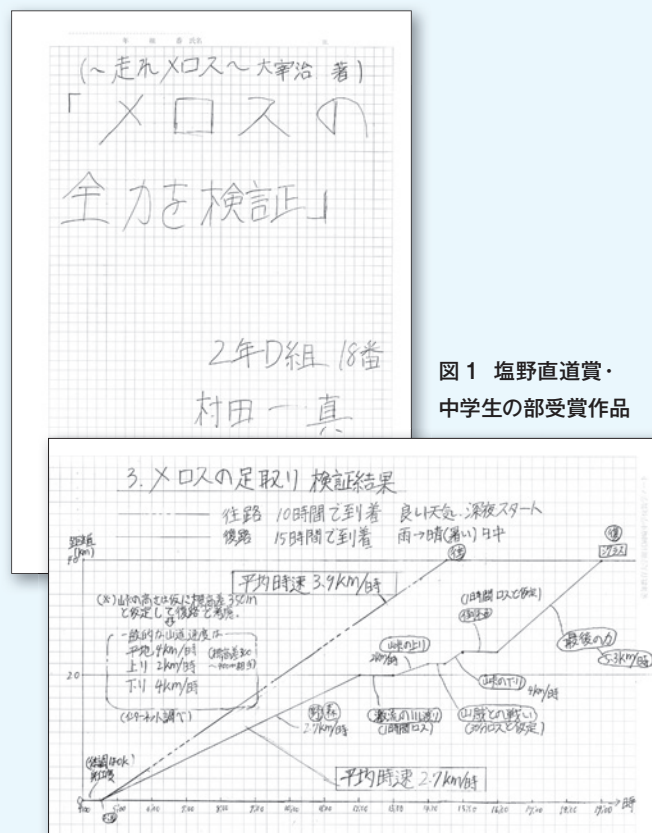
前回は、権威ある賞を受賞した日本人数学者を紹介しました。そして、そういう有名な数学者だけでなく、日本にはたくさんの数学者がいることを強調しました。とはいえ、数学を楽しむことは、数学者だけの特権ではありません。もちろん、専門家と同じレベルの研究をしようと思ったら、それは無理というものです。でも、反対にあなたが専門家でないのなら、専門家と同じことをしなくたっていい。もっと自由に数学と関わっていいのですよ。

そういう私の思いを見事に実現してくれたのが、Rimse 主

催の塩野直道記念「算数・数学の自由研究」作品コンクールです。小学生から高校生までの皆さんが自由な発想で行った研究の成果をレポートにまとめてもらい、その中から優秀なものを選んで表彰しようというイベントです。そして、私は中央審査委員会の委員長を務めました。

例えば、中学生の部で最優秀賞を受賞した中学校2年生の村田一真君は、太宰治の小説『走れメロス』の主人公であるメロスは本当に全力を尽くして走ったのかどうかを検証するという問題にチャレンジしました。その結果、メロスが走った速さは歩くよりも遅かったことが明らかになりました。この村田君の話題がネットを賑わしたのは記憶に新しいことですね。テレビ番組や雑誌でも取り上げられ、村田君は一躍、時の人に…。

村田君は、『走れメロス』に書かれている文章を細かく分析し、妥当な仮定を置いて数学的に考察し、メロスは往路を平均3.9km/h、復路を平均2.7km/hの速さで走っていたと結論しています。これではメロスは全力で走ったとは言えません。なので、村田君は感想として「『走れよ、メロス』のほう合っていると思いました」と述べています。なかなかうまいことを言うものですね。



村田君の作品が高く評価されたのは、もちろん、メロスの走行スピードを計算するうえで必要な条件を合理的に設定したり、メロスの全行程が一目で見てわかるようにグラフを描いたり、随所に数学的な工夫がなされていたからです。また、それ以上に、「算数・数学の…」という縛りがあるにもかかわらず、国語の題材を使って数学の研究をしてくれたことに、審査委員の誰もが感心しました。何にも縛られずに、自由な発想で研究する。それは、まさに私たちが「自由研究」に求めていることだったからです。

自由に数学する

村田君に限らず、地方審査を通り、中央の審査委員会にまで届いた作品は、受賞に至らなくても、いずれも「自由研究」の名にふさわしいものばかりでした。

例えば、曲線に沿って1mmずつコンパスの針をずらしながら円を描いていくという作品がありました。要するに、半径が一定の円が動いたときにできる軌跡を描いてくれたわけです。当初、その図を見ただけでは、この子はいったい何がしたかったのだろうと疑問に感じざるを得ませんでした。しかし、そこに描かれた無数の円の束と向き合っているうちに、その子の執念のようなものがじわじわと感じられてきたのです。そして、何をしたかではなく、それを成し遂げたいという強烈な思い自体がこの作品なのだと気づきました。

