

日本の理数科教育をサポートする

Rimse

Research Institute for Mathematics and Science Education

No.9

AUGUST
2014

特集

ICTを活用した 理数科教育の充実 II



CONTENTS

巻頭言

変貌し続ける数学 表紙裏

東北大学大学院理学研究科 教授
東北大学副理事（研究担当） 小谷 元子

特集 ICTを活用した理数科教育の充実 II

I ICTを活用した

思考力・判断力・表現力の育成 2

愛知教育大学教育学部 教授 飯島 康之

II 小学校算数における、これからのICT活用 6

福岡教育大学附属久留米小学校 教頭 古賀 弘行
宗像市立赤間小学校 教諭 村上 暢崇

III 高等学校数学における、これからのICT活用 ... 11

千葉学芸高等学校 教諭 中須賀 重徳
千葉学芸高等学校 校長 高橋 邦夫

連載 数学は人とともにある 第8回

幾何学自由自在 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8回

日本のエネルギー事情 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8回

「STAP細胞問題」から読み解く科学のいま... 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8回

小学校野外学習

「エンジョイ白神山地」に協力して 24

八峰白神ジオパーク推進協議会 会長 工藤 英美

科学史の散歩道 第9回

戯画に取り上げられたルイ・パスツール

～狂犬病ワクチンの開発に貢献したウサギたちとともに～ ... 裏表紙

大阪教育大学 名誉教授 鈴木 善次

巻頭言



東北大学大学院理学研究科 教授
東北大学副理事（研究担当）

小谷 元子 / こたに もとこ

1960年兵庫県に生まれる。東京大学理学部数学科卒業。理学博士。数学、特に幾何学・離散幾何解析学を専門とする。独立行政法人科学技術振興機構（JST）のCREST「離散幾何学から提案する新物質創成と物性発現の解明」（2008～2013年）のプロジェクトリーダー、文部科学省の世界トップレベル研究拠点プログラム（WPI）の支援を受けて2007年に東北大学に設立された原子分子材料科学高等研究機構（AIMR：Advanced Institute for Materials Research）の機構長に2012年に就任し、数学的視野による材料科学を主導している。2005年第25回猿橋賞、東北大学総長特別賞、2011年東北大学総長教育賞受賞。また、日本数学会理事、内閣府総合科学技術・イノベーション会議有識者議員を務めている。

変貌し続ける数学

すべて学問は、自らの問題意識を追求して深まりを増す時期と、外からの刺激を受けて新しい広がりをもつ時期とを繰り返しながら発展していく。数学は、「科学の言葉」と呼ばれるように、歴史的には自然の現象を記述する概念と、それを解析する手法を提供してきた。そして、外からの刺激が数学の大きな原動力となった。一方で、数学は自然現象の背後にある普遍性をとりだすために概念の抽象化を行い、いったんは現実の現象から離れて概念を追求することにより、人間のナイーブな直感だけでは捉えきれない構造を見だし、数学独自の問題意識を深めて探索してきた。特に20世紀後半は、数学の抽象化が非常に進んだ時期である。人間の頭の中に存在し直接は見ることも触ることもできない世界を、想像力と論理だけで、これほどまでに緻密かつ無矛盾に構築できることには、ある種の感動を覚える。また、アインシュタインがいみじくも「宇宙に関して最も理解できないことは、宇宙が理解できることである」と述べたように、「人工的」に生み出された記述道具である数学が、自然界を理解する有効な手段を提供し続けていることは奇跡としか言いようがない。人間の素晴らしさなのか、宇宙の素晴らしさなのかわからないが、数学に関わる最大の喜びは、人間が宇宙の大きな調和の構成員であることをこのように感じられるところにある。

さて、20世紀後半に抽象化と深化をとげた数学であるが、世紀末頃から再び外からの刺激への関心が高まり始めた。自然現象にとどまらず、工学や生命科学の課題、さらに社会や人間の心理・感性のような人文社会科学的な現象の理解に数学的枠組を提供し、それによって数学の可能性を広めようという動きである。理想的な状態を記述するにとどまっていた数学が成熟し、非常に複雑でランダム性やヘテロ性を含んだ状態を記述できるようになったため、開発された数学のアイデアや手法を活かす複雑現象を知りたいという要求が数学の側から高まった。同時に、科学の側においても数学への期待が高まり始めた。これは、原子・分子まで観測・制御できる技術、高機能計算技術などの科学技術が発展して、人間の直感を越えた現象を記述しコンピュータで解析するための数理モデルが必要となったこと、また社会の課題が複雑化し、複数分野が連携して解決にあたる要求が高まって、共通言語

としての数学の必要性が認識されてきたことなどによる。双方から高まる期待が合致し、数学と諸科学は現在初デートから蜜月の時期にある。

日本では2006年頃から、「数学と諸分野の協働によるブレークスルー」という言葉が聞こえてくるようになり、2007年にはJSTの数学領域(総括:西浦康政)が創設され、2007年に「さがしかけ」、2008年にCRESTが開始された。もともと私はいわゆる「純粋数学」育ちであるが、2007年頃から東北大学内の数学者と諸分野の研究者の出会いの場である「応用数学連携フォーラム」に関わり、自分の専門である離散幾何解析学を材料科学分野に応用したいという希望を持っていた。まさにベストタイミングでこのCRESTの第一期生として採択され、材料科学との協働研究を開始した。離散幾何解析学とは、幾何解析学の離散版である。幾何解析学が多様体上の偏微分方程式(連続版)を扱う学問であるのに対して、離散幾何解析学はグラフ上の差分方程式(離散版)を扱う。一番の興味は、この両者の関係である。離散版を原子の配置やつながりを表すマイクロ構造とその上の電子などの粒子の挙動、連続版を材料の伝導度などのマクロな現象と思うと、これはまさに材料科学にとって最も大切な課題であるマイクロ・マクロの関係の解明である。とはいえ、数学の道具はまだまだ単純すぎて、現実の材料科学に直接的・実質的な貢献をするというよりは、ちょっとした数学的なアイデアや視点を提供し興味を持ってもらえれば、というようなスタンスであった。いくつかの成果も出て、事後評価はA+をいただいたが、私にとっての最も大きな収穫は、材料科学分野の言葉使いや価値観が少しわかるようになったこと、異分野融合に興味を示し熱心な議論をする若手研究者が何人か育ったことだろう。

材料科学は学術においても産業においても日本の強みであるが、米国で自国の強みであるIT技術を取り入れたマテリアル・ジェノミクス事業が始まり、また中国などの新興国が台頭してきており、材料科学は新しい発展段階に入っている。日本は、これまでに蓄えられた知識とデータを活用して優位性を保ちたいところである。そのために数学的なアイデアが少しでも役に立てるように頑張っている。



ICTを活用した 理数科教育の充実 II

I ICTを活用した思考力・判断力・表現力の育成



愛知教育大学教育学部 教授

飯島 康之 / いいじま やすゆき

1959年埼玉県に生まれる。上越教育大学助手を経て、1989年愛知教育大学助手、現在に至る。専門は数学教育学。特に作図ツールGCを1989年以降開発。最新版はGC/html5(2010-)。日本科学教育学会理事。著書に『GCを活用した図形の指導』(明治図書出版、1996年)など。

1 はじめに

電卓やコンピュータを計算の道具として使えるようになって久しい。しかし、算数・数学の授業の中でのICT(情報通信技術)の活用、特に数学的に問題を探究する道具としてのICT活用はあまり進んでいないように感じるのは私だけだろうか。

「算数・数学は計算だ」と考えるなら、コンピュータに代表されるICTは、算数・数学で子供がやるべきことを奪ってしまう道具ということになる。計算以外であっても、「一定のパターンに当てはめて答えを出す」のが数学と思うなら、やはりコンピュータは「生徒がやるべきことを代替して行ってしまうもの」に位置づけられ、数学学習の邪魔をすることになる。多かれ少なかれ、そのような考え方の影響で、数学でのICT活用はあまり進んでいないのではないかと推察する。逆にいえば、「(計算も含めて)一定のパターンに帰着し、答えを出す」こと以外に、どういうところに数学らしい活動があるかに注目することが、数学での適切なICT活用を考える突破口になるはずである。そのような数学らしい活動の具体例を考える中で、今回話題になっている「思考力・判断力・表現力」などがどう関わるかを検討してみたい。

2 観察→予想→新たな観察→検証(妥当性・反例)→新たな問題→…

このようなことを考える際に、いつも思い出す二つのプログラム(筆者が30年以上前につくったもの)がある。一つは n を入力すると、 $\sqrt{n}$ を100桁まで計算するプログラム。もう一つは n, m を入力すると、 $\frac{m}{n}$ を100桁まで計算するプログラム。どちらが数学的探究を広げてくれるだろうか。

$$\sqrt{2} = 1.4142135623\ 7309504880\ 1688724209\ \dots$$

$$\frac{1}{23} = 0.0434782608\ 6956521739\ 1304347826\ \dots$$

プログラムをつくる課題として考えると、当然前者のほうがずっと難しいし面白い。当時、私は「無理数は循環しない無限小数になる」ことを実感できるようにするために前者をつくり、学生に提示した。「どう？」学生からは、「へえー、すごいですね」という(お世辞に似た)言葉をいただいたが、それに続く「だからなんなの？」という妙な空気のほうが本音だと感じた。「循環しないようだ」ということを実感する以外に「すべきこと」が見つからないのである。これに対して分数の小数表示のほうは、興味深いことが「連鎖的に」生まれてくる。

$$\begin{aligned}\frac{1}{9} &= 0.1111111111 1111111111 1111111111 \dots \\ \frac{1}{11} &= 0.0909090909 0909090909 0909090909 \dots \\ \frac{1}{13} &= 0.0769230769 2307692307 6923076923 \dots \\ \frac{1}{15} &= 0.0666666666 6666666666 6666666666 \dots \\ \frac{1}{17} &= 0.0588235294 1176470588 2352941176 \dots \\ \frac{1}{19} &= 0.0526315789 4736842105 2631578947 \dots \\ &\vdots\end{aligned}$$

「どんなことに気づく?」「循環しています」「そうだね。循環の長さ(循環節の長さ)は決まっているのかな?」「いいえ、分母を変えると、循環のサイクルは変わります」「じゃあ、なるべく循環節の長いものを見つけよう」。分母が大きければよいというわけではない。素数は有力だが、素数の大きさがそのまま循環節の長さになるわけではない。事実を観察する中で、仮説を思い付き、それを検証するために、また事実を探す。あるときには支持され、あるときには否定され、問題の理解と解決が深まっていく。このようなインタラクティブな探究の中に、ICTが活躍し、思考力・判断力・表現力が活躍する場面があるのではないだろうか。

3 的確な表現をすることによって数学的推論が可能になる

実験・観察をすることで、さまざまな結果が得られるが、そのままでは数学にはならない。言葉を使って適切な表現をすることが重要になる。特に一斉指導の場面でプロジェクト等を使って一つの現象について学級全体で議論する場合は、そのことを教師は意図的に扱うことが多い。

例えば、点Qを動かして、 $\triangle QAB$ の面積を $\triangle PAB$ の面積と等しくしたいときに、点Qをどこにとったらいいかを考えるために、作図ツールを使って帰納的に調べる場面を考えよう。

面積の測定値が等しくなる点の位置をプロットすると、それぞれのグループで図1のような結果が得られている。多くの場合、教師は適切な表現の必要性を理解させることを意図して、次のような会話が生まれることが多い。「たくさん点をとれたと思うけど、それを言葉で表現してください」「直線」「確かに、まっすぐに並んでいるから直線だね。でも、直線という言葉だけだと、直線ってたくさんあるから、もう

少しぴったりの表現はないかな」「ABに平行な直線」「あ、そうか。Pを通過してABに平行な直線」。

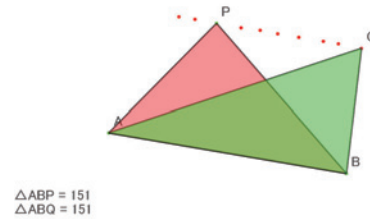


図1 $\triangle PAB = \triangle QAB$ となるような点Qの位置

この例の場合には、その後三角形の高さとの関わりを意識化して面積が変わらない理由を意識化することになるが、ICTとのインタラクションがより明確な例としては、例えば、高校の次のような問題をあげることができるだろう。

