

[研究ノート]

## 「数」の「学」問としての数学(6)

—科学技術における「環境」と保育における「環境」との相違—

\*星野 治

### Mathematics, the Learning of Number:

#### 6. Brief Comments on Differences of “the Environment” on Science and Technology and “That” on Childcare.

Osamu Hoshino

キーワード： 科学技術、環境教育、数学

Key Words: Science and Technology, Environment Education, Mathematics.

要約： 科学技術分野における「環境」と幼児教育・保育分野における「環境」との間には見かけ上、きわめて大きな違いがある。本稿では、上述の両分野における「環境」に見られる数多くの相違点のうち自然科学分野出身の筆者からみて特に興味深く思われる諸点を紹介するとともに、「環境」に関して上述の両分野に共通の知見を模索・確立するうえで欠かせない諸要素についても簡潔に論じる。

Abstract: There apparently seems to be a huge difference between “the Environment” in the scientific and technological fields and that in the early childhood education and childcare ones. In this article, we compare some of the differences on “the Environment” in both fields mentioned above. We also briefly discuss the various points which are essential for exploring and establishing the research and education of “the Environment”.

## 1 はじめに

本稿の表題には「数学」とあるが、本稿は「数学」そのものではなく「数学的」な発想に基づく私見を扱う。そのため、筆者がこれまで記してきた一連の小論〔星野(2008、2012、2013、2018、2021)〕とは異なり、本稿では数式を一切使わずに執筆を進めたい。

本章では、本稿を記すことになった経緯を説明する。

2015（平成 27）年度より施行された「教育職員免許法施行規則等の一部を改正する省令」（文部科学省）に基づき、教職課程の担当教員は全員、所定の教育科目に係る研究・指導を行うとともに、当該科目に係る研究業績を随時公表することが求められている。このことは、教員の専攻分野が教育学であるか否かに関わりなく、一律に適用される。

ところで、保育内容の「五領域」ということがよく言われる。文部科学省の「幼稚園教育要領」や厚生労働省の「保育所保育指針」等々にて述べられている、「健康」・「人間関係」・「環境」・「言葉」・「表現」の総称である。五領域に限らず、保育系分野では総じて、「ありとあらゆる内容」を総括的に把握し、それらの内容を未就学児の視点にまで還元することが、デフォルトの姿勢となる。つまり、「ありとあらゆる内容」の根本意義を突き詰めることに始終する理学系分野とは、求められる取り組み姿勢が全く対照的であるといつてよい。

筆者が教員になった 2007 年度から、2018 年度にかけて担当した授業科目の一つに、『数量教育』という授業科目があった。この科目名では、「環境」のキーワードの一つ「数量」を膨らませる形での授業展開が、ある程度までは可能であった。このため、数量というキーワードを「数」と「量」とに分け、そこへさらに「形」を加えることで、“幼児教育・保育における現場を「数」「量」「形」の立場から見直す”という名目で、実質的には数学に近い内容の授業を手掛けてきた次第である。

しかし、その後の教職課程認定基準の改訂（文部科学省、2018）に伴う幼児教育・保育系専門教育のカリキュラム再編成により、2019 年度から上述の『数量教育』科目は廃止され、五領域の一つである『環境』科目の一部として取り扱われることになった。具体的な時期を示せば、2019 年度以後のカリキュラム一覧から、『数量教育』という授業科目は姿を消している。当然ながら、『環境』科目が取り扱う範囲は「数量（数・量・形）」だけにとどまらない。つまり、「数学」的な内容に特化したような授業展開や業績蓄積は以後、実質的に難しくなったのである。今後は「数学っぽい環境」の業績についても責任を持たなければならない。

ここに、幼児教育・保育系分野はいわゆる総合科学分野の一形態であり、多種多岐にわたる知見を総動員してかからなければならない分野である。科学各分野で培われてきた種々の成果と、我々の実社会とは、決して無縁ではない。たとえば、地震学は地震現象全般を究明する学問分野ではあるが、自然災害という現象を介して、地震と実社会とは互い