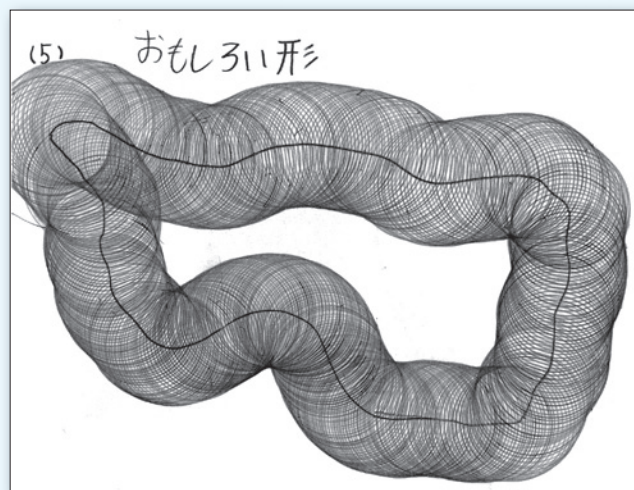


図2 執念の輪 小学校3年生山田紘未さんの作品

それに気づいたとき、私はそこにその子の「自由」を見出すことができました。以前にも述べたことですが、「自由」とは、「束縛がなく勝手気まま」という意味ではありません。それは「自分を根拠に物事をなす」ことです。円を連ねていったらどんな形になるのか、その姿を自分の力で完全に描きだしたい。そういう思いを貫いて、最後まで事を成し遂げる。それが本当の自由なのです！

また、お風呂に潜って、あふれた水の量から自分の身体の体積を求めるという研究もありました。確かに、そうすれば身体の体積が求められると、誰もが思う。でも、それを実際に実行しようとは思わないでしょう。それを実行しようと決断し、実行に移したのは偉いと思います。しかし、一人ではできないから、お姉ちゃんに協力してもらったそうです。もちろん、うまくできないときは喧嘩になってしまうかもしれない。そういう危険を上手に回避しながら、何回もお風呂に潜る。お姉ちゃんにも潜ってもらう。その光景を思い浮かべると、やはりそこにはその子の「自由」が存在します。

通常は、算数・数学は、問題があって、それを解けばよい。しかし、これでは少しも自由ではありません。誰かが用意してくれた問題を解くだけ。その正解だって、誰が解いても同じ。その先を学んでいくことを思えば、そういう数学の問題を解く勉強も必要なことです。しかし、そこでとどまっていたのでは、少しも自由ではない。自分が介在する余地がない。

そこで、「算数・数学の自由研究」では、問題はこれです、正解はこれです、としか書かれていない作品は評価しないことにしていました。試験ではないのだから、答えだけ書けばよいわけではありません。自由の証として、次のようなこともしっかりとレポートの中に書いてほしい。

- どうしてその問題を見つけたのか
- なぜその問題を解こうと思ったのか
- どういう失敗をしたのか
- どうやってその失敗を克服したのか
- 答えがわかって、どう思ったのか
- さらに何をしたいか

最初は失敗したっていいのです。それも含めて自分がやったこと。そのすべてを自分の言葉できちんと述べられれば、「なるほど、そういうことですか」と誰もが納得してくれるでしょう。大人からすれば、小学校低学年の研究で解き明か

された事実自体は幼稚なものでしょう。しかし、こういうことがきちんと述べられるとしたら、その子はもはや立派な研究者です。

実は、数学の専門家も同じようなことをしています。古いタイプの数学者の中には、プレゼンが悪くても、証明が正しければそれでよいと考える人もいます。しかし、上のようなことをきちんと述べられないようでは、専門家としても評価されない時代になりました。実際、研究を始めたばかりの大学院生たちは事実を説明するだけの発表をしがちです。一方、その分野で著名な先生たちの発表は、話の流れが明確で、何をしたいのか、なぜそういう研究をしているのかがよくわかります。なにより、その先生が研究に込めた情熱に感動させられます。

どうやって評価するか

「算数・数学の自由研究」には、驚くべくたくさんの作品が寄せられました。その数はなんと9132件です。そのうち、中学生が約7000件、小学校低学年も400件を超える参加がありました。第1回ということもあり、当初はどれほどの参加者がいるだろうかと心配でした。しかし、各地方の世話役の皆さんのお力添えもあり、こんなに多くの作品が集まり、うれしい限りです。受賞作品はRimseのホームページで見ることができるので、ぜひご覧になってください。

では、そういう作品をどうやって評価し、優秀なものを選んだのか。もちろん、1つ1つ丁寧に作品を読み込んで、と言いたいところですが、これだけの数の作品に目を通すには莫大な時間が必要です。そこで、まず地域ごとに受賞作品の候補をノミネートしてもらいました。その際には、上で書いた観点に加え、自分が解決した問題やその解法がわかりやすく説明されているか、他人に興味を持ってもらえるようなタイトルが付けられているかなど、表現上の工夫も評価してもらいました。

そうしてノミネートされた202作品が中央審査委員会に寄せられ、それを厳正に審査して…と、これまた言いたいところですが、私にはここまで生き残ってきた作品をさらに厳しく審査してどうなるんだという思いがありました。審査委員の中には審査を始める前に審査基準をどうするかを議論す

