

高校数学における 統計教育に関する情報サイトの構築

竹内光悦
実践女子大学人間社会学部

概要

企業に尋ねた大学で学んで欲しい数学では、統計学が上位に挙げられる。統計学はデータ収集、データ分析に利用するために、多くの分野で基礎概念として利用され、多くの大学、学部で何らかの形で講義が実施されている。このような状況下では、高校までの初等・中等教育でも統計学を履修することは有意義であり、これらは主に高校数学 B で履修可能である。しかしながら、利用する教科書間でも内容の扱いに差があり、適切な授業を行うためには教師への負担がかかる。

本論文では、教師の教材作成の負担軽減を目指し、現行の高校数学 B の教科書における統計学に関する部分の詳細を調べ、各教科書で比較した結果を述べた。加えて、今回の調査情報を公開するサイトの構築について紹介した。

検索語：高校数学 B、統計教育、統計とコンピュータ

1. はじめに

近年、日本の初等・中等教育における統計教育の現状について、関連学会や研究集会などで議論されている（景山（2004）、木村（2005）、竹内他（2004））。これらの議論では、文部科学省の学習指導要領（文部科学省）による統計に関係する分野の授業内容変更や分野の選択科目化による未履修者の増加に関係したものも多く、藤井（2005）による全米における数学教育指針との比較においても指導内容の改善について指摘されている。現在の指導案（中学校は平成 10 年 12 月 14 日、高等学校は平成 11 年 3 月 29 日告示）では、高等学校においては統計に関係する分野は数学 B の選択科目（統計とコンピュータ）となり、また中学校では確率に関する項目（第 2 学年数量関係）を除き、扱われなくなっている。また、近年、発表された国際的な学習到達度調査（経済協力開発機構、OECD, 2004）では、グラフの意味を読み取る問題（身長（背が伸びる）に関する問題、正答率：日本（44.3%）、OECD 平均（44.8%））やグラフの説明の適切性を問う問題（盗

難事件に関する問題、正答率：日本（29.1%）、OECD 平均（29.5%）では OECD 平均を下回る正答率になっており、文部科学省が開催した臨時全国都道府県・指定都市教育委員会指導主事会議でも基本的な概念の理解、状況やデータを解釈し、それに基づいて自分の考えを整理し自分の考えを数学的な表現を用いて説明（記述）することを重視して指導する必要があると報告されている。加えてこの報告では、実生活と関連させた指導、他学科や総合的学習の時間で扱われる内容との連携、小・中学校、中・高等学校の連携についても述べている。このことから統計基礎教育では、統計知識を活用し、各自が数量的な分析能力を向上できるような実践的な教育が望まれており、武田（1995）や瀬沼（2004）で行われた企業を対象とした調査結果からもこれらの統計教育が期待されていることがわかる。

このことに関して、教育現場の先生による研究（小張（2005））や研究者によるインターネットやマルチメディアを利用した有意義な統計教材が、多数提案されている（垂水他（2002）、渡辺他（2001））。特に統計においては、理論はもちろんのこと、習得した理論を基に実際にデータを解析することが望ましく、計算機を用いることにより、比較的大きいサイズのデータの計算やデータの視覚化においても教育的効果が期待でき、これらの教材では、Java アプレットや Flash などマルチメディア媒体を用いて、学生が実際にデータを解析する手助けになるものやパラメータを変化させることにより、統計量やグラフの変化を直感的に目で確かめられるなど、多種多様に提案されている。

しかしながら、これらの教材では自らインタラクティブに操作、確認ができることから教育効果は期待できるが、それぞれの統計用語や統計手法に対して作成されていることが多く、実際の中等教育の教科書に即して利用する場合に、少なからず統計に関する知識を教員や利用者に求めており、統計を専門としない教員や統計をこれから学ぼうとする利用者にとって、その活用法は戸惑うこともあり、教材と教科書との関連情報も必要であると言える。

本論文では、現行の数学教育における統計に関する教科書の内容について詳細を述べ、現在の高等学校教育におけるカリキュラムの現状を踏まえ、教科書との関連情報も含めた総合的なマルチメディアを用いた副教材ライブラリの構築について、その概要と現状を述べる。

