

データサイエンスの芽生えとなるプログラミングを用いた小学校算数科における授業開発 Class Development in Elementary School Mathematics using Programming that is the Seed of Data Science

中村 惇哉

NAKAMURA Junya

大阪市立豊里南小学校

Osaka City Toyosato Minam Elementary School

【要約】 Society5.0 時代を見据えた取り組みの一つとして、令和2年度から小学校プログラミング教育が必修化となった。また、内閣府からは、データサイエンス教育の必要性が提言されている。そこで本稿では、小学校第5学年算数科「D データ活用 D (2) 測定値の平均」において、算数科における見方・考え方を基盤としつつ、データサイエンス的な視点を取り入れたプログラミング活動を通じた授業開発及び実践を報告する。その結果、子どもたちは妥当な数値を求める測定値の処理の仕方を新たに知り、理解しようとし、プログラミングが身近であることに気づき、それを今後の学習や生活、社会に生かそうとする態度がみられた。よって、測定値の妥当性の学習やプログラミング活動を通して、データサイエンス的な考え方の素地を育むことができた。

【キーワード】 小学校プログラミング教育、算数科、データサイエンス、測定値の平均

I. はじめに

平成29年度告示の小学校学習指導要領(2017)により、令和2年度から小学校プログラミング教育が必修化となった。また、令和2年の「令和の日本型学校教育の構築を目指して」(2021)と題する答申では、社会の在り方が現在とは非連続で急激に変わる状況が生じつつあり、その社会の変化である Society5.0 時代を見据えた取り組みを進める必要があると提起されている。次代を切り拓き、未来を創造する子どもを育成していく方策の一つとして、コンピュータを理解し上手に活用していく力を身に付け、子どもたちの可能性を広げるためにも、益々、小学校プログラミング教育の重要性が高まっている。

また、内閣府のイノベーション政策強化推進のための有識者会議「AI戦略2019～人・産業・地域・政府すべてにAI～」(2019)からは、デジタル社会の基礎知識(いわゆる「読み・書き・そろばん」的な素養)である「データサイエンス」に関する知識・技能を身につけ、持続可能な社会の創り手として必要な力を、全ての国民に育むことが求められている。そのために小学校・中学校では、データサイエンス・AIの基礎となる理数分野について様々な社会課題と理科・数学の関係性の理解と考察を行う機会を確保するという、データサイエンス教育の必要性が提言されている。

本研究では、このような状況の中にある学校現場の

教育活動に資する取り組みとして、小学校における具体的な実践例を提案していくものである。本実践は令和3年度に実施されたが、その後も継続して応用され、現在のGIGAスクール環境においても有効性が確認されている。さらに近年では文部科学省が情報活用能力の育成を強化し、データサイエンスやAI活用の素地を初等教育段階から涵養することの重要性が高まっている。本稿では、当時の実践内容をもとに、その教育的意義を再評価・再整理し、持続可能な教育実践のあり方を検討する。

II. 研究の背景

1. データサイエンス教育

「データサイエンス」とは、あらゆる種類のデータを処理・分析して、そこから有用な情報(価値)を引き出すための学問分野である(2021)。そこで上記の内容を踏まえ、データ分析のプロセスに必要な「データ」即ち「測定値」の処理に目を向けることとした。

学習指導要領解説算数編(2017)では、統計教育の充実として「データの活用」と題した内容が、各学年において体系的に学ぶことが明示されており、第5学年においては「D データ活用 D (2) 測定値の平均」が設定されている。内容は、主に下記の二つである。

- ① 測定した結果について平均を用いて、それを妥当な数値として示すことができるようにすること。

② より妥当な数値を示すための方法として、何度も測定を行うことや、測定した値から、何らかの理由で飛び離れた値や予想外の値があった場合には、それらを除いて平均を求めること。

①は、データ分析する際の基本的なことである。②は、データサイエンスの中では「前処理」と言われ、一般的に、データ分析業務の8割を占めるとされている(高木・鈴木2019;有賀・大橋2019)。これらのように算数科では、データサイエンスにおけるデータ(測定値)を扱う際の必要な素地が示されている。