問題 A,Bに対して、 $2PA=PB$ となる点Pの集合を求めよ。

上記と同様に条件を満たす点の位置をプロットすると、図2のような結果が得られる。「何がわかった?」「円」

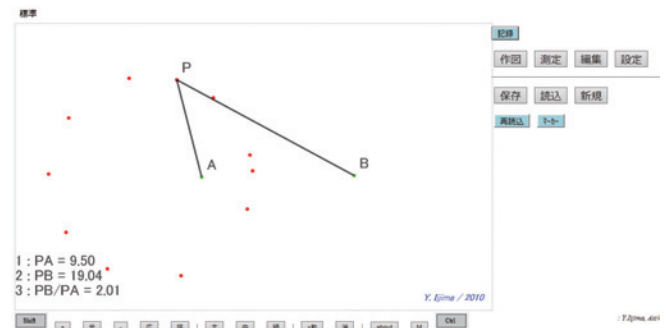


図2 GC/html5で測定値に基づいてプロットした結果

しかし、この段階では、概形が円のように見えるという観察結果であり、円と断定できるわけではない。誤差もある。「どうする?」。この問いは、さらにデータを蓄積する方向で進めるのか、データ収集は打ち切り、議論の精緻化をするために数学的推論に切り換えるのかの判断を求めている。

「どうも円らしい」というあいまいな結論では満足したくないという観点から、「これはどういう円といえるのか」と問う。反応がなければ、さらに付け加える。「測定などしなくても、確実に $2PA = PB$ となるはずの場所ってあるのか?」。すると、「ABを1:2に内分する点、外分する点」という指摘があり、その2点を追加した図を観察すると、「この2つの点を結ぶ線分を直径とする円」が候補となることがわかる。

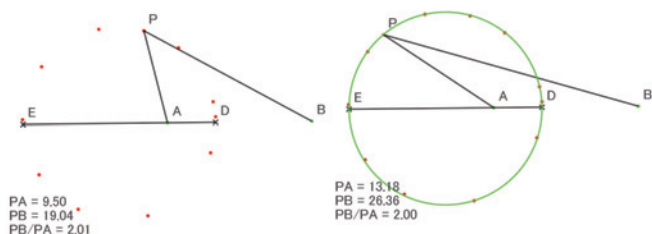


図3 内分点と外分点を結び、それを直径とする円を追加

作図ツールを使うと、数学的推論から得られた円を正確に作図・追加できる。その円上に点Pの動きを制限してみる。すると、今までは2.01などのようにぴったりにはならなかった比の値が、いつもぴったり2になることが観察され、その結果はほぼ間違いがないことが実験的に確証される。もちろん、数学としてはこれでおしまいではなく、これを踏まえて、証明等を考える段階に進む。アバウトな実験ではアバウトなことしかわからないが、どうなるはずかを推論し、その推論を踏まえて実験すると、このようにより精緻化された結果が得られる。このようなインタラクティブな探究は、ICTを使うことで可能になり、今までよりも多くの生徒がそこにに関わり、その面白さや数学的推論の意義を実感できるといえるだろう。

4 対応表という暫定的な結論から探究をさらに進める

中学校3年生で学ぶ次の問題を考えてみよう。

問題 四角形ABCDの4辺AB,BC,CD,DAの中点をP,Q,R,Sとする。このとき、PQRSはどんな四角形になるだろう。

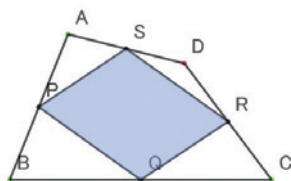


図4 四角形の4辺の中点を結んでできる四角形

教科書では最も代表的な図が掲載されていて、それについて考察することを求めたり、フリーハンドで生徒にスケッチさせ、それについて考察することを求める問題である。

作図ツールを使うと、ABCDをいろいろな形に変えたとPQRSも変わることが観察できる。そのようすを表(対応表)にまとめることにする。最初にABCDとしてどんな四角形を取り

上げるべきかを考える必要がある。教師側から与えることもあれば、生徒に候補のリストアップを求めることもある。正方形、長方形、ひし形、平行四辺形、等脚台形、一般の四角形が候補にあがったとする。それぞれの場合を調べて次のような表をつくるまでには、ほぼ機械的な作業・観察といえる。

表1 対応表

ABCD	PQRS	スケッチ
正方形	正方形	
長方形	ひし形	
ひし形	長方形	
平行四辺形	平行四辺形	
等脚台形	ひし形	
四角形	平行四辺形	

「この表からどういうことを考えるか」という問いは、普段の授業ではあまりしないかもしれない。しかし、このような探究をするときには本質的な問いである。実は上記の観察結果は完全なものではない。それぞれの集合から一つの例を取り上げて観察し、PQRSの形を言葉で表現しただけである。「どんなひし形のときも必ず長方形になる」ことを主張しているわけではない。しかし、まったく信頼できない観察結果というわけでもない。これを手がかりに、証明に値する規則を見

つけたり、さらに観察すべきことを見つけたり、疑問点を見つけたりすることによって、数学的探究が深まっていく。

「どんな場合も平行四辺形だ」という気づきがあれば、「本当か？」と例えば点Aを動かして確認することが次にすべきことになり、図5左のようにABCDが四角形といえないときにもPQRSが平行四辺形になることを観察することもある。「平行四辺形にならないことって、本当はないのか？」とさらに動かして、図5右のような場合を見つけることもある。これらの図はどう解釈すべきなのだろうか。

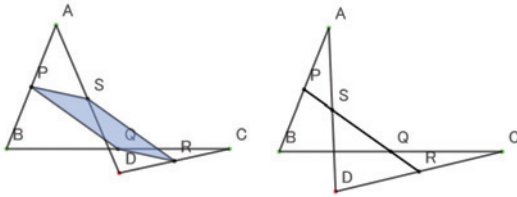


図5 PQRSはいつも平行四辺形？

また、「なんか、不公平じゃないか？ ひし形になるのは二つもあるのに、長方形になるのは一つしかない」という（ある意味数学的ではない観点からの）気づきもあり得る。この気づきに続くべき問いは「ABCDがひし形ではないけれど、PQRSが長方形になる場合ってあり得るのだろうか？」である。例えば、図6上段のような場合を見つけることもあるだろう。同様の問題として、「ABCDが正方形でなくても、PQRSが正方形になる場合もあるかもしれない」に到達し、図6下段のようなさまざまな場合を発見することになる。

証明を考えることにより、ABCDの対角線AC, BDに関して、 $AC \perp BD$, $AC = BD$ であれば、PQRSは正方形になることなどがわかるが、ICTを使うことで、限られた時間の中でも豊富な図形を観察することが可能になり、それによって上記のようなインタラクティブな探究が実現するといえるだろう。

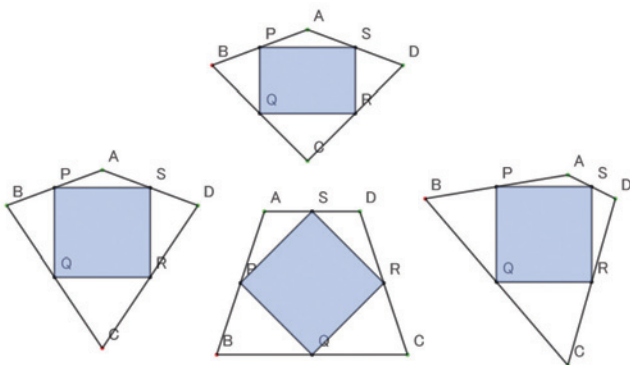


図6 PQRSが長方形や正方形になるいろいろな場合

5 協働学習の中で生まれるさまざまな会話

これまでに行った研究授業では、多くの場合4人に1台のiPadを配布した。4つの机を寄せ、その中央にiPadを置き、まわりから覗き込みながら操作し、各自のノートやワークシートに結果や証明等を書いたりする。生徒が作業を進めながら会話をしやすいことや、iPadでの実験とノート上の数学的作業を自由に切り換えられることなどがおもな理由である。



図7 iPad上での作業や会話のようすと紙上での作業のようす

この形態での学習のようすを観察すると、覗き込みで互いの距離が近くなることもあつてか、会話が活発になる。しかも、授業の中で教師が与えている問題以外に、さまざまなことに気づき、自分たちの問題として取り組み、解決していくことを何度も観察してきた。例えば、最短問題に関する授業で、点Bを図8左のように線対称移動して議論することを想定していたが、あるグループでは図8右のようにAのほうも線対称移動したらどうなるかと疑問を持ち議論が始まった。

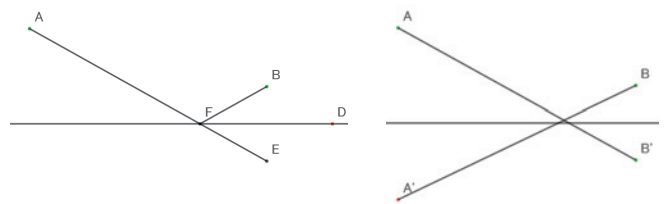


図8 Aも対称点をとったら候補の点は1つになるのか？

教師の介入の仕方を考えさせる場面だったが、それ以上に、自分たちで問題を発見し、取り組むことの面白さを生徒たちが満喫していることを実感する時間でもあった。❖

参考文献

作図ツール GC/html5

http://www.auemath.aichi-edu.ac.jp/teacher/ijijima/gc_rc/

Ⅱ 小学校算数における、これからのICT活用



福岡教育大学附属久留米小学校 教頭
古賀 弘行 / こが ひろゆき

1970年福岡県に生まれる。1992年福岡県の公立小学校教諭、2010年福岡教育大学附属久留米小学校教諭を経て、2013年4月から現職。福岡教育大学附属久留米小学校は、2012年から文部科学省研究開発学校の指定を受け、新教科「情報科」を設立し、研究に取り組んでいる。



宗像市立赤間小学校 教諭
村上 暢崇 / むらかみ のぶたか

1976年福岡県に生まれる。2002年福岡県の公立小学校教諭、2013年福岡教育大学附属久留米小学校教諭を経て、2014年4月から現職。福岡教育大学附属久留米小学校では、算数教育、情報教育を担当。

1 福岡教育大学附属久留米小学校の算数科におけるICT活用の基本的な考え方

本校では、算数科の学習で身に付けていく力として次の3つを大切にしている。

1つめは、状況に入り込める力である。日常の事象の問題を解決するには、そこから必要な情報を取り出さなければならない。算数科でいう情報とは、その場面の中での数量の関係のことである。この数量の関係は、ただ問題文に線を引かせるだけでは取り出すことができない。子供自身が取り出すためには、状況に入り込ませることが必要である。状況に入り込むことによって、子供たちは、問題を解決したいという目的を持ち、主体的に数量の関係を取り出していくのである。子供たちが状況に入り込みやすくするために、ICT（情報通信技術）を効果的に活用していく。

2つめは、身に付けた数理を場面に応じて使いこなす、自らの判断の根拠を相手が納得するように筋道立てて説明する力である。相手意識を持って、根拠をわかりやすく説明しようとすることで、言語活動が充実し、自分自身の理解もさらに深まるのである。このような「学び合い」による学習は、これまでも行われてきたが、さらに、お互いの考えを可視化し、「学び合い」を活性化させるために、ICTを効果的に

活用していく。

3つめは、基礎的・基本的な知識や技能の確実な定着である。子供が主体的に問題を解決し新たな数理を生み出したり、身に付けた数理を発展的な場面に活用したりするためには、既習の知識や技能が確実に身に付いていなければならない。反復練習による定着も考えられるが、それだけでは、生活や学習のさまざまな場面で活用できる知識や技能とはいえない。そこで本校では、具体的な場面や図の表現や式等を関連づけることにより、イメージを伴った知識や技能を定着させるために、フラッシュカードやスライド、電子黒板の拡大機能等のICTを効果的に活用していく。

2 本校の算数科におけるICTの活用法

このような3つの力を育てるために、1単位時間の中で、次のようにICTを活用している。

【導入】

- ・フラッシュカード等を用いて、計算の意味やイメージを伴った既習内容を振り返る。
- ・スライド等を用いて、問題の状況に入り込ませる。

【展開】

- ・自分の考えをノートに記述したものや実際の操作を、書画

カメラ等を用いて説明させる。

- ・プレゼンテーションソフト等を用いて、自分の考えをタブレット上に表現させて説明させる。
- ・ネットワーク機能を活用し、電子黒板の画面上に複数の考えを提示して、比較させたり分類させたりする。
- ・電子黒板の色づけや移動の機能を活用し、多様な方法を関連づけて、よりよい考えへと練り上げさせる。