るべきだと主張する方もいましたが、私はその考え方には否定的です。

基準を決めて、それを満たしているかどうかをチェックする。それって、全然、自由じゃない。

大学生にレポートの課題を出すと、「何をすればよいのですか?」と聞いてくる者がいます。言われたことをやってくれば合格にしてもらえと思い込んでいるわけです。でも、それでは駄目でしょ。自分がよいと思ったことをやってきて、それを提出して、それを先生に評価してもらおう。そういう勝負をしなくちゃね。

コンクールの審査もそういう勝負でよいと思います。莫大な数の作品を仕分けるのなら、基準を決めて、ある程度は機械的に裁いていかざるを得ないでしょう。本当に優秀な作品はどんな基準を設定しても、きっとその基準をパスしてくれるでしょう。それをさらに基準を設けて、それに照らし合わせて順番を付けて、どうなるのでしょうか。

私はもはや気持ちで選べばよいと思います。上で述べた観点はあるにしても、誰がやっても同じ評価になるような基準を設けたのではまるで意味がない。私たちの心を打つもの。それを選べばよいのです。つまり、審査委員だって、自由でなければいけない。そうでなければ、「自由研究」の名が廃ります。

いかにも数学という作品も歓迎ですが、これまでの数学のスタイルにこだわらず、自由に数学と向き合って研究してもらえばよい。子供たちにそういう自由を期待している以上、それを審査する審査委員自身も自由でありたいと思います。従来の数学のスタイルにこだわらず、すべてを自由な発想で行えばよい。数学を堅苦しいものと思っている大人も多いけれど、数学はそういう自由を許容します。わがままどうしがぶつかっても喧嘩になるだけだけれど、本当の自由と自由のぶつかり合いからは、とても素敵なものが生まれます。

いずれにせよ、「算数・数学の自由研究」を通して、日本全国に9132人もの数学者の卵がいることがわかり、とてもうれしく、心強く思います。今までの数学者とはまるで違うことをする人たちになるかもしれませんが…。



第7回

色, いろいろ



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。

色

自然豊かな土地に暮らしていると、初夏にはまぶしいほどの新緑に囲まれて清々しい気持ちになります。青く透きとおった空、空の色を写して青く広がる海、新緑に点在する淡い山桜、緑の中に点在する赤や黄色の花など、鮮やかな色彩は私たちに感動を与えて、豊かな気持ちにさせてくれるものです。動植物、中でも鳥や昆虫は鮮やかな色彩をまとうものが多く、その色彩にはそれぞれ理由があるようで、自然の面白さの一つです。人間が鮮やかな色に感動、感激することも、自然環境の中で生きていくうえで何らかの理由があるのでしょうか。

色は人間が目で感じる光の波長（振動数）の違いです。物理で学んだように、人間の目は波長が約380nm～約770nm

の間（可視域）の、可視光と呼ばれる光を感じることができます。波長380nmは短い波長の限界で、それ以下は目に見えない紫外線、400nmあたりが紫です。波長650nm以上はほぼ赤色で、770nmを超えると目に見えない赤外線です。プリズムや回折格子で光を色の成分に分光すると、波長の長いほうから赤・橙・黄・緑・青・藍・紫と七色に分けることができます。実際の波長と色は連続的に変化していくので、分けようとするれば無限に細かく分けることができますが、色の違いを認識したうえでそれぞれの色に名前を付けて表現できるのが、日本では虹の七色となっています（図1）。実際に虹を見ると、青と紫の間の藍色あたりの違いはかなり微妙ですが、日本人は繊細にその違いを見分けて、命名しています。

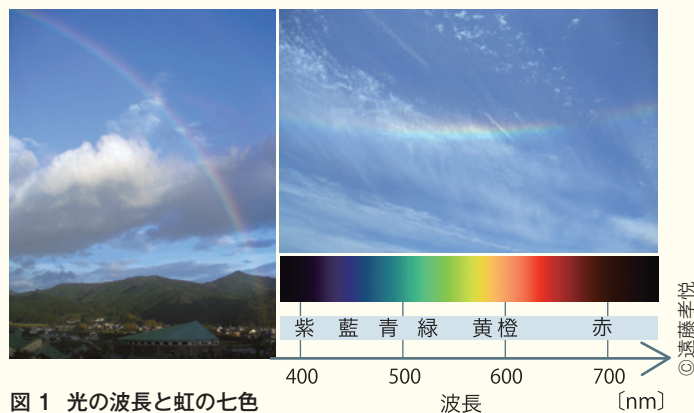


図1 光の波長と虹の七色

比視感度

人間は赤から紫までさまざまな色の光を同じ感度で感じるわけではありません。色によって明るさ感が異なります。光はエネルギーの塊である光子^{こうし}という素粒子が飛んでくると理解され、エネルギーの移動と捉えれば、物理量としては仕事率（パワー、ワット数） W 、あるいは単位面積当たりの仕事率 W/m^2 で表すことができます。同じワット数の光でも色（波長）によって人間が感じる明るさが異なることから、色による目の感度の違いを考慮して、実感としての明るさに直したものを光束と呼び、単位に lm（ルーメン）を用います。

同じワット数の光に対して人間の目が最も明るく感じるのは波長555nmの緑色です。最大感度を1としたとき、それぞれの波長（色）に対する人間の目の感度（明るさ感）を比視感度と呼びます。比視感度には個人差がありますが、CIE（国際照明委員会）などにより世界標準の平均的な値が定められ

