

日本の理数科教育をサポートする

Rimse

Research Institute for Mathematics and Science Education

No.

33

February

2022

特集 「令和の日本型学校教育」の構築を目指して II

塩野直道記念 第9回「算数・数学の自由研究」作品コンクール 受賞作品の発表



Contents

表紙裏

巻頭言

中学生の瞳

国立研究開発法人 理化学研究所 理事 小安 重夫

卷頭言

Kantougen

特集 「令和の日本型学校教育」の構築を目指して II

- 2 **I 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**
～Schools for the Future～「未来思考」で実空間の価値を捉え直し、
学校施設全体を学びの場として創造する～
文部科学省 大臣官房文教施設企画・防災部 企画調査官 廣田 貢
- 6 **II 「個別最適な学び」と「協働的な学び」の実践例**
GIGAスクール構想が目指す学びのDX
文部科学省 初等中等教育局 修学支援・教材課長 安彦 広齊
- 10 **III 「個別最適な学び」と「協働的な学び」の実践例**
[幼児教育] 文部科学省 初等中等教育局 幼児教育課教科調査官 小久保 篤子
[特別支援教育] 文部科学省 初等中等教育局 特別支援教育課長 山田 泰造

塩野直道記念

第9回「算数・数学の自由研究」作品コンクール

受賞作品の発表

- 15 受賞者一覧
20 作品の審査を終えて－中央審査委員からのメッセージ
22 表彰の集い
23 最優秀賞・優秀賞・特別賞－受賞作品の紹介と講評－

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7回

大気の流れから見えること

開成中学校・高等学校 教諭 有山 智雄

連載 統計の見方・読み方・使い方 第10回

成長曲線で学ぶ

基本統計量の種類と活用 I

立正大学 データサイエンス学部 教授 渡辺 美智子

連載 物理法則の科学史 第10回

オームの法則

一橋大学大学院 言語社会研究科 准教授 有賀 暢迪

教育に新しい風を ～東京懇談会より～

コロナ禍における学びの保障

～学校が直面する課題と教員の資質・能力の向上～

元 全日本中学校校長会 会長 大江 近

広場 地域教育で活躍する人々 第32回

若い教師が学ぶ」ではなく、「若い教師と共に学び合う」 自主セミナーであること

若い教師と共に学び合う自主セミナー 事務局長 植木 忠佑

数学と言葉 第1回(新連載)

「可能性」の言葉使い その1

「可能性が高い」それとも「可能性が大きい」

サイエンスナビゲーター® 桜井 進



国立研究開発法人 理化学研究所 理事

小安 重夫 / こやす しげお

1955年生まれ。1983年理学博士号(東京大学大学院理学系研究科)。その後、ハーバード医科大学病理学教室 Assistant Professor, 慶應義塾大学医学部 微生物学・免疫学教室 教授, (独)理化学研究所 総合生命医科学研究センター長を経て、2015年より現職。専門は免疫学で、研究テーマは自然免疫。主な著書に『免疫学はおもしろい』『新T細胞のイムノバイオロジー』『免疫学はやっぱりおもしろい』などがある。

中学生の瞳

先日、教え子が教鞭を執る中学校で授業をした。高校生に授業をしたことは何度かあったが、中学生は初めてだった。

新型コロナウイルスで最も大きな影響を受けた現場の一つが学校だろう。慣れないリモート教育や時差登校など、児童生徒のみならず現場の教員もひとかたならぬご苦労をされている。授業に伺った中学校では、毎年近隣の企業や工場などに協力を仰ぎ、2年生の生徒がさまざまな職業に触れる機会を設けていたのだが、コロナ禍のため現場へ出向くことが叶わなくなってしまった。そこで、企業の方々を学校へ招き、さまざまな職業の現場を紹介してもらう「職業講話」を始めたという。それであれば、必ずしも近隣の企業や団体でなくとも構わないということで、小生に科学研究の現場を紹介して欲しいという依頼が来たわけである。

さて、何を話すか。自分の専門は免疫学であり、新型コロナウイルスやワクチンの話は興味を持ってもらえるだろうが、どのように話をするか。また、研究現場の雰囲気をどのように伝えるか。理科離れということが言われている今だからこそ、研究の面白さを伝えたい。医学生に免疫学の講義をしていた頃よりも時間をかけて準備した。

まず、はしかや水ぼうそうなどを例にとって一度かかったら二度とかからないという「二度なし」の不思議をわかり易く説明するためのスライドを一生懸命作った。また、研究現場の雰囲気を少しでも知ってもらおうと、研究室のメンバーに協力してもらい、実験のビデオを撮影した。

さて、当日。学校の控え室には保育所やメーカーなどいろいろな現場から来られている方々が私を入れて7組おられた。7つの講話があり、生徒は好きな講話2つに申し込んでいた。我々は生徒を入れ替えて授業を2回するのである。しばらくすると生徒の代表が迎えに来て、一組ずつ教室へ順番に案内してくれた。自分の番が来て2人の女子生徒が連れて行ってくれた教室には20人弱の生徒が待っていた。始めるまでに時間があつたので1人ずつ簡単に自己紹介をして貰い、授業を聞こうと思った理由を聞いてみた。理科が好きな子、好きだけど苦手な子、いろいろだったが、1人の男子生徒が「有名な理化学研究所から来てくれるというのでは是非聞きたいと思いました。」ハードルが上がった。こりゃ、大変だ…。

チャイムが鳴り、いよいよ授業開始。まずは、自分がどうし

て研究者になったかという話をした。小中学生の頃に「なぜアゲハチョウには尻尾があるのにジャノメチョウにはないのだろう?」「ジャノメチョウにはなぜ目玉のような模様があるのだろう?」という疑問を持っていたことを話し、好奇心が自分を研究者にしたことから話を始めた。チョウに対する興味はその後消えてしまったが、30年位たった頃にジャノメチョウの目玉の模様を形成する遺伝子ネットワークが明らかになった論文を読んで感動したことをオチにした。本格的に免疫の研究を始めたのは米国に留学してからだが、米国ではさまざまな国から来た人と交流して、いろいろな文化に触れられたことが自分に大きな影響を与えた。これを伝えようと、現地で所属していたサッカーチームの写真、12ヶ国から来た13人が写っている写真を示しながら語った。その後に「二度なし」現象がワクチンの原理であることを説明し、さらに研究室のビデオを使って研究者がどのような生活をしているかを紹介した。40分はあっという間だった。

その後の5分間は質問対応の時間だった。話が難しくて何も質問がないかもしれないと思っていたが、何の何の、いろいろな質問が出た。しかも本質に迫る何気ない質問から自分が研究者になるにはどうしたらよいか、というような質問まで沢山聞かれて感激した。生徒が入れ替わってもう一度同じ授業をしたが、2回目も同じようにいろいろと質問された。しかし、2回の授業中に何より感激したのは生徒たちの目であった。何とキラキラと輝く瞳だろうか。大学の講義では見たことがない。また、授業が終わった後も「面白かった!」と興奮して話しかけてくれる女子生徒や、「自分は研究者になりたいので頑張ります!」といってくれた男子生徒。授業を引き受けて本当に良かったと心から思えた。彼らの中から将来研究の道に進む子が1人でも出てくれたらこれほど幸せなことはない。

自分が中学生の頃、皆に好かれる熱心な先生がおられ、よく「君らのキラキラした目を見ると頑張れるんだ」と言っていたことを思い出し、50年が経って得心がいった。

中学生の授業が終わったと思ったら、今度は小学生に授業をして欲しいという依頼が来た。河合隼雄さんと梅原猛さんが書かれた『小学生に授業』(小学館文庫)の中に、小学生に授業ができるようでは大学の教授は務まらない、という一文があるが、まだしばらく試練は続きそうである。



「令和の日本型学校教育」の構築を目指してⅡ

I 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

～Schools for the Future－「未来思考」で実空間の価値を捉え直し、学校施設全体を学びの場として創造する～

文部科学省 大臣官房文教施設企画・防災部 企画調整官

廣田 貢 / ひろたみつぐ

2001年に文部科学省入省後、岡山県教育委員会生涯学習課長、初等中等教育局参事官補佐、日本スポーツ振興センター新国立競技場設置本部施設企画課長を歴任後、2020年より現職。



1人1台端末環境や少人数学級の実現などにより学びの在り方が大きく変わる中、文部科学省では、有識者会議を設置し、新しい時代の学びを実現するための学校施設の在り方について検討を進めてきた。ここでは、昨年8月に取りまとめられた中間報告*の概要を中心に紹介する。

I ◆ 新しい時代の学びと学校施設を巡る課題

急速な少子高齢化や人口減少、いわゆる Society 5.0 時代の到来などにより、社会情勢が大きく変化するとともに、新型コロナウイルス感染症の感染拡大など先行きが不透明な時代にある。このような中で、学校教育には、一人一人の児童生徒が自分の良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。

昨年1月の中央教育審議会答申では、2020年代を通じて実現すべき「令和の日本型学校教育」の姿を示すとともに、すべての子供たちの可能性を引き出し、個別最適な学びと、協働的な学びを一体的に充実するための改革の方向性を示したが、新しい時代、学びはどのように変化していくのだろうか。

個別最適な学びと協働的な学びを一体的に充実するためには、学校教育の基盤的なツールとして、ICT環境の整備とその活用が不可欠となる。端末を文房具のように活用すること

で、学びの可能性が多様に広がっていく。

1人1台端末・高速大容量ネットワークが広げる学びの姿のイメージ例

- ・学級単位で一つの空間に閉じた黒板とチョークによる一斉授業だけでなく、クラウドなどを活用して教師と子供、子供同士がつながり、タブレットを片手に教室という空間を超えて学びを深めることができる
- ・離島中山間地域の学校など、複数の学校がネットワーク化され、協働して学習に取り組むことができる
- ・学習履歴などを活用したきめ細かい指導を充実し、学習を改善することができる
- ・ICTを活用し、多様な児童生徒の状況などに的確に対応した個別最適な学習に取り組むことができる（不登校児童生徒や病気療養児に対する学習指導の充実など）

こうした新しい時代の学びの可能性を想像しながら、その実現に向けて、学校施設を捉え直していく必要がある。

他方で、新型コロナウイルス感染症の感染拡大を経験する中、有識者会議では、改めて、学校が学習機会と学力を保障する役割のみならず、児童生徒にとって安全・安心な居場所を提供するという福祉的機能や、児童生徒の社会性・人間性を育む社会的機能を有するなど、その役割・在り方を改めて認識するとともに、児童生徒がともに集い、学び、生活する学校施設という実空間の価値を共有した。

現在の学校施設に目を転じると、学級単位で黒板を向いた一斉授業を前提に、片廊下一文字型の画一的な学校施設が整備されるとともに、省エネルギー性能やバリアフリー化など

の質的な整備が図られていないものが多い状況にある。また、昭和40年代後半から50年代に建設された小中学校施設が多く、約8割の施設が築25年を経過し老朽化しているなど、安全面で課題を抱えている施設が多い状況にあり、学校施設が直面する課題をしっかりと見つめ、克服していく必要がある。

2 ◆ 新しい時代の学びを実現する学校施設の姿

有識者会議では、これからの中学校施設は、新しい時代に対応した学びの姿を実現していくことを基本とし、それらを具現化する施設環境を創造していく必要性を確認した。中間報告では「Schools for the Future—『未来思考』で実空間の価値を捉え直し、学校施設全体を学びの場として創造する」をキーコンセプトとして提言している。

すなわち、子供たちがともに集い、学び、生活する実空間として、また、他者と協働し、直面する未知の課題に対して学び合い、応え合う共創空間として、どのような学びを実現したいか、どう学びに対応するか、関係者が新しい時代の学び舎づくりのビジョン・目標を共有しつつ、「未来思考」をもって実空間を捉え直す必要があることを示したものである。

子供たちにとって「明日また行きたい学校」となるために、また、そこに集う人々にとって「いきいきと輝く学校」となるために、学校施設全体を学びの場として捉え、魅力ある学び舎を創造していく必要がある。

有識者会議では、上記のキーコンセプトに立った上で、これからの中学校施設が目指すべき姿として、図1のような5つの方向性（学び、生活、共創、安全、環境）を示した。

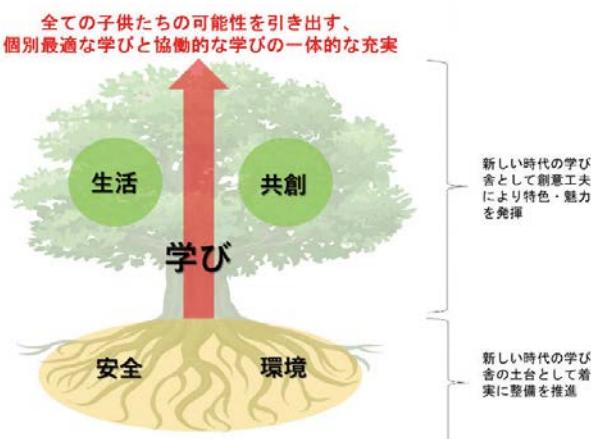


図1 これからの新しい時代の学び舎として目指す姿のイメージ

2.1 ◆ 学び—柔軟で創造的な学習空間を実現する

ここでは、学びの多様化に伴って、その基盤となる学習空間も、画一的・均質的なものから、個別最適な学びと協働的な学びの一体化的充実に向け、柔軟で創造的なものに転換していく必要性を提言している。具体的には、i) 1人1台端末環境などに対応したゆとりのある教室の整備（既存の面積資源の有効活用・再配分など）、ii) 多目的スペースの活用による多様な学習活動への柔軟な対応、iii) ロッカースペースなどの配置の工夫などによる教室空間の有効活用、といった方策を示している（図2, 3）。



図2 多様な学習活動が展開できる空間のイメージ



図3 学習活動に柔軟に対応できる多目的な空間のイメージ

このほかにも、特別教室の一部を改修し、高度な学びを诱发する創造的な教室（複数面のプロジェクタ付きスクリーン、可動式机・椅子など）やSTEAM教育など教科等横断的な学習に対応した特別教室の配置、読書・学習・情報のセンターとなる学校図書館（ラーニング・コモンズ）の整備、教職員のパフォーマンスを最大化するための執務空間など、さまざまな創意工夫の例も挙げて整備の考え方を示している（図4, 5）。



図4 高度な学びを誘発する創造的な教室のイメージ



図5 読書・学習・情報のセンターとなる図書館のイメージ

2.2 ◆ 生活－健やかな学習・生活空間を実現する

ここでは、豊かな学習・生活空間の場となるよう、ゆとりと潤いのある居心地のよい学校施設として、子供たちの居場所となる温かみのあるリビング空間づくりを提言し、木材の積極的な利用や児童生徒のリフレッシュの場、小空間・コーナーなどの空間の整備などの方策を示している。また、新型コロナウイルス感染症の拡大防止の観点から、健やかに学習できる衛生環境の整備を行うこととし、体育館も含めた空調整備、トイレの洋式化・乾式化、手洗い設備の非接触化、健康教育の中心となる保健室の整備充実などの方策を示している。

2.3 ◆ 共創－地域社会と連携・協働する共創空間を実現する

ここでは、地域コミュニティの拠点、地域住民の生涯学習の場として、学校と地域や社会が連携・協働し、ともに創造的な活動を企画・立案したり、交流したりするための「共創空間」づくりを提言している。また、将来のまちづくりや地域活性化などの観点から、他の公共施設との複合化や、施設・設備の共用化・集約化などについても提言している。

2.4 ◆ 安全－安全・安心な教育環境を実現する

未来を担う子供たちの命を守るために、安全・安心な教育環境を確保することは、新しい時代の学びを実現する大前提であり、老朽化対策などを着実に推進するとともに、地域の避難所としての役割を果たす必要がある。ここでは、非構造部材も含めた耐震対策や、老朽化した学校施設の長寿命化対策、自家発電設備や情報通信設備、バリアフリー化、水害対策などの防災機能の強化について提言している。

2.5 ◆ 環境－脱炭素社会の実現に貢献する教育環境を実現する

2050年脱炭素社会の実現に向けて、学校施設の省エネルギー化や再生可能エネルギーの導入などの積極的な推進が一層求められている。ここでは、エコスクールの取り組みの深化・充実や、年間のエネルギー消費量の収支をゼロにすることを目指した「ZEB」（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）を推進すること、木材利用を積極的に推進することを提言している。

3 ◆ 学校施設整備の推進方策

以上のような新しい時代の学びに対応した学校施設の姿を実現するため、学校設置者と国がともに「未来思考」をもって互いに連携・分担し、一体的に取り組みを推進することが重要であり、中間報告では、それぞれの推進方策を提言している。

3.1 ◆ 学校設置者における推進方策

- 1) 長寿命化改修等を通じ、新しい時代の学びに対応した教育環境向上と老朽化対策を一体的に推進する
- 2) 首長部局と協働し、中長期的視点から計画的・効率的な整備を推進する
- 3) 多様な整備手法等も活用し、施設整備と維持管理を着実に推進する
- 4) 学校関係者等の参画により、豊かな学びの環境整備を推進する

推進方策のうち、特に、1)については、長寿命化改修等の機会を通じ、構造躯体の経年劣化の解消や外壁の補修などの老朽化対策を着実に図った上で、多様な学びを実現する柔軟で創造的な学習空間の整備や、脱炭素化、バリアフリー化など、総合的な教育環境向上のための整備を行うことを提言している。

また、4)については、創意工夫や特色・魅力ある豊かな教育環境を実現するために、学校施設の計画・設計において、学校の教職員や児童生徒、保護者、地域住民等の関係者も参加し、どのような子供たちを育てたいか、どのような学校施設を実現し活用していくかなど、施設づくりの目標を共有し、合意形成を図っていくプロセスを提言している。

3.2 ◆ 国における推進方策

- 1) 学校施設スタンダードの提示
- 2) 学校施設整備の優先度の可視化と計画的・効率的整備の促進
- 3) 学校施設整備のための財政支援制度の見直し・充実
- 4) 学校施設整備・活用推進のためのプラットフォームの構築
- 5) 先導的モデル研究を通じた新たな学校施設モデルの提示
- 6) 学校施設整備指針の改訂

推進方策のうち、特に、3)については、新しい時代の学びに対応した教育環境向上と老朽化対策の一体的な推進や学校施設のZEB化などを促進するため、国費による十分な財

政措置や単価の引き上げなど、既存の補助制度の見直し・充実を提言している。文部科学省はこの提言を踏まえ、令和4年度予算案において財政支援制度の見直しなどを盛り込んでいる(図6)。

4 ◆ 教職員による学校施設の活用・改善の視点

ここまで有識者会議の中間報告と国の動きについて紹介した。提言の中心は地方公共団体などの学校設置者に向けたものだが、同提言では、今後の学校施設において、良好な環境を「いかに整備するか」に加え「いかに活用するか」「いかに改善するか」という視点が一層重要である旨も言及している。校長のリーダーシップの下、教育課程や日々の教育活動とともに、スペースの有効活用など物的環境の整備・改善について一体的にマネジメントされることで、学習効果を最大化させる取り組みの促進が期待されており、国においても、施設の有効活用のノウハウ・アイディアを蓄積・発信していくなどにより、子供たちにとって「明日また行きたい学校」となる魅力ある学び舎づくりが広がっていくよう支援していきたい。

*イメージ図はいずれも「学校施設の在り方に関する調査研究協力者会議」中間報告(R3.8.20)より引用。以下の図は文部科学省予算案資料より引用。



図6 公立学校施設の整備

II 「個別最適な学び」と「協働的な学び」の実践例

GIGAスクール構想が目指す学びの DX

～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～

文部科学省 初等中等教育局 修学支援・教材課長

安彦 広斎 / あひこ こうせい

1968年山形県鮭川村生まれ。1995年文部省（現文部科学省）に採用後、初等中等教育局、高等教育局、総合教育政策局などにおいて、主として教育の情報化や教員政策に関する業務に従事。2021年10月から、高校生の修学支援や小中学生の就学援助、GIGAスクール構想におけるICTの基盤整備、教材整備、デジタル教科書の基盤整備などを担当。



1 ◆ 急激に変化する時代の中で育むべき資質・能力

『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(2021)年1月中央教育審議会。以下、「本答申」という）においては、『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てあらゆる産業や社会生活に取り入れられた Society 5.0

