

初等中等教育における統計教育¹²

永井礼正 (ed.)³, 鶴巻亮⁴, 石井壮平⁵, 松岡千遥⁶, 中原圭暁⁷, 山岸良考⁸

概要

初等中等教育における統計教育の意味の考察と、統計データ（資料）の事例による解釈の取り扱いに関する教材開発のための調査。

統計学には、記述統計と推測統計がある。必修科目として位置づけられた記述統計は、従来の構成的立場より、現代では解釈論が強調されるべきであり、この意味からのカリキュラムは現在の初等中等教育の現場において、その事例が少ない。これらのカリキュラムについて、指導的な立場からの教員養成および教材開発が求められる。本研究において、教員養成の現場、および小学校、中学校、高等学校の現場における実践的検証を通じるにより、PCの活用を含めたカリキュラムを開発する。

1 はじめに

1.1 研究の背景

学習指導要領の改訂により、高等学校必修科目「数学Ⅰ」において、内容「データの分析」がPC等の利用とともに、位置づけられた。しかし、統計分野の知見は、記述統計であっても、わが国の初等中等教育においては、その指導者のレベルにおいてもまだ待つべきものがある。

この現状を鑑み、統計教育の意味を問い直し、かつ事例における統計データの解釈の取り扱いを含めた教材の開発、PC等を利用した教材のあり方を研究・開発することを目的とする。

1.2 研究の方法

学習指導要領および記述統計における標準的な大学のカリキュラムを検討したうえで、種々専門領域（社会学、心理学、天文学など）での統計調査の戦略の立て方から解釈に至るプロセスを聞き取り調査している。

ご協力いただいた各先生方に、感謝したい。

¹本研究は日本教育大学院大学学内共同研究の助成を受けたものです。

²本研究は統計数理研究所共同研究プログラム（27-共研-4107）の助成を受けたものです。

³日本教育大学院大学

⁴日本教育大学院大学 学校教育研究科

⁵日本教育大学院大学 学校教育研究科

⁶日本教育大学院大学 学校教育研究科

⁷日本教育大学院大学 学校教育研究科

⁸日本教育大学院大学 学校教育研究科

2 初等中等教育の現場より

2.1 学習指導要領（鶴巻）

2.1.1 はじめに

文部科学省は平成20年（2008年）3月、小・中学校の学習指導要領及び幼稚園教育要領を、平成21年（2009年）3月、高等学校・特別支援学校の学習指導要領を改定した。この改定された現在の学習指導要領は、子どもたちの現状をふまえ、「生きる力」を育むという理念のもと、知識や技能の習得とともに思考力・判断力・表現力などの育成を重視している。また改定後、特に数学では高等学校で統計に関する内容の必修化が行われた。そこで、改定後の現在の学習指導要領での統計分野が子どもたちの「生きる力」を育むという理念に則したものであるか検討していく。

2.1.2 学習指導要領

「数学I」において統計分野は「データの分析」という内容で取り扱われる。「高等学校学習指導要領解説 数学編」から抜粋すると

(4) データの分析統計の基本的な考えを理解するとともに、それをを用いてデータを整理・分析し傾向を把握できるようにする。

ア データの散らばり四分位偏差、分散及び標準偏差などの意味について理解し、それらを用いてデータの傾向を把握し、説明すること。

イ データの相関散布図や相関係数の意味を理解し、それらを用いて二つのデータの相関を把握し説明すること。

とある。

データの散らばりの内容解説として、

ここでは、中学校での学習を更に発展させて、四分位数、四分位範囲、四分位偏差、分散及び標準偏差などの用語を知り、意味を理解させるとともに、それらを利用してデータの傾向を的確にとらえ説明できるようにする。… また、四分位数に関連して箱ひげ図を扱うことも考えられる

