

## 統計的探究プロセスを踏まえた教育実習生の指導力の育成

喜田 英昭 井上 優輝 井上 芳文 近藤 裕司  
將基面 裕介 砂原 徹 富永 和宏 橋本 三嗣  
森脇 政泰 岩知道 秀樹 上ヶ谷 友佑 迫田 彩  
重松 正樹 小山 正孝 影山 和也

(研究協力者) 石川 雅章 (愛知教育大学) 黒木 雄大 (筑紫野市立天拝中学校)

**Abstract:** In this study, we conducted a statistics workshop with the aim of proposing an effective teaching practice curriculum for improving teaching practice related to statistical content based on the statistical inquiry process. As a result, it was considered effective for student teachers to reflect on their own teaching of statistical content by asking themselves how to apply the statistical inquiry process to real-life problems and conduct analysis, and by exchanging opinions with others. Of course, knowledge and understanding of the theory of statistics are necessary, but by experiencing this kind of statistical workshop, not only knowledge, but also practical understanding of statistical content can be deepened, and the difficulties felt by student teachers may be eliminated. In this way, we believe that the statistical inquiry process can serve as a perspective for analysis of each process in the problem-solving process, as well as a viewpoint from which to look at the process as a whole, and to find the significance of "thinking with statistics" from the standpoint of each learner and teacher.

### 1. はじめに

高等学校学習指導要領(文部科学省, 2018)では, 高等学校数学において仮説検定の考え方や推測統計など統計的な内容の充実が図られ, これまで以上に統計教育を充実させることが求められている。しかし, 2021年9月に広島大学附属中・高等学校の数学科教育実習生(大学3年生12名)を対象に, 中学校・高等学校において自分が受けてきた統計領域に関する授業について予備調査を行ったところ「計算をたくさんしたという印象が強い」, 「パソコンの基礎的な操作を学んだ」, 「授業での取り扱いはほとんどない」という回答が多くあり, さらに, 自分が統計領域の授業を行うことに対して「実体験や前例がないため指導案を作成する段階で悩む」, 「実際に自分が学習したことのないことを授業で教えることは想像がつかず不安だ」などの困

難性を訴える反応も見られた。これらの現状をふまえると, 教育実習において, 統計に関する実践的指導力の強化に力を入れる意義はあると考えられる。

そこで, 次の3点を通して, 高等学校における統計領域に関する教育実習生の指導力育成について示唆を得る。

- 数学科教育実習生に対して, 中学校, 高等学校, 大学での統計領域の学習履歴に関する調査を行い, 授業を行う上での困難性の要因を特定する。
- 教育実習中における, 統計的探究プロセスを意識したワークショップ形式の学習教材を開発, 実践し, その成果を検証する。
- 統計的探究プロセスを踏まえた教育実習生の統計指導力の育成への提案を行う。

Hideaki Kida, Yuki Inoue, Yoshifumi Inoue, Yuji Kondo, Yusuke Shogimen, Toru Sunahara, Kazuhiro Tominaga, Mitsugu Hashimoto, Masayasu Moriwaki, Hideki Iwachido, Yusuke Uegatani, Aya Sakota, Masaki Shigematsu, Masataka Koyama, Kazuya Kageyama, Masaaki Ishikawa, Yudai Kuroki:  
Developing the teaching skills of student teachers based on the statistical inquiry process.

## 2. 教育実習生の統計領域の学習履歴に関する調査

広島大学附属中・高等学校の2023年度の教育実習は8月30日から9月21日までの3週間行われた。教育実習初日、数学科教育実習生（大学3年生）16名に対し、授業を行う上での困難性の要因を特定するために、統計領域の学習履歴について、以下の調査を行った。回答はすべて教育実習生によるものであり、原文のまま表記している。なお、同じ内容と考えられるものは代表的な回答を抜粋し、教育実習生による回答の下線はすべて筆者によるものである。

Q1 あなたが中学校・高等学校において受けてきた統計領域（中学校「資料の活用」、数学Ⅰ「データの分析」）の授業はどのような内容でしたか。

- ・平均、標準偏差、相関関数、中央値等といった用語の理解や、箱ひげ図やヒストグラムからデータを読み取る内容であった。また、どちらかと言うと数値から数値を考える内容が多いように思える。
- ・最頻値や中央値など大事な語句を最初におさえてそれに関する問題演習を行った。分散の分野で特に記憶しているのは、平均、2乗の平均などを書いた表を書き、標準偏差や共分散を求めていた。受験が近づくと、散布図が与えられそれに関する事柄の問題を解いた。
- ・資料を見て読み解くことが多い授業だった気がする。また、数学Ⅰでは共通テストくらいしか出ないからささっとやるねと言われたうえで、重要どころや覚えておくところを中心にしてやっていたと思う。
- ・中学校の「資料の活用」においても数学Ⅰの「データの分析」においても教科書にあるデータを用いて考えたり教科書にある問題を考えるなど教科書を軸にした授業を受けてきた印象がある。改訂された後の教科書を見ても大きく変わった印象はなく、今の中学生、高校生と学習している内容はほとんど同じだと感じた。しかし、数学Ⅰの発展や研究の内容にある最小二乗法や仮説検定といった発展的な内容は扱わなかった。

Q2 自分自身が統計領域の内容（中学校「資料の活用」、数学Ⅰ「データの分析」、数学Ⅱ「統計的な推測」）を授業で教えることに対して、思っていることを300字程度で述べてください。