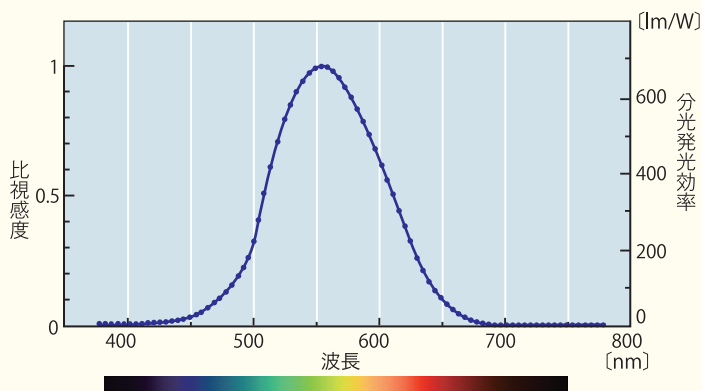


図2 比視感度（国際照明委員会）

©遠藤孝悦

ています（図2）。波長が555nmから短くなっても長くなっても急激に感度が低下し、可視域の両端でほぼ0になります。

緑色のレーザーポインターは波長532nmの光が用いられていて、555nmの最大感度に対して約0.85の比視感度がありますが、赤色レーザーは波長の短いものでも635nmで、比視感度が約0.21まで低下します。同じワット数の光でも、緑色レーザーは赤色レーザーに比べて約4倍明るく感じます。青色LEDの多くは波長470nm前後で、比視感度が約0.1まで低下します。緑色LEDは波長525nm前後のものが多く、比視感度が約0.77もあるので、同じワット数なら青色LEDの約8倍の明るさに感じます。逆に青色LEDで同じ明るさを得るには緑色LEDの8倍のパワーが必要です。

人間の比視感度を考慮した光の量、光束〔lm〕は、光のパワー（ワット数）にそれぞれの波長での分光発光効率（図2の右側の軸）をかけ算して求めます。比視感度が最大となる波長555nmでの分光発光効率は683lm/Wで、ほかの波長では比視感度に比例して小さくなります。

植物の緑

特定の波長（色）成分だけの光を単色光と呼ぶのに対して、太陽光のようにさまざまな波長（色）成分を含む光を白色光と呼びます。図3は太陽の直射日光と、それが緑の木の葉を透過した光の分光スペクトルを測定した例です。太陽から放射される光は滑らかな分布のスペクトルを持つ白色光ですが、地球の大気を透過する際に水蒸気、酸素、二酸化炭素などによる光の吸収が生じます。波長760nmの顕著な吸収ピークは大気中の酸素によるものです。

木の葉は波長500nm以下の青～紫色、紫外線をほとんど吸収します。波長600nm以上の赤色もかなり吸収しますが、赤外線に近い700nm以上は透過します。比視感度の大きい領域ではほとんど緑色だけが透過し、面白いことに比視感度が最大となる555nmを最もよく透過します。人間の比視感度が555nmで最大になることと植物の葉の透過光が555nmで最大となるスペクトルであることは、何か関係があるのかもしれません。

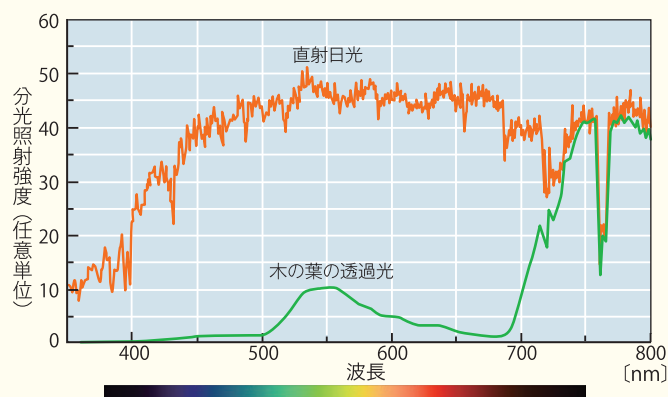


図3 太陽の直射日光と植物の緑の葉の透過光

©遠藤孝悦

白色

太陽光は可視光だけでなく、紫外線から赤外線までさまざまな波長（色）の光をまんべんなく含む、優れた白色光です。植物の葉は、太陽光のうち緑色以外の成分を吸収することで緑に見えます。鮮やかな赤い花は、太陽光のうち赤色以外の光を吸収することで鮮やかな赤に見えます。さまざまな波長（色）の光を含んだ太陽光に照らされるからこそ、鮮やかな色彩が返ってくるのです。人工的な照明も白色、すなわちさまざまな波長をまんべんなく含むことが基本です。

白色光がさまざまな波長をまんべんなく含んでいるかどうかという性質を演色性と呼び、平均演色評価数 Ra 値などで比較します。具体的な算出は複雑なので省略しますが、太陽光による自然な色の見え方を100（最大）としたときに、色の見え方の自然さを示す数値で、値が小さいほど不自然になります。美術館などでは90以上、住宅や店舗でも80以上が望ましいとされています。