としており、データの相関の内容解説では

ここでは、散布図及び相関係数の意味を理解させるとともに、それらを利用してデータの相関を的確にとらえ説明できるようにする

としている。ここで注目したいのは内容解説の両方にある、統計分野の用語の意味を理解させてデータを的確にとらえ説明できるようにするという点である。統計の用語の意味を理解させるという点は子どもたちの基礎的知識の習得といえる。基礎的知識をもとにデータの傾向や相関を的確にとらえることで、思考力・判断力・表現力を育むことができ、「生きる力」の育成という理念

に沿った形に見える。しかし、データの傾向や相関を的確にとらえるということは非常に困難である。なぜならばデータの解釈はデータを扱う各分野の見解によって異なるからである。数学の知見だけではデータの傾向や相関を的確にとらえることは困難であり、思考力・判断力・表現力を育むことはできず、「生きる力」の育成という理念に則さないのではないかと考える。

2.1.3 おわりに

高校までに扱う統計分野ではデータを整理・分析する記述統計が主となっており、本来「生きる力」を育むのに必要とされるであろう、データの解釈や推計をする推測統計はあまり扱われない。それは、推測統計はそのデータによって数学だけでなく様々な分野の知識が必要とされ、数学だけで深く取り扱うことは困難だからである。生徒として現在の学習指導要領をもとにした授業を受けた教員はいない。大学で教員免許状の取得に必要な単位として統計分野の単位が必要となっており、そこで統計を初めて学んだ者が数学の教員になっている。もしくはそれ以前に教員免許状を取得して、統計の知識がない数学教員も大勢いることであろう。生徒に「生きる力」を育ませるためには数学教員は自らの知見を拡げ、統計の知識を深めることが大切だと私は考える。

2.1.4 参考文献

「高等学校学習指導要領解説 数学編」, 2009, 文部科学省

2.2 現場での状況（石井）

2.2.1 高等学校において

神奈川県内 A 高等学校では今年度から「データの分析」を授業で扱うことになった。そのように決定された一番の理由は、私が現在大学院で統計学の研究に携わっていることである。数学 I を担当している教諭は私を除いて 4 名いるが、その全員が「データの分析」を扱うことについて躊躇いがあるという。

2.2.2 授業について

扱う内容は私が主となって検討した。現任校の生徒の学力を考慮すると、分散・標準偏差は教えず、4 種のグラフと代表値について時間をかけて教えた方が良いと判断。担当教諭の了承もありその方向で決定した。特に 4 種のグラフでは、グラフから何が読み取れるのかを考えさせることに重きを置く。教科書の大体の流れを数学 I 担当の教諭に説明したところ、ある程度のイメージはできていた模様。ただ、それでも私自身が持つ知識の確実性を信じて疑わない様子だったため、授業プリントは私が作成し、学年末試験の問題も「データの分析」の範囲は私が作問することに決定した。

2.2.3 最後に

「データの分析」を扱うのは2月の中旬ごろを目安としている。そのため、現段階では授業プリントや具体的な授業計画の作成に着手できていない状態であるため、できる範囲の現場の現状を報告した次第である。今後は、授業を実際に行った上で見えてきた課題等を、統計を研究しているチーム全体に共有していくことに専念していきたい。

3 調査対象別事例

3.1 社会学（松岡）

3.1.1 社会学における統計の位置づけ

社会学の歴史は19世紀前半のオーギュスト・コントに始まる。彼は実証主義を標榜していたため、社会学はその誕生の当初から統計的方法を受け入れる姿勢があったと考えられる。社会学で取り扱うデータは、主として社会調査から得られる。社会調査には、質問紙調査やアンケートによる量的調査と、フィールドワークや聞き取りインタビューによる質的調査がある。これらによって得られる社会的データは、個人の水準と集団の水準との双方にまたがる。前者は研究者自身が調査を企画する場合であり、後者は国家機関による官庁統計から引用する場合である。個人と集団との関係は、社会学における核心的な課題と言える。正規分布した集団データの両端に位置する少数派を個人単位で追求すれば、今後の社会構造の移り変わりを予測する材料となり得る（＝社会変動論）。価値・流行・道徳・人間関係等、非合理的な現象が題材となることが多い点も社会学の特徴である。故に、統計学として確立された一般的な手法では限界があるため、社会学独自の統計的方法も開発されつつある。