背景にある世界の変化

①世界の不確実性の高まり

- 英国のEU離脱、米中貿易戦争、各国の自国優先の動きなどに加えて、最近は新型コロナの影響で、世界の不確実性がかつてないほどの高まり。



（出所）Scotto Baker, Nick Bloom, and Steven Davis, "Economic Policy Uncertainty Index"より作成

図1 世界の不確実性の高まり

第28回産業構造審議会総会（資料2）より

時代が到来しつつあり、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。また、学習指導要領の改訂に関する「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について（答申）」（平成28（2016）年12月中央教育審議会）においても、社会の変化が加速度を増し、複雑で予測困難となってきていることが指摘されたが、新型コロナウイルス感染症の世界的な感染拡大により、その指摘が現実のものとなっている。』とされ、このことは、経済産業省の第28回産業構造審議会総会の資料においても「世界の不確実性の高まり」として示されている（図1）。

また、本答申では、社会の在り方が劇的に変わる「Society 5.0時代」の到来、新型コロナウイルスの感染拡大など先行き不透明な「予測困難な時代」など、『このように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』おり、『これらの資質・能力を育むためには、新学習指導要領の着実な実施が重要』であり、『ビッグデータの活用等を含め、社会全体のデジタルトランスフォーメーション（DX）加速の必要性が叫ばれる中、これからの中学校教育を支える基盤的なツールとして ICT はもはや必要不可欠なものであることを前提として、学校教育の在り方を検討していくことが必要である。』としている。

さらに、新たな動きとして、『令和時代における学校の「スタンダード』として、小学校から高等学校において、学校における高速大容量のネットワーク環境（校内 LAN）の整備を推進するとともに、令和 2（2020）年度中に義務教育段階の全学年の児童生徒 1 人 1 台端末環境の整備を目指し、家庭への持ち帰りを含めて十分に活用できる環境の整備を図ることとなった。この GIGA スクール構想の実現により、災害や感染症の発生などによる学校の臨時休業などの緊急時においても不安なく学習が継続できることを目指すとともに、これまでの実践と ICT の活用を適切に組み合わせていくことで、これからの中学校教育を大きく変化させ、さまざまな課題を解決し、教育の質を向上させることが期待されている。』

なお、『OECDによる我が国の教育政策レビュー』によれば、国際的に比較して日本の児童生徒及び成人は、OECD 各国の中でもトップクラスの成績であり、日本の教育が成功を

OECD 生徒の学習到達度調査 (PISA2018) の結果

● OECD加盟国(37か国)における比較

	読解力 平均得点	数学的リテラシー 平均得点	は日本の平均得点と統計的な有意差がない国	
			科学的リテラシー 平均得点	平均得点
1 エストニア	523	日本	527	エストニア 530
2 カナダ	520	韓国	526	日本 529
3 フィンランド	520	エストニア	523	フィンランド 522
4 アイルランド	518	オランダ	519	韓国 519
5 韓国	514	ポーランド	516	カナダ 518
6 ポーランド	512	スイス	515	ポーランド 511
7 スウェーデン	508	カナダ	512	ニュージーランド 508
8 ニュージーランド	506	デンマーク	509	スロベニア 507
9 アメリカ	503	スロベニア	509	イギリス 505
10 イギリス	504	ベルギー	508	オランダ 503
11 日本	504	フィンランド	507	ドイツ 503
12 オーストラリア	503	スウェーデン	502	オーストラリア 503
13 デンマーク	501	イギリス	502	アメリカ 502
14 ノルウェー	499	ノルウェー	501	スウェーデン 499
15 ドイツ	498	ドイツ	500	ベルギー 499
16 スロベニア	495	アイルランド	500	チェコ 497
17 ベルギー	493	チェコ	499	アイルランド 496

図2 OECD加盟国(37か国)における比較

デジタルによる変化 ~デジタル競争力ランキング~

- デジタル競争力ランキングにおいて、日本は総合27位。
- 日本は人材のデジタル・技術スキルが特に低く、63カ国中62位。



図3 デジタル競争力ランキング

収めている要素として、子供たちに対し、学校給食や課外活動などの広範囲にわたる全人的な教育を提供している点が指摘されている（図2）。

一方、日本のデジタル競争力の現状について、特に日本は人材のデジタル・技術スキルが特に低い（図3）。

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

本答申では、『国においては、このような学習者やICT活用の視点を盛り込んだ「個別最適な学び」に関する指導事例を収集し、周知することが必要である。さらに、「個別最適な学び」が「孤立した学び」に陥らないよう、これまで「日本型学校教育」において重視されてきた、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、さまざま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。「協働的な学び」においては、集団の中で個が埋没してしまうことがないよう、「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、子供一人一人のよい点や可能性を生かすことで、異なる考え方を組み合わせり、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。』とされている。

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

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

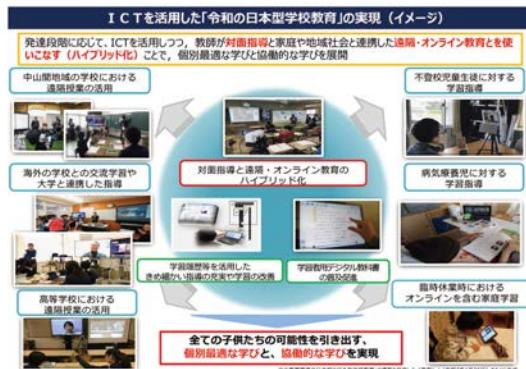
学習の個性化

●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

- 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り組みを展開し、個々の家庭の経済事情などに左右されることはなく、子供たちに必要な力を育む

②協働的な学び

- 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、さまざまな場面でリアルな体験を通じて学ぶことの重要性が、AI技術が高度に発達するSociety 5.0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などとの学び合いも大切

3 ◆ 高等学校教育

本答申において、高等学校については、『選挙権年齢や成年年齢が18歳に引き下げられるなど、生徒が高等学校在学中に、主権者の一人としての自覚を深めることを含め、自立した「大人」として振る舞えるようになることが期待されていることから、学ぶことと自己の将来とのつながりを見通しながら、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、地域の課題などについての認識を深め、その解決を社会の構成員の一人として担うなど、社会の形成に主体的に参画するために必要な資質・能力を身に付けられるよう、初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。』とされ、

- 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の連携・協働による地域・社会の課題解決に向けた学び
- 多様な生徒一人一人に応じた探究的な学びや、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

などが求められており、新時代に対応した高等学校改革推進事業を実施している。

地域との協働による高等学校教育改革推進事業

高校生と地域課題のマッチングを効果的に行うためのコンソーシアムを構築し（図5）、地域課題の解決などを通じた学習カリキュラムを構築し、地域ならではの新しい価値を創造する人材やグローバルな視点を持って地域を支えるリーダーを育成するカリキュラムを開発している。

WWL（ワールド・ワイド・ラーニング）コンソーシアム構築支援事業

Society 5.0をリードし、SDGsの達成を牽引するイノベー

ティプなグローバル人材育成のリーディング・プロジェクトとして、国内外の大学などとの連携により文理横断的な知を結集し、社会課題の解決に向けた探究的な学びを通じた高校教育改革や大学の学びの先取り履修などを通じた高大接続改革を推進している。

◆立命館宇治高等学校の実践事例（オンライン探究活動）

WWL 事業の一環として拠点校である立命館宇治高等学校が主催した『AFTER FOCUS』のメインイベント（国内 25 校・海外 9 校 109 名の生徒が参加）として、オンライン型探究・キャリア教材「Inspire High (インスパイア・ハイ)」を体験。台湾デジタル担当大臣・オードリー・タン氏とのセッション『社会はどう変えられる？』を参加者が体験。

コロナ禍で世界との扉が閉ざされてしまった今だからこそ、オンラインで世界中の大人とつなぐ新たな探究型キャリア教材を活用し、新たなグローバル教育を実践（図6）。



会場での参加風景



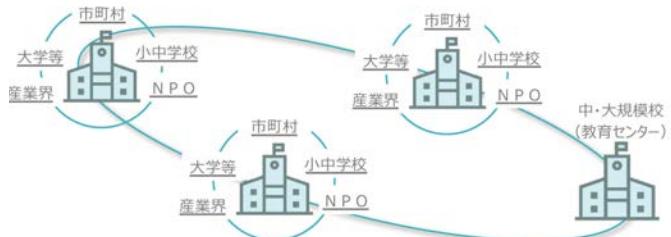
参加者によるアウトプット作品
(テーマ『変えたい社会の風景を見つける』)

図6 探究型キャリア教材を活用した新たなグローバル教育

COREハイスクールネットワーク構想

また、高等学校における遠隔授業の活用として、『高等学校における同時双方向型の遠隔授業の実施について、単位数の算定、対面により行う授業の実施などの要件の見直しを行い、教師による対面指導と遠隔授業を融合させた柔軟な授業方法を可能とし、多様かつ高度な学習機会の充実を図るべきである。』とされており、地域社会に根ざした高等学校の学校間連携・協働ネットワークの構築 (COllaborative REgional High-school Network: CORE ハイスクールネットワーク構想) により、中山間地域や離島などに立地する小規模高等学校において、地域唯一の高等学校として、大学進学から就職までの多様な進路希望に応じた教育・支援を行うため、複数の高等学校の教育課程の共通化や ICT 機器の最大限の活用により、中山間地域や離島などの高等学校においても生徒の多様な進路実現に向けた教育・支援を可能とする高等学校教育を実現し、持続的な地方創生の核としての機能強化を図る事業

を実施している（図7）。



※中・大規模校（教育センター）から複数の高等学校に対する「集中配信方式」の実施も推奨

図7 集中配信方式

①同時双方向型の遠隔授業などICTも活用した連携・協働

⇒自校では受けることのできない授業の受講を可能化
⇒免許外教科担任制度の利用解消

◆文部科学省が実施教科や形態に応じた複数の研究
テーマを設定し実施

②地元自治体等の関係機関と連携・協働する体制の構築

⇒学校外の教育資源を活用した教育の高度化・多様化
⇒地域を深く理解しコミュニティを支える人材の育成

マイスター・ハイスクール

さらに、成長産業化に向けた革新を図る産業界と専門高校が一体・同期化し、デジタル人材育成の加速化をはじめとした、地域産業の持続的な成長を牽引する最先端の職業人材の育成を行う「マイスター・ハイスクール」事業を実施しており、最新の産業教育施設・設備をフルに活用した指導実践モデルを創出・普及し、産業構造の変化に即応した実践的な指導力の向上を目指す（図8）。



図8 「マイスター・ハイスクール」事業

III -① 「個別最適な学び」と「協働的な学び」の実践例

～幼児教育の視点から考える～

文部科学省 初等中等教育局 幼児教育課教科調査官

小久保 篤子 / こくぼとくこ

平成2年東京都公立幼稚園教諭として勤務。その後、副園長、港区教育委員会事務局指導室 幼児教育担当専門官、園長として勤務後、令和2年より文部科学省初等中等教育局幼児教育課幼児教育調査官（併任）国立教育政策研究所教育課程研究センター研究開発部 教育課程調査官を経て、令和3年より現職。



1 ◆ はじめに

「『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）」（以下、「答申」という）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。

「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ずき、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ている。そして、同時に、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、さまざま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とされている。つまり、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ことが重要であると言える。

幼児教育は、集団での生活を営みながら、幼児一人一人の特性に応じた指導を行うことを重視している。幼児教育において、個別最適な学びと協働的な学びは、幼児の遊びや生活中で共存しており、一人一人の思いや活動をつなぐように

指導を工夫し、集団の中で個人のよさが生かされるように、幼児同士が関わり合うことのできるような配慮が必要である。

2 ◆ 幼児教育における実践を通して

幼児の遊びは、興味や関心から始まる。興味や関心は個々に異なっている。段ボールを用いた製作活動は幼稚園ではよく見られる光景である。幼児同士が協力しながら乗り物などの製作に取り組む活動においても、色を工夫する幼児、動くことに興味のある幼児とさまざまである。興味や関心、実現したい思いなどが異なるからこそ、幼児同士の関わり合いの中で、刺激し合い、新たなアイディアが生まれ、創造性が高まっていくとも言える。集団としての活動がいきいきしたものであるためには、幼児一人一人が遊びに没頭し、満足感や充足感を得られることが重要である。そうして、友達が楽しんでいるようすを見て、幼児自身も一層楽しくなる。樂しくなるから、もっと工夫したいといった個の学びも深まっていくのである。

こうした幼児の学びを支えるのが教師の存在である。教師は、保育の空間全体を捉えながら、幼児一人一人の姿や個々の遊びに注意を向け、幼児の発達や学びが深まるように関わり方を工夫する必要がある。幼児が困っていることに対して、あえて見守るのか、先生と一緒に考えてみようと促すのか。そして、こうした関わりは、一見、特定の幼児のみを対象としているように見えるかもしれない。しかし、教師が、「どうしたらよいかな」と声を発することで周囲の幼児の興味を

引き、アイディアの輪が広がっていく。一人の児童の学びや気づきを周囲の児童へと広げ、児童同士の学び合いを広げていくような関わりが教師には求められている。

3 ◆ 幼児教育と小学校教育の接続

こうして、幼児教育を通じて育まれた資質・能力を小学校教育へとつなげていく必要がある。そのためには、一人一人の多様性に配慮した上で全ての児童に学びや生活の基盤を育む「幼保小の架け橋プログラム」の開発・実践を進める必要がある。

そもそも、幼保小連携においては、幼稚園教育要領、保育所保育指針、幼保連携型認定こども園教育・保育要領の3要領・指針の整合性の確保が図られたり、幼保小接続期の連携の手がかりとして「幼児期の終わりまでに育ってほしい姿」が策定されたりするなど一定の成果が上がっている一方、行事の交流にとどまり、学びの連続性を意識したカリキュラムの編成・実施が行われていない、「『幼児期の終わりまでに育ってほしい姿』だけでは、具体的なカリキュラムの工夫や教育方法の改善方法がわからない」との声があるなどの課題も残っている。

また、幼児教育の質に関する認識が社会的に共有されているとは言い難く、いわゆる早期教育や小学校教育の前倒しと誤解されることがあるほか、遊びを通じて学ぶという幼児期の特性を踏まえた教育がその後の教育の基礎を培っていることや、発達の連続性の重要性に関する理解が必ずしも十分ではない現状がある。これは、学習指導要領等の基本理念となっている、よりよい教育の在り方を社会と共有して実現を図る「社会に開かれた教育課程」の観点からも、大きな課題となっている。

地域や家庭の環境に関わらず、すべての児童に格差なく学びや生活の基盤を保障していくためには、学校種や設置類型の違いを越えて連携・協働し、地域や家庭とも連携を共有しつつ、社会全体で質の高い幼児教育の実現に取り組んでいく必要がある。

こうした背景から、令和3年5月14日に萩生田文部科学大臣（当時）から、幼児期からの学びの基盤を作る「幼児教育スタートプラン」が発表された（図1）。

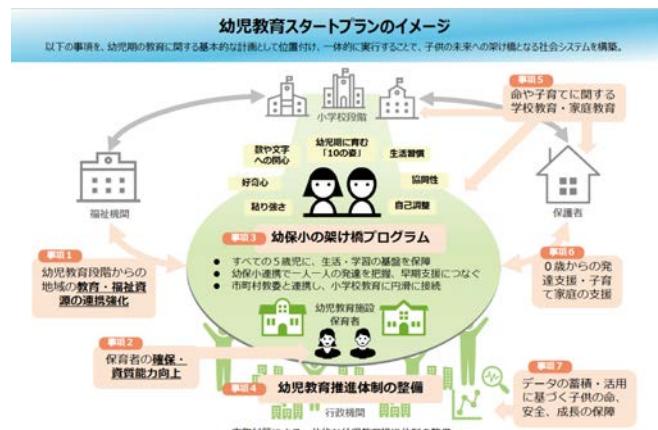


図1 幼児教育スタートプランのイメージ

この幼児教育スタートプランの発表を受けて、幼児教育の質の向上と小学校教育との接続について専門的見地から議論するため、令和3年7月8日、中央教育審議会初等中等教育分科会に「幼児教育と小学校教育の架け橋特別委員会」が設置された。

この特別委員会では、具体的に、①学びや生活の基盤を全ての5歳児に保障するための方策、②各地域において幼児教育を着実に推進するための体制整備、③保護者や地域の教育力を引き出すための方策、保育人材の資質能力の向上といった幼児教育の質的向上及び小学校教育との円滑な接続を図る上で必要な事項について検討している。

こうした検討の中で、幼児教育の工夫・改善と、幼児教育の成果を生かした小学校の教育活動の工夫・改善を一体的に検討し、接続期における教育の強化を進めることが重要であるとの意見があった。さらに、各園や地域の創意工夫をいかすものであること、児童に対する一律のプログラムではなく、教育の質の向上を通じて児童の力を育むためのものであること、幼児教育を実践する教師自身が、主体的に考え改善していくことを促すことといった意見も出ている。

今後特別委員会では、幼児教育スタートプランの実現に向け、「幼保小の架け橋プログラム」の共通事項等を整理し、幼児教育の質の保証のしくみについて集中的に議論しつつ、それらの検討結果を令和3年度中に取りまとめる予定としている。

なお、「幼児教育と小学校教育の架け橋特別委員会」の議論状況等については文部科学省ホームページに掲載している。
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/086/index.html

III -② 「個別最適な学び」と「協働的な学び」の実践例

～特別支援教育における実践例について～

文部科学省 初等中等教育局 特別支援教育課長

山田 泰造 / やまだ たいぞう

平成11年文部省（現文部科学省）入省。文化庁、高等教育局、研究振興局、初等中等教育局での勤務後、藤沢市教育委員会教育次長として出向。初等中等教育局企画課、国立大学法人支援課、大学振興課、文化庁参事官（芸術文化担当）付、文化庁文化資源活用課等を経て、令和3年7月より現職。



1 ◆ はじめに

「『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）」（以下、「答申」という）では、目指すべき新しい時代の学校教育の姿として、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「協働的な学びの実現」が提言された。

特別支援教育の対象となる子供たちは、その障害の状態や特性、それらに伴う学びにくさが非常に多様かつ個人差が大きいという特徴があるため、学びの保障のためには、障害のない子供たち以上に「個別最適化した学び」が必要不可欠である。また、子供同士や地域の方々をはじめ多様な他者と協働しながら、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」についても、障害理解の促進や共生社会の構築という観点からも重要である。

今回の答申では、その双方の学びの実現にICTが必要不可欠な要素として示されているところである。本稿では、ICTの活用という観点も踏まえつつ、特別支援教育における「個別最適な学び」と「協働的な学び」の実践例を紹介する。

2 ◆ 特別支援教育と「個別最適な学び」

「特別支援教育」は、「個別の指導計画」や「個別の教育支援計画」といった個々の実態に応じて適切な指導を行うた

めのツールを用いながら、障害のある幼児・児童・生徒の自立や社会参加に向けた主体的な取り組みを支援するという視点に立ち、一人一人の教育的ニーズを把握し、その持てる力を高め、生活や学習上の困難を改善又は克服するため、適切な指導及び必要な支援を行うものである。今回の答申において、2020年代を通じて実現すべき「令和の日本型学校教育」の姿として「個別最適な学び」が示されたが、特別支援教育はいわばその先駆けとも言える分野である。

例えば、学校と入院中の児童生徒がいる病院を繋ぎ、病気療養児がテレビ会議システムを用いることにより、子供たちが同時双方向型の授業を受けたり、録画した授業を体調の良いときにオンデマンドで視聴することが技術的に可能となる。

また、視覚障害者である子供たちは、文字の拡大や白黒反転機能といったタブレットの機能の活用や、音声読み上げソフトや点字キーボード等の提供により、子供自身が容易に情報を収集・整理したり、主体的に学習することが可能となる。同様に、聴覚障害者である子供たちには音声を文字化するソフトや筆談アプリの提供、知的障害者である子供たちには動画やアニメーション機能を活用し、学習内容を具体的にイメージする情報の提示、肢体不自由者である子供たちには視線入力装置の提供による表現活動やコミュニケーションツールの提供など、個々の障害の状態や特性及び心身の発達の段階等に応じてICTを活用することにより、各教科等の学習の効果を高めたり、障害による学習上または生活上の困難を改善・克服することに寄与することができる。

