

日本の理数科教育をサポートする

Rimse

Research Institute for Mathematics and Science Education

No.

32

October

2021

特集 「令和の日本型学校教育」の構築を目指して I



Contents

表紙裏

巻頭言

オープン性を活かした未来社会における算数・数学教育

広島大学大学院 人間社会科学研究科 教授・副研究科長 馬場 卓也

特集 「令和の日本型学校教育」の構築を目指して I

- 2 **I** 2020 年代を通じて実現すべき学校教育の姿とその方向性
～中央教育審議会『『令和の日本型学校教育』の構築を目指して(答申)』～
内閣官房内閣審議官(こども政策推進体制検討チーム) 蝦名 喜之
- 8 **II** 「個別最適な学び」と「協働的な学び」について
～学習指導要領の趣旨の実現に向けた「個別最適な学び」と「協働的な学び」
の一体的な充実について～
文部科学省初等中等教育局教育課程課教育課程企画室長 石田 有記
- 12 **III** GIGA スクール構想を推進する文部科学省の取り組み
文部科学省初等中等教育局情報教育・外国語教育課長/(併) 学びの先端
技術活用推進室長(併) GIGA StuDx 推進チームリーダー 板倉 寛

- 17 **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6回

台風の分布図から見えること

開成中学校・高等学校 教諭 有山 智雄

- 20 **連載** 統計の見方・読み方・使い方 第9回
仮説検定の考え方 III
～A/Bテストとカイ2乗検定～
立正大学 データサイエンス学部 教授 渡辺 美智子

- 23 **連載** 物理法則の科学史 第9回
エネルギー保存の法則(後編)
一橋大学大学院 言語社会研究科 准教授 有賀 暢迪

- 26 **教育に新しい風を**
「しま」という教育フィールド
長崎県立大学特任教授・学長補佐 本田 道明

- 28 **広場** 地域教育で活躍する人々 第31回
子たちに力を!
～子どもに寄り添った多様な支援の実現をめざして～
定特定非営利活動法人 教育活動総合サポートセンター理事長 前田 博明

裏表紙

知られざる女性数学者の素顔 第12回(最終回)

アマーリエ・エミー・ネーター

～数理科学へ絶大に貢献したネーターの定理～

サイエンスナビゲーター ⑥ 桜井 進

巻頭言

Kantougen



広島大学大学院
人間社会科学研究科 教授・副研究科長

馬場 卓也 / ばば たくや

1961 年大阪府生まれ。2003 年広島大学で博士(教育学)を取得。2010 年より広島大学教授。専門は数学教育、特に民族数学、価値観、問題解決、授業研究などを研究テーマとして取り組む。国際的に活動し、PISA(OECD 生徒の学習到達度調査)や TALIS(OECD 国際教員指導環境調査)などの委員を歴任。また国際協力プロジェクトの一環で、バングラデシュ、ザンビアなどの国々で数学教育開発の支援活動を牽引してきた。その功績が認められ、2020 年 10 月には JICA 理事長賞を受賞。

オープン性を活かした未来社会における算数・数学教育

最近気になっているものにオープンサイエンスという考え方がある。それは「デジタル技術や共同作業によって、科学的过程に取り組む新しい科学の形である」(European Commission, 2015)。コロナ禍で毎日目にするようになったグラフや表などは、科学的成果をわかりやすく市民に説明するためのもので、もはや私たちの生活の一部となっている。そのように考えると、科学のプロセスや成果について私たちが知る権利や責任が生じてくる。さらにオープンサイエンスには、苦労をして収集したデータを共有するオープンデータ、時間をかけて作ったプログラム・ソースを開示するオープンソース、執筆した研究論文を無料で公開するオープンアクセスなどが含まれている。

この考え方に注目するのは、数学がその本質でオープン性(Openness)を有しており、かつ算数・数学教育を通して上述のオープンサイエンスに貢献できると考えるからである。科学が社会に次々に取り込まれることで、便利さを享受できることはありがたい。しかし、ひとたびそれが間違った方向へ向かうとき、あるいは賛否が分かれるとき、市民も参加して冷静になって話し合うことが求められる。Bishop(1991)は、数学の持つオープン性を、オープンに話し合うこと、そしてそれを担保するための対人関係、社会制度が関係しているとしている。つまり隠さずに話し合いをすることを指すと同時に、それを担保する社会制度としての民主主義を指している。

そこには、数学の二つの側面—社会的側面と数学的側面—が見られる。本稿では、この二つの側面に注目しつつオープン性をキーワードに今後の算数・数学教育の課題と可能性について描いてみたい。

まず社会的側面である。未来はいろいろな可能性に対してオープンである。昨今盛んに言われる「持続可能な開発目標(SDGs)」は、多様な問題、参加者などを取り込み、世界が協働して解決することを指している。算数・数学教育の教科書を見ても、環境問題、エネルギー問題などSDGsに直結する問題も取り上げられつつある。その解決について教室で取り上げるには、ネットで情報検索、データ収集をすること、また代替案を出したり、議論したりすることが必要である。それらは、定まった公式に則って解くだけではないという意味で、解

決方法、取り上げ方法もオープン性を有している、と言える。これからの算数・数学教育を考えていく上で、問題の有する社会性、その問題解決が有する社会性を考慮に入れる必要があるだろう。

次に数学的側面である。算数・数学授業において解が一つに定まらないオープンエンドな問題はすでに取り上げられている。そこでは、問題解決の過程で出されるさまざまな解法や表現の中に、共通する数学的な性質—数学的構造—to注目している。それは問題及び解法が持つ数学的多様性・オープン性と言える。さらにそのような多様な解法や表現を教室で取り上げる方法も、日本の教室で多様に実践され、洗練されてきた。これらは取り上げ方のオープン性であり、オープンエンドアプローチ(島田,1977)と呼ばれる。このようにして洗練された算数・数学教育は、日本が世界に誇れるものとなっている。

ここで冒頭のオープンサイエンスに戻りたい。今後、科学の社会実装がより進むとき、社会と科学の関係、在り方も変わってくるだろう。特にエネルギー問題と環境問題など、異なる立場が多数見られる場合は、冷静な話し合いが不可欠である。社会全体の長期的な利益を考えると、科学者だけに任せるのではなく、市民として科学的过程に取り組む新しい形が求められてくる。そこでは科学や社会的課題を記述し、解決へ導くために数学の二つの側面—社会的側面と数学的側面—を融合した理論が必要になってくる。

私は、市民が科学的过程に参加したり共同で解決したりするために必要不可欠な能力—論理的に説明する、多様な考えを認める—to形成するうえで、算数・数学教育が重要な役割を果たすと考えている。算数・数学教育において、多様な考えを認めながらも、論理的に説明するには、計算問題や文章題などに留まらず、取り上げる問題の範囲を広げることが必要であろう。そこでどのような問題を取り上げるのか、その問題を取り上げることがどのような意味を持つのか、その問題解決は何を意味するのかなど検討し、10年後、20年後の市民に必要な能力の育成方法として体系化していくことを、今後の研究に期待したい。



「令和の日本型学校教育」の構築を目指して I

I 2020年代を通じて実現すべき学校教育の姿とその方向性 ～中央教育審議会「『令和の日本型学校教育』の構築を目指して（答申）」～

内閣官房内閣審議官（こども政策推進体制検討チーム）

蝦名 喜之 / えびな よしゆき

埼玉県出身。1990年文部省（現文部科学省）に入省。徳島県教育委員会義務教育課長、在仏日本大使館一等書記官、初等中等教育局幼児教育課長、高等教育局高等教育企画課長、大臣官房審議官（初等中等教育局担当）などを経て、2021年7月から現職。



1 ◆ はじめに

令和3年1月に、中央教育審議会において、「『令和の日本型学校教育』の構築を目指して～全ての子供たちの可能性を引き出す、個別最適な学びと、協働的な学びの実現～（答申）」（以下、「答申」という）が取りまとめられた。

本章では、検討の背景や経緯、そして答申において示されたこれからの学校教育が目指すべき方向性について、簡単に紹介する。本稿が、答申に関心を持っていただき、教育実践に生かすきっかけになれば幸いである。

2 ◆ 検討の背景・経緯

人工知能（AI）、ビッグデータ、Internet of Things（IoT）、ロボティクスなどの先端技術が高度化し、あらゆる産業や社会生活に取り入れられた Society5.0 時代の到来や、社会の在り方そのものがこれまでとは「非連続」と言えるほど劇的に変わる状況が生じつつあるなか、変化し続ける社会状況を見据え、初等中等教育の現状及び課題を踏まえてこれからの初等中等教育の在り方について総合的に検討するため、平成31年4月17日に開催された中央教育審議会総会において文部科学大臣から「新しい時代の初等中等教育の在り方」について諮問を行った。

諮問の主な内容は、①新時代に対応した義務教育の在り方、②新時代に対応した高等学校教育の在り方、③増加する外国

人児童生徒等への教育の在り方、④これからの時代に応じた教師の在り方や教育環境の整備等と多岐にわたる内容となっており、中央教育審議会初等中等教育分科会をはじめ、その下に設けられた「新しい時代の初等中等教育の在り方特別部会」を中心に、教育課程部会や教員養成部会など、関係する部会などにおいて、諮問全体について横断的に審議が進められた。

令和元年12月には、初等中等教育分科会において、これまでの審議を踏まえた「論点取りまとめ」が行われ、2020年代を通じて実現を目指す新しい時代を見据えた学校教育の姿として、多様な子供たちを誰一人取り残すことのない個別最適な学びの実現や、その学びを支えるための質の高い教育活動を実施可能とする環境の整備が示された。その上で、このような教育を実現していくために必要な方向性が示されるとともに、今後検討を行うべき論点がまとめられた。

この論点取りまとめを踏まえ、さらに議論を深めるべく、審議が進められる中、新型コロナウイルス感染症の拡大という危機に直面し、中央教育審議会としても会議の中止や延期を余儀なくされた。また、令和2年3月には、全国の学校で臨時休業の措置が取られ、長期にわたり、子供たちが学校に通えないという事態が生じた。この事態を受け、初等中等教育分科会及び新しい時代の初等中等教育の在り方特別部会では、オンラインで緊急会議が開催され、臨時休業などにより学校に登校できない子供たちへの支援と学校再開後の在り方について、メッセージがまとめられた。また、今般の新型

コロナウイルス感染症の拡大によって大きな注目が集まった遠隔・オンライン教育を含む ICT の活用についても集中的な議論が行われた。

令和 2 年 10 月 7 日には、関係部会などでの議論も踏まえ、初等中等教育分科会において、『令和の日本型学校教育』の構築を目指して（中間まとめ）」が取りまとめられた。その後、関係団体からのヒアリングの結果や、パブリック・コメントの結果も踏まえ、約 1 年 9 か月にわたる審議の結果、令和 3 年 1 月 26 日に『令和の日本型学校教育』の構築を目指して～全ての子供たちの可能性を引き出す、個別最適な学びと、協働的な学びの実現～（答申）」が取りまとめられた。

3 ◆ 答申の概要

答申では、Society5.0 時代の到来など、社会の在り方そのものが劇的に変わる社会状況を見据え、これからの初等中等教育の在り方について、第 I 部を総論、第 II 部を各論として、総合的に取りまとめられたものである。

第 I 部 総論は以下の全 5 章から構成されている。

1. 急激に変化する時代の中で育むべき資質・能力
2. 日本型学校教育の成り立ちと成果、直面する課題と新たな動きについて
3. 2020 年代を通じて実現すべき「令和の日本型学校教育」の姿
4. 「令和の日本型学校教育」の構築に向けた今後の方向性
5. 「令和の日本型学校教育」の構築に向けた ICT の活用に関する基本的な考え方

詳細については次節に示すが、2020 年代を通じて実現を目指す学校教育が「令和の日本型学校教育」とされ、すべての子供たちの可能性を引き出す、個別最適な学びと、協働的な学びを実現するため、これまでの学校教育が果たしてきた役割を重視・継承しつつ、必要な改革を進めていくべきとされている。

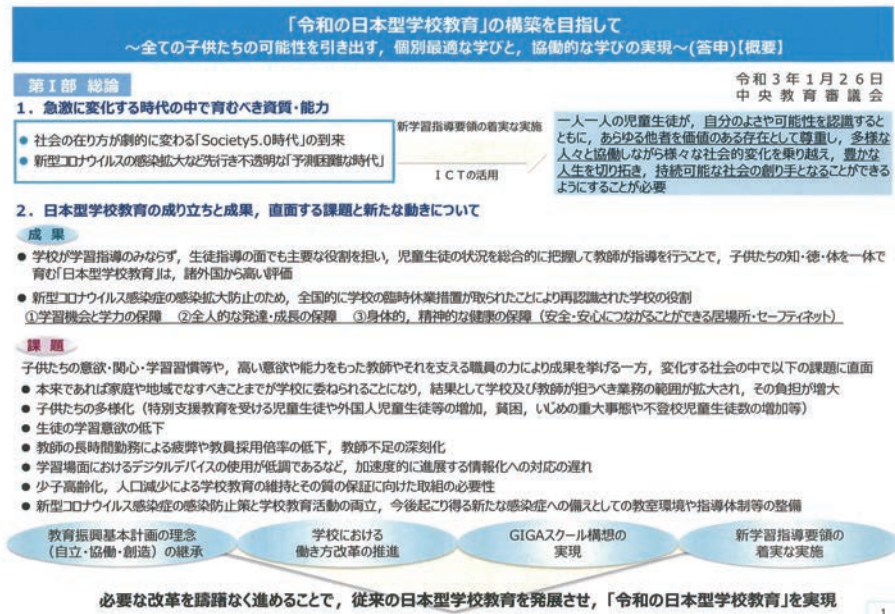


図 1 第 I 部 総論

さらに、「令和の日本型学校教育」の実現に向けて、ICT は基盤的なツールとして必要不可欠なものであり、これまでの実践と ICT とを最適に組み合わせることで、学校教育が抱えるさまざまな課題を解決し、教育の質の向上につなげていくこととされている（詳しくは第 6 節を参照のこと）。

また、総論を受けた第 II 部 各論は、全 9 章から構成されており、今後進めるべき具体的な取り組みが示されている。次節以降、第 I 部 総論を中心に、ポイントを絞ってその内容を紹介していくが、割愛した部分も多くあるため、ぜひ答申本文をお読みいただきたい。

4 ◆ 2020 年代を通じて実現すべき「令和の日本型学校教育」の姿

総論においては、まず、現在の学校教育を取り巻く社会の変化と、その中で育むべき資質・能力がまとめられた上で、「日本型学校教育」と言われる我が国の学校教育の成果と、変化する時代の中で直面する課題について整理された。

具体的には、急激に変化する時代の中で、我が国の学校教育には、一人一人の児童生徒が、自分のよさや可能性を認識するとともに、あらゆる他者を価値のある存在として尊重し、多様な人々と協働しながらさまざまな社会的変化を乗り越え、豊かな人生を切り拓き、持続可能な社会の創り手となることができるよう、その資質・能力を育成することが求められていると

3. 2020年代を通じて実現すべき「令和の日本型学校教育」の姿

①個別最適な学び（「個に応じた指導」（指導の個別化と学習の個性化）を学習者の視点から整理した概念）

- ◆新学習指導要領では、「個に応じた指導」を一層重視し、指導方法や指導体制の工夫改善により、「個に応じた指導」の充実を図るとともに、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えることが示されており、これらを適切に活用した学習活動の充実を図ることが必要
- ◆GIGAスクール構想の実現による新たなICT環境の活用、少人数によるきめ細かな指導体制の整備を進め、「個に応じた指導」を充実していくことが重要
- ◆その際、「主体的・対話的で深い学び」を実現し、学びの動機付けや幅広い資質・能力の育成に向けた効果的な取組を展開し、個々の家庭の経済事情等に左右されることなく、子供たちに必要な力を育む

指導の個別化

- 基礎的・基本的な知識・技能等を確実に習得させ、思考力・判断力・表現力等や、自ら学習を調整しながら粘り強く学習に取り組む態度等を育成するため、支援が必要な子供により重点的な指導を行うことなど効果的な指導を実現
- 特性や学習進度等に応じ、指導方法・教材等の柔軟な提供・設定を行う

学習の個性化

- 基礎的・基本的な知識・技能等や情報活用能力等の学習の基盤となる資質・能力等を土台として、子供の興味・関心等に応じ、一人一人に応じた学習活動や学習課題に取り組む機会を提供することで、子供自身が学習が最適となるよう調整する

- ◆「個別最適な学び」が進められるよう、これまで以上に子供の成長やつまづき、悩みなどの理解に努め、個々の興味・関心・意欲等を踏まえてきめ細かく指導・支援することや、子供が自らの学習の状況を把握し、主体的に学習を調整することができるよう促していくことが求められる
- ◆その際、ICTの活用により、学習履歴（スタディ・ログ）や生徒指導上のデータ、健康診断情報等を活用することや、教師の負担を軽減することが重要

