

数理科学分野の参照基準について

東北大学 教養教育院 森田康夫
Yasuo Morita
Institute of Liberal Arts and Sciences
Tohoku University

§0. はじめに

2013年9月、日本学術会議は数理科学分野の参照基準を公開した。

ここでは、参照基準作成までの経緯を明らかにし、参照基準の内容を説明し、今後検討すべき課題を提起したい。

§1. 数理科学分野の参照基準作成までの経緯

第二次大戦後、日本では大学入学歴と年功による人事管理が行われ、どの大学に入学できたかが将来を決める決定的な要因となっていた。そのため、戦後の日本人は、豊かな生活を得るため必死になって大学受験に取り組み、「受験戦争」と呼ばれるような熾烈な競争が行われていた。このようにして、日本の若者の学力は入学試験により保証され、それが戦後の日本社会発展を支える基盤となっていた。

しかし、日本女性の合計特殊出生率は第二次大戦後一貫して下がり続け、戦後すぐに生まれた団塊の世代やその子供である団塊ジュニアの時代には1年に200万人を超す人が生まれたが、最近では1年間に生まれる子供の数は110万を割っている。しかし、日本では子供の数が急減少しているにもかかわらず、大学の入学定員は戦後一貫して増加しており、現在では大学に入学したいと考える人の90%以上が実際に大学に入学しており、上位大学を目指して浪人をする人の存在を考慮すると、「どの大学でも良いなら、誰もがどこかの大学に入学できる」状態となっている。

このような入試倍率の緩和は、「人並みに努力し、人並みの生活ができれば良い」と考える偏差値が中間付近にある若者の学習意欲を低下させると共に、中位以下の大学では授業料を納める学生を集めることが最重要課題となり、推薦入試やAO入試により受験者の学力を無視して大学に合格させることが広く行われている。

さて、多数の大学が設置されて生じた大学の多様化に、少子化による上記のような現象が加わったため、大学の学士の質保証が深刻な問題となっている。

つまり、従来行われていた入学試験による大学の入り口管理が不可能となったことで、大学の出口管理（学士の質保証）が深刻な問題となり、2008年12月中央教育審議会が答申「学士課程教育の構築に向けて」を公表し、大学教育についての様々な問題を指摘した（[1]参照）。とくにこの答申では、専門教育の質を保証するため、専門分野別の質保証の枠組みづくりを日本学術会議に審議を依頼することが提案された。

中央教育審議会での議論を受けて、2008年5月文部科学省は日本学術会議に「大学教育の分野別質保証の在り方」の検討を依頼した。これに対して日本学術会議は、大学教育の分野別質保証の在り方検討委員会と専攻分野の名称、質保証の枠組み、教養教育、大学と職業に関する4つの分科会を設置して審議を行い、2010年7月に回答「大学教育の分野別質保証の在り方について」をとりまとめた。しかし学術会議は、中央教育審議会の考える分野別の到達目標やコア・カリキュラムを作るのではなく、どの大学でも対応できる様にするため、英国の質保証を参考にして、各大学が教育理念やカリキュラムを作る場合に参考とすべき「参照基準」を作成することを決めた¹。

§2. 数理科学分野の参照基準作成までの経緯

現在、学術会議は回答「大学教育の分野別質保証の在り方について」で決めた方針にしたがって、言語・文学分野をはじめ、様々な分野の参照基準を検討する分科会を設け、参照基準の作成に取り組んでおり、すでに幾つかの分野では参照基準ができている（<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/division-16.html>参照）。

数理科学分野では、私が親委員会の委員であった成り行きから、2012年3月、私（委員長、代数学、数学教育）の他に、桂利行氏（副委員長、代数学）、竹村彰通氏（幹事、統計学）、浪川幸彦氏（幹事、代数学、数学教育）、塩川徹也氏（言語・文学）、広田照幸氏（心理学・教育学）、杉原正顯氏（応用数理）、長崎栄三氏（数学教育）、真島秀行氏（解析学、数学教育）、新井紀子氏（数学基礎論、教育工学、知能情報学）の協力を得て分科会を立ち上げ、「数理科学分野の参照基準」の作成に取り組むこととなった。

分科会では、3ヶ月程度意見交換を行った上で、森田、桂、竹村、浪川の4人が中心となって分担して原稿を書き、森田が集まった原稿を一本化する作業

¹ 私は、大学教育の分野別質保証の在り方検討委員会と教養教育を検討する分科会に参加していたが、学術会議のこの方針では、学士の質保証には余り役立たないことと、教養教育に関して、「市民性の涵養」のみが唱えられ、外国語教育を除き、ほとんど実質的な内容がないことに不満を感じた。

