

日本の理数科教育をサポートする

Rimse

Research Institute for Mathematics and Science Education

No. **16**
JUNE
2016



特集

‘学び’の変革 I

ーアクティブ・ラーニングの視点に立った学びの推進ー

Rimse (財)理数教育研究所

Contents

表紙裏

巻頭言

数学好きをつなぎとめよう

東京女子大学 現代教養学部 特任教授 石井 志保子

特集 ‘学び’の変革 I

—アクティブ・ラーニングの視点に立った学びの推進—

2 I 次期学習指導要領改訂の進捗状況と アクティブ・ラーニングの視点

文部科学省 初等中等教育局 教育課程課 教育課程企画室長 大杉 住子

7 II オーセンティックな学習と明示的な指導の 組み合わせによる資質・能力の育成

上智大学 総合人間科学部教育学科 教授 奈須 正裕

11 III アクティブ・ラーニングを活かすカリキュラム・マネジメント

千葉大学 教育学部 特任教授 天笠 茂

15 特別寄稿 塩野直道記念「算数・数学の自由研究」作品コンクール

これまでの3回を振り返って

—算数・数学の“多様性”に気づき“自由”を使いこなす自信を—
「算数・数学の自由研究」作品コンクール中央審査委員 桜井 進

19 連載 数学と音楽の織りなす世界 第5回

音楽に魅惑された数学者

ジャズピアニスト・作曲家 中島 さち子

22 連載 サイエンス・フィクション？ 第5回

マッチポンプ

東北大学高度教養教育・学生支援機構 准教授 山内 保典

25 連載 ヒトの生物学を教えよう 第5回

遺伝子検査は人を幸せにするか

東京都立国立高等学校 主任教諭 大野 智久

28 広場 地域教育で活躍する人々 第15回

秋田の未来を切り拓く子供を育成するために

NPO 法人 あきた・まな VIVA !創造塾 副理事長 神居 隆

裏表紙

科学史の散歩道 第16回

地震研究の「科学化」に貢献した大森房吉 ～地震計の改良、震源の特定など～

大阪教育大学 名誉教授 鈴木 善次

巻頭言

Kantougen



東京女子大学 現代教養学部 特任教授

石井 志保子 / いいいいしほこ

富山県高岡市生まれ。1983年東京都立大学大学院理学研究科博士課程単位取得退学。1984年理学博士。1988年九州大学理学部助手、1989年東京工業大学理学部助手、1990年東京工業大学理学部助教授、1998年東京工業大学大学院理工学研究科教授、2011年東京大学大学院数理科学研究科教授、2016年4月から現職。専門は代数幾何学、特に特異点理論。1995年猿橋賞受賞、2011年日本数学会代数学賞受賞。

著書は『特異点入門』（丸善出版）、“Introduction to Singularities” (Springer)、訳書に『数学はいつも苦手だった』ポイテルシュパッヒャー著（日本評論社）。

数学好きをつなぎとめよう

年をとることは悪くない、とときどき思う。若い人のすばらしい成長を見たときだ。先日もある研究所の開所式に出席したところ、20年前童顔だった学生が、今や髭を生やし、専攻の代表として立派なスピーチをされたのを見て感無量だった。数学的に良い業績をあげてここまで成長されたのだが、このような変貌を見るのは教育の一端に携わるものとしての幸せであり、年をとらなければもらえないプレゼントのようなものだ。

しかし数学が専門である以上、このような幸せな例ばかりではないことも事実だ。数学は厳密性を重んじる。数学の外の世界から見ると「独特の」考え方をする。このような数学の特性に馴染めない人もいる。

初対面の人に自分の専門が数学だと言うと、「自分は学生時代数学が苦手だった」というのが大方の反応だ。高校までは数学は学校生活の中で最も時間を費やした教科の一つであるはずなのに、このような否定的な印象を持ったまま大人になるということは残念なことである。

しかし一方で私の母の年代では「数学が好き」とおっしゃる方、しかも女性、をときどき見かける。また、極めて興味深いことに18世紀イギリスでは女性向けの雑誌『レディース・ダイアリー』が130年にわたって数学の問題を主要な記事として刊行されており、多いときは3万部も発行されていたという事実がある。^{*1} 当時の女性の識字率(推定35%)から考えてこの雑誌の人気のいかに高かったかがわかる。またよく知られているように日本でも江戸時代には算学の愛好家が各地にいて、その地方の神社には数学の問題や解法を書いた絵馬が多く残っている。彼らにとって数学というものは楽しいものだったのだ。

彼ら彼女らの数学は「楽しみ」なので内容は系統的ではなく形式的でもない。何より発見の喜びを大切にするので、一つのアイデアですべてがするすると解決することが重要だ。現代にもそのような数学好きの人が大勢いると思われる。それがなぜどのようなきっかけで数学から心が離れてしまうのだろうか。いろいろな要因があるのだろうが、高校の教育課程から始まる現代数学への階段がきっかけになっている可能

性もある。公理的な方法、数学的帰納法や「逆」「対偶」などの形式的な表現、多様な関数の導入、…。

しかしこれらは現代数学へ進むためには必須の項目であり、面白いだけの数学にとどまっていることは、数学の正しい姿ではないし、それは「数学好き」の望むことではないだろう。

平均的なモチベーションの生徒の興味を保ちながら、高度な数学へのステップへ導くには教育現場の教師の役割がとても大きい。関数の登場した背景、問題意識の背景、それぞれのステップで数学好きが「なるほど」と思えるような工夫が必要だ。

さらに学校の外でも、急速な勢いで発展しその応用も意外な方向へ進んでいく今の数学をわかりやすく説明する人の役割が大きい。このような数学インタープリター(数学ジャーナリスト?)の偉大さに筆者が遅ればせながら気がついたのは、いろいろな機会に、数学の話を聞きたいという人を対象に講演をしたり、記事を書いたりした経験から、その仕事の難しさを思い知ったからである。情熱が空回りしたり、やさしくしようとして貧相な例しかあげられなかったり、苦戦を強いられた。

今活躍している数学インタープリターの人たちはその草分けである。おそらく手探りでその情熱を形にしてこられたのだ。これが職業としての地位を確立し、若い人にとって将来の職業として数学(あるいは科学)インタープリターという選択肢が、具体的に思い描けるようになれば素敵だ。日本数学会ではJIR^{*2}(Journalists in residence)というプログラムを作り、数学のことを知りたいジャーナリストに大学の数学科に滞在し取材や勉強の機会を提供するという活動をしている。これまでに参加した人はプロの数学ジャーナリストに限らず、科学関係出版社編集者、カメラマン、新聞記者、漫画家、弁護士と多彩だ。このようなこともバネにして広い意味の数学インタープリターが育ち、数学好きをしっかりとつなぎとめることができるようになればすばらしいことである。❖

参考文献

- ※1 三浦伸夫, 「18世紀英国の女性向け数学雑誌」, 『数学の楽しみ 2006年春号』(日本評論社), pp.12-36.
- ※2 「輝数遇数」(藤原耕二, 坪井俊) 月刊『現代数学』2015年4月号においてJIRの始まった経緯が記されている。

‘学び’の变革 I

—アクティブ・ラーニングの視点に立った学びの推進—

I 次期学習指導要領改訂の進捗状況と アクティブ・ラーニングの視点

文部科学省 初等中等教育局 教育課程課 教育課程企画室長

大杉 住子 / おおすぎ すみこ

1997年文部省（当時）入省後、学術国際局、国連教育・科学・文化機関（ユネスコ出向）、大臣官房国際課国際協力政策室、高等教育局、初等中等教育局を経て2007年より愛媛県教育委員会保健スポーツ課長。以後、生涯学習政策局政策課、在イタリア日本大使館、高等教育局高等教育企画課を経て現職。



1 ■ 学習指導要領等改訂のねらいと背景

平成 26（2014）年 11 月、文部科学大臣より中央教育審議会に対して「初等中等教育における教育課程の基準等の在り方について」諮問が行われ、学習指導要領等の改訂に向けた検討がスタートした。

変化の予測が困難なこれからの時代を生きていく子供たちには、自立した人間として自らの人生を主体的に切り拓き、他者と協働しながら、よりよい社会を創造していくことができる力が求められる。そうした力をどう育てていくか、そのための学校教育の在り方とは一。これらについて具体的に議論していただくことが、今回の諮問のねらいである。将来の予測が困難な複雑で変化の激しい社会の中で、これからの子供たちに問われるのは、「何を知っているか」に加え、「知っていることをどう使い、どのように社会や世界と関わっていくか」であり、そうした時代の変化や社会の要請を踏まえた新しい学習指導要領が求められている。

こうした背景のもと、現在中央教育審議会において次期学習指導要領等の在り方について検討されている。

2 ■ 改訂の基本的方向性

（1）「社会に開かれた教育課程」と学習指導要領の構造化

平成 26（2014）年 11 月の諮問を受けて、中央教育審議会の教育課程部会に新たに教育課程企画特別部会が設置され、

改訂の基本的方向性として、平成 27（2015）年 8 月に「教育課程企画特別部会 論点整理」（以下「論点整理」という）がとりまとめられた。

「論点整理」では、冒頭に「学校は、今を生きる子供たちにとって、現実の社会との関わりの中で、毎日の生活を築き上げていく場であるとともに、未来の社会に向けた準備段階としての場でもある」と学校の意義を捉え直したうえで、学校が社会や地域とのつながりを意識する中で、社会の中の学校であるためには、学校生活の核となる教育課程もまた社会とのつながりを大切にする必要がある、としている。社会の変化に目を向け、教育が普遍的に目指す根幹を堅持しつつ、社会の変化を柔軟に受け止めていく「社会に開かれた教育課程」の理念を各学校において具体化していくために、必要な学習指導要領の在り方等について「論点整理」では方向性が示されている。

さらに「論点整理」では、学校教育法第 30 条第 2 項が定める学校教育において重視すべき三要素（「知識・技能」「思考力・判断力・表現力等」「主体的に学習に取り組む態度」）を議論の起点としながら、学習する子供の視点に立ち、これからの子供たちに育成すべき資質・能力とはどういうものかについて、下記の三つの柱で整理して示している。

- i) 「何を知っているか、何ができるか」（個別の知識・技能）
- ii) 「知っていること・できることをどう使うか」（思考力・判断力・表現力等）

iii) 「どのように社会・世界と関わり,よりよい人生を送るか」
(学びに向かう力,人間性等)

次期学習指導要領等については、資質・能力の三つの柱の全体を捉え、教育課程を通じてそれらをいかに育成していくのかという観点から、構造的な見直しを行い、教科等間の横のつながりとともに、幼・小・中・高の教育を、縦のつながりの見通しを持って系統的に組織していくことが求められている。すなわち、各教科等で学校や学年段階に応じて学ぶことを単に積み上げるだけではなく、義務教育や高等学校教育を終える段階で身に付けておくべき力を踏まえつつ、各学校・学年段階で学ぶべき内容を見直すなど、発達の段階に応じた縦のつながりと、各教科等の横のつながりを行き来しながら、学習指導要領の全体像を構築していくことが必要となっている。

(2) カリキュラム・マネジメントの重要性

また「論点整理」においては、今回の改訂が目指す理念を実現するためには、教育課程全体を通じた取り組みを通じて、教科横断的な観点から教育活動の改善を行っていくことや、学校全体としての取り組みを通じて、教科等や学年を越えた組織運営の改善を行っていくことが求められており、各学校が編成する教育課程を核に、どのように教育活動や組織運営

などの学校の全体的な在り方を改善していくのか、すなわち「カリキュラム・マネジメント」の確立が重要な鍵である、とされている。

「カリキュラム・マネジメント」については、これまで、教育課程の在り方を不断に見直すという下記 ii) の側面から重視されてきた。しかしながら、「社会に開かれた教育課程」の実現を通じて子供たちに必要な資質・能力を育成するという新しい学習指導要領等の理念を踏まえると、これからの「カリキュラム・マネジメント」については、以下の三つの側面から捉えることが適当である。

- i) 各教科等の教育内容を相互の関係で捉え、学校の教育目標を踏まえた教科横断的な視点で、その目標の達成に必要な教育の内容を組織的に配列していくこと。
- ii) 教育内容の質の向上に向けて、子供たちの姿や地域の現状等に関する調査や各種データ等に基づき、教育課程を編成し、実施し、評価して改善を図る一連のPDCAサイクルを確立すること。
- iii) 教育内容と、教育活動に必要な人的・物的資源等を、地域等の外部の資源も含めて活用しながら効果的に組み合わせること。

これからの時代に求められる資質・能力を育むためには、各教科等の学習とともに、教科横断的な視点で学習を成り立

たせていくことが課題となる。そのため、各教科等における学習の充実はもとより、教科等間のつながりを捉えた学習を進める観点から、教科等間の内容事項について、相互の関連付けや横断を図る手立てや体制を整える必要がある。このため、「カリキュラム・マネジメント」を通じて、各教科等の教育内容を相互の関係で捉え、必要な教育内容を組織的に配列し、さらに必要な資源を投入する営みが重要となる。

「カリキュラム・マネジメント」については、校長を中心としつつ、教科等の縦割りや学年を越えて、学校全体で取り組んでいくことができるよう、学校の組織および運営についても見直しを図る必

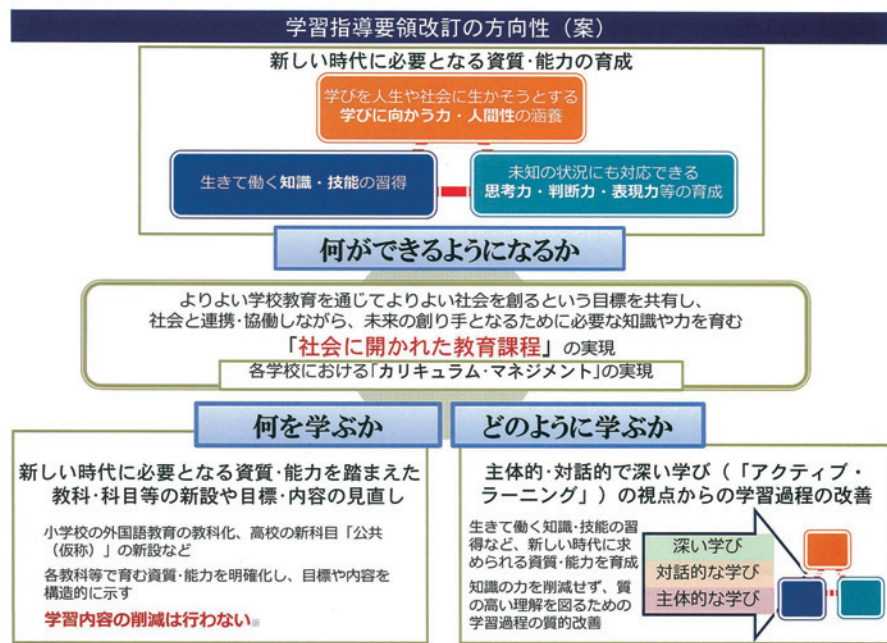


図1 学習指導要領改訂の方向性(案)

