

初等教育段階における教科横断的な統計指導に向けた基礎的考察

－統計的探究に着目して－

大谷 洋貴¹, 五十嵐敏文²

要約

本稿の目的は、教科間の結び付きが相対的に強い初等教育段階において、統計的探究を教科横断的に指導するために、社会科と理科における統計的探究の位置付けを明確にするとともに、可能な教科間の関連付けを検討することである。本稿では、それぞれの教科の典型的な指導の展開を把握するために、教科書分析を研究の方法とした。結果として、社会科と理科ではそれぞれ社会的事象と自然事象の統計的探究がなされ得るが、それを統計的探究として明示的に取り扱うことはなく、対照的に算数科では統計的知識の指導はなされ得るが、統計的な探究活動は明示的に位置づいていないことを指摘した。最後に、STEM教育の知見を援用することで、可能な教科間の関連付けとして、一方では社会科や理科において事象探究し、他方では算数科において事象探究の方法を考察し学習する、という統計的探究を中心とした関連付けの方法が考えられることを述べた。

キーワード：統計的探究，教科横断的な指導，初等教育，教科書分析，STEM教育

1. はじめに

教育はその時代や社会と独立に語り得ない。時代や社会の変化に応じて、教育の在り方もまた変化する。むしろ教育とは将来の社会への先行投資なのだから、これから先の時代や社会において求められる人間像という視座から常に検討されなければならない。

複雑化する現代社会は高度に情報化されており、データで満ちていることは言うまでもない。それを適切に取り扱えることは明らかに今日的な、そしてこれからのリテラシーの一角を占めており、したがって統計的知識を道具として自在に利用しながら身の周りの問題を解決したり探究したりできることが全ての人々に要請されている。かつてホワイトカラーの人材が社会に広く希求されたのと同様に、統計的リテラシーを有する市民の重要性は今後高まりこそすれ失われることはない。なお本稿では、後述するように、Franklin et al. (2007) に基づき、統計的な探究あるいは問題解決としての統計的リテラシーに焦点を当てる。全ての学習者の統計的リテラシーを育成するための教育を実現することは喫緊で大きな課題である。

我が国の学校教育では、統計は主として算数・数学科において指導される。一方、統計的リテラシーのような単なる知識の保持を超えた資質・能力を育成するための有効な方略として、教科横断的な視

¹ 日本女子大学

² 日本女子大学

点をもつ必要性が指摘されている（松原・高坂, 2017）¹⁾。我々が遭遇する現実世界の問題は教科によって区切られているわけではないから、統計的リテラシーの育成においては教科を横断する視点はむしろ不可欠である。実際、社会科や理科といった算数・数学科以外の教科でも統計はすでに取り扱われている（木村, 2005）。学習者の統計的リテラシーを育成するためには、そのための統計指導を算数・数学科の範囲内に限定するのではなく、それ以外の教科における統計指導との関連を創り、教科横断的に取り組むことが必要である。

問題となるのは、算数・数学科における統計指導とそれ以外の教科における統計指導との関連をどのように構築するのか、という点である。そしてこの問いに答えるためには、少なくとも、各教科における現状の統計の取り扱い、本稿では統計的リテラシーとしての統計的探究の位置付けを明確にした上で、可能な教科間の関連付けの方策を検討することが求められる。そもそも社会科や理科などの教科では、統計は各教科内容の学習方法としてその理解を促進する役割を担っている（木村, 2005）。特に統計的探究は活動のプロセスであるから、棒グラフなどの統計的知識よりも扱いが潜在的であることが指摘される。これまでの我が国の統計教育研究では、統計グラフなどの統計的知識が算数・数学科以外の教科でどのくらい取り扱われているのかが調査されてきたが（e.g., 松浦・景山, 2003）、その背後にある統計的探究は着目されてこなかった。以上より本稿では、教科横断的に統計的リテラシーを育成することを目指して、各教科における統計的探究の位置付けの明確化、および可能な教科間の関連付けを検討することを試みる。

特に本稿では、教科担任制ではない初等教育段階では各教科がそこまで専門化されておらず、教科間の関連が少なからず意識されていると考えられるため、最も早期の段階における社会科と理科に焦点を当てる。以下ではまず、統計的リテラシーとしての統計的探究を概説した上で（第2章）、それを視点とした分析の方法とその結果を示す（第3章、第4章）。そして、各教科の関連付けに向けた方策を検討し（第5章）、今後の課題を述べる（第6章）。

2. 統計的リテラシーとしての統計的探究

統計的リテラシーという語句はリテラシーが統計によって修飾されているから、それは統計に関わるリテラシーのことである。リテラシーを辞書的に定義するなら「読み書き能力」になるだろうが、教育概念としてのリテラシーの今日的な意味に関して、阿部（2010）や佐藤（2003）などの論考で詳しく論じられている。すなわち、今日的なりテラシー概念は、いわゆる読み書き能力としての「識字」でも、限られた一部の大人だけがもてばよい「教養」でもなく、新たな時代や社会に参画するのに必須の新たな「識字」であり「教養」である。阿部（2010）は、今日的なりテラシー概念を、学校を超えた社会に参画するために全ての人々が身に付けなくてはならない知識や能力の総体であり、全ての子供たちに共通に提供する必要がある教育内容である、と説明する。統計的リテラシーを包括的に捉えるならば、それは今日的なりテラシー概念の統計版に他ならない。

