

日本の理数科教育をサポートする

Rimse

Research Institute for Mathematics and Science Education

No. **20**
OCTOBER
2017



特集

新学習指導要領が目指す これからの理数科教育 Ⅱ

Rimse (財)理数教育研究所

Contents

表紙裏

巻頭言

デジタル時代に求められる学びの場づくり

NPO 法人 CANVAS 理事長 石戸 奈々子

特集 新学習指導要領を目指す

これからの理数科教育 II

2 I 算数・数学教育はどう変わるか

愛知教育大学数学教育講座 准教授 青山 和裕

7 II 理科教育・理科の授業はこう変わる

常葉大学大学院 教授 田代 直幸

12 III 「数学・理科にわたる探究的科目」である 「理数探究基礎」, 「理数探究」新設のねらい

中央教育審議会「高等学校の数学・理科にわたる探究的科目の
在り方に関する特別チーム」主査代理 小玉 秀史

17 連載 数学と音楽の織りなす世界 第9回

数学を用いて簡単な作曲に挑戦する

ジャズピアニスト・作曲家・数学者・STEAM 教育者 中島 さち子

20 連載 サイエンス・フィクション? 第9回

水の泡

東北大学高度教養教育・学生支援機構 准教授 山内 保典

23 連載 ヒトの生物学を教えよう 第9回

“快楽”との正しい付き合い方

東京都立国立高等学校 主任教諭 大野 智久

26 教育に新しい風を

古めかしいテーマですが...

教材研究と教員養成

秋田大学客員教授 根岸 均

28 広場 地域教育で活躍する人々 第19回

ママたちのフェルトボールオンライン講座

～生徒獲得大作戦!!!～

算数パフォーマー 上野 真弓

裏表紙

科学史の散歩道 第20回(最終回)

人間にとって「科学文明」とは

～「科学史の散歩道」を振り返り、考える～

大阪教育大学 名誉教授 鈴木 善次

巻頭言

Kantougen



NPO 法人 CANVAS 理事長
慶應義塾大学 准教授

石戸 奈々子 / いしど ななこ

東京大学工学部卒業後、マサチューセッツ工科大学メディアラボ客員研究員を経て、子供向け創造・表現活動を推進するNPO 法人「CANVAS」を設立。これまでに開催したワークショップは 3000 回、約 50 万人の子供たちが参加。実行委員長を務める子供創作活動の博覧会「ワークショップコレクション」は、2 日間で 10 万人を動員する。その後、株式会社「デジタルえほん」を立ち上げ、えほんアプリを制作中。総務省情報通信審議会委員、デジタル教科書教材協議会理事などを兼務。著書に『子どもの創造カススイッチ! 遊びと学びのひみつ基地 CANVAS の実践』(フィルムアート社), 『デジタル教育宣言 スマホで遊ぶ子ども, 学ぶ子どもの未来』(KADOKAWA / 中経出版), 『デジタル教科書革命』(共著, ソフトバンククリエイティブ) など。デジタルえほん作家&一児の母としても奮闘中。

デジタル時代に求められる学びの場づくり

1000年に一度の変革ともいえるデジタル革命を迎えている。社会は大きく変わる。学校で学んだ知識だけでは対応できず、誰も答えを教えてくれない、誰も答えを知らない世の中を子供たちは生きている。そんな時代を生きる子供たちに求められる力は？そしてそのための学習環境は？

これまでは、より多くの知識を得ることに評価の力点が置かれていた。教師が持っている知識を一方向に多数の生徒へ伝える授業の形は、均一化された知識を身につけた人材を求める工業社会には効果的であった。しかし、経済がグローバル化し、国境を越えて人材が移動するようになった。インターネットの出現によって、大量の情報が国境を越えて行き交う社会になった。情報があふれる社会では、たとえ多くの知識を得たとしても、それはすぐに陳腐化してしまう。異なる文化、異なる価値観からつくられる世界規模の共同体の中では、「あふれる情報の中から必要な情報を選択し、再構成して新しい価値を生み出す力」が求められる。今まで以上に「人間にしかできない能力」が求められる子供たちへの学びの場は、大きく変化していかざるを得ない。

2002年に設立したNPO法人CANVASは、産官学連携で、「主体的で協働的で創造的な学びの場」を普及させる活動をしている。多様性を尊重しつつ、個に応じた学習ができる。異なる背景や多様な力を持つ子供たちがコミュニケーションを通じて協働し、新たな価値を生み出すことができる。そのような学びの場をつくることを目指し、これまでに約50万人の子供たちが活動に参加をしてきた。

年に一度、全国にある子供向けワークショップを一堂に集めた博覧会イベント「ワークショップコレクション」を開催している。一貫したテーマは、「つくる」。ここで扱うワークショップはみな能動的につくり、見せ、コミュニケーションを取るタイプの活動である。2日間で10万人の子供たちが集う世界最大級の創作・コミュニケーションの祭典となった。

造形、絵画、サイエンス、デジタル、電子工作、音楽、身体表現、映像、環境・自然。幅広い分野のワークショップが集まるが、回を重ねるごとに全体に占めるデジタル系企画の割合が増えてきている。3Dプリンタ、ドローン、ロボット、電子工作、プログラミング。最先端の遊びと学びに子供たち

は夢中だ。あまりの人気に本分野のみ切り出した「STEAM KIDS」企画も実施している。

STEAM企画の中でも特に注目を集めているのがプログラミングと言える。CANVASは、設立時から、プログラミング教育にも取り組んできた。絵を描く、音楽をつくる、アニメーションをつくる、ゲームをつくる、シミュレーションをつくる、動くおもちゃをつくる。子供たちが生み出すものの可能性は無限大だ。作品をつくるには、算数の計算や図形の性質の理解、国語の文章読解や作文、図工や音楽の創造性などさまざまな能力が必要だが、自分がつくりたいものを形にするための手段として意味付けられれば、子供たちは自然に自ら学び始める。「自ら学ぶことを学ぶ」ことを経験し、世の中の多様なことについても学び、世界を豊かに感じ関わっていくこと。プログラミングはそのための道具になる。目的は子供たちがコードを書けるようになることではない。重要なのは、プログラミング「を」学ぶことではなく、プログラミング「で」学ぶことだ。プログラミングを通じて、論理的に考え、問題を解決する力、他者と協働し新しい価値を創造する力を養ってほしいと願っている。

CANVASの活動を始めて15年。この度、文部科学省は、プログラミング教育の必修化を決めた。今の社会は、生活・文化・経済のあらゆる場面で、コンピュータに支えられており、そしてそれらのしくみはすべてプログラミングによって生まれている。だからこそすべての人にとって重要な教育問題となるのである。国語の時間があるからといってみんなが作家になるわけではない。音楽の授業があるからといってみんなが作曲家になるわけではない。同じようにプログラミングを導入したからといって、その目的はプログラマー育成にはならない。よみかきプログラミング。基礎教養としてのプログラミングが今求められている。

これからの多元的で新しい社会を築いていくのは、子供たちの世代だ。未来を想像し、創造するのは、生まれながらネットを駆使し、生まれながらデジタル社会に暮らすデジタルキッズたち。世界中の子供たちがつながって、新しい表現や、豊かなコミュニケーションを生み出し、新しい世の中を築いてほしい。



新学習指導要領が目指す これからの理数科教育 II

I 算数・数学教育はどう変わるか

愛知教育大学数学教育講座・准教授

青山 和裕 / あおやま かずひろ

1975年愛知県生まれ。2005年筑波大学大学院博士課程修了。筑波大学人間総合科学研究科研究員、鳴門教育大学教員教育国際協力センター講師、愛知教育大学数学教育講座助教を経て2011年より現職。算数・数学教育の教員養成や現職研修にも携わりながら、統計教育に関する教材や指導法などについて研究している。



1 ■ はじめに

2017年3月に公示された学習指導要領により小学校算数科、中学校数学科では、資質・能力の育成に向け、問題解決の重視や領域構成の変更などさまざまな点が改訂された。本稿では、まず算数科・数学科の目標や領域構成の変化、移行された内容についてまとめ、次いで今回重視された統計教育に関して期待されている内容についてまとめる。

2 ■ 算数科・数学科の目標の改善と数学的活動について

今回の改訂では、育成を目指す資質・能力を「知識及び技能」「思考力、判断力、表現力等」「学びに向かう力、人間性等」の3つの柱に沿って明確化し、各学校段階を通じて、実社会との関わりを意識した数学的活動の充実を図っている。学習指導要領の記載の仕方については、各学年の指導事項のまとめりと、「知識及び技能」「思考力、判断力、表現力等」についてそれぞれ分けて記載されている。「学びに向かう力、人間性等」に関しては、まとめりごとの記載はなく、教科の目標及び学年の目標として全体をまとめる形で記載されている。

これまで目標や評価の観点として用いられてきた「数学的な見方・考え方」については、教科特有の「見方・考え方」を働かせながら、目標に示す資質・能力の育成を目指すこと

となっており、位置づけに変化が見られる。中央教育審議会答申において示された「数学的な見方・考え方」は、「事象を数量や図形及びそれらの関係などに着目して捉え、論理的・統合的・発展的に考えること」となっている。算数科・数学科の学習においては、「数学的な見方・考え方」を働かせながら、知識及び技能を習得したり、習得した知識及び技能を活用して探究したりすることにより、生きて働く知識となり、技能の習熟・熟達につながるとともに、より広い領域や複雑な事象を基に思考・判断・表現できる力や、自らの学びを振り返って次の学びに向かおうとする力が育成され、このような学習を通じて、「数学的な見方・考え方」がさらに豊かで確かなものとなっていくものとされている。

今回の改訂では、資質・能力を育成していくための学習過程の重要性も指摘されており、答申では「事象を数理的に捉え、数学的に問題を見だし、問題を自立的、協働的に解決し、解決過程を振り返って概念を形成したり体系化したりする過程」といった算数・数学の問題発見・解決の過程が重要であるとされている。これを受け、学習指導要領では数学的活動を「事象を数理的に捉え、数学の問題を見だし、問題を自立的、協働的に解決する過程を遂行すること」と定義されている。

この算数・数学の問題発見・解決の過程は、答申で示された図1に示すように、「日常生活や社会の事象を数理的に捉え、数学的に表現・処理し、問題を解決し、解決過程を振り返り得られた結果の意味を考察する過程」と「数学の事象か

ら問題を見だし、数学的な推論などによって問題を解決し、解決の過程や結果を振り返って統合的・発展的に考察する過程」の2つがある。

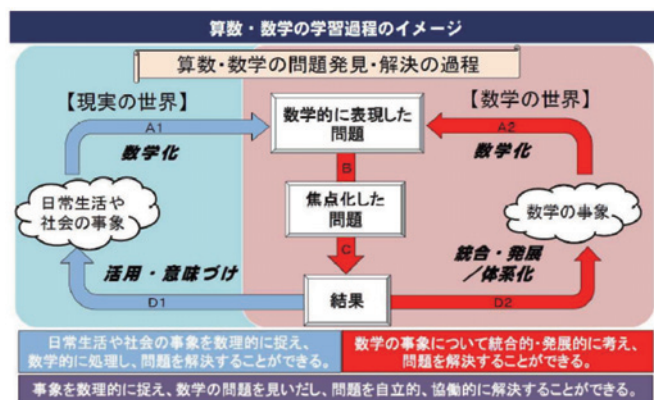


図1 算数・数学の問題発見・解決の過程

これらの学習過程を相互に関わり合わせながら算数・数学の学習を展開することが望まれている。ただし、単位授業時間においてこれらすべての過程を学習することが求められているわけではないことに留意する必要がある。授業においてはこれらの過程を意識しつつ、適宜どこか一部の過程に焦点化するなどし、その積み重ねにより過程全体を自立的、協働的に遂行できるようにすることが大切である。

また、このような学びは小・中・高等学校を通じて一貫して展開されるべきとの判断から、従来の「算数的活動」は「数学的活動」と改められることとなった。併せて、数学的活動の分類についても見直しが行われ、小学校算数科では、「数量や図形を見だし、進んで関わる活動」（第1～3学年のみ）、「日常の事象から見いだした問題を解決する活動」「算数の学習場面から見いだした問題を解決する活動」「数学的に表現し伝え合う活動」の4つに整理された。下学年のみに設定された数学的活動は、子供たちが生活を通じて算数的な疑問や気づきを持つ場面を大切にしたいとの願いが込められている。残りの3つは、算数・数学の問題発見・解決の過程の右側・左側のサイクルと結果の共有ということで対応する形となっている。

中学校数学科では、小学校算数科の数学的活動と揃える形で分類されており、「日常の事象や社会の事象から問題を見だし解決する活動」「数学の事象から問題を見だし解決する活動」「数学的な表現を用いて説明し伝え合う活動」の3つに整理されている。

3 ■ 小学校算数科における領域構成や学校内容の変化

小学校算数科においてはこれまでのA～D領域の内容構成と名称が見直された。特に「式の表現と読み」「関数の考え」「資料の整理」を扱っていた「D：数量関係」領域については、関数に関わる内容と統計に関わる内容を独立領域化させ、それぞれを「C：変化と関係」（4～6学年）、「D：データの活用」とした。「式の表現と読み」は「A：数と計算」領域で扱うこととなった。

また、「B：量と測定」領域については、「図形の計量」に関する内容を「C：図形」領域に移動させ、「異種の二つの量の割合」は「C：変化と関係」領域に、「測定値の平均」は「D：データの活用」領域にそれぞれ移動させた。併せて領域名称が「C：測定」（1～3学年）と変更された。結果として下学年と上学年でC領域の内容が異なる構成となった。