それぞれの学びを一体的に充実し「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善につなげる

②協働的な学び

- ◆「個別最適な学び」が「孤立した学び」に陥らないよう、探究的な学習や体験活動等を通じ、子供同士で、あるいは多様な他者と協働しながら、他者を価値ある存在として尊重し、様々な社会的な変化を乗り越え、持続可能な社会の創り手となることができるよう、必要な資質・能力を育成する「協働的な学び」を充実することも重要
- ◆集団の中で個が埋没してしまうことのないよう、一人一人のよい点や可能性を生かすことで、異なる考え方が組み合わさり、よりよい学びを生み出す
- 知・徳・体を一体的に育むためには、教師と子供、子供同士の関わり合い、自分の感覚や行為を通して理解する実習・実験、地域社会での体験活動など、様々な場面でリアルな体験を通して学ぶことの重要性が、AI技術が高度に発達するSociety5.0時代にこそ一層高まる
- 同一学年・学級はもとより、異学年間の学びや、ICTの活用による空間的・時間的制約を超えた他の学校の子供等との学び合いも大切

のような学びの姿の実現を目指すと考えられた。なお、「個別最適な学び」と「協働的な学び」については、次章にて詳細にお示しすることとする。

①幼児教育

小学校との円滑な接続、質の評価を通じたPDCAサイクルの構築などにより、質の高い教育が提供され、身近な環境に主体的に関わりさまざまな活動を楽しむ中で達成感を味わいながら、全ての幼児が健やかに育つことができる。

②義務教育

新たなICT環境や先端技術の活用などによる学習の基盤となる資質・能力の確実な育成が行われるとともに、多様な

児童生徒一人一人の興味・関心などに応じ、意欲を高めやりた

いことを深められる学びが提供されている。また、学校ならではの児童生徒同士の学び合い、多様な他者と協働した探究的な学びなどを通じ、地域の構成員の一人や主権者としての意識が育まれている。

生涯を通じて心身共に健康な生活を送るために必要な資質・能力を育成するとともに、児童生徒の生活や学びにわたる課題（貧困、虐待など）が早期に発見され、全ての児童生徒が安全・安心に学ぶことができる。

図2 2020年代を通じて実現すべき「令和の日本型学校教育」の姿

されている。この資質・能力の育成に向けては、子供たちの知・徳・体を一体で育むこれまでの日本型学校教育の成果と、子供たちの多様化や教師の長時間勤務といった直面する課題を踏まえつつ、学校における働き方改革や、GIGA スクール構想の実現といった新たな動きも加速・充実させながら、新学習指導要領を着実に実施することが必要であるとされた。

その上で、2020年代を通じて実現を目指す学校教育が「令和の日本型学校教育」と名付けられ、その具体的な姿が「全ての子供たちの可能性を引き出す、個別最適な学びと、協働的な学びの実現」と描かれた。各学校においては、教科等の特質や児童生徒の実情を踏まえながら、「個別最適な学び」と「協働的な学び」を一体的に充実し、「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善につなげていくことが求められている。

以上を踏まえ、各学校段階における「子供の学び」、「教職員の姿」、「子供の学びや教職員を支える環境」について、「こうあってほしい」という願いを込め、目指すべき姿が具体的に示された。

(1) 子供の学び

「個別最適な学び」と「協働的な学び」の一体的な充実を図りつつ、以下の①～③

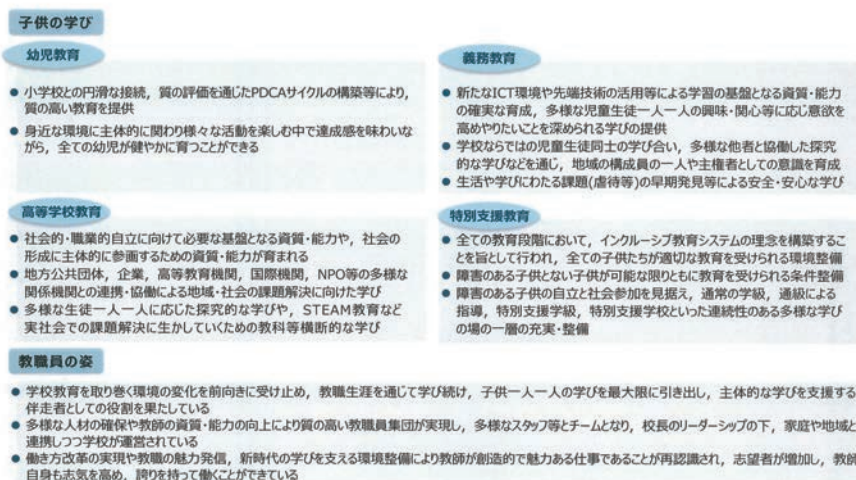


図3 子供の学び、教職員の姿、子供の学びや教職員を支える環境

③高等学校教育

社会的・職業的自立に向けて必要な基盤となる資質・能力や、社会の形成に主体的に参画するための資質・能力が身に付けられるよう、中等中等教育段階最後の教育機関として、高等教育機関や実社会との接続機能を果たしている。

そのなかで、各高等学校においては、特色・魅力ある教育活動が行われるとともに、地方公共団体、企業、高等教育機関、国際機関、NPOなどの多様な関係機関と連携・協働することによって地域・社会の抱える課題の解決に向けた学びが学校内外で行われ、高い学習意欲を持って学びに向かっている。

さらに、多様な生徒一人一人に応じた探究的な学びが実現されるとともに、STEAM教育など実社会での課題解決に生かしていくための教科等横断的な学びが提供されている。

④特別支援教育

全ての教育段階において、インクルーシブ教育システムの理念を構築することを旨として行われ、全ての子どもたちが適切な教育を受けられる環境が整備され、障害のある子どもといふことが可能な限りともに教育を受けられる条件整備が行われている。

また、障害のある子どもの自立と社会参加を見据え、一人一人の教育的ニーズに最も的確に応える指導を提供できるよう、通常の学級、通級による指導、特別支援学級、特別支援学校といった連続性のある多様な学びの場の一層の充実・整備がなされている。

⑤各学校段階を通じた学び

幼児教育から小学校、中学校、高等学校、大学・社会といった段階を通じ、一貫して自らの将来を見通し、社会の変化を踏まえながら、自己のキャリア形成と関連付けて学び続けている。

(2) 教職員の姿

実現すべき姿として、学校教育を取り巻く環境の変化を前向きに受け止め、教職生涯を通じて学び続け、子供一人一人の学びを最大限に引き出し、主体的な学びを支援する伴走者としての役割を果たしていることや、多様な人材の確保や教師の資質・能力の向上により質の高い教

職員集団が実現し、多様なスタッフなどとチームとなり、校長のリーダーシップの下、家庭や地域と連携しつつ学校が運営されていることが示された。

さらに、働き方改革の実現や教職の魅力発信、新時代の学びを支える環境整備により教師が創造的で魅力ある仕事であることが再認識され、志望者が増加し、教師自身も志気を高め、誇りを持って働くことができていることも、目指すべき教職員の姿として掲げられている。

(3) 子供の学びや教職員を支える環境

実現すべき環境として、小学校、中学校、高等学校段階における1人1台端末環境の実現、デジタル教科書等の先端技術や教育データを活用できる環境の整備、統合型校務支援システムの導入などにより、全国津々浦々の学校において指導・支援の充実、校務の効率化、教育政策の改善・充実などがなされていることが示された。

また、ICTの活用環境と少人数によるきめ細かな指導体制の整備、学校施設の整備などによる新しい時代の学びを支える学校教育の環境が整備されていることに加え、人口減少が加速する地域においても、小学校と中学校の連携、学校施設の複合化・共用化などの促進などを通じて、魅力的な教育環境が実現されていることも示された。

5 ◆ 「令和の日本型学校教育」の構築に向けた今後の方向性

4. 「令和の日本型学校教育」の構築に向けた今後の方向性

- ◆ 全ての子どもたちの知・徳・体を一体的に育むため、これまで日本型学校教育が果たしてきた、①学習機会と学力の保障、②社会の形成者としての全人的な発達・成長の保障、③安全安心な居場所・セーフティネットとしての身体的、精神的な健康の保障を学校教育の本質的な役割として重視し、継承していく
- ◆ 教職員定数、専門スタッフの拡充等の人的資源、ICT環境や学校施設の整備等の物的資源を十分に供給・支援することが国に求められる役割
- ◆ 学校だけでなく地域住民等と連携・協働し、学校と地域が相互にパートナーとして一体となって子どもたちの成長を支えていく
- ◆ 一斉授業が個別学習か、履修主義が修得主義か、デジタルかアナログか、遠隔・オンラインか対面・オフラインかといった「二選対立」の論議に陥らず、教育の質の向上のために、発達の段階や学習場面等により、どちらの良さも適切に組み合わせて生かしていく
- ◆ 教育政策のPDCAサイクルの重要な推進

全ての子どもたちの可能性を引き出す、個別最適な学びと、協働的な学びの実現のための改革の方向性

(1) 学校教育の質と多様性、包摂性を高め、教育の機会均等を果たする ● 子どもたちの資質・能力をより一層確実に育むため、基礎学力を保障してその才能を十分に伸ばし、社会性を育むことができるよう、学校教育の質を高める ● 学校に十分な人的配置を実現し、1人1台端末や先端技術を活用しつつ、多様化する子どもたちに対応した個別最適な学びを実現しながら、学校の多様性と包摂性を高める ● ICTの活用や関係機関との連携を含め、学校教育に馴染んでいない子どもに対して実質的に学びの機会を保障するとともに、地理的条件に関わらず、教育の質と機会均等を確保	(4) 履修主義・修得主義等を適切に組み合わせる ● 修得主義や課程主義は、個人の学習状況に資するため、新たな指導等に対する寛容さ等の特徴があるが、集団としての教育の在り方が問われる面は少ない ● 履修主義や年齢主義は、集団に対し、ある一定の期間をかけて共通に教育を行う性格を有し、一定の期間の中で、個々人の成長に必要な時間のかけ方を多様に許容し包含する一方、過度の同調性や画一性をもたらす可能性 ● 義務教育段階においては、進級や卒業の要件としては年齢主義を基本としつつも、教育課程の履修を判断する基準としては履修主義と修得主義の考え方を適切に組み合わせ、「個別最適な学び」及び「協働的な学び」上の関係も踏まえて、それぞれの長所を取り入れる ● 高等学校教育においては、その特質を踏まえた教育課程の在り方を検討 ● これまで以上に多様性を尊重し、ICT等も活用しつつガバナンス・マネジメントを充実
(2) 連携・分担による学校マネジメントを実現する ● 校長を中心に学校組織のマネジメント力の強化を図るとともに、学校内外との関係で「連携と分担」による学校マネジメントを実現 ● 外部人材や専門スタッフ等、多様な人材が指導に携わることのできる学校の実現、事務職員の校務運営への参画機会の拡大、教師同士の役割の適切な分担 ● 学校・家庭・地域がそれぞれの役割と責任を果たし、相互に連携・協働して、地域全体で子どもたちの成長を支えていく環境を整備 ● ガバナンス・マネジメントを進めつつ、学校が家庭や地域と連携し、社会とつながる協働的な学びを実現	(5) 感染症や災害の発生等を取りこなし学びを保障する ● 今般の新型コロナウイルス感染症対応の経験を活かし、新たな感染症や災害の発生等の緊急事態であっても必要な教育活動の継続 ● 「新しい生活様式」も踏まえ、子供の健康に対する意識の向上、衛生環境の整備や、新しい時代の教室環境に応じた指導体制、必要な施設・設備の整備 ● 臨時休業時等であっても、関係機関等との連携を図りつつ、子どもたちと学校との関係を継続し、心のケアや虐待の防止を図り、子どもたちの学びを保障する ● 感染症に対する差別や偏見、誹謗中傷等を許さない ● 首長部局や保護者、地域と連携・協働しつつ、率先して課題に取り組み、学校を支援する教育委員会の在り方について検討
(3) これまでの実践とICTとの最適な組合せを実現する ● ICTや先端技術の効果的な活用により、新学習指導要領の着実な実施、個別に最適な学びや支援、可視化が難しかった学びの知見の共有等が可能 ● GIGAスクール構想の実現を最大限生かし、教師が対面指導と遠隔・オンライン教育とを使いこなす（ハイブリッド）ことで、様々な課題を解決し、教育の質を向上 ● 教師による対面指導や子供同士による学び合い、多様な体験活動の重要性が一層高まる中で、ICTを活用しながら協働的な学びを実現し、多様な他者とともに問題発見・解決に挑む資質・能力を育成	(6) 社会構造の変化の中で、持続的に魅力ある学校教育を実現する ● 少子高齢化や人口減少等で社会構造が変化する中、学校教育の持続可能性を確保しつつ魅力ある学校教育の実現に向け、必要な制度改正や運用改善を実施 ● 魅力的で質の高い学校教育を地方においても実現するため、高齢者を含む多様な地域の人材が学校教育に関わることを、学校の配置や施設の維持管理、学校を連携する教育委員会の在り方について検討

図4 「令和の日本型学校教育」の構築に向けた今後の方向性

答申では、家庭の経済状況や地域差、本人の特性などに関わらず、全ての子供たちの知・徳・体を一体的に育むため、これまで日本型学校教育が果たしてきた、①学習機会と学力の保障、②社会の形成者としての全人的な発達・成長の保障、③安全・安心な居場所・セーフティネットとしての身体的、精神的な健康の保障、という3つの保障を学校教育の本質的な役割として重視し、これを継承していくことが必要であるとされた。

その際、学校現場の負担軽減、教職員定数、専門スタッフの拡充などの人的資源、ICT環境や学校施設の整備などの物的資源を十分に供給・支援することが、国に求められる役割として挙げられている。

また、「履修主義か修得主義か」「遠隔・オンラインか対面・オフラインか」といった「二項対立」の陥穽に陥らず、教育の質の向上のために、発達の段階や学習場面などによりどちらの良さも適切に組み合わせて生かしていくという考え方に立つべきであるとされている。

以上を踏まえ、「全ての子供たちの可能性を引き出す、個別最適な学びと、協働的な学び」を実現するための令和の日本型学校教育の構築に向けて、以下の(1)から(6)までの6つの方向性が挙げられた。

(1) 学校教育の質と多様性、包摂性を高め、教育の機会均等を実現する

新しい時代を生きる子供たちに必要となる資質・能力を一層確実に育むため、子供たちの基礎学力を保障してその才能を十分に伸ばし、社会性を育むことができるよう、学校教育の質を高めることが重要であり、多様化する子供たちに対応して個別最適な学びを実現しながら、学校の多様性と包摂性を高めることが必要であるとされた。また、現に学校教育に馴染めないでいる子供に対して実質的に学びの機会を保障するとともに、地理的条件に関わらず、教育の質と機会均等を確保することが重要であることが示された。このような取り組みを含め、憲法や教育基本法に基づく「教育の機会均等」を真の意味で実現していくことが求められている。

(2) 連携・分担による学校マネジメントを実現する

学校がさまざまな課題に対処しつつ、働き方改革を推進するためには、従来型のマネジメントの下、既存のリソースだけで対処するには限界があり、校長のリーダーシップの下、

組織として教育活動に取り組む体制を整備し、学校内外との関係で、「連携と分担」による学校マネジメントを実現することが重要であるとされた。特に、学校内においては、外部人材や専門スタッフ、事務職員など、教師以外の多様な人材の活用などを通じて、組織全体としての総合力を発揮していくことが求められている。また、学校・家庭・地域がそれぞれの役割と責任を果たすとともに、相互に連携・協働し、地域全体で子供たちの成長を支えていく環境を整えることも必要とされた。

(3) これまでの実践とICTとの最適な組合せを実現する

GIGAスクール構想による1人1台端末を最大限に生かし、端末を日常的に活用するとともに、教師が対面指導と遠隔・オンライン教育とを使いこなすなど、これまでの実践とICTとを最適に組み合わせることで、学校教育におけるさまざまな課題を解決し、教育の質の向上につなげていくことが必要であるとされた。

(4) 履修主義・修得主義などを適切に組み合わせる

現行の日本の学校教育制度では、

- ・所定の教育課程を一定年限の間に履修することでもって足りるとする「履修主義」
- ・履修した内容に照らして一定の学習の成果が期待される「修得主義」
- ・進学・卒業要件として一定年限の在学を要する「年齢主義」
- ・進学・卒業要件として一定の課程の修了を要求する「課程主義」

の考え方が取り入れられていることが示された。

義務教育段階においては、進級や卒業の要件としては「年齢主義」を基本としながら、教育課程を履修したと判断するための基準については、「履修主義」と「修得主義」の考え方を適切に組み合わせ、それぞれの長所を取り入れる教育課程の在り方を目指すべきであるとされた。また、高等学校については、既に修得主義・課程主義の要素をより多く取り入れた制度となっていることも踏まえて、各学校において、生徒の現状に応じた教育課程の在り方を検討していく必要性が示されている。