3.1.2 社会学的データの解釈

実証主義の科学として創始された社会学に、最初に統計的方法を導入したのはエミール・デュルケムである。代表作『自殺論』では、自殺者本人の個人的な動機や意思を考慮に入れず、あくまで自殺者数の統計的事実と社会環境要因との相関から、自殺の要因が探求されている。ここでは、そのデータを例として挙げる。

表1 社会的事実としての自殺—スイスの州別自殺率⁹

スイスの州 \ 信仰（宗教）	カトリック系	プロテスタント系
ドイツ人の州	87/100万	283/100万
フランス人の州	83/100万	456/100万

表1は『自殺論』で示された統計データの一部である。これを見ると、ドイツ人の州とフランス人の州、いずれもカトリック系の方がプロテスタント系よりも自殺率が低いことが分かる。一

⁹エミール・デュルケム・宮島喬訳（1897）『自殺論』中公文庫，p.174

方で、カトリック系ではドイツ人の州とフランス人の州の自殺率に大きな差異は見られない。つまり、自殺率は民族の違いによる影響は弱い、宗派の違いによる影響は強いと読み取れる。どちらの宗派も自殺を禁じる点は変わらない。そこで宗教組織としての構造に着目すると、プロテスタント系はカトリック系よりも「個人」を強調する点が挙がる。生きていく中で困難にぶつかったとき、プロテスタント教徒は自由検討の精神から自分で聖書を読み、教義を解釈する。一方で、カトリック教徒は凝集性が相対的に高い組織に頼ることができるため、個人が自殺を抑制する力が強いと考えられる。このように、「社会や集団によって自殺率に違いがある」という事実を、社会的な要因として説明することが、社会学における統計データの解釈に繋がる。

学校の授業で表1のデータを教材として扱う場合、道徳教育的側面（公立であれば宗教的中立性への配慮も含む）を忘れてはならない。その上で「自殺は個人の問題としてではなく社会環境に影響を受ける」というような一つの仮説を、データによる統計的事実から立てていく展開が求められる。

3.1.3 教材としての活用

身近な生活と関連させる意図で「ポリオワクチン」を例とした教材案を提示する。ポリオ（急性灰白髄炎）¹⁰とは人から人へ感染する疾病である。日本では1960年に大流行したが、生ポリオワクチンの導入により、1981年以降、ポリオウイルスによる新たな患者は出ていない。この生ワクチンはウイルスの病原性を弱めてつくられる。そのため、まれにポリオにかかったときと同じ症状が出ることもある。生ワクチンの接種が次第に控えられるようになる中、生ワクチンに代わる不活化ポリオワクチンが新たに注目された。不活化ワクチンはポリオウイルスを殺し、免疫をつくる成分を取り出した病原性のないものである。その後、不活化ワクチンの個人輸入による接種が増え、副作用の不安から生ワクチンの接種を避ける保護者も多くなった。このような社会現象もある中で、2012年9月からの定期予防接種では、不活化ワクチンが本格導入され、現在に至る。以上のポリオワクチンの動向に関連する統計データを授業教材とし、第一にデータを読み取れること、第二に根拠に基づいて仮説を立てられることの2点を達成目標とする授業を考える。

