

情報社会の問題解決とデータアナリシス

松田 稔樹^{1) 2)}

1. はじめに～教育課程編成と資質・能力モデル

筆者は、大学の教職課程で、「教育課程の編成」「教育の方法及び技術」「総合的な学習の時間の指導法」「数学科／理科／情報科教育法」などを指導している。教育課程は、学習指導要領(文部科学省2018)の総則に次のように書かれている通り、各教科の指導計画を立て、授業設計をする大前提になるものである。

「学校教育の目的や目標を達成するために、教育の内容を生徒の心身の発達に応じ、授業時数との関連において総合的に組織した各学校の教育計画」であり、「各学校の教育活動の中核として最も重要な役割を担うものである」

一般に、高校の教育課程編成と言うと、単に、どの学年でどの科目を「選択・必修」いずれの形で提供するか、進級・卒業要件をどう定めるか～教育課程表の作成～に焦点化しがちである。しかし、近年、カリキュラム・マネジメントが強調されるのは、育成すべき資質・能力～特に、汎用的で教科横断的な資質・能力～を育む際に、教科等(総合的な学習の時間や特別活動を含む)の連携を意識した指導計画作成が重要であり、その点を教育課程編成で意識しつつ、評価・改善することを求めていることである(中央教育審議会2016)。年間・単元指導計画に、汎用的資質・能力(言語能力、情報活用能力、問題解決力)や(教科内では汎用的な)見方・考え方の育成計画を明示し、通常授業の成果を課題学習や探究活動でどう活用させるのか、他教科や総合的な学習の時間とどう連携し、教科横断的な資質・能力の育成を図るのかを明記する必要がある。

上述のように考えると、教育課程編成作業は、特定の(教務主任や教務委員の)先生のみが行うのは望ましくなく、学年や教科をまたがって積極的に連携するという視点から議論を行い、それが教育課程の情報に目

に見える形で表現できているかを評価・検証しながら作業することが望ましい。つまり、作業の良さは効率や負担の軽減に偏るべきではなく、教員間の相互理解や協力関係の構築に寄与するかどうかという観点も重要になる。

その際、汎用的で教科横断的な資質・能力をどんな枠組みで捉えるか、が共通理解を促進し、かつ教科連携・分担を図る際の鍵となる。例えば、学力の三要素から派生した新学習指導要領の資質・能力論では、教科の目標も言語能力や情報活用能力も、学力の三要素で説明しようとする。この枠組みでは、教科等ごとに、教科固有の言葉を使って三要素を目標・内容として記述する。結果的に、教科の独立性が高まるにも関わらず、一見すると教科の指導を通じて三要素が育まれ、それらと同じ枠組みで捉えられる言語能力等も自ずと育成されるかのような印象を与える(図1)。

しかし、見方を変えれば、各教科はそれぞれ独自の内容を指導しているに過ぎず、言語能力等も独立して指導しなければ何も指導していないのに等しいとも解釈できる。仮に、後者の解釈をすれば、言語能力等の指導要素のどれを各教科で指導するのかについて、明確な計画を立てなければならぬが、要素をどう分解すればいいのかについては、何もヒントを提供していない。結果的に、前者の解釈の方が都合良くなり、言語能力等については意識的な指導がされないことになる。これは、1989年の情報活用能力の定義で「情報の判断、選択、整理、処理能力及び新たな情報の創造、

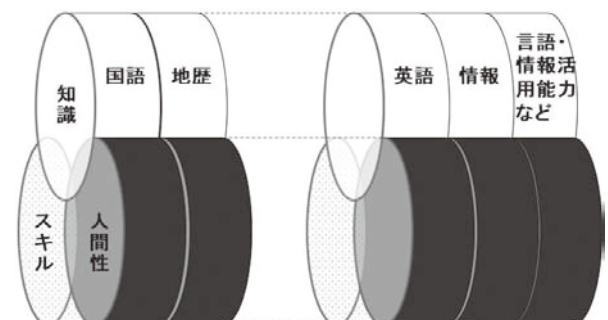


図1 各教科等の目標・内容を三要素で表した体系図

2021年1月31日受付 2021年2月8日受理
 1) 東京工業大学リベラルアーツ研究教育院
 2) 江戸川大学情報教育研究所

伝達能力」を柱の1つに据えたため、従来通りの教育をやっていたら情報教育をやっていることになるという(情報教育への積極的な取り組みをしないための)口実を与えたこと(松田1997)と似ている。

学力の三要素は、もともと評価観点だった点にも注意が必要である。人間の能力をパフォーマンスだけに着目して人工知能(AI)と比較すれば、AI脅威論に行き着く。一方、両者のメカニズムの違いに着目すれば、それぞれの特徴を活かした協調作業が可能になる。もちろん、違いをふまえた教育を行い、人間にふさわしい能力を伸ばせばである。そのような教育を可能にするには、評価概念に基づく資質・能力論ではなく、思考のメカニズムやプロセスの違いに基づく資質・能力論や教育課程・授業設計の方法論が不可欠になる。

例えば、1997年の情報活用能力の定義は、その柱として「情報活用の実践力」「情報の科学的な理解」「情報社会に参画する態度」の3つを挙げた。文部科学省(2000)は、これらを各学校段階・教科等でどのように役割分担しながら育成するかを図2のように体系的・系統的に示した。これにより、各教科等では授業の情報化(教科等の目標のより良い達成)にICTを活用しつつ、その際に、活用する目的や理由を子どもたちに考えさせ(可能ならば活用するか否かを選択させ)て、情報活用の実践力の育成も行う(そのような授業設計に焦点化すればよい)ことを明確にした。一方、中学校の技術・家庭科や高校の共通教科情報は、情報教育のための教科であり、専門性を持った教員が、情報の科学的な理解や情報社会に参画する態度に重点を置いた指導を行う。その上で、それらの学習成果を各教科等で発揮しながら、情報活用の実践力が求められる(上で生徒に判断を求めるような場面での判断練習をさせるが、これらの教科の授業時数は少ないので、情報活用の実践力の指導には重点を置かないと割り切る。