【まとめ】

- ・スライド等を用いて、新たな問題場面を提示し、本時の学習内容を適用させる。

授業でのICTの活用は、本時の目標達成の支えとなるものであるから、学習過程の中で、子供の思考を助けたり、学び合いを活性化させたりする効果のある場面に位置づけるべきである。学習過程のすべての段階に位置づけるものではない。

3 本校のICT環境整備（物的環境）

本校では、2013年度からICT機器を導入し、2014年8月現在、以下のような物的環境が整備されている。

- ・全教室に書画カメラとタブレットPC（教室用1台）を設置し、テレビモニターと常時接続して、授業者や児童が自由にいつでも使えるようにしている。
- ・多目的ホールに、移動式電子黒板と児童用タブレットPC40台を置き、無線LAN接続で使えるようにしている。
- ・パソコン室は、40台の児童用パソコンと1台の教師用パソコンが有線LANで結ばれ、いつでも使える状態にある。

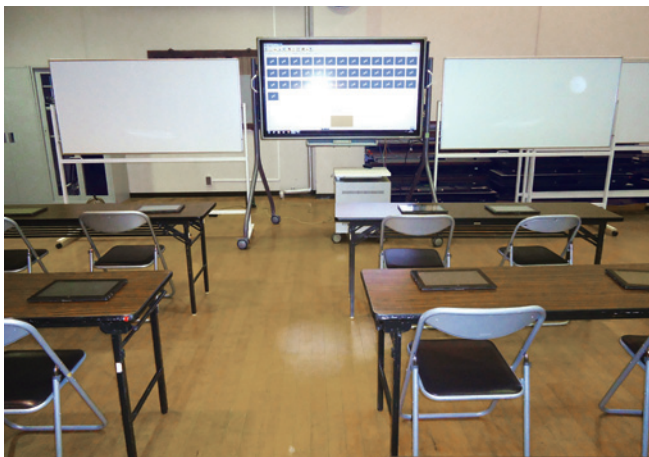


図1 多目的ホールの環境

4 第3学年「□を使った式」での活用事例

A 本時指導の立場

本時は、乗法と加法が混じった計算を学ぶ単元の最後の発展的な学習である。未知数を□として、問題の文脈どおりに数量の関係を表した式を立て、順に逆算をしていけば未知数が求まることをとらえることをねらいとしている。

このねらいを達成させるために、お楽しみ係がプレゼントを作ろうとしている場面を想定し、まずスライドを使って、1人でいくつ作ればよいか話し合う状況に入り込ませた。次に、テープ図と式を関連づけながら、既習のあてはめの方法と逆算による□の求め方を説明する活動を仕組んだ。最後に、乗法と減法が混じった場面にも活用させ、テープ図をもとに逆算の見方を深めていく手立てを講じた。

B ICT活用の実例（授業者 古賀弘行）

ここでは、既習内容の振り返り段階、問題の提示段階、自分の考えの説明段階で行った、ICTを活用する学習の例を紹介する。

【既習内容の振り返りの段階】

前時までの問題を図2のようにテレビモニターにフラッシュカードとして提示した。子供全員の視線がテレビモニターに集中する。

T：「□の数はいくつですか？」

子供たちの手が一斉にあがる。

C：「□の数は11です。求め方は、 $19 - 8$ です」

T：「それでは、答えが正しいかどうか見てみましょう」

子供たちの「逆戻し」の合図で、次の画面に移るリモコンのスイッチを押す。すると、テレビモニターでは、テープ図と一緒に式が変形していく。

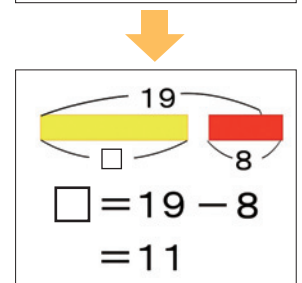
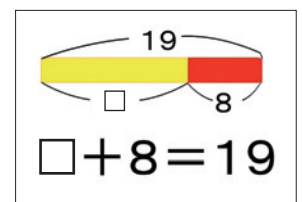


図2 フラッシュカード

このように毎時の学習の始めに、前時までの□の数の求め方を、テープ図の動きと式とを関連づけながら繰り返し提示した。この方法はイメージを伴っているため、逆算の意味や□の数の求め方を確実に定着させるうえで、ドリル等で反復練習をさせるよりも効果的であった。

【問題提示の段階】

係でこれから作るプレゼントの数を話し合う場面を、スライドを使って提示し、状況に入り込ませた。

T:「たろう君とはる

子さんが、係でつくるプレゼントの数について話合っていますよ。みなさんも、はる子さんやたろう君になりきって考えてみましょう」

子供たちは、遊び係の一員になりきってテレビモニターに集中する。次のスライドに変わると、みんなで吹き出しの言葉を読み、その状況に入り込んでいった。

T:「たろう君は、どんな式で表したでしょうか？」

3年生の子供にとって、問題場面から文脈にそって、乗法と加法が混じった一つの式に表すことは難しい。

しかし、スライドを使って状況に入り込ませることで、必要な数量関係を取り出し、 $(\square \times 4) + 9 = 41$ という式を作りだしていくことができた。

T:「これまでの式とどこが違いますか？」

C:「かけ算とたし算が混じった式になっています」

T:「1人いくつ作ればいいでしょう？ 今日のは、はる子さんにわかるように、かけ算とたし算が混じった式の□の数の求め方を説明してみましょう」

この後の自力追究の時間では、学習ノートにテープ図をかき、図と式と言葉を関連づけながら説明をしていた。



図3 問題場面のスライド

このように状況に入り込ませることによって、算数の問題を自分自身の問題として受けとめ、主体的に考えることができる。そのためのスライドの活用は効果がある。

【説明の段階】

全体交流では、書画カメラを使って、考え方を書いたノートを映し出し、説明させた。

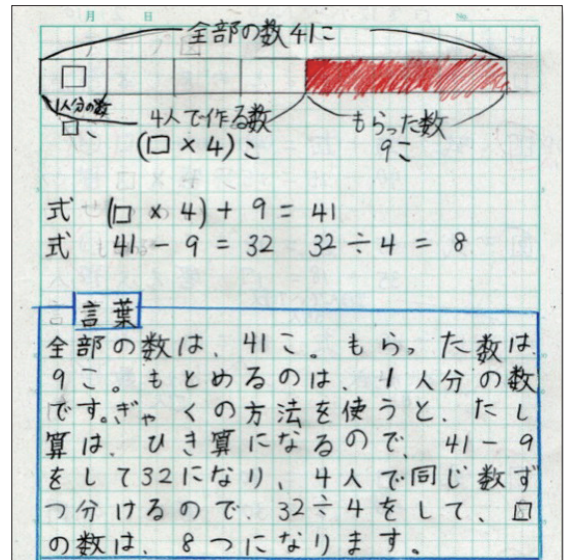


図4 本時の学習ノート



図5 書画カメラを使った説明

本校では、各教室に書画カメラを設置し、いつでも使える状態にしている。全体交流場面になると、子供自らがノートを持ってきて、書画カメラに映し出す。そして、指示棒を使ってわかりやすく説明する。また、みんなに説明することを意識して、ノートもきれいに書くようになった。

しかし、書画カメラを使った発表は、黒板に残らないという課題がある。そこで、多様な考えが出る場合は、それぞれの考えの発表後、黒板に簡単な図、式やキーワード、ポイントをまとめ、多様な考えを比較できるようにしている。

5 第5学年「角柱と円柱」での活用事例

A 本時指導の立場

本時は、単元末の発展的な学習である。三角柱の展開図は、必ず対応する辺の長さがそれぞれ等しくなっていること、向かい合う2つの底面が側面をはさんで裏向きになっていることを確かめることをねらいとしている。

三角柱の展開図を3つのピースに分けて、このねらいを達成するために「3つのピースを用いた多様な展開図づくり」を教材として取り上げた。次に、面と面のつながりや位置関係を根拠に、各自が考えた展開図の正しさや不十分さについて話し合う活動を仕組んだ。そして、正しい三角柱の展開図の条件をまとめた。

B ICT活用の実例（授業者 村上暢崇）

ここでは、個人の考えの表現から練り上げの段階で行った、ICTを活用する学習の例を紹介する。

【個人の考えの表現の段階】

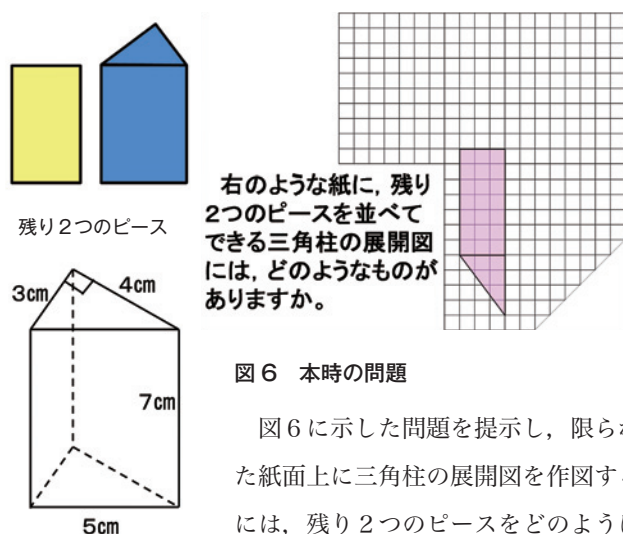


図6 本時の問題

図6に示した問題を提示し、限られた紙面上に三角柱の展開図を作図するには、残り2つのピースをどのように並べたらよいかを考えさせた。

子供たちは、実際にカードを操作し、面と面のつながりや位置関係を考えながら、自分の考えを作った。

算数科の学習においては、実際の操作を通して自分の考えを作ることがよくある。しかし、実際の操作を表現したり、操作の手順やそのような操作を行った理由、操作の正しさ等を説明したりするのはとても難しい。そこで、本時では、タブレットPCの「撮影機能」と「書き込み機能」を活用させ、自分の考えを表現させた。



図7 実際に操作した結果の撮影



図8 説明や考えの書き込み

ICTを活用することで、表現することが難しい操作のようすや結果を、視覚的に表現することが可能になった。また、同じ長さの辺に同じ色をつけたり、操作の手順を言葉で書き込んだりすることで、自分の思考過程を振り返ることができるようになるとともに、自分の考えをわかりやすく説明することが可能になった。

【考えの練り上げの段階】



図9 多様な考えの表示

各自の考えをタブレットPCを使って表現させることで、全員の考えを電子黒板上で把握し、互いに確認し合うことができる(図9)。その中からいくつかの考えを取り上げ、電子黒板上で説明させた(図10)。

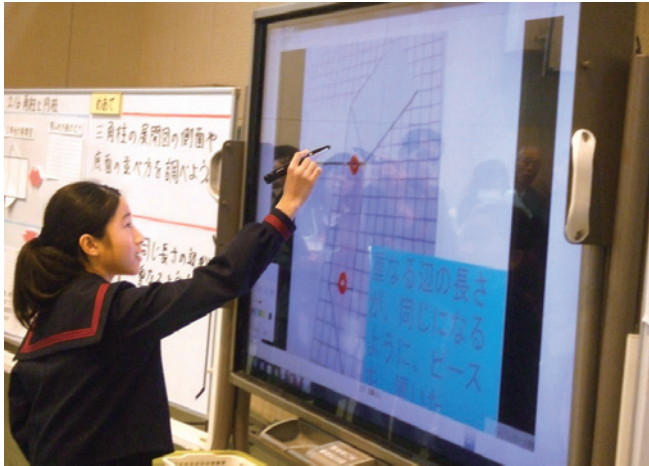


図10 電子黒板を使った説明

いろいろな考えを出し合い、比べ合う中で、2つの底面の向きが展開図の正しさに関係があることが明らかにされた。そこで、スライドを活用して、着目すべき部分に同じ色をつけたり(図11)、取り出したり(図12)して、考えを練り上げる活動を仕組んだ。

