

提言

新学習指導要領下での算数・数学教育の円滑な
実施に向けた緊急提言：統計教育の実効性の向
上に焦点を当てて



令和2年（2020年）8月4日

日 本 学 術 会 議

数理科学委員会

数学教育分科会

この提言は、日本学術会議数理科学委員会数学教育分科会の審議結果を取りまとめ公表するものである。

日本学術会議数理科学委員会数学教育分科会

委員長	真島 秀行（連携会員）	お茶の水女子大学名誉教授
副委員長	藤井 斉亮（連携会員）	東京学芸大学名誉教授
幹事	小山 正孝（連携会員）	広島大学大学院人間社会科学研究科教授
幹事	渡辺美智子（連携会員）	慶應義塾大学大学院健康マネジメント研究科教授
	今井 桂子（連携会員）	中央大学理工学部教授・中央大学高等学校校長
	伊藤由佳理（連携会員）	東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構教授
	小林みどり（連携会員）	静岡県立大学名誉教授
	高橋 哲也（連携会員）	大阪府立大学高等教育推進機構教授
	竹村 彰通（連携会員）	滋賀大学データサイエンス教育研究センター教授
	椿 広計（連携会員）	情報システム研究機構・統計数理研究所 理事・統計数理研究所長（名誉教授）
	平田 典子（連携会員）	日本大学理工学部教授
	森田 康夫（連携会員）	東北大学名誉教授
	矢部 敏昭（連携会員）	鳥取大学地域学部教授
	山口 佳三（連携会員）	北海道大学名誉教授
	美添 泰人（連携会員）	青山学院大学経営学部プロジェクト教授
	清水 美憲（特任連携会員）	筑波大学大学院人間総合科学研究科教授
	西村 圭一（特任連携会員）	東京学芸大学大学院教育学研究科教授

本提言の作成にあたり、以下の職員が事務を担当した。

事務 犬塚 隆志 参事官（審議第二担当）

五十嵐 久留美 参事官（審議第二担当）付補佐

要 旨

1 作成の背景

文部科学省における小学校・中学校・高等学校の学習指導要領の改訂に際し、前期の第23期数理科学委員会数学教育分科会では、「初等中等教育における算数・数学教育の改善についての提言」（平成28年5月19日）（以下、前提言と引用）を行った。今期の第24期数理科学委員会数学教育分科会では、前提言の観点から新学習指導要領を検討し実施に際し提言を行うこととしていた。新学習指導要領は令和2年度から小学校、令和3年度から中学校で全面実施、高等学校では令和4年度から年次進行で実施される予定である。

小学校のプログラミング教育は始まり、高等学校の教科書の統計に関わる部分は検定中となり、大学入学共通テストの出題範囲もまもなく決定されようとしている。そして、高等学校は教育委員会に令和4年度以降の教育課程編成を報告するよう要請されている。AI（Artificial Intelligence）実装社会の到来でデータサイエンスの重要性が増し、大学でのデータサイエンス教育が強化されようとしており、データから意思決定・行動につながる統計的思考・判断・表現力を国民が広く身に付ける教育の実効性の向上が必要である。

2 現状及び問題点

今回の学習指導要領の改訂では、小学校からプログラミング教育を行うこととなり、手引きを発行し実施に備えている。中学校での技術・家庭科技術分野、高等学校では情報科での指導を主とし、全教科でICT（Information and Communication Technology）の活用と併せて、小・中・高等学校でのプログラミング教育が強調される。

また、平成10年12月14日付告示の学習指導要領では、中学校数学科から統計に関わる内容が消え、平成11年3月29日付告示の高等学校数学科の選択科目（数学基礎、数学B、数学C）に移行され、算数・数学教育における統計教育の小・中・高等学校の一貫性が失われた。平成20年3月28日付告示の中学校学習指導要領において、中学校で「資料のちらばりと代表値」、「標本調査」の内容が復活し、高等学校の必修科目数学Iに「データの分析」が入り改善されたものの、選択科目数学Bの「確率分布と統計的な推測」については多くの大学が入学試験で出題範囲外としていることもあり、実際にはほとんど学ばれていない。新型コロナウイルス感染拡大に関わってニュース等で数表やグラフでデータが示されたり、ウイルス感染検査の精度、薬の有効性評価における実験研究と観察研究の違い等が話題になる中で、国民一人一人がそれらの情報を得て、リスク（危険性）を確率的に考慮し、意思決定・行動に繋げるためには、統計教育の現状を改善する必要がある。

新学習指導要領下では、高等学校の科目編成が大幅に変わり、現行数学Bにある「数列」と「ベクトル」という内容が、新数学Bと新数学Cに分かれて入り、必履修科目の新数学Iの「データの分析」という内容に新たに「仮説検定の考え方」の扱いが、選択科目の新数学Bの「統計的な推測」という内容に「区間推定」に加えて、新たに「仮説検定」の扱いが入るため、令和4年度からの教育後、令和7年度大学入学共通テストにおける出題範囲について検討が必要になっている。

3 提言の内容

(1) 基礎教育の一環として数学教育を充実すること

小・中・高等学校の算数・数学科の教育の中でプログラミング教育の基礎となるアルゴリズム(計算の方法・問題を解決する手順を表したもの)の考え方が育てられている。高等学校では文系理系分けによる教育が広く行われ、学習内容に差異が生じているが、文系理系を問わず、同程度の教科・科目を履修し、数学を含む基礎的学習を充実すべきである。

(2) 統計教育の実効性を高めること

データを活用し、意思決定につながる問題解決の方法として、算数・数学科での統計的な方法、考え方を体得させるべきである。そのために、高等学校では、数学Bの「統計的な推測」をより多くの生徒に履修させるとともに、理数探究や総合的な探究の時間も利用し、また、情報科とも連携して、統計データに基づく判断のための生徒主体の活動を行うべきである。また、高等学校段階での統計教育が十分実施されていない現状を踏まえると、統計教育を実効性のあるものにするためには、現在、義務化されている法定研修(初任者研修、10年経験者研修)、教員免許状更新講習の中に統計教育の内容を必修科目として入れるなど、教員に対する統計教育の研修・講習を全国津々浦々に行き渡らせるべきである。

(3) 新科目編成の趣旨を活かした数学教育を実施すること

新高等学校学習指導要領では、選択科目として数学A、数学Bと数学C(それぞれ3つの内容、標準2単位)が設けられ、現行科目「数学活用」の内容が分散して入り、数学Bと数学Cは並立の位置付けである。これらの科目を各校の授業で学習者のために活かし、令和7年度以降の大学入学共通テストでは、「数学Ⅱ・数学B・数学C」を設けるべきである。その際、解答時間を増加させても数学I・数学Aの70分間(現行より10分間増)が限度で、数学Bと数学Cで「4問を選択」とすると時間不足につながると考えられるため、「3問を選択」とすべきである。

