

教員養成学部における変数の着目と数学的知識の活用に関する一考察 —フェルミ推定を取り入れた統計の授業実践を通して—

椎名 美穂子¹⁾, 横 弥直浩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⁾ 奈良女子大学附属中等教育学校 (〒630-8305 奈良県奈良市東紀寺町1-60-1)

A study of variable focus and the transformation of mathematical knowledge in teacher training university. - Through the practice of teaching statistics incorporating Fermi estimation -

Mihoko SHIINA¹⁾, Yasuhiro YOKO²⁾

¹⁾ Department of Education, Faculty of Education, Kio University
(4-2-2 Umami-naka, Koryo-cho, Kitakatsuragi-gun, Nara 635-0832, Japan)

²⁾ Nara Women's University Secondary School
(1-60-1 higashikidera-mati, Nara-city, Nara 630-8305, Japan)

要約 本稿の目的は、教員養成系学部の統計学において、学生が着目する変数と数学的知識の活用に関して調べ、統計に関する意欲の向上を図るための授業の方策を検討することである。そのために、まず、統計学の意欲に関するアンケートを行い、先行研究を基に、フェルミ推定を教材に選定した。そして、変数を可視化する活動を設定し、変数への着目と問題意識に関する考察を行った。その結果、フェルミ推定の導入により、正解を目的としない面白さ、着目した変数と主に比例に関する数学的知識の活用により、統計に関する思考の促進と、意欲の向上につながるが見えた。その一方で、変数に着目するスピード、用いた変数に関する妥当性等の課題が見えた。

Keywords : 統計学、フェルミ推定、数学的知識、変数と測定値、未知の量

1. 問題意識と研究目的

ビッグデータの活用が始まるデジタル時代において、情報やデータを使いこなす力は、心身の健康と同じように、不可欠なものとなってきている。そして、身の回りには様々な情報から、未来を予測する力が求められている現代においては、社会に出る準備期間でもある大学の統計学が一層、重要視される。

文部科学省(2023)において、全ての大学・高専生が、文理を問わず、課程にて初級レベルの数理・データサイエンス・AIの習得を目指すという伝達があった。今後のデジタル社会において、数理・データサイエンス・AIを日常の生活、仕事等の場で使いこなすことができる基礎的素養を主体的に身に付けることは大切であり、また、そのことが、人間としての適切な判断につながるようにしたい。

文部科学省(2023)によると、データを活用することの「楽しさ」や「学ぶことの意義」を重点的に教え、学生に好奇心や関心を高く持ってもらう魅力的かつ特

色ある教育を行うことを目指すことが重要だとある。また、次の学修への意欲、動機付けになるような「学びの相乗効果」を生み出し、「分かりやすさ」を重視した教育を実施することを目指すことが掲げられている。更に、図1にある導入時においては「1-1 社会で起きている変化」といったような社会との関わりが最初に明示され、表の右側の教育方法として赤字で示されてるように、グループワークの提案がされている。また、産学が連携して問題解決に挑む教育の仕組みの提案も進んでいる。

その一方で、教員養成系学部における統計学は、社会的要請と学生の実態に、依然として乖離がある。例えば、教員養成系大学の数学教育に関する授業においては、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を占めていることへの指摘(丹羽ら、2013)、実際に現在も多くの大学のシラバスからは変化が見られないことから分かる。それ故、統計に関する学生の意欲につながる問題意識の喚起が、何よりもまず大学の授業において必要である。

また、統計学への意欲に関して、学生にとってどんなことが壁となっているのか、要因を探る必要もある。そして、先行研究を基に、学生の統計に関する思考を促進するための授業設計を行うことが大切である。

社会においては、具体的、且つ、実践的に統計を有効活用することによって、例えば、会社経営において、実際にその店に立たなくても「人口が多いA地域だと、1日あたりの来店者数は〇人くらいになるから、新店舗の出店が可能である」等といった意思決定ができる。これは、基準をもとに数値化するといった日常的な測定で、変数や係数に着目した数学的推論である。その推論は、数量の比較を通して、伴って変わる2量の間の比例関係を前提としているものであり、未知の量や細分化された量を求めたりする力は統計学においても必要である。導入時にこの推論を活用することは、統計に関する思考を促進することにつながる。