要がある。そのためには、管理職のみならずすべての教職員がその必要性を理解し、日々の授業等についても、教育課程全体の中での位置付けを意識しながら取り組む必要がある。また、学習指導要領等を豊かに読み取りながら、各学校の子供たちの姿や地域の実情等と指導内容を照らし合わせ、効果的な年間指導計画等の在り方や、授業時間や週時程の在り方等について、校内研修等を通じて研究を重ねていくことも考えられる。さらに、「社会に開かれた教育課程」の観点から、学校内だけではなく、保護者や地域の人々等を巻き込んでいくことも重要である。

平成27（2015）年12月に中央教育審議会においてとりまとめられた「これからの学校教育を担う教員の資質能力の向上について」においても、学校現場において各教員がカリキュラム・マネジメントができる力を付けることができるよう、教員の養成・研修の在り方の見直しについて提言されている。また、同日にとりまとめられた「チームとしての学校の在り方と今後の改善方策について」においても、個々の教員が個別に教育活動に取り組むのではなく、学校のマネジメントを強化し、組織として教育活動に取り組む体制を作り上げるとともに、必要な指導体制を整備することが必要であると提言されている。

このように「カリキュラム・マネジメント」は、学校の組織力を高める観点から、学校の組織および運営について見直しを迫るものである。また、後述の「アクティブ・ラーニング」は、形式的に対話型を取り入れた授業や特定の指導の型を目指した技術の改善にとどまるものではなく、子供たちの質の高い深い学びを引き出すことを意図するものであり、さらに、それを通してどのような資質・能力を育むかという観点から、学習の在り方そのものの問い直しを目指すものである。

その意味において、「論点整理」で次期改訂に向けて提起された「アクティブ・ラーニング」と「カリキュラム・マネジメント」は、授業改善や組織運営の改善など、学校の全体的な改善を行うための鍵となる2つの重要な概念として位置付けられるものであり、相互の連動を図り、機能させることが大切である。教育課程を核に、授業改善および組織運営の改善に一体的・全体的に迫ることのできる組織文化の形成を図り、「アクティブ・ラーニング」と「カリキュラム・マネジメント」を連動させた学校経営の展開が、それぞれの学校

や地域の実態を基に展開されることが求められる。

3 ■ アクティブ・ラーニングの視点と資質・能力の育成の関係

「論点整理」においては、「社会に開かれた教育課程」の理念のもと、子供たちに育成すべき資質・能力を総合的に育むためには、学びの量とともに、質や深まりが重要であるとされ、各教科等における習得・活用・探究の学習過程全体を見渡ししながら、「深い学び」「対話的な学び」「主体的な学び」の三つの視点に立って学び全体を改善していくことが提言されている。

- i) 習得・活用・探究という学習プロセスの中で、問題発見・解決を念頭に置いた深い学びの過程が実現できているかどうか。
- ii) 他者との協働や外界との相互作用を通じて、自らの考えを広げ深める、対話的な学びの過程が実現できているかどうか。
- iii) 子供たちが見通しを持って粘り強く取り組み、自らの学習活動を振り返って次につなげる、主体的な学びの過程が実現できているかどうか。

「論点整理」を受け、中央教育審議会教育課程部会総則・評価特別部会においては、現在、アクティブ・ラーニングについて以下のように整理が行われている。

（1）アクティブ・ラーニングの三つの視点と授業改善

上記のようなアクティブ・ラーニングの視点に基づく授業改善が行われ、学びが改善されることにより、子供たちは、各教科等の内容的な理解を深めながら、育成すべき資質・能力を身に付けていくことができる。こうした深い理解や資質・能力の獲得は、学ぶことの意義や社会との関係の実感につながり、学習に向かう子供たちの内発的な動機を高め、自己調整を行いながら生涯学び続ける力の獲得につながることになる。

「論点整理」を踏まえ、学校現場ではさまざまな取り組みが広がりつつある一方で、「この型を取り入れなければアクティブ・ラーニングではない」「この方法を実施しておけば見直しの必要はない」というような、「型」に着目した理解がなされているとの懸念もある。「論点整理」にもあるよう

に、アクティブ・ラーニングの視点は、特定の学習・指導の型や方法の在り方ではなく、習得・活用・探究の学習過程全体を見通した不断の授業改善の視点であることに留意する必要がある。

一方で、教育委員会等は学校現場から、理念だけではなく、具体的な実践例を求められているところでもある。こうした実践例については、さまざまな型や方法の種類を紹介するのではなく、アクティブ・ラーニングの視点に基づきどのように授業が改善され、子供たちのどのような変容（学習内容の深い理解や資質・能力の獲得、学習への動機づけ等）につながったかという、授業改善に関する実践例の蓄積と普及がなされるべきであると考え。学習や指導の型や方法は、そうした授業改善の一つの手段として、その効果が検証され不断に見直されていくべきものとする。

（2）「深い学び」の視点

また、アクティブ・ラーニングの三つの視点のうち、「対話的な学び」および「主体的な学び」が注目され、「深い学び」の視点に基づく改善が図られていないとの指摘もある。「対話的な学び」や「主体的な学び」はその趣旨が教科共通で理解できる視点であるのに対して、「深い学び」の在り方は各教科等の特質に応じて示される必要があり、その具体像については、現在、各教科等ワーキンググループ（4参照）において議論中であることから、具体的なイメージがつかみにくいことも、その一因として考えられる。

現在各教科等において、育成すべき資質・能力の三つの柱に沿った明確化や、それを育む学習プロセスの在り方に関する検討がなされているが、こうした議論を通じて、この「深い学び」の視点の具体化を図ることが重要である。

議論の中では、複数の教科等別ワーキンググループにおいて、資質・能力の育成や学習の深まりの鍵となるものとして、各教科等の特質に応じ育まれる「見方や考え方」が重要ではないかとの検討がなされているところである。こうした「見方や考え方」を、習得・活用・探究を見通した学習過程の中で働かせながら思考・判断・表現し、「見方や考え方」をさらに成長させながら、資質・能力を獲得していくことが「深い学び」であり、そうした学びと資質・能力の育成との関係をわかりやすく示していく必要があるのではないかと考えられる。

アクティブ・ラーニングの視点に基づく学びについては、深さを欠くことによる失敗事例も報告されているところ（「論点整理」の巻末資料参照）であり、「深い学び」を実現する視点は極めて重要である。教員には、こうした「深い学び」を通じて、子供たちの各教科等の内容的な理解に責任を持ち、必要な指導内容を組み立てる力量を高め、基本的な事項はわかりやすく教員が教えるということも含めて、子供たちに関わっていくことが求められる。

（3）各教科等の特質に応じ育まれる「見方や考え方」について

「見方や考え方」という概念自体は新しいものではなく、現行学習指導要領においても、例えば社会科においては「社会的な見方や考え方」、理科においては「科学的な見方や考え方」、美術においては「独創的・総合的な見方や考え方」を培うこととされている。幼児期では、生活全体を通じて総合的な指導を行う中で、ものの見方や考え方等を培うこととされている。一方で、その内容については必ずしも具体的に説明されていないのが現状である。

「見方や考え方」とは、さまざまな事象等を捉える各教科等ならではの視点や、各教科等ならではの思考の枠組みであると考えられる。こうした「見方や考え方」と育成すべき資質・能力の関係について、以下のような整理ができるのではないかと考えられる。

- ・「見方や考え方」は、知識・技能を構造化して身に付けていくために不可欠である。「見方や考え方」を働かせながら、知識・技能を習得したり、知識・技能を活用して探究したりすることにより、知識を他と関連づけて定着させたり、構造化された新たな知識として習得したり、技能を習熟・熟達させたりすることができる。
- ・「見方や考え方」が成長することにより、思考力・判断力・表現力が豊かなものとなり、より広い領域や複雑な事象をもとに思考・判断・表現できる力として育成されていく。
- ・学びに向かう力や人間性の育成には、どのような「見方や考え方」を通じて社会や世界にどのように関わっていくかという点が大きく作用している。

具体的には、理科で育まれる科学的な見方や考え方として「自然の事物・現象を量的・関係的、質的・実体的、多様性・

資質・能力の育成と
主体的・対話的で深い学び（「アクティブ・ラーニング」の視点）の関係（イメージ）（案）

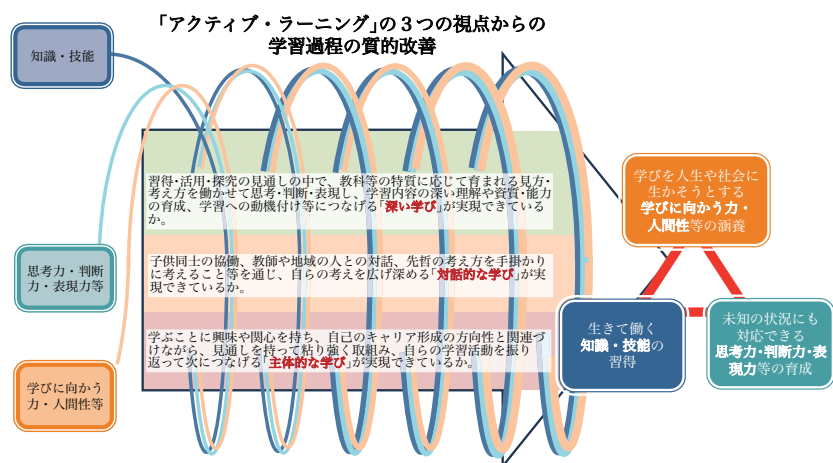


図2 資質・能力の育成と主体的・対話的で深い学び（「アクティブ・ラーニング」の視点）の関係（イメージ）（案）

共通性、時間的・空間的などの視点で捉え、探究の過程を通して科学的に考え、多面的、総合的、発展的に考察すること」、算数・数学では「事象を数理的に捉え、数学的に表現し処理するとともに、論理的に考え、統合的・発展的に考察する」というように整理できるのではないかと議論がなされているところである。

子供たちが習得・活用・探究を見通した学習過程の中で、こうした「見方や考え方」を働かせて思考・判断・表現し、「見方や考え方」自体をも成長させながら、資質・能力を獲得していけるような学びが、「アクティブ・ラーニング」の視点である「深い学び」ではないかと考えられる。

- ・ 習得・活用・探究を見通した学習過程の中で、各教科等ならではの視点で事象等を捉え、各教科ならではの思考の枠組みを用いて思考・判断・表現することなどを通じて、子供たちの「見方や考え方」が成長していくことが重要である。教員には、そうした学びの実現により、各教科等の内容に関する深い理解や資質・能力の育成が図られるよう、指導内容を組み立て、子供たちに関わっていくことが求められる。
- ・ その際、各教科等の指導内容を組み立てる際の視点の一つとして、子供たち一人一人の「見方や考え方」の困難さを捉え、必要な支援等を工夫し、その成長を支えていくことも重要である。

（4）教科横断的な学び等を通じた「見方や考え方」の総合的・統合的な育成について

例えば、理科や算数・数学で育まれる見方や考え方は、各

教科等における問題解決的な思考の中でも発揮される。また、国語科の「見方や考え方」は、各教科等における言語活動等を通じて、他教科等の「見方や考え方」を広げていく役割も有するなど、各教科等の特質に応じ育まれる「見方や考え方」は、相互に影響し合いながら成長していくものと考えられる。

特に、総合的な学習の時間や特別活動といった、教科以外のいわゆる領域は、教科横断的な学びや実践的な集団活動等を通じて、各教科において育まれた「見方や考え方」を総合・統合させながら、各領域の特質に

応じた「見方や考え方」を育んでいくものと考えられる。それにより、社会や世界のより広範な事象を捉えて考えたり、一つの事象を多様な角度から捉えて考えたり、現実の中のより複雑な文脈の中で物事を捉えて考えたりすることができるようになる。あわせて、各教科の「見方や考え方」も成長していくものと考えられる。

4 ■ 今後の見通し

現在、「論点整理」で示された次期改訂の方向性を踏まえて、各学校段階等別部会、教科等別ワーキンググループにおける審議が進行中である。各教科の本質的な意義、幼児教育から小学校・中学校・高等学校という成長段階の縦のつながり、教科間等の横のつながり、特別支援教育の視点などを総合的に検討しながら、各教科等の改訂内容について審議が行われている。

各学校段階等別部会、教科等別ワーキンググループにおける専門的な検討を行い、教育課程部会または教育課程企画特別部会における議論を踏まえて審議のまとめを行ったうえで、平成28（2016）年度内を目処に中央教育審議会として答申、新学習指導要領等の告示を行う予定となっている。

各学校現場においては「論点整理」等を基にさまざまな議論を交わしながら、日々の授業改善等の実践に取り組んでいただくことが期待される。



II オーセンティックな学習と明示的な指導の組み合わせによる資質・能力の育成

上智大学 総合人間科学部教育学科 教授

奈須 正裕 / なす まさひろ

国立教育政策研究所、立教大学などを経て、2005年より現職。専門は教育心理学、教育方法学。「教育課程企画特別部会」などの委員として学習指導要領の改訂に関わる一方、日常的に学校現場と連携し、授業やカリキュラムの開発研究に携わる。



1 ■ 学習の転移は簡単には生じない

(1) コンテンツ・ベースの教育

我が国に限らず、長年にわたり学校教育は領域固有な知識や技能、学習指導要領でいう「内容」（コンテンツ：content）の習得を最優先の課題として、コンテンツ・ベースで進められてきた。しかし、知識の習得自体は最終ゴールではないはずだ。子供がその知識を活用して洗練された問題解決を成し遂げ、よりよい人生を送ることができるまでを視野に入れる必要があるだろう。

もちろん、コンテンツ・ベースの教育も、子供を「歩く百科事典」にしようとしたわけではなく、質の高い問題解決者にまで育て上げることを視野に入れてはいた。コンテンツ・ベースの教育は、この目標を、学問・科学・芸術などの文化遺産から知識・技能を選びすぐり教授することで達成できると考え、現に実行してきたのである。

なぜなら、それらは人類が成し遂げてきた最も偉大にして洗練された革新的問題解決の成果であり、子供は習得したそれらの知識を適宜上手に活用することで、同様の優れた問題解決を成し遂げながら人生を生きていくに違いない。さらには、例えば数学は知識の習得に際し、厳密な形式論理的思考を要求する。したがって、その過程では論理性や思考力が培われ、それは図形や数量以外の、それこそ政治や経済のような社会的事象の構造的な理解や批判的思考にも礎を提供するであろう、と考えてきたのである。

(2) A問題とB問題の乖離が意味するもの

このことは、コンテンツ・ベースの教育がその背後に大いなる学習の転移（transfer）を暗黙裏に想定していたことを意味する。しかし、心理学は1970年代までに学習の転移はそう簡単には起きないし、その範囲も限定的であることを証明してしまったから、この前提はもろくも崩れ去る。^{※1}

例えば、平成19（2007）年の全国学力・学習状況調査の小学校算数において、平行四辺形の面積に関する知識を適切に用いれば正答できる問題であるにもかかわらず、授業で教わったとおりの尋ねられ方をするA問題の正答率が96%だったのに対し、図形を地図中に埋め込んだB問題では18%と、両者の間には大きな乖離が認められた。

この事実は、単に知識を教えただけでは自在には活用されないこと、つまり学習の転移が簡単には生じないことを鮮明に示している。したがって、特定の教科における思考や創造の経験が思考力や創造力をもたらし、それがほぼ自動的に他の領域にも自在に適用可能なものとなるのかについても、一定の留保が必要であろう。