また、データサイエンスにおいて、人やあらゆる「もの」から情報を収集するセンサの得られるデータ(値)が、ビッグデータとして今後重要性が増してくると述べられている(竹村ら2021;内閣府2021)。尚且つ、社会に出てデータ処理・分析する時、ここで言う平均の算出は、人の手で行われずにプログラミングされたコンピュータが自動で行っている。こうして、データの収集・処理のためにはコンピュータを用いる必要があり、データサイエンティストの必要な素地として、コンピュータ科学の知識が必要だと示されている(竹村ら2021)。

以上から本実践では、とくにデータの処理に着目した、プログラミング活動を取り入れた実践を行った。一般に「平均」の学習では、単純な演算処理に終始しがちであるが、本実践では、測定値の意味的吟味(異常値の除外)や前処理、そしてそれを支えるコンピュータの仕組みを児童が自ら構成する点に特徴がある。これにより、数学的な演算能力に加え、情報活用を含む論理的判断力が育まれることが、本実践の独自性である。

2. 小学校プログラミング教育

小学校プログラミング教育の目標(2021)では、「プログラムの働きやよさ、情報社会がコンピュータ等の情報技術によって支えられていることなどに気付くことができるようにするとともに、コンピュータ等を上手に活用して身近な問題を解決したり、よりよい社会を築いたりしようとする態度を育むこと」と、「各教科等の内容を指導する中で実施する場合には、各教科等での学びをより確実なものとする事」に加えて、必修化により最も注目された「プログラミング的思考」の育成が求められている。この「プログラミング的思考」とは、プログラミングを行う際の技能を習得することではなく、コンピュータに意図した処理を行わせるために必要な論理的思考力を育てることである。

具体的には、「自分が意図する一連の活動を実現するた

めに、どのような動きの組み合わせが必要であり、一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか、記号の組み合わせをどのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか、といったことを論理的に考えていく力」と定義されている。このような資質・能力を育むプログラミング教育の実施に向けて、各学校の創意工夫を生かした教育活動を展開することが期待されており、学校現場では円滑な実施に向けて、試行錯誤している状況にある。

そのプログラミング教育の必修化に伴って、様々な学術雑誌や教育情報誌において報告される実践事例は「プログラミング的思考」を重視したものが多く、市の小学校プログラミング教育の研究指定校である本実践校でも、ほとんどの授業実践が「プログラミング的思考」を重視したものである。

一つの実践事例として挙げると、国語科においてアンプラグド(コンピュータを使わずに、プログラミング的思考を活用する授業のことを指す)(2021)で実施されたものがある。それは、ある物語の続きを考えるという授業である。物語の続きを考えるという思考の仕方が「順次処理」と同じであると考え、コンピュータを活用せずに、プログラミング的思考を養うことを意図した実践となっている。

かたや、その「プログラミング的思考」の育成における課題として、阪東ら(2017)は「プログラミング的思考」の育成を重視した実践の場合、育成される力が「手続きを構築する力」に留まってしまい、現実世界の問題を解決する力は身に付かないと指摘している。

山崎ら(2020)は、小学校プログラミング教育の目標の一つであるプログラミング的思考の育成のみに関心を寄せる関係者が多いことを問題視し、学校内外を連続させた学びの必要性を指摘している。

これらのように、「プログラミング的思考」の育成に偏ってしまうと、次代を切り拓き、未来を創造する子どもの育成を目指す令和の日本型学校教育の姿としては、不十分になってしまう可能性があると言える。

以上から本実践では、算数科の学びを深めること及び、データサイエンティストの必要な素地を育成するために、プログラミング活動を取り入れることに留意した。

III. 授業実践

1. 研究内容

データサイエンスとコンピュータの仕組みの一端

をうかがい知ること、Society5.0 時代を生きる力の素地を育てることを目的に、小学校第 5 学年算数科「D データ活用 D (2) 測定値の平均」において、算数科の学習で育まれる数学的な見方・考え方を基盤としつつ、プログラミングを通じてデータの妥当性や前処理といったデータサイエンス的な視点を取り入れた授業開発および実践を行った。

