

教育数学の歩みと新たな展開

－ 高等教育における

数学の多様性と普遍性をめぐって －

国立教育政策研究所・教育課程研究センター・基礎研究部* 安野 史子

Fumiko Yasuno

Department for Curriculum Research, Curriculum Research Center
National Institute for Educational Policy Research

§1. はじめに

本研究集会は、「教育数学の一側面－高等教育における数学の多様性と普遍性－」を主題として開催された第5回の研究集会である。本稿では、研究集会の開催にあたり、まず「教育数学」という枠組みを改めて確認し、これまで4回にわたる研究集会の歩みを振り返る。その上で、第5回研究集会が、統計・データサイエンス・生成AIをめぐる近年の議論を受け継ぎつつ、国際的視点、教育機関の多様性、応用文脈における数学、とりわけ線形代数の再定位を含む新たな展開として位置づけられることを述べてい

§2. 教育数学とは何か

蟹江が提唱している「教育数学 (Educational Mathematics)」とは何かを一つの定義に閉じ込めることは容易ではない。実際、第1回研究集会「教育数学の構築」においても、「教育数学とは何か」という問いに対して、まずは暫定的に、「数学を教育的な観点から眺めることにより、数学と教育に関する知見を得ること、および、そうした知見を数学や教育の実践に役立てることを目的とする営み」として捉えることが試みられている[1, p. 97]。ここで重要なのは、教育数学が、単に既成の数学をどのように教えるかという教授法上の問題に限定されないという点である。

通常、「数学教育」という語は、出来上がっている数学の一部を切り取り（何らかの制約により内容が限定される）、それをどう教えるべきか、またどのように教えることが有効であるかを問う営みとして理解されることが多い。ここでいう「出来上がっている

*〒 100-8951 東京都千代田区霞が関3丁目2番2号

数学」とは、独立した学問として体系化された数学を指している。これに対して、教育数学における「数学」は、そのような学問としての数学に限定されない。そこには、教育の場で学ばれ、語られ、記述され、活用される数学、すなわち文化としての、あるいは社会的実践としての数学も含まれる。教育数学は、このような広い意味での数学を、教育という視座を通して捉え直す枠組みである。すなわち、教育の場において提示されるべき数学とは何か、学習者にとって数学はいかなる意味をもつのか、また、社会や他分野との関係の中で数学はどのような姿をとるのか、といった問いを含む枠組みである [1, pp. 97–98]。

第2回研究集会では、この問題意識はさらに、「教育の場にある数学」という観点から整理された。そこでは、教師が授業で説明する数学、学生が学ぶ数学、数学書を通して独習される数学、さらには数学者が教科書や教材として構成する数学などが、いずれも教育の場にある数学の形態として捉えられる。教育数学は、教育を明確に意識しながらこのような数学を営む姿勢であり、またその姿勢の下で行われる数学的活動、さらにその活動から生み出される数学的成果を含むものとして考えられている [2, p. 3]。

さらに、教育数学は、数学の教育を実践し、またそれについて論じるためのプラットフォームとして位置づけられる。数学を教えたり学んだりする営みの背後には、“教育観”や“数学観”が存在するが、それらはしばしば暗黙のままにとどまる。教育数学は、こうした“教育観”や“数学観”を系統的に明示化し、数学の教育に携わる多様な人々が共通に利用可能な形で整理することを目指す [2, pp. 42–43]。この意味で、教育数学は、個別的教育実践や教材開発に先立って、数学の教育をめぐる議論の前提や枠組みを整える営みでもある。

第3回研究集会では、教育数学は、「教育を明確に意識しながら、数学について論じ、実践しようとする営みの総称」と簡潔に規定された上で [3, p. 25]、プラットフォームとしての教育数学の形が論じられている。ここでいう「論じる」と「実践する」は切り離されたものではない。教育の観点から数学を論じる場合は、同時に、教育を意識した数学の実践の場でもある。したがって、教育数学は、数学を教える技術の集合ではなく、数学の教育をめぐる問題を、数学という学問、教育、社会、歴史、制度などの複数の観点から検討するための場である。

第4回研究集会においても、清水は「研究集会開催にあたって」の冒頭で「教育数学とは」と題する節を設け、教育数学を、主に高等教育における数学教育を考える上での枠組みとして再確認している [4, pp. 1–2]。ただし、ここでの重点は、教育数学に新たな定義を与えることよりも、これまでの研究集会の蓄積を踏まえつつ、オンライン授業の普及、ChatGPT等のAIへの対応、データサイエンス需要、高大接続、教員養成、社会一般における数学など、教育数学が扱うべき現代的課題を示すことにあった。