中学校数学科では「D：資料の活用」領域が名称を「D：データの活用」と領域名称が変更され、小学校と統一された。

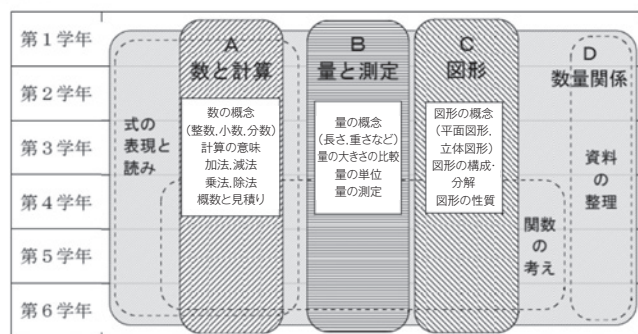
新規に追加された学習内容としては、小学校第4学年において数量の関係同士を比較する方法として、簡単な割合を用いた比較の仕方を新たに扱うことになった。中学校第2学年において「反例」が用語として新設され、図形の学習において事柄が正しくないことを示す方法として扱うこととなった。

学年移行された内容としては、次のことが挙げられる。

- ・第5学年の「素数」を中学校第1学年に移行する。
- ・第5学年の「分数×整数」「分数÷整数」を第6学年に移行する。
- ・第6学年の「速さ」を第5学年に移行する。
- ・第6学年の「メートル法の単位の仕組み」を第3、4、5学年に移行する。
- ・中学校第1学年の代表値（平均値・中央値・最頻値）を第6学年に移行する。
- ・中学校第1学年の「誤差や近似値」を第3学年に移行する。
- ・中学校第2学年の「多数回の試行によって得られる確率」を第1学年に移行する。

- ・中学校第3学年の「自然数の素因数分解」を中学校第1学年に移行する。
- ・高等学校第1学年の「四分位数」「箱ひげ図」を中学校第2学年に移行する。

改訂前



改訂後

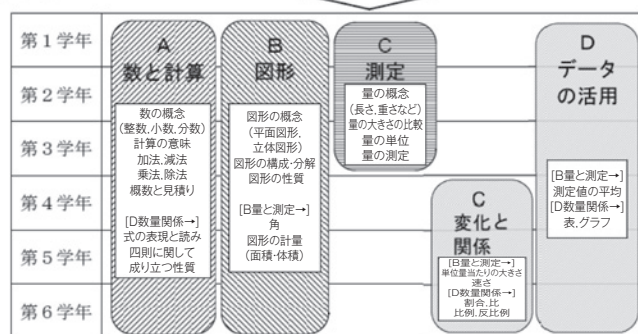


図2 小学校算数科の領域構成の見直し

4 ■ 統計教育の充実

先にも述べたが、今回の学習指導要領改訂により小学校算数科において統計に関する内容が「D：データの活用」として独立領域化することとなった。中学校での「D：資料の活用」も「D：データの活用」に名称が変更され、小・中の接続の観点から領域の対応関係も整えられた。

算数科・数学科において問題解決が重視されていることから、統計教育に関しても問題解決が重視されている。2016年に出された算数・数学ワーキンググループによる審議のまとめによれば、「統計的な問題解決・意思決定」と「統計的な分析結果などを批判的・多面的に考察すること」の2つの項目が提案されており、今回の改訂はそれに沿う形でまとめられている。以下、それぞれに関する具体的な内容とそれを踏まえて今後求められる指導のポイントについてまとめる。

(1) 統計的な問題解決・意思決定について

統計的な問題解決のプロセスについては学習指導要領解説ではPPDACサイクルが取り上げられている。図1で紹介した算数・数学の問題発見・解決の過程と全く異なるものではなく通じる部分も多いが、統計では「データ」を扱うことが特徴的であり、それがより顕在化される形となっている。

表1 PPDACサイクルの各プロセス

問題 (Problem)	・問題の把握 ・問題設定
計画 (Plan)	・データの想定 ・収集計画
データ (Data)	・データ収集 ・表への整理
分析 (Analysis)	・グラフの作成 ・特徴や傾向の把握
結論 (Conclusion)	・結論付け ・振り返り

問題解決に臨むにあたって、何かしらの問題があるはずである。それは教科書や問題集にありがちな算数の問題として定型化されたものではなく、日常の生活や事象との関わりで生じるものである。そういった問題は統計的に取り組む形にはなっていないため、統計的に解決できる形に問題を置き換える必要がある。これが「問題 (Problem)」にあたる。

問題が定まればそれに応じたデータを収集するための検討を行う。問題に関連して考えられるデータやそれらをどのように集めたらよいかを考えなくてはならない。これが「計画 (Plan)」にあたる。

ねらいとするデータが定まれば収集活動を行う。実験やアンケート調査などさまざまな方法が考えられるがそれらを実施し、データを表にまとめるなどである。これが「データ (Data)」にあたる。

集めたデータを分類・整理して表やグラフに表したり、代表値など統計量を求めたりする。それらから特徴や傾向を見いだしていく。これが「分析 (Analysis)」にあたる。

分析を通じて特徴や傾向が把握できたら、それに基づき、問題に対する結論をまとめる。これが「結論 (Conclusion)」にあたる。このプロセスには、結論をまとめるだけでなく、それが妥当かどうか見直すことも含まれる。結論や分析の仕

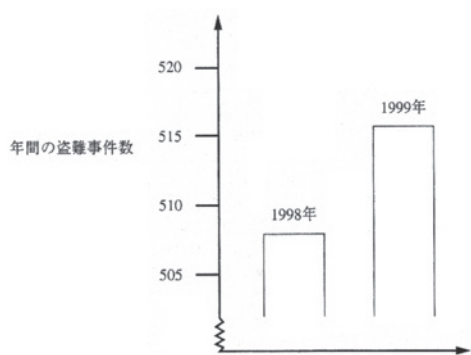
方はもちろんだが、用いたデータや収集の仕方、始めの問題の設定の仕方など、振り返る点はさまざまにある。

統計的な問題解決について学習指導要領に目を移すと、該当する記載内容を見ることができる。小学校第4学年から第6学年及び中学校第1学年の「イ 思考力・判断力・表現力」には「目的に応じてデータを集めて・・・」などといった記載が見られる。また、小学校第5, 6学年の「ア 知識・技能」にも、「統計的な問題解決の方法を知る」と記載されている。これは、いわゆる「方法知」として統計的な問題解決を理解し、使いこなしていくことができる児童の育成が目指されていることを示している。

(2) 統計的な分析結果を多面的・批判的に考察すること

統計的な分析結果などについて批判的に考察することに関しては、OECD・PISA 調査での問題例（国立教育政策研究所，2004）がわかりやすい。

あるテレビレポーターがこのグラフを示して、「1999 年は 1998 年に比べて、盗難事件が激増しています」と言いました。



このレポーターの発言は、このグラフの説明として適切ですか。適切である、または適切でない理由を説明してください。

図3 PISA の調査問題例

これは縦軸の数値を省略することで、本来の特徴とは異なる印象を読み手に持たせようとしている例である。ニュースや新聞、雑誌など第三者による統計情報については、発信者にとって都合の良いように歪められた情報が用いられている場合などがあり、注意深く読み取ることが必要である。

また、自分たちで行った問題解決の過程や結論についても多面的・批判的に考察することが求められている。統計的な問題解決では、算数・数学科の他の領域と異なり、結果の定まっていない不確定な事象を扱う。そのため、分析の仕方や

解釈の仕方によって結論が変わってくることなどがある。そのため、自身の問題解決過程や結論について、異なる分析方法や観点、立場から捉え直すなど多面的に考察する必要がある。また、相関と因果を混同してしまったり、調査対象に偏りがあることで事実と異なる結論を見いだしてしまったりするなど、統計特有の誤りに陥ってしまうこともよくあるため、妥当性について慎重に検討する姿勢も必要となるのである。

多面的・批判的に考察することに関して、学習指導要領では、小学校第5, 6学年と中学校の全学年のイの中に見ることができる。

(3) 各段階での統計教育に関するポイントについて

○小学校第1～3学年

まず、小学校算数科の下学年においては内容的には大きな変化は見られず、また統計的な問題解決に関する文言も見られない。だからといって統計的な問題解決を扱わないということではない。下学年では自分たちですべての過程を遂行することは難しいと思われるため、身近な事象や生活に関わる題材を通じて、教師の導きのもとで問題解決を経験しながら学習を進めていくことが求められる。

○小学校第4～6学年

第4学年から上の学年になるにつれて、目的に応じて集めるべきデータを考えてみたり、集めたデータについてどのような分析を行うのかを考えるなど、徐々に自分たちで問題解決を遂行することを促していくことが目指される。学年が上がるにつれて、統計グラフや統計量についても扱える種類が増えるため問題解決の幅も広がっていくことができる。

実際に統計的な問題解決を行うためには、扱う問題を的確に把握するだけでなく、自分たちにできる分析手法には何があるかを把握し、それに合わせて問題を置き換えるなどする必要があったり、集めるデータも手法に応じて選択する必要があったりする。第5, 6学年で「ア 知識・技能」に統計的な問題解決が設定されている理由は、これまでの学習経験も合わせてメタ的に活動を捉え直すことを通じて、統計的な問題解決の進め方に理解を促し、自分たちでそれを遂行できるようになることが期待されているためである。

多面的・批判的な考察についても自分たちで問題解決を遂行する過程を通じて、問題に対して結論は有効であったか、分析や手順に誤りはなかったかどうかを考える機会を設定し

やすい。また、PISA 調査の問題例のように縦軸を省略するグラフの作り方は第 4 学年で扱うため、第三者による統計情報に対する検討も第 4 学年以降で扱うことが期待される。統計情報を通じて誤った印象を与える方法としては、実際の数値ではなく割合を上手く使う事例があったり、特定の代表値のみを取り上げて主張を展開する例などがあつたりするなど、それぞれ第 5、6 学年の内容と組み合わせやすい。

また、第 6 学年に新規で追加された代表値については、従来から指導されている度数分布表やヒストグラムと合わせて量的データの分析を充実させることができるようになった。そのことを踏まえて、量的データの分布の様子や中心傾向などを探り、判断に生かすことが求められる。用語・記号に追加された「ドットプロット」も併用することでヒストグラムがどのように作られているかを視覚的にも捉えやすくなる。

○中学校第1学年

ヒストグラムは従来から指導されている内容であるが、小学校第 6 学年での扱いよりも充実させるポイントの 1 つとして、階級幅を変えて分布の様子を多面的に捉えることが求められる。量的データを分析する際には、左右の歪みや多峰性などを捉える必要があるが、それには階級設定を何通りも試してみる必要がある。多峰性が見いだされた場合には、属性の異なるデータが混在していないかどうかを検討し、「層別」してみることも必要となる。このような分析活動にはソフトウェアが必須であるため、それも視野に入れる必要がある。

また、統計的確率が第 2 学年から移行されたことは新規事項であるが、多数回試行を通じて収束することを扱うだけでなく、相対度数や累積相対度数と合わせて扱い、対象となるデータの出現する見込みとして統計的確率を判断に生かすことが求められる。

○中学校第2学年

四分位数と箱ひげ図が高等学校第 1 学年から移行されてきたことが大きな変化である。箱ひげ図はヒストグラムと同じく量的データを分析する際に用いられるものであるが、どちらかが優れているとか、どちらかだけを使えばいいというわけではない。箱ひげ図とヒストグラムではデータの特徴として捉えやすい部分が異なるため、分析の際には両方を活用し多面的にデータを捉えることができるとよい。

箱ひげ図は量的データから、「最小値、第 1 四分位数、中央値、第 3 四分位数、最大値」という 5 つの値だけを拾い出せばできることから作るのが容易であるということと、並行箱ひげ図といって、複数のグループ間で横並びにして分析するのが容易であるという利点がある。それらの利点を活かし、多変数のデータや複数のグループ間比較、さらにはそれらをさまざまに組み合わせて分析する際に、まずは箱ひげ図で概観し、おおよその特徴を把握した後に、焦点化するデータを定めてヒストグラムを通じて分布の様子を詳細に分析するなどの方法を取るのが効果的である。

○中学校第3学年

これまでと同様に標本調査を扱うこととなっており、統計教育充実に対応して、標本を繰り返し抽出した際の各標本の平均のばらつき等についても扱いたい。すなわち標本分布であるが、標本数が大きくなることで標本平均のばらつきは小さくなることや、ひいては標本調査の信頼性についても学習が深められることとなる。

誤解を与えないように付言しておく、統計教育充実は単に統計学の内容を増やしたり指導の早期化を行うことではなく、統計的な問題解決を豊かにすることである。手法が増え、活動が充実することは見方・考え方を広げること、ひいては資質・能力の育成にも通じるものである。例えば、標本分布の指導についても、標本調査の信頼性について生徒が批判的な考察の対象として及んだ際に、数学的な根拠を提供し納得して結論を出すに至るための道具となる。他の指導内容についても同様のことが当てはまるため、その視点から指導内容と指導の仕方の見直しが必要となる。



参考・引用文献

国立教育政策研究所 (2004). 生きるための知識と技能 2 - OECD 生徒の学習到達度調査 (PISA)2003 年調査国際結果報告書 -, ぎょうせい.
中央教育審議会教育課程部会算数・数学ワーキンググループ (2016). 算数・数学ワーキンググループにおける審議の取りまとめについて (報告). 文部科学省 (2017). 小学校学習指導要領解説算数編, 文部科学省.
文部科学省 (2017). 中学校学習指導要領解説数学編, 文部科学省.

