

教員養成系大学の数学教育における統計知識の活用促進に関する一考察 -探究によるデータサイエンス力へのアプローチ-

椎名 美穂子¹⁾, 藤井 克哉²⁾

¹⁾ 畿央大学教育学部現代教育学科 (〒635-0832 奈良県北葛城郡広陵町馬見中4-2-2)

²⁾ 筑波大学システム情報系 (〒305-0006 茨城県つくば市天王台1-1-1)

A study on promoting the use of statistical knowledge in mathematics education at teacher training university - Approaches to data science skills through Inquiry -

Mihoko SHIINA¹⁾, Katsuya FUJII²⁾

¹⁾ Department of Education, Faculty of Education, Kio University

(4-2-2 Umami-naka, Koryo-cho, Kitakatsuragi-gun, Nara 635-0832, Japan)

²⁾ Faculty of Engineering, Information and Systems, Tsukuba University

(1-1-1 Tennodai, Tsukuba-city, Ibaraki 305-0006, Japan)

要旨 本研究の目的は、教員養成系大学の数学教育において、既存の統計知識の活用を促進するための具体的な方策を検討することである。まず、日本学術会議の提言や先行研究から、社会的要請と学生の実態との乖離を把握し、その上で、教員養成系大学において統計を体験的に学ぶ必要性を示した。そして、事前調査を基に教材を選び、個別最適な学びを目指して「達成度自由型（ゴールフリー）の活動」を設定した。その結果、解析に必要な問いやアイデアの出現、代表値の積極的な活用傾向が見えた。また、抽出学生からは授業外での探究、批判的な考察、教育的価値の実感の様子が見えた。その一方で、解析に必要な変数の吟味、個々の統計知識の偏り、正規分布や検定の活用を促すことへの課題が見えた。

Keywords：教員養成系大学，統計知識，アイデア，変数，データサイエンス力

1. 問題意識と研究目的

AI (Artificial Intelligence) 実装社会の到来によって、データサイエンスの重要性が増し、大学でのデータサイエンス教育が強化されようとしており、データから意思決定・行動につながる統計的思考・判断・表現力を国民が広く身に付ける教育の実効性の向上が求められている (日本学術会議, 2020)。また、文部科学省 (2016) における「数学や統計を一般教育・専門基礎教育科目として設けている大学もあるが、その多くは自由選択や理系のみ必修・選択必修となっている」との指摘は、統計教育拡充に向かう表れである。

統計教育においては、データを活用し、意思決定につながる問題解決の方法として、算数・数学科での統計的な方法や考え方を体得させること、統計教育をより実効性のあるものにするために、義務化されている法定研修 (初任者研修, 10年経験者研修) の中に統計教育の内容を必修科目として入れる等、教員に対する統計教育の研修・講習を全国で行うことの提言がある

(日本学術会議, 2020)。これらの提言は注目に値し、現在、教員を目指す学生も同様に、今後、先んじて学んでいく必要があると受け止める。

実際の教員養成系大学の数学教育に関する授業において、児童・生徒の思考の理解、学習内容・指導方法に関わる講義内容が多くの割合を占めていることへの指摘があり (丹波ら, 2013)、現在もあまり変わりはない。そのため、学生自身が統計的な探究をすることに時間的な障壁があり、既存の統計知識を活用する場面があまりなく、データ分析を行った体験が少ないことを察する。

このように、社会的要請と学生における実態には乖離が見える。また、理系大学で扱うような高度な計算や統計知識がないとデータサイエンスは難しいという考え方もある。しかし、「データサイエンスの本質は統計的・計算的・人間的といった3つの構成要素を組み合わせることである (Bleia,b,c. et al., 2017, p.8689)」とあるように、データサイエンスの本質は、既存の統計知識を活用しながら、人間らしく、身の回りにある

諸課題を解決しようとする探究の姿勢にある。そのため、何より探究する活動を重視しながら、データサイエンス力を培っていく必要がある。

このデータサイエンスの本質に基づいて、統計の既有知識を基に新しい知見につなげる探究の体験をすることは、未来、教壇に立つ学生自身が、学習者の立場になって統計的思考・判断・表現力を身に付ける授業を考えることにもなる。

本稿の目的は、教員養成系大学の数学教育において、学生の統計に関する既有知識の活用を促進するための具体的な方策を検討することとする。

2. 理論的枠組み

(1) 批判的な考察、判断、振り返りの重視

日本の学校教育において、数学と統計、数学教育と統計学とは各々接近している。一方、VUCA (Volatility: 変動性, Uncertainty: 不確実性, Complexity: 複雑性, Ambiguity: 曖昧性) 時代だからこそ、学校教育では数学を数学として学ばせて、後の応用に備えるべきだという考え方がある。しかし、「統計教育を充実させることは、学校教育全体における数学教育の価値を高めることにもつながる (p.46)」(青山, 2014) とあるように、教育の視点から数学と統計は切り離して考えることができない。また、諸外国を見てみると、例えば、国際的に統計の先進国であるニュージーランドでは、中等教育の第11学年～13学年において、「数学」という教科名を「数学と統計」に変更するなど、統計領域を1つの柱として進めており(青山ら, 2015)、国外でパラダイムシフトしている。このような状況の中、今回の学習指導要領改訂においては、「データの活用」領域が小・中・高等学校に一貫して新設される等、統計の内容がより一層充実している。小学校算数、中学校数学、高等学校数学I「データの分析」と数学B「統計的な推測、数学と社会生活」においても、批判的な考察、判断、振り返りといったことが重視されている(文部科学省, 2017a, 2017b, 2018)。

