

高度情報化・データサイエンス社会における  
国民の科学的判断力・探究力強化に向けた新科目『数理探究(仮称)』  
内容への要望書

文部科学省 殿

統計関連学会連合理事長(日本統計学会会長) 岩崎 学  
(一般社団法人日本統計学会・応用統計学会・日本行動計量学会  
日本分類学会・日本計算機統計学会・日本計量生物学会)  
一般社団法人日本品質管理学会会長 椿 広計  
日本金融・証券計量・工学学会会長 津田 博史  
全国統計教育研究協議会会長 田村 義保  
統計教育大学間連携ネットワーク運営委員長 福井 武弘  
一般財団法人日本統計協会理事長 美添 泰人  
一般財団法人統計質保証推進協会理事長 山本 拓  
公益財団法人統計情報研究開発センター理事長 伊藤 彰彦  
公益社団法人日本アクチュアリー会理事長 角 英幸  
日本製薬工業協会理事長 伍藤 忠春  
一般社団法人データサイエンティスト協会代表理事 草野 隆史  
公益社団法人におい・かおり環境協会会長 小峯 裕己  
一般社団法人日本マーケティング・リサーチ協会会長 牧田 孝

高度情報化・データサイエンス社会における  
国民の科学的判断力・探究力強化に向けた新科目『数理探究(仮称)』  
の内容についての要望

文部科学省におかれましては、本格的な高度情報化・データサイエンス社会において世界をリードする日本の人材育成のため、大局的見地から責任を持って教育体系の構築にあたられていることに深い敬意を表します。

私ども統計関連の学協会では、オープンデータ・ビッグデータ時代に向かう中で、データを利活用することにより、混迷する21世紀の社会の諸課題を解決し統計科学技術の発展に寄与する研究を行うとともに、イノベーション創造型人材育成に資するため、ひろく国民への統計活用能力育成のための教育と普及を推進しております。

人工知能、ロボット、機械学習などデータを中心とした情報科学技術が加速度的に進展し、それらの社会の中での実装化が進む中で、統計的思考や統計的方法論に基づく科学教育の重要性は国際的にも国内的にも認識され、統計的思考とデータに基づく科学的判断力および探究力育成に向けた教育体系の整備・充実が何にもまして求められているところです。その中で、今回、中央教育審議会答申に盛り込まれた次期学習指導要領における理科と数学にまたがる新科目『数理探究（仮称）』の位置づけと重要性は非常に大きいものと認識しております。

科学教育においては、生徒の主体的かつ協働的探究活動を通して、科学的エビデンス創造のための統計的モデリングを中心とした方法論の教育は、極めて重要であります。実際、国際的にも、1990年代以降、英国では **Scientific Inquiry**、米国では **Scientific Investigation**、ドイツでは **Nature of Science** 等として、いわゆる「物化生地」の4科目とは独立した領域設定で、小学校の低学年から高等学校卒業段階に至るまでの各学年において、体系的な教育が行われてきております。これらの動向には、我が国の産業界における統計的問題解決の実績が少なからず、影響を与えてきたにもかかわらず、我が国における義務教育段階では、科学的探究に関する教科・科目の明示的な記述はなく、今後ますます重点的度を高めようとしている諸外国の教育状況と比較して、大きく立ち遅れる結果となっております。

このような状況に鑑み、次期の学習指導要領の改訂に際し、新科目『数理探究（仮称）』の内容構成に関してご配慮いただきたく、以下のように要望をいたします。

**★新科目『数理探究（仮称）』に国際的な標準に相当する**

**科学的探究の内容が配置されることを要望します。**

具体的には、次の諸点にご配慮いただきたいと考えます。

- ① 諸科学における、科学的証拠（エビデンス）に基づく論理展開と、その考え方・証拠を形成する方法論の重要性を中心に据えた内容とする。
- ② そのための、科学的仮説の創出からその検証に至る、データに基づく統計的モデリングの考え方と方法論を体系的に配置する。具体的には、科学の文法として、統計的仮説の構築から、実験・調査のデザイン、データ処理、モデリング、解釈に至るまでの統計的体系の学習内容を含める。
- ③ 社会科学・自然科学（サービス科学を含む）・人文科学のすべての領域の科学技術教育の基礎となるようなケーススタディを配置した教育内容とする。
- ④ 継続的かつ教科横断的視点に基づいて、構造的なカリキュラムを確立する。
- ⑤ 科学的探究に関わる指導を行い得る教員の再教育システムを確立する。