II 理科教育・理科の授業はこう変わる

常葉大学大学院 教授

田代 直幸 / たしろ なおゆき

1960 年生まれ。東京都の公立高等学校に 16 年間勤務の後、文部科学省及び国立教育政策研究所で理科の調査官として 12 年間勤務。平成 20 年版学習指導要領の編纂に関与して、理科教育を大きく変えた。2014 年からは静岡県にある常葉（とこは）大学及び常葉大学大学院に勤務している。



1 ■ はじめに

小学校・中学校の学習指導要領や学習指導要領解説が作成された。今回の学習指導要領では、育成すべき資質・能力を 3 つの柱に整理した。「知識及び技能」、「思考力、判断力、表現力等」、「学びに向かう力、人間性等」である。

「主体的・対話的で深い学び」を通して、児童・生徒にこの 3 つの資質・能力を育み、学ぶことの意味や意義を実感させるのが今回の学習指導要領のねらいともいえる。深い学びが起こるためには、児童・生徒は主体的に学習と関わることが欠かせない。自ら興味・関心を持って関わったことでなければ深い学びにはなかなかつながらないからである。また、深い学びに至るプロセスにはさまざまなものが考えられるが、対話的に学ぶのは、自己内対話を含め、他者との対話を行うことが深い学びを引き起こすきっかけとなりやすいからである。

また、平成 29 年版学習指導要領においては、この深い学びを起こす前提として「理科の見方・考え方を働かせて」という言葉が入っているのも特徴的である。

では、自然の事物・現象を主として質的・実体的な視点で捉えることが、「生命」領域では、生命に関する自然の事物・現象を主として多様性と共通性の視点で捉えることが、「地球」領域では、地球や宇宙に関する自然の事物・現象を主として時間的・空間的な視点で捉えることが、それぞれの領域における特徴的な視点として整理することができる。

「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」の 4 つの領域に分けて視点を整理しているが、それぞれの領域に特徴的ではあるものの、その他の領域においても強弱はあるが用いられる視点であることに注意したい。実際、見方については領域を広くカバーする汎用的なもののほうが重要である。小学校学習指導要領解説理科編にも「理科だけでなく様々な場面で用いられる原因と結果をはじめとして、部分と全体、定性と定量などといった視点もある」と書かれている。さらに述べれば「構造と機能」「循環と平衡」「モデル」などの視点も重要であると筆者は捉えている。

例えば、「構造と機能」というのは「構造と機能とは関連しているはずだ」という見方で、複雑なつくりのものを見たら何かすごい機能が隠されているに違いないと推察したり、卓越した機能があった場合には、それを支える特別なつくりがあるに違いないと推察したりする見方である。このように何か事象を見る際に、私たちはフィルターをもってその事象を理解している。その理科の学習を支える価値あるフィルター、すなわち視点が理科の見方と考えることができるだろう。

2 ■ 小・中学校の理科の見方・考え方

(1) 理科の見方

答申においては、理科の見方については次のようにまとめられている。

「エネルギー」領域では、自然の事物・現象を主として量的・関係的な視点で捉えることが、「粒子」領域

(2) 理科の考え方

考え方については、

探究の過程を通じた学習活動の中で、比較したり、関係付けたりするなどの科学的に探究する方法を用いて、事象の中に何らかの関連性や規則性、因果関係等が見いだせるかなどについて考えることであると思われる。この「考え方」は、物事をどのように考えていくのかということであり、資質・能力としての思考力や態度とは異なることに留意が必要である。

と答申の中で整理されている。これを受けて『小学校学習指導要領解説 理科編』では、

問題解決の過程において、どのような考え方で思考していくかという「考え方」については、これまで理科で育成を目指してきた問題解決の能力を基に整理を行った。児童が問題解決の過程の中で用いる、比較、関係付け、条件制御、多面的に考えることなどといった考え方を「考え方」として整理することができる。

としている。

例えば、「比較」という考え方を働かせることで、自然の事物・現象を比較し、差異点や共通点を明らかにすることができる。また、時間的経過での前後を比較したり、観察、実験前の自分の予想と観察、実験後の結果とを比較したりすることも考えられる。このように「比較」を行うことで、新たな気付きや疑問を生じ、その気付きや疑問が理科で解決できる課題となれば、それがきっかけとなり探究が始まる。

同様に、「関係付け」という考え方を働かせることで、自然事象の変化とそれに関わる要因を結び付けたり、既習の内容や生活経験と結び付けたりすることなどができる。このように「関係付け」を行うことで、解決したい問題についての予想や仮説を発想する際に、自然の事物・現象と既習の内容や生活経験とを関係付けたり、自然の事物・現象の変化とそれに関わる要因を関係付けたりすることが考えられる。

「条件制御」という考え方を働かせることで、学習者が調べたいと思っている要因の影響を把握する際に、変化させる要因と変化させない要因を区別することができる。このように「条件制御」を行うことで、自らの課題について解決の方

法を発想する際に、制御すべき要因と制御しない要因を区別しながら計画的に観察、実験などを行うようになることが考えられる。

「多面的に考える」という考え方を働かせることで、自然の事物・現象を複数の側面から考えることができる。このように「多面的に考える」ことを行うことで、解決したい課題について互いの予想や仮説の違いを意識しながら追究したり、複数の観察、実験などから得た結果をもとに考察をしたりするようになることなどが考えられる。

(3) 見方と考え方と資質・能力

ここまで、理科の「見方」と「考え方」とを分けて説明してきた。確かに「見方」「考え方」は分けて考えたほうが便利な面もある。しかし、両者は相互に関連しているものでもある。実際、「比較」などは汎用的に使える「見方」でもあり、「考え方」でもある。だから、あまり厳密に峻別する必要はない。また、まず「見方」があつて、次に「考え方」があるといった順序性のあるものでもない。大切なことは教師が児童・生徒の学習歴や発達の段階に応じた適切な「見方・考え方」を選び、その「見方・考え方」を学習に際して児童・生徒が自ら意図的に使おうと考えるように育てることである。このことが学習指導要領や学習指導要領解説で繰り返し書かれている「理科における見方・考え方を働かせ」の真意である。

考え方の例では、小学校を中心に解説したが、中学校や高等学校においても、「理科の見方・考え方」は、生徒が自ら「見方・考え方」を意識的に働かせながら、繰り返し自然の事物・現象に関わることで、豊かで確かなものになっていく。また、「見方・考え方」が広がったり精緻化されたりすることで、理科で育成する資質・能力がよりいっそう伸ばされていくのである。

3 ■ 小・中学校の理科の時数と改訂内容の概要

(1) 理科の時数

理科に関しては、小学校においても中学校においても授業時数の変更はない。小学校では第3学年で90時間、第4学年で105時間、第5学年で105時間、第6学年で105時間である。中学校では、第1学年で105時間、第2学年で140時間、第3学年で140時間である。

(2) 目標の変更

理科の目標についても、他教科同様、資質・能力の3つの柱に沿って再整理されている。

自然に親しみ、理科の見方・考え方を働かせ、見通しをもって観察、実験を行うことなどを通して、自然の事物・現象についての問題を科学的に解決するために必要な資質・能力を次のとおり育成することを目指す。

- (1) 自然の事物・現象についての理解を図り、観察、実験などに関する基本的な技能を身に付けるようにする。
- (2) 観察、実験などを行い、問題解決の力を養う。
- (3) 自然を愛する心情や主体的に問題解決しようとする態度を養う。

小学校理科の目標についてみると、理科で育成すべき資質・能力のうち、(1)が「知識及び技能」、(2)が「思考力、判断力、表現力等」、(3)が「学びに向かう力、人間性等」にそれぞれ対応している。

(3) 内容項目のおもな変更点

小学校

内容のおもな変更部分については、小学校については、第3学年に「音の伝わり方と大小」、第4学年に「雨水の行方と地面の様子」、第6学年に「人と環境」が追加された。また、第4学年の内容「光電池の働き」と第5学年の内容「水中の小さな生物」はともに第6学年に移行された。第6学年の内容だった「電熱線の発熱」については中学校に移行された。

中学校

中学校において改善・充実を図ったこととして、第1分野では第3学年に加えて、第2学年においても、放射線に関する内容を扱うこととなった。第2分野では、全学年で自然災害に関する内容を扱うようにしたことと、第1学年において、生物の分類の仕方に関する内容を扱うこととなった。

その他移行された内容項目としては、次のようなものがある。まず、中学校の第1分野では、第1学年で学習していた「圧力」については、気圧については第2学年で、それ以外は第3学年で扱うように変更された。また、小学校第6学年で学習していた「電熱線の発熱」については、中学校第2学年でまとめて扱うように変更された。第2分野では第1学年で学

習していた「葉・茎・根のつくりと働き」は働きについては第2学年での学習内容となった。また、第2学年で学習していた「動物の体の共通点と相違点」については、第1学年での学習内容となった。さらに、第2学年で学習していた「生物の変遷」は第3学年に移り「生物の種類の多様性と進化」に変更された。また、平成20年版では第3学年でまとめて学習していた「自然の恵みと災害」については、平成29年版では火山や地震の災害については第1学年で、気象災害については第2学年で、それぞれ自然の恵みと合わせて学習できるように変更された。

4 ■ 目指す理科の授業の在り方

(1) 主体的・対話的で深い学びとは

理科においても他の教科同様、「主体的・対話的で深い学び」が求められている。学習者が深い学びを得るには、主体的であることが重要である。また、深い学びを得る方法にはさまざま考えられるが、話し合いなどの対話的なプロセスを経ることが有効であることも教員であれば気付いていることだろう。しかし、深い学びとは何か、これに関しては読者によって捉え方にかかなりの幅があると思われる。中央教育審議会の答申には以下のように記されている。

習得・活用・探究という学びの過程の中で、各教科等の特質に応じた「見方・考え方」を働かせながら、知識を相互に関連付けてより深く理解したり、情報を精査して考えを形成したり、問題を見いだして解決策を考えたり、思いや考えを基に創造したりすることに向かう「深い学び」が実現できているか。

まずは、「『見方・考え方』を働かせ」ということが前提となっていることがポイントである。学習者が意図して、「見方・考え方」を用いているのである。次に、深い学びが読み取れる状況として4つほどの例があげられている。

- ① 知識を相互に関連付けてより深く理解すること
- ② 情報を精査して考えを形成すること
- ③ 問題を見いだして解決策を考えること
- ④ 思いや考えを基に創造すること

例えば、この4つの状況が学習者から読み取れれば、深い学びが起きていると考えてよいだろう。

(2) 中学校学習指導要領の理科の「内容」の示し方の特徴

学習指導要領は、教科についていえば、およそ「目標」「内容」「内容の取扱い」の3つの部分から構成されている。平成29年版学習指導要領では、その「内容」の示し方に特徴がある。

表1 中学校理科第2分野

(1) いろいろな生物とその共通点

身近な生物についての観察、実験などを通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。

ア いろいろな生物の共通点と相違点に着目しながら、次のことを理解するとともに、それらの観察、実験などに関する技能を身に付けること。

(ア) 生物の観察と分類の仕方

⑦生物の観察

(中略)

④生物の特徴と分類の仕方

いろいろな生物を比較して見いだした共通点や相違点を基にして分類できることを理解するとともに、分類の仕方の基礎を身に付けること。

(イ) 生物の体の共通点と相違点

⑦植物の体の共通点と相違点

(中略)

④動物の体の共通点と相違点

(中略)

イ 身近な生物についての観察、実験などを通して、いろいろな生物の共通点や相違点を見いだすとともに、生物を分類するための観点や基準を見いだして表現すること。

表1は、平成29年版中学校学習指導要領の理科第2分野(1)の内容を示したものである。(1)の内容は中学校第1学年に学ぶ内容である。今回の学習指導要領では、この単元で育成すべき資質・能力の「知識及び技能」について「ア」として示し、「思考力、判断力、表現力等」について「イ」として示している。これまで、「内容」の中に、「知識及び技能」「思考力、判断力、表現力等」を明示したことはなかった。平成29年版学習指導要領においては、この「ア」と「イ」を関連付けながらそれぞれの資質・能力を育成していくことを求めている。

(3) 中学校第2分野生物領域の構成の変化

平成20年版学習指導要領においては、中学校第2分野の「(1)」で植物のつくりと働きを第1学年で学び、「(3)」で動物のつくりと働きを第2学年で学んでいた。平成29年版では、表1に示した「(1)」において、動植物のつくりを第1学年で学び、動植物の働きをおもに第2学年で学ぶように変えている。平成20年版では、第1学年で学んだ植物での学び方を第2学年の動物の学習の際に活用できるように構成しており、これはこれで意義深い。一方、平成29年版では、最初に外部形態を中心につくりのことを学習する。その後、第2学年で動植物の働きについて学習するように大きく変えている。

5 ■ 中学校理科の授業の展開例

本誌19号では、田村正弘氏による小学校でのこれからの理科授業の展開例が示されていた。ここでは、中学校での理科授業の展開例を1つ示して、これからの授業のイメージの参考としてもらいたい。

表1の(ア)「④生物の特徴と分類の仕方」は、今回の改訂で新たに設置した内容項目である。ここでは「生命」の柱の領域での「理科の見方・考え方」である「多様性と共通性の視点で捉える」という見方を働かせて考えさせることを意図している。また、ここでは、「分類とは何をする事なのか、分類するとどういう意義があるのか」を生徒に体験的に学んでもらうことを意図しての項目である。

『中学校学習指導要領解説 理科編』には、次のように記載されている。

ここでは、いろいろな生物を比較して見いだした共通点や相違点を相互に関係付けて分類できることを理解させることがねらいである。いろいろな生物を分類するためには、見いだした共通点や相違点などを基に、分類するための観点を選び、基準を設定することが必要であることを理解させる。また、この観点や基準を変えると、分類の結果が変わることがあることを見いださせ、幾つかの分類の結果を比較することを通して、生物の分類の仕方に関する基礎を身に付けさせる。

ここで観点といっているのは、生物を分類する際の目の付け所、生物の特徴のことを示している。具体的には、生息している場所や、体の大きさ・色・形、殖え方、移動速度などである。基準というのは、定めた観点に基づいて判断するためのものである。体の大きさを観点とした場合、「ヒトより大きい、ヒトとほぼ同じ、ヒトより小さい」といった基準が考えられる。

また、「(1)」の「思考力、判断力、表現力等」の育成に関して「イ」に「生物を分類するための観点や基準を見いだして表現すること」と示されていることから、生徒自身が観点や基準を説明できるように配慮することが重要である。このような前提を踏まえて授業を準備・実施する。

事前準備

具体的には、分類する生物を選択する際、生徒にとって身近でよく知っている生物や生徒が観察したことのある生き物を用いるとよい。動物、植物を混ぜることも可能ではあるが動物だけにしたほうが混乱は少なく、スムーズに展開する。一方で、動物に限定する場合には、生物の多様性に気付かせることから、ほ乳類だけでなく、昆虫なども含め、ある程度多様な動物を用意しておくことも大切である。また、生徒に知名度の高い代表的な動物の写真やカードを事前に選んでおいて用いることなども考えられる。カードを用いる際には、表面に絵やイラストがあり、裏面に簡単な解説があるものがよいだろう。分類する生物の数は、10～20種類程度が生徒にとって適当と考えられる。