- ・特に数学Ⅱの「統計的な推測」に関して自身

が履修しておらず、指導の例を自身に蓄積できていないので指導の際には大変不安が残ることが予想される。内容理解や背景知識の獲得ができたとしても指導のポイントや躓きの多い点、授業の進行ペースに対しての模範的な事例の母数が少ないことが予測されるため、指導のリフレクションが困難であり、探り探りで統計領域の内容に対する方法論を確立するほかないように思われる。

- ・今後大切といわれている中で自分たちは「データの分析」や「統計的な推測」はさほど重要視されず自分自身も何となくやこうやったらうまくいくくらいの理解で大学受験を通過してきたため、理解が浅く生徒にきちんと教えられるだろうかという不安がある。
  - ・中学校と数Ⅰのデータの内容については一度中・高等学校で授業を受けて学習した内容であるが、数学Ⅱ「統計的な推測」は授業を受けたことがない状態で初めて教えるということにかかわるためうまく授業をやっているか不安な面があるというのが率直な感想である。一方、統計領域の内容は数学の他の単元よりも実際的な問題にかかわる部分が比較的多い。したがって、授業においてどのような資料を扱うかが考えやすく、生徒たちにも自ら気になるデータについて分析や推測に取り組んでもらうことが可能なので興味関心は引きやすいと思った。
- この調査結果より、数学科教育実習生に以下の特徴があることが分かった。

- ・教育実習生が受けてきた統計の学習は、数値を求めるなどの「問題を解くこと」が中心になっている。
  - ・自分で課題をみつけ、データを収集して、分析するなど具体的な経験が少ない。
  - ・自分が学習していないことを指導する不安がある。
  - ・生徒が主体的に取り組むことができるような統計の学習への前向きなイメージを持っている。
  - ・自分自身が統計をあいまいに理解していたので、理解が浅く、教材研究に不安がある。
- そこで、教育実習生に対し、統計的探究プロセス（PPDAC サイクル）を取り入れた教材研究のための統計ワークショップを実施することで、計算するための統計の学習から意思決定の

ための統計の学習へ昇華することができると仮説を立て検証を行うこととした。

### 3. 統計ワークショップの実施と分析

#### (1) 統計ワークショップの目的

教育実習において、どのようなトレーニングを行えば、教育実習生の統計的な指導力を向上させることができるかを確認するため。

#### (2) 統計ワークショップの方法

教育実習が始まって1週間後の2023年9月7日、数学科教育実習生16名全員に、次のような課題を提示し「1週間後の9月14日にワークショップを開くので、それまでに自分の意見を考えておくように」と指示を出した。この課題は「高校からの統計・データサイエンス活用～上級編～」(総務省政策統括官, 2017)を参考に作成している。なお、この教育実習期間では「統計的な推測」に関する内容は実地授業が割り当てられていない。

あるハンバーガーショップで販売されているフライドポテトは「Mサイズ135g」と公表されている。そこで、実際に販売されているフライドポテトMサイズの重量が公表通りの135gであるかについて、以下の統計的探究プロセス(PPDACサイクル)で考えていく。

**Problem (問題)**: あるハンバーガーショップで販売するMサイズのフライドポテトの重量の平均値が公表値の135gであるかについて検証する。

**Plan (計画)**: 帰無仮説として「Mサイズのフライドポテトの重量の平均値は公表値135gである」を設定し、購入データに基づいて両側検定を行う。有意水準は0.05とする。

**Data (収集)**: 実際にフライドポテトMサイズを10個購入し、その重量を測定する。

**Analysis (分析)**: フライドポテトのMサイズの重量の分布が正規分布に従っているとして、帰無仮説の下で検定のための統計量を求め、その実現する確率を求め、有意水準と比較する。

**Conclusion (結論)**: 仮説検定の結果、帰無仮説が棄却されれば「フライドポテトMサイズの重量は公表通りの135gではない」、帰無仮説が棄却されなければ「この購入データからはフライドポテトMサイズの重量は公表通りであるか判断できない」と判断する。

購入データは以下の通りである。

120 124 126 130 130 131 132 133  
134 140 (単位はg)

(1) フライドポテトMサイズの重量が正規分布に従うとし、母標準偏差が6gと分かっているとき、有意水準0.05で両側検定を行いなさい。

(2) この事例について授業で取り扱うとき、それぞれの統計的探究プロセスの段階で、生徒にどのようなことを考えさせたいか、指導上のポイントを考えてください。

(1)では仮説検定の知識・技能を確認している。今回の課題では「Mサイズのフライドポテトの重量の平均値が公表値の135gであるか」を検定したいので両側検定を行うように指定している。問題状況を「公表値の135gより少ないと感じている」とすれば片側検定を行えばよいが、両側検定との違い、片側検定と母平均の95%信頼区間との関係などを、生徒の視座での統計的な分析について教育実習生に考えさせたい課題である。(2)は、PPDACサイクルを視点とした具体的な分析方法について例示し、その上で、指導者としてどのようなことを生徒に学ばせたいかを考えさせたい課題である。(1)から視座を指導者側に引き上げ、それぞれの段階に応じて、この問題によって何を、どのように学ばせたいのか、具体的にすることで、自分の統計的な分析手法への理解を振り返らせることを意図して設定している。