今回の答申では、「個別最適な学び」について、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したり、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「指導の個別化」と、教師が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、子供自らが学習を調整しながら進めていく「学習の個性化」の観点が重視されたが、この双方に寄与するものとしてICTのさらなる活用が期待される。

また、これは、特別支援教育の中核的な要素である「自立活動」においても同様に重要である。自立活動も各教科同様基本的に対面のやり取りを通して学習が展開されてきたため、オンラインでの指導の実践事例は十分蓄積されていない状況であり、新型コロナウイルス感染症の拡大による臨時休業等では自立活動の指導の多くは実施されていない状況があった。今後は、オンラインを活用した自立活動の指導の可能性に鑑み、対面での指導や児童生徒同士の学び合いとのベストミックスに留意しながら、オンラインを活用した自立活動の指導の実施方法やその留意点についても実践的に研究を進めることが必要である。

3 ◆ 特別支援教育と「協働的な学び」

答申では、「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た「協働的な学び」の重要性も提示された。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である。

特別支援教育は、すべ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、すべての子供たちが適切な教育を受けられる環境が整備され、障害のある子供とない子供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が、そうした特別支援教育の中核となる概念の一つが、学習指導要領等に規定された「交流及び共同学習」である。

「交流及び共同学習」は、幼稚園、小学校、中学校、義務教育学校、高等学校、中等教育学校及び特別支援学校等が行う、障害のある子供と障害のない子供、あるいは地域の障害のある人などが触れ合い共に活動するものであり、障害の有

無に拘らず、その経験を深め、社会性を養い、豊かな人間性を育むとともに、お互いを尊重し合う大切さを学ぶ機会となるなど、大きな意義を有するものである。また、このような交流および共同学習は、学校卒業後においても、障害のある子供にとっては、さまざまな人々と共に助け合って生きていく力となり積極的な社会参加に繋がるとともに、障害のない子供にとっては、障害のある人に自然に言葉をかけて手助けをしたり、積極的に支援を行ったりする行動や、人々の多様な在り方を理解し、障害のある人と共に支え合う意識の醸成に繋がる。

例えば、特別支援学校と小・中学校等が、学校行事やクラブ活動、自然体験活動、ボランティア活動等を合同で行ったり、文通や作品の交換、テレビ会議システムを活用してコミュニケーションを深めたりすることなどが考えられ、文部科学省においては「交流及び共同学習ガイド」（平成31年3月）や各自治体の好事例の周知等を通し、各学校における取り組みが適切に拡がるよう努めているところである。

このほか、特別支援学校や特別支援学級に在籍する子供たちが地域社会や多様な他者と繋がることで、自らの学びを深める例もある。例えば、福岡県立福岡高等視覚特別支援学校においては、校内の附属施設所において、平日の午後に理療科生徒によるはり・きゅう・マッサージ、午後に保健理療科生徒によるマッサージの外来患者を受け入たり、地域の老人養護施設や事業所に臨床実習に出向くなど、積極的に地域社会との繋がりの機会を増やすことにより、生徒の社会性や人間性の育成に寄与している。また、特にコロナ禍においては積極的にICTが活用され、オンラインで大学や専門家の授業を特別支援学級の児童生徒が受けることで、その後の進路選択や学習意欲に寄与する例もある。

文部科学省としても、障害のある子供の学びの充実に向け各学校や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。◆

受賞作品の発表



一般財団法人 理数教育研究所では、児童・生徒が日常生活や学校での学習などから興味をもった事象を、算数・数学的な見方・考え方を活用して主体的に探究していく姿勢を培うために、2013年度から塩野直道記念「算数・数学の自由研究」作品コンクールを開催しました。今年は第9回となります。

塩野直道記念 第9回「算数・数学の自由研究」作品コンクールには、全国の小学生、中学生、高校生の皆さんから合わせて17,429件の作品が届きました。海外からも56件の応募をいただきました。ありがとうございました。

作品は各地域で選考後、中央審査委員会で最終審査を行い、p.15-17のように受賞者が決定しました。

●塩野直道賞顕彰委員会

吉川 弘之 東京大学名誉教授 / Rimse 名誉理事

岡本 和夫 東京大学名誉教授 / Rimse 理事長

清水 静海 帝京大学教職大学院研究科長・教授 / Rimse 理事

工藤 壽和 公益社団法人 全国珠算教育連盟理事長

[特別顧問]

塩野 宏 東京大学名誉教授

中央審査委員会

委員長	根上 生也	横浜国立大学 大学院 教授
委員	伊藤 由佳理	東京大学 教授
	銀島 文	国立教育政策研究所 生涯学習政策研究部 部長
	桜井 進	サイエンスナビゲーター®
	中島 さち子	(株) steAm代表取締役、音楽家/STEAM教育者
	藤田 岳彦	中央大学 教授/一橋大学 名誉教授
	蒔苗 直道	筑波大学 准教授
	吉川 成夫	國學院大學 教授
	渡辺 美智子	立正大学 教授

(五十音順)

主催：一般財団法人 理数教育研究所

協賛：株式会社 内田洋行

株式会社 学研ホールディングス

公益財団法人 日本数学検定協会

後援：文部科学省

国立教育政策研究所

読売新聞社

公益財団法人 文字・活字文化推進機構

公益社団法人 全国珠算教育連盟



中央審査委員会（2021年11月28日、東京・アルカディア市ヶ谷）

<受賞者一覧> 第9回「算数・数学の自由研究」作品コンクール

塩野直道賞
小学校低学年の部

ふしぎな五角形タイルのなぞ
京都府 京都聖母学院小学校2年 武田 莉乃

塩野直道賞
小学校高学年の部

散らかってるってどういうこと?
兵庫県 神戸大学附属小学校4年 富士 修睦

塩野直道賞
中学校の部

ピタゴラス音律と純正律による音の調和の検証
新潟県 上越市立雄志中学校2年 丸山 優佳

塩野直道賞
高等学校の部

組み合わせゲームへの確率の導入について
東京都 筑波大学附属駒場高等学校3年 石堀 朝陽

文部科学大臣賞

ヘンゼルとグレーテルの法則～私にもできるSDGs～
京都府 同志社小学校2年 清水 結香

Rimse 理事長賞

差分代数による多面体の四面体分割における場合の数の定式化
北海道 北海道静内高等学校2年 菅原 謙

読売新聞社賞

マウンドの距離と野球のプレーとの関係
山形県 山形県立東桜学館中学校3年 伊藤 潤

内田洋行賞

めいろの達人!? ダンゴムシ
京都府 京都市立安井小学校4年 橋本 穂香

学研賞

ひせっしょく体おんけいはせいかくなのか?
北海道 名寄市立名寄小学校2年 先川 柚乃

日本数学検定協会賞

シムソン線、9点円の一般化とオイラー・ポンスレ点
千葉県 市川中学校3年 斎藤 輝

中央審査委員特別賞

いちばんむずかしいひらがなはどれ?
栃木県 宇都宮大学共同教育学部附属小学校1年 吉田 瑞華

中央審査委員特別賞

「トリックがない」のがトリックです～トランプマジックに隠された論理～
東京都 北区立西浮間小学校5年 今枝 駿斗

中央審査委員特別賞

ドミノ倒しの失敗をなくせ!～ドミノの倒れ方と倒れる速さを調べる～
岐阜県 岐阜大学教育学部附属小中学校6年 香田 佳耶

中央審査委員特別賞

n進法での1/pの循環節の長さに現れる規則性
神奈川県 フェリス女学院高等学校1年 山中 愛子

最優秀賞

優秀賞

特別賞

👑 奨励賞

中央審査委員奨励賞 小学校低学年の部

作品タイトル	学校名	学年	受賞者氏名
密をさけろ！ ふん水で水遊び	宮城県 宮城教育大学附属小学校	3	岡本 壱佳
びしょびしょにならないハンカチはこれ！ ～たくさん手をあらおう～	東京都 白百合学園小学校	3	前澤 美月
弟にあった絵本を作ろう！	富山県 富山大学人間発達科学部附属小学校	3	岡部 真生
ぼくの家で集められる雨水の量	京都府 洛南高等学校附属小学校	2	大橋 悠司
どうすれば円をきれいに描けるかな	京都府 洛南高等学校附属小学校	2	坂井 宏規
茶せんをふる回数と美味しいまつ茶の関係	大阪府 大阪教育大学附属池田小学校	3	別所 詩野
自分がつくったふねにうきたい！	兵庫県 神戸大学附属小学校	2	光岡 利珠那
セミは暑さに弱いのか！	兵庫県 仁川学院小学校	3	永野 晃佑介
水の中で泳ぐたくさんのゾウリムシの数え方	兵庫県 仁川学院小学校	3	野村 優衣
きょうだいげんかをへらしたい！ グラフがおしえてくれたこと。	香川県 香川大学教育学部附属高松小学校	1	河井 裕暉

中央審査委員奨励賞 小学校高学年の部

作品タイトル	学校名	学年	受賞者氏名
直角三角形を整数の辺だけで作る	山形県 山形大学附属小学校	6	星川 琳音
78駅、夏のスタンプラリーを最短ルートで回れ！	東京都 白百合学園小学校	5	佐藤 芽生子
私はテストの順位が気になる葦である ～バスカル君1号の物語～	京都府 同志社小学校	6	梅村 ゆり
算数で猫の餌を決める方法	京都府 洛南高等学校附属小学校	4	幾野 敏
直方体の面が出る確率	大阪府 関西大学初等部	6	岩根 佳悠
カップ麺をお湯に入れていた時間と麺の関係	兵庫県 川西市立明峰小学校	6	菊池 紗良, 門 千紘, 脇村 美杏, 小田 來門, 寺西 央祐
回れよ、回れ、四角ゴマ！	鳥取県 米子市立明道小学校	5	今岡 莉子
折り紙で作った多面体の表面積の求め方	佐賀県 佐賀大学教育学部附属小学校	6	武富 悠真
コマを作ろう～線対称な図形の中心～	熊本県 熊本市立健軍東小学校	6	井芹 南月
オリンピックエンブレムの秘密を探ろう！	鹿児島県 鹿児島市立田上小学校	6	中島 瑛太

中央審査委員奨励賞 中学校の部

作品タイトル	学校名	学年	受賞者氏名
世界中の人全員と友達になれる? ～六次の隔たり～	東京都 東京学芸大学附属世田谷中学校	2	高橋 初凪
雨の中で人が傘を差したくなるタイミングは いつ?	埼玉県 さいたま市立大宮国際中等教育学校	2	山本 恵奈
怖いけれど美しい	福井県 福井大学教育学部附属義務教育学校 後期課程	8	松田 朋子
ことわざを数学する	三重県 三重大学教育学部附属中学校	3	新井 沙都子
数学とルーピックキューブの関係	和歌山県 開智中学校	2	小西 優花
ロボット掃除機のルンバとルーロ どちらが部屋の隅まで掃除するか。	岡山県 総社市立総社東中学校	3	中坂 莉緒
東京 2020 オリンピックメダル獲得数に関する分析 ～日本は本当に過去最高だったのか?～	愛媛県 愛媛大学教育学部附属中学校	2	岩川 陽香
不器用な僕にこの箱は包めますか?	佐賀県 佐賀大学教育学部附属中学校	2	田中 韶貴
円周上を動く点を含む三角形の傍心と内心に に関する研究	大分県 大分大学教育学部附属中学校	3	江坂 到真
「運命戦」に根拠で挑みたい!	宮崎県 尚学館中学校	3	東木場 葵

中央審査委員奨励賞 高等学校の部

作品タイトル	学校名	学年	受賞者氏名
立体とその正射影の関係	千葉県 芝浦工業大学柏高等学校	2	栗本 晴生
平らな 3 次元空間をしきつめる多面体の並びの研究	石川県 石川県立金沢中央高等学校	2	仁後 飛翔
橢円のルーレット曲線が線分となる導線を探す	愛知県 愛知県立一宮高等学校	3	山本 遥貴
深海生物・テヅルモヅルの構造を数理的に探る － L-system を用いた考察－	愛知県 愛知県立瑞陵高等学校	3	三浦 健太郎
会員制スーパーのポイント還元について	愛知県 梶山女学園高等学校	2	渡邊 芽依
コロナウイルス PCR 検査 効率的に行うために ...	愛知県 名古屋大学教育学部附属高等学校	2	森田 悠聖
PCR 検査の罠 ～新型コロナウイルスの PCR 検査はどのようにするべきか?～	京都府 立命館宇治高等学校	1	楠山 晴香
メガネをかけるとなぜ見える?	京都府 龍谷大学付属平安高等学校	1	大田木 伽歩
「Sprint -疾走-」の軌跡 ～数列の、数列による、数列を活かした音楽～	宮崎県 宮崎県立宮崎大宮高等学校	2	日高 陽暉
一次元セルオートマトン法による渋滞シミュレー ション	沖縄県 沖縄県立球陽高等学校	3	眞壁 朝也, 上原 志陸, 山内 昌由

全応募作品の中から、最優秀賞、優秀賞、特別賞、奨励賞の受賞者のほか、下記の方々の作品が地区審査から中央審査委員会の最終審査に推薦されました。

小学校低学年の部

学校名		学年	氏名
東京都	白百合学園小学校	2	落合 希穂
		1	金田 静空
		1	富 光太朗
		1	松下 桜
		1	丸山 慶子
		1	三宅 希佳
		1	山田 真那実
		2	太田 瑞偉
		2	大西 美緒
		2	坪田 こはる
		2	寺田 瑞
		2	吉富 光歩
		3	大久保 伶
京都府	洛南高等学校附属小学校	3	小田 彩恵
		3	本田 晴大
		3	峯田 莉緒
福岡県	福岡教育大学附属小倉小学校	3	城戸 志乃美
	福岡教育大学附属福岡小学校	3	川本 結子
スイス	ジュネーブ日本語補習学校	3	田中 政宗

小学校高学年の部

学校名		学年	氏名
栃木県	宇都宮大学共同教育学部附属小学校	4	福田 朱里
東京都	学習院初等科	5	大西 貴子
	筑波大学附属小学校	5	中川 結太郎
福井県	福井大学教育学部附属義務教育学校 前期課程	6	林 和奈美
岐阜県	美濃加茂市立山手小学校	5	岸 洋成
愛知県	北名古屋市立師勝西小学校	5	森田 航太郎
京都府	京都聖母学院小学校	4	小寺 塔子
		4	高田 莉子
		5	新 琴音
		5	竹田 奈菜子
		6	破田野 智皇
大阪府	大阪教育大学附属池田小学校 関西大学初等部	5	加藤 裕之
		5	北川 真耶
		6	河瀬 純香
		6	藤原 果乃子
		6	藤原 和令
		5	峯 聖奈瑠
兵庫県	小林聖心女子学院小学校	5	虎松 杏佳
	仁川学院小学校	5	原 佑樹
		5	藤本 凜
奈良県	奈良学園小学校	5	江川 千紗
愛媛県	愛媛大学教育学部附属小学校	5	溝渕 鳩大

福岡県	福岡教育大学附属小倉小学校	4	武藤 悠孝
	福岡教育大学附属福岡小学校	4	中嶋 ていこ
佐賀県	佐賀大学教育学部附属小学校	6	高柳 愛衣
	鳥栖市立弥生が丘小学校	6	八尋 瑛登
長崎県	長崎大学教育学部附属小学校	4	赤星 凜子
		4	辻 春翔
		5	濱崎 いほり
熊本県	熊本大学教育学部附属小学校	5	河津 智哉
	人吉市立東間小学校	6	松岡 隼史
宮崎県	宮崎市立大淀小学校	4	津山 環

中学校の部

学校名		学年	氏名
北海道	北海道教育大学附属旭川中学校	1	柴田 珠綺
	北海道教育大学附属札幌中学校	3	山岸 瞳純
秋田県	秋田県立秋田南高等学校中等部	3	黒澤 梢蓮, 高橋 純司, 塚田 莉央, 長崎 華佳, 前田 駿
山形県	山形県立東桜学館中学校	3	星川 心花
埼玉県	埼玉大学教育学部附属中学校	2	畠田 菜々子
千葉県	千葉市立新宿中学校	2	高桑 幹太
	千葉大学教育学部附属中学校	3	横内 敬文
東京都	東京学芸大学附属世田谷中学校	1	笠井 桜子
		2	門野 成佑
		2	谷 杏純
	立教池袋中学校	3	佐久間 仁
神奈川県	聖セシリア女子中学校	1	草薙 遥香
新潟県	新潟第一中学校	2	山際 健晋
福井県	福井大学教育学部附属義務教育学校 後期課程	9	小林 なごみ
		9	森 弥生
長野県	信州大学教育学部附属長野中学校	1	滝澤 悅雄
	長野市立長野中学校	2	山下 圭
愛知県	愛知教育大学附属岡崎中学校	1	長坂 桧奈
	愛知教育大学附属名古屋中学校	1	新田 琉鷹
		1	三原 柚稀
		2	室井 聰太
愛知県		1	今木 琉依
		1	山村 夏生
	鳩山女学園中学校	2	高橋 沙来
		2	長嶋 心咲
		3	北浦 雅弥
		3	齊藤 璃花
	豊川市立御津中学校	1	吉野 杏
三重県	三重大学教育学部附属中学校	3	平井 里佳
滋賀県	滋賀県立守山中学校	3	駒井 晴名
	立命館守山中学校	1	今西 陽大
京都府	京都教育大学附属京都小中学校	8	堤 莊太

京都府	京都市立西京高等学校附属中学校	2	三宅 一誠	
		3	湫 智瀬	
		1	北山 愛莉	
大阪府	ノートルダム女学院中学校	2	藤原 智愛	
	大阪教育大学附属池田中学校	2	北口 花	
	四天王寺中学校	2	石原 紗乃	
	東大阪市立繩手北中学校	1	壽崎 初音	
兵庫県	賢明女子学院中学校	2	神崎 千春	
		2	西村 吏央	
	神戸大学附属中等教育学校	1	山口 奏	
	姫路市立白鷺小中学校	8	酒井 佑典	
奈良県	姫路市立東光中学校	1	茶谷 紗羽	
	広陵町立真美ヶ丘中学校	3	東 陽妙	
	奈良教育大学附属中学校	2	有岡 優衣	
	奈良県立青翔中学校	2	枕山 暖太	
和歌山県	開智中学校	2	谷口 和那太	
	和歌山県立向陽中学校	2	岸本 彩乃	
		3	鷹野 祥希	
島根県	島根大学教育学部附属義務教育学校後期課程	9	杉原 大介	
岡山県		2	石丸 桃和	
		2	小野 綾子	
		2	小島 舞	
		3	藤本 理功	
		3	水口 陸	
山口県	山口大学教育学部附属山口中学校	1	岡崎 愛依	
		1	藤井 瑠雪	
		2	山本 琉之祐	
		2	吉行 凜華	
香川県	香川大学教育学部附属高松中学校	3	中村 漢音	
愛媛県	愛媛大学教育学部附属中学校	3	山中 横子	
福岡県		2	村上 総	
佐賀県	佐賀大学教育学部附属中学校	1	平山 賢	
		1	高柳 遥翔	
		1	中島 慶二郎	
		3	古賀 倫子	
熊本県	熊本大学教育学部附属中学校	1	大塚 優奈	
		1	谷川 慶武	
		1	横山 さち	
		3	永田 杠	
		3	吉永 愛結	
大分県	大分県立大分豊府中学校	1	武石 奈緒	
		3	山本 悠生	
	大分市立滝尾中学校	3	池見 晴佳	
	大分大学教育学部附属中学校	2	島田 紗花	

鹿児島県	鹿児島大学教育学部附属中学校	1	荒武 京那
		1	岡元 奏志
		1	川上 悠来
		2	迫田 翠琴
		2	重信 花月
		2	服部 賢仁
沖縄県	沖縄県立開邦中学校	1	比嘉 渚
アメリカ	ニューヨーク日本人学校	7	岩下 結子