授業の展開

これらの生物を4名程度の班に配布して、生物を分けるための観点（例えば、生活場所、色、光の好き嫌い）を生徒たちに自ら設定してもらう。その後、例えば、「光の好き嫌い」という観点の場合、「光が好き、どちらともいえない、光が嫌い」などの基準についても生徒たちに決めさせて、それに基づき生物を分ける活動を行うことが考えられるだろう。こうして自ら設定した観点や基準により生物を分けることを班ごとに対話的に行う。

仮に全く同じ動物のカードを用いた場合でも、班ごとに「いろいろな分け方がある」「分け方がいろいろだと共通の議論をするのが難しい」「自分たちが気付かなかった観点や基準をもとに分類しているグループがある」などの気づきが生

じて、「分類ということは、一体どういうことをやることなのか、分類することの意義は何なのかを体験的に学ぶ」ことにつながる。このような「深い学び」を目指した学習項目である。また、同時に、いろいろな生物を比較して見いだした共通点や相違点をもとにして分類する中で、「多様性と共通性の視点で捉える」という理科の見方を働かせることの意義や有用性について感じさせることもできるはずである。

留意事項

ここでの分類は、観察及び資料等から見いだした観点や基準をもとに行わせるものを意図したものであり、目的に応じて多様な分類の仕方があり、分類することの意味に気付かせるような学習活動を想定しているものである。生物学に基づく分類の学習は、次項の「(イ) 生物の体の共通点と相違点」の「⑦植物の体の共通点と相違点」及び「⑧動物の体の共通点と相違点」で扱う内容である。

6 ■ おわりに

今回の理科の改訂のキーワードを3つあげるとすれば、「主体的・対話的で深い学び」「理科の見方・考え方」「探究の過程と資質・能力」である。これらの3つのキーワードは、相互に関連し合ってこそ、理科で育成すべき資質・能力を身に付け、高めていくことができる。授業づくり、授業展開については、これからの学校現場での創意工夫により、より質の高い実践が提案されてくることだろう。しかしそのためには、まずは今回の学習指導要領の改訂の趣旨や理念をしっかりと把握することが大切である。



参考文献

- 1) 中央教育審議会「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について(答申)」2016
- 2) 文部科学省『小学校学習指導要領解説 理科編』2017
- 3) 田代直幸「理科における深い学びとこれからの理科授業」『理科の教育』東洋館出版社 2017
- 4) 文部科学省『小学校学習指導要領』東京書籍 2009
- 5) 文部科学省『中学校学習指導要領』東山書房 2009
- 6) 文部科学省『小学校学習指導要領』2017
- 7) 文部科学省『中学校学習指導要領』2017
- 8) 文部科学省『中学校学習指導要領解説 理科編』2017
- 9) 後藤顕一、田代直幸、小林辰至、江崎士郎編著『学習指導要領の展開 中学校理科』明治図書 2017 (刊行予定)

Ⅲ 「数学・理科にわたる探究的科目」である 「理数探究基礎」, 「理数探究」新設のねらい

中央教育審議会「高等学校の数学・理科にわたる探究的科目の在り方に関する特別チーム」主査代理
元千葉県立佐倉高等学校校長

小玉 秀史 / こだま ひでふみ

1955年生まれ。1978年千葉県立鎌ケ谷高校教諭、県立佐倉高校、県立実籾高校、県総合教育センター勤務後、2003年より文部科学省国立教育政策研究所教育課程調査官、2006年県立鎌ケ谷高校教頭、県立市川南高校教頭、2010年より県立鎌ケ谷西高校校長、県立佐倉高校 (SSH,SGH) 校長を務め、2016年3月定年退職。その間、2007年文部科学省学習指導要領改善協力者、2015年中央教育審議会専門委員 (初等中等教育分科会「理科ワーキング」委員、「高等学校の数学・理科にわたる探究的科目の在り方に関する特別チーム」主査代理)、2016年スーパーサイエンスハイスクール企画評価者会議協力者等を務める。



1 ■ はじめに

2015 (平成 27) 年 11 月から中央教育審議会初等中等教育分科会「高等学校の数学・理科にわたる探究的科目の在り方に関する特別チーム」 (以下「理数探究特別チーム」) において、「数学・理科にわたる探究的科目」 (以下「理数探究科目」) の在り方等について審議を重ね、2016 (平成 28) 年 8 月に「高等学校の数学・理科にわたる探究的科目の在り方に関する特別チームにおける審議の取りまとめ」 (以下「理数探究審議の取りまとめ」) を報告した。

2014 (平成 26) 年 11 月に文部科学大臣から「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」諮問を受けた中央教育審議会は、理数探究特別チームを含む各分科会等の報告を受け、2016 (平成 28) 年 12 月に「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について」 (以下「次期学習指導要領改善答申」) を答申した。

本稿では、次期学習指導要領改善答申で示された新たな理数探究科目である「理数探究基礎」と「理数探究」が新設されるねらい等について、私が校長を務めたスーパーサイエンスハイスクール (以下「SSH」) である千葉県立佐倉高等学校での事例を交えながら述べる。

2 ■ 理数探究科目新設の背景とねらい

OECD (経済協力開発機構) に加盟している国々の義務教育修了段階の生徒 (15 歳児) を対象にして、国際的な学習到達度を把握する PISA 調査は、知識や技能を、実生活のさまざまな場面で直面する課題にどの程度活用できるかを評価するものとして、科学的リテラシー、読解力、数学的リテラシーの 3 分野において調査を行っている。私は、国立教育政策研究所在職中に PISA 調査に関わることができ、諸外国と日本の教育の比較において多くの知見を得ることができた。

科学的リテラシーの分野を中心とした 2015 年調査において、OECD 加盟国 35 か国における比較では、日本は科学的リテラシー 1 位、読解力 6 位、数学的リテラシー 1 位という国際的に上位の成績であり、すべての分野において平均点が比較可能な調査回以降で最も高くなっている。この結果は、現行の学習指導要領において「確かな学力」を身に付けられるような言語活動を充実したり、各教科における探究的な学習等を重視した取り組みが実ってきていることが考えられる。

他方、算数・数学及び理科を学ぶ楽しさやこれらを学習する意義等に対する児童・生徒の意識についても改善が見られる一方で、諸外国と比べ肯定的な回答の割合が少なく、さらに学校段階が上がるごとに低下していく傾向にあり、憂慮される状況にあるといえる。

これからの変化の激しい社会を生きるために必要な「生きる力」を育成するためには、実生活における知識や技能の活用や自ら主体的に課題を見つけて自ら答えを見いだしていく思考力・判断力・表現力を育成することが求められている。そのためには、探究的な学習が有効であり、学習に対する興味・関心・意欲の向上も期待できることが指摘されている。現行の学習指導要領においても、高等学校の数学及び理科の分野における探究的な学習を中核に据えた科目として、「数学活用」及び「理科課題研究」が設定されているが、大学入学者選抜における評価がほとんど行われないことなどもあって、高等学校における科目の開設率が極めて低い状況にあり、科目の在り方を検討する必要があるという意見がある。

これらの背景を踏まえ、次期学習指導要領改善答申は、多様で急速な変化を続ける2030年及びその先の社会の未来を見据えて、子供たちの成長を支える教育の在り方を示し教育課程の基準となる学習指導要領等改善の方向性を示した。この答申の「学習指導要領等の改善の方向性、枠組みの見直し」の改善すべき事項の中で、これまでの「何を学ぶか（教科等を学ぶ意義と、教科等間・学校段階間のつながりを踏まえた教育課程の編成）」の見直しに加えて、「何ができるようになるか（育成を目指す資質・能力）」、「どのように学ぶか（各教科等の指導計画の作成と実施、学習・指導の改善・充実）」が示された。

また、理科においては現行の学習指導要領に示されている「科学的な見方や考え方」の育成から、全教科を通して整理された「見方・考え方」に基づき、「理科の見方・考え方」を働かせることにより資質・能力を育成する必要があることや、自然の事物・現象を科学的な視点で捉え科学的に探究する方法を用いて考えることが示されている。

同様に算数、数学においては、「数学的な見方・考え方」を働かせることにより資質・能力を育成する必要があることが示されている。

数学と理科における課題の把握、探究、解決という探究の過程を重視した学習活動は、高等学校等における先進的な理数教育を研究開発しているSSHにおいて多くの実績が積み上げられ、指導のノウハウが確立しつつある。さらに、SSHの生徒たちは、数学や理科、科学技術等に関する興味・関心だけでなく、自ら課題を設定しその解決に向けて意欲的に取

り組む姿勢も向上し、理系の大学や大学院への進学率においても全国平均よりも高い。千葉県立佐倉高等学校においてもSSHの指定を受けてから、主体的、意欲的に学習や研究課題に取り組む姿勢及び進学実績等が向上している。

これらのことから、次期学習指導要領改善答申では、大学入学者選抜の改革や「大学入学希望者学力評価テスト（仮称）」に向けた動きも踏まえつつ、数学と理科においては、数理横断的なテーマに徹底的に向き合い考え抜く力を育成するため、数学と理科の知識や技能を総合的に活用して主体的な探究活動を行う新たな「数学・理科にわたる探究的科目」である「理数探究基礎」と「理数探究」を、選択科目として新設することが適当であるとされた。

3 ■ 理数探究科目の基本原則

理数探究特別チームでは、「数学・理科にわたる探究的科目」を創設するに当たっては、この科目を通じてどのような資質・能力を身に付けさせるかという科目の目標や、学習対象、用いる視点、学習手段などの基本原理を明確にする必要があるとして議論が行われた。そして、アイディアの創発、挑戦性、総合性や融合性等の視点を重視しつつ新科目の基本原理について検討し、以下のとおり整理した。

- ① 様々な事象に対して知的好奇心をもつとともに、教科・科目の枠にとらわれない多角的、複合的な視点で事象を捉え、
- ② 数学的な見方・考え方や理科の見方・考え方を豊かな発想で活用したり、組み合わせたりしながら、
- ③ 探究的な学習を行うことを通じて、
- ④ 新たな価値の創造に向けて粘り強く挑戦する力の基礎を培うこと。

4 ■ 理数探究科目で育成を目指す資質・能力

前述の基本原則を踏まえつつ、新科目において育成すべき資質・能力について、「知識や技能」、「思考力・判断力・表現力等」、「学びに向かう力、人間性等」の3つの柱に沿ってさらに詳細に検討した。その過程においては、知的好奇心を常に抱いて身の回りの事象に接することや、高等学校の段階で研究倫理に関する基礎的・基本的な内容について学

習しておくことについての重要性が指摘された。

[知識や技能]

- ・探究の過程全体を自ら遂行するために必要な知識・技能及び研究倫理についての基本的な理解

[思考力・判断力・表現力等]

- ・教科の枠にとらわれない、多角的・多面的、複合的な視点で事象を捉え、数学や理科に関する課題として設定するとともに、数学的な見方・考え方や理科の見方・考え方を豊かな発想で活用したり組み合わせたりできる力
- ・探究を通じて課題を解決するために、多様な価値観や感性を有する人々との議論等を通じて多角的・多面的に思考するとともに、探究の過程全体を自ら遂行することができる力

[学びに向かう力、人間性等]

- ・様々な事象に対して知的好奇心をもって数学的な見方や理科の見方で捉えようとし、新たな価値の創造に向けて積極的に挑戦したりしようとする態度
- ・数学や理科に関する課題や事象に徹底的に向き合い考え抜いて行動する態度
- ・適宜見通しを立てたり、学習内容を振り返ったりするとともに、新たな疑問を抱き、次につなげようとする態度

5 ■ 理数探究科目の教育課程上の位置付け

理数探究科目の教育課程上の位置付けとしては、次期学習指導要領改善答申において次のとおり示された。

- 現在、数学と理科にまたがる内容の教科としては「理数」が設定されているため、「数学・理科にわたる探究的科目」である新科目については、教科「理数」に位置付けた上で、「主として専門学科において開設される科目」ではなく、「各学科に共通する科目」として設定することが適当である。
- 名称については、教科「理数」の科目であること、「数理」は通常数学を意味する用語であること、結果よりも探究の過程を重視する科目であることから、「理数」及び「探究」の用語を用いたものとするが適当と考えられる。

以上のことから、理数探究科目は教科「理数」に位置付けた上で普通科も含めて各学科に共通する科目として設定する選択科目としての位置付けがなされた。

6 ■ 理数探究科目の基本的な構成と学習内容等

千葉県立佐倉高等学校は、2013（平成 25）年度から文部科学省より SSH の指定を受け、先進的な理数教育の研究開発に取り組んできた。その中心となるのは、自ら課題を見つけ、自ら解決していくための課題研究である。理数科 2・3 年生全員が自分の興味・関心に応じて設定した課題について、個人またはグループで多くの研究テーマに取り組んでいる。課題研究にスムーズに取り組むために重要なのは、自ら課題を見つけ、自ら解決していくために必要な資質・能力の育成である。

そのため、課題研究の「基礎を学ぶ段階」として、1 年次に「佐倉サイエンス」（1 単位）という科目を設定した。この授業では、数学的空間認識、誤差と有効数字、物理、化学、生物、地学実験の基本操作、観察方法、調査方法、英語表記の理科関係書籍購読、夏季休業中には合宿による調査研究等を実施し、外部機関でも実験、観察、調査等ができる基礎的な知識、基本的な技能を習得させるとともに、探究的な学習の基礎を学び課題研究をするための資質・能力の育成を行っている。

他の SSH においても同様の取り組みがなされ、探究的な学習の資質・能力の育成に成果をあげていることから、新設する理数探究科目においては、生徒が探究の過程全体を自ら遂行できるようになることを目指し、その「基礎を学ぶ段階」と、それを活用しつつ実際に「探究を進める段階」の 2 段階で構成することが適当であるとの結論に達し、理数探究審議の取りまとめに示した。その内、次期学習指導要領改善答申には、下線部が示された。

[基礎を学ぶ段階]