#### (3) 統計ワークショップの成果と課題

9月14日のワークショップでは、数学科教育実習生16名を4つのグループに分け、以下の活動を行った。

**活動1** 自分が考えた(2)指導のポイントを発表し、相互評価を行う。

**活動2** グループで特に注目すべき指導のポイントについて議論する。

(1)については、ほとんどの教育実習生が授業で使用している教科書の例題と同じように解いていたが、(2)については、それぞれ異なる視点でこの課題を分析していた。実際の統計的な手法を用いる課題では、統計的な推測を用いる場面は数多く考えられるので、このワークショップの課題では、「統計的な推測」に関する問題について統計的探究プロセスを意識させて、授業における指導上のポイントを挙げさせ

た。以下、教育実習生が考える指導上のポイントを挙げる。

#### Problem (問題)

- なぜこの問題を検証しようと思ったのかについて、目的を考えることで、ただ与えられたから調べるのではなく、生徒が目的意識をもって検証できるようにしておきたい。
- 日常での疑問をどうしたら、どうやって数学的に解決できるのか、解決するのか、あるいはそもそも数学的に考えられる事象か。

#### Plan (計画)

- 問題を解決するために、どのような仮説を立てなければならぬのか、両側検定、片側検定どちらで行わなければならないのかといったように、問題を解決するための方法を生徒たち自ら考えさせたい。
- どういう場合は片側検定の方が適切で、どういう場合には両側検定の方が適切なのか考えさせてもよいと思う。
- 計画の段階において、題材に適した統計量を複数挙げることを意識させたいと考えている。なぜなら、ある一つの適した統計モデルを見つけると固執してしまう可能性があると考えているからだ。他のアプローチはないのか、本当にその統計モデルだけでいいのかを批判的に考えさせたい。
- 何を求めたいのか、何について考えていくのかという部分が生徒にとって明確になるように授業を通しての見通しを作っていくことを意識します。
- 有意水準を予め設定しないと全ての検定を有意にすることが可能になり検定に意味がなくなってしまうことを理解させたい。

#### Data (収集)

- 今回の事例では母集団分布が正規分布に従うとすることができるため大きさ10の無作為標本の抽出で良かったかもしれないが、 $n$ が小さくないと $\bar{X}$ が正規分布に従うとみなせないときもある。正確な結果を得るためにどのくらいの大きさの無作為標本を抽出しなければならないかを考えさせたい。
- 正しい検定を行うには多くの条件設定が必要であることを認識させることも大事だと思う。
- いくつ標本をとればいいのかを、クラス全体が納得するように決めることが大事だと思う。

- 10個の標本から母集団を特徴づけて本当に大丈夫なのか。
- キーワードは「無作為に抽出すること」であると思う。袋に詰める人によって重量が変わってしまうのか、重量を毎回測ってから袋につめているのか目分量なのか、ピーク時とそうでないときで重量に変化はあるのかなど、重量が変化してしまう可能性がある要因はたくさん存在する。これらのような多くの場合を想定してどういうふうにデータを集めれば無作為に抽出したことになるかを考え、慎重にデータ収集をさせるべきだと思う。

#### Analysis (分析)

- 標本平均 $\bar{X}$ が正規分布に従う理由など数学的な根拠をもって考えさせることが大切だと思う。
- その分析操作や結果が何を意味するのか考えることが重要である。
- 現実問題を数学(統計)に落とし込むには、無視することと必要なことに生徒が分類する必要があり、10個しか購入していなくても検定ができるようにするにはプライドポテトMサイズの重量の分布をどのように仮定すべきかを考えさせる。

#### Conclusion (結論)

- 帰無仮説が棄却されれば仮説を否定できるが、棄却されなければ仮説を肯定できると判断できないのである。ある有意水準の値では棄却されなかつただけであり、仮説が正しいと判断できるわけではない。初めて学ぶ際は正しいと判断しがちなので、より重点的に指導すべきだと思う。
- これは統計モデルの中で仮想的に考えていることを生徒は理解しておく必要がある。出力された値が調べたい全てを表していない、しかし現実で考えるにはどのような配慮がいるのか生徒には常に考えさせたい。
- 今回の場合は棄却されたが、有意水準をどの程度に設定すると帰無仮説が棄却されなくなるかを考えさせたい。そして、その棄却されない有意水準は、確率として起こりやすいのか、起こりにくいのかを自分なりの判断基準をもったうえで考えさせたい。そうすることによって、今後の検定でも有意水準の設定を考えられるようになると思った。
- 何が分かって何が分からなかったのか。

- ・このデータでは公表通りではないという結論が出たが、さらにもう一つ購入したときに結論は変わるかどうかというように、問題設定が変わったときに結論はどうなるかを考えさせたい。

(その他)

- ・授業で扱う場合は十分な時間が取れないため、教科書通り「問題」「計画」「収集」は授業者が提示し、生徒には「分析」「結論」を中心にやらせればよいと思う。しかし、実社会では「問題」「計画」「収集」も重要なプロセスであるから探究につながるような授業展開にしていくべきだと思う。

