

タイトル	数学教育・統計教育の今後の課題について
著者	関，哲人；速水，孝夫；SEKI, Norihito; HAYAMI, Takao
引用	北海学園大学学園論集(191)：7-14
発行日	2023-07-25

数学教育・統計教育の今後の課題について

関 哲 人
速 水 孝 夫

序 章

大学教育では専門的な学問の修得が目標であるが、他方で一般教養の学びの機会を提供するのも責務である。本学の場合、一般教育科目は基盤科目（言語、身体、情報）と教養科目（人文科学、社会科学、自然科学、北海道学）にて構成されている。一般教育科目の自然科学分野では、さらに小分野（環境、普遍）があり、小分野の普遍における講義科目として、「数学概論Ⅰ、Ⅱ」、「統計学Ⅰ、Ⅱ」、「物理学概論」が開講されている。

一方、近年は統計教育やデータサイエンス教育が重要視されてきているのは周知の通りである。そのため、高等学校までの学習指導要領では、統計に関する分野の指導内容の充実が図られてきており、現在入学してくる学生の多くは高等学校の「数学Ⅰ」において、記述統計学の基礎的事項を学んでいる。さらに、学習指導要領のこの度の改訂により、高校の「数学B」において、ベクトルが外れた一方、推測統計学を勉強する高校も今後は多くなってくることが想定され、大学の一般教育や専門教育の「統計学」の内容についても、色々な見直しをする必要も出てくるだろう。統計やデータサイエンスを取り扱うのにも数学や統計学の基礎的知識が必要なのは言うまでもないことであるが、大学全入時代を迎え、実際の大学生の数学や統計学の学力が二極化し、学力が低い層の学生も増加している問題に直面しているのも実情である。特に、日本は数学に関する意識が低い国であるという指摘がある（[3, 第2章]）が、このことを考慮しても、大学での数学教育や統計教育について、様々な課題が浮かんでくるところである。

§ 1. 数学の学力の低下と数学についての意識の低下について

現代はコンピュータが欠かせない世の中であり、特に昨今は、データサイエンス教育が重要視されてきている。だからこそ、むしろ数学・統計学に関する本質的な理解が必要であり、そのための数学教育・統計教育は重要なものである。[1]でも指摘したが、次のような数学の基本が身につけていない大学生が散見される。もちろん、まじめに講義を受講して学力を身につけ、優秀な成績をおさめてくれる学生が多くいることもお断りしておく。以下に気になったケースを追加

の上, まとめておく。

(1) 小中高で見つけるべき算数・数学の内容が身につけていない。

「分数ができない大学生」([2])が以前, 話題になったが, このようなケースは決して珍しいものではない。実際の例を挙げたい。

(i) 四則演算が正しくできない。

まず, 四則演算が十分に身につけていないケースが, 多いわけではないが散見される。おそらく2項演算はできるのであろうが, 3項以上になると演算方法が怪しくなるケースがある。例えば, $a \div b \div c$, $x \div y \times z$ について, 計算の順序を誤り, $b \div c$ や $y \times z$ の方を先に計算してしまう。3項の計算について, 後の方の項の計算がしやすいと計算順序を無視して先に行ってしまう傾向があるように思う。また, ごくわずかではあるが, $a + b \times c$ について, 先に $a + b$ を計算してしまうケースもあった。

(ii) 分数の分母を分けてしまう。

$\frac{a+c}{b+d}$ は $\frac{a}{b} + \frac{c}{d}$ と同じでないことは, 小学校で学習するが, これが有理関数などになると, おかしな計算をしてしいる答案もある。

(iii) 指数, 対数などの扱いが正しくできない。

指数法則や対数法則を正しく使えないケースも散見される。例えば, よく目にする間違いが, $\frac{a^p}{b^q}$ を $a^{p/q}$ と計算してしまうケースも少なくない。その他, $(\log_a p)/(\log_a q)$ と $\log_a \frac{p}{q}$ の区別がついていないケースや, $\log_a p'$ と $(\log_a p)'$ の区別などがついていないものも散見される。

