

# Rinse

No.  
**29**

2020

**特別寄稿** プログラミング教育からプログラミングを通じた学びへ



# Contents

表紙裏

## 巻頭言

### 論理的思考の基礎としての言語能力

一般財団法人 教育調査研究所 理事長／上越教育大学 名誉教授 新井 郁男

## 特集 ICT 教育の推進にあたって II

- 2 **I** プログラミング教育の推進  
一ぶれないプログラミング教育の推進のためにー  
宮城教育大学技術教育講座 教授／  
同情報活用能力育成機 構副機構長 安藤 明伸
- 7 **II** 教師に求められる ICT 活用指導力の向上  
鹿児島大学大学院教育学研究科 准教授 山本 朋弘
- 12 **III** 学校における ICT 環境整備  
一令和の時代の標準的な学習環境としての 1 人 1 台情報端末ー  
東北大学大学院情報科学研究科 教授 堀田 龍也

## 特別寄稿

- 17 プログラミング教育からプログラミングを通じた学びへ  
東京工業大学 科学技術創生研究院 研究員 森 秀樹

- 21 **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3回  
日本の地震分布から見えること  
開成中学校・高等学校 教諭 有山 智雄

- 24 **連載** 統計の見方・読み方・使い方 第6回  
時系列データの変動成分  
慶應義塾大学大学院 健康マネジメント研究科 教授 渡辺 美智子

- 27 **連載** 物理法則の科学史 第6回  
ボイルの法則とシャルルの法則  
国立科学博物館理工学研究部 研究員 有賀 暢迪

- 30 **教育に新しい風を**  
子供たちの不安に応える体制づくり  
一学校運営協議会の取組ー  
宮崎公立大学・南九州大学 非常勤講師 田原 健二

- 32 **広場** 地域教育で活躍する人々 第28回  
サポー To かしわ  
できる方が できるときに できる支援をしよう！  
仙台市立富沢中学校学校支援地域本部 スーパーバイザー 新山 眞理子  
仙台市立富沢中学校 校長 土田 茂

裏表紙

## 知られざる女性数学者の素顔 第9回

メアリー・サマヴィル  
～ヨーロッパで最も傑出した女性～  
サイエンスナビゲーター 桜井 進

# 巻頭言

Kantougen



一般財団法人 教育調査研究所 理事長  
上越教育大学 名誉教授

## 新井 郁男 / あらいいくお

1935年生まれ。長野県出身。1959年東京大学教育学部卒業。文部省、国立教育研究所、東京工業大学助教授、上越教育大学教授、愛知学院大学教授、放送大学教授・埼玉学習センター所長、星槎大学教授（現在特任教授）を歴任。教員養成審議会・大学設置学校法人審議会委員等を務める。専門は教育社会学・教育経営論・学習社会論。日本教育社会学会・日本学校教育学会・日本生涯教育学会・アメリカ教育学会・関東教育学会の元会長。現在、世界新教育学会・日本学習社会学会の会長。単著：『学習社会論』、『現代学校改革論』、『学校社会学』、『教育経営の理論と実際』、『ゆとりの学び ゆとりの文化』、『人はなぜいじめめるのか』（邦訳）など。

# 論理的思考の基礎としての言語能力

言語能力は学力の土台であるが、言語といっても多様である。人間同士のコミュニケーションの手段という面から考えるならばジェスチャー、表情、音声も言語である。また、言葉という面からもさまざまな分類ができるであろうが、以下においては、理科、数学など論理的思考の基礎となる言語的能力について特に社会学的な研究の面から考えてみることにする。

この面から私がかねてより注目しているのは、イギリスの言語社会学者バーンステイン (Bernstein, Basil, 1924-2000) が行った研究である。イギリスでは 1944 年の教育法 (通称 バトラー教育法 Butler Education Act) によって、学校制度の大改革が行われた。それまでは小学校を修了した段階で、大学につながるコースとそうでないコースが分けられており、ワーキング・クラスの子供たちは非進学コース、わが国の第二次大戦前の高等小学校に相当する学校に進んでいたが、1944 年に全員が中等学校に位置付けられたグラマー・スクール、テクニカル・スクール、モダン・スクールのいずれかに進学できるようになった。いずれの中等学校に進学するかは個人の自由ではなく、小学校修了時に行われるイレ・プラス試験 (eleven-plus examination, 11 歳数か月目に行われる英語、数学、知能テストからなる試験) を受けることになったが、家庭の社会的条件ではなくあくまでも本人の能力によるということからこの制度は高く評価された。

しかし、バーンステインが試験の結果を分析したところ家庭の状況が大きな規定要因になっていることが判明したのである。家庭の状況として彼が重視したのはコミュニケーションで使われている言語である。彼は言語のタイプを推敲コード (elaborated code) と制限 (限定という訳もある) コード (restricted code) に分類しているが、試験で測定される学力を規定しているのは推敲コードであり、これでコミュニケーションができない家庭の子供は、試験の成績が低かったというのである。

それでは推敲コードでコミュニケーションを行っている家庭と制限コードでしかコミュニケーションを行っていない家庭との違いはどこにあるのであろうか。バーンステインが注目したのは、家庭内における役割の決め方である。後者では家庭内の役割を固定しているために話し合いが「お前あれ

やっていないじゃないの」というように、曖昧な言葉、すなわち制限コードによる言語でコミュニケーションが行われているのに対して、前者ではその都度都合などに照らして話し合いをしながら決めることが多い、すなわち、推敲された言葉で話し合うことが多いというのである。

こうした家庭環境の違いから、子供たちが小学校に入学するまでに学力の土台となる言語力の差が生まれるということがわかったのである。このような研究はイギリスだけでなくヨーロッパの多く国でも注目された。米国の連邦教育局では 1966 年に教育の機会均等に関するコールマン報告と通称される大規模な報告書が出されており、それを背景にして head-start というプログラムを行っている。これは家庭環境が恵まれない小学校入学前の子供を対象にして、特に子供の認知スキルを育てるための環境を整えることを目的とした事業で、注目されたのは、Sesame Street = セッサミー・ストリートというテレビ番組である。これは我が国のテレビでも娯楽番組のような形で放映されていたが、本来は入学前の子供を対象に言語力育成を目的とされたものである。私はこの開発段階のときに米国に行っており見せてもらったことがある。

これは当初は大変に注目されたようであるが、結局、私的空間である家庭のことであり、大した効果は見られなかった。そこで学校教育の在り方が問題となった。学校教育の課題ということになれば、当然のことながら言語教育の在り方が重要になるが、私は、バーンステインも述べているように、学校のシステムの在り方を問題にする必要があると考えている。現代の学校は、同年齢の子供を中心に学年が構成され、教科を単位として授業を行うことが基本となっている。すなわち、縦割り構造になっている。そのことから、制限コードでコミュニケーションが行われている。こうした現代の学校教育体制を変えていくことが重要であろう。例えば、異学年での学習活動を導入することも必要である。上の学年の児童が下級生に話すときにはわかりやすく推敲コードで説明する場面を実際に観察したことがある。また、新学習指導要領で重視されているカリキュラム・マネジメントにおける教科等横断、主体的・対話的・深い学びは肝心な点ではないだろうか。❖



# ICT教育の推進にあたって II

## I プログラミング教育の推進

ーぶれないプログラミング教育の推進のためにー

宮城教育大学技術教育講座 教授/同 情報活用能力育成機構 副機構長

**安藤 明伸** / あんどう あきのぶ

札幌市の中学校技術科教員を経て2002年より宮城教育大学に着任。博士(学術)。中央教育審議会情報ワーキンググループ委員、文部科学省プログラミング教育実践ガイドの作成委員、同教育の情報化に関する手引作成委員、同小学校プログラミング教育の手引作成委員、同中学校学習指導要領技術分野作成協力委員、仙台市プログラミング教育部会アドバイザー など



### 1 ◆ はじめに

2020年度からの小学校学習指導要領は、新型コロナウイルスの影響の中、全面実施を迎えた。「学びを止めない」という決意の下、日本全国の学校で現在可能な最大の努力で第1波を乗り越えたことだろう。しかし、現実として根本的な治療薬の開発が追いつかないまま、第2波がまさに迫っている。奇しくも、『教育の情報化に関する手引』<sup>\*1</sup>の1ページ目には、「急激に変化し、将来の予測が難しい社会においては、情報や情報技術を受け身で捉えるのではなく、主体的に選択し活用していく力が求められる」と書かれている。児童生徒に対する文脈ではあるが、この間にテレビ会議などの新しい手段を使った遠隔指導などの取り組みを推進できた学校の管理職・教員は、まさに主体的に情報技術を選択し活用したと言える。その際、まず意図したことは、学校での授業が進められない中、児童生徒の安全を保ち、学校として学習の遅れを最小限に留め、学校で活動できない児童生徒に対して何とかして居場所としての学校を機能させたいということではないだろうか。一見途方もない問題であっても、解決する課題に落とし込み、それらをどのような順で進めていけばよいのか、不具合や想定できなかった新たな問題が生じる中、そのやり方をどのように改善していけば、より意図したことが実現できるのか、1つ1つを論理的に議論したことだろう。まさに生活や社会の中でのプログラミング的思考の発揮である。

広義でプログラミング的思考を捉えれば、こうした現実世

界での段取りに関する論理的思考の多くはそれに該当する。しかし、これはプログラミング教育のねらいの点で言えば十分とは言えない。同手引にも「学習指導要領では児童がプログラミングを体験することを求めている、プログラミング教育全体において児童がコンピュータをほとんど用いないということは望ましくない」と2箇所明記されている。

本稿では、ぶれないプログラミング教育の実施のために心得ておきたい要点について整理する。

### 2 ◆ 情報活用能力とプログラミング教育

本稿をお読みいただいている皆さんの多くは、既にプログ

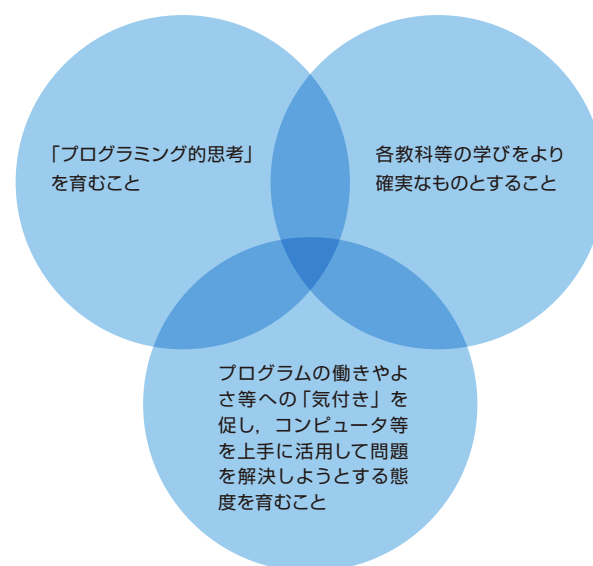


図1 小学校プログラミング教育のねらい

プログラミング教育についてある程度把握されている方が多いだろう。そこで少し視点を変えつつ基本を確認したい。

まず、改めて、小学校プログラミング教育の3つのねらい<sup>\*2</sup>を確認しよう。図1は3つのねらいを図示したものである。これらの3つのねらいは、すべてを満たす授業が望ましいが、現実的にこの3つを1回の授業でバランスよく扱えるタイミングは多くないだろう。そのようなベストプラクティスの授業を年に数回行うよりも、3つのねらいのバランスの軽重があったとしても、プログラミングを扱う授業の回数を多くするほうが、より「プログラムの働きやよさ等への『気付き』」を促し、コンピュータ等を上手に活用して問題を解決しようとする態度を育むこと」に寄与するだろう。一般的に思考力は、繰り返し発揮することで育成されていくものであるからだ。重要なのは、小学校段階全体を通して見たときに、3つのねらいがバランスよく実施できているかどうかである。そのため1つの授業だけを取り上げて授業のレビューを行う場合は、プログラミング教育の全体指導計画も把握しておくことが大切になる。そして、各教科においては、教科のねらいを達成させることだけを主眼とせず、学習内容や資質・能力をいかに教科横断的に関連づけられるか、教科の学びの中にいかに情報活用能力を育成・発揮させられるか熟考する必要がある。

この情報活用能力については、文部科学省の次世代の教育情報化推進事業『情報教育の推進等に関する調査研究』<sup>\*3</sup>の成果として公表されている「情報活用能力の体系表例」を目安とすることを奨める。その中には、低次のステップにおいて単純なコンピュータ操作の習得が位置付けられている。読者の皆さんの学校では、これを教育課程にどのように位置付けているだろうか。例えばプログラミングの中で扱うことを考えてみよう。ビジュアルプログラミング言語は、文字でプログラミングするのではなく、マウスを使用して命令のブロックやアイコンなどをドラッグ&ドロップでつなげていくプログラミング言語である。そのため、ブロックをつなげる・外す・消す・コピーする、写真を撮る、絵を描くなどのプログラミングソフトの使い方を知る過程の中で、コンピュータの基礎的な使い方を習得することができる。確かにプログラミングとしてはブロックを数個つなげたり離したりするだけでは十分とは言い難い。しかし、前述したように、これだけ

を取り上げて是非を議論するのではなく、この授業がどのように位置付けられているのかを理解することで議論の内容が変わる。例えば、情報活用能力のステップ1としては、コンピュータの基礎的な操作を習得することになる。ドラッグ&ドロップの操作を覚えることをプログラミングの導入段階として位置付けるだけでも、記号に置き換えられた命令の組み合わせを変えることでプログラムの処理が変わり、プログラムを実行したときの結果が変わることの体験ができる。わずかな操作と体験であっても体系化し教師が意識付けをしながら指導することで「体験や活動から疑問を持ち、解決の手順を見通したり分解したりして、どのような手順の組み合わせが必要かを考えて実行する」という思考力、判断力、表現力等につなげることができる。

### 3 ◆ 手段として活用されたプログラミング

以前、タブレットPCを活用した理科実験の授業の指導助言に呼んでいただいたことがある。そのときに参観させていただいた授業では、30秒ごとに温度計の温度を読み取るという実験過程があるため、各グループで1名タイムキーパー役を選出する必要があった。その中で担当となったある男子児童は、使用していたタブレットPCにPyonkeeというプログラミング言語がインストールされていることに気づき、30秒経ったら音が鳴るプログラムをその場で即座に作成したのだ。図2のようなわずか数行のプログラムではあるが、このツールにより、彼は単なる「計時する係」から解放され、班員とともに実験に参画することができた。これは直接的には理科の授業の学びを深めるプログラミングではないが、彼の中には単調な繰り返しのある計時という行為を自分がするのではなく（そのようなタイマーアプリを探すのでもなく）、

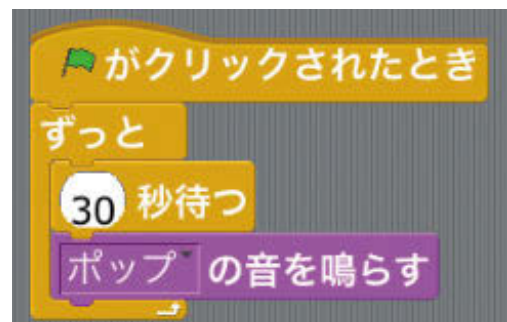


図2 30秒ごとに音を鳴らすプログラム

自分でプログラムを作ることによって解決できるのではないかという主体的な「情報社会に参画しようとする態度」が表出されたのだ。そして、「今は理科の授業だからプログラミングしてはいけません」と言わなかった授業者の判断と相まって、彼は本質的に理科としての学習活動が行えた好例と言えよう。

## 4 ◆ コンピュータを使用したプログラミング的思考を

さて、冒頭で意図する活動を実現することに対してプログラミング的思考で捉えることについて述べた。誤解を恐れずに言えば、段取りに関して論理的に思考することの多くはプログラミング的思考を発揮していると言えるであろう。しかし、その対象が人間に対して働かせる場合とコンピュータに対するプログラミングの中で働かせる場合とは決定的な違いがある。そのことは、まさにコンピュータについて理解することにほかならない。子供たちにとっては、コンピュータに対して自分が考えていることを指示する際には、例えば以下のようなことを踏まえて表現しなければならない。

### ●コンピュータは、空気を読まず、行間も読まない。

→形容詞や副詞、比喩を使わないで表現しなければならない。

### ●コンピュータは、何度間違えても怒らない、疲れない。

→自分が望む結果が出るまで何度でも条件を変えて試すことができる。

→同じことを何度でも正確に繰り返し行える

プログラミング言語によっては、あえて曖昧な表現の命令（例えば「明るくなったら」など）が用意されているものもあるが、原理的に、コンピュータに対する指示は曖昧さを排除する必要がある。そのためコンピュータに対してプログラミング的思考を発揮する場合は、自分の考えそのものを精緻化しなければならない。このことを図画工作のアニメーションの題材を扱った授業で紹介する。