本稿の目的は、教員養成系学部の統計学において、学生が着目する変数と数学的知識の活用の広がり調べ、統計に関する思考を促進するための授業の方策を検討することである。

2. 統計学の活用

2023年1月21日に、私立N大学における算数科概論を受講している学生のうち、アンケート協力を承諾した1回生50名を対象にして統計学の意欲に関する事前アンケートを行った。それぞれの回答は、「1：とても思う」「2：ある程度思う」「3：あまり思わない」「4：ほとんど思わない」の4件法で求めた。表1はその結果であり、数値は肯定的な回答の「1」「2」を合わせた割合である。

表1：統計学の意欲に関する事前アンケート結果

統計学は今後必要な学修である	88.0
統計学に興味がある	36.0
統計学を積極的に学びたい	42.0
統計は難しい	82.0

難しいと思う理由では、「専門的な知識が多く必要になる」「用語が難しい」「難解な計算がたくさんある」「数学が苦手である」「自分の生活の中で馴染みがなく、生かす場面があまりない」という記述が見られた。

このように、学生にとっては、生活との隔たりだけでなく、難解さが大きな壁となっており、必要性を高く感じているのに対して、意欲が低いことが分かる。

これらを踏まえて、取り上げる教材として、学生に身近であること、実用性があること、数学が苦手な学生でも取り組めることを考慮して、教材の選定を行う。

(1) フェルミ推定

数学や統計においては、前述の他に正確な数値が要求されることが多く、苦手な学生にとって計算することが壁となることがある。正確な数値を求めることに評価の軸を置かない問題として、フェルミ推定がある。

フェルミ推定とは、1938年にノーベル物理学賞を受賞したイタリアのエンリコ・フェルミ（1901-1954）のエピソードにちなんで名付けられたものである。フェルミ推定で有名な問題は、「シカゴには何人のピアノ調律師がいるか」といった概数を推測するものである。また、数学教育の分野においては、Schoenfeld（1985）の研究で活用されており、Tversky and Kahnemanによる2つの問題提示をしている（p.153）。それは、アジアの珍しい病気の発生を推測すること、科学的に何人がどのくらいの確率で病気から救えるか

導入	1. 社会におけるデータ・AI活用		<ul style="list-style-type: none"> ● データ・AI活用事例を紹介した動画（MOOC等）を使った反転学習を取り入れ、講義ではデータ・AI活用領域の広がりや、技術概要の解説を行うことが望ましい。 ● 学生がデータ・AI活用事例を調査し発表するグループワーク等を行い、一方通行で事例を話すだけの講義にしないことが望ましい。
	1-1. 社会で起きている変化	1-2. 社会で活用されているデータ	
基礎	2. データリテラシー		<ul style="list-style-type: none"> ● 各大学・高専の特徴に応じて適切なテーマを設定し、実データ（あるいは模擬データ）を用いた講義を行うことが望ましい。 ● 実際に手を動かしてデータを可視化する等、学生自身がデータ活用プロセスの一部を体験できることが望ましい。 ● 必要に応じて、フォローアップ講義（補講等）を準備することが望ましい。
	2-1. データを読む	2-2. データを説明する	
心得	3. データ・AI活用における留意事項		<ul style="list-style-type: none"> ● データ駆動型社会のリスクを自分ごととして考えさせることが望ましい。 ● データ・AIが引き起こす課題についてグループディスカッション等を行い、一方通行で事例を話すだけの講義にしないことが望ましい。
	3-1. データ・AIを扱う上での留意事項	3-2. データを守る上での留意事項	
選択	4. オプション		<ul style="list-style-type: none"> ● 本内容はオプション扱いとし、大学・高専の特徴に応じて学修内容を選択する。 ● 各大学・高専の特徴に応じて適切なテーマを設定し、実データ（あるいは模擬データ）を用いた講義を行うことが望ましい。 ● 学生が希望すれば本内容を受講できるようにしておくことが望ましい（大学間連携等）。
	4-1. 統計および数理基礎	4-2. アルゴリズム基礎	
	4-3. データ構造とプログラミング基礎	4-4. 時系列データ解析	
	4-5. テキスト解析	4-6. 画像解析	
	4-7. データハンドリング	4-8. データ活用実践（教師あり学習）	
	4-9. データ活用実践（教師なし学習）		

