

初等中等統計教育の日米比較を踏まえた 統計教育の展開

竹内光悦

実践女子大学人間社会学部

概要：

2008年3月に小学校・中学校の新学習指導要領が告示され、12月には高等学校における改定案も公表された。この中で算数・数学科において統計教育関連項目が多く追加された。これらは以前の項目の復活ではなく、より社会での実践力の習得をめざした新しい内容が授業に求められている。このことから現在、現場の教員への関連する情報を提供することは有意義である。本研究では、日米の初等中等教育の算数・数学教科書を比較し、新学習指導要領を踏まえた授業・教材を検討する。

検索語：教科書調査、初等中等教育、統計教育

1 はじめに

これまで多くの研究者によって行われたカリキュラムの国際比較の結果から、現在の日本における初等中等統計教育は諸外国と比較すると内容が十分とは言えず、国際社会で活躍する人材育成を目指し、今後のカリキュラム改善が必要とされる。このことに対して、平成20年3月に文部科学省が告示した小・中学校の新学習指導要領では、統計教育関連項目が増え、特に中学校では、新たに「資料の活用」の項目が設置され、すべての学年で履修することになった。また中高の学習内容の連携も踏まえ、平成20年12月に高等学校学習指導要領の改訂案も公表され、数学I(必修)に統計教育の科目が含まれた。統計教育項目が高等学校の選択項目で必修の科目となったことは大きな前進と言えよう。

この変更では、より社会の中でこれらの内容を活用する力「生きる力」を身に付けることに重点を置き、単なる知識の習得にならない実践力の育成に力を置いている。しかし前回の課程で統計教育に関する項目は、項目自体がなかったか選択科目であったために一部の理系を目指す学校を除き、多くの学校で行われなかったことから、今回の課程では現場の教員にとって、今後授業をどうするか手探り状態であり、相当な時間をかけ、授業案を検討されると予想される。このことに対して、これらの方法はすでにいくつかの諸外国での授業、教材では実践されており、この

ような教授法・教材開発を日本独自にアレンジして構築することは今後重要視される。

本研究では、日本独自のより適切な統計教育に関する授業や教材開発の構築を目指し、その予備研究として、日本とアメリカにおける教科書において、いくつかの統計教育の視点により比較を行い、その結果を述べる。

2 新学習指導要領における統計教育

2008年3月に告示された新学習指導要領において、小学校算数・中学校数学で統計教育に関する項目が追加され、12月には高等学校における学習指導要領の改訂案も公表された。本節では、その内容について紹介する。

(1) 小学校算数における統計教育関連項目

小学校では今回の改定で強調されている反復学習を踏まえ、第1学年から各学年で個数を数えたり、資料の整理などを取り扱っている。新学習指導要領および解説における統計教育関連項目の内容について表1にまとめた。

資料の整理と読みにおいては、資料収集の目的に応じて資料を集め、それらを分類すること、それらを表やグラフを用いて表現すること、これらの結果から資料の特徴を調べたり、読み取ったりすることを目的にしている。これらの活動を通じて、事柄の判断や予測をしたり、様々な問題解決に活用し、その思考過程や結果を表現・説明する能力の育成を目指す。

表1 小学校各学年における統計教育関連項目

学年	内容
第1学年	ものの個数を絵や図などを用いて表したり読み取ったりすることができるようにする。 ※絵や図を用いた数量の表現
第2学年	身の回りにある数量を分類整理し、簡単な表やグラフを用いて表したり読み取ったりすることができるようにする。※簡単な表やグラフ
第3学年	資料を分類整理し、表やグラフを用いて分かりやすく表したり読み取ったりすることができるようにする。ア) 棒グラフの読み方やかき方について知ること。※表や棒グラフ
第4学年	伴って変わる二つの数量の関係を表したり調べたりすることができるようにする。ア) 変化の様子を折れ線グラフを用いて表したり、変化の特徴を読み取ったりすること。目的に応じて資料を集めて分類整理し、表やグラフを用いて分かりやすく表したり、特徴を調べたりすることができるようにする。ア) 資料を二つの観点から分類整理して特徴を調べること。イ) 折れ線グラフの読み方やかき方について知ること。※資料の分類 (二つの観定の表、折れ線グラフ)
第5学年	百分率について理解できるようにする。目的に応じて資料を集めて分類整理し、円グラフや帯グラフを用いて表したり、特徴を調べたりすることができるようにする。※百分率、円グラフや帯グラフ
第6学年	資料の平均や散らばりを調べ、統計的に考察したり表現したりすることができるようにする。ア) 資料の平均について知ること。イ) 度数分布を表す表やグラフについて知ること。※資料の調べ方 (資料の平均、度数分布)

