

日本の理数科教育をサポートする

Rimse

Research Institute for Mathematics and Science Education

No.

34

June

2022

特集

コロナ後の学校教育について I



Contents

表紙裏

巻頭言

文化においても科学においても形の大切さ

春日大社 宮司 花山院 弘匡

特集 | コロナ後の学校教育について I

- 2 **I** 学校教育への支援と実践に期待すること
武庫川女子大学 教育学部 教授・幹事教授 神原 一之
- 5 **II** 魅力ある学校教育の実現に向けて
福島県相馬市立磯部小学校 校長 永井 崇
- 7 **III** コロナ禍における学びの保障と GIGA スクール構想による学校経営
兵庫県伊丹市立天王寺川中学校 校長 前田 徳三
- 10 **IV** 「本質」と「多様性」をキーワードに変化に対応できる力の育成を
広島県立廿日市西高等学校 校長 田中 勲

巻頭言

Kantougen

- 13 **連載** | 1枚の図から地球を考える
～地球はどんなところか～ 第8回

地球温暖化(その1)

開成中学校・高等学校 教諭 有山 智雄

- 16 **連載** | 統計の見方・読み方・使い方 第11回

成長曲線で学ぶ

基本統計量の種類と活用 II

立正大学 データサイエンス学部 教授 渡辺 美智子

- 19 **連載** | 物理法則の科学史 第11回

運動の法則

一橋大学大学院 言語社会研究科 准教授 有賀 暢迪

- 22 **教育に新しい風を** | ー東京懇談会よりー

教員の育成と人材確保への提言

「コロナ禍における小学校教育と中教審答申」

秀明大学 学校教師学部 教授 生形 章

- 24 **広場** | 地域教育で活躍する人々 第33回

算数がよくわかり、算数が大好きな子どもたちに
～教師の授業力の向上から～

北九州市教育委員会授業づくり支援企画課

学力向上推進リーダー 溝口 忠幸

裏表紙

数学と言葉 | 第2回

「可能性」の言葉使い その2

「可能性がある」とはどの程度?

サイエンスナビゲーター® 桜井 進



春日大社 宮司

花山院 弘匡 / かさんのいん ひろただ

1962年佐賀県生まれ。花山院家第33代目当主。1986年3月國學院大學文学部神道学科卒業。奈良県立高等学校に22年間勤務。2008年4月より春日大社宮司。花山院家は藤原道長の曾孫・左大臣 藤原(花山院)家忠を祖とする大臣家。明治の東京遷都とともに侯爵となり、祖父は貴族院議員、父は第9代春日大社宮司。南都楽所会長、奈良の鹿愛護会名誉会長、神仏霊場会会長、奈良県教育委員、帝塚山大学特任教授、裏千家今日庵評議員、奈良国立博物館評議員、香雪美術館評議員、國學院大學評議委員などを務める。

文化においても科学においても形の大切さ

私は^{しんろく}神鹿で知られる奈良の^{かすがたいしゃ}春日大社の^{ぐうじ}宮司を務めております。春日大社は1300年前に平城京を護り、国家国民を護るために創建された神社であり、現在も年間2200回以上の祭にて国家国民の繁栄と平和を祈っています。最大の祭は平安時代初期から続く春日祭で、3月13日に天皇陛下の御代理が東京の宮内庁より来られ、春日大神様へ国民のために祈りをあげられます。このような祭が千年以上前より毎年行われるのは全国に数社しかありません。もう一つは12月17日に行われる平安時代末期から続く春日若宮おん祭で、24時間の祭で午前中は千人馬五十頭の行列があり、沿道には数万人の方が詰めかけます。この中での^{まつ}松之^{のした}下式から春日大社の神様の松が能舞台に描かれるようになりました。さらに午後からは平安時代の芸能が8時間にわたり神様へささげられます。また長い歴史のため春日大社は人が伝えてきた354点の国宝、1836点の重要文化財を所有し、神社界最大所有者でもあります。

私は大学を卒業して22年間は奈良県立高等学校の社会科の教諭を務め、その後に春日大社の宮司となりました。春日大社は世襲ではなく、戦後は藤原氏の本家筋に近い者が斎主を行うとなっております。これは人々の願いを聞き、神様へお届けしやすいとの考えからです。伊勢神宮の大宮司におかれましても旧宮家の方々が就いておられます。昔々の話ですが、私のところは平安時代の藤原道長の曾孫であった左大臣藤原^{かさんのいん}（花山院）家忠に始まり、明治時代になるまでは太政大臣を始め大臣へと就く家で、今の京都御苑が住居でした。祖父は東京で貴族院議員でしたが早くに亡くなりました。父は柳田國男の下で学びましたが、大卒後に軍隊へ召集され、戦後は佐賀にて県立高校の国語教諭を22年間務め、その後に請われて春日大社の宮司となりました。

私は大学を出て45歳までは県立の富雄、片桐、奈良の3つの高校にて、担任、教科指導、生徒会指導部、クラブ顧問などを務め、家庭訪問へも度々行った思い出があります。生徒たちの成長のために充実した教員の生活を楽しく送らせていただきました。

生徒たちと過ごしていた若い頃は、文化伝統は遠い世界でした。例えば茶道や香道などのイメージは作法の形にうるさいとの思いがありました。たぶん多くの方々も同じ思いであ

るかと考えます。特に未来ある子供たちを教える立場としては、それぞれの気持ちや思いを大切にし、発想力を伸ばしてあげたいとの気持ちがあり、茶道などは古い形にこだわらず、もっと自由な発想と心を大切にすることが大事ではないのかと考えていました。

しかし私はこの世界に入ると、形の大切さやその意味を深く理解することとなります。日本の伝統文化は千年以上続き、どの分野でも少なくとも何百年の歴史を積み重ねています。しかし500年前の人々の考え方、200年前の考え方と今の考え方や思想、思いは大きく違います。たかが80年前の戦前と現在でも大きく変わっています。人の心や考え方は時代によって移り変わり、左右されやすいものです。一方、先人たちが何百年も掛けて作り上げてきた形は、人としての素晴らしい考え方の集大成で、誠実な思想がその形を作り上げています。決められた形を忠実に実践することは、その時々々の感情や考え方には左右されることがない普遍的なものなのです。そのため私たちは内容が深く理解できなくとも、まずその形を体で覚え、何度も地道に繰り返し形を現していけば、自然にその意味を理解することができます。それは人々の知恵の塊だからです。そして自分の理解不足や知っている範囲の浅はかさなどに気づくからこそ、さらに深い本質の理解へと誘われます。そして、その後にこそ、確信を持って新しい発想が創出され、素晴らしい境地へとたどり着けるのです。感情に左右されない形をしっかりと学ぶことこそが、次への真実の扉を開く道なのです。

この話を大先輩の先生にお話したところ、理数系の世界もそうであるとお聞きしたことがあります。最先端の研究も形が大切であり、先人が積み重ねて獲得してきた研究手法の形を誠実に実行し守っていくことが間違いを起こさない唯一の正しい進み方であると。未知の未来を切り開く開発の鍵は、地道な理にかなう形を何度も繰り返す中から新たなきっかけを見つけ出し、さらに探究を進め、それにより今までに見たことのない事象と出会うことができる。そして、それが新たな発見であるかを、形を守り正しく検証すること。独善的で自分勝手な発想や進め方だけでは新しい発見やその検証は成立しえないとのお話でした。どの分野においても本質への真理は同じものであります。



コロナ後の学校教育について I

I 学校教育への支援と実践に期待すること

武庫川女子大学 教育学部 教授・幹事教授

神原 一之 / かんばん かずゆき

広島大学学校教育研究科数学教育専攻修了。教育学博士、学校心理士。広島市公立中学校教諭、広島大学附属東雲中学校教諭、同副校長、武庫川女子大学准教授を経て現職。専門は数学教育、特に学習指導論と学習評価。おもな著書として、『これだけは知っておきたい 小学校教師のための算数と数学 15 講』（ミネルヴァ書房 分担執筆）、『2019 年改訂指導要領対応 シリーズ・学びを変える新しい学習評価 理論・実践編 2 各教科等の学びと新しい学習評価』（ぎょうせい 分担執筆）など。



1 ◆ はじめに

我が国はこの 100 年の間に、原子爆弾による被爆、阪神・淡路大震災、東日本大震災などの未曾有の危機に直面してきた。その度ごとに、最前線で働く教師たちが知恵を出し、涙を流し、汗をかいて教育を再生し続けてきた。この度のコロナ禍においても、文部科学省をはじめ、教育委員会からの指示を誠実に実行して、厳しい環境の中で子供たちを守り、教育を継続してきた。いずれの場合においても、決して十分とはいえない教育予算の中で、教師たちが危機と格闘していることは尊敬に値する。学校教育のレジリエンス（回復力）は現場にいる教師たちの力といってもよい。このレジリエンスが失われないように政治的・社会的支援と学校現場のマネジメントが必要である。本稿では、2021 年 12 月教育再生実行会議の最後の提言「ポストコロナ期の新たな学びの在り方（第十二次提言）」^{*1}（以下「提言」という）を参照しつつ、コロナ禍（コロナ後）の学校教育への期待について考える。

2 ◆ 学校教育への支援に期待すること

「提言」の「はじめに」は次の記述で始まる。「新型コロナウイルス感染症は、世界各地で人々の生命や生活、価値観や行動、さらには経済や文化など社会全体に広範かつ多面的な影響を与えており、まさに予測困難な VUCA 時代が到来しています。こうした流れは、Society 5.0 時代に向けた動きやデジタル・トランスフォーメーション（DX）の潮流とも相まって、従来の方程式では解が見つからない社会問題にどう取り組んでいく

かという大きな問題を提起しています」（提言 p.1）。

ここに示されるこれからの時代は「予測困難な VUCA 時代」と「Society 5.0 時代」であり、コロナ禍以前に描かれているものと変わりはない。変わったことは、コロナ禍がこれらの時代の新しい特徴として加えられたことである。

しかし、コロナ禍は予測困難なことだったのだろうか。国連環境計画（UNEP）と国際家畜研究所（ILRI）は、新型コロナウイルス感染症やその他の動物から人へ感染する動物由来感染症の発生や拡大の根本的な原因として、人類による自然環境への過剰なストレスを共同であげている。つまり、新しいウイルスが発生することは予測できていたはずであり、問題はこのような情報の共有や根幹の改善に向けた取り組み、感染症に関する準備が十分でなかったことにある。「予測困難な時代」として未来を描くことのリスクは、それを前提とした教育内容や教育方法の是非について検証することを困難にするところである。コロナ禍の要因として考えられる野生生物、天然資源の過剰な搾取や、経済優先の農業の推進、土壌の劣化、生態系の破壊を改めて持続可能な社会を共創する時代を見据えて学校教育を考えなければならない。

そういう意味では、「Society 5.0 時代」すなわち「サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会」は希望を感じる。コロナ禍で推し進められた ICT を活用した生活や GIGA スクール構想を前倒した教育は、このベクトルに位置づけられる。コロナ禍において ICT の遅れがクローズアップされたことで、この構想の推進圧力は

強くなり、やや前のめりになっている感がある。ここで心配なことは、「新しい時代に向かう議論がそれぞれの現場で十分になされているか」という点である。

「提言」には「デジタル化は、教育の新たな可能性を拓き、ポストコロナ期の新たな学びにおいても効果的な手段となり得ると考えられるため、現在、政府を挙げて積極的に取り組んでいるデジタル化の推進とも軌を一にして、今後、教育においてもデジタル化に適切に対応しつつ、データ駆動型に転換していく必要があります」(提言 p.2) とある。デジタル化の進展やデータ駆動型への転換による教育の可能性について大いに期待をする。しかし不安もぬぐえない。これまでも、総合的な学習の時間や道徳、小学校の外国語活動や英語等々の導入時には、教師に十分な研修の時間の確保や環境整備を保障せず、学校現場に取り組みを半ば押しつけてきた。「提言」がいう「新たな学び」とは、「個別最適な学び」と「協働的な学び」を意味する。つまり、デジタル化とパッケージになった「個別最適な学び」と「協働的な学び」である。「個別最適な学び」と「協働的な学び」の響きはとても聞こえがよく、誰も否定できない。これらがもたらば教師の努力に委ねられれば、これまで以上に教師たちは身を削りながら、さらにまじめに取り組むことになると思われる。その結果として、学校のレジリエンスは失われないだろうか。

「提言」は「国は、学校・家庭において学習・^{メクビット}アセスメントができるオンライン学習システム(CBTシステム:MEXCBT)を、希望する全国の小・中・高等学校等が活用できるようにする」(提言 p.10) と述べている。システムの整備は学校という大きな市場における競争で進められることになる。ところが、コロナ禍以前に日本は巨額の赤字国債を抱えている。コロナ禍の中で実施された東京オリンピックの巨額赤字、東日本大震災の復興費用や原発廃炉に向けた費用も何十年も必要である。世界屈指の規模となった我が国の新型コロナウイルス対策のコストは、さらなる巨額の国債発行などでまかなわれる。「提言」が「今後、ICTも活用した協働的な学びが増えていく中で、子供同士の議論をファシリテートする力やICT活用指導力がこれまで以上に重要になっていくと考えられます。新たな学びを実現していくためには、全ての教師がこれらの点を自覚する必要があります」(提言 p.14) と述べるように、より高度な教授活動が「新たな学び」において求められ、それに伴って教師の負