## 1. 科学的探究に関わる教育が必要とされる背景

本格的な知識基盤社会を迎え、新しいアイデア・知識・ビジネスプラン・情報・技術などの創造力を有した人材の育成は、先進各国において、経済発展と密接に関わる最重要課題として認識されている。そのため、既に 1990 年代より、21 世紀型のワークフォースを見据えた教育改革が各国で活発に行われている。特に欧米では、科学技術推進のエンジンとして、科学教育と数学教育の改革に力を入れているが、そこでは、生徒に体系的な知識を教える **Input** 型の教育から生徒自らが何かを考え出す **Output** 型の教育、いわゆる生徒の探究力育成を重視する教育へと重点を移している。なかでも、ICT 化の進歩がもたらした計測技術の発展により、ゲノムデータや気象衛星データ、金融時系列データ、センサー・画像データなど大規模な電子データ（ビッグデータ）が遍在する現在、データからの知識発見は科学技術推進と産業発展におけるイノベーションとも直結する重要領域である。したがって、データに基づく探究力と問題解決力、それを踏まえた意思決定と判断に至る過程の基盤となる数学的思考力と統計的思考力の育成は、科学教育・数理学教育の双方で重要な位置付けとなっている。

また、グローバル化の進展の中で、世界各国でグローバルリーダーシップ教育の体系化と実践に関心が高まっているが、その基点には、科学的根拠に基づくトップリーダーの意思決定力、すなわち **Data-Based Decision Making (DBDM)** 育成があり、デミング型の科学的問題解決のサイクルが教育モデルとして採用されている。この DBDM も、最近では **Data-Driven Decision Making (DDDM)** に概念を進化させ、更にグローバルリーダーの意思決定に求められるデータ駆動力を教育する体系の構築を進めている。また、同時に、国民全体に対して、データを活用して科学的にものごとを判断する能力とそれに基づく行動力の育成が本格的に図られている。

それらの実現のためには、身近な問題を科学的な仮説として設定し、仮説検証のための方法論、データの取得方法・デザインへの理解、統計的・数理的モデリング、分析結果の解釈、それらに基づく結論の導き方・議論の仕方など、科学的に課題を解決する一連のプロセスを繰り返し経験し、科学的証拠の作り方の重要性に対する認識を深める教育体系が必要不可欠である。

## 2. 現状の問題点と国際比較

科学的探究能力の育成が重視されるようになった転換点は、アメリカの科学教育スタンダード (**NSES, 1996**) である。この中では、物理、地学、生命科学、科学技術の社会への応用等の領域に加えて、科学的探究 (**Scientific Inquiry**) が独立の領域として設けられている。1996 年版とそれ以前のスタンダードとの違いとして強調されたのは、「既存の科学的知識の習得を薄くし、科学の本性

(Nature of Science) の理解と探究能力の開発により重点を置くこと」である。この科学的探究領域では、身近な諸現象に対する科学的な接し方、記述や説明などの科学的表現力、データや考えをまとめるための統計的処理の概念やスキルを、教育の早期段階から学年を追って体系的に教育する枠組みを具体的に提示している。イギリスにおいても、同様の内容を扱う科学的探究の領域は、サイエンスのナショナルカリキュラムの中に設けられており、やはり小学校から高等学校までの毎学年で統計的内容が体系的に示されている。