図3は、2名の児童がワークシートに「(キャラクターを)どんどん大きくする」と表現したものをScratchでプログラミングしたものである。この2人の児童はともに日本語として同じ言葉で構想しているが、実際にプログラムを見てみると表したかったことが違うことが読み取れる。左のプログ

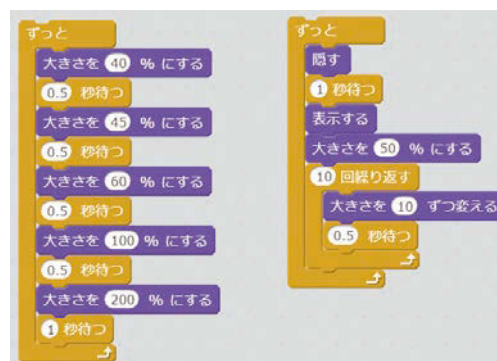


図3 2名の児童による「どんどん大きくする」プログラム

ラムでは変化の割合が次第に大きくなるのに対し、右のプログラムでは変化の割合が一定のまま大きくなるようにアニメーションする。おそらく児童たちには頭の中にある程度のイメージはあったものの、実際にそれをプログラミングする際に、プログラミング言語にある命令、いわば語彙を駆使して、自分自身の「大きくする」イメージを精緻化したに違いない。算数で学習した小数や割合の知識も使いながら、自分の意図した動作を表現したのである。これは、1回でこうした数値が出てきたのではなく、試しに設定した値でプログラムを実行し、その結果が自分の意図するものと異なっていれば、どの数値をどの程度変更すればよいのか、変化する一連の処理（アルゴリズム）を見直ししながら、完成形へと近づけたものである。

数量で表すことのできない感性を働かせた創造的活動に加えて、こうした「デジタル」に対して自らの感性を働かせながら創造活動の基礎的な能力を発揮して表現することでも作り出す喜びを味わうことができる。コンピュータに対するプログラミング的思考はこうした表現としての活動においても発揮される。私はこうした活動を「デジタルな言語活動」と呼んでいる。

## 5 ◆ 単なる活動で終わらせないための教師の働きかけ

次に、プログラミング教育のねらいの「プログラムの働きやよさ等への『気付き』を促し、コンピュータ等を上手に活用して問題を解決しようとする態度を育むこと」について見ていこう。

このねらいの達成のためには、単にプログラミングを児童



に体験させるだけではなく、教師がプログラミングの中での場面でプログラムの働きやよさに気づけるのかを理解し、意図して児童に働きかけることが必要である\*<sup>3</sup>。



図4 小学校2年生でのプログラミングのようす

図4は宮城教育大学附属小学校の2年生でのプログラミングの授業のようすである。これは、embotと呼ばれるプログラミング教材を用いたもので、国語の授業で学習した3コマのお話作りを題材に、図画工作で学習したペーパーサートを用いて、動くお話を作ろうという教科横断的な授業であった。児童たちにとっては、この日が初めてのプログラミングであったが、45分間の授業の中で授業者は少なくとも表1のような働きかけをしていた。

表1 プログラムの働きやよさ等への「気付き」を促すために教師が児童に働きかけた例

- ・児童にプログラミング的思考を意識させるための教師の働きかけ
  - ▶細かく分けたよね
  - ▶順番を考えないといけないんだね
  - ▶それって自分が今やりたいと思ったことに近づいているかな？
- ・コンピュータのことやプログラムの働きを意識させるための教師の働きかけ
  - ▶スタートを押すとあとは自動的に動くね
  - ▶みんなが予想したよりもずっと速く点滅するんだね
  - ▶いちいちコンピュータに教えてあげなければならないんだね
  - ▶言われていない（プログラムされていない）ことはできないんだね
  - ▶一度作れば何度でも同じことを繰り返せるんだね

プログラミング教育で懸念されることは、“体験あって学

び無し”になることであろう。楽しい、面白いことは大切であるが、それだけに終始せず、こうした意図的な教師の働きかけによって、より効果的な学習となるのである。

特に、授業後の感想から児童たちの学びを見取ることができる。以下に紹介するのは、小学3年生と6年生の授業の感想の一部である。

### 3年生の感想の一例

- ・プログラミングは、いろいろかんたんかと思ったけど、いがいむずかしかったです。でもいらいらしないのでがんばれました。
- ・まず、なんのブロックがひつようなか、それをどうやってくみあわせるのかを考えて、プログラミングは自動だけど、こんなに楽しくできるのがわかりました。はじめはむずかしかったけど、だんだん楽しくできてよかったです。
- ・なるべくしっぱいしないようにしました。でもいっぱいしっぱいしてしまいました。さいしょは苦手だったけどすきになりました。

### 6年生の感想の一例

- ・今回の授業でわかったことは、すべてのロボットはプログラムで動かされているということです。人間は何度も同じ作業ができませんが、ロボットは何度も同じ作業ができることにすごいって感じました。人間は言われなくても考えて動く。でも、ロボット指示がないと動かないです。このことからたがいにいいことがあると思います。それはロボットに全部任すのではなく、自分から動くということがさらに大切になると感じました。
- ・実際にプログラミングをやってみて、最初は難しいと思っていたけど、想像よりかんたんでした。いつもぼくたちがつかっているゲーム機もプログラミングされていると知ってビックリしました。ゲームを作るためにプログラミングをするのはとても大変だろうと思いました。ぼくたちの生活はほとんどがプログラミングされた道具にたよっているんだなとわかりました。

こうした記述は、単なるプログラミング体験ではなく、教師が要となる学習場面で児童たちが行っている・考えていることにどのような意味があるのか伝えることでなされたものである。

「ICTを使いこなす」ことは、何らかの問題を解決するた

めのツールを使うという、使い手の発想である。これは今後  
も欠かせないリテラシーではあるが、自分たちでコンピュー  
タに命令させることができるのだという原体験を持つことは、  
コンピュータのことを理解し、作り手の立場で ICT と向き合  
うことのできる重要なことである。

## 6 ◆ オンラインで学べるプログラミングの基礎

タブレット端末で写真を撮るという ICT 活用であっても、  
電源の入れ方、タップの仕方、カメラアプリの使い方などの  
基本的な操作方法の理解が必要になるのと同様に、プログラ  
ミングにおいても、プログラミングを行うアプリの操作方法  
や基本的な考え方、いわゆる知識及び技能の理解は避けられ  
ない。おそらくこの指導が各教科でのプログラミングの導入  
のハードルを上げているのではないだろうか。そうした懸念  
に対しては、オンラインで無料で学習できるコンテンツの利  
用を奨めたい。パズルのように問題を解くためのプログラム  
を作ることによって少しずつ問題の難易度が上がり、仮に最後の問題  
まで行けなくても、繰り返しや条件分岐なども使用したプ  
ログラムを作ることができるようになる。



図 5 Blockly Games での「繰り返し」の学習ステージ



図 6 Hour of Code での「繰り返し」の学習ステージ

図 5 は Blockly Games<sup>\*4</sup>、図 6 は Hour of Code<sup>\*5</sup> という  
プログラミングの学習サイトである。ちょうど「繰り返し」  
のアルゴリズムを使用する類似した問題の場面のスクリー  
ンショットである。どちらのコンテンツも秀逸に制作されてお  
り、小学生でも独学でプログラミングの基礎を体験的に学ぶ  
ことができる。スマートフォンでのアクセスも可能であるの  
で、学校の実態にもよるが家庭での宿題として課すことや、  
週に一度でも朝の 10 分程度の活動の時間で実施するなど工  
夫次第で展開することも可能である。

## 7 ◆ おわりに

冒頭にも述べたが、学校へのコロナ禍の影響は計り知れな  
い。遅れた授業をどう取り戻すか、新しい授業様式をどう進  
めるか、悩みは続きそうである。しかし、忘れてはいけない  
ことは、その子供たちはこれからの社会の形成者ということ  
だ。世界中の多くの国が、コンピュータのことを知る重要性  
に気づき、そしてその鍵となるプログラミングを導入・推進  
している。教師がイメージできない・わからないからプログ  
ラミングを扱わないということは許されない。

ICT をどう活用するか、それを「ブラックボックスなもの」  
として見るのか、「プログラミングされたもの」として見る  
ことができるのか、その違いは大きい。実際に授業をしてみ  
ると子供たちの発想の豊かさ、取り組む姿勢に驚くはずだ。  
インターネット上には、たくさんの教材や指導案、補助資料  
が無料でも公開されている。そうした実践事例も参考にしな  
がら、「先づ隗より始めよ」の気持ちで取り組んでいただき  
たい。



### 参考文献

- \*1 文部科学省 (2019) 『教育の情報化に関する手引』,  
[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/zyouhou/detail/mext\\_00724.html](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/mext_00724.html)
  - \*2 文部科学省 (2020) 『小学校プログラミング教育の手引 (第三版)』,  
[https://www.mext.go.jp/content/20200218-mxt\\_jogai02-100003171\\_002.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20200218-mxt_jogai02-100003171_002.pdf)
  - \*3 文部科学省 次世代の教育情報化推進事業『情報教育の推進等に関する調査研究』, [https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/zyouhou/detail/1400796.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1400796.htm)
  - \*4 Blockly Games, <https://blockly.games/?lang=ja>
  - \*5 Hour of Code, <https://hourofcode.com/jp/learn>
- ※いずれも 2020 年 7 月 25 日時点のもの



## II 教師に求められる ICT 活用指導力の向上

鹿児島大学大学院教育学研究科 准教授

**山本 朋弘** / やまもと ともひろ

情報教育・教育工学が専門。所属学会は、日本教育工学会、日本科学教育学会、日本メディア教育学会など。日本教育工学協会副会長。小学校教員、教育センター、県教育委員会指導主事、鹿児島大学附属教育実践総合センター講師を経て、現職。教育学修士。東京工業大学大学院内地留学、岐阜大学大学院教育学研究科修了。『教育の情報化に関する手引』検討委員、文部科学省 ICT 活用教育アドバイザーなどの委員を就任。



### 1 ◆ はじめに

教室に大型提示装置や実物投影機、デジタル教科書などの ICT を常設されるようになり、教師が ICT を日常的に活用して指導できる環境が整いつつある。さらに、改訂された学習指導要領では、学習の基盤となる情報活用能力の育成を図るため、児童生徒にコンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段を活用するために必要な環境を整備することが明記された。最近では、文部科学省が推進する「GIGA スクール構想」によって、タブレット端末が学校現場に積極的に導入され、児童生徒が思考表現のツールとして活用するようになる。児童生徒を中心とした授業をどうデザインするか、ICT をどのように活用して主体的・対話的で深い学びにつなげるか、ICT 活用に関わる教師の指導力の向上が重要である。

4 つの大項目について、それぞれ 4 つのチェック項目が設定されており、合計 16 のチェック項目がある。特に、今回の改訂では、「主体的・対話的で深い学び」の実現に対応した変更や情報モラルなどを指導する能力などが再構成された。

- A 教材研究・指導の準備・評価・校務などに ICT を活用する能力
- B 授業に ICT を活用して指導する能力
- C 児童生徒の ICT 活用を指導する能力
- D 情報活用の基盤となる知識や態度について指導する能力

「A 教材研究・指導の準備・評価・校務などに ICT を活用する能力」は、授業の準備や授業後の評価のほか、文書作成や情報収集などで、教師が日常的に ICT を活用する能力に関する大項目である。この大項目は、授業以外の場面で ICT を活用することが多いが、授業設計や教材研究、授業評価は重要であり、ICT 活用指導力のひとつとされる。

「B 授業に ICT を活用して指導する能力」は、教師が実物投影機や大型提示装置などを活用して、わかりやすく説明したり、課題を提示したりするなど、児童生徒の理解の深化や技能の習熟、意見共有を図るようにできる能力についての大項目である。児童生徒の興味や関心を高めたり、基礎的・基本的な内容を定着させたりするほか、個別学習や協働学習で ICT を活用することは教師にとって極めて重要な能力といえる。

「C 児童生徒の ICT 活用を指導する能力」は、学習の主体である児童生徒が ICT を活用して学習を進めることができるよう、教師が指導したり、学習活動を支援したりする能力に関する大項目である。児童生徒に情報端末などの基本的な操作スキルを身に付けさせ、学習のツールの一つとして使いこ

### 2 ◆ 教員の ICT 活用指導力の重要性

第 3 期教育振興基本計画には、ICT 利活用のための基盤の整備の測定指標として、教員の ICT 活用指導力の改善が設定されている。これは、教員の ICT 活用指導力がすべての教師に求められる基本的な資質・能力であることを意味する。

今後の日常的な活用や整備される機器の変化を踏まえ、文部科学省は、平成 19 年に策定した『教員の ICT 活用指導力の基準（チェックリスト）』を平成 30 年に改訂した。改訂後の『教員の ICT 活用指導力チェックリスト』<sup>\*1</sup>は、A～D の 4 つの大項目に再構成され、基本的な操作技能の必要性や協働学習の要素を反映した内容などが新たに追加された。

なしたりするなど、児童生徒が ICT を活用して効果的に学習を進めることができるよう教師が指導する能力を大項目の一つとしている。児童生徒が ICT を積極的に活用して、学習に必要な情報を収集・選択したり、正しく理解したり、創造したり、互いの考えを共有するなど、主体的・対話的で深い学びにつながるようになる。

「D 情報活用の基盤となる知識や態度について指導する能力」は、スマートフォンやインターネットが普及する中で、児童生徒が情報社会で適正に行動するための基となる考え方や態度の育成が求められている。すべての教師が情報モラルや情報セキュリティなどを指導する能力を持つべきという観点から位置付けられた大項目といえる。

### 3 ◆ 教員の ICT 活用指導力の現状

文部科学省は、毎年教員の ICT 活用指導力に関してチェックリストを基に調査を実施しており<sup>\*2</sup>、授業中に ICT を活用して指導する能力をはじめ、教員の ICT 活用指導力は着実に向上している（図 1）。例えば、「B 授業に ICT を活用して指導する能力」は大幅に向上しており、大型提示装置やデジタル教科書などの ICT 機器などが普通教室に常設され、教師が授業の中で ICT を日常的に活用した授業を展開されるようになった。しかし、「C 児童生徒の ICT 活用を指導する能力」については他の項目と比較してまだ十分ではなく、さらなる指導力の向上が求められる。最近では、タブレット端末が積極的に導入され、児童生徒が思考・表現のツールとして活用する授業も見られる。なお、平成 30 年までの調査は、改訂前のチェックリストを用いている。

現在、ICT 環境の整備や活用状況において、自治体や学校の間での格差が見られる。これは、教師の ICT 活用指導力の向上にも大きく関わり、重要な教育課題として挙げられる。教育委員会においては、前述した教員の ICT 活用指導力チェックリストを活用して、現状を把握するとともに、今後必要となる教員研修の計画立案に活かしてほしい。また、学校においても、自己チェックの結果を集約して、校内での研修を計画する上での参考資料として、調査結果を活用してほしい。

## 4 ◆ 児童生徒一人1台の情報端末環境にどう対応するか

家庭にもタブレット端末やスマートフォンが普及し、日常的に情報端末を操作できるようになった。さらに、今後の GIGA スクール構想によって、児童生徒に一人 1 台の情報端末が整備されるようになる。

このような状況を想定すると、これからは教員以上の操作スキルを有する児童生徒が増えていくことが考えられる。教員が十分理解していない機器を操作させたくないという現場の声を聞いたことがあるが、その考え方では、これから変化の激しい社会への対応は困難である。これからは、教員が児童生徒以上のスキルを習得しなければならないという従来の考え方ではなく、児童生徒がスキルを発揮できるように、教員がファシリテートしていくことが求められる。

図2は小学校高学年の算数の授業で、児童がグラフを作成しているようすである。いろいろなグラフが作成できることを経験させることで、ICT活用スキルを高めるとともに、他教科や上位学年での学習活動に活かすことにつながる。

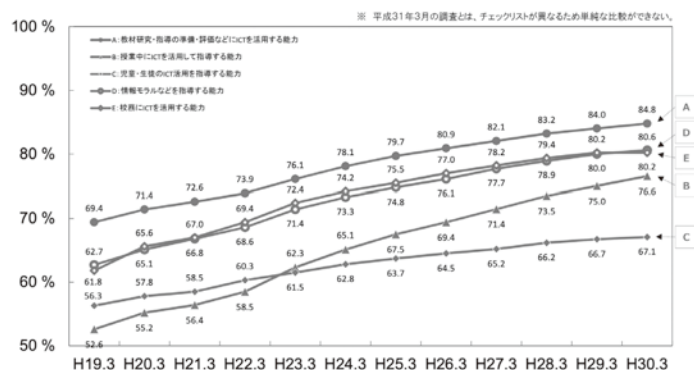


図 1 教員の ICT 活用指導力の推移



図 2 小学校算数でのタブレット端末活用のようす（佐賀県みやき町立北茂安小学校）

図3は中学校理科の実験のようすである。生徒は、教師の指示を待たずに、自分たちでタブレット端末を用意して、実験のようすを撮影し始めた。このように、教師は、児童生徒がICTをツールとして積極的に活用するよう支援していくことが求められる。



