

研究報告

**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**

Statistical Education in secondary education of USA

深澤弘美

Hiromi FUKASAWA



東京医療保健大学
TOKYO HEALTHCARE UNIVERSITY

〈研究報告〉

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

Statistical Education in secondary education of USA

深澤弘美

医療保健学部 医療情報学科

Hiromi FUKASAWA

Division of Nursing, Faculty of Healthcare, Tokyo Healthcare University

要 旨：情報技術の発達により大量のデータを蓄積し活用することが容易になったことから、統計学の重要性が高まり、これまで統計教育に力を入れてこなかった我が国でも、小学校から高等学校まで継続して統計を学習することになった。しかしながら諸外国に比べるとその内容は遅れているといわざるを得ない。本論では、1990年代から統計を重視した数学教育を行ってきたアメリカの最新カリキュラムの特徴を概説する。

キーワード：統計教育、中等教育、カリキュラム、アメリカ合衆国

Keywords：statistical education, secondary education, curriculum, USA.

1. はじめに

近年のコンピュータおよびネットワーク技術の進歩は、医療を含めてあらゆる業種に大きな影響を与え、既存の業務の効率化のみならずこれまでとは異なるワークフローをも生み出し、マネジメントに与える影響も小さくない。大量のデータをどのように活用するかは、個人にとっても組織にとっても重要なテーマとなり、教育にも変化をもたらした。コンピュータが教育の道具として使われるようになり、小学校、中学校、高等学校においても生徒自身がコンピュータを使って学習を進める機会が増えている。情報を専門に学習する科目だけではなく、理科、社会、数学などの授業でもコンピュータを活用することが学習指導要領にも明記され、学校教育の現場における新しい試みが進んでいる。

特に数学教育においては、従来の純粋な数学の学習に加え、データを用いて問題を解決する力を養う数学的活動として統計学が重要視され、カリキュラムも変更された。技術の進歩に伴う社会の仕組みの変化、そして社会のニーズの変化により、統計教育の必要性が広く認識され、数学のカリキュラムに大きな影響を与えたといえる。しかしながら、これまで我が国では統計教育はあまり重視されていなかった。諸外国と比較するとかなりの遅れをとっていることは明らかであり、

その対応は急務といえる。

アメリカ、イギリス、オーストラリア、ニュージーランドなどの諸外国では、1990年代から統計教育の内容を見直し、その改革を継続的に進めている。そこで本稿では、アメリカ合衆国の中学、高等学校で2014年度より授業がはじまる全米数学コアカリキュラムの中の統計に関連する内容や授業例を概説する。

2. 全米数学コアカリキュラム

アメリカは、CCSSM(Common Core State Standards for Mathematics)¹⁾を2010年に策定し、全米統一のカリキュラムで数学教育をスタートすることを決めた^{2,3)}。45の州とコロンビア特別区、サイパン、サモアなど4つの地域が全米数学コアカリキュラムで2014年度より授業を行う予定である(2014年2月現在)。アメリカは、2000年にNCTMが数学教育の指針⁴⁾、2005年にASA 数学および統計教育のガイドライン(GAISE ガイドライン)⁵⁾を発表し、特に統計教育の重要性を強調した改革を進めてきたが、カリキュラムの実施においては問題も抱えていた。これまでは、州ごとに教育内容が異なり、実際の授業の組み立ても教師の裁量に任されていたため、学校間、クラス間の格差が指摘されていた。全米のすべての生徒が共通で学ぶ内容が定められたことにより、さらなる統計教育の充実と徹

底が進むであろう。また、今後全米統一の試験などのアセスメントの可能性にも期待が寄せられている。

表1は全米数学コアカリキュラムの内容をフィンランド、イギリス、日本と対比してまとめたものである。表1に示すフィンランド、イギリス、さらにはオーストラリア、ニュージーランドでも統計教育重視のナショナルカリキュラムが存在する。アメリカはこれまでもフィンランドやイギリスのように小学校の初めから高等学校まで継続的に統計の学習を行っていたが、ナショナルカリキュラムは存在せず、各州の対応に任されていた。全米統一のカリキュラムが策定されることにより、アメリカ中の子供たちが必ず統計の学習を行うことになるに加え、その内容はこれまでの大学初年次に行われていた内容をも含むかなり高度なものとなる。日本も新学習指導要領では表1に示すように継続的な統計の学習が必須となり、統計教育の必要性が認識されつつあるが、全米数学コアカリキュラムの内容は、日本のカリキュラムと比較すると学習の範囲が広く、レベルが高く、実際の授業を展開するための教材等も豊富である。アメリカはこれまでも高大連携プログラム APテストを実施し、大学の先取り教育を行い、統計に関しても AP Statisticsという科目を展開してきているため、大学初年次に教える入門的な統計を教える教員の養成は進んでいる。今後も AP Statisticsを