担が増加することになる。「提言」には「国及び地方公共団体は、学校の実情に応じて様々なスタッフ職の配置を支援し、『チーム学校』による協働的・組織的な取組を推進するとともに、少人数学級の計画的な整備や小学校高学年における教科担任制の導入等を行う。また、同時に、部活動改革やテレワークを含む先進事例等の情報発信や、ICTの利活用等による学校業務の効率化により、働き方改革を推進する」(提言 p.15) とある。コロナ禍はそれ以前に見え隠れしていた格差を一層顕在化させた。学校の規模や教師集団、自治体の置かれた環境、身の丈の違いによって格差が生まれないような支援が強く求められている。厳しい財政状況の中ではあるが、国や地方公共団体には何を置いても新しい次代を担う教育を推進するための財源確保を期待する。

ところでコロナ禍による学校行事の中止や縮小は、非認知能力・生活習慣などに悪影響を与えているという研究結果がある。学校現場には、新しいことをよかれと言いながらどんどん加えていくことのリスクについての議論と、方法が目的化しないような議論が必要である。リスクを負うのは総務省でも文科省でも教師でもなく、子供たちである。DXとは、進化し続けるテクノロジーが人々の生活をより良いものへ変革することであり、単なるデジタル化ではない。デジタル化により学校教育の充実や業務の質的向上が成立してDXと呼べる。コロナ禍以前から地域や家庭の教育力の低下が課題として叫ばれている。行政には人間形成の基礎を培う学校教育の新しいアイデアの創出や子供と教師の挑戦への支援はもちろんのこと、学校と家庭や地域との関係づくりに関するDXについて支援を期待する。腰を据えた議論と支援を元に教育をデザインすれば学校のレジリエンスは失われないだろう。

3 ◆ Society 5.0時代に向けた教育実践に期待すること

Society 5.0時代に向けた教育実践に期待することについて、原点に立ち返り3点述べる。

まず、「学ぶ楽しさの感得」である。コロナ禍である2020年度の不登校の小中学生は全国で19万6000人を越えて過去最多となった^{*2}。人と人との物理的・心理的距離が広がり、不安や悩みを抱える子供たちが新たな形で増えたのだろう。遠隔・オンライン授業の推進により不登校児童・生徒の学習

機会の充実が期待される。しかし、デジタル教材を提供すれば状況が一変するわけではないことに注意したい。学びそのものが楽しいと感じなければ大きな改善は期待できないだろう。学校における学びの楽しさは、人やコト、モノとの対話を通した学びの広がりや深まりによる感情の生起である。リアルな空間の対面授業かサイバー空間の遠隔・オンライン授業かという方法論のどちらを選択するのかという問題ではなく、学ぶ対象（コンテンツ）と学ぶ主体の問題である。我々はインターネットによって有り余る情報に簡単に触れることができ、知っているつもりになれる。この知っているつもりを疑うことで学びがリスタートして、学ぶ楽しさにつながってくる。学ぶ楽しさを感得することは一人でも可能である。しかし、教師によって意図的・計画的に十分に練られた教材を囲んで多様な他者と議論し合い、主体的に学び合うほうが効果的であり、効率的であると思われる。どういう形であれ、人が集って「学ぶ楽しさを感得すること」は新しい価値の創造の源泉である。ここに学校の大きな存在価値がある。

次に、「科学的思考法の獲得」である。コロナ禍では、感染という見えない敵に対する不安はメディアと SNS の相乗効果により煽られた。情報のリソースはどこか、何を根拠に結論が言われているのか、新型コロナウイルスを正しく知って、正しく恐れることが重要であった。フェイクニュースや詐欺に騙されない人、日常のちょっとした違和感に気づくことができる人、思考停止に陥らない人を育てたい。そして、戦争や災害の記憶や教訓を風化させないように取り組んできたように、感染（パンデミック）の教訓伝承と地球と人類が共存する方策を考えることのできる人を育てたい。そのためには、ウイルスに関する科学的・歴史的な知識の獲得と合わせて、観察・仮説・検証という科学的思考のプロセスや、帰納的推論、演繹的推論などの科学的思考方法を学ぶことがますます肝要となるだろう。ウイルスは肉眼では見えない敵ではあるが、科学的思考の成果として発明された科学技術の発展によって可視化できるようになった。科学的思考法の獲得は、サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムを構築する根幹でもある。自然への畏敬の念をもちつつ先人の知を継承し発展させた Society 5.0 時代を創造する子供たちを育てるために「科学的思考法の獲得」は必須である。

最後に、「向社会的行動の実践」である。アイゼンバーグ

によれば、向社会的行動とは「他の個人や集団を助けようとして、こうした人々のためになることをしようとしてなされたりする自主的な行為」である。コロナ禍で県境や国境、富裕層と貧困、ワクチン接種希望者と希望しない者、若者と老人、都市と地方、正規雇用と非正規雇用など地理的・社会的な境界がこれまで以上に意識され、機能する立体的な境界へと状態変化したように思われる。自己防衛が過度に進み、感染者への差別、県をまたぐ移動者への差別、医療従事者への差別など他者を拒絶して、排除する姿を生み出した。一方、命がけで働く医療従事者はもちろんのこと、教員・保育者、宅配業者、清掃業者などのエッセンシャルワーカーと呼ばれる人々は業務を越えて他者のために尽くしてきた。また、数多くの温かい行動、例えば無料の弁当配布や医療従事者へのメッセージ送信などからたくさんの勇気を得た。我々が目指すべき Society 5.0 時代の社会は、経済性や効率性、最適性だけを追求した無機質なものではない。人間の弱さを自覚しつつ、怒りや不安を適度に保ちながらも知性と理性を発揮して行動する社会である。向社会的行動の実践される社会は決して仰々しいものではなく、他者を思いやる小さな行為を積み重ねていく社会である。そのような社会の担い手となる人間味ある子供たちを育てることが一層大事になる。

4 ◆ おわりに

私はコロナ禍の中、親族を 4 人失った。私以上に多くの人が悲しい思いや悔しい思いをしたらう。しかし、人類はこれまでもペストを乗り越えルネッサンスを生み出し、スペイン風邪を乗り越えて国際連盟を作り出した。このように、このコロナ禍を乗り越え新しい時代を創ることは歴史が証明している。今を生きる私たちはそれぞれの置かれた場所で新しい時代の担い手の一人となり花を咲かせるチャンスをいただいている。そのことに感謝しつつ、学校を応援したい。

参考・引用文献

- *1 教育再生実行会議（2021）「ポストコロナ期の新たな学びの在り方（第十二次提言）」https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kyouikusaiei/pdf/dai12_teigen_1.pdf
- *2 文部科学省「令和2年度 児童生徒の問題行動・不登校等生徒指導上の諸課題に関する調査結果の概要」https://www.mext.go.jp/content/20201015-mext_jidou02-100002753_01.pdf

II 魅力ある学校教育の実現に向けて

福島県相馬市立磯部小学校 校長

永井 崇 / なかい たかし

福島県出身。1991 年より福島県公立小学校教諭に採用。バンコク日本人学校、福島大学附属小学校、福島県教育センター指導主事などを経て 2021 年より現職。



1 ◆ 本校について

本校は福島県相馬市の東に位置し、校舎からは太平洋を望むことができる場所にある。2011 年の東日本大震災では、12 名の尊い命が津波によって奪われた。それ以後、児童数の減少が進み、今年度は全校生 20 名の小規模校である。また、今年 3 月 16 日の地震においても、断水や停電、建物の倒壊など大きな被害が出た地域である。このような本校だが、大震災直後から民間や各団体などからさまざまな支援を受け、特に、ICT の整備に関しては、他校よりも先立って ICT（タブレット）を活用した学習を可能にしてきた。そして、今回の新型コロナウイルスの感染拡大では、大震災後に先輩方が取り組んできたことが、コロナ禍においても大いに役立った。

この 2 つの災害から得た校長としての教訓は、現状に満足せず、常に最悪を想定し「先を見通す」「学校や子供たちにとって良いと思ったことは、積極的に実行する」「官民にとらわれず先進的な取り組みの情報収集」だと感じた。

2 ◆ 新型コロナウイルスの影響

新型コロナウイルスの影響を受けて、学校現場は大きく変わったことは言うまでもない。これまであたり前に行えたことが行えないという葛藤、戸惑い、歯がゆさの連続だったに違いない。一方で、学校行事などの実施の有無を目的などに照らし合わせ判断した結果、行事などの精選にも繋がり、形骸化していたものを改めて見直す「学校のスリム化」への

きっかけとなったというプラスの面の成果もあったことは間違いない。特に、精選から生まれた時間を、私たち教師の使命である「確かな学力の定着」「学力の向上」へと有益的に舵を切れたことは、新型コロナウイルスの唯一の恩恵ではないだろうか。

3 ◆ 対話的な学びの実現に向けて

コロナ禍になり学校現場は大きく変わった。特に、授業ではこれまであたり前のように行っていたペアや集団などでの対話的な活動が思うようにはいかなかった。加えて、子供たちが日々楽しみにしている給食も、皆同じ方向を向き、さらに黙食となった。このような状況の中、既に多くの学校で取り組んでいる ICT が脚光を浴びた。ちょうど同時期に GIGA スクール構想によって、一人一台ずつ端末が整備されたことが ICT の積極的な活用を後押しした。こうして各学校で ICT を活用した授業が始まった（図 1）。



図 1 タブレットを活用した学び

感染防止のため、子供同士が十分に対話できなくても、子供たち一人一人の考えを大型モニターに映すことで、個々の考えを理解することができるようになった。併せて、これまで授業中に全員の考えを漏れなく聞いたり、理解したりすることは時間がかかり、難しかったことも、このような ICT を

活用することで、短時間で全員の考えなどを可視化できるようになった。このような ICT の活用は、新型コロナが収束した後もぜひ活用を続けたい。また、コロナ禍になり、難しいとされる見学学習や交流学习といった現地に足を運んだり、人と接したりする活動においても、学校にいながらオンラインでの繋がりで学ぶことができるようになった。図 2 は、近隣の小学校と互いの小学校について紹介合っているようすである。両校とも同じ相馬市に位置しながら、土地利用のようすや気候などが違っていることを交



図 2 オンライン交流学习

流を通して学んだ。さらに、少人数校の課題でもある表現力を育成するため、授業での意見交流へと発展していった。このようなコロナ禍から生まれた財産は、今後も継続していく必要があると感じる。ただし、手当たり次第に活用するのではなく、今後は、ICT を活用する際、「どのような目的（めあて）を達成するためなのか」をしっかりと教師が見据えることが必要だと思う。また、一口に ICT の活用と言っても、その使われ方は広い。そこで、一斉授業・個別最適化・協働学習など子供たちの学びにふさわしく、子供たちの実態に応じた場面を選び、使用していくことが望ましいと思われる。併せて、家庭における ICT が使える環境の整備や、子供たちが家庭に持ち帰る際の紛失や破損などへの対応も事前に確認しておく必要がある。図 3 は、子供たちが自身の課題解決に必要な資料をタブレットを活用して収集し、発表に向けた準備をするようすである。子供たちは必要な資料を探してノートに書き写すだけでなく、資料を活用してスライ



図 3 一人調べでの ICT 学習

ドを作成し、発表へと向かう能力をこれまでの学びを通して身に付けている。その一方で、ICT だけでは授業は成立しないので、これまで大切にしてきた普遍的な指導は後生の教師に残し

ていくべきだと思う。具体的には、教師の発問や問い返しなどのあり方や教材研究、生徒指導の機能を生かした子供との関わり方といったものである。これらは授業における根幹を成すものなので、教師文化として伝承したいところである。

4 ◆ 魅力ある学校に

最近、幾度となく耳にするのが「教員志願者の減少」「教員採用試験の倍率低下」という言葉である。実際、教育現場では、教員不足が進み、産休者などがいてもその代わりになる教員を充てることができないという状況である。その背景には、教員の働き方に原因があるように思える。特に、勤務時間はもとより、勤務時間外においても仕事をしなければならない状況が続いている。このことは、小学校よりも中学校のほうが顕著である。

はっきり言ってしまえば、学校現場の働き方は「ブラック」ということである。つまり、このような環境を早急に変えていくことが必要な時期にきているのだと思う。そこで、例えば、これまで子供たちが自由に登校していた時刻を 7 時 45 分以降にするなど教員の勤務時刻に合わせて登校するように保護者に伝えたり、勤務時間外に掛かってくる電話を留守番電話にし、緊急性のあるもののみ対応したりするなど勤務時間を意識した取り組みが必要だと思う。他にも、出勤簿の押印や部活動などの手当、フレックスタイムの活用など、学校現場の仕事を企業目線で見つめ直すことである。ただし、これらのことは、管理職だけで行うには無理があるので、教育委員会や保護者などの理解を得る必要がある。最終的には、教師を見る側の人たちが教師を見たときに「常に生き生きとしている」「授業がわかりやすい」「指導によって生き方が変わった」などと感じることだと思う。そのためには、教師の本質である教材研究や子供理解に十分な時間をかけられるように、カリキュラム・マネジメントなどを活用し、校務を精査・見直すことだと思う。教員が授業を通して輝くことで、教員の仕事が魅力溢れる職業になるように思える。ちなみに本校では、昨年度と日課表を変更し、水・金曜日の放課後に教材研究や打合せ、会議や相談など、先生方の提案で自由に使える時間を確保し、さまざまな思いを共有できるようにした。