2. 現行の数学教科書の統計に関する項目

平成 15 年度から開始された新学習指導要領（文部科学省、1999）の変更に従い、高校数学 B では、選択科目の一つとして「統計とコンピュータ」というタイトルで統計学が一つの章として取り扱われている。この変更に伴い、大学入試センター試験にも選択問題として統計学の問題が出題されることが既に発表されている（独立法人大学入試センター、2003）。

前回の指導要領までの高校教育における統計学は数学 C に「統計処理」として扱われているのみで、多くの高校生はこれを選択していないことが現状であった。昨今のメディアではグラフや表を利用し、様々な社会現象を説明しているが、肝心の統計的な考え方を多くの人が高校を卒業

しても学習していないという問題が起きていた。今回の変更は、実社会で統計的なデータ処理やデータ解析の必要性が唱われている現状では望ましい動きと言えよう。

多くの高校では新学習指導要領に対応した教科書（9社、19教科書）を基に指導案を検討している。以下では、教科書の内容を紹介し、その特徴について述べる。

2.1 教科書の構成

全ての教科書は新学習指導要領に従い、主にデータの様子をみるために度数分布表やヒストグラム等を用いたデータの整理法を習得する「資料の整理」に関する部分と平均や分散等データの状態を数値で考える「資料の分析」に関する部分の大きく2つから構成されている。加えて、上記2つの統計学に関する事項に触れながらコンピュータを用いた演習を行う内容となっている。

2.2 統計とコンピュータの取り扱い

章のタイトルになっている通り今回の教科書では、コンピュータ（表計算ソフトウェア）を利用した統計学の習得が重要な目標である。8つの教科書では、各用語の説明とコンピュータの利用法が、用語の説明に従い交互に行われているが、残りの3つの教科書では別の節にまとめて書かれている。

特に注意して頂きたいことは、各教科書間でコンピュータに関する記述部分の量も異なり、各教科書で平均的に全体のページ数の約2割にコンピュータの部分を書いているが、最大のもので47.7%、最小で10.7%（図1参照）で教科書間の差が激しいことである。

なお、各教科書で扱っている表計算ソフトでの説明では、表計算ソフト特有の関数をいくつか取り上げている（表1）。一方で、全く関数を扱っていない教科書も3つあった。ここにも各教科書間に差が見られ、同じ教科を履習しても学生間に差が出ることが予想される。