白色LEDには演色性の悪い廉価なものと高演色性のものがあります。図4は各色LEDと廉価な白色LEDの発光スペ

クトルです。白色 LED は藍色に近い濃い青色の LED に黄色を中心とした蛍光体をかぶせた構造になっていて、補色関係にある青色と黄色を混合することで白色に見せています。スペクトルは LED から発する濃い青色のピークと蛍光体の発する緑～橙に分かれます。懐中電灯などに使われている廉価な白色 LED は赤色成分が弱く、肌の色や花などの赤色が黒ずんでしまいます。住宅の照明では暖かい肌色が重要なので、赤色成分を含むように蛍光材料を改善していますが、赤色発光にはユーロピウム (Eu) という希少金属を必要とするためどうしても高価になってしまいます。

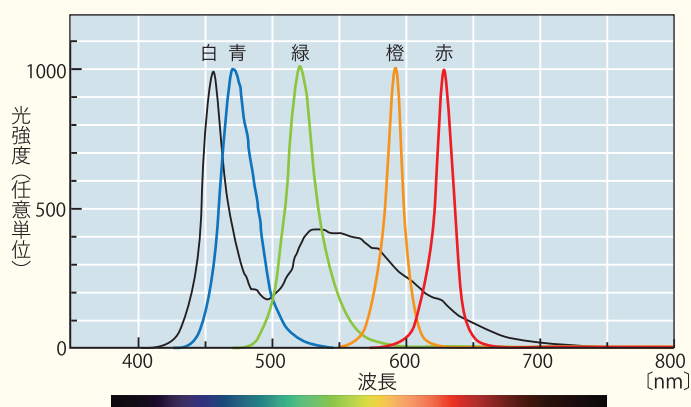


図4 各色 LED と白色 LED の発光スペクトル

©遠藤孝悦

青色照明

この数年、各地で青色防犯灯の設置が流行しています。照明を青色にすると犯罪が減るのでしょうか？ 白色の防犯灯と比べると、むしろ少し暗い感じがして心配になります。効率よく青色に発光する LED を用いたものもありますが、多く見かけるのは従来の白色蛍光灯を同じサイズの青色蛍光灯に取り換えただけのものです (図5)。白色蛍光灯はさまざまな色の蛍光体を調合して塗ってありますが、青色の蛍光体だけを塗ると青色蛍光灯になります。



図5 白色蛍光灯 (左) と青色蛍光灯 (右) の防犯灯

蛍光灯を青色に変えるだけで犯罪が減る？ そんなに簡単にいくのでしょうか。理科を活かして考えましょう。人間の比視感度が小さい青色だけにしてしまうと、比視感度が高い緑色を含む白色と比べて、かなり暗くなってしまいます。さらに照明が青色の単色光に近くなるため、演色性が低下し、赤や緑のものは暗くなり、色の識別が難しくなります。顔や服装の色がわかりにくく、また防犯カメラも人間の目と似ていて、青色の感度が低いために画質が低下してしまいます。

専門家によると、青色防犯灯は英国スコットランドのグラスゴー市の行った青色街灯の試みが普及のきっかけになったとのことです。グラスゴー市は、炭鉱が廃坑となり町が寂れた対策として、オレンジ色のナトリウムランプを青色の街灯に変え、「光のフェスティバル」と称して建物のライトアップをするなどの町おこしを行い、これが市民の意識高揚や連帯感の高まりにつながったといわれています。また、麻薬常習者が集まりやすい橋の下などの照明を青色に変えると、静脈が見えにくく注射が困難になって常習者が減少することがありました。日本のテレビのあるクイズ番組で、この2つのことを誤解して「青色街灯にすると犯罪が減る」とセンセーショナルな紹介をしてしまいました。日本での青色防犯灯の流行はテレビ番組の誤報から始まりました。

日本でも、街をあげて防犯活動に取り組む地域がテレビの情報を信じて明るい青色防犯灯を取り付けたところ、犯罪がゼロになったという事例があります。しかし、これはさまざまな防犯活動等の総合的な結果であって、「青色防犯灯が犯罪を抑止した」という因果関係は確認できません。

青色のみならず有彩色の光や波長成分の異なる光が、動植物に与える生理的な作用や人間に与える心理的な作用は複雑で、まだまだ未解明のことが多い分野です。今後の研究によって理解が進み、有彩色をうまく利用する照明技術に発展することも期待されます。無責任なメディアに騙されたり煽られたりしないようメディアリテラシーを充実するとともに、理科を活かして物事を論理立てて理解し、冷静に判断して行動できる子供たちを育てたいと思います。

参考文献

須谷修治:「青色防犯灯の導入背景と全国実態調査報告」, 一般社団法人照明学会, 学会ホームページで公開。

<http://www.ieij.or.jp/shibu/kansai/info2008/080714symposium01.pdf>

第7回

「ドーナツの穴」から覗く
学問の世界

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)。



大阪大学発・知の発信

『ドーナツを穴だけ残して食べる方法』

そんな突拍子もないタイトルの書物が、先だって出版された。「え、どういうこと?」と思わずタイトルを読み返した読者も少なくないだろう。ドーナツを穴だけ残して食べるなんて、矛盾しているし、馬鹿げている。それが通常感覚だろう。