に密な関連をもつ。つまり、実社会の現実の姿を科学の立場から吟味するに当たり、切り口が全く異なるに過ぎないということである。言い換えれば、ある立場で切り口を設けたとき、その切り口には必ず、別の立場で手掛けることのできる何らかの「引っ掛かり」が生じることになる。本稿では、幼児教育・保育系分野での「環境」に対して「数学」もしくは「地球科学」という切り口を設けることにより無数に生じる「引っ掛かり」のうち、筆者が特に興味深く思うことを記述する。

## 2 科学技術における「環境」

この章では、主として科学技術分野で単に「環境」という場合の環境について、簡潔に述べる。

科学技術分野のうち、特に自然科学では、自然現象の発生する原因や在り様を、数学の助けを借りて抽象的に整理し理解することが目的とされる。したがって、「自然」現象（あるいは、「自然」そのもの）を、数学で扱いやすいような別の何かに置き換えるという作業が、必ず先行することになる。この、「別の何か」のことを一般に「モデル」と呼び、「別の何かに置き換えるという作業」を一般に「モデル化」または「モデリング」と呼ぶ。

たとえば、地震は地面が何らかの理由で震える現象であるから、地震を解明するにはまず地面のモデル化を、次に地震発生モデル化（地震学分野では「発震機構」「メカニズム」等々と称する）を考えなければならない。地面を構成する物質は無数に存在するため、これをモデル化することは相当な困難を要する（そのような困難な作業に敢えて取り組む研究分野は、たとえば「地質学」や「鉱物学」などという形で存在する）。モデル化の鉄則は「可能な限り本質的な要素（これを「パラメータ」と呼ぶ）のみを残して、極力単純化する」ことである。数学的な定式化に際して最後まで残される地面の性質とは、「完全弾性」・「弾性波速度」・「密度」の三種類である。現実には「完全弾性」な物質は存在せず、実際の地球に存在する地面は総じて非弾性である（つまり、摩擦の影響を無視できない）。しかし、非弾性に関しては数学による定式化が必ずしも容易ではないことから、通常は完全弾性を仮定することで未知のパラメータを減らすことが行われる。実は、同じ完全弾性な物質でも、物質を眺める方向によって物性が変化することは珍しくない。例として、弾性波速度の値が物質中の伝搬経路に応じて変化するという現象は、実際に観察されている。これを「弾性波速度異方性」（または単に「異方性」）と呼ぶ。異方性に関しては理論・実測ともに膨大な研究事例が存するが（たとえば、Crampin(1981)など）、異方性物質の完全弾性を記述するには、たとえ単一の物質であっても最大 21 個ものパラメータを要する。このことから、異方性が存すると思われる場合であっても実用上は敢えてその異方性に目をつぶり、一律に「等方性」を仮定すること（その場合、単一の物

質の完全弾性を記述するには高々 2 個のパラメータがあれば済む) が圧倒的に多い。物質の等方性を仮定することのメリットにはもう一つ、「位相速度」と「群速度」との相違をあまり意識せずに済むという点もある(前者は波の形が、後者は波のエネルギーが、それぞれ物質内部を伝搬するときの弾性波速度である)。

上述したとおり、地面のモデル化だけでも、これだけ大掛かりな手間がかかるものである。地震学者のうち特に理論を専門とする者は、地球を一種の「ゴムボール」のようなものと見なしている。いわば、完全弾性かつ等方性の両性質をもつ厚さ一定の真球状のゴム皮が、幾重にも重なった構造を想定するのである。さらに、その「ゴムボール」の大きさ(半径)に対して非常に狭い領域に限定された議論を行うのであれば、ゴム皮は見かけ上二次元状の平面になっていると見なせるので、その場合にはゴムボールではなく真っ平らな「ゴム皮」そのものの重ね合わせとして地面をモデル化することも、よく行われる。