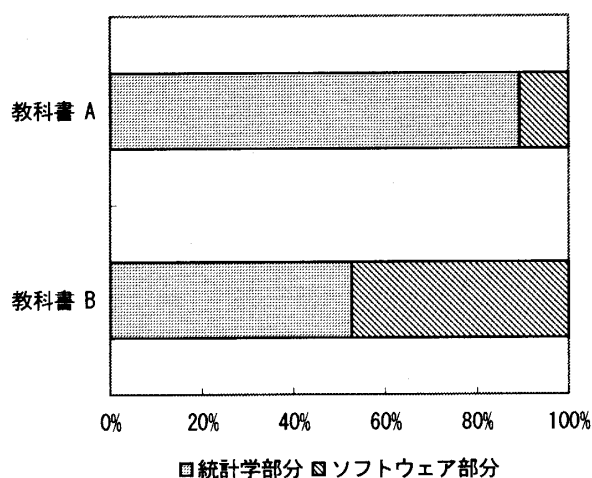


図1：2教科書のコンピュータ説明部分の割合

表1：教科書内の表計算ソフトの関数

関数名	記述あり教科書数
SUM	8
AVERAGE	5
SQRT	5
MEDIAN	2
MAX	2
MIN	2
VARP	5
STDEVP	5
CORREL	4
FREQUENCY	2

2.3 統計用語の取り扱い

統計用語の取り扱いについてもいくつか注目すべき点がある。

- (1) 統計グラフ：3教科書において統計グラフ（円グラフ、棒グラフ、折れ線グラフ、等）について取り扱っている。
- (2) 散布図：散布図は1教科書除いて紹介されているが、指導要領に書かれているように「散布図」と言わず「相関図」と読んでおり、2つ並記しているのは6教科書、「散布図または相関図」と散布図を先に書いてあるのは2教科書のみである。なお「相関表」も紹介しているのは3教科書のみである。
- (3) 偏差、共分散、相関係数：偏差と相関係数については1教科書を除き記述されているが、共分散については3教科書のみ記述している。またある教科書では偏差を定義せず「それらの値（観測値）と平均値の差の平方和」で分散を定義している。
- (4) 分散の求め方：分散は偏差の平均と明言せず、単に散らばりの具合を表わす尺度として紹介されている。偏差を扱っていない教科書を除き、偏差の和が0になることから偏差を平方し分散を求める流れがほとんどだが、平方する理由に触れずに定義式のみで分散を紹介している教科書もあった。平均偏差に触れている教科書もなく、具体例で平方を利用することを述べているのみである。また、分散の求め方で $(2 \text{乗の平均}) - (\text{平均の} 2 \text{乗})$ を14教科書で紹介している。
- (5) 範囲、四分位数、ボックスプロット：中央値（メジアン）については全教科書で取り扱っているが、範囲（レンジ）については3教科書のみ述べており、四分位数には全ての教科書で触れていなかった。もちろんボックスプロットにも触れていない。

各教科書は新指導要領に従い書かれているが、分散や散布図の取り扱い等、学生が本来の用語の意味を誤って理解する可能性がある記述があった。また取り扱う内容についても各教科書でグラフの扱い、相関の説明等の有無等、大きな差が見られた。

3. 高等学校教育におけるマルチメディアを用いた副教材ライブラリ

3.1 現行の教科書の内容に合わせたコンテンツ作成

現在、取り組んでいる副教材ライブラリでは、(1) 学生の自立学習を促すもの、(2) 教科書との関連情報をもつもの、を考え、それぞれのコンテンツを作成している。特に自立学習を促すために、シンプルな操作性や視覚的な効果を含めることを考えている。ライブラリには、統計分析シート（Excelシート）、体験型統計シミュレーショングラフ、社会における統計分析適用事例など、教員が知っておくべき社会で実際に使われている標準規格の話題、また統計の誤用や現行の教科書における問題点（例えば、相関係数と相関関係（散布図）の記述に関する問題や分散の計算方法による桁落ちに起因する結果のずれなど）に対する補足資料（HTML、PDF）など、授業の際に利用できる教材コンテンツを含めている。

特に教科書で利用を勧めている表計算ソフトである Excel のコンテンツでは、単に数値計算のみではなく、スライダーや自動計算機能などを用いたより直感的な操作性を目指している。また、単に教科書の副教材としての提供ではなく、その問題点や改善に対応する別のコンテンツも提供している。例えば、教科書の説明に合わせ、Excel を用いた相関係数の値の変化によるデータの散らばり具合を視覚的に確認できるコンテンツがある。このコンテンツでは、単に相関係数の数値を求めるだけで終わるのではなく、値の変化によってデータの分布がどのように変化するかを体験することが可能である。特に、直接、相関係数の値を該当のセルに入力しても変化を見ることが可能だが、スライドを操作することにより、値の変化に伴った分布の変化を見ることができ、授業においても何度も値を入力するよりも、より直感的な説明が可能と言える。しかし教科書におけるこのような相関係数の値により一意にデータの分布が定まると誤解をうけるおそれがある内容は問題であり、逆にデータが得られたら相関係数の値が一意に定まることを紹介するコンテンツも問題点の指摘と共に公開している。このコンテンツでは、入力済のデータを編集したり、データを追加することにより散布図や相関係数の変化を確認することが可能である。例えば、外れ値を入力することによる相関係数への影響を指導することもでき、学生の単に計算結果を求める方法の習得だけでなく、統計用語の概念的理解も期待できる。

3.2 現行の教科書とコンテンツの関連情報

本ライブラリでは、現行の各教科書とコンテンツの関連情報を含めている。公開サイト（図3）では、検定済の高等学校数学Bの教科書（19冊）のそれぞれの章立てや使われているデータを掲載し、該当するライブラリのコンテンツとリンクを張っている。単に教科書との対応を掲載するだけでなく、教科書の補足情報も必要に応じて追加し、コンテンツの利用に関する注意点も図表を用いて紹介している。各教科書における章立てや定義している統計用語の表現、コンピュータを用いた統計の部分などを比較することにより、教科書間の内容や用語のばらつきの補正が可能である。



図3：統計教育情報サイトと高校教科書の情報サイト

それぞれの教科書で使われている内容を整理し、一つの共通シラバスを公開している。このシラバスには該当するコンテンツ（それぞれの内容や授業の際のヒントや注意事項を含めた用語解説のスライド、Excel 演習シート、マルチメディア教材）をそれぞれの項目にリンクしているため、このシラバスを利用することにより、どの教科書を選択するかによって生じる内容の偏りを避けることが可能である。