2 ■ 非認知的能力の重要性と育成可能性

一方、デイビッド・マクレランドは、領域固有知識の所有や基本的理解を問う伝統的な学力テスト、学校の成績や資格証明書の類いが、およそ職務上の業績や人生における成功を予測し得ないことを多数の事実を挙げて論証した。^{※2} マクレランドによると、より大きな影響力を示したのは意欲や感

情の自己調整能力、肯定的な自己概念や自己信頼などの情意的な資質・能力であり、対人関係調整能力やコミュニケーション能力などの社会スキルであった。

これら、いわゆる非認知的能力の重要性は、大好きなおやつを一時的に先送りできるかどうかという4歳時点での自制心の高さが、大学進学適性検査（SAT）のスコアから成人後の身体的・精神的健康状態までも予測するというウォルター・ミシエルの研究などによって、今や世界的にも広く認識されることとなった。^{※3}

しかも、近年の研究によると、感情の自己調整能力や社会スキルは生得的に運命づけられた不変な人格特性ではなく、組織的・計画的な教育によって十分に育成・改善が可能であり、むしろ幼児教育段階から適切に育てられることが有効で、望まれてもいる。

3 ■ 教育の原理転換とアクティブ・ラーニング

（1）コンピテンシー・ベースの教育

ならば、一生涯にわたる洗練された問題解決の行使に必要な十分なトータルとしての学力の育成を最優先の課題として、学校教育を抜本的にデザインし直してはどうか。これが、「資質・能力」（コンピテンシー：competency）を基盤とした教育、コンピテンシー・ベースの教育の基本的な考え方である。

もちろん、そこでもなお領域固有知識は教育課程の中核を成すが、それは縦横無尽に活用の効く知識として習得される必要がある。さらに、思考力・判断力・表現力などの汎用的認知スキル、感情の自己調整能力や社会スキルといった非認知的能力の獲得が組織的に目指されることになるだろう。

次期学習指導要領の在り方を検討してきた教育課程企画特別部会は、平成27（2015）年8月に公表した「論点整理」の中で、「育成すべき資質・能力」を「個別の知識・技能」「思考力・判断力・表現力等」「学びに向かう力・人間性等」の3つの柱に整理しているが、それは見てきたような学習と知識に関する近年の科学的な知見と、当然のことながら対応している。

（2）教育方法改革としてのアクティブ・ラーニング

そして、コンテンツ・ベースからコンピテンシー・ベースという教育の原理転換は、教育方法にも抜本的な変化を求め

る。内容の習得を最優先の課題とする教育では、チョーク・アンド・トークのパッシブな方法でも十分であったかもしれない。しかし、自在に活用の効く知識を武器に、いかなる問題場面に対しても多様な他者と渡り合いながらその創造的解決に向けて粘り強く思考し、自らの信じることを堂々と個性的に表現できる子供を育成するには、主体的で対話的なアプローチにより深い学びをもたらし学習、いわゆるアクティブ・ラーニングが最適と言えるだろう。コンピテンシー・ベースの教育の考え方に基づき、「育成すべき資質・能力」の実現を目指すうえで、アクティブ・ラーニングはその教育方法として不可欠な存在なのである。

もっとも、アクティブ・ラーニングとは多様な実践の在り方を幅広く含む教育方法ないしはその根底にある考え方を指す言葉であり、特定の型や形態、手順などを限定的に意味するものではない。したがって、「育成すべき資質・能力」の3つの柱を目指して、同じく「論点整理」にある3つの要件、すなわち「深い学び」「対話的な学び」「主体的な学び」を実現していれば、その具体的な手立てや工夫の在り方については多種多様なものが許容されるべきであると理解されたい。

そういった前提を踏まえたうえで、私個人は、オーセンティックな学習と明示的な指導という2つの観点を抛りどころに実践の開発研究を進めてきた。以下、そのことを報告したい。

4 ■ オーセンティックな学習

（1）学びの文脈を本物にする

現実世界で普通に行われている人々の実践から見れば、学校の学習活動の多くは教師や指導内容の都合から強引に導き出した不自然な文脈や状況で行われる、何とも嘘くさいものとして映る。例えば、鶴亀算では鶴と亀の足を区別することなく数え上げるという状況が設定されるが、いかにも不自然である。また、そんな授業を受け続けてきた結果、子供たちも次第に「60人乗りのバスがあります。140人を運ぶには何台のバスが必要ですか？」という問題に「2と $\frac{1}{3}$ 台」と答えるようになる。ここで、「 $\frac{1}{3}$ 台なんてバスがあるの？」と尋ねると、現実にはあり得ないことを子供も十分に承知はしている。にもかかわらず、「でも、それで正解だから」「学

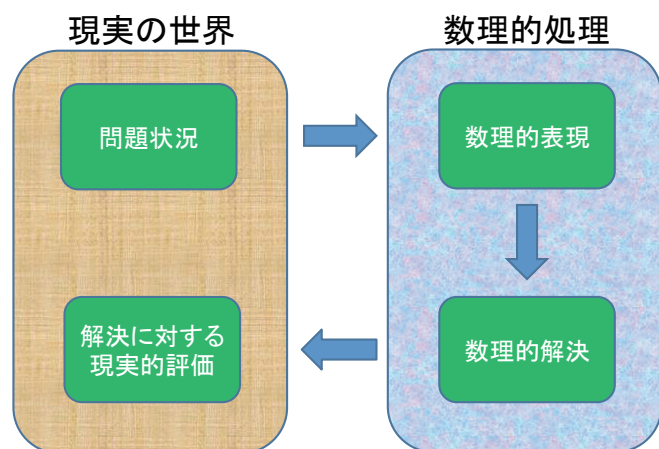


図1 現実の世界と数理的処理の関係

校の勉強はそういうもの」と信じて疑わない。

このような質の学びで習得した知識は、当然のことながら現実の問題解決には生きて働かない。図1に示すように、実際の問題解決は、まず現実世界における問題状況を算数ならば数理的な処理に耐え得る形へと再表現し、次に計算その他の処理を施して数理的解決へと至り、さらにその解決に対する現実的な評価を行うことにより、ようやく終結を迎える。伝統的な授業は、しばしば図1の右側のみを扱っていたのであり、それこそが「 $\frac{1}{3}$ 台のバス」を生み出した。

ならば、これとは真逆に、現実の世界に存在する「本物の実践」に可能な限り文脈や状況を近づけて学びをデザインしてやれば、習得された知識や技能も本物となり、現実の問題解決に生きて働くのではないか。これが、オーセンティックな（authentic：真正の、本物の）学習の基本的考え方である。

（2）トマトの授業

例えば、実際にスーパーで売っているさまざまなトマトのパックを買ってきて、「どれが一番お買い得か」を問う。算数の指導内容としては「単位量あたりの大きさ」であるが、現実のトマトはパックの個数によってサイズや品質等が微妙に異なり、そのままでは比べられない。現実の状況は、万事が算数の指導内容の都合に沿ってはいくれないのである。

しかし、このような状況がかえって何とか計算できないかとの切実感を子供に生み出し、「グラム当たりなら比べられるんじゃないか」という着眼をもたらし契機となる。もちろん、この気付きの背後にはグラム当たりの表示を近所のスーパーで見た生活経験や、それを取り上げた社会科学習が既に生きて働いている。

そして、この気付きを足場にグラム当たりで比べた後も、「でもLLとMでは味が違うから、グラム当たりの値打ちが同じとは言えない。だから、どちらがお得かはそれだけでは決められない」「うちは4人家族だから、6個パックだと余っちゃう。だから、うちとしては4個パックのほうがむしろお買い得」といった意見が飛び出すのである。

以前、この授業を紹介したところ、「これは算数の授業じゃない」と怒り出した人がいたが、算数を数理手続きの習得と考えているのであろう。もちろん、算数では数理手続きも学ぶが、それ以上に重要なのが数理の意味であり、さらには数理のよさや適用条件、限界にまで学びを深めて初めて、学んだ知識・技能としての数理は現実の問題解決に適切かつ個人的、創造的に生きて働く。

（3）過剰な単純化はかえってわかりにくい

オーセンティックな学びにすると文脈が複雑・煩瑣になり、予定した指導内容以外の余計なものがあれこれ混濁する。これを心配する向きもあるが、実際には意外なほど子供は混乱しない。複雑で混濁しても、文脈が本物でありさえすれば、子供は具体経験や生活実感など、思考をめぐらす足場となるインフォーマルな知識を豊かに所有しており、それらを駆使することで、自分に引きつけての思考や判断を進めることができる。^{※4} 興味深いのは、既習事項の定着が弱い子、その教科が苦手な子も何らかの角度で参加できる可能性の高まることであり、それを契機に教科への関心が高まり、あるいは苦手意識が払拭されることさえ期待し得る。

何より、複雑で混濁した状況で学んだ知識であってこそ、複雑で混濁した現実場面の問題解決での活用に耐え得る。私たちはわかりやすく、混乱しないようにとの配慮から文脈の単純化や断片化を進めてきたかもしれない。しかし、不自然なまでの過剰な単純化は、子供の授業参加への道を狭め、かえって習得の可能性を引き下げ、さらにせつかく習得した知識さえ生きて働かない質のものにとどめてきかもしれない。

5 ■ 明示的な指導

（1）経験の抽象的意味を概念化して手渡す

オーセンティックな学習では、現実世界に存在する「本物の実践」に可能な限り文脈や状況を近づけて学びをデザイン

することで、習得された知識や技能も本物となり、現実の問題解決に生きて働くこと期待された。しかし、残念ながらそれだけでは必ずしもすべての子供が学んだ領域固有知識、教科の本質を自在に活用してはくれない。

例えば、日本の理科の授業では小学校から徹底して実験や観察を重視してきた。それらは多分にオーセンティックな学習であったと思われるが、にもかかわらず、子供たちの「科学する」態度や能力は必ずしも十分とは言えないようにも思う。原因はさまざま考えられようが、1つには、子供は科学的探究に関する相応のオーセンティックな経験はしているのだが、その経験を自覚化し、さらに道具化して自家菜園中のものとし、ついには自らの意思で自在に操れるよう、教師に段階的な導きを施されてはいないのではないか。

実験や観察を繰り返し経験するうちに、それらの奥に横たわる「条件統制」や「系統的な観察」「誤差の処理」など、科学的方法に関わる抽象的、一般的、普遍的な概念を帰納的に感得する子供も、一定程度はいるだろう。しかし、多くの子供は「直列と並列」「光の反射と屈折」といった具体的、特殊的、個別的な事象との関わりでのみ、その実験なり観察の工夫を理解するにとどまる。もちろん、そこから科学的方法についての茫漠としたイメージくらいは形成するだろうが、それでは新たな対象や場面について科学的な方法論を自力で発動することなど望むべくもない。

質の高い問題解決経験の累積が、ついには問題解決力をもたらしというのは、社会科などでも、しばしば暗黙の前提とされてきたように思われるが、あまりに楽観的に過ぎたのではないか。さらに、その経験群が意味する一段抽象化された概念について、教師が適切な手立てにより明示的（explicit ないは informed）に指導することが望まれる。

具体的には、ときに複数の実験や観察の経験を統合し、比較すること、そして科学的探究を構成するいくつかの鍵概念について、それを自在に操れるよう言語ラベルを付与すること、そして次には、それらの鍵概念を用いて新たな実験や観察について思考をめぐらせること、そんな段階的で明示的な指導は既に一部の理科教室では実践されてきたが、さらに広く実践されていだろう。

（2）自在な活用のために乗り越えるべき4つの関門

資質・能力の育成という意味では、子供たちには学び方や

思考の方法、調査や探究の進め方などもしっかりと身に付けさせたいが、これらも通り一遍の指導では不十分である。

心理学的な研究によると、子供は単に方略を受け身で教わっただけでは、①それが本当に有効であるとの実感を持たず、②また、なぜ有効なのかを明晰には理解せず、③したがって、どんな場面で有効なのか判断することができず、④さらに、教わったのとは異なる対象や場面に適合するよう自力で知識や技能をアレンジして実行できるほどにはその使用に習熟してはいないがゆえに、教わった方略を自発的にはほとんど用いない。^{※5} これら4つの関門をすべてクリアする明示的な教え方をして初めて、子供は学んだ知識や技能をさまざまな問題解決に自発的かつ創造的に活用するようになる。

ちなみに、明示的な指導が奏効するためには、それ以前の段階においてオーセンティックな学習経験のあることが大前提になってくる。本物の実践に近い、自分事の豊かな学習経験があるからこそ、その一段抽象化した意味をたとえ教師がリードして抽出し手渡したとしても、なお子供はその知識なり技能を、自分の宝ものと感じることができる。

つまり、資質・能力の育成を目指してアクティブ・ラーニングを開発・実践するうえで、オーセンティックな学習と明示的な指導という2つの学習原理の適切な組み合わせが有望ではないかと思われるのである。



引用文献

- ※1 奈須正裕・久野弘幸・齊藤一弥編、2014、『知識基盤社会を生き抜く子どもを育てるーコンピテンシー・ベースの授業づくり』、ぎょうせい
- ※2 McClelland, D., 1973, Testing for competence rather than "Intelligence", American Psychologist, 28, 1-14.
- ※3 ウォルター・ミシェル 柴田裕之訳、2015、『マシュマロ・テスト 成功する子・しない子』、早川書房
- ※4 奈須正裕、2013、『子どもと創る授業』、ぎょうせい
- ※5 Paris, S.G., Newman, R.S., and McVey, K.A., 1982, Learning the functional significance of mnemonic actions: A microgenetic study of strategy acquisition. Journal of Experimental Child Psychology, 34, 490-509.

