

日本の理数科教育をサポートする

Rimse

Research Institute for Mathematics and Science Education

No. **14**
NOVEMBER
2015



特集 |||

高大接続改革が目指すこれからの教育 I

Contents

表紙裏

巻頭言

社会課題を解決できる人とは

東京大学 先端科学技術研究センター 教授 西成 活裕

特集 高大接続改革が目指すこれからの教育 I

2 I 「高大接続改革」の趣旨・概要

文部科学省 高等教育局 主任大学改革官 新田 正樹

8 II 「高大接続改革」を契機とした高等学校教育改革

文部科学省 初等中等教育局 初等中等教育企画課 今井 裕一

11 III 「高大接続改革」を契機とした大学教育改革

文部科学省 高等教育局 大学振興課課長補佐 北岡 龍也

15 連載 数学と音楽の織りなす世界 第3回

素数の響き

ジャズピアニスト・作曲家 中島 さち子

18 連載 サイエンス・フィクション? 第3回

人と人とのつながり

大阪大学全学教育推進機構 講師 山内 保典

21 連載 ヒトの生物学を教えよう 第3回

人類の進化と拡散の歴史

東京都立国立高等学校 主任教諭 大野 智久

24 広場 地域教育で活躍する人々 第13回

次代を担う子供たちのための私の提言

株式会社 ヒューマン・ブレーン 大阪本部 教務次長 川崎 徹

裏表紙

科学史の散歩道 第14回

ネット社会誕生の端緒となった「ある」発見 ～「トランジスタ」開発に尽力したベル研究所の科学者たち～

大阪教育大学 名誉教授 鈴木 善次

巻頭言

Kantougen



東京大学 先端科学技術研究センター 教授

西成 活裕 / にしなり かつひろ

1967年東京都生まれ。東京大学大学院工学系研究科博士課程修了、博士（工学）の学位を取得。その後、山形大学、龍谷大学、ドイツのケルン大学理論物理学研究所を経て、現在は東京大学先端科学技術研究センター教授。ムダどり学会会長、ムジコロジー研究所所長などを併任。専門は数理論物理学。さまざまな渋滞を分野横断的に研究する「渋滞学」を提唱し、著書『渋滞学』（新潮選書）は講談社科学出版賞などを受賞。国際雑誌 Journal of Cellular Automata 編集委員、2010年内閣府イノベーション国際共同研究座長、文部科学省「科学技術への顕著な貢献 2013」に選出される。日本テレビ「世界一受けたい授業」に多数回出演するなど、多くのテレビ、ラジオ、新聞などのメディアでも活躍している。

社会課題を解決できる人とは

昔はパソコンといっても、その動作は単純でなんだか中身が透けて見えていたような感じがしていた。しかし今のパソコンはあまりにも高機能になり、多くの人にとってブラックボックスになってしまったといえる。パソコンだけでなく、電話機、自宅の給湯システム、そして駅の自動改札から車まで、現代の科学技術は極めて高度化し、我々の身のまわりのほとんどのものが今やブラックボックスとなってしまった。

しかし誰かがきちんと中身を理解していないと、いざというときにたいへんなことになってしまうだろう。誰でも、それを作った人ならばきっと中身はわかっているだろう、と思うかもしれないが、果たしてそうだろうか。今やなんでも分業が進み、別々に作られた部品を組み合わせで最終完成品ができあがるので、部分の詳細まですべてを把握している人などいないといえるだろう。

システムが複雑になればなるほど人間の直感的把握からは遠ざかり、そして便利になればなるほどユーザーは思考停止になって機械にただ従うようになっていく。しかし、高機能なものほど壊れる部分も多くなるわけで、トラブル時に中身を理解していないとすぐに直せなくなり、かえって高機能がアダになってしまうのだ。車も将来は完全に自動運転になるかもしれないが、普通の生活道路において、人が歩いている隣で自動運転車がトラブルに陥ったら、と考えると誰でも恐ろしくなるだろう。

大学の工学部では、きちんと中身のわかる技術者を育てる使命があるのだが、ここでも実は問題がある。技術が高度化してくると習得すべき内容も多くなり、じっくりと考えずに手っ取り早く覚えるだけの人が多くなっていく。そうなると無批判に覚えていくだけで、テストの点は良くなるかもしれないが、真の理解には程遠いといわざるを得ない。特に最近危惧しているのは、計算機の結果に対する盲目的な信用である。計算機をあたかも正解を出すブラックボックスのように思ってしまうと、計算機の死角を知らずにプログラムを組んでしまい、かなり痛い目に遭うこともある。したがって私は工学部の学生相手の講義で、計算機が「必ず」計算を間違える例を教えている。その内容はここでは詳しく述べないが、例えばカオス理論のテント写像の数値計算は、計算機が必ず

計算ミスする格好の例を与えてくれる。このデモを学生の目の前で行うと、必ず「おー」と驚きの声があがり、計算機について深く考えるようになる。我々の身のまわりのシステムはソフトで制御されているが、こうしてソフト自体の信頼性も常に厳しくチェックされなければならない。しかし残念ながら、工学部でカオス理論を勉強する機会ほとんどない。それゆえに計算機での計算がどのように内部で行われているのかに対する深い理解がないまま、単なる電卓の延長線上のように結果をとらえてしまうのはたいへん危険なのである。

したがって、私は以前よりさまざまな分野の知識を一人の人間がしっかりと習得する重要性を訴えている。もちろん従来どおり専門性を深めていくことも大事なのであるが、それと同時に広い分野に関する確かな知識を身につける必要があるのだ。現代の課題のほとんどは極めて複合的で専門分野も複数にまたがっており、一つの分野の知識だけでは解決しないものばかりである。そこには工学も理学もなく、環境問題、格差の問題、人口問題、高齢化社会と社会保障の問題など、多分野の協働が必要なものばかりである。

ここでよく勘違いされるのが、それではさまざまな分野の専門家が集まればいい、ということである。しかし、そうしたブレインストーミングはたいいていの場合うまくいかない。実は自分の専門分野だけでなく、他分野の知識があつてこそお互いの議論がかみ合うのである。つまり、専門家でありながら他の分野もある程度勉強している人を集めてこないと、自分の専門だと思ふところだけ話をしてほかには無頓着、というバラバラな集団になってしまうのだ。したがって、単能型の専門家を集めるのではなく、多分野も勉強した多能型専門家こそがこれからの時代に必要なのである。よくこれはT型人間といわれるが、Tの字の縦棒は専門的に深く掘り下げ、横棒は広く知識を身につけることを意味している。私は縦棒しかない人を「専門バカ」、横棒しかない人を「クイズ王」と呼んでいる。これからの時代に大切なのは、この両方のバランスがとれた人をいかに多く生み出していくかだと思う。

最後にいつも心に留めている私の好きな言葉を紹介して本稿を終わりたい。「一つの事しか知らない人は、何も知らないのと同じである。」



高大接続改革が目指す これからの教育 I

I 「高大接続改革」の趣旨・概要

文部科学省 高等教育局 主任大学改革官

新田 正樹 / につた まさき

1994年文部省（当時）入省後、初等中等教育局、教育助成局、体育局、内閣官房、高等教育局を経て2003年より鹿児島県教育庁学校教育課長。以後、高等教育局専門職大学院室長、教員養成企画室長、生涯学習政策局生涯学習企画官、初等中等教育局教員免許企画室長、内閣官房、大臣官房、高等教育局私学部私学経営支援企画室長を経て、2015年1月より現職。



1 ■ はじめに

昨年（2014）12月に中央教育審議会において「新しい時代にふさわしい高大接続の実現に向けた高等学校教育，大学教育，大学入学者選抜の一体的改革について」^{*1}（以下「高大接続改革答申」という）が答申された。これは，平成24（2012）年8月の諮問以来，2年4か月余の審議を経て答申されたものである。

今回の答申は，教育改革における最大の課題でありながら実現が困難であった「高大接続改革」を初めて現実のものにするための方策として，高等学校教育，大学教育，および両者を接続する大学入学者選抜，の抜本的な改革を提言するものである。

このような「高大接続改革」の経緯，趣旨およびその概要について解説する。

2 ■ 高大接続改革をめぐる検討の経緯

（1）教育再生実行会議

教育再生実行会議では，平成25（2013）年10月にその第四次提言として「高等学校教育と大学教育との接続・大学入学者選抜の在り方について」^{*2}を提言した。この中では，グローバル化の急速な進展や少子・高齢化，生産年齢人口の減少の中で，主体性と多様性，豊かな人間性のある多様な人材が必要とされ，このような人材は，義務教育の基礎の上に，

高等学校教育・大学教育の段階で伸ばしていくものであるが，その間をつなぐ大学入学者選抜が，高等学校や大学の教育に大きな影響を与えているとしている。このため，大学入試のしくみの改善のみを問題にするのではなく，高等学校教育，大学教育，大学入学者選抜の在り方について，一体的な改革を行う必要があるとされている。

これらの観点から，以下のような提言がなされている。

① 高等学校教育の質の向上

- ・すべての生徒が共通に身に付けるべき資質・能力の育成
- ・生徒の多様性を踏まえた学校の特色化
- ・学習成果や教育活動の把握・検証による教育の質の保証（達成度テスト（基礎レベル）（仮称）の導入）

② 大学の人材育成機能の強化

教育課程の点検・改善，厳格な成績評価・卒業認定など質保証の徹底。教育の質的転換と可視化。

③ 能力・意欲・適性を多面的・総合的に評価・判定する大学入学者選抜への転換

- ・大学教育を受けるために必要な能力判定のための新たな試験（達成度テスト（発展レベル）（仮称）の導入）
- ・多面的・総合的に評価・判定する大学入学者選抜への転換
- ・高等学校教育と大学教育の連携

（2）高大接続改革答申

「はじめに」で述べたように，中央教育審議会は平成26（2014）年12月に高大接続改革答申を答申した。この中で，高等学校教育と大学教育，および両者を接続する大学入学者

選抜を一体のものにとらえ、抜本的な改革を提言している。

(3) 高大接続改革実行プラン

政策提言として中央教育審議会から答申された高大接続改革答申を踏まえ、文部科学省として、高大接続改革を着実に実行する観点から、今後取り組むべき重点施策とスケジュールを明示するものとして、本年（2015）1月16日に「高大接続改革実行プラン」が文部科学大臣決定として策定・公表された。^{※3}

(4) 高大接続システム改革会議

高大接続改革答申と、それを具現化するための高大接続改革実行プランに基づき、高大接続改革の実現に向けた具体的な方策等について検討を行うため、本年（2015）3月より高大接続システム改革会議が開催されている。同会議では9月15日に中間まとめを取りまとめた。^{※4} 今後引き続き最終まとめに向けた審議を行っていく予定である。

3 ■ 高大接続改革の趣旨

(1) 高大接続答申における高大接続改革の趣旨

高大接続改革答申においては、高大接続改革の趣旨として、以下を述べている。

- 生産年齢人口の急減、労働生産性の低迷、グローバル化・多極化の荒波に挟まれた厳しい時代を迎えている我が国において、世の中の流れは大人が予測するよりもはるかに早く、将来は職業も様変わりしている可能性が高い。そうした変化の中で、これまでと同じ教育を続けているだけでは、これからの時代に通用する力を子供たちに育むことはできない。
- 現状の高等学校教育、大学教育、大学入学者選抜は、知識の暗記・再生に偏りがちで、思考力・判断力・表現力や、主体性を持って多様な人々と協働する態度など、真の「学力」が十分に育成・評価されていない。
- このような状況を、高等学校教育、大学教育、大学入学者選抜の改革による新しいしくみによって克服し、一人一人が、高等学校教育を通じてさまざまな夢や目標を芽吹かせ、その実現に向けて努力した積み重ねを、大学入学者選抜においてしっかりと受け止めて評価し、大学教育や社会教育を通じて花開かせるようにする必要がある。

○ このため、高大接続の改革は、単に大学入学者選抜の在り方にとどまらず、高等学校教育、大学教育、両者を接続する入学者選抜の3つを連続した一体のものにとらえ、改革するものである。

○ なお、これらのことから、高大接続改革は、大学入試のみの改革ではない。その目標は大学入試の改革を一部に含むものではあるが、高等学校教育と大学教育において、十分な知識・技能、十分な思考力・表現力・判断力、および主体性を持って多様な人々と協働する力の育成を最大限に行う場と方法の実現をもたらすことにある。