を行った。竹村氏と杉原氏には、各々、統計学と応用数理に関する記述を担当して戴いた。また、塩川氏には言語・文学の参照基準を担当した経験から助言を戴き、広田氏には親委員会で中心的役割を果たした経験を活かした助言と、教育学の専門家として見識により大変お世話になった。

分科会では、「数学では、専門教育より教養教育が重要であり、教養教育を中心に書くべきだ」との意見が強かったが、親委員会の委員であった私と広田氏が分野別質保証の枠組みを説明し、数理科学分野の専門教育を主たるテーマとし、それに数理科学の専門基礎と教養教育についての節を付け加えることとした。

数理科学が、数学と関連する学問分野の名称であり、数学・統計学・応用数理、数学史や数学教育などの他分野との境界分野からなっていることに関しては、意見が一致した。また日本において、統計学と応用数理の研究者が非常に不足していることについても意見が一致した²。数理科学分野で何を教えるべきか、どのような手段で評価を行うべきかについても、意見は一致した。しかし、数学の定義については、「数学は、数と図形を基礎として、これらを抽象化・一般化して得られた諸概念から組み立てられた学問である」という意見と、「それでは数学の本質をとらえることができない」という意見に分かれ、数学の定義は書かず、現在までの数学の歴史を書くことで数学の定義の代わりとした³。

§ 3. 数理科学分野の参照基準の内容

数理科学分野の参照基準は、以下のような7つの節からなっている：

1. **はじめに**：境界分野では、他分野の参照基準も併用する必要があるなど、使用上の注意を述べた。
2. **数理科学の定義**：数学と関連する学問分野の名称であり、数学・統計学・応用数理、数学史や数学教育などの他分野との境界分野からなっている。数学自体については、歴史を要約し、定義は書かなかった。
3. **数理科学に固有の特性**：数理科学は、**科学と技術の基盤**であることを指摘した。その上で、数学・統計学・応用数理に分けて特性を記述した。いずれも論

² このことは、数学の研究者が多すぎることを意味するわけではなく、米国や日本の物理学や化学と比べると、数学の研究者も不足していると考えている。

³ 森田の意見は、「数学は、現実世界を抽象化・理想化した様々な仮想の世界を作り、現実の世界と仮想の世界を比較することにより、現実世界の特性を理解する学問である」というものである。

理を使うが、数学は演繹的で、統計学は 帰納的であるなど、分野によりかなり異なることを指摘した。現実世界の問題への対応や、他分野との協働についても記述した。さらに、日本の数理科学は、世界標準から見て、統計学や応用数理が非常に不足していることを、分野毎の研究者数を米国と比較して指摘した。

4. 数理科学分野を学ぶすべての学生が身に付けることを目指すべき基本的素養：数理科学を学ぶことにより、どの様な能力が身につけられるか、どの様なカリキュラムが選択できるかについて説明した（詳細は後記）。

5. 学修方法及び学修成果の評価方法に関する基本的な考え方：数理科学の教え方は、講義・演習・小人数セミナーからなるが、計算機実習も必要である。評価方法には、ペーパーテスト・レポート・演習やセミナーでの状況評価などあるが、どれを取るべきかは、専門基礎・専門教育のどの段階であるかにより異なる。

6. 市民性の涵養をめぐる専門教育と教養教育の関わり：市民としての活動、教養との関わりなどについて説明した。

7. 専門基礎教育及び教養教育としての数理科学教育：数理科学分野だけにある項目であり、専門基礎教育や教養教育としての数理科学教育の重要性を指摘し、どのように行うべきかについて説明した。

なお、4のすべての学生が身に付けることを目指すべき基本的な素養の内容は次のようなものである：

(1) 数理科学の学びを通じて獲得すべき基本的な知識と理解

① 数理科学を学ぶことの本質的意義：事象を論理的・数量的に把握する。論理力・発想力・理解力を育てる。

② 獲得すべき知識と理解：専門基礎となる数学を教えるとき、専門科目として数学を理論的に教えるとき、統計学を中心として教えるとき、応用数理を中心として教えるとき、に分けて記述した。