しかし、統計的リテラシーという語句のもつ意味は複雑であり、その定義に対する統計教育研究者による意見の一致に未だ至っていないことが指摘されている（Ziegler, 2014）。上記の包括的な捉え方では、具体的にそれが何を指しているのかが自明ではなく、多様な解釈がなされてしまい得る。先行研究のレビューを通して統計的リテラシーのなかみを分析している大谷（2018）によると、今日的な

統計的リテラシーは、統計情報の消費者や生産者として生活するために必要な高次能力として理解され、それが発揮される2つの文脈の存在が指摘される。1つは読解の文脈であり、統計が埋め込まれた情報に直面する際に主として発揮される (e.g., Gal, 2004)。もう1つは探究の文脈であり、統計を用いて身の周りの問題を解決する際に主として発揮される (e.g., Franklin et al., 2007)。本稿では特に、木村 (2005) における授業実践事例で取り上げられているような後者の側面、すなわち統計的リテラシーとしての統計的探究に着目している。

統計的探究のモデルは様々あるが、Wild & Pfannkuch (1999) によって図示されているPPDACサイクルが有名である (図1)。このモデルは複数の統計学者が行う実際的な活動に基づいて作られたものであり、統計すること (doing statistics) の規範を示していると解釈できる。「Problem」の相では、身の周りの漠然とした問題を統計的に解決可能な問いへと明確にしていく活動が営まれる。「Plan」の相では、それを解決するための実験デザインが考案される。そして実際にデータを収集して整理するのが「Data」の相であり、「Analysis」の相でそれが分析される。最終的に、最初に設定した問題に照らして、分析結果を判断するのが「Conclusion」の相である。Makar & Rubin (2009) は、統計的探究が推測とは切り離せないことを指摘したうえで、それを「データからの確率的一般化」だと特徴づけている。統計的探究における結論とは、探究対象である問いに答えるために、収集したデータの分析結果に基づいて、それが得られた計画を考慮しながら一般化されたものと解釈できる。また、この5つの活動は、統計教育先進国であるニュージーランドをはじめ、諸外国の統計カリキュラムに明示的に位置付けてきており、我が国でも新学習指導要領に「統計的な問題解決の方法」として示されている。表1は小学校学習指導要領解説に明記された、Wild & Pfannkuch (1999) の統計的探究モデルの略記版である。

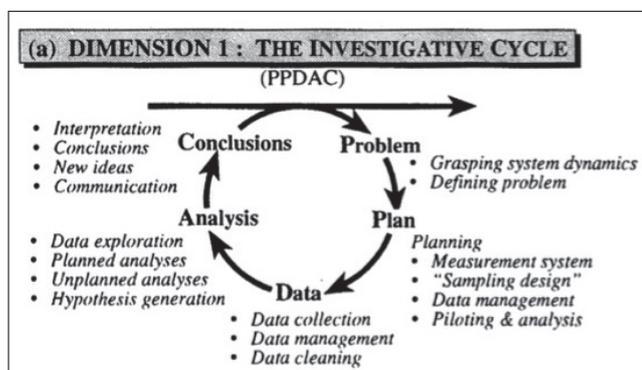


図1 統計的探究サイクル (Wild & Pfannkuch, 1999, p.226)

表1 小学校学習指導要領解説に明記された統計的な問題解決活動 (文部科学省, 2018a, p.68)

問題	・問題の把握	・問題設定
計画	・データの想定	・収集計画
データ	・データ収集	・表への整理
分析	・グラフの作成	・特徴や傾向の把握
結論	・結論付け	・振り返り

統計的探究の5つの活動から明らかであるように、それは算数科の範囲内でのみ現れるわけではない。社会科や理科などの算数科以外の教科でも統計的探究は起こり得、それによって各教科内容の学

習が促進され得る。無論、そこでは学習方法である統計的探究の学習が主ではないと思われる。しかし、統計的探究が各教科で取り扱われるのであれば、その指導は教科横断的であるべきである。問題は、各教科においてどのような統計的探究がなされるのかが明確でない点であり、以下ではそれを明らかにすることを試みる。

3. 方法

3.1. 調査対象

すでに述べたように、教科担任制を採らない初等教育段階では、教科間の関連が少なからず意識されていると考えられる。少なくとも、各教科内容が独立に洗練されている後期中等教育の場合よりも、教科間の関連付けや結びつきがあることが想定される。本稿では、事例的に最も早期の段階である小学校中学年（3・4年）の社会科と小学校第三学年の理科に焦点を当て、そこでどのような統計的探究が位置づいているのかを明らかにする。木村（2005）が例示しているように社会科と理科では統計が取り扱われており、また、音楽科や図画工作科などの教科に比べて統計的探究が明確に現れ得ると考えられるためである。

特に本稿では、各教科書における統計的探究の位置づけを検討する。教科書を対象とするのは、それが抽象的な学習指導要領とその解説を具体的に再記述したものであり、学習者の学習活動を意識しながら緻密に構成されているからである。統計的探究という問題解決活動は学習者の学習活動を意識して記述された教科書にこそ現れ得る。また、多くの教師は、学習指導要領やその解説を参照することによってというより、教科書を利用しながら学習計画を立案し実施するため、教科書の分析は実施されるカリキュラムをも部分的に射程に含める。実際に各教師がどのような指導をするのかは十人十色であり把握しようがないが、典型的な指導の展開、統計的探究がどのように実施されるかは、教科書分析によって把握することが可能であると考えられる。

我が国では国定の教科書を発行している会社は教科ごとに複数ある。初等教育段階では、社会科は4社、理科は6社、算数科は6社である。本稿では教科書の採択状況等を考慮し、東京書籍の教科書で統一する。統一することで教科間の関連をより取り上げることができると考えられる。