高等学校の部

	学校名	学年	氏名
新潟県	新潟県立新発田高等学校	3	加藤 大幹 高橋 楓和
福井県	福井県立武生高等学校	1	玉村 蒼獅
愛知県	愛知県立旭丘高等学校 梶山女子学園高等学校	3	伊藤 綾花
		2	岡田 莉々唯
		2	亀谷 きらり
		2	小坂 彩
		2	砂坂 帆乃花
		2	仲野 春菜
		2	中村 彩希
		2	西川 結葉
三重県	三重県立名張高等学校	2	森長 まなか
京都府	京都府立亀岡高等学校	3	平田 龍佳
	ノートルダム女学院高等学校	2	根間 雯
大阪府	近畿大学附属高等学校	1	鈴木 杏菜
		3	釜谷 優冬
		3	左 旭
		3	西嶋 元基
兵庫県	賢明女子学院高等学校	2	安岡 美春
	小林聖心女子学院高等学校	2	里井 愛実
		2	芝吹 佳奈絵
		2	松田 文芭
愛媛県	愛媛県立松山南高等学校	3	玉井 啓史

審査を終えて —中央審査委員からのメッセージ—



根上委員長

昨年に続き、コロナ禍にもかかわらず、17,429作品の応募がありました。これは過去最多の第7回(17,821作品)に次ぐ数で、昨年よりも6,000点以上多く、審査委員のみなさんは誰もが驚いていました。これは子どもも大人もWithコロナの生活とうまくつき合う術を身に着けた証拠なのかもしれませんね。

小学生の場合、自由に外で遊べないかわりに、リモートワークで在宅しているご両親といっしょに算数の研究を自由にする。どんなに不自由な状況にあっても、みなさんの心は自由です。とはいえ、小学校低学年では知らないはずの算数の知識や漢字が使われていたりと、大人の常識に縛られている状況も散見されました。自由研究の目的は、知識を取りることではなく、子ども自身が持っている知識を横に広げる発展の楽しさを知ることです。それを忘れないように。

一方、中央審査に寄せられた中高生の作品には、いかにも数学というものが多かったように思います。Rimse理事長賞はそのような作品も対象にしていますが、この「自由研究」では、常識的な数学の枠からも自由な作品を期待しています。数学の力によって、どれだけ自由な世界に行けたのかを表現してもらえるとうれしいです。



伊藤委員

今回は、あまりコロナの影響はなかったようですが、じっくり長い時間をかけて研究した作品がたくさんありました。

きっと自宅で過ごす時間が増えて、本を読んだり考えたりする時間が多かったのでしょう。

特に中高生の作品の中には、数学の自由研究というよりは、本格的な研究に近いものが多く、その数学的な背景を本を調べて勉強し、それを応用したり、一般化することを考えている作品もあり、審査をしていてとても楽しかったです。

これからもこのコンクールをきっかけに数学の世界でいろいろな研究をする人が現れる 것을楽しみにしています。

銀島委員

昨年に続き、世界中で新型コロナウイルス感染症が猛威を振るっています。学校生活や日常生活に様々な影響が及んでいますが、今年多くの児童生徒のみなさんからたくさんのすばらしい作品が届きました。身近な感染症対策から着想した研究も多く見られました。マスクや手洗い、体温計や密な場面をテーマにした作品も多く、受賞作品にも選ばれています。

困難な毎日を過ごしながらも、身の回りの場面から見つけた疑問や気付きについて、算数や数学の眼鏡を通して観察し、模型をつくったり調べたりして考察を深め、熱意と工夫の詰まったレポートに仕上げられていました。

これからも、みなさんの「不思議だな」を大切にして、研究を続けていただきたいと思います。きっと、さまざまな問題の解決につながります。



桜井委員

第9回の今回はコロナ禍の影響で、昨年同様にコンクールの開催自体が危ぶまれましたが、実現できて本当によかったです。全国からの応募数が予想よりも多かったことにも安心しました。数学それ自身の研究以外に、数学と音楽、数学と歴史、数学と交通、数学とスポーツ、数学と国語といった研究が多数応募されました。まさに「算数・数学の自由研究」にふさわしい結果だといえます。

数学の教科書から飛び出たところに数学の眼差しを向ける取り組みをすることで、算数・数学への興味・関心が一段と大きくなります。本コンクールを通して、これから多くのみなさんに、授業では体験できない算数・数学との付き合いができる事を期待しています。



中島委員

今年も大変楽しい審査でした！
今年は残念ながら授賞式などには参加できなかったのですが、一番楽しい審査そのものには参加でき、ワクワクみなさんの作品を拝見させていただきました。最終的に選ばれるのは数名ですが、みなさんがこれだけ独創的に自由な発想で算数・数学に向き合い、算数・数学の目で世界を

多角的にとらえたことは、ものすごい財産であり、すばらしいことです。結果に拘らず、まずはそうしたすばらしい数学者としての自分を褒めて誇りに思ってください！

今年も、お茶室やひらがな、五角形や物語やケーキ、浮く実験や兄弟喧嘩、絵本やえんぴつやセミやゾウリムシなどなど・・・多くの身近なものからみんながとっても素敵な算数・数学を探し当て、探究していました。本当にすばらしい、新しい視点と時間をありがとうございます！



藤田委員

高校生の審査を担当しました。数理そのものを調べた面白い作品も多くありました。今年は大学以降の程度の高い数学を用いて議論する作品もあり、また、高校数学の範囲で面白く新しい数学を

発見しようとする作品も多く見受けられました。小中のように日常の数理から得られる数学を発展させるような作品が少なかつたのは仕方のない面もありますが、残念ではありました。



蒔苗委員

毎年、みなさんの自由研究を読ませてもらうのを楽しみにしています。今年はコロナウイルス感染症の影響が取まらない中でしたが、多くの作品が寄せられ、みなさんの算数・数学の学びはコロナに負けず進められていることをうれしく思います。

今までの作品と共に通するテーマや日常生活から離れた数学だけの作品もあるのですが、はやり、みなさんが身の回りのことで疑問に思ったり、興味を持ったりして算数・数学で挑戦してくれた、問題発見の部分に強く惹かれました。これからも、いろいろなことに興味をもち、数学的に考えることを大切にしてください。



吉川委員

「算数・数学の自由研究」に応募され、全国から選ばれた作品を、中央審査委員会の場で読むことができました。小学校の部では、日常生活や社会でのできごとを算数・数学の問題としてとらえ、自分で調べ、考え、わかりやすく表現している作品が多く見られました。具体物を写真にとったり、

図に表したりして、さらに言葉や数、式、表、グラフなどを上手に用いて説明していました。作者自身が楽しんでいる様子がこちらにも伝わってきました。

来年もすばらしい作品を期待しています。身の回りのさまざまな事象に興味・関心をもち、疑問を解決していく姿勢が、よい作品へつながっていくものと思います。



渡辺委員

本年度もまだコロナウイルスの影響が残り、従来の学習環境が戻らない中でも、みなさん方から、身の回りの日常を数理で探究する多くの優れた作品が寄せられたことに審査委員として、とてもうれしく思います。小学生高学年の部の審査を担当しましたが、数学を使うことを目的に課題が構築されるのではなく、自分で自ら気が付いた身の回りの現象から課題を見いだし、丁寧に課題を解決する論理を展開していく中で、必然的に算数・数学が使われている作品が多いことに、感心しました。

最初から算数・数学の枠組みで与えられていない現実の世界を数理的なメガネで見ること、また、見えることは、とても難しく、大人でも容易なことではありません。着実にものごとをSTEAMの視点で捉えることができるようになったことを示しています。これからも、自由研究を頑張ってください。

表彰の集い

新型コロナウイルス感染予防の観点から、今年度は、2021年12月19日にオンラインにて表彰の集い（表彰式・作品発表）を開催しました。



最優秀賞・優秀賞・特別賞 - 受賞作品の紹介と講評

塩野直道賞

小学校低学年の部

ふしぎな五角形タイルのなぞ

京都府 京都聖母学院小学校 2年 武田 莉乃

全5ページ



研究テーマ(タイトル)

ふしぎな五角形タイルのなぞ

京都府立聖母学院小学校 2年 名前 武田 莉乃

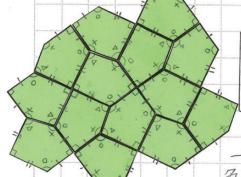
1.けんき。うのき。かけ
公園で、地めんが五角形のタイルで
しきつめられた広場をみつけた。正五
角形とはちよ、どちらがう五角形か、こ
の五角形が4つあつまるとき六角形にも
見える。とてもふしぎなかんじがした
ので、今回この五角形についてしらべ
てみることにした。



2.けんき。うのほうや内よう
①タイルをかんさつして、辺の長さや
角度などのとくちょうを考える。

▲1ページ目

2つの直角二等辺三角形の大きさが
ちがう時はどうい?



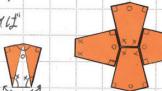
$$\cdot O + X + \Delta = 360^\circ$$

・2つのうちう点が直角
となり合う辺が同じ長さ

になつていろ。

→ちがう大きさの直角二等辺三
角形2つをうかしてでは
五角形もしきつめられることがわかつた!!

※直角三角形で二等辺三角形でなければ
辺の長さが同じにならないのが
しきつめられなかつた。



4.けんきうのまとめ

・直角二等辺三角形2つをうかしてでは
五角形はしきつめられることがわかつた。
・正五角形はしきつめられない。

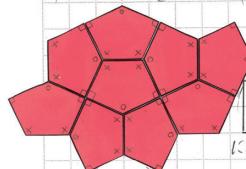
5.けんきうのかんすう
五角形がしきつめられることにびく
したけど、五角形タイルのなぞがわかつて
スクリーチ。つきはしきつめられたりシカの形を考えてみた。

-5-

5ページ目▶

※紙面の都合で、受賞作品は一部のみを紹介しています。理数教育研究所のホームページで、
作品のすべてをご覧いただけます (<https://www.rimse.or.jp/>)。

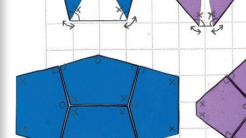
今回みつけたタイルの五角形は一辺
だけみじかかった。すべての辺が同じ
長さの五角形でもしきつめられるか?
→しきつめられなかった!
△+X+X = 540°+90°+90°=360°
・あつまつたうちの角度の合計: 360°
・4辺の合計は同じ長さ
になつてるので、しきつめられた!



よく考えてみると、直角二等辺辺三角形
2つをうかしてでは五角形はりつも、

$$\cdot O + X + X = 360^\circ$$

・2つのうちう点が直角
・4辺が同じ長さ



になつている。
→すべてしきつめ
られるはず!

←しきつめられた!!

-4-

▲4ページ目

講評

五角形のタイルでしきつめられた広場を公園で
見つけて、それが「研究のきっかけ」になりました。
タイルを観察して特徴を考え、角度や辺の長さを
測り、同じ形を紙で作ってしきつめ実験もしてい
ます。実験結果の記録にも、図や記号、式が効果
的に用いられていて、数学を自由に使いこなして
いる優れた作品です。五角形の中に直角二等辺三
角形を見いだして、しきつめられる場合としきつ
められない場合に分けて考え、それぞれの理由を
発見しました。次なる挑戦も述べられていて、研
究成果が楽しみです。

中央審査委員会

塩野直道賞 中学校の部

ピタゴラス音律と純正律による音の調和の検証

新潟県 上越市立雄志中学校 2年 丸山 優佳



全10ページ

ピタゴラス音律と純正律による音の調和の検証

上越市立雄志中学校 2年 丸山 優佳

今年の吹奏楽コンクールの県大会では、地区大会のホールより残響時間が長いクラシック専用の音楽ホールで演奏することができます。しかし、演奏しているステージ上ではみんなの音の響きがあり難く見えます。地区大会よりも楽曲が1つになるとより美しい音が聞こえます。そのため、この研究では、音の響きを測定して、その響きがどのように変化するかを検証します。

1はじめに

モーツアルトの人生を描いた映画「マダガス」では、ライバル心を抱くサエリが、モーツアルト夫人であるコンスタンツェからモーツアルトが書き下ろしたままのオリジナル楽譜を見て嬉しい、と喜ぶ場面があります。サエリはモーツアルトの才能と、あまりの音の美しさに感動を受け、喜んで樂譜を手から落としてしまいます。そのシーンの一巻最初に流れ出る曲が、「フルートとハープのための協奏曲」第2楽章です。世界で最も美しいといわれる曲の1つとも言われます。

この曲の樂譜を見る限りは、フルートはフードの旋律と弦楽の主音の3度上のドを3回、ハープはファ・ラ・ドの長調の主音をフルートと共に3回演奏されています。

ソリの小節目の旋律と和音の音の響きについて疑問に思い、この研究では振り子の単振動の実験で音の調和を検証しました。最も美しいといわれる曲であっても、楽譜によっては音の響きが悪くなってしまいます。どこに不和調となる原因が隠されているのか、どのように演奏することで和音を実現させることができるのか、楽譜がシンプルで見易いようにならなければなりません。

2研究の背景

フルートは1つの音程で4つの音を出すことができます。例えば、1オクターブ目のラを出す指使いのまま、歯口に吸引するビードルをコントロールすることで、2オクターブ目のラ、3オクターブ目のミ、3オクターブ目のラの音を出すことができます。ただし、3オクターブ目は低音域より他のスケードが近くなるため、音程や音色の調整のために少し指使いが変わります。ですが、基本的に基音のラの指を使いつづけることができます。

音楽研究のほうは、このように基音の指を使いつづけることで音色を改善することができます。その仕組みを不思議に思い、昨年音に関する科学研究をしました。しかし、「音の響き」という観点では、音色を改善する方法では音色を作ることができないことから、信頼の研究は昨年の課題になりました。

信頼の研究はできませんでしたが、音律と調和に関する実験のひとつ「美しい響く音」にはとても興った規則性があることが分かりました[1]。今年はさらにその一定の規則の中で起こる不協和について研究してみようと思い、春休みに振り子を使った実験を貢献しました。それが、実験データを見ていると、とても面白い数学の法則が表されたので驚き、音楽と物理と数学をつなげています。日々見えてくる数学を明確にするために、この研究を始めました。

まず、去年の研究結果を簡単に紹介します。

▲1ページ目

4結果

4.1 音の調和と振り子の共振

振り子の共振の計算

振り子は、周期(1秒間の運動時間)が2倍になると、振り子の長さは $2^2=4$ 倍。周期が3倍になると、振り子の長さは $3^2=9$ 倍になりますが、これが確認されています。

Fの周波数比を1とすると、1オクターブ上のドの周波数比は2です。1オクターブ上のドの周波数比の逆数1/2になります。振り子の長さは、

$$\left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$$

周波数比1のドの下の振り子の長さを1mとすると、1オクターブ上のドは1/4の25cmと計算することができます。

このように、就寝を2重することで振り子の長さが求められることができます。同じように計算して、Fと完全5度で調和する音を計算します。Fは、ピタゴラス音律、純正律、平均律の3種類の振り子の長さを計算しました。

音	音律	周波数比	波長の比	振り子の長さ(cm)
F	1	1	1	100.0
ミ	純正律	5/4	4/5	49.0
ミ	平均律	25/16	1/25/16	64.0
ミ	ピタゴラス音律	81/64	64/81	63.0
ソ	ソ	3/2	2/3	44.4
F	2	1/2	1/2	25.0



Fが1往復するあいだ、1オクターブ上のドの振り子は2往復し、1:2で振動する振り子ができるました。また、ドが2往復するあいだ、ソが3往復し、2:3の振り子ができるました。

3つの音律の中でもDと調和する振り子は純正律となり、4:5の振り子ができるました。振り子の2つは純正律のより少し多く振動するので、ドと調和することができませんでした。

F:純正律のミ:ソ:1オクターブ上のド:4:5:6:8

約3分間調和して振動することが、振り子の実験で確かめることができます。

4.2 調和する振り子から考える「フルートとハープのための協奏曲」

モーツアルトの「フルートとハープのための協奏曲」第2樂章[3]では、フルートは主音ミの3度上の旋律を演奏し、ハープは主和音を奏でています。フルートは他の内楽や、器への楽譜の当てで音程を自在に変化させることができる楽譜です。一方ハープは1台の楽器で旋律、和音の両方を演奏し、調性は楽譜には変えることができないから、平均律で調和しています。

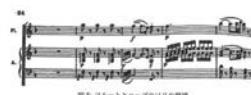


図5 フルートとハープのソリの音譜

▲5ページ目

2.1 3つの音律と音階

気温 25℃のときの音階から、A (ラ) ≈ 442 Hz のときの波長を計算し、音階を作りました。平均律はピタゴラス音律と純正律のドを基準にして計算しました。



図6 3つの音律のハーモニカル

音階が確定する完全5度の波長比は3:2を計算しました。開口矯正をした音階でピタゴラス音律のハーモニカルを作りました。

表1: ピタゴラス音律のハーモニカルの音階

音	周波数比	周波数(Hz)	波長(cm)	波長の長さ(cm)	
F	1	294.66	117.6	4.0	128.3
ミ	4/3	330.00	90.6	4.0	100.5
フ	4/3	349.23	99.2	4.0	95.2
ソ	3/2	392.09	88.2	4.0	84.2
ラ	27/16	442.00	78.4	4.0	74.4
シ	243/128	497.25	69.7	4.0	65.7
ド	2	523.66	66.1	4.0	62.1

振り合う音の周波数比は、

全音 9/8 (=1.125) 戻り半音リンク)

半音 256/243 (=1.0534... 戻り半音リンク)

• 全音と半音は、それぞれ振り合う音の周波数比が一定になります。自然な音の並びになりました。

• 全音は伸びやかに、半音は緊張感のある音程で、ふわっと音が併んでいくようになりました。

• 全音の中に、完全5度のドとソ、レとラ、ミとシ、ソとドの4組ありました。

• ピタゴラス音律の音階は周波数比が2:3:1という小さな整数比の2音を組み合わせた2音でできていました。

2.1.2 純正律の音階

ピタゴラス音律の3度の音程を美しく響かせるために工夫をしたのが純正律です。ピタゴラス音律のミとラとシ (主要3和音の3度の音程) を修正し、音階を作りました。

振り合う音の周波数比は、

全音 9/8 (=1.125) 戻り半音リンク)

半音 16/15 (=1.0666...) 戻り半音リンク)

• でこぼこした不自然な音階になりました。

• 完全5度は、ドとソ、ミとシ、ソとドの3組ありますが、振り合う音に2種類の異なる周波数比の全音があるため、自然なメロディーを作ることができないことが分かりました。

2

▲2ページ目

講評

音律と音の調和に関する昨年の自由研究をさらに進めた研究です。振り子を使った実験で音の調和の振動を確かめました。また、ピタゴラス音律と純正律との調和と不協和についての考察を数学や物理の関連文献から深めました。そして、モーツアルトの「フルートとハープのための協奏曲」第2樂章の演奏ではフルートの旋律に合わせて弦楽器の和音が音程を修正していると考えらえるとの結論を得ています。数学と音楽、物理が調和した研究です。

中央審査委員会



組み合わせゲームへの確率の導入について

石堀 朝陽*

2021年9月6日

概要

組み合わせゲームとは2人で行わるゲームであるが、その最も特徴は両者の手と勝敗が運によらない、いわゆる「完全情報ゲーム」である。その難題を解く「確率の導入」は考えられてこなかったが、「状況ゲーム」のように確率を題材にしたゲームは多く存在する。そこで、本研究では、確率を導入した場合の組み合わせゲームの挙動を観察し、その分析を試みた。

1 組み合わせゲーム理論の基本事項

定義 1.1. 組み合わせゲームとは、次の条件を満たすゲームである。

- 左と右の一方を先手、もう一方を後手として、交互に手を進める。
- 最後に手を指した方が勝ち、もう一方(手を指せなくなった方)が負けとなる。
- 有限手数で必ず終了する

以下、組み合わせゲームを筆でゲームと書く。

例 1.2. 将棋は、(千日手等メールを適切に導入すれば)組み合わせゲームとなる。他方オセロは、最後の手を指すことが勝利条件ではないので、組み合わせゲームとはならない。

定義 1.3. ゲーム G_0 を、左と右の手の選択肢の集合がともに空集合であるようなゲームとする。

定理 1.4 (組み合わせゲーム理論の基本定理)。左と右が対局するゲーム G が与えられて、左を先手番とするとき、このゲームは先手が必ず勝つか後手の右が必ず勝つかのどちらかで、その両方ということはない。