(2) 中学校数学における統計教育関連項目

中学校でも小学校と同様に各学年で関連項目に触れる。新学習指導要領および解説における統計教育関連項目の内容について表2にまとめた。

表2 中学校各学年における統計教育関連項目

学年	内容
第1 学年	目的に応じて資料を収集し、コンピュータを用いたりするなどして表やグラフに整理し、代表値や資料の散らばりに着目してその資料の傾向を読み取ることができるようにする。ア) ヒストグラムや代表値の必要性和意味を理解すること。イ) ヒストグラムや代表値を用いて資料の傾向をとらえ説明すること。※平均値 中央値 最頻値 相対度数 範囲 階級
第2 学年	不確定な事象についての観察や実験などの活動を通して、確率について理解し、それを用いて考察し表現することができるようにする。ア) 確率の必要性和意味を理解し、簡単な場合について確率を求めること。イ) 確率を用いて不確定な事象をとらえ説明すること。
第3 学年	コンピュータを用いたりするなどして、母集団から標本を取り出し、標本の傾向を調べることで、母集団の傾向が読み取れることを理解できるようにする。 ア) 標本調査の必要性和意味を理解すること。イ) 簡単な場合について標本調査を行い、母集団の傾向をとらえ説明すること。※全数調査

(3) 高等学校数学における統計教育関連項目

高等学校の学習指導要領は2009年1月現在で改訂案の公表状態であり、今後多少の変更が起きる可能性があるため、以下では公表されている内容で紹介している点に注意されたい。高等学校における数学は、現行の指導要領にある数学Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、A、B、C、および数学基礎に対して、数学Cがなくなり、7科目から6科目になった。ただし時間数は同じである。また数学基礎も数学活用と名称が変更された。高等学校の内容は多岐にわたるため、公表されている新学習指導要領における統計教育関連項目の内容についてのみ表3にまとめた。

項目だけ見ると従来の課程の移動になるが、その求められている内容は実践的なものであり、新たな授業計画が必要と思われる。また必修に統計が含まれることにより、今後大学における入試にも影響が予想される。

表 3 高等学校の各科目における統計教育関連項目

科目	内容
数学 I (必修)	4つの大きな項目の一つに「データの分析」統計の基本的な考えを理解するとともに、それを用いてデータを整理・分析し傾向を把握。 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。 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。
数学 A	場合の数と確率が最初に移動。条件付き確率が復活（数学 B からの項目移動）
数学 B	確率分布と統計的な推測（確率変数、確率分布、二項分布、正規分布、統計的な推測（母集団と標本））が最初。残り「数列」と「ベクトル」から適宜選択（数学 C からの項目移動）。
数学活用	「身近な統計」から「データの分析」と名称が変更された。

3 アメリカの教科書における統計教育

多くの諸外国において、実践的な統計教育が取り入れられているが、特にアメリカでは、データを扱うことの重要性を以前から提唱しており、単にデータを処理する能力だけではなく、データを用いた意思決定や問題解決などの能力育成を重要視している（藤井、2005）。

本節では、上記の新学習指導要領の内容を踏まえ、日本で現在使われている教科書およびアメリカで使われている初等中等教育における教科書 Scott, Foresman and Company（Grade 1 から Grade 8）の内容のうち主だったものを紹介し、今後の日本における統計教育について議論する。なお日本における教科書は出版社間のずれを除くために小・中・高、それぞれで教科書を出版している東京書籍の教科書を参考にした。教科書出版会社間で多少の違いはあることや同じ出版社でも異なった対象レベルを想定した教科書間でも多少文言の違いがあることに注意されたい。