Ⅲ アクティブ・ラーニングを活かす カリキュラム・マネジメント

千葉大学 教育学部 特任教授

天竺 茂 / あまがさ しげる

川崎市母口小学校教諭, 千葉大学教育学部講師, 助教授, 教授を経て現職。学校経営学, 教育経営学, カリキュラム・マネジメント専攻。中央教育審議会初等中等教育分科会臨時委員など文部科学省の各種委員等を務める。主な著書として、『学校経営の戦略と手法』（ぎょうせい）, 『カリキュラムを基盤とする学校経営』（ぎょうせい）, 『学校と専門家が協働するーカリキュラム開発への臨床的アプローチ』（第一法規）など。



1 ■ アクティブ・ラーニングの求め

新しい時代にふさわしい学習指導要領等の在り方について、中央教育審議会に審議を求めた諮問文（2014年11月20日）には、繰り返し「アクティブ・ラーニング」なる用語が登場する。例えば、「課題の発見と解決に向けて主体的・協働的に学ぶ学習（いわゆる『アクティブ・ラーニング』）や、そのための指導の方法等を充実させていく必要があります」といった具合に書かれている。

以来、「アクティブ・ラーニング」は、多くの教育関係者をはじめマスコミ関係者の関心を集め、アクティブ・ラーニングの方向性や性格などは次の学習指導要領に大きな影響を及ぼしている。

しかし、いささか脱線気味なところがないともいえない。すなわち、話題が先行し、本質的な考察を欠いた矮小化された指導技術が広まろうとする動きも認められる。本来のねらいとは異なる方向に進もうとする動きへの軌道修正も含め、アクティブ・ラーニングにどう向き合うかが新たな課題として浮かび上がっている。

この点について、教育課程企画特別部会「論点整理」（2015年8月26日）は、それが特定の型を普及させるものではないと、次のように述べている。

「次期改訂が学習・指導方法について目指すのは、特定の型を普及させることではなく、…（略）…学び全体を改善し、子供の学びへの積極的関与と深い理解を促すような指導や学

習環境を設定することにより、子供たちがこうした学びを経験しながら、自信を育み必要な資質・能力を身に付けていくことができるようにすることである」。

まずは、このアクティブ・ラーニングの提起が、グループ学習など定型化した特定の授業方式の導入を目指すものではないことに留意したい。むしろ、それは、授業の形式や方式というよりも、その在り方そのものへの基本的な問いかけにあることを確認しておきたい。

すなわち、そのポイントが、学習者の能動的な学習にあり、協働的な学びの探究にあることを押さえておきたい。

文部科学省用語集を参照すると、アクティブ・ラーニングについて、「学修者の能動的な学修への参加を取り入れた授業・学習法の総称」とある。この“能動的な”というところにアクティブ・ラーニングの本質がある。すなわち、アクティブ・ラーニングの着眼点は学習の形態よりも学習者の状態にあって、学習への能動的な在り方こそ着目すべきである。

グループ学習に際しても、グループで学習する形態をとらせることもさることながら、肝心の子供たちがどこまでその気になって学習に取り組んでいるか、その能動的な状態に着目すべきということになる。

自らの人生を前向きに生きていこうとする精神や姿勢を築き上げる。その基盤を構築すること。そこにアクティブ・ラーニングの根幹に関わるテーマがあるといっていよい。

子供自身が学びに対して自ら前向きになっていくことであり、学習者自身が学ぶことに能動的になることである。教師は、そのための環境づくりや手立てに工夫をこらすというこ

とである。

それは、学び全体を改善し、子供の学びへの積極的関与と深い理解を促す指導や学習環境を設計することをねらいとしている。すなわち、次にあげるような視点を踏まえた学習の過程や環境の設計ということになる。

- ① 問題発見・解決を踏まえた深い学びの過程を存在させているか。
- ② 他者との協働を図り対話的な学びの過程を通して、自らの考えを広げ深める学習の実現を目指しているか。
- ③ 学習に見通しを持ち、振り返りを図りながら主体的に取り組む学びを生み出そうとしているか。

このように、アクティブ・ラーニングの提起は、授業者に対して、協働、新しい価値の創造、答えの見つけづらい課題などをキーワードに、自らの授業を振り返り、授業の組み立て直しを図る授業改善の求めとしてとらえることができる。

いずれにしても、求められる資質・能力を育てるために、どのような授業が、そして、いかなる手法を用いることが妥当なのか。この問いを持ち続けることが授業者に欠かせない。この持続的・発展的な問いの中にアクティブ・ラーニングを位置付け、その在り方を探ることが、授業者のアクティブ・ラーニングに臨む基本的な姿勢となる。

その意味で、アクティブ・ラーニングに臨むにあたって、能動的な学習者を育てる観点から、多様な迫り方があることを大切にしたい。

2 ■ アクティブ・ラーニングと教育課程

ところで、アクティブ・ラーニングの提起は、授業と教育課程とを往還させるなど、両者の関係でとらえる視野の広がりを授業者に求めている。

アクティブ・ラーニングへのアプローチを図る授業者には、教科等の枠のもとに授業を組み立てるか、それとも、教科等間の関係を押さえ教育課程全体を視野に収めて構想するかが問われることになる。

通常、授業は、その教科等との関係にあるといってもよい。その教科等が求めるものを子供たちに伝える。その教科等が掲げる目標の達成に向けて授業があり、展開のための工夫が

求められている。すなわち、授業は、その教科等の存在を前提にして組み立てられるものであって、教科等の間を横断させたり、教育課程との関係で授業をとらえるということは例外的といってよい。

実際にも、それぞれの教科等において、その枠を前提にアクティブ・ラーニングを試みる授業が多くを占めることになるものと思われる。

しかし、アクティブ・ラーニングは、学習者を能動的にするという観点から、それぞれの教科等の枠内を越えて学習を発展させていくダイナミックさを内包していることも確認しておきたい。それはまた、ダイナミックでしかも深い学習の実現を目指す観点から、教科等の枠を越え横断した授業の実現を問いかけてもいる。

その意味で、アクティブ・ラーニングは、授業の設計や展開にあたって、教科等から教育課程への広がりのある視野を授業者に求めているといってもよい。すなわち、授業にあたって、他の教科等との関連などについての視野を欠き、その教科等の枠内に身を置くにとどまるものであるのか、それとも、教科等間の相互の関連付けや横断を図るなど教育課程と各教科等とを往還させる発想や手法を持ったものであるか。その授業者の異なりが、アクティブ・ラーニングによる授業の質や深まりを左右することになるに違いない。

別の言い方をすれば、アクティブ・ラーニングを進めるには、そのフィールドをそれぞれの教科等から教育課程へと広げておくことが大切なのであって、まさに、教育課程と授業との往還を果たす広がりのある視野を持った教職員チームを求めているといってもよい。

いずれにしても、アクティブ・ラーニングの提起は、教科等と教育課程の往還を促すことによって教育課程に光を当て、その存在の重さについて再確認を迫ることを通して、授業を教育課程との関連でとらえる教職員の育成を図るものであることを確認しておきたい。

3 ■ 「論点整理」が提起するカリキュラム・マネジメント

その一方、アクティブ・ラーニングの普及、定着にあたって、取り上げる教材および指導方法などに関する授業研究とともに、学校内外の環境を整える観点から、条件整備にも目

配せを図る必要がある。その一連の取り組みをとらえるキーワードとしてカリキュラム・マネジメントがある。

カリキュラム・マネジメントとは、各学校において、総合的な教育計画である教育課程を核にして、各教科等の教育内容の組織化など編成を図り、経営資源の投入や協働を促すなど諸条件の効果的な活用を通して、学校教育目標の実現を目指す営みである。

「論点整理」は、これを三つの側面として、次のように示している。

- ① 各教科等の教育内容を相互の関係で捉え、学校の教育目標を踏まえた教科横断的な視点で、その目標の達成に必要な教育の内容を組織的に配列していくこと。
- ② 教育内容の質の向上に向けて、子供たちの姿や地域の現状等に関する調査や各種データ等に基づき、教育課程を編成し、実施し、評価して改善を図る一連のPDCAサイクルを確立すること。
- ③ 教育内容と、教育活動に必要な人的・物的資源等を、地域等の外部の資源も含めて活用しながら効果的に組み合わせること。

これら相互の関係をとらえることによって、カリキュラム・マネジメントの全体構造を描くことができる。すなわち、③の教育内容に向けた経営資源の効果的な活用を基盤にして、②の教育課程の編成・実施・評価を核にしたPDCAサイクルの確立を図り、①の教育内容の相互関連や教科横断による組織化による授業の推進を位置付け、全体的な構図を描くことができる。

さらに、「論点整理」は、このような、カリキュラム・マネジメントについて、「管理職のみならずすべての教職員がその必要性を理解し、日々の授業等についても、教育課程全体の中での位置付けを意識しながら取り組む必要がある」と述べ、すべての教職員が責任を持ち、必要な力を身に付けられるようにしていく必要があると指摘している。

また、カリキュラム・マネジメントは、教職員にとどまるものではなく、保護者や地域の人々にも共有されることの大切さが説かれている。すなわち、「社会に開かれた教育課程」の観点からして、カリキュラム・マネジメントについての考え方を、学校内にとどめず、保護者や地域の人々などにも理

解され共有が図られることの重要性が指摘されている。

学校の組織力の向上が今日の学校経営の課題であり、カリキュラム・マネジメントの導入は、学級担任や教科担任それぞれの力が分散し拡散しがちな学校の現状に対して、教育課程を核に相互の関係づくりを図り、組織性を高めるねらいがある。

まさに、教育課程（カリキュラム）を核に、その共有を図るカリキュラム・マネジメントの確立こそ、アクティブ・ラーニングを成り立たせる基盤づくりということになる。

いかにカリキュラム・マネジメントをとらえ、どのように展開を図っていくか、それぞれの学校におけるマネジメントが問われるところである。

4 ■ アクティブ・ラーニングを活かすカリキュラム・マネジメントとは

このカリキュラム・マネジメントとアクティブ・ラーニングを相互に関連させ連動させることが、これからの学校のマネジメントの在り方として問われている。

アクティブ・ラーニングは授業の改善を、カリキュラム・マネジメントは組織運営の改善を志向するキーワードである。この二つのキーワードの位置付け、互いに連動させ、機能させるマネジメントの展開こそ、このたびの学習指導要領改訂が求める学校経営の姿ということになる。

この点について、「論点整理」は、「アクティブ・ラーニング」の視点と連動させた学校経営の展開として、次のように述べている。

「次期改訂に向けて提起された「アクティブ・ラーニング」と「カリキュラム・マネジメント」は、授業改善や組織運営の改善など、学校の全体的な改善を行うための鍵となる二つの重要な概念として位置付けられるものであり、相互の連動を図り、機能させることが大切である」。

そのうえで、教育課程を核にして両者を連動させた学校経営の展開を次のように求めている。

「教育課程を核に、授業改善及び組織運営の改善に一体的・全体的に迫ることのできる組織文化の形成を図り、「アクティブ・ラーニング」と「カリキュラム・マネジメント」を連動させた学校経営の展開が、それぞれの学校や地域の実態

を基に展開されることが求められる」。

まさに、カリキュラム・マネジメントはアクティブ・ラーニングを生み出す環境を整え、アクティブ・ラーニングはカリキュラム・マネジメントを引き出すことになる。

ただ、留意しておかなければならない点もある。すなわち、カリキュラム・マネジメントは管理職のもの、アクティブ・ラーニングは学級担任や教科担任などのものと、二分してとらえる発想が校内において頭をもたげないようにすることがまずは大切である。授業は自らの守備範囲としても、マネジメントは管理職のすることととらえる教職員も少なくない。とりわけ若い教職員が多くを占める学校においては、このような考え方が学校全体を支配し、カリキュラム・マネジメントに関わる発想が管理職にとどまってしまう傾向がより顕著に現れることも心配される。

この点の克服にアクティブ・ラーニングを活かすカリキュラム・マネジメントのポイントがあるといってもよい。その意味で、まずは、教育課程でものを考え、教育課程を核に協働を生み出し、教育課程のもとに授業をはじめとする教育活動を仕組んでいく教職員チームを創り出すことをあげておきたい。

ちなみに、その環境を整えるにあたって、各教科等の年間指導計画について、これに関わる組織力を蓄積していくことが必要であり、そのレベルアップを図っていくことが大切である。

この各教科等の年間指導計画について、存在はさせているものの、授業を振り返り、単元に朱を入れるなど、活用している学校となると数が限られていくのが現実の姿である。その背景には、授業の質の維持について、学校として担保を図る問題意識は弱く、教職員個人に多くを委ねる学校の長年の慣習と培われてきた体質がある。

その意味で、各教科等の年間指導計画や単元に朱を入れる営みを組織として担保する観点から、校内のシステムを整え、機能させていくことが、その学校のカリキュラム・マネジメントのレベルを引き上げ、授業の質を向上させていくことになるに相違ない。

次に、教科横断の授業を生み出す観点から、各教科等の敷居を低くする環境づくりをあげておきたい。カリキュラム・マネジメントには、教科等間相互の関連を図ることによって、

それぞれの教科等の枠内では、迫り切れない資質・能力の育成を目指す側面が位置付けられている。一方、カリキュラム・マネジメントは、教科等の縦割りや学年を越えて学校全体の取り組みを生み出す環境づくりを促すねらいを持っている。アクティブ・ラーニングは、このようなカリキュラム・マネジメントのある学校において生み出されるのである。

さらに、組織文化の形成を加えておきたい。アクティブ・ラーニングにしても、カリキュラム・マネジメントにしても、両者ともに管理職を含むすべての教職員が共有すべき考え方とする組織文化を存在させることも欠かせない。教育課程のもとに教科等の縦割りや学年を越えた学校全体の取り組みは、このような組織文化を有する学校から醸成されるものである。

加えて、これからの時代や社会に求められる資質・能力の探究をあげておきたい。アクティブ・ラーニングとカリキュラム・マネジメントをつなぐのが、認知的、倫理的、社会的な能力、教養、知識、経験を含めた汎用的能力である。これからの時代や社会に求められる資質・能力の探究と育成がアクティブ・ラーニングにしてもカリキュラム・マネジメントにしても、その基盤となることを確認しておきたい。❖

参考文献

- 天笠 茂、「カリキュラム・マネジメントを实践する」、『教育展望』臨時増刊 41 号 2009 年 7 月、教育調査研究所
- 天笠 茂、「アクティブ・ラーニングを実現する学習像」、『教育展望』2015 年 9 月号、教育調査研究所
- 天笠 茂、「アクティブ・ラーニングをとらえる視点」、『教育創造』2016 年 2 月、日本教育文化研究所
- 天笠 茂、「アクティブ・ラーニングを考える一着眼点としての能動的であること」、『日本教育』2016 年 3 月、日本教育会
- 天笠 茂、「これからのカリキュラム・マネジメントの方向性」、『初等教育資料』2016 年 4 月号、東洋館出版社

これまでの3回を振り返って

—算数・数学の“多様性”に気づき“自由”を使いこなす自信を—

「算数・数学の自由研究」作品コンクール中央審査委員・サイエンスナビゲーター®

桜井 進 / さくらいすすむ

東京工業大学理学部数学科卒，同大学大学院社会理工学研究科博士課程中退。東京理科大学大学院，日本大学芸術学部非常勤講師。高校数学教科書『数学活用』（啓林館）著者。2000 年，日本初のサイエンスナビゲーター[®]として数学の驚きと感動を伝える講演活動をスタート。東京工業大学世界文明センターフェローを経て現在に至る。著書『感動する！数学』（PHP 文庫），『親子で楽しむ わくわく数の世界の大冒険』（日本図書センター），『面白くて眠れなくなる数学』（PHP 研究所）ほか多数。サイエンスナビゲーターは株式会社 sakurai Science Factory の登録商標です。



2013 年から始まった「算数・数学の自由研究」作品コンクール（略称 MATH コン。以後、コンクールと呼ぶ）は 2015 年で 3 回を数えた。小学校低学年、小学校高学年、中学校、高等学校の 4 部門に分けて審査する。全応募数は 2013 年は 9,132 作品、2014 年は 11,287 作品、2015 年は 15,392 作品であった。この結果だけからでも、盛況ぶりがわかる。筆者は中央審査委員として全 3 回の審査を行ってきた。3 年間の審査を通しての感想、浮かび上がる思い、そしてこれからのコンクールへの新たな思いを語りたい。

なお、これまでの受賞作品は理数教育研究所のホームページ (<http://www.rimse.or.jp/>) で見るができる。

1 作品から見えてくる特徴

●小学校低学年の部 小学校1年生の応募に驚く

コンクールの対象に小学校低学年（小学校１年生～３年生）が含まれている点は、特筆すべきことである。小学校低学年の応募数は２０１３年は４５２名、２０１４年は４６４名、２０１５年は５５７名にのぼった。同じ３年間の高等学校の応募数が３１０名、１２４名、２３３名であるから、この結果がいかに衝撃的な数であるかがわかる。

この中で、2014年には最優秀賞である塩野直道賞（小学校低学年の部）に、京都府洛南高等学校附属小学校1年 仲野勇毅君の「きみはどっち？ ぼくはこっち！」を我々審査員は選んでいる。