3.2. 分析の視点

本稿では、統計的探究サイクル（Wild & Pfannkuch, 1999）の5つの活動を分析の視点とし、教科書に見られる統計的活動を事例的に抽出する。一般に、教科書の統計的内容を調査する場合、そこで見られる明示的な部分が注目されることが多く、その背後にある統計的活動はほとんど意識されない。例えば、松浦・景山（2003）では、データの表現方法や分析方法に関わる統計的知識が社会科や理科などの教科でどのくらい取り扱われているのかが調査されており、算数科で未習の知識や算数科で指導されない知識が算数科以外の教科で取り扱われていることが指摘されている。しかし、明示的な統計的知識の種類と量に着目しているため、統計的探究のような暗黙的な方法的側面についての調査が十分になされているわけではない。明示的な内容である統計グラフはしばしば統計的探究のDataもしくはAnalysisにおいて現れるため、統計的探究の一部分にしか焦点化できていない。

以下では、統計的探究サイクルの5つの活動を視点として、社会科（北ら, 2015）と理科（毛利ら,

2015) の教科書に見られる統計的活動を抽出する。具体的には、統計的探究の5つの活動、すなわち問題を提起する、問題解決のための計画を立てる、何らかのデータを収集する、収集されたデータを整理して分析する、問題に対する結論を導く、という活動が設定されている部分に焦点を当てる。統計の用語が必ずしも明示的に記述されていなくとも、どのような活動が設定されているかで判断する。辞書的にいえばデータは必ずしも数値である必要はなく、解決すべき問題に対する結論を導く際の資料は全てデータとしてカウントすることができる。

4. 結果

4.1. 社会科教科書における統計的探究

社会科では、地域における社会的事象の観察や調査、具体的な資料の活用を通して、地域の社会的事象の特色や相互関連などについて考えたりそれを表現したりする力の育成などを目標として、自分たちの住んでいる地域の様子やその地域の人々の生産や販売について取り扱われる。

当該の教科書においては、社会科における学習の進め方が定式化され明記されている。「つかむ」、「調べる」、「まとめる」、という3つの活動である(図2;北ら, 2015, pp.24-25)。統計的探究の視座から解釈すれば、この学習の展開は明らかに統計的活動であると判断することができる。すなわち、「つかむ」は統計的探究のProblemおよびPlanに、「調べる」はDataに、そして「まとめる」はAnalysisおよびConclusionにそれぞれ対応する。収集されるデータの多くは数量で表せないため、その意味で表1に示されるような算数科で求められている統計的探究とはやや異なるが、調査を通して得られたデータを整理して結論へと一般化するまでの一連の活動はまさに統計的探究といえる。

<p>つかむ：気づいたことや疑問に思ったことを話し合い、学習問題をつくる</p> <ul style="list-style-type: none"> ・学習問題を予想する(仮説を立てる) ・調べることを決める <p>調べる：見たいこと、知りたいことを整理して、調べる</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実地調査、図書館やインターネットの利用、解決可能な人物への質問 <p>まとめる：わかったことや考えたことをまとめる</p> <ul style="list-style-type: none"> ・調べたことを整理する ・話し合いを通してまとめる ・学習したことを次の学習や生活にかす
--

図2 社会科における学習の進め方(北ら(2015)をもとに著者作成)

実際、教科書で記述されている具体的な学習活動の展開に注目すれば、その多くが地域における社会的事象の探究を目的として、調査によって収集した何らかのデータから結論を導く展開になっていることがわかる。例えば、「工場の仕事」を学習する場面では、地域の工場の仕事を学習することに関わるProblemがあり、それを解決するためにささかまほこ工場で働く人物の話を伺うというPlanが立てられ、その話をDataとして整理・検討すること(Analysis)を通して、地域の工場の仕事に関する

Conclusionへと一般化する、という展開となっている。実際には、ささかまほこ工場や工場で働く人物へと焦点化していく過程では、いくつかの統計的探究を経ることになっている。

しかし、この教科書上の展開は地域における社会的事象の探究に主要な関心があるために、調査対象としてのささかまほこ工場がその地域の工場の仕事全体をどれだけ代表しているのかや、限られた情報から全体へとどのように一般化することができるのか、といった統計的な側面については一切言及がない。ささかまほこ工場がその地域の工場を代表していないのであれば、あるいはその工場で見られる工夫が特殊な一部の工場に限られるのであれば、地域の工場の仕事やそこでの工夫を学習するという探究目的は部分的にしか達成できない。また、データが数的ではないことも統計的な側面への言及のない一因となっていると考えられる。数的データであれば、収集したデータを整理分析する際に統計グラフが利用され、グラフ利用の適切性やそこから導かれる結論の妥当性が検討され得るが、社会科における統計的探究では統計グラフの利用は限定的であり、しばしば学習問題を「つかむ」場面の検討材料として用いられている。ここでは統計グラフは所与であり、適切に作成されたそれを読み取る活動が主な活動となる。無論、実際の指導場面を想像すれば、教科書と全く同じ題材と展開にはなっていないはずである。しかし、教科書には典型的な学習展開が記述されているはずであり、そうでなければ教科書の役割を果たし得ない。したがって、社会科教科書に基づけば、そこでの学習の進め方はまさに社会的事象を対象とした統計的探究の過程であるが、統計的な側面は潜在的であり指導されていないことが指摘される。

4.2. 理科教科書における統計的探究

理科では、自然現象を比較したり関係付けたりしながら調べることで、それらの性質や働きについての見方や考え方を育むことなどを目標として、水や電気といった物質・エネルギーに関する事柄や人体や天気といった生命・地球に関する事柄が取り扱われる。