(2) 自らの問いとアイデア

統計量を計算したり、グラフ等で視覚化したりする有効性、PPDAC (Problem, Plan, Data, Analysis, Conclusion) サイクルに基づく統計的な探究 (Wild, C. J. et al., 1999) が、日本の数学教育においても注目されている。PPDACのサイクルを意識し、自ら問題にアプローチするためには、個々がもつ知識に影響を受けながら生成されるアイデアが深く関係する。統計への関心の有無に関わらず、アイデアを自由に生成するためには、教科書や教師の意図から離れ、目標

を固定化しない状態が必要になる場合もある。また、活動による刺激から、既存の知識とアイデアが結び付き、自ら応用する能力が引き出されることは大切である。そして、「何に興味があって、どのようなことを調べたいのか」ということは一人一人異なるため、目指したいゴールの達成度、その速さも一人一人異なることに留意したい。つまり、既存の統計知識を活用しようとしたり、組み合わせようとしたりする応用力については、集団としての到達度ではなく、個々の達成度に焦点を当てて観察する必要がある。更に、既存の統計知識に対応できる教材提示にも留意し、体験的な活動による刺激から、問いとアイデアを引き出し、個々の既存の統計知識の活用を促進する場面設定が大切である。

(3) 別の変数を見いだす力

データを用いて、問題を解決する際には、問題のターゲットとなる変数を見いだす必要がある。

New Zealand Qualification Authority (NZQA) が運営する全国統一の中等教育認定資格NCEA (National Certificate of Education Achievement) では、3段階のレベルのうちのNCEAレベル3に「2変量の測量データを調査する (3-9)」という内容がある。統計的な探究に関する第7・8学年の実践例からは、「別の変数に気付くこと」「別の変数との関係を調べること」のプロセスを増やすことの重要性が述べられている。また、細田 (2020) の研究においても、統計的な理解の促進には、より多くのデータを探したり、内在する変数を検討したりすることの必要性が述べられている。これらからは、測定した一種類のデータだけでは隠れて見えてこない特徴があり、不確実となっていることを明示するためには複数の変数がターゲットになることが分かる。

以上、「1. 問題意識と研究目的」及び「2. 理論的枠組み」の(1)～(3)を踏まえ、データサイエンス力にアプローチしていくことを目指し、学生の既存の統計知識の促進の様相を捉える調査を進める。

3. 調査の概要

(1) 調査の目的と対象

前節までに述べた教員養成系の学生における統計的知識の活用を促進する意義に基づき、統計に関する学生の既有知識の活用促進を試みながら、その促進の効果を明らかにすることを目的として、調査を実施することにした。

調査対象とした教員養成系の私立A大学は、2014年度の入学生から一人に一台、タブレット型のコン

コンピュータを貸与し、個人で自由に使える環境を整えている。そのため、全員がPCを用いて授業を受けることが可能である。また、近年、A大学は、文部科学省「数理・データサイエンス・AI教育プログラム」に認定されており、データサイエンスの基本的な知識・技能等の習得に取り組んでいる。

調査対象学年は2年生とし、選択必修科目「算数科指導法」で取り上げる「データの活用」領域を調査対象とする。また、事前調査①として、2021年度前期の選択科目「算数学」の授業で行った「教育に関するデータサイエンス-教育に関することでデータを収集して調べてみたいこと-」のアンケートの再活用を行う。この事前アンケートは、本研究のために行ったものではないが、変数に関する実態が把握できる。そして、事前調査②として、同年度後期の選択必修科目「算数科指導法」の授業で学生の統計知識に関する理解の実態調査を行う。この結果は、教材選定にも活用する。

(2) 倫理的配慮

研究のフィールドや研究対象者が特定されないように配慮し、大学名と学生についてはアルファベットを用いて匿名化した。調査対象となった特定の学生については、研究協力への同意が強制されることなく、本人が自由に判断した事実を記載することをメール文書で説明を行い、自由意志による同意を得る。なお、本研究は私立A大学研究倫理委員会の承認も得ている。(承認番号R3-47)

(3) 方法

調査対象である「算数科指導法」の授業においては、与えた問題を考えさせることから始めるのではなく、まず、学生自身がイメージする長方形を描く活動から始め、その体験的な活動を通して生まれた問いを取り上げ、その問いを授業者が計画する。そして、授業者は発問を通して、問いを解決するための変数を見いだすように促し、変数を見いだした後は、学生が自由にデータ分析を行うという流れを計画する。その際、作業で取り組んだ跡はできるだけ削除しないで残すようにすることを伝え、授業においては、理想的な正解を無理に求めようとしたり、アイデアが閃くことの妨げにならないように、細かな正誤は問わないことにする。今回の授業では「分析を通して、興味をもったこと、疑問に思ったことについては、授業内だけでなく授業外でも自由に調べてよい」と伝え、時間内で何かを完成させる等の到達すべきゴールを示さない「達成度自由型(ゴールフリー)の活動」を設定する。学生の様子の記録は、筆者が授業をしながら行い、授業時間については入力時間や振り返り時間を確保のために、1つの課題を二週に渡る100分間で行う授業を計画

した。また、可能な限り、追跡を行うため、メール等のインタビューも計画する。そして、授業全体の観察に加え、用いた統計知識、授業外での取組、振り返りに焦点を当て、事前調査で学生自身が理解していると回答した統計知識に関する活用の様相を捉えていく。