図3 中学校理科でのタブレット端末活用のようす（福岡県田川市立伊田中学校）

## 5 ◆ 特別支援教育でのICT活用指導力

『教育の情報化に関する手引』\*<sup>3</sup>では、各章において特別支援教育の視点を踏まえた記述がされた。今後は、特別支援教育の視点に立った教員のICT活用指導力が求められる。

特別支援教育においては、児童生徒の障害の状態や特性および心身の発達の段階などに応じてコンピュータなどの教材・教具を創意工夫するとともに、それらを活用しやすい学習環境を整えることが求められる。例えば、弱視の児童生徒には障害の状態に合わせて、各種の弱視レンズや拡大教材映像装置、文字を拡大するソフトウェアなどを活用したり、文字や図の拡大教材や書見台を利用したりすることなどの工夫が考えられる。

これらの教材・教具を有効、適切に活用するためには、教師はそれぞれの教材・教具の特性を理解し、指導の効果を高める方法について、絶えず研究するとともに、校内のICT環境の整備に努め、児童生徒も教師もいつでも使えるようにしておくことが重要である。

障害による困難さに対応した指導を行うためには、さまざまな支援機器についての知識を高めることも重要である。また、専門的な知識を要する場合があります、個々の教師がその活用を担うのは難しく、組織的に支援機器を活用できる体制を整備することが期待される。

## 6 ◆ 教員研修をどのように展開するか

教員のICT活用指導力を高めるには、教員研修をどのように展開すればよいか、教員研修をどうデザインするかが求められる。いくつかポイントに整理したい。

### 6.1 ◆ 研修リーダーの育成

学校や地域全体でICT活用指導力の向上を図るためには、学校や地域で体制を構築するとともに、研修リーダーを育成することが不可欠である。研修リーダーは、ICTを十分に活用できていない教師などに対して積極的な活用を働きかけ、学校や地域全体の底上げを図るとともに、児童生徒の情報活用能力の育成を牽引する重要な役割を果たす。

文部科学省が作成した『校内研修リーダー養成のための研修手引き』\*<sup>4</sup>では、校内研修のリーダーとして期待する教員に対して育てたい力を「ICT授業設計力」「校内マネジメント力」「ICT活用力」「授業力」の4つとし、研修の具体的な内容が設定されている。モデルカリキュラムから必要なコマを選択し、地域の実状に応じた研修カリキュラムを作成することができるように、「1日研修（5時間）」、「半日研修（3時間）」、「ミニ研修（90分）」、「年間複数回実施の研修」の4つの例が紹介されている。

例えば、「ミニ研修（90分）」は短時間の設定のため、ワークショップを実施せずに、ICTを活用した授業の設計や校内研修の計画策定や運営方法の習得に重点を置いた例である。既存のカリキュラムがある地域では、新たにカリキュラムの内容を加えるなど、地域の実状に応じた研修カリキュラムの作成を進めることが求められる。また、ICT活用に関する研修は機器の使用方法など単独で行うだけではなく、授業にICT担当と複数で入ることでOJT的視点のICT研修として実施したり、初任者研修や年次研修など既存の研修の中で実施したりすることも、効率的で有効な方法と言える。

|   |                |     |             |
|---|----------------|-----|-------------|
| 1 | ④教育情報化概論       | 20分 | 全体像の把握      |
| 2 | ⑥先進・優良事例紹介     |     |             |
| 3 | ⑦授業・ICT活用ポイント  | 40分 | 授業観の形成      |
| 4 | ⑧スキルアップに向けた心構え |     |             |
| 5 | ⑨ICT活用授業設計     | 30分 | マネジメントの知識獲得 |
| 6 | ①推進普及マネジメント    |     |             |
| 7 | ②研修計画策定／実施方法   |     |             |

図4 ミニ研修（90分）の例



## 6.2 ◆ 研修体制の構築

研修リーダーが力を発揮できるように、教育委員会や教育センターなどの研修機関では、各校の研修体制を支援し、研修内容を充実させることが必要である。そこで、留意しなければならないこととして、研修リーダーとなる受講者がICT活用が得意な教師ばかりにならないようにすることや研修内容が機器やソフトウェアの操作などに偏らないようにすることなどが挙げられる。

また、研修リーダーが一人ではなく、チームで所属教師をサポートするなど、研修体制を充実させることが求められる。各研修機関は、研修リーダーが教育の情報化についての理論的・全体的な理解を踏まえながら、それぞれ自分の役割を理解し、ICTを活用して授業改善を図るという方向性を明示しながら、それぞれの地域や学校の特性などに応じた研修が実施できるように配慮する。

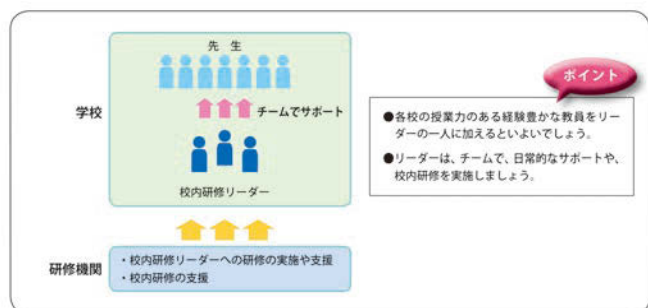


図5 研修体制づくりのポイント

さらに、研修機関は、校内研修リーダーを育成していくだけでなく、研修カリキュラムを例示するなどして、今後の展開を想定した取り組みを進めることが求められる。地域や学校の実情に合わせて、地域や学校に出向き、研修リーダーとともに研修を支援することが求められる。

## 6.3 ◆ 研修形態の工夫

教員のICT活用指導力を高める研修を実施するためには、実施内容や受講者の特性に応じて、グループ演習や模擬授業、受講者同士の情報共有など、研修形態を工夫して運営することが求められる。

### (1) グループセッションでの協働的な研修

目的に応じて、受講者の学校種や担当教科、スキルごとに

グループ編成を行うようにする。例えば、ICTを活用した授業設計を考える研修を実施する場合、受講者が協働して研修プログラムや教材の作成を行ったり、成果や課題を発表し合ったりする機会を設けると効果的である。また、一斉指導や個別学習、対話的な学習でのICT活用の意図など、授業をデザインできる能力をお互いに高め合う場面を設定する。



図6 合同研修会のようす（山口県和木町小中学校）

### (2) 模擬授業による実践力アップ

実践的な指導力を高めるには、実際の授業場面を想定した研修を設定する必要がある。ICTの具体的な活用方法や課題の克服など、喫緊の課題に対応するために、熟達した教師や指導主事に模擬授業や事例発表を行ってもらい、受講者の理解を深めさせることが求められる。受講者に児童生徒役をやってもらい、タブレット端末をどのように活用させるかを実際に体験させることは有意義である。また、指導案の作成や授業映像の視聴を交えながら、最終的には受講者自身も模擬授業を行い、新たな授業提案を行えるよう支援することが期待される。

### (3) 遠隔研修との組み合わせ

離島や山間地の僻地にある学校では、教育センターなどで実施する集合型研修に参加しにくいことも考えられ、テレビ会議を用いた遠隔研修によって学校を支援することも考えられる。また、いつでもどこでも研修を進められるよう、国、都道府県など、民間企業がWeb上で提供するコンテンツを用いて研修を深めることも想定できる。集合型研修とWeb研修をうまく組み合わせ、より効率的な研修につなげることが求められる。

小学校プログラミング教育のような新たな教育内容などについては、大学や民間との連携も考えられる。例えば、大学

生や大学院生が Web 会議などを通して児童生徒にプログラミングを指導することも実際に展開されている。これらの支援を通して、教師が授業の中でプログラミングを習得することは、OJT 研修として今後期待される。



図 7 小学校プログラミング教育の授業を大学院生が遠隔で支援しているようす

## 6.4 ◆ 管理職のマネジメント能力

教育の情報化を推進するにあたって、管理職の理解とリーダーシップは絶対に欠かせない。学校の管理職が学校 CIO として推進できるよう、管理職向けの研修を充実させ、従来の管理職研修に教育の情報化の視点や内容を盛り込んでいくなどの取り組みが求められる。各研修機関で実施する校長、副校長、教頭などを対象とした管理職研修に、ICT 活用に関する内容を適切に盛り込んでいくことが必要となる。管理職研修では、校内における課題の解決や目標の実現に ICT がどのような有効であるか、校内の ICT 活用を推進するためにどのような方策や体制づくりを進めていくべきであるか、などといった点について示すことが重要となる。各学校での ICT 活用に向けた研修の計画策定や実施を円滑に進めるためには、チーム体制での取り組みが鍵となるので、管理職には、ICT 活用を推進するリーダーであるという認識をしてもらうことが必要である。

## 7 ◆ まとめ

教員の ICT 活用指導力を高めるためには、まず実態を把握することが重要である。地域や各学校における児童生徒の学びの姿や教師の授業実践の傾向、ICT を活用した指導スキル

の実態などを把握することが求められる。

そのためには、教員の ICT 活用指導力のチェックリストの結果や各種調査から、現状を分析することが必要となる。また、ICT 環境の整備状況に応じて、活用できる範囲も異なるため、地域の ICT 環境の整備状況や整備計画を確認した上で、どのような活用方法が効果的なものとなるのか考え、見通しを持って具体的な授業設計を行うことが必要である。

学校や地域においては、一人の教師や担当者が働きかけるだけでなく、校長や教育長と連携し、複数のスタッフで協力しながら、具体的に実践できるように研修目標を設定し、研修計画を策定するように展開する。

また、受講者の理解度や校内研修の実施状況を把握し、研修を定期的に評価する必要がある。研修を適切に評価することによって、課題や改善点などを整理し、以後の研修などの取り組みに反映しなければならない。教員の ICT 活用指導力チェックリストの項目を参考にして、研修の目標を明確にして、受講者の教師が受講後の授業につなげられるように配慮する必要がある。



### 参考文献

- \*1 文部科学省 (2018) 『教員の ICT 活用指導力チェックリスト』  
[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/zyouhou/detail/1416800.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1416800.htm)
- \*2 文部科学省 (2019) 『平成 30 年度学校における教育の情報化に関する実態調査結果』 [https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/zyouhou/detail/1420641.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1420641.htm)
- \*3 文部科学省 (2019) 『教育の情報化に関する手引』  
[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/zyouhou/detail/mext\\_00117.html](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/mext_00117.html)
- \*4 文部科学省 (2015) 『校内研修リーダー養成のための研修手引き』  
[https://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_icsFiles/afeldfile/2018/08/10/wg3tebiki.pdf](https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afeldfile/2018/08/10/wg3tebiki.pdf)

## Ⅲ 学校における ICT 環境整備

### ー令和の時代の標準的な学習環境としての 1人1台情報端末ー

東北大学大学院情報科学研究科 教授

**堀田 龍也** / ほりた たつや

1964年熊本県天草生まれ。東京学芸大学教育学部卒業。東京工業大学社会理工学研究科博士後期課程修了。博士（工学）。東京都小学校教諭、富山大学教育学部助教授、静岡大学情報学部助教授、メディア教育開発センター准教授、玉川大学教職大学院教授、文部科学省参与などを経て現職。中央教育審議会委員。文部科学省 情報活用能力調査に関する協力者会議主査、デジタル教科書の今後の在り方等に関する検討会議座長、同 教育データの利活用に関する有識者会議座長などを歴任。



#### 1 ◆ これからの時代の教育を概観する

##### 1.1 ◆ 私たちの身のまわりはすっかり情報化している

私たちは日頃から、生活の中でスマートフォンを使い、知らない言葉を検索したり、ネットでニュースを読んだりする。天気予報のサイトにアクセスすると、雲の動きがリアルにわかり、何分後に雨が止むのかもほぼ確実に当たるようになった。そういう情報をほぼみんなが所持している手元のスマートフォンで得ることができる社会に暮らしている。

旅行の際には、行き先を検索し、地図で確認し、飛行機や新幹線の予約もスマートフォンで簡単にできる。宿泊先は評判を見ながら決定し、既に登録している自分の情報が反映されているサイトで予約できる。食事にでかける前に評判のいいレストランを探す。写真をいつでも撮影し、友人と共有できる。家族とテレビ電話をすることもできる。

オンラインで買い物をすることも今や一般的だ。それだけではない。街角での買い物も今やスマートフォンによる電子決済に移行しつつある。現金を使わないまま1日が終わることも増えてきた。

私たちの生活はこれだけ情報化している。わずか10年ほど前はどうか覚えているだろうか？ 現在国内でもっとも多く使われているスマートフォンのiPhoneが日本に上陸したのが2008年、それからようやくスマートフォンの普及が始まった。総務省『情報通信白書（令和元年版）』<sup>\*1</sup>によれば、2010年のスマートフォンの普及率はわずか10%だったが、2012年には50%を超え、今では80%を超えている。

20年前のスーパーコンピュータは、現在のスマートフォン以下の性能だったそうである。現在では、スーパーコンピュータのエンジニアでもない私たちが、そんな高機能のスマートフォンをいつでも持ち歩き、どこでも利用できる。これが情報社会の現実である。

##### 1.2 ◆ 少し先の未来

昭和の時代に登場した現金自動預け払い機（ATM）は、かつては銀行の窓口で人間がやっていた銀行口座への入出金に関わる業務を機械化した装置である。今日では、ATMの普及によって24時間いつでも入出金ができるようになった。

ATMの登場は、銀行の人員を減らすことにつながった。悲観的にいえば「機械に仕事を奪われた人がいる」ということになるが、もっと前向きに「機械にできない仕事を人間が担当する」と考えるようになったということでもある。銀行の窓口は現在も残っているが、その業務は単純な入出金ではなく、融資の判定などの複雑な業務に変化した。求められる人材像が変化したということである。

消費税の増税をきっかけとして、政府は電子決済の普及に力を入れ始めた。今ではコンビニをはじめいろいろなお店で電子決済ができるようになった。便利なので普及も早く、人件費が削減できるのでキャッシュバックなどが実現している。テクノロジーによってコストダウンが進んでいるということである。電子決済の普及によって、今後は現金の流通量がどんどん減少していくことになる。その結果、ATMは次第に撤去されつつある。ATMからの現金強奪などの犯罪も減っていくことになる。



ここまで見てわかるように、銀行業界はこの数十年で大きな変化を遂げてきた。人間の仕事の機械化によって世に登場した ATM が、今度は電子決済によってその役割を終える。せいぜい私たちの親の世代と私たちの世代の間で、情報技術の進展のその利用を前提に「銀行とは何をする仕事なのか」という仕事の本質が何度も捉え直されたのである。銀行員たる資質・能力とは何かが突きつけられてきたのである。おそらく「昔ながらのやり方がよい」と考える人もいただろう。しかし、世間が情報化する以上、それは停滞や出遅れを意味し、倒産につながる。社会の変化で仕事の形が変わっていった銀行。変わっていくから生き残っているのである。

例えば農業は、生産人口がいち早く減少し、しかも高齢化が進行した。小学校の教科書にもそう書いてあったことを記憶している人も多いだろう。しかし今では若い人たちの農業への参入が増加し始めている。トラクターが無人運転となり、GPS を利用して田畑の形に対して数 cm のズレという精度で稼働できるようになっている。無人のトラクターが自動で耕し、無人のコンバインが刈り取るといったことが既に現実になっているのである。農薬散布にもドローンが用いられている。センサーによって生育具合に応じて効率的かつ正確に農薬を撒けるため、薬剤の量が少なくでき、コストダウンにもつながっている。

こうしたテクノロジーの活用は、水産業や林業においても生じている。流通業界でも、今ではスマートフォンで郵便物や宅配便の追跡、再配達の依頼が可能となっている。すべての荷物にコードが付与され、それが現在どこにいるか、どの処理まで終わっているかが ICT によって可視化されている。流通業界のシステム化に留まらず、このデータが市民に新しいサービスとして開示され提供されて、生活の利便性の向上に寄与しているのである。

世界的には人口爆発による問題が懸念されている一方で、日本では急速な少子高齢化による人口減少社会を迎えている。少子高齢化そのものは、先進国では珍しくない傾向ではあるものの、それが世界でもっとも早く訪れるのが我が国である。今までの社会構造では無理が生じることは自明である。

今後は、ロボットや AI の実用化によって、単純労働を中心に現在存在する多くの職業が影響を受けると言われている。労働者に求められる能力に変化が生じ、創造性や協調性が必