以上を踏まえると、教育数学とは、教育という視座から数学を捉え直し、教育の場にある数学の意味、内容、方法、価値を問い直すための枠組みである。それは、出来上がった数学を教育へ応用することにとどまらず、教育の場で営まれる数学そのものを対象化し、その多様なあり方を記述するとともに、そこに見いだされる普遍性を把握しようとする営みである。そのため、教育数学は、高等教育における数学の内容や水準、初等中等教育との接続、理工系・文系を含む多様な学習者への数学、さらには統計、データサ

イエンス、AIなどの現代的課題とも関わる。本研究集会は、このような教育数学の枠組みのもとで、高等教育における数学の多様性と普遍性を継続的に検討してきたものである。

§3. これまでの研究集会・共同研究の歩み

教育数学を主題とする RIMS 研究集会 (2018 年度以降は、共同研究) は、2011 年 2 月に開催された第 1 回研究集会「教育数学の構築」から始まった [1]。この第 1 回研究集会は、数学教育を単に既成の数学内容をいかに教えるかという問題として捉えるのではなく、教育という観点から数学そのものを捉え直すための枠組みとして、「教育数学」を立ち上げようとするものであった。そこでは、理工系教育、証明、解析学、数学史、統計的思考力、非数学系学生のための数学、教員養成など、数学と教育をめぐる多様な論点を取り上げられた。すなわち、第 1 回研究集会は、教育数学という枠組みの理念的・理論的な出発点であったと位置づけられる。

第 2 回研究集会は、2014 年 2 月に「教育数学の一側面 – 高等教育における数学の規格とは –」を主題として開催された [2]。ここでは、第 1 回で提起された教育数学の問題意識を受け継ぎつつ、特に高等教育における数学の内容、水準、質保証、参照基準の問題が中心的に扱われた。また、理科系大学教育における数学教育のあり方、教育課程編成上の参照基準、初等教育から研究者育成までを見通した統計教育などが討論の主題となった。この意味で、第 2 回研究集会は、教育数学の理念を、高等教育における数学の規格や参照基準の問題へと接続する段階であった。

第 3 回研究集会は、2018 年 2 月に「教育数学の一側面 – 高等教育における数学の多様性と普遍性 –」を主題として開催された [3]。この回では、高大接続改革を背景としつつ、公教育における数学を教育する意味、大学教育における数学教育のあり方、統計・データサイエンスを見越した基礎からの教育、理科系大学教育における数学教育などが取り上げられた。特に、データサイエンスのための人材育成、ビッグデータ・AI 時代に必要とされる統計的推論法、異分野融合研究のための数学教育などが扱われており、教育数学の議論が、社会的要請や大学教育改革とより強く結びつく段階に入ったことがうかがえる。

第 4 回研究集会は、当初 2020 年 3 月に予定されていたが、新型コロナウイルス感染症の拡大により延期され、2023 年 3 月に開催された [4]。この間、大学教育を含む教育環境は大きく変化し、オンライン授業やウェビナーが広く普及した。また、ChatGPT に代表される生成 AI の登場により、AI を教育にどのように位置づけるかが、数学教育においても避けて通れない問題となった。第 4 回研究集会では、こうした変化を背景として、オンライン教育、ChatGPT 等の AI への対応、AI 活用人材育成、データサイエンス教育、高大接続、教員養成、ジェンダーや多様性、社会一般における数学などが取り上げられた。その意味で、第 4 回研究集会は、教育数学の枠組みを再確認するとともに、AI・データサイエンス・オンライン化・多様性といった現代的課題をその射程に含める段階であった。

以上の流れを概観すると、第 1 回研究集会では教育数学という枠組みの理念的創設が

なされ、第2回研究集会ではそれが高等教育における数学の規格や参照基準の問題へと展開された。第3回研究集会では、高大接続改革、統計教育、データサイエンス、AI時代への対応などを通して、教育数学が社会的要請と接続され、第4回研究集会では、オンライン化、生成AI、データサイエンス、多様性といった課題を含む形で、教育数学の射程がさらに広げられた。このように、教育数学をめぐる研究集会は、数学を教育の中でどのように位置づけるかという問いから出発し、高等教育における数学の内容・水準・役割を問い直しながら、統計、データサイエンス、AIを含む現代的課題へとその対象を拡張してきたのである。

§4. 第5回の位置づけ

第5回研究集会は、第3回・第4回に引き続き「教育数学の一側面—高等教育における数学の多様性と普遍性—」を主題として、2026年3月3日から3月6日まで、京都大学数理解析研究所において開催された。本研究集会は、第1回から第4回までに重ねられてきた教育数学の議論を継承しつつ、高等教育における数学の多様性と普遍性を、より広い教育環境、国際的文脈、社会的要請の中で改めて捉え直すことを目的としたものである。