各大学は個別入学試験で数学Bと数学Cを出題範囲とすべきである。

目 次

1	はじめに.....	1
2	第 23 期数学教育分科会提言の概要と新学習指導要領の概要.....	3
	(1) 第 23 期数学教育分科会提言の概要.....	3
	(2) 新学習指導要領の概要（統計部分を主として、情報教育との関連も含めて）. . .	4
	① 新学習指導要領の骨格について.....	4
	② 新学習指導要領の統計部分について.....	6
	③ 数学教育と情報教育.....	9
	(3) 円滑な実施に向けてのポイント.....	10
	① 統計教育の円滑な実施について.....	10
	② 小学校でのプログラミング教育および小・中・高等学校を通じてのプログラミング教育について.....	11
	③ 他教科、小・中学校での総合的な学習の時間、高等学校の総合的な探究の時間及び理数探究と算数・数学科の連携.....	11
	④ 高等学校数学科の科目編成について.....	12
3	日本の数学教育の中での統計教育の歴史的概況.....	14
4	大学入学試験における数学科目中の「統計的な推測」に関わる出題について.....	16
5	提言.....	18
	(1) 基礎教育の一環として数学教育を充実すること.....	18
	(2) 統計教育の実効性を高めること.....	18
	(3) 新科目編成の趣旨を活かした数学教育を実施すること.....	19
	<参考文献>.....	21
	〔別表 1〕 「統計」の教育課程作成に向けた枠組み.....	24
	〔別表 2〕 高等学校学習指導要領(平成 30 年)数学科 科目編成.....	25
	<参考資料 1> 審議経過.....	26
	<参考資料 2> 主観確率、ベイズ統計について.....	27

1 はじめに

文部科学省における小学校・中学校・高等学校の学習指導要領の改訂に際し、前期の第23期数理科学委員会数学教育分科会では、「初等中等教育における算数・数学教育の改善についての提言」（平成28年5月19日）（[1]、以下、前提言と引用）を行った。今期の第24期数理科学委員会数学教育分科会では、前提言の観点から新学習指導要領[2]を検討し実施に際し提言を行うこととしていた。新学習指導要領は令和2年度から小学校、令和3年度から中学校で全面実施、高等学校では令和4年度から年次進行で実施される予定である。小学校のプログラミング教育は始まり、高等学校の教科書の統計に関わる部分は検定中となり、大学入学共通テストの出題範囲もまもなく決定されようとしている。そして、高等学校は教育委員会に令和4年度以降の教育課程編成を報告するよう要請されている。

AI実装社会の到来でデータサイエンスの重要性が増し、複数の大学に「データサイエンス学科」が設置され、「数理・データサイエンス・AI（リテラシーレベル）モデルカリキュラム～データ思考の涵養～」に沿った教育が今後進められ、大学でのデータサイエンス教育が強化されようとしており、データから意思決定・行動につながる統計的思考・判断・表現力を国民が広く身に付ける教育の実効性の向上のため、緊急に提言を纏めることとした。

さて、数学という学問は、その基礎が数と図形であり、変化と関係、データと確からしさも扱う。数学は、抽象化した概念を論理によって体系化し、諸科学のことばとして重要で応用の広い学問である [3]。その基礎的な部分を初等中等教育で学ぶ。数の概念の獲得からどのように一連の数学を学んだかを思い出してみよう。

一つのもの、二つのも、三つのもなど直観的にももの集まりで一対一対応しているもの同士を同じとみなして1、2、3などの数の概念を獲得する。足し算、引き算、掛け算、割り算、という演算も学び、さらに端の数を表すために小数から始まって任意の分数や有限小数、それらの演算などを学ぶ。また、実世界のさまざまな量を数値化する経験を通じて、数量感覚を身に付けたり、さまざまな場面の割合の意味を理解したりする。小学校では正の有理数の範囲での学習である。並行して、身近な形の観察から始まって、基本的な図形概念、性質、計量も学び、中学校では図形の性質を論理的に導き、証明法や三平方の定理なども学ぶ。また、負の数を導入し、一辺が1の正方形の対角線の長さのように、有理数でないが実際にある“数”とみなすべきものがあることを知り、無理数と呼ぶこと、そのような“数”の近似値の求め方も学ぶ。文字式を使用し、方程式や関数の学習も始まる。高等学校では、極限概念の説明などはひとまず略し実数を四則演算が自由にで

きるものとして与え、それを前提にさまざまな関数とその応用、微分法、積分法などを学ぶ。

確率や統計の学習に関しても振り返ってみよう。数の概念を獲得した際に、さまざまなものの集まりを見たり、考えたりしたが、それを振り返ってみれば、そこには、あるものがいくつなど、属性に応じた度数(頻度)の取り扱い等の統計学習の基礎がある。小学校の算数では、度数を整理し、表や各種グラフなどに表したり、統計データの傾向に関して考えたりすることを学ぶ。中学校ではコイン投げの表裏の出方やサイコロの目の出方などから度数と確率の関連性の初歩を学び、標本調査の基礎的な概念と仕組みを学び、実際に身近な統計調査も体験して自分たちの関心事に応用する。高等学校では、数学的な確率を学び、統計データの分析に確率を用いて、不確実性のある現象の判断に繋げる考え方、方法を学ぶように学習指導要領上は構成されている。

しかし、実際には、ほとんど高等学校ではそこまで学ばれていない。その傾向は、大学入試センター試験の数学Ⅱ・数学Bにおいて、「確率分布と統計的な推測」の問題を選択解答する率が極めて低いことに現われている。ほとんどの個別大学入学試験で、現行数学Bの統計の内容が出題範囲外とされていることも原因と考えられる。しかしながら、現在の社会において、インターネットを介した通販サイトにおける商品の自動レコメンドやロボットによる家電などの自動操縦、自動車の自動運転、また近年は、医療健康分野におけるモバイルヘルス機器を活用した日常の健康状態の判別や高度な医療診断に至るまで、ビッグデータの解析やAIの社会実装化が急拡大し、機械が行う判断のロジックの基礎を理解する上でも、数学の重要性は一層高まっている。さらに、震災に次いで今次の新型コロナウイルス感染問題のような世界規模の不測の事態に対して、統計データを駆使しなければその全体像が見えないような場合には、国民一人一人が氾濫する情報から、批判的にデータの質を評価し適切に意思決定・行動へと繋げられるようにならねばならない。このような状況を鑑み、大学入学共通テストの出題範囲を検討する段階にある今、繰り返しになるが、緊急に提言をすることとした。

2 第 23 期数学教育分科会提言の概要と新学習指導要領の概要

(1) 第 23 期数学教育分科会提言の概要

第 23 期数理科学委員会数学教育分科会では、「初等中等教育における算数・数学教育の改善についての提言」（平成 28 年 5 月 19 日）[1]を行った。その概要は次のようである。

数学教育が、実用的価値、文化的価値、陶冶的価値¹という普遍的な価値をもち、現代社会において、数理的思考力は、グローバル社会を生き抜く上で必要な資質の核心に位置づけられるべき力となっている。ところが、日本の中学生や高校生の数学を学ぶ意義についての意識や数学を学ぶ意欲は、他の国より低く、数学を学ぶことと将来の職業との関係がつかめないでいる生徒が多い。また、高等学校への進学率が 97%以上で、大学あるいは短期大学への進学率が 50%を超える段階となり、選抜試験に向けた勉強意欲が減じる傾向がある一方、大学進学者の多い高等学校においては、理系進学希望者と文系進学希望者を分け、教科・科目を履修させ、将来の潜在能力を高める可能性のある数学の科目を十分に履修しない傾向がある。このような社会や児童生徒の変化に目を向けつつ、次の 4 つの視点を定めた。

- (1) 概念を創造したり問題を解決したりする際の「数学的な考え方」の重視
- (2) 数学的活動の質量両面の充実
- (3) 算数・数学の探究ツールとしての ICT の利用
- (4) 統計教育の一層の充実

このような視点から学習指導要領の改善に向けた提案を行ったが、校種毎に具体的な提言と学校教育での一貫した統計教育の提案を行い、前提言要旨にある 8 つの提案にまとめた。

統計教育に関しては次の 2 つを提案した。

- 【前提言番号】 1) 初等中等教育における統計教育の目的は、身近な問題解決と意思決定に統計学を活用する態度と能力を育成することにある。しかし、現在の初等中等教育の算数・数学教育においては、統計教育が質・量とも不足している。これを改善すべきである（具体的な提案は前提言第 4 章、[別表 1] 参照、中学校に関する 3 (2)④及び高等学校に関する 3 (3)②イも参照）。