要な業務や非定型な業務が仕事の中心になることが予想されている。人手不足とテクノロジーの発達を前提として就労構造の変化が大きくなっていく。民間ではもはや終身雇用は崩壊している。一方で、上記に例示したように、市民へのサービスはスマートフォンの普及によって簡便かつ高度化しており、従来のやり方が淘汰されつつある。

さて、このような時代を支えることになる子供たちに、学校は必要な教育を施しているだろうか。多忙で過酷な学校現場とはいえ、現段階では公立学校の教員は終身雇用で身分保障されている。雇用の安定によって、社会の変化に学校教育を合わせていく必要性を見失いがちになっていないだろうか。

### 1.3 ◆ これからの学校教育の役割

学校教育の役割は、社会に出てから必要になる知識・技能を、多様な集団の中で発達段階に合わせながら身に付けさせることである。これまで説明してきたように社会が変わっていくのであるから、学校教育は当然変わるべき段階にある。

2020 年度から新しい学習指導要領が全面実施となっている。今回の学習指導要領は、先々の変化の激しい社会、価値観の多様化した社会、高度に情報化や国際化した社会において、人口減少の中でも持続可能な社会の実現を目指すことが強く意識されている。

「GIGA スクール構想」によって合計 4,610 億円もの巨額の補正予算が措置され、児童生徒 1 人 1 台の情報端末が行き渡るようにすることも、新しい時代を支える子供たちの教育を施すことと無関係ではない。学校で学ぶ道具として情報端末を用い、情報活用能力を高め、それを発揮しながら各教科の学習を深めていくような学習活動が求められている。押し寄せる多様な問題を解決できる能力の育成を目指して、毎時間の授業を問題の設定と解決と捉える目線を育て、情報端末を用いて多様なリソースにあたり、友達と対話・協働しながら学ぶ経験をさせ、自己の知識・技能の更新を意識させることが求められている。これらは、いずれ変化の速い社会に出て行くすべての児童生徒に対して必要な経験なのである。そのような学習活動には、さまざまなリソースにアクセスすることが不可欠であり、必要な情報を共有したり再利用したりすることや、必要に応じてプレゼンテーションするような機会が多く生じる。だから 1 人 1 台の情報端末が必要な

である。

なお、情報端末そのものに注目が集まりがちであるが、何百台もの情報端末が頻繁にインターネットに接続し、クラウドに情報転送をし、動画などを視聴したりすることを保障するような高速ネットワークの確保が同時に極めて重要なこととなる。おそらく現状の 100 倍から 1,000 倍の速度が必要である。これらの ICT 環境整備は、自治体と教育委員会の役割である。

## 2 ◆ 学校のICT環境の整備の遅延は致命傷となる

### 2.1 ◆ 学校のICT環境は児童生徒の学習環境であり 教師の職場環境である

2019 年 6 月 28 日に「学校教育の情報化の推進に関する法律」が公布され、即日施行となった。この法律の制定により、今後、学校教育における ICT 環境整備は格段に進むこととなる。

整備の次は活用、そして能力育成である。1 人 1 台情報端末の整備の結果によって児童生徒に身に付く情報活用能力は、学習場面における十分な ICT 活用経験によってこそもたらされる能力である。情報活用能力の育成には時間がかかることから、デジタルと体験学習などの従来の指導をどのように適切に組み合わせて学習指導を進めるか、それを何年生のどの教科等で行うかというカリキュラム・マネジメントの課題と考えることができる。

さらに今後は、学力調査や資格試験、いずれは入試までもコンピュータ使用型テスト（CBT：Computer Based Testing）化の推進が検討されている。もちろん、教員養成や教員研修までにまたがる課題でもある。

人口減少社会に突入して久しい我が国において、民間企業などでは早くから ICT やネットワークをふんだんに用いることができるよう投資して社員の働き方を改善し、有能な人材がパフォーマンスを発揮しやすい職場環境を整備していた。コストを下げ、在宅勤務が可能とするためのペーパーレス化を進めた。働く人々のスキルと働きやすい職場のマッチングも進み、人生 100 年時代を迎えた今、人生の各ステージにふさわしい職場で軽重を付けた働き方が実現するよう努力してきた。

これに対して学校では、必要な ICT すら導入が遅れ、職場環境としては劣悪なまま、児童生徒や保護者の多様化に人力

で対応しながら教師は疲弊し、有能な人材は学校現場を避けて私立学校や民間企業に向かう始末となっている。紙中心の職務は、情報の再利用が行いにくく非効率であるだけでなく、ペーパーレス社会にも逆行している。なにより、情報化が進展しない職場環境で仕事をするのが常態化してしまうことにより、他業種との情報交換に支障を来しており、保護者からはなぜ今どき、まだ欠席連絡がメールでできず電話や連絡帳なのか、学校の Web サイトはなぜ必要な情報すらオンタイムで公開されないのかという苦情が出ている。民間企業からは、学校にさまざまな形で支援をしようにも、メールやオンライン会議でやりとりできないので効率が悪く、スピード感が合わないと評価されてしまっている。

学校の ICT 環境整備は、児童生徒の学習環境の問題だけでなく、教師の職場環境としての問題として浮上しているのである。首長、教育長など、学校教育の設置者のリーダー層の考え方や、学校管理職の対外的な意識について、抜本的な転換が必要となっている。

### 2.2 ◆ オンライン授業が実施できなかったことの意味

新型コロナウイルス感染症の流行により、令和 2 年 2 月 29 日に安倍晋三総理大臣から、全国すべての小学校、中学校、高等学校、特別支援学校の臨時休業が要請されるという緊急事態を迎えたことは記憶に新しい。

要請後の休業期間中には、いわゆるオンライン授業ができた学校と、ICT 環境が十分に整っていないなどの理由でそれができない学校の児童生徒の間には、教育機会の格差が見られ、マスコミなどでは「ICT 環境整備が教育の質に影響を与えているのではないか」と指摘する報道も見られた。

コロナウイルスによる学校の休業中、もちろん現場の教師たちは、子供たちの学びを止めないために涙ぐましい努力を続けていた。なかには、プリントを大量に印刷し、学級の全家庭のポストに投函し、子供と直接接しないように離れたところから電話で確認する例もあった。

しかし、これらはオンラインで解決できることである。学校に ICT インフラが整っていれば、多くの子供たちとはオンラインで毎日のように会えたはずだし、子供たちの学びの状況を把握する教師の労力は少なく済んだはずである。オンラインでつなぐことができない家庭や、兄弟が多いなどの理

由でオンライン授業への参加が難しい子供たちにこそ、学校が人手をかけるべきさまざまな対応が必要である。機材に留まらないさまざまな課題が横たわるからである。そこに注力するためにも、オンラインでつながることができる家庭を少しでも増やしていくことは、今後想定される第2波、第3波に対応するためにも重要なことであった。

ところが、一斉休校がスタートして3カ月近く経っても、オンライン授業を始められない地域が少なくなかった。文部科学省による2020年7月18日付公表の調査結果によれば、同時双方向型オンライン指導ができたのは小学校の8%、中学校の10%に留まっていた。

スマートフォンで家族とテレビ電話ができるこの時代に、しかもコロナ禍の危機的な状況の中にあって、日本の学校教育ではほとんどオンライン授業が実施されなかったということは、公教育に対する壮絶な絶望感を生じさせてしまった。

オンライン授業が実施されなかった理由は多様である。通信環境がない家庭があるから不公平になるという理由、特定の学校だけで実施することは教育の不平等になるなど、過剰な横並び意識が最たるものであった。学校の機材を家庭に貸与することが想定されていなかった。学校から複数の教員が同時に配信しようとした場合のネットワークの帯域が保障されていなかった。YouTubeすら見られないという過剰なフィルタリングが設定されていたケースもあった。

災害などの緊急時には学校は避難所にもなる。地域の拠点となる公的施設である学校に、このような環境すら用意できていなかったという衝撃の事実が可視化されたのである。各自治体には早急な改善が求められる。オンライン授業が実施されないことで学校が落とした保護者や市民の信頼、想定外の場合にはうまくいかなくても挑戦してみるという児童生徒の経験の損失など、同時に可視化された問題も多くある。

第2波・第3波の想定だけでなく、激甚災害も増えている昨今、「学びを止めない」環境整備のための思い切った予算措置と、学校の創意工夫に任せるような「横並び意識からの積極的な脱却」が求められる。

### 3 ◆ 未来に向けたこれからの学校教育

文部科学省は、小学校学習指導要領の全面実施が始まる

2020年4月に向けて、2019年12月に『教育の情報化に関する手引』を発行した。その後、2019年12月のGIGAスクール構想やその前倒しなどによるICT環境整備などの情報が追加され、2020年6月に追補版<sup>\*2</sup>が発行されている。

この手引には、第1章に社会的背景の変化と教育の情報化として、Society 5.0をはじめとする政府全体の今後の我が国の情報化における教育の情報化の重要性が示されている。その後は、第2章は情報活用能力の育成、第3章はプログラミング教育の推進、第4章には教科等の指導におけるICTの活用、第5章は校務の情報化の推進というように、教育の情報化の各分野について概説されている。第6章は教師に求められるICT活用指導力等の向上、第7章は学校におけるICT環境整備、第8章には学校及びその設置者等における教育の情報化に関する推進体制が整理されている。

『教育の情報化に関する手引』は、各自治体がICT環境整備や人材確保などをする際の根拠となる政策文書としてこれまでも活用されてきた。今回、GIGAスクール構想などの最新の動向も含めて改訂されたため、今後しばらくはこれが学校現場の情報化のバイブルとなる。

ここでは、紙幅の関係もあり、手引において極めて重要な用語である情報活用能力の育成について解説する。

#### 3.1 ◆ PISA2018に見る我が国の教育の情報化の大幅な遅延

学習指導要領には、小学校・中学校・高等学校のそれぞれの総則において「コンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段を活用するために必要な環境を整え、これらを適切に活用した学習活動の充実を図る」こと、「各種の統計資料や新聞、視聴覚教材や教育機器などの教材・教具の適切な活用を図ること」と記述されている。学習指導要領において想定しているICT環境の各自治体による整備が必要であり、ICTなどを用いることによって得られるさまざまな資料などの十分な活用が想定されていることがわかる。しかし、自治体毎のICT環境整備には大きな格差が生じている。

2019年12月に公表された経済協力開発機構（OECD）による『生徒の学習到達度調査（PISA）』<sup>\*3</sup>におけるICT活用調査の結果によれば、我が国は、学校の授業（国語、数学、理科）におけるデジタル機器（スマートフォンなどを含む）



の利用時間が短く、OECD加盟国中最下位であった。また、「コンピュータを使って宿題をする」「学校の勉強のために、インターネット上のサイトを見る」「関連資料を見つけるために、授業の後にインターネットを閲覧する」など授業外のICT活用頻度もOECD加盟国中最下位であった。一方、「ネット上でチャットをする」「1人用ゲームで遊ぶ」頻度の高い生徒の割合が高く、かつその増加の程度が著しいことも明らかになった。

すなわち我が国の児童生徒は、ICTを遊びの道具としては極めて多く活用しているものの、ICTを学習の道具として活用する経験はOECD諸国と比較して極めて少ないということである。これは、我が国のICT環境整備の遅れが、児童生徒の情報活用能力の大幅な不足につながっており、PISAで求められるような実用的な学力に影響を与え始めたことを示唆している。

### 3.2 ◆ 求められる情報活用能力の確実な育成

GIGA スクール構想は、このような実態を背景に、2020年4月から全面実施となった学習指導要領を想定し、我が国の教育の情報化を諸外国並みにしようという施策である。単に情報端末の数を増やすという話ではない。

小学校学習指導要領の総則には、「学習の基盤となる資質・能力」の1つに情報活用能力を位置付けている。ここでいう「学習の基盤となる」というのは、各教科等で育成する資質・能力を、教科等の枠を超えて「基盤」として支える資質・能力があるということを意味する。「基盤」という言葉が示すように、各教科等の学習においてベースとなって機能するということである。そこに情報活用能力が位置付いているのである。

情報活用能力とは、児童生徒がICTを適切に操作できるとともに留まらず、ICTなどから得られた情報を適切かつ効果的に活用する能力である。「主体的・対話的で深い学び」の視点からの授業改善で期待される学習活動では、児童生徒がさまざまな情報を取り扱い、得た情報を読解し、必要に応じてそれらをICTで収集したり保存したり再加工したりプレゼンテーションしたりといったシーンが想定されるが、このようなシーンで児童生徒が用いる資質・能力は、各教科等での学びの成果のみならず、情報及びICTを適切かつ効果的に活用する情報活用能力であり、それが発揮されてこそ「主体的・

対話的で深い学び」の視点からの授業改善が成立しやすくなるということである。情報活用能力が、児童生徒の各教科等でのダイナミックな学びを支える基盤として作用する。

学習指導要領におけるこの考え方を踏まえれば、効果がある場面でICTを活用するという限定的なICT活用ではなく、ICTをいつでも活用することによって児童生徒の情報活用能力を高め、身に付いた情報活用能力が基盤として機能することによって各教科等の授業場面でICTが効果的に用いられるということになる。このようにICT活用のパラダイムが転換することが求められているのである。

### 3.3 ◆ 近未来に備えるためのプログラミング教育

小学校学習指導要領の総則には、プログラミング教育に関して「児童がプログラミングを体験しながら、コンピュータに意図した処理を行わせるために必要な論理的思考力を身に付けるための学習活動」を意図的・計画的に実施することが定められている。これは、情報活用の一部をコンピュータに自動実施させるための手順を考える能力を育成するものであり、AIやロボットと共存していく社会における情報活用能力の育成の一端となるものである。

学習指導要領に示されているように、求めている能力は一般的な論理的思考力ではなく、「コンピュータに意図した処理を行わせるために必要な」論理的思考力である。これをコンピュータでのプログラミング体験無しに児童に実感させることはあり得ないことから、「児童がプログラミングを体験しながら」という文言が提示されているのである。

学習指導要領には、これからの時代を支える次の世代の育成を見越した記述がたくさんある。これらの記述を表面的に捉えることなく、真の意義を常に考えながら学習指導にあたること、そのためのICT環境整備が十全になされることがなにより重要であることを記してペンを置くこととする。❖

#### 参考文献

\*1 総務省『情報通信白書（令和元年版）』2019.7

\*2 文部科学省『教育の情報化に関する手引（追補版）』2020.6

\*3 国立教育政策研究所『OECD 生徒の学習到達度調査（PISA）』2019.12

# プログラミング教育から プログラミングを通じた学びへ

東京工業大学 科学技術創成研究院 研究員

森 秀樹 / もり ひでき

企業でのソフトウェア開発、マサチューセッツ工科大学メディアラボ客員研究員、大阪大学大学院人間科学研究科助教、東京工業大学教育革新センター准教授などを経て現職。コンピュータを活用したものづくりと学びについて2000年より実践研究を続けている。2019年に株式会社まなびとものづくり（東工大発ベンチャー認定第103号）を創業。博士（人間科学）。



## ▶ 1 はじめに

2020年度から全国の小学校でプログラミング教育が実施された。本稿では、小学校プログラミング教育で使われることの多いScratch（スクラッチ）を開発したマサチューセッツ工科大学の研究を振り返ることを通じて、小学校プログラミング教育の可能性を再考したい。特にプログラミングを通じた子供たちの学びについて考えたい。

私自身、1998年から2000年までマサチューセッツ工科大学（MIT）メディアラボで客員研究員として活動する機会を得た。当時在籍していたセガの会長であった大川功氏の個人寄付でMITメディアラボに、未来の子供たちのための研究センター「Isao Okawa Center for Future Children」が設立されることとなり、MITメディアラボとの共同プロジェクト立ち上げを担当として赴くことになった。

Scratchは開発される前であったが、1998年にレゴマインドストームとして商品化されたProgrammable Bricks（プログラマブルブリックス）や、その小型版でProgrammable Bricksと同様に接続したモーターやセンサーをプログラム制御できるCricket（クリケット）、教育用プログラミング言語Logo（ロゴ）をブロック型コマンドの組み合わせでプログラミングできるようにしたLogoBlocks（ロゴブロックス）など、子供のためのツールが研究されていた。もちろんこれらはMITメディアラボの研究の一部で、メディアに関わる基礎研究からヒューマンコンピュータインターフェース、メディアアートなど応用研究まで多種多様な研究が行われていた。ウェアラブルコンピュータ（身に付けるコンピュータ）を開発し、自

ら装着しながら日々生活をしている研究者、動物が使うことができるメディア開発を目指して、オウムと共に研究に励む研究者など、日々のMITメディアラボで目にする風景は私にとって、どれもが刺激的であった。「デモか死か」と表現されるMITメディアラボの研究の根底にあるのは、アイデアを頭の中に留めずに形にすることである。アイデアを形にするためのさまざまなツールや材料があり、時間を忘れて作業に集中し、時にほかの研究者と自由に協働できるMITメディアラボの環境は、研究環境としてだけでなく、理想的な学習環境でもあると強く感じた。