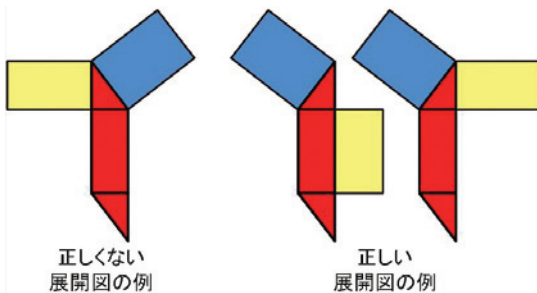


図11 着目すべき部分に色づけた展開図

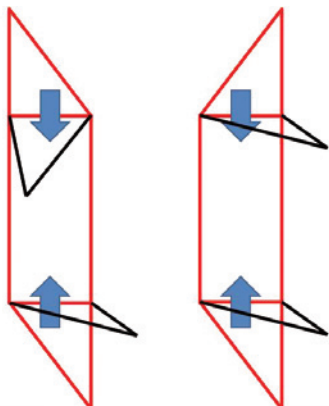


図12 着目すべき部分を取り出した展開図

6 おわりに

A ICTを活用した学習のよさ

本校におけるICTを活用した実践を通して、以下のような点が成果としてあげられる。

- ・学習に対する子供たちの興味・関心を高めることができる。
- ・既習内容の振り返りを短時間で行うことができる。
- ・問題場面や状況を動的にとらえさせ、状況に入り込ませることができる。
- ・多様な見方・考え方の比較・分類による学び合いを効率よく行うことができる。
- ・盛んな意見交換などを通して、言語活動の充実を図ることができる。

B ICTを活用した学習の今後の可能性

今後、以下のような学習を展開することができれば、ICTのよさをさらに活かし、子供たちの力をいっそう高めていくことができると考える。

- ICTを活用して、数理的な処理を行う学習
- ICTを活用して、学習者自らが必要な情報や既習の内容を検索する活動
- ICTを活かした表現活動の充実

C 今後の課題

より積極的にICTを活用した学習を展開していくうえで、次のような点が今後の課題としてあげられる。

- 指導者、学習者ともに、学習に必要な機器操作のスキルを確実に身に付けておくこと
- 実践を積み重ねながら、ICTを活用することで学習の効果が上がる単元を選定し、指導計画に位置づけていくこと
- 全員の児童が平等に学ぶ機会を得ることができるICT環境を整備していくこと



引用・参考文献

福岡教育大学附属久留米小学校：「情報編集力」を育てる教育課程の創造～情報科を要とした各教科等の学習のあり方を通して～（研究発表会要録）（2014年）

水戸部修治・福岡教育大学附属久留米小学校：『「協同的学び合い」をつくる言語活動-教科の特質をふまえた授業づくり-』、明治図書出版（2012年）

Ⅲ 高等学校数学における，これからのICT活用



千葉学芸高等学校 教諭

中須賀 重徳

なかすか しげのり

1964年千葉県に生まれる。1991年東金女子高等学校に数学教諭として赴任。2000年4月に男女共学化、校名変更により千葉学芸高等学校教諭となる。15年間クラス担任の後、2006年より生徒指導主任、2010年より教務主任。わかりやすい数学、親しみやすい数学をモットーに23年間高校数学の授業に励んでいる。



千葉学芸高等学校 校長

高橋 邦夫

たかはし くにお

1960年千葉県に生まれる。1984年東金女子高等学校教諭に就任。1986年早稲田大学大学院修了。理学博士。1999年より現職。100校プロジェクト参加を機に情報教育、情報モラル教育法の研究・教材開発に取り組む。文部科学省「教育の情報化に関する手引」協力者。教育情報化コーディネータ1級判定資格者、全国高校長協会理事。

1 はじめに

千葉学芸高等学校は全日制普通科高校で、生徒は2年生より進学、情報、福祉、芸能、国際(2014年度からは公務員)の5つのコースに分かれるコース制カリキュラムを採用している。Windows 8.1のコンピュータ教室3室、WindowsタブレットPC50台を備えた多目的教室に加えて、校内全域に校務用と生徒用の2系統の無線LANローミング環境を設備し、ノートPCやタブレットPCをさまざまな授業に利用している。また、一般教室すべてに65型液晶テレビを設置してタッチパネルPCを用いた電子黒板環境を整え、アナログの黒板とデジタルの電子黒板によるハイブリッド教室での授業を展開している。

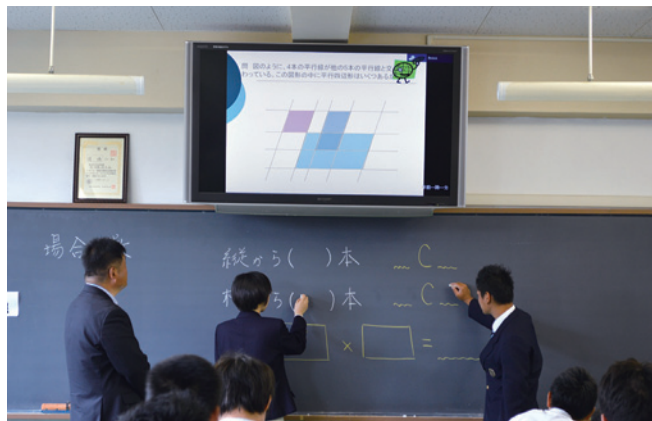


図1 ハイブリッド教室

「生徒に興味・関心を持たせるにはどうしたらよいだろうか」「わかりやすく説明するにはどのような方法が効果的なのだろうか」「黒板や教科書だけでは理解し難い内容の授業を展開するにはどうしたらよいだろうか」。学校で授業をした経験のある方は一度はそういう壁にぶつかったであろう。教材を工夫したり、実験をしてみたりとさまざまな方法を試みたはずである。ここでは、数学の中でも、日常生活にたいへん身近でありながら、なかなか理解が困難な、確率の分野における「期待値」の学習にICTを活用した授業実践を紹介する。

2 ICTの利点を活かすために

家庭や職場にパソコンが普及し、ポケットの中にはスマートフォン、鞆の中にはタブレットPCを持つ時代に突入している。教育現場においてもコンピュータが当然のごとく整備され、情報機器は生徒たちに身近なものとなっている。授業でそれらを使用することは自然な流れであり、必要不可欠にもなりつつある。情報機器の活用は誰もが考えることであるが、なかなか実行に踏み切れない先生方も少なくはない。これらの情報機器を使用する利点をいくつか検討してみよう。

まずは視覚的効果が向上することである。パソコンを活用し、学習内容を目で確認したり実際に体験したりすることによって、よりわかりやすい授業を展開することができる。特に PowerPoint などのプレゼンテーションツールを使用して、静止画やアニメーションで演示すると、生徒の興味・関心が高まってくる。また Excel などの表計算ツールを使うと、自力では計算できないことでもコンピュータを使いながら体験することができる。

次は、黒板との併用で板書に工夫ができることである。古典的な手法に、数学や理科の授業において主たる公式を黒板の隅に消さずに掲示しておくという方法があるが、残念ながら板書スペースを圧迫するという不都合があった。ところが、ディスプレイを用いることでその不都合が解消する。動の部分のディスプレイと静の部分の黒板の併用は、教える側と教わる側の双方にとって、頭の中を整理しやすい環境となっている。

また、プレゼンテーションツールを利用することで、幅広い説明が容易にできるようになる。黒板では消してしまったために説明するときに不備が生じることも多かったが、そういった悩みがボタンひとつで解消できる。さらに、授業で用いたファイルを生徒に配布すると、実際に自分で操作して繰り返し勉強することも簡単にできる。説明を聞くだけでなく、ノートをとったり、家庭学習をしたりするうえでもたいへん役に立つ。しかし、ただプレゼンテーションツールを使うだけでは、ワンパターンでメリハリのない授業になりがちである。そこで、例題やその解法をディスプレイで見せ、同時に生徒が黒板の練習問題を解くというような、ハイブリッドを活かした授業展開などが効果的な方法といえる。

注意が必要なのは、こういった授業形式に適した単元とそうでない単元があることである。例えば「数と式」での展開や因数分解などの計算問題にはあまりメリットがないが、図形やグラフなど、生徒が頭の中でイメージ化や理解がしづらい単元では大きな効果が得られる。単元や用途によって使いこなすことが重要であろう。

一度作った教材は何度でも繰り返し使用でき、バージョンアップをすることにより優れたものに改良できることは大きな利点であるが、教材の制作にかなりの時間がかかってしまうことはデメリットである。教師の仕事には、教科を教える

だけでなく、学級運営や部活動、委員会活動、学校行事などさまざまな業務が存在するため、毎回の授業ごとにプログラムやプレゼンテーションを作成することはとてもたいへんなことである。しかし、独りでは困難でも、同じ教科の教師どうしが協力して研究することにより、内容の濃い素晴らしい教材が開発できよう。千葉学芸高等学校ではこのような横のつながりを大切にしながら、教材の共同開発に努めている。

3 授業の実践と展開

「期待値」の授業を例として実践の内容を紹介する。なお、本校の授業時間は通常 90 分間で展開していることにご留意いただきたい。

【教科名】 数学 A

【単元名】 宝くじに見る期待値

【目 標】 確率の分野における期待値の意味を、身近な事象を題材に理解させる。



図 2 プレゼンテーションのタイトル

A これまでの復習

場合の数(順列, 組合せ)および確率について、プレゼンテーションを用いて復習する。まずは、場合の数の復習で、大小 2 つのサイコロを同時に投げる場合の例題を行う。

例題 1 大小 2 つのサイコロを同時に投げるとき、次の各問いに答えなさい。

- ① 出る目の和が 5 になる場合の数は何通りありますか。
- ② 出る目の和が 6 になる場合の数は何通りありますか。
- ③ 出る目の和が 7 になる場合の数は何通りありますか。

テーマ 宝くじの値段設定

例題
大小2つのサイコロを同時に投げるとき。

大小	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6	7
2	3	4	5	6	7	8
3	4	5	6	7	8	9
4	5	6	7	8	9	10
5	6	7	8	9	10	11
6	7	8	9	10	11	12

図3 2つのサイコロを同時に投げるときの表

例題と考え方を大型ディスプレイで生徒に見せながら、それぞれの問いの解き方を生徒に発表させ、それらを黒板に板書する。これによって、これまでの理解度を確認することができる。

同様の方法により、順列の復習もする。

例題2 10人の中から4人のリレー選手を決めるとき、次の各問いに答えなさい。

- ① 選手の走る順番も考えた場合の数は何通りですか。
- ② 選手の走る順番を考えない場合の数は何通りですか。

順列の意味をしっかりと認識させ、組合せの数え方と混同しないように注意させる。

同様の方法で、さらに組合せの復習をする。

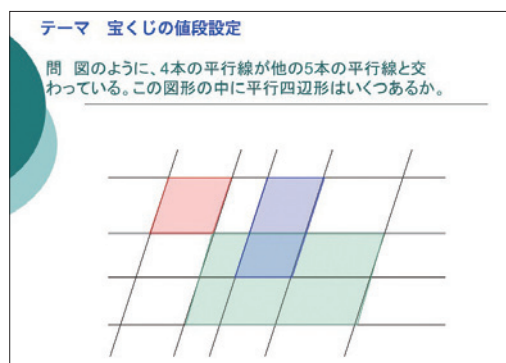


図4 平行四辺形の数調べる問題

例題3 図のように、4本の平行線が他の5本の平行線と交わっている。この図形の中に平行四辺形はいくつあるか。

順列と組合せの違いを再度認識させた後、最後に確率の復習をする。

例題4 大小2つのサイコロを同時に投げる場合、目の和が4になる確率を求めなさい。

以上で復習は終えるが、導入の段階において授業に入り込みやすくする手段として、ディスプレイを用いたの出題形式はとても効果的である。普段の授業の冒頭で前回までの復習を展開しても、残念ながら聞き流す生徒が多く見受けられるのに対して、ディスプレイで演示すると、自ら問題を解く積極性を見だし、これから本題に入っていく心構えがしっかりとできていく生徒が多くなる。これは、白いチョークだけでなく、赤色や黄色のチョークも使って目先を変えるだけで、生徒の関心が高まることの裏づけにもなったと思える。

B 宝くじの作成

場合の数についての復習を終えた後、本時の目的である期待値の理解と計算方法を身に付けさせるため、次のようなテーマを課した。

テーマ 次のような確率でそれぞれの当たりくじが出る宝くじについて、1000回の試行を行い、宝くじ1枚あたりの適切な値段を推測しよう。

テーマ 宝くじの値段設定

ある宝くじについて

1等	100000円	0.1%
2等	10000円	1%
3等	5000円	3%
4等	1000円	5%
5等	500円	7%

(それ以外のくじはハズレ)
※宝くじの利益は募金される!
宝くじの主催者がある悩みを持っています...

