

総合的な探究の時間における統計教育の導入・実践録と未来への提言

高石哲男・千葉県立東葛飾高等学校^{*1}

明間浩太・千葉県立東葛飾高等学校^{*2}

伊藤徹郎・Classi 株式会社^{*3}

連絡先(*¹ 千葉県柏市旭町 3-2-1/TEL 04-7143-4271/FAX 04-7147-9611 /t.tkish6@chiba-c.ed.jp)

(*² 住所・TEL・FAX は同上/k.akm2@chiba-c.ed.jp)

(*³ 東京都新宿区西新宿 2-2-1/TEL 03-5320-8553/FAX 03-5320-1680 /tetsuro.ito@classi.jp)

1. はじめに（高石）

千葉県立東葛飾高等学校では、総合的な探究の時間で生徒は個人テーマに基づいた探究活動を行っている。特に、'15 年から始まった医歯薬コースでは、設立以来、統計教育を導入している。生徒が統計処理をしながら探究活動を深めていく姿を見てみると、その効果の高さを実感するとともに、まだまだ課題が山積みであることに気づかされる。

'19 年に、Classi(株)のデータサイエンティストである伊藤徹郎氏との出会いがあり、私・明間教諭・伊藤氏の 3 名で高校における統計教育導入について議論することができた。今回、統計教育導入の背景から、その内容の変遷、データサイエンティストとのディスカッションを通して、我々が考える将来像も示していきたい。

2. 【第 1 期】総学への統計教育導入・実践（高石）

私は、'07 年に本校に赴任して以来、総合的な学習の時間（以下、総学）の生物分野及び生物部の顧問として、探究活動を支援してきた。両方とも、生徒自身で設定したテーマに基づいて探究を進めるが、その成果物の質や生徒が受け取るフィードバックには大きな差があることを、私は感じていた(表 1)。

表 1 私が担当した総学（生物分野）と生物部の比較

総 学	活動は週 1 コマ。生徒 20 名程度に対して顧問は 1 人。生徒は校内で成果を発表し、主に顧問からフィードバックを受ける。活動は「調べ学習」に留まることが多い。
	活動は平日の放課後 2 時間と休日に 4 時間。生徒 5 名程度に対して顧問は 1 人。生徒は校外で成果を発表し、主に専門家からフィードバックを受ける。活動は、統計処理前提の実験を行い、考察するもの。

'15 年に一つの転機があった。それは、本校における医歯薬コースのスタートである。本コースでは、総学が週 2 コマあり、そこで外部機関連携講座や医療に関する探究活動が行われた。私と明間教諭は、初代医歯薬コースの主体担当者としてタッグを組み、この活動を「調べ学習」に留まらないものにしようと試みた。

総学週 2 コマのうち、1 コマは外部機関連携講座や発表会に、残りは探究活動や講座の事前・事後指導等に当てられる。純粋に探究活動に割ける時間をコマ数に換算すると、年 13~17 コマ程度である。当時の医歯薬部が立案した年間活動計画の概要を表 2 に示す。

表 2 '15 年度医歯薬コース 2 年生年間活動計画

月	主な活動内容
4 月	オリエンテーション
5 月	探究テーマ模索、外部連携講座
6 月	探究テーマ模索、統計教育、外部連携講座
7 月	統計教育、夏季休業前準備、外部連携講座
8 月	外部連携講座
9 月	探究テーマ決定
10 月	探究活動、外部連携講座
11 月	探究活動、外部連携講座
12 月	発表準備、校内発表会
1 月	発表準備、医師等の専門家を招聘した発表会
2 月	異学年発表交流会、レポート提出

「調べ学習」に留まらない探究活動の実現のためには、テーマに沿った仮説を立て、それを検証できるような実験・調査をデザインする必要がある。そのためには、まだ高校生とはいえ、統計手法——特に、 t 検定——を知ってもらうことが最も効果的であると、私は考えた。理由は、① 比較する群が 1 つ又は 2 つとわかりやすく、② 長さや質量、温度といった測定しやすい値を扱え、③ Excel でも処理が行えることに加え、④ 統計の基本用語をおさ