Ⅲ コロナ禍における学びの保障と GIGA スクール構想による学校経営

兵庫県伊丹市立天王寺川中学校 校長

前田 徳三 / まえだ とくそう

近畿大学理工学部卒。伊丹市立天王寺川中学校教諭、伊丹市立北中学校教諭、伊丹市立松崎中学校教諭、伊丹市教育委員会事務局学校指導課指導主事、伊丹市立天王寺川中学校教頭を経て、現職。



1 ◆ 本校の概要

兵庫県伊丹市は、大阪府との府県境に位置しており、清酒発祥の地として知られ、江戸時代には全国有数の酒造業で栄えた。また、松尾芭蕉とならび称される俳人上島鬼貫が生誕し、俳諧文化が花開いた地でもある。さらに、大都市圏にありながらも野鳥の楽園として有名な昆陽池公園があり、自然環境も豊富である一方、大阪国際空港（伊丹空港）を有している。

本校は、通常学級 21 学級、特別支援学級 6 学級の計 27 学級で、全校生徒 852 名の大規模校である。校区には、大型ショッピングセンターや多くの公園があることから、とても住みやすい環境にある。また、多くの卒業生が保護者や地域住民として学校を支援してくれている。

本校の生徒は明るく活発であり、行事や部活動などのさまざまな場面で活躍している。その一方で、家庭環境などにおいて多くの課題を抱えている生徒も少なくない。そこで、生徒一人一人を理解し、学校教育目標を「夢と誇りのある生徒の育成」と定め、生徒に「夢」を持たせ、「誇り」を育む教育を推進するため、教職員一同、力を合わせて取り組んでいる。

2 ◆ 阪神淡路大震災を体験して

今後、コロナの感染状況がどのような被害を人類に与えるのか誰も予測ができない。27 年前の平成 7 年 1 月 17 日午前 5 時 46 分にマグニチュード 7.3 の地震が、突如として兵庫県南東部に発生した。本校においても大きな被害を受けた。当時、

私は本校に勤務しており、多くの家屋が倒壊している中、午前 7 時前に学校に駆けつけたところ、校長室、職員室前の廊下は水浸し、校舎は屋上の給水タンクが破裂して、階段には滝のように水が流れ、ガスの臭いもしていた。約 300 枚の窓ガラスが割れ、校舎の柱のほとんどにひび割れがあり、校舎内は到底歩けるような状態ではなかった。当時の記録によると、平常どおりに授業が再開できたのが約 2 週間後の 1 月 30 日、部活動が再開できたのが約 3 週間後の 2 月 6 日からである。特に、入試を控えた生徒たちには大きな衝撃を与えた。しかし、学校長のリーダーシップの下、一日も早く平常通りの学校生活ができるようにするという強い使命感と覚悟で教職員一同取り組んだ。この有事は、私にとって、現在のコロナ禍での対応の参考となっている。

3 ◆ コロナ禍における学校教育と生徒の現状

コロナ禍の下、生徒たちの安全の確保と学びの保障を最優先課題として、その対応に奔走する 2 年間となった。現在も終息の兆しが見えない中、すべての学校園において、前例のないさまざまな難題に日々最善の判断を迫られている。私自身、コロナ禍において先を見通して視野を広げる必要を大いに感じている。あれをしよう、これをしようと思えばよかった、二歩下がる環境において考えさせられることも多い。ただ、教職員と悩みや不安を共有し、共感することで一体感が生まれ、「組織力の強化」につながった。地震や台風、突然のゲリラ豪雨による河川の氾濫、雷、津波、火災などのさまざまな災害は

私たちの身の回りに突如として発生する。その都度、常に生徒たちや教職員の生命と安全を第一に考えながら、学校運営を行わなければならない。

令和2年3月3日からの突然の臨時休校は、卒業式や公立高校入試、年度末処理などを迎える大切な時期であった。しかも、教職員は容易に生徒たちと会うことができなかったため、生徒を登校させたり、生徒や保護者と対面しての家庭訪問をしたりすることもできず、教職員はとても困惑していた。しかし、私たちはさまざまな期待に迅速に応え、これからの時代を背負って立つ人材を育てる使命がある。そのため、「何もできない」では決して済まされない。「変化対応力」のある子供を育てることは、「変化対応力」のある教師にしかできないと教職員に伝え、生徒たちの健康状況の把握はもちろん、タブレットの効果的な活用を含めて、ICT機器の研修などを計画的に繰り返し実施した。ICT機器の使用を苦手とする教師もいたが、臨時休校の中、互いに教え合う場が生まれ、「とにかくちょっとでも使う」「習うよりも慣れる」を合言葉に、徐々に浸透していった。ピンチやマイナスな状況、場面になっても、チャンスやプラスに考え、新たな視点や発想で学びを止めない姿勢や取り組みを継続することができた。ただ、特定の教職員に業務が偏ることがないように校務分掌を配慮する必要も同時に感じた。

令和2年度、兵庫県教育委員会が、臨時休校中の新型コロナウイルス感染症が生徒に与える影響を検証し今後の教育活動に生かす目的で実施した調査^{*1}に本校も協力した。その結果、前年度のコロナ禍でない3年生に調査したときと比べて、「毎日、同じくらいの時刻に起きていた」が77.6%（前年度より15.1ポイント減）、「毎日、朝食を食べていた」が85.8%（同6.9ポイント減）、「毎日、同じくらいの時刻に寝ていた」が69.1%（同7.2ポイント減）と軒並み減少していた。また、自宅においてインターネット上の学習動画や学習ソフト、学習アプリで学習した生徒が32.3%いたことから、今後、インターネット上の学習コンテンツの充実や有効活用が必要があることもわかった。

なお、臨時休校の未履修は7校時授業を実施したことにより、すべての教科において解消した。ただ、短期間に積み込んだため、学習内容の定着の確認など、きめ細かな学習指導を心掛けるよう全教師に周知した。さらに、授業動画を作成し、ホームページに掲げて視聴できるようにした教師もいた。これらの取り組みを経て、生徒たちは主体的に「学びに向かう力」や「自

己調整力」が身についてきたと思う。普段から自律的に学ぶ経験を提供しておく必要性を大いに感じた。

今後、今回のような歴史に残る災害やパンデミックなどの想定外なことがいつ起こるかわからない。しかし、大事なことは、その局面で迅速かつ適切な対応や、柔軟な発想力である。そして、「学びの保障」「心のケア」「運動不足の解消」などに努めなければならない。

教育活動を行うことは、必ず何らかのリスクが伴う。ゼロリスクを過剰に追求することは、教育活動の実質的な放棄につながる。そのため、何が正しいのかわからない中、国や伊丹市教育委員会の通知などに基づいた対応を行いつつ、校内「コロナ対策委員会」を令和2年度は年17回、令和3年度は年18回開催して、全教職員で叡智を出し合い、できる限りの感染症対策を図りながら学校運営を行った。さらに、「コロナに負けるな!」通信を適宜発行して、校区内の幼稚園、こども園、小学校に配付したり、ホームページに掲載したりして校区内の学校園で情報共有しながら、教育活動を推し進めた。

4 ◆ ICTを活用した教育活動の推進

GIGA スクール構想による一人一台のタブレット端末の活用は、授業の変革のチャンスであり、新しい授業への挑戦が始まったと捉えている。社会一般で使用しているタブレットを学校の授業や生徒たちの主体的な学習に繋げるため、毎日、タブレットを自宅に持ち帰らせて文房具のように活用できるようにしている。わからないことを即座に調べたり、情報収集したり、YouTubeを観て動作確認などを行ったり、学習した記録を蓄積したりしている。さらに、授業中、授業支援システムを活用して、他の生徒の考えや意見を閲覧したり、互いに称賛したりできる機会を増やしている。それらのことにより、生徒たちは主体的に学習し、自分の成長を実感できるようになってきた。学力の向上のみならず、自己肯定感や自己有用感も高まることも期待している。一方、教師も生徒の学習状況を容易に一覧できるため、生徒のよい部分を見つけやすい。ただ、タブレットを使いこなすことが目的でなく、「主体的・対話的で深い学び」の実践による授業づくりに努め、授業の指導目標を達成するために使用するように心掛けている。

コロナ対応においては、伊丹市教育委員会の支援をいただ

き、Web カメラや電子黒板、プロジェクターなどの ICT 環境の整備に努めた。そして、令和 3 年 6 月からは、教室の後方にタブレットを設置し、テレビ会議システム (Zoom) を活用してオンライン授業を毎時間、各家庭や別室生徒に配信した。生徒がコロナに罹患したり、同居者が濃厚接触者や風邪症状などになったりして、自宅にいても授業を受けられるようにした。また、授業支援システムにより、教材の配付と双方向のやりとりができるようにして、生徒が意見や質問を出しやすいように整備した。さらに、コロナ不安などにより登校できない生徒も同様に授業に参加できるようにした。

教師が罹患した場合は、当分の間、授業を行うことができないため、同じ教科の教員が他のクラスで行っている授業を

Zoom を活用して受けられるようにした。

また、質問などは、Zoom による授業を監督する教師から授業者に伝わるように



図 1 Zoom を活用した授業

して、生徒の声を迅速に反映し、回答できるようにした。

また、教師の同居者に罹患患者などが出た場合は、教師は授業を自宅から教室に配信して学びを止めないようにした。若手からベテラン教員まで、すべての教師が主体的に取り組めたことは、校長として大変うれしい限りである。

そして、ICT 機器を効果的に活用することにより、自宅にいる生徒も含めて、目標を持たせることができ、自分と他者の良さを認め合い、主体的に学習に取り組む態度や、学びに向かう力を向上させることができると感じている。また、個々の生徒に応じた具体的な手立てを講じていくことで、さらに、きめ細かな支援を行うことができ、「学ぶ楽しさ」や「なぜ勉強するのか」を実感できるようになると考える。

今後も双方向型のオンライン授業を活用し、より充実したものになるようさらに研究を進め、生徒が自宅にいても「個別最適な学び」や「協働的な学び」の一端を担えるように取り組んでいきたい。しかし、いくらオンライン授業が進んでも、学校での貴重な経験や体験に勝るものはないことは、揺るぎないものである。

一方、コロナ不安や全国的に増加している不登校、ヤングケアラーなども含めて、さまざまな家庭環境などの課題を抱え学

校で学びたくても学べない生徒に、日々の授業をライブ配信できれば、それが誰一人取り残さない教育や多様な学びの形態を構築することに繋がると考える。

生徒一人一人に応じた双方向型のオンライン学習などを含め、すべての生徒たちの可能性を引き出すために、さらに、以下の対策、実践を進めている。

- ・教室の後方だけでなく、黒板や電子黒板の映像を鮮明に配信できるタブレットを設置
- ・教師と自宅で学習する生徒が双方向型でやりとりできるためのタブレット活用方法の推進
- ・放課後などに教師が Zoom を活用し、自宅にいる生徒の学力に応じた学習支援
- ・ICT 機器を活用した個別の学習計画を作成する支援の充実
- ・情報モラル教育の充実を図るとともに、適切に扱うための責任と自覚を持たせるための指導
- ・CBT の導入に向けた試行や検証などの実施
- ・ICT 機器を活用して、生徒の提出物や作品などの蓄積やデータベース化を図った業務改善 など

また、京都大学大学院教育学研究科研究室 (石井英真准教授) と連携して、「ICT を用いた授業実践の改善とオンライン授業研究の方法論の開発」と題して共同研究を行い、発展、進化できるよう努めている。加えて、現在、導入されているデジタル教科書との効果的な併用も検討していく予定である。

5 ◆ 最後に

コロナ禍で、子供たちが自ら学ぶことの重要性が社会全体で広く認識されるようになった。ニューノーマルの時代に伴い、生徒や保護者の考え、社会の風潮は時代とともに変化している。ハイスピードな現代社会では、変わり続ける状況に合わせて、常に、我々教職員もスキルや知識をアップデートしていきたい。そして、校長として、具体的な方針はトップダウン、やり方についてはボトムアップを心掛け、教職員と「楽しむこと」をモットーとして、社会の変化に順応した学校運営に努めていきたいと考えている。



参考・引用文献

- *1 兵庫県教育委員会 『小・中学校における新型コロナウイルス感染症の影響に関する調査結果』2020年12月3日

Ⅳ 「本質」と「多様性」をキーワードに 変化に対応できる力の育成を

広島県立廿日市西高等学校 校長

田中 勲 / たなか いさお

広島大学学校教育学部卒。同大学院学校教育研究科修士課程修了後、広島県立高等学校教諭。広島県立教育センター及び広島県教育委員会事務局で指導主事、管理主事として主に教職員研修に係る業務を担当。専門は数学教育。学校現場に復帰後、主幹教諭、教頭を経て2020年4月より現職。