また、高大接続改革は、知識・技能の習得を無視する改革ではないという点も重要である。「知識・技能」「思考力・表現力・判断力」「主体性・多様性・協働性」のすべてを十分に向上させることを目指したものであり、改革によって高校生・大学生が身に付けられるようになる力は、十分な水準の知識・技能はもちろんのこと、自分で目標を持って他者と協力しながら新しいことを成し遂げていく力までを含むものである。

(2) 高大接続改革の背景・趣旨

高大接続改革については、さらに以下のような趣旨・背景が考えられる。

◆高大接続改革の背景 — 時代の転換の文脈 —

- 学制が始まって以来、学校教育は近代工業化社会を支えるための制度として機能してきたこと。欧米諸国へのキャッチアップを目指し、知識量を増やすことに主眼を置いた教育を通じて、決まった時間内に効率よくきちっと仕事ができる人材を育成し、社会に送り出す機能を果たしてきたこと。
- しかしながら、1990年代以降近代工業化社会から情報化社会に変わり、この情報化社会で求められるのは、単に知識の量のみを尺度とした、画一的・均一的な教育ではなく、枠組みが形式化できない問題解決や、意味を考えなければならない問題解決など、いかに社会が変化しようと、自ら課題を見つけ、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、より良く問題を解決する資質や能力を育んでいく教育であること。
- また、1990年代まで高度成長以来安定的に拡大してきた経済・社会とともに、同じく継続的に増加してきた18

歳人口を含めた人口の中で、一定の基準による選抜により社会のいずれかの組織に帰属し、その中で役割を果たし合うことで、社会全体が安定的に発展し得てきた、また個々人も安定的な生活が営んでいた時代が、経済・社会の成熟期を迎え、また人口が減少する時代の中で、変化していること。

- 我が国は、人材こそが持続可能な社会として最大かつ必須の資源であり、また、今後少子化の進展に伴い、我が国社会を支える人口自体が減少する中、多様な背景を持つ社会の誰もが、それぞれの個性や能力を最大限に発揮できるようにすることが、社会の形成に不可欠となっていること。

それにもかかわらず、今後の社会を構成し支えていくこととなる若者たちが、自分自身の将来を描き、その実現のために学習し努力をし、その成果が評価され、さらに自らの役割を果たしていくために必要な成長を遂げるということに、支障を生じ、あるいはできなくなることがあれば、我が国社会が持続的な発展を遂げるうえで深刻な問題を生じさせているといえること。

◆高大接続改革の背景 — 学力観の転換等の文脈 —

- 従来、学力観について、「ゆとり」か「詰め込みか」の、いずれも知識量に重きを置いた考え方の中で、終わりのない二項対立を繰り返してきたこと。またこの中で、従来の「公平性」の観念において、知識量・記憶力など測定しやすい一部の能力に比重が置かれた評価が行われてきたこと。

しかしこれからの社会においては、社会で自立して活動していくために必要な「真の学ぶ力」を中心に考えていく必要があり、それはすなわち、

- ① 知識・技能の習得をしっかりとした基盤としたうえで、
- ② 知識・技能を活用して、自ら課題を発見し、その解決に向けて探究し、成果等を表現するために必要な、「思考力・判断力・表現力等の能力」
- ③ 主体性を持ち、多様な人々と協働し学修する態度から成るものであること。
- これまでの入学者選抜においては、知識の記憶力など測定のしやすい一部の能力に過度に依存していたが、新たな入学者選抜においては、もちろん知識・技能は基礎としつつ、「思考力・判断力・表現力」「主体性・多様性・協働性」までを総合的に評価・判定する入学者選抜に転換する

必要があること。このようにならなければ、今後21世紀に求められる高等学校教育・大学教育の質的転換は図られないこと。

- これらの前提として、高等学校教育において、基礎的な知識・技能の確実な習得はもちろんのこと、「思考力・判断力・表現力」を育成するため、課題の発見と解決に向けた主体的・協働的な学習の飛躍的充実を図る観点から、学習指導要領を改正すること。

◆高大接続改革の背景 — 入学者選抜の改善の文脈 —

- 18歳人口を見ると、現在、平成21（2009）年から32（2020）年頃までは現在の約120万人前後（平成26（2014）年118万人）でほぼ横ばいであるが、6年後の平成33（2021）年以降再び急激に減少を始め、その後10年間で約18万人減少することとなる（平成32（2020）年117万人→43（2031）年99万人）。これにより平成43（2031）年には、現在の約8割程度となる。このため、今後は、大学入学者選抜において、志願倍率の高さに依存し、数に依存した選抜によってのみ質を維持・確保することは、ますます難しくなると考えられること。

- 入学者選抜が多面的・総合的な評価となることから、各大学は、入学してくる学生に求める多様な能力は何か、またそれをどのような基準・方法により、入学者選抜において評価するのかを、アドミッション・ポリシー（入学者受入方針）によりこれまで以上に明確化することが必要になること。このため、アドミッション・ポリシーの策定・公表を義務付けることとしていること。

- また、その際、各大学において、大学教育を通じて学生にどのような力を身に付けさせて卒業させるのか、そのためにどのような教育を実施するのか、そのような教育を実施するに当たってどのような学生を受け入れるのかという一貫した観点から、アドミッション・ポリシーと合わせ、ディプロマ・ポリシー（学位授与の方針）、カリキュラム・ポリシー（教育課程編成・実施の方針）を一体的に策定・公表することを義務付けることとしていること。

- 各大学における入学者選抜の改革については、各大学の入学者選抜の設計図となるアドミッション・ポリシーの明確化を通じて、各大学の強みや特色、社会的役割等を踏まえつつ、大学教育を通じてどのような力を発揮・向上させ

るのかを明らかにしたうえで、個別選抜において、さまざまな能力や得意分野、異なる背景を持った多様な生徒が、高等学校までに培ったどのような力を、どのように評価するかを明らかにし、またそれに対応した入学者選抜にすることにその眼目があること。

4 ■ 高大接続改革答申の概要

(1) 「高等学校教育、大学教育、大学入学者選抜の一体的改革」

- 高等学校教育については、①学習指導要領を抜本的に見直し、従来、教える内容について記述していたものについて、育成すべき資質・能力の観点から構造の見直しを図るとともに、課題発見や解決に向けた主体的・能動的な学習・指導方法であるアクティブ・ラーニングの飛躍的充実を図ること、②高等学校教育の質の確保・向上を図る観点から、「高等学校基礎学力テスト（仮称）」を導入すること。
- 大学教育については、各大学において、個々の授業科目を超えて教育課程全体としてのカリキュラム・マネジメントを確立するとともに、アクティブ・ラーニングへと質的に転換すること。
- 大学入学者選抜については、
 - ・ 現行の大学入試センター試験を廃止し、大学で学ぶための力のうち特に「思考力・判断力・表現力」を中心に評価する「大学入学希望者学力評価テスト（仮称）」を導入し、各大学の活用を推進すること
 - ・ 各大学における個別選抜については、学力の三要素（「知識・技能」「思考力・判断力・表現力」「主体性・多様性・協働性」）を踏まえた多面的な選抜方法をとるものとする、具体的な選抜方法等に関する事項を、各大学がその特色に応じてアドミッション・ポリシーにおいて明確化すること、このため同ポリシーの策定・公表を法令上位置づけること
 - ・ 大学にとって改革のインセンティブとなるような財政措置等の支援を行うこと
 などを提言している。

(2) グローバル化に対応したコミュニケーション力の育成・評価

英語について、「読む」「聞く」だけではなく「書く」「話す」も含めた4技能を総合的に育成・評価することが重要で

あることから、「大学入学希望者学力評価テスト（仮称）」においては、4技能を総合的に評価できる問題の出題や民間の資格・検定の活用を行うとともに、高等学校の英語教育の目標についても4技能に係る一貫した指標の形で設定できるよう学習指導要領を改訂することとしている。

(3) 学習指導要領の改訂を含めた高等学校教育改革の実現

高等学校の学習指導要領は、①「何を教えるか」ではなく「どのような力を身に付けるか」の観点に立ち、②指導内容に加えて、学習方法や学習環境についても明確にしていく観点から抜本的に見直すこととし、また、③見直しの方向の具体例（例えば「高度な思考力・判断力・表現力を育成・評価するための新たな教科科目の検討等」）も掲げている。

(4) 「公平性」をめぐる社会の意識改革

現在の大学入試をめぐる「公平」の意識を改革し、多様な力を多様な方法で「公正」に評価し選抜することが必要という意識を醸成するため、社会的な議論を深めることが重要であるとしている。

5 ■ 高大接続改革実行プラン

高大接続改革答申では、同答申をもとに改革を進めるため、改革の具体策やスケジュールの詳細を定めたプランの策定が求められている。このプランが「高大接続改革実行プラン」である。同プランは、答申内容を踏まえ、高大接続改革を着実に実行する観点から、文部科学省として今後取り組むべき重点施策とスケジュールを明示し、体系的・集中的な施策展開を図るためのものとして、平成27（2015）年1月16日に文部科学大臣決定として公表されたものである。

本プランにおいては、

- ① 各大学の個別選抜の改革
- ② 「高等学校基礎学力テスト（仮称）」および「大学入学希望者学力評価テスト（仮称）」の実施
- ③ 高等学校教育の改革
- ④ 大学教育の改革

の4つの柱ごとに、具体的な施策と実施時期を明示するとともに、改革のスケジュールが一覧できるよう、「高大接続改革に向けた工程表」も添付されている（p.7、図1（注：筆者により脚注をつけている））。

具体的には、

- ①「各大学における個別選抜の改革」については、
 - ・アドミッション・ポリシーの充実の観点からの関係法令の改正（具体的には文部科学省令によるアドミッション・ポリシーの策定・公表の義務付け）や、
 - ・入学者選抜全体の多面的・総合的な評価への転換を推進するため大学入学者選抜実施要項の見直し、等を、
- ②「『高等学校基礎学力テスト（仮称）』及び『大学入学希望者学力評価テスト（仮称）』の実施」については、学力の三要素をはじめ、これからの時代に求められる力を育成・評価するための両テストの在り方についての一体的な検討の実施、等を、
- ③「高等学校教育の改革」については、
 - ・課題の発見と解決に向けた主体的・協働的な学びの推進とともに、
 - ・多様な学習活動・学習成果を適切に評価するしくみの構築、
 - ・「何を教えるか」ではなく「どのような力を身に付けるか」の観点に立って、そうした力を確実に育むために、指導内容に加えて、学習方法や学習環境についても明確にしていく観点から学習指導要領の見直し、等を、
- ④「大学教育の改革」については、
 - ・全学的な教学マネジメントの確立、その下でアクティブ・ラーニングなどの導入による、大学教育の質的転換の推進、
 - ・大学教育において「学生が何を身に付けたか」を重視し、認証評価制度について、学修成果や内部質保証に関する評価の推進、
 等を、一体的に進めていくこととしている。

6 ■ 高大接続改革の全体像

改革の全体像をイメージ図としてまとめると、図2のようになる。

「生きる力」「確かな学力」を確実に育成し、これからの社会に求められる力を生徒・学生に身に付けさせるためには、小・中学校までの取り組みをさらに発展させ、高等学校教育の質の確保・向上、大学教育の質的転換へとつなげていくことが必要である。

このため、高等学校教育については、①学習指導要領の抜

本的見直しとともに、アクティブ・ラーニングの飛躍的充実を図ること、②高校生が身に付けるべき資質・能力を確実に育むために「高等学校基礎学力テスト（仮称）」を創設することとしている。

高等学校教育と大学教育をつなぐ大学入学者選抜においては、学力の三要素を踏まえた多面的・総合的な評価を行うことが重要であり、各大学の個別選抜はアドミッション・ポリシーに基づく多面的な評価を重視したものに確立することが求められる。また「確かな学力」の中でも思考力・判断力・表現力を中心に評価する「大学入学希望者学力評価テスト（仮称）」を創設することとしている。

さらに、大学教育においては、アドミッション・ポリシーに加え、カリキュラム・ポリシー、ディプロマ・ポリシーの一体的策定・公表により、個々の科目を超えたカリキュラム・マネジメントを確立し、大学教育の質的転換（学生の主体的な学修を促す学士課程教育の質的転換）を図ることとしている。