次に、地震発生のモデル化に関して、地震学を学び始めて間もない頃によく耳にした言葉は「地震は断層運動である」であった。つまり、地震とは「二つの完全弾性等方性物質の擦り合わせ」であると解釈する立場である。定性的には、二つの物体の擦り合わせ面に対して水平な向きの偶力と、その面に対して垂直な向きの偶力とが、それぞれ等しい値で同時に作用すること(これを「ダブルカップル・ソース」もしくは単に「ダブルカップル」と呼ぶ。互いに直交する偶力の組み合わせという意味である)により、地震波が生じるという解釈である。

以上、ここでは地震を例にとって説明したが、科学技術分野全般で活躍する科学者・技術者にとって、環境そのものが具体的にどのような物体なのかということ以上に、物体それ自体もしくは物体から構成される環境全体の性質が、関心の対象であるということを示し上げたい次第である。彼らは環境のもつ様々な要素のうち、ある目的にとって本質となる要素を絡めた数学的な定式化を試みる。いわば、目の前の自然現象がなぜ起こるのか、そして、その現象が起こることによって生じる影響は何か、それらを理解することが彼らの仕事なのである。

### 3 保育における「環境」

前章 1 で述べた五領域の一つ「環境」に関するテキストは、多数存在する。テキストの具体的な内容は著者によって千差万別であるが、多くの場合は最初に「環境」の概念をある程度確定しておき、あとは具体的に、子どもたちの目の前の状況への理解から始まって、徐々に視点を広げていき、最後には自然、社会、そして社会活動(教育、子育て支援)にまで発展していく形を採っている(たとえば、高橋・目良(2018)など)。前章 2 では「環境」を分解し単純化し抽象化する方向で進んでいく流れを議論したが、幼児教育・保育分野ではむしろその真逆を行っているといってもよい。つまり、保育においては「環

境」を構成する要素の分析など二の次、三の次であって、むしろその「環境」の中で子どもたちをどのように育てていくかということのほうが、より重要なのである。

子どもたちにとって、特に目の前の自然を自由に見ることができることは、極めて重要である。たとえば 2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）の際、被災し倒壊事故を起こした原子力発電所を中心とする広い範囲の地域において、幼稚園・保育所等の屋外活動が大きな制限を受けたことは周知のとおりである。そのことによって、子どもたちの自然認識の仕方に震災以前にはなかったような影響（どちらかといえば悪影響）が見られたという報告が、当時の保育系専門学会等で報告されて（たとえば、災害時における保育問題検討委員会(2011、2013)、千葉(2012)、その他）大きな話題となっていた。一例を挙げれば、地面に落ちている枯れ葉や野外を運動している昆虫に全く接することがないまま成長した子どもたちが、枯れ葉や昆虫に直接触れてよいかどうかについて、いちいち保育者へ確認許可を取るようになった由である。

先述したとおり、保育分野においては、子どもたちを育てることが最大の関心事である。そのため、保育者に求められるものは、環境の分析よりもむしろ、子育てに資するより良い状況の構築である。保育者が環境を分析するのは主として、子どもたちに何らかの危害を及ぼす可能性を極力排除するとき（たとえば、除染作業など）が目的とされる場合である。保育者として環境全般への理解が必要であることは言うまでもないけれども、前章 2 で述べたような“環境の本質”への理解よりもむしろ、“子どもたち（そして保育者や保護者も含めて）を取り巻く環境全体の在りかた”への理解のほうが、何よりも重要視されることになる。数学の専門用語を使って表現すれば、前章 2 で述べた科学技術分野での環境への理解は「微分」的、本章で述べた保育分野での環境への理解は「積分」的といっていよいであろう。教育者としては、対極的なこれらを同格のものとして、同時に受け入れる必要がある。

#### 4 「環境」へのアプローチ

前章 2 および前章 3 で述べたとおり、同じ「環境」を見つめているはずであるのに、科学技術の立場からと保育の立場からとでは、見つめる姿勢が全く異なるようである、というか正反対であるように思える。科学技術分野と保育分野との両方へ同時に寄与し得るような知見を提供する者が、皆無とは言わないまでもなかなか出現しない所以である。