アメリカでは、州ごとに学習指導を決めており、日本のように一つの国全体で同様の基準はない。そのため教科書についても様々であるが、今回は学年ごとの学習系統を見るために、Foresman and Company（Grade 1 から Grade 8）を調査対象とした。日本の教科書と外見を比較しても、大きさ、厚さともに大きく充実しており、紙面もカラーによる説明や練習問題も日本の教科書に比べて充実している。なお、Grade 1 は小学校 1 年相当であり、Grade 8 が中学校 2 年生に相当する。今回用いたアメリカの教科書の Grade 1 から Grade 8 までを積み上げ、日本の教科書の小学校 1 年から中学校 3 年の教科書（東京書籍）と比べると、内容の充実さが厚さからしても明らかにうかがえる。もちろん今回利用した日本の教科書は一般的なサイズ、体裁であり、極端な例ではないことに注意されたい。

以下では、各 Grade の具体的な内容を列記する。

(1) Grade 1 :

項目：数字の導入、加法、減法、図形、測定法、パターン、貨幣、時間、分数、確率

概要：ここでの確率では、図を見ながら「そう思う (yes)」「おそらく (maybe)」「そう思わない (no)」のどれかに丸をつけることから始まり、複数の色が付いた水彩のパレットの図を見せながら、色別の集計方法を紹介している。数え方はターリー（日本の「正の字」による集計と同様）を用いた方法を紹介し、またターリーで書かれた集計表の読み方を紹介している。ここでは、動物の集計がされており、「像は何匹ですか？」などの問題があった。

(2) Grade 2 :

項目：加法、減法、パターン、貨幣、時間、測定法、桁が大きくなったときの計算法、分数、確率、図形

概要：ここでの確率では、Grade 1 と同様に図を見ながら 3 つの選択肢の中から選択する。例えば、夏のピクニックで、虫が多いと思うかを尋ね、「確実に起きる (sure to happen)」「おそらく起きる (may happen)」「不可能 (impossible)」のうち該当するものに丸をつけさせている。またコインを紙の上に落として、各実験（全 10 回）で表と裏のどちらが出たかを表に記録させている。なお、この Grade で問題を理解するためにはデータを集める必要があり、表がデータを整理することの助けになることの記述があり、クラスで読むべき書籍の選定を考え（問題認識）、10 人のクラスメートに質問し（データの収集）、表にまとめ（データの処理）、どのような種類が読むべきと思われるか（データによる問題検証）を理由もあわせて検討させている（演習問題として、「What kind of story would you read to your class? Why?」の設問あり）。

(3) Grade 3 :

項目：加法、減法、時間、測定法、図形、乗算、除算、小数、貨幣、統計、グラフ化、確率

概要：この Grade で「統計」が章のタイトルの一部に使われ始めた (Statistics, Graphing, and Probability)。ここでは問題解決のためのデータの集め方を考えさせている。また演習ではターリーチャートの読み方や平均の概念を考えさせている。加えてターリーグラフを用いて絵グラフや棒グラフを作成し、その表す意義を考えさせている。また確率では天気予報の例を挙げて、確率の概念を紹介している。

(4) Grade 4 :

項目：加法、減法、時間、測定法、乗算、除算、幾何、小数、統計、グラフ化、確率

概要：この Grade では「調査 (survey)」の単語を用いて、データを用いた問題解決を考えている。例えば、スポーツ日のためにクラスでシャツの色を決める必要があるが、どのような色が良いかを考え、クラスで調査を実施するなどがあった。集めたデータをターリーチャートで書き、その

中で最頻値をもつ色をクラスのシャツの色と考えることを説明している。この流れは「Understand」で問題を考え、「Plan and Solve」でデータの収集やデータの分析、また「Look Back」で他に方法がないかを考えさせている。なお、ここで、少ない選択肢から選ばせるアンケートが良いかを考えさせている。この練習として、スポーツ日のイベントの開始時間について、「いつがよいか？」という設問と「8:00、8:30、9:00、9:30 ではどれがよいか？」などと少数の選択肢から選ばせるのとどちらが良いかを確認させている。またスポーツ日に行うスポーツを決定する必要がある場合、どう質問するかなど質問の仕方も考えさせている。また、クラスの名簿のデータ（年齢、身長、体重、髪の色、目の色）をもとに度数分布表を作成し、データを整理することも紹介している。また度数分布表のところでは最頻値（mode）を紹介している。棒グラフを用いた課題検討も行われている。棒グラフを用いて家庭科のクラスでの提供した麺料理の度数を表現し、項目の比較を紹介している。また、棒グラフの省略を紹介し、どちらが比較において、特徴的かなどを考えさせている。また多数の棒グラフの用いることについても考えさせている。また棒グラフをみて、最小か最大かなどを考えさせている。データでは、パスタの種類やパスタ料理の好みを尋ねた結果などを用いている。平均値については最初に4つの数値の平均を求める練習を紹介している。グラフでは1組の数値を考え、散布図の描き方を紹介している。折れ線グラフもこの Grade で紹介し、気温の変化を検証している。1週間の気温のデータで、曜日ごとの比較や1週間での気温の変化なども考えさせている。また、グラフ選択についても説明している。例えば、成長データと飼っているペットの種類 of データを用いてそれぞれどのようなグラフを用いて表現することが良いかを考えさせている。また確率では、箱の中のマールを考え、箱の中に入っているマールの数から特定の色のマールをとる確率（チャンス）を紹介している。