1 ◆ はじめに

終戦から77年。私は被爆地広島で育った者として、そして広島県の教育に携わる者として、平和教育のねらいは教育活動において常に意識している。特に重視するのは「自他の尊重」である。世界平和の発信拠点として認められ、期待もされている本県で学ぶ子供たちには、個人の尊厳についての理解を深め、大切にし、多様性を認める社会づくりに貢献して欲しい。広島県では、他者理解、自己表現、社会対話を目標に、全国に先駆けて平成15年度から「ことばの教育」に取り組んできた。アクティブ・ラーニングが大きく取り上げられる以前から、ペア学習や討論、プレゼンテーションなど言語活動を通じた授業づくりを進めてきている。こうした活動が成果を上げる一方、人とどう関わってよいかわからない、自分の思いをどう表現すればいいかわからない、自分の生き方に自信がないと悩む生徒も依然として多くいる。新型コロナウイルス感染症の拡大は、こうした生徒をさらに生み出したのではないかと考えている。それほどまでにコロナ感染症の拡大は学校現場を一変させた。一斉休業や相次ぐ学級・学年閉鎖など、学び舎に生徒が集えない状況が次々と生まれた。大きな発声や身体接触を伴う教育活動はできなくなった。体育祭や文化祭といった学校行事は中止や縮小を余儀なくされた。収束の気配はまだない。「アフターコロナ」のキーワードもすぐに「ウイズコロナ」に変わった。コロナと付き合いながら、先を読み、未来を見据えて教育活動を行うことが必須だが、どんなに考えても“想定外”は起きるだろう。コロナ以外にも予想だにしないことが世界のあちこちで起き

ている。社会を生き、社会をつくる人材を育てるために、生徒に“変化に対応できる力”を付けることが学校に求められている。

先述した学校行事や教育活動の制限にしても、感染リスクだけを考えれば、すべてやめてしまうことが最も安全である。しかしながら、学校生活における経験の極端な不足は生徒の成長にとってダメージが大きい。取り組みの取捨選択に加え、コロナ禍でもできる形へのリニューアルが求められる。そのために、これまで行ってきた活動の目的と成果が再考されることになる。何のためにこれをやっているのか、どんな教育的効果があるのか、もしやめたらどうなるか、代替りのものはあるか、形を変えてできないかなどである。これは一つ一つの教育活動の「本質」が問われる場面だと捉えている。

校長として、働き方改革の推進に向けた一番の課題は業務のスクラップ＆ビルドである。負担感を抱きながらも“やるのが当たり前”としていたことの一部分が、コロナ対策を理由に期せずして実施できなくなったが、大きな混乱は起きなかった。一方で何としてでもやるべきと思ったことは、どうすればできるかの検討を入念に行い、その多くはICTを活用したオンラインの手法によって実施することができた。

私は、コロナ後の（現状ではコロナ禍での）学校教育を考えるキーワードは「本質」だと思う。さらに付け加えるなら「多様性」だ。こうあらねばならない、としてきたことの本質を探り、必要ならば見直し、多様性を意識した教育展開が望まれる。そこで今回は、この2つのキーワードを軸に「本質追求」と「端末活用」をテーマとして、今後の学校教育について述べることにする。

2 ◆ 本質を追う活動に向けて

本質追求「問いを深める活動」

合言葉は“突き詰めよう”

「なぜ」の問いの重視

生徒どうして深め合う

学校では「わかりやすい授業」が求められる。ただ“わかりやすい”とはどういうことかの議論はされているだろうか。それは生徒が指導者の話すことに終始うなずき、授業の間、何も疑問に思わずにすべて納得して終わることであろうか。改めて強調するまでもなく、授業の本質は「問い」にあると思う。“なぜ、どうして、本当だろうか”と感じたことから問いが生まれ、課題を自分ごととして捉え、その解決に向かって進む過程で理解を深めていく活動こそ「わかりやすい授業」ではないかと考える。

本校の教育目標は、私の校長就任以降、覚えやすさ重視で「本質追求」のひと言としている。生徒の目標でもあり、教職員の目標でもある。安易にわかった気にならず、問題から逃げずに繰り返し挑戦して欲しいとの思いである。50分の授業の中では、指導者が一方的に説明する時間が未だかなりの部分を占めている。知識の確認としての一問一答だけではなく、教科のプロとして生徒に考えさせたい問いが授業で生まれるよう、生徒が自分で考えるきっかけとなるよう、発問の吟味に時間をかけて欲しいと願っている。

私自身も式辞や講話のたびに、教育目標を意識し「合言葉は“突き詰めよう”です」と繰り返した。理数の内容に絡めたところでは、例えば、存在証明よりも非存在の証明のほうがはるかに難しい、“ない”と言い切るのはとても大変なことなのだという話をした。「探したけれど見つからない」は説明になっていませんよ、化学の実験でよく用いる試薬にしても反応が見られなかったら“その物質は全く入っていない”と言い切れますかと生徒に投げかけてみた。

探究に向けた意欲を喚起する一方で、自分で深く考えていくには土台となる知識や情報が必要である。互いの意見を突

き合せて協働的に解決に進むには経験値も要る。お題だけ与えて「考えなさい、話し合いなさい」と言っても前には進まない。授業進度も遅れがちになる。本校においてもその悩みがある。ただそのことを危惧して終始“教え込み”のスタイルばかりになると、結果として生徒が“よくわからないけど覚えておけばいいや”になってしまう。本校の教員も授業づくりに向け、あれこれ試行錯誤を行っている。汎用性のある理解につながる問いを設定し、解決までの時間はかかるがすべてを教え込むスタイルからの転換を図ったり、一定程度の知識の定着が進んだところでパフォーマンス課題に挑戦させて思考を深めさせたり、生徒が考え、話し合う時間の捻出のために ICT を活用したりといった取り組みが少しずつ生まれている。まだまだ十分な成果が上がっているとは言い難いが、教員が個々に自身の授業スタイルを見直し、大きな転換を図るきっかけにコロナがあったことは否めない。

授業だけではない。「総合的な探究の時間」も変わりつつある。課題設定が自分事となっていない、「課題研究」とはいえまだまだ調べ学習の延長で深まりがないといった悩みは多くの学校で存在する。ならば互いが刺激を得るためにも合同で発表会を行えばよい。^{はつかいち} 廿日市市では行政が音頭を取り、小中高の生徒を対象とし、地域課題の解決に向けた「ふるさと学習発表会」を毎年行っている。本校は高校部門に令和2年度から正式に参加し、探究の質の向上に繋げている。コロナ禍で大ホールでの合同発表会から Zoom を用いたオンライン開催に変わったが、むしろ積極的なコミュニケーションが図られるようになった。大きな会場では質問の手が挙げられない生徒たちが、Zoom のチャットには他校の生徒との会話を楽しむかのように多くの書き込みをするのである。オンラインならではのよさを発見した気がした。



図1 ふるさと学習発表会へのリモート参加

3 ◆ 個別の学習支援につながる端末活用に向けて

端末活用「個別最適な学び」

対面授業における学習補助

オンライン授業の受講

家庭学習の習慣化支援

コロナ禍で一気に浮上したのが、一斉休校や学年・学級閉鎖による授業の遅れ、学習機会の確保の問題である。ICTスキルや通信環境の課題を含みながら、全国的に児童・生徒への一人一台となる端末の確保が加速した。そしてオンライン授業の開始である。広島県の高等学校では令和2年度の新入生からBYOD（自費購入）による端末導入が始まっており、整備は比較的スムーズに進んだと考える。ただオンライン授業については教員の不安も大きく、当初その中身や手法は教員の間で大きな差があった。授業の配信と並行して複数回にわたる校内研修を実施しながら、教員間でスキルを高め合う土壌が作られていった。



図2 対面授業と並行したオンライン授業配信



図3 一斉休校時の手元撮影によるオンライン授業配信

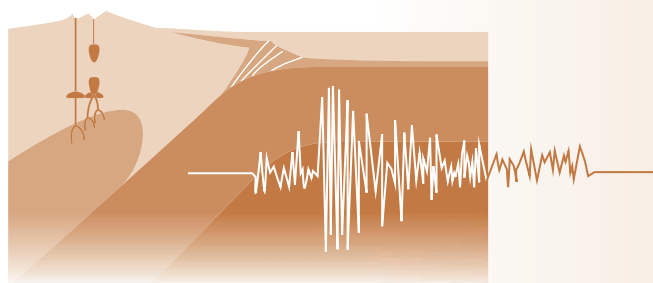
対面授業が復活した日常では、持たせた端末はどうなるのか。本来、家庭で授業を観るためだけに端末を持たせたわけではない。「何のためにICT端末を使うのか」という本質的な意義に迫られる。新学習指導要領で求められている資質・能力を踏まえ、対面授業の質の向上は急務である。考え、協働し、表現して評価することをこれまで以上に50分の授業の中で行わねばならない。であるならば、板書にかかる時間、ノートに写し取る時間、プリントを配る時間、発表のために黒板にまとめる時間などを見直す必要がある。こうした時間はICT機器や生徒の端末を使ってかなりの部分が削減できる。現場の教員一人一人が、「ICTを使えと言われているが何をさせようか」ではなく、自分が行いたい教育活動、イメージする授業、生徒にこんなことをさせたいという夢をかなえるために、端末をこう使っていきたいという考えに転換していかねばならない。それがモチベーションとなり、スキルを獲得するための研修に前向きになったという教員も出始めている。



図4 対面授業におけるペーパーレスに向けた端末活用

コロナ後は、学習モデルの多様化が予想される。多様な生徒に対して、一人一人に最適な学びを構築していこうと考えるとき、対面とオンラインの在り方については、それぞれの特性を考えた効果的な方法の選択が必要となる。例えば「チーム学校」の視点から、生徒の個性をより生かすため、さまざまな分野の専門家と繋がることは重要な取り組みだが、ここでも深く知り合うための対面、定期化・継続化のためのオンラインと使い分けることができる。端末の持つ可能性は広く深い。今一度「学校とは何か」について“本質的に”考えるときがやってきたと強く感じている。❖

第8回 地球温暖化(その1)



開成中学校・高等学校 教諭

有山 智雄 / ありやま ともお

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

地球温暖化の実態

図1は最近130年間の世界の平均気温の変化のようすを平均値からの差で表したものです。年ごとの細かい変動はあるものの、赤線で示した平均の変化率(トレンド)は100年で 0.73°C の上昇となっています。このように地球温暖化が起きていることは動かしがたい事実であり、その対策として CO_2 の排出規制などが世界でも急速に進められようとしています。今回と次回の2回で、地球温暖化がなぜ起こるのか、そしてどのように向き合っていけばよいのかを考えていきたいと思います。

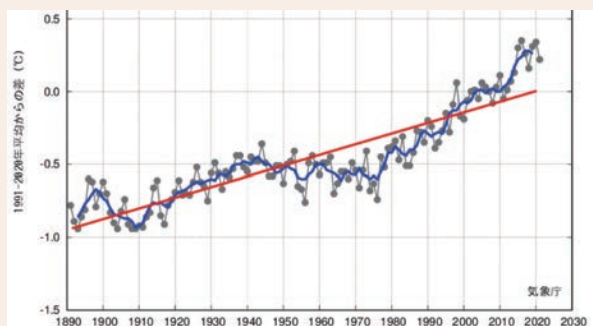


図1 世界の平均気温の変化 縦軸は1991～2020年の30年平均値からの差。気象庁 Web サイトより引用

地球温暖化の原因

地球温暖化のおもな原因は CO_2 などの大気中の温室効

果ガスの増加であると考えられています。温室効果ガスとは赤外線を吸収するガスのことで、増加すると温室効果が強く働き地球の平均気温が上昇します。図2はおもな温室効果ガスの大気中の濃度変化を示したものです。グラフは2000年までですが、 CO_2 は2020年には410ppmを超えています。

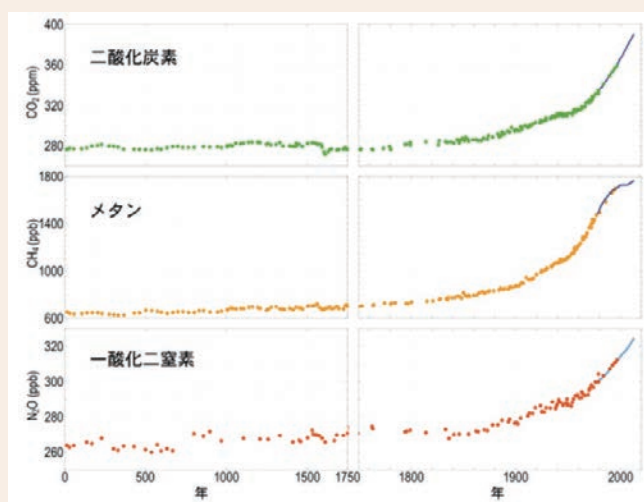


図2 おもな温室効果ガスの大気中の濃度の変化 気象庁 Web サイトより引用

1900年以降増加率が高くなっているのは、石炭・石油・天然ガスなどの化石燃料の消費量が産業革命以降爆発的に多くなったことがおもな原因であることは間違いないと考えられています。