本ワークショップにおいて、教育実習生は意見交換を行い、その後、各班で議論となったポイントを発表させた。ワークショップ事後のアンケート結果を以下述べる。

Q1 統計ワークショップを受けての感想、意見をお願いします。

- ・統計ワークショップを受けて、統計内容を教える上で気を付けることを多く学んだ。ほかの人と話し合いをすることで自分の気づかなかったこと（片側検定でなく両側検定を行う理由や正規分布に従うことを理解させることなど）を知り、とても勉強になった。また、95パーセント信頼区間の意味を間違えて認識していたことにも気づくことができた。
- ・検定においても、意図的に検定を行いやすくする工夫を行っていることは知らなかったもので、勉強になった。そう考えると、教科書でも意図的に状況設定が仕込まれているのだと感じた。意図的な状況設定ということも、生徒に考えさせると面白いのではと感じた。
- ・今回のワークショップを通して、教科書の問題を解ければいいという考えでは良くないと感じた。教科書の問題ではPPDACサイクルのうちの分析しか扱っていないが、実際に探求するときは計画の立て方やデータの収集方法など、考えなければならないことが多くあるため指導する上ではそのような過程も含めて考えさせなければならないと感じた。
- ・時間は少し短いように感じたが、ワークショップを通して確率統計分野において授業で何を考えさせるべきなのかという視点から考えることによって、検定や信頼区間について様々なことを学ぶことができた。

Q2 統計内容に関して、教育実習前に大学で何を学んでおいたほうがよいと思いますか。

- ・「統計的な推測」を学んでいない大学生にとっては、そもそもその分野に関する教科書レベルの知識と、その基盤となる内容は最低限学んでおく必要があると感じた。また、統計分野に関しての実際に検定や信頼区間を求めようような内容を学んでおくべきだと感じた。
- ・基本的な統計の内容、今回は正規分布や仮設検定などは行わなかったが、全体を通してのそれぞれの内容の位置づけは把握しておくべきと感じた。
- ・私は大学で検定の内容をより学んでおきたいと感じた。高校で検定を学んでおらず、大学でもまだ検定について詳しくは勉強していないため、様々な検定方法を学んだうえで高校生に教えられるところを考えられるようになりたいと考える。
- ・統計をどうして学ぶのか、1つ1つの用語の意味をしっかりと学ぶべきだと思った
- ・そもそも、理学部数学科ではこの時期に検定については全く学んでいない状態でしたので、教科書の内容を学んでおきたかったと思いました。さらに、数学での検定と、情報分野での分析との違い、数学で検定を扱う意義についても学んでおきたいです。

上記のように、統計的探究プロセスを意識させる課題を考えさえ、それぞれが考える指導のポイントについて意見交換を行う統計ワークショップによって、

- ・身の回りの課題に対し、統計的探究プロセスを意識して統計的手法を用いる目的と妥当性
- ・統計的手法を用いた分析結果に対する批判的考察の必要性
- ・数学の授業として統計の問題を考える教材研究の視点

等が理解できたのではないかと考えられる。これらの理解を確認するために、もう一度ワークショップの課題の(1)を再考させることが必要であったが、今回の実践では出来ておらず、今後の課題として次年度の実践にかかしていきたいと考えている。

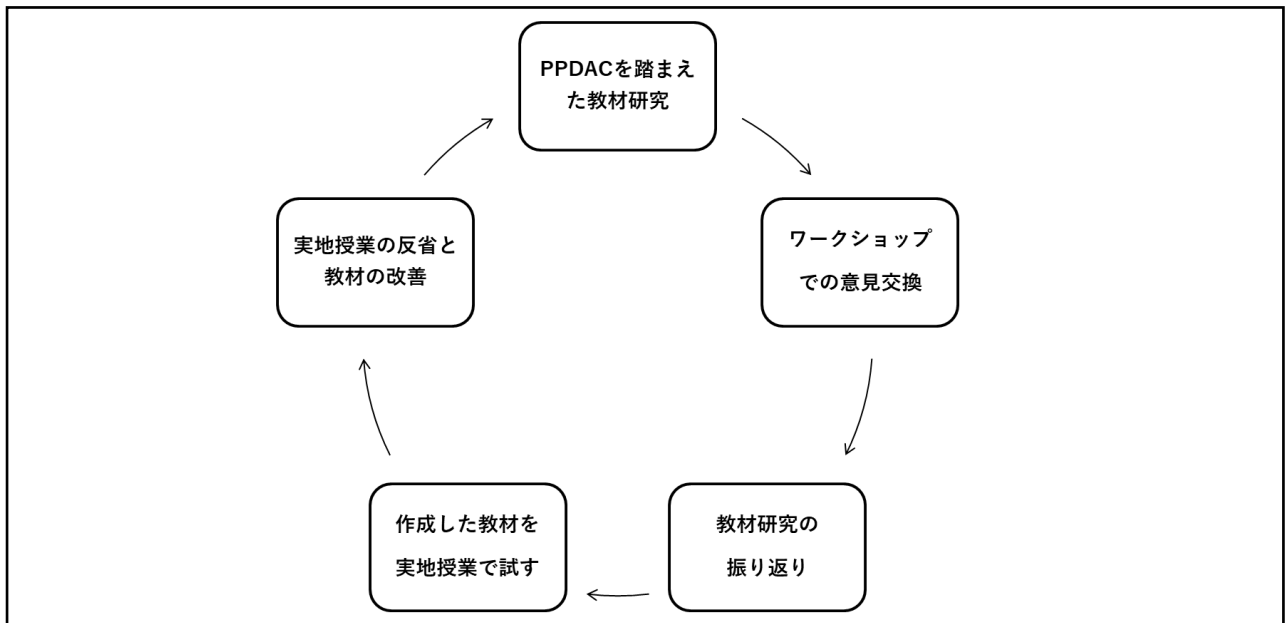


図 1 統計指導力の育成のためのサイクル

#### 4. 統計的探究プロセスを踏まえた教育実習生の統計指導力の育成への提案

今回の実践では、統計的探究プロセスを踏まえて統計的な内容に関する指導力向上のための統計ワークショップを実施した。その結果、教育実習生自身が、現実場面の課題に対しどのように統計的探究プロセスを適用させて分析を行うのかの過程を、自分自身で問い直し、他者と意見交換を行い、自分自身で統計的内容の指導についてのリフレクションすることが有効であると考えられた(図1)。また、今回の実践では、作成した教材を実地授業で実践して反省と改善を行うことができなかったため、今後継続して研究を続けていきたい。