2001年に日本に戻り、京都けいはんなでセガを含むCSKグループの社会貢献活動として子供向けワークショッププロジェクト「CAMP」を立ち上げた。CAMPでは、CricketやScratchなど、MITメディアラボが開発したツールを使ったワークショップを企画し実施した。時間の制約があるワークショップではあるが、小さなMITメディアラボのような環境づくりを



図1 MITメディアラボ ライフロンギンダーガーテングループ

することを目標に取り組んできた。2008 年に CAMP を離れた後も、Cricket や Scratch を使った小学校でのプログラミングやデジタルものづくり授業実践、科学館などでワークショップ実践を通じた教育実践研究を続けている。次に MIT メディアラボの中で Scratch がどのように開発されたのかを振り返りたい。

## ▶ 2 Scratchの開発背景

Scratch の研究を遡ると、半世紀以上前の 1960 年代に、MIT のシーモア・パパート (Seymour Papert) らによって開発された Logo (ロゴ) にたどり着く。当時は、今日あるようなパソコン (パーソナルコンピュータ) はまだ存在せず、コンピュータそのものを、これからの社会でどのように活用できるか、さまざまな分野で研究されていた。教育でのコンピュータの活用も、ほかの分野と同様に、それまで人間が行ってきたことをコンピュータに代えることが研究の中心であった。しかし、パパートらの発想は全く違うものであった。コンピュータを教師の代わりにし、コンピュータが子供に教えるのではなく、子供がコンピュータに教える (プログラミングする) ことを通じて学ぶというものであった\*<sup>1</sup>。

Logo を使って子供たちは、床に置かれた亀型ロボットを自分の思い通りの動きになるように、プログラムで制御する。一度で思った通りに動かせることは難しい。しかし、思った通りに動かないときが子供にとっては絶好の学びの機会となる。思い通りの動きにするためには、どのようにプログラムを変更していけばいいか繰り返し試していく。この試行錯誤の中での気づきや過程そのものが子供にとっての学びになる。やがて画面上で亀型のアイコンをプログラムで動かすことができる Logo が開発され、学校へのパソコンの導入が進む中、1980 年代から 90 年代にかけて米国や日本をはじめ世界中の多くの小学校に Logo や Basic が導入された。小学校でのプログラミング教育は、2020 年に始まったのではなく、この時期から行われていたことを今一度確認しておきたい。

しかし残念ながら、これら初期の小学校プログラミング教育は継続的な取り組みにはならなかった。その原因について、Scratch を開発した MIT メディアラボのミッチェル・レズニック (Mitchel Resnick) は以下のように振り返っている。

- ・初期のプログラミング言語は難しすぎて、多くの子供たちは文法を習得することができず、結果として使いこなすことができなかった。
- ・プログラミング教育は、線や図形を描く、計算をするなど、子供たちの興味とは直接結びつかない活動とともに導入された。
- ・プログラミングがうまくいかなかった際には適切な助言を与え、うまくいった際にさらに深い探究を促すような授業の進め方がなされなかった。

(Resnick et al. (2009)\*<sup>2</sup>を元に著者訳)

これらの反省から、Scratch は開発された。Scratch は文法の間違いを気にせずプログラミングできるように、ブロック型のコマンドを使ってプログラミングする。また図形を描くだけでなく、多様な作品づくりができるようにつくられている。Scratch ウェブサイトでのチュートリアル の充実や共有された作品へのコメント機能などを活用して助言を受けることができる。しかし授業やワークショップで適切な助言をするには、依然として教師やファシリテーターの力量に委ねられる部分が大きいと言える。

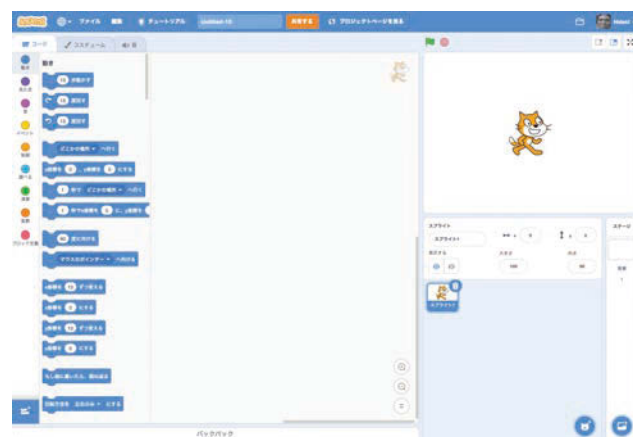


図 2 Scratch

Logo の開発を経て、パパートらはその背景にある教育学習理論をコンストラクショニズム (Constructionism) としてまとめた。コンストラクショニズムは、パパート自身が共同研究者であったジャン・ピアジェ (Jean Piaget) の構成主義 (Constructivism) に影響を受けている。知識は与えられるものではなく、能動的に学習するものであるという構成主義から、コンストラクショニズムでは、ものをつくることを通じた能動的な知識の構成へと発展させている。ものをつくるこ



との中での試行錯誤を通じた発見や気づきと考えると、コンストラクショニズムは私たちにとって経験的にわかりやすい。もう一つ、コンストラクショニズムの中で強調されていることは、単なるものづくりではなく、自分にとって意味を持つことができるもの、すなわち有意義なもの（Personally Meaningful Artifact）をつくることである。コンストラクショニズムでは、コンピュータのプログラムだけではなく、コンピュータは全く関係のない砂でつくるお城や言葉で表現する詩など、どんなものづくりでも構わないが、つくり手にとって有意義なものづくりである必要性を挙げている<sup>\*3</sup>。

現代の子供たちは、おもちゃから家電製品まで、身の回りのあらゆるものにコンピュータが埋め込まれ、プログラムで制御されたものに囲まれて育っている。プログラミングを「コンピュータとプログラムで動くものをつくる」とと捉えれば、プログラミングは多くの子供たちにとって意味を持ちやすい活動となることは容易に想像できる。また、その場で何度でも試めすことができるプログラミングは、子供たちが試行錯誤しやすい活動でもある。これらの点からも、数多あるものづくりの手段の中で、プログラミングが最も子供たちのものづくりを通じた学びに適している手段の一つであることは疑う余地がない。

Scratchを開発したレズニックは、コンストラクショニズムを背景に、自らの研究コンセプトをライフロングキンダーガーテン（Lifelong Kindergarten）と表現している。日本語にすれば、「一生涯続く幼稚園」である。幼稚園で子供たちが行っているさまざまな創作や表現活動を通じて行っている能動的で協同的な学びを、学びの本質と捉え、テクノロジーを活用することで、本質的な学びを小学校入学以降も、そして一生涯続けていくことを目指している。レズニックは研究のキーワードとして、プレイフル（Playful：遊び心のある）とティンカリング（Tinkering：いじくりまわす）という言葉をよく用いる。この2つの言葉はScratchにも埋め込まれており、子供たちが遊び心を持っていじくりまわしたくなるようにScratchはデザインされている。またScratchは、子供たちそれぞれが意味を持った作品づくりができるように、多様な作品をつくることができるようにデザインされている。

### ▶ 3 プログラミングの可能性

ScratchやCricketを小学校授業で使う場合、簡単な説明をするだけで、子供たちは自分でさまざまなコマンドや機能を試しながら探究していくようすを目のあたりにする。「こんなふうにしたら、こんなことができた!」と笑顔で教えてくれる子供たちのようすを見る度に、Scratchが、子供たちがプレイフルに、ティンカリングするためにデザインされたツールであることを再確認させられる。同時に、これらのツールを授業で使う場合に、私自身が難しいと感じる場面がある。それはクラス全員で同じ内容を実施する場合である。例えば、基本的なコマンドの使い方を知ってもらふ際などは、子供たち全員に同じ操作をしてもらいたい、ツールそのものがティンカリングしたくなる（いじくりまわしたくなる）ようにデザインされているために、子供が勝手に進めてしまうことがよくある。ただし、あまりに一つ一つやることを強制してしまうと、「子供がプログラミングしている」のではなく、私が「子供をプログラミングしている」のではないかと心配になってしまうこともある。そのため、プログラミングとプログラム実行のために、最低限必要なことだけを説明し、子供たちが発見したことを、クラスのほかの子供たちに紹介してもらふなど、こちらから教えることを限定して授業を進めるようにしている。



図3 Cricket

2002年から10年間、奈良女子大学附属小学校の杉澤学教諭と一緒にScratchやCricketを使った授業実践を行った。子供たちの授業を通じた学びについて、作品やノート記述、アンケートから確認していくと、プログラミングに関する基本的な知識や概念の獲得、興味・関心の向上だけでなく、子供

たちの学びは多様であったことがわかった（森・杉澤・張・前迫 2011）<sup>\*4</sup>。活動を通じた気づきや発見として、プログラミングそのものについて挙げる子供もいれば、ある子供は作品のデザインについて、また別の子供は作品をつくる過程で失敗した場合にどう対応すべきかを挙げるなど、多岐にわたっていた。つまり、子供たちの学びは、個々が興味を持って取り組んだプログラミングやものづくりによるものであり、さらにはプログラミングやものづくりの活動の中でそれぞれが興味を持った内容によるものである。プログラミング教育のもう一つの可能性は、個別の学びの機会提供であると考えている。

パパートは理想の学びのコミュニティとして、ブラジルのサンバスクールを紹介している。サンバスクールはカーニバルのために、年齢も踊りのスキルも経験も異なる参加者が集まり、誰かに誰かが教えるのではなく、熟達者も初心者もともに踊りながら学ぶ。教室で Logo を用いる場合、教師がサンバスクールでの熟達者のように振る舞うことを理想として挙げている<sup>\*1</sup>。サンバスクールでの学びは、自然発生的に現れた個別の学びであり、それは個々に分断されたものではなく、コミュニティの中で有機的に結びついた学びでもある。パパートはカーニバルが社会的、文化的意味を共有できる活動だからこそ、サンバスクールのような学びのコミュニティが生まれるのであり、その意味で人工的につくられた Logo の限界についても触れている。プログラミングも子供、教師、さらには保護者が社会的、文化的意味を共有できる活動となるときに、教室は個別の学びの場から、学びのコミュニティへと拡大していくのではないだろうか。

## ▶ 4 プログラミングを通じた個別の学びのために

これからの時代を生きる子供たちにとって、コンピュータのしくみを理解するため、プログラミング教育は重要である。プログラミングを学んだ子供たちがやがて大人になり、新しいコンピュータの活用だけでなく、新しいコンピュータをつくりだしていくのであろう。プログラミング的思考やコンピューショナルシンキング（Computational Thinking: 計算論的思考）を育むためにも、子供たちへのプログラミング教育は大事である。それに加えて、子供たちに個別の学びの機会を提

供するためにも、プログラミング教育は重要ではないだろうか。この場合、プログラミング教育というよりも、プログラミングを通じた学びと表現したほうがいいかもしれない。一斉指導だけでなく、アクティブラーニングの取り組みを進める学校にとって、また講義映像の配信で一方的になりがちなコロナ禍のオンライン授業においても、プログラミングは子供たちが能動的に、個々の興味に応じた多様な学びの機会となるはずである。

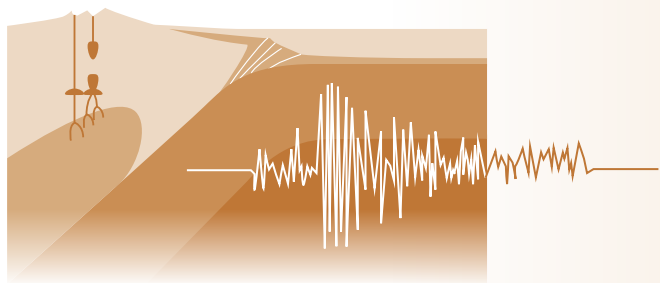
最後に、プログラミングを個別の学びにするための方法の一つを紹介したい。それは活動を振り返り、次の活動へとつなげていく循環サイクルを授業やワークショップに組み込むことである。日本におけるワークショップの第一人者である上田信行は、「つくる」「かたる」「ふりかえる」という活動のサイクルを持たせることを提唱している<sup>\*5</sup>。レズニックは、クリエイティブラーニングスパイラル（Creative Learning Spiral：創造的な学びの循環）として、「想像する（imagine）」「つくる（Create）」「遊ぶ（Play）」「共有する（Share）」「振り返る（Reflect）」活動の循環を挙げている<sup>\*6</sup>。奈良女子大学附属小学校での授業でも、杉澤教諭がほかの授業でも取り組んでいるように、子供たちが授業の冒頭で自身の活動の目当てを考え、プログラミングやものづくり活動の後に、子供たちが活動の中での発見や気づきを発表することで他者と共有し、さらに活動を振り返ることで、個別の学びが深まっていった。ぜひ授業やワークショップで、子供たちとプログラミングに取り組む際には、このような活動のサイクルを取り入れてみていただきたい。



### 参考・引用文献

- \*1 Papert, S. (1980) Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas. Basic Books, New York
- \*2 Resnick, M. et al. (2009) Programming for All, Communications of the ACM, 52 (11), pp.60-67
- \*3 Kafai, Y. and Resnick, M. (1996) “Constructionism in Practice: Designing, Thinking, and Learning in A Digital World”, LEA
- \*4 森秀樹, 杉澤学, 張海, 前迫孝憲 (2011) 『Scratch を用いた小学校プログラミング授業の実践～小学生を対象としたプログラミング教育の再考～』, 日本教育工学会論文誌 34 (4), pp.387-394
- \*5 上田信行 (2005) 『経験のパブリッシング』『国立民族学博物館を活用した異文化理解教育のプログラム開発』国立民族学博物館調査報告
- \*6 Resnick, M. (2017) Lifelong Kindergarten: Cultivating Creativity through Projects, Passions, Peers, and Play. MIT Press.

## 第3回

日本の地震分布から  
見えること

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」

## 日本の地震分布

連載の第1回で世界の地震分布図を取り上げ、日本は地球上でもっとも地震リスクが高い地域の一つであることを紹介しました。今回は日本付近の地震の分布図から、地震の特徴（図4A～Dに分類される）を探ってみましょう。

## A：深発地震

図1は日本付近で発生した地震の震央分布図です。震源の深さによりマークの色と形が違ってきます。

## Q 深さ500 km以上の地震（黒い\*マーク）はどこで起きているか？

これは図1(a)を注意深く見ればわかります。北海道の西、日本海のほぼ西端のあたり、そして関東の南、伊豆・小笠原海溝の西側だけです。図1(b)は図1(a)の四角形内で発生した地震の分布をA-B断面で表したものです。注目している震源の深い地震（黒い\*）は海溝から斜めに続く面上に位置していることがわかります。それでは、伊豆・小笠原海溝の西側の深い地震（黒い\*）はどうでしょうか？ こちらも海溝を示す青い線から赤→茶→黄→青→黒と順に深い地震が分布しています。このように海溝から斜めに続く地震の多発する面を**深発地震面**あるいは**和達<sup>わだち</sup>-ベニオフ帯**と呼んでいます（図4A）。

深さ100 km以上で発生するこれらの地震は、海溝から沈み込むプレートの内部で発生している地震で**深発地震**と呼ばれて

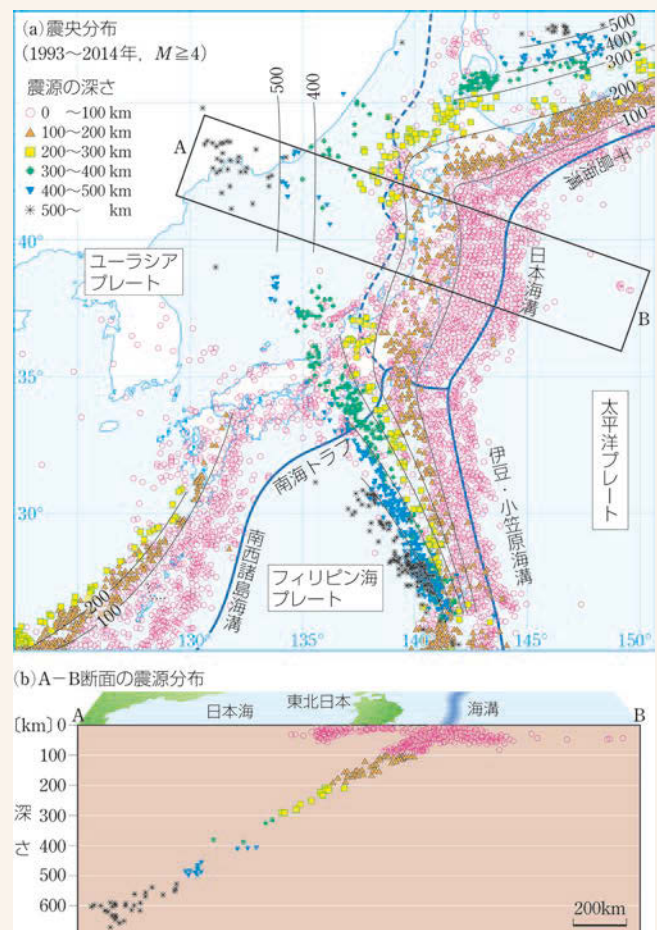


図1 日本の地震分布 『地学基礎 改訂版』（啓林館）より引用

います。なお、このような地震の分布に最初に気がついたのは、



日本の和達清夫で1927年のことでした（ちなみに、和達さんは私の勤務校である開成の出身で初代の気象庁長官を務めました）。アメリカのペニオフもほぼ同時期に発見しており、2人の名前が付けられました。当時はプレートの沈み込みは知られておらず、このような分布が何を意味しているのかはわかっていませんでした。図2は世界の地震分布図ですが、深さ100km以上で発生する深発地震は黒い点で示されています。これらの地震は深発地震面上で発生しており、深発地震の分布からプレートの沈み込みが起きている場所を知ることができます。