¹ 数学を学ぶことによって形成される精神的特質があり、論理的な推論、簡潔な表現、統合的にみる見方など、いわゆる数学的な考え方やものの見方が身につくという価値である。

- 【前提言番号】 7) 現代社会において重要な統計教育を今より充実すべきであり、特に現行の高等学校学習指導要領の「数学B」にある「確率分布と統計的な推測」は、教科書と ICT を活用した教材を併用して、現行の学習指導要領で記載されている内容の定着を図るべきである。

また、情報教育に関しては次の提案をした。

- 【前提言番号】 2) 数や式の計算が、電卓や数式処理プログラムなどにより代替可能な時代背景を踏まえ、ICT を算数・数学の探究ツールとして利用することを念頭において、初等中等教育の教育課程を再編すべきである（前提言第3章の小学校に関する部分3(1)⑤、中学校に関する部分3(2)②、及び高等学校に関する部分3(3)②参照）。

さらに、中学校の教育課程に関するものとしては、【前提言番号】 3)、4)があり、数学的活動の質量両面の充実、課題学習の拡充について提案を行い、高等学校に関するものとしては、【前提言番号】 5)、6)、8)があり、数学科の科目の編成、内容、履修の仕方等について提案を行った。

(2) 新学習指導要領の概要（統計部分を主として、情報教育との関連も含めて）

① 新学習指導要領の骨格について

一方、文部科学大臣から中央教育審議会へ平成26年11月に諮問があり、初等中等教育分科会教育課程部会の下に置かれた各学校部会、科目等のワーキンググループが平成27年から28年度にかけ議論を重ね、それらの方向を受けて、教育課程部会、中央教育審議会での審議を経て平成28年12月21日に答申が出され、学習指導要領等の改善及び必要な方策等が示された。それを受けた形で、小学校学習指導要領（令和2年度から全面実施）、令和3年度からの中学校学習指導要領（令和3年度から全面実施）が平成29年3月に告示され、翌年、令和4年度から年次進行で実施される高等学校学習指導要領が告示された。その元になっているのが、平成28年6月の算数・数学ワーキンググループのまとめであるが、他の教科同様に、「資質・能力の育成」の観点から、算数・数学科で育成すべき「知識・技能」、「思考力・判断力・表現力」、「学びに向かう力」を記し、生徒が「主体的・対話的な深い学び」をできるように指導することにしている。算数・数学科で育成すべき「資質・能力」は、図1のような学習過程のイメージのもとで、「事象を数量や図形及びそれらの関係などに着目して捉え、論理的、統一的、発展的に考えること」といった数学的な見方・考え方を働かせ、数学的活動を通して育成することが目指されている。

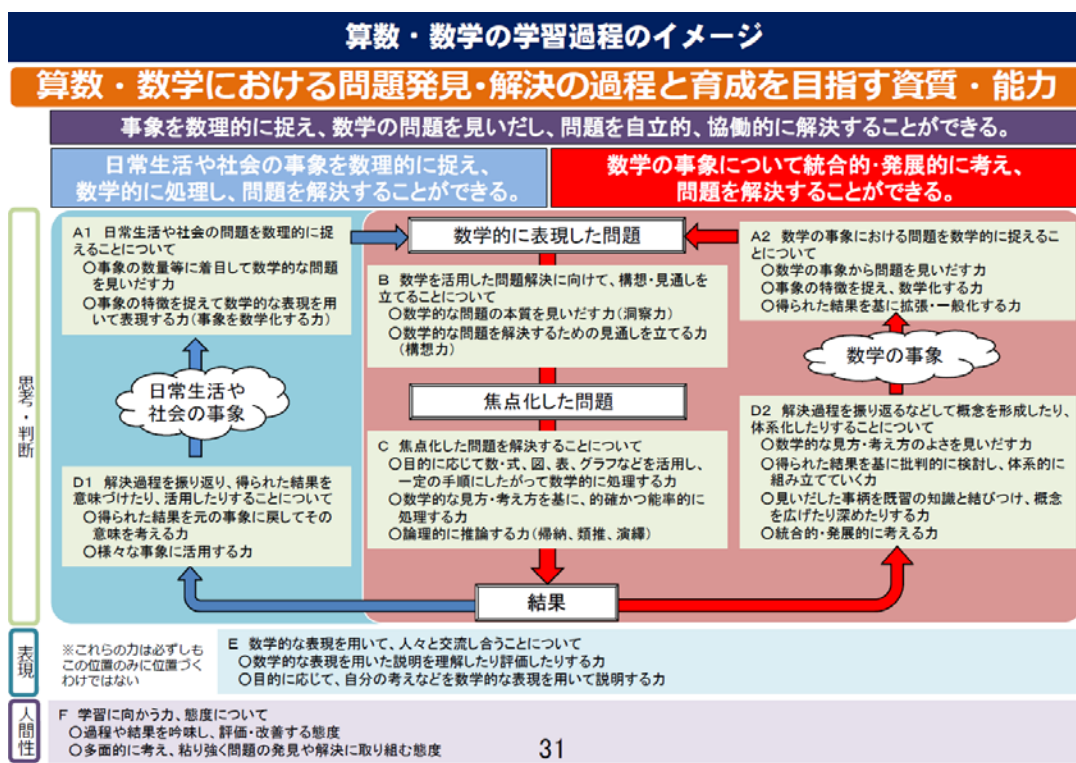


図1 算数・数学の学習過程のイメージ

(出典) 参考文献[4]

小学校は、「A 数と計算」、「B 図形」、「C (第1学年から第3学年まで) 測定、(第4学年から第6学年まで) 変化と関係」、「D データの活用」、中学校では、「A 数と式」、「B 図形」、「C 関数」、「D データの活用」という領域を設定し、それぞれの学年に相応しい〔数学的活動〕の例示を含めて学習指導要領解説は記述されている。

高等学校学習指導要領は数学科の科目編成が、数学Ⅰ(3単位)、数学Ⅱ(4単位)、数学Ⅲ(3単位)、数学A(3つの内容、2単位)、数学B(3つの内容、2単位)、数学C(3つの内容、2単位)となり、科目毎に、目標、内容、内容の取扱いが記述されている〔別表2〕参照。履修順序は、数学Ⅰ、数学Ⅱ、数学Ⅲはこの順に履修するものとし、数学Aは数学Ⅰと並行履修または数学Ⅰの後の履修、数学B及び数学Cは数学Ⅰの後の履修とすることとなっている。

② 新学習指導要領の統計部分について

以下、統計教育に関わる部分を挙げるが、小・中・高等学校通じて「データの活用」（高等学校は数学Ⅰの「データの分析」）領域を設定し、統計教育を充実することが学習指導要領では謳われている。

近年、データの分析やそれに基づく意思決定の重要性が社会的に重要性を増していることから、広くその基礎・基本を知り、知識・技能を習得し、思考力・判断力・表現力を高め、応用、活用する力を世間一般の人々に身につけてもらう素地を作ろうという観点で、以下のような改善の方向性が示された。

【小学校】

- ・統計的な問題解決の充実を図る。具体的には、グラフを作成したのち、考察し、さらに新たな疑問を基にグラフを作り替え、目的に応じたグラフを作成し、考察を深める。また、ある目的に応じて示されたグラフを、多面的に吟味する。
- ・棒グラフや折れ線グラフ、ヒストグラムに関して、複数系列のグラフなどを扱ったり、二つ以上の集団を比較したり、平均値以外の代表値を扱ったりするよう見直す。
- ・季節の移り変わりや算数の折れ線グラフなど、理科や社会など他教科等と算数の内容の関連に引き続き留意する。