いったいどんな本なのだろうか。そう思ってページをめくると、目に入ってくるのは、大阪大学のさまざまな分野の研究者たちが「ドーナツを穴だけ残して食べる方法」にチャレ

ンジしている姿である。数学者は四次元空間の概念を持ち込み、工学者はドーナツを穴だけ残してどこまで切れるか、削れるかという観点から「ドーナツの穴」問題に迫る。

一見、馬鹿げた問題を扱っているように見えても、著者たちはいたって真剣である。

同書のサブタイトルは、「越境する学問—穴からのぞく大学講義」。「ドーナツの穴」問題を通して、学問の面白さ、醍醐味を伝えようというのが、この書物なのである。

同書は、大阪大学の学生を中心とする「大阪大学ショセキカプロジェクト」によって企画された。ショセキカプロジェクトは、学生、教員、大学出版会が一体となって、大阪大学の知を魅力的に社会に発信するべく活動を進めてきた。その成果として出版されたのが『ドーナツを穴だけ残して食べる方法』なのである。筆者は、教員としてこのプロジェクトに立ち上げから関わってきた。

今回は、学問と社会をつなげようという新しい取り組みの一例として、ショセキカプロジェクトの試みについて紹介したい。



図1 表紙は紙ナプキンでドーナツを手にとってイメージ

ショセキカプロジェクト

2011年冬のある日、同僚から「阪大の魅力的な授業をシリーズで一般読者向けに出版できないかと思っているんですが、どうやって授業を選び出すのがいいですかね?」と声をかけられた。

単に受講生が多いだけでは、単位が取りやすかったり教員のキャラクターで受講生が集まっているだけかもしれない。より内容に突っ込んだ授業の選び方があるのではないかな。そう考えて、学生たちがつくっている授業選択のための冊子を紹介した。

さらに、「学生たちに集まってもらって、世の中の人たちに

読んでもらうに値する優れた授業としてどんなものがあるのか、話し合っ選んでもらうのもいいんじゃないですか。」と提案した。実際に授業を受けている学生だからこそ、読み手となる一般読者の視点で考えられるのではないか。そんな気軽な思いからの発言だった。

「とりえず学生を集めてみましょう。」

書籍をつくることに興味のある学生を募ってみることにになった。その結果、本づくりに興味のある20名近くの参加者が集まった。かくして2012年春、大阪大学の知を魅力的に発信することを目的に、大阪大学出版会の協力のもと、ショセキカプロジェクトが立ち上がったのだった。

とはいえ、プロジェクトが初めからスムーズに進んだかというと、そういうわけではない。単位にもならないのにこのような活動に興味を持つ学生は、ほかにもいろいろな活動に参加しており、一言でいえば「忙しい」。ミーティングの日程調整にも難航する始末であった。そのうちに活動が停滞し、参加者も減っていった。窮余の策として10月に授業「本をつくる」を開講し、プロジェクトの立て直しをはかることにした。夕方6時からの授業であり、正直、どれだけの学生が集まるのか不安はあった。

しかし、心配は杞憂だった。蓋をあけてみると授業には30名近くの学生が参加し、プロジェクトはようやく本格的に動きだすことになった。

授業では、「大阪大学の知を魅力的に発信する」ことをコンセプトに、大阪大学の教員が執筆する書籍をグループごとに企画してもらうこととした。また、プロの編集者や書店員によるレクチャーも行い、本づくりとはどういうものを学ぶことにした。店頭に並んでいる書籍についての調査も行い、作り出したい本のアイデアをめぐって徹底的に議論していくことを通して、自分たちのアイデアを少しずつ形にしていく作業が始まった。

実際にショセキカする企画は、授業内で行うコンペにより選抜することにした。本づくりについて何も知らない状態から、わずか一月半で企画をまとめ、教員への交渉も行なうことになった。かなりのハードスケジュールである。授業後も書籍企画をめぐるディスカッションは続き、学生が出払って教室の鍵をようやく締められるときには、いつも時計は夜9時を回っていた。

11月に実施されたコンペでは全部で4つの提案が発表され、担当教員、大学出版会のスタッフ、書店員による審査により2つの企画が選ばれた。

その一つが「ドーナツを穴だけ残して食べる方法」という今回の企画だった。

「ドーナツを穴だけ残して食べる方法」

「ドーナツを穴だけ残して食べる方法」とは、もともとインターネット上の掲示板などでときおり話題になってきたテーマである。ネット上では、「数学派—非ユークリッド幾何学的には可能」、「統計派—100万回食べれば1回くらい穴だけ残っているかもしれない」、「報道派—まずはドーナツに穴が空いているか世論調査すべき」といったウィットに富む回答が出回っていた。^{*}

これに目をつけたのが、ショセキカプロジェクトに参加していた学生だった。

「ドーナツを穴だけ残して食べる方法」について、大阪大学の教員により深く考えてもらったら、もっと面白いものが生まれるのではないか。いろんな分野の教員に執筆してもらうことで、それぞれの学問分野のアプローチの違いが浮き彫りになるのではないか。そんな発想から生まれたのが今回の企画だった。