2. 授業概要

令和 3 年 11 月下旬に A 市 B 小学校の第 5 学年、21 人を対象に実施した。A 市では GIGA スクール構想による 1 人 1 台端末として、Windows10 搭載のタブレットパソコンが導入されている。B 小学校では、日常的にそのタブレットパソコンを使用する機会が多くある。プログラミング教育についても、実践の前年度の令和 2 年度から実施されており、本年度も社会科でプログラミング活動を取り入れた実践が行われている。そのため、タブレットやプログラミングソフトの操作に関して、子どもたちは問題なく行うことができる。本実践では、教科の目標とプログラミング教育としての目標の 2 つを設定した。

教科の目標は、「気温の測定値の差や飛び離れた値、予想外の値を通して測定値の妥当性のためにそれらの値を除いたりして平均を求める必要性が理解できる。」「教室の妥当な気温を求めることを通して、測定した結果を平均する方法について考察する。」「教室の妥当な気温を測定することを通して平均を学習や日常生活に生かそうとする。」とした。本実践に関する単元計画を表 1 に示す。

表 1 単元計画

時	学習内容
1	micro:bit を用いて教室の気温を計測する。
2	平均が自動で求まるプログラムを作成する。予想外の値があった場合の平均の求め方を考える。

本実践では、児童が普段授業を受けている教室の室温を題材として設定した。その理由は子どもたちにとって気温は身近なものだからである。鹿毛 (2008) は、学習意欲の構成要素の一つとして、「認知」の「内発価値」を挙げている。これは、興味がある、楽しい、好きといった内発的動機付けの認識のことである。つまり、子どもたちにとって身近であり興味を引く題材を

扱うことで、子どもの学習意欲を向上させることができる一つの要因となる。

実践当時は、気温変化が大きくなっている季節(11 月下旬)であり、普段から子ども同士で気温に関する会話をしていた。さらに、総合的な学習の時間において、地域の環境について学習を行っていた。この平均の単元が終わった後には、社会科で環境について学習していく単元もある。これらのように、本クラスの子どもたちは気温変化と環境について考える機会が複数みられ、気温を身近に感じ、学習意欲を高めることができると考えられる。

そのうえ、データサイエンスや統計学を学習する本等を多くみていると、データサイエンスを初学者が学ぶ際に、気温の測定値が題材として扱われることがよくある。やはり、データサイエンスや統計学の考え方に触れる、初学者である子どもたちにとって、適切な題材であると考えた。このことから気温を題材として、教室の妥当な気温を得るためにはどうすればいいのか考えさせる展開の下、授業を構想した。

3. プログラミング教材

本研究では 2 つのプログラミング教材を活用した。1 つ目はイギリスの BBC が主体となって作った micro:bit (図 1) である。



図 1 micro:bit

これは実践校のある A 市で、2 人に 1 台使用できるよう各小学校に 20 台ずつ導入されている。基板自体は有料であるが、ソフトウェア(Microsoft MakeCode)は無料で公開されており、ビジュアル言語であるブロックプログラミングとなっている。これは、ブロックをつなげてプログラミングを行う、プログラミング初学者でも扱えるソフトである。この基板に付属してい

る温度センサを用いてプログラミングを行い、温度計として教室の気温を計測した。

水銀温度計でなく、micro:bit で気温を計測した理由として、上述した通り、センサから得られるデータがビッグデータとして今後重要性を増してくると言われているからである。その意味を理解する導入として、データを得るためにはセンサが計測していることを子どもに気付かせるために活用した。

2つ目はMIT メディアラボが開発した Scratch (図2) である。こちらもソフトは無料で公開されている。平均を自動で求めるプログラムを作成する時と、予想外の数値があった場合に、どのようにその数値を扱うのか考える時に活用した。

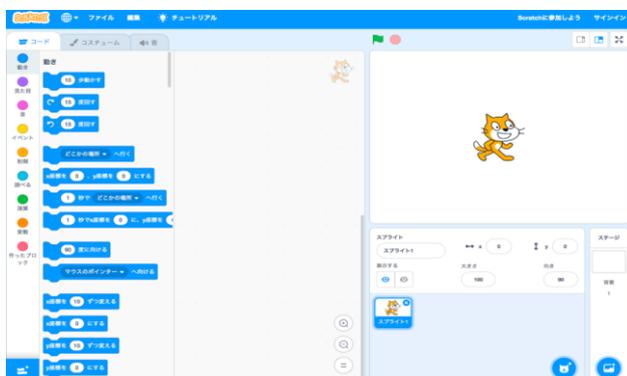


図2 scratch

IV. 結果及び考察

1. 授業展開

初めに、教室の気温を測る際、子どもたちに、教室のどこの気温を測定したいか質問した。各々が測りたい場所を話した後に、「太陽の光が当たる窓際の気温は教室全体の気温となるのか。」と、その場所は教室の気温として妥当であるのか働きかけた。