図1：モデルカリキュラムと教育方法

を考える問題である。

このように、フェルミ推定とは、日常生活に関連したり、経験の現象から取り上げられたりして、見積もりを用いて解決する内容であるといえる。フェルミ推定は、2007年度ドイツ・バイエルン州の数学の卒業国家試験の1つにも取り上げられたとある(守屋・植村、2011)。このことから、フェルミ推定が、単なる概算の問題ではなく、数学においても重要視されていることが分かる。また、実際に会社の採用面接に用いられたこともある。

その一方で、近年では、小学校高学年を対象として「1人が1年間で使う水の量は何リットルでしょうか」等といった問題(岡本ら、2020)や、高大連携における基数と係数、場合分けの必要性等、見積もりや対数の学習(重松ら、2019)といった多校種にわたって用いられている。このように、フェルミ推定の対象となる年齢層は広く、数学的知識の活用との関わりが大きい。

菊野ら(2021)のフェルミ推定に関する研究によると、正解が無い問いだからこそ、純粹に「考えた」プロセスが問われるとある。このように、フェルミ推定は、実際に調べることが難しく、誰も正確な答えを知らないような問題であるため、自分なりに仮説を立て、推論を重ねて範囲を狭め、測定値を追究する面白さがある。それ故、統計学の教材として扱う場合、学生たちが、学修や日常の体験から得た統計に関する数学的知識を自分に合ったように用いることは、意欲の向上につながると推測する。

(2) 日常の事象から教材化する価値

諸外国の大学においては、実際の保険モデルを考えて、自らの未来を想定する授業がある等、世界的に統計と日常とのつながりを強化する動きがある。

日常の統計的な判断においては、緻密な計算や数値を求めずに行うことがよくある。例えば、「これまで○日間晴天が続いたから、明日は雨だろう」等といったことである。これは、明確な数値のデータから判断しているのではなく、あくまでも個人の感覚的な量の把握を基に測定した判断結果である。このように、正確な数値の解答は得られなかったとしても、本人にとっては、容易に解答でき、ある程度の納得がいく判断であるため、有効的であり、実用的である。David M. Blei et al (2017)が「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」(p.8689)と述べているように、人間らしく身の回りにある諸課題を感覚と共に、知識同士を結び付けて解決しようとすることは、統計学の本質である。

(3) 比例的推論による変数の着目と未知の量

比例的推論の研究の歴史は長く、我が国でも多くの研究が行われてきている。我が国では、比例の内容は、小学校と中学校でスパイラルに指導されており、小中の接続の観点からも興味深い。変数が関係することは、同時に乗法、除法、割合、比といった学習と関係が深いことになる。Schoenfeld(1985)の研究には、変数を対象とした内容がある。図2にあるY字型の紙ヘリコプターが、床上1.5mの高さからゆっくりと床に向かって降りていく事象を考える問題である。

空気力学に関する内容であるが、そこで見られる関係を考える際には、単位時間で何cmの高さの位置といったように、2つの変数に自ら着目する必要がある。また、他には、回転数と着地に要する時間の関係など、変数は他にも内在している。細田(2020)の研究において、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ように、着目した変数に関して、複数の変数を再考する場面の設定が必要である。

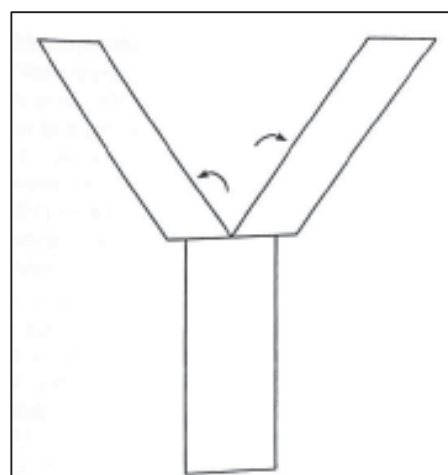


図2：Y字型の紙ヘリコプター
(Schoenfeld, 1985, p.156)

しかし、学生が順調に次々と変数に着目していくとは限らない。そのような行き詰まりの場面においては、「自分はどこまで何に着目しているのか、何が問題になっているのか」といった問題意識を自覚させるための可視化が必要である。このことは、自身で必要な「変数」を取り出して考察していくことが可能になると同時に、自分が何故その変数に着目したのか、どんな未知の量を求めるためなのかといった理由についても自覚を促す。更に、その解決過程においては、学生が着目する変数の変容にも注目したい。変数の変容に伴って、数学的知識の活用の広がりも変わる。そのため、数学的知識をどのように活用しているかを分析することは、今後の統計学の授業実践を行うにあたり、学生が着目する変数と既習の数学的知識の両方を理解することになり、統計の指導の手立てとなる。