当該の教科書においては、理科における学習の進め方が定式化され明記されている。「[ふしぎ]を見つけよう(発見)」、「予想しよう、計画しよう(予想・計画)」、「[ふしぎ]をとき明かそう(解決)」、「まとめよう(まとめ)」という4つの活動である(図3;毛利ら, 2015, pp.70-71)。統計的探究の視座から解釈すれば、この学習の展開は明らかに統計的活動であると解釈できる。「発見」は統計的探究のProblemに、「予想・計画」はPlanに、「解決」はDataに、そして「まとめ」はAnalysisおよびConclusionにそれぞれ対応する。実験を通して収集されるデータには数値で表されるものがあり、そのような事象の探究は表1に示される算数科での統計的探究とほとんど異ならない。数的データに表されない事象に対しても、図3に示されるような学習の展開が実施されるなら、それは統計的探究の活動に他ならない。

実際、教科書で記述されている具体的な学習活動の展開に注目すれば、特に物質・エネルギーに関する分野において、自然事象を探究することを目的として(Problem)、従属変数を制御するなどして実験を行い(Plan)、データを収集して(Data)、その分析から結論を導く(Analysis, Conclusion)という統計的探究の流れに即している箇所があることが指摘される。例えば、「ゴムの伸ばし方によって、物の動き方は、どのようにかわるのだろうか」という問いを探究するために、輪ゴムで動く車を様々な輪ゴムの伸ばし方で動かし、その移動距離のデータを取り、実験結果からゴムの働きについての結論を導く活動が設定されている(毛利ら, 2015, pp.99-103)。

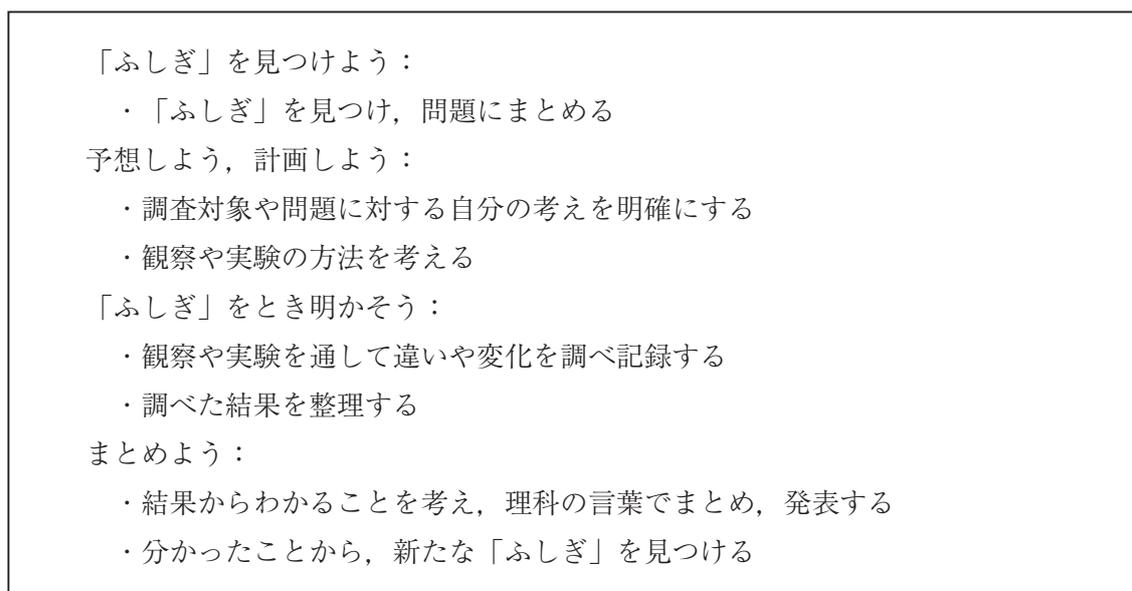


図3 理科における学習の進め方（毛利ら（2015）をもとに著者作成）

しかし、教科書上のこのような活動展開は自然事象の探究に主要な焦点があるのであって、統計的探究それ自体ではない。統計的な立場からみれば、実験計画の検討やデータの収集・分析はPlan, Data, Analysisの活動に他ならないが、そのことは顕在的でない。具体的に言えば、上記のゴムの働きに関する探究活動において、実験からデータを収集するとき、教科書の記述では「3回走らせて、もっとも遠くまで動いたときのきよりを記ろくする」(ibid., p.101) ことが指示されており、この指示は測定誤差を制御するための実験計画に関わっているが、なぜそうすべきかの考察部分までは示されていない。無論、誤差の取り扱いなどは後の学年・学校種で取り扱われるから、この学年段階では殊更に取り上げる必要がないと判断されたからである、と理由を推察することができる。あるいは、理科では、実験データから真値に迫るための統計的方法を探究することではなく、自然事象に潜む法則を探究することに主要な関心があることが理由であるかもしれない。実際の指導場面を想像すれば、教科書と全く同じ展開にはならないのかもしれないが、教科書には典型的な学習展開が記述されていると考えれば、やはり理科学習の焦点は統計的探究に置かれることはないように思われる。理科の学習の進め方は自然事象を対象とした統計的探究の過程であるが、統計的な側面は潜在的であり指導されていないことが指摘される。