4. 調査の実際

(1) 変数への着目の様子(事前調査①)

2021年7月2日に選択科目「算数学」における44名を対象に、教育に関して調べてみたいことのアンケートを行った。その際、「女性の社会進出と社会の関心推移」「気温と脳卒中の発症リスクについて」といった例をスライドで提示し、「自分なら教育に関わることで、どんなことを調べてみたいか。」という発問をした。そして、授業と学習を統合的に支援する授業支援型eラーニングシステム(以下、CEAS)を用いて回答を提出させた。

このアンケートでは、変数が内在される記述の個数の平均は、一人2.3個であった。表1は、学生の回答例である。

表1：教育に関してデータを集めて調べてみたいこと(学生の回答例)

(i) 睡眠時間と理解度の関係
(ii) 宿題は必要かどうか
(iii) 分かり易い説明ができるようにする取組

回答全体を分類したところ、(i)のような従属変数と独立変数といった2種類以上の変数は全体の約81%、(ii)のような2つ以上のcategoryに整理して区別するために数値が割り当てられる変数は全体の約12%、その他(iii)のような内容は約7%であった。

このアンケートで見られる変数への着目の様子から、先行研究における「より多くのデータを探すこと」「内在する変数を検討する」について可能であることが見えたため、(i)のように、関係を視野に入れ、複数の変数を見いだせる教材がよいと判断した。

(2) 統計知識に関する調査(事前調査②)

A大学で統計学に関する授業を担当している教員の助言に基づいて、事前調査における統計知識の項目を選定した(表2)。調査対象とした選択必修科目「算数科指導法」の授業は、受講人数・教室等の関係で、4限と5限に分かれて同じ内容の授業が行われる。2022年1月11日の授業では、計122名のうち回答者120名の学生を対象にして、以下の統計知識の用語の意味や手法について、どの程度理解があるのかをたずねた。

表2：統計知識に関する理解の平均値

統計に関する知識項目	平均値
平均値	3.8
中央値	3.8
最頻値	3.7
相関係数	2.5
クロス集計	1.3
正規分布	2.2
分散	2.7
標準偏差	2.7
t検定	1.2
因子分析	1.3
ヒストグラム	2.7
折れ線グラフ	3.5
散布図	2.6
箱ひげ図	3.0
量的データと質的データの違い	1.6
記述統計学と推測統計学の違い	1.4
全体平均	2.5
(SUM 4798) ÷ (ITEM 16) ÷ (N 120)	

それぞれの知識に関する回答は、「4：よく理解している，3：ある程度理解している，2：あまり理解していない，1：ほとんど理解していない」の4件法で求めており，回答はあくまでも，学生の主観によるものである。

表2から，平均値，中央値，最頻値といった代表値に関する数値は最も高いことが分かる。この結果からは，多くの学生がよく理解しているとした代表値を活用してデータ分析を行うことを予想する。

(3) 教材の検討

関係を視野に入れて複数の変数を見いだすことができ，更に代表値が活用可能な教材を検討した結果，全国学力・学習状況調査問題にある中学校数学B問題5「人が美しいと思う長方形の特徴」(図1)を参考にすることにした。この調査問題は，実際に学生が体験的な活動を通して取り組むことが可能であり，データ全体傾向から代表値に関しての問いが生まれ，複数の変数についてのアイデアをもちやすいと判断した。

5. 分析・考察

前章を基に，授業内の学生全体の取組の様子と，授業外においても取り組んだ学生に，焦点を当てて考察する。

(1) 体験的な活動から問いを見だし，データ収集から集団の特徴を調べる

2022年1月11日の授業の終末10分間と，次の週の1月18日の90分間を授業時間に設定した。1月11日の授業10分間では，以下のことが書かれた用紙を配付し，長方形の縦の長さを固定して，横の長さを自由にかかせ

5 麻衣さんと小春さんは，学級の生徒がどのような長方形を美しいと思うかを調べることにしました。そこで，下のような，長さ5 cmの線分がかかれたアンケート用紙を学級の生徒33人に配り，それを1辺とする長方形をかいてもらいました。

図1は，集計した結果をまとめたものです。このヒストグラムから，例えば，横の辺の長さが2 cm以上3 cm未満である長方形が5個かかれていたことがわかります。

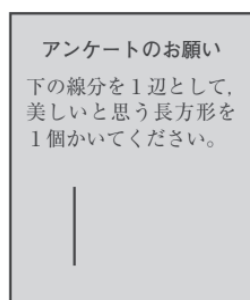


図1 長方形の分布 (横の辺の長さ)

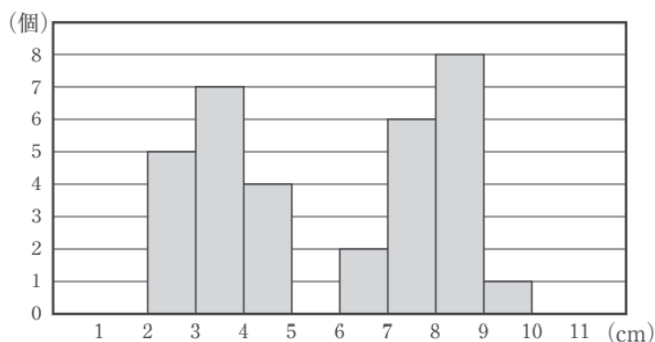


図1：2013年全国学力・学習状況調査問題中学校数学B問題5

る活動から始めた。程なく、近席の人がどのような長方形を作ったのかをうかがう様子が見えた。自分の横の長さと同じかどうかを比較するために、教室にいる全員はどのような数値にしたのかという集団のデータに関心が高まった。この関心は、次週、データを共有する必然性を生み、どのような長さに集中するのか、分散するのかの予想と検証の動機となる。