3. 調査と分析

(1) 調査対象と教材

調査対象とした私立N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、2021年8月に、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大学である。

私立N大学における算数科概論の受講者は134名で、教室数の関係で2つの授業に分かれており、学校教育コースの学生が占める授業を対象とした。協力を承諾した1回生51名（事前アンケートでは50名）と、同授業において解決過程が異なり、尚且つ、記述内容に特徴のある学生を取り上げて分析・考察する。

教材の選定においては、学生の日常とつながりがある内容とする。また、授業においては、難解な式を用いずに解決できる問題を提示した。

以上を踏まえて、学生の身の回りに関連する環境問題に焦点を当てて行う。その際には、三木ら（2010）による環境配慮行動支援に関する研究と、2022年11月14日「NHKおはよう日本」で放映された「マイボトルってどのくらいエコ？」を参考にする。

(2) 方法

①教材提示の仕方

学生の問題意識を引き出すために、まず、授業中の水分補給にマイボトルと水筒が使われていることに気付かせた。次に、マイボトルを使用する学生たちは、節約と環境に優しくして節約できるという目的で使っていることを取り上げ、環境に関する問題意識を引き出した。そして、「マイボトルは本当にエコ？」という課題について3,4人で話合うグループ活動を設定した。調べるためにはどのような変数を見いだすとよいのか、どのような測定値を用いるのかを議論して、自由にデータ分析を行うという流れを計画した。解決の時間として30分を設定し、個々で考える時間も大切に、活動するように促した。この解決時間の設定は、採用面接時にフェルミ推定が課される場合、時間は5～10分であり、正確な数値にこだわらずにスピードを加えて論理的に判断する力が要求されること、今回は取り組みが初めてであることから、意図的にした。

②ウェビングマップシートを取り入れた活動

グループ活動を取り入れることによって、紙面上に書いた自分の意見や問題意識が容易に上書きされない配慮が必要である。そのため、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る必要がある。また、着目した変数がどのように変容するかを、学生自身がウェビングマップシート（図3）を用いて俯瞰することも必要である。このことによって、変数を更に思いついたり、再考したりするきっかけとなり、行き詰まりから抜け出し、統計に関する思考を促進することにつながる。

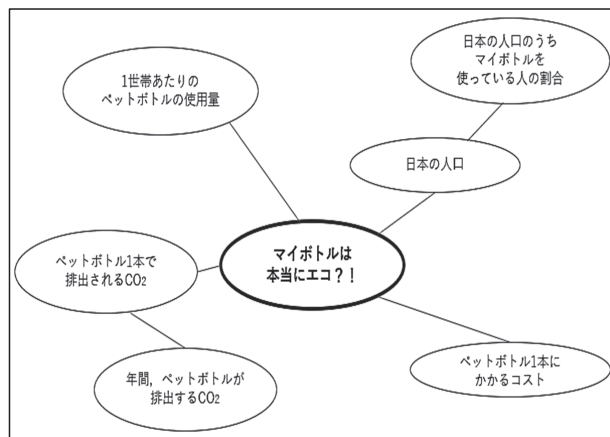


図3：ウェビングマップシートのイメージ例

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、細かな正誤は敢えて問わないことにした。

授業全体の観察に加え、学生が着目した変数、用いた数学的知識、授業外での取組、振り返りに焦点を当て、事前アンケート（表1）との比較が行えるように、授業後にも同様のアンケートを行う。ウェビングマップシートと計算の記述用紙から、変容を捉えていく。

③数学的知識の活用の広がりやアイデア生成の関係

ウェビングマップシート及び計算記述から、学生の思考の度合いを評価することを考えたい。しかし、実際、学生の変容を捉えることは難しい。着目した変数と数学的知識の活用の広がりとの対応、その変容の一連の流れを俯瞰して分析するために、図4の「思考の軌跡」（椎名、2021）を参考にしながら、統計に関する思考の様相を捉えていく。