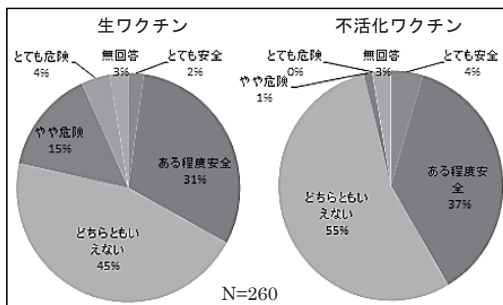


図1 ポリオワクチンの安全性について

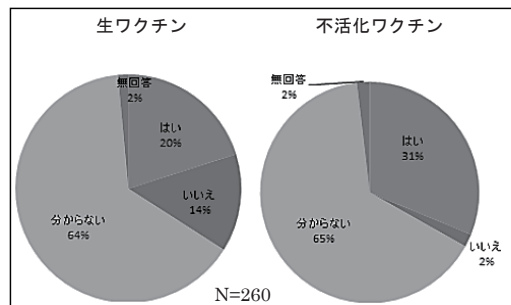


図2 ポリオワクチンを受けさせたいか

図1および図2は、ポリオの予防接種について、神奈川県在住の乳幼児から小学生の子ども

¹⁰ ウイルスが脊髄に入り込み手や足に麻痺があらわれる。成人は亡くなる可能性も高い。(厚生労働省 HP)

を持つ保護者を対象としたワクチンの意識に関する調査データ（2011年11月）である¹¹。第一の課題として「データから読み取れることは何か」と発問し、統計的事実を明らかにさせる。図1では、生ワクチン・不活化ワクチン、ともに約半数の保護者が「どちらともいえない」と答えており、その一方で、約2割の保護者が生ワクチンを危険と考え、不活化が安全だと考えている保護者は4割以上いると読み取れる。図2では、生ワクチン・不活化ワクチンともに6割強の保護者が「分からない」と答えており、「不活化を受けさせたい」は約3割、「生ワクチン」は約2割であり、その一方で、「生ワクチンを受けさせたくない」は14%で、「不活化を受けさせたくない」は2%にすぎないと読み取れる。第二の課題として「統計的事実からみえる仮説を立てる」と指示を与え、データから推測できる背景を考えさせる。例えば、「生ワクチンの予防接種がまだ行われる当時、多くの保護者が安全性に対して不安を残している」、「保護者が仕方なく選択するのであれば、専門家によって安全性が担保された一択に絞れば安心できるのではないか」等である。結論だけみれば、単純な解釈にも受け取れるが、統計データを出発点として一つの解釈に辿り着ける力は、数学教育において重要な意味を成す。

3.1.4 おわりに

現行の数学科の教科書では、統計分野のほとんどが「操作」に留まる。故に、サンプルとなるデータも計算のしやすいものが多く、現実に扱うデータとは程遠い。今回、操作の前提となる調査、および操作後の解釈について、社会学的データの教材化を検討した。今後は、「他にどんなデータがあれば何が分かるか」、「作為的なデータの嘘を見抜くには」といった発展的な課題も取り上げつつ、統計の授業としての実践も試みたい。

3.1.5 参考文献

エミール・デュルケム・宮島喬訳（1897）『自殺論』中公文庫
細田満和子他（2012）「Vaccine-associated paralytic poliomyelitis in Japan」、『THE LANCET』
Vol379 Elsevier B.V. p.520

3.2 心理学（中原）

3.2.1 心理学における統計

心理学における統計を「心理学における統計の位置づけ」「データの種類」「実例を用いた検定方法」の3点に分けて述べていく。

「心理学における統計の位置づけ」

心理学における統計の位置づけは、心理学研究において得られた結果を分析することであり、その中で、統計的検定の利用を行い、「決定の手続き」を行うために用いられている。そのため、単に実験や調査で得られたデータの特徴を記述することではなく、実験や調査によって得られる