そして、教室の気温として妥当な数値を得るためにはどうしたらいいのか考えた。色々な場所の気温の平均を求めたらいいということになり、ペアで教室のどこを測るのか、なぜそこを測るのか考えていった。そうして、水銀温度計ではなく、昨年度、一度使ったことがある micro:bit を活用して、温度計にするプログラムを作成してから教室の気温を測定した。

次に、ペアは測定した気温の平均を求め、教師が各ペアの教室の平均気温を聞いていく。その中で、少し平均気温にばらつきがあることに子どもたちは気付

いた。そこで、さらに教室の気温として妥当な数値を得るためにはどうすればいいのか働きかけた。これまでの平均の単元の既習事項で、部分の平均から全体の平均を見積もることを子どもたちは学習していることから、各ペアの平均の気温から平均を求める方法を思いつく。各ペアの平均値はたくさんの測定値が関わっていることから、ますます妥当性が高くなることに気付く。

よって、各ペアの平均値から平均の気温を求めようとする。だが、教師が、小数点もあって計算が大変であること、時間がかかることを子どもたちに働きかけた。そして、教師とのやり取りから、自動で計算する機械には、実はプログラミングされているということに子どもたちは気付く。平均の計算方法は既習していることから、自動で平均が求められるプログラムを作成していく流れとなる。プログラミングしている様子



図3 プログラミングしている様子

を図3に示す。

また、教師はコンピュータになされているプログラムに近いものとして、「リスト(日常生活では「買い物リスト」といえば、複数の買うべきものを書き出したメモを指す。これと同じように、複数のデータを一括して扱う仕掛けがリスト(list)である。複数のデータに順番をつけた上で一つのものとして扱えるようになる。)(喜多2020)」というものを活用したプログラムを紹介した。(図4参照)

最後に、図4のプログラムで平均値が求まるのか実演をした。子どもたちに前処理を意識させるため、わざと一つだけ誤入力をして平均値を求めた。誤入力など誤って操作した時にできた飛び離れた測定値や、センサの調子が悪くて測定した気温の中に異常値が入力された場合は、妥当な数値が得られないことに気付いた。そして、そのような数値が見つかった場合はどうすればいいのかと、子どもたちに働きかけた。



図4 教師が作成した平均のプログラム

併せて、平均が自動で求まるように、前処理のようなことも自動で行えたら便利であることにも働きかけ、子どもたちは図4を参考にしながらプログラムを考えさせた。ただ、子どもたちにとってはプログラミングすることが難しかった。そのため、一例として、



図5 飛び離れた値を取り除くプログラム

教師が用意したプログラムで、異常値があった時にも自動で平均が求まる様子を実演した。図5がそのプログラムになる。

このプログラムは最大値と最小値を取り除いてから平均値を算出するプログラムとなっている。数値を入力すると「小さい順」というリストの中に数値が格納されていき、入力した数値がもともと格納されている数値より大きいのか小さいのか判定している。つまり、入力した数値が、各々に格納されている数値との大小関係を調べ、入力した数値の順番を決定している。そして、最大値と最小値が分かったところでその二つの数字を取り除いて計算するプログラムとなっている。

1. 子どもの具体的な姿

授業中の子どもの具体的な姿からみていく。まず、ペアで教室のどこの気温を計測するのか考える際に、教室の妥当な気温を得るために「廊下側と窓側を測ろう!」「黒板側とロッカー側を測ってみよ!」「まずは自分の席と教室の4つの角の気温を測定しよ!」という発言が多くみられた。これは、教師の働きかけにより、特定の場所を測定するのではなく、色々な場所を何度も測定し、それらの平均値を求めることで妥当な数値が得られることに気付いたためであると考えられる。