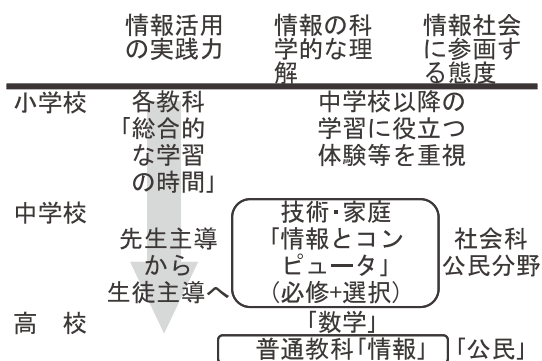


図2 体系的・系統的な情報教育実施の枠組み

2. 問題解決の縦糸・横糸モデルと汎用的資質能力

教育課程の類型には諸説があるが、大きな分類として、教科中心カリキュラムと経験中心カリキュラムがある。そして、1998年改訂の学習指導要領以降は、両者を並行カリキュラムとして融合した「人間中心カリキュラム」(平野1987)だと解釈される。これを図的に表したものが図3上である。これに図1の各教科の三要素を単純に展開すると、図3中央のようになり、そのままでは三要素は統合されず、孤立したままになることが明白である。各要素を相互に結びつけるために図3下を理想と考えると、見た目はすっきりするが、この

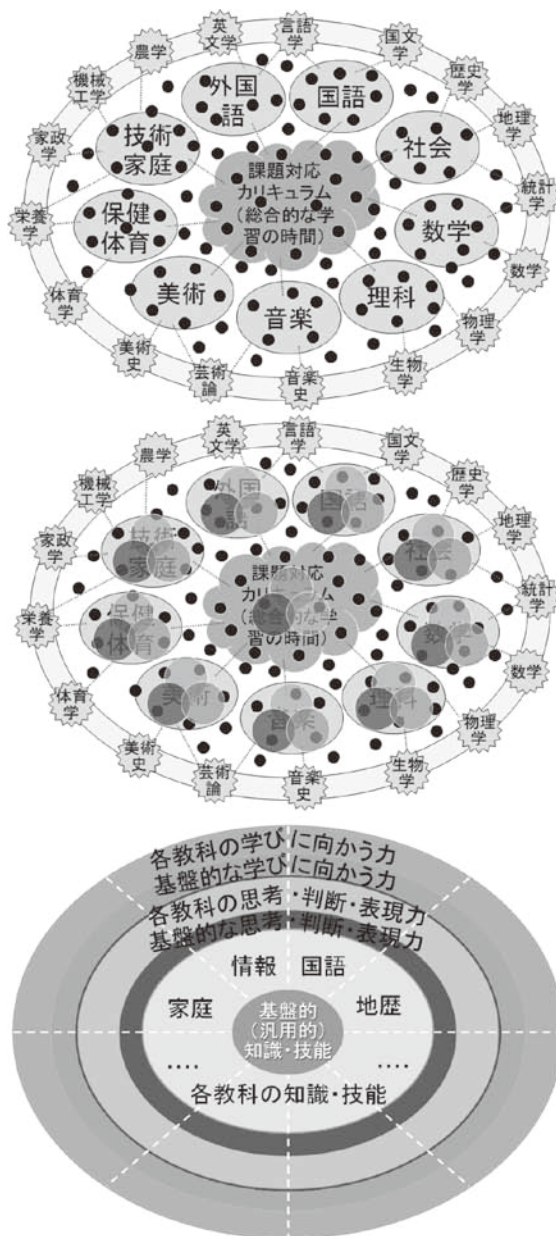


図3 人間中心カリキュラム(上)と学力の三要素(中,下)

図式で指導順序を考えると、中心から外に向かって順番に教えがちである。学力の三要素を段階論で捉えればこの指導法はリーズナブルだが、段階論でなく要素論だとするならば、汎用的(基盤的)要素と各教科の指導要素の指導順序を決める手がかりが無く、教科連携も教科内の指導計画立案も複雑になるだろう。

ここまで述べてきた通り、学力の三要素による資質・能力観は、教育課程編成を複雑にするだけで、教員の助けにも学習者の支援にもならない。もともとそれは評価概念だから、学習する子ども達が「いつ、何をどう意識して活用すればいいのか」が分からないからである。Bruer(1991)が指摘している通り、汎用的資質・能力の指導には3つの指導要素～領域固有知識、汎用的方略、メタ認知～が必要で、汎用的方略の指導では括弧内のことを明示的(インフォームド)に指導する必要がある。そこで筆者は、情報教育や技術教育で問題解決力を育成する指導の枠組みを明確化するため、問題解決の縦系・横系モデルを提案してきた(松田2015)。その後、Bruerの提言と関連づけ、教科横断的な汎用的方略をインフォームドに指導するという観点から、縦系・横系モデルをカリキュラム・マネジメントや教材開発に活かす方法を提案してきた。

縦系・横系モデルの最も一般的・簡略的な表現は、図4の通りである(松田2018b)。Bruerの提言と関連づけると、問題解決の手順(縦系と横系の作業手順)と見方・考え方が汎用的方略に、覚えるべき内部知識と参照すればよい外部知識が領域固有知識に対応する。メタ認知はメタ認知知識とメタ認知技能に分類できるから、モデルを明示することがメタ認知知識をインフォームドに指導することに相当し、(ゲーミング教材を活用して)モデルを意識しながら自分の活動状況を認識・改善させるようコーチングすることが、メタ認知技能活用のインフォームドな指導になる。

縦系・横系モデルの指導要素を教科等の連携・分担を意識しながら図3上と関連づけたものが、図5である。

各教科には指導すべき内容があり、その多くは内部知識である。一方、自己学習力の育成を考えれば、外部知識の活用も指導する必要がある。内部知識とは、外部知識にアクセスし、解釈する上で必要な知識である。例えば、統計量の数式、統計ツールの活用法、結果の解釈に必要な知識の3つに着目すると、数式を知っていても他の2つを持たなければ、結果を求めることも解釈することもできないだろう。逆に、他の2つを使えば、結果を求め解釈もできる。よって、数式は外部知識でよく、ツールの活用法や結果の解釈に必要な知識は内部知識とすべきである。なお、知識を問題解決に活用する際には、知識(情報)の変換が必要であり、それを見方・考え方と呼んでいる。見方・考え方は、学習指導要領が作られた当初(1950年代)から教科の目標等に記述されており、教科で指導すべきものであるとともに、教科の特定単元の内容に位置づけられるものではなく、少なくとも教科内では汎用的な方略に位置づくことと解釈できる。松田(2018a)は、各教科で以前から研究されてきた見方・考え方と比較して文部科学省が示した見方・考え方の問題点を指摘し、さらに、数学的な見方・考え方(図6)と科学的な見方・考