温室効果のしくみ

温室効果ガスという言葉が出てきましたが、温室効果とは何なのでしょう。

Q 温暖化が起こる前は温室効果は働いていなかったか？

YES と答えてしまったら、これはたいへんな間違いです。温室効果は地球が誕生したころから働いており、金星など他の惑星でも働いている現象です。地球温暖化を正しく理解するためにはまず温室効果の、そして地球の熱収支についての正しい理解がどうしても必要になります。

Q 太陽放射を受け続けているのになぜ地球の平均気温は上昇していかないのか？

ここでいう気温の上昇は、上で述べた地球温暖化の影響を除いての話です。地球は太陽から常に大量の熱エネルギーを受け取っています。もし受け取るだけなら気温は上昇を続けるはずですが、そうはなっていません。これは地面や大気が赤外線を放射し、熱を地球から宇宙に放出しているからなのです。

太陽から受け取る熱 E_1 = 地球が放射する熱 E_2 … ①
という関係が成り立っているから、地球の平均気温は一定に保たれているのです。

Q では、このつり合いはたまたまなのか？

たまたまだったら、地球はまさに奇跡の星ですが、これは決してたまたまではありません。以下、その説明をしていきましょう。

物体が放射するエネルギー E は物体の表面温度 T の 4 乗に比例することがシュテファン・ボルツマンの法則として知られています。($E = \sigma T^4$ σ は定数)

①式で $E_1 > E_2$ の場合、受け取る熱のほうが多いので、温度 T は上昇し、その結果 E_2 が上昇します。その上昇は $E_1 = E_2$ となると停止し、温度は一定に落ち着くことになります。逆に $E_1 < E_2$ の場合は温度 T は低下し、その結果 E_2 が低下し $E_1 = E_2$ となると温度は一定に落ち着きます。このように熱収支がつり合うように温度が決まっているのです。この温度を放射平衡温度と言います。

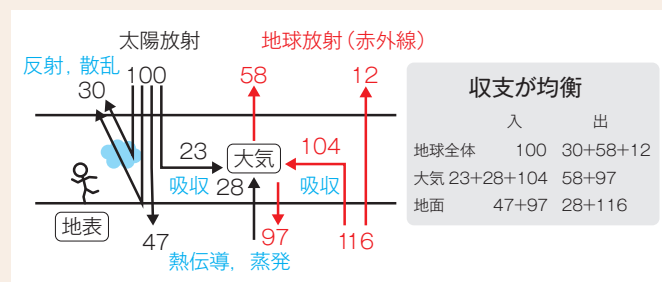


図3 地球全体の熱収支 地球に入射する太陽放射を100とする

図3は、地球全体の熱収支を太陽から入射するエネルギーを100として表したものです。30は雲や地面で反射されてしまい地球を暖めることはありません。23は大気に吸収され、47が地面に吸収されます。地面からは熱伝導や蒸発に伴う潜熱によって大気に28の熱が移動します。さらに地面からは赤外線が放射されます。図3の赤い矢印が赤外線による熱の移動です。地面から赤外線として放射されるエネルギーの量はシュテファン・ボルツマンの法則にしたがって地面の温度により決まりますが、その値はなんと116になってしまいます。「あれっ？」と思われた方がいるかと思いますが、実はここに温室効果の本質があります。地面から放射された116の赤外線の大半(104)は大気中のCO₂や水蒸気に吸収され大気を暖めます。そして暖められた大気は、やはりシュテファン・ボルツマンの法則にしたがって赤外線を放射するのです。大気からは地面に向かって97、大気圏外に向かって58の熱が放射されます。図3の右側には地面、大気、地球全体にそれぞれ注目した場合の入ってくる熱と出ていく熱をまとめたものです。例えば大気は合計155の熱を受け取り、合計155の熱を出します。熱収支が均衡しているので大気の温度は一定に保たれます。地面が放射する赤外線を大気中のCO₂などが吸収し、大気が赤外線を再放射することにより、地面や大気の温度が高く保たれており、これを温室効果と呼んでいるのです。

地球温暖化のしくみ

温室効果のしくみがわかったので、いよいよ地球温暖化のしくみを考えてみましょう。大気中のCO₂などが増加し、大気が吸収する赤外線が増えるので、気温が上昇するわけです。これが地球温暖化です。CO₂以外にも水蒸気やメタン、一酸化二窒素なども赤外線を吸収します。

Q 大気中のCO₂などによる赤外線の吸収が増え、地球温暖化がいったん起こると気温はどんどん上昇を続けるか？

大気の熱収支のバランスが崩れたままなら気温の上昇は続くはずですが、実際には気温の上昇が暴走して続くということはありません。気温が上昇するとシュテファン・ボルツマンの法則にしたがい大気から放射される赤外線が増えるので、気温が少し高くなった状態で再び熱収支が均衡するので、図4は温室効果が図3の状態より強くなり、大気が吸収する赤外線の量が104から106に増えたとしたらどうなるかを考えたものです。赤字の状態では熱収支の均衡が保たれていなかったのですが、青字の状態でも熱収支の均衡は保たれています。赤字のときは大気は155の熱を放射していましたが、青字のときは157放射することになります。 $E = \sigma T^4$ にしたがって155のエネルギーを放射する温度 T_1 と157放射する温度 T_2 を比較すると T_2 のほうが大きくなります。これが温暖化なのです。図1で気温の上昇が続いていますが、これは大気中のCO₂の濃度が上昇し続けているため、熱収支が均衡する温度がそれに対応して上昇し続けているのです。

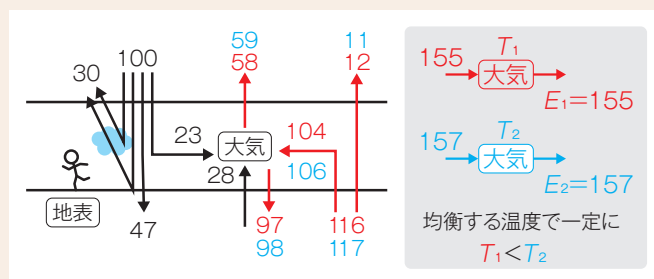


図4 温室効果が強くなった場合の地球全体の熱収支 赤が図3の現在の状態。青は温室効果が強くなった場合

温室効果がない場合の地球の温度

地球の放射平衡温度を計算してみましょう。これは温室効果が働かない場合の地球の温度と考えることができます。図5において、入射エネルギーと放射エネルギーの均衡を考えます。

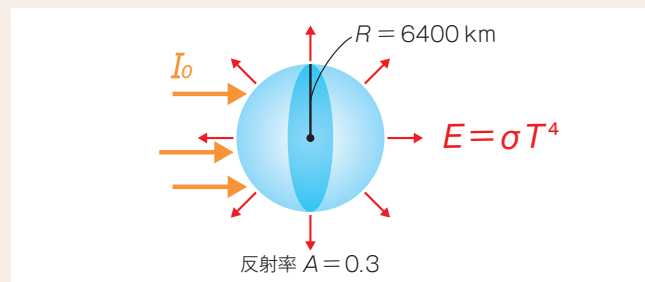


図5 地球に入射するエネルギーと放射されるエネルギー

入射エネルギー：太陽定数 I_0 を地球の断面積 πR^2 で受け止めると考える。反射を考慮すると $(1-A)$ 倍となる。

放射エネルギー：地球全体の温度が T で一定として、 $E = \sigma T^4$ のエネルギーが表面積 $4\pi R^2$ から放射されると考える。

入射エネルギー = 放射エネルギー が成り立つので、

$$I_0(1-A)\pi R^2 = \sigma T^4 \times 4\pi R^2$$

$$T^4 = \frac{I_0(1-A)}{4\sigma}$$

$I_0 = 1.4 \text{ kW/m}^2$, $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ J/s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}^4$, $A = 0.3$ を代入すると $T^4 = 43.2 \times 10^8$

$$T = 2.56 \times 10^2 \text{ K} = 256 \text{ K} = -17^\circ \text{C}$$

もし地球に温室効果が全く働かなければ地球は -17°C の氷の惑星となり、おそらく生命は存在していなかったでしょう。地球温暖化はなかなか厄介な問題ですが、温室効果自体は地球の温暖な環境を維持する上でとても大切なものなのです。

炭素の循環

CO₂ は炭素が大気中に存在するときの姿です。炭素は地殻中にも石灰岩 (CaCO₃) や石炭、石油、天然ガスなどの姿で存在しています。地表の植物も炭素の存在のしかたの一つの姿です。これらの中で炭素は循環しています。光合成により大気中の CO₂ は植物の体に取り込まれますが、落ち葉や枯れた植物は微生物により分解されることで CO₂ として大気に戻ります。海水に溶け込んだ CO₂ は CaCO₃ として生物の殻になり、死後堆積して石灰岩になり地殻に固定されます。地殻からは火山の噴火などにより CO₂ が大気中に放出されます。このように自然界では常に炭素が循環しているわけですが、定常的な状態では大気中の CO₂ はほぼ一定の量に落ち着きます。ところが、石油・石炭などを燃焼させることで、地殻に固定されていた炭素を CO₂ として大気中に放出してしまったのです。CO₂ が地殻に戻るプロセスは非常に時間がかかるので、大気中の CO₂ が増加してしまったわけです。

温暖化対策として 2050 年までにカーボンニュートラルを達成することを日本も目標として掲げています。これは「温室効果ガスの増加を止める」ということですが、石油・石炭などの使用をゼロにすることはそう簡単ではなく、カーボンニュートラルを実現させるためには、相当の覚悟をもって取り組んでいく必要があります。(次号に続く)

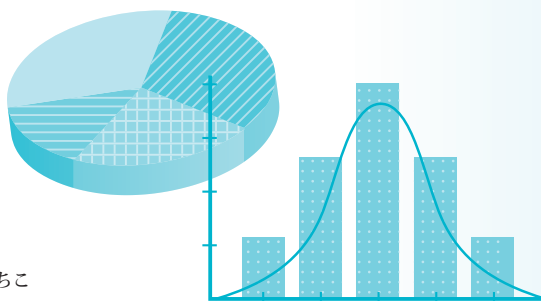


第11回 成長曲線で学ぶ 基本統計量の種類と活用 II



立正大学データサイエンス学部 教授

渡辺 美智子 / わたなべ みちこ



九州大学大学院総合理工学研究科修士課程修了。理学博士。九州大学理学部附属基礎情報学研究施設文部教官助手、関西大学経済学部専任講師、助教授、東洋大学経済学部教授、慶應義塾大学大学院教授を経て、2021年より現職。専門は統計学、特に多変量解析（潜在構造分析法）と統計教育。日本学会議連携会員、2012年度日本統計学会賞受賞、2017年度科学技術分野の文部科学大臣表彰「科学技術賞（理解増進部門）」受賞。おもな著書として、『21世紀の統計科学Ⅲ 数理・計算の統計科学』（東大出版会 分担執筆）、『身近な統計（改訂新版）』（放送大学教育振興会 共著）など。放送大学「身近な統計」主任講師、統計グラフ全国コンクール審査委員長、「算数・数学の自由研究」作品コンクールの中央審査委員を務める。

2種類の成長曲線から学ぶ基本統計量： パーセント点

前回、生徒も含めてよく目にする成長曲線を例に、個人の成長に異常がないかどうか判断する基準に、平均値と標準偏差（SD）という代表的な基本統計量が活用されていることを解説しました。実は、成長曲線には「SD表示」のもの（図1左）以外に、パーセント点という別の基本統計量を基準にしたものもあります（図1右）。海外の成長曲線（Growth Chart）や日本の母子手帳に掲載されている月齢に応じた乳児の発育曲線（成長曲線）などは、パーセント点を基準にした例です。

パーセント点とは、日本語では、**百分位点（百分位数）**とも言われています。新学習指導要領では、中学校2年生で学習する**四分位点（四分位数）**がありますが、四分位点がデータの値の大きさの順に並べ替えて個数をちょうど4分割する値を下から**第1四分位点 Q_1** 、**第2四分位点 Q_2** 、**第3四分位点 Q_3** と言うように、百分位点とは、データを値の順に並べ替えて、下から任意の割合（パーセント）で個数を分ける値を言います。普通は値の小さなほうから分ける場合を指しますが、特に区別する場合は、小さなほうから分けて割合 α を切り取る点を下側 α パーセント点、大きなほうから分けて切り取る点を上側 α パーセント点と言っています。