授業を行う際に学習の動機付けは重要である。それぞれの教科書の章の最初のページに書かれている統計を学習する動機付けの話題をもとに、これらの背景にある現実社会における話題や関連資料を追加し、Flash ムービーとして作成することを計画している。これを利用することにより、学生の統計を学ぶ興味を掻き立て、なぜ統計を学ぶかを提示することを考えている。

4. おわりに

新指導要領に書かれているように今回の変更は、「統計についての基本的な概念を理解し、身近な資料を表計算用ソフトウェアなどを利用して整理・分析し、資料の傾向を的確に捉えることができるようにする。それぞれの項目では理論的な考察には深入りしないものとする」となっており、基本的な部分の習得が第一目標である。しかし、今回の調査では、各教科書における統計学の部分の説明やデータの解析の部分で、教科書間の差や用語の理解のための情報について、不足分が見受けられた。今回のような教科書間の比較を行うことにより、教科書全体の質の向上や選択した教科書に依存する習熟度の違いを少なく出来ればと考えている。

高校での教育における統計教育の必要性についてはこれまでも多くの議論がされてきており、今後も議論されると思われるが、今回の報告で述べた高校の教科書の現状について、これらの議論の参考にして頂けたらと願う。

また、我々は今回の調査で判明した点について今後も調査し、(1) 学習に適切なデータの提供、(2) 統計ソフトウェアの利用に関しての注意事項（ソフトウェア間の差異性等）、(3) 不足している統計の説明について補足を加えた副教材の提供、(4) 諸外国の初等教育における統計教育との比較、などを計画している。

なお本論文は、竹内が研究代表者として発表した 2003 年度数学教育学会秋期例会及び 2005 年度日本計算機統計学会第 19 回大会における発表抄録集の原稿を元に再編集、加筆を行い作成した。

参考文献

- [1] 景山三平 (2004) 小学校統計教育の歴史と課題、日本統計学会会報、120, 4-12.
- [2] 木村捨雄 (2005) 日本の学習指導要領における統計教育の変遷と“新しい値の創造社会”における今後の展開課題、第1回統計教育の方法論ワークショップ：総合学習における統計リテラシーの育成－グラフと数字をみるカー配布資料。
- [3] 経済協力開発機 (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2004)
<http://www.oecd.org/>.
- [4] 小張朝子 (2005) 中等教育学校の総合学習における統計教育－地図を用いた統計から－、第1回 統計教育の方法論ワークショップ：総合学習における統計リテラシーの育成－グラフと数字をみるカー配布資料。
- [5] 瀬沼花子 (2004) 企業の算数・数学教育への期待－データに基づく予測と論理的思考力の強調と指導法の改善－、科学教育研究、28, 1, 34-42.
- [6] 竹内光悦 (2004) 文系大学生を対象とした統計科学の実践について、実践女子大学人間社会学部紀要、第1集、57-66.
- [7] 武田和昭 (1995) 企業から見た数学教育の需要度、日本数学教育学会高専部会論文誌、2, 81-94.
- [8] 垂水共之、笛田薫、柳貴久男、飯塚誠也、藤野友和 (2002) シミュレーションを活用した統計学教育教材とその利用、統計関連学会連合大会、144-145.
- [9] 独立法人大学入試センター (2003) 平成18年度からの大学入試センター試験の出題教科・科目について－最終まとめ－、独立法人大学入試センターホームページ
(<http://www.dnc.ac.jp/>)。
- [10] 藤井良宣 (2005) 全米数学教師協議会による数学教育指針の中の確率・統計教育－K-1 から K-12、そして K-16 を通しての統計教育の接続性－、第1回 統計教育の方法論ワークショップ：総合学習における統計リテラシーの育成－グラフと数字をみるカー配布資料。
- [11] 文部科学省(1999)第2章 普通教育に関する各教科第4節 数学、高等学校学習指導要領、文部科学省ホームページ (<http://www.mext.go.jp/>)。
- [12] 渡辺美智子、末永勝征、竹内光悦、宿久洋、山口和範、浅野長一郎 (2001) インターネット環境における統計科学普及のための教育用サイト構築の試み、統計数理、49, 241-260.