ることで、⑤ 生徒が自主的に統計を深められると期待したからである。但し、生徒に伝える時間数には強い制約があり、6～7 月に 1 回 15 分×6 回を確保するので精一杯であった。そこで私は、次のような観点で教材を作成した。また、6 回分の教材と確認テストの概要を表 3 に、確認テストの一部を図 1 に示す。

【教材作成の観点】

☐ 1 回あたり、A4 裏表 1 枚の資料にする。

☐ Excel で処理できるように、関数を扱う。

☐ WEB や書籍で検索できるよう、基本用語を扱う。

☐ 6 回終了後の確認テストで、全体を理解させる。

表 3 各教材と確認テストの概要

第 1 回	度数分布表、ヒストグラム
第 2 回	標本平均、標本分散、標準偏差
第 3 回	母集団と標本、正規分布
第 4 回	t 分布と母平均の推定、有意水準
第 5 回	母平均の検定（両側検定）
第 6 回	母平均の検定（片側検定）
確認テスト	ある地域のフナの体長（30 匹）と日本のフナの平均体長を示し、有意差があるか検定させる。

2 年生用課題

～ギンブナの体長～

1. スタージェスの公式を用いて階級数を算出し、度数分布表とヒストグラムを作成し、次の枠内にプリントアウトしたものを貼り付けなさい。

度数分布表

ヒストグラム

2. 次の各値を算出し、仮説の棄却の有無と結論を述べなさい。

標本平均		標本分散	
t 分布の $\alpha\%$ 点		検定統計量 T	
仮説の棄却	棄却された or 棄却されなかった		
結 論			

図 1 確認テスト（一部）

この授業を受けた約 40 名の生徒のうち、検定等の統計処理を探究活動に用いた者は 4 名であった。相関係数の検定や t 検定、フィッシャーの検定を用いたもので、それ

らの発表を聞いたときに手ごたえを強く感じた。高校生でも統計処理は可能であるし、探究活動の質も格段に上がる。発表者が受け取るフィードバックもより発展的な内容となり、活動を通して生徒が成長していく実感があった。しかし、統計処理を行った生徒の数は少なく、まだまだ課題は山積みだが、導入初年度として土台を築くことはできた。我々顧問をはじめとする校内の教員からはもちろん、医師等の専門家からの評価も高く、これ以降、統計教育は医歯薬コースで続いていくこととなる。

3. 【第 2 期】引き継いだバトンと深化（明間）

高石教諭が生徒に統計の指導をしている様子を見ていて、その重要性は感じたものの、統計学が難しそうであるため自分自身に関わることに対しては前向きではなかった。医歯薬コースの発表会で生徒が統計を用いた発表をしたときに、医師の方々がとても感心していたということがあった。それを見た私は、フィードバックをしてくれる医師の方々が当然のように統計学を理解しており、日常的に使っているという事実が大変驚いた。探究活動や研究をする上で統計学が必須になることを目の当たりにし、自分でも統計学を学び、生徒に指導できるようになろうと決意した。

自分で統計学を理解していく過程で、学習のしにくさを感じた。主な理由は、どのように学習を進めればいいのか分からないことである。ウェルチの t 検定までを最短で学べる教材が欲しかったが、本を探してみても高校生向けの統計の参考書がないのでどれを選べばいいのかわからず、インターネットで調べてみても情報量が多く、どこから学べばいいのかわからなかった。また、参考書やサイトによって用語の定義や表記方法が異なる点も、学習のしにくさを感じる要因となった。

自分自身が学ぶのに苦労した統計学を、高校生が自力で学習するのは困難であるだろうと考え、自分が理解していった跡を辿るような新たな教材を作成することにした。そこで、高石教諭が指導していたときといくつか指導方針を変更することにした。

一つ目は、統計教育を行う時期と期間である。6～7 月に 1 回 15 分×6 回だったのを、10 月に 50 分×4 回にした。医歯薬コースは前期や夏季休業中に外部連携講座が数多くあるため、前期では落ち着いて学習ができないと考えたからである。また、発表会が近づいてきた方が自分の研究と関連付けて考えられるのではないかと期待したからである。