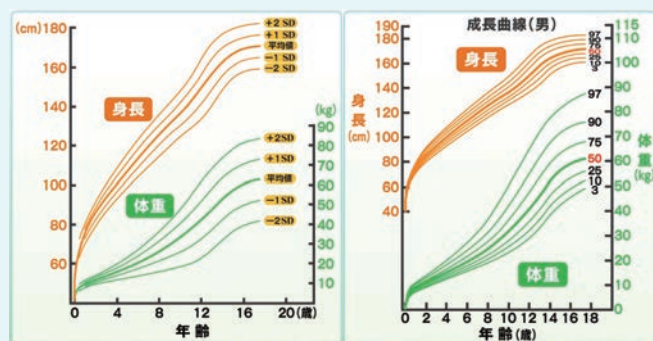


図1 使用する基本統計量が異なる2種類の成長曲線

四分位点の学習に際し、第1四分位点は下側25%点、第3四分位点は上側25%点、そして第2四分位点は上（下）側50%点、この値以上は全体の50%、この値以下は50%、つまり、割合でちょうど真ん中にあたる中央値（メディアン）になるというようにパーセント点と結びつけた理解を促しておくと、高校、大学での統計学習と繋がります。また、パーセント点の実際の活用として、成績評価の際のしきい値の決定があります。上位5%をS評価とするとき何点以上にするのか、下位20%をD評価とするとき何点以下にするのかなど、得点のしきい値と割合を対応させることがあります。そこで使うのがこのパーセント点です。パーセント点は、**エクセルの関数 PERCENTILE**を使うと、データの範囲と、下側 α パーセントに相当するパーセントを0以上1以下の小数の値として指定す

るだけで、簡単に求めることができます。下側0パーセント点は最小値、100パーセント点は最大値に対応します。

■ 平均値・中央値と外れ値に対する頑健性

図1の2つの成長曲線で中心線（身長や体重の代表値）として大事な役割を果たしているのが、平均値と50パーセント点（中央値）です。単位当たりの平均の計算は小学校5年生、データ全体の代表値としての平均値と中央値は、6年生の学習内容です。計算の練習だけではなく、平均値と中央値の性質の違いや代表値としての強みや弱みの理解が必要です。

平均値は、よく知られているように、すべてのデータの値を合計してデータの数で割ることによって求められる指標です。値のでこぼこを「均す（ならす）」という概念で学びます。データ全体の代表値として平均値を見る場合は、一つ一つのデータの値がどう均されたのか、つまり、**平均値からの偏差**の概念の導入が必要になります。5個のデータの値が

5, 7, 3, 37, 8

だったとしましょう。合計は60、平均値は12になります。ここまでは足し算、割り算の世界です。平均値からの偏差とは、それぞれのデータの値が平均値からどの程度偏っているのかを評価した指標です。平均値を引くだけですから、平均値からの偏差は次のようになります。

-7, -5, -9, +25, -4

偏差の値そのものが、個々のデータの偏りの大きさを示す重要な指標で、わたしたちは日常的に、観察された値を相対的に見る場合に、平均値よりいくつ上だったとか下だったとか言うのは、この指標を使っているということです。偏差に関して、次の2点の性質を押さえておきましょう。

- 平均値からの偏差の合計は、0になる。(均すの意味)
- ある値 p からの偏差の合計が0になるような p は、平均値である。(平均値は重心となる)

統計では、データの散らばり方、ばらつき方の全体の特徴を分布という概念でグラフや基本統計量で捉えることが重要です。図2のような数値軸上にデータ点が散らばっているイメージ（ドットプロット）を使って、分布の形状の違いが代表的な

基本統計量である平均値と中央値の位置関係にどのような違いをもたらすのかを見てみましょう。

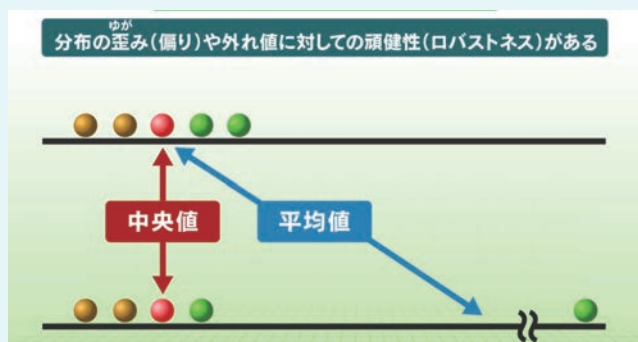


図2 平均値と中央値に対する外れ値の影響の違い

データの値が中心から見て左右対称に散らばっている上の図の場合は、平均値は真ん中に位置しますが、散らばり方が左右で非対称な（歪んでいる）場合や少数個の**外れ値**がある下の図の場合は、プラス（+）側の偏差とマイナス（-）側の偏差でバランスを取る平均値（重心）の性質から、外れ値の方向にその値が引きずられてしまい、多くのデータが集まっている中心の位置から離れてしまいます。つまり、このような場合、平均値は、データ全体の代表値としての指標の役目を果たさなくなる、つまり、**頑健ではない**という欠点があります。

一方、中央値は5つのデータの値を下のように大きさの順に並び替えて、ちょうど真ん中に位置する値、この場合は7となります。

3, 5, 7, 8, 37

データの個数が偶数個の場合は、中心2つの値の平均値が中央値となります。中央値は、その値以上のデータの占める割合とその値以下のデータの占める割合がどちらも等しく50%以上になる指標です。平均値がデータの値でバランスを取っているのに対して、個数の割合（確率）でフィフティ・フィフティにバランスを取っている代表値です。両端の極端な値とは無関係に定まる指標なので、平均値とは異なり、分布の歪みや外れ値に対して**頑健である**という利点があります。海外では、Web ページ上でデータポイントを自由に指定し、mean（平均値）と median（中央値）の位置の変化を生徒に確認させるアプレットが多くありますが（図3）、黒板上に直線を描いてデータの位置にシールを貼りながら生徒に変化を予想させる授業も、データの散らばり方と基本統計量（代表値）の間の関連性を推論させる上で効果的です。



図3 シミュレーションによる平均値と中央値の実験

https://digitalfirst.bfwpub.com/stats_applet/stats_applet_6_meanmed.html

高校の新課程数学 I では、小学校・中学校での平均値からの偏差の概念の理解を踏まえて、標準偏差は**分散の平方根**であること、その分散は個々の**偏差の2乗（偏差平方）の平均**であることを学習します。また、学習指導要領解説には、『平均値の数学的な意味について、少数のデータを例に考察することが考えられる。例えば、データ d_1, d_2, d_3, d_4, d_5 において、 $(d_1-p)^2 + (d_2-p)^2 + (d_3-p)^2 + (d_4-p)^2 + (d_5-p)^2$ の値を最小にする p の値が平均値 であることについて考察する。』とあり、偏差の概念を軸に平均値を整理しておく、小・中・高と段階を追って基本統計量への理解を深めることができます。また、平均値や中央値などの基本統計量は実社会で活用されるものなので、生徒にとって意味のわかるストーリーが添えてあるとより自分事としての理解が深まり、批判的思考力の育成に役立ちます。5つの数字を1か月のお小遣いの額として単位を添えて提示し、お小遣いで購入できる小学生向けゲームの価格を決める設定で、平均値と中央値のどちらで考えると適切かなどの問題や、PISA2003年数学的リテラシー「**不確実性**」の問題「テストの点数」（図4）などが参考になるでしょう。

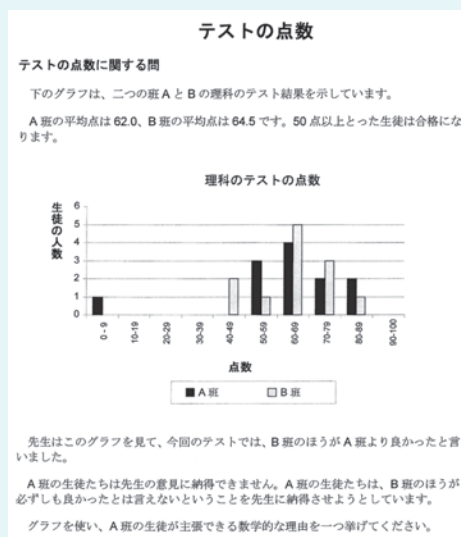


図4 PISA2003問題に見る批判的考察力 経済協力開発機構編著、国立教育政策研究所監訳『PISAの問題でできるかな?』（明石書店、2010年）より引用

分布の裾とロングテール

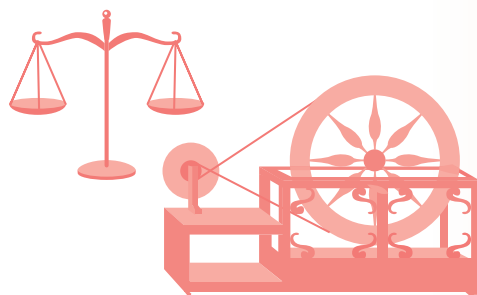
冒頭の2種類の成長曲線、特に体重に関する曲線を見比べてみましょう。SD法による曲線は、前号でも述べたようにデータの分布が平均を中心に対称であることが前提で使われるものです。当然、その仮定があるので、どの年齢においても、プラス方向、マイナス方向の幅はSDを単位に等しく広がっています。一方、パーセントイル法の成長曲線では、50%点から75%点までの体重の区間幅と50%点から25%点までの区間幅を比べると、前者のほうが広がっています。25%の割合のデータを含む区間幅が等しくないのです。50%点から90%点までの区間幅と50%点から10%点までの区間幅の違いはさらに大きくなっています。つまり、明らかに体重の分布は、中央値である50%点を中心に非対称な分布であり、値の大きな方向に裾を引く歪んだ分布、**ロングテール**の形状にあることがわかります。このような形状では、SD法の成長曲線を使用する仮定が成立していないので、パーセント点による成長曲線がより適切といえます。

平成28（2016）年度より、学校健診の内容が一部変更されたことを機に、学校ではパーセント点による成長曲線が使用されるようになりました。臨床医療専門家にとっては正規分布の仮定の下に標準偏差によって異常検知をする方法が一般的であったため、SD法が使用されていましたが、パーセント点のほうが、保護者や児童・生徒への説明がしやすいことと、肥満傾向の生徒が増えたため、体重の分布が重いほうへ裾を引く傾向が顕著になったことの理由で、パーセント点による成長曲線に変更することが説明されています。

成長の管理に限らず、データが入手しやすくなったビッグデータ時代、よく管理された実験データや調査データとは異なり、多くの記録データでは外れ値の混入や分布の歪み（ロングテール）、分布の多峰性など正規分布の仮定が現実的ではないデータを扱う機会が増えてきています。また、AIは、そのようなビッグデータに基づいて、基本統計量や統計モデルを通じた判断をしています。AI時代のデジタルリテラシーとして、統計の活用技術と併せて、平均値や中央値、四分位点やパーセント点などの基本統計量の批判的な見方を身に付けることが重要になってきています。



第11回 運動の法則



一橋大学大学院言語社会研究科
准教授

有賀 暢迪 / ありがのぶみち

1982年生まれ。京都大学総合人間学部卒業（2005年）、京都大学大学院文学研究科博士後期課程研究指導認定退学（2010年）。国立科学博物館勤務を経て、2021年より現職。高校では「理系」を選択し、大学では物理学を主専攻としていたが、大学院から「文系」に転じて科学史を修めた。現在は、物理学・数理科学の歴史と、近現代日本の科学技術史という二つの領域で、幅広い研究・教育・実践を行っている。著書に、『力学の誕生』（単著、名古屋大学出版会）、『20世紀物理学史』（共訳、名古屋大学出版会）、『サイエンス5000年史』（監訳、ニュートンプレス）などがある。京都大学博士（文学）。

教科書に登場する物理法則の原典を訪ねる連載です。今回取り上げるのは、物体の運動の基本法則です。

■ ものを動かす力

「理科」という教科が初めて登場する小学校3年生の学習内容のひとつに、「ものを動かす力」があります。ここでは、工作でつくった車に帆をつけて風を当ててみたり、取り付けした輪ゴムを引っ張ったときに戻る力を利用したりして、車がどのくらいの距離を走るか調べます。こうした実験を通じて子どもたちは、風や引っ張ったゴムには「ものを動かす力」があること、また、その力の強さは風の強さやゴムを引っ張る長さ、ゴムの本数によって変わることを学びます。

この単元は、物理学の中で最も基本的といえる力学（力と運動の科学）の第一歩と言えるでしょう。実際、中学校3年生になると、子どもたちは「力と物体の運動との関係」として、もっと一般的な形でこれを学びます。最後のまとめだけを抜き出せば、次のような内容です。

◎ 中学校理科

力と物体の運動との関係

①運動の向きに力がはたらき続けると、物体の速さは大

きくなっていく。

②運動の向きと反対向きに力がはたらき続けると、物体の速さは小さくなっていく。

③同じ物体では、はたらく力の大きさが大きいほど、速さが変化する割合は大きくなる。

ここでは「法則」という言葉は使われていませんが、この①～③は事実上、高校物理で学ぶ「運動の法則」をやさしく言い換えたものになっています。次のような内容です。

◎ 高校物理

運動の法則

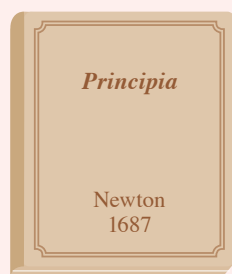
物体に力がはたらくとき、物体には力と同じ向きに加速度が生じる。加速度の大きさ a は、はたらく力の大きさ F に比例し、物体の質量 m に反比例する。

中学校理科では力の向きに応じて速さが大きくなる・小さくなると言われていたのが、高校物理では「加速度」つまり速度の時間変化として説明されます。また、加速度が物体の質量に反比例することは中学校の教科書にはなく、高校物理で初めて出てきます。以上のことを踏まえて、「運動の法則」の歴史を見ていきましょう。