これらを通じて、高大接続改革は、

- ・若者一人一人が、充実した高等学校教育を通じて、さまざまな夢や目標を芽吹かせ、その実現に向けて学び、努力し、
- ・その積み重ねを、大学入学者選抜においてしっかりと受け止め、評価し、
- ・その上にさらに、大学教育を通じて多様な力を育み、社会に送り出していく、

そのような学校教育とすることに、その目的がある。 ❖

補注

- ※1 中央教育審議会「新しい時代にふさわしい高大接続の実現に向けた高等学校教育、大学教育、大学入学者選抜の一体的改革について（答申）」（平成26（2014）年12月22日）
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1354191.htm
- ※2 教育再生実行会議「高等学校教育と大学教育との接続・大学入学者選抜の在り方について（第四次提言）」（平成25（2013）年10月31日）
http://www.kantei.go.jp/jp/singi/kyouikusaiei/pdf/dai4_1.pdf
- ※3 「高大接続改革実行プラン」（平成27（2015）年1月16日文部科学大臣決定）
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo12/sonota/_icsFiles/afieldfile/2015/01/23/1354545.pdf
- ※4 高大接続システム改革会議「中間まとめ」（平成27（2015）年9月15日）
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shougai/033/toushin/1362096.htm

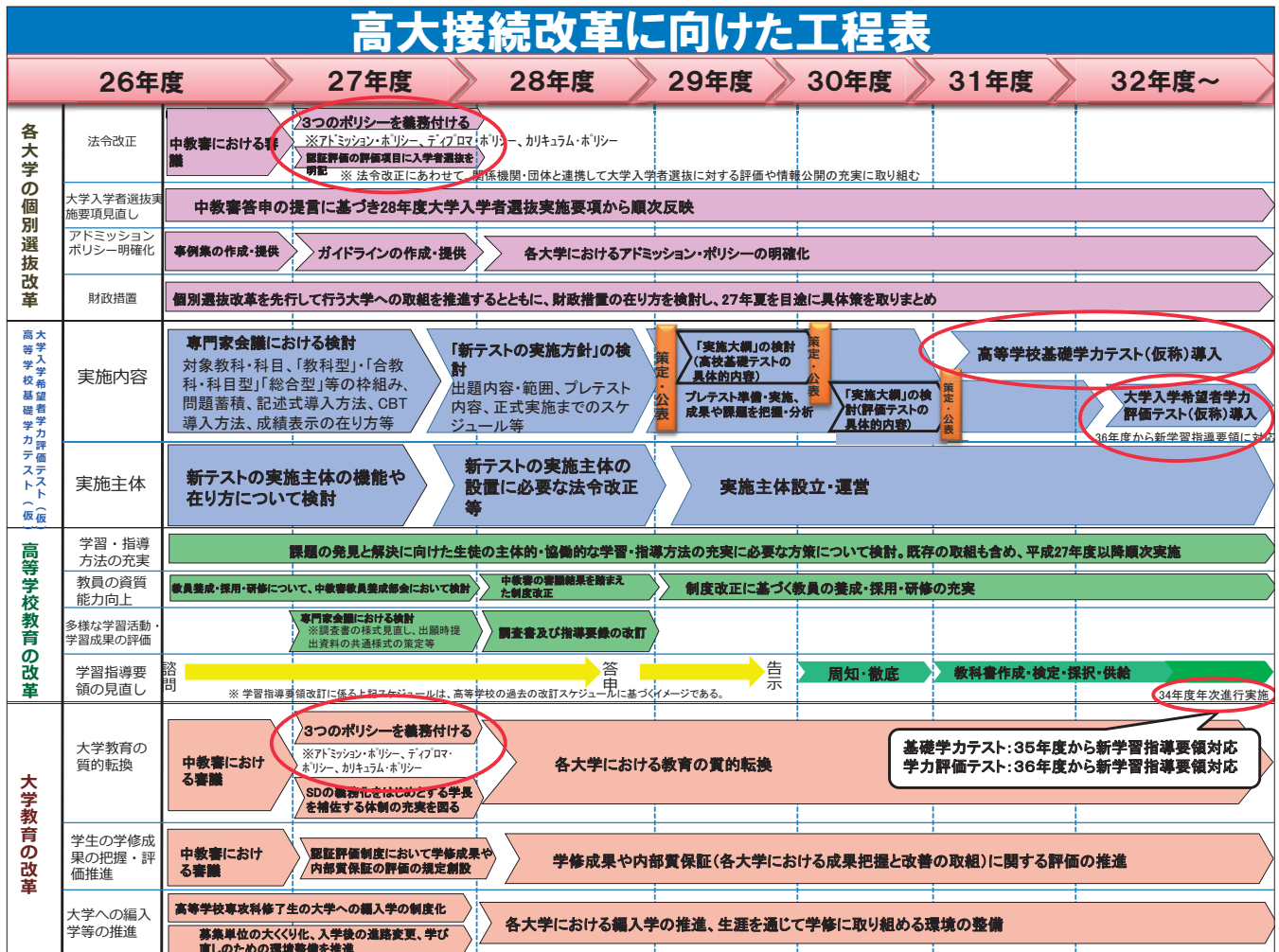


図1 高大接続改革に向けた工程表

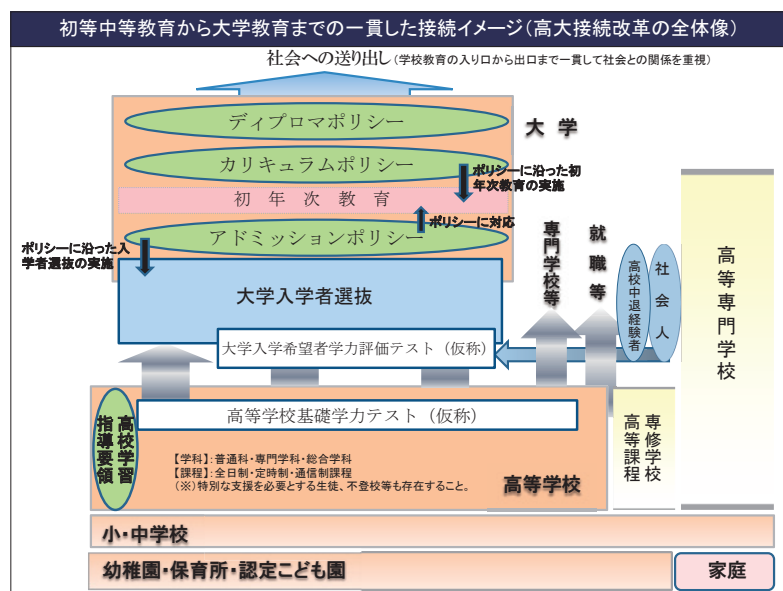


図2 高大接続改革の全体像

Ⅱ 「高大接続改革」を契機とした 高等学校教育改革

文部科学省 初等中等教育局 初等中等教育企画課 教育制度改革室長

今井 裕一 / いまい ゆういち

1995年に文部省（当時）入省後、大臣官房、科学技術庁、仏国CNRS、スポーツ・青少年局、内閣官房、愛媛県教育委員会、初等中等教育局、高等教育局等での勤務を経て、2015年1月より現職。高大接続改革のうち高等学校基礎学力テスト（仮称）の導入など、高等学校教育改革等に係る業務を担当。



1 ■ 高等学校教育改革の基本的な考え方

本稿では、「高大接続システム改革会議」の「中間まとめ」のうち、高等学校教育改革の内容について紹介することとしたい。

高等学校教育においては、義務教育までの成果を確実に発展させるとともに、高等学校教育の質の確保・向上を図り、生徒に、国家と社会の形成者となるための教養や行動規範、自分の夢や目標を持って主体的に学ぶ力を身に付けさせることが重要である。

特に、これからの時代においては、ある事柄に関する知識の伝達だけに偏らず、学ぶことと社会との関わりをより意識した教育を行い、子供たちがそのような教育のプロセスを通じて、基礎的な知識・技能を習得するとともに、実社会や実生活の中で、それらを活用しながら自ら問題を発見し、その解決に向けて主体的・協働的に探究し、学びの成果等を表現し、さらに実践に生かしていくことができるようにすることが重要である。

そのために必要な力を育むため、「何を教えるか」という知識の質や量の改善だけでなく、「どのように学ぶか」という学びの質や深まりを重視した学習・指導方法の改善、そして「何が身に付いたか」という学びの過程を含めた多様な学習成果についての評価の充実を一体的に推進することが必要である。

このため、今後は、以下に掲げる3つの観点から、直ちに取り組むべき改善方策から計画的かつ

着実に取り組むべき制度改革等を整理しながら、高等学校における教育改革を推進していく考え方が示された。

具体的には、①育成すべき資質・能力を踏まえた教科・科目等の見直しなどの「教育課程の見直し」を図るとともに、②アクティブ・ラーニングの視点からの「学習・指導方法の改善」と教員の養成・採用・研修の改善を通じた「教員の指導力の向上」、③学習評価の在り方の見直しや指導要録の改善などの「多面的な評価の推進」に取り組むこととされている（図1）。

特に、高等学校については、これまで生徒の興味・関心、能力・適性等に対応して、学校や学科、教育課程の多様化などが進められてきたが、学習意欲を含め、基礎学力の低い生徒も見られ、また大学入学者選抜機能の低下も進むなど、全国的に共通で対応すべき課題も明らかになっている。

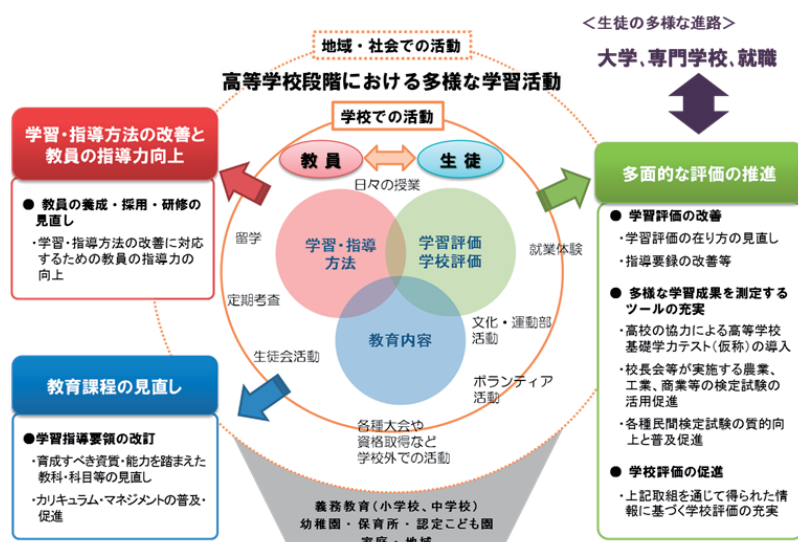


図1 高等学校教育の質の確保・向上に向けた全体的な取り組み

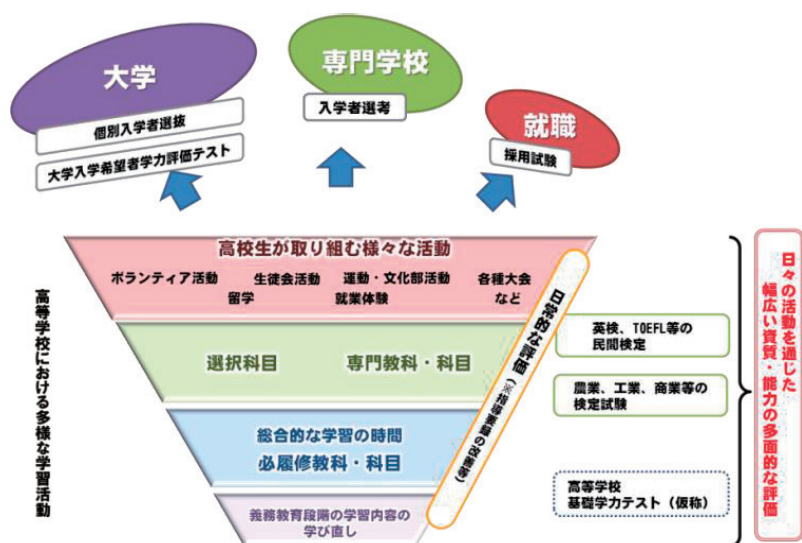


図2 高等学校における今後の評価の在り方

このため、上記③の「多面的な評価の推進」において、多様な学習成果を測定するツールを充実する観点から、校長会等が実施する農業、工業、商業等の検定試験の活用促進や各種民間検定の普及促進を図るとともに、高校生の学習意欲の喚起、学習改善を図るため、「高等学校基礎学力テスト（仮称）」を新たに創設する（図2）。