第5回研究集会の一つの特徴は、高等教育における数学の多様性を、従来の理系・文系の区分だけでなく、教育機関や学生層の多様性を含めて考えようとした点にある。本講究録所収のプログラムに示すように、初日には、数学者の多様性、高校生に対する数学教育の将来、さらにベトナムにおける数学振興プログラムとUNESCOの下に置かれた数学センターに関する講演が行われた。また、2日目には、米国の大学における数学教育、理工系大学初年次学生の自主学習を促す試み、統計・データサイエンス教育における数学の扱いが取り上げられた。これらの講演は、高等教育における数学教育を、日本国内の大学制度や理工系教育の枠内に限定せず、国際的視点や多様な教育現場を含めて検討するものであった。

第二の特徴は、統計・データサイエンス・AIをめぐる議論が、引き続き研究集会の重要な軸となっている点である。プログラム後半では、大学における数理・データサイエンス教育、生成AIが大学数学に及ぼす影響、UCLAの微積分改革を例とする応用の文脈を通じた大学数学教育、早稲田大学における全学数学基盤教育が取り上げられた。また、最終日には、AIやデータサイエンスを「使いこなす」人材育成、線形代数の「ポリシー」、統計と接続する文系向け線形代数、化学において用いられる線形代数が取り上げられた。ここには、第3回以降強まってきた統計・データサイエンスへの関心、第4回で明確化されたAI・生成AIへの対応が、第5回においても継続的な課題として受け継がれていることが示されている。

第三の特徴は、線形代数が改めて焦点化された点である。線形代数は、数学専門課程における基礎科目であると同時に、理工系分野、統計、データサイエンス、AI、さらには化学などの応用分野においても基盤的な役割を果たす。第5回研究集会では、線形代数を単に数学の標準的内容としてではなく、非専門家を含む多様な学習者にとっての基盤科目として、また他分野との接続を可能にする数学として捉え直すことが試みられた。

この点に、第5回研究集会の新たな展開の一つがある。

このように、第5回研究集会は、第1回以来の教育数学の理念的問いを継承しながら、第2回で論じられた高等教育における数学の規格や参照基準、第3回で前面化した統計・データサイエンスと社会的要請、第4回で具体化したAI・生成AI・オンライン化・多様性の問題を受け継ぎ、それらを国際性、多様な高等教育機関・学生層、応用文脈における数学、そして線形代数の再定位という観点から再構成しようとするものであった。したがって、第5回研究集会は、教育数学が理論的枠組みの構築から、社会的・国際的・応用的文脈を含む再構成の段階へと進んでいることを示すものとして位置づけられる。

§5. 統計・DS・生成AIの流れと線形代数の再定位

これまでの研究集会の流れを振り返ると、統計、データサイエンス(DS)、AIをめぐる問題は、教育数学の議論の中で次第に重要な位置を占めるようになってきた。第1回研究集会においても、大規模情報時代における科学的リテラシーとしての統計思考力が取り上げられており[1]、統計は当初から教育数学と無関係な周辺的话题ではなかった。しかし、第1回においては、教育数学という枠組みそのものを構築することが中心であり、統計はその中の一つの論点として位置づけられていたといえる。

第2回研究集会では、高等教育における数学の規格や参照基準をめぐる議論の中で、統計教育のあり方がより明確な課題として取り上げられた。特に、ビッグデータ時代における統計学、高校での統計教育と大学での確率統計教育などが論じられており、統計は、数学教育の一分野にとどまらず、社会における意思決定やデータの利活用と関わる基礎的素養として位置づけられている[2]。この段階で、統計教育は、高等教育における数学の内容や水準を考える上で避けて通れない問題となっていた。

第3回研究集会では、この流れはさらにデータサイエンスやAI時代の数学教育へと展開した。データサイエンスのための人材育成、ビッグデータ・AI時代に必要とされる統計的推論法、異分野融合研究のための数学教育などが取り上げられ、統計やデータサイエンスは、単なる応用的話題ではなく、高等教育における数学の役割そのものを問い直す契機となった[3]。すなわち、教育数学の議論は、数学の内部における内容や体系の問題にとどまらず、社会が数学に何を求めているのか、また、数学が他分野や社会の中でどのように機能するのかを問う方向へ広がっていった。

第4回研究集会では、この流れに加えて、ChatGPTに代表される生成AIの登場が新たな論点として加わった。AI活用人材育成、データサイエンス教育、オンライン教育、ChatGPT等のAIへの対応が取り上げられたことにより、教育数学は、AIやデータサイエンスを単に外部の技術的变化として扱うのではなく、数学を教え、学び、活用する営みそのものを変化させる要因として捉える段階に入った[4]。とりわけ生成AIは、計算や記述、証明、問題解決の支援だけでなく、学習者が数学をどのように理解し、どのように表現するのかという問題にも関わる。その意味で、生成AIは、教育数学における数学観・教育観の再検討を促す存在である。