数学教育との関連でも、イギリスの **Mathematical Sciences Education Board (1990)**, アメリカの **National Council of Teachers of Mathematics (1989, 2000)**, **OECD** の生徒の学習到達度調査 (**PISA, 2003**) などで、統計と確率、不確実性の数理の領域は従来にも増して相当重要な位置を与えるべきであると勧告している。さらに、統計教育の方法論に関する改革レポート (**Cobb, 1992**) が公表されて以降、統計教育も、単に統計や確率の知識を教えるだけではなく、統計を実際の文脈に沿って活用する力、いわゆる統計的思考力の育成により重点を置くことが世界の主流となっている。つまり、数学における統計教育においても、科学的探究の枠組みを意識させ、自身の問題解決と意思決定に至る統計的思考力の涵養を図ることが求められている。この際、不確実性を伴う現実の問題をデータのばらつき（分布）で表現し、確率モデルに基づいて推論（予測）するという科学的・統計的探究の概念は、一般に理論だけで学ぶことは困難であり、早期からの身近な実際のデータを使った認知的かつ経験的な学習を繰り返す方式が推奨されている。具体的には、学校教育の早い段階から身の回りのデータに親しみ、データの収集と分析、結果の解釈と議論という統計的な問題解決の一連のプロセスを繰り返し経験させることで、将来に渡り日常の課題や問題に統計リテラシーの素養を結び付けることができると考えられている。

日本でも平成21年告示の高等学校学習指導要領において、数学科における統計内容の拡充が図られ、数学 I に「データの分析」、数学 B に「確率分布と統計的な推測」の単元が設けられている。しかし、数学 B の「確率分布と統計的な推測」は選択であるために選択率が極めて低く、また、科学的探究の基礎となることも認識されていないのではないかと危惧される。これとは逆に、米国の数学教育・科学教育においては、ビッグデータ時代を踏まえ、データサイエンス教育が急速に拡大されており、日本の立ち遅れが問題となっている。

諸外国の科学教育に関する資料には、次のようなものがある。

- [例 1 米国] Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning, Committee on the Development of an Addendum to the National Science Education Standards on Scientific Inquiry, National Research Council
- [例 2 英国] Statutory Guidance National Curriculum in England: Science Programs of Study
- [例 3] Doing Science: The Process of Scientific Inquiry; NIH Curriculum Supplement Series-Grades 6-8  
<https://science.education.nih.gov/supplements/nih6/Inquiry/default.html>

さらに、OECD が行っている生徒の学習到達度調査における出題内容においても、科学的探究の内容として、交絡要因に関する統計的内容が出題されるなど、数学の教科以外にも、科学の実践的な到達指標として因果に関する統計的推論が含まれており、その重要性は世界的にも認識されている。

#### OECD 生徒の学習到達度調査 (PISA) 2006年

科学リテラシーの調査問題「温室効果」

- 1) 地球の平均気温と二酸化炭素排出量との間の相関関係をそれぞれの時系列グラフから読み取る
- 2) 地球の平均気温を独立変数  $X$  とし、二酸化炭素排出量を従属変数  $Y$  とする際に、双方に影響する交絡変数  $Z$  の存在を問う問題

### 3. 科学および科学的探究(仮称)のプロセスの理解の重要性

科学の創造において、それが現象間の因果仮説の発見であったり、検証であったりする場合は多い。ノーベル物理学賞を受賞した湯川秀樹博士の言葉に、「創造とは模倣である。ただし、それは結果の模倣ではなく プロセスの模倣である。」とあるが、科学的探究の枠組みとは、科学を創造するプロセスを、科学の本性として共通理解することから始まる。図1は、2002年の国際科学教育教師会議で示された科学的探究のプロセスの概念図である (Reiff, Harwood, & Phillipson, 2002)。この中で、科学的探究のプロセスは以下のステップで示されている。

- ① 身の回りの現象を注意深く観察する。
- ② 現象に対する疑問や問題を見つけ、明確にする。
- ③ 問題点を具体化する。
- ④ 関係する既存の知識を洗い出す。
- ⑤ 仮説を明確にする。
- ⑥ 仮説検証のための観察・調査・実験等の研究を行う。
- ⑦ 結果を解釈する。
- ⑧ 結果を研究成果に反映させる。
- ⑨ 成果を社会と組織に向けて公表し議論する。