(5) 感染症や災害の発生などを乗り越えて学びを保障する

今般の新型コロナウイルス感染症対応の経験を踏まえ、新たな感染症や災害の発生などの緊急事態であっても必要な教

育活動を継続することが重要であり、新しい時代の教室環境に応じた指導体制や必要な施設・設備の整備を進めることや、臨時休業などの際にも、関係機関との連携を図りつつ、子供たちと学校との関係を継続することで、心のケアや虐待の防止を図り、子供たちの学びを保障していくための方策を講じることが必要であるとされた。

また、これらの取り組みを円滑に進めるためには、学校の設置者が首長部局との連携を積極的に行い、学校における取り組みをしっかりと後押しすることが重要であり、率先して課題に取り組み、学校を支援する教育委員会の在り方について検討すべきであるとされている。

（6）社会構造の変化の中で、持続的で魅力ある学校教育を実現する

少子高齢化や人口減少などにより社会構造が変化する中でも、学校教育の持続可能性を確保しながら魅力ある学校教育を実現するため、必要な制度改正や運用改善を行うことが必要であるとされている。

また、地方においても、魅力的で質の高い学校教育を実現するため、学校の配置やその施設の維持管理、学校間の連携の在り方を検討することが求められている。

6 ◆ 「令和の日本型学校教育」の構築に向けた ICTの活用に関する基本的な考え方について

答申においては、学校教育における ICT の活用に関する基本的な考え方も示された。「令和の日本型学校教育」の構築のためには、学校教育の基盤的なツールとして、ICT は必要不可欠であり、これまでの実践と ICT とを最適に組み合わせることで、さまざまな課題を解決し、教育の質の向上につなげていくことが必要であるとされた。その際、ICT を活用すること自体が目的化しないように留意し、PDCA サイクルを意識し、効果検証・分析を適切に行うことが重要であるとともに、健康面を含め、ICT が児童生徒に及ぼす影響にも留意することが必要であるとされた。さらに、ICT の全面的な活用により、学校の組織文化、教師に求められる資質・能力も変わっていく中で、

5. 「令和の日本型学校教育」の構築に向けたICTの活用に関する基本的な考え方

- ◆ 「令和の日本型学校教育」を構築し、全ての子供たちの可能性を引き出す、個別最適な学びと、協働的な学びを実現するためには、**ICTは必要不可欠**
- ◆ **これまでの実践とICTとを最適に組み合わせることで、様々な課題を解決し、教育の質の向上につなげていくことが必要**
- ◆ **ICTを活用すること自体が目的化しないよう留意し、PDCAサイクルを意識し、効果検証・分析を適切に行うことが重要であるとともに、健康面を含め、ICTが児童生徒に与える影響にも留意することが必要**
- ◆ **ICTの全面的な活用により、学校の組織文化、教師に求められる資質・能力も変わっていく中で、Society5.0時代にふさわしい学校の実現が必要**

（1）学校教育の質の向上に向けたICTの活用

- カリキュラム・マネジメントを充実させ、各教科等で育成を目指す資質・能力等を把握した上で、ICTを「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善に生かすとともに、従来は伸ばせなかった資質・能力の育成や、これまでできなかった学習活動の実施、家庭等学校外での学びの充実
- 端末の活用を「当たり前」のとし、児童生徒自身がICTを自由な発想で活用するための環境整備、授業デザイン
- ICTの特性を最大限活用し、不登校や病欠児童等により特別な支援が必要な児童生徒に対するきめ細かな支援、個々の才能を伸ばすための高度な学びの機会の提供等
- ICTの活用と少人数によるきめ細かな指導体制の整備を両輪とした、個別最適な学びと協働的な学びの実現

（2）ICTの活用に向けた教師の資質・能力の向上

- 養成・研修全体を通じ、教師に必要な資質・能力を身に付けられる環境の実現
- 養成段階において、学生の1人1台端末を前提とした教育を実現しつつ、ICT活用指導力の養成やデジタルリテラシーの向上に向けた教育の充実
- ICTを効果的に活用した指導ノウハウの迅速な収集・分析、新時代に対応した教員養成モデルの構築等、教員養成大学・学部、教職大学院のリーダーシップによるSociety5.0時代の教員養成の実現
- 国によるコンテンツ提供や都道府県等における研修の充実等による現職教師のICT活用指導力の向上、授業改善に取り組む教師のネットワーク化

（3）ICT環境整備の在り方

- GIGAスクール構想により配備される1人1台の端末は、クラウドの活用を前提としたものであるため、高速大容量ネットワークを整備し、教育情報セキュリティポリシー等でクラウドの活用を禁止せず、必要なセキュリティ対策を講じた上で活用を促進
- 義務教育段階のみならず、多様な実態を踏まえ、高等学校段階においても1人1台端末環境を実現するとともに、端末の更新に向けて丁寧に検討
- 各学校段階において端末の家庭への持ち帰りを可能とする
- デジタル教科書・教材等の普及促進や、教育データを蓄積・分析・利活用できる環境整備、ICT人材の確保、ICTによる校務効率化

各論（目次）

- | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| 1. 幼児教育の質の向上について | 6. 遠隔・オンライン教育を含むICTを活用した学びの在り方について |
| 2. 9年間を見通した新時代の義務教育の在り方について | 7. 新時代の学びを支える環境整備について |
| 3. 新時代に対応した高等学校教育等の在り方について | 8. 人口動態等を踏まえた学校運営や学校施設の在り方について |
| 4. 新時代の特別支援教育の在り方について | 9. Society5.0時代における教師及び教職員組織の在り方について |
| 5. 増加する外国人児童生徒等への教育の在り方について | |

図5 「令和の日本型学校教育」の構築に向けたICTの活用に関する基本的な考え方

Society5.0時代にふさわしい学校の実現が必要であるとされた。

教師の質の向上に向けた ICT の活用に向けては、養成・研修全体を通じ、教師が必要な資質・能力を身に付けられる環境を実現し、教師の ICT 活用指導力の一層の向上を図るほか、義務教育段階のみならず、多様な実態を踏まえつつ高等学校段階においても1人1台端末環境を実現し、デジタル教科書・教材等の普及促進や教育データを利活用できる環境整備の必要性が示された。学校における ICT の効果的な活用に向けた文部科学省の取り組みについては、第3章にて紹介させていただく。

7 ◆ おわりに

答申の具体化に当たっては、文部科学省をはじめとする関係府省及び教育委員会、首長部局、教職員、さらには家庭、地域などを含め、学校教育を支える全ての関係者がそれぞれの役割を果たし、互いにしっかりと連携することで、必要な改革を果敢に進めていくことが期待されている。

次号では、8月に公表された『新しい時代の学びを実現する学校施設の在り方について 中間報告』について、現場の先生方に知っていただきたい内容の解説と「令和の日本型学校教育」の実現のヒントとなる、具体的な実践例を紹介することとしているので、こちらもぜひお読みいただきたい。



Ⅱ 「個別最適な学び」と「協働的な学び」について

～学習指導要領の趣旨の実現に向けた「個別最適な学び」と
「協働的な学び」の一体的な充実について～

文部科学省初等中等教育局教育課程課教育課程企画室長

石田 有記 / いしだ ゆうき

平成11年文部省（現文部科学省）入省。教職員課、教育課程課、財務課、特別支援教育課の各課の係長として勤務後、行政官国内研究員（千葉大学大学院教育学研究科 修士課程（教育学））、市川市教育委員会教育次長、教育課程課教育課程企画室専門官、同課学校教育官などを経て現職。



1 ◆ はじめに

2030年の社会と子供たちの未来を見据え、平成29～31年に改訂された学習指導要領（以下「学習指導要領」という）が小学校では令和2年度から、中学校では令和3年度から全面実施され、高等学校では令和4年度から年次進行で実施される。

学習指導要領の公示以降、学校教育の情報化が急速に進展しており、GIGAスクール構想により、1人1台端末及び高速大容量の通信ネットワーク環境の早期実現に向け、学校におけるICT環境整備の取り組みが進められている。また、令和元年度に始まった新型コロナウイルス感染症の感染拡大は、学校においても長期にわたる臨時休業を余儀なくされるなど、甚大な影響を及ぼしており、社会全体のデジタル化が推進される中、学校においてもICT環境を最大限に活用して学びの保障を進めること、また、学校教育の本質的な意義を踏まえ、この事態に対応するためのカリキュラム・マネジメントを展開することが全国の学校に求められたところである。

このような学習指導要領公示後の状況を踏まえて取りまとめられた『令和の日本型学校教育』の構築を目指して～全ての子供たちの可能性を引き出す、個別最適な学びと、協働的な学びの実現～（答申）（令和3年1月26日中央教育審議会。以下「答申」という）では、学習指導要領の趣旨を実現し、多様な子供たちを誰一人取り残すことなく育成する「個別最適な学び」と、子供たちの多様な個性を最大限に生かす「協働的

な学び」とを一体的に充実することなどが求められたところである。

本稿では、答申で示された「個別最適な学び」と「協働的な学び」の一体的な充実と、学習指導要領の下での「主体的・対話的で深い学び」の視点からの授業改善との関係や関連、授業改善などに際しての留意事項などについて紹介する。

2 ◆ 育成を目指す資質・能力と個別最適な学び・協働的な学び

答申では、目指すべき新しい時代の学校教育の姿として「全ての子供たちの可能性を引き出す、個別最適な学びと、協働的な学びの実現」が提言された。

答申では特に、新たに学校教育における基盤的なツールとなるICTを活用することで、これまでになかった量・質のデータを収集・蓄積・分析・活用し、個々の特性などにあった多様な方法で児童生徒が学習を進めることができる可能性や、時間的・空間的制約を超えて音声・画像・データなどを蓄積・送受信し、今までになかった方法で、多様な人たちと協働しながら学習を行うことができる可能性が高まること、同時に、AI技術が高度に発達するSociety 5.0時代にこそ、さまざまな場面で実体験を通して学ぶことの重要性もより一層高まることなどに着目している。

学習指導要領では未来の社会を見据え、学校教育を通じて児童生徒に育成を目指す資質・能力を「知識及び技能」、「思考力、判断力、表現力等」、「学びに向かう力、人間性等」の3つの柱に教科等毎に整理している。こうした学習指導要領が目

指す資質・能力の育成に向けた学習活動について、答申で整理された「個別最適な学び」と「協働的な学び」の一体的な充実という観点から改めて捉え直す中で、これまで培われてきた優れた授業実践の蓄積を継承しつつ ICT の新たな可能性を指導に生かすことにより、「主体的・対話的で深い学び」の視点からの授業改善を一層推進していくことが重要である。

以下、答申で指摘された内容や授業改善にあたっての留意点を整理して示すこととしたい。

（１）個別最適な学び

答申では以下のとおり、「個別最適な学び」について「指導の個別化」と「学習の個性化」に整理されており、児童生徒が自ら学習を調整しながら進めていくことができるよう指導することの重要性が指摘されている。

- ・ 全ての子供に基礎的・基本的な知識・技能を確実に習得させ、思考力・判断力・表現力等や、自ら学習を調整しながら粘り強く学習に取り組む態度等を育成するためには、教師が支援の必要な子供により重点的な指導を行うことなどで効果的な指導を実現することや、子供一人一人の特性や学習進度、学習到達度等に応じ、指導方法・教材や学習時間等の柔軟な提供・設定を行うことなどの「指導の個別化」が必要である。
- ・ 基礎的・基本的な知識・技能等や、言語能力、情報活用能力、問題発見・解決能力等の学習の基盤となる資質・能力等を土台として、幼児期からの様々な場を通じての体験活動から得た子供の興味・関心・キャリア形成の方向性等に応じ、探究において課題の設定、情報の収集、整理・分析、まとめ・表現を行う等、教師が子供一人一人に応じた学習活動や学習課題に取り組む機会を提供することで、子供自身が学習が最適となるよう調整する「学習の個性化」も必要である。

答申では「指導の個別化」と「学習の個性化」を学習者視点から整理した概念が「個別最適な学び」であり、これを教師視点から整理した概念が学習指導要領に示す「個に応じた指導」であるとされている。

したがって、各学校において学習指導要領の下で「個に応じた指導」に取り組む際には、「指導の個別化」と「学習の個性化」という二つの側面を踏まえてその充実を図ることが大切である。具体的には、これまで以上に学習者である児童生徒の

成長やつまずき、悩みなどの理解に努め、個々の興味・関心・意欲などを踏まえてきめ細かく指導・支援することや、児童生徒が自らの学習の状況を把握し、主体的に学習を調整することができるように促していくことに留意することが求められる。その際、ICT を効果的に活用する視点をもつことも有効である。例えば、①「指導の個別化」の観点からは、学習履歴（スタディログ）、生活・健康面の記録（ライフログ）など、児童生徒に関するさまざまなデータを可視化し、学習方法などを提案するツールなど、新たな情報手段の活用も含め、児童生徒が自らの状態をさまざまなデータも活用しながら把握し自らに合った学習の進め方を考えることができるよう、教師による指導を工夫していくことが、②「学習の個性化」の観点からは、情報の探索、データの処理や視覚化、レポートの作成や情報発信などの活動に ICT を効果的に使うことで、学びの質を高め、深い学びにつなげていくことなどが期待される。

（２）協働的な学び

答申では「個別最適な学び」が孤立した学びとならないよう「協働的な学び」の重要性を指摘している。

- ・ 探究的な学習や体験活動などを通じ、子供同士で、あるいは地域の方々をはじめ多様な他者と協働しながら、あらゆる他者を価値のある存在として尊重し、様々な社会的な変化を乗り越え、持続可能な社会の創り手となることができるよう、必要な資質・能力を育成する「協働的な学び」を充実することも重要である。

ICT の活用により、児童生徒一人一人が自分のペースを大事にしながらクラウド環境の下、共同で作成・編集などを行う活動や、多様な意見を共有しつつ合意形成を図る活動など、「協働的な学び」もまた発展させることができる。また ICT を活用して空間的・時間的制約を緩和することによって、遠隔地の専門家とつないだ授業や他の学校・地域や海外との交流など、今までできなかった学習活動も可能となる。

同時に、日本の学校教育がこれまで非常に大切にしてきた、同じ空間で時間を共にすることで、お互いの感性や考え方などに触れ刺激し合うことの重要性について改めて認識することが重要である。

こうした人間的な触れ合いを通して形成された豊かな人間関係を基盤として、児童生徒同士が互いの違いやよさを認め合い

ながら協働して学校生活を送る経験は、これからの社会を形成していく上でも必要不可欠である。

このため、教師と児童生徒の関わり合いや児童生徒同士の関わり合い、自分の感覚や行為を通して理解する実習・実験、地域社会での体験活動、専門家との交流など、さまざまな場面で実体験を通じて学ぶ機会を確保することは引き続き重要である。

(3) 個別最適な学びと協働的な学びの一体的な充実

これまでに述べた「個別最適な学び」と「協働的な学び」について、実際の多くの授業では、双方の学びが一体的に充実される中で展開されることが想定される(図1)。

例えば、これまでも優れた教師は単元や題材など内容や時間のまとまりを見通して作成した指導計画の下、日々の授業において、児童生徒一人一人の学びの状況と学習集団全体における学びの状況との双方に目配りした授業改善を講じてきた。具体的には、個別学習やグループ別学習など学習の場面を工夫し、机間指導の中で個々の児童生徒の学習を促進する声がけをしたり、個々の児童生徒やグループでの気づきを教室全体に共有したり、全体で共有した気づきをもとに、個々の児童生徒やグループでの学びに戻す課題を設定したりする中で、教室全体の学びの質を高める授業を展開してきた。

このような個と集団の双方に目配りした優れた授業づくりの蓄積を継承・発展していく観点からも、授業の中で「個別最適

な学び」の成果を「協働的な学び」に生かし、さらにその成果を「個別最適な学び」に還元するなど、「個別最適な学び」と「協働的な学び」を一体的に充実していく視点をもつことが大切である。

特に ICT の活用の際して、まず重要なことは、各教科等で育成を目指す資質・能力と、児童生徒や学校、地域の実態とを相互に照らし合わせながら、教材や教具、学習活動を工夫する一連の取り組みの中に ICT を効果的に活用する場面を適切に位置付けることにある。

加えて重要なことは、実際に展開した学習活動を振り返り授業改善を図ることである。具体的には ICT の活用が児童生徒の「個別最適な学び」と「協働的な学び」—換言すれば児童生徒一人一人の学びと、学習集団全体としての学び—の充実につながっているかに目配りしつつ、単元や題材など内容や時間のまとまりを見据えた「主体的・対話的で深い学び」の視点からの授業改善につなげることが期待される。