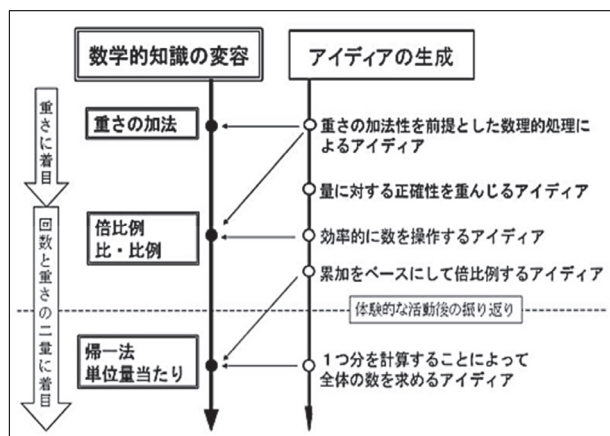


図4：思考の軌跡（椎名、2021）

その際、着目した変数、計算式、それらに伴って用いられる数学的知識がどのように活用されているのかを俯瞰して分析を行う。また、学生がどの思考までたどり着いているのか、どこでつまづいているのかを知ることでもでき、今後の学修指導の視点になる。

4. 分析・考察

(1) 統計学の意欲に関する事後アンケート

フェルミ推定の授業後に行った学生の意欲に関するアンケートは次のようであった。

表2：統計学の意欲に関する事後アンケート結果

統計学は今後必要な学修である	96.0 (88.0)
統計学に興味がある	88.2 (36.0)
統計学を積極的に学びたい	80.3 (42.0)
統計は難しい	80.3 (82.0)

※ () 内は事前結果

この事後アンケート結果を見ると、「統計は難しい」の結果には変化がない。この理由として、難解な式や高度な数学が要求されることの影響が学生にあり、たった一度の授業で統計全体の印象を変えることは難しいことが分かる。今後の授業においても、特に導入時においては、学生が習得している数学的知識を活用し、日常生活の問題を解決する力を目指す授業を積み重ねていく必要がある。

いずれも、統計学を学ぶことに関しては、必要性を感じていたり、特に統計学に興味をもったりしており、積極的に学びたいという数値の向上が見える。これらから、フェルミ推定の学習により統計学に対する意欲の向上が見える。

(2) 全体の振り返り記述内容

数値から見えた変化を、質的に分析するために、学生の振り返りから具体的に追跡する。「よかった」というプラスの内容と、「そうではなかった」とするマイナスの内容に分け、それ以外の視点がある内容を「その他」に整理した。

よかったと考えた学生の振り返り

- ①正解がなくて自分で何にも縛られず考えることができ面白かったです。
- ②いままでの課題（授業内容）で1番楽しいと感じました。決まった答えがないと色々なことを考えることができ想像力が働いたと思います。一つしか答えがない問題より好きな問題形式だと感じました。
- ③考えていって計算していくほど自分の考

えの答えが見つかっていくことが心地よかったです。自分の意見を具体的に記せるのは楽しいことだと感じた。

- ④自分の身近なものを自分の考えや、他の人の考えを共有しながらより最適な数字を求めていく感覚が楽しく、より精巧な結論を導きだせたときの達成感があるものだと感じました。

①や②からは解法や正解の自由度があることよき、③からは解決が進む程、自分の考えがもてることの楽しさ、④からは曖昧さのある問題解決であるが、その中で緻密に取り組もうとしたことによる達成感があり、フェルミ推定のよさや教育的意義を感じていることが分かる。

一方で、今までの学生自身が受けてきた算数・数学教育では答えは1つであること、与えられた問題を解く形式に慣れていることから、フェルミ推定のような教材はしっかりといかないという学生もいた。その具体的な内容は、次のとおりである。

そうではないと考えた学生の振り返り

- ⑤明確な条件などがあやふやなため、エコであるかの基準などがわからず、求めにくかった。
- ⑥答えがないというのは、私にとっては少し難しく、苦手でした。私は、答えのある算数の問題のほうが好きでした。自分で推定して統計するのは難しかったです。でも、友達と話し合っただけで考えるのは少し楽しかったです。
- ⑦今回の課題には問題の定義が曖昧で求めるものが分かりづらかったです。定義をもう少し詳しく定めて欲しかったです。