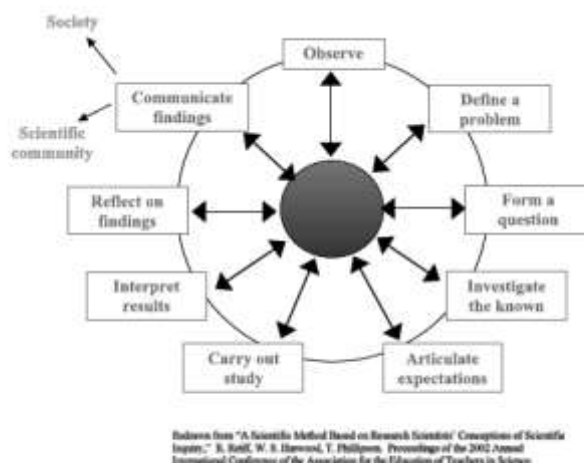


図1 科学的探究のプロセス

このような科学的探究プロセスの理解と探究する態度の育成は、学校教育における科学・理科教育の潮流の一つとなっており、海外の理科の教科書には独立してまとめて記述されている内容である。例えば、ドイツの Klett 社の教科書には、「自然科学的方法」というタイトルで、次のように探究プロセスが説明されている。

- ① 私たちは私たちの環境を観察し、現象の原因について疑問をもつ。
- ② 私たちは現象の説明を探し求める。
- ③ 私たちは現象の間に特定の連関を予想する。
- ④ 私たちはその予想を実験で確かめる。
- ⑤ 実験が私たちの予想を立証しなければ、私たちは新たに観察し考えなければならない。実験が私たちの予想を立証すれば、私たちはその予想を法則性で見なすことができる。

上記の科学的探究のプロセスでは、先ず疑問や問題点を「仮説」として具体的に記述することが肝要であるが、その仮説とは、科学的に検証が可能な仮説、また、「データ間の因果をつなぐ論理」または「現象間の連関を予想」とあるように、因果に関する仮説と理解する必要がある。

#### 4. 科学の文法としての統計科学の役割とデータ中心科学への展開

科学とは、前節で示したように科学的に妥当なプロセスおよび方法によって得られる知識体系のことであり、対象が科学的か否かには関わりがない (Pearson, 1892)。そして、上記の科学的探究のプロセスの枠組みの中で、研究

対象とする現象の生起パターンの発見および現象間の因果仮説の検証，および現象の予測と制御に対して，データに基づく帰納的推論の方法論を提供しているのが統計科学である。統計科学はもともと「科学の文法 (Grammar of Science)」として体系化された方法論の集積で，自然，社会，経済，人間行動のあらゆる研究課題に対して，データに基づく科学的探究のプロセスを提供し，計量経済学，計量生物学，計量心理学，計量ファイナンス，計量文献学，計量政治学，環境計量学，宇宙計量学など，今日の“計量”を冠する多くの研究領域の基本ツールとなってきた。

すなわち，旧来の固定観念では科学 (サイエンス) とは言われていなかった領域も，そこで導き出される法則が適切な科学的探究のプロセスを通してデータから実証されたものであるとき，それは科学的，計量的という一つの領域となる。

また，ビッグデータ時代が本格化した現在，統計科学の諸手法は，経営・医療・教育・教育等のソーシャルサービス全般のイノベーションにも繋がる必須のツールとして，情報技術とともに注目を集めている。しかし，この変革は産業界だけではなく，科学研究の方法論に関しても，知識・経験の蓄積を背景とした古くからの「理論科学」と「実験科学」，20世紀半ば頃からのコンピュータの発達に伴う「計算科学」に加えて，「データ中心科学」，すなわち，膨大なデータから直接，社会・自然・経済・人間行動等の法則を確立する方法論が，第4の科学 (The Forth Paradigm) として台頭し，医学，健康科学，生物学，物理学，地学，経営学，経済学，社会学，教育学，スポーツ科学等の多くの領域で，領域固有のビッグデータを活用した創造的研究成果を生む基盤技術となっている (Tony Hey, 2009)。