【中学校】

- ・日常生活や社会などに関わる疑問をきっかけにして問題を設定し、それを解決するために必要なデータを集めて表現・処理し、統計量を求めることで、現状や分布の傾向を把握したり、二つ以上の集団を比較したりするなどして問題の解決に向けた一連の活動を充実する。
- ・統計的な手法について、層別により、集めたデータを分けて比較することや局所的に考察することなどができるよう充実する。
- ・統計的な表現について、小学校での学習内容や他教科等での学習内容との関連等に留意し、扱う内容を見直す。

【高等学校】

- ・統計を多くの生徒が履修できるよう科目構成及びその内容について見直す。

- ・ 必履修科目の内容（記述統計²）を小・中学校の内容を踏まえ充実する。
- ・ 選択科目の内容（推測統計³）を「（問題解決で）使える統計」になるよう改善する。
- ・ 教科「情報」との関連を充実し、問題解決型の学習を重視する。

そして、概括すれば、『小学校算数科では、「データの活用」に関する内容として、データを分類整理することや、表やグラフに表すこと、相対度数や確率の基になる割合を学習している。また、それらを活用して、日常生活の具体的な事象を考察し、その特徴を捉えたり、問題解決したりすることに取り組んで』（参考文献[2]中学校学習指導要領解説数学編、p. 56）行くことになり、『中学校数学科では、小学校算数科における学習の上に立ち、不確定な事象が数学的な考察の対象となることを理解して取り扱うことができるようにする』（参考文献[2]中学校学習指導要領解説数学編、p. 54）こととなり、高等学校学習指導要領の必履修科目の数学 I で「仮説検定の考え方」、選択科目数学 B で「仮説検定の方法」を学ぶこととなった。また、高等学校学習指導要領解説数学編では、選択科目の数学 A の「場合の数と確率」に関わって、主観確率、ベイズ統計の考え方にも言及しているところ（参考文献[2]高等学校学習指導要領解説数学編、p. 95⁴）があり、生徒が、次のようなことができるようになることを目指している。

- ・ 統計的に分析するための知識・技能を理解し、日常生活や社会生活、学習の場面等において問題を発見し、必要なデータを集め適切な統計的手法を用いて分析し、その結果に基づいて問題解決や意思決定につなげる。
- ・ データの収集方法や統計的な分析結果などを批判的に考察する。

数学 I の「仮説検定の考え方」では、不確かな情報に基づく背理法による有意性検定の考え方、つまり、確率が極めて小さく偶然ではそのような事象は起こらない、という考え方を知ることが期待されている。

² データの傾向や特徴を平均値や標準偏差などを用いて記述する。

³ 標本を基に母集団の傾向や特徴を推測する。

⁴ この箇所については＜参考資料 2＞参照。

数学Bの仮説検定は、まさに抜き取り検査の数理を抽象化する中で生まれてきたものであり、仮説検定の第一種の過誤と第二種の過誤⁵は、病型の診断検査の偽陽性と偽陰性⁶という考え方と当然一致する(表1、表2)。むしろそういう常識感覚が仮説検定に繋がっているということは、今日の新型コロナウイルスの検査でも実は常識として知っておかなければならないことで、強調すべきである。数理的には統計的推論には2つの誤りがあるということを強く伝えなければならない。

表1 統計的検定の結果と帰無仮説

統計的検定の結果\帰無仮説の真偽	帰無仮説が真	帰無仮説が偽
帰無仮説を棄却しない	正しい	第二種の過誤
帰無仮説を棄却する	第一種の過誤	正しい

(出典) 参考文献[5]より本分科会で作成

表2 病型の診断検査結果と真の状態

検査結果\真の状態	疾患なし	疾患あり
陰性	真陰性	偽陰性
陽性	偽陽性	真陽性

(出典) 参考文献[5]より本分科会で作成

⁵ 仮説検定は一般に「対策を講じるべき変化が起きている」ことを限られたデータを証拠に判断するために使用される。その際、帰無仮説という「変化が起きていない」という逆の仮説を立て、その下では手にしているデータが生じる確率が非常に小さいことを根拠に帰無仮説を棄却する、すなわち「変化が起きている」と判断するロジックを用いている。実際には、帰無仮説が小さな確率でも成立するため、この判断には誤る可能性がある。第一種の過誤とは、帰無仮説が成立するにもかかわらずその仮説を棄却し、変化が起きていると判断する誤りを言う。逆に、帰無仮説が成立しない場合(変化がある状態)でも、仮説検定では帰無仮説を棄却できない、変化があると判断されない誤りもある。これを第二種の過誤という。

⁶ 病型の診断検査は一般に、特定の病型がある状態(陽性)とない状態(陰性)を判断するために使用される。検査結果には、実際には陽性ではない(真陰性)にもかかわらず陽性と判断される誤り(偽陽性)と実際は陽性(真陽性)であるにもかかわらず陰性と判断される誤り(偽陰性)がある。

③ 数学教育と情報教育

新学習指導要領では、小学校、中学校、高等学校を通して、「各学校においては、児童（生徒）の発達の段階を考慮し、言語能力、情報活用能力（情報モラルを含む。）、問題発見・解決能力等の学習の基盤となる資質・能力を育成していくことができるよう、各教科等の特質を生かし、教科等横断的な視点から教育課程の編成を図るものとする。」と記載されていることから分かるように、情報活用能力が「学習の基盤となる資質・能力」とみなされている。また、「情報活用能力の育成を図るため、各学校において、コンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段を活用するために必要な環境を整え、これらを適切に活用した学習活動の充実を図ること。」とされている。

小学校の新学習指導要領では、「児童がコンピュータで文字を入力するなどの学習の基盤として必要となる情報手段の基本的な操作を習得するための学習活動」や「児童がプログラミングを体験しながら、コンピュータに意図した処理を行わせるために必要な論理的思考力を身に付けるための学習活動」を計画的に実施するよう記述されている。

中学校の数学の新学習指導要領では、「データの活用」において、「数学的活動を通して、コンピュータなどの情報手段を用いるなどしてデータを表やグラフに整理する、箱ひげ図で表す、無作為に標本を取り出し、整理するなどの知識や技能を身に付けることができるように指導する。」とあり、「各領域の指導に当たっては、必要に応じ、そろばんや電卓、コンピュータ、情報通信ネットワークなどの情報手段を適切に活用し、学習の効果を高めること。」と書かれている。

高等学校の数学の新学習指導要領においても、コンピュータなどの情報機器の利用に関する記述が、現行の学習指導要領と比較し多くなっていることが特徴といえる。高等学校学習指導要領解説数学編において、数学科の目標に掲げられている「粘り強く考え数学的論拠に基づいて判断しようとする態度」では、「コンピュータを利用してシミュレーションをしたりして試行錯誤をすることになる」と述べられており、数学Ⅰ、数学Ⅱ、数学Ⅲ、数学A、数学B、数学Cのほとんどの内容において「コンピュータなどの情報機器を用いて」という記述がある。

このように情報機器の活用が多く教科で求められているが、算数・数学教育におけるコンピュータなどの情報機器の活用については、数学的教育効果が十分に得られるような方法で適切に行うことが必要である。