この作品はまさしく最優秀賞、塩野直道賞にふさわしい。
自分自身の経験をきっかけに、問題解決に算数を用いている。

私がすべりおわるまでのじかん																				
25	+	25	+	25	+	25	+	25	+	25	+	25	+	25	+	25	+	25	+	25
にすべりおわる。										→ 私ののばん										

たし算のようす

人	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
36	70	105	140	175	210	245	280	315	350	385	420	455	490	525	560	
25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	
20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	

表の作成

いっさいにフリーパスのように手に
まけるようにつくってみました。



「早見表」
として仕上げる

図1 「きみはどっち？ ぼくはこっち！」
(2014年 塩野直道賞)

そこに用いられた算数は、決して小学校1年生の範囲外のものは用いられてはいない。身の丈に合った算数の實力だけを使っている。最後には、「早見表」を制作し、本当に問題解決を図っている点、そしてスーパーのレジ待ちへの応用を今後の研究課題として見つけている点、その研究ぶりは見事としか言いようがない。

計算法や公式といったたくさんの知識を覚えなくてはならないという算数・数学の印象を持った人には、十分なインパクトを与える。この研究で用いられている算数は、「計算」としての「たし算」と「表にまとめる」という2つだけである。これだけの算数で、ここまでの研究ができることの実例

が生まれたことの意義は大きい。この作品をいい手本として、これから小学校1年生の応募が増えていくことを期待したい。

次に紹介するのは東京都百合学園小学校2年 中尾眞奈さんの「ケーキを3とう分にする方ほう」（2015年 審査員特別賞）である。

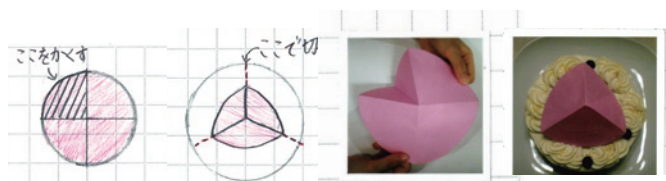


図2 「ケーキを3とう分にする方ほう」（2015年 審査員特別賞）

「ケーキの3等分」という身近なテーマを身近な道具を用いて解決している。アイデアのあまりのシンプルさに、これまで発見されていなかったことに審査委員一同驚きの声があがった。

小学校3年生にもなると、執念の作品が現れる。佐賀市立赤松小学校3年 古川豪君の「パタパタパズルのひみつをあばけ！」（2015年 学研賞）はパズルの数理についての研究である。実際にパズルを自作することで、パターンを考察し、そこから「片面の数（パズルのたて×横－あなの数）÷2＝できる面の数」というルールを発見している。わり算を習ったばかりの小学校3年生が、四則を駆使してここまで成し遂げてしまうことには驚きを禁じ得ない。

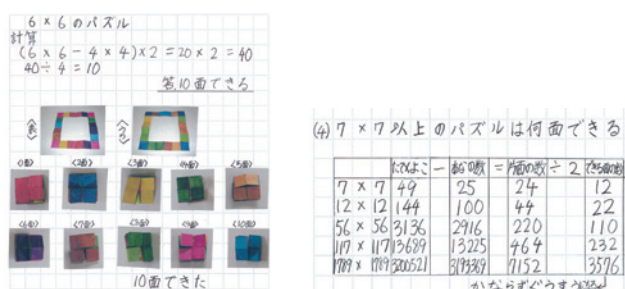


図3 「パタパタパズルのひみつをあばけ！」（2015年 学研賞）

このように小学校低学年の作品のクオリティの高さを表現する言葉として「衝撃的」がふさわしい。そして、本当の衝撃はコンクールの表彰式で目の当たりとすることになった。コンクールの表彰式は12月に都内で開催される。あわせて優秀作品の受賞者による作品発表も行われる。我々中央審査委員は壇上で発表者の発表を聞いて、講評を行う。

小学校低学年、小学校高学年、中学校、高等学校の中で、

筆者が最も心を打たれる発表を行うのが小学校低学年である。その堂々とした発表ぶりは、コンクールの仕上げにふさわしい。大人のプレゼンテーションにありがちな投影画像中の文章を読み上げるような“つまらない”発表ではなく、自分の言葉をオーディエンスに伝えたいという発表者の気持ちが込められた発表である。誇りと自負に満ちた発表は、作品が真に自分のものであることの証といえる。

●小学校高学年の部 数学研究のクオリティに驚く

コンクールは3年目にして文部科学大臣賞が認められた。その栄えある最初の受賞作品が、熊本大学教育学部附属小学校6年 丁梁君による「数を形に表す」である。

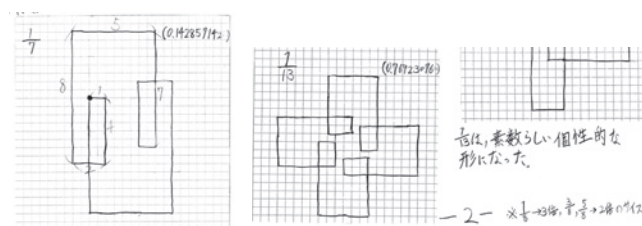


図4 「数を形に表す」（2015年 文部科学大臣賞）

$\frac{1}{7} = 0.142857\ldots$, $\frac{1}{13} = 0.076923\ldots$ といった循環小数を方眼紙を使って形に表してみようとする発想のオリジナリティ、そして結果のエレガントさからは数学の薫りすら漂う。

小学校低学年の場合と同様、身の丈の算数の範疇だけでおこまでオリジナリティある研究ができることは、小学生にとって最高の手本となるだろう。

●中学校の部 数学と他教科との横断的取り組み

応募数の約8割が中学の部である。2013年は6,995作品（全体の76.6%）、2014年は9,012作品（79.8%）、2015年は12,965（84.2%）であった。

最優秀賞作品から浮かび上がる特徴が、他教科と関連した数学の研究である。その作品を挙げてみる。

2013年塩野直道賞作品、愛知教育大学附属岡崎中学校2年 村田一真君による「メロスの全力を検証」は文学と数学の作品である（図5）。

同じく、2014年塩野直道賞作品、宮城県名取市立みどり台中学校2年 安藤一真君による「黒田官兵衛の水攻めを徹底検証！」は日本史と数学の作品である（図6）。

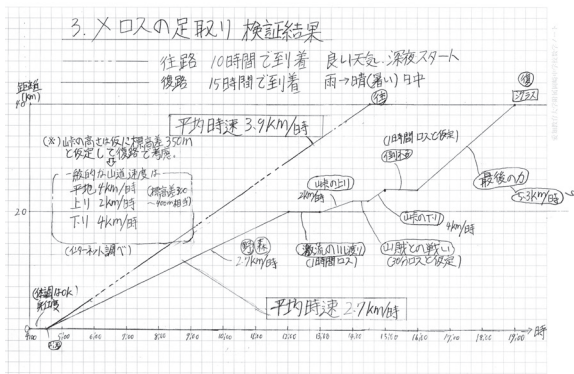


図5 「メロスの全力を検証」 (2013年 塩野直道賞)



図3 足守川の流域面積の算出

合理法によるピーク流量 Q (m³/秒)

1時間あたり r (mm) の雨が A (km²) の地面に降ったときの水量を求めてみる。

(水の体積) = (雨量) × (面積)

図6 「黒田官兵衛の水攻めを徹底検証！」 (2014年 塩野直道賞)

2014年読売新聞社賞受賞作品、大阪府高槻中学校1年 杉本修嗣君による「数学で国語を斬る！」は国語と数学の作品である。

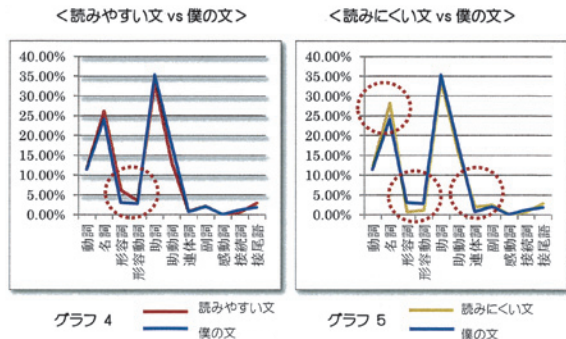


図7 「数学で国語を斬る！」 (2014年 読売新聞社賞)

同じく、2015年読売新聞社賞受賞作品、鳥取大学附属中学校3年 野上今日子さんの「合区について考える」は、公民と数学の作品である (図8)。

このように、テーマに文学、日本史、国語、公民といった他教科が現れるのは、身近なところに目を向けた結果である。小学生に比べて自分の外への意識の度合いが大きくなることの現れともいえる。社会における現実は一筋縄には理解でき



図8 「合区について考える」 (2015年 読売新聞社賞)

ないことを自覚し始めるのが中学生時代である。その中学生が、数学の力を使って自分が気になる現実に対して取り組む姿には大人として感動を覚える。

数学が持つ力を、現実社会をモデリングし、シミュレーションすることで原因・要因を分析したり、未来が予想できることは、数学を学び始めた中学生には計り知れない影響を与えるはずである。

●高等学校の部 本格的な数学研究

応募数が最も少ないのが高等学校の部である。2013年は310作品、2014年は124作品、2015年は233作品という推移からは、コンクール自体が周知されていないことが推察される。

しかし数少ない応募作品の中に、中央審査委員ですら驚く本格的な研究が出たことは大きな意義がある。次に挙げるのは、数学的研究に秀でた作品に与えられるRimse理事長賞受賞作品である。

2013年Rimse理事長賞受賞作品は、東京都立新宿山吹高等学校3年 山下真由子さんによる「外心と傍心、内角の二等分線の関係について」である。

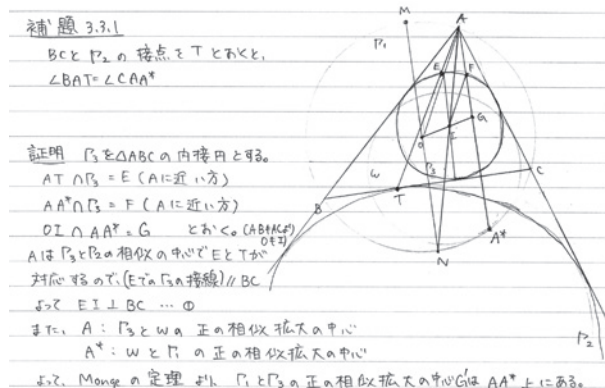


図9 「外心と傍心、内角の二等分線の関係について」 (2013年 Rimse理事長賞)

2014年Rimse理事長賞受賞作品は、京都府立洛北高等学校2年 ホッジ ルネ 倫君による「約数の和の公式」である(図10)。

どちらの研究も、新しい発見自体が興味深い内容で、そこに用いられている数学は高校生にとって高度なレベルである。内容の高度さ以上に作品から受けた筆者の印象は、数学にチャレンジする喜びと感動である。

(定理①)

$$\sigma(n) = nH_n + \sum_{t=1}^{n-1} \sigma(n-t)H_t$$

(定理②)

$$\sigma(n) = \sum_{t=1}^n t p(n-t) H_t$$

(補足)

$\sigma(n)$ は約数関数で、 n の約数の総和を $\sigma(n)$ で表す。

$$H_t = \begin{cases} (-1)^{k+1} & \text{if } t = \frac{3k^2 \pm k}{2} \quad k \in \mathbb{N} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$p(n)$ は分割数で、 n の分割数を $p(n)$ で表す。

図10 「約数の和の公式」 (2014年 Rimse理事長賞)

2 「算数・数学の自由研究」の意義

コンクール3年間の応募総数 35,811 作品が教えてくれることはあまりにも多くある。ここにそのすべてを述べることはできないがここでは2つに絞って筆者が感じたことを述べたい。

「数学の本質はその自由さにある」(カントール)

算数・数学が持つ“多様性”に生徒が気づくことである。学校の授業で展開される算数・数学の限界を補うことができる。しよせん、試験や受験のためだけの算数・数学の先に見える風景はテストの点数である。そう思っている生徒がコンクールに参加することで、点数以外の算数・数学の風景に気づいてもらえるならば、参加者すべてにとって大きな意義がある。

学校で学んだ算数・数学が、こんなところにもあんなところにも役に立つことを知識として知るのでは意味がない。自分の身近にある問題を自分で見つけて、それを解決したいと思い、自分の力で問題解決のチャレンジをした者だけが実感できる。

ここに、算数・数学の“自由”研究の自由がいきてくる。自由には次の3つの意味がある。①自分の思うままにふるまうこ

と。②他からの束縛・強制を受けないこと。③他からの強制ではなく、自分の責任で行うこと。

したがって、自由を扱う本人には実力がある。その実力が伴ってはじめて自由を使いこなすことができる。自由研究を実践することで、自信という実力を手にできれば、それは豊かな人生を送る原動力になるだろう。賞がとれなかったとしても、自信という実りを手にすることができる。

3 数学大国日本に必要な「数学を繋ぐ人」

現在のところ、応募者には地域的偏りがある。しかし、それは今後コンクールが続いていく中で徐々に解決していくだろう。なぜならば、我が国は数学大国だからである。数学を創る人、数学を伝える人、数学を使う人と筆者は数学に携わる人を3つに分けてきた。創る人とは、クリエイターとしての数学者、伝える人は小学校から大学までの算数・数学の先生たち、使う人は数学以外の学問の研究者、企業における技術者やエンジニアなどをおもに表す。我が国におけるこれら3者の人口比はどれも他国に比べて多い。

実は、これら数学の3者はまだまだ連携されていない。筆者は長年、サイエンスナビゲーター®としてその連携を模索してきた。コンクールは数学を伝える人が中心になり、数学の輪を大きくしようとする試みといえるが、保護者、小学校から高等学校の先生、そして生徒を繋ぐ役目も持っているのではないかと気づきはじめた。筆者は中央審査委員としてコンクールに関わる中で、数学を繋ぐ大切さに気づいた。サイエンスナビゲーター®がコンクールの中央審査委員になった意味はそこにあった。

かくして数学に携わる人は4つになった。数学を創る人、数学を伝える人、数学を使う人、そしてそれら3者を繋ぐ「数学を繋ぐ人」である。

数学大国だからこそ生まれた数学を繋ぐ人—サイエンスナビゲーター®と塩野直道記念「算数・数学の自由研究」作品コンクール。

塩野直道が夢見た「数理思想の開発」という理想。その理想が、日本中の人々の手によって実現していく未来が今ここにある。



第5回

音楽に魅惑された数学者



ジャズピアニスト・作曲家

中島 さち子 / なかじま さちこ

1996年国際数学オリンピックインド大会で日本人女子初の金メダル、翌年のアルゼンチン大会で銀メダル獲得。東京大学で数学を専攻する一方、ジャズに出会い、卒業後本格的に音楽活動開始。2010年ピアノトリオCD「REJOICE」リリース。2012年『人生を変える「数学」そして「音楽」』（講談社）出版。現在は、独自の音楽活動や数学研究のほか、全国で数学や音楽についての講演活動、教育、グローバル人材育成などに携わる。「算数・数学の自由研究」作品コンクールの中央審査委員を務める。