担当する教員によるネットワークを活用して、全国的に教員を養成する体制も出来上がっている。

2.1 全米数学コアカリキュラムの熟達スタンダード

全米数学コアカリキュラムは、以下の8項目からなる「熟達スタンダード」を習得することが目標である。

【熟達スタンダード】

- 1) 問題の意味理解と粘り強さ
- 2) 理論的で量的な推論
- 3) はっきりした議論の組み立てと他者の推論の批判的な評価
- 4) 数学的モデル化
- 5) 戦略的で適切な道具の使用
- 6) 正確性への気遣い
- 7) 構造の探索と利用
- 8) 規則性の探索と表現

具体的なカリキュラムの詳細は、次節に示すように、領域ごとに「内容スタンダード」が規定されている。

2.2 中学校の「統計と確率」の内容スタンダード

アメリカの中学校は日本の小学校6年生から中学校2年生に対応する3学年である。表1に示す小学校での統計の学習を土台に、具体的な問題、データの文脈、デ

表1 統計教育の国際比較

出典：各国教育省の Web サイト⁶⁾

	年齢												
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
全米数学 コアカリキュラム	カテゴリ分け 数え上げ	カテゴリ同士の比較	絵グラフ 棒グラフ	絵グラフ (スケール付)	折れ線グラフ		ドットプロット・ヒストグラム・代表値・散らばり・箱ひげ・四分位	母集団 標本	散布図・相関・回帰直線	量的データとカテゴリデータ。標準偏差、正規分布、相関係数・回帰式・関数あてはめ(1次2次、指数)、相関と因果、母平均、母比率、ランダムサンプリング、ランダム割り付け			
							確率			条件付き確率・確率から結論の導出 (理系のみ一様分布、期待値) モデリング			
フィンランド		データの収集、表、図を読む、棒グラフ		データ収集、座標、表・図を読む、平均、最頻値、中央値							離散、連続変数、確率分布(離散・連続)、期待値(離散)、正規分布、標準偏差		
				古典的確率・統計的確率			確率				数学的確率・統計的確率、組合せ、確率モデル		
イギリス	分類、数え上げ、グラフ		絵・棒		折れ線・度数分布表と度数多角形(離散)、範囲・最頻値		円、最頻値・中央値・平均値		度数分布表・度数多角形(連続)・散布図・回帰直線、相関	度数分布からの平均値・中央値・範囲・仮説	累積度数表とグラフ・ヒストグラム・四分位範囲		
							起こりやすさと確率		全ての結果の確率	相対頻度と確率	複合事象の確率、確率による問題解決		
日本		数え上げ 絵グラフ	分類、表・グラフの作成読み取り	棒	折れ線、クロス表	円、帯、相対・累積度数	平均、度数分布表・ヒストグラム	平均値・中央値・最頻値・範囲、階級		標本、母集団	四分位範囲、分散、標準偏差、箱ひげ、相関、散布図		
							場合の数			確率			

ータの数、調査方法に対応して、概念や指標、グラフを用いて解釈し、説明する力を習得させることが中学校での学習目標である。

【中学校での統計に関連した学習の内容】

- ・ばらつきの理解と発展
- ・分布の記述と比較
- ・母集団と標本、ランダムサンプリング
- ・2つの母集団の比較・推定値の差やグラフを用いた推測
- ・確率モデルの理解
- ・2変量の関係（連関）におけるパターンの探索

2.3 高等学校の「統計と確率」の内容スタンダード

アメリカの高等学校は日本の中学3年生から高校3年生までの4学年に対応している。2変量の関係では、中学校のパターンの探索から線形・非線形の関係を関数で記述してモデル化し、推測するという内容に発展する。「モデリング」「関数」領域との関連も含めてカリキュラムは提示されている。

【高等学校での統計に関連した学習の内容】

- ・質的データと量的データの解釈
- ・分布、外れ値
- ・正規分布
- ・2変量の関係（一次関数のあてはめ）
- ・相関と因果
- ・推定、検定（平均・比率）

これらの全米数学コアカリキュラムは、NCTMとASAが示したガイドライン（GAISE）がその土台となっている。そこで、次章ではGAISE（Guidelines for Assessment and Instruction in Statistics Education）レポートについて概要をまとめる。