(5) Grade 5 :

項目：四則演算、測定法、図形、パターン、グラフ、分数、幾何、統計、グラフ化、確率

概要：ここでは、学生はどのような科目が好きかについて調査を考え、国で行うことも踏まえ、サンプル調査やランダムサンプリングの話題に触れている。また前 Grade と同様に調査結果を棒グラフや折れ線グラフを用いた表現を紹介し、結果を検証している。またこれまでの読書の時間とページ数をグラフに表し、直線を書き入れ、数値の予想も紹介している。また箱ひげ図と幹葉図も簡単に紹介している。円グラフについてもこの Grade で紹介している。ここでは家計のデータを用いて円グラフで各項目を表現する方法を説明している。加えて、19人の学生の点数のデータを用いて、平均値や中央値（median）も紹介している。

(6) Grade 6 :

項目：数値の概念、概数、小数、乗算、除算、幾何、分数、測定法、比率、パーセント、応用統計、確率

概要：この学年になると活動的な演習を踏まえて内容を紹介している。例えば、各グループにお気に入りの数字を書き並べ、範囲や平均値、中央値、最頻値を考えることを紹介している。統計

グラフとして、ある年の車種別販売データの棒グラフや国別の比較の絵グラフ、自動車の維持費の割合を表した円グラフ、国産車の年代別売り上げデータの折れ線グラフを紹介している。また折れ線グラフの軸の縮尺を変えることで、印象が変わることに触れ、グラフの解釈について説明している。また2つのデータ（ここでは2つの年代）の同時表示の棒グラフによる比較などもこの Grade で紹介している。また円グラフでは、比率と総数をもとに度数を求める計算方法を紹介している。

(7) Grade 7 :

項目：表、方程式、幾何、数論、小数、分数、測定、比率、パーセント、測定法、統計、確率、整数

概要：この Grade でも前 Grade と同様にデータを用いた平均値や中央値、最頻値を紹介している。またグループに分かれて、調査を行い、度数分布表での集計法を紹介している。またここではヒストグラムを用いた表現も紹介している。また軸が異なる2つのグラフを用いて、間違っただけのグラフの使い方にも触れている。またここでは、最後に乱数も簡単に紹介している。

(8) Grade 8 :

項目：小数、分数、整数、方程式、グラフ化、比率、パーセント、測定法、幾何、統計、確率

概要：前 Grade と同様に度数分布表を用いてデータを整理することを紹介するが、平均値を用いたデータの真ん中への集中度や四分位数に触れている。また箱ひげ図を用いたデータの比較や外れ値の概念も触れている。また散布図にデータを布置し、正の相関、負の相関、無相関などの概念にも触れている。

上述したように今回調査に用いた教科書では、早い時期(Grade)に統計に関する項目が扱われ、また毎年、少しずつ内容を深めながら同様の内容を紹介し、児童・生徒の理解度を深める構造になっている。これらは今回の指導要領で掲げている反復学習（スパイラルアップ）に対応しており、授業法や教材開発の参考になろう。特に、グループを作り、その構成メンバーを対象とした調査はよく利用され、単に集めたデータを表現したり、分布の傾向を把握するだけではなく、問題点を考え、それを解決するためにデータを集め、集計、分析、考察するという一連の流れを考え、授業内で取り扱っていることが特長として挙げられる。

4 日米の教科書における統計教育

本節では、上記の新学習指導要領の内容を踏まえ、日本で現在使われている教科書およびアメリカで使われている初等中等教育における教科書 Scott, Foresman and Company (Grade 1 から Grade 8) の内容比較を述べる。