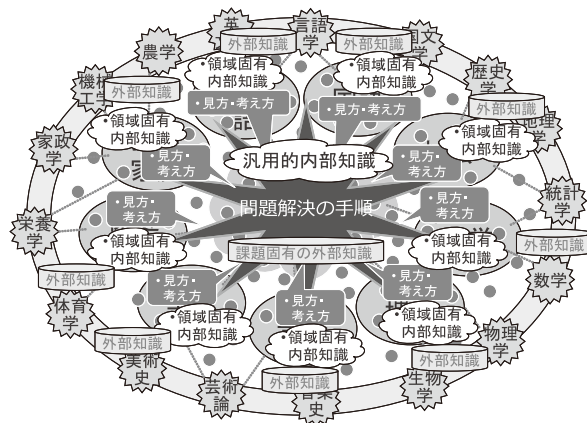


図5 縦系・横系モデルの各要素の体系的な指導

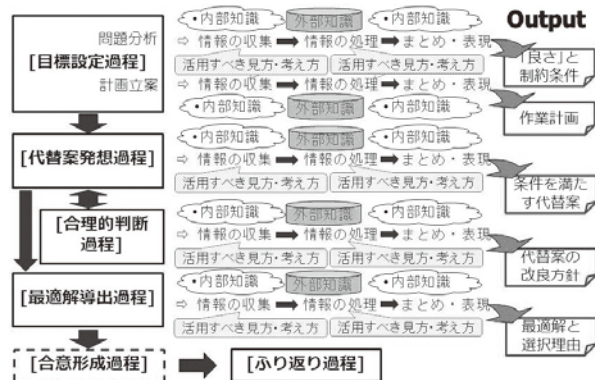


図4 問題解決の縦系・横系モデル(共通概要版)

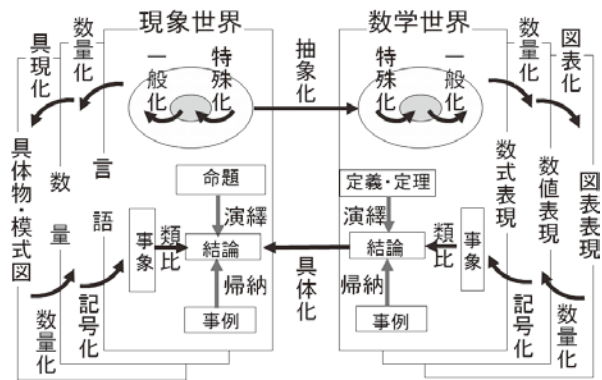


図6 松田(1993)の数学的な見方・考え方の図式

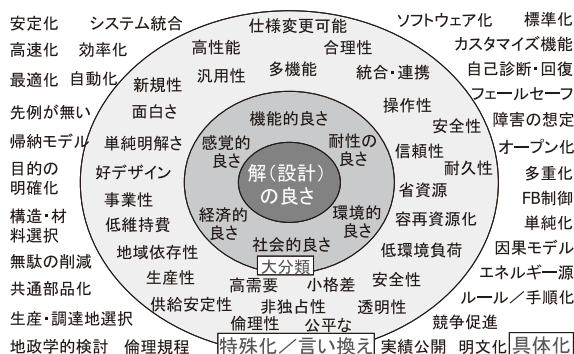


図7 STEM教育用に統合した多様な良さの階層

え方との間に一定の共通性があることも指摘している。領域固有性を強調することは汎用性を損なう恐れがあり、どうやって転移を促すかという観点から、共通性に着目した研究こそが必要になる。

図5では、各教科の通常の授業で、内部知識と見方・考え方の指導に焦点を当てつつ、単元ごとに行う課題学習や探究活動などで、問題解決の手順を導入的に指導し、手順に即して上述の要素を活用する指導を行う。その時に示す縦糸・横糸モデルは、図4を各教科・領域等別に、より詳細化したものであり、横糸の文言を具体化したり、見方・考え方や内部・外部知識も、より具体化した内容を活動場面と関連づけて示す。

ここで、内部知識には教科固有のものと汎用的なものがあることに注目する必要がある。例えば、図4の目標設定過程では、「求める解の良さ」を目標として設定する。特定教科・領域の問題を解決するだけなら、限定された「良さ」を考慮すればいいが、課題解決/探求活動など、身近な生活に関わる問題を扱いはじめると、考慮すべき「良さ」は多岐にわたる。図7は、そのような多様な良さをSTEM教育の範囲で列挙したものである。この図式に基づいて「良さ」を言い換える力が、多様な代替案を発想する力の修得につながる。それ故、「良さ」の知識は、汎用的内部知識として修得し、総合的な学習の時間の問題解決では、これを起点に問題解決を進めるように指導する。

3. STEM教育とS-TE-M教育～統計教育と情報教育

STEM教育に関する筆者の見解は、松田(2020a)にまとめた通りであり、要点は以下の通りである。

- STEM教育は、理科教育、技術教育、数学教育を統合的に行うもの(工学教育を入れていない点に要注意)であり、学問的には、基礎科学(自然科学など)、形式科学(数学や情報科学)、応用科学(主に工学)を