ティモシー・ガワーズとの連弾

2002年、国際数学オリンピックへの協力のためにスコットランドを訪れた私は、ある素敵なフィールズ賞受賞者と出会いました。彼の名前は、ティモシー・ガワーズ（1963年～、イギリスの数学者）。関数解析と組合せ論の接点において傑出した仕事をしており、1998年

フィールズ賞を受賞した天才です（フィールズ賞とは、数学界のノーベル賞といわれる荣誉ある賞であり、4年に一度、40歳以下の極めて優れた数学的業績を残した方2～4名へ



From Wikimedia Commons, the free media repository

図1 ティモシー・ガワーズ

与えられます。)

2002年当時は、ガワーズさんはさらに数論+組合せ論のフィールドでも面白い挑戦を数々繰り広げており、研究内容を一部教えていただいた私の心は躍りました。同時に、実はプロ級のジャズピアノの腕を持っていると彼が話してくださったことをきっかけに、一緒にピアノを連弾することに！彼のピアノは、ビル・エバンス（1929～1980年、アメリカのジャズピアニスト）などに影響を受けた極めてリリカルで美しいジャズです。彼の数学の中に見る珠玉の美しさとピアノは、どこか相通ずるものがあると感じました。彼と出会ったのは、そのとき一度きりですが、あの連弾の感触・空気感は当時の私に大きな印象を与え、今でも彼の心躍る数学の話の高揚感とともに鮮明に記憶に残っています。

なお、余談ですが、スコットランドでは夜通し、世界のさまざまな国の方々と片言の英語で数学について語り合うことが多くありました。また、仕事がオフとなったある日の夜は、私はこっそりエディンバラで開かれていたジャズフェスティバルへと抜け出し、そこでウクライナでデビューしたという若いジャズバンドに飛び入りし、最終電車を逃し（苦笑）、バンドのシェアハウスに泊めてもらって、朝まで人生について語り合いました。若い思い出ですが、そうした異文化世界の融合の中から見えてくる‘新しい感覚’は、私のそれからの道に大きな意味を投じました。やはり、数学と音楽は、‘国境を簡単に越える’グローバルな言語です。数学的アイデア・音・笑顔は簡単に言葉の壁を乗り越えて人と人を繋げます。急激に進む「グローバル社会」の中で、数学や音楽が果たすべき役割は、さらに多彩に広がっているのではないのでしょうか。

セドリック・ヴィラーニ音楽への愛

数学と音楽は似ています。特に、「創造的世界である」という点で、第一線の数学者・音楽家には極めて深い類似を見ることができます。私が先日、雑誌『WIRED』の企画で対談させていただいたフランスの若き数学界の天才セドリック・ヴィラーニさん（1973年～、2010年フィールズ賞受賞）は、数学のみならず、音楽に深く魅惑されています。彼の名著『定理が生まれる—天才数学者の思索と生活』（早川書房）では、たくさんの数式とともに、ときどき行き詰まっ

た彼を優しく癒し、刺激し、創造の世界へと惹きつけるたくさんの音楽が現れます。

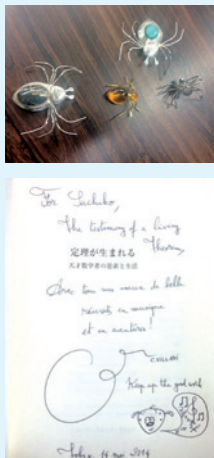
「クラシックであれポピュラーであれロックであれ、一度耳にただけでのめり込んでしまった曲はたくさんある。そういう曲は何度も繰り返し聴くようにしている。ミュージシャンたちに創造性をもたらしたであろう天の恵みにうっとりしながら数百回は聴いた。……新しい音楽を発掘しなければ、どんな手段も無視してはいけない。……研究もそれと同じだ。あらゆる方向を探索する。アンテナを張り、あらゆることに耳を傾ける。そうすると、時折、雷のような一撃を受け、あるプロジェクトに身も心も投じ、それを何百回も繰り返し、他のものは何もいなくなる。ほとんどいなくなる。ときには二つの世界が互いに通じ合うこともある。仕事中、私の心の支えになったいくつかの曲は、いつも私の研究の重要な瞬間とともにしている。」(『定理が生まれる』p.177～181より引用)

彼の兄弟には作曲家もいらっしゃいますし、フランスでは、「数学者と作曲家の創造についての対談」などが公開セミナーとしてよく開かれているとか。対談時には、数学と音楽は異なる世界ではあるが本質的に類似しておりインスパイアし合うものだ、など、話に花が咲きました。数学も音楽も、創造過程での苦闘や努力や思考はもちろん必要ですが、何かが「生まれる」瞬間(ヴィラーニさんの言葉を借りれば、「神様からの直通電話が鳴り響く瞬間」)には‘快楽’の魔法がかかり、論理を超えていく。それは極めて音楽的な瞬間であり、天の恵みとしか言いようがないものです。

なお、ヴィラーニさんは、そのお洒落で奇抜なファッションセンス(必ず胸に蜘蛛のブローチをつけている)から「数学界のレディ・ガガ(!?)」とされています。



図2 ヴィラーニさんとの対談のようす
(上) 右上は蜘蛛のブローチ、右下は著書へのサイン



なお、同じく私が敬愛する同世代の数学者テレンス・タオさん(1975年～、香港系オーストラリア人数学者、数学オリンピック至上最年少金メダリスト、2006年フィールズ賞受賞)は、その類いまれな美しい論文の数々ゆえに、数学界のモーツァルトと呼ばれています。彼は、「素数列がいくらでも長い等差数列を含む」という定理などによりフィールズ賞を受賞しましたが、最近は双子素数予想^{*1}に迫る「差が600以下の2つの素数のペアは無限個ある」なども証明しており、まだまだ目が離せません。

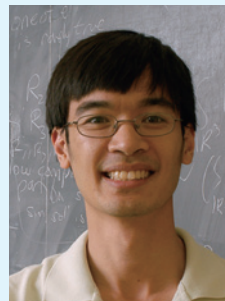


図3 テレンス・タオ

From Wikimedia Commons,
the free media repository

日本人数学者と音楽・東洋文化

日本人数学者にも音楽を愛した方がたくさんいます。日本人初のフィールズ賞受賞者(1954年)小平邦彦先生(1915～1997年)はクラシックピアノの名手であったそうです^{*2}、同じくフィールズ賞受賞者(1970年)広中平祐先生(1931年～)も高校時代、ピアニストや作曲家を志したこともあったとか^{*3}。また、世界的数学者岡潔先生(1901～1978年)は、以下のように数学と芸術の類似性を説いています。

「数学の目標は真の中における調和であり、芸術の目標は美の中における調和である。どちらも調和という形で認められるという点で共通しており、そこに働いているのが情緒であるということも同じである。だから両者はふつつ考えられている以上によく似ている。」(岡潔著『春宵十話』の「数学と芸術」より引用)

岡潔先生の「数学の本質は情緒」という捉え方は世界的に稀有な独創的なものであり、極めて日本的な感覚だと思われます。と同時に、おそらく日本人ならば、何か感じるころがあるのではないのでしょうか。能の世界、芭蕉の俳句、日本庭園の石…こうした、日本人ならではの、必ずしも論理や正誤で測り切れない美への嗜好^{しこう}は、数学や科学の創造においても深く関わってきます。日本人数学者で世界的に活躍している方が多いのは、こうした日本の美意識ゆえではないかと私は密かに思っています。

「僕は論理も計算もない数学がやってみたい」と岡先生は語ります。「数学＝論理や計算！」というイメージのある方からしたら、何を狂ったことを言っているのだ、と思われるかもしれません。でも、確かに、数学の本質はやはり情緒にあると思います。

数学者に限らずとも、数学をしていると、「あるときふと先入観に曇った目が晴れて、そこに咲いていた小さな美しい花の姿が（あるがままに、ふと）見えた」というような喜びの瞬間を皆さん、多かれ少なかれ持っていると思います。その瞬間に働くのは情緒です。確かにときには論理は、誤解に満ちた汚れた感性を呪縛から解き放つ力を持つ。でも、論理だけでは決して新しい何かに気づくことはできない。情緒・感性の力があって初めて、何かに気づき・発見・創造が生み出される。私たちが小学校から算数・数学を学ぶ意義は、まさにこの情緒を育てるところにあるのではないかと私は考えています。そして、これは極めて日本的な感覚でありながら、21世紀のグローバル時代にあっては、世界的に重要になる部分ではないかと考えます。

2006年、4年に一度開かれる国際数学会議において、世界的な数論学者の加藤和也先生（1952年～、「素数の歌」^{※4}や「素数踊り」の作者）は、ご自身の基調講演の中で、なんと「鶴の恩返し」の説明の一部されました。加藤先生いわく、数論の世界はまさに鶴の恩返しの世界であると。

「く関数は慣れない山道を乗り越え、私たちの世界にたどりつき姿を変えて美しい反物を織ります。その正体を知りたくても、まずはくのいじらしい気持ちを思いやり、無理やりこじあけてはいけない…」（ご本人談・文章より概要編集）

少し脱線しましたが、「数学」には想像力・連想力・思いやり・情緒が極めて重要であり、その点においても、音楽と数学は近いのではないかと考えています。

そういえば、広中平祐先生も、若い頃、特異点解消問題^{※5}に出会った際に、以下のような連想を抱いたそうです。

「私はこう思った。物体の影に生じる特異点は、実は仏の世界の影である現世の無数の煩惱のようなものではないか。その特異点を解消することは、大げさにいえば、煩惱を解消し仏の次元に至って、影を支配している因果律を見つけるようなものではないか、と。」（『生きること学ぶこと』p.20より引用）

優れた数学者たちが、数学的対象に対してこうした東洋的

な連想を働かせるのは、あながち偶然や思いつきではないと私は思います。西洋的口ゴスと東洋的情緒・心が融合する瞬間、真理の影がそっと降りてくるのではないのでしょうか。

数学と音楽と書道—創造の秘儀

ちょうどこの原稿を書いているときに、ある書道会総会で、ジャズピアノトリオの演奏と音楽・数学・書道についてのミニトークの機会をいただきました。書道会展は昨年秋に娘と一緒に拝見しましたが、とにかく凄かった！「型」を破り、次々と味わい深い新しみの境地に行きつく前衛作品、^{せいひつ}静謐な美しさを^た湛える「間」のある作品、多彩な趣向の作品を拝見しながら、鳥肌が立つような体験をいたしました。

改めて振り返ると、数学・音楽・書道には、さまざまな点で共通するものがあります。間の意義、破れから生じる息遣い、書き損じから生まれる新しい世界、メリハリ、表情、筆遣い、リズム、情緒、……。

そして、数学を学ぶ・音楽を学ぶ・書を学ぶとは、いずれも、間違いなく「情緒」を育む、人間修養をする道であり、それゆえに（専門家に限らず）子供時代、義務教育課程で学ぶ意義があるのだと私は信じています。また、これらは、人生の中で、さまざまな答えのない苦難に出会った際、山谷を乗り越えていくための思考・心の体力を養う道でもあります。そうした意味でも、「答えありきの受け身で事務的な学び」ではなく、「無数のプロセスや失敗を尊重するアクティブで創造的・文化的な学び」の在り方をもっと模索していきたいものです。その際、西洋的口ゴスだけではなく、東洋的感性をも教育の中でより尊重していければと考えています。

本誌を読まれる皆様と、今後、こうした議論や、さまざまな知恵や発想の共有ができましたら幸いです。❖

補注・参考資料

- ※1 3と5、11と13のように、差が2である2つの素数の組（双子素数）が無数にあるという予想。現在も未解決です。
- ※2 小平邦彦、2002、『ボクは算数しか出来なかった』、岩波現代文庫
- ※3 広中平祐、2011、『生きること学ぶこと』、集英社文庫
- ※4 加藤和也、2012、『素数の歌が聞こえる』、ぶねうま舎
- ※5 曲線や曲面の滑らかでない点を特異点といい、特異点では数学的処理が難しくなります。特異点を（次元を上げるなどにより）滑らかにする方法を考えるのが特異点解消問題です。

第5回

マッチポンプ



東北大学高度教養教育・学生支援機構
准教授

山内 保典 / やまのうち やすのり

1977年愛知県に生まれる。2005年名古屋大学大学院教育発達科学研究科博士課程後期課程修了。博士（心理学）。名古屋大学大学院情報科学研究科（研究員）、大阪大学コミュニケーションデザイン・センター（特任研究員・特任助教）、大阪大学全学教育推進機構（講師）を経て、2016年より現職。コミュニケーションを軸に、科学の営み、科学者と市民の対話、科学技術政策形成への市民参加を研究・実践している。現在は、将来の科学者や研究者が学ぶ高等教育の在り方にも関心を広げ、カリキュラムの調査、開発、実践にも取り組んでいる。

分裂する栗まんじゅう

栗まんじゅうはお好きですか。私は好きです。今、私の目の前には最後の1個が残されています。次に目を開けた瞬間、これが2個に増えればよいのですが…はい、やはり増えませんか。一般に、好きなモノが増えることは、多くの人に歓迎されます。しかし、いつでもそう言えるでしょうか。

藤子・F・不二雄氏によるドラえもんに「バイバイン」という未来の道具が出てきます。その液体をモノにたらすと、5分後にそのモノが2倍に増えるという道具です。10分後には4個、15分後には8個になります。

主人公ののび太君は、栗まんじゅうにこれをたらしました。少ないうちに食べきれば問題はありません。しかし、たくさん食べようと欲張った彼は、増えるのを待ってから食べ始め

ました。そして結局、食べ残してしまいます。しかし分裂は止まりません。すごいスピード（2時間で16,777,216個）で栗まんじゅうは分裂し続け、とんでもない数になってしまいました。最後は、すべての栗まんじゅうをロケットに詰め込み、宇宙の彼方に廃棄するという結末を迎えます。低価格といわれるイプシロンロケットで考えても、この栗まんじゅうの処分代金として30億円はかかったわけです。

現実にもこうした事態に陥る場合には、モノを持ち込む人物、モノを増やす人物、増えたモノを廃棄することで儲ける人物が存在します。それらの人物は異なる場合も、重複する場合もあります。そして、それぞれの思惑や行為が複雑に絡み合っ

て事態は深刻化していきます。

今回の作品では、メール星人から地球人に贈られた、ある植物の種子が騒動を引き起こします。皆さんは、作中のメール星人に対して、どのような思いを抱くでしょうか。

今回のポイントーマッチポンプ

この作品は、国語の教科書に掲載されたことがあるので、そこで読んだことがある人もいるかもしれません。私もその一人です。今でも記憶しているのですから、やはり名作なのでしょう。ぜひ原作をお読みください。

今回はマッチポンプという観点から、メール星人の行為について考えます。マッチポンプとは、火をつけるためのマッチと、火を消すための消火ポンプを組み合わせた言葉で、自ら火をつけておきながら、それを消すような行為を指します。花を地球に送り、それを枯らすことで自身が繁栄をするというメール星人の行為は、まさにマッチポンプ的です。

皆さんはメール星人の行為について、どう思いますか。以下では、メール星人に腹を立てる地球人と、それに対するメール星人の主張を想像して書いてみます。どちらの主張に賛成するか、考えてみてください。