⑤～⑦からは、条件設定や定義について、自ら行うのではなく、与えられて行うことに安心感をもって解決したい気持ちが伝わる。

その他の振り返り

- ⑧統計学とは数字の羅列をみるような感じだと思っていたのですが、思考力について問われるような問題だったので、とても面白いなと思いました。
- ⑨今回の授業を受けて、やはり難しいという印象が残っています。課題も最後までできませんでした。どこまでをインターネットで調べたらいいのか、自分で予測するのか分からなくて難しかったです。調べる方法に無限の可能性があるので、自分の視点を見つけ出し何を答えにするのか、どういうプロセスで考えたらよいか分かっていませんでした。

⑩ウェビングマップを先に連想するのは難しかったが、計算式と同時に書くと、とても書きやすかった。想像していたより、とても楽しく学ぶことが出来た。特に、グループの子と話し合うことで、他の子の考えなどがとても興味深いと感じた。

⑧は、統計学とはデータの処理だと捉えていた学生が、データを用いて思考・判断することが大切だと捉え直し、その面白さを感じ取っている。フェルミ推定のよさは、既知の内容だけで推測できるところにあるが、⑨では、インターネットを用いると自分で予測しなくても答えが調べられるため、本人自身の推測が生かされなくなっているのが見える。⑩からは、ウェビングマップと計算式を並行して書きながら思考すると、数学的知識の活用の広がりが見られ、思考も深まり易いことが分かる。

(3) 抽出学生のケーススタディ

次に、記述内容に特徴のある学生を2名抽出して、ウェビングマップシート、振り返り記述の内容から分析・考察をした。

① 学生Aの事例

学生Aの振り返りの記述は、次のようであった。

考えるための道筋を立てることはできたが、その数値を調べる方法がなかった。

学生Aは事前アンケートで統計学や数学が苦手だと回答していた。しかし、この記述にあるように、筋道を立てて考えるところまでは手応えをもつことができている。しかし、数値を調べる方法として、数学的知識が活用されておらず、式化に至らなかったことが分かる。学生Aのウェビングマップシート(図5)からは、変数にも着目しようとして問題解決に向かっているが数学的な考え方がまとまらず、式表現まで至っていないことが分かる。

このような場合、変数に関する発想を促すために、既知の測定値から、「大体どれくらいの増加か」「大体何倍になるか」といった推論に関する発問を行い、加法や倍比例の考えを用いた立式に導く必要がある。

② 学生Bの事例

学生Bの振り返りの記述は、次のようであった。

なんとなく考えただけでは絶対分からないような数値が、求めたい数値と紐づけた数を推定したり、調べたりすることで大体分かって、面白いと感じた。はじめは難しいグラフや表を使う複雑なイメージが強かったが、楽しいという印象が変わった。

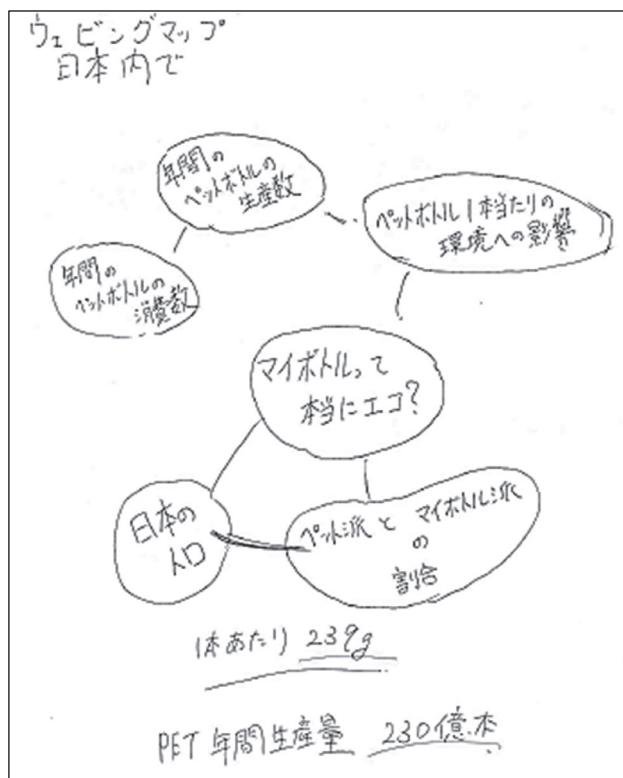


図5：学生Aのウェビングマップシート

この記述からは、フェルミ推定をすることに面白さを感じ、今までの統計学習のイメージが変化しているのが分かる。データを処理して統計的な数値を求めたり、既知の測定値を基にして推測したりしている楽しさが見える。