4.3. 算数教科書における統計的探究

社会科では社会的事象の、理科では自然事象の統計的探究がそれぞれ学習の進め方として明確に位置づいている。一方で、現行の算数教科書を見ると、統計的探究が明示的でないことが指摘される。そこでの活動の中心は、所与のデータを整理するAnalysisの活動である。事象に対する仮説や事象探究の方法を検討する活動は明記されていない。例えば、小学校第三学年では、怪我、好きなスポーツ、読書時間などに関するデータを表や棒グラフに正しく表すこと、表や棒グラフを適切に読み取ることが指導される（藤井ら, 2015, pp.94-105）。算数科においては、教科書を分析する限り、統計的知識が明示的に指導される一方で、全体的な統計的探究の過程は位置づいていない。無論、実際の指導場面を

想像すれば、教科書と全く同じ題材と展開にはなっていないことが予想される。しかし、教科書に記述されている活動が典型的な学習展開であると仮定すれば、算数科における統計的探究の取り扱いが十分になされているとは考えにくい。

5. 議論

社会科と理科の教科書には統計的探究が確かに埋め込まれているが、潜在的であるために統計的探究として明示化されておらず、したがって指導・学習されることになっていない。学習者は社会的事象や自然事象を探究する際に統計的探究の活動それ自体に意図せず親しむが、それを統計的なものとして認知することはできていない。一方、算数科の教科書を見ても、統計的探究が埋め込まれていないため、それが指導されることにはなっていない。学習者は統計的知識を明示的に学習するが、それを統計的探究の過程の中でいかにして用いるかは学習することができていない。社会科や理科ではその固有の文脈に強く依存した探究活動が強調されるため統計的な要素は背景に退いており、対照的に算数科では文脈が抽象的であるために統計的探究は強調されず統計的知識に焦点が当たっていると考えられる。これらの関係を布置すれば、図4のように示される。算数科だけでは具体的な文脈に乏しいから統計的探究を扱うことは難しく、社会科や理科だけでは文脈が具体的すぎてそれぞれの探究を統計的探究として扱うことは難しい。教科の垣根を超えて、教科横断的に統計的探究を取り扱わなければならないことが指摘される。

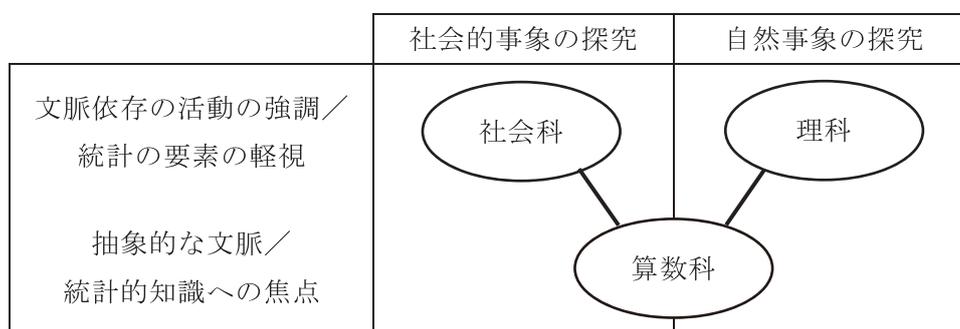


図4 社会科，理科，算数科における統計的探究の位置

5.1. 教科間の統合度による特徴づけ

ここで問題となるのは、いかにして教科を横断し関連づけるのか、という点である。このことに関して、STEM教育で議論されている「統合度 (level of integration)」(Vasquez, Sneider & Comer, 2013)の視点は参考になる。STEMとは科学・技術・工学・数学の各教科の総称であり、4つの教科を個別に捉える立場や統合的にみる立場など様々な解釈がSTEM教育に存在する(松原・高坂, 2017)。Vasquez et al. (2013)が定めた4段階からなる統合度は、STEM教育の4つの教科を出発点にして創られたものであるが、教科間の関連付けの程度に言及するものであるため、それ以外の教科に対しても適用可能である。

最も教科が分化した段階は“Disciplinary”である。そこでは従来通り、各教科が個別に指導される。続いて、各教科がそれらに共通するテーマの下で関連付けられる段階が“Multidisciplinary”である。テー

マは共通しているものの、各教科では個別の学習がなされる。例えば、太陽系をテーマとするとき、理科では惑星に関する学習が、算数・数学科では大きな数の除法の学習がそれぞれなされる（図5²⁾）。テーマだけでなく概念やスキルもが結び付けられる段階が“Interdisciplinary”である。太陽系の例では、サイズや距離に関わる縮尺の概念が2つの教科で共通しており、太陽系に関する深い理解を得るために、理科の側面では太陽系の各惑星の類似点や相違点について、算数・数学科の側面では比について、それぞれ学習されることが可能である（図6）。最も教科が統合された段階が“Transdisciplinary”であり、そこではもはや教科という壁は無く、現実世界で直面している何らかの問題の解決やあるプロジェクトに取り組む中でその遂行に必要な各教科の概念やスキルが学習される。例えば、「気象学者は惑星Xの天気をどのように予報するのか」という太陽系に関わるプロジェクトの本質的な問いに答えるために、各教科に関わる様々な学習目標が設定される（図7）。4つの段階にはそれぞれに価値があり、統合

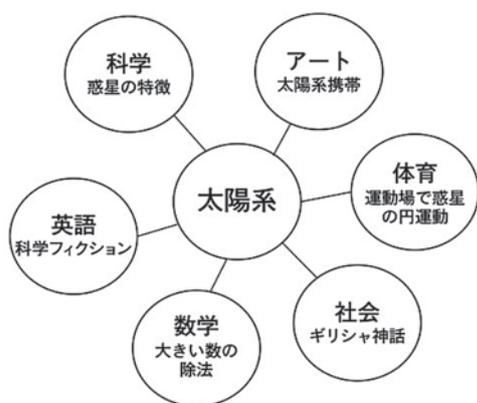


図5 太陽系についてのMultidisciplinary (Vasquez et al, 2013, p.62)