授業内コンペを通過したのち、学生たちは、大阪大学の教員から構成される大阪大学出版会出版委員会で企画のプレゼンを行った。最終的に出版が決定される場である。一度は、企画が十分な水準を満たしていないと出直しを要求されるこ



図2 出版委員会でのプレゼン

とになったのだが、翌年3月には晴れて出版が決定した。

その過程で学生たちは、「ドーナツを穴だけ残して食べる方法」について、さまざまな学部・センターの教員たちに原稿執筆を依頼していった。総合大学である大阪大学の特徴が出るように、文理のバランスも考えながら、できるだけさまざまな分野の教員に執筆してもらうようにした。半分以上の教員に断られながらも、最終的には執筆者のラインナップもかたまり、なんとか企画案を完成させたのだった。

執筆依頼にあたっては、「ドーナツの穴」問題に答えながら、同時にそれぞれの学問分野の紹介になるようにとお願いした。これから進学を考えている高校生たちにも手に取ってもらい、大学の学問がどういうものか覗いてみてほしい。そんな願いが込められていた。

思考のプロセスを伝える

本書を読み進めていくと、原稿を寄せる阪大教員たちの語り口が特徴的なことに気づく。

「ドーナツを穴だけ残して食べる方法」という無茶なお題を前に、執筆者ははたと立ち止まり、どうアプローチすればいいかを真剣に考え始める。

文学部のある教員は、「そもそも、ドーナツを食べるとドーナツの穴が無くなる、という前提自体を疑ってかかる必要があるのではないか」と考え始める。

数学の教員は、「そもそも問題の「穴」とはなんぞや?」、「そもそも「穴を残す」とはなんぞや?」、「残す」というのはどのような動作なのだろうか?」と問い、四次元空間について長々と解説を行ったうえで、「「ドーナツの穴」とは…ドーナツと指を離れないようにする仕草」であると定義してしまう。一見かなり強引な展開のようにも見えるが、その筆の運びはさすが数学者としかいようがなく、数学とはこういう学問なのかと実感させられる。

見知らぬ問題に出会ったとき、どうすればその問題を解決することができるのか。ふだんはなかなか見えてこない各人各様の思考プロセスが、「ドーナツを穴だけ残して食べる方法」という共通の難問を前にして、読者につまびらかにされるのである。

これまでの研究を通して既に明らかになった知識をわかり

やすく伝えるのではなく、むしろ現在進行形の学問の姿を、少なくともその一端を伝える。『ドーナツを穴だけ残して食べる方法』は、学問と社会をつなぐ新たな可能性を感じさせるものになっているのではない。

学生たちの奮闘を傍らで見守りながら、筆者はそんなことを考えている。学生ならではの発想による今回の取り組みは、想像していた以上に刺激的であった。



「阪大生を作った100冊」

ショセキカプロジェクトでは本づくりの傍らで、紀伊國屋書店の書評ブログサイト「書評空間」内に「ショセキカプロジェクト」特設ページも企画・開設した。

大阪大学の学生がこれまでに出会った、どうしても忘れられない一冊。そんな一冊を、その本との出会いや思い出とともに紹介する。本との出会いを広げる試み。

＜ライフステージごとに設定した5つのテーマ＞

①子供の頃に贈られた本、②読書感想文で読んだ本、③今学んでいることに関わる本、④大阪に関係する本、⑤誰かに贈りたい本



「私たちが書くことにした～阪大生を作った100冊～」

<http://booklog.kinokuniya.co.jp/handaishosekika/>

補注

※ <http://2chcpipe.com/archives/51438064.html> より引用

親子で楽しむ 徳島わくわく算数教室



徳島県小学校算数教育研究会 顧問

浜井 利教 / はまい かずゆき

はじめに

子供たちの理数離れが言われています。このような状況を少しでも改善し、子供たちに算数に対する興味や関心を持ってほしい、算数を好きになってもらいたいと、徳島県教育会と鳴門教育大学の先生方や大学院生の皆さん、そして、徳島県小学校算数教育研究会の先生方が協議して立ち上げたのが「徳島わくわく算数教室」です。「徳島わくわく算数教室」は夏休みを利用して実施していて、親子で楽しんでもらうことや操作活動などを通した、算数学習の基盤づくりをおもなねらいとしています。構成は、第一部が鳴門教育大学の先生方による授業、第二部が大学院の学生さんや徳島県小学校算数教育研究会の先生方、(株)新興出版社啓林館の方による、それぞれの特徴を生かした「チャレンジコーナー」となっています。

第一部：鳴門教育大学の先生方による授業

鳴門教育大学自然系数学教室の先生方には、具体的な操作を中心にした授業や自分でいろいろなアイデアを見つけることを中心にした授業を行っていただいています。また、数学教育以外の専門分野の先生方も参加され、それぞれの分野で必要な基礎を培う内容を取り上げられています(図1)。子供たちからは、「難しいと思ったけれど、学校と違って、いろいろ作業しているうちにわかってきて楽しかった」とか、「お母さんやお姉さんと話し合って、いろいろとアイデアを出して確かめてみました。学校でも、問題を解くときに、みんなでワイワイ言いながらやってみたい」といった感想も聞かれました。子供たちは、授業に遊び感覚やゲーム感覚が感