¹¹博士（社会学）、専門社会調査士、星槎大学副学長、星槎大学共生科学部教授の細田満和子氏による調査。

標本のデータに基づいて、母集団に関する一般化した推論を行うので、記述統計よりも推測統計が主に用いられている。

「データの種類」

心理学における統計で使われるデータの種類の種類は、変数が3つ以上のものが主であり、データが数でないものも数にして考える「質的データ」が用いられる。心理学の研究では、大きく「相関研究（変数間の関係）」と「実験研究（独立変数を操作したときの従属変数への影響）」に分けられる。また、それぞれの研究では調査方法も異なってくる。相関研究では、主に、観察法と調査法を用いる。観察法とは、言葉の通り観察し見て知る方法である。調査法とは、聞く方法やアンケートそして面接などの方法である。もう一つの実験研究では、主に、実験法を用いる。実験法とは、こちら側で定めたものを行ってもらい、変数を固定させて確かめる方法である。

「実例を用いた検査方法」

心理学における統計での検査方法は、統計を扱うほかの分野と比べ多様（重回帰分析、不偏分散推定、多重分析、t検定、コレスポネンス分析、確証的因子分析、マルチレベル分析など）である。また、統計ソフトも時代によって使うものが変化しており、以前はSAS,SPSSが多く使われており、最近ではR,HAD（自作）が多く使われている。

では、実例を用いて心理学における検定の手順を確認していく。（わかりやすくするため、2変数を扱う）「ここにA,Bの2人の将棋の棋士がいるとする。両者の最近10局の対戦成績を調べてみると、7勝3敗でA棋士のほうが勝ち越していることがわかった。このデータから、両者の棋力に差があると結論できるか」という問いである。この問いを検証していく前に、心理学における検定の手順を確認すると下記のようなになる。

- I) 研究仮説の設定
- II) 帰無仮説（Null hypothesis: H_0 ）以下 H_0 を用いる
- III) 有意水準（ α ）の決定
- IV) データの収集
- V) 検定統計量の算出
- VI) 検定統計量と臨界値の比較
- VII) 結果の解釈

では、実際に上記の問に関して検証していく。ここで用いる統計的検定は、背理法の理論に基づいている。この問題で確かめたいのは「両者の棋力に差がある」という仮説が正しいかどうかなので、そのために相反する仮説を立てる。

- i) A棋士とB棋士ではA棋士の方が強いこの場合「両者の棋力に差がない」という仮説は棄却することを前提として立てた仮説なので、「両者の棋力に差がある」といえるかは、「両者の棋力に差がない」という帰無仮説を棄却できるかにかかっているため、ここでの帰無仮説は次のように表せる。

- ii) 帰無仮説 $H_0: P_a = P_b$ 次に、「両者の棋力に差がない」という帰無仮説が正しい場合に、どのぐらいの確率で差が開くのかを考えないといけない。今回の場合は勝負事なので、調子づいて勝つ確率が高くなるということも考えられるが、ここではどの対局の勝負の確率も相互に独立であると仮定する。そうして計算すると次のような表 1 ができる。

表 1 両者の棋力が互角であると仮定した場合の各対戦成績 (A-B) の生起確率

勝敗	10-0	9-1	8-2	7-3	6-4	5-5	4-6	3-7	2-8	1-9	0-10
生起確率	.001	.010	.044	.117	.205	.246	.205	.117	.044	.010	.001

この表 1 で、A 棋士が 7 勝 3 敗以上で勝ち越す場合の確率と、B 棋士が 7 勝 3 敗以上で勝ち越す場合の確率が同じであることに注目する。これは、帰無仮説を棄却した場合に採択する対立仮説が、「両者の棋力に差がある」というように、A 棋士の方が強い場合と B 棋士の方が強い場合の両方を想定しているからである。このような対立仮説の場合の検定を「両側検定」と呼ぶ。したがって、この問題での有意水準とデータの収集は次のように表せる。