図5 宝くじの賞金と当選確率

生徒が自らパソコンを活用して計算を実行しながら数字の意味を理解させる目的で、宝くじの賞金と当選確率を提示し、宝くじの主催者側になって値段の設定を考える題材のプログラムを実践させた。具体的には、Excelで計算式を用いて作成した「宝くじ値段設定ファイル」という教材を使用し、1等から5等までの「当たり」と「ハズレ」の実験を行うものである。宝くじを買ったという前提でプログラムによりシミュレーションし、さまざまな結果から分析をする。そして、最

最終的には宝くじ 1 本あたりの値段を想定させるものである。この「宝くじ値段設定ファイル」のおもなプログラム内容は次のとおりである。まずは宝くじの賞金と当選確率を入力すると、ランダムに抽選した結果が表示されるようにしてある。結果は「1 等」から「5 等」までの 5 種類の「当たり」と「ハズレ」の計 6 種類で表示され、それぞれが見やすいように色分けがされている。また時間短縮のために、1 度の試行で最大 100 回の宝くじを引いた結果を瞬時に得ることができるようにしてある。

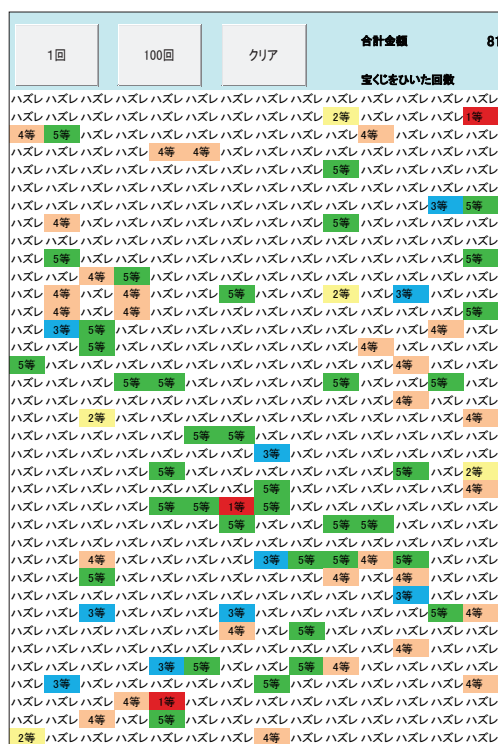


図 6 宝くじ値段設定ファイル (Excel)

生徒各自に宝くじを 1000 回引く試行をさせた後、それぞれの「当たり」が何本であったかのデータをとらせ、その結果を個々に発表するとともに、グループごとに検討させた。ここで個々の生徒の結果には当然ばらつきが出ることとなるが、データの分析方法も教えながら、さまざまな結果から考察する力を養うよう心がけた。また、この段階までは、生徒には期待値という概念は与えずに、事象のみを考察させるようにした。これは、本授業の最大の目的である期待値というものに対する偏見を持たずに、素直な気持ちで考察させるためである。その後、初めて「期待値」という言葉に直面させたところ、期待値がどういうものかを生徒個々に肌で感じさせることができたようである。

テーマ 宝くじの値段設定

計算で求めるには・・・

1等	100000円	×	1/1000
2等	10000円	×	10/1000
3等	5000円	×	30/1000
4等	1000円	×	50/1000
5等	500円	×	70/1000
ハズレ	0円	×	839/1000

合計は435円

この値を期待値(平均)と呼ぶ

図 7 期待値を計算で求める

C 期待値の求め方の確認

授業で学んだことがどのように生活の中で活用されているかにも着目させ、興味を持たせるよう指導する。そして、期待値の概念を定義した後、さらに期待値が計算で求められることも説明する。

例題 5 1 個のサイコロを投げる場合、出る目の期待値を計算で求めなさい。

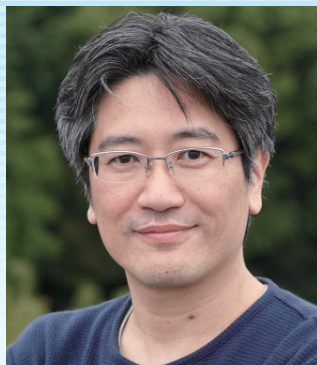
ここでようやく期待値の計算を学習することとなる。最終的には期待値の計算力を高めることが目標だが、それは、期待値という概念の理解に取り組んでからでも遅くないと判断し、このような手順で授業を進めた。その結果、別の例で期待値を求めてさせてみると、生徒たちはすぐに問題に取りかかり解答できるようになっていた。これは数学のみならず他の学習においても、公式や結論に頼るのではなく、自己の感じ方や考え方で問題を解答できるようになることの大切さを物語っている。

4 実践結果

この授業を行うまでに、まずハイブリッド展開の授業に慣れさせるために、半年間試行錯誤しながら ICT 機器を利用した。今回の授業では、生徒参加の形をとり、Excel を用いて期待値を実感させる演習を行った。授業に取り組む生徒たちの姿勢は普段より強く、数学という枠に縛られない広い興味・関心を引いたと感じられた。このほかにも、2 次関数の授業でグラフツールを用いることで学習意欲が向上し、効果が定期試験の結果に現れた。適した単元で ICT を補助教材として利用する価値は高い。

第8回

幾何学自由自在



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。

自由な世界を飛び回る

「算数・数学の自由研究」は、身のまわりのことや日頃疑問に思っていること、自分で調べたこと、発見したことなど、算数・数学を活用して自由に研究した成果をレポートにまとめて提出してもらうという作品コンクールでした。そして、最も重要なことは「自由」です。自分勝手という意味ではなく、自分を出発点にして、自分を根拠にして、何にも縛られることなく、それこそ自由に研究してほしいということでした。「算数・数学の…」と謳っているけれど、算数や数学の枠組みを越えたっていい。

前回は、受賞するしないにかかわらず、そういう自由をまっとうしてくれた作品をいくつか紹介しました。算数・数学を不自由なものと思い込んでいる人たちが多いので、「自由」を強調したわけですが、もちろん、数学の世界で閉じた研究も大歓迎です。

「閉じた」という言葉を使ってしまうと、不自由さを感じさせてしまうかもしれませんが、そんなことはありません。なんたって、数学の世界は、実り豊かな果てしない世界ですからね。そして、その広大な世界の中で自由に飛び回り、素敵な定理を発見してくれたのが、Rimse理事長賞を受賞した山下真由子さん(当時、高校3年生)でした(図1)。

平面幾何の定理を発見！

山下さんが発見し、証明した定理は次のようなものです。知らない言葉は後で説明するとして、まずは定理を述べておきましょう。

定理 $\triangle ABC$ の $\angle ABC$ の二等分線と辺 AC の交点を X 、 $\angle ACB$ の二等分線と辺 AB の交点を Y とする。 $\triangle ABC$ の外心を O 、 $\angle BAC$ 内の傍心を I_A とする。このとき、 $OI_A \perp XY$ が成り立つ。

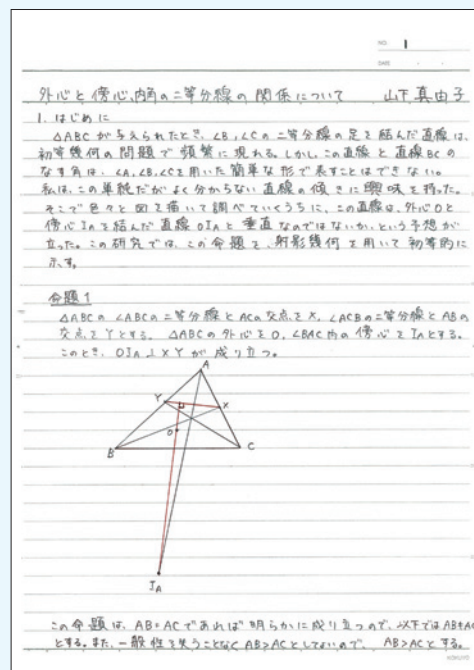


図1 Rimse 理事長賞—『外心と傍心，内角の二等分線の関係について』

山下さんのレポートの中では、「定理」ではなく、「命題」となっていますが、数学の論文では、自分が証明した命題を定理として記すことが通例なので、山下さんが証明した命題を定理として紹介しました。一方、「命題」は真偽がわかっていないことや、これから大きな定理を証明するにあたって念頭に置いておきたいこと、定理と宣言するほど強力な結果ではないことなどを提示するときに使います。山下さんの「命題」はこれらのいずれでもないで、胸を張って、「定理」と宣言しておくべきでしょう。

その定理の内容を説明しておきます。まず、三角形を描いて、3つの頂点をA、B、Cとします。そして、頂点Bの角を半分に分割する直線（二等分線）を引いて、辺ACと交わる点をXとします。同じように、頂点Cの角の二等分線を引いて、辺ABと交わる点をYとします。この2つの点XとYを通る直線XYを引いておきましょう。

続いて、三角形の3つの頂点A、B、Cを通る円（外接円）を描きます。その外接円の中心が三角形ABCの外心です。外心Oは3辺の垂直二等分線を引くことで、その交点として求められます（図2）。

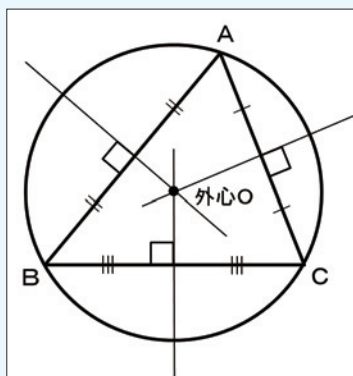


図2 三角形の外心

一方、頂点Aの角をつくっている辺ABとACを延長した直線と辺BCとで囲まれた外側の領域に、その3本の境界線に接するように円（傍接円）を描くことができます。その円の中心が傍心 I_A です。それは、図3のように、頂点Bと頂点Cの外角の二等分線の交点として求めることができます。三角形の外心は中学校でも習いますが、傍心は知らない人もいるかもしれませんね。

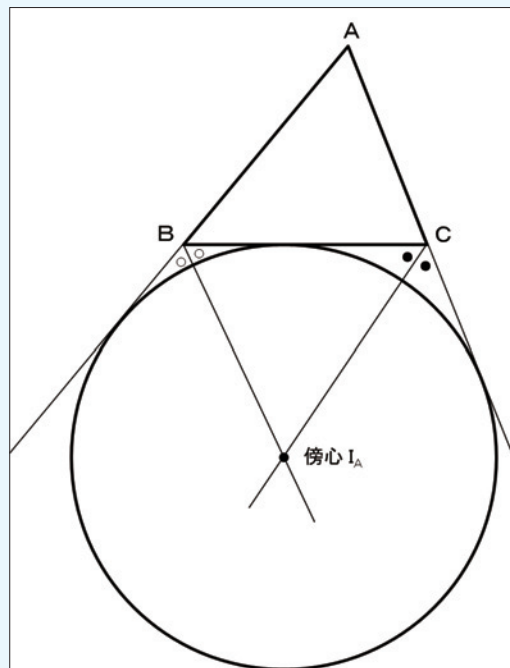


図3 三角形の傍心

こうして求めた三角形ABCの外心Oと傍心 I_A を通る直線 OI_A と初めに引いておいた直線XYがいつでも垂直になる、つまり、直角に交わると、山下さんの定理は述べています。いったいどうしてこんな定理が発見できたのでしょうか？

図形と遊ぶ

山下さんの証明を熟読した私には、その答えがわかりました。彼女の証明には、「パスカルの定理」や「モンジュの定理」といったあまり一般の人たちには知られていない射影幾何学の定理が利用されています。その利用の仕方も巧妙で、一手一手繰り出される推論も優れた直観に支えられています。

実は、私にはすぐには理解できなかった一節がありました。そこにミスがあるのだとしたら一大事です。そこで、何回も図を書き直して、その推論の真偽を見極めようと苦労しているうちに、私にも射影幾何学の精神がだんだんわかってきたのです。その理解のもとでその一節を眺めると、「なるほど、そういうことか!」と思えるではありませんか。