また、後の議論の都合上、次の定義を行う。

定義 1.5. ゲーム G の誕生日を、左から右が1手進めて得られるゲームの誕生日の最大値に1を足した値として再帰的に定め、 $b(G)$ で表す。ただし、 $b(G_0) = 0$ とする。

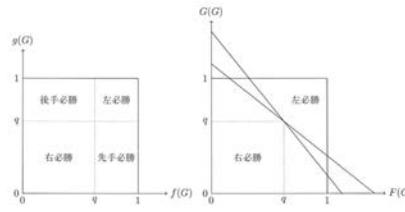
注意 1.6. 定義より、 $b(G)$ は非負整数値をとる。また、 $b(G) = 0$ となる G は G_0 のみである。

注意 1.7. 以下の表記を用いる。

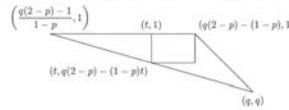
- G から左が1手進めて得られる局面全体の集合を \mathcal{G}^L 、 G から右が1手進めて得られる局面全体の集合

*著者は筑波大学附属駒場高等学校3年。

▲1ページ目



ただし、右の図において先手必勝/後手必勝となるのは、左上の三角形/右下の三角形である。
左上の三角形特に取り出してもみると、命題は下図の長方形について主張していたことがわかる。



同様の方針から、次も得られる。

命題 4.10. $q > \frac{1}{2-p}$ とする。このとき、 G が次を全て満たすならば、 G は半自然である。

- \mathcal{G}^L の元について、以下が成立する。
 - \mathcal{G}^L の任意の元は、 $q(2-p)-(1-p)$ -自然である。
 - \mathcal{G}^R の任意の元は、 $g(X) > t$ を満たす。(自然でない状況)
 - \mathcal{G}^R の任意の元は、 $q(2-p)-(1-p)t$ -自然である。
- G は後手必勝である。

註明。後手必勝の G について、 $\forall X \in \mathcal{G}^L, X$ は右必勝か先手必勝。また $\forall Y \in \mathcal{G}^R, Y$ は左必勝か先手必勝であることを用いれば、同様に証明できる。

注意 4.11. 先手必勝・後手必勝については、 q -自然のみで完結していないことに注意せよ。

5 雜多な内容

本節は、議論の中心となってきた組み合わせゲームから離れた内容についての考察をまとめたものである。

▲7ページ目

註明、定義より

$$w(G) = p(1 - m(G)) + (1 - p)(1 - w(G))$$

である。これを $w(G)$ の式とみて解いて主張をする。□

注意 3.6. $m(G)$ のような確率は今後も登場するが、 G' が空集合のときなどは $m(G)$ は定まらない。このようなときは、組合よく考えてよい(つなむち、 $m(G)$ を 0 以上 1 以下のどの実数とみなしてもよい)としておく。

命題 3.7. 次が成立する。

$$\begin{aligned} G \text{ が先手必勝} &\iff w(G) > \frac{1}{2} \\ G \text{ が後手必勝} &\iff w(G) < \frac{1}{2} \end{aligned}$$

註明。 $b(G)$ の数学的帰納法で示す。

$b(G) = 0$ なる $G = G_0$ について、 G_0 は後手必勝かつ $w(G_0) = G_0$ である。

$b(G) \leq k$ なる任意の G について主張が成り立つと仮定する。このとき $b(G) = k+1$ なる G について

$$\begin{aligned} G \text{ が先手必勝} &\iff \exists G \in \mathcal{G}' \text{ } G \text{ は後手必勝} \iff \exists G \in \mathcal{G}' \text{ } w(G) < \frac{1}{2} \\ &\iff m(G) < \frac{1}{2} \iff w(G) > \frac{1-p}{2-p} = \frac{1}{2} \\ G \text{ が後手必勝} &\iff \forall G \in \mathcal{G}' \text{ } G \text{ は先手必勝} \iff \forall G \in \mathcal{G}' \text{ } w(G) > \frac{1}{2} \\ &\iff m(G) > \frac{1}{2} \iff w(G) < \frac{1-p}{2-p} = \frac{1}{2} \end{aligned}$$

が帰納法の仮定より成立する。

注意 3.8. このことから、 $w(G) = \frac{1}{2}$ なるゲーム G は存在しないことがわかる。

注意 3.9. この命題の最も意図を伴う部分は、勝率の境界が存在し、またそれが優位 p によらないことである。能力を 1 に十分近づけて観察することで、先手の優位性・後手の優位性が保たれる(能力に依存しない)という解釈も可能であろう。

3.2 ニムの特別な場合における勝率

上の定理の実感を得るために、特別なニムを考えよう。以下、 (a_1, a_2, \dots, a_n) で、 a_i 個の石の山で行われるニムを表す(つなむち山が n 個ある)。

命題 3.10. 1 山ニム $N = (n)$ について、 $w(N) = \frac{q}{1-q^2}$ である。

証明。双方とも、全ての石を取る手を選択すべきである。このとき、先手の勝率は、『確率 q で成功する試行を繰り返したときに奇数回目に初めて成功する確率』に等しく、

$$p + p^3 + p^5 + \dots = p(1 + p^2 + p^4 + \dots) = \frac{p}{1-p^2}$$

である。□

▲3ページ目

講評

将棋や碁のような組み合わせゲーム(対戦ゲーム)に確率を導入し、ゲームの挙動を調べました。一般的なゲーム理論では、ジャンケンのようなゼロサムゲームには、確率を導入することによりナッシュ均衡(自分が手を変えたら損になるので、どちらも手を変えることはできない均衡状態)が存在することはよく知られていますが、ニムのような対戦ゲームに「確率」を導入して調べるという考え方には面白いと思われます。

文部科学大臣賞

ヘンゼルとグレーテルの法則 ~私にもできるSDGs~
京都府 同志社小学校 2年 清水 結香

全5ページ



研究テーマ（タイトル）
ヘンゼルとグレーテルの法則
～SDGs～

私立同志社小学校 2年 番号 清水 結香

団きかけ
コロナウイルスのせいで、おうち時間が長いよ。なので、おしゃべりをはじめて私はおしゃべり大会が「ごみ分け」ときに大きいのをほり込んで出れる力がでてたのも、おしゃべりのヘンゼルとグレーテルの大おもちゃたべるとき、けんかをはじめた。そこで、おしゃべりをよく分ける方法をかりよるのか、しゃべりながらと鬼いました。

②方法
①分け子
毎日、ぞんざいにおりやつて、といいなさんはんをついておしゃべりをどうする方法を教えて。


③おもちゃ
开け大きさが同じものか、異なる人へ分けれる


④おもて
形・大きさ・かわいさのほりをうそく分けれる
⑤おしゃべり大会でり先生にうわづを書いて、新しいおもちゃをもらひました。
ひおりかみをつかうと、おも中でりたてて、(おしゃべり大会SDGsの本にねじる)おひからめてぐったくさんくんは、へとへのかいが長かうにうわづの、もかうしいなほのまことに合せせて、まん中でひとりにくわやかかのうのケーキをう分けです。



▲ 1 ページ目

④おみやげ

分けたおもてなしをうながすよ。

⑤気もち

⑥うかがはりありあいは、同じ。おもかげはん分あわせらむお母さんむかみ。

⑦おとうおうじしりとももいおかげのかくうかくおじかくい。

うかぎおかげで100点かどるおもかげをうつべよ。

(おもかげ)

1. 1点

(おもかげ)

1. 1点

(おもかげ)

1. 1点

⑧おもかげを男の子、女めらかくしない。

(おもかげ)

1. 1点

おもかげを男の子、女めらかくしない。もじりもじり。

1位	2位	3位	4位	5位
1. 1点				

男の子のうかげをうながすよ。うながすよ。うながすよ。

1位	2位	3位	4位	5位
1. 1点				

1. 1点 ≈ 10点 = 10点

2. 2点 ≈ 15点 = 15点

⑨ペギルゲーテ40点をうながしてそれがもののおかげの分け方。

おもかげにうながすかげをいいじりとクリーティの去き見でうながす。ふたりとも合計40点。まいど! おもかげをうながす。うながす。

1位	2位	3位	4位	5位	6位	7位	8位	9位	10位
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2. 0	2. 0	2. 0	2. 0	2. 0	2. 0	2. 0	2. 0	2. 0	2. 0

⑩かへそ

おもかげあひだかへそ? おまはせんぞうをうながす。そらでも今、せきじゆうかげ、せんそうかおこひはねSDGsとは、せかい中の人々がおこせないよ。おこつて、のうけだす。そのひとづくのとくとくをうながす。うながす。

せらうにそらうなうに、これかくらもペギルゲーテの法

目次をもじりにうながす。おこひはねSDGsを考みつけよう。

（世界環境デー）（世界環境デー）（世界環境デー）（世界環境デー）（世界環境デー）（世界環境デー）（世界環境デー）（世界環境デー）（世界環境デー）（世界環境デー）

▲5ページ目

▲2ページ目

講評

好きなお菓子を食べたい！というみんなの気持ちを互いに尊重し思いやりながら分けるにはどうしたらよいだろうと考えた素敵な研究です。お菓子を仲よく分ける方法を通じて、領土を仲よく分けるにはどうすればよいかなど、SDGs17番目の「平和と公正を全ての人に」への考えも深めています。「気持ち」をうまく数値に直していること、具体的な分け方や優れた「交換」の方法を生み出し、実際に家族で実験しているところもすばらしいです！

中央審查委員會

読売新聞社賞

マウンドの距離と野球のプレーとの関係

山形県 山形県立東桜学館中学校 3年 伊藤 潤

全7ページ



マウンドの距離と野球のプレーとの関係

東桜学館中学校 3年 伊藤 潤

○研究の動機

MLB の独立リーグやマウンドを 30 cmほど伸ばすということが最近ニュースになっていた。そこで、マウンドの距離が伸びることでプレーにどのような影響が出るか。また現在の距離になっている理由を数学的に考えたいと思ったから。

○研究の方法

- 球場の右翼・左翼の長さ・広さ
 - 基準を走った時にかかる時間
 - 投球の体速速度
- (条件) 球場の右翼・左翼の距離や周回距離はマウンドの距離に比例しているとする。
基準となる情報は現在のプロ野球、高校野球、中学硬式、軟式野球で使われている
・周回距離=27.4m
・マウンドの距離=18.4m
・球場の右翼・左翼=97.5m (小数第二位で四捨五入) を用いる。

○研究の結果

- 球場の広さ
仮定より球場の右翼・左翼の距離はマウンドの距離に比例している。

マウンドの距離を x (m), 球場の右翼・左翼の距離を y (m) としたとき、次の等式が成り立つ。

$$\begin{aligned}y &= ax \\97.5 &= 18.4a \\a &\approx 5.3 \\y &= 5.3x\end{aligned}$$

また球場を中心角が 90° の扇形であるとすると、球場の面積を x (m) としたとき

$$\begin{aligned}x &= \pi \times y \times x \times \frac{90}{360} \\&= \frac{1}{4}\pi x^2 \\&\approx 7.0\pi x^2\end{aligned}$$

より $x = 7.0\pi x^2$ (m) → ①となる。

2. 周回を走った時にかかる時間

仮定より周回距離はマウンドの距離に比例している。
マウンドの距離を x (m), 周回距離を k (m) としたとき、次の等式が成り立つ。

$$\begin{aligned}k &= ax \\27.4 &= 18.4a \\a &\approx \frac{3}{2}\end{aligned}$$

▲ 1 ページ目

講評

マウンドとホームベースの距離の変更が試合全体に与える影響を定量的に考察しました。マウンドとホームベースの距離の変更が試合全体に影響を与えることは容易に推察できますが、それを定量的に分析することは容易ではありません。難題に果敢に挑戦する筆者の強い意志が伝わってくる意欲にあふれた研究です。中学数学を駆使することで緻密な分析がなされている点が高く評価できます。

中央審査委員会

内田洋行賞

めいいろの達人！？ダンゴムシ

京都府 京都市立安井小学校 4年 橋本 穂香

全5ページ



めいいろの達人！？ダンゴムシ

安井 小学校 4年 橡本 穂香

1. 研究のきっかけ

私は、大好きな「ざんねんな生きもの事典」シリーズを読んで、ダンゴムシが「直前に曲がった方向とまくのち向」に曲がるこうかいのこうこうと知りました。これを、「交替性転向反応」というそうです。

交替性転向反応こうこうせい かんじょう はんのうといいます。

生物が「1つの角を曲がると、初方向を意識し、次には反対の方向に曲がる行動のこと。

交互に曲がる理由は？

説明①

左右交互に曲がることで、同じ場所にもどるかのせいか、ひっくりなり、「遠ざかる」＝「にいざ」これができるから。

説明②

左右交互に曲がることで、方向を変えたときの足へのふたんを同じにすることができるから。

私は、自分の作ってみたいためいろで、本当にダンゴムシが左右交互に曲がって、めいいろをゴールできるのかためいたいと思いました。

2. 研究の方法

- めいいろを作ら
- ダンゴムシにめいいろをチャレンジさせ、しばらく。

3. 研究の内容

実験① ダンゴムシは本当に左右交互に曲がるか？
左右交互に曲がるとゴールできるめいいろをつくり、ダンゴムシがゴールできるかどうかしばらく。

講評

ダンゴムシを使った実験を独自に構想し、ダンゴムシの行動特性を検証している点が高く評価できます。とくに、ダンゴムシにカーブをさせた後の行動について検証した点は興味深いです。一見、規則性がないように思われる生物の行動に潜むパターンの検証は易しいことではありません。検証したい仮説に応じたデザインの論理性と結果のまとめ方が重要になりますが、数学的なアルゴリズムに確率的な要素を加えて結論を導いている点がとても優れています。

中央審査委員会

▲ 1 ページ目

学 研 賞

ひせつしょく体おんけいはせいかくなのか？ 北海道 名寄市立名寄小学校 2年 先川 柚乃



全 5 ページ

研究テーマ(タイトル)
ひせつしょく体おんけいはせいかくなのか?
名寄市立名寄小学校 2年 名前 先川柚乃

き、かけ
コロナウイルスでまい日ひせつしょく
体おんけいは体おんせはか、ていりけ
ひせいかくからぬのでしらべま
した。

つか、た道ぐ

①おんけい
②ひせつしょく体おんけい
③体おんけい
④3cmをはかるもの
⑤時けい

- 1 -

▲ 1 ページ目

講評

新型コロナウイルス感染症対策で毎日利用している非接触体温計について、すぐに計れて便利だけれど正確なのかな、という疑問からスタートした研究です。本当かな、確かめてみよう、というように考えられている点がすばらしいです。脇の下で測定した自分の体温と、非接触体温計で測定した体温の差を調べていますが、体温を測定する場所およびその場所の気温という新たな分析の観点を加えて、集めたデータを表や棒グラフにまとめ、わかったことや考えたことを丁寧にレポートにまとめてくれました。

中央審査委員会

日本数学検定協会賞

シムソン線，9点円の一般化とオイラー・ポンスレ点 千葉県 市川中学校 3年 斎藤 輝



全 10 ページ

2021 年度 第9回 鹿野南道記念「算數数学の自由研究」作品コンクール 応募作品
シムソン線,9点円の一般化とオイラー・ポンスレ点
私立市川中学校3年 斎藤 載
2021年8月14日

1 はじめに

この論文は、シムソン線と9点円の一覧に関する別研究の研究成績をまとめたものです。僕は昨年秋、算数数学の自由研究コンクールにおいて、シムソンの定理の発展に関する研究を行った。しかし、これは研究対象がシムソン線に限定されているという問題があった。シムソン線は与えられた三角形の外接円上の3点から引くことができるため、一般的に欠ける個形であると考える。本論文では、外接円上でない点に対して定義できる垂足円中の9点円を導入することでの課題を解決した。

後半では、オイラー・ポンスレ点と呼ばれる定理を用いて、四角形にオイラー・ポンスレ点と9点円を定義する。オイラー・ポンスレ点は、英語の Euler-Poncellet Point と書くが、ネットで検索する時は英語で検索しないとそれに誤る情報が得られない。日本ではあまり知られていないのである。昨年秋の研究対象がオイラー・ポンスレ点によって一般化されたことを知った僕はそれに興味を持ち、動画動画ツール GeoGebra を使いて研究を進めた。四角形のオイラーソン線、9点円の定義の確認を行った。

今回の研究の目的は、対象とする個形の範囲を広げていくことによって一般化の議論を進めていくという点にある。一般化的手法を用いることによって、論文の内容が新たな発見した個形の内訳の説明ではなく、より体系的で論理的な議論になるよう心掛けた。また、前回と同じく個形の研究でも、完結から認定までのすべてを初等幾何の範囲でを行い、解析的的手法を用いた場合には見られない前等級得点の美しさを重視した。

本論文を通して、物等幾何学さらなる発見に貢献することができれば幸いである。

2 シムソン線の一般化

ここでは、シムソン線を一般化した概念である垂足円を定義し、与えられた三角形の外接円上にない点からもシムソン線に類似した個形を構成することを考える。これにより、昨年の研究で扱ったシムソン線に対する性質を一般化し、より高い視点で見ることができるようになる。なお、僕は昨年の研究で垂足円に似たものについて言及していた。[1] の通りである。

2.1 垂足円

定義1：垂足円

三角形ABCと点Dがある。Dから3垂線AB,BC,CAに下した垂線の足を繋ぐ円Dにおける三辺形ABCの垂足円(Pedal Circle)という。

定義1において、ひがみ三辺形ABCの外接円上にあれば垂足円はシムソン線となる。つまり、シムソン線は平行無限の大垂足円と見ることができる。

2.2 オイラー・ポンスレ点

[1]の個形2においてシムソン線を垂足円に置き換えると、次のような一般化が得られる。これは本論文の後半で重要な位置を占める。

講評

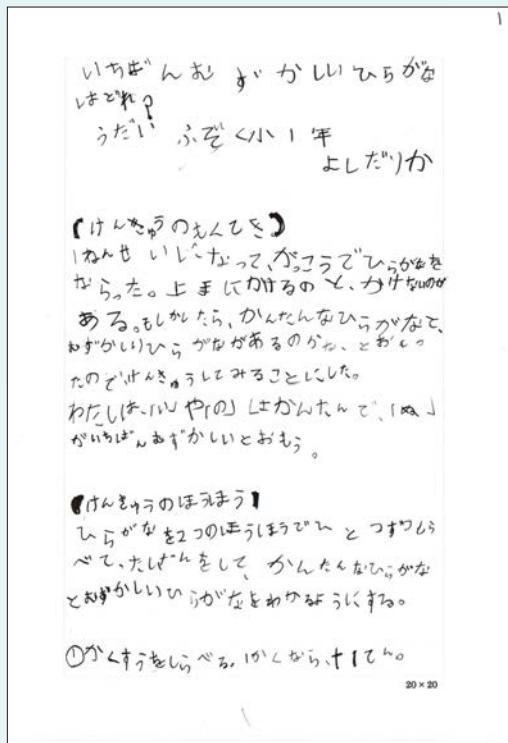
初等幾何であるシムソンの定理の拡張を行った研究です。数学ツール GeoGebra を用いた考察は現代ならではと言えるでしょう。考察のようすから GeoGebra を使いこなしていることが伺えます。数式組版システムである LaTeX を用いたレポート作成および数学論文の書き方を踏襲した内容構成から、数学にかける並々ならぬ思いが読み取れます。一昨年から続けて行った研究の完成度が評価できます。