図6は、学生Bのウェビングマップシートとその計算式である。左側のウェビングマップを描き、それに対応させながら、右側に立式して解決し、結論を出している。ウェビングマップシートに書かれた変数への着目によって、「割合」等の既習の数学的知識と関連付けられたことが分かる。

次に学生Bが活用した数学的知識を図7に整理した。この思考の軌跡からは、学生Bのペットボトル派に関する推論として、1日に飲む本数を1.2本とした基準から、週単位、月単位、年単位に計算し、最後はCO₂の排出量に変換して比較するという数学的知識の活用の広がりが見られる。また、マイボトル派は、4日で1本のCO₂排出量を出すことを単位として、年間のCO₂排出量を計算している。

図7からは、二つの変数に着目しながら、「1日あたり」「週あたり」「月あたり」「年あたり」といった単位量の考えが多く出現しているのが分かる。その単位量当たりを基にして、「割合」「倍数」「概数」といった比例に関する既習の数学的知識の活用によって未知の量を求めている。

しかし、この場面では、一度求めた数値はそれだけでいいのかと振り返り、データ処理の修正を試みることを

促すことも大切である。その際には、今回の学生の思考にはなかったMicrosoft Excelを用いたグラフ表現による検討も促す必要があった。また、着目した複数の変数に対して、それらは妥当であるかを検討する場面の設定も必要である。そのような手立てによって、真の値に近づくための探究につながる。

今回は30分という設定であったが、求めた数値を吟味する時間を加える必要があることも見えた。しかし、その一方で、フェルミ推定を活用する能力を高めるためには、むしろ時間を短く設定して、スピードを高めるという考え方もある。そのことは、日常において瞬時に、自分が必要とする便利な変数を探す力にもつながる。

① ペットボトルとエコボトルの使用率：50% 日本国内
 ② ペットボトルの使用可能数：1年分
 ③ ペットボトルの販売数：215億本(2011)
 年間1人あたり 215億本のPETボトル使用
 ④ ペットボトルの回収数：①×②×③ 1.2本×50% = 600万本/年
 ⑤ ペットボトルのリサイクル率：85% (2011)
 ⑥ ペットボトル1本の重さ：15g
 ⑦ 年間に回収されたPETボトル：④×⑤×⑥ 215億×14%×15 = 520万kg
 ⑧ ペットボトル回収率：30% (520-82000-82000)×100%
 ⑨ 年間に回収されたPETボトルの重さ(リサイクル可能)：④×⑥×⑧ 6000万×0.3 = 2000万kg
 ⑩ ペットボトルの重さ：300g
 ⑪ 年間に回収されたPETボトルの重さ(リサイクル可能)：④×⑥×⑩ 2000万×300g = 6000万kg
 ⑨と⑪を比較
 リサイクル可能なPETボトルは年間 520万kgだけ
 ペットボトルは年間 6000万kgだけ
 結論： ペットボトルはエコじゃない

図6：学生Bのウェビングマップシートと計算式

【ペットボトル派】			
アイデア	着目した変数	計算式	活用した数学的知識
毎日1.2本飲む	1日の本数		1日の推測(基準量)
毎週何本の飲むか	週あたりの本数	$1.2 \times 7 = 8.4$	1週単位量
毎月何本飲むか	月あたりの本数	$8.4 \times 4 = 33.6$	1月単位量
毎月あたりのCO ₂ 排出量	CO ₂ の重さ g	$33.6 \times 239 = 8030.4$ 約8kg	単位の変換(本からg) 概数の考え
毎年のCO ₂ 排出量	年あたりの重さ g	$8 \times 12 = 96$	年単位量

【マイボトル派】			
アイデア	着目した変数	計算式	活用した数学的知識
2Lペットボトル			
4日で1本飲む	月あたりの本数	$30 \div 4 = 7.5$	割合
1本捨てる時のCO ₂ 排出量	4本あたりの重さ g	$239 \times 4 = 956$	倍数
1月あたりのCO ₂ 排出量	月あたりの重さ g	$7.5 \times 956 = 7170$ 約7kg	倍数 概数の考え
毎年のCO ₂ 排出量	年あたりの重さ kg	$7 \times 12 = 84$	年単位量