ここで、古くからあることわざの一つ、「木を見て森を見ない」を取り上げたい。細かな部分にばかりこだわるあまり、全容への理解や配慮に欠けてしまうことを諷める言葉である。

前章 2 にて駆け足で紹介したような、科学技術にとっての「環境」へのアプローチは、まさにこのことわざを地で行ってしまいがちであることが多いように思える。つまり、前

章2で述べた「モデル化」が完成すればそのアプローチの目的は達成されたと見なされ、その時点でアプローチが止まってしまう可能性があるということである。そのことを防ぐためにも、たとえば「この結果を受けて解釈すると、今回のケースでは……」のような形で、研究の開始された目的へ意識的に立ち返ること（いわゆるフィードバック）が必要である。言い換えれば、自身の研究成果が周囲に対して及ぼす影響や貢献の度合いを、常に考えなければならない。研究成果の受け手が必ずしも自身と同じ専門分野のエキスパートとは限らないという事実を忘れて、自身の興味・関心ばかりをどんどん深掘りしていく形になり、いつの間にか当初の目的（自身の研究成果を周囲へ還元すること）を忘れたまま満足してしまうということが、あってはならないのである。このような「木を見て森を見ない」状況への落ち込みを防ぐためにも、ことわざの表現を少し変えて「木を見つつ森を見る」あるいはその逆の「森を見つつ木を見る」心構えが、科学技術分野では常に求められると思う。

一方、前章3にて記した保育にとっての「環境」へのアプローチは、科学技術にとってのそれとはやや異なっている。保育の目的は、単に保育対象となる生物（特にヒト。ここでいうヒトとは必ずしも、乳幼児だけに限定されない。本章では以後、左記の意味でのヒトに注目して議論を進める）の行動や実態を研究することだけではなく、ヒトそのものを扶育することである。そのためには、ヒト全体の傾向を把握して満足すること（前出のことわざの表現を借用すれば「森を見て木を見ない」こと）だけでは明らかに不足であり、ヒトそれぞれに対する適切な個別対応が併せて要求されることになる。このことはいわゆる過去の研究事例などを敢えて紐解くまでもなく、筆者や本論読者諸氏を含めたすべてのヒトが、日常生活を通して十分に経験し認知しているはずである。つまり、理論的・実験的知見を立案・立証するだけでなく、それらの知見以外の可能性にもまた常に配慮するという、二重の姿勢が大切である。ヒトへの配慮は必然的に、ヒトの存在する空間全域への配慮とも、密接に関連する。前出のことわざをさらに書き換えて表現するならば、保育で常に求められているのは「木を見て森を見る」あるいは「木も森も両方見る」ことではないだろうか。これは、先に記した「木を見つつ森を見る」や「森を見つつ木を見る」を、さらに一歩踏み込んだ形の表現である。子どもたちとしてのヒトは、大人としてのヒトが見落としがちである些細な事象に対しても、鋭く注意を払っていることが多いものである。つまり、子どもたちとしてのヒトはある意味、生まれながらにしてしっかりと「木を見て」いる。そのような子どもたちとしてのヒトが今度は「森を見る」ことができるようになるためにも、大人としてのヒト（保育者や保護者を含めて）は、「森」とは何かということ子どもたちへ教えていくべきであろう。「木」および「森」の両方を同時にかつ同等に見つめる心構えが、子どもたちとしてのヒトの周囲を取り巻く「環境」への理解を深める、よい契機になると、筆者は考えるのである。

では、科学技術における「環境」へのアプローチが、保育にとっての阻害になるかといえば、決してそのようなことはない。前章2で述べた地震学におけるモデル化は「木を見て森を見ない」よりもむしろ、逆に「森を見て木を見ない」状態（つまり、数学の力で御し難い要素については、簡素化したり省略したりする状態）、あるいはもっと進んで「木も森も“敢えて”見ない」状態（とにかく、概要さえ把握できれば、まずはそれでよしとする状態）かも知れない。自身にとって未知な存在への配慮を行うことは、自身の安全を確保するうえで重要なことの一つである。換言すれば、“手探り”によるアプローチをかけていく姿勢は、科学技術にとって不可欠な素質の一つである。ある程度の漠然とした状態から求解を開始して、徐々に最適解や代表解を絞り込んでいくというテクニックは、実業界ではごく普通に頻用されている（たとえば、数値計算分野における「ニュートン・ラフソン法」や「レーベンバーグ・マルカート法」など）。