(iv) 計算規則を平気で無視する。

上にあげた例以外でも, 分からなくなると計算ルールを自分で作って, いい加減な計算をする答案も散見される。

(v) %の意味が分からない。

他の先生と情報交換をしても%の分からない学生が散見されると聞く。実際に目にした答案としては, ある確率を求める問題で, 0.045 を平気で 0.045% と解答する論外なケースがあった。[3] などにも紹介されているが, 「2億円は50億円の何パーセントか?」という問いについて, 平気で 25% と解答するミスである。 $2 \div 50 = 0.04$ より 4% となるのが分かっている。他にも, [3] で紹介されているケースとしては(以下の文中の内容は少し原文と変えてある), 西暦 $(n+1)$ 年は西暦 n 年に比べ売り上げが 10% アップし, さらに西暦 $(n+2)$ 年は西暦 $(n+1)$ 年に比べて売り上げが 20% アップした場合, $(n+2)$ は n 年に比べて売り上げは $1.1 \times 1.2 = 1.32$ より 32% アップすると答えるべきところだが, 平気で $10 + 20 = 30\%$ アップと答える誤りが多いようである。

(2) 論理的記述力の低下しているケース, 特に, イコール=で数式をつないで書けない。

センター試験をはじめとした, マーク式の入試が原因の1つだとは思いますが, 答えのみしか書けない学生, メモ程度で答案の内容を説明しようとする意図など感じられない答案も散見される。また, 途中の計算において, イコール=でつないでかけない学生もに目にする。さらに, 不等式

を記述する際に、複数の不等式全体をイコールでつなぐという摩訶不思議な答案もあった。小中高でも教員の採点の負担の軽減のため、途中計算にまで十分添削されてこなかったことも一因にあるように思う。

（3）集合や事象の意味が分からない。

与えられた集合の意味がまったく読み取れないケースはしばしば見られるが、さらに驚いたことには集合の中かっこの中に要素を記述する場合、カンマをまったくつけなかったり、ひどい場合は集合の中かっこすら書かないケースも散見された。特に、数学の教職の教科に関する科目でも見られたが、そのことが改善されない限りは教壇に立ってほしくないと思う次第である。

また、「日本の大学生は自宅で勉強する時間が諸外国に比べて短い」という話は一般的に言われているが、実際の学生の状況を見ていても、このことを痛感することがある。コロナ渦のオンライン授業やハイブリッド授業により、これまでの授業についても形態の変更を余儀なくされた。折角宿題を出しても、自宅では勉強をせずに締切りの間際になってやり始める（色々な授業で課題が多かったため気の毒な側面もあるが）、あるいは何の恥じらいもなく友達のを丸写しという学生が、オンライン授業の課題では増加したようにも感じた。

[3, 第2章]にも紹介・指摘されているが、日本は数学に関する意識の低い国である。これによると、2015年TIMSS（国際数学・理科動向調査）による調査で、「数学が好きか」、「数学に自信があるか」、「数学を重視しているか」という調査において、それぞれ「大好き」、「とても重視している」、「とても自信がある」と答えた中学2年生が国際平均と比べてもかなり低く、それぞれ「好きではない」、「自信がない」、「重視していない」と答えた中学2年生が国際平均と比べて高いという傾向が見られる。しかしながら、日本はあまりこのことを真剣に受け止めていないのはさすがに憂慮すべきことであろう。このことから、日本は数学に関する意識が低く、数学教育に関する提言が出ていても中々そこに向いていかない社会背景がある。

日本は算数・数学が苦手または嫌いな人が多いが、実際のところ、「日常生活では四則演算くらいができれば十分」とか「数学は単なる計算技術である」とか「数学は公式にあてはめて計算するだけである」となどという考え持つ人が少なからずいるようである。この様に考える最大の原因は、やはり「算数・数学は嫌い」と思う人が圧倒的に多いからで、学力低下問題以上に深刻な問題といえる。

§ 2. 大学での数学教育・統計教育を充実させるために

2000年代から始まった「究極のゆとり教育」こそ見直しになったが、大学全入時代を迎えている現在、前章でも述べたように、高校までの数学の基礎学力が身につけていない新入生も多く、体感では10年以上前（究極のゆとり教育の時）よりもレベルが落ちていると感ずることがある。ここで、「究極の」と言う言い方をしているのは、[4]の文中においても同じ言い方をしており、学校教育のゆとり化の流れはすでに1980年代から始まっていて、指導内容や授業時間数が一番