第5回研究集会では、この統計・データサイエンス・生成AIの流れを受け継ぎつつ、線形代数が改めて焦点化された。線形代数は、従来から大学初年次における数学の基礎

科目として位置づけられてきた。しかし、データサイエンスや AI が高等教育全体に広がる中で、線形代数は、数学専門課程や理工系基礎教育のためだけの科目ではなく、データ、モデル、変換、最適化、次元、構造を理解するための基盤的な数学として再び重要性を増している。また、統計との接続、文系学生への教育、化学など他分野における活用を視野に入れると、線形代数は、専門家のための抽象的理論であると同時に、非専門家が現代社会の数理的構造を理解するための基礎でもある。

したがって、第 5 回研究集会における線形代数の扱いは、線形代数の内容そのものを新たに定義し直すという意味ではない。むしろ、統計・データサイエンス・AI の時代において、線形代数を高等教育の中でどのように位置づけるのか、誰に対して、どのような文脈で、どの程度まで教えるのかを問い直すものである。この意味で、本稿ではこれを「線形代数の再定位」と呼ぶことにしたい。

教育数学の観点から見ると、線形代数の再定位は、高等教育における数学の多様性と普遍性を考える上で象徴的な問題である。一方で、線形代数は、理工系、統計、データサイエンス、AI、化学など多様な分野で異なる姿をとって現れる。他方で、ベクトル空間、線形写像、行列、固有値、基底、次元といった概念は、それらの多様な現れを貫く普遍的な数学的構造でもある。したがって、線形代数をどのように教えるかという問題は、単なるカリキュラム上の配置の問題ではなく、現代の高等教育において、数学の普遍性をどのように保ちつつ、多様な学習者、多様な専門分野、多様な社会的要請に応答するかという教育数学の中心的課題に関わっている。

以上のように、第 5 回研究集会は、統計・データサイエンス・生成 AI をめぐる近年の流れを継承しながら、それらを支える基盤的な数学として線形代数を捉え直す契機となった。これは、教育数学が、社会的・技術的变化に対応するだけでなく、その変化の中で、数学の内容そのものをどのように位置づけ直すかを問う段階に入っていることを示している。

§6. おわりに

本稿では、教育数学とは何かを改めて確認した上で、第 1 回から第 4 回までの研究集会の歩みを振り返り、第 5 回研究集会の位置づけを述べた。教育数学は、単に数学をどのように教えるかを問うものではなく、教育という視座から数学そのものを捉え直し、教育の場にある数学の意味、内容、方法、価値を問い直す枠組みである。これまでの研究集会は、この枠組みを出発点として、高等教育における数学の規格や参照基準、統計・データサイエンス、AI・生成 AI、多様性、社会や他分野との接続へと議論を広げてきた。

第 5 回研究集会では、こうした流れを受け継ぎつつ、高等教育における数学の多様性と普遍性を、国際的視点、多様な教育機関・学生層、応用文脈における数学という観点から改めて考えることを試みた。

とりわけ、統計・データサイエンス・生成 AI の進展を背景として、線形代数を高等教育における基盤的な数学としてどのように位置づけるかが、今後の教育数学にとって重要な課題であることが改めて確認された。本研究集会が、教育数学の枠組みをさらに豊かにし、高等教育における数学の多様性と普遍性をめぐる議論を今後も継続していく

ための一つの契機となれば幸いである。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 JP21K18136 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 蟹江 幸博 他：教育数学の構築，数理解析研究所講究録 **1801**，京都大学数理解析研究所，118pp，2012. <http://hdl.handle.net/2433/194171> (2026 年 6 月 1 日閲覧).
- [2] 岡本 和夫 他：教育数学の一側面 –高等教育における数学の規格とは–，数理解析研究所講究録 **2021**，京都大学数理解析研究所，127pp，2017. <http://hdl.handle.net/2433/231441> (2026 年 6 月 1 日閲覧).
- [3] 岡本 和夫 他：教育数学の一側面 –高等教育における数学の多様性と普遍性–，数理解析研究所講究録 **2245**，京都大学数理解析研究所，185pp，2023. <http://hdl.handle.net/2433/285145> (2026 年 6 月 1 日閲覧).
- [4] 清水 勇二 他：教育数学の一側面 –高等教育における数学の多様性と普遍性–，数理解析研究所講究録 **2275**，京都大学数理解析研究所，157pp，2024. <http://hdl.handle.net/2433/291250> (2026 年 6 月 1 日閲覧).