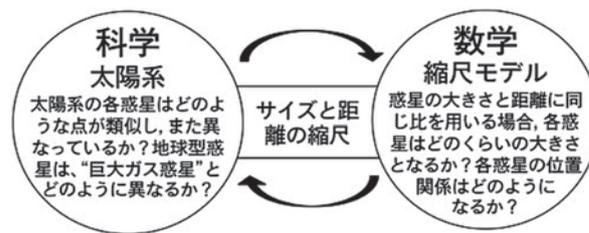


図6 太陽系についてのInterdisciplinary (Vasquez et al, 2013, p.64)

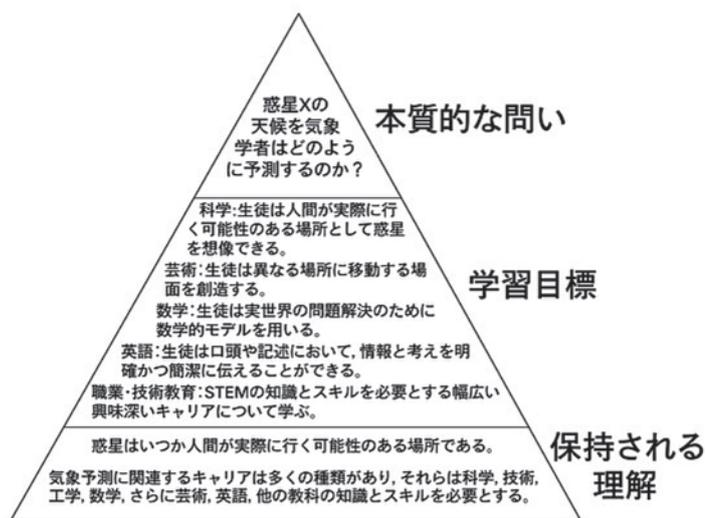


図7 太陽系についてのTransdisciplinary (Vasquez et al, 2013, p.72)

度が高いほど良いというわけではない（松原・高坂, 2017；Vasquez et al., 2013）。

4段階の統合度を踏まえれば、社会科、理科、算数科に共通する統計的探究の現在の扱いは、“Disciplinary”である。しかし、松原・高坂（2017）は、Vasquez et al.（2013）による4段階の統合度と資質・能力の育成とを関連づけることを通して、統計的探究のような教科横断的な資質・能力の育成には“Interdisciplinary”アプローチが対応すると主張する。現在の“Disciplinary”のままでは教科横断的に統計的探究を指導することには至らない。

5.2. “Interdisciplinary”アプローチによる教科横断的な指導に向けて

“Interdisciplinary”アプローチを教科横断的な統計的探究の指導のための視点とすれば、統計的探究それ自体が算数科と社会科、算数科と理科をそれぞれ結ぶ共通点であるといえ、一方では社会科や理科において事象探究し、他方では算数科においてその事象探究の方法を考察し学習する、という展開が考えられる。

社会科との関連付けの場合、例えば、社会科で「工場の仕事」（北ら, 2015）を探究する一方で算数科において標本と母集団の関係についての素朴なアイデアを学習することが考えられる。地域の工場の仕事を学習する際、この目的を達成するにはその地域の工場のすべてを調査することが求められるが、それは現実的に不可能である。そのため、一般的には、代表的な工場を調査することで方法を代替する。同様の理由で、その工場で働く特定の代表的な人物に焦点が移行する。この焦点化の過程では代表性の認識が不可欠である。この認識がなければ、地域の工場の仕事を学習していることにはなり得ない。ある工場のある仕事の学習で閉じるのではなく、地域の工場の仕事それ自体を学習するためには、代表性の認識が不可欠である。しかしながら、この認識は社会科教科書の当該場面では取り扱われるわけではない。“Interdisciplinary”アプローチが有効に機能するのはここである。代表性の概念を軸に、算数科において標本と母集団の関係を取り扱うことで、社会科での統計的探究とそれを通じた学習がより促進され得る。

この段階で学習される標本と母集団の関係は、形式的なそれである必要はない。恣意的な標本は母集団の性質を反映していないこと、母集団の縮図となるような標本が代表性を持つことなどが学習されればよい。算数科において代表性は、第3学年の棒グラフや第4学年の折れ線グラフの学習場面において、例えば自分の学級の怪我調べの結果から学校全体についての主張を導くことは適切でない、などの主張を追加で取り扱うことが考えられる。Brousseau, Brousseau, & Warfield (2001) の論文において、標本が代表的か偏っているかを議論する4年生の姿が記述されているように、その取り扱いは十分可能であるように思われる。また、近年の統計教育研究（e.g., Makar & Rubin, 2009）では、非形式的な統計的アイデアをより早期の段階で指導しておくことが後に形式的なものを指導する際に望ましいことが主張されており、標本と母集団の関係をこの段階で取り扱うことは算数・数学科の学習の促進にも寄与し得る。このように、代表性の概念を軸として、算数科では標本と母集団の関係、つまり探究方法について素朴に学習し、社会科では地域の工場の仕事を探究的に学習する、という“Interdisciplinary”アプローチによる学習展開の一例が考えられる（図8）。