一口に「科学技術」と一括りに称することが多いけれど、「科学」と「技術」とは実は互いに異なる概念である。科学者の使命は、実現の可否に関係なく、ありとあらゆる知識・知見を見つけ出すことである。技術者の使命は、自身が科学者としての役割を果たすだけでなく、科学者が見つけ出した無数の知識・知見の中から、我々にとって益となり得るようなものを取り上げ、実用化へ向けてさらに磨きをかけることである。これらの“使命”は、子どもたちが初めて自身の知らない様々なものに接して、それを理解しようとし、さらにはそれを使って何か行動を起こそうとするときに示す態度と、案外よく似てはいないだろうか。つまり、科学技術における「環境」と保育における「環境」とは、筆者が当初懸念していたような水と油の関係では必ずしもなさそうであるともいえるのである。

## 5 おわりに

本稿では、科学技術分野における「環境」と幼児教育・保育分野における「環境」との間に見受けられる相違にして、簡潔に記した。しかしながら、片側の知識・体験が乏しい状態のまま、対極的な知見同士を天秤にかけるような議論は、やはり大いに難物である。今後とも、教育内容としての「環境」についてさらに理解を深めていくべきことは、教員として当然の姿である。

その一方で、筆者自身は過去において、地震という自然災害の一端を科学的に理解するという、貴重な学究経験をもつ機会を得ている。そのような学究経験を活かした『環境』授業活動（たとえば、安全教育など）を展開する努力を、これからは積極的に行っていきたいと思う。

謝辞

本稿の執筆に当たり、数多くの貴重なご意見・ご指摘を賜った査読者各位へ、深く感謝いたします。

#### 参考文献

Crampin, S. (1981) :

A Review of Wave Motion in Anisotropic and Cracked Elastic-Media.  
Wave Motion [Published by North-Holland Publishing Company (Amsterdam)],  
Volume 3, Issue 4, pp.343-391.

災害時における保育問題検討委員会 (2011) :

緊急シンポジウム「災害時における子どもと保育」(報告書).  
日本保育学会, pp. 239.

災害時における保育問題検討委員会 (2013) :

震災を生きる子どもと保育(報告書).  
日本保育学会, pp. 258.

高橋 貴志・目良 秋子(共編) (2018) :

コンパス 保育内容 環境.  
建帛社(東京都), pp. 136.

千葉 武夫(研究代表) (2012) :

保育所の災害時におけるマニュアルに関する調査研究.  
こども未来財団, pp. 129.

星野 治(2008) :

「数」の「学」問としての数学.  
秋草学園短期大学紀要, 第 25 巻, pp. 99-112.

星野 治(2012) :

「数」の「学」問としての数学(2) 一数の規則性をどのように教えるか—.  
秋草学園短期大学紀要, 第 29 巻, pp. 163-173.

星野 治 (2013) :

「数」の「学」問としての数学(3) —数“楽”演習の実例紹介—.

秋草学園短期大学紀要, 第 30 卷, pp. 17-34.

星野 治 (2018) :

「数」の「学」問としての数学(4) —求解の醍醐味—.

秋草学園短期大学紀要, 第 34 卷, pp. 379-407.

星野 治 (2021) :

「数」の「学」問としての数学(5) —遠隔授業のための書き下ろし資料—.

秋草学園短期大学紀要, 第 37 卷, pp. 258-275.

文部科学省 (2018) :

教職課程認定基準等について.

2018. 12. 20. 平成 30 年度教職課程認定等に関する事務担当者説明会, 資料 2, pp. 49.

\*星野 治 秋草学園短期大学 地域保育学科 准教授