これらの3つの観点から取り組む改革をそれぞれ密接に関連付けながら、学校現場におけるPDCAサイクル（p.10、図3）の構築を図ることをもって、高等学校教育全体の質の確保・向上を実現することを目指す。

なお、①および②に関する改革については、中央教育審議会において中間的なまとめが行われ、引き続き審議が行われる予定である。高大接続改革の観点からは、今後、本「中間まとめ」における提言と相俟って、改革を推進していくことが重要であることが示されたところである。

2 ■ 教育課程の見直し

教育目標・内容と学習・指導方法、学習評価の在り方を一体としてとらえた学習指導要領の基本的な考え方として、育成すべき資質・能力を子供たちに確実に育む観点から、そのために必要となる学習指導方法や学習評価の充実を一体的に進める必要がある。

具体的には、すべての生徒が共通に身に付けるべき資質・能力を明確化し、それらを育む必修教科・科目等の改善を

図るとともに、教科・科目等間の関係性を可視化していくことが必要である。

また、必修教科・科目に関する見直しと併せて、選択科目や専門教科・科目についてもそれぞれ現状の課題を踏まえた改善を図る。特に理数教育については、数学と理科の知識や技能を総合的に活用して主体的な探究活動を行う選択科目を新設することなどが考えられる。

一方、学び直し等の多様な要請に応えるため、各高等学校が生徒の実態等を考慮して、学校設定教科・科目を設けることや、学習指導要領上の教科・科目等について標準単位数を増加して対応することなども、「カリキュラム・マネジメント」

の中で検討することが必要であることが確認されたところである。

3 ■ 学習・指導方法の改善と教員の指導力の向上

アクティブ・ラーニングの視点から学習・指導方法の改善が必要とされるなか、教員一人一人が自ら指導方法を不断に見直し、改善することが求められることを踏まえ、高等学校教員の資質の向上に向け、教員の養成・採用・研修の各段階を通じた抜本的な改革を行うことが確認された。

具体的には、教育委員会と大学等との協議・調整のため「教員育成協議会（仮称）」を設置し、「教員育成指標」の全国的整備や教育委員会による研修計画の策定等を行う。

また、養成段階においては、アクティブ・ラーニングの視点からの学習・指導方法の改善など新課題に対応した科目の設定や、学校現場体験による実践力の育成および適性確認等、大学教職課程に係る質保証のしくみを構築する。

採用段階については、特別免許状の活用等による多様な人材の確保の方策や、教員採用試験の共同作成に関する検討をする。

研修については、初任者研修や十年経験者研修において、アクティブ・ラーニングの視点からの学習・指導方法の改善など新課題に対応した研修の実施を図るとともに、管理職研修の改革として、体系的・計画的な管理職の養成・研修システムを構築するとともにこれらを支えるための基盤の整備を図ることが必要である。

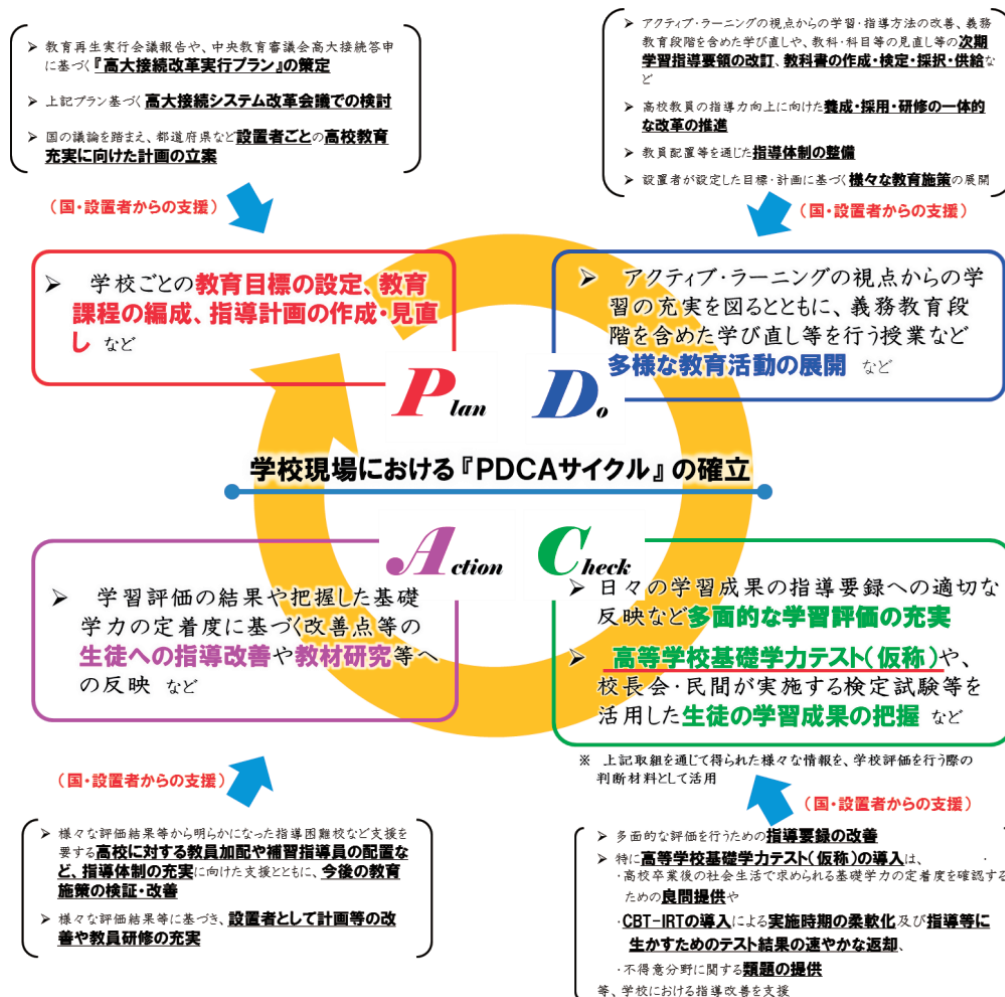


図3 高等学校基礎学力テスト（仮称）を活用した高等学校教育におけるPDCAサイクルの構築

4 ■ 多面的な評価の充実

指導要録の改善など学習評価の改善を図るとともに、校長会等が実施する検定試験や各種民間検定の普及促進に加え、「高等学校基礎学力テスト（仮称）」の導入を図るなど、多様な学習成果を測定するツールを充実することにより、生徒の多様な学習活動・学習成果を適切に評価するしくみを構築することが示されたところである。

5 ■ 高等学校教育におけるPDCAサイクルの構築

高校生が身に付けるべき基礎学力の確実な育成を図るためには、高等学校教育全体の質の確保・向上を図ることが不可欠であり、それを支えるしくみとして、新たに導入する「高等学校基礎学力テスト（仮称）」の活用も含め、学校における

「PDCA サイクル」を構築することが必要である（図3）。

6 ■ 高等学校基礎学力テスト（仮称）の導入

本「中間まとめ」においては、「高等学校基礎学力テスト（仮称）」の具体的なしくみについても示している。

その導入の目的は、高校生が身に付けるべき基礎学力の確実な育成に向けて、高等学校段階における生徒の基礎学力の定着度を把握および提示できるしくみを設けることにより、生徒の学習意欲の喚起、学習改善を図るとともに、その結果を指導改善等にも生かすことにより、高等学校教育の質の確保・向上を図ることにある。

なお、具体的な内容となる、対象教科・科目や出題・回答・成績提供方式、実施回数・時期・場所等の具体的なしくみなどは、次号で改めて紹介することとしたい。

Ⅲ 「高大接続改革」を契機とした大学教育改革

文部科学省 高等教育局 大学振興課課長補佐

北岡 龍也 / きたおか たつや

2005年4月に文部科学省に入省し、大臣官房政策課、科学技術・学術政策局基盤政策課、初等中等教育局教育課程課・国際教育課外国語教育推進室、文化庁政策課、大臣官房総務課法令審議室を経て、2014年4月より現職。各部署で、理数教育の推進や科学技術リテラシーの向上、学習指導要領の改訂や外国語教育の推進、美術品補償制度の創設等を担当し、現在は大学における国際連携教育課程（ジョイント・ディグリー）制度の創設や大学・大学院入学資格の見直し等、大学設置基準をはじめとする大学の諸制度を担当。



1 ■ 大学教育改革の基本的な考え方

高大接続改革は、高等学校教育および大学教育、そして両者の結節点である大学入学者選抜を一体的に改革することを企図するものである。大学教育改革に関しては、ディプロマ・ポリシー（DP）、カリキュラム・ポリシー（CP）およびアドミッション・ポリシー（AP）の一体的な策定・公表の義務付け、これら「三つのポリシー」に基づく卒業認定・学位授与、教育課程の編成・実施、入学者選抜の実施等、大学における教育活動の展開や、これら一連の教育活動を実行ならしめるための教学マネジメントの確立が謳われている。

しかしながら、これらの事項は何も目新しいものではなく、これまでいく度となく中央教育審議会をはじめとした各所で提言されたり、国の施策として実行に移されたりしてきたものである。また、各大学においては、その進捗の状況に差はあれど、よりよい大学教育を実現するために各般の施策に取り組んできたものである。したがって、このたびの高大接続改革の議論は、大学教育改革を中心に見た場合、これまで国や各大学が着実に取り組んできた事柄を強力に後押しするとともに、急激な少子化や国際化が進展する社会情勢を正面から受け止め、我が国の大学教育の水準が底上げされるよう改革の一層の加速を促すものとなっている。

本稿では、先般とりまとめられた文部科学省高大接続システム改革会議「中間まとめ」（以下「中間まとめ」という）をもとに、おもに三つのポリシーに関する事項および認証評価に関する事項について、提言の趣旨や今後の展望について

読み解いていく。なお、本稿における引用で特に言及がない場合は、すべて中間まとめからのものである。また、引用文中に付された下線は筆者によるものである。

2 ■ 三つのポリシー

(1) 三つのポリシーの意義

○ 各大学が教育を行う上で基本とすべきは、ディプロマ・ポリシー、カリキュラム・ポリシー、アドミッション・ポリシーの三つのポリシーとそれらの間の緊密な関係である。特に、各大学のアドミッション・ポリシーは、ディプロマ・ポリシー及びカリキュラム・ポリシーと一体的であると同時に、当該大学の入学者選抜方法に具体化されるものでなければならない。各大学では、これらのポリシーを、全学的なものとして、さらには個々の学部や学科等において、一体的に、かつ明確な内容を持つものとして策定するとともに、三つのポリシーに基づく充実した大学教育の実現に取り組み、責任を持って卒業生を社会に送り出す必要がある。

上記のとおり、三つのポリシーが大学教育を行う上での基本とすべきものであることが述べられている。そもそも三つのポリシーについては、「我が国の高等教育の将来像」（平成17（2005）年1月28日中央教育審議会答申）においても、「各大学は、入学者受入方針（アドミッション・ポリシー）

三つのポリシーの一体的な策定

高校までに培った力を、大学教育を通じて更に向上・発展させ、社会に送り出すため、次の点について一貫した観点が必要

- ①大学教育を通じて、学生にどのような力を身に付けさせて卒業させるか
- ②そのために、どのような教育を実施するか
- ③このような教育を実施するに当たって、どのような学生を受け入れるのか

入学者受入方針（アドミッション・ポリシー）と併せ、教育課程編成・実施の方針（カリキュラム・ポリシー）、学位授与の方針（ディプロマ・ポリシー）の一体的な策定の義務付け（平成27年度中に制度改正）

◎入学者受入方針（アドミッション・ポリシー）

各大学が、その教育理念や特色等を踏まえ、どのような能力や適性等を有する学生を求めているのか、どのように評価するのかを明確化。→これに基づく入学者選抜

◎教育課程編成・実施の方針（カリキュラム・ポリシー）

明確化された人材養成の目的や教育研究上の目的をもとに、各大学が、その達成に向け、体系的・構造的な教育課程を編成。→これに基づく体系的・構造的な教育課程の編成・実施