高等学校学習指導要領解説数学編において、「数学的活動として捉える問題発見・解決の過程には、主として二つの過程を考えることができる。一つは、日常生活や社会

の事象などを数理的に捉え、数学的に表現・処理し、問題を解決し、解決過程を振り返り得られた結果の意味を考察する過程であり、もう一つは、数学の事象から問題を見だし、数学的な推論などによって問題を解決し、解決の過程や結果を振り返って統合的・発展的、体系的に考察する過程である。」と述べられている。これまでも自然現象の解明や社会的問題に対して、適切に数学のことばを用い、数理的に定式化して解くという手法が用いられ、多くの分野で数学の重要性が認識されてきた。これからの社会における現実の問題を解くためには、大量のデータを処理する情報処理能力やプログラミングなどの情報活用能力が必要となってくるが、それと同時に、問題の本質を把握する数理的思考や論理的考察がますます重要となってくる。したがって、それを支える算数・数学教育の重要性も増しているといえる。

(3) 円滑な実施に向けてのポイント

新学習指導要領で、算数・数学の学習過程のイメージ(図1)のような数学的活動を通して、数学的な見方・考え方を育み、統計教育について小・中・高等学校を通じて「データの活用」の領域を設けて強化しようとしている点、また、算数・数学の探究ツールとしてICTの活用を推奨している点は、本分科会も支持するところであるが、現行課程から新課程に移行するに当たり、留意点と変革が迫られる点がいくつか挙げられる。

① 統計教育の円滑な実施について

小学校、中学校、高等学校と、段々高度な統計的手法を使えるように、新学習指導要領では「データの活用」の領域を作り体系的に指導するようになっている。

高等学校数学Bの内容、信頼区間と仮説検定の考え方を、統計的推測の理論として、理解できる授業をすることは、教員にとって容易ではないと思われる[6]。が、仮説の検証の仕組みとしての背理法的手段、それに伴う2種類の過誤、さらには、過誤や誤差の概念や意味は、実践現場において有用であり、さらには市民としてエビデンスに基づき議論を行い、判断を下す際に求められる最低限のリテラシーである。このことから、統計的推測の根底にある仮説検証の一方法としての議論の進め方の内容を中心に指導すべきであると考え。とくに、仮説検定においては、帰無仮説の棄却の証拠をデータに求めるロジックのため、帰無仮説が棄却できないときの解釈を間違えないように指導する必要がある。「帰無仮説が棄却できない」を「帰無仮説の採択」と表現することもあるが、これは「帰無仮説が正しい」ことを意味するものではなく、所与のデータが帰無仮説を棄却する(対立仮説を採択する)証拠となり得なかったという

意味に過ぎず、対立仮説を研究仮説として否定するものではない。統計教育についての海外のガイドラインでは、統計的に有意な差と現実の意味がある差は異なること、統計的な有意差が認められないことが現実的な差がないことを意味しないこと（とくに、標本サイズが小さい場合）、統計的な有意差が認められてもつねに現実の意味のある差にはならないこと（とくに標本サイズが大きな場合）を注意事項として指導することとされている。薬効評価や改善効果の評価など社会で判断を求められる、すなわち、仮説検定が使用される典型的な事例を理解させ、同時に、現象の解明には信頼区間も見ることがあることを教える必要がある。

② 小学校でのプログラミング教育および小・中・高等学校を通じてのプログラミング教育について

算数・数学では、プログラミングの元となるアルゴリズムの考え方を育成している。算数が、数の概念の獲得から始まって、中学校で文字を使用する代数を学び、高等学校でより高度な数学を学ぶことになるが、算数・数学教育は極言すれば、アルゴリズム教育といえるくらいである。例えば、徳山豪は次のように言っている[7]。「筆者の専門とするアルゴリズム理論は、ほとんど数学そのものであり、そのエッセンスは高校生にも、あるいは中学生にも説明できるものである。なぜなら、高校までの数学は、すべてアルゴリズムの説明であるか、そのための道具とっていいからである。一方で、その社会への影響は大きく魅力的で、若い年代に実感が持てるものである。」代数（Algebra）とアルゴリズム（Algorithm）の起源は同じである。算数での繰り上がりの計算、ある性質に注目しての分類法、10進法から2進法への変換法、いくつかの整数の約数を求める方法（ユークリッド互除法）、素数判定法（エラトステネスのふるい）、平方根を求める近似計算などの数値計算等、歴史的に有名なものなど多岐にわたる。このようなアルゴリズムに気付かせながら、算数・数学での学習をプログラミング教育に活かして連携を図っていくのが望ましい。小学校プログラミング教育の手引も学習指導要領解説刊行直後に発行し、令和2年2月に改訂第三版を発行し配慮しようとしているが、算数・数学教育とプログラミング教育の密接な関係を強調しておきたい。

③ 他教科、小・中学校での総合的な学習の時間、高等学校の総合的な探究の時間及

び理数探究と算数・数学科の連携

算数・数学の学習過程のイメージ（図1）のような数学的活動には、より深く追究していく時間が必要であり、また他教科と連携する必要性が生じると想定されることから総合的な学習の時間、総合的な探究の時間、理数探究と連携することが望ましい。

なお、高等学校では、数学Ⅲの微分積分を学習する前に正規分布のことを数表を使いながら、複雑な計算はコンピュータを使って行うことになり、情報科教員と数学科教員の連携が必要である。また、新学習指導要領の情報科でも、情報Ⅰにデータを意思決定に活用するデータの活用や情報Ⅱにデータサイエンスなど実際に規模の大きなデータを操作して統計的な分析を行う学習を行う内容があり、数学科と情報科で合わせて行うようになるのが望ましい。

④ 高等学校数学科の科目編成について

現行の数学Ⅰ（必履修、3単位）、数学Ⅱ（4単位）、数学Ⅲ（5単位）、数学A（2単位）、数学B（2単位）、数学活用（2単位）から、内容を減らさず、新課程では、数学Ⅰ（必履修、3単位）、数学Ⅱ（4単位）、数学Ⅲ（3単位）、数学A（2単位）、数学B（2単位）、数学C（2単位）と〔別表2〕のように再編成されたが、旧数学Bの「確率分布と統計的な推測」、「数列」、「ベクトル」という3つの内容が新数学Bと新数学Cに分かれて配当され、新数学Bと新数学Cの間には履修順に関する制限はない。「ベクトル」は新数学Cの内容となったが、大学での数学教育の基礎となる「微分積分法」とともに習う「線形代数」への橋渡しとなる教材で、昭和35年高等学校学習指導要領の改訂の際に新たな内容として入り、以後、大学進学希望者のほとんどが学んで来た内容であり、データの表現などにも用いられる重要なもので、前提言においては、旧数学Bを3単位として、3つの内容を履修する編成にすることを提案していた（前提言3(3)②参照）。このような点から、新数学Bおよび新数学Cから「数列」、「ベクトル」、「統計的な推測」を履修することが望ましい。旧「数学活用」の内容が数学A、数学B、数学Cに配当され、教科書において、どのような応用があるかみられるようになった。これらは履修せずとも、適宜、他の内容の学習に関連付けるなどして活かしていくのが望ましい。なお、前提言（3(3)②の最後の段落）に書かれたことであるが、次のような考えもある。

情報科学の進歩が数学教育に影響を与えることも考えられる。例えば、コールセンターや配送センターの仕事の一部は既に自動化されており、車の運転もやがて自

動化される⁷。世の中の仕事が急激に変わる可能性があり、そのことが数学教育の変更を迫る可能性が高い。その様なことを考えると、計算が中心となっている現在の数学教育の在り方は見直す必要があると思われる。多様な生徒に対して、現時点で具体的に何をすべきかを述べるのは難しいが、次のようなことも考えられる。