要するに、山下さんもこれと同じなのでしょう。彼女はとくに射影幾何学の精神がわかっている。そうなるくらいに図形たちとたくさん向き合ってきた。図形とたくさん遊んできたと言ってもいいかもしれない。そういう遊びの中で定理が示す法則を自然に発見できたのでしょう。

といっても、紙の上に図形を描くだけで一般的な法則を発見するのは、そんなに簡単なことではありません。なぜなら、紙に描かれた図形は動かないからです。例えば、2本の直線が垂直に交わっているように見えるとして、それはたまたまなのか、いつも成り立つことなのかは、論証してみないとわからない。

ところが、世の中には便利なものがあるのですよ。それは作図の条件を維持したまま図形を変形できるコンピュータのソフトウェアです。定理に書かれているように作図をしていて、三角形ABCを変形してみる。すると、2本の直線の交点が三角形の中にあろうとなかろうと、いつも垂直になっていそうだと目で見てわかる。そういうソフトウェアです。

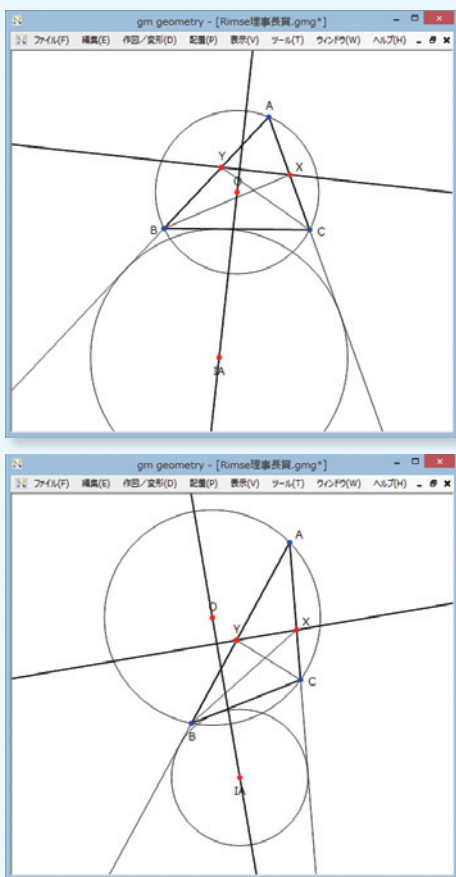


図4 幾何学支援ソフトウェア gm geometry

図4は、私が作成した「gm geometry」というWindows上で動くソフトウェアです(『数学活用』の解説書を購入すると入手できます)。「カブリ・ジオメトリ」,「ジオメタース・スケッチパッド」など古くから知られている市販品もあれば、愛知教育大学の飯島康之教授が作成した「GC」のようにネットから無料でダウンロードできるものもあります。¹⁾ 最近

では、タブレット上のアプリもあります。

このような**幾何学支援ソフトウェア**を利用することで、自由自在に図形と遊ぶことができます。そして、山下さんほどに深く幾何学の精神を理解できていなくても、なんらかの法則を発見できることでしょう。

自分の定理

発見した法則を証明して定理に仕上げることは難しいかもしれません。それなら、人が驚くほどにたくさんの法則を発見してみてもいいのでしょうか。そして、幾何学好きな人が証明にチャレンジしてみたいくなるような法則が発見できればしめたものです。数学の研究において、そういう法則を発見することも、1つの定理を証明するのと同じくらい価値のあることです。

発見した法則が誰かの手によって証明されて定理になる。そして、定理が多くの人の知るところとなり、その価値が認められると、それを証明した人の名前を冠して呼ばれるようになります。例えば、「パスカルの定理」,「モンジュの定理」がそれに当たります。

しかし、定理を証明した人だけが有名になるのはいかなるものでしょうね。定理のもととなった法則を発見した人が浮かばれません。

数学の専門家は法則の発見も定理の証明もどちらも自分でやってしまうことが多いのですが、「算数・数学の自由研究」の立場からすると、定理の証明は得意ではないけれど、法則を発見するのがうまい人というのもありだと思います。その法則をレポートにまとめて公表する。それを見た他の誰かが証明を試みる。こういう構図で研究が進展していくというのも面白いでしょう。そして、めでたく定理が証明できた暁には、それを法則の発見者と定理の証明者の共同研究の成果だと考えて、2人の名前を冠した定理にすればいいのです。

いずれにせよ、Rmse理事長賞に輝いた素敵な定理は、今後、「山下の定理」と呼ばれることになるでしょう。他の皆さんも自分の名前のついた定理を目指して、研究に励んでください。

事務局補注

GCについては、本誌p.3~5を参照。

第8回

日本のエネルギー事情



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。

エアコンの排熱

我が家のエアコンが故障して3度目の夏を迎えました。水田に囲まれたマンションの上層階は、夏場も快適に風が通るので、さほど不快ではありません。太平洋と四国山地に挟まれた狭い平野は、昼間は海風が、夜は山風（陸風）が爽快に吹き抜けてくれます。まさに大自然のエネルギーですね。たまに風向きが悪いときに、他家のエアコンの排熱・熱風やたばこの煙が我が家に入ってくるのが気になるところです。

冷蔵庫やエアコンなどのヒートポンプは熱を移動することができますが、消費電力分だけの余分な発熱が生じます。例えば、一般家庭の3kW程度の冷房能力があるエアコンはコンプレッサーなどの消費電力が1kW程度あるので、室内か

ら3kWの熱を吸収し、室外機は消費電力と合わせて4kWの熱を放出することになります（図1）。理科で考えればエネルギー保存則、当然のことですね。エアコンを使って部屋を快適にすればするほど街はますます暑くなる、ヒートアイランドの要因となります。暖房のときは1kWの電力で4kWの熱が得られるので、とても効率がよいのですが…。

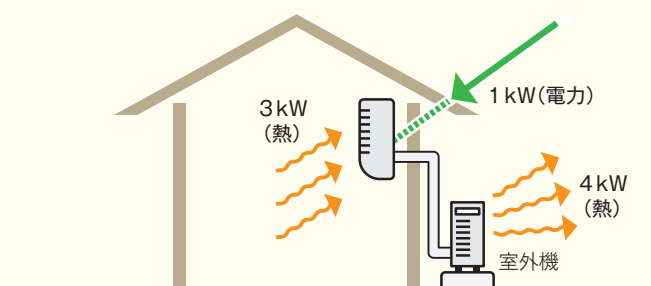


図1 エアコンの排熱

地球温暖化防止に向けてみんなで一斉に照明を消してみようという「ライトダウンキャンペーン」（環境省）があります。せっかく夏場に一斉にやるなら、エアコンも消すと消費電力の削減量のはるかに大きくなって効果的です。おまけに街のヒートアイランド化も低減できます。街中みんながエアコンを止めて窓を開けてみると、意外と過ごしやすいかもかもしれませんよ。打ち水したベランダで浴衣に団扇なんかで、本当の「クールアース・デー」にしてみませんか（図2）。



図2 クールアース・デー

我が家では、毎年、梅雨の終わり頃だけは夜になっても山風が吹かず、高温・多湿な状態が1週間ほど続きます。以前はこの時期だけエアコンを使用していました。購入して約14年、毎年1週間程度しか使わなかったことが、むしろエアコンの寿命を短くする原因だったかもしれません。今は扇風機でこの不快な時期を乗り切っています。扇風機も、モーターの発熱分だけは室内が暖められてしまいます。扇風機を窓に向けて風を外に送り出すと、反対の窓から外気が自然に

風として吹き込んでくるというのが理想的です(図3)。

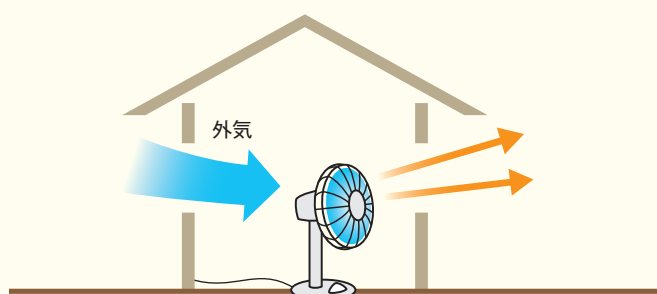


図3 扇風機を外に向けて室内の空気を追い出す

日本のエネルギー事情

日本でエネルギーがどのように供給され、どのように消費されているのか、全体の流れを示すと、図4のエネルギーバランス・フロー概要(資源エネルギー庁が毎年公表)のとおりです。最上段左端の「一次エネルギー国内供給」は日本

で1年間に供給されるすべてのエネルギーを、右端の「最終エネルギー消費」は産業界も含めた消費者が使用するすべてのエネルギーを示し、中央部には資源から利用形態へのエネルギー転換や転換に伴う損失が示されています。

図中の数値は1年間の日本全体のエネルギーで、単位はPJ(ペタジュール、 10^{15} J)です。実感ががないので単位時間(1秒間)のエネルギー消費であるパワー(仕事率・ワット数)1人あたりに換算してみましょう。日本人が1人あたりP(W)(J/s)を1年間使い続けたとすると、日本の人口は約1億2,700万人ですから、日本全体での消費エネルギーE(J)は、

$$E = P \times 60 \times 60 \times 24 \times 365 \times 127000000 \\ = 4.005 \dots \times 10^{15} P$$

となり、ちょうどPJの単位になります。日本人が1人あたり消費するワット数を4倍すると、PJ単位で日本全体の年間消費エネルギーが得られます。逆に、図4の数値を4で

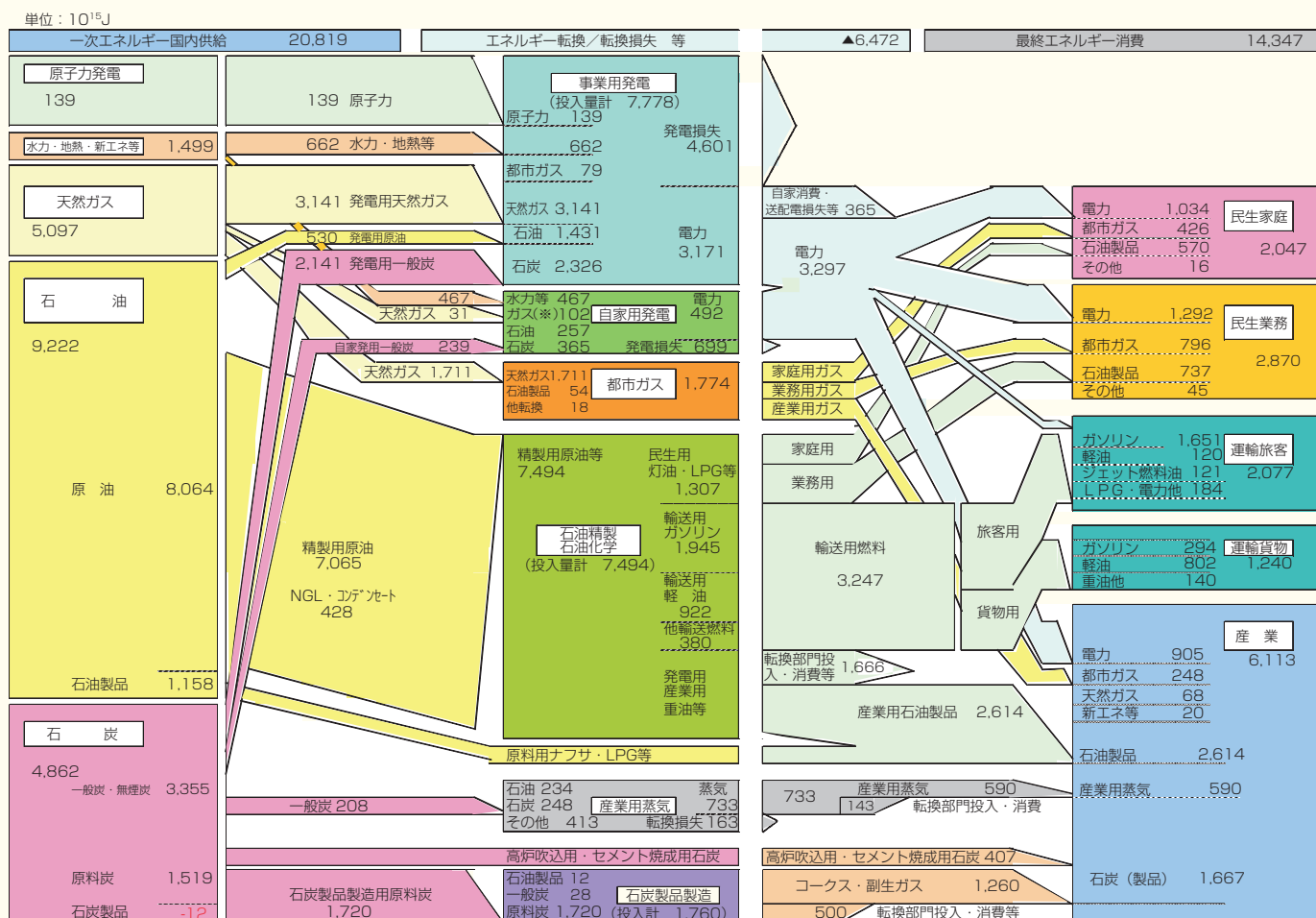


図4 エネルギーバランス・フロー概要(2012年度) 出典:『エネルギー白書2014』資源エネルギー庁

割った値が、日本人が1人あたり常々消費しているワット数になります。

家庭でのエネルギー消費を意味する「民生家庭」は2,047 PJで、その内訳は電力が1,034 PJなどですから、日本人1人あたりでいうと、家庭での消費は電力が約260 W、都市ガスが約110 W、石油製品であるプロパンガス(LPガス)や灯油の合計が約140 W、家庭での合計は約510 Wです。「民生業務」は店舗、学校など家庭外でのエネルギー消費で、家庭よりもやや大きな値となっています。