二つ目は、教材である。教材をパワーポイントで作成し、スライド資料を配布することにした。なるべく例題を

多くし、イメージをつかみやすいようにした。スライドを配布したのは、生徒が研究の際に統計処理を一人で行うことを想定し、教科書代わりとなる資料があった方がいいと考えたからである。統計教育に割ける時間に限りがあるため、授業中にすべて理解させるというより、後で見返したときに理解が深まるスライド作りを意識した。また、例題を多くしたのは、イメージしやすく理解が深まると考えたことと、自分で統計処理をする際に模範となる例題があった方が安心して処理を進められると考えたからである(図2)。

【例】(一部省略)
日本人男性の平均身長170.0 cm、東葛生男子30人(無作為)の平均身長168.9 cmであった。東葛生男子の平均身長は、日本人男性と比較して差はあるか？

なんで東葛生の身長を測ったの？
全国と差があると思ったから

研究のスタート

示したいことの反対の仮説を
帰無仮説という

イメージは
背理法

1. 仮説を立てる
「東葛生の身長は全国と差がない」
あとで、帰無仮説を採択するか棄却するかを決める
帰無仮説の反対の仮説を対立仮説という

図2 配布資料と例題 (一部)

三つ目は、毎回の授業で確認テストを設けたことである(図3)。自分で統計学を学習したときにも感じたが、実際に手を動かさないと理解できないと考えたからである。また、毎回の授業で新しい知識が多いため、こまめに確認テストを行い定着させた方がいいと考えたからである。幸い1回の講座で50分確保することができたので、確認テストに十分時間をかけることができた。

医歯薬研究 統計学2

【課題】

1. 千葉県に生息する5匹のギンブナの体長が、17, 15, 25, 13, 15であった。千葉県に生息するギンブナの母平均 μ の99%の信頼区間を求めよ。

2. 千葉県に生息する5匹のギンブナの体長が、12, 10, 11, 26, 23であった。千葉県に生息するギンブナの母平均 μ の95%の信頼区間を求めよ。

3. 全国平均が70.0点の英語のテストを東葛生20人が受験したら、平均点73.2点、不偏分散44.8であった。有意水準0.05で母平均の両側検定を行い、全国平均と東葛生の平均点に差があるか調べよ。

図3 確認テスト (一部)

四つめは、Excelより手計算を重視した点である。確認

テストをする際に、一人一台PCを確保できないというハード面が主な理由であるが、まずは、概念や検定方法を身に付け、それが理解できてからExcelを使う方が定着すると思ったからである。

五つ目は、カイ二乗検定と母比率の検定を指導内容に取り入れた点である。生徒の研究は、実際に計測するよりアンケートをとって考察する方が多いので、 t 検定よりカイ二乗検定の方が、使用頻度が多いと感じたからである。また、母比率の検定は説明をせずに確認テストで出題した。これは、いくつかの検定方法を学べば、インターネットのサイトを見ながら独学で理解できることを実感してほしかったからである。全体の構成にも少し手を加えた。順番は変えていないが、数学Iで学習している度数分布表やヒストグラムにはあまり時間をかけずに、母平均の推定、母平均の検定など、生徒からしたら新しい考え方に時間を割いた(表4)。

表4 各教材の概要

第1回	度数分布表、ヒストグラム 標本平均、標本分散、標準偏差 母集団と標本、正規分布 確認テスト
第2回	t 分布と母平均の推定、有意水準 母平均の検定(両側検定) 確認テスト
第3回	母平均の検定(片側検定) 確認テスト
第4回	カイ二乗検定 確認テスト

実際に指導してみて、生徒が予想以上に積極的に統計学に取り組んでいたことに驚いた。講座終了時のアンケートでも前向きな意見が多く、統計学的重要性や基本的な考え方など、大学で統計学を学ぶ際のアドバンテージを少なからず身につけさせてあげることができたと思われる。課題としては、探究活動との結びつきの弱さが挙げられる。統計学の授業を受けても自分の研究に生かす生徒は少ない。また、生徒の研究は実験デザインが整っていないものが多く、統計を利用したくてもうまく使うことできない生徒もいる。統計学を研究に生かすには、実験方法等もこまめに指導していくが必要になる。これと関連して、もう一つの課題として指導者が挙げられる。学校現場には研究や統計学に精通している人材は少ない。カリキュラムや教材を引き継いで授業をこなすことはで