- 数学への理解を深めるために、必要に応じて ICT を使いながら、定義や公式の意味や役割を今よりも丁寧に授業で教える。
- 授業で数学を使って世の中のいろいろな問題を解く（前提言3(2)⑤参照）。
- 大学進学を目指す生徒を対象にして、証明を考える時間を今より増やし、論理力・発想力を強化する。また、大学進学を目指す生徒には、1題で60分程度かかる問題を考えさせ、今より理論や公式の意味を広く深く考えさせるようにする。
- 大学進学を目指さない生徒を対象にして、数学史などを使って、「数学はどのようにして世の中の役に立ってきたか」、「数学は世の中でどのような役割を持っているか」などを教える。

⁷ 自動車にAIが実装されることを想定している。

3 日本の数学教育の中での統計教育の歴史的概況

日本の初等中等教育における統計教育を振り返ってみれば、明治44(1911)年の(半期用)「高等小学読本巻三」に「統計」が登場したことから始まり、昭和10(1935)年から年次進行で刊行された伝説の緑表紙教科書「尋常小學算術」に多くの統計教材が盛り込まれた時期から本格化された。それまで当時の中等教育学校(男子のための中学校、女子のための高等女学校)では統計の内容が指導されていなかったが、「尋常小學算術」で学んできた生徒の教育のため、昭和17年に中学校及び高等女学校の授業要目の改訂が行われ、初めて統計の内容が盛り込まれた[8][9]。第二次世界大戦後の学習指導要領下での学校教育で発展し、学習内容的には昭和43-45(1968-1970)年度告示のものでは、高等学校段階で「仮説検定」も含む程度になっていたが、その後は減少し、平成10年12月14日付告示の学習指導要領で中学校での統計の内容が消え、平成11年3月29日付告示の高等学校数学科の選択科目(数学基礎、数学B、数学C)に移行され、算数・数学教育における統計教育の小・中・高等学校の一貫性が失われた。平成20年3月28日付告示の中学校学習指導要領において、中学校で「資料のちらばりと代表値」、「標本調査」の内容が復活し、高等学校の必修科目数学Iに「データの分析」が入り改善されたものの、選択科目数学Bの「確率分布と統計的な推測」については、履修される割合が少ないことが文部科学省の調査[10]によってわかる。すなわち、それに掲載される「新学習指導要領における高等学校数学等について」に、平成27年度公立高等学校における教育課程の編成・実施状況調査(悉皆調査)の結果がある。全日制課程の学科(6426学科)における平成27年度入学者に適用される3年間の教育課程を対象として調査を実施しており、数学A、数学Bを開設している場合の履修内容に関する設問では、各科目を開設しているかどうか、また、開設している場合に、各科目の3つの内容(「確率分布と統計的な推測」、「数列」、「ベクトル」)のうち履修させる内容としてどの内容を指導計画等に位置付けているかを調査した結果、2つの内容(「数列」、「ベクトル」)を履修させているのが、普通科で86.6%、専門学科で82.5%であるのに対し、3つの内容を履修させているのは、普通科で12.4%、専門学科で14.6%であった。

なお、木村捨雄著「統計教育の歴史と背景と新しい時代での統計的思考の育成」[11]には、『第二次世界大戦後、昭和21年にアメリカ合衆国大統領府から派遣された統計使節団(ライス使節団)の調査報告および勧告「民主主義を確立する一つの基礎に、国民が事実に基づき客観的合理的に判断し、それに基づいて自らの道を決定でき得る優れた統計認識と理解を持つことが必要である」を受け日本の統計機構の再建の一環として統計教育の推進が図られた』ころから、現行学習指導要領が始まる直前までの学校教育における統計教

育の歴史が、手際よく纏められている。民主主義の確立にも、国の統計が整備され、統計教育が根付くことが重要であったことを今一度思い出さなくてはならない。

4 大学入学試験における数学科目中の「統計的な推測」に関わる出題について

大学入学試験は一般入試、推薦入試、AO入試など多種多様になってきているが、最も一般的な形態は、まず全国共通の大学入試センター試験を受け、その後、個別の大学が課す試験を受け、それらの得点から総合点を算出して合否を決めるというものである。

大学入試センター試験では、数学Ⅰ・数学A（60分間）、数学Ⅱ・数学B（60分間）で、現行高等学校学習指導要領下での教育後、初めて実施された平成27年1月の試験について河合塾が発行している情報誌で状況を見てみると、次のように、数学Bの「確率分布と統計的な推測」（表3では単に、統計、と記す）の問題の選択率が著しく低いことがわかる（表3）。

表3 2015年1月大学入試センター試験数学Ⅱ・数学Bの数学Bの問題の選択パターン

問題内容	数列とベクトル	数列と統計	ベクトルと統計	その他1問のみ 選択など
選択率	94.7%	2.0%	1.5%	1.8%

（出典）参考文献[12]より本分科会で作成

また、令和3年実施予定であった「大学入学共通テスト」の導入に向けた試行調査（平成30年度実施）の「結果報告」[13]のp.13(資料のp.7)の記載によれば、第3問・第4問 13.82%、第3問・第5問 5.57%、第4問・第5問 80.61%、とある。ここで、第3問は「確率分布と統計的な推測」、第4問は「数列」、第5問は「ベクトル」からの出題である。

一方、聖文新社が毎年発行する「全国大学 項目別 数学入試問題詳解」[14]でも「統計的な推測」の問題は大学入試センター試験の問題以外はほとんどない。なお、現行課程前の教育課程についてであるが、数理科学委員会数理統計学分科会（第22期）はこのような状況を調査していた[15]。その提言では、「提言4」として、次のように言っている。

提言4 初等・中等教育における問題解決型の統計教育の更なる充実

平成20年小・中・高等学校学習指導要領改訂により立ち上がった、生きる力としての“資料に基づく問題解決教育”を強化・実質化するために、現行の高等学校数学Bでは「確率分布と統計的な推測」が「数列」「ベクトル」とともに指定されている。しかるに現実の高校教育においては、同項目の選択率は低く、学習指導要領の趣旨が生かされているとは言い難い。このような状況をふまえたとき、次期学習指導要領にお

いては、文系志望・理系志望を問わず、すべての高校生に「統計」と「確率」を必ず履修させるような配慮が払われる必要がある。また、多くの大学の大学入試で「統計」が出題されることの重要性からも、高校教育の段階で「統計」を必履修項目として取り上げることが必要である（以下略）。

また、日本数学教育学会が主催する大学入試懇談会で昭和 51 年以来発行している資料 [16] によれば、懇談会参加の大学（東京大学、京都大学、東京工業大学、一橋大学、東北大学、大阪大学、横浜国立大学、早稲田大学、慶応義塾大学、東京理科大学、学習院大学等、年度により多少異同がある）の個別入学試験問題には数学Bの統計の内容の出題はないことがわかる。

5 提言

(1) 基礎教育の一環として数学教育を充実すること

小・中学校での教育は義務教育であり、全員が同じ内容を学ぶが、高等学校では文系理系分けによる教育が広く行われ、選択する数学の科目数や学習内容に差異が生じている。

日本の算数・数学教育は、問題解決型の授業を行ってきた伝統があり、国際的にも評価の高いものとなっている。PISA (Programme for International Student Assessment (OECD 生徒の学習到達度調査)) 2018[17]では、数学的リテラシーの平均点は国際的に見ると高く、引き続き上位グループに属しているし、TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study (IEA (国際教育到達度評価学会) 国際数学・理科教育動向調査)) 2015[18]では小・中学生の算数・数学の平均得点は良好なものである。