◎学位授与の方針（ディプロマ・ポリシー）

大学が学位を授与するにあたり、学生が大学教育を通じて修得すべき知識・能力等の到達目標を設定。→これに基づく卒業認定・学位授与

図1 三つのポリシーの一体的な策定

を明確にし、選抜方法の多様化や評価尺度の多元化の観点を踏まえ、適切に入学者選抜を実施していく必要がある。また、教育の実施や卒業認定・学位授与に関する方針（カリキュラム・ポリシーやディプロマ・ポリシー）を明確にし、教育課程の改善や「出口管理」の強化を図ることも求められる」とされており、従来その重要性が指摘されてきた。APに関しては、「大学入試の改善について」（平成12（2000）年11月22日大学審議会答申）においても、「入学者選抜において求める学生を見いだすためには、まず大学はそれぞれが特色ある教育理念等を確立することが必要であり、それに応じた入学者受入方針（アドミッション・ポリシー）を明確化し、対外的に明示することが求められる」とされている。

中間まとめの提言は、これらの大学改革に関する各般の提言を踏襲するものである。その上で、今般の中間まとめで特に強調されている点は、三つのポリシーを全学または学部・学科等の一定の単位ごとにまとまりのあるものとして策定すべきものとされていることである。これまで多くの大学において策定された三つのポリシーは、その内容が抽象的で実際の大学教育とのつながりが明確でないものや、DP、CP、APそれぞれが別の文脈で策定されたこと等により、相互の関係性が不十分なものがあったとの批判がある。中間まとめにおいてはこれらの点に留意し、三つのポリシーが緊密な関係性をもつべきことはもとより、三つのポリシーが各大学の実情に応じ適切な単位ごとに設定されるべきこと、策定したポリシーに基づく大学教育が実現されるべきことについて

述べられている。

(2) 三つのポリシーに基づく教学マネジメントの確立

- 特に、今後大学においては、多様な背景を持つ高等学校卒業生だけでなく、留学生や学び直しを希望する社会人を含め、これまで以上に多様な学生を受け入れ、教育を行い、社会に送り出すことが重要であり、そうした多様な学生の存在を前提とした大学教育の充実に向け、学長のリーダーシップの下、三つのポリシーを全ての教職員が共通理解し、連携して取り組むとともに、その成果を実証的に把握し、不断の改善につなげることが重要である。

三つのポリシーは、単に策定することが目的ではない。言い換えれば、型に沿った「きれいな」ポリシーを作ることに意味があるのではない。むしろ重要であるのは、ポリシーを策定するに至るまでの学内における議論と、その議論を契機とした共通認識の醸成である。すなわち、自身の大学の特色は何であるのか、今後どのような学生を育て、社会に送り出していくのかということなどについて、学長のリーダーシップの下で学内の全教職員が一丸となれるよう、徹底した議論を重ねていただくことが重要である。

また、その際、大学の教員のみならず、事務職員や技術職員なども参画することが強く望まれる。「大学のガバナンス改革の推進について（審議まとめ）」（平成26（2014）年2月12日中央教育審議会大学分科会）においても述べられているように、大学を取り巻く内外の情勢変化に適切に対応す

三つのポリシーに基づく大学教育への質的転換（イメージ）

- ◆三つのポリシーの一体的な策定を法令上位置付け
- ◆三つのポリシーに関するガイドラインの策定
- ◆三つのポリシーに基づく教学マネジメントの確立

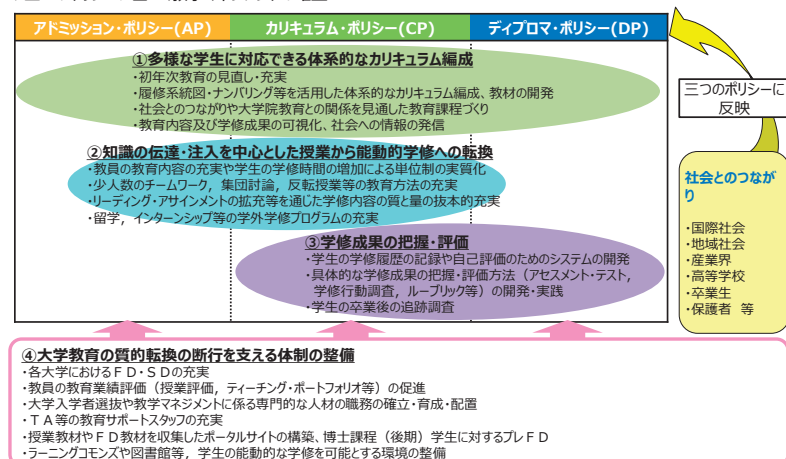


図2 三つのポリシーに基づく大学教育への質的転換（イメージ）

るためには、学長のリーダーシップが十分に発揮されることが重要であり、それを支えるため高度な専門性を有する人材の活用や事務職員の高度化による教職協働の実現が不可欠である。中間まとめにおいて以下のとおり述べられているように、高大接続改革の視点に立てば、多様な入学希望者に対する入学者選抜や多様な学生に対するカリキュラム編成と学修の支援等を実現するためには、それぞれの役割に応じた専門的な人材の職務を確立し、それらの人材を育成・確保することが重要となる。

<充実した大学教育の実践を支える体制の整備>（抄）

- ・多様な学生の能動的学修の支援・推進や単位制度の実質化等に向けたファカルティ・ディベロップメント(FD)の実施と充実、大学間共同のFD拠点の整備、大学教員を目指す大学院生を対象としたプレFDの実施
- ・教学マネジメントの確立に資する、教職員に対するスタッフ・ディベロップメント(SD)の実施と充実
- ・多様な入学希望者に対する入学者選抜、多様な学生に対するカリキュラム編成と学修の支援、インスティトゥーショナル・リサーチ(IR)等に係る専門的な人材(アドミッション・オフィサー、カリキュラム・コーディネーター、インスティトゥーショナル・リチャーチャー(IRer)等)の職務の確立・育成・配置
- ・ティーチング・アシスタント(TA)等の教育支援スタッフの充実

加えて、三つのポリシーに基づく教学マネジメントを実行ならしめるためには、学生の学修状況や成果の把握と可視化をはじめとして、エビデンスに基づくPDCAサイクルを確立すること、そのための専門的な人材を育成・確保することが重要であることについても、中間まとめにおいては言及されている。しかしながら、一方で、学生の学修状況等に関する全国的なデータは整備されておらず、今後、各大学におけるエビデンスに基づくPDCAサイクルの確立に資するため、中間まとめにおいては、国に対し「大学における能動的な学修の状況や学生の学修時間の実態等についての全国的な状況を、特に学生に対して調査」することについて提言している。

(3) 三つのポリシーに関する法令上の位置付けとガイドライン

- 各大学に対し、上記の三つのポリシーを一体的に、かつ明確な内容を持つものとして策定することを求めるに当たって、その法令上の位置付けについて明確化する。
- 三つのポリシーについては、既にその策定に取り組んでいる大学も多い一方で、その内容については、抽象的な文言にとどまるものや、相互の関連性が意識されていないものなども多く、全体として、大学教育の指針として十分な役割を果たしているとは言い難い。また、三つのポリシー、さらにはアドミッション・ポリシーと入学者選抜方法との関係が不明である大学が多く見られる。

○ 大学教育の充実のためには、各大学における三つのポリシー、及び入学選抜方法を一体的に、充実したものととして策定することが重要であり、そのためには、三つのポリシーについて、その策定を法令上義務付けることとあわせて、国において三つのポリシーの策定と運用に関するガイドラインを策定することが効果的と考える。

現在、学校教育法施行規則において、「入学者に関する受入方針」の公表が各大学に義務付けられている。このため、公表の前提として当然に「入学者に関する受入方針」は策定するものとされている。一方、DPおよびCPについては同令において規定されていない。この点について、①APのみならずDPおよびCPについても策定し、公表することを法令上明確化するとともに、②三つのポリシーが一体的に、かつ明確な内容を持つものとなるよう、省令の規定を見直すことが中間まとめでは提言されている。

また、法令上の義務付けに加え、各大学が三つのポリシーを策定し、ポリシーに基づく大学教育を実現するに当たって参考になるものとして、三つのポリシーの策定と運用に関するガイドラインを国が策定することについてもあわせて提言されている。

先に述べたとおり、三つのポリシーは単に策定することが目的ではない。このため、中間まとめで提言されている三つのポリシーの策定・公表の義務付けや国によるガイドラインの策定は、各大学の策定する三つのポリシーが特定のパターンに収斂されることや、各大学の取り組みが一定の方向に並ぶことを企図するものではないことに留意しなければならない。各大学の置かれる状況は千差万別であり、また、各大学の特色はそれぞれである。育成すべき人材像は大学ごとに異なるであろうし、その出口に至るまでのカリキュラムは各大学の教育研究資源の強みを生かしたものとなるであろう。そのようなカリキュラムを乗り越えていくために、入学時点で必要とされる資質・能力もさまざまであるはずだ。この点について大学自身が自覚を持つことにより、大学教育の改善を図ることが何よりも重要であり、中間まとめで提言された三つのポリシーの策定・公表の義務化およびガイドラインの策定はそれに資するものとなるよう、中央教育審議会大学分科会において具体化に向けた議論が進められているところである。

3 ■ 認証評価の改善

○ 大学教育が新たな時代に向けて実効性をもって質的に転換していくためには、一体化した三つのポリシー、それを直接反映した新しい大学入学選抜方法・実践、三つのポリシーや社会との関係も踏まえた各大学の教育への取組についての新しい評価が必要である。

○ (略) 認証評価については、今後は、大学として求められる最低限の質の確認のみならず、大学教育改革や大学入学選抜改革、さらには改革後の大学の教育研究機能の高度化に、より積極的な役割を果たすものとすることが重要である。あわせて、大学についての情報を社会に明確に伝え、その実態に即した適正な社会的評価の確立にも資するものとすることが重要である。

これまで述べてきた三つのポリシーに基づく大学教育を実現するためには、各大学においてPDCAサイクルを確立し、大学自らがその不断の改善に努めることが必要である。もとより、学校教育法に規定されるように、大学におけるPDCAは、自己点検・評価が基本である。また、同法においては、各大学の自律的な自己点検・評価に加え、認証評価の受審についても義務付けられているところである。

中間まとめにおいては、認証評価制度の改善として、高大接続システム改革の目的と内容を実現する新しい認証評価制度の具体化や、新たな時代潮流を見据えた各大学の大学教育改革や大学入学選抜改革の取り組みを適切に評価し、更なる取り組みの充実につなげるための評価方法の具体化等について言及されている。これは、各大学に受審が義務付けられている認証評価において各大学の取り組みを確認することで、三つのポリシーに基づく大学教育を実行ならしめることを目的とするものであるが、その前提として、各大学における自己点検・評価において適切に取り扱うことにより、各大学が自主的・自律的にPDCAサイクルを確立することが肝要であることに留意すべきである。認証評価（機関別評価）は7年に1回のサイクルで受審するものであるが、その間の各大学の取り組みについては、自己点検・評価において各大学が自ら検証し、不断の改善に努めるべきである。❖

第3回

素数の響き



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。

リズムと素数

皆さんは3拍子のワルツは好きですか？ 私はワルツの独特の新鮮さや軽やかさ、身体や心が揺れるような情感が大好きです。一方、2拍子、4拍子の曲は概して整理されたシンプルな美しさ、真摯さがあるように感じます。

他方、アフリカの音楽は、古くから西洋音楽と異なり、2拍子と3拍子を同時に共存させるタイプの音楽です。例えば、ベースは1小節を4つに分ける一方、ドラムは1小節を3つに分けるなどにより、素数2のグループと素数3のグループが混在します。すると、人は眩暈めまいのような浮遊感を感じ、リズムの渦に巻き込まれるのです。前世紀、アメリカの黒人たちは、故郷アフリカのリズムに思いを馳せながら「ジャズ」を生み出しました。ジャズにおけるスウィング感とは、まさ

に2と3が融合したアフリカのリズム感覚だと私は考えています。スウィングにおいては、4拍子であっても、1曲・1章・1フレーズ・1小節・1拍・一瞬の中に「3（分割）」が紛れ込みます。それは、まるで振り子時計のように人々の（「2」に慣れた）感覚を揺らし、理路整然とした「2」の常識から人々の心を開放させるのです。