もちろん統計学に関する理論の知識と理解は必要であるが、知識だけでなくこのような統計ワークショップを経験することで、統計的内容に関する実践的な理解が深まり、教育実習生が感じる困難も解消されるのではないかと考えられる。このように、統計的探究プロセスは、問題解決の過程において、過程それぞれの分析の視点となり、過程全体を見渡す視野でもあり、学習者や指導者それぞれの立場で「統計で考える」意義を見いだす視座にもなりえると考えている。

#### 付記

教育実習生へのアンケートは、広島大学大学

院人間社会科学研究科研究倫理委員会の承認 (Application Number: HR-ES-000452) を得た上で実施している。

#### 参考文献

- 総務省政策統括官(2017). 『高校からの統計・データサイエンス活用～上級編～』. 日本統計協会
- 文部科学省(2018). 『高等学校学習指導要領解説 数学編 理数編』. 学校図書.

# Developing the teaching skills of student teachers based on the statistical inquiry process

Hideaki Kida, Yuki Inoue, Yoshifumi Inoue, Yuji Kondo,  
Yusuke Shogimen, Toru Sunahara, Kazuhiro Tominaga, Mitsugu Hashimoto,  
Masayasu Moriwaki, Hideki Iwachido, Yusuke Uegatani, Aya Sakota,  
Masaki Shigematsu, Masataka Koyama, Kazuya Kageyama  
(Research Collaborator) Masaaki Ishikawa (Aichi University of Education) ,  
Yudai Kuroki (Chikushino City Tenpai Junior High School)

**Abstract:** In this study, we conducted a statistics workshop with the aim of proposing an effective teaching practice curriculum for improving teaching practice related to statistical content based on the statistical inquiry process. As a result, it was considered effective for student teachers to reflect on their own teaching of statistical content by asking themselves how to apply the statistical inquiry process to real-life problems and conduct analysis, and by exchanging opinions with others. Of course, knowledge and understanding of the theory of statistics are necessary, but by experiencing this kind of statistical workshop, not only knowledge, but also practical understanding of statistical content can be deepened, and the difficulties felt by student teachers may be eliminated. In this way, we believe that the statistical inquiry process can serve as a perspective for analysis of each process in the problem-solving process, as well as a viewpoint from which to look at the process as a whole, and to find the significance of "thinking with statistics" from the standpoint of each learner and teacher.

## 1. Introduction

The explanation of the Course of Study for Senior High School (Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, 2018) calls for the enrichment of statistical content in senior high school mathematics, including the concept of hypothesis testing and inferential statistics, and calls for the enhancement of statistical education more than ever before. However, in September 2021, a preliminary survey was conducted on the classes related to statistics that they had taken in junior high school and senior high school for the mathematics education student teachers (12 persons, 3rd year university students) at Hiroshima University High School, and many of them answered "I have a strong impression that I did a lot of calculations," "I learned basic computer operations," and "I rarely used statistics in class". In addition, there were responses such as "I have no actual experience or precedents, so I am troubled when I prepare a teaching plan," and "I cannot imagine teaching in a class something I have never actually learned, so I am anxious about it". Considering

the current situation, it is significant to focus on strengthening practical teaching skills related to statistics in educational training.

Therefore, through the following three points, we will obtain suggestions for the development of teaching skills of student teachers in the area of statistics in senior high school.

- To conduct a survey of mathematics student teachers regarding their history of learning statistics at junior high school, senior high school, and university, and to identify the factors that cause difficulties in teaching classes.
- To develop, practice, and verify the results of workshop-style learning materials that are aware of the statistical inquiry process during educational practice.
- To make suggestions for the development of statistical teaching skills of student teachers based on the statistical inquiry process.

## 2. Survey on learning history in the area of statistics of student teachers

Educational training in 2023 at Hiroshima University High School lasted three weeks from August 30 to September 21. On the first day of the training, the following survey was conducted on 16 mathematics education student teachers (3rd year university students) regarding their learning history in the area of statistics in order to identify the factors causing difficulties in teaching. All answers were given by the student teachers and are presented in the original text. The same information was extracted from the representative responses.

Q1. What were the contents of the statistics classes you took in junior high school and senior high school (Junior High School "Use of Data" and Mathematics I "Analysis of Data")?

- The contents included understanding terms such as mean, standard deviation, correlation function, median, etc., and reading data from box plots and histograms. Also, there seemed to be a lot of contents to consider numerical values from numerical values.
- The students were asked to memorize important words such as mode, median, etc., and to practice questions related to them. In the area of variance, I particularly remember writing a table with the mean, mean of squares, etc., and finding the standard deviation and covariance. When the entrance exam approached, we were given scatter plots and solved problems related to them.
- I think there was a lot of reading and understanding of materials in the class. Also, in Math I, we were told that we would only take the common test, so we would work on it quickly, and we focused on the important parts and the parts that we should remember.
- I have the impression that the classes have been centered on textbooks, such as "Use of Data" in junior high school and "Analysis of Data" in Mathematics I, in which students use data from textbooks and think about problems in the textbooks. The revised textbooks do not seem to have changed much, and I felt that the content studied by today's junior high and senior high school students is almost the same as that in the textbooks. However, they did not cover advanced topics such as the least-squares method and hypothesis testing, which are part of the development and research content of Mathematics I.