きたとしても、生徒の研究と一緒に考えていけるだけの知識を兼ね備えた教員が不足しているのである。総合的な探究の時間に統計教育を導入し発展させていくためには、教員の統計学の知識の向上、研究におけるノウハウの積み重ねが重要になってくると考えられる。

4. データサイエンティストが感じる高校における統計教育の可能性（伊藤）

データサイエンティストは 21 世紀における最もセクシーな職業として 2010 年ごろから出現した職業である。テクノロジーの進化によって日々大量に生成される大規模データを扱う専門職として活躍が期待された。10 年ほど経過し、依然として課題となっているのは、需要に対して供給量が圧倒的に少ないことであった。これは日本だけでなく、世界的な現象であり、米国ではベストジョブを数年続けて獲得するなど人気の職業として定着しつつある。

そんなトレンドを受けて、日本国内でも 2019 年に内閣府より AI 戦略が策定された。その戦略内で高等学校における目標設定にも言及されている(図 4)

<大目標> 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「数理・データサイエンス・AI」に関する知識・技能、新たな社会の在り方や製品・サービスをデザインするために必要な基礎力など、持続可能な社会の創り手として必要な力を全ての国民が育み、社会のあらゆる分野で人材が活躍することを目指し、2025 年の実現を念頭に今後の教育に以下の目標を設定：
<具体目標> 全ての高等学校卒業生（約 100 万人卒/年）が、データサイエンス・AI の基礎となる理数素養や基本的情報知識を習得。また、人文学・社会科学系の知識、新たな社会の在り方や製品・サービスのデザイン等に向けた問題発見・解決学習を体験

図 4 AI 戦略内の高等学校<目標>

その中では年度別に具体目標に向けた取組も言及されている。大きく分けると、[基本的情報知識の取得]、[理数素養の取得]、[ICT インフラ・活用方法の整備]、[新たな社会を創造していくために必要な力の育成]、[大学入試・就職]の 5 つのカテゴリに定められている。

本戦略が計画通りに実現されることになれば、現在のような需要と共有のミスマッチは解消されることが大いに期待される。一方、新規の指導領域であり、現場での実践は大いにハードルが高いことが想定できる。戦略の通り、きちんと現場に浸透する教育指導が実践できることにより、すべての高等学校卒業生が一定水準のデータサイエンス・統計教育を履修し、素養を高めることで、社会で活躍できる人材を多く輩出できる可能性が大いに期待したい。

5. 高校における統計教育の未来（高石）

今回、私・明間教諭・伊藤氏で生徒の探究活動を観察した後に、3 人で高校における統計教育について意見交換を行った。その概略を次に記す。

伊藤：生徒自身でデータ収集から処理まで行っているのは、とてもいい。既存のデータを持ってきて、それを処理して探究活動に生かすこともあるが、「調べ学習」に留まりがち。統計にチャレンジする生徒に、何か傾向はあるのか？

明間：統計を探究活動に生かす生徒は、元々好きそうな子が多い。アンケートを見てみると、苦勞した生徒と楽しかった生徒に二分化された様子。

伊藤：統計を高校生に教える上で、課題や理想はあるか？

明間：統計を指導する際に、自分の考え方で誤りがないのか不安になることがある。生徒の探究活動となると、なおさらである。生徒に 1 人 1 台 PC があったら、多少やりやすいかもしれない。

高石：明間先生の授業では、授業中に活動があり、生徒の声を拾っていた。生徒の状況に応じてステップを踏んでいたと思う。自分の教材は、6 回の授業が終わった後の確認テストだったから、ずいぶんと違いがある。今回の形は、とても良かったと思う。また、私の場合は、自宅で Excel を使った処理が前提だったのも大きな違い。