少なかったのが2000年代から約10年間に渡る学習指導要領である。さらに、[4]において、「究極のゆとり教育」や当時からの時代背景とも符合して、教育格差や学力格差が拡大しているという指摘もある。学力の中間層が減り、二極化が加速しているというものである。さらに、近年のコロナ渦によりこれらはさらに拡大しているという話も聞くこともあり、これらは特に憂慮すべき問題であろう。

高校までに十分に数学を勉強していないもしくは勉強できなかったにも関わらず、数学や統計学を大学であまり真剣に勉強しようとししない学生も残念ながら散見される。このような状況においても、数学教育や統計教育を充実させ、学生の学力向上に寄与していくことが大学の数学教員として重要なことと考えられる。高校までの数学の内容がいかに大切なのかを再認識させるような施策も必要であり、特に初年次教育は重要である。

当たり前のことだが、数学のような理解度が違う教科では、大人数の授業形態が必ずしも適しているとは思えない。現状では様々な課題があると思うが、少人数教育をさらに推進すべきで、場合によってはレベル別に分けたクラス編成も考える余地はあるように思う。理工系の学生にとっては、数学Ⅲまでも含めた、高校までの数学の内容が一通りきちんと身につけていれば、大学で専門科目を勉強するのに、大きな苦勞をすることは少なくなると思う。数学の基礎学力が不足していることが原因で、専門科目の授業についていけない学生がいなくなるようにしてしなければならない。

また、[5]でも指摘したように、2015年度以降の大学新入生にとって、学習指導要領の改訂(2009年)により、記述統計学の基礎的な内容については、高校のときにすでに学習済みの内容となってしまった。一般教育の統計学の授業などについては、数学や統計学が得意ではない学生への配慮も必要であることから、記述統計学の内容をカットすることもできず、この部分を板書で長々と説明するのも学生にとってはストレスになっていたと思われる。このこともあってか、一時期、受講生数が低下してしまった時期があった。クラス指定の見直しやスライド資料の多用も試みることにした。さらに、専門の統計学への接続をさらに意識するようにし、これまでに扱わなかった等分散性の検定などについても、追加で講義内容に含めることとした。専門の統計学の科目がない学部の受講生への配慮も必要である。今後、高等学校の新学習指導要領においては、数学Bは「数列」、「統計的な推測」、「数学と社会生活」から構成され、推測統計学を勉強する高校も今後は多くなってくることが想定される。

「数学B」からベクトルが外れ、「数学C」に移動してしまったのは残念なことで、大学での理系の科目ではより一層の配慮が必要になるが、しかしながら、統計教育の充実を図るという観点からはやむを得ない側面もあると考えられる。このことにも配慮し、大学の特に関統計学の中で扱う内容も少し見直しをしていく時期に来ていると思われる。さらには、データサイエンス教育との接続も十分に意識して数学教育、統計教育にたずさわらねばならないと痛感している。

§ 3. 小学校・中学校・高等学校における数理・統計学教育の現状と課題

2008年に改訂された小・中学校の学習指導要領では、小学校算数に「度数分布」、中学校数学に「資料の活用」が加わった。前章でも述べた高等学校の学習指導要領の改訂（2009年）により記述統計学が必修となった。高等学校教育の現場では統計教育についての理解・準備不足が実態であり[6]，[7]，小学校・中学校・高等学校における統計教育能力の向上にかかわる活動として，日本統計学会統計教育分科会は2009年より「統計教育の方法論ワークショップ」（2023年第20回開催より「統計・データサイエンス教育の方法論ワークショップ」と改称）が実施されるようになった。これは，全国の小学校・中学校・高等学校および大学で統計教育に携わる教員による，授業の実践事例の報告・情報共有の場であり，本ワークショップの成果は『統計教育実践教育』にまとめられている。

ここで、『統計教育実践教育』第2巻（2010年刊行）から第9巻（2017年刊行）のうち，「事例」に分類されるものは83事例であり，高等学校での事例は22事例であった（小学校15，中学校45事例）。22事例のうちうち14事例が数学Ⅰでのものであり，単元では相関係数を対象にしたものが5事例，代表値を対象としたものが6事例であった。高等学校の種別については，22事例のうち14事例は大学の附属，私立，SSH（スーパーサイエンスハイスクール）によるものであった。22事例のうち，グループワークを取り入れたものは10事例であった。これら高等学校における実践事例から，統計教育についての課題がみられる。