学生によって入力された横の長さの数値を、授業者がCSVで出力し、名前等を削除した上でMicrosoft Excelデータ（表3）にまとめた。そして、1月18日の授業において、CEASを通してデータを学生に共有させ、検討するところから始めた。

表3：4限の共有データ（62 / 63名）

7.7	9.3	7.7	8.5	3.9	7.1
5	3.7	3		6.8	7.9
7.7	4.2	10.3	5.7	9.9	10.2
12	7.5	7	3.6	7	8.75
8.2	3	7.4	4	1.5	8.4
9	7.5	3.5	2.5	10.2	9.2
7	5.5	8	9.1	5.8	10.3
7.9	5.2	8.2	8.8	7	10
7.2	9.8	9	3.2	10.6	
9	9	9	9.3	3.4	
3	10.2	4.9	1.7	12.5	

図2は、個人で「調べてみたいこと」をメモし、それを基にして班で検討したことを「自分たちの班」と

して記述しているメモである。班毎の発表によって、グラフ表現への興味、平均や最頻値、横の長さを8cmとする人が多いのはなぜか、広さ（ $40\text{cm}^2 \sim 50\text{cm}^2$ ）で美しさを決定しているのではないかなどの様々な問いや予想を共有した。

学生たちは、Microsoft Excelの操作をしながら、平均や最頻値等について算出し、把握した傾向から次のような問いを発表した。

＜班毎に発表した主な問い＞

- ・殆どの人が約8cmを作成している。
- ・なぜ殆どの人が8cm付近に集まっているのか。これは偶然か。
- ・横の長さを約8cmにした人の共通点はあるのか。
- ・逆に、横の長さを8cm以外の長さで考えた人の共通点は何か。

班毎の問いを受け、授業者は「横の長さ8cmと関係することで、新たに調べたいことはありますか」という発問を行った。表4は学生たちが班毎に話し合い、アイデアを伝え合いながら、個々に新しい変数をCEASに入力したものである。

しかし、考えた変数について全員に根拠を述べてもらい、調べた変数を全部取り上げることは時間的に難しいため、今回の授業では、それぞれが調べてみたい変数を共有した後に、学生が最も興味をもった「小学校算数が好きだったかどうか」を取り上げ、CEASに回答を入力させた（表5）。

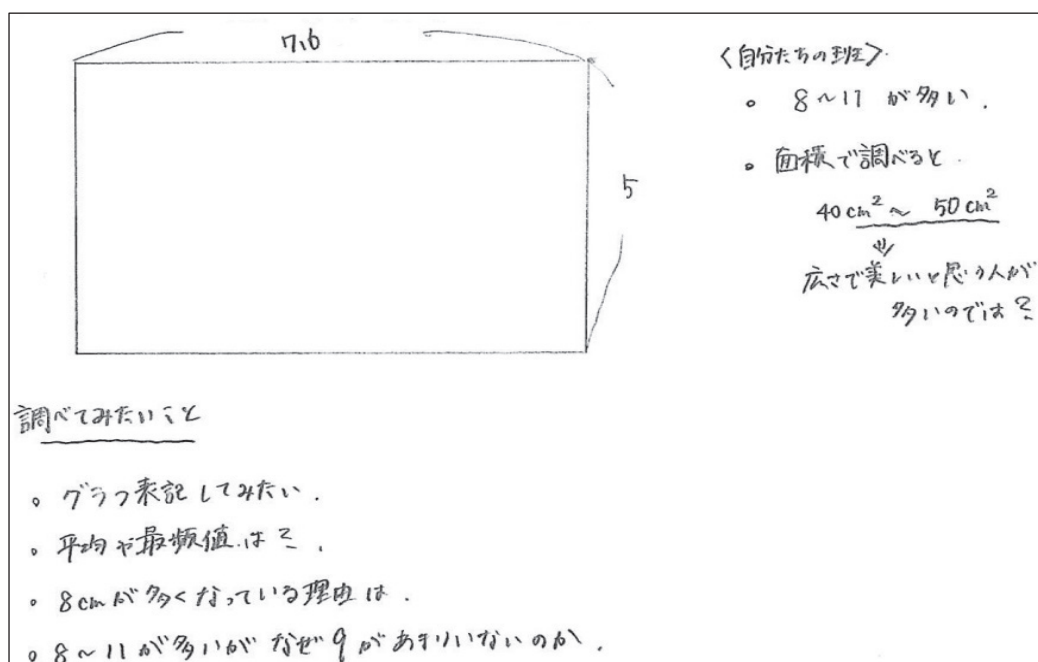


図2：学生のメモ

表4：授業で見いだした別の新しい変数・変数が内在する記述

氏名	回答内容1	回答内容2	回答内容3
●	学校教育コースと幼児教育コー	年齢	
●	男女	年齢	
●	算数が嫌いな人と好きな人	身長が160cm以上の人と以下	血液型がA型の人とそれ以外の
●	大阪に住んでいる人と東京に住 んでいる人	ライブに行ったことある人と 行ったことない人	漫画を読む人と読まない人
●	小学生と中学生	高校生と大学生	子どもと大人
●	小学生と大学生	生徒と教師	日本人とアメリカ人
●	血液型	体重	身長
●	身長	血液型	体重
●	定規とメジャーで測るときの違	日本に住む人とアメリカに住む	20代の人と30代の人
●	手の大きさ	住んでいる地域	誕生日
●	長方形について学習している途 中の小学生と、高校生や大学生		
●	日本と外国		