- 「基礎を学ぶ段階」では、探究の過程全体を自ら遂行するための進め方等に関する基礎的な知識・技能、新たな価値の創造に向けて挑戦することについての意義の理解、主体的に探究に取り組む態度等を育成することが重要である。
- このため、現在や過去の研究者の研究に対する姿勢や考え方、発想法、テーマにたどり着いた経緯、新たな知見を得るまでの研究過程（試行錯誤等）、新たな知見の成果（世の中に与えた影響等）などを紹介することを通して、探究に対する視点のもち方や探究する意義等について理解を促

することが必要である。

- また、探究の進め方に関する基本的な知識・技能と併せて、研究の信頼性を担保するとともに研究成果を後世に信頼性を保って受け継ぐための合理的手法としての研究倫理についても、基本的な知識として学習しておくことが、次の「探究を進める段階」で実際に探究を行っていく上で重要である。
- これらの指導に当たっては、教科書等の適切な教材を用いた教員による指導のもと、探究の過程を体験することを通じて、探究の手法や流れについて理解できるようにすることが重要である。

【探究を進める段階】

- 探究を進める段階においては、基礎で身に付けた資質・能力を活用して探究の過程全体を自ら遂行し、結果を取りまとめ、発表するものとする。その際、探究の成果としての新たな知見の有無や価値よりむしろ、探究の過程における生徒の思考や態度を重視し、主体的に探究の過程全体をやり遂げることに指導の重点を置くべきである。
- このため、生徒（又は生徒グループ）に主体的に探究のテーマ・課題を設定させるものとし、教員は例を示したり示唆を与えたりする程度とすることが適当である。また、テーマ・課題については数学、理科に関するものに限定する必要はなく、他の教科に関するものや学際的な領域、現実社会における事象など幅広い分野から選択することを可能とするが、用いる手法については数学、理科に係るものとする。
- その際、課題とそれを解決するための手法は教科・科目の枠を超えた様々な組合せがあり得ることや、数学や理科で既に学習した手法にとどまらず新たに手法を学びつつ進める場合があり得ることに留意しつつ、生徒の柔軟な発想を活かすよう指導することが必要であり、例えば、物理的な課題によっては高校レベルでは通常用いない数学の手法を活用してアプローチするようなことも考えられる。
- また、先行研究の調査については、過重な負担とならないよう高校生が調査可能な範囲（図書館、インターネット等）で行うものとし、その意義を理解させることを目的とすべきである。その際、情報の信頼性について吟味することについても指導することが求められる。

- 探究の過程の中で、生徒同士で互いの探究の内容等について報告、議論する場を設け、自らの探究の在り方について振り返ったり、自分とは異なる発想やアプローチの仕方に気付いたりする機会を設けることが重要である。

- 探究の成果については、観察・実験などの結果やその分析、結論を記述するだけでなく、生徒自身が課題を解決する過程等をまとめた報告書を作成し、発表会等の場で報告させるようにすべきである。

現行学習指導要領で探究的な学習を中核に据えた科目ではあるが開設率が極めて低い状況にある「数学活用」と「課題研究」については、理数探究審議の取りまとめを受け、次期学習指導要領改善答申に次のように示された。

- 「理数探究」及び「理数探究基礎」は、現行の数学科における「数学活用」、理科における「課題研究」の内容を踏まえ、発展的に新設されるものであることから、専門教科「理数」における「課題研究」については廃止するものとする。

また、理数探究科目の単位数については、理数探究特別チームの検討では、「理数探究基礎」が1単位、「理数探究」が2～5単位が適切であるという結果となった。

7 ■ 理数探究科目の指導に当たって留意すべき点

理数探究科目の指導に当たって留意すべき点としては、次期学習指導要領改善答申に次のように示された。

- 常に知的な好奇心を持って様々な視点から自然現象や社会現象を観察し、その中で得た様々な気付きから疑問を形成させるようにすることが必要である。
- 探究の課題の設定に当たっては、生徒の主体性を尊重しつつ、数学や理科における手法により探究が可能な課題となるよう適切な示唆を与えることが必要である。

8 ■ 理数探究科目の評価の在り方

理数探究特別チームの検討では、理数探究科目の評価において特に「探究ノート」の重要性が指摘され、それを受けて次期学習指導要領改善答申に次のように示された。

- 「理数探究」の評価に当たっては、探究の成果における新

たな知見の有無や価値よりも、探究の過程において資質・能力をどの程度身に付けることができたかや、探究の過程全体を俯瞰的に捉え、自らがどの位置にいるか、どこで間違ったのかなどが説明できるようになっているかという点を重視すべきである。

- 探究の過程における観察・実験の内容やその中で生じた疑問、それに対する自らの思考の過程などを「探究ノート」等に記録させ、自己の成長の過程を認識できるようにするとともに、評価の場面でも用いることが重要である。また、「探究ノート」等を通じて生徒の独創的な思考や探究の過程における態度を評価するほか、報告書や発表の内容、発表会における生徒による相互評価や自己評価を取り入れるなど、多様な評価方法を用いるとともに、複数の教員による複合的な視点で評価することが必要である。

9 ■ 理数探究科目の教育環境の充実

理数探究科目を実施するための教育環境の充実等については、次期学習指導要領改善答申に示された概要は次のとおりである。

- 「校内体制」については、複数の教員が協働して指導に当たることが不可欠であること。
- 「教材の提供等」については、教科書等適切な教材が作成され、適切な事例を紹介すること。
- 「新科目の指導のノウハウ」については、SSH等における好事例を全国で共有化できるよう国等において指導事例集の作成等、事例の収集・紹介を行うこと。
- 「生徒が探究を進める際の大学、研究機関、企業等との連携」については、可能な限り大学や研究機関、企業等から助言が得られるような体制を設けることが望ましいこと。

「大学、研究機関、企業等との連携」の取り組み例としては、千葉県立佐倉高等学校で放課後や週休日、長期休業日を活用して年間十数講座実施している学校設定科目「佐倉アクティブ」がある。「佐倉アクティブ」では、探究的な学習の資質・能力のいっそうの伸張を図るため、大学や研究機関等の外部機関と連携し、数学、物理、化学、生物、地学等の各分野において、教授や研究者等と事前に十分相談の上、本校の生徒にとって適切な内容やテーマを設定して、外部機関に

出向いて最先端の実験器具・機器を体験し、その分野の専門家の指導を受けながら探究的な学習ができるようにしている。理数科の生徒は全員、普通科の生徒は希望制により、自分の興味・関心に応じて取捨選択して講座に参加することができるため、主体的で探究的な学習の資質・能力の育成に大いに役立っている。

10 ■ おわりに

SSHの取り組みを通して、探究的な学習や課題研究で何を目指すべきなのかということが徐々に見えてきた。それは、課題を科学的に解決するために欠かせない育成すべき具体的な資質・能力を明確にし、教職員が共通理解のもとに今どの資質・能力を身に付けさせるべきかを踏まえて指導することである。

探究的な学習や課題研究で育成すべき具体的な資質・能力について、私は次の①から⑨に整理できていると考えている。

- ① 科学的に解決できる課題を見つける力
- ② 自然を偏りのない眼で見る力
- ③ 自然の事物・現象を実験・観察・調査等により調べる力
- ④ 仮説を立て検証する力
- ⑤ 調べた結果を論理的に思考・判断する力
- ⑥ 調べた結果を図、表、グラフ等によって表現する力
- ⑦ 調べた結果を数式化する力
- ⑧ 調べた結果をモデル化する力
- ⑨ 結論を表現し伝える力

次期学習指導要領で新設される「理数探究基礎」や「理数探究」が、多くの学校で開設され、学んだ生徒たちが「知識や技能」、「思考力・判断力・表現力等」、「学びに向かう力、人間性等」の3つの柱に沿った資質・能力を身に付け、新たな価値の創造に向けて粘り強く挑戦する人間に成長することを期待したい。



第9回

数学を用いて簡単な作曲に挑戦する



ジャズピアニスト・作曲家・数学者・STEAM教育者

中島 さち子 / なかじま さちこ

1996年国際数学オリンピックで日本人女子初の金メダル、翌年同大会で銀メダル獲得。東京大学で数学（数論・表現論）を専攻する一方、ジャズに出会い、卒業後本格的に音楽活動開始。2010年にはリーダーアルバム“REJOICE”，2016年“Time, Space, Existence”，2017年“希望の花”リリース。著書に『人生を変える「数学」そして「音楽」』（講談社）ほか。現在は、音楽活動や数学研究のほか、全国で数学や音楽の講演、執筆、21世紀型人材育成などに携わる。「算数・数学の自由研究」作品コンクールの中央審査委員を務める。

サイコロ（ランダム性）と作曲

連載第4回ではモーツァルトの「サイコロ遊び」についてご紹介しました。今回は数学的には簡単ですがオリジナルな「サイコロ遊び」をご紹介し、皆さんにも作曲に挑戦していただきましょう。まず、中島作曲による6行の譜面（図1）を見てみましょう（1段目がサイコロの1の目、2段目がサイコロの2の目、…に対応しています）。そして、サイコロを8回振ります。

例えば、サイコロが5, 2, 4, 2, 3, 1, 6, 5と出たとします。その場合、1小節目は5行目の1小節目、2小節目は2行目の2小節目、3小節目は4行目の3小節目、4小節目は2行目の4小節目、5小節目は3行目の5小節目、6小節目は1行目の6小節目、7小節目は6行目の7小節目、8小節目は5行目の8小節目を選び、つなげてみます。

こうして、たった8回サイコロを振るだけで、8小節の、中島とあなたの共同作品が生まれました！いかがでしょうか。

図1ではサイコロが5, 2, 4, 2, 3, 1, 6, 5と出た場合に選ぶべき小節を赤枠で囲みました。これを1小節目からつなげてみると、図2のようになります。

これで何種類の曲ができるか計算してみましょう。1小節目の選び方は6通り、2小節目の選び方も6通り、…、8小節目の選び方も6通りですから、全部で6の8乗、つまりな



図1 『音楽のサイコロ遊び簡易版』（作曲:中島さち子）



図2 『音楽のサイコロ遊び簡易版』で作った曲の例

んと1,679,616通り（約168万通り！）の曲がこの遊びから生まれることがわかります。

とはいえ、実際に挑戦してみると、この168万通りの音は互いに関わり似通っているとわかります。なかなか本当に斬新な名曲を生み出すのは難しい、ということですね。

なお、発展として、音楽に馴染んでいる方は、ぜひどこかの行をオリジナルな8小節に差し替えてみましょう。オリジナル行を作る際の鍵は、以下の3つです。

① 各小節の最初の音、最後の音は既に1～6行目の同じ小節の最初と最後で使われている音の中から選択するとよいでしょう。

最初と最後の音は小節間で leap（跳躍）があまりなく、コードに合った音を選んでいきます。小節と小節がスムーズにつながれば、ある程度各小節の中身は自由でも大丈夫です。

② 各小節内の音の配置の方法（リズム）は、8をどう分割するかによって決まるといえます（1は1小節の1/8の長さです）。

例えば、 $8 = 3 + 1 + 2 + 2$ と分割する場合は、図3のようになります。



図3 $8 = 3 + 1 + 2 + 2$ による1小節の分割

以下の図4を参考にしてください。

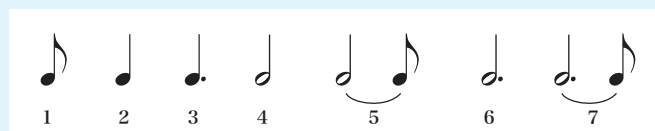


図4 音符の長さと音符の形の対応図(8分音符の長さを1とする)

なお、8をいくつかの整数の和に分割する組み合わせ（8の分割数）は $7 + 1$ や $3 + 3 + 2$ など22通りありますが、順番が異なるものは同一視せず順列として数えると128通りあります。



図7 『音楽のサイコロ遊び簡易版』4行目（4の目）の対称性



図5 音数対応図（白鍵のみの場合）

③ 小節内は、跳躍がありすぎない程度に、目で見ても美しい形となるように音を置きます。あるいは数を適当に選び、図5を用いて音に直し、②の動きに合わせて譜面を作るとよいでしょう。

ここまでやってみると中島とあなたの作曲による新しい楽曲「サイコロ遊び」の譜面（図6）が完成です！



図6 リズム $3 + 1 + 2 + 2$ 、音 5, 3, 7, 3 を選んだときの譜面（1小節）

対称性と作曲

さて、先ほどの中島作曲『音楽のサイコロ遊び簡易版』4行目（4の目）を見てみましょう。4行目は実は、1・2小節目だけから生成されていて、1・2小節の平行移動や逆行、反行、それらの組み合わせにより作ったものなのです（図7、図8）。

余談ですが、譜面は、音の高低軸：1行目成分と時間軸：2行目成分の2軸があるため、2行○列の行列 A と考えられます。例えば、図4、図5を用いると図7の A は $\begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 2 & 2 & 4 \end{pmatrix}^{*1}$ と表すことができます。 P は1行目成分はす

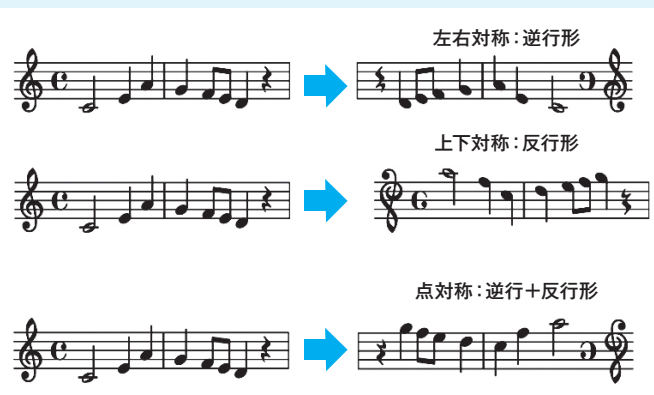


図8 譜面の逆行、反行、逆行+反行（点对称）の例

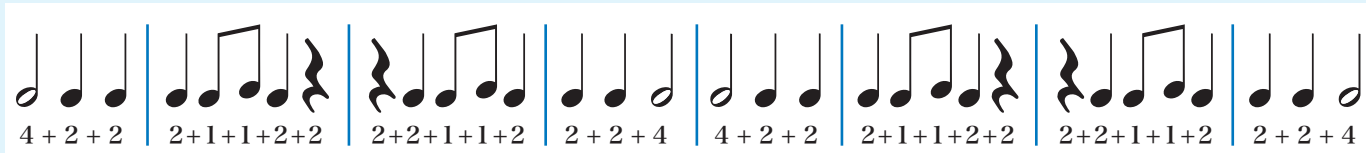


図9 対称性作曲の際のリズムパターンの一例



図10 対称性作曲の例



図11 図10の対称性作曲を別リズムパターンで実施した場合

べて1, 2行目成分はすべて0である2行0列の行列とします。

- ・Aの各成分を3平行移動すると“A+3P”と表せます。
- ・Aの逆行(左右対称)は“Flip(A)”と表すことにします。
- ・Aの反行(上下対称)は“14P-A”^{※2}と表せます。
- ・Aの逆行+反行(点対称)は“Flip(14P-A)”と表せます。

なお、バッハの多くの作品は、2つほどのテーマ(生成元)に上記のような対称移動を組み合わせてできています。

では、最後に、あなたも、バッハのように対称性を利用した簡単な作曲に挑戦してみましょう。

■1: まず、以下の表1のA~Gの7つのマスに、適当に1~7の数字を入れましょう。※重複OKです!!!