しかし、中学校ではいまだに外国と比べ学習意欲の面で課題があり、小学校と中学校の間で算数・数学の勉強に対する意識に差があり、小学校から中学校に移行すると、数学の学習に対し、肯定的な回答をする生徒の割合が低下する傾向にある。さらに、全国学力テスト・学習状況調査によれば、高等学校では数学の学習に対する意識が高くないことが指摘されている。

したがって、文系理系を問わず、同程度の教科・科目を履修し、数学を含む基礎的学習を充実すべきであるが、特に、算数・数学科の教科内容に多くのアルゴリズムの考え方がみられることにも気付かせ、数学的活動を重視した教育を充実すべきである。未知の時代にも問題解決の発想を提供する数学力を高めるべきである。

(2) 統計教育の実効性を高めること

データを活用し、意思決定につながる問題解決の方法として、算数・数学科での統計的な方法や考え方を体得するべきである。そのために、高等学校においては、数学Bの「統計的な推測」をより多くの生徒に履修させるとともに、理数探究や総合的な探究の時間も利用し、また、情報科とも連携して、統計データに基づく判断のための生徒主体の活動を行うべきである。

AIによる判断のリスクを持ち出す以前にも、医師による病型の診断や薬剤の効能評価、各種検査の判定等、国民一人一人の生活に密接に関わる情報の中には、統計的な推測の方法論に基づく判断がベースになっているものが多くある。限られたデータに基づいて真理の探究を行う場合、その判断には誤りが起こりえることを国民一人一人がきちんと認識しておくことが重要である。その上で、誤った判断を下す可能性(リスク)をコントロールする数理科学的な方法の必要性への理解が求められる。そのため、その方法論の

一つとして「統計的な仮説検定」の考え方と適用を高校卒業時まで具体的に事例で学び、その達成度を評価する必要がある。統計的な仮説検定の枠組みにおいて、2種類の過誤（第一種の過誤と第二種の過誤）を区別していることの意味などを理解し、いかにその過誤のコントロールを確率に基づいて行っているのかの論理を理解することが、データをエビデンスとして用いる場合にどのようなことに注意すべきかの批判的思考と科学的判断の使用につながる。今日の新型コロナウイルス感染の関連でいえば、PCR検査は陽性であることを確認するための検査であり、陽性の検査結果でも陰性であり得ること（偽陽性）、また逆に、陰性の検査結果でも陽性であり得ること（偽陰性）をリテラシーとして知り、その上でそのリスクの大きさの計量的議論ができる国民への教育体系が、エビデンスに基づく議論と意思決定社会の構築に求められる。

高等学校段階での統計教育が十分実施されていないという現状を踏まえると、統計教育を実効性のあるものにするためには、現在、義務化されている法定研修（初任者研修、10年経験者研修）、教員免許状更新講習の中に統計教育の内容を必修科目として入れるなど、教員に対しての統計教育の研修・講習を全国津々浦々に行き渡らせるべきである。

(3) 新科目編成の趣旨を活かした数学教育を実施すること

新高等学校学習指導要領では、選択科目として数学A、数学Bと数学Cが設けられ、現行科目「数学活用」の内容が分散して入った（表4）。履修順序に関しては、数学Aは数学Iと並行履修可能で、数学B及び数学Cは数学Iの後の履修とすることとなっているが、並行履修可能で前後は決められておらず、並立の位置付けである。

表4 数学A、数学Bと数学C（〔別表2〕の部分）

数学A	2単位	選択	(1) 図形の性質 (2) 場合の数と確率 (3) 数学と人間の活動
数学B	2単位	選択	(1) 数列 (2) 統計的な推測 (3) 数学と社会生活
数学C	2単位	選択	(1) ベクトル (2) 平面上の曲線と複素数平面 (3) 数学的な表現の工夫

これらの科目を各校の授業で学習者のために活かし、令和7年度以降の大学入学共通テストでは、「数学Ⅱ・数学B・数学C」を設けるべきである。その際、解答時間を増加させても数学Ⅰ・数学Aの70分間（現行より10分間増）が限度で、数学Bと数学Cで「4問を選択」とすると時間不足につながると考えられるため、「3問を選択」とすべきである。なお、数学Bと数学Cはそれぞれ3つの内容からなるが、数学Bの「数学と社会生活」と数学Cの「数学的な表現の工夫」は知ることを目的とする内容であり出題外とし、数学Bと数学Cのそれぞれから2問、合計4問から3問選択することが想定される。

各大学は個別入学試験で数学Bと数学Cを出題範囲とすべきである。

<参考文献>

- [1] 日本学術会議、第 23 期数理科学委員会数学教育分科会、提言「初等中等教育における算数・数学教育の改善についての提言」、平成 28 年 5 月 19 日
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-t228-4.pdf>
- [2] 学習指導要領、
小学校学習指導要領（平成 29 年告示）
https://www.mext.go.jp/content/1413522_001.pdf
小学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説 算数編（内容一覧表は p 12-13）
https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afielddfile/2019/03/18/1387017_004.pdf
中学校学習指導要領（平成 29 年告示）
https://www.mext.go.jp/content/1413522_002.pdf
中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説 数学編（内容一覧表は p 12-13）
https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afielddfile/2019/03/18/1387018_004.pdf
高等学校学習指導要領（平成 30 年告示）
https://www.mext.go.jp/content/1384661_6_1_3.pdf
高等学校学習指導要領（平成 30 年告示）解説 数学編 理数編（内容一覧表は p 15-16）
https://www.mext.go.jp/content/1407073_05_1_2.pdf
- [3] 科学技術の智プロジェクト、「数理科学専門部会報告書」、2008 年 3 月
- [4] 中央教育審議会、「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）」、平成 28 年 12 月 21 日、別添資料 2
https://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/__icsFiles/afielddfile/2017/01/10/1380902_3_2.pdf
- [5] 石崎克也、渡辺美智子、「身近な統計（' 18）」、放送大学教育振興会、2018 年 3 月
- [6] 楠岡成雄、「高等学校での統計教育、大学での確率統計教育（教育数学の一側面：高等教育における数学の規格とは）」、京都大学数理解析研究所講究録、2021、
<http://www.kurims.kyoto-u.ac.jp/~kyodo/kokyuroku/contents/pdf/2021-11.pdf>
- [7] 徳山豪、「「数学をどう使うか」をどう教えるべきか —情報科学とデータ科学の視点から」、京都大学数理解析研究所講究録出版予定
<http://kanielabo.org/edmath/thirdmeeting/tokuyama1.pdf>

- [8]お茶の水女子大学附属学校園連携研究 算数・数学部会編、「「データの活用」の授業——小中高の体系的指導で育てる統計的問題解決力」、東洋館出版社、2018
- [9]お茶の水女子大学附属学校園連携研究 算数・数学部会主催 第3回統計教育シンポジウム（令和2年3月20日）
http://www-p.fz.ocha.ac.jp/renkei/d_math/sympo3.html
- [10]文部科学省、「新学習指導要領における高等学校数学等について」、令和元年12月3日
https://www.kantei.go.jp/jp/singi/ai_senryaku/suuri_datascience_ai/dai2/sanko2.pdf
- [11]木村捨雄、「統計教育の歴史と背景と新しい時代での統計的思考の育成」（日本科学教育学会年会論文集 34、35-38、2010）
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jssep/34/0/34_35/_pdf
- [12]河合塾、特集「新課程入試研究会レポート」（Kawaijuku Guideline 2015、7・8）
https://www.keinet.ne.jp/magazine/guideline/backnumber/15/0708/03_tokushu150708.pdf
- [13]大学入試センター、「大学入学共通テストの導入に向けた試行調査(平成30年度実施)の結果報告」
<https://www.dnc.ac.jp/albums/abm00035897.pdf>
- [14]聖文新社、全国大学 項目別 数学入試問題詳解、毎年発行
- [15]日本学術会議数理科学委員会数理統計学分科会、提言「ビッグデータ時代における統計科学教育・研究の推進について」、2014年8月8日
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-t197-1.pdf>
- [16]日本数学教育学会、大学入試懇談会資料、昭和51年以降毎年発行、総集編（昭和51年度～56年度）・（昭和57年度～61年度）・（昭和62年度～平成3年度）・（平成4年度～8年度）（平成9年度～13年度）・（平成14年度～17年度）・（平成18年度～21年度）、（平成22年度～25年度）、（平成26年度～29年度）発行済
- [17]OECD生徒の学習到達度調査2018年調査（PISA2018）のポイント
https://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/2018/01_point.pdf
詳細は、国立教育政策研究所、「生きるための知識と技能7 OECD生徒の学習到達度調査(PISA)－2018年調査国際結果報告書」、明石書店、2019年12月
- [18]国際数学・理科教育動向調査（TIMSS2015）のポイント
<https://www.nier.go.jp/timss/2015/point.pdf>