「運輸旅客」は2,077 PJで家庭に匹敵し、その約8割がガソリン、「運輸貨物」は1,240 PJで7割近くが軽油です。運輸によるエネルギー消費の7～8割は、マイカーによる人の移動とトラックによる貨物輸送ということになります。

「産業」の6,113 PJが大きく、全体の43%を占めているので、市民レベルの省エネ努力は効果が小さいように感じますが、「民生家庭」だけでなく「民生業務」も市民による努力対象となるでしょうし、さらに「運輸旅客」のガソリンもおもにマイカーです。省エネといえばまず家庭の節電に目が向きますが、マイカーのガソリン消費が家庭の電力消費と比べて1.5倍以上もあることは注目すべきで、公共交通や自転車を活用してマイカー利用を控えることは大きな省エネになります。「民生家庭」と「民生業務」に「運輸旅客」のガソリンを加えると6,568 PJで、「産業」全体を上回る消費です。

図4の中央の列を見ると、エネルギーの転換(変換)によって6,472 PJが失われています。中でも電力への変換による「発電損失」が5,300 PJ(事業用と自家用の合計)と大部分を占めます。これは、日本の電力のほとんどが化石燃料の火力発電でまかなわれ、蒸気タービンを用いた熱機関(熱エネルギーから動力への変換システム)の変換効率が多くの場合30～40%程度に留まるためです。

人間のパワー(仕事率)が1人力約100 W(第1回 エネルギーと人間)であることをモノサシにして考えてみましょう。日本人1人あたりの一次エネルギー供給は約5,200 Wで52人力、最終エネルギー消費は3,600 Wで36人力になります。家庭の電力だけでも日本人1人あたりで2.6人力、4人家族なら約10人力になります(図5)。電力以外のエネルギーまで合わせると、4人家族なら家庭だけで約20人力を使い続けているのです。ちょっと使い過ぎと感じます。

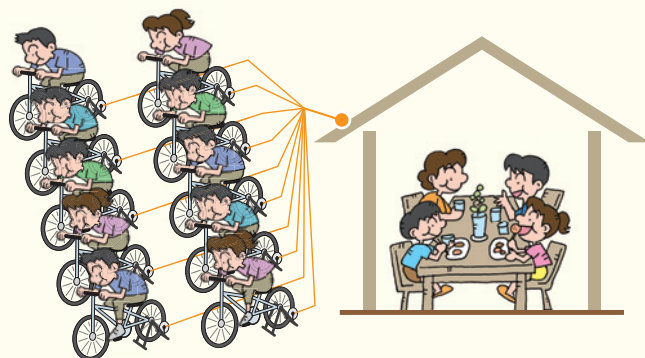


図5 人力発電の家

40年ほど前の石油危機は今や教科書の中の記憶となりつつありますが、20世紀の終わり頃から地球温暖化の懸念が取りざたされ、さらに日本は2011年の震災によるエネルギー危機を経験したことで、今はエネルギーの過大な消費を反省する機運にあります。同じ性能・効果であれば、消費ワット数のより少ない省エネ製品を使い、また、性能や効果を少しひかえめにして消費を抑えるという省エネ指向が普及してきました。

エアコン、テレビ、冷蔵庫など、従来と同等以上の性能をより少ない消費電力で実現する新製品が次々と現れています。電気から光へのエネルギー変換効率は、白熱電球では10%程度であったものが、蛍光灯やLEDでは20%程度まで向上していますが、まだ改善の余地があります。太陽電池や熱機関による発電効率もさらに改善されることでしょう。革新的に性能を上げるような新素材・新材料の大発見や、新しい原理を用いた装置・素子の大発明は注目を集めますが、一方でコソコソと少しずつでも性能を向上していくという、地道な研究や技術開発も大切です。高い目的意識を持って研究開発に挑戦する次世代を育てたいと思います。

夏の夜空に

東京スカイツリーのライトアップは、変換効率の高いLEDを用いているだけでなく、レーザー光のように拡がりがないビーム状の照明器具を開発して使用しています。タワーだけに光を照射し、無駄な光が空へ放射されません。しかし、ビーム状の光で遠くを照らすには正確な角度調整が必要です。例えば、向きが1°ずれただけで100 m先では約1.7 mもずれてしまいます。たくさんの器具を一つ一つ正確に取り付ける施工技術にも感心しながら、夏の夜空を眺めてみてください。



第8回

「STAP細胞問題」から
読み解く科学のいま

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)。STAP問題では、理化学研究所研究不正再発防止のための改革委員会の委員も務めた。

問題の経緯

理化学研究所の小保方晴子ユニットリーダーらによるSTAP細胞作製の発表からはや半年が過ぎた。弱酸性の溶液に細胞を浸すだけで多能性を獲得するというSTAP細胞をめぐる、「人工多能性幹細胞(iPS細胞)」を超える画期的な特徴が強調され、「生物学の教科書を書き換える成果」とも報道された。小保方氏という若い女性研究者が実験を主導したこと、祖母からもらった割烹着やピンクの壁紙に彩られた実験室などのエピソードともあいまって、連日、過熱した報道が繰り返された。日本中が、一人の若い女性研究者に注目を寄せた。

しかし、「生物学の教科書を書き換える」と謳われたSTAP細胞へのまなざしは、論文発表から数週間後にはだいぶ異なった様相を呈し始める。インターネット上では論文発表直後から、STAP細胞に関する2本の論文をめぐるさまざまな疑義が指摘された。

成果発表の2週間後には理化学研究所で、研究不正の疑義に関する予備調査が開始されることになる。2月半ばには一編の論文(主論文)について本調査が始まった。そして調査委員会は3月末、主論文に捏造・改ざんという研究不正行為があったという結論を発表した。小保方氏サイドは不服申し立てを行ったが、調査委員会は5月初旬、再調査不要との判断を下す。ここで理化学研究所の規定に基づき、小保方氏による研究不正行為が確定した。

この過程で、実験ノートの記載をはじめとして、実験データの記録・管理が極めてずさんなものであったことが明らかになった。もう一編の論文(副論文)についても新たな疑義が判明し、6月末、理研は副論文についても予備調査を開始することになる。

かくしてSTAP細胞をめぐる2編の論文の信頼性は、根底から揺るがされることになった。著者らの申し出に基づき、論文を掲載した科学誌『ネイチャー』は7月2日、2編の論文について撤回を発表した。世界から広く注目を集めたSTAP論文は、発表から5か月で無に帰したのだった。

研究不正とは何か？

今回、調査委員会は主論文について2点の研究不正を認定した。ともに論文に掲載された実験画像に関するものだった。

STAP細胞の遺伝子解析結果を示す画像は、別の2つの実験で得られた画像を加工して合成し、あたかも1つの実験によって得られた実験画像であるかのように提示されていた。調査委員会は、そのような行為が「データの誤った解釈を誘導する危険性を生じさせる」ことを指摘し、「改ざん」が行われたものと認定した。実験データに恣意的な加工を加えることで、実際の実験結果とは異なった結果が得られたものと見せる行為が行われたと判断したのである。

また、STAP細胞が多能性をもつことを示す実験画像には、論文に示されているものとは異なる実験条件のもとで作成さ

れた画像が使われていた。弱酸性の溶液に浸して作製されたSTAP細胞をマウスに注入して作ったものとされていた画像は、実際には、論文に書かれているのとは別の細胞を、細いピペットに通すことで機械的ストレスを与えることにより作成された画像であった。これはなにより、弱酸性の溶液に浸すことで多能性を獲得できるという論文の中核的メッセージにかかわる箇所である。「データの信頼性を根本から壊すもの」として、実験データの「捏造」が認定された。論文の主張を支える実験データについて、実際にはそのようなデータが存在しないにもかかわらず、他の実験データを転用することであたかも存在するかのように提示したと判断されたのである。

「捏造」「改ざん」によって作られた研究成果は、当然のことながら信頼できるものではない。そのような研究成果は、研究の世界に大きな悪影響をもたらす。それはとりわけ研究成果のインパクトが大きければ大きいほど深刻となる。

研究は、これまで他の研究者によって行われてきた研究成果を踏まえ、その蓄積のもとで行われるものである。そこに、捏造や改ざんによる研究成果が紛れ込んでいたとしたらどうなるか。新たな研究が土台として依拠する成果に誤った成果が入り込むと、その土台の上で行われる研究に注ぎ込まれた労力や資金は無駄になる可能性が大きい。

実際、今世紀初頭に発覚した、高温超伝導（高温超電導）をめぐるベル研究所のヘンドリック・シェーンの研究不正事例では、捏造や改ざんに彩られた研究成果をめぐる、世界のトップレベルの研究機関で100以上の研究グループが追試を行い、10億円以上の資金が費やされたと見込まれている。^{*1} 追試にかかった労力と資金は、結果として壮大な無駄と化したのであった。

また、生命科学や製薬の分野では、「捏造」「改ざん」は、医薬品の開発や治療法に影響し、治験や治療を受ける患者の生命を危険にさらすことにもなり得る。「捏造」「改ざん」はそれだけ深刻な問題なのである。

なお、調査委員会では過失の可能性ゆえに「盗用」とは認定されなかったが、論文の実験方法に関する記述の一部が他の論文からほぼそのままコピーしてきたものである点も調査の対象となった。「盗用」とは、他人の論文等を、文章の出典等、適切な引用表記をせずに使用する行為である。「捏造」「改ざん」「盗用」が、研究不正の中核をなす行為とされている。

シェーン事件

さきほど、シェーンの事例では世界中でトップレベルの研究者が追試を行ったと述べた。STAP細胞をめぐる騒動は、シェーンの事例とさまざまな点で重なるものである。ここで、シェーンの事例について簡単に紹介しておこう。^{*2}

舞台となったのは、12名のノーベル賞受賞者を輩出し、アメリカの名門研究所として知られていたベル研究所である。ドイツの大学で学位をとり、1997年にベル研に研究員として入所したヘンドリック・シェーンは、2000年に29歳の若さで超伝導研究の世界に登場すると、高温超伝導の研究で一躍、脚光を浴びた。シェーンはそれまでの常識を破る手法によって、高温超伝導の記録を次から次へと塗り替えていった。そして登場からわずか3年間の間に、『ネイチャー』『サイエンス』の両誌にあわせて16本もの論文を発表していく。高温超伝導の世界に革命をもたらした、ノーベル賞に最も近い研究者ともいわれた。

しかし、シェーンが相次いで画期的な論文を発表していくなかで、シェーンの記録的な成果に疑念の思いを抱く人々が登場してくる。世界中で追試が行われているのに、追試に成功する研究者は現れなかった。ただし、後述するようにそのことは当初は必ずしもシェーンの研究成果を疑うものとはならなかった。