Q2. In about 300 words, please describe your thoughts on teaching your own statistical content



(Junior High School "Application of Data", Mathematics I "Analysis of Data", Mathematics B "Statistical Inference") in your classes.

- In particular, I have not taken "statistical inference" in Math B and have not accumulated examples of teaching it, so I am expected to feel very uneasy when teaching it. Even if I can understand the content and acquire background knowledge, it is expected that the number of exemplary examples will be small in relation to the points of instruction, the many stumbling blocks, and the pace of class progression, making reflection on instruction difficult.
- While these are said to be important in the future, "data analysis" and "statistical inference" were not considered very important, and I myself passed the university entrance examination with only a vague understanding of what would work if I did it somehow.
- While I have studied the contents of data in Mathematics I and Mathematics B at junior high school and senior high school, I am frankly concerned about teaching Mathematics B "Statistical Inference" for the first time without having taken any classes on the subject. On the other hand, the content of the statistical area involves relatively more practical problems than other units of mathematics. Therefore, it is easy to think about what kind of data to use in class, and it is possible to have students analyze and speculate on data that they are interested in, so I thought it would be easy to attract their interest.

The results of this survey revealed the following characteristics among mathematics education student teachers.

- The statistical learning that the student teachers have received has focused on "solving problems" such as obtaining numerical values.
- There is a lack of concrete experience in finding issues, collecting data, and analyzing them.
- Student teachers are anxious to teach what they have not learned.
- Student teachers have a positive image of learning statistics that allows their students to work independently.
- Student teachers have an anxiety about researching teaching materials due to their vague understanding of statistics.

Therefore, we hypothesized and tested the hypothesis that conducting a statistics workshop for educational student teachers to research teaching materials that incorporates the statistical process of inquiry (PPDAC cycle) would help them move from learning statistics for calculation to learning statistics for decision-making.

### 3. Statistical workshop implementation and analysis

#### 3.1 Objectives of the Statistics Workshop

To identify what kind of training would improve the statistical teaching skills of student teachers during their teaching practice.

#### 3.2 Design of statistical workshop

On September 7, one week after, the start of the practical training, we presented the following assignment and instructed the student teachers to "think about their own opinions until then because the workshop will be held on September 14, one week later. This assignment was prepared

with reference to the Ministry of Internal Affairs and Communications Policy Directorate (2017), "Utilization of Statistics and Data Science from High School - Advanced Edition. Note that no study classes were assigned for the content related to "statistical inference" during this training period.

**【Assignment】**

The French fries sold at a certain hamburger store are publicly advertised as "medium size 135g". The following statistical exploration process (PPDAC cycle) is used to determine whether the weight of the medium size French fries actually sold is 135g, as announced.

Problem: Verify that the average weight of a medium size French fries sold in a certain hamburger store is the published value of 135 grams.

Plan: The null hypothesis is that the mean weight of M-size French fries is 135g, the published value, and a two-tailed test is conducted based on the purchase data. The significance level is set at 0.05.

Data: Ten medium-sized French fries were actually purchased, and their weights were measured.

Analysis: Assuming that the distribution of the weight of the medium size French fries follows a normal distribution, find the statistic for the test under the null hypothesis, find the probability of its realization, and compare it with the significance level.

Conclusion: If the null hypothesis is rejected as a result of the hypothesis test, we conclude that "the weight of French fries size M is not 135g as published" and if the null hypothesis is not rejected, we conclude that "the weight of French fries size M cannot be determined from this purchase data to be as published.

The purchase data is as follows:

120 124 126 130 130 131 132 133 134 140 (Unit: g)

- (1) Assuming that the weight of French fries M size follows a normal distribution, and knowing that the mother standard deviation is 6g, perform a two-tailed test at a significance level of 0.05.
- (2) When dealing with this case study in class, please think about what you would like your students to think about at each stage of the statistical inquiry process and what you would like them to think about in terms of instructional points.

In (1), the knowledge and skills of hypothesis testing are checked. In this case, we want to test "whether the average weight of an M-size French fries is 135 g, the published value", so we specify that a two-tailed test should be conducted. If the problem situation is that "the students feel that the weight is less than the published value of 135g," a one-tailed test should be conducted. However, the difference from a two-tailed test and the relationship between a one-tailed test and a 95% confidence interval of the population mean is an issue that we would like the student teachers to consider regarding statistical analysis from the perspective of the students. In (2), we would like to give examples of specific methods of analysis from the perspective of the PPDAC cycle, and then ask the student teachers to think about what they, as mathematics teachers, would like their students

to learn from these examples. The purpose of this section is to raise the perspective from (1) to the teacher's side, and to make the student teachers reflect on their own understanding of statistical analysis methods by being specific about what and how they want their students to learn through this problem at each stage of the process.

### **3.3 Results and issues of the statistical workshop**

During the workshop on September 14, 16 mathematics education student teachers were divided into four groups for the following activities.

Activity 1: Student teachers present their (2) key points of instruction and conduct a mutual evaluation.

Activity 2: Student teachers discuss in groups the points of instruction that require special attention.