なお、このような「個別最適な学び」と「協働的な学び」との一体的な充実を通して「学び」の空間を豊かに整えていく取り組みは、学習指導要領前文にある「一人一人の児童(生徒)が、自分のよさや可能性を認識するとともに、あらゆる他者を価値のある存在として尊重し、多様な人々と協働しながらさまざまな社会的変化を乗り越え、豊かな人生を切り拓き、持続可能な社会の創り手となることができるよう」に育成していく観点から

も大変重要である。

3 ◆ 主体的・対話的で深い学びの視点からの授業改善と個別最適な学び、協働的な学びの充実

学習指導要領の下、各学校には、「主体的・対話的で深い学び」の視点からの授業改善を行うことが求められている。各学校では、教科等の特質を踏まえ、具体的な学習内容や児童生徒の状況などに応じて、これらの視点を手掛かりに質の高い学びを実現し、児童生徒が、学習内容を深く理解し、資質・

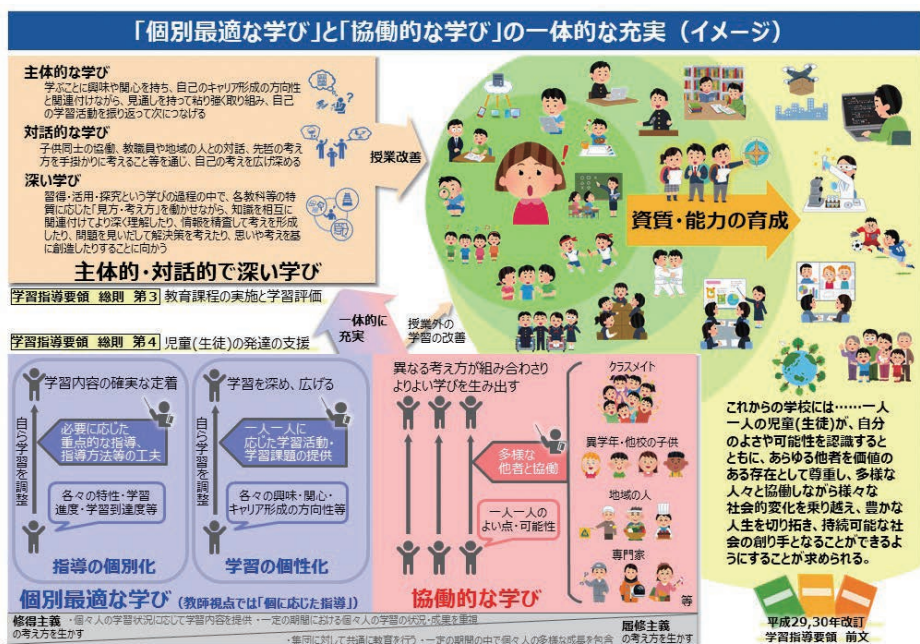


図1 「個別最適な学び」と「協働的な学び」

能力を身に付け、生涯にわたって能動的（アクティブ）に学び続けるようにすることが重要である。

「個別最適な学び」を充実していく上では、基礎的・基本的な知識・技能の習得はもとより重要である一方、思考力、判断力、表現力等や学びに向かう力等こそ、家庭の経済事情など、子供を取り巻く環境を背景とした差が生まれやすいとの指摘にも留意が必要である。学校教育では、こうした指摘も踏まえつつ、「主体的・対話的で深い学び」の視点からの授業改善を通して、児童生徒が個々の家庭の経済事情などに左右されることなく、バランスよく資質・能力を育んでいけるようにすることが大切である。

その際、先述の内容とも重なるが ICT の効果的な活用の視点も重要である。第 1 に教師による児童生徒理解の観点からは、ICT の活用を通して得られる学習履歴（スタディ・ログ）や生徒指導上のデータ、健康診断情報などの蓄積・分析・利活用が考えられ、その効果的な活用は教師の負担軽減にもつながることが期待される。第 2 に児童生徒の学習の改善の観点からは、ICT の日常的な活用を通して、自ら見通しを立てたり、学習の状況を把握し、新たな学習方法を見いだしたり、自ら学び直しや発展的な学習を行いやすくなったりするなどの効果が生まれることが期待される。

また、ICT を用いた教材として、学習者用デジタル教科書、学習動画、ドリル教材、電子書籍、STEAM 教育向けのコンテンツなどがあり、さらにさまざまな紙の教材も組み合わせる指導することが考えられる。

「協働的な学び」を充実していく上では、「主体的・対話的で深い学び」の視点からの授業改善を通して、児童生徒一人一人のよい点や可能性を生かしながら互いの異なる考え方が組み合わせられ、よりよい学びを生み出していくようにすることが大切である。先述したように一斉授業においても、集団の中での個人に着目した指導や、児童生徒同士の学び合い、多様な他者とともに問題の発見や解決に挑む授業展開などの視点から授業改善を図っていくことが期待される。また、学習内容の理解を定着する観点からは、単に問題演習を行うだけでなく、内容を他者に説明するなどの児童生徒同士の学び合いにより、児童生徒が自らの理解を確認し定着を図ることが、説明する児童生徒及びそれを聞く児童生徒の双方にとって有効である。

その際、「協働的な学び」の効果を高めるためには、児童生徒の学習や生活の基盤となる学級経営（ホームルーム経営）を

充実し、教師と児童生徒との信頼関係、児童生徒相互のよりよい人間関係を形成する中で、児童生徒同士が互いの違いを認め協力し合える学級づくりを進めることも大切である。

例えば、特別活動における学級活動（ホームルーム活動）で重視する学級や学校生活上の課題の解決に向けて児童生徒同士が話し合い、合意形成を図る活動は、他の教科等における学びの質の向上にもつながる。

このように教科のみならず、特別活動、総合的な学習の時間等のそれぞれの特質を生かしながら教育課程全体で教育活動の質的向上を図る発想を持つことは、次節で述べるカリキュラム・マネジメントの充実の観点からも重要である。

4 ◆ カリキュラム・マネジメントの充実

新型コロナウイルス感染症の感染拡大防止のための臨時休業からの学校再開後には、学習指導要領の下で、教育活動や時間の配分などを再検討し、学校の授業における学習活動を重点化するなど、地域や家庭の協力も得て児童生徒の学習の効果を最大化できるよう、カリキュラム・マネジメントを行うことの重要性が改めて明らかとなった。このような経験を踏まえ、各学校が持っている教育課程の編成・実施に関する裁量を改めて認識し、学校や地域の実態に応じて責任を持って柔軟に判断できるようにしていくことが重要である。

カリキュラム・マネジメントの本質的なねらいは、児童生徒や学校、地域の実態を踏まえて、学校が編成した教育課程に基づく組織的かつ計画的な教育活動（授業）の質の向上を図ることにある。各学校において「個別最適な学び」と「協働的な学び」の一体的な充実に学校全体として取り組むことは、教育課程に基づく教育活動としての「授業」の質的向上を図る上で、カリキュラム・マネジメントの展開に際しての重要な位置を占めている。

各設置者におかれても、改めて各学校の持っている裁量を明確にし、学校や地域の実態に応じた柔軟な教育課程の編成・実施が行われるよう、適切な指導及び環境整備に関わる包括的な支援を行っていただくことを期待したい。

文部科学省としても、GIGA スクール構想の推進など所要の施策の展開を通じて、各学校、各教育委員会における取り組みの支援に努め、令和の日本型学校教育の実現を推進してまいりたい。



Ⅲ GIGA スクール構想を推進する文部科学省の取り組み

文部科学省初等中等教育局情報教育・外国語教育課長 / (併) 学びの先端技術活用推進室長
(併) GIGA StuDX推進チームリーダー

板倉 寛 / いたくら ひろし

1999 年文部省（現文部科学省）入省。体育局体育課，学校健康教育課，教育課程課係長，内閣官房副長官補室参事官補佐，島根県健康福祉部少子化対策推進室調整監，同県教育委員会総務課長，特別支援教育課課長補佐，大臣政務官秘書官，初等中等教育企画課課長補佐，在英国日本国大使館参事官（外務省出向），教育課程企画室長等を経て現職。



1 ◆ はじめに

社会のあらゆる場所において，ICT の活用は日常のものとなっている一方，我が国の学校における ICT の活用状況は世界から大きく後れを取っており，学校の ICT 環境も地方自治体間で差が見られてきた。このような状況を踏まえて，文部科学省では，「GIGA スクール構想」を推進し，義務教育段階の 1 人 1 台端末と高速大容量の通信ネットワークの一体的な整備などについて，関係者の皆様の多大なご協力の下，前倒しして進めてきており，ほとんどの学校で 1 人 1 台端末の環境が整うこととなった。現在，環境整備から活用促進の段階へと移り変わってきている。

ICT の活用については，中央教育審議会から令和 3 年 1 月に出された『令和の日本型学校教育』の構築を目指して（答申）」において，次のように述べられている。

1 人 1 台の端末環境を生かし，端末を日常的に活用することで，ICT の活用が特別なことではなく「当たり前」のこととなるようにするとともに，ICT により現実の社会で行われているような方法で児童生徒も学ぶなど，学校教育を現代化することが必要である。児童生徒自身が ICT を「文房具」として自由な発想で活用できるような環境を整え，授業をデザインすることが重要である。

本稿では，GIGA スクール構想を推進する文部科学省の取り組みを紹介したいと思う。

2 ◆ GIGA スクール構想と新学習指導要領

まず，学習指導などにおける 1 人 1 台端末を活用した授業づくりを行う上で，学習指導要領と GIGA スクール構想との関係について整理をする（図 1）。

学習指導要領の改訂に関する平成 28 年中央教育審議会答申では，2030 年の社会と子供たちの未来を見据え，社会の変化が加速度を増し，複雑で予測困難な時代に，変化を前向きに受け止め，社会や人生，生活を，人間ならではの感性を働かせてより豊かなものにすることが述べられている。

これを受け，学習指導要領では，その前文に一人一人の児童（生徒）が，自分のよさや可能性を認識するとともに，あらゆる他者を価値のある存在として尊重し，多様な人々と協働しながら様々な社会的変化を乗り越え，豊かな人生を切り拓き，持続可能な社会の創り手となることができるようにすることを求めている。そのために，最も大切なのが資質・能力の育成である。

GIGA スクール構想（1 人 1 台端末・高速ネットワーク）は，学習指導要領のカリキュラム・マネジメントにおける物的な体制整備に位置付けられ，全国の小・中学校で ICT 端末が整備されることが教育の機会均等の実現を支えることとなる。これにより，児童生徒一人一人に確実に資質・能力を育成するための「主体的・対話的で深い学び」の視点からの授業改善や，個別最適な学び及び協働的な学びの一体的な充実を進めていく上で，教育・学習における ICT 活用の特性・強みを生かした教育活動を行っていくことが期待される。

新学習指導要領とGIGAスクール構想の関係

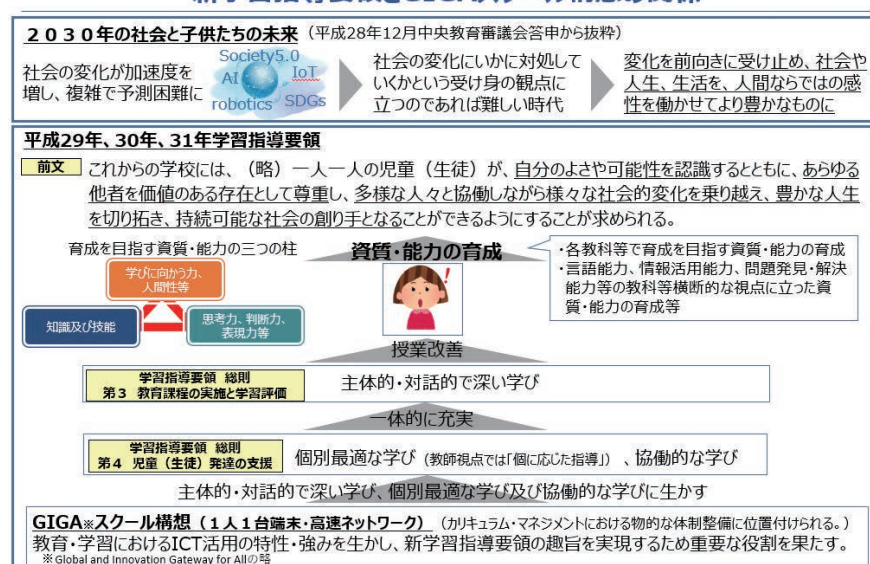


図1 「個別最適な学び」と「協働的な学び」

3 ◆ 教育・学習におけるICT活用の特性・強み

具体的な ICT 活用の特性・強みについては次の三点が考えられる。

一点目は、多量で大量の情報の取り扱いができ、容易な試行錯誤ができることである。例えば、ウェブブラウザによるインターネット検索などによって情報収集したり、表計算ソフトによるデータなどの整理・分析やグラフ作成などを容易に行ったりすることが可能となる。

二点目は、時間的制約を超えた情報の蓄積、過程の可視化を行えることである。写真・動画の撮影・保存によって学習過程を可視化し学習の振り返りに生かすことや、学習支援ソフトを活用した児童生徒のつまずきや伸びについての教師の見取りなどを行うことができるようになる。

三点目は、空間的制約を超えた相互かつ瞬時の情報の共有（双方向性）ができる点である。ウェブ会議、ファイル共有などによる家庭、他の学校・地域、あるいは海外との交流といった距離が離れた場をつないだ学習ができる。さらに、他者との意見共有、比較検討、合意形成やアイデアの創出、発表資料などの協働制作が可能となる。

このような ICT の特性・強みを生かすことで、従来はなかなか伸ばせなかった情報活用能力などの資質・能力の育成や、今までの学習方法では困難が見られた児童生徒への効果の発揮、そして今までできなかった学習活動の実施が可能となる。

4 ◆ 全ての教師が実践を行うための取り組み

令和2年9月までに1人1台端末が整備された自治体は全体の約4%にすぎず、ほとんどは令和3年度から本格的に実践を行う自治体となる。このような現状を踏まえ、1人1台端末を活用した実践を行うためには、次のような視点で取り組みを行うことが考えられる。

- ・多くの学校・教師にとって、パソコンルームから普通の教室での1人1台端末の“普段使い”は初めての試み。最初からパーフェクトということではなく、試行錯

誤が大切であること。

- ・各教育委員会は、GIGAスクール構想に関する情報発信や教員研修を実施して学校現場をサポートしていくことが大切であること。

文部科学省では、1人1台端末及び高速大容量の通信ネットワークの積極的な活用を推進していくため、日々子供達と向き合う教師の方々や教育委員会などの学校設置者に対する支援の更なる充実を目的として、文部科学省内に教員出身者も含めて構成される、「GIGA StuDX（ギガ・スタディーエックス）※推進チーム」を令和2年12月末に立ち上げ、令和3年4月からは新たに現場の教師8名もチームに迎えている。

※「GIGA StuDX」とは：GIGAスクール構想の浸透による学びのDX（デジタルトランスフォーメーション）と学校の教育活動におけるICT利活用の促進のためのExchange（情報交換）を掛け合わせた造語。

「GIGA StuDX 推進チーム」では、まずチームのメンバーがそれぞれ担当地域を持ち、当該地域でICT教育を中核的に担う教育委員会の担当者などとオンラインも活用しながら繋がり、人的なネットワークの構築を図ることにより、教育委員会・学校との協働体制をつくりあげ、教育活動において参考となる事例の収集・発信を行うこととしている。加えて、現場と密にコミュニケーションを取りつつ、現場の教育関係者が抱える悩みや課題、実情などを汲み取りながら、それぞれの自治体の実情に応じたきめ細やかな支援を行っている（図2）。

支援の一環として、各教育委員会とのオンライン相談会を

「GIGA スタディー・エクス」推進チームと教育委員会・学校との情報交換プラットフォーム

文部科学省のGIGA スタディー・エクス推進チームと、各教育委員会のICT活用担当の指導主事等が人的ネットワークを構築し、学校等の取組の状況、教育委員会のサポート状況や、課題とその解決策等を双方向にやり取りしながら、文部科学省と自治体、自治体同士のつながりを強化し、全国の学校等におけるICT活用の充実につなげ、協働して「GIGAスクール構想の実現」に取り組む。