地球人の立場

作中で地球人は、メール星人に腹を立てていました。腹を立てるのも無理はないかもしれません。

第一に、そもそも繁栄の花は、メール星人が勝手に送ってきたもので、地球人が望んだわけではありません。それに繁

作品の概要 「繁栄の花」 星 新一

『宇宙のあいさつ』（新潮社）収録

メール星は動植物の輸出を主要産業としている。武器や軍備を持たない平和な星なので、地球は「貿易をしてもいいので使節団を送れ」と通信した。入れ違いに、メール星からのロケットが地球に届いた。繁栄の花という独自品種の種子が、サンプルとして送られてきたらしい。「お気に召さないようでしたら、ただちに送り返して下さい」とある。

種子は研究所で注意ぶかく育てられ、花が咲いた。色も芳香もすばらしく、目にしたものは誰もが欲しがった。そこで研究所では栽培方法の研究をはじめた。商売の道義上、了解なしでふやすことは許されない。しかし強い反対はなかった。反対者も内心では欲しいのだ。それにメール星は軍備を持たないのだから、こわがる必要はない。

栽培方法は簡単だった。それでも最初は、種子の数より希望者が多く、高い相場がついた。ただし高価だといっても、栽培した花からとれる多くの種子をひとに売れば、買った費用を回収して、儲けることができた。まさに繁栄の花だった。すぐに世界じゅうに広がった。

当初、誰もが枯れないように大切に育てた。しかし次第に、何をしても決して枯れないことがわかってきた。ふえる一方だ。このままでは花で地球が埋まってしまう。すべての花を引っこ抜いてロケットで宇宙に捨てようにも、花のふえる速度はそれを上回る。それに、世界じゅうに広まった今では、すべてを回収することも不可能だった。

しかしメール星が花に埋まって滅亡していない以上、除草剤のようなものがあるはずだ。地球人はそれを買ってとることにした。成分を分析し、同じものを作ればいい。道義上の問題はあがるが、気にする必要はない。平和な連

中なのだ。

その時。メール星の使節団がやってきた。地球の代表は、花を勝手にふやしたことをごまかし、弱みは見せずに、除草剤のサンプルを入手しなければならない。恐縮しながら地球の代表が話をすると、メール星人はふやしたことを歓迎しているようだ。そこで枯らす方法を尋ねると、メール星人は、にやにやしながら、そのサンプルを提供するという。

メール星人はハチの入った箱を持ってきた。このハチが繁栄の花を食べると、花が枯れるらしい。地球人はハチの寿命の存在とその効果を確認し、ほっとした。一方で、メール星人は少しまじめな顔になった。

メール星人はハチの購入取引に話を移す。それに対し、地球人は「まずサンプルをよく調べてから」と言葉をにぎした。サンプルをふやせばいいのだ。急ぐことはない。

だがメール星人はもくろみを打ち砕くように「このハチには寿命はありますが、生殖能力がありません。これから永続的にご入用のことと存じますが」と言う。地球人は生殖能力のある女王バチを求めた。しかしメール星人は、商売が成り立たなくなるので、それはできないと言う。地球人は「女王バチをよこせ。さもないと、腕づくでも…」と迫る。しかしメール星人は、攻めてきたら女王バチを全部殺すと返す。

もはやどうにもならなかった。地球は相手の言うままに、貿易協定に調印しなければならなかった。

花を枯らすだけの能力を持った、生殖能力のない虫ケラをつんだロケットが、定期的にメール星から訪れる。そして帰る時には、地球の貴重な資源や製品が、そこにつまめる。乗組員は立ち去るたびに、こんな言葉を口にする。「わたしたちが“繁栄の花”と名づけたわけがわかりでしょう」

栄の花が特殊なハチに食べられなければ枯れない、という重要な情報も知らされていませんでした。繁栄の花は十分な情報をもとに、地球人が選択した商品ではないため、メール星人のほうに問題を発生させた責任があります。

第二に、費用と利益に不釣り合い感があります。メール星人は女王バチが生んだ働きバチを運搬するだけです。それに対し、地球は貴重な資源や製品をハチの代償として、永遠に支払い続けなければなりません。おまけに、これだけのコストを払っても、花によって埋め尽くされる一歩手前で踏みとどまることができるだけで、問題は一つ解決しません。

第三に、メール星人との不平等な力関係があります。地球人はメール星人に何もできません。一方、メール星人はロケットを遅らし、ハチの量を減らすことで、花の量をコントロールできます。ハチの価格も、地球人にとって他に手段がないのですから、メール星人の言い値です。

メール星人の主張

一方で、メール星人にも言い分があります。

第一に、繁栄の花は観賞植物であり、地球人はその価値を

今でも無償で享受していることを忘れてはいけません。むしろ商品の無断栽培に対する賠償を問われないのだから、感謝すべきだといえます。また繁栄しすぎれば生態系を崩すというのは、どの植物にも当てはまる当然の副作用です。

第二に、繁栄の花を手を負えないほど増やしたのは地球人です。実際にメール星では、きちんと管理しながら、繁栄の花を楽しんでいます。一方、地球人は管理方法を知らないのに量の管理を怠り、それどころか、種子を売って儲けるという目先の利益を求めて意図的に膨大に増やしました。繁栄の花が管理できなくなった責任は、地球人にあります。

第三に、ハチの輸出の第一の目的は、管理する能力を持たない地球人に対し、管理方法を提供するという人道的なものです。メール星人は、地球人を助けるために貿易を続けているのであって、地球が拒むのであれば、いつ貿易を停止しても構いません。またハチの価格は、需要と供給のバランスで決まっており、メール星でしか生産できない希少な生物であるため、その価格が高くなるのは仕方ありません。

現代の私たちとのつながり

リスク社会論で知られるドイツの社会学者ベック^{*}は「技術や経済における『進歩』が権力を掌握するが、それによってますます危険の生産という暗い影におおわれてしまう」(p.14)と指摘しています。ある種の危険は科学技術の進歩によって生産されるのです。その一方で、「社会における危険は目に見えないという性格を有しており、危険を危険として認知するのに科学に頼らなければならない。また、危険を解消するのに科学によらなければならない」(pp.465-466)とも指摘しています。

ここで指摘されている「一方で危険を生産しながら、その一方で危険を解消する」という科学の振る舞いは、まさにマッチポンプ的と言えるでしょう。その点では、現代社会における科学技術はメール星人の振る舞いと似ています。

もちろん科学者や技術者が、メール星人のように狡猾だという意味ではありません。しかしメール星人が善意だったとしても、同じような事態が生じ得ることは確かです。例えば、メール星の大気や土壌にのみ含まれる特殊な未発見成分が、繁栄の花を枯らすとしたら、どうでしょう。メール星では枯れるわけですから、善意のメール星人にとって、地球にその

成分が存在せず、枯れなくなるということは、まったくの想定外です。当然、事前に警告はできません。

科学技術はその進歩により、社会に今までにない価値をもたらします。それは必ずしも、市民が望んだモノではありません。むしろ想像を超える素晴らしい技術だからこそ、爆発的に普及します。そして新しいものであるため、何が生じるのかをすべて予想することは困難であり、すべてのリスク情報が事前に明示できるわけではありません。ここで、もし想定外の悪影響が生じた場合、地球人の第一主張とメール星人の第一主張に似た主張の対立が生じるでしょう。

その技術が普及しすぎて、悪影響を收拾できなくなった場合、科学技術側からメール星人の第二主張が出るかもしれません。確かに、技術の普及に伴う悪影響や誤用・悪用に対する責任は、その技術を管理せずに普及させた国、社会、国民も負う必要があるように思います。地球温暖化問題などは、その典型的な例の一つと言えるでしょう。

多くの場合、ある科学技術がもたらした問題は、その科学技術を生み出した人たちが、最も知識や対処法を持っています。特許などが絡めば、独占している可能性もあります。例えば、ある技術で大きな事故が起きて、その技術の専門家集団に対する信頼が低下したとしても、生じた問題を解決するにはその専門家集団に頼らざるを得ません。そして、さらなる金銭的な投資がなされます。その投資は必ずしも実を結ぶわけではありません。少なくとも、すぐに解決はせず、問題の進行を食い止めるだけで精いっぱいということもあります。このような場合、社会側から地球人の第二主張が生じる可能性があります。そして、この問題の解決を巡って、社会側（地球人の第三主張）と科学技術側（メール星人の第三主張）のような衝突が生じる可能性もあります。

知識、技術、情報の偏りは、金銭や権力の偏りと容易に結びつきます。今回は科学技術側と社会側という表現をしましたが、知識基盤社会といわれる現代においては、誰もが双方の立場に立つ可能性があります。実際にメール星人のようなビジネスモデルの企業は、いくつもあります。メール星人としての自分、地球人としての自分を想像したとき、どう振る舞うのがよいのか、考えてみてください。❖

補注

ウルリヒ・ベック（著）、東廉・伊藤美登里（訳）、1998、『危険社会—新しい近代への道』、法政大学出版局

第5回

遺伝子検査は人を幸せにするか



東京都立国立高等学校 主任教諭

大野 智久 / おおの ともひさ

1981年茨城県に生まれる。2004年東京大学大学院総合文化研究科修士課程修了。在学中は松田良一教授に師事。2006年都立高校の教諭（理科・生物）となり、2015年より現任校に勤務。日本生物教育学会、日本生物教育会に所属。東京都生物教育研究会を中心に活動。日本人類学会や日本人類遺伝学会などの学会と連携し、「ヒトの生物学」の高校現場への導入を模索。上越教育大学の西川純教授の提唱する『学び合い』の考え方に基づく協働学習を実践。NHK高校講座の生物基礎の講師を務める。

疾患に関する遺伝子検査の例

今回は、前回に引き続き遺伝子検査についてとりあげます。高校の授業では、どの題材をどのようにとりあげればよいかわからない面もあると思います。そこで、まずは考える材料として典型的ないくつかの例を見ていくことにしましょう。

まずは、アルコールの分解に関わる ALDH2（アルデヒド脱水素酵素）という遺伝子。この活性が弱いと、悪酔いの原因物質であるアセトアルデヒドが体内に蓄積しやすく「お酒に弱い」人ということになります。

遺伝子診断の一般への認知度を飛躍的に高めたのは、女優のアンジェリーナ・ジョリーさんが調べた乳がん関連遺伝子です。BRCA1/2 という遺伝子に特定の変異を持つと、乳がん・卵巣がんを発症する確率が非常に高まってしまうとい

うものです。同様に、「確率」を調べるものとしてアルツハイマー病の関連遺伝子があります。

上記2つとは異なり、確定診断となるのがハンチントン病の原因遺伝子です。これは常染色体優性遺伝で、浸透率も100%というものです。30～40代で発症し、現在でも有効な治療法がない難病です。

これらの遺伝子を調べることは、「良いこと」なのでしょう。例えば、「一気飲みの強制による死亡事故」があるようですが、自分がどのような ALDH2 遺伝子の型を持っているかを知れば、酒との付き合い方に生かせそうです。

他の例では、例えば薬物代謝に関係する遺伝子の型を調べることで個人個人に合った薬を使えるようになるオーダーメイド医療も実用化が進んでおり、これも遺伝子を調べる大きなメリットだと考えられます。

乳がんは、深刻な病気ですが、遺伝子を調べることで乳房切除などによる予防が可能なものもあります。

それでは、アルツハイマー病、ハンチントン病はどうでしょうか。これらは深刻な疾患であり、かつ治療法が存在しません。その確率を高めるという情報や、確定診断の情報は、必ずしも有益とは限らないでしょう。海外の例では、将来を悲観して自殺してしまう人もいたそうです。これらの遺伝子検査の扱いについては慎重に判断する必要があります。

ゲノム情報の特殊性

ゲノム情報の特徴として、札幌医科大学の櫻井晃洋先生は次のように整理されています。

- ①生涯変わらない（不変性）
- ②将来の健康状態を知ることができる場合がある（予見性）
- ③家族も同じ遺伝子情報を共有している（共有性）

例えば、ハンチントン病の遺伝子を持ち亡くなった祖母（母方）がいる人が、自分にもハンチントン病の遺伝子が伝わっているか調べたとします。このとき、もし原因遺伝子が伝わっていたとわかったら、その遺伝子は母親から受け継がれたとわかるので、自動的に自分の母親にも原因遺伝子があることがわかってしまいます。仮に母親が遺伝子検査を望まないとするれば、子の「知る権利」と母親の「知らないでいる権利」が対立することになります。これは、ゲノム情報の3つの特徴から生じるものです。

このほかにも、ゲノム情報が流出することで保険や就職等で差別されないために「他人に知られない権利」というのもとても重要です。

前提として知っておいてほしいこと

ゲノム情報は、人を評価する新しい「ツール」としての役割を果たす可能性があります。従来は、その人との第一印象や付き合いの中でのさまざまな要素から感覚的に人を判断してきたわけですが、ゲノム情報は、「科学的根拠」のある情報として人を評価する新たな材料となり、結果として差別・偏見につながる可能性があります（実際にはどこまで科学的妥当性があるかが不明確なものも多いのですが）。

ここでは、前提として知っておいてほしいことを2つ紹介します。まずは、「私たちは、例外なく複数の劣性遺伝性疾患の保因者である」ということです。例えば、4万人に1人患者がいる劣性遺伝性疾患では、保因者（原因遺伝子は持っていますが発症していない人）は100人に1人いることになります。このような疾患が1000以上あると考えられており、1人平均少なくとも数個は劣性遺伝性疾患の原因遺伝子を持つと考えられています。このことから、遺伝性疾患が自分とかけ離れた特別なことではないということを理解できるはずです。

次に、「良い遺伝子」は決められないということです。ヘモグロビン遺伝子に特定の変異を持つ遺伝子をホモで持つと重度の貧血になり、これを鎌状赤血球症といいます。この場合、貧血を引き起こす遺伝子は「悪い遺伝子」で、変異を持たない遺伝子は「良い遺伝子」に見えてしまいます。しかし、この「悪い遺伝子」は、実はマラリアに対して抵抗性を持つのです。そのため、この遺伝子をヘテロで持つ人は、貧血にもならず、マラリアにもかかりにくいということになります。単純に遺伝子の「優劣」を決めることはできないのです。

このような基本的な理解は、無意味な差別・偏見を生み出さないためにも必須のものと考えます。

「知識」は「思考」のための材料

私は、教育の一つの目的は、「人の幸せを実現する手伝い」だと考えています。ゲノムに関しては、金子みすずさんの詩

にある「みんなちがって、みんないい」ということを、単なる道徳としてではなく生物学の知識・理解を基盤として理解してほしいと願っています。そのために、「知識」を「思考」のための材料とし、「人を幸せにする遺伝子検査」について考察する機会が必要と考え、授業ではディスカッションを導入しています。

課題として、例えば出生前診断を取りあげています。出生前診断は、胎児の状態を知り、病気の予防・治療ができるという点で大きなメリットがありますが、同時に人工妊娠中絶につながるという側面もあります。よく話題になるのがダウン症の例です。「新型出生前診断」が登場し、母親の血液を調べるだけで胎児がダウン症であるかどうかを99%の精度で調べることが可能になりました。朝日新聞の2014年6月28日付朝刊の記事によると、検査で陽性と診断され、かつその後の羊水検査等によりダウン症の診断が確定した人のうち97%が中絶を選択していたそうです。このような知識を獲得したうえで、授業では生徒にディスカッションをしてもらいます。

自分の目で見て、自分の頭で考える

一般に、よりよい意思決定や行動選択のためには、クリティカル思考が重要です。授業の中では「自分の目で見て、自分の頭で考える」という表現で伝えています。図1は授業で提示している図です。