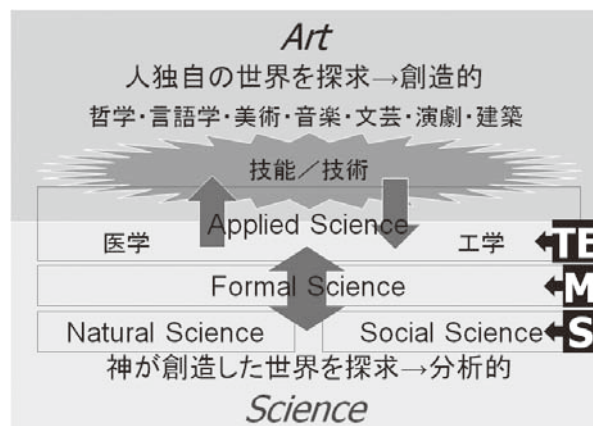


図8 STEM教育用に統合した多様な良さの階層

ベースにしている(図8)。筆者は、基礎科学に社会科学も含めるべきだと考えており、社会科学教育も統合すべきだと考えている。

- STEM教育が海外で着目される理由は、日本の総合的な学習の時間のような教科横断的教育を明示的に行う場が無いことの影響が大きい。なぜなら、近年の教育改革は、一方で汎用的資質・能力の育成を重視するが、他方では、証拠に基づく教育改革が強調され、教科別のスタンダードの達成率が重視されるため、教科の独立性(テストに焦点化した授業)を強めるという股裂き状況を招いているからである。STEM教育は、現状では教科横断的教育を強調する1つの有力な選択肢になっていると言えるだろう。これには、技術教育系の教育団体が、技術教育の拡充を目指す手段として活用している点も見逃せない。
- 米国では、技術力の維持と密接に関係して、科学教育改革のために技術教育や工学教育との連携の必要性が言われてきた。これは、米国ではスタンダードが強調されるものの、教育課程の基準は学校区単位で決められ、一部の教科を除けば、原則、選択制になっているという実情がある。科学への興味・関心を高めるためにも、キャリア教育のためにも、科学教育に技術教育や工学などの内容を入れていくべきとの提言がされている。

ここでSTEM教育を持ち出す理由は、カリキュラムマネジメントの視点をふまえて、統計教育の目的を適切に位置づけるためである。言うまでもなく、統計は数学教育の4つの領域の1つであり、小学校段階から系統的に指導されている。統計的内容をわずか2単位の情報科の中で扱うのであれば、それはどういう観点で扱うべきかを育成すべき資質・能力の中で検討しておくべきである。数学教育の中では行えない指導を行わなければ、情報科にとっては時間の無駄でしかなく、情報科本来の目標達成を阻害するだけである。その時、

図8の数学教育と技術教育との関係が鍵になる。筆者は、情報科の基盤学問がコンピュータサイエンスだとする考えは間違いであり、それでは、情報科と数学科を併存させる意味が無いと考えている。情報科は中学校技術・家庭科との関係を考えても、総合的な学習の時間につながるSTEM教育の充実という観点からも、技術教育を行う教科だと考えるべきである。技術教育は、問題解決力の育成で鍵となる教科であり、このピースを欠いて問題解決力の育成は為しえない。

そう考えると、情報科で扱うのは、統計教育ではなく、データアナリシスのための情報技術の活用である。ここでデータ分析ではなく、データアナリシスとしたのは、高校・数学Iの「データの分析」との混同を避けるためである。データアナリシスは、「情報の収集⇒処理⇒まとめ」を効率的に行うことを指し、単に、計算のためにICTを使うのではなく、Webアプリケーションやセンサを使って効率的・広範囲にデータを収集する工夫などを含む。つまり、計測法やビックデータ蓄積のための情報システムの設計など、工学的・技術的手法が中心であり、統計的な知識・技法はあくまでも数学で指導すべきと考える。

なお、上で「単に、計算のためにICTを使うのではなく」と述べたのは、統計ツール(Excel, SPSS, Rなど)の使い方を教えることは、情報科の役割ではないことを強調するためである。これらのツールの使い方は、機器操作の指導の範疇であり、そもそも、情報教育の目標に含まれないことは、1997年の情報活用能力の定義で明示されていることである。

4. 統計教育の類型 ～ 一般 vs. 専門教育

ここまでの議論をふまえると、統計教育について論述するこれ以降の章は、情報教育の議論ではなく、数学教育(形式科学の教育という意味であり、コンピュータサイエンスを中心とした情報科学を含む)の議論になる。大学の情報系学部・学科は、情報学の周辺分野を扱うものであり、江戸川大学の情報文化学科もそこに属す。高校での統計教育は、大学では数学科よりも、心理学、経済学、社会学などの社会科学系でより広く使われるし、筆者が学んだ情報科学科でも、オペレーションズリサーチの分野として扱われた。

よって、大学教育との接続という観点もふまえて、高校の数学教育における統計教育のあり方を議論することは重要であり、その際、情報科の学習成果とどう結びつくかという見通しを持つことも重要である。前述したカリキュラム・マネジメントの観点、総合的な学習の時間の活動に結びつける観点からも、これまで

の数学科における統計教育のあり方では不十分である。なお、理科や社会科でも、データを使って実際に身近な現象を考察するが、それを統計教育とは呼ばない。あくまでもそれらの前提となる統計手法の知識やスキルを修得する教育を統計教育と呼ぶ。

4.1 統計教育の現状分析

日本の統計教育は、後述する諸外国の統計教育と比べて極めて遅れていると言わざるをえない。特に、2009年の学習指導要領改訂前は、高校数学の必修の内容に統計が含まれておらず、選択もしにくい仕組みになっていた(松田・多胡2010)。生徒から見れば、確率や統計が数学の中で最も有用と認識されていたにもかかわらず、1999年改訂で、統計が数学Iから削除されたからである。そこには、統計教育の重要性に対する認識の低さがある。

また、日本の数学教育は、計算の仕方やグラフの書き方の指導に焦点が当たり、統計教育に限らず問題解決的なアプローチが不足しており、多様な仮説、分析方法、解釈を検討する指導は行われぬ。結果的に、統計ツールを活用して実践的なデータ分析をすることよりも、手計算で統計量を求めるといった活動が授業の中心になっている(松田・益田2011)。

諸外国の統計教育の状況については、深澤(2014)が米国の状況を中心に、英国、フィンランド、オーストラリア、ニュージーランド各国の教育省Webサイト情報も分析して、特徴をまとめている。この種の報告は、必然的に分析者の視点が結果に影響を与えており、恐らく日本の状況との対比に重点が置かれていると想像されるが、おおよそ次のような解釈ができる。

- 日本の学校教育で学ぶ統計の必修内容項目(用語)に他国と大きな違いは無い。小学校までは度数を数え、割合も求めつつ、グラフに表すための内容が主である。中学校以降は、確率概念も学びながら、標本と母集団といった概念、代表値や散らばりの指標、相関などを学ぶ。ただし、日本では帰式や確率分布、期待値などは学ばない。
- 海外では、Formulate Questions ⇒ Data Collect ⇒ Analyze Data ⇒ Interpret Results,あるいは、Problem ⇒ Plan ⇒ Data ⇒ Analysis ⇒ Conclusion(PPDACモデル)といった日本では教えられていない統計の問題解決の手順に基づいて、実践的・体験的な学習が行われている。
- 海外では、数学的モデリングやデータ収集の方法を考えさせる活動も扱っている。一方、日本では、それらを扱っていないため、モデルやデータを疑うことや、そこから導かれる結論や解釈に一定の条件が