また、ペアAは「4つの角の気温の平均を求めると真ん中らへんの気温になりそう」と話し合っており、教室の気温を空間的に捉えて、なぜその場所を測定するとより妥当な数値を得られるのかという理由までも思考している姿がみられ、主体的に問題解決に取り組んでいると考えられる。

さらにペアBは「下ばかり測ってるけど、天井の方も測定しないと」と話し合っていた。これまで教室を平面的に捉えた中で、教室の気温の妥当な数値を得るためにはどうしたら良いのか考えた結果、教室を立体的に見た時に理科の既習事項や生活経験等から、天井と床では気温差があるのではないだろうか」と疑問を持ち、こうした発言が出たと考えられる。

そして、ペアBが教師に許可をとって椅子に乗って天井周辺の気温を測ると、他のペアの子どもたちもその様子に気づき、多くのペアが天井と床周辺の気温も測定したことからも、子どもたちは問題解決に向けて主体的に取り組んでいると考えられる(図6)。

実際に、ワークシートの「測る場所を選んだ理由」記述欄においても、21人中19人が「東西南北、中心を測ると教室のほとんどの場所がわかるとおもったから。」「全方向をはかるため、なぜかという、全方向の気温が違ってくるかもしれないから。」「寒い所とあったかいところがあると思う。」という様に記



図6 天井付近の気温を測っている様子

述しており、教室の妥当な数値を得るためには教室の色々な箇所を測ることで、より妥当性が高い数値を得ることができることに気付いていることがみとれる。

一方で、残り2人は「中村先生の座っている場所が気になるから」と記述しており、なぜ色々な箇所を測定するのか、妥当な数値を得るために平均値を求めることの意味をあまり理解できておらず、問題意識としても醸成されていないと考えられる。

続いて、6つのペアの平均気温を聞いていった場面で、「全部足して6で割る」という発言がみられた。これは、既習事項をもとにして、より妥当な数値を得るためには、さらにたくさんの測定値が必要であることを理解していると考えられる。

その後には、ほとんどの子どもが「あっ!」「そっか!」「全部の平均が出る!」というように、理解を示した反応をみせていた。友達の発言が足場かけとなり、より妥当な数値を得るための方法に気付いていると考えられる。

そして、プログラミング活動に向かう場面では、教師が、小数点もあって桁が多くなり計算が大変になってしまうことや時間がかかってしまうことを子どもたちに働きかけると、複数人が「計算機」や「パソコン」、「電卓を使ったら良い」と答えた。

さらに、「マイクロビットで計算する!」という子どもの発言から、多くの子どもが「あぁ!」と反応をみせており、コンピュータや電卓が自動で計算できるのは、プログラミングされているからであることを理解

して、プログラミングが生活と密接に関わっていることに少しずつ気づき始めていると考えられる。

自動で平均値を求めるプログラムの作成時では、子どもたちは「演算」というブロックを使用し、平均の公式を作るようにしてプログラミングしていた。しかし、そのブロックの使い方に困難を示していた。

図7では、上のブロックが平均を求めることができるプログラムで、下は子どもたちが間違っていたプログラムである。違いとしては、「/ (割る) ブロック」

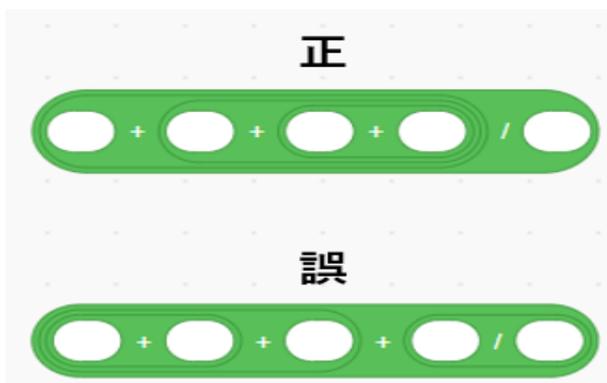


図7 平均のプログラム

を上ブロックは一番下に置いてあるのだが、下のブロックは「+ (足す) ブロック」の上に「/ ブロック」を置き、四則計算がうまくいかず、平均値が求まらなかったのである。平均値を求めるために使用するブロックを正確に選んでいたものの、その組み合わせ方を間違っているため、平均値を求めることができなかった。しかし、そのブロックの組み合わせ一つによってプログラムがうまく作動しないことを知れたことは、プログラミングの考え方や難しさの一端を知りきっかけができたと考えられる。