表1 7数から28数を生成するための表

A	B	C	D	E	F	G
G	F	E	D	C	B	A
A+3	B+3	C+3	10-D	10-E	10-F	10-G
8-G	8-F	8-E	8-D	C	B	A

■2: 次にA~Gを用いて、表のルールに則り28の数を作ります。^{※3}

■3: 次に図5の音数対応図と図9のリズムパターンを見ながら、順に小節を埋めましょう。色が変わる境界が小節線です。

例えば最初に1, 6, 7, 1, 2, 3, 7を選ぶと、28個の数は

1, 6, 7/1, 2, 3, 7/7, 3, 2, 1/7, 6, 1/4, 9, 10/9, 8, 7, 3/1, 5, 6, 7/7, 6, 1

となり、図10や図11のような譜面ができ上がります(娘の作品です)。

さて、どんな曲ができましたか。このように、(音楽は感覚や心と切り離せないものですが)ときに音はさまざまな数字と美しく呼応し、音の形に少し対称性を施すことで曲を作ることもできるのです。慣れてきたら、感覚の赴くままに音をずらし、独自の作曲力を育んでいきましょう。

今回は、数学を用いて音楽を作る簡単な一例をご紹介しました。作曲はともすれば難しい…と敬遠されがちですが、絵のように、自由に描いているうちにふと自分の音が零れ落ちてくるような体験をしてほしいと願っています。

その第一歩としてぜひ挑戦してみてくださいなればうれしいです。



補注

※1 例えば最初の音は、図5の音数対応図を見るとドは1, 図4を見ると4分音符は(8分音符を1とすると)2で表され、 $\left(\frac{1}{2}\right)$ となります。

※2 譜面を上下反対にすると、「シ(7)」の線で線対称移動する形になりますので、音数対応表においては、数aは数14-aに変わります。

※3 本表に則り譜面を作ると、A~Cを①、D~Gを②としたとき、順に①/②/②逆行/①逆行/①の3平行移動/②反行&-4平行移動/②逆行&反行&-6平行移動/①逆行となっています。

第9回

水の泡



東北大学 高度教養教育・学生支援機構
准教授

山内 保典 / やまのうち やすのり

1977年愛知県に生まれる。2005年名古屋大学大学院教育発達科学研究科博士課程後期課程修了。博士（心理学）。名古屋大学大学院情報科学研究科（研究員）、大阪大学コミュニケーションデザイン・センター（特任研究員・特任助教）、大阪大学全学教育推進機構（講師）を経て、2016年より現職。コミュニケーションを軸に、科学の営み、科学者と市民の対話、科学技術政策形成への市民参加を研究・実践している。現在は、将来の科学者や研究者が学ぶ高等教育の在り方にも関心を広げ、カリキュラムの調査、開発、実践にも取り組んでいる。

地球が滅亡したら勉強は要らない？

私が小学生だった頃、友人と一緒に雑誌を読んでいた。「199X年、人類は滅亡する」という予言を目にしました。すごく怖かったのを覚えています。それと同時に「就職の前に地球が滅亡するなら、学校で勉強しなくてもいいじゃないか」などと、友人と会話した記憶もあります。

たわいもない会話ですが、ここには「なぜ学校で勉強する必要があるのか」に関する1つの考え方が表れています。すなわち、学校での勉強は、良い成績をとり、良い大学に進み、良い企業に就職するための手段であるという考え方です。社会人で言えば「評価されない仕事はしない」という考え方が、努力に対しての見返りを重視している点で似ていると思います。この考え方に立つと、期待していた見返りが得られ

なければ、勉強などの努力は無駄であるということになります。果たして、本当にそうなのでしょうか。

今回の作品の主人公は、子供の頃から宇宙船の乗員になることを目指し、勉強を続けた男です。しかし、その夢がかなう直前で、ある研究が発表され、男の将来は大きく変わってしまいます。この男に起きたことは、他人事ではありません。近年の科学技術の急速な発展は、現実ですべての人をこの男と同じ立場にする可能性を持っています。もし皆さんが、この男と同じ立場だったら、自分の重ねた努力に対して、どう感じるでしょうか。

今回のポイントー勉強は水泡に帰すか

今回の作品は、短い作品でありながら、考えさせられる点が多々あります。ぜひ原作をお読みください。

さて、皆さんはどう感じたでしょうか。卒業式で、男は幸福の絶頂にありました。同時に、努力が報われた安堵感も持っていました。そのとき、特殊な能力を必要としない新しい宇宙船の構想を耳にします。しかも、自分より下に見ていた昔の友人が研究したものです。男の気持ちを想像すると、とても複雑な気持ちにさせられます。

さて、あなたがこの男だったら、発表を聞いて、どのような思いを抱きますか。その思いの背景には、どのような勉強に対する考え方があるのでしょうか。

なお努力について考えるとき、さまざまな立場から議論が可能です。ここでは「宇宙船の乗員になるための努力は水の泡になったか否か」を考えます。特に、特定の目標に沿った勉強は、その目標以外にも役に立つのかに焦点を当てます。

「勉強は水の泡になった」という立場

男が青春時代のすべてを捧げて得た、宇宙船の乗員になるための特殊能力は、新しい宇宙船の開発により、乗員にとって不必要になりました。特殊能力を持った人しか乗れず、不便で危険な宇宙船などすぐに使われなくなります。宇宙飛行そのものが変わるのです。同時に誰もが乗員になれるので、得られるはずだった他者から敬意や貴族気分といった精神的な利得も失います。一方、青春時代は戻ってきません。この運命を事前に知っていれば、男も別のことに時間をかけたの

作品の概要 「空への門」 星 新一

『ようこそ地球さん』（新潮社）収録

その男は子供のときに、宇宙船の乗員になろうと思った。乗員になるには、すぐれた頭脳と運動神経の発達した体が必要だった。その両方を持っている者の数は少なく、特権階級だった。しかし、本当の実力だけで築かれる地位なので、受ける嫉妬より尊敬のほうが多かった。

男は中学一年生の運動会で一等になったとき、自分は乗員になれると自信を持った。それ以来、生活は一変し、放課後はおそくまで体操を行い、家に帰ってからは勉強を熱心に行った。他のすべては犠牲にした。乗員にならなくちゃならない。その理由は考えなかった。乗員。乗員。乗員。乗員。ひたすら宇宙の入口を目指した。

高校でもそれはつづいた。級友とは異なり、ガールフレンド、ギャンブル、酒なんかには目もくれない。大好きだった映画も見なくなった。両親はそんな息子を心配したが、注意しても「僕は他人とはちがうんだよ」と、男は答える。両親はその言葉を信用し、見まもるしかなかった。

大学の宇宙開発の学科は、他の学科と比べて、競争率が3倍だった。しかも、よりぬきの志願者たちが集まる。相当な勉強が必要だが、体力が落ちててもならない。男は

この至難なことをやりとげた。もう目的の大半は、達せられた。まわりを見まわす余裕もできた。貴族になったような気分だった。他の学科の連中を見ると、気の毒に思えた。

時はたち、卒業式を迎えた。各学部から選ばれた卒業論文が発表されている。すべての学科は、自分たち乗員のためにある。また、自分たちが宇宙から帰ってくる資料によってこそ、他の学科が進歩する。幸福の絶頂だった。

壇上では、機械学科の学生が発表していた。中学校時代の友人だった。運動会で一等になったとき、その友人はびりだった。そして今、男は宇宙に飛び出して行き、友人はその船体を作るほうになった。男は思う。あの運動会が、これだけの距離を開いたんだ。運命だな。自分は幸運のほうでよかった。なにしろ、あれだけの努力をしてきたのだから。

男がうっとりしていると、壇上の発表は結論に差し掛かったようだ。よし、結論だけ聞いていよう、男は壇上を見つめた。友人は淡々と話し続けた。「以上のような考案に基づいて製作される宇宙船は、もう、いままでのように、特殊な能力を持った乗員を必要としません。どんな平凡な人でも、なんの不便も危険も感じることなく、操作運転できるのであります」。

ではないでしょうか。

皆さんも、勉強中に「この知識をどこで使うのだろう。何の役に立つのだろう」と疑問を持った経験があるのではないのでしょうか。この考えでは、時間をかけて勉強し、知識を得ることで、新しいことができるようになり、その結果、学ばなかった場合に比べ、何か得をすることが期待されているように思います。こうした見返りを求める考え方は、1つの考え方として、多くの方から共感を得られるでしょう。

「勉強は水の泡にならない」という立場

まず得た知識や技能は、他の環境に転用できるという考え方があります。もともと知識や技能には、時代や場所を越える普遍性があります。したがって、旧式の宇宙船や宇宙飛行の環境を念頭に置いた知識や技能でも、調整や組み合わせの工夫次第で、幅広い環境に転用できるのです。特に宇宙では、未知の事態に対応する能力が求められます。未知の事態です

ので、その事態を事前に教科書で学んだり、訓練したりはできません。乗員は持っている知識や技能を転用して対応せざるを得ないのです。そして、この対応能力こそ、優秀な乗員の条件だと考えられます。未知の事態に対応できるということは、男が宇宙以外の分野でも活躍できることを意味します。程度の違いはありますが、私たちの人生も同じで、繰り返しはなく、未知の事態にあふれています。その意味で、未知の事態に柔軟に対応する能力を高めることは、私たちにとっても重要です。そのため、持っている知識や技能の幅を上げ、習熟度を高めることが求められます。

また知識は、新しい知識を生み出します。私たちが認識できる世界は、知識や技能の有無によって変わります。例えば、旅行先の歴史を知っていると、歴史の痕跡を発見しやすくなります。知識があることで初めて認識できるモノゴトは数多くあるのです。結果として、知識を多く持つ人は、ますます多くの知識を得ることになります。加えて、知識が広がることで、思考もより深く広くなります。また自分で新しい知識

を生み出す際にも、知識の組み合わせのバリエーションが増えるため、その質と量が向上すると考えられます。

学び方を学ぶことも重要です。男は長年の勉強を通じて、成功する学び方を体得してきました。学び方を学ぶことは、将来、違う場所で求められる知識や技能の習得を効率化します。なお、夢を追いつけることや、夢に向けて学ぶ過程は、それ自体が楽しかったのではないかと思います。わからないこと、できないことに挑み、それを克服することは、知的好奇心や向上心を満たす魅力ある活動なのです。

現代の私たちとのつながり

科学技術や社会の変化は、学生をはじめとする、すべての学習者に、男と同じ運命をもたらすと考えられます。既に男と同じ境遇に陥ったという人や、そうなる将来を見越して特化せずに多様な学びをしている人もいます。

身近な例でいえば、ウェブサイトでの情報発信などは、インターネット草創期はプロに頼んだり、自分で時間をかけて勉強して、機材等を準備したりする必要がありました。しかし今では、簡単なサイトであればスマートフォン1つで作成し、動画なども含んだ情報を誰でも発信できます。

それ以外でも、科学技術の進展は何かをする際に必要な知識や技能を変えました。将来に目を向ければ、人工知能やロボットが、既存の仕事の多くを担うという予測もあります。見返りを重視する立場に立てば、そうした仕事に特化した知識や技能は、今後、学ぶ価値が下がるかもしれません。

一方、科学技術の発展は新しい職業も生み出します。例えば、「中高生が思い描く将来についての意識調査2017」^{※1}では、ITエンジニア・プログラマー、ゲームクリエイター、動画投稿者などがTOP10に入っています。こうした職業は、私が子供の頃は一般的ではなく、科学技術や社会の変化に伴って注目を集めるようになったように思います。

既存の仕事がなくなり、新たな仕事生まれ、仕事の内容が変わり続けます。それに応じて、就職の際に求められる知識や技術も変わります。学校の入学時に花形だった仕事や、そこで求められる知識や技能は、いざ就職という数年後には、思ったほど有益ではないかもしれません。また就職しても、次々と新たな知識や技術を習得することが求められるでしょう。不確実な時代には、何を勉強すれば、思い描くような成

功に至れるのかも不確実で、学び続ける必要があります。

当然ながら、勉強という活動にも科学技術は影響します。例えば、私が子供の頃は勉強として暗記をよくしました。しかし現代では、わからない言葉が出てきても、スマートフォンで調べれば、より正確で最先端の詳細な情報に、簡単にアクセスできます。そのような時代において、教科書の内容を暗記することに、多くの時間をかける価値が本当にあるのか、疑問を持つ人もいます。さらに今後、人工知能研究や脳研究が進めば、従来型の勉強にどのような意味があるのか、改めて問われるでしょう。

繰り返しになりますが、社会で求められる知識や技術、そして勉強の在り方自体も変化し続けていきます。その中で、なぜ、何を、どのように学べば良いのか、正解はわかりません。作中の男が乗員を目指し始めたとき、新しい宇宙船が開発される可能性は低く、乗員になる唯一の方法は勉強することでした。後知恵では判断ミスともいえますが、男が意思決定した当時では誰もわからなかったことです。未知の未来に向けて意思決定をする以上、私たちも男と同じ運命をたどる可能性を受け入れねばなりません。一方、その未知の可能性こそが、私たちに希望を与え続けているようにも思います。