ついていることが意識できていない。

高等教育における統計教育については、学会等がモデルカリキュラムや指針などを作成している。日本では、文部科学省による大学教育の質保証の要請をふまえ、学術会議が各学問分野の知識体系を「参照基準」という形で示している。統計分野についても、1つの独立した分野として参照基準が作成された(日本学術会議数理科学委員会 2015)。

ただし、統計教育を看板に掲げた大学の学部・学科は、これまでほとんど存在しなかった。近年、データサイエンスやAI技術の重要性が認識され、いくつかの大学に統計教育を核としたコースが新設されつつあるが、多くの場合、統計教育は既存の学問分野別にそのカリキュラムの一部として行われている。このような状況をふまえ、上述の参照基準は明確な内容項目と必要な授業時数などを示したものになっていない。代わりに、上述の参照基準の作成に関わった統計関連学会連合(2014)が、大学基礎科目としての参照基準と、心理学、経済学、医学など、12分野別のものを作成している。そこでは、より詳細に内容項目が列挙されており、基礎科目(基礎編と発展編)のうち基礎編は2単位での開設を想定していることが明記されている。

高等教育の統計教育については、大学教員が執筆した市販のテキストを見ることで傾向を知ることでもできる。大きく分類すると、統計手法の数学的理論(統計学)を扱うもの、統計ツールの使い方(操作スキルの演習)に重点を置いたもの、特定分野のデータ分析の実際(ケース)に重点を置いたものなどを見かける。

これらの指導法の問題を図6の数学的な見方・考え方に即して指摘すると、次のようになる。

統計学や操作スキル演習に重点を置いた指導は、前述した日本の統計教育の現状に近い。基本的に、数学世界(あるいは形式世界)のオペレーションに焦点が当たっており、現象世界の問題を数学世界の問題にどう定式(抽象)化すべきかを考えさせる指導が不十分である。統計的手法を活用するには、現象世界の問題に対する理解を深めて抽象化する作業や、分析結果を現象世界の結果として解釈する作業が不可欠である。結局のところ、数学世界の知識を理解させる指導法は、現実世界の問題解決に転移させ、汎用化させる上で問題がある。なお、数学的概念や手法を理解させるために、具体例を挙げる場合がある。これは、図6の具体化に対応し、抽象化とは逆の思考である。筆者は、知識の関連づけの方向性が重要だと考えており、学習成果の文脈依存性という観点からも、どのような方向性で知識を引き出す練習をするかが重要だと考えている。

一方、ケースを扱う指導では、現象世界と数学世界

との間で行う変換(抽象化や解釈)に、多様な立場の違いや代替案があることが紹介される。しかし図6に基づくならば、扱う事例はあくまでも特殊例であり、それをどこまで一般化できるか(より正確には、一般化して理解した上で他の特殊事例に適用できる力を育成できるか)が問題になる。ここで言う一般化は、単に、同分野の他の事例にとどまらない。例えば、教員は、担当教科固有のデータ分析以外に、成績処理や授業評価などの教育活動に固有なデータ分析、進路指導に必要な社会・経済データの読解など、多様なデータを扱う可能性がある。教員は、統計以外にもさまざまな学習が必要であり、統計だけは分野ごとに多様な事例の学習をするというのは非現実的である。

前述した大学の分野別参照基準は、ケースを扱う指導法に対応すると想定されるが、実際は、分野別によく使われる統計概念や手法が挙げられているだけで、統計学の知識習得に重点を置いた指導に該当する。ケースを扱う指導法は、数学に重点を置いた指導をした後に、実践的な指導を行う授業を別途設けるというやり方が想定される。結果的に両者を学ぶには、多くの時間を費やす必要が生じる。

4.2 市民教育vs.専門教育としての統計教育

筆者は、第6回情報教育研究会で、2018年学習指導要領から導入されるプログラミング教育について、一律にプログラミング的思考の育成といった単一目的で行うことは適切ではなく、各学校段階で発達段階やカリキュラム全体の中での教科の役割分担などをふまえ、その目的を変えて行うべきだと提言した。具体的には、

- ①将来の職業選択を考える機会を提供⇒小学校
- ②コンピュータが動作する原理や自動化のメリットを理解⇒中学校
- ③プログラミングの知識・技能を習得⇒専門
- ④アルゴリズム的思考を習得⇒数学
- ⑤情報社会に参画する態度に結びつく情報の科学的な理解を養う⇒情報科

といった役割分担である(松田2019)。

また、高校段階の共通科目には、(選択)必修科目と選択科目があり、同じ共通科目でも、必修科目が一般教育を担い、選択科目は専門科目として扱うのが適切であるとの指摘をしてきた。その上で、情報教育と情報処理(専門)教育との対比を例として、一般教育は専門教育の入門編ではないし、それぞれの目的の違いを意識した異なる指導をすることが大事だと指摘した。

具体的には、高校情報科の必修科目では、行政や民間が提供する(それを使わないという選択が実質的にできない)基盤的情報システムの導入・運用に関して、(投

票行動などで)賛成・反対の意見表明をしたり、規制や監視を目的とした法律の制定を求めたり、自己防衛策を考えたりするなど、システムを批判的に検討する能力を高めることが重要である(松田2020b)。これに対して、専門教育では、情報システムをいかに導入してもらうか、導入を前提とした設計・運用能力を高めることが目的となる。つまり、図9にある通り、本来、市民と専門家は、一定の緊張関係にあることが望ましく、それが、より良い情報システムを設計・提供することを促す。そのようにして技術の高度化を促すことこそ、海外にも輸出可能な情報技術を生み出す土壌になる。両者は異なる観点で学ぶ必要がある、「一般教育は専門教育の導入編である」という考え方は、専門家と市民