最後の異常値の処理の仕方考えた場面では、「ぬいたらいいんちゃうん?」という発言が多数みられた。これは、飛び離れた測定値をそのままにしておくと、妥当な数値になるのか考えて、そのような測定値は慎重に扱わなければならない、場合によっては値を取り除くことが必要であることに子どもたちは気付いたと考えられる。さらに、その際どういったプログラムを作成すれば良いのか併せて考えたことは、データサイエンスとしてデータを扱う際にはコンピュータやプログラム等が関係していることに、さらに気付くきっかけになったと考えられる。

4.3 ワークシートの感想

平均は、真ん中の数を求めることができるだけ
ではなく、正確な数も求めることができること
が分かった。教室の気温は、思っていたより高
かった。今度また機会があれば他の場所の気
温も計ってみたい。今日、学んだことを生活
に活かしたい。

プログラミングで計算で扱うのがすごか
たとしてもわかりやすくおしえてくれ
てくれたです。次にできる時があつたら
もっと便利なプログラミングを作りたい
です。

平均の平均を求めるということが面白い
と思った。
・ペアとなって求めるのが楽しかった。
・プログラミングすると、なれていくな
らにできる。

図8 授業後の児童の感想

続いて、授業後にワークシートの子どもたちの感想をみていく。図8に一部紹介する。

感想から、「Scratchで電たくのプログラミングができることは知らなかったの、知れてよかったです。」「次にできる時があつたらもっと便利なプログラミングを作りたいです。」という様な記述が13個みられた。クラスの過半数以上の子どもたちが、測定値やデータの扱いにはプログラミングが関わっていることや生活に身近なところで活用されていること、その便利さ等に気付き始めていると考えられる。

そのうえ、「工夫すれば三角形の面積が求められるのかな?と思った」「計算をするプログラミングをつくっていたとき、四捨五入をしないと答えがでないような計算でも答えをもとめられるのか気になりました」という記述がみられ、今回の授業を通して、プログラミングが他の計算式の中で活用することができるのか思考していたのだろう。つまりはプログラミングをこれからの学習や生活、社会に生かそうとする態度が養われつつあると考えられる。

また、「プログラムやScratchを使って算数の平均の勉強とマイクロビットで気温をはかるのが楽しかったです。」「プログラミングを作るだけで面白いことがいっぱいできた。」「これからもプログラミングをしていきいろんなこと考えていきたいと思いました。」という様な、プログラミングの楽しさや意欲の向上が

みられる記述が21個、すべての子どもの感想からみられた。

加えて、「平均は、真ん中の数を求めることができるだけではなく、正確な数も求めることができることが分かった」「教室の気温は、思っていたより高かった。今度また機会があれば他の場所の気温を計ってみたい。」といった測定値に関する記述は5個みられた。ここからも、子どもたちは妥当な数値を求めるために、多量な測定値の必要性や測定値の処理の仕方を新たに知り、理解しようとしていることが考えられる。

以上のことから、micro:bitを活用して気温を測定したりScratchで、自動で計算できるプログラムを考えたりする活動を取り入れたことで、子どもたちは意欲・関心を高めながら教室の気温として妥当な数値を得るためにはどうしたらよいか、対話を通して主体的に追究していることが示唆される。加えて、子ども自らが測定値(データ)を扱ったり処理したりする体験によって、データサイエンシ的な考え方の素地を育む上で効果的であったと考えられる。

V. おわりに

本研究では、小学校第5学年算数科「D データ活用 D(2) 測定値の平均」において、算数科の学習で育まれる数学的な見方・考え方を基盤としつつ、プログラミングを通じてデータの妥当性や前処理といったデータサイエンシ的な視点を取り入れた授業開発および実践を行った。その結果、授業中の子どもの姿やワークシートの感想から、測定値の妥当性を得るためには多量な測定値の必要性や異常値の操作方法を学ぶことができた。併せてプログラミング活動を取り入れたことで、測定値やデータを扱う際にはプログラミングが関わっていることに気付き、データサイエンシ的な考え方の素地を育むことができた。さらにプログラミングをこれからの学習や生活、社会に生かそうとする態度もみられた。