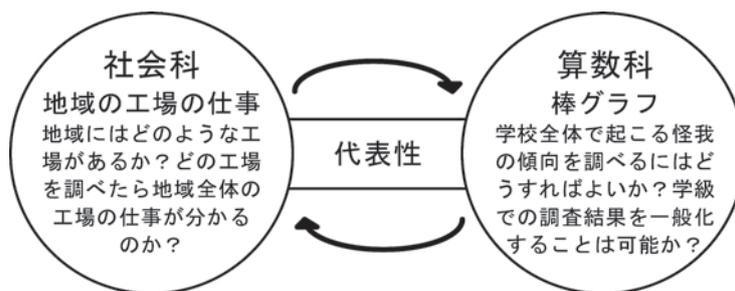


図8 代表性を軸とした社会科と算数科のInterdisciplinary

理科との関連付けの場合、理科で「ゴムの伸ばし方による物の動き方」(毛利ら, 2015)を探究する一方で算数科において測定誤差に関わる統計的なアイデアを学習したりする教科間の関連付けの方法が考えられる。理科教科書上では、データの収集方法に関して、「3回走らせて、もっとも遠くまで動いたときのきよりを記ろくする」(ibid., p.101)ことが指示されていることはすでに述べたが、なぜ1回ではなく3回なのかなどの問いの探究は理科教科書の当該場面では取り扱われるわけではない。多数回のデータ収集が必要になる理由を学習することは実験計画の理解を促進し得る。このことは、測定に伴う誤差の概念を算数科で学習することによって達成することができる。

“Interdisciplinary”アプローチに従えば、軸となる誤差の概念は、算数科における測定の学習と関連付けられる。算数科の学習は5つの大きな領域に分けられており、その1つに測定がある。長さ、重さ、広さ、嵩といった量の測定が取り扱われるが、しばしば測定値は確定的なものとしてみなされる。測定に伴う誤差の存在は考慮されず、同じものを何度測定しても同じ値が得られることが認識される。それに対して、理科での自然事象の測定には誤差が付随する。偶然性などの様々な要因のために測定ごとに得られる値は変化し得る。こうした対比と特徴づけを算数科での測定の学習に埋め込むことは、確定的な事象についての算数科の学習をより深めることを可能にする。確かに、測定誤差やその制御に関する形式的な統計のアイデアが取り扱われるのはかなり後の学年であるから、ここでは同じものを測定しているのに異なる値が得られる場合があることや、測定値に変動はあるが真の値が存在するだろうことを素朴に認識するの十分であり、そのためには何度測定しても値が一意に確定しないという経験が必要になる(大谷, 2014)。この認識が繰り返しの測定への動機づけとなり、繰り返しの測定が測定値の分布を生み、真の値の探究へと展開する。このように、誤差の概念を軸として、一方の算数科では探究方法としての測定の理解を深め、他方の理科では実験計画の理解を促す、という“Interdisciplinary”アプローチによる学習展開の一例が考えられる(図9)。

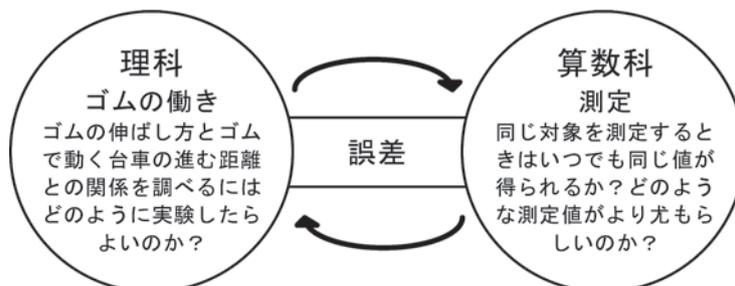


図9 誤差を軸とした理科と算数科のInterdisciplinary

松浦・景山（2003）の研究に代表されるように、これまでの統計教育研究が焦点を当てていたのは明示的な統計的知識の部分であり、その背後にあって潜在的な統計的活動の過程ではなかったために、上述の非形式的な統計的アイデアの扱いが着目されてこなかったと考えられる。初等教育段階においては特に、教科横断的に統計的探究を指導する際、形式的な統計的知識ではなくて、探究過程で必要になる素朴で非形式的な統計的アイデアにより焦点を当てていくことが重要であると思われる。

6. おわりに

本稿では、統計的リテラシーとしての統計的探究に着目し、それを教科横断的に取り扱うために社会科と理科の教科書における統計的探究の位置の明確化および可能な教科間の関連付けの方法を検討した。社会科と理科ではそれぞれ社会的事象と自然事象の統計的探究がなされ得るが、それを統計的探究として取り扱うことはない。一方で、算数科の教科書をみると、統計的知識の指導はなされ得るが、統計的探究は明示的に位置づいていないことが指摘される。このように現状の統計的探究は、各教科において分化的な“Disciplinary”アプローチで取り扱われているが、その教科横断的な取り扱いを実現するためには“Interdisciplinary”のアプローチが必要である（松原・高坂, 2017; Vasquez et al., 2013）。すなわち、一方では社会科や理科において事象探究し、他方では算数科においてその事象探究の方法を考察し学習するという関連付けの方法が考えられる。そこで本稿では、社会科と算数科、および理科と算数科の場合について、“Interdisciplinary”のアプローチによる教科横断的な統計的探究の指導の一例を示した。現状の算数・数学科において、標本と母集団の関係や測定誤差を形式的に指導するのは前期中等教育段階であるから、それらの非形式的な統計的アイデアに焦点を当てることにより重要になる。