3-1. 各理論の個々の理解と数学の他分野への理解

前章でも指摘があったように高校数学において，各単元・理論に対する理解が不十分であるとされている。例えば，微分積分についての生徒の理解について，計算方法は分かっても理論そのものについての理解（定義，背景，目的など）については不十分であるとの報告がある[8]。計算方法のみの理解にとどまっているのは受験勉強を目的とした風潮というのかもしれない。

一方で，統計学は，空間，集合，微分積分など高校数学の他単元で学ぶ理論とも密接に関連している。高校数学の教科書では，統計学はこれら単元とは別個で扱われる単元であるとの印象を与えかねない。

3-2. 統計教育方法論のプロセスと理論の習得

統計教育方法論におけるプロセスの1つに以下のものが設定されている[9]。

- A) 課題の設定
- B) データ問題への帰着（何を測定すべきか）
- C) データの収集
- D) データの記述と分析

E) 結果の統計的解釈

F) 統計的に解釈された結果を元の課題のコンテキストと結びつけて考察し、他人に伝えること

G) 分析結果に基づくアクション(予測、標準化、管理など)が想定できること、もしくは、あらたな検証すべき仮説や課題を見出すこと

数学の教科書はD)における「データの記述と分析」のための理論の習得に重きが置かれるものの、これら実践事例では、上記プロセスを意識しつつ、さらにはこれらのうちいくつかのプロセスの実践を含むことで、さらなる理論の理解をうながす工夫がみられる。ただし、対象としている単元は数学Iで扱う記述統計のうち代表値・相関係数に集中している。よって、統計手法は限られた範囲での習得にとどまる。また、生徒にとっては各単元を深く理解できたとしても、これらプロセスの自らの実践には必ずしも至っていない。

これら与えられたデータに対して、適切な統計手法を用いることになるため、実践の機会と幅広い統計手法の習得が求められる。統計手法の習得については、数学のみならず数学Bや数学活用、さらには情報の教科の学習が求められる。他方、実践の機会については、数学のみならず、情報、社会、理科といった教科においてデータ・統計の活用が必要となり、各教科との教科横断的な連携・取り組みが望まれる。

3-3. グループワーク形式の学習効果成果

実践事例においては、グループワーク形式の実施もみられた。これは学習への興味・関心を喚起する方法であると共に、グループでの取り組みによってより一層の問題解決への意識を促すものとして期待される方法である。しかしながら、グループワークを導入した学習においては、興味・関心の面では受講生の満足度が高いものの、学習到達度の面では不十分とされる[10], [11]。

3-4. 先進的な教育事例

ここで取り上げている事例は、附属、私立、SSHといった教育体制が整っている高校での事例である。これらは元来より教育モデル校として教育に力を入れることができる学校であり、教員、教育ノウハウといった資源が潤沢である。あくまでも先進的な事例として捉えることにも留意したい。

§ 4. 大学教育における統計教育の実施方策

高校での実践事例を踏まえて、大学教育で実施可能な方策を提示する。

4-1. 統合的な統計数理の学習

学習指導要領という制約がなくなるため、他理論とのかかわりの説明が十分可能である点があ

げられる。大学における統計学の理論は初等統計学であるとともに、統計数理としての統計学を学ぶことが可能となる。学生たちにとっては、再度高校までに学んだ内容を学習することになるため、リメディアルという印象を持つことも考えられるので、本学習の意義を伝えることが重要になろう。

ただし、大学における統計学の学習において確率空間が難しいとの指摘もある[5]。また、微積分を用いることでより統計数理を理解することになるが、微積分自体に苦手意識を持っている学生も少なくない点にも注意を払うこととなる。

4-2. 各学問分野とのかかわり

統計学は、他学問分野とも強く関わりがあり、心理学では心理統計学、社会学では社会統計学、医学では医学統計学といった具合に、それぞれの学問と統計学が相互に発展している。

統計学連合理事会・統計関連学科連合統計教育推進委員会では、統計学分野の教育課程上の参照基準なるものを提言し、統計学と大学における学習課程の結びつきを意識させている[12]。各学部・課程が習得すべき学習内容を明らかに上で統計学を学ぶ姿勢を示すことが求められる。ここに一般教育、学部専門教育で統計学を設置する意義がある。