中央審査委員会

中央審査委員 特別賞

いちはんむずかしいひらがなはどれ?
栃木県 宇都宮大学共同教育学部附属小学校1年 吉田 瑞華

全5ページ



▲ 1ページ目

講評

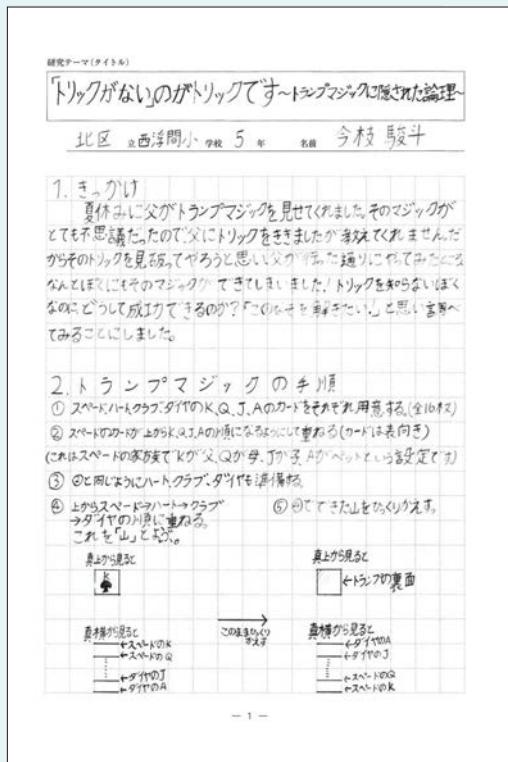
とてもかわいい、でも奥深い作品！特に「ジグザグ」「フワフワ」「クルクル」に分けて難しさを考え、ひらがなの難しさを点数化するというは新しくて素敵な発想です！カラフルな色分けのようすも、一生懸命書いている字も素敵…。最初に予想をたて、実際に確認している姿勢もよいですね！世界には多様な文字やフォントがあり、文字の形の背後にもさまざまな算数が隠れています。ぜひ、文字の魅力を算数の力でもっと深掘りしていってください！

中央審査委員会

中央審査委員 特別賞

「トリックがない」のがトリックです～トランプマジックに隠された論理～
東京都 北区立西浮間小学校5年 今枝 駿斗

全5ページ



▲ 1ページ目

講評

筆者の父がトランプマジックを見せてくれました。K, Q, J, A のカードをマークごとに順にならべて山にします。山のカードを切ってから、4つの場所に1枚ずつ配っていくと、K, Q, J, A という同じ数のカードが集まっています。驚いた筆者はマジックのトリックを明らかにしたいと思い、カードの並べ方や切り方、配り方の数学的な仕組みを分析しました。すると、手順にしたがって同じ操作をすれば、だれが行っても成功することがわかりました。トリックはなかったのです。筆者は最後に、論理の美しさに感動したと述べています。不思議に思える事象を論理的な推論によって解明した点が優れています。

中央審査委員会

中央審査委員 特別賞

ドミノ倒しの失敗をなくせ！～ドミノの倒れ方と倒れる速さを調べる～ 岐阜県 岐阜大学教育学部附属小中学校6年 香田 佳耶

全5ページ

ドミノ倒しの失敗をなくせ！～ドミノの倒れ方と倒れる速さを調べる～
岐阜大学教育学部附属小中学校 6年2組 香田佳耶

動機
私は4月から学校のドミンクラブに入っています。たくさんドミノを並べて倒すときはとてもワクワクして、きれいに倒した時は胸がうきうきします。失敗して倒れなかったときはガッカリです。途中のドミノが1個だけ倒されずに残っていると、どうしてこの1個だけが？と思ったり、場所によって早く倒したりゆっくり倒れたりしているように見えることがあります。倒れる角度なども興味がありました。途中で倒れずには残る1個の謎にも迫りました。

方法

- ドミンクラブから借りた大小2種類のドミノの大きさ・重さ・倒れる角度を調べる
- どの間隔でも倒れるか調べる
- 長さを決めていろいろな間隔でドミノを並べ、倒れる角度と倒れる時間を比べる
- 曲げて並べたり、上り坂・下り坂で倒れる時間を比べる

結果

1 ドミノの大きさ(10個の平均)
大 高さ 46.2mm×横幅 23.2mm×厚さ 8.1mm 重さ 8.2g
小 高さ 35.2mm×横幅 19.4mm×厚さ 7.0mm 重さ 1.8g
倒れる角度
大小とも 10度で倒れました

どの間隔でも倒れるか
(直接倒す力が一定にならないので、手前に10mm間隔で5枚のドミノを並べて倒しました)
間隔なし(0mm)は倒れませんでした

1 mm以上の間隔は倒れました。
狭いと次のドミノに当たる角度が10度より小さくなりますが、止まらぬで倒れることが不思議でした。

40mm間隔では5個までしか倒れませんでした。
ドミノの高さ以上の47mm間隔では最初の2個だけ倒れました。

-1-

▲1ページ目

講評

並んでいるドミノが倒れるのかどうか、その現象にはばらつきがあることに筆者は気がつきました。現在、実装化が進んでいるAIはこのような不確実性の予測にチャレンジする高度な数学が背景にあります。ドミノが倒れる初期要因に、ドミノの大きさ(高さ)と間隔の幅があることだけでなく、中間特性に、倒れる角度と速度があることを見いだし、プロセスを整理しながらドミノが倒れる数理的なメカニズムをデータで丁寧に解き明かそうとしました。AIの予測モデル構築に近い手続きを踏んでいる優れた作品として、高く評価します。

中央審査委員会

中央審査委員 特別賞

n進法での1/pの循環節の長さに現れる規則性 神奈川県 フェリス女学院高等学校1年 山中 愛子

全10ページ

n進法での1/pの循環節の長さに現れる規則性
フ.リス女学院高等部1年 山中 愛子

1. 動機
素数はめぐらしく循環小数で表される性質の「」という点を読んで、素数pの逆数n進法循環節の長さを調べて、現れる数列についての性質を探りたい。そこで、n進法で表記した場合に(同様の)循環節の長さが確定したい。そして、n進法からn進法にかけて見てくる規則性があるかないかを調べたい。

2. 内容
特に指定がない場合、pをnの倍数でない自然数、Pを意味します。
まず、n進法での1/pの循環節の長さについての理屈的性質と見出しやすいように、表計算ソフトを使ってpを作成してvにし、ここで、(P-1)÷(nの循環節の長さ)は整数にならず、(P-1)÷(nの循環節の長さ)を表に入力することにしました。
(P-1)÷(nの循環節の長さ)=1のとき、nの循環節は1digit数にならざる。
(P-1)÷(nの循環節の長さ)が同じならば、nの循環節は必ず1位数3位数5位数などである。つまり、(P-1)÷(n進法での1/pの循環節の長さ)表にすると、被繰りか繰り上がり。
表中の数字は全て10進法で表記されていますが、必ず有限小数であることを意味します。
また、これは、(P-1)÷(n進法での1/pの循環節の長さ)と(P-1)÷(Pの表長)です。
 $(P-1) \div (10, P-3) = 1, 10, 10, \dots, 10$ 表で $P-1 = 0, 3, 6, \dots, 9$ 。
 $(P-1) \div (10, P-1) = (P-1) \div (10進法での1/pの循環節の長さ) = 2, 4, 6, \dots, 8$
 $n=2, P=7のとき, 10進法で1/p=0.\overline{142857}だから$
 $\langle 10, 7 \rangle = (7-1) \div (10進法での1/pの循環節の長さ) = 6=6=6$
 $n=3, P=5のとき, 10進法で1/p=0.\overline{010237}だから$
 $\langle 1, 5 \rangle = (5-1) \div (3進法での1/pの循環節の長さ) = 4=4=4$
 $n=4, P=3のとき, 10進法で1/p=0.\overline{0102}だから$
 $\langle 4, 3 \rangle = (3-1) \div (4進法での1/pの循環節の長さ) = 12=6=6$
同様に、 $\langle 5, 7 \rangle = 1, \langle 10, 11 \rangle = 5, \langle 13, 17 \rangle = 4, \langle 17, 29 \rangle = 7$
また、n進法での1/pの循環節の長さはP-1の約数だから。
 $(P-1)P$ はP-1の約数である。

▲1ページ目

講評

素数の逆数は循環小数になる。この循環する部分(循環節)について興味を持ったことをきっかけに、その数をn進数にしたらどうなるかを調べた作品です。本研究では、まずたくさんの例を計算し、その中で見つけた性質を定理として予想し、それらをきちんと数学的に証明しています。この一連の作業は数学者の研究と同じですが、その証明をきちんとつけ、さらに10ページに上手くまとめていた力作です。

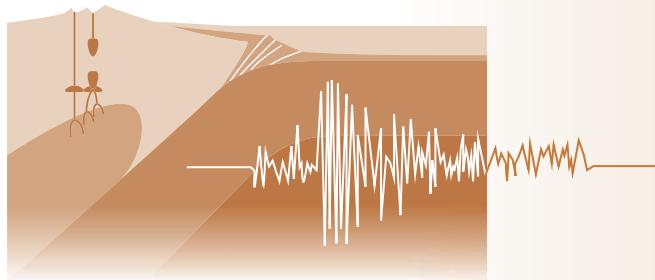
中央審査委員会

第7回

大気の流れから
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」

大気の大循環

次の図は大気の大循環のようすを表したもので。偏西風や貿易風という名称はなじみがあるのではないでしょうか。このような地球規模の大気の流れがどうなっているのか、どうしてそのような流れが生じるのかを見ていってみましょう。

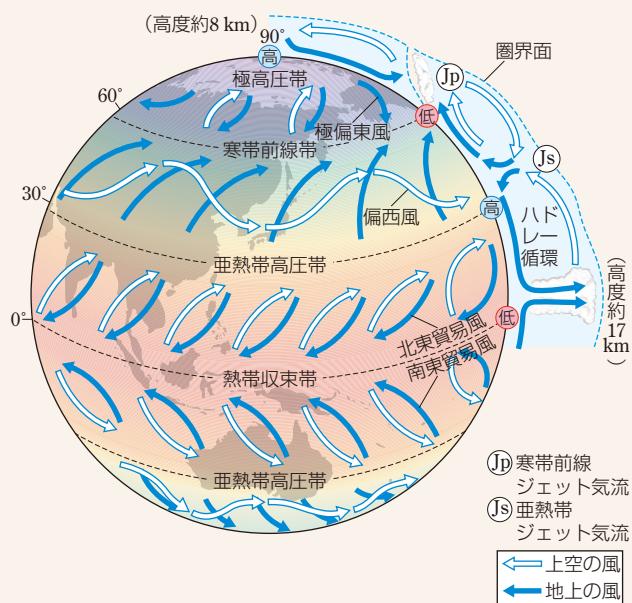


図1 大気の大循環 『地学基礎 改訂版』(啓林館) より引用

北半球に注目すると、大気の大循環は大きく3つの東西方向の流れに分かれています。このような循環が生じるおもな原

因は、次の2つであると考えられます。

- ・地球が球であることによる南北方向の温度差
- ・地球が自転していることにより生じる転向力

転向力については前回も触ましたが、地球が自転していることにより生じる見かけの力のことです。北半球では進行方向直角右向きに働き、気圧傾度力の向きから右にそれで風が吹くことになります。

それでは、図1のような大循環がなぜ生じるのか、この2つの要素で説明してみましょう。

① 赤道付近で暖められた空気が上昇しますが、圏界面（赤道付近では高度約17km）より上には上昇できないので、南北に分かれます。北に向かう空気は転向力により北東に向かう流れになります。この流れにより亜熱帯高圧帯の上空では空気が集まり、行き場を求めた空気は下降気流となります。亜熱帯高圧帯で下降した空気は南北に吹き出しますが、南（赤道）に向かう風は、転向力により南西に向かう風になります。これが北東貿易風です。貿易風が吹く低緯度地域には鉛直面内の循環が形成されており、ハドレー循環と呼ばれています。

② 北極で冷えた空気が下降気流になることが原因となり、極高圧帯と寒帯前線の間にはハドレー循環と同様の鉛直面内の循環が形成され、地表付近で南西に向かう風になります。これが極偏東風です。

③ 亜熱帯高圧帯で下降した空気は北に向かつても流れます

が、転向力の影響で右向きに曲がり、南西から北東に向かう風（地表付近の青矢印）となります。これが偏西風です。

④ 偏西風帯の上空はどのような風が吹いているでしょうか。北東から南西に向かう風が上空で吹いていれば、今までと同じように説明できるのですが、実際には上空の風はそうなっていません。図1の白抜き矢印で示されるように南北に蛇行しながら西から東に向かって吹いているのです。しかもこの蛇行して吹く西風は上空ほど強く、特に風速の大きい部分はジェット気流と呼ばれ、風速が100m/sに達する場合もあります。

地球の風

ジェット気流のようすを見るために、「地球の風」というサイトを見てみましょう。このサイトでは、大気の大循環のようすをほぼリアルタイムで見ることができます。

<https://earth.nullschool.net/jp/>

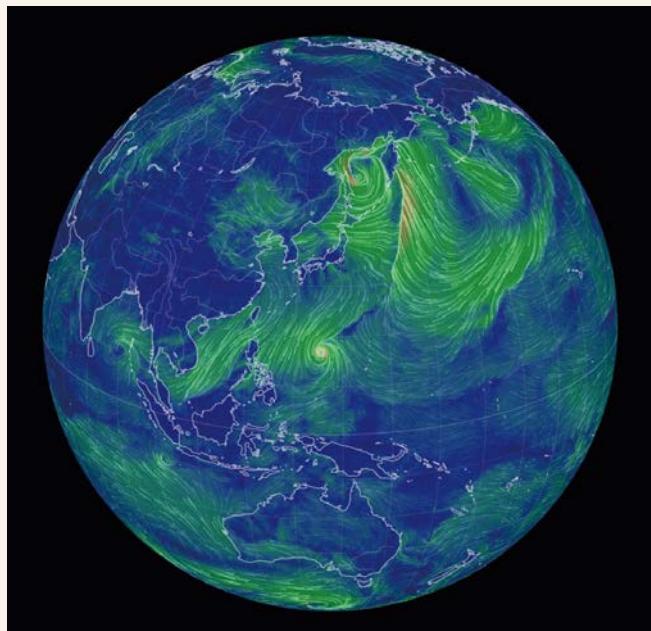


図2 日本上空から見た地表の風 Web サイト「地球の風」より

このサイトでは公開されている気象データ (GFS (Global Forecast System) など) を視覚的にわかりやすく表示してくれます。写真ではわかりませんが、実際のサイトでは流線の動きで流れの方向がわかります。個人的な感想ですが、そのようすはとても美しく、眺めているだけで癒されるような気がします。

画面の左下に表示されている「Earth」をクリックすると図3のようなメニューが表示されます。



図3 「地球の風」のメニュー Web サイト「地球の風」より

モードを見ると、大気だけでなく、海流やPM2.5などの粒子状物質の分布なども表示可能なことがわかります。

高度は気圧で表示されており、500hPaは高度約5.5km, 250hPaは高度約11kmでほぼ対流圏の最上部となります。

操作というメニューでは日付を選ぶことができます。

ジェット気流

図4は「地球の風」で250hPa(高度約11km)の風のようすを表示したものです。赤い部分が風速の大きいジェット気流を示しています。上の段が1月、下の段が8月のものであり、左側が赤道上空から、右側が北極上空から見たものです。赤道上空から見た図(左側2つ)より、ジェット気流が南北に蛇行しながら西から東(図では左から右)に吹いていることがわかります。このようすは北極上空から見た図(右側2つ)では、北極を中心とした反時計回りの渦であることがわかります。そして北半球では、北極を中心としたこの反時計回りの渦が最も強い流れであることが一目瞭然です。

Q 北極上空は低圧部でしょうか、高圧部でしょうか？

唐突な質問に思えるかもしれません、北半球で反時計回りの渦が形成される場合、その中心は低圧部か高圧部かという質問だと考えれば唐突ではないと思います。北半球では低気圧に吹き込む風は、転向力の影響で反時計回りの渦となります。前回で話題にした台風が反時計回りの渦であったことを思い出してください。そうすると北極の上空には低圧部があり、ジェット気流はその周りを吹く反時計回りの渦であるということになります。

この問い合わせに「極高圧帯があるのだから高圧部だろう」と考えた方もいるのではないかでしょう。図1には確かに極高圧帯と書かれています。これは混乱しやすいのですが、極は地表付

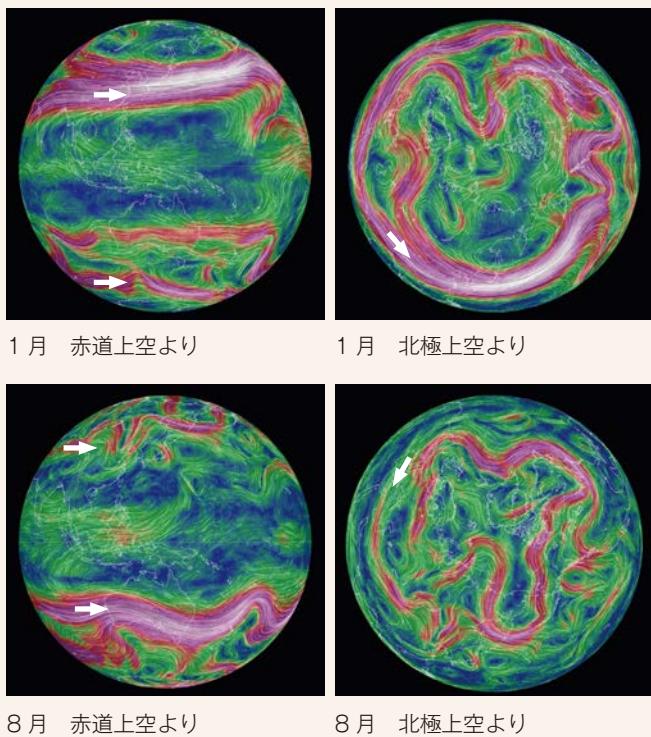


図4 250hPa(高度11km)の風 Webサイト「地球の風」より。赤い部分が風速が速く、ジェット気流を示している。風向を示す白矢印を加筆。

近は周囲に比べて気圧が高く、周りに向かって風が吹き出しています。しかし、図1で示されているように上空では周囲から風が吹き込んでいます。これは極の上空では周囲より気圧が低いということを意味しています。このように空気が冷やされて下降気流となり発生する高気圧は寒冷高気圧と呼ばれます。下層は高気圧、上空(およそ3km以上)では低気圧となるので、背の低い高気圧とも呼ばれます。

Q ジェット気流は冬と夏でどちらが強いか？

図4で赤道上空から見た図（左側の図）の1月と8月を比較すれば、1月は北半球、8月は南半球、つまり冬にジェット気流が強いことがわかります。極上空から見た図（右側の図）を見ると、冬（1月）はジェット気流が南寄りを吹き、夏（8月）は北よりを吹いていることもわかります。夏は北極を中心とした反時計回りの渦が小さいわけです。このことはジェット気流が南北の温度差が原因となって吹く風であり、冬のほうが南北の温度差が大きくなることで説明することができます。夏と冬で赤道付近の気温はあまり違いがありませんが、極は夏は白夜となり気温がある程度上昇し、冬は極夜（1日中太陽が昇らない）となるため非常に冷え込むため、冬のほうが南北の温度差が大

きくなるわけです。授業で扱うときは何月の図であるかを隠しておき、どちらが1月かを考えさせると理解が深まるようです。

暖冬と寒波

日本では暖冬なのに、同じ時期に北米に大寒波が襲来するということがあります。また逆になることもあるので、海と陸の分布などの地理的な要因だけでは説明ができません。さらに、同じ緯度ならほぼ同じ気温になりそうなものですが、日本でも暖冬だったり、寒波が襲来し非常に寒い冬になったりすることがあります。このようなことはさまざまな要因が関連して起こりますが、ジェット気流の流れ方が大きく影響しています。図5は北極上空から見たジェット気流のようすを模式的に書いたものです。北極を中心に南北に蛇行しながら反時計回りに回転しています。北極付近では冷たい空気が形成されますが、このジェット気流のループに閉じ込められてしまいます。エアカーテンのようなものを連想してもらえばいいでしょうか。そうすると、同じ緯度のa, b2地点で、a地点は寒気の中、b地点は寒気の外という状況が生じ、a地点は寒波が襲来し寒い冬となり、同じ時期にb地点では暖冬ということが起こるわけです。

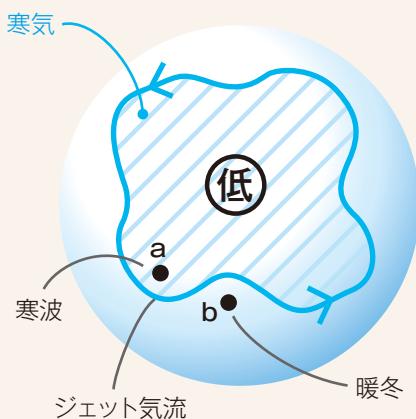


図5 北極上空から見たジェット気流と寒気の分布

ジェット気流の南北の蛇行は、波が移動していくこともあります。長期間同じ状態が続くこともあります。天気予報の長期予報はジェット気流の状態を予測することも重要な要素となっているわけです。