表5：学生が入力した様子の一部

■設問内容：	算数
氏名	回答内容
●	ふつう
●	きらい
●	すき
●	ふつう
●	ふつう
●	普通
●	きらい
●	ふつう
●	ふつう
●	すき

表5のデータを共有した際の学生の主な発言は、次のとおりである。

- ・算数が嫌いだった人は横の長さが短い場合が多い。
- ・算数が好きだった人は横長の長方形が多く、7.7cm以上の横の長さを描いた人には、算数が嫌いだった人はいないようだ。

この後、授業者は、Microsoft Excelを用いて学生に自由に取り組みせる時間を約20分間設定し、授業内に提出させた。

(2) 学生S1と学生S2の取組の様相

全体の取組を観察しながら、特に統計に関心がある学生S1と、統計に関心があまり無い学生S2の二人に焦点を当てる。

学生S1は統計に関心があり、統計知識に関する理解のアンケート(表2)においては全体の平均値を上回っていた。表6のように代表値のみならず、他の知識項目も調べているなど、意欲的であった。また、学

生S1は、質的データには数値を与え、例えば「算数好き」を1とし、「算数きらい」を2とするというように、グラフ化する際の工夫をしていた。このように知識項目を増やして分析したことについて、授業後のインタビューでは、「得られたデータが信頼できるものかについて考えるため、すき・ふつう・きらいのそれぞれのデータの散らばり具合について分散から求めました」と回答した。それに加えて、「分散は、すき・ふつう・きらいの間で大体1前後の差がありましたが、標準偏差を求めたところでどのデータもほとんどが平均値から±2程度の位置に分布しているという共通点を見つけられました」と回答した。求めた標準偏差からの考察は、授業内ではなく、自分で調べてみたいこととして授業後に行ったものである。学生S1の考察(図3)を読むと、結論に辿り着くために、自身に問答しながら批判的な考察を試みようとしていることが分かる。学生S1はインタビューで「データから何か特定のものを導き出せる統計の方法があれば、より様々なことを知ることができると思いました。」と振り返った。この「何か特定」とは、異なる性質を持つ場合において、平均値による比較だけではなく、統計的検定を用いた優位性に関係する考察ではないかと予想する。このような考察である場合は、統計学における2標本t検定という二つの独立した母集団から抽出した平均の差を検出する手法等によって、更に具体的に3つの母集団(好き・きらい・ふつうの3つのグループ)の統計的相違を見いだす可能性が期待できる。また、この場面で支援をしながら統計的検定を用いる方法についての問いを取り上げていたなら、探究する面白さと意欲が一層、向上したと想定する。学生S1は、更に統計知識に関して興味をもって調べたことを、別の

表6：学生S1が作成した表

	算数すき	ふつう	きらい	無回答
人数	21	23	10	9
最大値	10.3	12	7.5	12.5
最小値	2.5	3	1.5	0
中央値	8.4	7.9	4.35	8.5
平均値	8.34	7.45	4.63	7.26
分散	5.31	6.10	4.26	13.42
標準偏差	2.30	2.47	2.06	3.66

考察
<ul style="list-style-type: none"> ・算数が「すき」と回答した人が答えた横の長さの平均は8.34である。 ・算数が「ふつう」と回答した人が答えた横の長さの平均は7.45である。 ・算数が「きらい」と回答した人が答えた横の長さの平均は4.63である。 →算数が「すき」と回答した人の横の長さは黄金比(およそ5:8)に近い。 ・算数が「きらい」と回答した人の中央値は4.35であり、5より短い。 →算数が「きらい」と回答した人は縦に長い長方形をイメージしている？ ・「ふつう」と回答した人の答えが最も分散が大きい。 →どちらかといえば「すき」などが混在しているためと考えられる。 ・無回答を除けば、「すき」「ふつう」「きらい」が2:2:1で存在している。 →教育現場においても、「きらい」な子が20%はいてもおかしくない。

図3：学生S1の考察

授業で発表している。学生S1は、このような科目指導法における授業と、授業外での主体的な取組も含め、次のように振り返っている。

算数・数学に対して、基本的には答えが固定された1つに定まるという認識でおり、工夫の余地がないと思っていたため楽しさを感じる事が少なかったのですが、この体験的な活動を通して、一つの事象を求めるために様々な角度からのアプローチをすることができるという実感をもつことができ、算数・数学における解法の多様さへの気づきが生まれました。(省略)立ち止まって考えたり、分からなくなったりした経験は、教壇に立って子どもと一緒に学習する場面において、一つの考え方、特に自分の考え方だけにとらわれない視点をもって子どもと接することに生かさせると考えます。そして、子どもたちが持ちうる多様な視点や考え方、捉え方を尊重することに加え、子どもたちとともに自分の視点や捉える世界を広げることに生かされます。