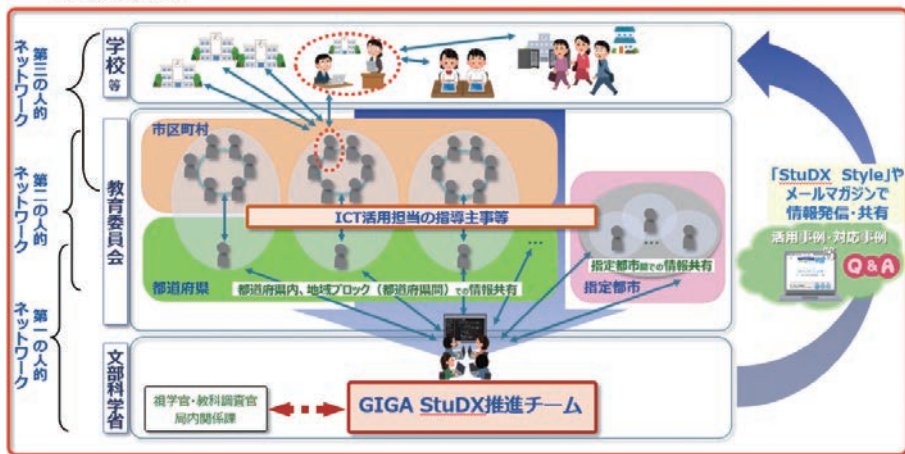


図2 教育委員会・学校との情報交換プラットフォーム

行っている。例えば、教育委員会における GIGA スクール推進の担当者と共に「推進の課題は何か」「うまくいっている取り組みはどんなものか」といった、現時点での課題や成果などを共有し、よりよい推進につながる情報交換などを行っている。そして、オンライン相談会のような、メールマガジンなどで配信し、広く周知を図っている。

に分かれている。

例えば、端末の置き場所を含め、身の回りの整理整頓などの学習環境を整えること、最初の指導は少人数で行うこと、そして、端末利用のルールづくりや意識付けが必要なことなど、導入に効果的と考えられる事例の順に、番号を付けて紹介している。さらに、各教科等における活用のページも教科別・校種別で様々な活用方法の事例を掲載している。各学校

においては、まず端末に慣れるところから始まり、様々な使い方を試行錯誤する中で、教師と子供とで一緒に進めていただければと思う。

特設ホームページ「StuDX Style（スタディー・エクス スタイル）」では、「慣れる・つながる活用」に加えて、「各教科等での活用」の事例を掲載している。授業のどの場面で使用し、ICTを使うことでどのような効果が期待されるのか、またどんなソフトや機能を活用しているのかなど、各教科等の事例がコンパクトに見やすくまとまっているので、ぜひご覧いただき、ご活用いただきたい。

次に「GIGA スタディー・エクス メールマガジン」^{*1}の発行である。「StuDX Style」の更新のお

5 ◆ ICT端末の有効な活用について

文部科学省では、特設ホームページ「StuDX Style」（<https://www.mext.go.jp/studxstyle/>）において、導入時における 1 人 1 台端末の活用事例を紹介している（図 3）。

「まず、端末が学校に整備されたら何から始めればよいのか」「どんなことから指導をすればよいのか」といった、はじめの一步となる事例を掲載している。

事例は、「導入にあたって」「使ってみよう」「教師と子供がつながる」「子供同士がつながる」「学校と家庭がつながる」「職員同士でつながる」といったカテゴリ

「StuDX Style」について

1人1台端末の利活用をスタートさせる全国の教育委員会・学校に対する支援活動を展開するため、「すぐ」にでも「どの教科でも」「誰でも」活かせる1人1台端末の活用方法に関する優良事例や本格動向に向けた対応事例などの情報発信・共有を随時行っています。



図3 文部科学省ウェブサイト「StuDX Style」

知らせや全国の自治体の事例紹介、文部科学省からの GIGA スクール構想関係の役立つ情報などを配信している。

教育委員会などの学校設置者や教職員の方々だけでなく、保護者や地域の方々、企業の方々など、どなたでも無料で登録いただけるので、ぜひご覧いただきたい。

6 ◆ 先端技術や教育データの効果的な活用

1 人 1 台端末を活かしたデジタルならではの学びを進めるためには、学校 ICT 環境を基盤として、先端技術や教育データを効果的に活用していくことが重要である。先端技術・教育データを活用する意義として、①学びにおける時間・距離などの制約を取り払う、②個別に最適で効果的な学びや支援、③校務の効率化、④学びの知見の共有や生成などが挙げられる。

先端技術や教育データの活用は、まずできるところから始めていくことが重要であり、文部科学省では、これまでの実証事業などの成果を踏まえ、学校現場において先端技術を効果的に活用するためのガイドブックの作成などを実施している^{*2}。

7 ◆ 学びの保障オンライン学習システム (MEXCBT:メクビット) について

文部科学省では、緊急時における「学びの保障」の観点から、学校・家庭においてオンライン上で学習やアセスメントが可能な CBT システムである「学びの保障オンライン学習システム(MEXCBT:メクビット)」^{*3}のプロトタイプを開発した。令和2年度には、全国学力・学習状況調査や高等学校卒業程度認定試験の過年度の問題など、国が作成した問題をデジタル化して掲載し、約300校の小・中・高等学校において実証を行った。

今年度、システムの機能の改善・拡充や地方自治体などが作成した学力調査問題などのデジタル化を行い、希望する全国の学校で活用できるようにする予定である。なお、将来的には、地方自治体が希望する場合、本システムを地方自治体独自の学力調査などに活用できるようにすることについて検討中であり、関心のある地方自治体はお気軽にお問合せいただきたい。

8 ◆ 教育データの標準化の取り組み

教育データを様々な教育コンテンツ間で相互に交換・蓄積・分析するためには、データの内容や形式を揃える「標準化」が必要となる。文部科学省では令和2年10月に、教育データを①主体情報、②内容情報、③活動情報に分類する枠組みを提示するとともに、学習データの起点として、学習指導要領にコード付与を行い、文部科学省「教育データ標準」(第1版)として公表した。

学習指導要領コードを効果的に活用することで、デジタル教科書・デジタル教材をはじめとする様々なデジタルコンテンツの連携が可能になる(図4)。

同年12月は全国の学校にそれぞれ唯一の「学校コード」を設定して公表するなどの取り組みを進めており、教育データの標準化^{*4}に向けた取り組みを加速する。

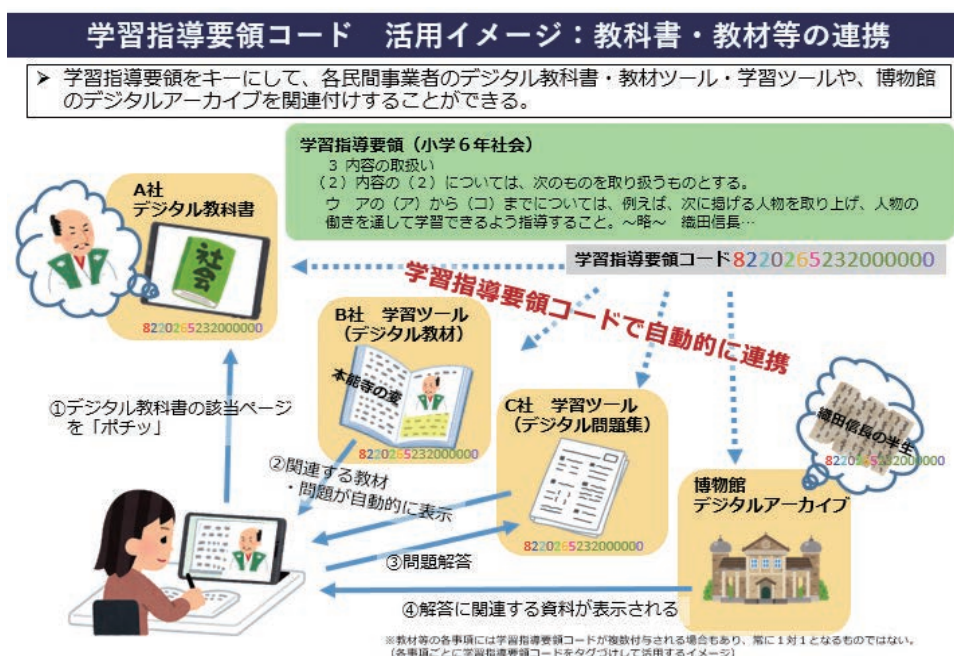


図4 学習指導要領コード 活用イメージ

9 ◆ 教育データ利活用に係る論点整理

教育データの議論は、非常に広範な検討対象があり、全容の見通しが難しい状況ですが、文部科学省では「教育データの利活用に関する有識者会議」を開催し、初等中等教育における公教育データを中心として、現状と課題、将来的な方向性に関して一定の整理を行う論点整理（中間まとめ）^{*5}を公表している。

本論点整理（中間まとめ）では、①教育データの定義、②教育データの利活用の原則、③教育データの利活用の目的、④教育データの利活用の視点、⑤学校現場における利活用、⑥ビッグデータの利活用、⑦生涯を通じた利活用、⑧教育データの標準化について記載しているので、詳細はウェブページからご覧いただきたい。

10 ◆ 教育データ利活用に係る取り組みの加速

教育データの利活用は、これからの教育において重要な柱である（図5）。教育データの利活用を文部科学省として強力に推進するため、4月に総合教育政策局に「教育DX推進室」を設置し、10月には国立教育政策研究所に「教育データサイエンスセンター」を創設する予定である。

原典についての参考情報

*1 GIGA StuDXメールマガジンの登録

<https://www.mext.go.jp/magazine/index.htm>（バックナンバーも閲覧可）



*2 先端技術の効果的な活用に関する実証

https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1416148.htm

*3 MEXCBT：メクビットについて

https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/mext_00001.html

学びの保障オンライン学習システム

メクビット
MEXCBT

MEXT + CBT
文部科学省 Computer Based Testing

*4 教育データの標準化について

https://www.mext.go.jp/a_menu/other/data_00001.htm

*5 教育データの利活用に係る論点整理

https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/158/mext_00001.html

教育データの利活用の目的（将来像の具体的イメージ）

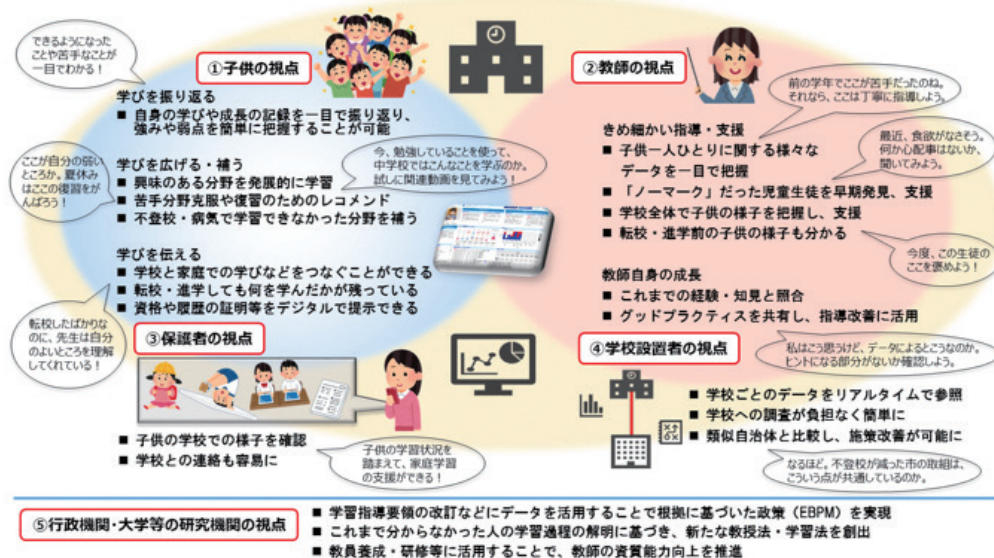


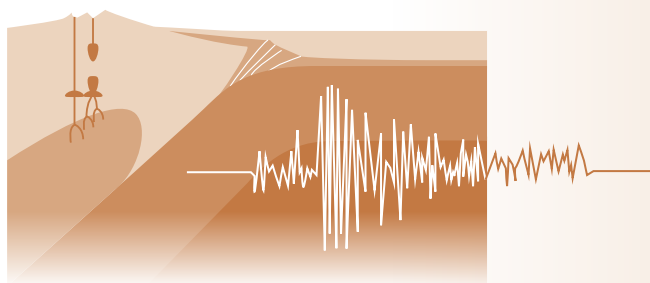
図5 教育データの利活用の目的（将来像の具体的イメージ）

第6回 台風の分布図から見えること



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」

台風大国日本

日本には毎年台風がやってきます。台風とは熱帯低気圧のうち平均風速が 17 m/s 以上のもので、北太平洋の西部に存在するものです。ハリケーンやサイクロンも呼び名は違うだけで、台風と同じ熱帯低気圧です。図 1 は世界の台風の分布を示したものです。日本付近は、台風（熱帯低気圧）が特に多い地域の一つであることが一目瞭然です。

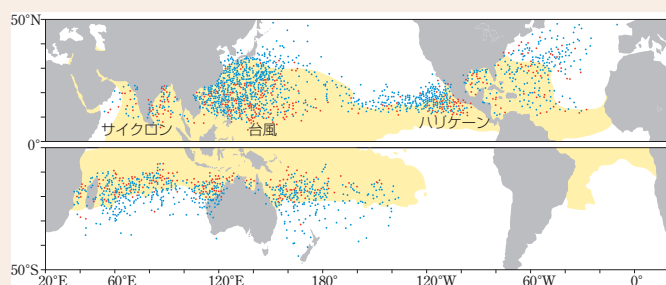


図 1 台風の分布 『地学 改訂版』（啓林館）より引用。赤点は発生地点、青点は風速が 32 m/s を超えた場所。黄色は夏期 3 か月の平均海水温が 27℃ 以上の場所。

台風の発生

Q 北太平洋の西部と東部で台風の発生が多いのはどちらでしょうか。またそうなる理由は何でしょうか。図 1 を見て考えてください。

台風の発生地点を示す赤い点は、明らかに西部のほうが多く、また東部に比べると高緯度でも発生しています。そのようになる理由も図 1 から読み取ることができます。黄色い部分は夏期 3 か月（北半球では 6, 7, 8 月、南半球では 12, 1, 2 月）の平均海水温が 27℃ 以上の場所です。北太平洋では西部のほうがより高緯度まで海水温が高いことがわかります。台風の発生は海水温が高いことと密接に関係することがわかります。同様の関係は南北大西洋や南太平洋でも確認することができます。

Q 海洋の西側で海水温が高いのはなぜでしょうか？

海洋の西側では海水温の高い領域が高緯度まで広がっています。これは、亜熱帯環流という海流の大規模な循環する流れが存在するためです。低緯度では西に向かう貿易風が、中緯度では東に向かう偏西風が 1 年を通じて吹いているため、北半球では時計回りの、南半球では反時計回りの環流が形成されています。海洋の西側では高緯度に向かう流れになるため、赤道付近の高温な海水が高緯度まで広がっているわけです。

Q 赤道付近では台風が発生していないのはなぜでしょうか？

図 1 を見ると赤道付近（ほぼ北緯 5° と南緯 5° との間）では台風が発生していません。その理由は、この範囲では低気

圧に吹き込む風がうまく渦を巻けないためです。そもそも低気圧に吹き込む風が渦を巻くのは、転向力（コリオリの力）という地球の自転による見かけの力が働くためなのですが、この力は高緯度ほど強く、赤道では働きません。そのため、赤道付近では低気圧に吹き込む風がうまく渦を巻けず、台風も発生しないのです。

台風のエネルギー源

台風は図2に示すように巨大な積乱雲の渦です。その断面は図3のようになっており、渦を巻きながら吹き込んだ風は上昇気流となり、積乱雲が形成されます。その際に、大気中の水蒸気が凝結し潜熱を放出します。放出された潜熱は大気を温め、上昇気流をより活発にし、台風は発達していきます。つまり、台風のエネルギー源は大気中の水蒸気なわけです。海水温の高い所では海水の蒸発が多くなり、台風は発生・発達しやすくなります。台風が上陸したり、海水温が低い海域に移動したりすると水蒸気の供給が少なくなるため、台風は弱まっていきます。また温暖化で海水温が上昇すると台風の勢力が強くなる可能性も指摘されています。