図7：学生Bの変容

2025年度には、新学習指導要領の下で学んできた高等学校の生徒が大学に入学して来る。フェルミ推定は、今までにも高等学校の数学活用の教材として使われていたり、社会の要請として、日常において自分が知りたい未知の量を、自分にとって扱いやすい変数を用いながら推測したりする能力は必要である。また、統計学においては、意欲をもって学修を始めるという意味において、導入時に有効である。

5. まとめ

本稿の目的は、教員養成系学部の統計学において、学生が着目する変数と数学的知識の活用の広がり調べ、統計に関する思考を促進するための授業の方策を検討することであった。

統計学を学ぶにあたって、難しい知識を前提としないフェルミ推定は、学生の意欲を高め、導入には適していることが見えた。学生自身が思考しやすい変数に着目し、それをを用いて解決しようとすることによって、既習の数学的知識が活用されていることも見えた。

しかし、着目した変数と既知の測定値を組み合わせで思考し、未知の量を求めて判断するためには、自分にとって便利な変数をいかに速く選べるかが課題である。このことは、解決のスピードにつながり、現代社会に必要な能力を高めることにもなる。また、用いた変数が適切であったかどうかの不安をもったまま授業を終えている学生の様子からは、用いた変数の妥当性を確かめる手立てや場面の設定も必要である。Microsoft Excelを用いたグラフ化する表現についても主体的に取り組めるようにすることが必要である。

今後も、日常生活の問題を解決するといった実用性を重視しながら、自ら着目する変数、既習の数学的知識の活用によって、統計に関する思考を促進する教材開発と実践を検討していきたい。

付記1

本研究は、JSPS科研費課題番号22K02509の助成を受けたものです。

付記2

本稿は、第1～3章は椎名、第4章は横・椎名、第5章は椎名・横が担当した。

引用・参考文献

- 1) David M. Blei and Padhraic Smyth : Science and data science, Proceedings of the National Academy of Sciences, 33, pp.8689-8692, 2017
- 2) 細田幸希 : 標本調査の単元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, pp.603-606, 2020
- 3) 菊野慎太郎・裕元新一郎 : 静岡大学教育実践総合センター紀要 (31), pp.147-158, 2021
- 4) 三木 暁子・中谷 隼・平尾 雅彦 : 消費者のためのライフサイクル評価による飲料水利用のシナリオ分析, 環境科学会誌23 (6), pp.447-458, 2010 DOI <https://doi.org/10.11353/sesj.23.447>
- 5) 文部科学省高等教育局専門教育課 : 第13回産学連携人材ニーズ交流会資料「AI戦略2019と数理・データサイエンス (DS)・AI教育プログラムの推進・普及」, 2023
- 6) 守屋誠司・植村友紀 : ドイツ・バイエルン州の基幹学校 (Hauptschule) の数学教育について - 教育目標と卒業 試験問題から, 京都教育大学「教育実践研究紀要」第11号, pp.31-40, 2011
- 7) 中谷 隼 : 「検証エコバッグ マイボトル私たちにできること」NHKおはよう日本, 2022 <http://www.urm.t.u-tokyo.ac.jp/member/nakatani.html>
- 8) 岡本英通・河崎哲嗣・柳本哲 : フェルミ推定を活用した数学的モデリング教材の開発 - ドイツの教材分析と小学生を対象とした教育調査 -, 数学教育学会誌61 (1-2), pp.81-87, 2020 DOI https://doi.org/10.34323/mesj.61.1-2_81
- 9) Schoenfeld, A.H : Mathematical problem solving, Orlando:Academic Press, 1985
- 10) 重松亜夢・清水越・富永浩之 : 高大連携における論理思考を訓練する情報数学のゲーム課題「フェルミ推定」の教育実践における状況分析の試行, 情報処理学会第81回全国大会講演論文集, pp.551-552, 2019
- 11) 椎名美穂子 : 学習者のアイディアの生成過程にみられる数学的知識の変容に関する一考察 - 1kgの重さを作る体験的な活動における思考の軌跡 -, 日本数学教育学会第103巻8号, pp.2-11, 2021
- 12) 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, pp.50-60, 2013