このように、学生S1は「データの活用」領域の活動を通して、数学教育における多様な解法の重要性、試行錯誤の必要性を実感していた。

一方、統計知識に関する理解のアンケートではほぼ平均で、統計にはあまり関心がないと答えている学生S2の取組にも注目したい。学生S2は、授業中に図4のようなヒストグラムを早くに作成していた。作成したヒストグラムに関してインタビューすると、算数が「好き」「ふつう」「嫌い」それぞれに対する美しいと思う長方形の横の長さの傾向をヒストグラムで調べようとしたということであった。そして、「好き」の人は8cm(黄金比になる横の長さ)に偏るという予想をしていた。ヒストグラムを作成したことについて、「階級の個数については、例えば「ふつう」の人の[0,1]のような最小値よりも小さい値や、「嫌い」の人の[8,9]のような最大値よりも大きい値の空集合の置き方が分からなかったため、このようなバラバラな階級の個数となってしまいました」と答えている。このように、階級の数について困難が伴う実態、又は階級数に問いをもてずにいる実態があるため、スタージユスの公式($C = 1 + \frac{\log n}{\log 2}$)を、今後、統計学の授業で取り扱うことを視野に入りたい。また、学生S2は「わずかではあるが、黄金比に近い値を書いている人の割合と算数が好きだったかどうかの度合いは比例している」と考察しており、「算数・数学が好きな人は、学校で習っ

たことを長いこと覚えていたり、自主的にネットで調べるなどして習わない知識をつけたりすることが多いだろうと最初に考えました。そこから算数・数学が好きだった人は、それらが嫌いだった人に比べて（まさに「黄金比」のような）学校で大々的に扱わないちょっとした数学的知識を知っている確率が高いのではないかと考えたため、黄金比に近い値を書いている人の割合と算数の好き嫌いの度合いはおおむね比例

するのでは？と思いました」と理由を回答した。ここでは、学生S2が数値からの判断だけではなく、人間らしい直感を働かせながら、多面的な考察を試みようとしているのが分かる。この考察から生まれた問いを更に確かめるためには、別の変数との関係を見いだすことが必要である。また、学生S2は、更に「黄金比」に関心をもち、選択科目「教職への初等数学」で、タイトル「カードの秘密」で発表をしている（図5）。

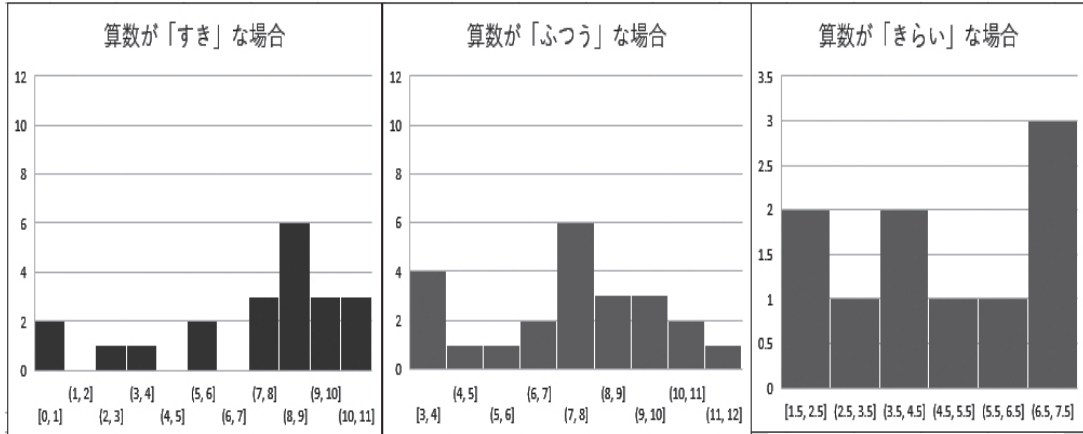


図4 学生S2が作成したヒストグラムの一部

実際にカードの比を調べてみた

5.45cm
8.6cm

黄金比の定義とは

$$1: \frac{1+\sqrt{5}}{2}$$

←これを「黄金数」と呼ぶよ

- ・人が直感的に一番きれいだと感じる比だと言われている
- ・世界遺産級の建造物や歴史的な美術作品のあちこちにこの比が使われている
- ・よく見かけるロゴやデザインにもこの比がたくさん使われていたり、仕込まれていたりする

この授業も筆者が担当しており、テキストを基に、数学の学び直しと同時に、自分で興味をもったことをアウトプットして理解を深めることを目指す授業である。学生S2は日常にある「黄金比」に興味をもち、日常生活にある長方形の形をしたカードの縦横の長さを調べ、「無限回繰り返される連分数」「フィボナッチ数列と黄金数との関係」を探究したことを、次のように振り返っていた。

数学的な性質どうしの意外なところでのつながり (ex.黄金数と二次方程式の解のつながりなど) を知りたいという気持ちをもっており、単純に「楽しかった」というのが1番大きかったです。他にも知らなかった数学的要素などが知れたり、忘れかけていた数学の知識を思い出すきっかけになったりして、とても実りあるものだったなと思っています。

$$x = 1 + \frac{1}{x}$$

←ここに x=1+x を代入

$$x = 1 + \frac{1}{1+x}$$

$$\downarrow$$

$$x = 1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1+x}}$$

$$\downarrow$$

$$x = 1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1+x}}}$$

$$x = 1 + \frac{1}{x}$$

$$x^2 = x + 1$$

$$x^2 - x - 1 = 0$$

$$x = \frac{1+\sqrt{5}}{2}$$

図5：学生S2の数学的な探究による発表スライドの一部

このように学生S2は、統計知識を基に調べることにより、幾何学的内容に関連づけて数学の知識を拡げて探究していた。また、学生S2は、このような体験的な活動について、「数学は覚えるだけの学習やただただ計算するばかりで面白くない学習といった間違った認識を子どもたちにもしてほしくはない」と答え、統計を学ぶ等の様々な場面から、子どもたちも同様に、数学を用いて探究する体験を積むことの大切さを振り返っていた。