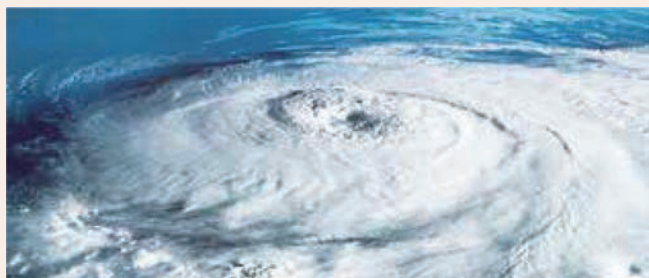


図2 宇宙から見た台風 『地学 改訂版』（啓林館）より引用

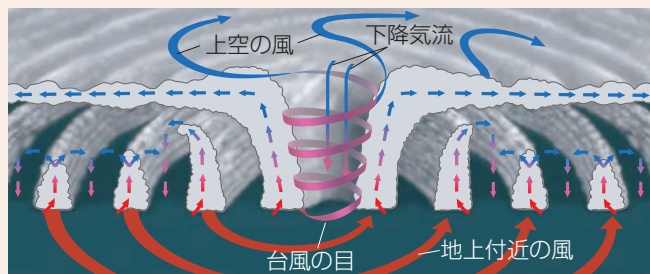


図3 台風の構造 『地学 改訂版』（啓林館）より引用

台風の進路

図4は月別の台風の発生数、日本への接近数、上陸数の平年値を示したものです。発生が最も多いのは、北半球の夏のピークである8月ですが、上陸数が最も多いのは9月です。

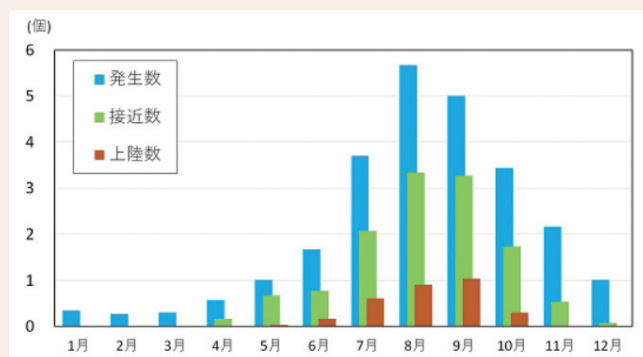


図4 月別の台風発生・接近・上陸月の平年値（1991～2020年の30年平均） 気象庁 Web サイトより引用

Q 台風の日本への上陸が9月に多いのはなぜでしょうか？

台風の経路を月ごとに平均すると、図5のようになります。大半の台風は発生後北西に進み、北緯20°～30°付近で進路を変え偏西風の流れに乗って北東に進んでいきます。図5に示されるように、7月は日本を大きく回り込み大陸を通るコースをとり、そのコースはだんだん南寄りになっていきます。ちょうど9月頃に日本付近を通るようになります。その原因は、夏期に日本の南で発達する北太平洋高気圧にあります。高気圧は空気の塊であるため、台風は北太平洋高気圧の縁に沿って進みます。7～8月は北太平洋高気圧が大きく張り出し日本を覆うため、台風は日本を大きく回り込むコースをとるのに対し、秋には北太平洋高気圧の勢力が弱まり、台風はだんだん南寄りのコースをとるようになります。図6の天気図では、北太平洋高気圧の北の縁は日本を横切っている停滞前線にあたります。台湾の北にある台風16号はこの後、この停滞前線に沿って東進する経路をとりました。

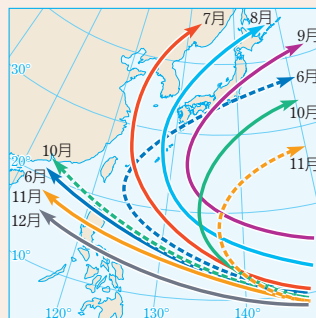


図5 台風の経路 『地学 改訂版』（啓林館）より引用

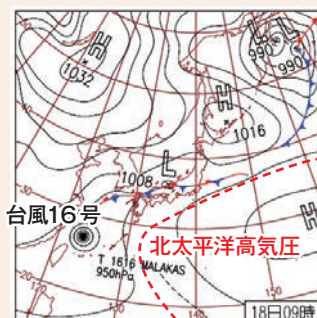


図6 2016年9月18日の天気図 気象庁 Web サイトより引用（一部改変）。破線の範囲が北太平洋高気圧。

迷走台風

実際の台風の進路の中には、図7のように典型的なパターンから大きく外れる例があります。それらは迷走台風と呼ばれたりしますが、気象庁は「複雑な動きをする台風」と呼んでいます。高気圧が台風の進路を阻んだり、偏西風が弱かったり、複数の台風が相互に影響し合うことなどが原因と考えられています。

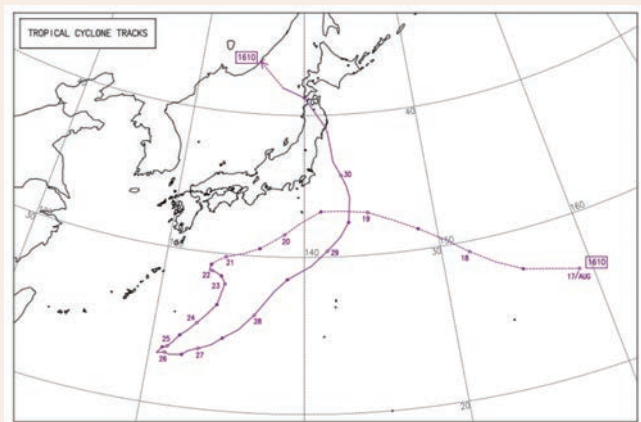


図7 2016年8月の台風10号の進路 気象庁 Web サイトより引用

台風並みの強力な高気圧は存在するか？

日本で記録された最低気圧は870 hPa（1979年、台風時に海上にて）、最高気圧は1044 hPa（1913年、旭川）です。最低気圧は1気圧（1013 hPa）より143 hPa低くなっていますが、最高気圧は31 hPaしか高くなっていません。台風並みの強力な高気圧はできないのでしょうか。逆に言うと、低気圧はなぜこんなに発達するのでしょうか。

台風のように同心円状の等圧線がある場合、中心付近では等圧線と平行にぐるぐる回りの状態で風が吹くことがあります。このような風を傾度風と言います。そのとき空気塊に働く力は図8のようなつり合いになっています。

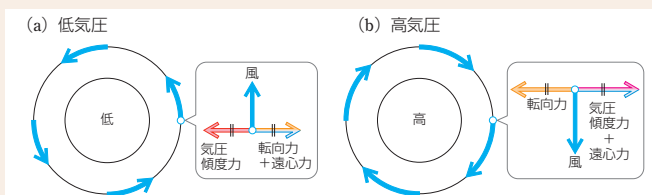


図8 北半球の傾度風 『地学 改訂版』（啓林館）より引用

$$\text{低気圧：気圧傾度力} = \text{転向力} + \text{遠心力} \quad \cdots \text{①}$$

$$\text{高気圧：転向力} = \text{気圧傾度力} + \text{遠心力}$$

$$\Leftrightarrow \text{気圧傾度力} = \text{転向力} - \text{遠心力} \quad \cdots \text{②}$$

なお、転向力は風速に、遠心力は風速の2乗に比例します。①式より、低気圧ではどんな大きな気圧傾度力になっても風速が大きくなることで、力のつり合いを保つことができます。ところが②式より、高気圧では気圧傾度力がある程度大きくなると風速が大きくなっても遠心力が大きくなるため力のつり合いが保てず、傾度風の状態（ぐるぐる回り）で風が吹くことができなくなります。高気圧では大きな気圧傾度力を維持することができないわけです。逆に言うと、低気圧では風速が大きくなることでどんな大きな気圧傾度力でも維持できるわけです。したがって、台風の強さに理論的な上限はなく、今まで経験がないような強力な台風が出現する可能性もあるわけです。

台風に備える

台風ではさまざまな被害が出ます。2019年の台風15号では、房総半島を中心に、強風で建物が被害を受けるだけでなく、倒れた木が電線を寸断し長期間の停電が起きました。

また非常に多くの雨が降ると、低い土地では浸水被害が発生し、傾斜地では斜面崩壊や土石流などが発生します。

また、堤防が決壊すれば浸水被害が一気に拡大します。2019年の台風19号では千曲川などで堤防が決壊しましたが、関東平野などでも同様なことが起こり得ると考えるべきでしょう。

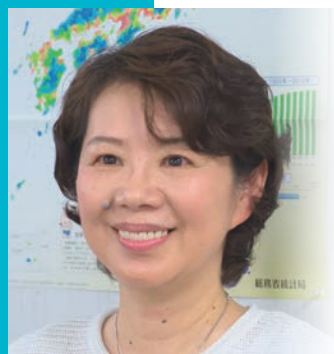
また、沿岸部では高潮が発生し、海面が数m上昇することもあるので、十分に注意する必要があります。

台風の場合、危険が迫ってから強風や大雨の中を避難することは現実問題として不可能です。ハザードマップなどで危険性を把握し、早めに避難することが必要です。

日本には台風がほぼ毎年必ずやってきます。どんな被害が出るのかも私たちは経験から知っています。本当の意味で台風に備えるとはどういうことなのかを、しっかり考えていく必要があるのではないのでしょうか。

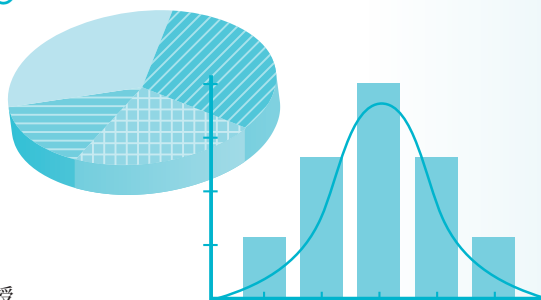


第9回 仮説検定の考え方 Ⅲ ～ A/B テストとカイ2乗検定～



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。

AIと統計的な推測

社会におけるAI（人工知能）の適用範囲は日々、広がっています。よく、SFのように、いずれAIが人間より賢くなり仕事を奪われると心配する声を聞きます。AIが何を基準に判断をしているのかを知るために、新学習指導要領では、小学校からコンピュータを動かす制御を知るための「プログラミング」と、どう動かすかの判断のルール生成を行う「データの活用」を高校卒業時まで継続して学習するカリキュラムを設けました。

データはどんなにビッグでも未来を予測し判断するためには、一部分の情報でしかありません。そこではつねに**統計的な推測**によって、データの背景にある、より大きな集団、すなわち、**母集団**に対する判断をする必要があります。手にしているデータは、あくまでも母集団の一部である**標本**と考えます。図1は、この統計的な推測の枠組みを示したものです。

この推測が科学的な妥当性を持つためには、

- ① 母集団から標本が抽出される段階
 - ② 標本データから適切に母集団に関する情報を推測する段階
- の双方で、適切な統計手法が使われていることが前提となります。

新学習指導要領では、中学校数学のデータの活用領域「標

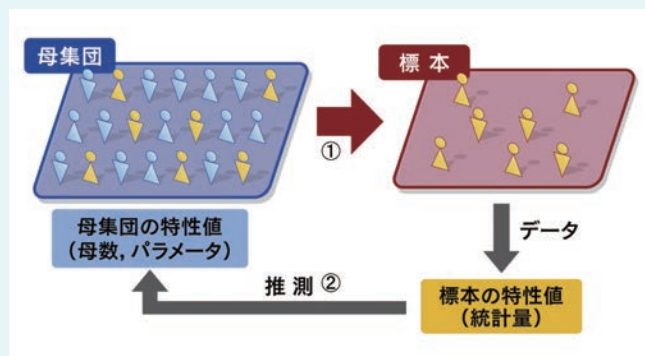


図1 統計的推測の枠組み 放送大学「身近な統計」より

本調査」、高等学校数学I「データの分析」における「**仮説検定の考え方**」、数学B「**統計的な推測**」、そして新科目となる情報Iの「**データの活用**」でも、データの取得の方法や統計的な推測の手法が扱われることになりました。

今回は、統計的な推測の中の仮説検定の考え方をインターネットのWebサイトのデザインにおける自動改善の手法として広く知られている**A/Bテスト**を例に、上記の①と②の関連性も含めて、紹介したいと思います。

A/Bテストとは？

仮説検定は、英語で Hypothetical Test といい、A/Bテス

トの「テスト」は検定を意味しています。行政の政策判断、既存薬と新薬の効果の判定や治療法の選択など、日常の実務では、2つの選択肢AとBのどちらにするのか、その選択の意思決定を迫られることはよくあり、仮説検定が取り入れられています。AIを持ち出すまでもなく、判断の科学的、客観的根拠（エビデンス）が求められる時代では、生徒が自身の判断や主張の根拠を科学的に述べることができるよう、「データの活用・分析」領域が設けられているのです。

A/Bテストに話を戻すと、店舗のWebサイトを通じてネットショッピングをする、クリックして商品を購入する状況を想定してみてください。商品画像のサイズ、ボタンの色、文字の大きさ、レイアウトなど、どういうデザインが購入率を上げるのか、客観的な検証が求められる世界です。一方で、Web画面のシステムも、すべての閲覧者に同じ画面を提示するのではなく、閲覧者の特性に応じて異なるデザインの画面を提示することも簡単にできるようになっています。そのため、サイトを訪問した閲覧者のある人にはAの画面を見せ、別の人にはBの画面を見せるというような実験がコストをかけずに簡単にできます。そこで、単に実験データを入手できるだけではなく、**どちらのデザインがクリック率を上げるのかの判断**がシステムの中でできるのであれば、効果の高いデザインを採用して運用を続けることもできるし、更に、改良デザイン案Cで実験を続けられれば、デザイン改良のPDCAサイクルが自動で回るシステムにすることも可能です。その要となる実験と判断をシステム内で実行するロジックがA/Bテストと呼ばれるものです（図2）。

A/Bテストでは、統計的な推測を適切に行うため、2つの理論的な手法が含まれています。

- ① 母集団から2つの実験グループ（2標本）を形成する手法
… ランダム（無作為）割り付け
- ③ 標本データから適切に母集団に関する仮説を推論する段階
…（統計的）仮説検定

ランダム割り付け（無作為割り付け）とは、Webサイトの訪問者にAとBのどちらのデザインを提示するのの段階で、どちらのグループも同質な訪問者の集団になるように、つまり、一方に男性が多い、女性が多いというような**バイアス**を避けるため、サイコロを振って偶数か奇数かで分けるような、**乱数**による確率的な操作を施してグループを分けることを指します。ランダム割り付けを行うことで、Aに割り付けられた集団とBに割り付けられた集団のクリック率の違

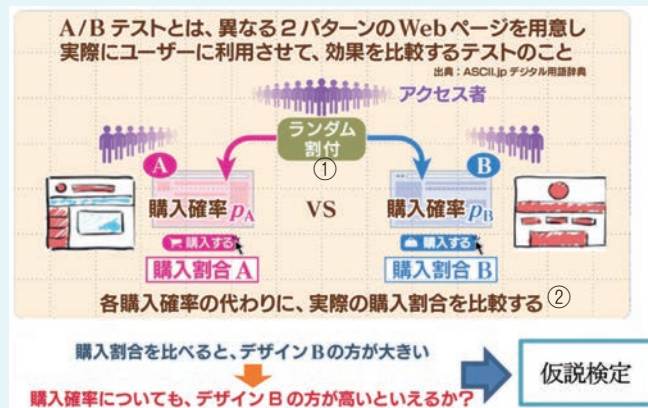


図2 A/Bテストにおけるランダム割り付けと仮説検定 放送大学「デジタル社会のデータリテラシー」より

いは、デザインの違いによるものであると結論づけることができます。このように、ランダム割り付けは、因果分析のための実験データの取得のための重要な統計的技法なのです。この操作を踏まない2つの標本データの比較は、何に起因する差なのか保証されない分析となってしまいます。

次に、AとBの2つに割り付けられたグループで単純にクリックの割合（観測されたクリック率）の大小からデザインの優劣を判断してはいけません。その差はあくまでも、標本データ上の差であり、今後、訪問する顧客の集団（母集団）の差ではないからです。そこで、標本データの集計値（**統計量の実現値**）から母集団のクリック率の差を標本誤差の理論にのっとり、判断する必要があります。ここで使用されるのが、**仮説検定**の諸種の手法です。手法は状況によって使い分けますが、A/Bテストでよく使用されているのが χ^2 検定（**カイ2乗検定**）です。

■ χ^2 検定（カイ2乗検定）とは？

χ^2 検定（カイ2乗検定）は、2つの質的変数の**独立性の検定**とも言われます。ここでは、真のクリック率に差があることを示すためには、母集団に対して、2つの質的変数

- （ア） AもしくはBのどちらのデザインに割り付けられるか
- （イ） クリック（購入）するかしないか

の間には全く関係がない（変数は独立である）、すなわち、AとBにおけるクリック率（**母集団比率**、**母比率**）は同じであるという（**帰無**）仮説の真偽を確かめるために χ^2 検定を行います。仮説検定では一般に、母集団に対して背反する2つの仮説（**帰無仮説**と**対立仮説**）を想定します（連載第3回、

第4回)。この場合は、下記となります。

帰無仮説 H_0 ：AとBのクリック率に差がない
 ：変数（ア）と変数（イ）は独立である
 対立仮説 H_1 ：AとBのクリック率には差がある
 ：変数（ア）と変数（イ）は関連がある

この仮説を観測されたクロス集計表により検定します。

表1 「A/Bの割り付け」×「クリック（購入）の有無」に関するクロス集計表：観測度数

A/Bの割り付け	クリック（購入）の有無		総計	クリック割合
	ある	ない		
A	25	470	495	$=25 \div 495 \div 0.051(5.1\%)$
B	50	455	505	$=50 \div 505 \div 0.099(9.9\%)$
総計	75	925	1000	$=75 \div 1000 = 0.075(7.5\%)$