- iii) 有意水準 両側 5% ($\alpha = 0.05$)
- iv) 10 回対戦：A 棋士の 7 勝 3 敗である統計的検定の最後の段階として、この計算を基に帰無仮説を棄却するかどうかの判断を下す。この際心理学では通常 5% を判断基準にすることが多い。すなわち、結果が 5% 以下の場合には、不合理だとして、帰無仮説を棄却し対立仮説採択するようになる。したがって、この問題での検定統計量の算出と検定統計量と臨界値の比較をしてみると次のように表せる。
- v) A 棋士の 7 勝 3 敗： $P_a = 0.044$
- vi) 有意水準が 5% のため、 $P_a < \frac{\alpha}{2} (= 0.025)$ ならば有意： $P_a > \frac{\alpha}{2}$ これらの結果から、この程度の対戦成績の差では帰無仮説を棄却することはできない。つまり次のようにまとめることができる。
- vii) 帰無仮説は棄却され、A 棋士と B 棋士の実力は等しいここで注意しなければならないのは、「両者の棋力に差がない」という帰無仮説が棄却されたからといって、「棋力が同じである」ということにならないことである。

3.2.2 まとめ

今回心理学における統計を学んで感じたことは、推測統計が主であり、記述統計を扱う現行の数学の中の統計分野が、心理学の中で扱う統計に直結するわけではないことである。しかし、推測統計を行っていくにしても、記述統計の知識が基盤になることに変わりはない。また、最近では大量のデータを扱う統計が増えてきているので、知識だけではなく、統計ソフトを正しく扱うスキルを身につけていくことも必要になってくる。したがって、今後の統計分野は、どのようにして統計を扱うのか。また、統計データを導くときの理論とともに統計ソフトを使いこなすスキルを身につけていく必要がある。だが、その内容をすべて数学の内容に含めることは現行の内容

では難しい。そこで、統計ソフトに関するスキル面は情報科と教科を横断して身につけていくことが必要になってくるのではないかと考えた。

3.2.3 参考文献

「高等学校学習指導要領解説 数学編」，2009，文部科学省

「心理学のためのデータ解析テクニカルブック」，1990，森敏昭・吉田寿夫 北大路書房

「新訂版 教育と心理のための統計学」，1957，岩原信九郎 日本文化科学社

3.3 天文学（山岸）

3.3.1 はじめに

天文学は天体と宇宙を研究する自然科学の一分野であり、点のような遠方の天体を観測し、宇宙の様々な知見を得ようという学問である。望遠鏡等の発明により観測技術が向上し、大量のデータが得られるようになった。莫大な量のデータを処理するために統計学や機械学習的な手法が必要不可欠となっている。

3.3.2 天文学における統計

- (i) データの扱い 観測対象となるのは天体から届く電磁波が主である。対象となる波長は γ 線やX線のような短い波長から可視光線、赤外、そして電波のような長い波長まで様々である。電磁波の性質は波長によって異なるため、それぞれの波長に特有の困難が存在する。また、データから得ようとする知見も多岐に渡るため、天文観測は限られた情報から知識を得ようとする不良設定問題が数多く存在する。観測して得たデータから天文学に繋げるには、ほかの観測結果や理論と比較可能な量を求めなければならない。ここで必要となるのが「校正」と呼ばれる作業である。「校正」とは計測機器に表示される値と、それに対応する既知の値との関係を特定の条件下で確認する一連の操作である。光赤外のデータ解析での「校正」はそれより広いものも含まれている。「校正」の目的は、観測された量が他の観測や理論と比較できるようにする事にある。したがって、このような比較が不要な量に関しては、「校正」は必ずしも必要とは限らない。例えば、超新星を見つけるのは、時期の異なる2つの画像があれば、その画像の中の天体の等級がわかっていなくても可能である。一方で、その超新星の光度を求めるときにはFlux校正が必要である。
- (ii) Fluxと標準測光システム Fluxとはある天体から観測者の側の単位面積を単位時間にどれだけの光が通過するかという「流量」である。Fluxを測る単位としてエネルギーを用いた $[\text{erg}/\text{sec}/\text{cm}^2]$ という単位が光赤外分野では用いられ、分光の場合は単位波長当たりで測った $[\text{erg}/\text{sec}/\text{cm}^2/\text{\AA}]$ や単位周波数当たりで測った $[\text{erg}/\text{sec}/\text{cm}^2/\text{Hz}]$ が用いられる場合が多い。撮像観測の場合、ある波長域の光だけを通すフィルターを通して観測を行うのが一般的