一方で、この実践だけで終わってしまうと、子どもたちにとって単に楽しかったプログラミング活動として終始してしまう可能性がある。やはり、継続的にデータサイエンシ的な考え方に触れる実践をしなければならぬ。同学年の「D データ活用 D(1) 円グラフや帯グラフ」において、目的に応じたデータ収集の内容や統計的な問題解決の方法、つまりはデータサイエンシ的な考え方について学習する単元があ

る。そうした単元と系統性を意識したうえで、数学的な見方・考え方とデータサイエンス的な視点を関連付け、それらを児童が体験的に学べるような授業開発が今後の課題である。

本実践は令和3年度に行われたものであるが、その後も類似の授業実践が学級内・校内で継続されている。特に、児童が「データの妥当性」や「情報の扱い方」に敏感になる様子が他教科でも見られたことから、本実践が児童の情報活用能力や論理的思考に長期的な影響を与えたことが示唆される。4年の歳月を経て再提出する本稿は、単発的な授業の報告にとどまらず、「持続可能な実践」としての価値を再評価し、今日のGIGA スクール環境下でも応用可能な指導の在り方を提示するものである。

文献

文部科学省 (2017) : 小学校学習指導要領(平成 29 年告示)

<http://www.shinkyousha.com/files/libs/177/201807191004142537.pdf> (2026 年 2 月 28 日アクセス)

中央教育審議会 (2021) : 「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～
https://www.mext.go.jp/content/20210126-mxt_syoto02-000012321_2-4.pdf (2026 年 2 月 28 日アクセス)

統合イノベーション戦略推進会議 (2019) : AI 戦略 2019～人・産業・地域・政府すべてに AI～
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tougou-innovation/pdf/aisenryaku2019.pdf> (2026 年 2 月 28 日アクセス)

竹村彰通・姫野哲人・高田聖治・和泉志津恵・市川治・梅津高朗・北廣和雄・齋藤邦彦・佐藤智和・白井高・田聖治・竹村彰通・田中琢真・姫野哲人・榎田直木・松井秀俊 (2021) : データサイエンス大系 データサイエンス入門 第 2 版, 学術図書出版社.

文部科学省 (2017) : 小学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説算数編
https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387017_004.pdf (2026 年 2 月 28 日アクセス)

高木章明・鈴木英太 (2017) : 図解入門 最新 デー

タサイエンスがよ～くわかる本, 株式会社 秀和システム.

有賀有紀・大橋俊介 (2019) : R と Python で学ぶ [実践的] データサイエンス&機械学習, 株式会社技術評論社.

内閣府 (2016) : 第 5 期科学技術基本計画
<https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/5honbun.pdf> (2026 年 2 月 28 日アクセス)

文部科学省 (2021) : 小学校プログラミング教育の手引き (第三版)

https://www.mext.go.jp/content/20200218-mxt_jogai02-100003171_002.pdf (2026 年 2 月 28 日アクセス)

阪東哲也・黒田昌克・福井昌則・森山潤 (2017) : 我が国の初等中等教育におけるプログラミング教育の制度化に関する批判的検討, 兵庫教育大学学校教育学研究, Vol.30, pp.173-184.

山崎貞登・松田孝・二宮裕之・久保田善彦・磯部征尊・川原田康文・大森康正・上野朝大 (2020) : Society5.0 を支える STEAM/STREAM 教育の推進に向けた小学校教育課程の教科等構成の在り方と学習指導形態, 上越教育大学研究紀要, Vol.39, No.2 pp.525-538.

鹿毛雅治 (2008) : 学習意欲の構造から見た学校が取りうる方策—「状況意欲」に着目して教育環境のデザインを—, BRED, NO.13, pp.1-7.

喜多一 (2020) : プログラミング演習 Python 2019, 京都大学学術情報リポジトリ紅, pp.1-200.