上の表1のようなデータから、検定に用いる χ^2 統計量を求める必要がありますが、そのためにまず、帰無仮説が正しいとしたときの期待度数の表を次の計算によって作成します。

表2 「A/Bの割り付け」×「クリック（購入）の有無」に関するクリック率に差がないとしたときの期待度数

A/Bの割り付け	クリック（購入）の有無		総計
	ある	ない	
A	$=495 \times 0.075 = 37.125$	$=495 \times (1 - 0.075) = 457.875$	495
B	$=505 \times 0.075 = 37.875$	$=505 \times (1 - 0.075) = 467.125$	505
総計	75	925	1000

期待度数とは、観測されたクロス集計表の周辺度数（総計の値）を固定し、クリック率がAとBの双方の行で、総計の行のクリック率（0.075）と同じになるように、比例配分して求めた度数です。もし、母集団上でクリック率に差がなければ、観測度数と期待度数の差は小さくなることが期待できます。 χ^2 統計量は、この観測度数と期待度数の乖離を見る数量として、クロス集計表の4つのセルに対して、

$$\frac{(\text{観測度数} - \text{期待度数})^2}{\text{期待度数}}$$

を求め、それらを合計した数量です。ここで、乖離の大きさとしては、差を2乗している（マイナスの値を避ける）こと、また、それを期待度数で割っている（期待度数の大きさに対する相対値で評価している）ことに注意してください。

この場合の χ^2 統計量の値は、8.477 となります。

表3 χ^2 統計量の基になる各セルの観測度数と期待度数の乖離の大きさ

A/Bの割り付け	クリック（購入）の有無	
	ある	ない
A	$= (25 - 37.125)^2 / 37.125$	$= (470 - 457.875)^2 / 457.875$
B	$= (50 - 37.875)^2 / 37.875$	$= (455 - 467.125)^2 / 467.125$

帰無仮説が正しいときに、計算された χ^2 統計量の値の起

こりやすさに関して確率的な評価を行うために、帰無仮説が正しいときの χ^2 統計量の標本分布（標本抽出を仮想的に繰り返したときに得られる χ^2 統計量の分布、帰無分布と言う）を考えます。この場合は、この分布が χ^2 分布と呼ばれるものになります。

χ^2 分布は、クロス集計表の大きさ、行の数 m と列の数 ℓ で決まる自由度 $(m - 1) \times (\ell - 1)$ によってその形状が変わるので、必ず自由度と一緒にして、自由度 $(m - 1) \times (\ell - 1)$ の χ^2 分布のように言います。この場合は、2行2列のクロス集計表なので、自由度は $(2 - 1) \times (2 - 1) = 1$ となり、自由度1の χ^2 分布（図3）が、観測された χ^2 統計量の値8.477は、帰無仮説が正しいとしたとき、どのような起こりやすさなのかを判断する帰無分布になります。

図3の横軸は χ^2 統計量の値、縦軸は確率密度（起こりやすさの程度）を表し、曲線（ χ^2 分布の確率密度関数）と横軸の範囲で塗りつぶされている面積が、その値以上の値が実現する確率（上側確率、または右側確率） p を表しています。

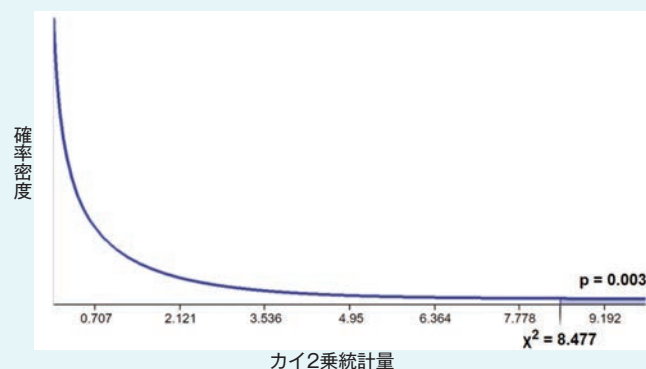
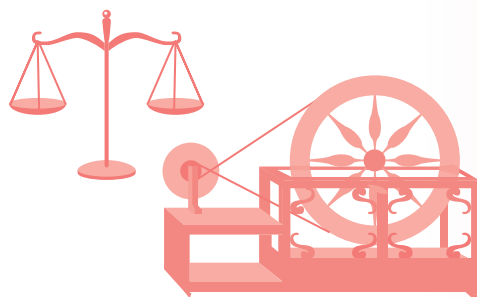


図3 自由度1の χ^2 分布（ χ^2 値とp値の関係）

今回の χ^2 統計量の値8.477以上の値が実現する確率は、帰無仮説が正しいとしたときは、僅かに、0.3%しかないことになり、帰無仮説が正しいと判断することには確率的に無理がある、すなわち、帰無仮説を棄却し対立仮説を採択するという実験結果（エビデンス）を得たことになります。

観測される確率 p の値のことを有意確率（ p 値）と言い、これは期待度数表が作成できれば、エクセルのCHISQ.TEST関数で簡単に出力できます。 χ^2 検定は、例えば、連載第4回で取り上げたコロナ感染者の「成人病の既往歴の有無」と「重症化の有無」の間の独立性の検定など、医療では多くの適用事例がありますが、AIの枠組みで「科学的な判断」の道具としても、近年、注目が集まっています。❖

第9回 エネルギー保存の法則（後編）



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。前回に引き続き、エネルギーについての基本法則を取り上げます。

力学的エネルギー保存の法則から 一般的なエネルギー保存の法則へ

今回は、エネルギー保存の法則のうち、力学的エネルギー保存の法則を取り上げて、その歴史を紹介しました。あらためて復習すると、力学的エネルギーの法則とは、運動エネルギーと位置エネルギーの和が常に一定に保たれるという法則でした。今回は、その他の種類のエネルギーにも当てはまる、一般的なエネルギー保存の法則がテーマです。

物理学の教科書では、多くの場合、力学的エネルギー保存の法則から広げていくことで一般的なエネルギー保存の法則を説明しています。例えば、中学校3年の理科教科書では次のとおりです。

◎ 中学校理科

摩擦などの影響で力学的エネルギーは保存されない場合があるが、その場合でも熱エネルギーなどをふくめると、エネルギーの総量は保存されている。このように、エネルギーが移り変わっても、エネルギーの総量は変化せず、つ

ねに一定に保たれる。これを**エネルギー保存の法則**といい、自然界のもっとも基本となる法則の1つである。

この法則は、詳しく分析してみると、次の二段階に分けることができます。(1) 力学的エネルギーは熱エネルギーなどに変わることができる。さらに一般的には、**エネルギーにはさまざまな種類があり、互に変換できる**。(2) ある種類のエネルギーが別の種類のエネルギーに変換されるときには、**その変換の比率は常に一定**である。例えば、一定量の力学的エネルギーは必ず一定量の熱エネルギーに変わる。

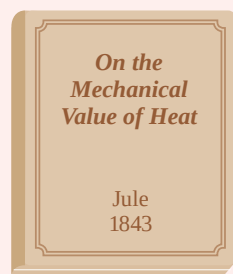
中学校までの理科では、エネルギーが「保存される」ことは学習しますが、エネルギーの変換が一定の比率で起こるという点は強調されないようです。しかし、(2) の条件が成り立っていないと、さまざまな形態をとるエネルギーの量が全体として一定に保たれるとは言えません。そこで以下では、特に(2)に注目して、エネルギー保存の法則がどのように発見されたかを見ていきます。

ジュールの測定

力学的エネルギーと熱エネルギーの間には、具体的な数量関係があります。これを表す数値が**熱の仕事当量**です。

よく紹介される歴史的な実験の例で説明しましょう。これは羽根車で水槽の水をかき回し、その摩擦で熱を発生させるというものです。羽根車が水に対してする仕事とそれによる温度上昇をそれぞれ精密に測定すると、両者の間に一定の関係があることを確かめられるのです。

このような熱と仕事の関係は、19世紀の前半に、複数の人物によって独立に見いだされました。特に有名なのはイギリスのジェームズ・プレスコット・ジュール（1818-1889）です。彼は自宅に設けた実験室で研究をしていた人で、熱の仕事当量の測定に繰り返し取り組みました。その功績が後にたたえられ、エネルギーの単位は彼にちなんで「ジュール」（J）と名付けられます。先ほどの羽根車を使った実験もジュールによるものですが、これは彼が最初に熱の仕事当量を報告した実験ではありません。



ジュールによる最初の報告は、1843年に発表された『磁電気の発熱作用について、および熱の仕事当量について』という論文でなされました。タイトルから予想されるように、ジュールが当初関心を持って調べて

いたのは電磁石のコイルの発熱現象です。現在でも、電流から発生する熱のことを、一般に「ジュール熱」と呼びます。

しかしジュールはそこから進んで、論文の後半では、熱と「機械的力」（今日の仕事に相当）の関係を調べています。13個の実験結果の数値を与えた後、ジュールは暫定的にその平均を取り、次のように総括しました。（引用は既存の日本語訳からで、〔 〕は訳者が補足している箇所です）。

1ポンドの水の温度を華氏目盛りで1度だけ上昇させることのできる熱量は、838ポンド〔のおもり〕を鉛直に1フィートの高さまで持ち上げることのできる機械的力に等しいし、それだけの力に転換されうるだろう。

計測の単位がヤード・ポンド法と華氏温度の組み合わせになっていてわかりにくいですが、メートル法と絶対温度に直して計算すると、ここで与えられている数値は約4.5 J/calになります。現在知られている数値は約4.2 J/calですから、かなり近い実験結果です。

また、ジュールは引用した箇所の直後で、「熱と機械的力と

が上に述べた絶対的な数値関係にしたがって相互に転換可能であることから……」という言い方をしています。熱と仕事の関係に限定されてはいるものの、ここにはエネルギー保存の法則の考え方が表れていると言えるでしょう。

マイヤーの計算

次に、熱の仕事当量を求めたもう一人の人物として、ドイツのユリウス・ロベルト・フォン・マイヤー（1814-1878）を取り上げます。マイヤーは医師だったのですが、物理に興味を持って独学で研究し、その成果を論文にしました。



この論文は『生命なき自然界における力についての考察』という題で、1842年に出版されました。タイトルにあるように「力」がテーマですが、これは今日の「力」とはかなり違います。マイヤーによると、「力」とは「原因」のことであり、かつ、「不滅で転換可能で不可秤量なもの」です。「不可秤量」というのは重さを持たないというニュアンスですが、要は物質ではない、ということです。

このような「力」の例として、マイヤーは「落下力」「運動」「熱」という三つを取り上げています。先取りして言ってしまうと、これは私たちの知っている位置エネルギー・運動エネルギー・熱エネルギーに対応しています。そして「力」が「不滅で転換可能」ということは、全体として増えたり減ったりせず、かつ、ある形態から別の形態に変わることができるということを意味します。

そこでマイヤーは、「ある一定量の落下力もしくは運動に相当する熱量はどれだけか」という問いを立てました。これに対する答は次のとおりです。

大気の一定圧力下での〔熱〕容量と一定体積下での〔熱〕容量との比=1.421だとすると、約365メートルの高さからのおもりの降下には、〔そのおもりと〕同じ重量の水を摂氏0度から1度まで温めることが相当する。

詳細は割愛しますが、マイヤーはジュールのように実験でこの結果を得たのではなく、空気の2種類の比熱（マイヤーの表現では「容量」）をもとにして計算しました。結果は、現在

の単位で表すと約 3.6 J/cal となって少し外れている印象ですが、これは当時知られていた比熱の測定値が不正確だったためです。

論文の出版年で見ると、マイヤーがジュールよりも1年早く熱の仕事当量を発表しています。とはいえ、この二人の研究はまったく独立に行われていて、アプローチの仕方も全然違っていました。ジュールが精密な測定を得意とする実験家だとするのなら、マイヤーは本を読んで考える自然哲学者といったところでしょうか。これだけ対照的な二人がほとんど同時期に同じ問題を考え、同じ答を出したという歴史的事実は、極めて興味深いものに思えます。

「力の保存の原理」の拡張

ここまで、ジュールとマイヤーによる熱の仕事当量の決定を見てきました。これは異なる種類のエネルギーの間に数量関係があるという重要な発見でしたが、いずれも力学的エネルギーと熱エネルギーに限られています。

そのほかの種類のエネルギー、例えば電気なども含めてエネルギーの保存の法則を述べた人物としては、前回も取り上げたヘルムホルツの名前を挙げることができます。彼は1847年に発表した論文『力の保存について』で、「存在する活力と張力の和はつねに一定である」と主張しました。ここで「活力」と「張力」は運動エネルギーと位置エネルギーに対応しており、ヘルムホルツの主張は力学的エネルギー保存の法則として解釈できます。ここまでが前回説明したことでした。



しかし、ヘルムホルツはこれだけにとどまらず、「力の保存の原理」をさらに一般的に考察しました。最初に取り上げているのは力学的仕事と熱の関係で、ジュールの実験結果も参照しています。その時点でのジュール

の測定はヘルムホルツには不十分なものに見えたようですが、後年になされたジュールの一連の実験については「最高の驚異に値する」とコメントしています。

他方で、ヘルムホルツはマイヤーの論文には触れていません。マイヤーの研究は当時ほとんど注目されず、ヘルムホルツもそれを知らなかったのです。ただし後年になると、マイヤーの論文に不明瞭な点が多くあることは認めながらも、「自然科

学の最大の新しい進歩を条件づけたこの思想を独力で見いだした人物」と評価するようになります。

以上が熱についての検討ですが、ヘルムホルツはさらに電気と磁気についても「力当量」を考えて、「力の保存の原理」が適用できるかどうかを詳しく検討しました。さらに論文の終わりのほうでは、動植物の体内で起こる過程にもこの原理が適用できるかどうかに触れています。そうして最後に、多岐にわたる検討を締めくくって、次のように記しました。

これまで述べたところからして、上述の法則〔筆者注：「力の保存の原理」を指す〕は従来知られている自然科学の諸事実のいかなるものとも矛盾しないこと、むしろその多数のものについて目覚ましく確かめられたということを示したと思う。〔中略〕この法則の完全な確証は、おそらく今後の物理学の主要課題の一つと見なされねばならぬ。

「エネルギー」という言葉こそまだありませんでしたが、この文章には、エネルギー保存の法則が自然界全体の極めて基本的な法則だという認識が見られます。そしてこの認識は、熱の仕事当量に代表されるように、異なる種類のエネルギーの間に一定の数量関係があるという知見に基づくものでした。

結局のところ、「誰が最初にエネルギー保存の法則を発見したのか」という問いは、「何をもってエネルギー保存の法則を発見したとするのか」によって異なります。ただ、ヘルムホルツが最有力候補の一人であることは確かでしょう。今日の理科教科書にあるように、まず力学的エネルギー保存の法則を考え、そこから一般的なエネルギー保存の法則に広げていくという進み方の原型は、今回紹介したヘルムホルツの論文にあると言ってよさそうに思います。

原典についての参考情報

- James Joule, “On the Calorific Effects of Magneto-Electricity, and on the Mechanical Value of Heat,” 1843. / 【日本語訳】 杉山滋郎訳「磁電気の発熱作用について、および熱の仕事当量について」、『科学の名著 近代熱学論集』（朝日出版社、1988年）所収。
- Julius Robert von Mayer, “Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur,” 1842. / 【日本語訳】 杉山滋郎訳「生命なき自然界における力についての考察」、『科学の名著 近代熱学論集』（朝日出版社、1988年）所収。
- Hermann von Helmholtz, *Über die Erhaltung der Kraft*, 1847. / 【日本語訳】 高林武彦訳「力の保存についての物理学的論述」、『世界の名著 現代の科学 1』（中央公論社、1973年）所収。

教育に
新しい風を

「しま」という教育フィールド



長崎県立大学特任教授・学長補佐

本田 道明 / ほんだ みちあき

● はじめに

令和2年3月に定年退職し、現在、縁あって長崎県立大学に勤務しています。長崎県の高等学校数学の教員として採用され、あっという間に38年間の過ぎました。大学では何を教えているのかと聞かれることがよくあります。「しま」を題材にした全学必修の講義・演習をしていますと答えています（その他にも講義や役職業務を持っています）。長崎県は日本一の離島県と呼ばれており、県立大学としての特色を「しま」を題材にして出しているものです。せっかくの機会を頂戴しましたので、「しま」にまつわる話を少し記させていただきます。