For (1), most of the student teachers solved the problem in the same way as the example problem in the textbook, which is used in class, but for (2), they analyzed this problem from different perspectives. Since there are many possible situations in which statistical inferences are used in actual assignments that employ statistical methods, in this workshop assignment, we made the student teachers aware of the statistical inquiry process for problems related to "statistical inferences" and asked them to list instructional points in their classes. The following are some of the teaching points that the student teachers considered.

#### **Problem**

- By thinking about the purpose of why we wanted to examine this issue, we would like to enable students to examine the issue with a sense of purpose, rather than just examining the issue because it was given to them.
- How can we mathematically solve or resolve questions in everyday life, or even mathematically conceivable events in the first place?

#### **Plan**

- We want students to think for themselves about how to solve the problem, such as what kind of hypothesis must be formulated to solve the problem, and whether a two-tailed or one-tailed test should be used.
- We think it would be good to have students consider in what cases a one-tailed test would be appropriate and in what cases a two-tailed test would be appropriate.
- In the planning stage, we want students to be aware of the need to identify several suitable statistics for the subject matter. This is because we believe that once students find one suitable statistical model, they may stick to it. We want students to think critically about whether there are other approaches and whether that statistical model is really the only one.
- We will be conscious of creating a clear outlook throughout the class so that the students will have a clear idea of what they want to seek and what they will be thinking about.
- We want students to understand that if the significance level is not set in advance, it is possible to make all tests significant, which would make the test meaningless.

#### **Data**

- In the present case, a random sample of size 10 was sufficient because the population distribution can be assumed to follow a normal distribution, but there are times when  $\bar{X}$  cannot be considered to follow a normal distribution unless  $n$  is large. We would like to have students consider how large a random sample must be selected in order to obtain accurate results.
- We think it is also important to make students aware that many conditions need to be set in order to perform a correct test.
- We think it is important to decide how many samples to take so that the whole class is satisfied.
- Is it really safe to characterize the population from a sample of 10?
- We think the key word is "random sampling". There are many factors that may cause the weight to change, such as whether the importance of the bags changes depending on who packs the bags, whether the bags are weighed before each packing, whether the weight is measured by eye, and whether the weight changes during peak and off-peak periods. Students should consider how to collect data in such a way that it can be considered as random sampling and have them collect data carefully, assuming many such cases.

### **Analysis**

- We think it is important to make students think with mathematical basis, such as why the sample mean  $\bar{X}$  follows a normal distribution.
- It is important to consider what the analytical operations and results mean.
- In order to put real-life problems into mathematics (statistics), students need to categorize them into what is ignored and what is necessary, and they need to think about how they should assume the distribution of the weight of a  $M$  size French fries in order to be able to perform the test even if only 10 fries are purchased.

### **Conclusion**

- If the null hypothesis is rejected, the hypothesis can be rejected, but if it is not rejected, it cannot be determined that the hypothesis can be accepted. Just because the hypothesis was not rejected at a certain level of significance does not mean that the hypothesis can be judged to be true. When learning for the first time, students tend to judge the hypothesis as correct, so we think more emphasis should be placed on teaching the hypothesis.
- Students need to understand that they are thinking hypothetically in a statistical model. The output does not represent everything we want to examine, but we always want students to think about what considerations they would have to make in real life.
- In this case, the null hypothesis was rejected, but we would like students to think about the level of significance at which the null hypothesis would not be rejected. Then, we would like students to think about whether the significance level at which the null hypothesis is not rejected is more or less likely to occur as a matter of probability, based on their own criteria for judgment. By doing so, they will be able to consider the setting of significance levels in future tests.
- What did students know and what did they not know?

- We would like to have students consider what happens to the conclusion when the problem setting changes, such as whether the conclusion changes when one more purchase is made, even though the conclusion is that this data is not as published.

### Others

- In the case of a class, since sufficient time is not available, the teacher should present the "problem," "plan," and "collection" as in the textbook, and let the students focus on "analysis" and "conclusion. However, in the real world, "problem," "plan," and "collection" are also important processes, so the class should be developed in a way that leads to inquiry.

In this workshop, the student teachers exchanged opinions and then each group was asked to present the points that were discussed. The results of the post-workshop questionnaire are described below.

Q1. What are your thoughts and opinions on the statistical workshop?

- I learned a lot of things to pay attention to when teaching statistical content through the statistics workshop. By discussing with others, I learned many things that I did not realize (e.g., the reasons for two-tailed tests instead of one-tailed tests, making students understand that the distribution follows a normal distribution, etc.). I also realized that I had been mistakenly aware of the meaning of 95 percent confidence intervals.
- I did not know that the examination process is intentionally devised to make it easier to conduct the examination, so I learned a lot from it. I felt that the mathematics textbooks also intentionally set up the situation. I thought it would be interesting to have students think about the intentional setting of situations.
- Through this workshop, I felt that it is not good to think that it is enough to solve the problems in the textbooks. The textbook problems only deal with "analysis" in the PPDAC cycle, but there are many things to consider in actual inquiry, such as how to plan and how to collect data.
- Although the time seemed a little short, I learned various things about tests and confidence intervals through the workshop by thinking from the viewpoint of what should be considered in the classroom in the field of probability statistics.

Q2. What do you think is important to learn about statistical content at university class before practical training?

- For university students who have not studied "statistical inference," I felt that it was necessary for them to learn at least textbook-level knowledge of the field and its basic content. In addition, I felt that they should learn the contents of actual tests and confidence intervals in the field of statistics.
- Although we did not cover basic statistics, such as normal distribution and hypothesis testing, I felt that it was important to understand the position of each content throughout the entire course.
- I felt that I would like to learn more about the content of statistical testing at university class. Since I did not study certification tests in senior high school and have not yet studied them in detail at university, I would like to be able to think about what I can teach high school students

after learning various methods of certification.