このため，米国では，2011年に全米共通コアカリキュラムの数学において，統計内容を大幅に拡充し，その後，2012年には，全米学術研究協議会 (NRC) が次世代科学教育スタンダード (Next Generation Science Standard) を発表しているが，その中では，ビッグデータを意識した科学的探究の内容を組み入れている。それらに基づいて，データサイエンス教育の体系化とデータサイエンティスト・プロフェッショナル育成の制度化も急速に進められている。

[例1]カリフォルニア州の高等学校でのデータサイエンスカリキュラム

Mobilize(2016) : <http://www.mobilizingcs.org/curriculum>

[例2] 統計的モデリングに関する科学的探究のキーワード (NGSS)

Observation, Information, Investigation, Inference, Variable, Data, Dependent Variable, Controlled Variable, Independent Variable:  
Scientists use a range of tools—including tabulation, graphical interpretation, visualization, and statistical analysis—to identify the significant features and patterns in the data. Sources of error are identified and the degree of certainty calculated. Modern technology makes the collection of large data sets much easier, thus providing many secondary sources for analysis.

5. 国民の科学的探究力強化に向けた新科目『数理探究(仮称)』への期待

我が国における戦後の発展が国民の教育によって支えられてきたことは周知の事実であるが、来るべき時代においても教育の必要性には変わりがない。特に、グローバル化が進む社会においては、世界に伍する競争力を持ち続けるための教育が求められている。今日の日本社会、特に産業界からの要望に応えるため、また高度情報社会、IoT化社会、オープンデータ・ビッグデータ利活用社会、そして来るべき超スマート社会の実現に向けて、国際化時代にふさわしい教育を行うことは喫緊の課題である。そのための教育内容として、国民の科学的判断力・探究力向上のための『数理探究(仮称)』科目の内容を国際通用性に照らして充実させ、推進させることが強く望まれる。

それらの実現のため、統計学の教育研究関係者は、統計関連の諸学会・協会との連携の下、『数理探究(仮称)』に関わる教育の確立と普及に関し、協力を惜しまない所存である。

本件に関する問合せ先

統計関連学会連合 統計教育推進委員会

委員長 田栗 正章 (E-mail: tagurimm@yahoo.co.jp)

(日本統計学会事務局 TEL & FAX : 03-3234-7738)



## 参考文献

- 【1】 NSES (1996). National Science Education Standards, National Committee on Science Education Standards and Assessment, The National Academies Press (NAP).
- 【2】 OECD (2014). Data-driven Innovation for Growth and Well-being.
- 【3】 Mathematical Sciences Education Board (1990). Reshaping School Mathematics: A Philosophy and Framework of Curriculum, National Academy Press.
- 【4】 National Council of Teachers of Mathematics (1989). Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics, NCTM.
- 【5】 National Council of Teachers of Mathematics (2000). Principles and Standards for Mathematics, NCTM.
- 【6】 Cobb, G. (1992). “Teaching Statistics” in Heeding the Call for Change, ed. L. Steen, MAA Notes No. 22, Washington: Mathematical Association of American, 3-34.
- 【7】 NSES (2000). Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning, The National Academy Press.  
<http://www.nap.edu/read/9596/chapter/1>
- 【8】 National curriculum in England: Science Programs of Study (2015).  
<https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-science-programmes-of-study>
- 【9】 Doing Science: The Process of Scientific Inquiry; NIH Curriculum Supplement Series-Grades 6-8  
<https://science.education.nih.gov/supplements/nih6/Inquiry/default.html>
- 【10】 Reiff, R., Harwood, W., & Phillipson, T. (2002). A scientific Method Based Upon Research Scientists' Conceptions of Scientific Inquiry. 2002 AETS Proceedings.
- 【11】 Tony Hey (2009). The Fourth Paradigm: Data-intensive Scientific Discovery, Microsoft Print.
- 【12】 Pearson, K. (1892). The Grammar of Science. Adam & Charles Black.
- 【13】 NSC (2012). Next Generation Science Standard for States by States, A Framework for K–12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. The National Academies Press.
- 【14】 小倉 康 (2004). 英国における科学的探究能力育成のカリキュラムに関する調査報告書, 国立教育政策研究所, 1-5.