● 「しま」の校長

長崎県には2次離島も含めて、離島設置の高等学校が13校あります。私の校長としての最初で最後の勤務校が対馬にある長崎県立対馬高等学校でした（最初で最後というのは、校長から教育委員会に戻り、そのまま定年退職を迎えたからです）。対馬高校には離島留学制度があります。生徒を全国募集し、全国の公立高校で唯一、韓国語を学ぶ国際文化交流科を設置しています。ちなみに長崎県には、五島、壱岐にも離島留学で中国語やスポーツなどの学びが出来る5つの学校があります。最近では全国で数多く導入され、なかでも島根県の隠岐島前高校がメディアで取り上げられ有名ですが、島の地元行政と一体になって運営する離島留学制度は、長崎県が最初に取り組み全国に先駆けたものです。この制度が始まった当時、本土部の学校で教務主任をしており、離島留学という言葉、韓国語、中国語などを教育課程に位置付けるということに驚いたものでした。年数がたち制度に対する評価はさまざまで、生徒募集も頭打ち、存続の可否を議論すべきなどの意見を耳にしながら赴任しました。1年目の前半、離島留学導入当時の理念や現状の課題を地元住民の皆さんを中心に聞き取りました。離島留学で入学した生徒は既存の寮には入れず里親（下宿）の下で生活しますが、その里親さんの高齢化と新規開拓の難しさ、卒業後の進路先として韓国釜山の大学に進むことが多いものの国内やソウルなどへの進学希望者がおりその対応と進学先の新規開拓、生活環境の変化による生徒指導の問題、全国から入学した生徒への経済的な支援の必要性などが見えてきました。しかし、なにより、地元は存続と活性化を望んでいることを知っ

たことが大きな収穫であったと思います。1年目の後半、県・地元行政・学校の協議会を10年ぶりに開き、地元行政からの新たな補助制度の創設、既存の寮と里親の併用に加え生活支援と生徒募集支援を担うコーディネーターの採用など、制度の充実を図ることで、次年度からの生徒募集の増加にも結び付けることが出来ました。私の転出後になりますが、普通科のコースから現在の国際文化交流科として募集定員を増やし、新たなスタートを切っています。また、離島留学の聞き取りの中で、離島留学以外の学校の特色づくりの必要性も感じ取りました。創立110年を迎えようとする歴史ある学校に教育活動の新たな風を吹かせたいという思いもあり、対馬の自然環境や韓国との交流などを活用することで、ユネスコスクールの認定を目指して、教育内容の再構築に取り組みました。私の在任中には間に合いませんでしたが、転出直後の5月に認定され、対馬市や環境省との協定を締結し組織的な支援を受け、今は新たな展開としてSDGsへ繋がっています。目まぐるしい2年間の在任でしたが、対馬という「しま」ならではの教育活動の充実に力を注ぐことが出来た濃密な校長生活でありました。

● 大学での「しま」の学び

冒頭に記したとおり、長崎県の「しま」の講義と演習を受け持っています。私の前任の方が作られたプログラムで、地方創生の国の事業の一環として始まったものです。県立大学というものの、県内出身者と県外出身者は、ほぼ半数ずつの大学です。講義科目で、まず長崎県の「しま」の現状と課題や国・県の施策などを学び、学生は指定した7つの「しま」から1つの「しま」を、人口問題や交通問題など指定した8つの「領域」から1つの「領域」を選び、6人程度のグルーピングをして、選んだ「しま」の課題と振興策などを議論します。次に、演習科目では、議論した課題や振興策の検証のために5日間の「しま」でのフィールドワークを行い、最終的な振興策（課題解決策）を作り「しま」へ提案するというものです。「しま」の行政、各「しま」に置いているコーディネーターからの情報提供や助言を受けながら振興策を練り上げていきます。これが通常のプログラムですが、私が担当してからの2年間、新型コロナウイルス感染症の影響を受け、フィールドワークが実施出来ずに残念に思っています。この2年間は、講義科目、演習科目を一時的に再構成し、代替措置と称して行っています。仮の姿の講義・演習で

すが、これはこれで意味があると感じている2年目です。講義科目は個人で取り組みます。1つの「しま」と1つの「領域」を決めさせ、課題把握のためにデータ検索と分析を行い、解決策を考えます。例えば、経済産業省が提供している地域経済分析システム RESAS を使い、人口動態、人口構成、産業構成などのデータを読み取り課題を見つけ出す。ピラミッドチャートなどを用いた課題の絞り込み、ロジックツリーなどを用いて解決策を考えるなど、学生が知っていそうで知らないことを体験させる講義・演習を行っています。いわゆる PBL 学習を実践しているものと思っています。おそらく、令和4年から始まる学習指導要領で学んだ高校生は、このような学びを深く経験して入学して来ることになるのかもしれませんが。演習科目では、講義科目で作成した1つの「しま」の振興策をもとに6人程度のグルーピングをして、グループとして新たな振興策を再構築していきます。講義科目で培ったスキルが、グループ活動で活かされている様子が見えています。まさに、「主体的で対話的な深い学び」を大学生として深化させているように見えたところです。また、データの検索と選別・解析・分析は、データサイエンスの基礎的な一部を担っているのではないかと思います。「しま」という長崎県の資源を題材にした、課題解決力を身に付けさせる教育効果が高い講義・演習に携わっているものと自負しています。

● 最後に

いつの間にか、「しま」に関わるが多くなった定年退職前後の自分がいます。高等学校の数学の教員であったはずだがと教育行政に異動した頃から考えることが度々ありましたが、学校経営、行政業務、さまざまな経験をさせていただいたことが、新たな自分の姿に結びついていると思っています。今、大学で授業をしている講義・演習は、「しま」のみならず長崎県、全国の大きな喫緊の課題です。人口減少、少子高齢化、担い手不足となった地方産業はもちろんのこと、居住の姿までが変わったコミュニティーの存続など、解決策を探せども探せども辿り着かない永遠の課題になりつつあります。その中で、いくらかでも、若者の発想が地方創生・振興のヒントになることが出来れば、これ以上のやりがいを感じるものはないと思っています。定年退職後の第2の人生で、このような仕事に関わることに幸せを感じつつ、終わらせていただきます。❖

子たちに力を!

～子どもに寄り添った多様な支援の実現をめざして～

■「教育活動総合サポートセンター」とは

「教育活動総合サポートセンター」は、平成16(2004)年に川崎市の退職校長会の有志が、不登校の子どもたちへの学習支援・教育相談を目的として立ち上げたNPO法人です。

法人設立以来、『子たちに力を』を理念に、学校・家庭・地域の連携、教育と福祉等関係機関の連携を深め、青少年健全育成のために、多面的で継続的、柔軟な支援活動を進めてきました。教育・福祉に係る相談等支援、適応指導、学習支援、特別支援教育、体験活動等、研究研修等、青少年の健全育成を図るための環境整備、講演会の企画運営、文化・スポーツ活動推進の9つの事業を展開しています。

現在、教員のOBを中心に65名の所員が、26の事業に取り組んでいます。このうち、5つの「自主事業」は所員が毎月出し合う「賛助金」などでまかなっています。なお、平成27年度には認定NPO法人となり、所員の「賛助金」、PTA・企業・個人等から運営資金としていただいている「寄付金」は、税制上の優遇措置のあるものになりました。

■子どもへの学習支援・居場所づくりの活動

◆こどもサポート宮ノ下 ☎044-877-0553

〒213-0033 川崎市高津区下作延5丁目11番8号

学校に行けないけれど勉強のことが気になっている子、学校に通っているけれど、勉強の遅れが気になる子、家庭以外の居場所を探している子など、本人・保護者などの相談にのり、学習を中心とした支援をしています。

開所日：月曜日の午後、火～金曜日の週5日

開所時間：9時～17時

○学習支援の工夫

・相談担当と学習支援担当は、子どもについての情報を共有し、子どもに寄り添った支援の充実を図っています。



認定特定非営利活動法人
教育活動総合サポートセンター理事長

前田 博明 / まえだ ひろあき

○在籍校への月例報告

・通所が決まったら、保護者・子どもの了解を得て在籍校に知らせています。保護者・子どもの希望を確認し、通所回数、学習状況を毎月在籍校に報告し、学校で出席扱いにしてもらいます。

◆こどもサポート南野川

〈事業コンセプト〉やればできる 踏み出してみよう“まず一歩”

平成21年4月、宮前区の「0歳から18歳までの包括的こども支援事業」の一環として設置され、教職経験のあるスタッフが不登校・引きこもり児童生徒の生活や学習の支援をしています。

開所日：火～金曜日(週4日)

開所時間：9時～16時

○主な活動内容

- ・主要教科の学習
- ・理科実験・調理実習など、小中一緒のグループ学習
- ・畑の仕事、収穫物を活用してのジュースやジャム作り他



図1 元市立小学校付属幼稚園舎

◆こどもサポート旭町

〈事業コンセプト〉STEP & GO!

川崎区役所地域みまもり支援センターの事業委託を受け、平成22年4月に開設しました。川崎区に在住する不登校の子ども(小学生～高校生)が安心して過ごせる居場所として、教職経験のあるスタッフが子どもや保護者のサポートをしています。

開所日：月～木曜日(週4日)

開所時間：10時～16時

○主な活動内容

- ・自分の計画で過ごす活動
……学習、読書、絵画など
- ・ふれあい活動……スポーツ、ゲーム、調理など



図2 旭町こども文化センター

■ たのしいキッズセミナー・サイエンスキッズ

◆たのしいキッズセミナー

(公益財団法人川崎市生涯学習財団受託事業)

- 1 目的 子どもたちの学習意欲を喚起し、基礎学習、発展学習、体験学習、実験などを取り入れ支援します。
- 2 対象 川崎市内小学3年生から6年生
例年、国語、算数、図工、英語、理科、音楽、PC関係のセミナーを開催している。コロナ禍になる前の一昨年は、854名の参加がありました。

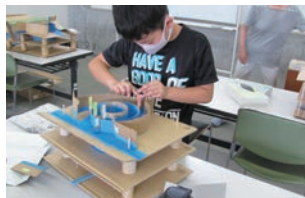


図3 社会科円筒分水模型づくり



図4 葉脈標本と押し花のしおり

◆サイエンスキッズ

(東京応化科学技術振興財団助成補助事業)

- 1 目的 今年で16年目となる活動で、科学教育の普及・啓発のために、科学技術や理科に興味を持った青少年を育成することを目的としています。特に、市内在住の小学生を中心に、ものづくりや自然探究の経験を継続し、学校教育を後方から支援しています。
- 2 活動について
 - ① 出前科学教室(6月～11月)
学校に出向き、放課後やクラブ活動の時間に体験活動プログラムを行っています。
 - ② サイエンスキッズ講座(1月～2月)
活動例としては、「磁気浮上ケーブルカー」「偏光万華鏡」「プロペラ船と車」などがあります。



図5 磁気浮上ケーブルカー



図6 偏光万華鏡

■ 教職員・市民等を対象にした活動

◆文化講演会: 認定を受けてから毎年12月に開催。

- ・日時 令和2年12月12日(土) 14:00～16:00
- ・場所 川崎市総合教育センター
- ・令和2年度テーマ「3.11を学びに変える」
- ・講師 佐藤 敏郎氏(Smart Supply Vision理事)
- 【参加者】127名(教職員・保護者・一般市民)

◆研究報告会: 設立から継続して、毎年2月中旬に開催。

- ・日時 令和3年2月20日(土) 14:45～16:45
- ・場所 川崎市総合教育センター
- ・令和2年度テーマ
子どもに寄り添った多様な支援の実現に向けて
～不登校の子どもの不安を受け止めるために～

◆学校への教育サポーターの配置 [川崎市教育委員会学校教育部受託事業]

- ・令和2年度のサポーター登録者602名(大学生307人 教員経験者160人 地域協力者135人)
- ・サポーター研修会 6月・11月

◆臨時的任用教員研修等への指導員配置 [川崎市教育委員会教職員人事課受託事業]

- ・各学校に巡回指導員を配置し、臨時的任用教員等の資質の向上を図っています。
- ・対象: 採用1年目の臨時的任用教員等
- ・臨時的任用教員研修等指導員連絡協議会(全3回)
- ・指導員数 41人(令和2年度)

■ まとめ

子どもたちだけでなく、保護者の支援も大切だと考え、随時面談や相談を行っています。その他に、「支援を必要とする子どもの保護者の会」を年間3回実施しています。❖

.....編集後記.....

コロナ禍の中、オリンピック・パラリンピックが1年遅れで開催されました。選手の皆さんの頑張りと活躍に感動した方も多いのではないでしょうか。次回も引き続き、「令和の日本型学校教育」について特集します。



アマーリエ・エミー・ネーター ～数理科学へ絶大に貢献したネーターの定理～

サイエンスナビゲーター® 桜井 進/さくらい すむむ

1915年と言えば、物理学を知る者ならばアインシュタインの一般相対性理論が発表された年と即答するだろう。同じ年、そのアインシュタインを驚かせる数学の発見があった。それがネーターの定理。場の理論において、系の対称性が保存量の存在を意味するという定理である。年が同じなのは偶然ではない。驚くべきことに、エミーはゲッチンゲンでヒルベルトとともに発表されたばかりの一般相対性理論を検討している過程でネーターの定理を発見した。アインシュタインの驚きは想像に余り有る。

物理学に最も価値ある貢献をした数学者(アインシュタイン)

アマーリエ・エミー・ネーターは1882年3月23日、ドイツのエルランゲンでユダヤの家系に生まれた。父親はエルランゲン大学教授で、代数幾何学の業績で知られるマックス・ネーターである。幼少時のエミーは、少し吃音があり、強度の近視で、男勝りのお転婆だった。エルランゲンの州立女子高時代のエミーは、フランス語・英語そしてダンスに夢中だった。1900年、18歳のエミーはフランス語と英語の教員試験に合格するも、大学に通いたいと思うようになる。父がいるエルランゲン大学の聴講生になった。1903年、エミーはそこで、ミンコフスキー、クライン、そしてヒルベルトの講義を聴いた。このころようやくエルランゲン大学でも女子も正規学生となることが認められた。数学者になる決意を抱いた彼女が最初に取り組んだテーマは不変式論である。鬼のような計算を伴う不変式論の学位論文が完成した。巻末に300以上の不変式の表がついている自身の学位論文を本人は晩年に「がらくた」「方程式のジャングル」と吐き捨てることになる。それもそのはず、エミーが突き進むことになった数学はそれとは真反対の抽象数学だからである。

ヒルベルト空間——リース・フィッシャーの定理で知られるエルンスト・フィッシャーこそ、エミーを計算数学からヒルベルト風抽象数学へと大きく転回させた人物だ。1915年、33歳のエミーはヒルベルトとクラインに招かれてゲッチンゲン大学へ移った。しかし、彼女を女性教員として受け入れることを断固拒否される事態となる。ヒルベルトは文部大臣

にまで直訴したがだめだった。憤慨したヒルベルトは叫んだ。「私講師にするのに、候補者の性が問題にされるなどということは、私には理解できない。これは大学の問題で、浴場の問題ではない!」。このような苦境の中、アインシュタインを驚かせる定理をエミーは証明してみせた。ネーターの定理に世界中の物理学者と数学者は驚嘆の声をあげた。

これは現代物理学の発展を導くうえでこれまでに証明された最も重要な数学の定理の1つであり、ピタゴラスの定理に匹敵するだろう。

(物理学者レオン・レーダーマン、クリスファー・ヒル)

20世紀の数学の最も特徴的な革新の1つである抽象代数の開発は、おもに彼女によるものです。

(数学者ネイサン・ヤコブソン)

ヒルベルトのおかげでエミーは1919年にゲッチンゲン大学の助教授になり、抽象代数学に突き進んでいく。1921年(39歳)「環のイデアル論」において可換環のイデアル論を強力な道具へと発展させた。

1927年、45歳以降、彼女の研究は超複素数と非可換多元環に集中していく。19世紀から20世紀初頭になされた超複素数と群の表現の研究には共通点がなかった。エミーはこれらの研究を統合し、群と多元環の初めての表現論を与えた。1929年(47歳)「多元数とその表現論」は現代代数学の発展に基本的で重要な古典的論文となった。エミーの弟子ファン・デル・ヴェルデンの言が彼女の仕事を見事に語っている。

彼女はどんな定理、どんな証明も、それが抽象的に把握され、彼女の心の眼に、透明清澄なものとなり切るまでは、決して納得し了解することができなかった。

1932年、50歳のエミーはブラウアー、ハッセとともに「多元論環の基本定理の証明」を著し、有限次代数体上の正規多元体は巡回多元環であるという長年の予想をついに証明した。

1933年、ヒトラー率いるナチスの台頭によりゲッチンゲン大学を追われたエミーはアメリカに渡った。彼女の研究熱は冷めるどころか新天地でさらに数学に集中していった。彼女のアパートに学生を集め、取り組んだテーマが類体論だった。1934年、エミーはプリンストン高等学術研究所で講義・研究を始めた。1935年、これからという矢先、彼女に腫瘍が見つかった。数日の内に容態が急変し、4月14日にアマーリエ・エミー・ネーターは53年の生涯を終えた。

エミーの数学、その影響の大きさははかりがたい。愛弟子ファン・デル・ヴェルデンが師エミーを語る言葉が響く。

absolute beyond comparison (比較を超えて絶対的)