との間に、支配者／被支配者という関係を生みかねず、危ういと言わざるをえない。

統計教育についても、同様のことを考える必要があるし、数学教育全体についても同様のことを考える必要がある。松田・野本(2021)でも述べている通り、数学教育そのものも、市民教育という観点から、政策等の提案について定量的に評価する力をつけることが重要な目標の1つだと考える。その中で、社会科や理科でも活用されるべき統計的手法については、政策の効果や信頼性を評価する手段になるものであり、そのような観点から統計教育も行う必要がある。行政が収集する統計データは、政策立案の根拠になるものであり、それらのデータの公開に合わせ、それらのデータを活用した政策評価の方法を指導することが重要になる。問題はその指導内容と方法である。

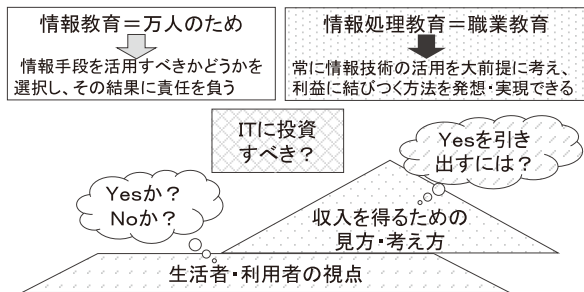


図9 情報教育と情報処理教育の望ましい関係

4.3 統計教育のための縦糸・横糸モデル

これまでの指導法は、学習成果を汎用化し、転移させる点に問題がある。問題解決の縦糸・横糸モデルが、これを改善する方策の1つであり、統計用に特殊化した図10も開発されている(松田・竹村・玉田2019)。

このモデルは、前述した諸外国の統計教育で扱われている問題解決過程の手順とも似ている。実際、統計教育用にモデルを特殊化する時は、PPDACモデルと

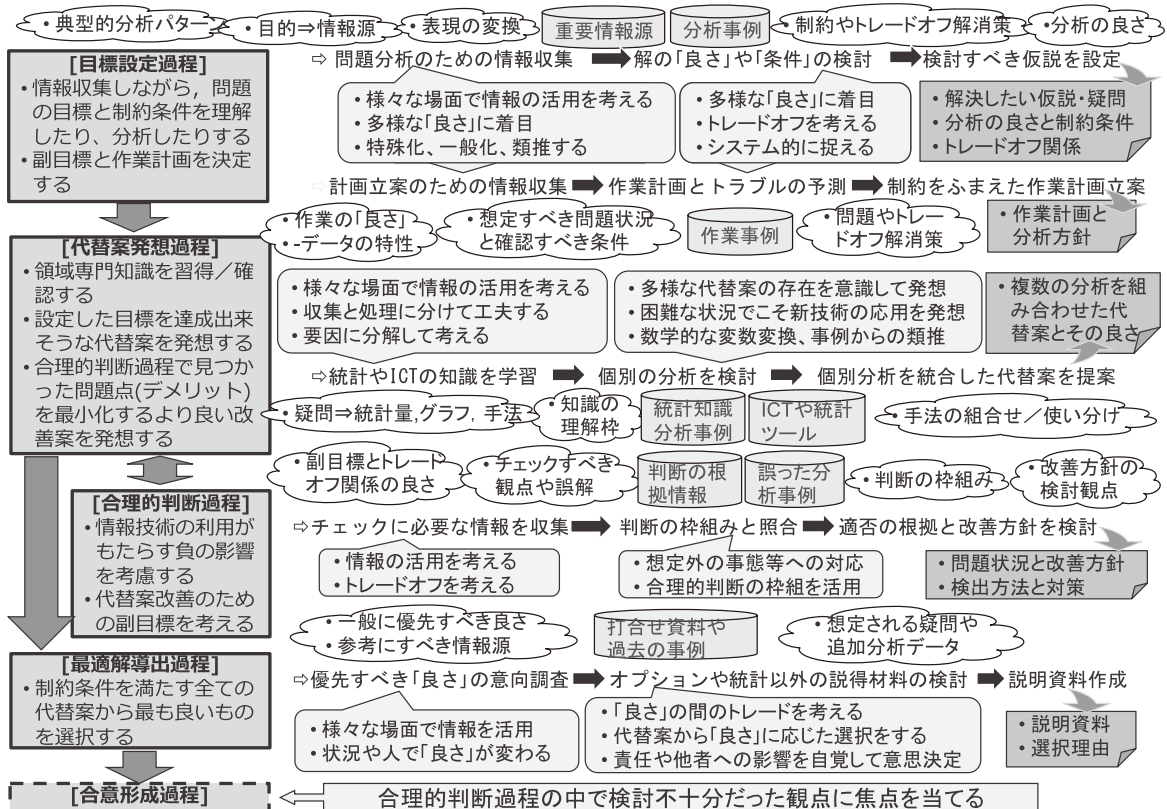


図10 統計教育のための問題解決の縦糸・横糸モデル(松田・竹村・玉田2019)

の比較も行い、PPが目標設定過程、DAが代替案発想過程と合理的判断過程、Cが最適解導出過程と合意形成過程におおよそ対応すると考えている(小久保・松田2014)。ただし、**図10**は、自らデータ収集を行うケースよりも、公開されているデータを分析したり、他人が分析した結果を批判的に検討したり、解釈したりするケースを想定している。これは、民主主義社会において、一般国民に必要なリテラシーとして、行政やマスコミの公表するデータを読み解く能力の育成が重要だと考えているからである。

縦糸・横糸モデルは汎用的な問題解決のモデルであり、数学や科学、情報技術など、さまざまな手法の活用の中で、統計手法も活用するという総合的な問題解決力の育成を視野に入れている。**図4**の横糸の活動(情報の収集⇒処理⇒まとめ)を各過程のOutputを意識して言い換える方法も指導し、「一般化⇔特殊化」を円滑に行えるようにすることで、**図10**を他分野に転移させたり、他分野で学んだモデルを統計に転移させたりすることを促す。それは指導の効率化も促す。

5. 東工大におけるモデルに基づく授業の実践

5.1 2020年度の実践カリキュラム

筆者のグループでは、上述のモデルに即して、「心理・教育測定」という大学院生向けの統計教育授業を設計し、ゲーミング教材(Matsuda 2020)を開発して試行してきた。今年度は、週1コマの授業日に、講義と演習を2週で1組として実施し、**表1**のような順序で統計手法と縦糸・横糸モデルの指導を行った。