ニュートンの運動の三法則

高校物理の教科書では、「運動の法則」という言葉が二つの意味で使われています。一つは広い意味で、「ニュートンの運動の三法則」のことです。この三つの法則のうち、第1法則は「慣性の法則」で、本連載の第1回で紹介しました。第2法則が狭い意味での「運動の法則」で、今回のテーマです。第3法則は「作用・反作用の法則」と呼ばれるものですが、ここでは取り上げません。

「ニュートンの運動の三法則」という名前のとおり、これらの法則はニュートン（1643-1727）の著作に由来します。『自然哲学の数学的諸原理』、通称『プリンキピア』です。



この本は、序文などを別にとすると、まず「定義」という節から始まります。ここでは本書で使われる用語がいくつか説明されます。それを踏まえて次に来るのが「公理、あるいは運動の法則」という節で、先に説明した

三つの法則が述べられます。その第2法則は次のとおりです（訳文は既存のものではなく、筆者が原文から訳しました）。

法則2 運動の変化が駆動的な刻印力に比例し、その力の刻印される直線に沿ってもたらされること。

ここに出てくる「刻印力」とは、ニュートンによれば、物体の運動状態を変えようとする作用のことです。つまり、小学校で学んだ「ものを動かす力」にほかなりません。そのように読み替えてみると、『プリンキピア』の法則2は、「運動の変化は力に比例し、その変化は力のはたらく向きに生じる」という内容だと理解できます（「駆動的な」といった表現の意味は専門的になりすぎるので説明を省きます）。

第2法則の解釈をめぐって

『プリンキピア』の法則2を現在の教科書、特に高校物理の内容と比べてみると、加速度や質量という言葉が使われておらず、代わりに「運動の変化」と言われています。「運動の変化が力に比例する」というニュートンの主張は、教科書の第2法則と同じ内容と言ってよいのでしょうか。

実は、『プリンキピア』について研究する専門家の間では、

現在の理解と少し異なっている、というのが定説です。その理由は、ニュートンがこの本の「定義」で与えている「運動の量」の説明にあります。「運動の量」とは、物体の速さと質量に比例するとされるもので、高校物理で学ぶ運動量のことだと解釈できます。ところで、同じく高校物理の教科書によると、運動量の変化は力に比例するのではなく、撃力と呼ばれるものに比例します。それゆえ、ニュートンの言う「力」というのは実は私たちが撃力と呼ぶものを指していて、『プリンキピア』の第2法則は「運動量の変化が撃力に比例する」という内容に近い、というわけです。

もっとも、この解釈にも異論がないわけではありません。私自身は特に、ニュートンが「運動の変化」と言っているものを「運動量の変化」と読み替えてよいのかどうか気になっています。とはいえ、ここでは『プリンキピア』の文章と教科書の表現が同じでないことが確認できれば十分なので、関連するもう一つ的话题に移りましょう。

運動方程式の出現

高校物理の教科書では、先に見た「運動の法則」の説明の直後に、これを数式で書き表しています。加速度 a が力 F に比例し、質量 m に反比例するという関係は、比例係数を k とすると、 $a = k \frac{F}{m}$ と書くことができます。ここでそれぞれの量に適切な単位を設定すると、この式は次のようになります（文字の上の矢印はベクトル記号）。

◎ 高校物理

運動方程式

$$m\vec{a} = \vec{F}$$

（ m ：質量、 $\vec{a}$ ：加速度、 $\vec{F}$ ：力）

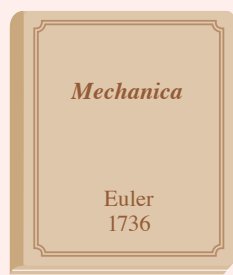
この式は、一般に、「ニュートン力学」と呼ばれる理論体系の基礎と見なされています。高校物理の教科書には「ニュートン力学」という言葉は出てきませんが、「運動の法則」のすぐ後に運動方程式の説明があり、ニュートンが運動の三法則を提示したと書かれているのですから、ふつうに考えれば、ニュートンが運動方程式を書いたように思えます。しかし、これは正しくありません。

実際に『プリンキピア』のページをめぐってみるとわかるの

ですが、ニュートンはこの本では、数式というものを基本的に使っていません。『プリンキピア』の正式な表題、『自然哲学の数学的諸原理』にある「数学的」という言葉が意味しているのは数式ではなく、幾何学的な論証なのです。これはニュートンが特殊だったのではなく、それ以前のケプラーやガリレオもやはり幾何学的な手法を使っていました。

そうだとすると、運動方程式はいつ、どこで誕生したのでしょうか。筆者を含む力学史の専門家の見解としては、『プリンキピア』が出版された後、半世紀ほどの間に、少しずつ現在に近い形を取るようになったと考えられます。実のところ、ニュートンのすぐ後の時代、18世紀になると、数式の使用が急速に広まっていったのです。

運動方程式に関する限り、この時代に最大の貢献をしたのは数学者のオイラー（1707-1783）です。オイラーは純粋数学のほかに力学の分野でも多数の本や論文を書いていて、一つの著作では代表させられないのですが、ここでは1736年に出版された『力学、あるいは解析的に提示された運動の科学』という本を紹介します。



オイラーはこの本では、現実の物体が持つ大きさはひとまず考えないで、質量を持った点として物体を扱うというアプローチを採っています（現代の物理学では「質点」と呼ばれます）。運動の法則は、第2章で、次の「命題20」として登場します（訳文は筆者によるものです）。

命題20 点の運動の向きと動力の向きが合致しているとき、速度の増分は、動力に微小時間をかけて物質あるいは点の量で割ったものに比例するであろう。

オイラーは「動力」という、やや特殊な用語を使っていますが、これは「物体を静止から運動に導いたり、その運動を変化させたりする力である」と定義されているので、要するに「ものを動かす力」のことです。また、「物質あるいは点の量」とあるのは、今日で言う質量を指します。

したがって、命題20を読み替えると「物体の運動の向きと力の向きが合致しているとき、速度の増分は、力に微小時間をかけて質量で割ったものに比例する」となります。さらにオイラーは、ニュートンと異なり、この関係を数式でも書き表しました。原文どおりに記すと次のとおりです。

$$dc = n \frac{pdt}{A}$$

(c :速度, n :比例係数, p :力, t :時間, A :質量)

この式に出てくる d という記号は微分、あるいは微小量を表すものです。当時の微分・積分は現在のものと少し違っていて、詳しい説明は割愛しますが、ここでは深く考えずに両辺を dt で割ってみましょう。すると $\frac{dc}{dt} = n \frac{p}{A}$ となり、左辺は速度 c の時間変化、すなわち加速度を表します。つまりこの式の意味は、加速度が力 p に比例し、質量 A に反比例するということで、高校物理の教科書と一致します。

■ 残された謎

ここまで見てきたように、『プリンキピア』の第2法則と高校物理の「運動の法則」が同じ内容かどうかは議論の余地があります。運動方程式についてはもっと明確で『プリンキピア』には登場しません。これに対し、オイラーは多くの本や論文で、運動方程式に当たる数式を使って物体の運動を分析しました。この意味では、「ニュートン力学」というより「オイラー力学」と呼んだほうが歴史的には正確だと思います。

しかし、これで話が終わったわけではありません。オイラーは、命題20の式が『プリンキピア』の法則2を書き換えたものだとは言っていないからです。科学史の研究によれば、運動方程式とニュートンの名前が結びつくのはさらに後、19世紀のことだったようです。

そうだとすると、オイラーはどうやって運動方程式にたどり着いたのでしょうか。この問題に答えるには、ニュートンとオイラーの間に活躍したほかの人たちの著作を詳しく調べるといった研究が必要になるでしょう。運動の法則のごく基本的な題材であっても、その歴史についてはまだよくわかっていない部分があるのです。❖

原典についての参考情報

- Isaac Newton, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, 1687. / 【日本語訳】河辺六男訳「自然哲学の数学的諸原理」、『世界の名著 ニュートン』（中央公論社、1971年）所収；または、中野猿人訳『プリンシピア 自然哲学の数学的原理』（講談社ブルーバックス、2019年[1977年の本の再刊]）。
- Leonhard Euler, *Mechanica sive motus scientia analytice exposita*, 1736.

教員の育成と人材確保への提言

「コロナ禍における小学校教育と中教審答申」

生形 章 / うぶかた あきら

1954年東京都生まれ。東京都内公立小学校教諭、墨田区教育委員会・東京都教育庁指導部指導主事・主任指導主事（生徒指導担当）、墨田区教育委員会指導室長、足立区立梅島第一小学校長、足立区立梅島小学校長、目黒区立宮前小学校長、全国小学校道徳教育研究会会長、目黒区立小学校長会会長を歴任。現在 秀明大学学校教師学部教授、Rimse 東京懇談会委員。



1) 教師の献身的努力によるもの

コロナ禍で再開された学校の「新しい生活様式」の下での授業では、3密状態になりやすいグループ活動や近距離での話し合い活動などは避けなければならなくなり、新小学校学習指導要領全面実施にあたり、各小学校で準備を重ねてきた「主体的・対話的で深い学び」の実践が難しい状況になった学校も少なくないと思います。

さらに、休校期間中における前学年の未履修の学習内容と新学年の学習内容がどの程度習得できているかを把握し、遅れを取り戻すことと、そのための授業時数の確保に加え、教室の消毒、子供たちの健康観察なども加わったことで、先生方の負担は増加し、新教育課程で求められている「周りの人たちと共に考え、学び、新しい発見や豊かな発想が生まれる授業づくり」に、なかなか時間を割くことができないという学校も多かったのではないのでしょうか。

しかし、多くの学校ではこうした年度当初の混乱を乗り越え、保護者・地域の協力も得ながら、校長先生のリーダーシップの下全教職員が一丸となり、限られた時間の中で学習内容を重点化したり、感染症対策を講じるなどの工夫をしたりして、各教科及び学校行事にも取り組まれました。

今まで経験したことのない困難に立ち向かい、子供たちのために対応策を見つけていった学校という組織、そして、そこに働く教職員の力強さを感じます。

このことは、中央教育審議会答申（令和3年1月）の中にも、「日本型学校教育が、世界に誇るべき成果を挙げるこ

とができたのは、（中略）子供のためであればと頑張る教師の献身的な努力によるものである」と述べられています。新型コロナウイルスによる臨時休校が続いたことで、学校の役割の重要性や教職員の頑張りが再認識されたのだと考えます。

2) これまでの実践とICTとを最適に組み合わせる

コロナ禍においても、新学習指導要領の理念は変わることはありません。子供たちにどのような力をつけていくのか、そのためにできることは何なのかを、すべての教職員で知恵を出し合い、この難局を乗り越えていきたいものです。

コロナ禍において「主体的・対話的で深い学び」を実現する上で大きなカギを握るのが、ICTの活用だと思います。2年前の休校期間において、ICT活用の指導を進めた学校とそうでない学校との間で、家庭での子供の学びの「質」と「量」に大きな違いが見受けられました。

前述した中央教育審議会答申には「GIGAスクール構想により児童生徒1人1台端末環境が実現されることを最大限生かし、端末を日常的に活用するとともに、教師が対面指導と家庭や地域社会と連携した遠隔・オンライン教育とを使いこなす（ハイブリッド化）など、これまでの実践とICTとを最適に組み合わせること」の重要性が述べられています。

授業でのICTの活用だけでなく、不登校児童へICTを活用し、朝の学級指導や授業へのリモート参加、担任と放課後に画面を通して話をするなどして効果を上げている学校があります。また、「AIドリル」を朝学習や放課後補充指導に活用し、個の能力に合わせて問題を提示して進め、完全な個別

最適な学習を実施すると同時に、先生方の労力も減らす取り組みも始まっています。

オンラインの良さを生かした学習活動、ICT だから得られる学習効果を追求するという意味でも、今後の ICT 活用をすべての学校において推進していかなければなりません。

重要なことは、ICT 機器を使うこと自体を目的化してしまわないことです。各学校においては、これまでに積み上げてきた教育や指導と ICT 機器を「最適に組み合わせ有効に活用する」という姿勢で授業の工夫・開発、実践に取り組むことが必要です。

3 D 優れた人材を確保するために重要なこと

令和の始まりとともに、「新学習指導要領の全面实施」「GIGA スクール構想」「小学校高学年からの教科担任制の導入」という小学校教育にとって極めて重要な取り組みが大きく進展しつつある中、中央教育審議会答申（平成 31 年 1 月）で『『ブラック学校』といった印象的な言葉が独り歩きする中で、意欲と能力のある人材が教師を志さなくなり』と述べられているように、昨年度小学校教員採用試験の全国平均の倍率は 2.6 倍で過去最低になってしまいました。

同答申に「学校における働き方改革の実現により、教師は‘魅力ある仕事’であることが再認識され、これから教師を目指すようとする者が増加し、教師自身も士気を高め、誇りを持って働くことができる」とあるように、ICT 機器や外部人