である。フィルターを通して測定した Flux はそのままでは観測所や観測装置ごとに異なってしまい、互いに比較することができない。そのため、例えばすばる + Suprime-Cam のデータを「仮に SDSS のシステムで観測したらどうなるはずか」という値に変換する。この変換先の標準測光システムとしては可視では Johnson, Kron-Cousins, SDSS, HST などがよく使われる。また、赤外ではより多種多様なシステムがあり、2 MASS, MKO, CIT, UKIRT などが用いられる。

- (iii) 等級 光赤外分野で天体の明るさの指標として用いられる「等級」は、歴史的には人の目で見た明るさを元に決められたものだが、現在は Flux の常用対数を -2.5 倍したものに定数を加えた値が用いられる。加える定数として以下の 2 種がよく用いられる。 Vega : こと座の Vega のみかけ等級が 0 等となるように定数を加える。 AB : 単位周波数当たりのフラックス密度 F_ν から

$$AB = -2.5 \log_{10}(F_\nu) - 48.6$$

- (iv) Flux 較正の方法理想的にはフィルターも含めた透過率と検出器がどれだけの flux を受けたかが分かれば標準システムへの変更は可能である。しかし、感度特性はフィルターだけでなく大気状態、望遠鏡、観測装置などに影響される。検出器も本当にどれだけの flux を受けたのかは簡単に測定できない。そこで、予め別の方法で標準システムでの flux が求められた「測光標準天体」を観測して、それとの比較で標準システムでの flux を求めるのが典型的な flux 較正である。大気による吸収・散乱（大気減光）、フィルターの透過性の違いなども誤差を生じさせる要因となる。これらをそれぞれ考慮して、必要に応じて補正してやる必要がある。補正をどうするかについては観測前に考えた上で、後で必要となるデータを観測中に取得しておかなければならない。大気は光を吸収・散乱で減光し、自分でも光る性質をもつ。大気が光る分は空間的な構造を見て、天体のない領域の観測値を用いて補正することができる。吸収・散乱による減光は特に短い波長域で影響が大きく、また大気の厚みによって変わる。また、観測値を等級に変換した値（機器等級）は大気の厚みに対して線形に変化する。観測しているフィルターの波長域で天体のスペクトルが大きく変化しないと仮定すれば、これを天体の色で補間できると仮定する。この「色補正」の手法も Flux 較正の際には主要な補正要素となる。ここまでのまとめ

- (v) 誤差と真の値 「誤差」とは測定値・理論的推定値または近似計算によって得られた値と真の値との差を表す。天文学における解析ではモデルを考えて、そのモデルの枠組みで観測を行った場合、誤差がどうなるかを計算していく。また、実際の観測結果からは真の値はわからず、観測値だけがあるので、厳密な事を言えば、誤差は求めることができない。真空中の光速度のような時間変化しないものは真の値をいうのは容易である。しかし、光はマイクロな確率過程を経て、天体から出てくるため、ある 1 秒に天体から出てくる光の量は別の 1 秒のそれと同じではない。すなわち、観測値は本質的には一定ではない。この条件下で求めたい真の値は「長時間平均」である。短時間に観測される光量の「分布」の「代表値」は光を放射する確率と同等の情報であり、測光の誤差は求めた値がどれだけ精度よく、その分布の代表値を表しているかという指標である。分布の代表値としてよく使われるのは平均、中央