インドネシアのバリ島の男性合唱ケチャでは、4拍子を5、6、7個に分けたり、リズムを $\frac{1}{16}$ ずらしたり、と更に複雑なポリリズム（複数の異なるリズムが同時に用いられること）の中で陶酔状態に入ります。インドや中欧の音楽も面白いです。例えば、ルーマニアのドラキュラ誕生の地トランシルバニアの伝統音楽には、7拍子(3+2+2)や10拍子(4+3+3)、11拍子(4+3+4)のリズムが現れます。トルコのウズールやインドのターラというリズムでは、最大なんと128拍までの周期の複雑なパターンで楽曲が演奏され、数の魔法で私たちの感覚を感わせます。

一方、日本の『あんたがたどこさ』は、4、2、3、3、4、2、…という変拍子ですが、歌の節に合わせていれば自然と身体に入ってきますね。そもそも民族音楽では、1拍の長さがばらばらだったり、拍に訛りがあったりすることもしばしば（2拍目が少し長い、など）。日本では、雅楽の世界のように拍子という概念がほぼなく、長い1拍や「間（ま）」の中に音楽を感じるという独特な感覚もあります。

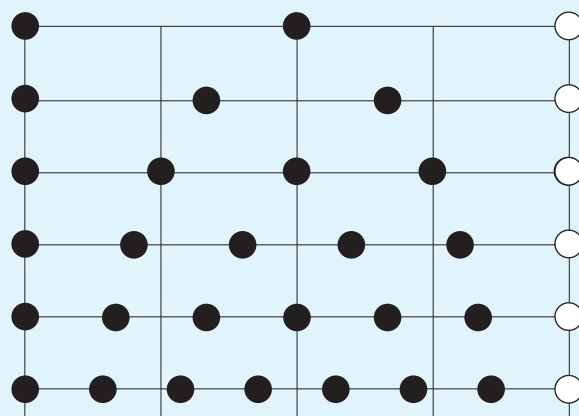


図1 4拍子（1小節）を2,3,4,5,6,7拍に分割したようす

西欧クラシック音楽のリズムはおもに2と3により独立に支えられてきましたが、素朴な5、変わった7や気難しい11たちが織りなすリズムの世界は、また少し違った味わいを醸し出します。そうしたリズムが身体の中に入り込み、身体の奥から湧き出すまで慣れてしまえば、私たちの音楽も

ぐんと広がりを増し、新しい音楽が生まれるはずです。

夕焼けの音楽、不安と希望の音楽、青春と郷愁の音楽、泥
 泥した怨念と優しさを表す音楽、…。音楽は表現したい心の
 風景に応じて、自由自在に変幻します。そんな変幻の魔法の
 中で、素数が密かに果たす役割も大きいのです。

音律と素数

リズムだけでなく、音律（音の高さの選び方）においても
 素数は個性を発揮しています。

前回お伝えしたように、音は空気の波であり、振動数（1
 秒間に生じる波の数）により音の高さは決まります。ドの2、
 3、5、7倍音（振動数2、3、5、7倍の音）は各々ド、ソ、ミ、
 シ♭であり、この4音はセブンスコードと呼ばれる、ブルース
 でよく使われる和音となります。ドに対し、3倍音のソは
 親しく協和し、5倍音のミは明るい新しい色合いを与え、7
 倍音のシ♭は独特のもの悲しさを与えます。きっと素数ごと
 に響きの特徴があり、無数に溢れる素数たちの響きは永遠に
 響き合うシンフォニーを奏でているのでしょう。

さて、西洋音楽では、おもに素数2と3により独立に支
 配されてきたリズム同様、音律でも素数として2と3のみ
 を利用したピタゴラス音律が中世西洋音楽を支配しました。

ピタゴラス音律とは、どんな音律でしょうか。

例えば、ドの振動数を3倍にした後、1オクターブ下げ
 る（振動数を半分にする）とソ（ $\frac{3}{2}$ 倍）になります。ソを
 3倍にした音を2オクターブ下げるとレ（ $\frac{9}{8}$ 倍）、レを3倍
 にした音を1オクターブ下げるとラ（ $\frac{27}{16}$ 倍）、ラを3倍に
 して2オクターブ下げるとミ（ $\frac{81}{64}$ 倍）となります。このよ
 うに、実質3倍音を積み上げていく（オクターブの差を除く）
 のがピタゴラス音律です（表1）。

表1 ピタゴラス音律 素因数は2と3のみ。^{*1}

音名	ド	レ	ミ	ファ	ソ	ラ	シ	ド
振動数比	$\frac{1}{1}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{81}{64}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{27}{16}$	$\frac{243}{128}$	$\frac{2}{1}$

ドから3倍音を積み上げると、図2のような12個の音
 名が順に並びます。

これこそが、ピタゴラス（紀元前582～紀元前496年、
 ギリシャ）が発見したピタゴラス音律のフルバージョン！で

ド→ソ→レ→ラ→ミ→シ→ファ♯→ド♯→ソ♯（ラ♭）
 →レ♯（ミ♭）→ラ♯（シ♭）→ミ♯（ファ）→ド

図2 ピタゴラス音律：3倍音堆積による12音 ドから $\frac{1}{3}$ 倍音を積み上げると、ド→ファ→シ♭→ミ♭→…となる。

す。特に最初の5音を抜き出した、ドとソとレとラとミ（ド
 レミソラ）は、旋律的に美しく素朴に響き合うため、ペンタ
 トニックあるいはヨナ抜き音階と呼ばれ、世界中の童謡や民
 族音楽の中で効果的に使われています。例えば、『赤とんぼ』
 は、まさにこの5音しか利用していません。

他にも、さまざまな名曲（『上を向いて歩こう』『蛍の光』
 など）でこの5音は効果的に使われています。3倍音の堆
 積により生まれる最初の5音を利用することで、安心感の
 ある、素朴で懐かしい味わいが得られるのです。

しかし、ピタゴラス音律には2つ大きな欠陥があります。

第一は、ド→ソ→レ→…と12回音を積み上げたとき、正
 確にはドには戻らないということです。3倍を12回繰り返
 すと、 $3^{12}=531441$ となりますが、これは $2^{19}=524288$
 （19オクターブ上のド）に極めて近いものの微妙に異なり、
 正確なドには戻らないのです。そのため、ピタゴラス音律を
 12音で完結させるためには、どこか図2の隣り合う2音の
 間を縮める必要があり（例えばソ♯とミ♭の間）、その2音
 は汚く濁ります。

第二は、ピタゴラス音律では、「ドとミの響き」が $\frac{5}{4}$ では
 なく $\frac{81}{64}$ という「あまり美しくない比」になっており、中世
 西洋ピタゴラス音律の「ドミソ」はあまり美しい和音ではな
 い点です。そのため、西欧では、中世までは和声音楽は発展
 せず、旋律的な教会音楽（グレゴリア聖歌）が中心として発
 展しました。

ルネサンス期初頭、徐々に民衆は封建的な支配に嫌気がさ
 し、自由を求めました。その中で、一部の人々はケルト音楽
 の中から、耽美的で明るい「ミ」（5倍音）を発見し、大陸
 に持ち帰り、新しい音律：純正律を生み出しました（表2）。
 5倍音の「ミ」の響きは、封建的社会から飛び出そうとする
 時代の欲求に合致し、ここから、美しいドミソの響き（4:5:
 6の和音）を基調とする、和声的で官能的な音楽の歴史が花
 開いたのです。ルネサンス時代の発展と5倍音の発見は、
 深く関連があります。5倍音の発見がなければ、モーツァル
 ト（1756～1791年、オーストリア）の音楽も生まれなかつ

表2 純正律音律 素因数は2と3と5のみ。*2,3

音名	ド	レ	ミ	ファ	ソ	ラ	シ	ド
振動数比	$\frac{1}{1}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	$\frac{2}{1}$

たでしょう。

ところが、 $\frac{5}{4}$ を取り入れた純正律にも致命的な欠陥があります。例えば、レ：ラの振動数比は $\frac{3}{2}$ ではなく $\frac{40}{27}$ であり、レを基音とする調へ転調すると、「汚い」音楽となります。

こうした欠陥を埋めるため、多くの音楽家や数学者がさまざまな音律を生み出してきました。バッハ（1685～1750年、ドイツ）は作曲の際に音律も指定して自身で調律をしたといわれていますし、数学者オイラー（1707～1783年、スイス）は実際に音律についての論文も書いています。

その中で、数学者メルセンヌ（1588～1648年、フランス）は、「12音平均律」を提唱します。12音平均律とは、1オクターブ（振動数2倍）を、対数をとって12等分した音階であり、半音の比はすべて $(^{12}\sqrt{2}) = 1.0594\cdots$ 倍となります（表3）。

12音平均律では、ドとソの比 $(^{12}\sqrt{2})^7 = 1.4983\cdots$ は $\frac{3}{2}$ 倍より少し狭く、ドとミの比 $(^{12}\sqrt{2})^4 = 1.2599\cdots$ は $\frac{5}{4}$ 倍より少し広く、いずれも無理数であり美しくは響きません。しかし、産業革命後、ピアノの大量生産に伴い（耳の快楽性への欲求を上回る「機能性、汎用性」のニーズに応えるため）、今や12音平均律はほぼすべてのピアノや音楽に適用されるようになりました。

表3 12音平均律

音名	ド	レ	ミ	ファ	ソ	ラ	シ	ド
振動数比	1	$(^{12}\sqrt{2})^2$	$(^{12}\sqrt{2})^4$	$(^{12}\sqrt{2})^5$	$(^{12}\sqrt{2})^7$	$(^{12}\sqrt{2})^9$	$(^{12}\sqrt{2})^{11}$	2

1 オクターブの間にはなぜ音が12個あるの？

現在私たちの身のまわりの音楽では、通常、1オクターブの間に12個の（異なる音名の）音があります。ところで、そもそもなぜ「12」が選ばれたのでしょうか。偶然でしょうか。

実は、12が選ばれた背後には、そっと数学が潜んでいます。

まず、N音平均律で3倍音を近似するとは、3を2の $\frac{M}{N}$ 乗（N,Mは自然数）で近似することです。対数を取ると、 $\log_2 3$ を $\frac{M}{N}$ という分数で近似することになります。

一方、数学的には、 $\log_2 3$ の「良い近似分数」は、分母が小さいほうから順に、 $1, 2, \frac{3}{2}, \frac{8}{5}, \frac{19}{12}, \frac{65}{41}, \frac{84}{53}, \cdots$ であり、特に良い近似分数は $\frac{19}{12}$ と $\frac{84}{53}$ です。つまり、オクターブを12音や53音で割ると、19番目や84番目は3倍音のソに近い音になるのです。

つまり、人間は、「1オクターブを12で割ると、途中に、美しく響く（3倍音のソに近い）音がある」という数学的事実を無意識のうちに聴き取ったからこそ、「12」を選んだのだと考えられます。このように、人の耳や心は、数学的美に知らず知らずのうちに影響されているのです。

なお、インドネシア・マレーシアの器楽合奏であるガムランは、ほぼ5音平均律で調律されています。また、19世紀の数学者兼音楽家ポーザンケット（1841～1912年、イギリス）は、なんと53音平均律の鍵盤楽器を発明しました（図3）。でも、10本の指でひくのはたいへんそう…。とはいえ、いつか演奏してみたいものです。



図3 53個の鍵盤があるピアノ

次回は数学に魅惑された音楽家・芸術家を紹介します。❖

補注

- ※1 ピタゴラス音律のド：レ，レ：ミ，ファ：ソ，ソ：ラ，ラ：シの振動数比は、すべて8：9になっています。
- ※2 純正律のド：レ，ファ：ソ，ラ：シの振動数比は8：9ですが、レ：ミ，ソ：ラの振動数比は9：10になっています。
- ※3 時代や場所は変わりますが、古代ギリシャや20世紀、はたまたアラブや東洋では、7や11といった素数を用いた音律もあります。

第3回

人と人とのつながり



大阪大学全学教育推進機構 講師

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)。2007年名古屋大学大学院情報科学研究科研究員、2008年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、特任助教を経て、2014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。