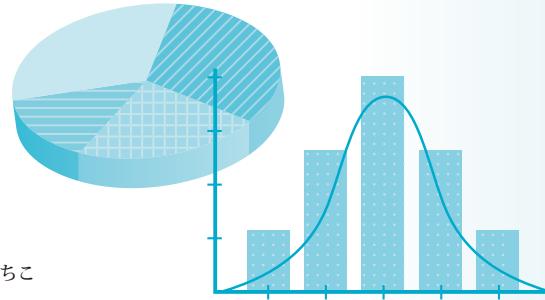
よかつたら「地球の風」にアクセスし、大気の大循環を実感してみてください。

第10回 成長曲線で学ぶ 基本統計量の種類と活用 I



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。

平均値だけではない基本統計量

2022年4月に入ると、いよいよ小学校、中学校と進められてきた新課程が高校でも始まります。AI・デジタル社会への変革を射程に、データに基づく思考力や判断力を養うため、基本的な統計量（基本統計量）の学習内容が算数・数学科で小学校6年生から中学校、高校と次のように配置されています。

- ・小学校6年生：データ全体の中心位置を見る指標

 - 代表値（平均値、中央値、最頻値）

- ・中学校2年生：データ全体の位置と幅を見る指標

 - 四分位数と四分位範囲（第1四分位数 Q_1 、

 - 第2四分位数 Q_2 、第3四分位数 Q_3 ）

- ・高校1年生：データ全体の分布の幅を評価する指標

 - 分散と標準偏差

この新課程に対応して2025年（2024年度実施）から始まる大学入試では、「共通テスト実施大綱 の予告」（文部科学省）に示されたように、新科目「情報I」も加わります。図1は、大学入試センターより出されたサンプル問題の問題3「データの活用」の中の基本的な統計量の表です。囲んでいる箇所が基本統計量の名称ですが、一つではないことがわかります。

社会では、日々の売上高や試験の成績、サイトへのアクセ

表2 1試合当たりのデータに関する基本的な統計量（分析シート）

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	決勝進出チーム								
	予選敗退チーム								
1									
2	統計量	1試合当たりの得点	1試合当たりのショートバックスト数	1試合当たりのロングバックスト数	1試合当たりの反則回数	1試合当たりの得点	1試合当たりのショートバックスト数	1試合当たりのロングバックスト数	1試合当たりの反則回数
3	合計	21.56	5532.21	1564.19	41.30	11.00	4213.33	1474.33	48.00
4	最小値	0.75	268.00	74.40	1.50	0.00	185.67	73.67	1.67
5	第1四分位数	1.00	321.82	92.25	2.10	0.33	235.25	87.67	2.58
6	第2四分位数	1.25	336.88	96.02	2.40	0.67	266.83	91.67	3.00
7	第3四分位数	1.75	368.33	103.50	3.00	1.00	300.08	98.00	3.42
8	最大値	2.25	453.50	118.40	4.50	1.67	334.00	109.33	4.67
9	分散	0.23	1926.74	137.79	0.67	0.15	1824.08	106.61	0.61
10	標準偏差	0.48	43.89	11.74	0.82	0.38	42.71	10.33	0.78
11	平均値	1.35	345.76	97.76	2.58	0.69	263.33	92.15	3.00

図1 大学入学共通テスト 情報サンプル問題より

スユーザー数など、数量的なデータを指標にモノゴトが議論される場面は多くあります。その際、現場で例えば上司から、直近数か月間のデータを調べて基本統計を出してこいと言われ、平均値しか思いつかず、平均が上がったか下がったかの議論しかできないようでは、小学6年生にも及ばないことがあります。学習指導要領では、意味や求め方に加えて、「データの傾向に着目し、これらを用いて比較などの問題の結論について判断するとともに、その妥当性について批判的に考察すること」とあり、情報入試サンプル問題にも出てきたように、最終的には、これらの基本統計量をセットで理解・活用し身の回りの判断ができるようになることが求められているのです。また、それが、コンピュータの中でAIがデータに基づいて判断しているロジックを理解することになります。今回は、社会でも学校

の中でも誰もが目にする身長と体重の成長曲線を例に、基本統計量の役割を解説します。

■ 基本統計量で何を判断するのか？ SD法の意味

基本的な統計量は、組織のマネジメントや管理に活かされています。もう少し具体的にいうと、現在、起こっていることを数量的な指標の値で確認するとき、その目的は、現在の値が正常値もしくは標準的な値の範囲内にあるのかどうか、または、標準から外れる状態に入っていると言えるかどうかの判断になります。その際、標準状態と言える値の範囲はどうなっているのか、そのことがわかつてないと判断ができません。その範囲は、次のように基本統計量によって求めています。

- ① 平均値±標準偏差 (SD)
- ② 第1四分位数と第3四分位数の区間 (Q_1 , Q_3)

学習指導要領が言うところの「データの傾向を知り…」のデータの傾向とは、集団の中心傾向と言われる、標準的な状態の範囲を指します。例を見てみましょう。図2は、学校で先生も生徒もよく見る成長曲線と呼ばれるグラフです。横軸は年齢、縦軸（左）は身長、縦軸（右）は体重を表しています。このグラフに自分の年齢に沿って、身長や体重の計測結果を記入していくけば、身長や体重の時系列上の推移がわかる折れ線グラフができるります。

折れ線グラフは小学4年生で学習する統計グラフで、それだけでは、上がったとか、下がったとか、上り幅がどれくらいだったなどの読み取りだけになりますが、成長曲線にはその背景に、同年代の集団の平均値の変化が地図の等高線のように予め太線で描かれています。その基準線が1本あるだけでも、自分の身長が同年代の集団の平均より大きいのかどうか、また、平均よりどれくらいずれたのか（平均からの偏差）の判断ができます。つまり、平均値という基本統計量が判断を支援する機能をもっているのです。

しかし、数量的な指標の値は構造上の変動とは言えない変動も持っています。そこがデータの値を見る上でとても難しいところで、データの値の変化が構造的な変化もしくは自然変動（誤差変動）の範囲なのかを知る必要があります。つまり、平均より大きいか小さいかの議論をするだけでは、冒頭で述べたよう

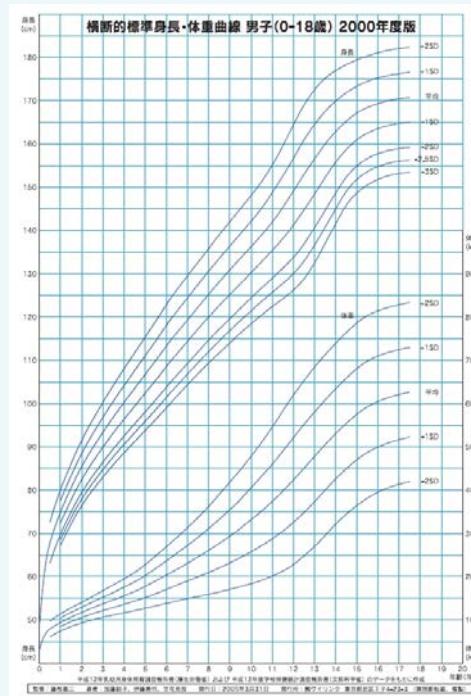


図2 成長曲線 (SD基準) 2000年日本人小児の体格標準値 – 日本成長学会 (auxology.jp)より

に、小学6年生が学習する技能と変わることになるのです。

成長曲線のグラフを再度、よく見てみましょう。基準となる線として、平均線の上下に、+1SD, -1SD, +2SD, -2SD の線も描かれています。このSDこそが、**Standard Deviation (標準偏差)** の頭文字で、平均値と同様、集団から計算される基本統計量であり、平均からのずれ（偏差）に対して、ここまで標準の自然変動の範囲であるということを指す基準の大きさです。言い換えると、標準偏差は、平均からのずれの大きさを見るまでの単位のような役割を果たす、たいへんに重要な基本統計量ということになります。そのため、平均値のまわりで、**平均値±1SD** の範囲で動いている間は標準と考え、そこを超える値が観測されると要注意、±2SDに達して外れると注意勧告（アラート発動）など、取り扱っているデータの領域の状況に従って、判断の支援が行われることになります。

■ シグマ (SD) の法則

標準偏差 (SD) の大きさで、平均からのずれの状態の深刻さを判断する方法の理論的な背景には、正規分布に従うデータに対する確率計算があります。基本統計量の値をデータから求める場合、その前にデータ全体がどのような分布をするの

かを調べなければなりません。そのためには、数量データに対して階級と呼ばれる区間に入る度数（データの数）を数え、棒グラフでの度数の変化を見るグラフ（ヒストグラム）を作成します。その結果、ヒストグラムが図3のように、一つの左右対称な山を形成しているとき、そのデータの分布は、**正規分布**と呼ばれるベル型のきれいな数学関数で近似できます。

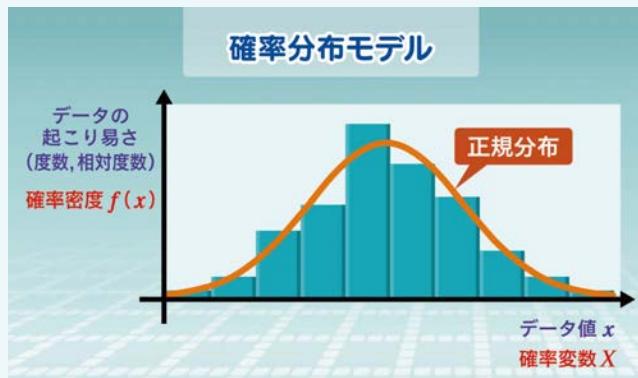


図3 正規分布での近似

きれいにぴったりと当てはまらないといけないと思う方も多いのですが、データはあくまでも現象を表す一部分（標本）であり、そこに当てはめる分布の理論形は一つにモデルにすぎないので、ざっくりと当てはめてみたら、という感覚です。

正規分布では、ちょうど真ん中の山の最も高い位置が**平均** (μ) となり、中心から麦わら帽子の形で言えばつばの部分を外したちょうど頭の部分までの幅が**標準偏差** (σ) となります（図4）。 μ （ミュー）と σ （シグマ）とは、ギリシャ文字の m と s のことで、mean（平均）と SD（標準偏差）の頭文字です。

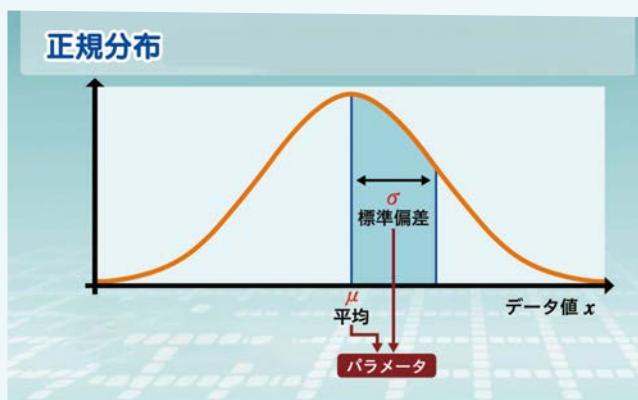


図4 平均 μ と標準偏差 σ と正規分布

正規分布は、横軸がデータの値を表し、任意の値の区間にに対してそれが起こる確率がその区間の面積によって計算できます。端から端 ($-\infty, +\infty$) の区間では、ちょうど面積は 100% になります。正規分布の大事な性質は、標準偏差による次のシグマの法則、**1シグマ 2シグマ 3シグマの法則**です（図5）。

※平均-1シグマから平均+1シグマの間に、全体の約2/3、過半数の68.3%のデータが入る。

※平均-2シグマから平均+2シグマの間に全体のほとんど、約95.4%のデータが入る。ここから外れる割合は、片側で僅か2.3%である。

※平均-3シグマから平均+3シグマの間に全体のほとんどすべて、約99.7%のデータが入る。ここから外れる割合は、全体でも僅か0.3%である。

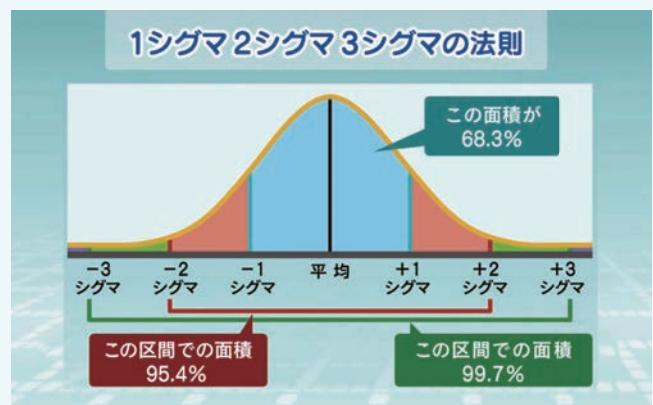


図5 正規分布とシグマの法則

このように、平均と標準偏差という基本的な統計量を利用した数値指標による状態の管理は、保健や医療の領域だけではなく、メーカーなどの企業で一般によく使用される手法であり、マネジメントの技法です。AIの活用目的に、状態管理と異常検知というものがありますが、基本的にはセンサー等で検知したデータ値を通して、何らかの統計量と照らし合わせるものです。

批判的な考察とは？

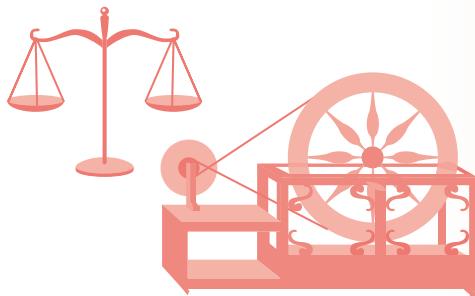
冒頭で述べたように、算数・数学の「データの活用」領域の指導要領には、「データの傾向に着目し、これらを用いて問題の結論について判断するとともに、その妥当性について批判的に考察すること」とあります。傾向（データの中心傾向）については、統計量を基に捉えることができることは説明しました。では、批判的な考察とは何でしょうか？ここで説明した、平均と標準偏差による状態管理の基準となる割合や確率の根拠は、データの分布が、あくまでも一山（単峰）で左右対称な正規分布で近似できるとすればの話です。身長や体重の分布は果たして正規分布するのでしょうか？次回は、この観点から、再度、基本統計量の使い分けに関して説明したいと思います。

第10回 オームの法則



一橋大学大学院言語社会研究科
准教授

有賀 暢迪 / ありが のぶみち



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

教科書に登場する物理法則の原典を訪ねる連載です。今回のテーマは、電流・電圧・抵抗の関係です。

人名のついた法則

科学の法則には人名がついたものが少なくありません。この連載でもこれまでに、気体に関する「ボイルの法則」と「シャルルの法則」（第6回）や惑星運動の「ケプラーの法則」（第7回）を取り上げました。自然科学にも歴史があるということを多くの人が最初に意識するのは、こうした人名由来の法則を通じてではないでしょうか。

このような法則の多くは高校で学ぶ内容に属しますが、中学校の理科で登場するものもあります。その代表が、今回取り上げる「オームの法則」です。これは電気分野の基本的な法則であると同時に、人名を冠した法則として、義務教育で学ぶ代表的なものと言えるように思います。

オームの法則

以下では例によって、まず現在の教科書での説明を見ていきます。中学校2年の单元「電流の性質とその利用」では、最初に電気回路の説明（直列と並列）があり、次いで電流と

電圧について学びます。その後で出てくるのが「電流と電圧の関係」、すなわちオームの法則です。

啓林館の教科書の場合、この法則の説明は、実験を行って考察するという進め方をとっています。実験は、「抵抗器に加える電圧を変化させたときに流れる電流を測定し、電圧と電流の間の規則性を調べる」というもので、測定結果をグラフに表すと図1のようになります。ここから、次のように言えます。

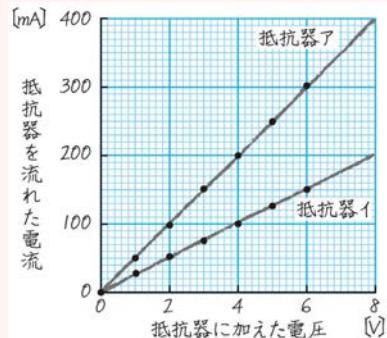


図1 電圧と電流の間の規則性

◎中学校理科

[実験]の結果から、抵抗器や電熱線を流れる電流は、それらに加える電圧に比例することがわかる。この関係をオームの法則という。

続けて教科書は、このときのグラフの傾き（比例定数）を電気抵抗と呼ぶ、と説明します。そして次のように、オームの法則を式で表しています。

◎中学校理科

電圧を V [V]、電流を I [A] で表すと、オームの法則は一定の電気抵抗 R [Ω] によって、次の式で表すことができる。

$$V = R \times I \quad \text{または} \quad I = \frac{V}{R}$$

このように、教科書では電圧と電流をそれぞれ計測し、両者の関係から電気抵抗を決めています。オームの法則は物理量どうしの数量的関係を表すものですが、この関係は実験と計測によって見いだされるのです。このことを念頭に置いて、歴史を訪ねてみることにしましょう。

オームの実験

オームの法則に名前を残しているゲオルク・ジーモン・オーム (Georg Simon Ohm, 1789-1854) は、19世紀前半のドイツの物理学者です。電気抵抗の単位「オーム」は彼の業績を記念して後に名づけられました。この由来となった法則が最初に発表されたのは、1826年の論文『種々の金属に対する接触電気の伝導法則の決定、ならびにヴォルタ装置とシュヴァイガー倍率器に関する試論』です。



オームがこの論文で報告した実験は、現代的に言い表すと、電圧を一定にして抵抗を変化させたとき、電流がどのように変化するかを調べるものでした。理科教科書の実験とは、似ているようで少し違います。

いま、抵抗を変化させると言いましたが、実際にオームが行ったのは、回路の途中につなぐ導線の長さを変えることで

した。導線の電気抵抗の大きさは、長さに比例し、断面積に反比例します（これは高校物理で学びます）。オームが実験で確かめたのは、より正確には、電流の大きさが導線の長さに反比例するということです。

オームが得た結果の一部を表1に示しました。ここでは3日に分けて計5回（系列）の実験を行っています。各回の実験では、銅でできた8本の導線を使いました。いずれも太さは同じで約1.75 mm、長さは順に、約5, 10, 14, 24, 43, 82, 158, 312 cm となっています。

この実験結果から、どんな法則が得られるのでしょうか。オームによると、導線の長さを x とし、電流の測定値（詳しくは後で説明します）を X とすると、2つの量の関係は次の式でうまく表すことができます。

$$X = \frac{a}{b+x}$$

この式に登場する a は一般に起電力と呼ばれるもので、電圧に対応します。 b のほうは、回路のうち導線以外の部分による電気抵抗と解釈できます。したがって、上の式は（電流） = （電圧） ÷ （回路全体の電気抵抗）という意味になります。これは確かにオームの法則を表しています。

電気抵抗の概念

先ほどの式は、私たちになじみのある形とは少し違っています。しかしオームが後に書いた論文や本の中では、より現代的な式も現れます。有名なものとして、翌年に出版された本『数学的に取り扱ったガルヴァーニ回路』を見てみましょう。「ガルヴァーニ回路」という言葉の歴史的説明は割愛しますが、要は電流が流れる電気回路のことです。

表1 オームの実験結果（1826年） 実際の論文では、小数でなく分数表記を用いている（「326 3/4」「311 1/4」「307」など）

観察日	実験系列	銅線							
		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8
1月8日	I	326.75	300.75	277.75	238.25	190.75	134.50	83.25	48.50
1月11日	II	311.25	287.00	267.00	230.25	183.50	129.75	80.00	46.00
	III	307.00	284.00	268.75	226.25	181.00	128.75	79.00	44.50
1月15日	IV	305.25	281.50	259.00	224.00	178.50	124.75	79.00	44.50
	V	305.00	282.00	258.25	223.50	178.00	124.75	78.00	44.00