値、最頻値などで、光量の場合、この3つの値が一致するのが理想的である。測定値の「分布」が何らかの方法で予めわかっているならば「誤差の典型値」を計算することができる。よく使われるのが標準偏差 σ で、分布を $p(X)$ 、平均を $E(X)$ として、

$$\sigma = \sqrt{V(X)}$$

$$V(X) = \int_{-\infty}^{\infty} (X - E(X))^2 p(X) dX$$

観測値の母分布がわかっている場合は誤差の分布も推定することができ、典型値も求められる。観測値の母分布の関数形はわかるあるいは仮定できるが、パラメタがわからない場合は母分布のパラメタを推定し、誤差を評価できる。

3.3.3 まとめ

天文学における統計技術は「誤差」の信頼性に活用されている。大量のデータから導き出された解析値とモデルによる解析の理想値との誤差を比較することで、遙か遠方の天体の解明に役立てている。誤差の計算や Signal-Noise のモデル計算となると、高校での学習範囲を超越するが、天文学における統計活用の話は生徒の興味関心への刺激として、大いに利用できると考えられる。また、日常で見かける天体画像などに隠された統計技術を教えることで、生活に隠れた統計技術を生徒に考えさせる経験にも役立つ。これもこれからの数学教育に求められる力であると考えられる。

3.3.4 参考文献・サイト

- 「高等学校学習指導要領解説 数学編」、2009、文部科学省
 「自然科学の統計学」、1992、東京大学教養学部統計学教室 編、東京大学出版会
 「すばる望遠鏡 - Subaru Telescope」 subarutelescope.org/

4 まとめと教材開発に向けての今後の課題

本研究ノートは、本学二年生（当時）であった鶴巻亮、石井壮平、松岡千遥、中原圭暁、山岸良考が、年度前期において、統計検定の準備をしつつ、一通りの大学カリキュラムにおける統計学を学んだうえで、永井による研究計画の元、各専門分野から講師を招き、その専門分野での統計の用途と解釈を検討するという形で進められた。各分野一人づつ担当を決め、記録したものが、このノートである。

教員養成の専門職大学院として、学校教育のみならず、実学としての統計をとらえ、広く実社会での統計の用途と解釈を見据えるため、各組織と連携し多角的な実践を通じて、カリキュラム構成を試みてゆくことを目指す。

また、本来 PC によりはじめて実現しうる、また実社会ですでに実現している、いわゆるビッグデータの取り扱いを、初等中等教育のカリキュラムに反映させる仕組みを考察してゆく。

永井 礼正 研究ノート：「初等中等教育における統計教育」へのコメント

浅見 奈緒子（日本教育大学院大学 専任講師）

本稿は、平成21年の高等学校学習指導要領改定の際、数学で必修化された統計に関する内容について、高等学校では主に記述統計が取り扱われること、一現場での状況と課題についての報告であり、また、三つの専門領域における統計の利用とその解釈についての記録報告である。

統計学の理解は、理科教育においても、科学的センス、科学リテラシーを身に付け応用するためにも必要である。理科では数学的ツールは自然現象を理解し説明するための重要ツールである。カリキュラム検討の際には数学と理科の教科間連携についても期待したい。

各専門分野での記録については、講師それぞれに内容について確認を取るよう当研究の責任者永井氏より指示があったとのことだが、天文学については誤解を招くような記述（ex.望遠鏡等の発明により観測技術が向上し⇒いつの時代であるのか、本稿のように画像処理・解析方法に焦点を絞るのであれば、観測装置の開発が適切であるといえる。また機械学習的な手法とはどこにかかるものであるのか不明である。）や不必要な情報が複数見られるため、そのようなことがないように今後は徹底していただきたい。

最後に、タイトル含め、本文には初等中等教育が対象であること、PCの活用を含めたカリキュラムを開発する旨が明記されている。それであれば、今後の課題において、より具体的な提案を明示すべきであると考え。今後に期待させていただきたい。