明間：担当教科(数学と理科)の違いかもしれない。「まず、生徒自身で計算できるように」という思いがある。

高石：高校生が使える統計の教材が欲しいし、自分でも作りたい。生徒のテーマには傾向ある気がするので、それをベースにした教材にしたい。

伊藤：教育用データ標準セットがあり、コンペも開催されている。今、統計教育を進めている学校は、こういうデータを活用する例が多い。また、ある学校では、探究の進め方について独自の冊子を作成している。こういう資料を参考にされてもいいのかもしれない。また、データの可視化の仕方も統計の一分野だと思うので幅広く扱っていきたい。

高石：部活動の探究活動とは違い、総学のようにカリキュラムに入ってきた探究活動は、独自の難しさがある。年間で 35 時間程度しかなく、内容の取捨選択をしていかねばならない。そこに学校ごとに議論の余地がある。仮に高校生向けの教材を作成するのであれば、どういう内容を扱った方がいいだろうか？

伊藤：高校生には、データを扱った解釈ができるようになってほしい。統計検定 3 級は、高校生に適した教材だと思う。基本的なデータリテラシー高校生には身につけてほしい。

明間：数学 B にも統計が導入され、不安がある。全く統計を勉強したことがない数学教員も多いだろう。まずは、教科書に書いてあることを理解するので精一杯になるだろう。

伊藤：研究の場合であれば、先行研究を調べたりして学ぶことが多いが、今回のケースではそれが無い状態。新しいことを教えるのはどうか？

明間：新しい分野の教材研究に負担感はある。数学 I の箱ひげ図でも苦労した。導入から年数が経ち、問題集での扱いも増え、教員も学びやすくなった。大学入試問題の蓄積の多さも、教員の理解度向上につながっている。

伊藤：今、政府が AI 戦略を出し、大学でのデータサイエンス教育が進められている。高校でも数学 B に取り入れられているが、大学の教育内容と高校の教育内容との接続性はどう感じているか。

高石：接続性を感じるのは、大学主催の高校生研究発表会。大学の先生方が大切にしている部分を生徒の活動を通して、高校教員は知ることができる。但し、そのことが高校全体にどの程度届いているかはわからない。

伊藤：探究なので、生徒自身が気になってことを調べて発表するスタイルで良いと思う。再現性や信頼性を求め過ぎると、探究から研究に移っていく。生徒の希望がそちらにあるのであればいいが、再現性を言い過ぎるのも疑問を感じる。高校生には、データ収集やその難しさを体感してもらいたい。なお、東葛飾高校の生徒は、明間先生の授業で統計を初めて知る

のか？箱ひげ図を見ても統計をやっているのではなく、数学をやっているイメージなのか？

明間：多分、そうだろう。センター試験対策でも、「相関係数 0.4 だったら相関あるって言っていいから」という指導をしている。

伊藤：後々、統計的な視点と数学的な視点を変えるのに苦労することもあるかもしれない。なお、他校と統計教育や探究活動について、相談するケースはあるのか？

高石：私の場合は、結構あった。統計をやっている教員はほとんどいないので、見つけたら手放さずに仲良くする。

伊藤：統計を教えられる教員の数が少ないのは危機感がある。統計処理を行うにあたって、誰かに相談しながら行うのは効果的だろう。そういう機会を作れるといいのかなと思う。色々な場所で開催してみたい。

高石：伊藤さんのようなデータサイエンティストが、高校生の相談に乗ってくれる機会があるといいと思う。統計を使いたくても上手く使えない生徒もたくさんいる。実験デザインするところをサポートしてあげたい。

明間：今、受け持っている生徒は 40 名に対して、教員 2 名。一人一人の研究を丁寧に指導するのは限界がある。結局、生徒を抽出して個別に指導している形になっているが、探究活動終盤に差し掛かってしまうと今更言っても仕方ない部分も多い。

伊藤：高校生は、「合っているかどうかわからないけど、とりあえず検定してみました」という発表が多い。上の学年の探究内容を、次の学年に引き継いでいくような取組みも効果的かもしれない。