3. GAISE レポート (Pre-K-12 Curriculum Framework)

2000年はじめ、アメリカ統計学会GAISEプロジェクトは、大学生向けと幼稚園（5歳）から12年間の学校教育向けの2種類のガイドラインを示した。これらのガイドラインは前章に示す新しい数学コアカリキュラムの統計に関連した内容の土台となっている。GAISEガイドラインには、統計リテラシーは、消費者・市民・専門家の生活や仕事のさまざまな場面において大変重要な知識だと記され、高校卒業までに、新聞に掲載されたニュース等のデータをどう解釈すべきかを理解することを目指す。学校教育向けのガイドラインには、生徒の知識や経験の程度により3段階（レベルA、レベルB、レベルC）に分けて、児童・生徒が身に付け

るべき学習の目標、指導法、内容が示されている。段階的にデータのばらつきの理解、および、図1に示す統計的問題解決のサイクルを重視した体験的学習を行うことにより、一般市民に必要な統計の基礎知識が習得できる。ガイドラインには、統計的課題解決のサイクルに沿って各レベルの到達基準が示されている。

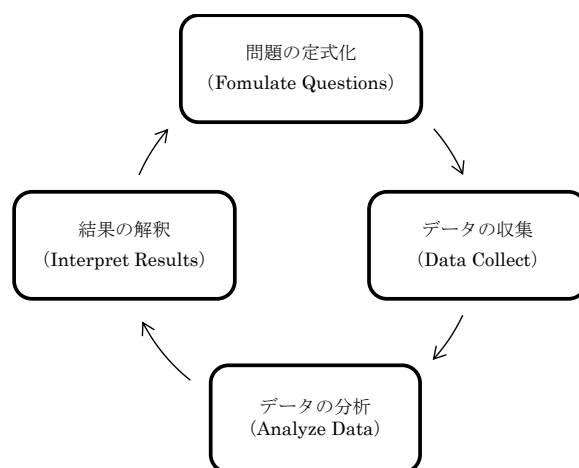


図1 統計的課題解決のサイクル

3.1 問題の定式化

GAISEガイドラインでは、統計的課題解決のサイクルを授業の中で体験することの重要性が示されている。解決すべき問題を明確に定義し、定式化する過程については、学習の初期段階（レベルA）では体験を中心とした学習を構成し、問題の提示等は教師主導で行い、徐々に生徒自身が問題を定式化できるように指導する。例えば、レベルAでは好きなスポーツに関する調査などの問題を、学級内を対象として取り上げ、レベルBでは対象を学級内にとどめず、学校全体など、より広い範囲な問題を取り上げることができるようになる。レベルCにむけて、統計的に解決すべき問題とその他の問題と区別して理解することを目標とする。

3.2 データの収集

データを収集することも統計的問題解決では大変重要な過程である。適切なデータが得られなければ、どのような手法を適用しても意味のある結果を得ることはできない。ここでも段階的にデータの収集の範囲や、方法を高度化して理解を深める。レベルAでは、クラスの中で全数調査によりデータを収集する。レベルBでは、標本調査や比較実験を体験し、レベルCでは、調査・実験を自ら企画してデータを収集することを行う。

3.3 データの分析

例えば、学級内でデータを集めて分析する場合には、レベルAでは学級内のばらつきをグラフに表現し、個と個、個と学級全体の比較を行う。レベルAでは学級を男女などのグループに分けて比較することは導入にとどめ、レベルBでグループ内のばらつきの数量化、グループ間の視覚的な比較、相関傾向をとらえることができるようにする。レベルCでは、グループ内のばらつき、グループ間のばらつきを計測して、グラフと数値を用いて比較できるようにする。

3.4 結果の解釈

統計はデータそのものだけを分析する学問ではなく、データの背景となる情報を含めて解釈することが重要である。GAISEガイドラインでは、学習を進めるにつれて背景情報を加味した結果の解釈ができるようになることを目指す。レベルAでは背景情報には触れず、レベルBでその存在を認識し、レベルCで背景情報とともにデータ及び分析の結果を読み取る力をつける。また、結果の一般化についても徐々に母集団を意識するように指導を進め、最終的には標本から母集団を推測できるようにする。相関の分析に関しては、日本のように高校1年生ではじめて相関を勉強するのではなく、線形、非線形にとらわれることなくデータ間の関係を小学校、中学校と徐々に学ぶ内容になっている。レベルCでは、因果関係と相関関係を区別して結果を解釈できる力を目指す。