詳細は、国立教育政策研究所、「TIMSS2015 算数・数学教育/理科教育の国際比較」、明石書店、2017年3月

〔別表1〕 「統計」の教育課程作成に向けた枠組み（出典）前提言〔1〕

校種	データ	分析目的				問題解決過程 (PPDAC)
		現状を把握する	比較する	傾向・関係をみる	予測・推測し判断する	
小学校	質的 (多項目)	手法：累積 表現：棒グラフ、 分布を表す棒グラフ	手法：相対化、累積 表現：円グラフ、帯グラフ、 二次元表			身近な生活の場面において、問題を発見し、観察・調査・実験を行いデータを集める。それを表やグラフに表し、現状を把握し、問題の解決に向けての提案をする。
	量的 (主に離散量)	表現：ドットプロット、 ヒストグラム(等間隔)				
	時系列	表現：折れ線グラフ 時系列グラフ				
中学校	質的	手法：相対化 表現：パレート図、二次元表				日常生活や社会生活の場面において、問題を発見し、観察・調査・実験を行いデータを集める。それを表やグラフに表したり、統計量を求めることで現状や傾向を把握したり、2つ以上の集団を比較したりし、問題の解決に向けての提案をする。
	量的 (主に連続量)	手法：相対化、累積 表現：ヒストグラム (不等間隔)、箱ひげ図 代表値、範囲 (最大・最小)、四分位範囲 相対度数、相対度数折れ線、累積度数曲線、累積相 対度数			(統計的確率に基づいたインフォ ーマルな推測・判断)	
	時系列	手法：相対化、指数化、移動平均、増減率 表現：時系列グラフ				
高等学校	質的 × 量的	手法：層別、指標化、 表現：(小・中学校で学習する表現を活用)				日常生活や社会生活、他教科の学習の場面等において、問題を発見し、適切な実験・調査計画を立てる。そして、データを集め、適切な統計的手法を用いて分析したり、数学的モデルを作成したりして、予測・推測し判断することで問題を解決する。
	質的		手法：連関、オッズ比 表現：二次元表			
	量的	手法：標準化 表現：分散、標準偏差、偏差値、 手法：移動平均、回帰 表現：時系列グラフ、 階層 指数曲線、ロジスティック曲線)	手法：相関、回帰 (最小 2乗法)、変数変 換 (対数変換) 表現：散布図、相関係数		手法：推定 (区間推定)、検定 表現：二項分布、正規分布 手法：回帰 (最小2乗法)	
	質的 × 量的	手法：調査設計、実験計画 表現：(小・中・高等学校で学習する表現を活用)				

〔別表 2〕 高等学校学習指導要領(平成 30 年)数学科 科目編成

(出典)「高等学校学習指導要領(平成 30 年)解説 数学編 理数編」より本分科会作成

科目名	標準単位数	必履修、選択の別	内容
数学Ⅰ	3 単位	必履修	(1) 数と式 (2) 図形と計量 (3) 二次関数 (4) データの分析 [課題学習]
数学Ⅱ	4 単位	選択	(1) いろいろな式 (2) 図形と方程式 (3) 指数関数・対数関数 (4) 三角関数 (5) 微分・積分の考え [課題学習]
数学Ⅲ	3 単位	選択	(1) 極限 (2) 微分法 (3) 積分法 [課題学習]
数学A	2 単位	選択	(1) 図形の性質 (2) 場合の数と確率 (3) 数学と人間の活動
数学B	2 単位	選択	(1) 数列 (2) 統計的な推測 (3) 数学と社会生活
数学C	2 単位	選択	(1) ベクトル (2) 平面上の曲線と複素数平面 (3) 数学的な表現の工夫

<参考資料1> 審議経過

平成 30 年

2月12日 数学教育分科会（第1回）

役員の選出、今後の進め方について

4月13～17日 数学教育分科会（第2回）（メール議決）

特任連携会員の選出

平成 31 年

1月11～16日 数学教育分科会（第3回）（メール議決）

意思の表出について

令和 2 年

3月21日 数学教育分科会（第4回）

提言骨子案について

4月21～23日 数学教育分科会（第5回）（メール議決）

分科会提言（案）承認

4月23日 数理科学委員会（第5回）

分科会提言（案）について承認

6月25日 日本学術会議幹事会（第293回）

提言「新学習指導要領下での算数・数学教育の円滑な実施に向けた緊急提言：統計教育の実効性の向上に焦点を当てて」について承認

高等学校学習指導要領(平成30年告示) 数学編解説 での記述

条件付き確率の式(一般的な確率の乗法定理)は、原因となる事象が生じた際に結果が生じる確率を計算する方法として、すべての確率に対して基本的な考え方となる。また、この式は、結果が生じたときに原因が生じている主観確率を計算するベイズの定理を導く基になる考え方でもあり、次のようなベイズ統計の基本的な考え方を知った上で指導に当たるとも、生徒の確率の意味の理解を深めるために有用であると考え。まず、データを観測する前に関心のある事象に主観確率(事前確率)を与え、関心のある事象が生じた下での観測データが出現する客観的条件付き確率(標本確率)を求めて乗法定理に基づき掛け算をする。それをを用いて、関心のある事象のデータ観測という条件付き主観確率(事後確率)を推定する。これがベイズ統計の基になる。

解説

コインを回転させて表が出る確率を $1/2$ とするのは経験確率の考え方で、多数回の試行のうち $1/2$ の割合で表が出ることを意味する。一方、今投げて結果が見えないようにしてあるコインは何度見ても表か裏かで、結果は固定しているため経験確率は 0 または 1 となる。このような状況でも定義できるのが主観確率であり、観察した結果に基づいて主観確率を修正するのがベイズの定理である。

逆説的な例を考えよう。3つの箱A, B, Cがあり、それぞれ金貨が2枚、銀貨が2枚、金貨と銀貨が1枚ずつ入っている。受け取った箱がA, B, Cである主観確率はいずれも $1/3$ とする。1枚目のコインが金貨という事象を観測したとき、2枚目も金貨である確率はいくらか。多くの人の直観的な答えは「この箱はAまたはCだから、求める確率は $1/2$ 」となる。一方、ベイズの定理を適用すると、事後確率は $2/3$ となる。箱は変わらないのに、事象が与えられると主観確率は変化する。このような思考方法に慣れてくれば、今の問題についても次のような直観を形成することができる。1枚目の金貨は、Aの2枚とCの1枚のどれかであり、Aの可能性はCの可能性の2倍である。ベイズの定理は、この考え方が正しいことを保証するものといえる。