たちつてとなかにはいれ

「たちつてとなかにはいれ」という言葉があります。これは会話に困ったときに役に立つ話題（食べ物、地域、通勤・通学、天気、富（景気）、名前、体、ニュース、はやり、異性、レジャー）の頭文字を並べたものです。多くの人が共通の話題を見つけることに苦労しているからこそ、こうした言葉が存在するのでしょう。かく言う私もその一人です。

特に初対面の人と話すときに、「相手との共通の話題や経験を自動で発見することができたらなあ」と思うことがあります。では実際に、共通の話題を発見するサービスがあったら、私たちのつながりはどう変化するのでしょうか。今回は、話題発見サービスを描いた作品をヒントに、この疑問について考えていきます（「作品の概要」参照）。

現代の私たちとのつながり

会話の詳細が伝えられず残念です。毎回のことですが、今回もぜひ原作をお読みください。

さて、この共通の話題を発見するサービスについて、皆さんはどのように感じたでしょうか。実は、この作品は1970年代に書かれました。そのため、情報社会となった現代から見れば、幾分時代遅れに感じた方もいると思います。

例えば、現在、ソーシャル・ネットワーキング・サービス（SNS）は、ナンバー・クラブ以上の役割を果たしています。SNS上で共通の話題を見つけた後で初めてオフラインで会ったり、会話している最中に相手のSNSへの投稿をチェックして話題にしたりする人もいるでしょう。それどころか、ナンバー・クラブと同じような会話を、対面ではなくオンライン上で楽しむ機会のほうが多いと思います。

SNSの急速な普及を見る限り、時代が変わっても人と人をつなぐサービスは変わらずに求められ、実際に素晴らしい効果を生んでいるようです。その一方で残念ながら、この作品で描かれた不安も現代に当てはまるように見えます。しかもオンライン・サービスであるSNSでは、オフライン・サービスであるナンバー・クラブに比べ、いくつかの特徴がより顕著になっているようにも見えます。

以下では、ナンバー・クラブが人と人とのつながりにもたらした影響をヒントに、SNSについて考えていきます。

1 新しいつながりが生まれる

ナンバー・クラブの会員になると、誰とでも新鮮で、驚きがあり、刺激的な話題で、はずむ会話を楽しむことができます。口論や議論になることもありません。これまで見逃していた会話の機会やつながりを得ることができ、今よりもっと人生を楽しめるようになります。

SNSはより簡単です。オンラインであれば、気になる話題について発言している人を、いつでもどこでも世界中から探し、会話を楽しむことができます。例えば、スポーツ観戦などをオンラインの仲間と楽しむ人も多いでしょう。このようにSNSは、新しいつながりを大幅に増やしています。

2 会員と非会員がつながれなくなる

新しいつながりが生まれる一方で、エヌ氏と友人のように、会員と非会員との相互理解が難しくなり、社会が分断されてしまう可能性もあります。特に問題なのは、本人たちの意思

作品の概要 「ナンバー・クラブ」 星 新一

『かぼちゃの馬車』（新潮社）収録

出張先で、エヌ氏は食事をすませ、何もすることがなくなった。そこで彼は、ナンバー・クラブに行くことにした。そのドアを開ける瞬間、彼の胸は期待で高鳴る。

ナンバー・クラブは会話を楽しむ場所だ。机の上には、中央コンピューターセンターにつながった装置が置いてある。机に座った人々が、その装置にそれぞれの会員証を差し込み、会員番号を入力することで、センターに保存された会員の過去の記録がよびさまされる。装置は、それらの記録を照らし合わせ、共通した事項のうち最も新しい部分を同席者に知らせる。その際、情報不足さえなければ、口論の種になりそうな事項は自動で回避される。この科学の成果は、初対面どうして共通の話題を探すという面倒を解消してくれるのだ。

この話題発見サービスへの加入は、政府による強制ではなく、任意である。経歴の登録は簡単だ。専門家が会員を催眠に似た状態にし、順次に過去の記憶を手繰りだし、それを整理し記録する。その後は、会員が定期的に新しい経験をセンターに送る。当然、情報の漏えい対策はしてある。会員の資格は35歳以上。社会体験が少ないと、共通の話題も少なくなり、利用価値が乏しいからだ。

エヌ氏は、今日もクラブで初対面の会員と意気投合し、サービスの素晴らしさを語り合った。

「このナンバー制度を拒否して入会したがない人がいるそうですが、どういうつもりなんでしょうな。プライバシーがどうのこうのと言う人がいるが、それを秘密にしつづけ、としをとり、死んでしまうなんて、意味のない人生です」、「プライバシーだって、情報の集積、一種の財産ですよ。それを有効に使わないという法はない」、「ナンバー制とこの装置のおかげで、わたしたちはここで過去を共有できた。人生がそれだけさびしくなくなる」。

とは関係なく、会員になれる条件（年齢制限、会費の高騰など）次第で、新たな分断が人為的に生まれる危険性があることです。以前からデジタルデバインド*が問題になっていますが、それと似た問題をはらんでいるといえるでしょう。

SNSでも、ナンバー・クラブと同じように、特定の情報機器やアプリケーションのユーザーか否かで分断が生じます。例えば、子供たちが保護者の利用していないSNSを使うことにより、子供たちの交友関係に保護者の目が届かな

楽しい時間は過ぎ、エヌ氏はホテルに帰ることにした。その途中、エヌ氏の親類と結婚した学生時代の友人に出会った。一杯飲むことになり、エヌ氏はナンバー・クラブへと誘った。しかし友人は、会員ではないことを理由に断り、別のバーに入ることになった。

エヌ氏が「仕事はどうだい」、「奥さんは元気かい」と尋ね、友人が適当に答える。そして、それだけで話題がつきてしまった。エヌ氏はクラブで盛り上がったギリシャ旅行の話をしたが、友人は「ぼくは行ったことない」と、話は発展しない。エヌ氏はクラブで出会った連中をなつかしんだ。話題が新鮮であり、驚きがあり、刺激的だった。

エヌ氏は友人にナンバー・クラブへの加入をすすめた。しかし友人はプライバシーを大切にしたいという理由で断る。プライバシーこそ自分だけのものであり、それを他人にまかせたら、ずるずると自分が自分であることを失ってしまうと、友人は言う。エヌ氏は、どう悪くなるのかを問うが、友人は「はっきりとはわからないが、いいことではないような気がするんだ」と答える。話はかみあわなかった。

エヌ氏は思う。友人とは親しい仲のはずなのに、話はずまないばかりか、議論になってしまう。どういうことなのか。ナンバーのないやつと共通の話題を見つけるのは一晩かかってもできない。仮にできたとしても疲れるし、最良の話題とは限らない。プライバシーにこだわって、人生をつまらなくすぞ、かわいそうなやつだ。

友人と別れたエヌ氏は、ナンバー・クラブにもどることにした。「また、もどってきたよ。ねる前にいい気分になりたいんでね」と、エヌ氏はボーイに言い、客のなかのひとりに声をかける。誰でもいいのだ。ナンバーと装置さえあれば、誰とでもすぐ親友になれる。

エヌ氏は会員証を入れ、ナンバーを押す。その指は禁断症状がおこりかけているかのように、ふるえている。

くることが問題視されることもあります。

③ 友人像やつながり方の作法が変わる

最後の場面で、エヌ氏は「誰とでもすぐに親友になれる」と言っています。私はこの言葉に違和感を覚えます。親友は誰でもよいのか、すぐになれるものなのか、と考えていくと、どうも私の考える親友とずれているのです。エヌ氏にとって親友は、新鮮で、驚きがあり、刺激的な会話をともに楽しむ相手のようです。その目的のためには、初対面の人物のほう

がふさわしいでしょう。一方、私の考える親友は、時間をかけて信頼関係を築いた特定の人物を指します。エヌ氏から見れば、私の考える親友は陳腐な話題しかもたらさないつまらない人物となるでしょう。

ここで重要なことは、どちらが正しいのかということではなく、ナンバー・クラブのような新しいサービスの登場によって、私たちが考える望ましい友人像やつながり方の作法が容易に変わり得るということです。作中にあるエヌ氏の「親しい仲のはずなのに」という発言は、彼自身もその変化に初めて気づいたという驚きも含んでいるように思います。

同様に SNS というサービスも、私たちの友人像やつながり方の作法を変化させる可能性があります。例えば、SNS 上で「つながっている」ことに安心して、小・中学生の子供が深夜に出歩くことを容認する親が増えているという報道があります。ここからは親子のような伝統的な人と人とのつながり方の作法が、SNS という新しいサービスによって変化しつつあることがうかがわれます。

④ サービスを介したつながりへの依存が高まる

エヌ氏は、ナンバー・クラブ内での会話の楽しさを知ったために、クラブ外での会話に不満を抱くようになりました。仮に時間の量だけで考えた場合、人生ではクラブ内よりクラブ外で過ごす時間のほうが長い場合、会員になることで、かえって不満な時間は増えるでしょう。そしてその不満は、彼を一段とクラブへと駆り立てると予想されます。人は、一度楽しさを覚えると、戻れなくなることが多々あるのです。

同様に SNS でも「SNS 依存症」と呼ばれる現象が指摘されています。しかも SNS はナンバー・クラブと比べて、時間的・空間的な制約が少なく、いつでもどこでも利用することができます。これは素晴らしい特徴ですが、一方で SNS 依存を促進する特徴でもあります。

ただし限界はあります。つながる人数や接触頻度が多くなれば、それを維持する精神的・身体的疲労も大きくなるからです。実際「SNS 疲れ」と呼ばれる現象もあります。

⑤ 似た経験や考えの人どうしのつながりが強まる

ナンバー・クラブでは、他者との会話といっても共通の話題を持つ人物であり、また口論になりそうな話題は避けられるため、異なった考えに触れる機会は限られています。

SNS でも自分と似た意見を持つ人の情報を選択的に読むことができます。そのため多くの人とつながるといっても、

自分と異なる考えの人を避けている可能性があります。その結果、自分と似た意見を見聞きすることになり、意見が偏ったり、極端になったりするといわれています。特に誹謗や中傷でこの現象が起きると問題です。

この特徴が極端になると、②で触れた「会員と非会員の分断」にとどまらず、ユーザーどうしの分断が生じる可能性があります。ナンバー・クラブでは、基本的に偶然居合わせた人と会話をします。しかし SNS では、特定のひととのつながりを継続し、グループをつくって会話を楽しむことのほうが多くなります。その結果、グループ・メンバー内での会話に終始し、グループの外と分断されることが考えられます。これは公共的な問題について、異なった意見を持つ人との対話が必要な場合に問題になります。

科学技術と社会の相互作用

このように SNS は、つながりを生み出す一方で分断しているようにも見えますし、つながりを弱める一方で強めるようにも見えます。どうやらオフラインを自然な状態として人と人とのつながりを考えることが、SNS をはじめとするオンラインの発達により難しくなっているようです。

加えて、オンラインとオフライン、さらにはオンラインでも複数のユーザー名で言動を使い分ける人もいます。このように複数の人格が相互に関係しながら、同時進行している状況は、作中で友人が懸念した「自分を失う」状態なのかもしれません。しかし未来から振り返れば、「自分が自分である」という感覚自体が、特殊な環境や時代でしか成り立たない感覚だったのかもしれません。

人や社会が科学技術をつくり、利用しているつもりが、いつのまにか科学技術によって人や社会が変えられることもあります。科学技術と社会は相互作用しながら進展していくのです。今回はそのごく一部を示しましたが、単純化したこともあり、当然異なる見方もあると思います。作品を読みながら、SNS が私たち自身やそのつながりをどう変えているのか、一度見直してみてもいいでしょうか。❖

補注

※ デジタルデバインド (digital divide) とは、インターネットやパソコン等の情報通信技術を利用できる者と利用できない者の間に生じる格差 (情報通信白書平成 25 年度版「用語解説」) のことを指す。

第3回

人類の進化と拡散の歴史



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。

「直立二足歩行」は草原で始まった？

この連載のテーマは「ヒトの生物学を教えよう」ですが、そもそも「ヒト」とは何でしょうか。また、ヒトはどこまで他の生物と違うのでしょうか。今回はそんなことを、人類の進化と拡散、そして人種という切り口で考えてみようと思います。