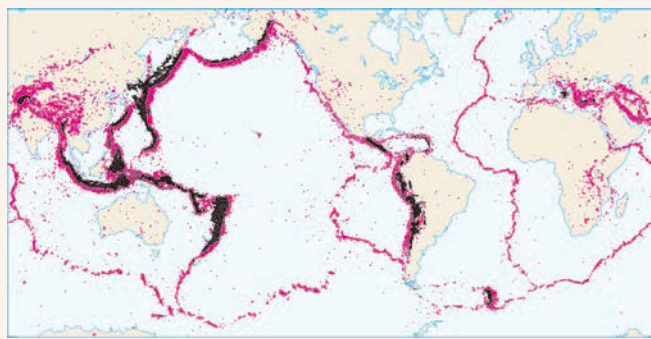


図2 世界の地震分布 黒い点は深さ100km以上の地震。『地学改訂版』（啓林館）より引用

図3は防災科学技術研究所が提供している日本付近の三次元震源分布図です（「Hinetic 三次元震源分布」で検索）。マウスでドラッグすることで視点の変更が可能です。沈み込んだプレートのようすを見ることができます。例えば先ほど注目した伊豆・小笠原海溝の西（白矢印）では太平洋プレートが急角度で沈み込んでいるのがわかります。是非ご自分で操作してみてください。何か新しい発見があるかもしれません。

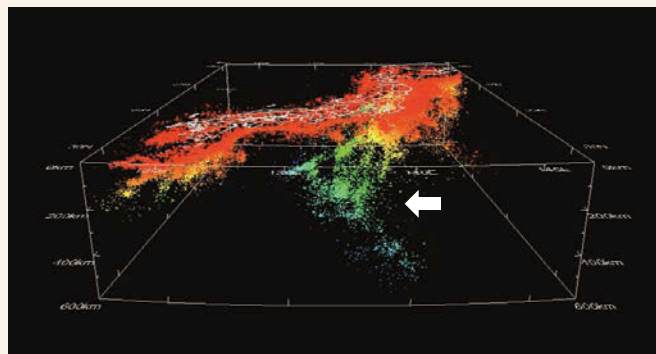


図3 三次元震源分布 防災科学技術研究所 Web サイトより引用

## Q 深さ100kmより浅い地震（赤い○マーク）はどこで起きているか？

図1(a)を見れば太平洋側で多く発生しているのが目立ち

ます（図4B）。しかしよく見ると、日本列島の陸地部分や日本海側でも発生しています（図4C）。さらに、海溝の海側でも発生しています（図4D）。

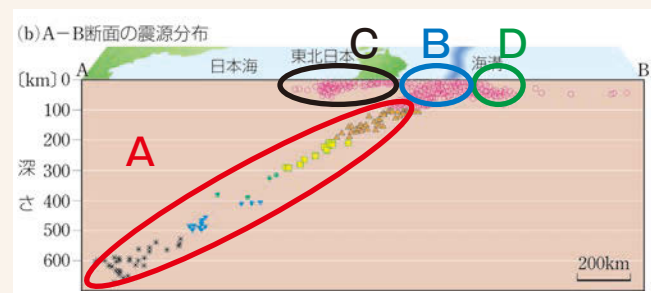


図4 地震の分類

## B: プレート境界地震

これは連載の第1回で説明したプレートの沈み込み境界で発生する地震で、**海溝型地震**、**プレート境界地震**と呼ばれるものです。マグニチュード8クラスの地震が100年前後の周期で繰り返し発生します。2011年の東北地方太平洋沖地震（M9.0）がこのタイプです。海域で発生するので**津波**を伴うことがあります。

## C: プレート内地震

日本列島の比較的浅い所（深さ数10km以内）で地震が発生するのは、海洋プレートの沈み込みにより、陸側のプレートに圧縮する力が働くためです。図4では図の左右の方向に短縮するような圧縮力が働きます。岩石に力が働くと歪みが生じ、限界に達すると破壊が起こります。これが地震の発生です。

## Q 岩石の破壊はどこで起こるか？

岩石にヒビや割れ目があれば、そこで破壊が起こることは容易に想像できます。具体的には過去にずれ動いた断層が再度活動することが多いわけです。**活断層**という言葉聞いたことがあると思います。これは「数十万年以内に活動したことがあり、今後も活動する可能性が高い断層」と定義されています。プレートの動きは数十万年程度では変わらないので、同じ方向に力が働き続け、同じ断層が繰り返し活動する可能性が高いと考えられるわけです。

図5には日本列島の活断層（赤線）の分布が示されています。場所により多い少ないはありますが、ほぼ日本中にあると考えてよいでしょう。

1995年に発生した兵庫県南部地震は、淡路島にある野島断層という活断層が活動して発生したM7.3の地震でした。震

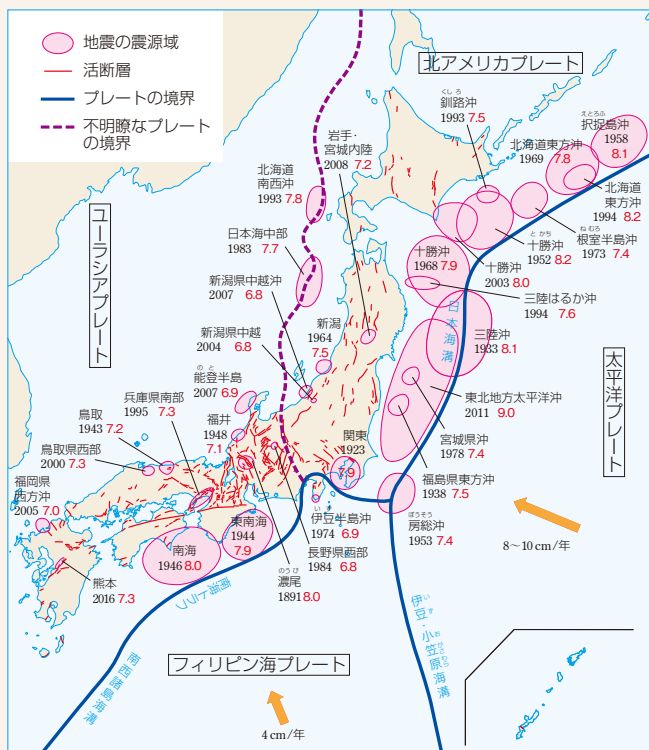


図5 日本付近のおもな地震の震源域と活断層『地学基礎 改訂版』(啓林館)より引用

源も浅く、淡路島の北部や神戸では震度7を記録し、非常に大きな被害が発生しました。このような地震を防災上の観点から直下型地震と呼ぶこともあります。活動の間隔は数百年～数万年にわたり、海溝型地震ほどはっきりした周期性が見られない場合が多いようです。

## Q 活断層はすべて見えているのか？

図5で活断層が分布していない所には活断層はないのか、という話です。残念ですが、すべての活断層が見えているわけではありません。活断層は直線的な段差地形などで把握されますが、震源が深い地震では地表に全く段差ができない場合もありますし、段差ができて堆積や侵食、あるいは人工的な地形の改変でわからなくなってしまう場合もあります。活断層があれば、その近くは地震リスクが高いと言えますが、活断層がない(見えていない)場合も地震リスクがゼロというわけではないということは認識しておく必要があります。

## D: アウターライズ地震

図4のDは海溝の海側で起こる地震です。海洋プレートが沈み込むときにたわむため、プレート上面で引き延ばすような力が働き正断層型の地震が発生します。海域で発生するので津波を引き起こす場合があります。

## 日本の地震リスク

図6は、防災科学技術研究所(国立の研究機関)が提供する地震リスクの評価図(J-SHIS Map)です。30年以内に震度6弱以上の地震が起こる確率を見積もっており、おもに海溝型地震(B)と活断層による地震(C)について、最後に活動した時期と発生周期から30年以内に活動する確率を計算しています。またその地震の震度分布を想定し、地盤も考慮してこの図は作成されています。太平洋側のエビ茶色の部分は26%以上と確率が高くなっていますが、これは南海トラフ沿いの海溝型地震の発生確率が高く見積もられている影響です。[JSHIS]で検索し、よかったら自宅や職場などの地震リスクを確認してみてください。



図6 地震リスクの評価図 防災科学技術研究所 Web サイトより引用

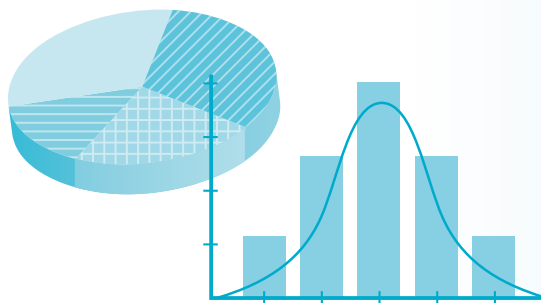
## J-SHIS Map の注意点

「こんな精度でわかるのか」と思われる方もいるかもしれませんが、あくまでも周期性を想定して確率を計算したものだということに注意すべきでしょう。活断層は把握されていないものもあり、また活動の周期性の見積もりも難しいのが実情です。この地図で発生確率が低いとされている場所でも把握されていない活断層が突然活動し、震度7の揺れに見舞われる可能性はあるわけです。

「日本はどこにいたって地震が来るときは来る」ということを聞くことがあります。これはある意味正しいのですが、どこでも地震リスクが同じかというとそんなことはありません。リスクゼロの場所はありませんが、低い場所があります。個人として、国として、地震リスクの低減を思考停止することなく、考えていきたいものです。



## 第6回 時系列データの 変動成分



慶應義塾大学大学院 健康マネジメント研究科  
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を経て、2012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。日本学術会議連携会員、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。

### 新型コロナ感染者数の推移を表す時系列グラフ

新型コロナウイルス、感染第2波はピークアウトし収束に向かっているのか、テレビのニュースは連日、検査を介しての感染者数の推移を表す時系列グラフの形を追いながら、第2波の脅威に対して、今日の感染者数は昨日より増えた、減ったと報道を繰り返しています。果たして、このような見方で、本当に、感染者数増減の傾向が読み取れるのでしょうか。

図1は、厚生労働省が公表している検査陽性者数の日別の時系列グラフです。厳密には、感染者数を正しく把握することはできず、検査で陽性であった人数のみが統計数字として計測されます。そのため、陽性者数を代替変数として感染者数の状況を捉えています。また、図2は同様に、世界の感染者数の日別の推移を表す時系列グラフです。

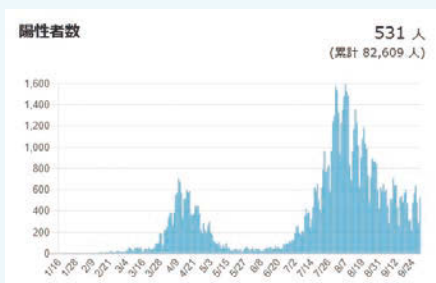


図1 新型コロナウイルスの感染動向概況(全国)

<https://www.mhlw.go.jp/stf/covid-19/kokunainohasseijoukyou.html>  
2020年10月1日閲覧



図2 新型コロナウイルスの感染動向概況(世界)

<https://coronavirus.jhu.edu/map.html>

2020年10月1日閲覧

2つの時系列グラフをよく見比べてみると、大きな山のうねりの傾向とは別に、どちらのグラフにも、一定の周期（間隔）で繰り返し出てくる小さな上げ下げの同じパターンがあることに気がつくでしょう。これは、一週間間隔で出てくる曜日特性を示した曜日変動です。これは一般に、時系列データの成分でいうところの季節変動に当たるものです。検査陽性者数はそもそも検査をしないと出てこない数なので、土曜や日曜日は検査機関が休みになるところが多く、そのため、検査絶対量が平日に比べて少なくなります。検査日とその結果が出るまでの時間差も考慮すると、日曜日や月曜日は、検査陽性者数が少なく、週の後半は検査陽性者数が比較的多くなるなど、一週間の中で決まった相対的な高低が見られるのはこのためです。そして、このような明らかな曜日変動がある場合に、月



曜日に前日より大きく下回ったや、日曜日、月曜日の2日連続で、何人を下回ったなどの表現は、意味がないことになります。

時系列グラフが表す数の推移から適切に傾向を捉え、将来を予測するためには、時系列データの変動を構成する基本的な成分を知っておく必要があります。今回は、そのための勉強をしてみましょう。

## 時系列データを構成する4つの成分-TCSI

時系列データとは、月単位での売上の記録や日経平均株価の日別終値の変動など、時間軸上で等間隔に観測されるデータ系列を言います(図3)。データは、一般に、年(四半期、月、日、時間)別のようには時点に対応して記録されていきます。時系列データの分析では、特に時間系列に沿ってデータの変動の特徴を分析します。そのため、時系列データで全体の平均を計算してもそれほど重要な情報が得られるわけではありません。むしろ、変化の推移がどのような要因で生じているかが重要な課題となります。そこで、時系列グラフや時系列の構成要素を知っておくことが基本となってきます。



図3 時系列データと時系列グラフ

時系列グラフでは、横軸に時点変化を示す時間軸、縦軸に分析対象としている生の変数値(原系列データ)や指数、成長率などの変数の値を対応させ、それらの値の時間軸上における変化のパターンを解釈します。グラフの種類としては、棒か折れ線のいずれかが使用されます。

原系列データ(original; O)は一般に次の4つの変動成分の合成であると考えることができます。

- 傾向変動(トレンドtrend; T) 上昇もしくは下降などの比較的単調な長期的傾向を指し、単純な数学関数(直線や指数曲線など)で表現することで、予測に使用されます。
- 循環変動(サイクルcyclical; C) 傾向変動(トレンド)の

まわりで上下する、周期(間隔)が定まっていない循環的変動を指し、景気の山と谷などの変動が対応します。周期が決まっている次の季節変動とは区別します。

- 季節変動(seasonal; S) 固定した周期(間隔)で規則的なパターンで繰り返される変動を指します。経済指標の時系列データの場合、1年を周期に季節によって左右される変動が多く、そのため季節変動という名称が使用されます。月別データの場合は12か月(12時点)、四半期別データの場合は4半期(4時点)の間隔の周期となります。ただし、1年でなくても、日別データや時間別データなどで現れる、同じサイクルで繰り返される曜日変動や昼夜間時間帯変動のような固定的な変動も、周期が決まっているので季節変動と考え、同様な処理手順を適用します。

- 不規則変動(irregular; I) 上記以外の説明がつかない突発的な変動や毎時点で生じる不規則かつ短期間の上下の小さな変動を指し、後者は特にランダムノイズと言われ、その平均値(期待値)は0と考えます。

図4は、複雑な変動を示す原系列データ(O)が、4つの成分の合成であることを表しています。それぞれの成分の特徴を図から確認してみてください。

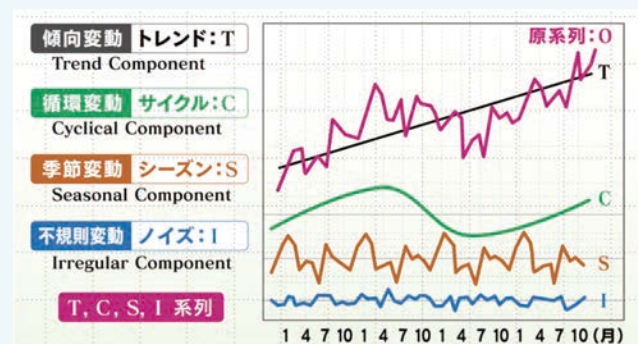


図4 時系列データの変動を構成する成分

新型コロナウイルス感染者数の推移以外にも、売上高の推移など、私たちの身の回りにたくさんの時系列データの推移グラフがあります。これらのグラフを見て、適切に傾向を読み取ることが求められますが、その場合は、上記の4つの成分をT,C,S,I系列の順に着目して、特徴を述べていくことになります。例えば、図5はA社とB社の売上高の推移を月別に見たものですが、A社は、特別のトレンドがなく、横ばい傾向、また、季節変動もないこと、ただし、10月と3月に突発的なピークが