明間：6 年間やっていると、テーマの類似性に気づく。高校生が疑問に思う部分は、似ていると思う。

伊藤：それは驚き。医歯薬コースでよくある探究テーマ、トップ 3 は？

明間：花粉症、睡眠、記憶力。ちょっと件数は減るが、頭

痛、ダイエット、日焼け止め、安楽死等。

高石：視力と体温変化もある。生徒が集めてくるデータは、アンケート調査か保健室と理科室で測れる値。5段階の離散的な値か温度、長さ、質量、圧力のような値。

伊藤：自分からすると、そんなにパターン化されるものなのかという印象。過去の探究テーマから傾向を分析してみたい。

高石・明間：面白そう。是非、やろう。

伊藤：データ活用に向けて頑張っている教員は結構いると思うが、個人で閉じているケースが多いのではないか。ナレッジをシェアできる機会を作りたい。

明間：個人的には予備校が教員向けにやっている講座の統計版をやってほしい。探究活動を充実させるためには、数学教員を育成が大切だと思う。高校教員向けの統計学習動画があったら見てみたい。数学にデータの分析が導入された初年度は、授業での扱いが不十分だった気がする。2周目になって徐々に浸透してきて、授業でしっかり扱えるようになった。統計を学んでいない数学教員は結構多いと思うので、数学 B を持ちたがらない数学教員がたくさん出るかもしれない。その一方で、統計は心理学でも使われているし、そういう意味では数学 B で必修になったことは、文系選択の生徒にとってもとてもいいことだと思う。

高石：少しずつ高校での事例を発表していくのが大切。今後も、今回のような活動を続けていきたい。

伊藤：最近、大学もデータサイエンス学部というのを作り始めていて、人気になっている。その話を聞くと、近隣の高校と大学とが連携していることも多い。そういう形もあると思う。

明間：情報と統計が近い領域であるならば、情報の教員を目指す学生が増えていくに従い、大学と高校で連携しやすいのではないだろうか。

伊藤：高校側から企業側に期待することは？

高石：高校で行う活動はある程度傾向がある。高校生向けの統計&探究の教材を作ってほしいし、自分でも作りたい。学校と企業で一緒にやっていった方がいいと思う。

明間：本校ならば、企業の方を招聘して外部連携講座を開催するのもいいかもしれない。探究活動に本気で取り組む生徒はいるので、まずは彼ら彼女らにしっかり伝えていきたい。また、高校教員は学会や研究論文に触れる機会が少ないように思う。

高石：高校教員もどんどん学会に参加した方がいいと思う。研究テーマや考察の仕方の例をたくさん学べる。

伊藤：統計はツールだけど、こんなに幅広く使えるツールはないだろう。ICT も一緒。統計の有用性も知ってほしい。選択肢を広げることに気付いてほしい。

6. おわりに

(1) 統計教育を通じた探究活動の充実(高石)

生徒が主体的に学びを深めていける探究活動は、大きな可能性を秘めている。高校生の頃に行った探究活動が、社会課題の解決につながるという自信は、子ども達が生涯に渡って学び続ける礎になるだろう。そのためには、校外の専門家が高校生へのフィードバックできる機会や高校における統計教育の充実を、今後も図っていきたい。

(2) 教員の統計学の知識の向上が必要(明間)

統計教育を導入して探究活動を充実させることは重要だと考えるが、現場で実践することを想定すると指導の面で不安は大きい。総合的な探究の時間は全教員で担当することになると思うが、課題研究の基本的なメソッド、実験デザイン、統計学と指導に必要な要素は多い。まだ先行研究や事例も少ないので、まずは蓄積して体系化を図ることが重要であると考えます。

(3) 今後社会に必要とされる人材への期待(伊藤)

探究学習と統計教育を効果的に組み合わせて指導する可能性を非常に感じている。しかし、現状ではまだ方針が示されているだけなので、より実践的な指導方法や学習方法、効果的な事例の共有などが学校間、教員間で必要な現状がわかった。社会で活躍する上でも今後は不可欠な能力となるはずなので、高等教育への接続、社会への接続という面での展開の可能性にも期待したい。