じられたとき、やる気スイッチが入るのかもしれないと感じました。中には、子供たちよりも保護者のほうが夢中というケースも見られました。



図1「わくわく算数教室」の授業のようす

第二部：チャレンジコーナー

わくわく算数教室の第二部は「チャレンジコーナー」で、いろいろな問題やゲームに挑戦してもらいます。

大学院の学生さんのコーナーでは、大学で講義や教材研究に用いる教具を子供たちに解放して自由に操作させる活動や、タングラムをはじめさまざまな教具も使って、子供たちの図形感覚を養う活動が行われました(図2)。

算数教育研究会のコーナーでは、「虫食い算」や「長さの量感」「折り紙」「計算チャレラン」などにチャレンジさせています。例えば、半分の大きさを折り紙で作ったり、決められた長さを紙テープで作ったりと感覚を養う作業や、正方形の折り紙で折った鶴と菱形で折った鶴がどう違うかの観察な



図2 教具で自由に遊ぶ子供たち

ど、さまざまなアプローチで子供たちの意欲を高めています。「ジャマイカ」と呼ばれる用具を利用して計算式を考えさせるコーナーでは、用具の入手方法を尋ねる保護者もいました。さまざまな経験を通して「数」「量」「図形」の感覚を育てることをねらっています(図3)。



図3 折り紙を使った活動

啓林館のコーナーでは、計算力をアップするためのドリルや文章題のプリントで、子供たちが自分の計算力や問題解決

の力を試していましたが、昨年から理数教育研究所(Rimse)主催で始まった「算数・数学の自由研究」作品コンクールに向けて子供たちの興味を引き出すプリントに変更されました。中でも、「一筆書き」のプリントは考えるのが面白いのか、子供たちが熱心に取り組んでいました。ある親子は、後日、一筆書きについてさらに調べ、自由研究にまとめたと聞きました。これも成果の一つといえましょう。

❏ 終わりに

参加した保護者や子供たちの意見をまとめると、保護者からは、

- ・ハノイの塔の考え方は大人でも大いに参考になりました。先生の教え方も上手で子供も喜んでいました。
- ・1年生には難しい内容でした。学年ごとに班分けしてもらうと、よりわかりやすかったと思います。
- ・やっぱり子供は勉強よりも遊びが好きですね。「チャレンジコーナー」の笑顔や声で再確認させられました。
- ・「チャレンジコーナー」の時間と種類がもっとあるといいなと思いました。

などの意見が多くありました。子供たちからは、

- ・たのしかった。
- ・むずかしかった。でも、とけたときがすごくうれしかった。
- ・今まで算数がきらいだったけど、少し好きになりました。
- ・算数のことがいろいろわかったのでよかったです。

などの感想や意見が出ました。

アンケートに書かれた意見を参考にしながら、鳴門教育大学の先生方と徳島県小学校算数教育研究会の先生方、徳島県教育会の先生方で知恵を出し合って、親にも子にも面白く、楽しい、そして算数の基盤を培える行事に「徳島わくわく算数教室」を作り上げていきたいと考えています。❖

編集後記

コンピュータが登場し、さまざまな情報処理等に利用されています。さらに、インターネットを代表とするコンピュータ・ネットワークも発達し、現代社会はネットワークなしに語ることはできない状況になりました。教育界でも、ICT(情報通信技術)を活かした、21世紀にふさわしい教育が模索されています。今号と次号では、「ICTを活用した理数科教育の充実」を特集のテーマにしました。

(財)理数教育研究所 事務局

土星型原子模型を提唱した長岡半太郎 ～物理学における「後進国」から「先進国」への先達～

19世紀末、物理学の世界では電子や放射線などが発見され、そこから「原子の構造」を巡る議論が展開され始めました。その議論に物理学「先進国」の人々に加わって「後進国」日本から「土星型原子模型」（プラスの電荷を帯びた核の周囲をたくさんの電子が回っている）という着想を掲げて参加したのが東京帝大の物理学者、長岡半太郎（1865～1950年）でした。1903年12月東京数学物理学会で口頭発表した翌年に論文が欧文の雑誌に発表されたときの反応はさまざま。無視や批判などの一方、フランスの著名な物理学者ポアンカレのように自著で紹介する人もいました。1911年、ラザフォードによって原子核の存在が実証され、大筋において長岡の考えが正しいことが認められました。長岡は東京帝大定年（1926年）後、大阪帝大の創設（1931年）とともに初代総長になり、間もなく京都帝大から湯川秀樹を迎え（1933年）、日本人初のノーベル賞受賞（1949年）への道筋をつけたのでした。写真は大阪帝大総長時代、国際会議に出席する長岡半太郎。

大阪教育大学 名誉教授 鈴木 善次 / すずき ぜんじ



© 共同通信社/amanaimages

Rimse (リムス)

No.8

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：グローバルイメージとタブレット PC

©C.O.T/a.collectionRF / amanaimages