当該授業は、特定の専門コース科目として開講されているのではなく、大学院の専修免許取得のために、全学共通の教職専門科目として開講している。履修した学生は、文系学部からの入学者も多く、修士論文研究で統計分析をする可能性のある「社会・人間科学コース」の学生が多いが、その他にも数学、物理、建築、生命理工など多岐に渡っている。社会・人間科学コース以外の学生は、全員が免許取得のために履修した。

授業でも教材でも、原則として統計ツールの使い方には触れない。ただし、No.1の前に1回だけガイダンス授業を行い、そこで、Rコマンドのインストール方法を指導する。実際に使用するツールは各学生に任せており、Rを使っている学生もいる。

No.1と2の統計手法の内容は、検定や質的変数と量的変数の区別を除けば、高校までの内容の復習である。よって、これらの回では、基本統計量を求める目的としてデータクリーニングを扱ったり、2変数の関係を見る方法として相関とカイ二乗検定の使い分けを質的変数・量的変数の区別と関係づけて扱ったりする。統計的内容の扱いを軽くする一方で、縦糸・横糸モデルやそれに基づく活動の進め方、見方・考え方の活用や汎用的な内部知識とその理解の枠組みなど、モデルの基本的な枠組みを指導することに重点を置く。もちろん、前提知識の定着度が低い学習者には復習が必要であり、それも含めて、全体を通じて個別指導が必要な部分は、ゲーミング教材の中で補う。No.4以降では、各種の統計手法をどう使い分けたり組み合わせたりするかの指導にも重点を置く。これは、代替案発想過程を支援することに関係している。

No.6の後には、自分で探してきたデータに、それまでに学んだ手法を総合的に活用して取り組む問題解決学習を行う。この総合演習の導入用にも、ゲーミング教材が用意されている。

指導方法としては、「統計学的な講義⇒ゲーミング教材による活用方法の演習(仮想的な分析作業体験)+ExcelやRコマンドを使った分析⇒対面での発表・討論⇒議論をふまえたレポート作成」をNo.ごとに繰り返す形をとる。講義と発表・討論はZoomで実施した。なお、当該授業は、基礎編1単位と演習1単位×2科目(No.1～3とNo.4以降)から成っており、基礎編と前半の演習はセットでとることを条件にしているが、演習の後半はオプションになっている。

5.2 ゲーミング教材における指導方略

統計手法の使い方に唯一の正解と言えるものがある

表1 縦糸・横糸モデルに基づく統計分析のコース設計

No.	講義で指導する統計学的内容	ゲーミング教材で指導するモデルの要素
1	基本統計量と検定、度数分布表とヒストグラム	縦糸・横糸モデルの概要、目標設定過程
2	質的変数と量的変数、2変数の関係	代替案発想過程と合理的判断過程
3	分散分析と多重比較	最適解導出過程と合意形成過程(結果の表現)
4	(重)回帰分析	1～3の使い分けの考え方、関数的な見方・考え方
5	主成分分析と因子分析	探索的分析と仮説検証的分析、相関と因果
6	クラスター分析	多様な良さに応じた分析方法の活用

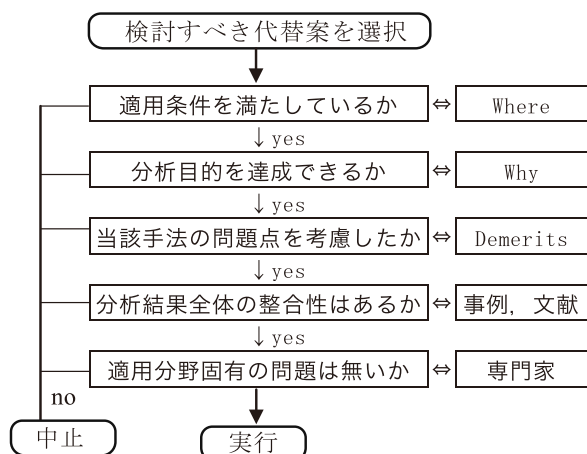


図11 合理的判断の枠組み (批判的検討の観点)

とは限らない。分析は仮説検証的な場合もあれば、探索的なこともあり、分析結果によって適用すべき次の分析方法が変わることもある。分析の目的は、得られたデータから有用で確からしい情報を抽出することであり、分析者によって異なる分析方法がとられる可能性もある。ルーチンで型通りに分析を行えば、結論ありきの不適切な分析に陥る恐れがあり、それを避ける枠組みとして図10があることを強調する必要がある。

ゲーミング教材の目標設定過程では、1つの疑問(仮説)を言い替えた複数の仮説を発想させる。縦糸・横糸モデルの転移を促す際にも、横糸の活動を言い替える指導を重視したが、仮説の発想においても言い替えの指導を重視する。ここでは、図6の数学的な見方・考え方の活用も促すが、前述した通り、数学的な見方・考え方も情報の変換として捉えられるから、さまざまな指導の中で言い替えや変換の指導を重視し、それによって転移を促すのが縦糸・横糸モデルに基づく指導の基本的方略になっている。

代替案発想過程では、情報的な見方・考え方を活用させて、「代替案=分析手法の組合せ」と捉えさせ、複数の手法を組み合わせてたり使い分けたりすることを検討させる。また、合成変数を作成することなども検討させる。分析においては、統計ツールの活用を促し、使い方や結果の見方が分からない時は、先輩に聞いたり、Webや書籍を活用したり、論文等の分析例を参照するように促す。

合理的判断過程では、代替案を適用する際にチェックすべき観点や結果の誤解釈の可能性などを検討させ、分析方法の改善方針を考えさせる。その際、玉田・松田(2004)の「3種の知識」による情報モラル判断の方法を転用した合理的判断の枠組み(図11)を示す。

最適解導出過程と合意形成過程では、複数の結果を

整合的に解釈し、他人に説得できる形で結果を示す方法を考えさせる。結果に対する質問を想定し、補強する分析が必要無いかも検討させる。これらの過程は、分析結果をレポートや論文にまとめる方法とも関係しており、有効数字やグラフの書き方、検定結果の示し方など、分析結果の記述方法なども指導する。