オームはこの本で、一連の実験結果を踏まえ、電流に関する現象を理論的に説明しています。この中でオームは、 $S = \frac{A}{L}$ という式を書き、次のように書いています（訳文は既存の邦訳のもので、〔 〕は筆者の補足）。

ガルヴァーニ回路の中の電流の大きさ [S] は、すべての張力 [A] の合計に比例し、回路の全換算長 [L] に反比例する。

ここに登場する文字 L は、「換算長」と呼ばれています。オームは、先ほど紹介した実験では銅でできた導線を使っていましたが、黄銅（これは別の金属です）を使った実験も同時にっていました。そこで、このように電気伝導性が異なる場合や、同じ材質で太さが異なる場合も考慮して、単なる長さではなく、一定の伝導率と断面積を持つ導線で置き換えた場合の長さというものを考えたのです。この「換算長」という概念が、今日の電気抵抗に相当します。

同様に、文字 A は「張力」と呼ばれていますが、ここでは詳細に立ち入らず、今日の電圧に対応するとしておきましょう。その代わり、以下ではオームの実験に潜む意外な難しさに触れてみたいと思います。

電圧と電流の測定をめぐって

今日の理科実験では電池を使うのがふつうですが、オームが 1826 年の実験で用いたのは、少し前に発明された熱電対でした。熱電対とは、2 種類の金属の棒の両端を結合して輪をつくり、2箇所の接点を異なる温度に保っておくと、この輪に電流が流れるというものです。

そもそもオームの時代には、今日のように出力の安定した電池はありませんでした。つまり、「電圧を一定にする」ということ自体が困難だったのです。オームは当初、銅板と亜鉛板を電解質溶液に浸した電池を使ったのですが、実験中に起電力が低下してしまうため、得られた法則は間違ったものでした。その後、電源を銅とビスマスからなる熱電対に変えたことで、正しい法則が得られたと言われています。図 2 がその実験装置で、2 箇所ある接点が 0 °C と 100 °C に保た

れるように工夫されています。

ただし、オームは電圧を直接測定したわけではありません。電圧の値はむしろ、電流と抵抗（導線の換算長）の数値から決められるものです。そこで、先の表に示した実験結果をもとに計算してみると、その値は実験系列ごとに違った数字になります。つまり、同じ熱電対を同じ温度で使っているにもかかわらず、電圧の値は毎回違っていたことになるのです。

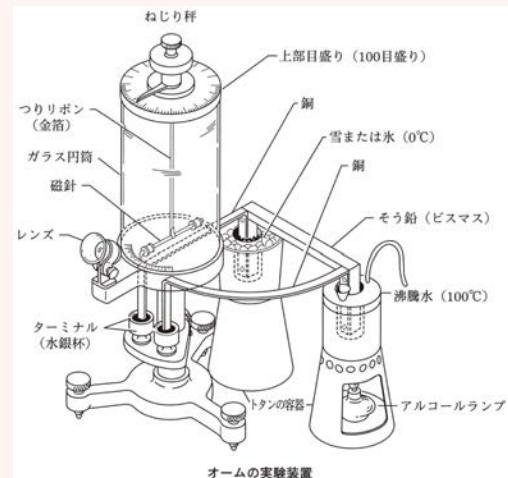


図2 オームが使った実験装置 三星孝輝訳・解説『オームの論文でたどる電圧概念の形成過程』6頁より引用

電流についてはどうでしょうか。実験装置の図を見ると、測定に「ねじり秤」が使われています。導線に電流が流れるとき、周囲に磁界が生まれ、そばに吊るされた磁針が回転します。実は、表 1 に記された測定値 (X) はその回転の角度で、これを測ることで電流の大きさに代えたのです。ちなみにこの方法は、現在でも用いられる電流計の原理となっています。

このようにオームの原典を見てくると、電流・電圧・抵抗という基本的な概念が決して単純なものでないことに気付かれます。電流はねじり秤を使って測定できるとしても、電圧については測定手段がなく、安定した電源もありませんでした。電気抵抗についても、さまざまな導線での実験をもとに「換算長」という概念を考え出す必要がありました。オームの法則は、計測するとはどういうことなのかを考へる題材としても優れているように思います。

原典についての参考情報

- Georg Simon Ohm, "Bestimmung des Gesetzes, nach welchem Metalle die Contactelektricität leiten...", 1826.
- Georg Simon Ohm, *Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet*, 1827. / 【日本語訳】三星孝輝訳・解説『オームの論文でたどる電圧概念の形成過程』(大学教育出版, 2007 年) 所収。

コロナ禍における学びの保障

「学校が直面する課題と教員の資質・能力の向上」

大江 近 / おおえ ちかし

1952年和歌山県生まれ。東京都公立中学校社会科教諭、練馬区教育委員会・東京都教育庁指導主事・主任指導主事・主任管理主事・義務教育心身障害教育指導課長、渋谷区立上原中学校長、全日本中学校長会長、日本中学校体育連盟会長、中教審委員、早稲田大学大学院客員教授、東京都人権施策専門家会議委員、教員養成評価機構評議員を歴任。現在 Rimse 東京懇談会座長。



1) Rimse 東京懇談会の歩み

一般社団法人 理数教育研究所（Rimse）では、理数科目を中心とする学校教育の視点から教育全般をめぐる諸課題について研究・協議・発信を行うことを趣旨とする Rimse 東京懇談会を 2016 年に設立し、これまで、「学習指導要領の実施における教育指導上の課題」「校長先生や教員が直面している課題」「教員の養成・採用・育成（研修）に関わる課題」「教員の資質・能力の向上に関する課題」などについて協議を重ねてまいりました。

委員の構成メンバーは、教員養成系大学で教員養成を担当する実務家教授のみなさんです。

特に、「コロナ禍における感染防止や学びの保障、教育課程の取扱い」「学校における働き方改革の推進」「GIGA スクール構想の実現に向けた課題」「新学習指導要領の全面実施における現状と課題」など、具体的な課題を踏まえて協議を継続しております。

また、茨城大学教授の小口祐一先生を中心とする Rimse 東京懇談会調査研究部会は、都内の各地区教育委員会、校長会、校長先生、学校等へのアンケートを実施し、教員研修、校内研修、校内環境、学習内容の観点から分析を進めてまいりました。

2) Rimse 東京懇談会委員からの率直な意見

委員の先生方からも率直な意見を幅広くいただきました。

第 1 は「中教審答申（2021.1.26）についてです。具体的に

は小学校高学年における教科担任制の導入、小・中学校の免許状併有の促進、学習内容の定着」などについてです。

第 2 は「新学習指導要領全面実施における課題」についてです。具体的には主体的・対話的で深い学びの実現に向けた取り組み、指導と評価の一体化に向けた取り組みなどについてです。

第 3 は「コロナ禍における教育実践、オンライン授業と対面教育の在り方等」についてです。具体的には「遠隔・オンライン教育を含む ICT を活用した学びの在り方、教育のハイブリッド化にわたる課題などについてです。

各委員の具体的な意見については、今後、本欄において具体的に紹介される予定です。

3) コロナ禍における「学びの保障」

新型コロナウイルスは、学校教育にも極めて大きな影響を与え、学校は「感染予防」「学びの保障」「教育課程の柔軟な変更と実施」など、これまで経験しなかった対応を余儀なくされました。

学校では、「コロナ禍への対応」とともに、新学習指導要領の全面実施が順次行われており、「社会に開かれた教育課程」「授業改善」「カリキュラム・マネジメント」などの課題への取り組みを進めてきました。

さらに「働き方改革の推進」「GIGA スクール構想の実現」など新たな教育課題への具体的な対応が求められています。

文科省は令和 2（2020）年 6 月、「学びの保障」総合対策パッケージを公表し、新型コロナウイルス感染症対策に伴う

児童生徒の「学びの保障」について、基本的な考え方および具体的な施策を示しました。

コロナ禍での教育実践において、各地でリモート授業をはじめとする遠隔授業に具体的に取り組む中で、オンライン授業と対面授業の在り方やバランスなどが課題とされ、委員の先生方からも次のようにさまざまな知見が示されました。

- ・ICTは、学校における環境整備が必要。
- ・遠隔・オンライン教育の成果と課題については、具体的に検証するとともに、対面指導も含めて適切に使いこなすことが大切。

学校においては、教育委員会の支援を受け、感染症対策を徹底しながら、学校での学習の充実や、ICT活用によるオンライン学習の確立に取り組んでいるところですが、想定外の対応の連続には相当なエネルギーが必要です。

4) 教員の資質・能力の向上

令和3(2021)年1月26日、文科省は「『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～」(中央教育審議会答申)を公表しました。

中教審答申は、課題として「教育振興基本計画の理念(自立・協働・創造)の継承」「学校における働き方改革の推進」「GIGAスクール構想の実現」「新学習指導要領の着実な実施」を示し、必要な改革を躊躇なく進めることで、従来の日本型学校教育を発展させ、「令和の日本型学校教育」を実現するしました。

提言は、Society 5.0時代における教師および教職員組織の在り方についても、AIやロボティクス、ビッグデータ、IoTといった技術が発展したSociety 5.0時代の到来に対応し、教師の情報活用能力、データリテラシーの向上が一層重要であるとしました。

さらに、地域の人材資源の活用など多様な知識・経験を有する外部人材による教職員組織の構成、必要な教師数の確保とその資質・能力の向上が両立できるような教員免許更新制の実質化、早い段階から教職の魅力を発信、教職に就くための効果的な情報発信などが具体的に提言されています。

5) まとめとして

Rimse 東京懇談会では、委員の先生方から具体的な提案をいただくとともに、現場の校長先生方からも、コロナ禍における学校の現状と取り組み、課題などについて具体的なご報告を頂戴しました。

教員に必要な資質・能力とは、授業をする力と学級経営をする力です。子供たちの個々の課題に寄り添い、集団としてまとめる力です。このような資質・能力が充実することにより、保護者や他の教職員との信頼関係を構築することができ、適切な授業と学級経営の両者の継続により、学校マネジメント能力が身に付き、ミドルリーダーが育ち、学校管理職が育っていくのだと考えます。

Rimse 東京懇談会は、今後とも学校教育に関わる今日的課題や、学校の状況を踏まえた協議を継続し、学校や教育委員会が役立つ提言や情報提供をしていく所存です。



▶調査研究部会

Rimse 東京懇談会では、懇談会委員から指摘があった事項について実態調査を行うことを目的として、調査研究部会を設置しています。

●Rimse 東京懇談会では、教育現場が直面している諸課題などについて研究し、結果を『研究紀要』として発刊しています。『研究紀要』は、Rimseのホームページからもご覧になれます。

<https://www.rimse.or.jp/report/kondankai.html>



「若い教師が学ぶ」ではなく、 「若い教師と共に学び合う」 自主セミナーであること



若い教師と共に学び合う
自主セミナー 事務局長

植木 忠佑 / うえき ただすけ

はじめに

私が『若い教師と共に学び合う自主セミナー』と出会ったのは、大学3年生の頃、当時福島大学で理科の特任教授であった先生に紹介されたのがきっかけでした。「若い教師」と書かれているチラシを見て「大学を卒業した先輩方がたくさん集まって、どのようなことを学んでいるのだろう。理科の授業についていろいろ学べるかもしれない」と考えていました。いざ足を運ぶと、そこには「若い教師」よりもベテランの先生方がたくさん参加されておりました。当時の私は、「若い教師」なのに、なぜベテランの先生方がいるのだと不思議に思っていました。卒業して数年後、事務局に関わるようになり、先輩方の「若い教師と共に学び合う」に込めた思いを知り、今もなお福島県の様々な年代や立場の教員そして教師を目指す学生の学びの場として、続いてきた理由が分かるようになりました。本稿では、私から見た「若い教師と学び合う自主セミナー」の姿をご紹介したいと思います。

「若い教師と共に学び合う自主セミナー」とは

本セミナーは平成16年4月に発足しました。その当時の先輩方の思いは次のようなものでした。

- 若い教師だけでなく、幅広い世代の先生方が集まって、教職年数や立場に関係なく、子どもの姿から学んでいく
 - 先輩のご指導でまとめる研修会ではなく、若手もベテランも相手から学ぶことができる研修会にしていく
- この思いは今も受け継がれ、次のような理念を大切にしています。
- さまざまな年代の「教師」としての心構えの醸成を目指す
 - 「授業」を中心に据え議論することによって授業観や子ども観を広げたり、深めたりすることができる研修会
 - 世代を超えて学び合うネットワークの構築の場

主な活動内容の紹介

ここでは、今年度の活動に加え、コロナウイルス感染症が流行する前の活動についても紹介させていただきます。

① 参加者全員での協議を中心としたセミナー

若い教師や学生を中心に、様々な年代や立場の人々が集まるセミナーです。理科に限らず、幅広いテーマについて共に学び合います。ですので、コロナ前は、研修会の講師に、教育関係者以外の方々を招聘したり、福島県内にとどまらず関東や関西から参加する方がいたりと、共に学び合う会員の方々が集う場となっています。

ここ数年のセミナーテーマは次のようなものがあります。

- ・深い学び
- ・子どもの主体性
- ・子どもの学びを「つなぐ」
- ・子どもを「みる」って、どういうこと? など

令和3年度は「授業づくり」と「授業を振り返る」をテーマにセミナーを行いました。「授業づくり」では、参加者のクラスの子どもの姿を語ってもらい、その子たちにとってどんな教材提示がよいのか、どのような単元構成がよいのかなどを協



図1 若手による実践報告

議していました。それを受け「授業を振り返る」では、協議した授業を実践し、報告会を行いました（図1）。

そこでは、授業で効果的だった手立てや素敵子どもの姿を語るのではなく、想定していなかった子どもの姿やうまくいかなかつた場面を語ってもらいました。それを参加者全員でじっくり聴き、授業前や授業中に教師が大切にすべきことは何かについて協議をしてきました（図2）。



図2 幅広い世代での協議

このようなセミナーを通して、学生や先生方が、授業観や子ども観を見つめ直し、更新していくことができるこを目指しています。

② 自然探訪会

福島県には豊かな自然が「浜・中・会津」の地域それぞれにたくさんあります。各地域の自然に入り、植物や昆虫、動物たちと向き合い、じっくり浸る研修会が年に1回、1泊2日で行われます。

この研修では、自然を愛してやまない参加者が一緒に自然の中に飛び込み、どのように自然を見ればよいか、その面白さや神秘さを共に語り合いました。

また、森の案内人の方をお招きして、その地域ならではの植物の特性や地域の歴史を紹介していただいたりもしました（図3）。

参加された先生方は、改めて自然の神秘さに気づいたり、人間よりも小さな命が知恵を働かせて生きていることにとても感動したりしていました。多忙な先生方だからこそ、自然にどっぷり

つかり、自然をもう一度見つめ直すことのできる時間として設けています。



図3 紹介された植物を観察

③ 若教座談会

年度末には、事務局が知恵を絞って次年度の計画を立てるところですが、昨年度は、新年度どのようなことを学び合いたいかについて、若い先生方と事務局で議論する座談会を実施しました。その際、どこからでも気軽に参加できるよう、テレビ会議形式にして、自由に話し合いに参加してもらえるようにしました。

そこでは、「なかなか思ったように授業が進まないから、どのように授業づくりをすればよいのか」や「ICT活用をどのように進めていけばよいのか」など日々の授業に対する悩みが話されました。

事務局では座談会で出た悩みやニーズを基に、どのようなセミナーを行えばよいのかを検討します。

■ おわりに

これから福島県はベテランの教員が次々に退職していく、若い教員が増えてきます。そのような現状にあっても、本セミナーが若い先生方を含めた幅広い多くの先生方にとって、教師としての心構えを醸成し、世代を超えて学び合うネットワークを構築することができる学びの場として受け継ぐことができるようと考えています。

・・・編集後記・・・

コロナ禍の中、「算数・数学の自由研究」作品コンクールには、今年多くのご応募がありました。児童生徒の皆さんユニークな発想・着眼点には、いつも感心させられています。次回のご応募もお待ちしております。

(財)理数教育研究所 事務局

「可能性」の言葉使い その1

「可能性が高い」それとも「可能性が大きい」

サイエンスナビゲーター® 桜井 進／さくらい すすむ

私たちはいくつもの世界にまたがって生きています。日常生活と数学、それぞれの世界にはそれぞれの言葉使いがあります。「数学と言葉」では、日常の言葉使いと数学の言葉使いをさまざまな視点で比べてみたり、クロスオーバーしてみよう思います。初めに断っておきますが、ここでは言葉使いの正しい・誤りについて議論するのではありません。

「可能性が大きい」という言葉使いをする理由

「可能性が高い」と言う人がほとんどですが、中には「可能性が大きい」と言う人もいます。筆者もその一人です。筆者がそのような言葉使いをする理由から始めましょう。

「可能性」には3つの意味(①できる見込み ②選択肢の数 ③確率)がありますが、筆者は②、③すなわち数値(数)とみています。これは、(例1)「10通りの可能性がある」、(例2)「無限の可能性」、(例3)例「万に一つの可能性もない」の例文からもわかります。「可能性」の意味は、例1では有限、例2では可算無限、そして例3では確率を表します。

そして、「数」は「大きい・小さい」という言葉使いが基本(このことは国語ではなく小学1年の算数で学びます)であり、「高い・低い」とは言わないという理由から、「可能性は大きい」という言葉を選んで使います。

(基準)：数値(数)が大きい・小さい、は絶対なのか

次の例を見てみましょう。○はよく使われる、×は使われないことを表しています。

○「体重が重い・軽い」 × 「体重が大きい・小さい」

○「身長が高い・低い」 × 「身長が大きい・小さい」

体重と身長は数値ですが、「体重(身長)が大きい・小さい」は私も使いません。「重い・軽い」は体重(重さ)特有の言葉使いだからです。身長も同じです。

○「数が多い・少ない」 × 「数が大きい・小さい」

この場合の「数」は物の個数や人数のことです。算数教科書の「数」は「大きい・小さい」ですが、個数を表す「数」では「大きい・小さい」はNGです。「数」という言葉の意

味の違い(文脈で判断)ということになります。

○「人口が多い・少ない」 ○「人口が大きい・小さい」

「人口」は「大人口・小人口」とも使われる所以、「可能性」に比べると「大きい・小さい」は使われます。なぜでしょうか。これは「大きい・小さい」がサイズ・規模を表す指標に使われるからだと思われます。人口からイメージするのは町や都市・国といった地図上でイメージされるエリアです。「エリア(面積)が大きい・小さい」とピッタリ合います。

○「点数が高い・低い」 × 「点数が大きい・小さい」

(基準)：大小は量感、高低は質感

「大きい・小さい」と「高い・低い」の使い分けを考えたときに浮かび上がる基準が量と質です。つまり、量と質のうち比重が大きいほうを使うと考えられます。

可能性が高い(質>量 → 高い)、人口が大きい(質<量 → 大きい)、点数が高い(質>量 → 高い)

高品質・高性能という使い方が示すように、「高い・低い」には質(クオリティ)がピッタリです。点数は明らかに量であるにも関わらず、質を表すこと重きを置いているということです。量(数値化できるもの)に対して質とは数値化できないという意味を持ちます。したがって、点数が高い・高得点という言葉使いには、大きな点数をとった人を高く評価するという意味があると考えられます。数値(点数)化して質を評価することから「高い・低い」が使われていると考えられます。

量は数値、質は非数値と言い換えることもできます。「可能性が高い」という言葉使いは結果として、可能性を非数値(できる見込み)として捉えているとも言えます。

なぜ「可能性が高い・低い」が多く使われるのか

筆者の場合には、「可能性」の3つの意味(①できる見込み ②選択肢の数 ③確率)を比較して、「大きい・小さい」を選びますが、一般には「可能性」の複数の意味を比較検討することは考えられません。「可能性が高い・低い」一括です。

数(数値)に対して「高い・低い」が使われる理由を考察してみましょう。筆者の持論は、ズバリ温度計です。温度という数値は、水銀温度計では水銀の高さに置き換わります。概念としての数(数値)は目に見えません。それを可視化する装置が水銀温度計です。「温度が高い・低い」は水銀の高さが目に浮かび、わかりやすいのです。

日常では、数学の言葉使いである「数が大きい・小さい」よりも視覚化された「数が高い・低い」という言葉使いが結果として選ばれているということです。