- I thought I should learn why we study statistics and the meaning of each term.
- I would have liked to have learned the contents of the mathematics textbook, since I had not learned anything about testing at this time in the mathematics department of the Faculty of Science at university. Furthermore, I would like to learn about the difference between tests in mathematics and analysis in the field of information, and the significance of dealing with tests in mathematics.

As described above, even considering issues that make the student teachers aware of the statistical inquiry process, the statistical workshop, in which opinions are exchanged on the points of guidance that each student thinks about, will help them to understand the statistical process and to understand the statistical process.

- Purpose and appropriateness of using statistical methods to address issues around us, with an awareness of the statistical inquiry process.
- The need for critical reflection on the results of analyses using statistical methods.
- A perspective on the study of teaching materials for statistical problems as a mathematics class.

We can see that the participant student teachers were able to understand the above. In order to confirm these understandings, it was necessary to have the student teachers reconsider (1) of the workshop tasks, but this was not done this time.

#### 4. Suggestions for the development of statistical teaching skills of student teachers based on the statistical inquiry process

In this practice, a statistical workshop was conducted to improve the teaching skills of statistical content based on the statistical inquiry process. As a result, it was considered effective for the student teachers to reflect on their own teaching of statistical content by asking themselves how to apply the statistical inquiry process to real-life problems and conduct analysis, and by exchanging opinions with others (Fig.1). In addition, since we were not able to test the created teaching materials in an actual class for reflection and improvement in this practice, we would like to continue our research in the future.

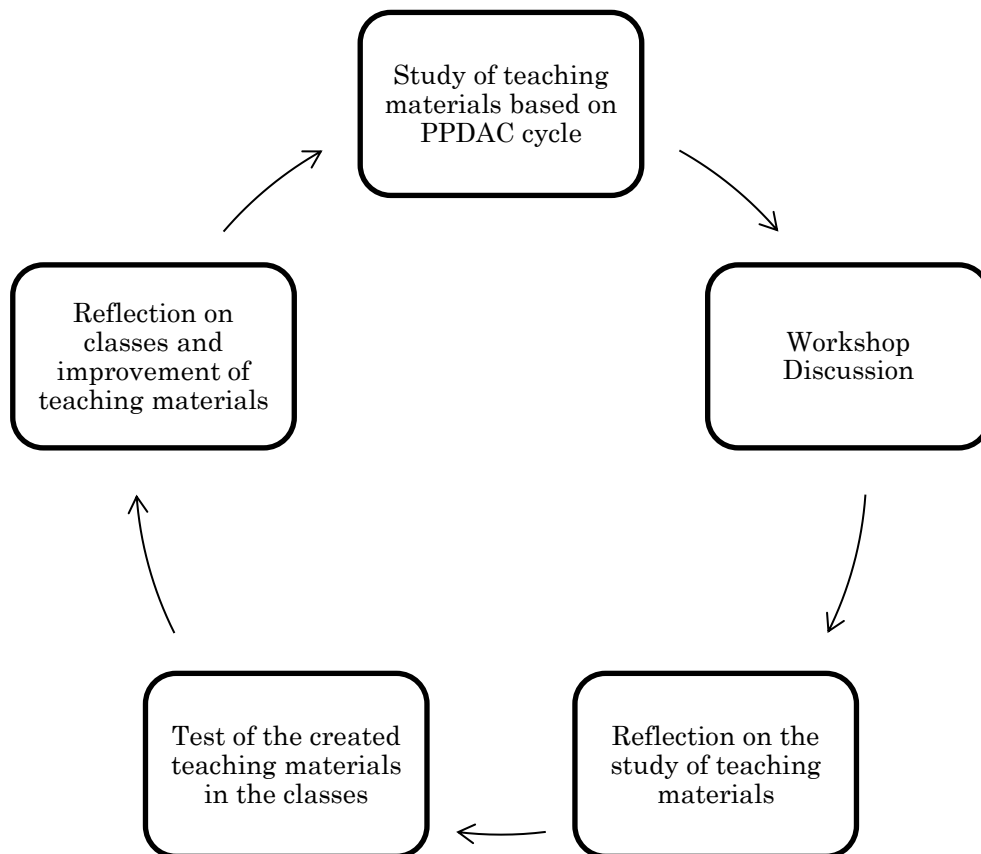


Figure1: Cycle for developing statistical teaching skill

Of course, knowledge and understanding of the theory of statistics are necessary, but by experiencing this kind of statistical workshop, not only knowledge but also practical understanding of statistical content is deepened, and the difficulties felt by the student teachers may be eliminated. In this way, we believe that the statistical inquiry process can serve as a perspective for analysis of each process in the problem-solving process, as well as a viewpoint from which to look at the process as a whole, and to find the significance of "thinking with statistics" from the standpoint of each learner and teacher.

### Notes

The questionnaire to the student teachers was conducted after obtaining approval from the Research Ethics Committee of the Graduate School of Humanities and Social Sciences, Hiroshima University (Application Number: HR-ES-000452).

### References

- Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (2018). *Explanation the Course of Study for Senior High Schools, Mathematics Edition: Science and Mathematics Edition*. Gakko Tosho.
- Ministry of Internal Affairs and Communications Policy Directorate (2017). *Utilization of Statistics and Data Science from High School - Advanced Edition* . Japan Statistical Association.