(1) 個体の個数の数え方、まとめ方

日本の教科書では、小学校2年生（上）で、動物園でのそれぞれの動物がどれくらいいるかを表にまとめ、丸印の積み上げグラフで傾向をみることを紹介している。今回調べたアメリカの教科書では Grade 1 で取り扱い、同様に動物の集計が題材に使われており、数え方はターリー（日本の「正の字」による集計と同様）を用いた方法を紹介し、またターリーで書かれた集計表の読み方を紹介している。日本の教科書において正の字を用いた集計は、小学校3年生（下）で取り扱っており、人数が少ないものはまとめて「その他」にすることや合計を求め、集計の検算を行うことも紹介している。これらは棒グラフと同じ節で紹介されている。

(2) 統計グラフの取り扱い

日本の教科書では、小学校3年生（下）で棒グラフ（クラスにおける好きなスポーツ調査データを利用）を紹介し、表から棒グラフの書き方を紹介している。特に1目盛があらわす量について強調されている。軸の省略については言及していない。アメリカでは Grade 3 で棒グラフを紹介し、Grade 4 で軸の省略についても言及している。折れ線グラフは日本では小学校4年生（上）で紹介（東京とシドニーの気温のデータ）し、折れ線の線の傾き方について細かく説明があり、2つ以上の資料について比較することを紹介している。また折れ線グラフでは、軸の省略に触れる。アメリカでは、Grade 4 で同様に気温のデータで取扱い、どのような場合にどのグラフを採用すればよいかなどの問題も扱っている。日本において円グラフと帯グラフは小学校5年生（下）で扱っている（地方別米の収穫量とその割合）。アメリカでは Grade 5 で初めて円グラフを紹介する。ただし、その後、Grade 6 や Grade 7 などでもグラフを紹介し、反復学習されている。また日本では高校数学 B で紹介されている散布図においても Grade 4 で1組の数値を表すグラフとして紹介され、Grade 5 では散布図に傾向線を描き入れ、数値の予想も紹介している。日本で扱わない箱ひげ図や幹葉図も Grade 5 で取り扱っている。ヒストグラムについては、日本では、高校数学 B で取り扱い、アメリカでは、Grade 7 で紹介する。このときに、軸が異なる2つのグラフを用いて間違っただけのグラフの使い方についても紹介している。

(3) 平均値などの統計量の取り扱い

日本においては小学校6年生（上）で、平均値の紹介がある（一週間の牛乳の量のデータ）。中央値、最頻値は高校数学 B の内容であり、この教科は選択科目であることから、一部の学生においては高校までにこれらを履修せずに大学、または社会に進出することになる。アメリカの場合は、平均値を Grade 4 で紹介し、同じく Grade 4 では度数分布表における最頻値の紹介もある。また Grade 5 では、中央値、範囲、また平均値、中央値、最頻値を用いたグループの比較も紹介されている。Grade 8 では、四分位数にも触れる。

(4) その他

今回新しく学習指導要領に含まれる標本調査については、日本はこれまでの学習指導要領では

扱っていないが、アメリカでは、Grade 5で紹介しはじめ、それ以降も反復学習で紹介している。また、調査についても目的を考え、どのような調査を行えばよいかなど実践的な内容になっている。

5 考察

本研究では、今回公表された新指導要領の内容の紹介および日本とアメリカの教科書における統計関連項目の比較を行った。今回の調査結果からも新学習指導要領が求める実践的な統計教育はアメリカの教科書などからも参考になり、これらの教科書の内容を調べることで、またそれらを日本の文化にあわせ、日本独自の内容に調整することは有意義と思われる。これらの結果は、単に調査報告にとどめるのではなく、これらの結果を踏まえ、副教材の作成、練習用のデータの提供、分析簡易ソフトウェアの開発、海外の授業例の紹介、など情報を提供することが今後、日本における統計教育の発展につながるとと思われる。本研究では、これらのことを踏まえ、今後、アメリカだけではなく、他国についても詳細を調べ、日本独自の統計教育サポートシステムの構築を予定している。

参考文献

- [1] Exploring Mathematics、 Scott、 Foresman and Company (Grade 1～8)。
- [2] 藤井良宜 (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～、第一回統計教育ワークショップ講演資料。
- [3] 文部科学省、新しい学習指導要領、http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/