5.3 高校数学I「データの分析」への示唆

試行した授業は、統計学の知識を教えることに重点があるのではなく、実践的に活用する力をつけることに重点がある。これは、使う中で、適切な使い方と不適切な使い方を理解することが重要だと考えているからであり、学びは誤り・つまずくところから始まると考えているからである。そもそも統計分析は、問題の捉え方にも、仮説の立て方にも、分析方法の選択にも、特定の正解があるわけではなく、分析し、説得して、批判されれば改善するという問題解決的な取り組みの中で学ぶことが重要であり、学問的な知識を多く指導すれば自ずと適切な分析ができるようになるわけではない。筆者自身も、学部の専門科目で確率・統計を学び、分析プログラムを書く実習もしたが、教育工学の研究室でデータ分析を指示された時、どうしてよいか戸惑った経験や、学会発表で分析結果に関する疑問を呈されたこともある。同様に、学生に統計を専門とする先生の授業を履修させても、修士論文研究の指導で、イロハから指導しなければならないという経験を何度もした。

高校生に指導する場合にも、現実のデータを活用して分析する経験や、他人が分析した結果を検証する活動などに重点を置くべきである。他人から批判される経験こそが、政策やマスコミ報道などを批判的に検討する目を育てることにつながるだろう。

6. まとめ

本稿では、近年、高等教育で全ての学生に履修させるべきとの議論がある統計やデータサイエンスのカリキュラム、指導法について議論した。高等教育は専門教育に重点があると考えがちだが、近年、リベラルアーツ教育が注目され、本学でも力を入れている。その中で、統計教育をどのような立場・位置づけで、何を目的として扱うべきかについては、50%以上の大学進学率や確実な教育効果が期待されるのかという側面も考慮して検討される必要がある。

国立教育政策研究所は、平成27年の学習指導要領実施状況調査で、高校数学Iの「データの分析」の目標達成状況を調査しているが、相当数の生徒ができてい

問題が1問、課題があるとされる問題が6問、その中間的な正答率の問題が3問と報告しており、全体的に達成度は低いと言わざるを得ない。これは、数学的な内容についての問題であり、仮に、数学的な理解が不十分なら適切な分析はできないと考える立場なら、到底、適切なデータ分析ができるとは考えられない。同じ調査の中では、情報科「社会と情報」について、当該科目では本来扱われていない統計の内容が、グラフの読み取りや表現(情報の表現)として調査されている。ここでも、「相当数の生徒ができていない」は0問である。

この状況からは、少なくともこれまでの統計教育を見直す必要があるし、新たな内容を追加する前に、指導方法の改善が必須である。

謝 辞

本研究に関し、JSPS科研費JP19K02969の支援を受けた。記して感謝する次第である。

参考文献

- Bruer, J. T. (1993). *Schools for thought: A science of learning in the classroom*, Cambridge MA: MIT Press.
- 中央教育審議会(2016) 幼稚園, 小学校, 中学校, 高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について(答申), 文部科学省
- 深澤弘美(2014). アメリカ合衆国の中等教育における統計教育カリキュラムの特徴, 東京医療保健大学紀要, 9(1), 17-22
- 平野朝久(1986) 教育課程, In 教師養成研究会編著「教育方法学」, 43-76, 学芸図書
- 小久保杏南, 松田稔樹(2014) 統計的な見方・考え方を指導するゲーミング教材の開発, 日本教育工学会研究会報告集, JSET14-1, 107-114
- 松田稔樹(1993) 教授活動モデルに基づく授業改善, In 坂元昂監修・牟田博光編「教育システム工学第1巻・教育システムの設計と改善」, 89-110, 第一法規出版
- 松田稔樹(1997) 情報教育の本質と教師に必要な資質, 日本教育工学雑誌, 22(suppl), 25-28
- 松田稔樹(2015) 情報科教育で扱うべき問題解決活動の明確化と授業・教材の設計指針, *Informatio*, 12, 37-43
- 松田稔樹(2018a) 「情報の科学的な理解」の本質をふまえた情報科の指導のあり方, *Informatio*, 15, 3-13
- 松田稔樹(2018b) 「縦糸・横糸モデル」を基盤とするインフォームドな指導を行うゲーミング教材の提案とその開発支援, *シミュレーション&ゲーミング*, 27(2), 49-60
- 松田稔樹(2019) 育成すべき資質・能力から見た情報科の存在意義と望まれる指導内容・方法, *Informatio*, 16, 3-10
- 松田稔樹(2020a) STEM教育用ゲーミング教材の設計フレームワーク, 日本教育工学会研究会報告集, JSET20-2, 81-88
- 松田稔樹(2020b) 総合的な探求の時間から情報科の授業を構想する逆向き設計の方法, 日本情報科教育学会第13回全国大会講演論文集, pp. 24-25
- 松田稔樹・益田研一(2011) 数学科教育法履修生が書いた指導案と新課程用教科書の分析結果に基づく高校数学Iの指導上の課題, 日本教育工学会研究会報告集, JSET11-4, 161-168.
- 松田稔樹・野本文彦(2021) 総合から各教科への逆向き設計を促す教師教育用仮想授業ゲームの設計フレームワークの検討と実践, *Informatio*, 18, pp. 19-30
- 松田稔樹・多胡賢太郎(2010) 数学科教育法履修生が書いた数学I・Aの統計・課題学習の指導案分析, 日本科学教育学会第34回年会講演論文集, 431-432
- 松田稔樹・竹村徳倫・玉田和恵(2019)「問題解決の縦糸・横糸モデルに基づく統計教育の改善(1)－教育目標の明確化とカリキュラム設計－」, 『日本教育工学会研究会報告集』, JSET17-1, 495-502
- 文部科学省(2000) 高等学校学習指導要領解説・情報編, 開隆堂出版
- 文部科学省(2018) 高等学校学習指導要領. http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2018/07/11/1384661_6_1_2.pdf
- 日本学術会議数理科学委員会(2015) 大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準・統計学分野, <http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-h151217.pdf>
- Matsuda, T. (2020) Design of Gaming Instructional Materials to Cultivate a Problem-solving Ability by Utilizing Statistical Data Analysis Methods, *Proceedings of the EdMedia + Innovate Learning 2020*, 703-711
- 玉田和恵・松田稔樹(2004) 「3種の知識」による情報モラル指導法の開発, 日本教育工学雑誌, 28, 2, 79-88.
- 統計関連学会連合理事会・統計教育推進委員会および統計教育大学間連携ネットワーク質保証委員会(2014). 統計学の各分野における教育課程編成上の参照基準, <http://jfssa.jp/ReferenceStandard2.pdf>