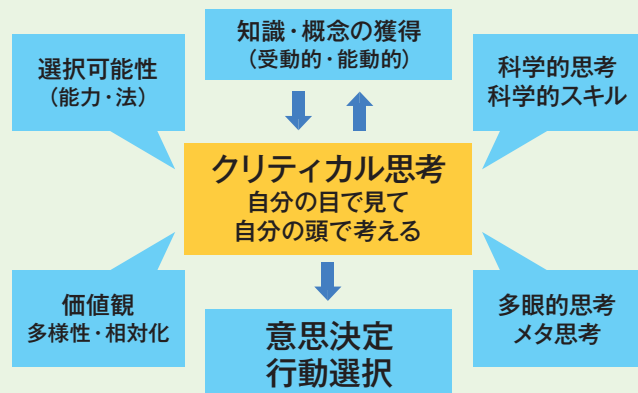


図1 クリティカル思考の位置付け

知識や概念を獲得したときに、それをすぐさま意思決定や行動選択に結び付けずに、いくつかの視点で考えを深める必要があります。選択可能性ということ言えば、自分の能力的にできるかどうか、法的にできるかどうかという点が、ま

ず挙げられます。また、能力的・法的にできることであっても、どのような価値観を持っているかによってそれを選択するかしないかが影響されます。

感情的な判断だけでなく、科学的なものの見方をする必要も判断する必要があります。また、さまざまな視点から考える多眼的思考も重要になるでしょう。

新型出生前診断は人を幸せにするのか、自分は受けたいか、あるいはどのような法整備をしていく必要があるのか。このような「絶対解のない問い」に対しての意思決定や行動選択を行うトレーニングとして、ディスカッションは有効です。

ディスカッションを行ううえでの留意点

ディカッションを行ううえでは、いくつかの留意点があります。まず、適切な背景知識がないと、ディスカッションができなかったり、科学的妥当性のない誤解を助長してしまったりする可能性があるため、適切な背景知識を講義や配布資料等で与える必要があります。

また、相手を論破したり、意見の優劣を決めたりすることは本質的ではありません。あくまでも「多様性を知る」ことや、そこから「考察する」ということが目的であることをしっかりと提示することが重要です。

昨年度の実際の授業では15分ほど背景知識についての講義を行い、その後25分程度ディスカッションし、最後の10分でグループごとに話し合った内容をプレゼンしてもらう形式をとりました。

ディスカッションの効果

ディスカッション実施後の生徒アンケートでは、「多様な意見に触れることができた」「人の意見から刺激を受けた」「人の意見から新たな視点を獲得することがあった」「ディスカッションは自分にとって意味のある時間だった」など、肯定評価が90%以上あり、ある程度ねらいがうまくいっていることがうかがえます。

また、アンケートの自由記述では、以下のような記述が見られました。

◆子供をつくるのは何が目的なのかな？と今まで考えたこともなかったことを考えた。確かに健康的で五体満足の子供

が生まれてくれるに越したことはないけど、そうでない子は産む価値がないのか。なぜ赤ちゃんには人権が適用されないのか。遺伝子検査が貴重な命を断たせてしまうことになるなら、積極的に推し進める前に一考の余地があるのではないかと思った。

◆肌の色や病気に対する偏見はいつの時代もあります。それが人のDNAの個性であり、「ふつう」な人なんていないということをもっと理解するべきだと思いました。多様な人が互いを刺激し合ってさらなる多様性を生み出している。だから、人と関わっていくのはこんなにも面白いんだと思います。みんな「違う」という点で「同じ」ということを忘れずにいたいと思います。

◆今回、授業や宿題でこの問題を扱わなければ、きっと一生こういうことに触れずに生きていくのだらうなと思った。遺伝子診断がどんどんメジャーになっていくだろうに、学校でも、家でもメディアでもこういうことをとりあげないのはどうかと思う。もしこのまま知識もなく、どんどん遺伝子診断が一般化していったとしたら、いじめや差別が生じたり、また恋愛なども自由にできなくなったりと問題だらけじゃないだろうか。

生徒はそれぞれに思考し、それぞれの気付きを持ち帰ることができており、これは、知識注入型の講義だけでは得られない効果であると思います。

これから世界はどうなっていくのでしょうか。新たな技術として、ゲノム編集の研究が急速に進展しています。2015年4月には、中国で世界初のヒト胚のゲノム編集が報告されました。また、2015年11月には、1歳の白血病の女の子に世界初のゲノム編集を用いた治療が行われたことも報告されています。このような時代では、「自分の目で見て、自分の頭で考える」ことがますます重要になってきます。遺伝子検査が「人を幸せにする」ものであるために、どのような選択をしていくべきなのか。それを考えるための知識の獲得と考察を深める機会の提供を授業でできるとよいのではないのでしょうか。



参考資料

櫻井晃洋, 2013年, 『そうなんだ! 遺伝子検査と病気の疑問』, Medical Tribune

増井徹他, 2014, 『遺伝子検査の未来と罣』, 日本評論社

香山リカ, 2013, 『新型出生前診断と「命の選択」』, 祥伝社新書

秋田の未来を切り拓く 子供を育成するために



NPO法人 あきた・まなVIVA! 創造塾
副理事長
秋田大学教職大学院 教授

神居 隆 / かみい たかし

■ 秋田県の学力について

秋田県の教育、特に小・中学生の学力については、平成19（2007）年の全国学力・学習状況調査の実施により、全国的にも高い水準にあることはよく知られています。その理由については、平成9（1997）年度に就任した学校教員出身（高校・化学）の元教育長小野寺清氏の力によるところが大きいことは周知の事実であります。小野寺氏は、教育庁高校教育課勤務時代に、秋田県内の高等学校の学力向上のため、全国的視野での教員の研修を企画して教科指導力の強化に努め、秋田県内の高校生のセンター試験の成績を、全国最下位近くから11位にまで引き上げた実績を持っておられます。義務教育のフィールドにおいても、校長および教員が自校の児童・生徒の学力を適切に評価し、PDCAサイクルを回すシステムを構築することにより、前述の成果を得たのですが、これを実効性のあるものにしたのは、小・中学校教員の地道な努力の積み重ねでした。

私は小野寺氏が教育長時代に教育委員会で勤務し、近くでその政策をサポートしてきました。全国学力・学習状況調査の初めての結果が出た後、平成20（2008）年4月に教育次長として教育委員会に戻り、その後2年間、教育行政全般を統括させてもらいましたが、ちょうどその頃が今後の教育行政の在り方の再検討がなされた時期で、学力平均が高い割には高学力層が薄いことへの対応が検討されていました。

■ 「あきた・まな VIVA! 創造塾」開設までの経緯

一方、秋田県では全国一少子高齢化が進んでおり、県民の誰もが危機感を共有しているところですが、なかなか有効な手立てはないという状況でした。地域の将来を担い、牽引し

ていく人材を育成するためには、子供のときからさまざまな機会を通して、学校教育で実施されている内容を超えた“洞察する力”，“創造する力”，“統合する力”などに対応できる力を育むことが重要であると言われています。

そこで、秋田県教育委員会が中心となり、地域の有力民間企業にも呼びかけ、一般の教育施策に盛り込めない事業を担うためこのNPO法人を企画し、元秋田大学学長三浦亮氏を理事長に迎え、平成22（2010）年10月にNPO法人あきた・まなVIVA! 創造塾を設立しました。趣旨に賛同し法人として参加した企業は、秋田銀行、秋田魁新報社といった秋田県を代表する企業であり、秋田県教育委員会が支援する形で理数系、経済系および文学系を中心とした事業展開を進めることになりました。

■ 「あきた・まな VIVA! 創造塾」のおもな事業

理数系のおもな事業としては、

① 「わか杉チャレンジフェスティバル」

この事業は秋田県教育委員会義務教育課主催事業を引き継いだもので、富山県教育委員会が主催する思考大会を手本として平成22（2010）年から始めたものです。小学生（おもに5、6年）を対象にした問題と、中学生（1年～3年、一般を含む）を対象にした問題（図1）について、既習の知識を総動員してチャレンジする内容となっています。

例年500名程度の諸君が希望して挑戦してくれませんが、高得点の児童・生徒は褒賞するとともに、調査書などに特記事項として記載することも可能です。平成27（2015）年度については、小学生の部で満点を取った強者もおりますし、中学（一般を含む）の部では、優れた結果を出された保護者

平成27年度 わか杉チャレンジフェスティバル 問題用紙
(中学の部)

エントリーナンバー	中	氏名
-----------	---	----

【注意】 答は、解答用紙の解答らんを書いてください。それ以外の場所に書いた場合は解答とみなしません。

I 今から約2400年前、古代ギリシャのアリストテレスは、すでに地球が球であることを示す証拠をいくつか知っていました。それから約100年後、エラトステネスは、地球の大きさを調べることに成功しました。その方法は、次のようになります。次の(1)、(2)の問いに答えなさい。

エラトステネスは、エジプトの大都市アレクサンドリアにいました。彼はある本を読んで、アレクサンドリアの真南にあるシエネという町では、夏至の日の正午に、井戸の底に太陽が映り、地面に垂直に立てた棒の影ができないことを知りました。これは、図1のように太陽の光がちょうど真上から射しているということを表しています。
そこで、エラトステネスは、アレクサンドリアで、夏至の日の正午に、図2のように半球型の器具で棒の影の長さを測定しました。このとき、図2の弧の長さ(⑤の部分)は、半円の弧の長さの $\frac{1}{25}$ でした。

図1

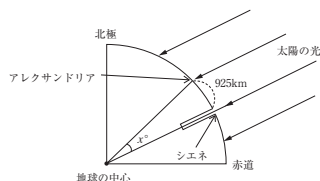
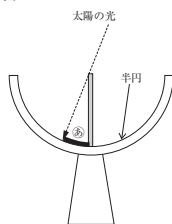


図2



(1) 図1のxの値を求めなさい。

(2) 当時の書物によると、アレクサンドリアとシエネは925km離れていると考えられていました。このことから、エラトステネスは地球の直径を計算することができました。エラトステネスが計算した地球の直径は約何kmになりますか。ただし、地球は完全な球であり、円周率は3.14とします。また、答えは、十の位を四捨五入し、百の位までの概数で答えなさい。

— 1 —

図1 中学(一般を含む)の部 試験問題の例

の方もおられ、子供と一緒に楽しまれているようです。

②「数学オリンピックセミナー」

平成26(2014)年度から、おもに数学オリンピックに参加を希望する高校1、2年生を対象として、秋田大学で8月以降5回にわたってセミナーを実施しています。秋田大学の若手数学研究者が指導に当たり、今年は26名の高校生が休日返上で熱心に学んでいました。

③「理系女子(リケジョ)をめざそうin秋田」

平成26、27(2014、2015)年に、一般財団法人理数教育研究所との共催事業で実施しました。講演会、女子中・

高生による研究発表、現役リケジョによるトークセッションを通して、秋田県内の女子学生に「リケジョの勧め」の観点で理解を深める啓蒙事業であり、多くの共感を集めました。

④「子ども理科実験教室」

平成22(2010)年度から実施している県内の小学生を対象とした移動実験教室で、秋田大学の理科教育研究室を中心として県内各地の拠点校で、土曜日を中心として実験教室を実施しています。その際に使用される実験器具や薬品などの消耗品代をNPO法人として補助しています。

その他の大きな事業としては、

⑤「中学・高校生小説コンクール」

⑥「エコノミクス甲子園 秋田大会」

が挙げられます。

⑤は直木賞作家西木正明氏を審査委員長として実施しており、平成22(2010)年度から27(2015)年度の間に2作品が大賞を受賞し新聞紙上に作品が掲載されました。⑥は全国大会につながる大会で、平成27(2015)年度は32チームが参加しました。

■ おわりに

このほか、『秋田県式家庭学習ノート』の編集などにも関与するなど、NPO法人としてはおもに児童・生徒の学校外における学習の充実の観点から、一般財団法人理数教育研究所をはじめとしてさまざまな企業・団体のお力添えを得て、学習指導要領の隙間を補填する学力の充実を図ることを目的としてきました。今後とも、NPO法人を中心として産・学・官の三位一体となった取り組みを押し進めていきたいと考えています。



・・・編集後記・・・

このたびの熊本地震により被災されました皆様に謹んでお見舞い申し上げます。被災地の一日も早い復興を心よりお祈り申し上げます。熊本県内では校舎の損壊などによる休校で学習の遅れはもちろん、学習意欲の低下が心配されます。くまモンにもがんばってもらい教室に笑顔が戻るようになればうれしいです。今回と次号の特集では次期学習指導要領改訂をめぐる関心を集めています「アクティブ・ラーニング」を取り上げます。基礎的・汎用的能力を伸ばすための授業の改善、組織運営の改善が新しい‘学び’に求められようとしています。

(財)理数教育研究所 事務局

地震研究の「科学化」に 貢献した大森房吉

～地震計の改良、震源の特定など～



画像提供：国立科学博物館

大森式地震計（1898年頃制作、国立科学博物館所蔵）高さ約1mの鉄柱に支えられた質量7kgの重りのついた水平式振り子で地震動を捉え、その波形をドラムに巻いた煤紙に記録する。

明治30年代、地震の震源を特定するうえで大きな役割を果たした日本人科学者がいました。東京大学の大森房吉（1868～1923年）です。彼は師事していた英国人科学者ミルンたちから聞いた「初期微動（地震の発生時、初めに感じる弱い震動）の継続時間」 y （秒）が「観測点と震源間の距離」 x （km）に関係しているという話を確認するため、「初期微動開始時刻」が正確にわかるように記録用ドラムが常時作動している地震計を制作しました（写真）。そのうえで、いくつかの地震で得られたデータをグラフ化し、 $7.51y = x - 24.9$ という関係があることを明らかにしました（1899年）。後にこの式は $x = 7.42y$ （大森公式）と単純なものにされ、3か所の観測点でそれぞれ得られた距離 x を半径にした円を描き、それらの交点から震源を特定することを可能にしました。こうした成果が国内外で評価され、1914年度ノーベル物理学賞候補にも挙げられたほどです。しかし、後にシドニーで開かれた国際会議（1923年）に参加中、当地の研究所の地震計が揺れ、その震源を上で紹介した方法で計算したところ、東京近傍で大地震が起ったことがわかりました。先に人心の不安を心配して彼が否定した今村明恒（1870～1948年、東大後輩）による「50年以内に東京近くで大地震発生」説を肯定する結果（関東大震災）を得、地震予知の難しさを味わったのです。

大阪教育大学名誉教授 鈴木 善次 / すずき ぜんじ

Rimse (リムス)

No.16

編集・発行 (財)理数教育研究所

大阪オフィス

〒543-0052 大阪市天王寺区大道4丁目3番23号
TEL.06-6775-6538 / FAX.06-6775-6515

東京オフィス

〒113-0023 東京都文京区向丘2丁目3番10号
TEL.03-3814-5204 / FAX.03-3814-2156

E-mail : info@rimse.or.jp

http : //www.rimse.or.jp

※本冊子は、上記ホームページでもご覧いただけます。

印刷所：岩岡印刷株式会社

デザイン：株式会社 アートグローブ

本文イラスト：株式会社 アートグローブ

表紙写真：アフロ