決め手となったのは、論文に掲載された実験データにいくつもの「使い回し」があったことだった。論文に掲載されたグラフについて、別の実験のグラフが縮尺を変えるなどの加工を加えて使い回されていることが明らかになったのである。研究不正の告発に対して、ベル研は調査委員会を立ち上げて調査を開始した。そして最終的に、調査対象となった24の論文のうち16の論文で研究不正行為があったと結論づけた。残りの論文については、問題があるという認識は示されたものの、実験記録やデータの不備のため明確な証拠が得られず、明確な判断を下すことができなかったのだった。

一人の若い研究者が脚光を浴びたのは、たんにその研究成果の革新性だけではなかった。研究の舞台が名門のベル研究所であったこと、超伝導分野をリードする著名な研究者と共著で論文を発表しており、その後ろ盾があったこと、論文が『サイエンス』『ネイチャー』といった一流誌に相次いで掲載

されたことなどが背景にあった。このような構図は、今回のSTAP細胞をめぐる騒動を彷彿させる。

もし研究の行われた舞台が名門の研究所でなかったら？ 画期的な研究が無名の若手研究者一人の研究成果だったとしたら？ これは仮定ではあるが、シェーンの事例もSTAP細胞の場合も、全く違った展開になっていたことを想像するのはそれほど難しいことではない。そして、研究不正の影響が甚大なものになったことも、そのような背景があつてこそのことだった。

ここには、現代の科学研究においてある種の権威主義とも呼ぶべき状況が存在していることを見てとることができる。今回のSTAP細胞をめぐる問題を考えるうえで、研究の舞台となったのが理化学研究所の発生・再生科学総合研究センター（CDB）であつたこと、共著者にその分野の著名な研究者たちが名を連ねていたことは大きな意味をもっていた。

「再現実験」の難しさ

STAP論文をめぐるのは、当初、論文に記された方法にしたがって国内外の研究室で再現実験が試みられたが、なかなか成功の報告が上がってこないことも話題になった。そのことは、論文不正の疑義とあいまって、STAP論文への疑念を招いた。「世界中のどこでも再現に成功していない以上、そもそもSTAP細胞などはじめから存在しないのではないか。」そのような発言もしばしば聞かれた。再現実験の相次ぐ失敗は、それだけで研究不正を確信させるものになり得るのだろうか。

再現実験には、いくつもの難しさが伴う。とりわけバイオ研究の分野では、生物を扱っていることも一因となり、実験者も気づいていないようなちょっとした条件の違いで再現実験がうまくいかないことは少なくない。利用する試薬の製造ロットが違っただけで再現が成功しないこともある。

このことは、7月より理化学研究所で開始された小保方氏本人の参加による再現実験について、成功しなかったとしても何らかの弁明が可能なのではないか、だったら再現実験は意味がないのではないかと批判を招く理由ともなっている。

超伝導という物理学の世界で繰り広げられたシェーン事件でも、再現実験の難しさは顕著だった。さきほども指摘したように、高温超伝導の記録を次から次へと塗り替えていった

シェーンの論文をめぐる、世界中の研究者たちが追試を行った。シェーンの論文に書かれた方法の通りに、論文で報告されている現象を再現しようと試みたのである。その結果は、当然のことながら失敗ばかりであつた。

しかし、だからといって多くの研究者がシェーンの研究成果に疑念を向けたかということ、そうではなかった。シェーンが採用した手法は、従来、超伝導の分野では利用されていなかったものだった。そのため、追試を試みた研究者たちは、実験の失敗を自分たちの実験技術の不備にあると考えた。また、実験技術はいわば職人技のような側面をもつため、シェーンがたぐいまれな実験技術をもっているのではないか、「マジックハンド」をもつシェーンだけが実験を再現できるのではないかと語られることになった。

また、論文には再現実験を行うために必要なすべての方法が詳細に書かれていないのではないかと、特許が絡んでいるために重要な箇所をあえて隠しているのではないかと憶測も呼んだ。現代の科学では、「特許」も他の研究者による再現を困難にする圧力となっているのである。

しかし、蓋をあけてみると、シェーンの実験技術は極めて稚拙なものでしかなかった。また、シェーンが実験に使っていた実験機器も、一部では「マジックマシン」と囁かれていたが、その実物はとても画期的な成果を出せそうにない古びた凡庸な実験機器であつた。シェーン事件は、あまりにもあつけない結末で幕を閉じたのだった。

このことはもちろん「再現実験」の失敗をもって研究不正を疑うべきだと言いたいのではない。むしろ、優れた研究成果が発表されても、再現実験がうまくいかないことはしばしばあるのである。だからこそ、シェーン事件で世界中の研究者たちが見事に欺かれたのだった。

教科書に書かれている実験では、「再現実験」は常にうまくいく。しかし、最先端の科学では、「再現実験」が失敗したとしても、それをどう理解するのかは実はそれほど容易な問題ではない。だからこそ、研究不正の問題では、論文に掲載されているデータの信頼性や、それを裏づける実験ノート・記録が極めて重要な意味をもってくるのである。❖

補注

※1 村松秀『論文捏造』中公新書ラクレ、2006年、42ページ。

※2 以下、シェーン事件に関する記述は基本的に前掲『論文捏造』による。

小学校野外学習 「エンジョイ白神山地」 に協力して



八峰白神ジオパーク推進協議会 会長

工藤 英美 / くどう ひでみ

はじめに

秋田県北西端に位置する小さな町・八峰町には小学校3校と中学校2校があります。目立った教育活動を実施しているわけでもないのに、全国学力調査の結果を見ると常に上位を占めています。

その理由について一つだけ心当たりがあります。それは、大学教授による出前授業や、地域に組織されているガイドの会の会員の協力による野外学習が可能であり、5校とも各学校の教育課程に合わせて独自の出前授業や野外学習を実施していることです。

本稿では、八峰町立八森小学校で実施している野外学習「エンジョイ白神山地」の実践を紹介します。

背景にある地域の特徴

(1) 八峰町白神ガイドの会の存在

1993年、白神山地の一部が世界自然遺産としてユネスコ世界遺産委員会によって認定されました(図1)。世界遺産に隣接する八峰町民にとっては、ただの山地がある日「世界の宝」となったのですが、何が宝なのか、さっぱり理解できなかったのです。

この現実に関心を持った地元の有志たちが集まり、学習を始めました。学習が進むに連れてわかってきたことがありました。それは広大な白神山地の大部分が天然ブナ林で覆われており(図2)、この大森林は巨大な天然ダムとして働いていて、たゆむことなく地元の田畑を潤し、また生活用水を供給していることです。

有志たちはこの巨大な天然ダムを守るべく、二つの活動を開始しました。第一は、今まで気づかずに伐採してきたブナ



図1 世界自然遺産 - 白神山地



図2 白神山地の天然ブナ林

林跡地にブナ林を再生させるためのブナ植樹活動を全国に呼びかけること、第二は天然ブナ林の大切さを人々にアピールすることでした。

第一の活動は「NPO 法人白神ネイチャー協会」を設立し、現在も継続中です。第二の活動は「八峰町白神ガイドの会」を設立し、登山者の案内やガイドの養成を実践中です。

(2) 八峰白神ジオパークが誕生

八峰町白神ガイドの会会員が中心になって白神山地の自然をガイドする活動が活発になってきた頃、地形や地質も含めたジオパークを立ち上げようという話が八峰町を中心に専門家から提案され、2012年9月に「八峰白神ジオパーク」が日本ジオパーク委員会の認定を受けました(図3)。

このような活動のもと、八峰町は白神山地の動物・植物・地形・地質などの自然を文化とともに総合的に学習できる場となりました。



図3 八峰白神ジオパークの催し

八森小学校「エンジョイ白神山地」の活動

八峰町立八森小学校は、児童数が百数十名で推移している小規模校です。

(1) 計画

4年生から6年生までの児童を混合してグループ(縦割り班)を編成し、グループごとに野外学習のテーマを決めます。次に、各テーマを指導できるゲストティーチャーを八峰町白神ガイドの会に要請します。

2011年度のテーマは以下のとおりでした。

- ① 留山コース(里山近くにある天然ブナ林を観察)
- ② 海辺の観察コース(普段子供たちの遊び場となっている海辺の動植物を観察)
- ③ 海釣りコース(磯釣りのテクニックを学びながら磯の自然を観察)
- ④ 御所の台里山散策コース(里山の植物を観察)
- ⑤ ぶなっこだンドコース(白神山地ビジターセンターおよび周辺の自然を観察。特に真瀬川渓谷)
- ⑥ 火山コース(八峰白神ジオサイトを中心に地形・地質を観察)

以上のコースに協力してくださったガイドは10名で、年間5回実施なので、延べ人数は50名となります。このような活動が2014年度現在6年間継続されています。

(2) 成果 ～火山コースの一例～

野外学習が終わると、子供たちは「エンジョイ白神山地、教えるよ」カードにそのまとめを記入して、担当の先生に提出します(図4)。

(3) 担当教師の感想談

こんなに石が好きな子がいる学校って本当に珍しい。私が学校に出勤してくると、玄関前で子供たちがポケットから大切なものを取り出すように小石や鉱物を出して、「先生、これ何?」と毎日のように聞いてきます。

今日は、今年、はじめてのエンジョイ白神がありました。今日は、ばくが一番やりたかった、石探しをしました。あやしい石をハンマーでわると、その中にはキラキラと光る、とうめいな石がたくさん入っていました。その部分を手に入れるためにがんばって石をたたきました。

たたいているとその部分がうまく割れたのでうれしかったです。次はもっとキレイな石を見つけれるようにがんばりたいです。



✿ 先生からのコメント

お宝ゲット? そのキラキラする石の正体が気になります。

✿ 家の人からの声

宝石のようにキラキラ輝く石はどんな場所にあるのかな?
たくさん珍しい石が見つかるといいね。

図4「エンジョイ白神山地、教えるよ」カードの例
(日沼啓斗君 原文のまま)

コース最後のまとめの時間の「ジオパークってどんなところ?」との問いに、15名の児童たちはワイワイガヤガヤ。ほどなくして、ある女の子が「大地で遊ぶところじゃない?」と発言。そしてまたワイワイが続いたのですが、突然、一人の男の子が大声で「大地で遊ぶところ!」と叫びました。すると全員がそれに同意しました。

おわりに

八峰白神ジオパークの仲間うちでは、もっぱら子供たちの発想「ジオパークとは大地で遊ぶところである」をキャッチフレーズに使用させてもらっています。なお、この内容の一部は2014年9月、カナダで開催されるジオパークの国際会議で発表する予定です。

「It is the place where we play and enjoy.」



..... 編集後記

特集「ICTを活用した理数科教育の充実」第2弾をお届けします。算数・数学や理科指導におけるICT活用の参考になれば幸いです。さて、文部科学省では、東京でオリンピック・パラリンピックが開催される2020年に次期の新教育課程を全面実施すべく、今年の秋にも学習指導要領の改訂を中央教育審議会に諮問することです。次号では、次期学習指導要領に大きな影響を与える「21世紀型能力」(国立教育政策研究所)に焦点を当てた特集を予定しています。

(財)理数教育研究所 事務局

戯画に取り上げられたルイ・パスツール ～狂犬病ワクチンの開発に貢献したウサギたちとともに～

ルイ・パスツール(1822～1895年)といえば、その生涯においてブドウ酒の腐敗防止やカイコの病気防止など実社会上の問題解決に積極的にかかわりながら、生物の自然発生説の否定、細菌学誕生への貢献など、今日の生物学・医学の基礎となる学問上の知見を生み出したことで有名なフランス人科学者です。晩年には、体調を崩しながらも狂犬病ワクチンの開発に成功し、人々をその恐怖から救いました。ここに紹介した戯画はフランスの古典的プロパガンダ画家シャルトランがイギリスの週刊誌『パニティ・フェア』1887年1月8日号に発表したもの(部分)です。ペットのように抱かれたウサギたちですが、おそらくパスツールの心境は複雑だったのでは。今ではウイルスとして知られる病原体の研究には、生きている動物たちが必要だったのです。これまでに研究の犠牲になった多くの実験動物たちに改めて感謝の念を表したいものです。

大阪教育大学 名誉教授 鈴木 善次 / すずき ぜんじ



© Science Photo Library/アフロ

Rimse (リムス)

No.9

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：アフロ