GAISEで示される「レベル」は学年や年齢と対応して定義されているが、大まかにレベルAが小学校、レベルBが中学校、レベルCが高等学校に対応しているが、高等学校でも理解や学習が不十分な場合にはレベルAの内容も取り入れることが推奨されている。また、教師の役割もレベルによって変えていくことが必要となる。レベルAは教師主導で問題解決を体験する学習スタイルをとるのに対し、レベルが上がるにつれて生徒主導にシフトし、最終的には統計的問題解決のサイクルを生徒自身が実行できるようにする。

全米数学コアカリキュラムは、これら高等学校を対象としたGAISEガイドラインをベースに、これまで大学の初年次、あるいは高等学校の大学先取り教育（AP-Statistics）で行われていた内容（平均、比率の検定など）も含むものとなっている。

4. STEW (STatistics Education Web)

アメリカ統計学会は、教師向けに統計教育の授業案等STEWを配信している。STEWには幼稚園から高校

までの各学年のカリキュラムに対応した授業案などが多数の教材が公開されている。GAISEガイドラインおよび全米数学コアカリキュラム、NCTMのガイドラインとの対応も明示され、具体的にすぐ活用できる内容ばかりである。

4.1 レベルAの授業案：Scatter It!

Scatter It! (Using Census Results to Help Predict Melissa's Height) は、GAISEガイドラインのレベルA、および、全米数学コアカリキュラムGrade8（日本の中学校2年生）向けの授業案である。センサス@スクール⁷⁾からのランダムサンプリングデータをもとに、ある小学1年生の女子生徒が15歳になった時の身長を予測する。集団と外れ値、散布図、相関、線形・非線形の関係について学びながら、年齢と身長を分析し、15歳の時の身長の値を予測するプロジェクト型のグループ学習教材である。

性別間での身長の違い、国による違い、年齢による違いなどについて検討したうえで、センサス@スクールからどのデータをどのように取り出すかについても生徒がグループで議論をして決める。分析のツールとしては表計算ソフトなどを用い、散布図を描く。散布図から相関の強弱を読み取り、回帰式に関しては理論的な算出方法ではなく概念を理解させる。女子のデータをもとに引いた直線を、男子や大人の値の予測に活用しても意味がないことなどを理解させることが重要となる。さらには、国や好きなスポーツごとに層別して分析するなど、発展的な展開も有効である。

4.2 レベルBの授業案：How High Can You Jump?

GAISEガイドラインではレベルB、全米数学コアカリキュラムでは高等学校を対象とした授業案である。ここでは、前節4.1に示したレベルAの授業案と同じく2変数の関係を把握して予測を行う内容を取り上げるが、関係の把握のみならず、ばらつき、分布にも焦点をあて、箱ひげ図などを用いて視覚的に分布を捉えたり、標準偏差などの指標による比較ができるようにする。結果については、手元にあるサンプルデータから母集団を推測すること、そのために必要な指標は何かを学ぶ。

授業では、グループごとに実際にジャンプをしてその結果を計測してデータを集める。計測前には、何をどのように測るかを検討し、生徒自らがデータ収集方法を決定する。データのまとめ、集計、分析にはドットプロット、ヒストグラム、箱ひげ図を用い、男女の比較やジャンプ力と他の変数との関係について考察する。クラス全員のデータの分析結果が、他のクラスでも

同じような結果になるか、別の学年や別の学校の場合にはどうかなどの問いを教師が投げかけ議論させる。

4.3 レベルCの授業案：NFL Quarterback Salaries

GAISEガイドラインではレベルC、全米数学コアカリキュラムでは高等学校を対象とした授業案である。2つの量的変数の関係を調べる教材で、アメリカのフットボールリーグ（NFL）の選手の年俵を決定する要素は何かを探る。年俵とパスの成功率、年俵とタッチダウンの数、年俵と平均獲得ヤード数の関係を3グループに分かれてそれぞれ分析する。相関の有無や強弱を散布図で確認し、3つの試合の成績と年俵の関係、さらには因果関係についてまとめる。散布図を描いたり、回帰式、相関係数を求める際にはソフトウェアを用いる。

5. GCPSのオンライン教材eClass

アメリカ合衆国ジョージア州の中央部北に位置するゲイネット郡の公立学校を統括するGCPS⁸⁾は、2011年よりオンライン教材eClass(Digital Content, Learning, Assessment & Support System)を用いた教育及び評価の仕組みの提供を開始した。数学の教材は、全米数学コアカリキュラムおよびCCGPS(Common Core Georgia Performance Standards)に準拠したAKSカリキュラム(Academic Knowledge and Skills)に示される内容で、現在33校で試験的に運用されている。生徒用のポータル画面からは、教科書および関連した教科へのリンクを選択して学習を進めたり、各教科の評価を参照することができるようになっている。現時点で全ての教科の教科書が電子化されているわけではないが、数学および統計の教科書はすでに電子化され授業、家庭学習で活用されている。