不確実性と付き合うために、作中の友人の行動は参考になるかもしれません。作品ではわかりませんが、仮に友人も乗員を目指していたとしましょう。私を含めて、多くの人は優れた頭脳や肉体を兼ね備えていません。それで諦めるのではなく、自分の限界を認めたくて、目標達成に至るための条件を自分で変えていくのです。社会は不確実ですが、自ら変化を引き起こすことで、自分の味方になることもできます。一方で、主人公の男と同じ境遇の人も生み出しますが。

最後に、私の同世代が冒頭の予言を真に受けずに勉強して、本当に良かったと思います。同世代の方がさまざまな領域で活躍しているのを見ると、誰も何も勉強をしなかったら、もしかしたら本当に世界は滅びていたのではないかと思います。時には無駄に感じるかもしれませんが、社会のさまざまな人が、さまざまな学びを重ね、それらをつなぎ合わせることで、よってのみ、未来は拓かれるのだと思います。❖

参考資料

※1 ソニー生命保険株式会社 2017

http://www.sonymlife.co.jp/company/news/29/nr_170425.html
(2017年7月10日閲覧)

第9回

“快楽”との正しい付き合い方



東京都立国立高等学校 主任教諭

大野 智久 / おおの ともひさ

1981年茨城県に生まれる。2004年東京大学大学院総合文化研究科修士課程修了。在学中は松田良一教授に師事。2006年都立高校の教諭（理科・生物）となり、2015年より現任校に勤務。日本生物教育学会、日本生物教育会に所属。東京都生物教育研究会を中心に活動。日本人類学会や日本人類遺伝学会などの学会と連携し、「ヒトの生物学」の高校現場への導入を模索。上越教育大学の西川純教授の提唱する『学び合い』の考え方に基づく協働学習を実践。NHK高校講座の生物基礎の講師を務める。

レバーを押し続けるラット

ラットを使ったこんな実験をご存じでしょうか。脳の“ある場所”に電極を差し込み、ラットがレバーを押すとその場所に電流が流れるようにします。すると、ラットは、レバーを押し続けるようになってしまいました。しかも、このラットは、空腹にしても食事をとらず、ラットが嫌がる電気ショックを与えてもそれを無視し、オスでは近くに発情期のメスがいても無視し、子供を産んだばかりのメスでは赤ん坊を放置し、レバーを押し続けたというのです。レバーへの「欲求」がいかに強いものかがわかります。なぜこのようなことが起きたのでしょうか。実は、このとき刺激した“ある場所”が重要なのです。それは脳の「報酬系」と呼ばれる「快楽をもたらす回路」だったと後にわかりました。

報酬系とは

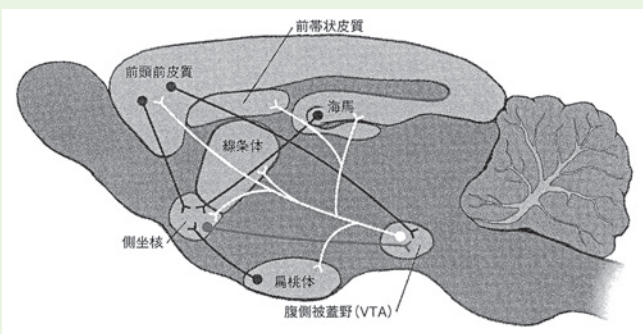


図1 ラットの脳の報酬系 『快感回路』（河出書房新社）より引用

図1は報酬系の概要を示した図です。報酬系の中心となるのは、中脳の腹側被蓋野（VTA）から出ているニューロンです。このニューロンは、側坐核、前頭前皮質、扁桃体、海馬などに軸索を伸ばし、神経伝達物質ドーパミンを放出し、「快楽」をもたらしています。特に、側坐核へのドーパミンの放出が快楽をもたらすために重要だと考えられています。

VTAのニューロンは、さまざまな領域に軸索を伸ばす一方で、他の2つの領域から情報を受け取ってもあります。1つ目として、前頭前皮質から興奮性の神経伝達物質グルタミン酸を受け取るものがあります。前頭前皮質は、さまざまな思考や判断を行っている領域なので、ある体験を「快い」と判断したときにVTAニューロンを活性化し、快楽をもたらすというわけです。2つ目として、側坐核から抑制性の神経伝達物質GABAを受け取るものがあります。先述したように、VTAニューロンから側坐核へのドーパミン放出が快楽をもたらすために重要ですが、その逆向きに抑制性の調節があるということは、過度な興奮を抑えていると考えられます。

報酬系とは、VTAニューロン単独ということではなく、図1にあるようなさまざまな領域のネットワーク全体を指します。

薬物依存症と報酬系

報酬系について理解していただいたところで、関連した内容として依存症について考えていきましょう。依存症は、「耐性」「渴望感」「離脱症状」などを特徴とし、これらの内容については保健等でも扱われています。

このような依存症を引き起こす代表が薬物です。その種類はさまざまですが、報酬系に働きかけるものが多くあり、その働きからいくつかの種類に分類することができます。

わかりやすいのがアンフェタミン（いわゆる覚せい剤）やコカインです。これらの薬物は、VTAニューロンのシナプスにおいてドーパミン・トランスポーター（ドーパミンを前シナプス細胞に回収するタンパク質）の働きを阻害することでドーパミンの作用を長引かせ、これが快楽につながります。

別の薬物では、直接VTAニューロンに働きかけるのではなく、間接的に作用を及ぼすものもあります。アヘン（ならびにそこからつくられるモルヒネ、ヘロイン）、大麻、アルコールはVTAニューロンを抑制するGABAニューロンを阻害し、結果としてVTAニューロンを活性化します。逆に、ニコチンはVTAニューロンを興奮させるグルタミン酸ニューロンを活性化することでVTAニューロンを活性化します。

それぞれの薬物は、化学的な構造が異なり、標的としている分子も異なりますが、「報酬系を正常な状態から逸脱させる」という点が共通しています。

薬物によって報酬系が影響を受けると、その影響はシナプスのLTP（詳しくは第8回を参照）などのしくみで、長期的にわたる細胞レベル、分子レベルの変化につながると考えられています。例えば、側坐核の活動を抑制するようなメカニズムが見つかっており、それが快楽を抑え込んで耐性につながるとともに、慢性的に報酬系が抑制されるため、離脱症状にもつながっていると考えられています。薬物依存症の人は「快楽を得るために薬をやめられない」と考えられています。が、症状が進むと「薬をやってもあまり快楽は得られないが、苦痛から逃れるためにはやめられない」ということのようにです。そればかりか、報酬系の活動が低下していることにより、薬物以外に対しても快楽を感じにくくなってしまいます。

また、ラットにコカインを5日間投与し、その後数日～数週間薬を与えないと、側坐核で樹状突起上のスパインの数が増加する変化が見られます。これは、依存症患者で、ある一定の期間薬物を使用せずにいた後でごく少量でも使用すると、最初に感じたよりも強い快楽を感じる「感作」という現象（依存症患者にとって大きなハードル）に関係していると考えられます。

依存症は特殊なものではない

ここまで述べてきたような薬物依存症は、特殊なものではありません。例えば厚生労働省の推計では、喫煙依存症は日

本に1300万人といわれ、「患者数の最も多い病気」といえるものです。また、依存症はいわゆるドラッグや、酒、タバコなどに関するものだけではなく、さまざまなものがあり大きくは3種類に区分できます。1つ目は、「物質への依存」で、薬物以外にも食べ物への依存等も含まれます。2つ目は、「プロセスへの依存」で、ギャンブルやインターネット、買い物などが代表的です。3つ目は「人間関係への依存」で、恋愛や宗教などが含まれます。すべての依存症は「報酬系の正常な状態からの逸脱」と考えることができるので、人間が「快い」と感じるものに対しては、（恐ろしいことですが）それに関するすべてが依存症の対象となり得るのです。

さまざまな依存症の中から、特に高校生に知っておいてほしいものを2つ紹介したいと思います。

ギャンブル依存症

日本へもついにカジノが導入される見込みになりました。それに対しての反対意見として強かったのが、ギャンブル依存症への懸念でした。これに関してサルを使った非常に面白い研究があります。

サルにコンピュータの画面を見せます。その画面に緑の光が現れると、その2秒後に甘いシロップがもらえます。しかし、赤の光が現れたときにはシロップはもらえません。このときのVTAニューロンの活動を調べると、当然ですが、シロップをもらったときに活動し、そうでないときには活動が見られませんでした。面白いのはここからです。しばらくこの試行を繰り返すと、やがて緑の光を見せただけでもVTAニューロンが活動するようになったのです。つまり、「シロップ」という報酬そのものがない状態でも、その報酬が「予測される」ということに対して、VTAニューロンが活動し、ドーパミンが放出されているわけです。

さらに、こんな実験が続きます。青い光が現れた2秒後に五分五分の確率でシロップを与えます。これは、まさに「ギャンブル」に似た状況です。先ほどの結果から想像するとどうなると思いますか？ 結果は驚くべきものでした。この試行を繰り返すと、青い光が現れてからの「待ち時間」の間に、徐々に徐々にVTAニューロンの活動レベルが高まっていったのです。それだけでなく、シロップを増量すると、待ち時間の最大活動レベルも高まったのです。

この結果から、「報酬そのもの」に対してではなく、「報酬が得られるかどうかかわからない不確実な状況」に対して VTA ニューロンが活動し、ドーパミンが放出されていることがわかりました。

このほかにも、スロットマシンで3つのうち2つ絵柄が揃ったりするような「惜しい負け」のときには、報酬系の側坐核が「勝ち」と同程度に活性化することもわかっています。確率だけで考えれば、「惜しい負け」も他の負けと等価なのですが、脳はどうやらそれらを等価とは見なしていないようです。報酬系とはこのような厄介な面もあり、それを「うまく利用」しているのがカジノなどのギャンブルのしくみなのです。

スマホ依存症

続けて、スマホ依存症について考えていきます。スマホで、特に SNS やオンラインゲームにハマりやすいのはなぜでしょうか。どちらにも共通しているのが、「快楽に即時性がある」という点です。SNS で誰かが自分に反応してくれたり、あるいはオンラインゲームで何かキャラクターなりアイテムを獲得することができたというような経験は、「即時性のある快楽」であり、これを一日に何度も続けて味わうと、それぞれの反応が小さいとしても、ある行為の結果と快楽という報酬が直接に結びつきやすいために、依存症になりやすいのです。

また、SNS での他者の反応や、ゲームでアイテム等を獲得することが「不確実性のある報酬」であれば、その「待ち時間」の間に報酬系の活動が徐々に高まるという、ギャンブル依存症のしくみも関係していると推測できます。

ここで、冒頭のラットの話思い出してみてください。ラットは快感を得るためにレバーを押し続けました。スマホを使って SNS やオンラインゲームで何かの「見返り」をもらい続ける人。そんな人が、「レバーを押し続けるラット」に重なって見えないでしょうか。

一般的には、「薬物は危険」という理解は依存症の概念とともに十分に広がっていると思いますが、「スマホは危険」ということが同じ文脈では理解されていないように思います。スマホは、「依存症になるリスクが非常に高い」ということと、依存症になってしまったときに「薬物依存症と同じよう

な状態になる」ということを知っておくことは、高校生には必要なリテラシーではないでしょうか。

報酬系と正しく付き合う

ここまで見てきたように、我々は報酬系によってかなりの部分がコントロールされています。それは、進化的にも「生存や繁殖に有利になることを快く感じる」ことが重要だったことと関係しているのでしょう。ですが、本来の意義からかけ離れた部分で、我々の周囲には報酬系に働きかける要素があまりに多くなってしまいました。端的に言えば、冒頭のラットのように「報酬系の奴隷」になってしまうリスクを常に負っているのです（ですから、個人的にはカジノ導入を非常に危惧しています）。

依存症からの脱却はどの程度可能なのでしょうか。ベトナム戦争でアメリカ兵にヘロイン中毒が広がったことがありましたが、尿検査に合格するまでは帰国できないとしたところ、ほとんどのアメリカ兵が麻薬の使用をやめ、また帰国後も3年以内の一時的な再発が12%と非常に低かったそうです。ここで重要なのが、「薬物を続けるリスク」と「薬物をやめるメリット」です。これが十分に理解され、強い意志の力で自分をコントロールできればよい、ということになります。

依存症は、「慢性的で再発する脳の疾患」ではありますが、それを「一度なったら二度と治らない」とか、「やがて薬で治療できるような時代が来る」ととらえるのは間違いです。あくまでも、最後は「その人の意志」の力が重要になります。そのことを理解したうえで、「依存症」になってしまった人を、社会として排除するのではなく、依存症から脱却できるような適切な支援をしていけると、誰もが生きやすい社会につながっていくように思います。

最後に、報酬系の活動が極端に下がると、自殺の最大要因である「うつ病」の1つの原因となることもあります。つまり、報酬系は人間を動かす原動力であり、なくてはならないもののなのです。ここで述べてきたような特性を知り、うまく付き合っていきたいものです。❖

参考資料

デイヴィッド・J・リンデン（2012年）『快感回路』河出書房新社
サリー・サテル他（2015年）『その〈脳科学〉にご用心』紀伊國屋書店

教育に
新しい風を

古めかしいテーマですが…… 教材研究と教員養成



秋田大学 客員教授
秋田大学横手分校 校長

根岸 均 / ねぎし ひとし

学校教育と教育行政の第一線から身を引いて見えてくる景色にいろいろな思いを感じています。ここでは、平凡なテーマになりますが、教材研究と教員養成を取り上げます。

● 教材研究

◆ 学習指導要領改訂

先般、中学校までの学習指導要領改訂案が公表され、その中で注目を集めたことの一つが、“アクティブ・ラーニング”の表現が“主体的・対話的で深い学び”へと言い換えられたことでした。アクティブ・ラーニングが多義的に使用され過ぎている現状を踏まえての判断のようです。