あり、何らかの外的要因が考えられることがわかります。一方、B社は、右肩上がりの上昇トレンドがあり、11月を底、8月をピークとする1年周期の季節変動があることが読み取れます。季節変動があれば、それが、例えば、11月は年平均の—300万円、8月は年平均の+500万円というような固定的な振れ幅で上下する**加法型の季節変動**なのか、または、11月は年平均の—30%減、8月は年平均の+25%増というような、季節性が増減率または指数で表される**乗法型の季節変動**なのかを判断し、具体的に各月の特性値を推計する必要があります。ここで、B社の売上高の推移の季節変動は、売上高の水準が上がるにつれて、その振幅の幅が大きくなっていることから、典型的な乗法型の季節変動であると言えます。



図5 時系列データの読み方

## 季節調整と移動平均

図6は、景気動向の把握の指標でもある全国百貨店の月別売上額の総額の推移です。原データの系列には明らかな季節変動があります。季節変動のため、この間の売上額の推移のトレンドが読み難く、このような場合、先述したTCSI系列から季節変動の部分のみを除外した、いわゆる**季節調整済み系列**を作成し、トレンドの分析に使います。季節変動を除いた季節調整済み系列のグラフから、1992年を境に消費が落ち込んでいる傾向や不規則変動であるノイズの分散の大きさ、そして、外的要因である2箇所の消費税導入前後の駆け込み消費とその反動が読み取れます。

季節変動を取り除き時点前後のデータ値の比較を可能にするための季節調整の手法として簡単に誰でもできるものでは、月ごと、四半期ごと、曜日ごとに**層別してグラフを作成する**や**前年同期比**で見えていく、または、季節変動と同じ周期幅の**移動平均系列**を作成するなどの方法があります。図6左は、移動平均系列データの求め方を示しています。ある一定区間の

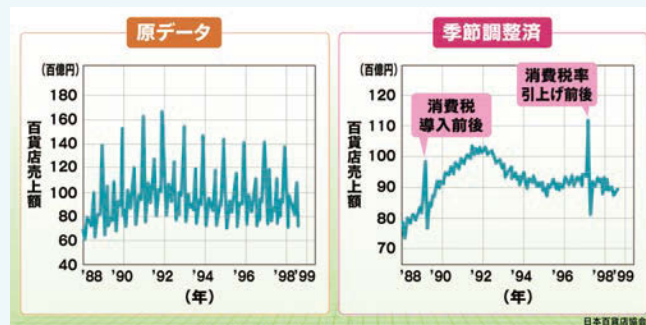


図6 原データと季節調整済みデータの比較

平均を取ることで+や-方向に付くランダムなノイズがキャンセルされ、その平均区間をずらすことで、原系列データ系列から不規則変動（ノイズ）が除去されたスムーズなデータができます（図7）。また、移動平均を取る区間幅を季節変動の周期の幅とすれば、不規則変動に加えて季節変動も除去され、おもに傾向変動（トレンド）のみのデータ系列（TC系列）になります。季節調整済系列はこれに不規則変動を戻し、純粹に季節変動のみを取り除いたTCI系列です。

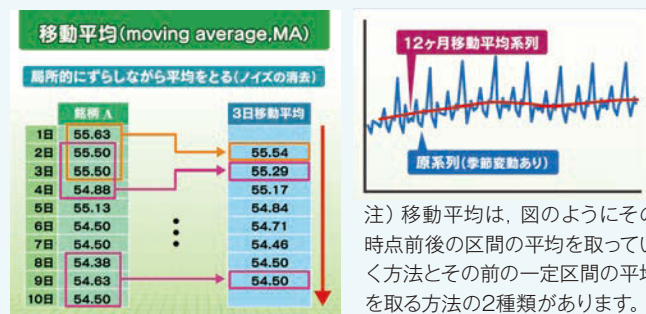


図7 移動平均と季節調整

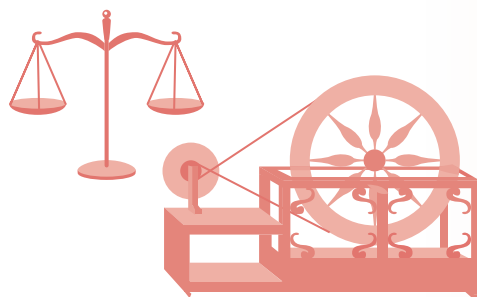
図8は、東京都が公表する8月から9月にかけての新型コロナウイルスの新規陽性者数の推移です。7日移動平均線が示されることで、この期間、上昇トレンドがピークアウトし、減少傾向に転じたことがわかります。



図8 東京都新規陽性者数の推移 集団感染発生や曜日による数値のばらつきにより、日々の結果が変動するため、こうしたばらつきを平準化し全体の傾向を見る趣旨から、過去7日間の移動平均値を折れ線グラフで示す。(東京都注釈)

<https://stopcovid19.metro.tokyo.lg.jp> 2020年10月1日閲覧

## 第6回 ボイルの法則とシャルルの法則



国立科学博物館理工学研究部  
研究員

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）。大学の非常勤講師などを経て、2013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、幅広い調査・研究活動を行っている。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）、『ビジュアル版 科学の歴史』（共同監修、ポプラ社）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。今回のテーマは、気体の圧力・体積・温度の関係です。

### 気体の体積と圧力

物理学の分野の一つに、「熱力学」というものがあります。文字どおり熱や温度に関わる分野ですが、もっとも基本となる事項は気体の性質です（実際にはもっと広くて深いのですが、ここでは立ち入りません）。今回は、その熱力学の初歩的法則を二つ取り上げて、理科の教科書での記述と、歴史上の原典を見ていきたいと思います。

まず小学校の理科から見ていくと、4年生で学習する単元として「とじこめた空気や水」があります。このうち空気に関する部分では、注射器などのピストンを使った実験の結果から、以下のことがわかと書かれています。

#### ◎小学校理科

とじこめた空気をおすと、空気はおしちぢめられて、体積が小さくなり、小さくなった空気は、もとの体積にもどろうとすることがわかる。

また、体積が小さくなるほど、もとにもどろうとする空気におし返されるときの手ごたえは、大きくなる。

この文章は、用語こそ出てこないものの、気体の体積と圧力の関係を述べています（圧力について学ぶのは中学校1年です）。そしてこの内容は、ずっと進んで高校物理になると、次のボイルの法則として再び登場します。

#### ◎高校物理

温度が一定のとき、一定質量の気体の体積  $V$  は圧力  $p$  に反比例する。

$$V = \frac{k_1}{p} \quad \text{または} \quad pV = k_1 \quad (k_1 \text{ は比例定数})$$

体積が圧力に反比例するということは、例えば体積が半分になると圧力は2倍になるということです。この関係自体は単純なので、中学生でも理解できるように思います。

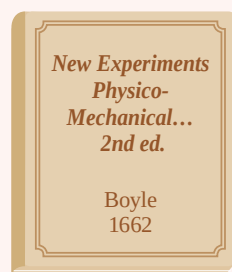
### ボイルの法則

この法則に名前を残しているロバート・ボイル（1627-1691）は、17世紀のイギリスを代表する科学者（当時の言い方では自然哲学者）です。特に化学史で有名で、それまでの元素の考え方を実験によって批判したことで知られます。

しかしボイルは化学以外の研究も行っていて、科学史で特に有名なものに、空気ポンプの実験があります。空気ポンプ



というのは、ガラスなどでできた容器から空気を抜く装置のことで、17世紀半ばに発明されました。ボイルは助手にこの装置を作らせてさまざまな実験を行い（または行わせ）、結果を本にまとめて1660年に出版しました。『空気のパネとその効果に関する自然学＝機械学的新実験』というのがそのタイトルです。「空気のパネ」というのは、押し縮められた空気が元に戻ろうとすることから、ボイルがつけた名前です。現在では、この性質は弾性と呼ばれます。



2年後、ボイルはこの本の第2版を出すときに、その間に寄せられた批判に答えるための長い付録を書きました。この付録が、ボイルの法則が初めて述べられた原典です。

ボイルはこの中で、ガラス管と水銀を使った実験を報告し、空気の体積とそれが支えることのできる水銀の重さ（＝空気の圧力）の関係を表にまとめています。この表には、実験結果の数値のほかに理論値とでも言うべき値が書かれていて、表の説明に次のようにあります。

圧力と広がり [=体積のこと] が反比例すると想定する仮説に従うと、圧力はこうなるはずである。

この注記が、ボイルの法則をもっとも明確に述べた箇所です（本文でもこれに当たることを言っていますが、ここですっきりした表現はありません）。現代の法則では温度が一定のときという条件が示されますが、ボイル自身はそれほど注意を払っていなかったようにも見えます。

また、ボイルはここで「仮説」と言っています。実は、空気の圧力と体積が反比例するのではないかということは、ほかの学者たちが既に述べていました。ボイルはそれを知っていて、自身の実験結果の解釈に利用したのです。今日の目で見ると、この法則にボイルの名前がついたのは、初めて実験的に確立して公表したからだということになると思います。

ここまで、ボイルの法則について見てきました。後半では、これとセットで出てくるもう一つの法則を取り上げます。

## 気体の温度と体積

再び小学校4年生の理科から始めましょう。この学年には、

熱力学に関わるもう一つの単位として「ものの温度と体積」があります。ここでは、空気と水と金属について、温めたり冷やしたりすると体積がどうなるかを学びます。簡単な実験から、温度が高くなると体積は大きくなり、温度が低くなると体積は小さくなることがわかります。

温度と体積の間には、具体的にどのような法則、あるいは量的関係が成り立つのでしょうか。これを学ぶのは、やはり高校の物理です。それが気体のシャルルの法則で、教科書では文章と数式を使って次のように書かれています。

### ◎高校物理

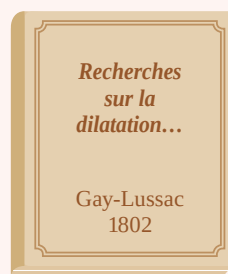
圧力が一定のとき、一定質量の気体の体積  $V$  は絶対温度  $T$  に比例する。

$$V = k_2 T \quad \text{または} \quad \frac{V}{T} = k_2 \quad (k_2 \text{ は比例定数})$$

つまり「体積は温度に比例する」ということですから、特に難しくないようにも思えます。ただし、ここに出てくる温度は私たちがふだん使っている摂氏温度（℃）ではなくて、絶対温度（K）と呼ばれるものです。小学校や中学校で説明するには、この点が難しいかもしれません。

## 「シャルルの法則」？

では、この法則の歴史を紐解いてみましょう。教科書などには、この法則の発見年が1787年と記されていることがあります。ところが、この年に出版された本や論文をいくら探しても、シャルルの法則は見つかりません。なぜでしょうか。



結論から言うと、「シャルルの法則」の原典は、フランスの科学者ゲーリュサック（1778-1850）が1802年に発表した論文『気体と蒸気の膨張についての研究』です。ゲーリュサックは、通常の大気（空気）だけでなく酸素、水素、窒素などの気体、さらには水溶性の気体でも実験を行い、次に記す二つの結論を得ました。

1. あらゆる気体とあらゆる蒸気は、気体の密度や溶解させる水の量にかかわらず、同じ温度の度合いの間で等しく膨張する。

2. 永久気体の場合、それぞれの気体が氷の融ける温度から水の沸騰する温度までの間で得る体積の増加は、80区分の温度計では当初の体積の $\frac{80}{213.33}$ であり、100度目盛りの温度計では $\frac{100}{266.66}$ である。

1 番目の結論は、同じだけ温度が上昇したときの膨張の仕方が気体の種類によらず等しいことを言っています。これは気体の大きな特徴で、例えば固体の金属では種類によって膨張の仕方が大きく違います。

次に 2 番目の結論ですが、「80 区分の温度計」というのは列氏（レオミュール）温度というもので、私たちが使っている摂氏（セルシウス）温度、つまり「100 度目盛りの温度計」とは別の温度の測り方です。摂氏では「氷の融ける温度」は  $0^{\circ}\text{C}$ 、「水の沸騰する温度」は  $100^{\circ}\text{C}$  です。

そこでゲー＝リュサックの結論を書き直してみると、「それぞれの気体が  $0^{\circ}\text{C}$  から  $100^{\circ}\text{C}$  になったときに得る体積の増加は、 $0^{\circ}\text{C}$  のときの体積の  $\frac{100}{266.66}$  である」となります。  $1^{\circ}\text{C}$  上がったときに増える体積はその 100 分の 1 で、つまり  $0^{\circ}\text{C}$  のときの体積の  $\frac{1}{266.66}$  です。この数値は現在のものと少し違って、今日では  $\frac{1}{273.15}$  とされています。

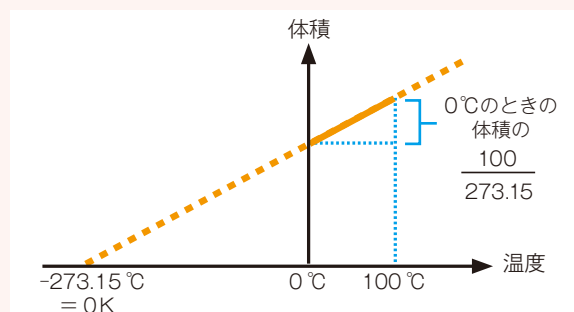


図 1 シャルルの法則

ゲー＝リュサックの論文には出てこないのですが、今の結論をグラフにすると、図 1 のような直線で表されます。この直線を低温側に伸ばしていくと、どこかで横軸とぶつかり、体積がゼロになるでしょう。このときの温度を新しく基準としてゼロ (0K) とすれば、体積と温度は正比例することになります。これがシャルルの法則です。同時に、このようにして定まる温度として、絶対温度が直感的に導入できます。

## ゲー＝リュサックとシャルルの関係

ここまで、ゲー＝リュサックの論文に出てくるシャルルの法

則を解説しました。ではなぜ、シャルルの名前がついているのでしょうか。実は、ゲー＝リュサックは論文の中で、次のように記しているのです。

さらに先に進む前に断っておかねばならないのだが、酸素、窒素、水素、二酸化炭素、および大気が「列氏」0度から80度までの間で等しく膨張することを私は何度も確認したのではあるけれども、シャルル氏は15年前からこれらの気体における同じ性質に気づいていたのである。しかしその結果は一度も出版されなかったため、私がそれを知ったのはまったくの偶然にすぎない。

この文章が、気体の熱膨張の法則をフランスの科学者シャルル(1746-1823) が最初に発見したという唯一の根拠になっています。そして「15 年前」というのを文字どおりに取れば、その発見は 1787 年になるわけです。

ただ、筆者の意見としては、上の引用を根拠にして「シャルルの法則」と呼ぶのはやや無理があるような印象を受けます。というのもゲー＝リュサックはこれに続けて、シャルルは水溶性の気体でも実験を試みたが、膨張の仕方が気体によって違うという結果を得たと書いているからです。さらにゲー＝リュサックは、シャルルの使った実験装置の問題点を指摘したうえで、次のように結論します。「したがって私には、これらの実験から気体の真の膨張を結論することはできないように思われる」——つまりゲー＝リュサックは、シャルルの実験結果を必ずしも評価していません。

今回取り上げた二つの法則、ボイルの法則とシャルルの法則は、どちらも気体の性質に関するもので、人名がついています。しかし、その人物と法則の関係は同じではありません。ボイルが体積と圧力の関係を示す実験結果を出版したことで名前を遺したのだとすれば、温度と体積の関係は「ゲー＝リュサックの法則」と呼ぶほうが適切であるように思います。法則には誰の名前をつけるのがふさわしいのか、読者の皆さんも考えてみてください。

### 原典についての参考情報

- Robert Boyle, *New Experiments Physico-Mechanical, Touching the Spring of the Air, and its Effects*, 2nd ed., 1662.
- Joseph-Louis Gay-Lussac, “Recherches sur la dilatation des gaz et des vapeurs,” *Annales de Chimie*, t. 43 (1802): 137-175.