ゲイネット郡にあるドゥルース中学校は、2012年8月に入学した新1年生から、これまでの分厚い教科書ではなくコンピュータ等の電子機器を活用した授業を開始した。生徒は各自電子機器を持参することも推奨され(BYOD: Bring Your Own Device)、数学のみならず多くの科目で情報の検索、課題の制作に電子機器を活用する機会が増えている。eClassでは、数学の教材にもビデオ、動画、画像などが多用され、時間、場所を問わずに学習できる仕組みを提供している。保護者が学習状況をモニタリングしたり、学習の評価に活用できる機能が充実している。

eClassはIBM社と共同で開発され、教材の配信システムの構築に加え、蓄積された膨大な学習データの解析にもIBMが協力する予定である⁹⁾。

6. おわりに

アメリカは全米数学コアカリキュラムを策定し、統計教育の改革をより一層加速させた。情報技術の発展や教育環境の変化など様々な要因がその背景には存在しているが、社会からの要望が小さくないことは明らかであり、日本も同様である。大量のデータが容易に蓄積され入手できる世の中になり、数字を正しく読み、活用する力が社会人の基礎的な力として、万人に求められるようになった。わが国の学校教育においてもカリキュラムのさらなる充実が必須であると同時に、大学の教育においても、社会人基礎力の一つとして、数学を活用する力、まさに統計的問題解決力を養うことが必要である。

具体的には、実際の問題に多く触れることを提案したい。現実の問題に即して手法や概念を取捨選択して活用する力を身に付けるためには、単なる公式の暗記ではなく概念そのものの理解に重点を置き、実際の問題をコンピュータを使って分析することが大切である。統計の教育に情報技術の活用は必須である。算数・数学の科目の枠組みにとらわれることなく、理科の実験結果や社会科の授業で扱ったデータを、情報技術を活用してまとめ、グラフ化する。そして単にその手法を学ぶのではなく、データやグラフを読み取り、問題解決に活用する力をつけるためには、授業でグラフを作成したり、指標を計算して終わりではなく、結果を問題解決の目的および背景と照らしてまとめ発表する経験的学習を、科目横断的に充実させなければならない。そのためには、ITCリテラシーの教育とIT環境や教材データの整備も重要である。前述のジョージア州の公立学校のような巨大な資金を投じた教材開発を、今すぐ日本で実現することは難しいかもしれないが、諸外国の先行的な事例を参考に初等教育から高等教育までトータルで教育の質をより一層向上させる検討を早急に進めることが必要であろう。

文 献

- 1) Common Core State Standards Initiative, <http://www.corestandards.org/>, 2014/0919.
- 2) 高橋昭彦. 米国における統一カリキュラムへの模索, 日本数学会誌 2012; 94: 1: 19-22.
- 3) 松元新一郎. オーストラリアとアメリカのカリキュラムにおける統計と確率の位置づけ—日本のカリキュラムの改善への提言—, 科学教育学会第36回年会論文要旨集 2012: 32.
- 4) National Council of Teachers of Mathematics

- Principles and Standards for School Mathematics,
<http://www.nctm.org/standards/>, 2014/09/19.
- 5) Guidelines for Assessment and Instruction in
Statistics Education (GAISE) in Pre-K-12 years,
<http://www.amstat.org/education/gaise/>, 2014/09/19
- 6) 深澤弘美. 統計検定3級および4級の結果分析, 統計
と情報の専門誌エストレーラ, 2012.6: No.219: 12-17.
に掲載した表を一部修正.
- 7) 英国, ニュージーランドなど国際的な統計教育プ
ロジェクト, [http://www.censusatschool.org.uk/](http://www.censusatschool.org.uk/international-projects)
international-projects, 2014/09/19.
- 8) Gwinnett County Public School, <http://publish.gwinnett.k12.ga.us/>, 2014/09/19.
- 9) Kanoe Namahoe, “Gwinnett County Public Schools
Invests \$28 Million to Create ‘Flexible’ Learning
Environment”, 2013.9.24, EducationChannelPartner,
[http://edchannelpartner.com/articles/2013/09/24/](http://edchannelpartner.com/articles/2013/09/24/georgia-school-system-aims-for-personalized-learning-with-new-portal.aspx)
georgia-school-system-aims-for-personalized-
learning-with-new-portal.aspx, 2014/09/19.