今後の課題は、教科間の関連付け方を授業可能なように具体化することである。特に本稿では、典型的な授業展開を把握するために教科書分析を研究方法としているため、実際の授業の展開とは異なっている可能性がある。授業化のためには各教科の実際の指導展開や教科特性をより意識することが大切になる。それを検討することで、教科横断的な統計的探究の指導を阻害する要因を特定し、より可能なアプローチを開発できる可能性もある。授業化に向けた種々の検討は今後の課題である。

附記

本研究は、JSPS科研費（課題番号：18H05751）の助成を受けて行われました。

注

- 1) 高等学校学習指導要領解説の数学編では、統計指導のために情報科と連携する旨が明記されている（文部科学省, 2018b）。しかし、情報科において統計的探究がどのように位置しているのかは明確ではなく、どのように関連づけられるのかも明確でない。また、教科内容がより分化し専門的になる後期中等教育段階で教科を横断することは、初等教育段階でよりも困難であると予期される。本稿では教科横断的な統計指導に向けた足掛かりとして、それがより容易であると考えられる初等教育段階に焦点を当て、後期中等教育段階での考察は今後の課題としたい。

2) 図5, 図6, 図7で用いている図は, 松原・高坂 (2017) において和訳されているものを利用している。

参考文献

- 阿部好貴 (2010). 『数学教育におけるリテラシー育成に関する研究』. 未公刊博士学位論文, 広島大学.
- 藤井齊亮, ほか (2015). 『新編 新しい算数 3下』. 東京書籍.
- 木村捨雄 (2005). 「第1章「新しい知の創造」社会に向けての子どもの統計リテラシー: 賢い市民になる子どものための統計教育と授業設計」. 木村捨雄・垣花京子・村瀬康一郎 (編著). 『進む情報化「新しい知の創造」社会の統計リテラシー』 (pp.3-48). 東洋館出版社.
- 北俊夫, ほか (2015). 『新編 新しい社会3・4年上』. 東京書籍.
- 大谷洋貴 (2014). 「否定論を視点とした算術から記述統計への展開に関する研究」. 日本数学教育学会『数学教育学論究』, 第96巻 (臨時増刊), pp.33-40.
- 大谷洋貴 (2018). 「統計的リテラシーからみる我が国の統計教育の目標」. 日本科学教育学会『年会論文集』, 第41巻, pp.407-410.
- 松原憲治・高阪将人 (2017). 「資質・能力の育成を重視する教科横断的な学習としてのSTEM教育と問い」. 日本科学教育学会『科学教育研究』, 第41巻, 第2号, pp.151-160.
- 松浦武人・景山三平 (2003). 「小学校における統計教育の歴史的考察と今日的課題: 統計教育カリキュラム改善への提言」. 日本数学教育学会誌『算数教育』, 第85巻, 第4号, pp.11-20.
- 文部科学省 (2018a). 『小学校学習指導要領解説 (平成29年告示) 算数編』. 日本文教出版.
- 文部科学省 (2018b). 『高等学校学習指導要領解説 数学編 理数編』. http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2018/07/17/1407073_05.pdf (2018.9.28最終確認)
- 毛利衛, ほか (2015). 『新編 新しい理科 3年』. 東京書籍.
- 佐藤学 (2003). 「リテラシーの概念とその再定義」. 『教育学研究』, 第70巻, 第3号, pp.292-301.
- Brousseau, G., Brousseau, N. & Warfield, V. (2001). An experiment on the teaching of statistics and probability, *Journal of Mathematical Behavior*, vol.20, no.3, 363-411.
- Franklin, C., Kader, G., Mewborn, D., Moreno, J., Peck, R., Perry, M. & Scheaffer, R. (2007). *Guidelines for assessment and instruction in statistics education (GAISE) project: A pre-k-12 curriculum framework*. http://www.amstat.org/asa/files/pdfs/GAISE/GAISEPreK-12_Full.pdf (2018.9.28最終確認)
- Gal, I. (2004). Meanings, components, responsibilities. In Ben-Zvi, D., & Garfield, J. (Eds.), *The Challenge of Developing Statistical Literacy, Reasoning and Thinking* (pp.47-78), Kluwer Academic Publishers.
- Makar, K. & Rubin, A. (2009). A framework for thinking about informal statistical inference, *Statistics Education Research Journal*, vol.8, no.1, pp.82-105.
- Vasquez, J., Sneider, C., & Comer, M. (2013). *STEM lesson essentials, grades 3-8: integrating science, technology, engineering, and mathematics*, Heinemann.
- Wild, C. J. & Pfannkuch, M. (1999). Statistical thinking in empirical enquiry, *International Statistical Review*, vol.67, no.3, pp.223-265.
- Ziegler, L. A. (2014). *Reconceptualizing statistical literacy: Developing an assessment for the modern introductory statistics course*, Unpublished doctoral dissertation, Faculty of University of Minnesota.

Cross-curricular Teaching of Statistics in Primary Education: Focusing on Statistical Investigation

Hiroki OTANI¹, Toshifumi IKARASHI²

1 Japan Women's University

2 Japan Women's University

Abstract

The purpose of this paper is to clarify the use of statistical investigations in social studies and science textbooks and to consider how to teach statistics using cross-curriculum activities in primary education. Textbook analysis was used to determine the types of activities covered in each discipline. In both social studies and science, social and natural events were explored statistically, however, these activities were not taught explicitly as statistical investigations. In contrast, in elementary mathematics, statistical knowledge was taught as a component of the curriculum but application of this knowledge in statistical investigations was not explicitly covered in the textbook. Finally, considering the importance of STEM education, a method of associating these disciplines centered on statistical investigations was considered.

Keywords : Statistical Investigation, Cross-Curricular Teaching, Primary Education, Textbook Analysis,
STEM Education