(3) 学生全体の取り組みの様相から見た統計知識の活用傾向と課題

学生S1, S2は授業外でも探究を行っていたとして、注目したケーススタディであった。表7は、Microsoft Excelデータを基に、学生全員が授業内で提出した「実際に活用した統計知識に関する集計」である。活用の正誤は問わずにカウントし、全体の傾向をみしてみる。

4節で行った既存の統計知識に関する理解の調査と同様に、平均値の活用については39.2%、次いで折れ線グラフが31.7%、ヒストグラムが25.0%となっており、これらの知識を積極的に扱える傾向にあることが分かった。このように、自分にとって取り組み易く、

分かり易い既存の統計知識を用いながらデータ解析を進めている実態から、学生個々の既存の知識を用いて自由にアプローチする場面設定が、主体的な統計知識の活用につながっていることが見える。

しかし、関係性を調べているにもかかわらず、相関係数、分散、標準偏差に関しては反応が比較的少なく、図6のような散布図から関係を調べようとする割合は20%であった。表2の項目に追加された統計知識については、図7のような棒グラフが44.2%と最も多く、図8・9の二次元・三次元のグラフは0.8%であった。グラフ作成後においては、考察が進まずに困っている学生が多く見られた。

表7：実際に活用した統計知識と学生の人数と割合

※表2に加えた棒グラフ以下の新たな知識項目には色付をしている。割合(%) = 4限+5限人数 / 120

統計に関する知識項目	4限(人)	5限(人)	合計(人)	割合(%)
平均値	19	28	47	39.2
中央値	7	1	8	6.7
最頻値	4	2	6	5.0
相関係数	1	3	4	3.3
クロス集計	0	0	0	0.0
正規分布	0	0	0	0.0
分散	3	0	3	2.5
標準偏差	3	0	3	2.5
t検定	0	0	0	0.0
因子分析	0	0	0	0.0
ヒストグラム	11	19	30	25.0
折れ線グラフ	16	22	38	31.7
散布図	11	13	24	20.0
箱ひげ図	1	2	3	2.5
棒グラフ	33	20	53	44.2
円グラフ	1	14	15	12.5
最大値・最小値	2	2	4	3.3
共分散	1	1	2	1.7
階級	1	0	1	0.8
データ区間	1	0	1	0.8
帰無仮説	1	0	1	0.8
群間の自由度	1	0	1	0.8
平方和	1	0	1	0.8
三次元のグラフ	1	0	1	0.8