教育に  
新しい風を

子供たちの不安に応える体制づくり  
— 学校運営協議会の取り組み —



宮崎公立大学・南九州大学 非常勤講師

田原 健二 / たはら けんじ

## ● 「市町村退職教育長会」の活動

本県では当時退職されていた市町村教育長さん方の発案で平成7年に「宮崎県市町村退職教育長会」が設立されています。

現在、会員 95 名、平均年齢 82 歳の高齢者の組織ですが、「本県教育の振興を願いつつ、会員相互の親睦を図り、親和、互助に努めること」（会則 3 条）を目的に年 1 回の総会（今年度は新型コロナウイルス感染拡大防止のため残念ながら中止）や各支部で研修会・懇親会を行っています。

現職当時は厳しかった印象の会員の方々も年々かなり‘丸く’なっていますが、研修意欲は旺盛でお互いの健康を気遣いながら「親和、互助」の活動に努めているところです。

私はそのような縁もあり、学校運営協議会制度について学校や教育委員会に関わりを持たせてもらっています。学校運営協議会制度については、国の第 3 期教育振興基本計画においても「すべての公立学校に設置」という目標が明示され、多くの実践例や研究報告がありますが、本県のユニークな取り組みの例をここで紹介したいと思います。

## ● 「S 未来探究所」の活動

S 中学校では生徒会が中心となって地域の社会福祉協議会やまちづくり推進委員会、公民館連合会、青少協など地域の多くの大人とともに「地域の課題を見いだし、具体的な対策を考え、実践し地域や社会に参画するシステムを構築し、今以上に住みよいコミュニティを創造する」ことを目的に「S 未来探究所」を創設しました。

「S 未来探究所」創設の意図を当時の校長先生は次のように述べておられます。「地域創生のターミナルとしての学校を具現化するためには、子供たちが S 地区のコミュニティの一員として地域の課題を自分ごととして考えていくことは必然である」と。

原則月 1 回の S 未来探究所での話し合いを重ねることで地域の「解決すべき課題」を 4 つに絞り、それぞれの「ミッション」、「アクション」を次のように整理し、活動を展開してきました。



| 課題               | ミッション(上)・アクション(下)             |
|------------------|-------------------------------|
| 思いやりを持つ          | S地区をきらきらに<br>S地区きらきらあいざつ運動    |
| 中学生と地域の人との交流     | 行事を企画し交流を深める<br>S地区対抗ワクワク駅伝大会 |
| 1人暮らしの高齢者の増加     | 高齢者の方々を元気づける<br>ふれあいサロンに参加    |
| あらゆる世代が触れ合う場所がない | 地域をつにつにする<br>数か月に1回集まる会を開催    |

以下は「ふれあいサロンに参加」で活動した生徒の感想文です。活動の様子がわかると思います。

「私は、このような交流をするのは初めてだったので最初は『大丈夫かな』、『うまくできるかな』と緊張していました。しかし、皆さん話しやすくてとても居心地が良かったです。来ていた方が『来てくれてうれしい』と言っていたのでこちらまで‘やりがい’も感じました。質問でお互いが知り合い、カルタとりでお互いの心を温め合い、ミニボウリングでもっと絆を深めるなどして、1時間半があっという間に終わってしまいました。私たち中学生のささいなことがきっかけにこんなに多くの人を笑顔にできたことはすごいと思い、この活動に私は誇りを持っています。学校だけでなく、これからも地域を巻き込んで楽しいイベントをつくっていったらいいと思いました。」

私もこの活動に参加しましたが、「人と人とがつながることを実感できる喜び」をその場にいた大人（高齢者）と生徒全員が感じていたと思います。コミュニティとは一人ひとりが主役として創造していくことではないかと改めて感じるとともに地域と学校の連携・協働の一つの在り方として中学校生徒会を核とした活動が有効であると確信したところです。

## ● 「中期基本方針」の承認

本県では、昨年度現在、学校運営協議会制度を県立学校5校、23%の市町村教委で公立小中学校132校が導入し、各教育委員会規則で「学校運営に関する基本的方針の承認」を学校運営協議会の権限として規定しています。

学校と地域との連携・協働には基本方針の共有が前提であり、「基本方針の承認」は学校運営協議会の重要な権限であると捉えられ、各学校管理規則で保障していますが、一方では「承認」と従来の「説明」との違いを模索しているという声もあります。

学校運営協議会制度を本県では先導的に、平成25年度から導入しているI中学校では、年度当初に基本方針を協議・承認し教育活動を展開するというスケジュールでは、学校運営協議会が「方針」の「追認機関」になりやすく、学校からの一方的な「学校説明」と変わらない、という反省から年度末の学校評価と同時期に次年度の基本計画について協議することとしました。

加えて、3年間の中期基本計画を策定し協議することとし、各年度当初は該当年度計画の協議という手続きをシステム化し、進められています。学校運営協議会のもつガバナンスの側面を重視し「承認」の権限を形骸化させないための工夫と言えますが、中期基本計画の概念の定着については課題もあるようです。

## ● 子供たちの不安に応える体制づくり

本県における学校運営協議会の二つの取り組みを紹介しましたが、コロナ禍の只中において、学校運営協議会制度は「人間関係保障」の有効なツールであると考えます。

今、勤務する大学でオンライン授業を体験しています。不慣れなシステムに試行錯誤していることを差し引いても、教室という空間で直接学生と触れ合いともに授業を創り上げていくという「雰囲気」が教育という営みの中でどれほど貴重なものなのかを実感しています。学校・学級は「学力保障」のみならず「人間関係保障」の場でもなければならぬと強く思います。

5月の地元新聞に「感染者の多い地域では、臨時休校が続いています。そのことを知って、私たちが学校に通えていることがどんなに幸せか、身をもって感じました」という中学生の作文が投稿されていました。

長い臨時休業は子供たちや保護者・地域の方々に学校や教職員という存在の持つ役割や意義の大きさを改めて浮き彫りにしたと思います。

一方、休業期間中の社会の大きな変化は学校再開後の子供たちの心身にさまざまな影響を及ぼすことが懸念されています。子供たちが学校において一人ひとりの悩みや不安に応えられる大人がたくさん存在することを実感できる体制づくり、地域とともにある学校づくりがより以上に望まれていると考えます。



仙台市立富沢中学校学校支援地域本部  
スーパーバイザー

新山 真理子 / にいやま まりこ

仙台市立富沢中学校 校長

土田 茂 / つちだ しげる

# サポーToかしわ

できる方が できるときに できる支援をしよう!

## 1 「サポーToかしわ」とは

「サポーToかしわ」は、平成21年度に設置されました。「できる方が できるときに できる支援をしよう!」をスローガンに、活動は11年目に入ります。柏の木が富沢中学校の校木であることから富沢中学校を支援する(サポーTo)地域の人たちの組織ということでこの名前が付けられました。

「学校の応援団」として、学校からのニーズを受け、生徒たちの学習・体験活動、ボランティア活動がより充実したものになるよう支援を進めています。地域の方々に見守られ触れ合うことは、生徒たちが地域や地元を見直すきっかけになり、将来地域を支える力となります。また、ボランティアとして支援して下さるサポーターの皆さんにとっては、多くの方とのつながりを広め深める場であり、自らの学習成果を生かす場でもあります。このような双方向の関係を生かしつつ、学校と地域がつながる支援を進めています。

## 2 多彩な学習支援, 学校支援

地域の人や学生ボランティアが以下のような生徒への学習支援やさまざまな体験学習支援、学校支援を行っています。

### 《年間の主な活動》

- 4月 健康診断の補助 集金補助
- 5月 土曜寺子屋開講 運動会支援 花いっぱい推進事業支援
- 6月 新<sup>ざるがわ</sup>策川清掃支援
- 9月 文化祭支援 地域防災訓練支援 新策川清掃支援  
1年読み聞かせ フラワーアレンジメント
- 10月 秋刀魚の三枚おろし
- 11月 保育実習送迎支援 職場体験学習支援 花いっぱい  
推進事業支援
- 12月 正月飾り制作
- 2月 茶道体験
- 3月 卒業式のフラワーアレンジメント 絵手紙体験

その中から一部を紹介します。

### 《正月飾り制作》

3年生の総合の時間にフラワーアーティストの先生をお迎えし、正月飾りの由来や花の生け方などの説明をいただき、3年生全員が正月飾りを作ります。サポーターは事前に講習を受け、当日に花材準備・片付け、生徒へはさみの使い方や花のアレンジのアドバイスなどを行います。



講師のお手伝いをするサポーター

### 《土曜寺子屋》

土曜寺子屋は、土曜日の午前にかかれていきます。生徒がそれぞれやりたいテキストを学校に持ち込んで勉強するという自主学習形式



学生サポーター

の勉強会で、学生サポーターはそれを支援します。年齢が近いこともあり、生徒たちの心強い味方となっています。生徒たちは家庭学習などでわからない数学や理科の問題などを学生サポーターにわかるまで質問して問題を解決していきます。学生サポーターは将来教員を目指す地元の大学生が多く、生徒に教えることで教師の仕事の一部を体験できます。また、学生サポーターの中には富沢中の卒業生もいます。

### 《秋刀魚の三枚おろし》

秋に、2学年の家庭科の授業で新鮮な秋刀魚を使ったつみれ汁の調理実習が行われます。地元の料理研究家の指導を受



生徒を見守るサポーター



け、2年生全員が三枚おろしを実習します。サポーターは生徒たちに危険がないよう見守りながら調理を助け、一緒に三枚おろしを体験します。保護者の方々もサポーターとして参加しており、「三枚おろしなど経験がなかったので役に立ちました」「今では我が家の献立の一つになっています」などの声があります。

#### 《茶道体験》

3年生の道德の時間に茶道体験学習を取り入れています。講師に裏千家の教授をお迎えし、お茶のたて方、いただく際の作法を教え



講師のお手伝いをするサポーター

ていただき、実際に生徒全員がたてます。サポーターはお茶碗やお菓子の用意を手伝います。サポーターからは「足のしびれを必死にたえて茶碗に向かう生徒の姿に感心しました」など生徒と会話しながら交流を深めています。

### 3 「借りた力は地域に返す」生徒の活動

生徒たちは、地域の方々の支援を受けるだけでなく、地域のイベントや環境美化にボランティアとして活躍しています。活動する中で、生徒たちは自分たちも地域の人たちに喜ばれ地域に貢献できているという自己有用感や自己肯定感を高めています。一部を紹介します。

#### 《新筑川清掃》

地域を流れる地元住民の憩いの場である新筑川清掃には毎年多くの生徒の参加があります。地域の人たちと一緒に火ばさみと



地域の方とゴミを回収する生徒

ゴミ袋を手に清掃を行います。この活動は町内会が中心となつて行ってきましたが、最近は子供から大人まで毎年恒例の行

事になっているため、地域の環境美化の意識が高まり、ごみの量が年々少なくなっています。

#### 《祭りの準備・手伝い》

毎年、夏や秋には町内会・区・市民センター・児童館などで祭りが行われています。生徒たちはテント、テーブル、いすの設



夏祭りで販売を手伝う生徒

置など、会場設営と片づけや水ヨーヨー作り、金魚すくいのボイ（網）作りなど出店の準備、そして、かき氷販売、綿菓子販売、スーパーボールすくいなどの手伝いをボランティアとして行っています。また、吹奏楽部、箏曲部、科学部などの文化部が日ごろの部活動の成果を祭りで披露し、催しを大いに盛り上げています。今では地域の祭りになくはならない存在となっています。

### 4 まとめ

「サポー To かしわ」は地域社会にある多彩な教育・学習資源を学校へ導入することを目的に、家庭・学校・地域の連携を進めています。また、地域住民らが自らの経験や知識を未来を担う子供たちの教育に生かすことによって、自己表現や自己実現を享受できる場にもなっています。生徒たちにとっては豊かな体験を広げたり地域の人々との交流によってコミュニケーション能力を高めたりする場となっています。

今後も「できる方が できるときに できる支援をしよう!」をスローガンに、地域にとっても生徒・保護者・学校にとっても、それぞれが心を通い合わせながら共に学び合う場となるような支援を継続していきたいと考えています。❖

#### ..... 編集後記 .....

ここ数年、毎年のように起こる自然災害、そして今年、世界的な規模で発生したコロナ禍の中、第一線で奮闘してくださる関係者の皆さまに心より感謝いたします。一刻も早く、平常の生活に戻れますように。

次号の特集は「数学と産業」がテーマです。





## メアリー・サマヴィル ～ヨーロッパで最も傑出した女性～

サイエンスナビゲーター® 桜井 進／さくらい すずむ

このすばらしいささやかな書籍を買い求めたとき、私は三十三歳でした。初めて『代数』という神秘的な語を見た日を振り返り、ほとんど希望もなく、耐えてきた長い年月を思うと、こんな宝を手に入れるなど、まるで夢のようでした。

本連載第2回「エイダ・ラブレス」に数学を教えたのがメアリー・サマヴィルである。メアリーは1780年12月26日、スコットランドのジェドバラに生まれた。数学者として知られるメアリーは幼少から数学を学び始めたわけではなかった。彼女の両親は特に英才教育を受けさせるどころかほとんど娘を放任していた。自然を愛したメアリーは牧歌的な生活を送った。おかげで10歳まで、本も読めなかった。エディンバラに短期間の引っ越しを契機に、彼女は算数、ピアノ、ラテン語を学ぶ機会を得た。再びもとの所へ戻るとこれらの学びは中断されてしまう。しかし十代半ばのメアリーの中に芽生えた向学心は途絶えることはなかった。

そんな中、偶然にメアリーは雑誌の中で数式を目撃する。同席していた友人がそれが代数であることを教えてくれた。初めての数学との出会いはメアリーを突き動かした。もっと知りたいと願う彼女は自宅の蔵書から調べ始めた。残念ながら目当ての本はなかった。メアリーは数学を知っていそうな知人を思い浮かべよう試みたが、誰もいなかった。

2つの偶然がメアリーを救う。彼女は絵画とダンスを習いにやられていた。絵画のレッスン中に校長がある生徒に遠近法については、ユークリッドの『原論』を学ぶとよいと助言するのを彼女は耳にした。今ならばすぐに手に入るところだが、当時は本屋に娘が数学の本を買いに行くことは許されないことだった。彼女の一番下の弟の家庭教師がメアリーの数学の実力を知ることとなり、『原論』をメアリーに持ってきてくれた。喜んだメアリーは『原論』の第1巻の定理から証明を始めた。その熱中ぶりに母親はメアリーのロウソクを取り上げ学習できないようにしたほどだった。果たして、彼女は第6巻まで終わらせた。

1804年、24歳のメアリーは結婚した。2人の息子を産んだが1人は幼くして亡くなった。1807年には夫も亡くし

た。生まれ故郷に戻ったメアリーは生まれて初めて夫の遺産のおかげで経済的にも自立し、心機一転、数学と天文学に取り組んだ。平面・球面三角法、円錐曲線、J・ファergusンの『天文学』をものにした。そんなメアリーに大きな転機がやってくる。1811年、31歳の彼女は雑誌『数学宝庫』の懸賞問題（ディオファントス方程式）に応募し当選を果たす。編集長に数学の研究を続けていきたいことを打ち明けたメアリーに編集長は有益な助言を行い、そのために必要な数学書を推薦してくれたのである。かくして三十三歳になったメアリーはやっとのことで自ら手に入れた数学書を抱きしめた。冒頭の言葉は続く。

それは決して絶望するなということを教えてくれました。私はもう学ぶ手段を持っていました。私はますます研究を続けました。（中略）私の行動は、多くの人々に、特に私の身内の何人かからは、ひどく批難されました。私は独立していたので彼らの批判は気にかけませんでした。1日の大部分、私は子供の世話をし、夜、研究しました。

1812年、32歳のメアリーは再婚した。外科医の夫はメアリーを理解し手伝ってくれた。ロンドンの家は英国王立科学研究所に近い所にあった。おかげでメアリーはフランスの数学者ピエール・ラプラスと知り合いになり天文学と微分積分学を論じ合った。

1826年、46歳のメアリーは王立学士院に論文『太陽スペクトルの紫外線の磁性の特性』を提出。最初の結婚の時から取りかかったので完成までに20年かかったことになる。これがきっかけでラプラスの『天体力学』（仏語）の英訳を頼まれ、1931年に刊行された。メアリーは当初英訳の仕事に不安を持っていた。大学にも行っておらず本も書いたことがなかったので無理もない。しかし、彼女は引き受けた。全身全霊の忍耐と能力と決意をひっさげ仕事を完遂した。メアリーの翻訳と注釈はわかりやすい語で書かれ、微分積分学を知らない人たちにも理解できる本となった。果たして、この本のおかげでラプラスが普及するとともにメアリー自身も有名になった。メアリーの著作は理論物理学者マクスウェルや数学者・天文学者アダムズらにも影響を与えた。

その後、メアリーには王立天文学会初の女性会員選出などいくつもの栄誉が与えられた。彼女には並外れたヴァイタリティと数学への意志があった。どんなに家族に理解されなくとも、どんなに子育てがたいへんであっても、輝かしい学歴がなくても、メアリーは自分のしたいことを91歳で亡くなる直前まで完遂し続けた。