4-3. 問題解決のプロセスの実施

高校における実践事例でも取り上げたよう、本来は統計教育における実践プロセス実現するのが統計教育の到達点の一つである。

近年はデータサイエンスの社会的要請が高まっている。現状を的確に理解するために正しくデータを分析・活用し、適切な意思決定を遂行し、課題解決し新しい価値を創ることができる人材（データサイエンティスト）が求められており[13]、文部科学省もデータサイエンスの普及を推進している[14]。このことから大学教育に統計学の必要性がより高まっていると言える。

よって、データの収集、データの分析、データの考察、さらには意思決定といった一連のプロセスを教育で実現することが求められる。大学でこうしたプロセスをグループワーク形式で実施した場合、データの収集のフェーズが学生にとって難しいとの報告もある[15]。これらプロセスを実現しつつ、学習効果が高まる実践事例が大学で望まれることとなる。

§ 5. おわりに

以上、数学教育や統計教育について、現状や今後の課題について思いつくことなどを中心にまとめさせていただいた。大学全入時代を迎え、さらに学生の学力の二極化がますます進んでいるという話も耳にすることから、今後の特に大学での数学教育や統計教育での新たな課題も見えてきたところである。数学や統計学がデータサイエンス教育の基本にもなっていることから、データサイエンス教育の立場からの課題も見えてくる場所である。データサイエンス教育の重要性の高ま

りによって、数学科目や統計科目も認定科目として取りあげられる可能性も十分考えられるが、単なる認定科目として軽視されないよう、決して単位だけではなく確かな数学力や統計力が身につくような指導を心がけていきたい。

参考文献

- [1] 速水孝夫 (2016), 「大学初年次の数学科目にみる数学教育の危機感について」, 北海学園大学学園論集, 第170号, 27-38.
- [2] 岡部恒治・戸瀬信之・西村和雄 (1999), 「分数ができない大学生」, 東洋経済新報社.
- [3] 芳沢光雄 (2020), 「AI時代に生きる数学力の鍛え方」, 東洋経済新報社.
- [4] 芳沢光雄 (2014), 「反『ゆとり教育』奮戦記」, 講談社.
- [5] 関哲人・速水孝夫・米田力生 (2023) 「どのように共通教育と専門教育の『統計学』の橋渡しをするかⅡ?—2013年度と2022年度の学生に対する質問紙調査に基づく考察—」『統計教育実践研究』, 第15巻, pp.148-153.
- [6] 中西寛子・竹内光悦・深澤弘美 (2011) 「『高等教育における統計教育 実態調査』の報告」『統計教育実践研究』第3巻, pp.21-24.
- [7] 船倉武夫 (2011) 「統計を使う教員の実情」『統計教育実践研究』第3巻, pp.25-30.
- [8] 小林唯一・茨木貴徳 (2021) 「高校生段階における微分法積分法概念イメージに関する調査—学習方略との関連に着目して—」『教育デザイン研究』第12巻, 第1号, pp.104-113.
- [9] 渡辺美智子 (2011) 「21世紀型ワークスキルとしての統計教育改革—スキキャンズレポートとデミング博士—」, 『統計教育実践研究』第3巻, pp.31-37.
- [10] 熊井泰明・倉島千徳 (2016) 「アクティブラーニングによる『経営分析』授業の有用性」『工学教育研究』第24号, pp.31-40.
- [11] 関哲人・鈴木雄大・山岡英二・油谷弘洋・久保田佳輝・並木翔太 (2019) 「経営学部における統計学講義で実践した企業との連携協定に基づくグループワークの成果報告」『統計教育実践研究』特別号, pp.19-20.
- [12] 統計学会連合理事会・統計関連学会連合統計教育推進委員会 (2011) 「統計学分野の教育課程編成上の参照基準」『統計教育実践研究』, 第3巻, pp.139-161.
- [13] 北海道大学数理・データサイエンス教育研究センター Web サイト
<https://www.mdsc.hokudai.ac.jp/>
(最終閲覧日 2023年2月25日)
- [14] 数理・データサイエンス・AI教育 (文部科学省 Web サイト)
https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/suuri_datascience_ai/00001.htm
(最終閲覧日 2023年2月25日)
- [15] 土屋隆裕 (2019) 「大学初年次教育におけるオムニバス調査の試み」『統計教育実践研究』特別号, pp.31-33.