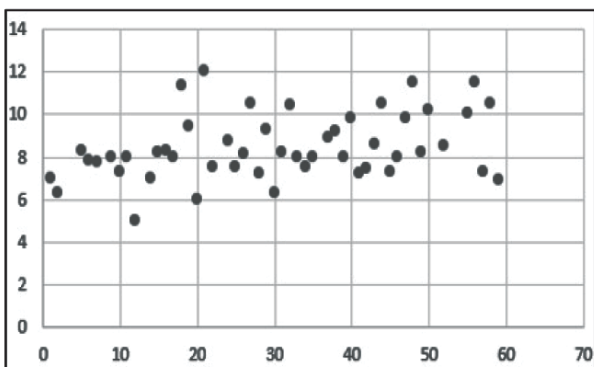


図6：学生が作成した散布図

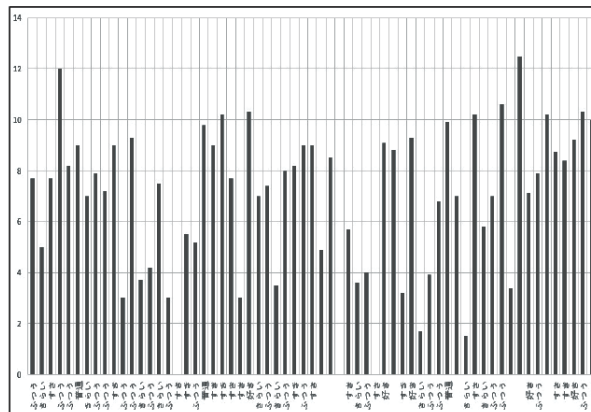


図7：学生が作成した棒グラフ

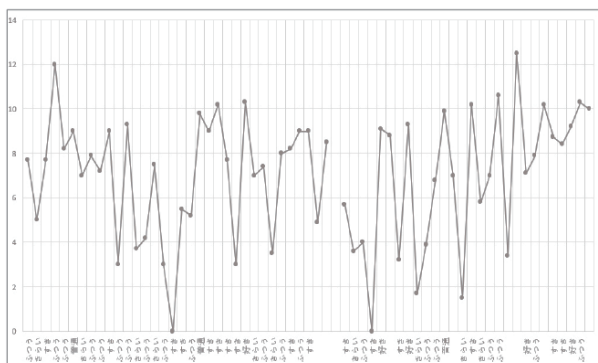


図8：学生が作成した折れ線グラフ

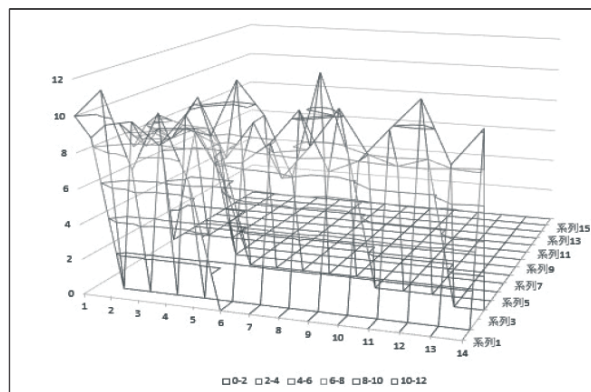


図9：学生が作成した棒グラフ・折れ線グラフ・三次元のグラフの形状

また、関係を考える場面であるにも関わらず、正規分布などのデータ分布や検定については活用しない傾向から、例えば、学生自身の生活改善につながる問題場面等の教材化、批判的な考察を行うための別の変数を考える場面設定を行い、必然的に活用を促す必要がある。このような生活にある課題を解決するための日常的な教材については、学生だけでなく、教員や社会一般にも有効であり、教育を通じて社会全体のデータサイエンス力を高めていく可能性をもつ。

今回の授業ではデータ共有に時間を費やしてしまい、全体で分析方法等を振り返ったり、表現方法について協働的に学び合ったりしながら、解決に結び付けるためのターゲットとなる変数の吟味をする場面が不足していた。学生が十分に試行錯誤して結論を考えることができ、そのことが教育現場に立って児童生徒を指導する際にも生かされるよう、今後、指導法等で更に授業改善を行う必要がある。

6. まとめ

本研究の目的は、教員養成系大学の数学教育において、学生の統計に関する既有知識の活用を促進するための具体的な方策を検討することであった。

統計知識の活用を促進するためには、難しい知識を前提とするのではなく、学生個々の既存の統計知識からアプローチすること、そのことが自ら統計知識を活用しようとする主体的な学びにつながるが見えた。そういった個別最適な学びを目指す「達成度自由型（ゴールフリー）の活動」を授業に取り入れることは、自ら問いを生成し、解析に必要な新たな変数を見いだすアイデアをもつことになり、統計や数学への探究心を高めるだけでなく、教育的価値の実感を得る契機となることも見えた。

しかし、個々が用いる統計知識に偏りがあること、主に正規分布等のデータ分布や検定の活用発揮が十分でないことの課題がある。また、解析に必要な変数の吟味を行うために協働的に学ぶ場面や試行錯誤の場面を効果的に設定することも必要である。問いを解決するためのアイデアに関連する新たな変数を見いだす力、統計知識を自ら活用しようという探究によって、いかにデータサイエンス力へのアプローチにつながるのか、今後もその可能性を探っていきたい。

謝辞

調査の実施にあたり、分析対象となる統計に関する

知識の選択において、ご協力いただきました畿央大学健康科学部の福森貢先生に深謝申し上げます。また、授業を受けた2回生の学生、インタビュー調査にご協力してくれた二人の学生にも感謝いたします。

付記1

本研究は、JSPS科研費課題番21H03923, 22K02509の助成を受けたものです。

付記2

本稿は、第1～4章は椎名、第5章は椎名・藤井、第6章は椎名が担当した。

引用・参考文献

- 1) 日本学術会議：新学習指導要領下での算数・数学教育の円滑な実施に向けた緊急提言・統計教育の実効性の向上に焦点を当てて、<https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-24-t293-2.pdf> (2022年3月3日確認), 2020
- 2) 文部科学省：大学の数理・データサイエンス教育強化方策について、https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/koutou/080/gaiyou/_icsFiles/afieldfile/2016/12/21/1380788_01.pdf (2022年2月24日確認), 2016
- 3) 丹羽正彦・松岡隆・川崎謙一郎・大竹博巳・伊藤仁一：小学校算数科・教科専門科目の講義内容に関する現状調査の結果と標準モデルの提案, 数理解析研究所講究録, 1828, 50-60, 2013
- 4) David M. Blei, and Padhraic Smyth : Science and data science, Proceedings of the National Academy of Sciences, 33, 8689-8692, 2017
- 5) 青山和裕：「資料の活用」領域における指導の充実に向けて－探究プロセスに関するスパイラル指導と確率との関連付け－, 日本数学教育学会, 96 (1), 43-46, 2014
- 6) 青山和裕・栢元新一郎：ニュージーランドの統計指導－日本のカリキュラムや指導への示唆－, 日本数学教育学会誌, 97 (7), 13-22, 2015
- 7) 文部科学省：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, (2022年3月24日確認), 2017
- 8) 文部科学省：中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説数学編, https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387018_004.pdf, (2022年3月24日確認), 2017
- 9) 文部科学省：高等学校学習指導要領（平成30年告示）解説数学編 理数編, https://www.mext.go.jp/content/1407073_05_1_2.pdf, (2022年3月24日確認), 2018
- 10) Wild, C. J. and Pfannkuch, M. : Statistical thinking in empirical enquiry (with discussion), Internat. Statist. Rev. 67, 223-265, 1999
- 11) National Certificate of Education Achivement <https://www.nzqa.govt.nz/ncea/> (2022年2月25日確認)
- 12) 細田 幸希：標本調査の単位における統計と確率を関連付けた統計的探究の教材開発, 日本科学教育学会, 44, 603-606, 2020
- 13) 国立教育政策研究所：平成25年度全国学力・学習状況調査【中学校数学】, https://www.nier.go.jp/13chousa/pdf/13mondai_chuu_sugaku_b.pdf, (2022年2月24日確認), 2013