(2) 数理科学の学びを通じて獲得すべき基本的な能力

① 獲得されるであろう専門的能力：数学、統計学、応用数理に分けて記述した。

② ジェネリックスキル：データから本質を見抜く力などについて書いた。

③ 獲得された能力が持つ職業的意義：これも数学、統計学、応用数理に分けて記述した。

§ 4. 参照基準の作成を受けて行うべき課題

数理科学分野の**専門基礎教育と教養教育**に関しては、次のような課題がある：

- (1) 日本では、数学が役立つとの認識が低く、必要度に応じた**専門基礎教育**や**教養教育**が十分には行われていない。とくに、日本の統計教育は不十分であり、日本人の数量的スキルは不十分である。
- (2) その背景には、数学科で行っている教育と余り変わらない教育を、工学部などの他学部で行っている**数学教員**が多いという問題がある。これらの教育は、数学者が色々な学問分野に対して行っているサービス業務であり、少しずつ改善されているが、それでも「お客様のニーズを重視する」という**サービス精神**が不足しているのではないのではないかと思われる。「教えている学生にとって最良の教育を行う」との気持ちが大切である。

数学科などの**専門教育**に関しては、次のような課題がある：

- (1) 数学の歴史や、社会における**数学の役割**を教えることが必要である。
- (2) ほとんどの学生が、中学校・高等学校の教員になったり、システムエンジニアなどの職に就いたりするのに、（50%を超す学生が研究者となる）東京大学数学科と同様の教育を行っている数学科や数理科学科などがある。数学の研究者となる人と、中学校・高等学校の教員となる人や、計算機関係の職を目指す人では、教えるべきことは異なる。このようなことが起きている背景には、「学生にとって役立つ授業」という視点が弱く、教員にとって教えやすい授業を行っているのではないかとと思われる。
- (3) 「数学科や数理科学科の卒業生が最低限持つべき知識・技能は何か」を考える必要がある。数学科の卒業生がどのような能力を持つかが分かれば、卒業生の職探しなどにも役に立つ。

少し先の**未来に向かった課題**としては、次のようなものがある：

日本の初等・中等教育の数学では、計算を重視して教えているが、数学の計算のほとんどは、数式処理プログラムで計算できる⁴。さらに、将来的には、大学の数学科の演習問題に出る証明問題も、計算機で解けるようになることが見

⁴ 計算機は人間に比べ、早く正確に大量の問題を処理できる。そのことを考えると、入試センター試験のように、大量のやさしい問題を解かせることは、ほとんど意味がないものと思っている。じっくりと時間をかけて考えることが、数学教育では大切であり、センター試験は「考えない若者」を育成しているとすら言えるのではないかとと思っている。

込まれる（[9]参照）⁵。数学科の教育の中で、その様な時代になっても残るものは何かを考える必要がある。また、その様な将来が来ることを見込んで、現在の数学科の教育内容に追加すべきものを考える必要がある。

なお、その様な時代にも残るべき内容としては、定理や公式の価値や解釈、自然や社会の問題を数学の問題に翻訳する仕方などが考えられる⁶。

参考文献

- [1] 中央教育審議会、学士課程教育の構築に向けて（答申）、2008年12月、http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1217067.htm.
- [2] 日本学術会議、回答『大学教育の分野別質保証の在り方について』（文部科学省高等局長への回答）、2010年7月。
- [3] Quality Assurance Agency for Higher Education, Subject benchmark statement: Mathematics, statistics and operational research, 2007年.
- [4] Quality Assurance Agency for Higher Education, Annex to subject benchmark statement: Mathematics, statistics and operational research, 2009年.
- [5] National Science Foundation, Report: International Assessment of the US Mathematical Sciences (Odom Report), 1998年.
- [6] 細坪護挙 他、『忘れられた科学—数学（Policy Study No.12）』、文部科学省科学技術政策研究所科学技術動向研究センター、2006年。
[<http://hdl.handle.net/11035/721>]
- [7] 日本数学会、提言「我が国の数学力向上を目指す」、2006年。
[<http://mathsoc.jp/proclaim/>]
- [8] 福原満洲雄、「数理解析研究所ができるまで」、『数学』、36巻、70-75、1984年。
- [9] ロボットは東大に入れるか？Todai Robot Project,国立情報学研究所,
<http://21robot.org/>

⁵ 私は、人間が行っている数学研究の大半は、数学者が頭の中で行っている作業を計算機に移植することにより、計算機で行えるようになる可能性が高いと思っている。

⁶ 私は、今までとは全く異なる新しい理論を作ることが、今ある実例を機械学習することができないので、最後まで残る可能性が高いと思っている。