材を積極的に活用し、保護者・地域とともに「チーム学校」として各校における「働き方改革」を一層推進し、「教師になりたくなるような」学校をつくるのが、優れた人材を確保するために一番重要だと考えます。

4 D 「令和の日本型」教員育成の確立

人材確保とともにもう一つ心配なことがあります。それは、オンライン授業を中心に大学時代を過ごし、オンライン研修主流の若い先生方が「令和の日本型学校」でどのような働き方をするかです。

解剖学者の養老孟司先生が「教育は無駄を省いていくという流れになっている。しかし、無駄なことをたくさん体験するのが人格形成にとっては大切なのではないかと述べています。職員室での何気ない会話やいろいろな学校の先生方との人間関係の中で学ぶことなど、一見「無駄なこと」「無理なこと」と思われるような体験を通して、資質・能力を向上させていくということも、教員の育成に携わる者は忘れてはいけないと思います。

教員の「献身的な努力」に頼るだけでなく、教員の資質・能力（指導力、授業力）を向上させていくことが大切です。各学校の「強み」を生かし、これまでの日本型教員育成の良さを生かして、「予測不能な社会」に対応した「令和の日本型」教員育成をぜひ確立していきましょう。❖

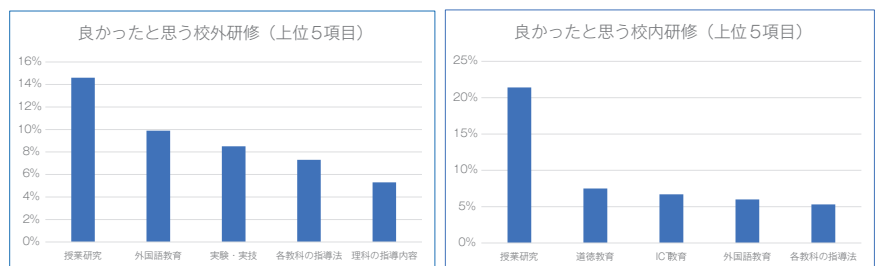
D 調査データから見える課題点

茨城大学教育学部 教授 小口祐一

調査研究部会では、教育委員会、教員の皆様を対象にアンケート調査を実施し、教員研修、校内環境、学習内容の3つの観点から分析を行いました。教員研修の観点では、良かったと思う校外研修の内容として「授業研究」「外国語教育」「実験・実技」の割合が高く、良かったと思う校内研修の内容として「授業研究」「道徳授業」「ICT 教育」の割合が高いことがわかりました（2018 年度調査）。

一方、受講したい研修があっても受けられない理由として、「校務が忙しい」が 83.3%でした。『令和の日本型学校教育』では、

教職生涯を通じて学び続ける教職員の姿の実現を目指しており、「教師の資質・能力の向上」において教員研修に対する期待が大きい中で、「学校における働き方改革」を同時に推進していくという課題点が浮き彫りになりました。



※調査の結果は、<https://www.rimse.or.jp/report/kondankai.html>でご覧になれます。

算数がよくわかり、
算数が大好きな子どもたちに
～教師の授業力の向上から～

■ はじめに

北九州市では、ここ数年教師の世代交代が進み、若い教師が増えてきています。この状況から、北九州市教育委員会では教師の指導力の向上を目指して、私たち退職校長をチームとした「学力向上推進リーダー」を各学校に派遣し、若年教師を中心に授業の指導をするように取り組んでいます。

そこで私は、算数科を中心に、教師の授業力の向上とともに児童が算数をよくわかり算数を好きになるように取り組みたいと考えました。

■ 学力向上推進リーダーとして

学力向上推進リーダーとして、次の３点から教師の授業力の向上を図るようにしました。

(1) 板書計画をもとにした授業

授業前に図 1 のような板書計画を立てます。

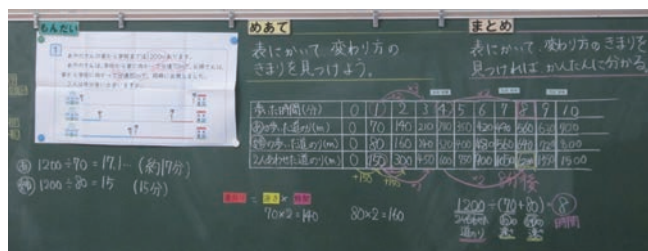


図1 板書計画

そして、板書計画をもとに次の5点について確認します。

- 1 問題は適切か
- 2 めあてはよいか
 - ・見通しはもたせることができるか
 - ・自力解決ができそうか
- 3 どの考えを取り上げるか
 - ・どの順で発表させるか
- 4 まとめはよいか
- 5 練習は準備されているか



北九州市立広徳小学校 指導教諭
北九州市教育委員会 授業づくり支援企画課
学力向上推進リーダー

溝口 忠幸 / みぞぐち ただゆき

この流れができているか教師二人できちんと確認して授業をするようにします。

(2) チームティーチングの授業

いつも板書計画をもとに授業計画をすることができるとよいのですが、できないことのほうが多いです。そのようなときには、問題・めあて・まとめを教師二人で確認してチームティーチングの授業をするようにしています(図2)。



図2 チームティーチングの授業

チームティーチングの授業をすることによって、教師がお互いの発問の仕方や受け答えの仕方を見ることができ、指導技術の向上が見られます。

(3) 研究授業

教師の授業力向上のためには、年に1～2回は自分のテーマをもって計画的な授業をすることは大切なことだと思います。私は、各学校において、指導案をもとにして研究授業をすることを勧めています（図3）。

[illegible]

图3 学习指导案

このように、授業の考え方、授業の流れ、板書計画等を表した学習指導案を提示して、多くの教師に見てもらうことは教師の授業力の向上につながると思います。

■ 北九州市算数研究会の会員として

学力向上推進リーダーとして算数の授業力の向上を伝えるだけでは、なかなか多くの教師への広がりが見られません。

私は、北九州市算数研究会に所属しています。北九州市算数研究会での日常研修は、7つの区ごとにそれぞれが自主的サークルを作り、研修を深めています。私たち小倉南区算数研究会では、「二金の会」として毎月第二金曜日に研修をしています（昨年度はコロナのためにあまりできませんでした）。

その研修の3点について紹介します。

(1) 実践報告

【授業実践のまとめ】

第5学年1組の実践

指導者 佐藤 ○○

1 学習指導案(板書型指導案)・・・別紙

2 仮説1について

導入場面では、「どの部屋が一番混んでいるのか」という問いから、絵をもとに自由に考えさせ、学習への意欲づけをする。単元の課題を共有し、ものの比べ方を考えさせる。

(1) 仮説実証のための具体的方策

手立て① 2020年の東京のハロウィンの様子の写真と2019年の同じ場所の様子の写真を比較することで混みぐあいを比べさせる。

手立て② 部屋のイラストで気が付くことを自由に発表させ、混みぐあいを求めることに焦点を合わせる。

手立て③ 比較しやすい人数や部屋の広さが同じ部屋を見つけさせ、混みぐあいを比較し、人数も広さも違う部屋についてどうすればよいかと問いをもたせ、めあてに導く。

(2) 指導の実際

手立て①




2020年10月31日東京渋谷の様子

2019年の日東京渋谷の様子

T：これは2020年のハロウィンの様子です。人の混みぐあいはどうですか？

C：密になっています。

C：人がたくさんいます。混雑しています。

T：そうですね。人がたくさんいますね。それなら次は2019年の様子のハロウィンの日の同じ場所の写真です。

C：うわー！（驚きの様子）

図4 実践報告

図4は実践報告の一部です。このように自分の研究授業等の実践をまとめ、サークルで発表し、より授業力を高めていきます。

＜訂正のお知らせ＞

前号(No.33)のp.32「塩野直道賞 小学校低学年の部」で紹介した受賞作品の4ページ目が誤っておりました。深くお詫びいたします。

正しくは、弊所ホームページに掲載している広報紙『Rimse』No.33の該当ページをご覧ください。

<https://www.rimse.or.jp/report/pdf/Rimse33.pdf>



(2) 模擬授業

研究会員が自分がしてみたい指導や困っている指導を持ちより、実際の授業でどのように児童に問いかけるのか、どのように指導するのかをサークル会員で検討します(図5)。



図5 模擬授業

このように、会員相互で模擬授業をし、授業の準備をします。そうすることによって、自分の授業の確認をするとともに他の教師の授業を見て自分の授業技術の向上に役立てます。

(3) 体験学習の確認

算数科には体験活動をするのが効果的な学習が多くあります(定規・コンパス・分度器を使う、箱作りをするなど)。



図6 測定練習

図6は平均の1歩の歩幅がどれだけかを測定する学習です。

体験学習は実際に活動しておくことが大切です。いろいろな活動をみんなで準備しておき、日頃の授業に活かすようにします。

■ おわりに

教師は、児童が楽しく、よくわかる授業をすることが使命です。そのためには、本来、日々時間をかけて教材研究をし、授業の準備をすることが望ましいと考えています。しかし、なかなか時間を取ることが難しい教育現場においては、教師同士が知恵を出し合い、より簡単に効果的な授業の準備をすることが大切です。これからも、児童が算数がよくわかり、算数が好きになるよう授業力を高めていきたいと思います。



・・・編集後記・・・

早くコロナが落ち着いて、前の生活に戻ることを祈っています。次号も「コロナ後の学校教育について」を特集します。

(財)理数教育研究所 事務局

「可能性」の言葉使い その2

「可能性がある」とはどの程度？

サイエンスナビゲーター® 桜井 進/さくらい すずむ

前回「可能性が高い」「可能性が大きい」という言葉使いから、可能性には質と量の両方の意味があることを指摘しました。今回は「可能性がある」という言葉使いにフォーカスしてみます。

そもそも「可能性がある」「可能性がない」の「ある」「ない」が示すように、可能性は量的と言えます。問題はその度合いです。

「擁護し続けてきた首相も責任が問われる可能性はある」

「自分が感染している可能性はある」

前者の「可能性がある」では、「ある」という言葉のイメージに加え、言葉の前に事象が明示されているので、執筆者は「可能性が大きい」と考えていると判断できます。それに対して後者のそれは、可能性の度合いの大小はわかりかねます。量的といっても数値化できない（だから量ではなく量的）場合に都合のよい言葉だとも言えます。

「可能性がある」～“深刻ではないナンセンス”

だからと言って、極端な使い方をすると反感を買うことになります。

「明日、世界が滅亡する可能性はある」

「私の父が女性である可能性はない」

「株価は上がる可能性も下がる可能性もある」

こう言われたほうは、どちらに対しても「そりゃそうだろう！ 可能性があるかないかと言われれば、それは『ある』に決まっているし、なぜ父親が男性であると断定できないのか！」と思うでしょう。「日常会話モード」では真偽、正反をはっきりさせない（曖昧にしたままの）言葉使いが多用されます。“正しい”けれど“（深刻ではない）ナンセンス”な言葉使いとなります。

このように、「可能性がある」の言葉使いの特徴はどの程度可能性があるのかが明確ではないことです。伝える側が本当に度合いがわからない場合には、そのことが正しく聞き手にも伝わります。しかし、ある程度度合いがわかっている場合に、意図的にその度合いを隠すため・誤魔化すために使う

こともできます。

「国債暴落により財政破綻の可能性はある」

これも“正しい”文ですが、不確定な情報をもとに不安を煽るために「ある」という言葉使いをしているとも受け取られます。

「可能性がある」～“深刻なナンセンス”

「〇〇地震により日本海沿岸に津波の可能性あります」

これは「可能性がある」の“深刻なナンセンス”な言葉使いです。地震により津波の可能性があることは言うまでもないことであり、これがニュースの伝聞として流された場合にはほぼ情報なしの内容だからです。「いったいどれくらいの可能性（確率）なのか」「どの程度の大きさ・規模の津波なのか」の情報を伝えることが求められます。気象・地震・津波・噴火について未来予測に使われる「可能性」の言葉使いでは、度合いがクリティカルです。

実際、IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change: 気候変動に関する政府間パネル) の評価報告書では可能性の言葉使いについて言及しています。「ほぼ確実 (99%以上)」「可能性が極めて高い (95%以上)」「可能性が非常に高い (90%以上)」「ありえない (1%以下)」というように度合いを10段階で定義しています。

「可能性」の言葉使いの難しさ

「可能性が高い」と「可能性が大きい」の違いから「可能性」の属性に応じた言葉使いの選択、「可能性がある」が孕む度合い・程度の問題など日常会話のさまざまな状況に対して自由に、容易に使うことができる「可能性」という言葉の存在に驚かされます。前回指摘したように「可能性」の属性などを気にしている人はほとんどいません。それでも「可能性がある」に対しては誰もがどの程度あるのかは気になるでしょう。

私たちには容易に・曖昧に言葉を使いたいと思うのと同時に、言葉から具体性・正確さ・精確さを得たいとも思っています。そのことを「可能性」の言葉使いは私たちに教えてくれます。筆者が書き手として話者としての仕事をしてきたことから始めたのが本連載です。そこにあるのは、日本語をできるだけ丁寧に扱い、自分が思う内容を相手に正確に伝えたいという気持ちであり、言葉を発する側と受け取る側の相互作用の仕組みに対する興味です。