近年、学習内容の考察や教材観よりも指導方法・形態に関心が集まる傾向があります。数学についての実践報告でありながら、説明文中の「数学」を国語や他の科目に置き換えても論理が成り立つ例にお目にかかったこともあります。

見方を変えれば、目的と手段の混同ともいえましょう。深い洞察力をもって教材を考察し「さてこれをどう料理しようか」と指導作戦を練る、これが本来の姿であり、思い出すのは教職の大先輩である大村はま先生の実践です。

地理の専門家であった齋藤実則氏（元秋田県教育センター所長）は、あるとき指導主事を前に教材観について次のように問いかけました。「小学校では東西南北の4方向、中学校では北東など加え8方向、高校ではさらに北北東など加え16方向を学びます。では、小学校教師は東西南北の4方向だけ知っておれば務まるのでしょうか」と。教材研究の本質をわかりやすくシンプルに語った至言だと感じております。

◆ 全国学力・学習状況調査

実施から10年過ぎた全国学力・学習状況調査については、いろいろな議論がなされています。私見になりますが、算数・数学について問題そのものからは作問の意図とねらいがよくわかり、メッセージ性が伝わってくる内容が多いと感じております。「痛いところを突かれた！」「こういう問いかけ方もあったか」等々の思いは指導の改善につながります。

信州大学准教授小松孝太郎氏が指摘している例を紹介します。“平行四辺形において、図中にある2つの三角形の合同を示すことで、ある2辺が等しくなることを証明している説明文”についての問いです（平成20年数学A）。問われた内

容は合同の証明ではありません。この平行四辺形を変形して異なる形の平行四辺形にしたとき上記の説明文は、そのまま「有効」であるかどうか（有効、改めて証明の必要がある等4択）を問う内容でした。この問いの全国正答率は約58%であり、選択式出題による偶然正解の可能性も併せて考えると、約半数の生徒たちは、実のところ証明のそもそもの意義を理解していないという実態が明らかになったと考えてよいでしょう。この結果にはかなりのショックを受けました（「私たちは今まで何をしてきたのか！」と）。証明の意義の一つに、「一般性を理解する」ことがあります。本ケースで言えば、「平行四辺形であれば、形や大きさと無関係に、どんな平行四辺形でも成り立つことに面白さ・不思議さを見だし、全体の意義を理解する」ということです。「どんな」という無数の相手（平行四辺形）に対し、有限行で記述された論理でいかに対抗するか…この理解・納得感が核心なのですが、合同条件の確認などに気を取られ過ぎていた傾向がなかったでしょうか。

◆ 小・中・高を貫く教材

高校数学Ⅰで「または」、「かつ」などの論理記号を習います。その「萌芽」はどこに見いだせるでしょうか。例えば「かつ」が意味するandの内容は、かなり以前に登場しており、何と小学校2年です。「かどがみんな直角で、辺の長さがみんな同じ四角形を正方形といいます」（啓林館算数2年下）。アンダーライン部分の「で」が「かつ」の意味であることは説明不要でしょう。実際に授業で説明することはあり得ないにしても、先述の齋藤所長の話思い出しましょう。重要なことは、高校数学教師は生徒のそれまでの学習歴に、小学校教師は取り上げた教材が「再登場する」時期にもっと関心を持ちたいものです。指導の全体図を把握した上で、自分の受け持つパートを確認して日々の指導にあたる…この姿勢が必ずや授業改善につながります。

● 教員養成（教育ミニミニ実習）

あらゆる教育論は、最後は教師論に辿り着くという名言がありますが、まさに「教育は人なり」です。その要となる教員養成については、以前から文部科学省は「養成は大学、採用・研修は（主として）都道府県教委」というこれまでの役

割分担がうまく機能していないのではないかと、との指摘をしています。この観点を踏まえて、実施7年目を迎えました「教育ミニミニ実習」（秋田大学横手分校主催、横手市教育委員会・秋田県教育委員会協力）を紹介します。



中2生クラスで鎌倉仏教について
熱弁を振るうK君（当時高2生）

本実習は、将来、教職を目指している高校生・大学生を対象に、公立中学校において正規的教育実習に準じた交流活動を体験する中で、自己の適性を知り、学びのモチベーションを高め、ひいては優れた教員養成サイクルの一助になることをねらいとしています。

第6回目の実習では、16名の参加者（5高校から11名、大学生5名）が横手北中学校で5日間の実習を行いました。おもなメニューは、授業補助、部活動参加、保護者との懇談、引きこもりグループメンバーとの懇談、そして最終日は、一人40分の実習授業と、ミニミニと称している割には、正規教育実習と比しても濃厚な中身となっています。

参加者（特に高校生）は、中学生から「見られる側」に立ったとき、その責任の違いを改めて実感することからスタートします。高校生は語ります。「いつもは指名されたときただ答えを言えばよいが、発問する側はそんなに単純にはいかない…」「先生ってたいへん。次々と仕事がある」と。

大学としては、課題意識をもっている学生の入学を歓迎するわけですが、そのためには大学側から一歩踏み出すアクションが必要不可欠ではないかと考えます。

参加者たちの事前や実習中のやりとりは実に面白いです。最終日に課せられた実習授業（40分）に向けて、導入教材への質疑を中心に、声の大小、板書の仕方、視線の向き、黒板に向かっての立ち位置など、お互いに遠慮せず指摘し合います。若さがうらやましい限りです。まさに「研修の原点」に立たされる思いです。中学校の先生には自校生徒の指導に加えて、高校生らの指導の「指導」まで見ていただいております。本実習は、高大連携を中学校を舞台に実施しているので、中高大連携事業と位置付けられます。



ママたちのフェルトボール オンライン講座

～生徒獲得大作戦!!!～



算数パフォーマー

上野 真弓 / うえの まゆみ

4歳児親子のためのオンライン講座サイト
ピカ・ブッカクラブ主宰
<http://pikapukka-club.com>

■ どうぶつたちの12のさんすうあそび

自宅で高校数学塾を長くしていた私は、塾生の数的感覚や図形的感覚の違いがどこから来るのかを不思議に思い、彼らの小さい頃のようなすを親に聞いてみました。すると数的感覚が鋭い生徒は、どんぐりなどをお金に見立てたお店屋さんごっこをしたり、カレンダーの数字を並べ替えたりとたくさんの数的体験を遊びの中でしていました。また図形的感覚の鋭い生徒は、あやとりや形合わせや立体づくりといった手を使った体験が多いことに気が付きました。そこで私は、幼児期の数や形との遊びの中での出会いが、その後の算数・数学学習に影響するのではと考え、幼児期に遊びながら算数の基礎力をつけるためのメソッドを考案しました。幼児が親しんでできるように、12の算数的概念をそれぞれのどうぶつになぞらえています。またカラフルなフェルトボールが数の代わりで、幼児がそれらを手で触って動かしているうちに自然と算数概念に気付けるように工夫しました。12のさんすうあそびの中から3例をあげると、

① ゾウ 10個のフェルトボールでお買い物ごっこ

10までの量的感覚育てや $3+3+3+1=10$ や $2\times 5=10$ などのさまざまな10の組成に気付かせます。

② ヒツジ 分数ケーキ屋さん

2分の1や3分の1などのケーキ模型を使い、ホールケーキの値段から、分割したケーキの値段をフェルトボールを使って計算させ、分数の概念に触れさせます。

③ キツネ おとけいさん

②の分数ケーキ模型を使い、それを時計と呼応させ30分と2分の1や15分と4分の1をつなげて量感覚として理解できるようにします。

■ オンラインで世界各地に住む子供たちへ

では、この12のさんすうメソッドを幼児にどのように伝えていけばよいのでしょうか？私は、興味のある親子にオンライン講座を通じて伝えることにしました。指導の仕方はこうです。事前に受講者にフェルトボールを送り、受講者は手元のフェルトボールを動かしながら講座を受けます。双方向でのやりとりの中で受講者はどんどん算数的概念に気付き、家庭でもフェルトボールを取り入れた計算をするようになります。またオンラインなので外国に住んでいる生徒も多くいます。そんな国を超えた活動が注目され、今夏は情報系の国際学会でもフェルトボールさんすうメソッドを披露することができました。しかし、幼児向けオンライン講座はまだあまり認知されておらず抵抗感を感じる方も多いので、まずはフェルトボールを使った親子向けイベントを開催しています。

■ ママたちのフェルトボール算数イベント

ここでは、2017年（平成29年）7月27日に名古屋で行った「10個のフェルトボールでお買い物ごっこ」のイベントを報告します。これは指導者養成講座を修了したばかりの名古屋在住のママたち6名とオンライン講座サイトのホームページ制作責任者1名とが企画・広報・実践すべてを話し合いのもとで行いました。

イベント名 遊びを通して数に親しむ♪

「フェルトボールでお買い物ごっこ in 名古屋」

対象年齢 2歳から6歳までのお子様・参加費500円

内容 前半15分はフェルトボールさんすうの簡単な説明で、後半30分はお買い物ごっこ実践の計45分間を講座に充てます。

○お買い物ごっこシナリオ

森のお金（ホワイトボードにあるフェルトボール）を10個選んでみんなでお買い物に行きましょうと子供たちを誘導し、値段がフェルトボールの量表記となっている商品を自由に買わせます。



お買い物ごっこのようす

商品	おねだん	商品	おねだん
バナナ・柿	2個	トマト	3個
ぶどう	3個	いちご	2個
たまご	2.5個	さくらんぼ	1個
洋ナシ	3個	木いちご	0.5個
つかみ取り キャンディ	2個／回	羊毛フェルト どうぶつ	4個

○アンケート結果（大人）

Q1.お買い物ごっこの感想は？

- ・お買い物とても楽しかったです。特に1つでは買えない木いちごの工夫がおお！と思いました。今日はまだ理解できていないようでしたが家でやってみます。
- ・普段、カードで買い物をすることが多いのですが、思ったより何個のボールで何が買えるかを早く理解したように感じ、びっくりしました。
- ・遊びの中で算数の感覚が身に付くのが面白いと思いました。勉強でなく生活の中で数があって自然に学べると数学が楽しいのかもしれないです。
- ・2分の1個で買える木いちごの買い物が小1の娘には良い挑戦になったようです。年中の娘には数がどういうものかという良い経験になりました。フェルトボールに触ることをとても楽しんでいました。今後、掛け算や割り算のイベントがあれば是非参加してみたいです。

- ・何個使えば何が買えるかを量的につかむことができる良いツールだと思いました。
- ・普段お金を使ってお買い物をしていないのですごく勉強になりました。
- など多くの方にご感想をいただきました。

Q2.オンライン講座に興味はありますか？

多くの方が、オンライン講座には興味があるものの小さい時期は実際のイベントのほうが良いとの意見もありました。

○アンケート結果（子供）

Q.好きな商品の絵を描いてください。

多くのお子さんが自由に絵を描いてくれ、とても楽しんだようすがうかがえます。中にはお友達のために自分のフェルトボールでいちごを買ってあげた4歳児もいて、そのことをスタッフが紹介すると、飛び切り良い笑顔を見せる場面もあったそうです。このように好きなものを買ってみんなの前で披露することは、子供たちの表現の場であり承認の場とも



なりえます。算数学習を超えたイベントとしてより質の高い内容で提供していきたいと感じました。

アンケート結果

■ オンライン講座生徒獲得なるか？！

今回のイベント終了後3日以内にオンライン講座へのお申し込みが7名ありました。実際にイベントに参加した方やSNS等でこのイベントを知った方たちからです。今後もよりよいイベントを繰り返すことで、リアルとITの世界を自



名古屋のフェルトボール算数指導者たち

由に行き来でき表現力を持った子供たちの育成に力を注いでいくことを指導者一同心に決めました。



◆◆◆ 編集後記 ◆◆◆

特集「新学習指導要領が目指すこれからの理数科教育」第2弾をお届けします。算数・数学教育や理科教育がどのように変わるか、識者に解説していただきました。また、高等学校で新設される「理数探究基礎」「理数探究」につきましては、来年春の高等学校新学習指導要領告示を目指して現在文部科学省で検討中です。次号では、石戸奈々子氏が巻頭言で触れていますプログラミング教育について特集します。ご期待ください。

(財)理数教育研究所 事務局

人間にとって「科学文明」とは ～「科学史の散歩道」を振り返り、考える～



提供：NASA

宇宙に浮かぶ地球 アポロ8号より、1968年12月24日

この「散歩道」で最初に出会ったガリレオが自作の望遠鏡で月面を観測（1609年）してから360年後（1969年）、その月面に人類は初めて足跡を残しました。ここに掲げた写真はその前年、月周回軌道から撮影された「宇宙に浮かぶ地球」の姿です。この写真を見て、皆さんは何を感じ、どのようなことをお考えになったのでしょうか。「散歩道」の案内人の僕は、まず地球の「美しさ」を感じましたが、同時にこの「美しさ」がいつまで続くかが気になりました。この「美しさ」を僕に与えてくれたのは「散歩道」で出会った人たちも含め実証精神に充ちた科学者・技術者たちによって育まれた「近代科学」の成果が活用された「科学技術」です。これまで私たちは「便利さ・快適さ、物質的豊かさ」などそのプラス面に惹かれ、その基盤となる「科学文明」を受け入れてきています。しかし、近年、環境問題などで「科学技術」のマイナス面が顕現化し、「科学文明」そのものを問い直す声も聞かれます。私たちはそのことをどう受け止めたらいよいのでしょうか。『沈黙の春』を書き「科学技術」の在り方に再考を促したレイチェル・カーソンは、自然の持つ「不思議さや美しさなどに目をみはる感性」（上遠恵子訳参照）を人々が幼いときから身に付けることの大切さを訴えていました。まさに「科学教育」の第一歩です。「科学研究」と「技術開発」が一体化しつつある昨今、人々がそれらの在り方を適切に考え、「美しい地球」を存続させるためにも、「科学教育」が「実証精神」とともに、そうした「感性」を持った人々の育成に貢献することを期待して「散歩」を終えることにします。

大阪教育大学名誉教授 鈴木 善次 / すずき ぜんじ

Rimse (リムス)**No.20**

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