「ヒト」とは何か、については高校教育では生物や世界史で記述が見られます。世界史では、先史時代として人類進化の歴史が概観されていますが、種を表す「ヒト」という表現は登場せず、羅列的な扱いです。生物では、「ヒト」とはホモ・サピエンスのことであり、特徴として直立二足歩行や脳の大形化、眼窩上隆起の退化、おとがいの発達などの特徴が取り上げられています。しかし、その扱いもやはり羅列的な知識

を暗記するだけになりがちで、そもそもなぜそれらの特徴が獲得されてきたのかについて、進化的な視点で考えるような構成にはなっていません。そこで、ヒトのさまざまな特徴が進化の過程でどのように獲得されてきたのかを考えてみることにしましょう。

まずは、人類の大きな特徴である「直立二足歩行」についてです。従来の説は、アフリカ大陸の東側で乾燥化が進み、森林が草原になることによって、もともと森林に棲んでいた類人猿が草原直立二足歩行を始めたというものです。確かに、直立二足歩行により草原においては周囲を見渡しやすくなるなどの利点が考えられ、自然選択の観点からも妥当な説に思えます。しかし、近年この「定説」は大幅な修正を迫られることになりました。アルディピテクス・ラムダスという新たな人類の化石が発見され、その足の骨を見ると、指が長く、手とそっくりなのです。これは、「把握性」に優れていると考えられ、樹上生活を送る現生のチンパンジーなどとも共通の特徴です。一方で、大後頭孔の位置や骨盤の形から、直立二足歩行もしていたようなのです。つまり、この化石から、森林にいるときにすでに直立二足歩行が始まっていたということが明らかとなったのです。森林で直立二足歩行を行う利点として、一つには、直立二足歩行により自由になった前肢を使って食糧などを運搬しやすくなったという説がありますが、他にもさまざまな可能性が推測されています。人類進化はまだまだ未知のことが多く、常識を覆す大きな発見も相次いでおり、とてもエキサイティングな分野の一つです。

「ヒトらしさ」と自然選択

一般に生物の進化を考える際に自然選択の視点が有効です。自然選択とは、遺伝子の突然変異などによりさまざまな形質を持つ個体が生じ、そのときの環境（非生物的環境だけでなく他の生物も含む）において有利なものが選択されるということです。それでは、自然選択の視点からヒトの持つ特徴について考えてみることにしましょう。

森林で直立二足歩行を始めた人類も、さらなる乾燥化が進み、やがて本格的に草原に進出していきました。森林に比べて食糧が乏しい草原では、いかにして食糧を獲得するかが大きな問題となります。ヒトの祖先は、草原に存在する動物の骨を、道具を使って割り、中の骨髓を取り出して食べていた

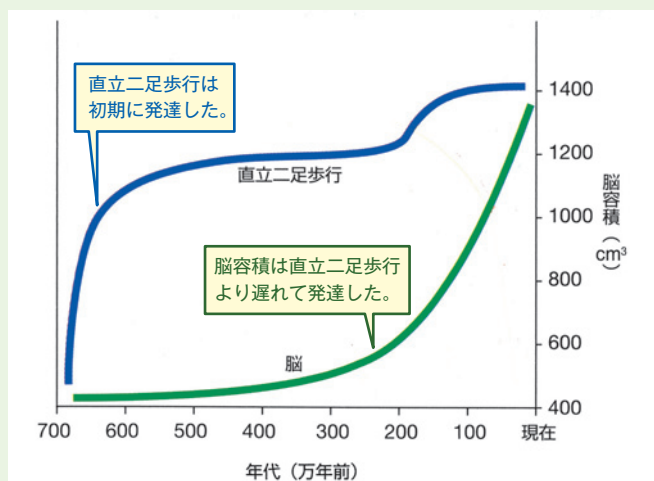


図1 人間性の発達を表す概念グラフ 馬場悠男編(2005年)『人間性の進化』日経サイエンス社の図を引用(一部改変)

のではないかと考えられています。また、狩りをしたり死肉をあさったりして肉食も始まっていたと考えられています。このように、草原で生き抜くためには、森林での生活に比べて多くの工夫が求められたことでしょう。実はこの草原への本格的な進出のタイミングで、ヒトの脳容積は急激に拡大したと考えられています。大きな脳を持つことは、草原という過酷な環境で生き抜くうえで適応的だったのでしょうか。一般には、人類の特徴として、先に述べた直立二足歩行だけでなく、大きな脳を持つことが挙げられることが多いですが、実は初期の人類であるアウストラロピテクスなどの猿人は、チンパンジーとそれほど変わらない大きさの脳しか持っていなかったのです。つまり、脳容積の拡大も、実は森林から草原という劇的な環境の変化に対する適応であり、自然選択によってある程度説明できるのです。

別な例では、「白目(露出した強膜)の獲得」が挙げられます。実はヒト以外の生物では、「白目」は外から見えません。これは、白目の存在により視線の方向を周囲の生物に知られてしまうことが適応的でないためだと考えられます。ではなぜヒトはあえて白目を持つように進化してきたのでしょうか。「目は口ほどにものをいう」という表現もあるように、ヒトは視線を使ったコミュニケーションを重視しています。つまり、視

線の方向がわかるということのデメリットよりも、コミュニケーションにおけるメリットのほうが大きくなり、白目の獲得が適応的になったと考えられるのです。ヒトの持つ高度な社会性というものも一足飛びに獲得したわけではなく、連続的な変化の中で、適応的な形質が選択され、少しずつ進化してきたのでしょう。

ここで見たように、ヒトは必ずしも今の姿になろうとして進化してきたわけではなく、他の生物と同じように、環境の変化や時間の流れにより、連続的に変化し、さまざまな幸運や偶然が積み重なって、今の姿になってきました。ヒトだけが特別な生物で他の生物とは全く異なる、ということではなく、同じように自然界の一員として進化してきたということは、生物としてのヒトを考えるうえで重要な視点です。

ホモ・サピエンスの拡散

ここからは、現代人であるヒト、つまりホモ・サピエンスについて考えてみることにしましょう。ヒトは、約20万年前にアフリカで進化し、その後約5万年前から世界中に拡散していったと考えられています。ヒトがそれまでの人類が到達できなかった地へも分布を拡大できたのはなぜなのでしょう。そこにはさまざまな「工夫」が見られます。

ヒトは、北ユーラシア、ロシア平原にも約4万年前に進出していき、やがてシベリアに進出していきました。厳しい寒さに対する対応として、衣服の工夫だけでなく、マンモスなどの大型の動物を狩るための技術なども必要でした。また、住居は、マンモスの骨を使ったものが見つかっています。

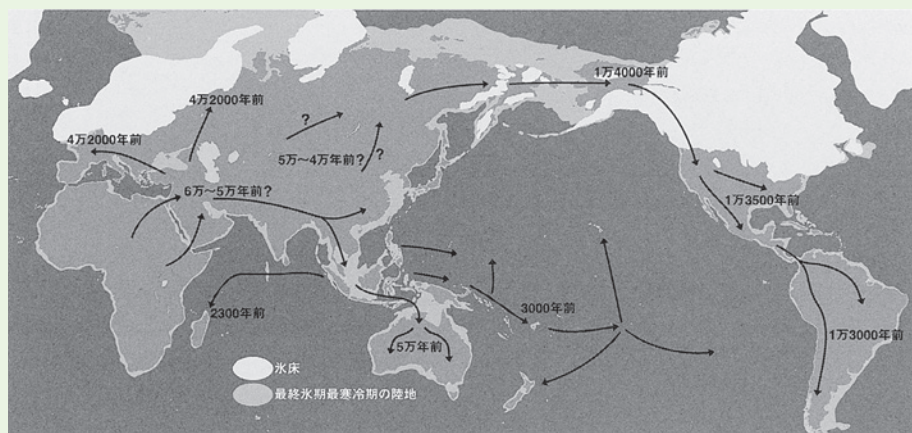


図2 ヒトの分布域の拡大とホモ・サピエンスの拡散 海部陽介(2005年)『人類がたどってきた道』NHKブックスの図を引用

ヒトは、陸続きでないところにも、船をつくり航海をすることによってたどり着いていきます。約4万5000年前頃までは、^{いかだ}筏のようなものでオーストラリアにたどり着いたと考えられています。

このように、他の生物と異なり、身体的な特徴の進化を待つことなく、ヒトは世界中のあらゆる環境に拡散することができました。それは「文化」のおかげと言えます。では、「文化」を生み出し、伝え、共有する能力はいつ獲得されたのでしょうか。「知の遺産仮説」というものがあります。これは、約5万年前にヒトがアフリカから世界中に拡散していくときに、既に世代を越えて知識や技術を受け継ぎ、創り上げた文化を伝承していくとともに、それを発展させていく能力を持っていたというものです。文化を伝承するには、絵や記号や音声など、何らかのシンボルを使って、個人の記憶や概念などを、世代を越えて伝えていくことが必要です。この能力がいつ獲得されたのかに関して、アフリカで重要な発見がありました。7万5000年前の地層から模様が刻みつけられた石や、規則正しく穴の開いた貝のビーズが発見されたのです。これは、この時点で何らかのシンボルを用いていたことを意味しています。これは、「知の遺産仮説」と矛盾しません。

ヒトは、アフリカを出て拡散を始める段階で既に「知の遺産」を受け継ぎ発展させる基本的な能力を持っており、拡散した先でそれぞれの環境に合わせて独自の文化を生み、発展させてきました。その意味で、それぞれの文化に優劣はありません。このことは後に述べる「人種」を考えるうえでも重要な視点の一つです。

ここまで人類進化を生物学的視点で概観してきましたが、近年新しい発見も相次いでいますので一つ紹介しましょう。例えば、ヒトはネアンデルタール人やデニソワ人と交雑していたらしいということがゲノム解析から明らかになってきました。新しい化石の発見やゲノム解析の進展によってまだまだ「動いている」研究領域です。

「人種」は有効な概念か？

最後に「人種」について考えてみることにしましょう。高校教育では地理や世界史で、「人類を身体的な特徴によって分類しようとする考え方」として人種が紹介されていますが、補足として「人種の分類は科学的に適切なものではない」

と明記されています。これはどういうことか、少し詳しくみていくことにしましょう。

「人種」を決める大きな要素に「皮膚の色」があります。一般には、白色、黄色、黒色などと分けられることが多いですが、実際の皮膚色を見てみると、それほど単純なカテゴリーに分けられるものではなく、連続的な変化を示します。そもそも皮膚の色はメラニンという色素の量で決まります。低緯度地域では強い紫外線の害を防ぐために多量のメラニンを持ち皮膚色が濃いほうが適応的であると考えられます。一方、高緯度地域では紫外線は弱まりますが、紫外線はビタミンDの合成のために必要なものでもあり、紫外線が弱い地域では皮膚色のうすいほうが適応的になったのです。皮膚色は、紫外線量に対する適応の結果として連続的な変化を示す形質であり、「線引き」をすること自体に無理があります。

皮膚色以外にもヒトの「体型」についても、寒暖の気候差に対する適応の結果として、ずんぐりとした体型やほっそりとした体型が進化してきたのではないかと考えられています。「寒暖」と「紫外線強度」の世界地図上での変化のようすは、ぴったり重なることはありませんので、無理やり「線引き」をしたとしてもその分類が一致するわけではありません。

外見の特徴だけでなく、ゲノムの情報からは、実は、個人間の遺伝的相違は集団の遺伝的相違より大きいということがわかってきました。こうして考えると、「人種」というものが生物学的には有効でない概念であることがわかりいただけると思います。

一つ、留意しておかなくてはならないのは、「人種は科学的に適切な分類ではない」からといって、「ヒトに多様性はない」ということではない点です。前回も色覚の多様性で述べたように、ヒトには遺伝的な多様性があります。また、先に述べたように文化的にも多様性があります。ただし、どれが優れていて、どれが劣っているということではないのです。ヒトを考えると、生物学的な視点は「新しい目」となり、それまでの思い込みや勘違いを修正するきっかけとなり得ます。これは、ヒトの生物学を学ぶことの一つの大きな意義なのです。



参考資料

馬場悠男編（2005年）『人間性の進化』日経サイエンス社
海部陽介（2005年）『人類がたどってきた道』NHKブックス
斎藤成也編（2009年）『絵でわかる人類の進化』講談社

次代を担う子供たちのための私の提言



株式会社 ヒューマン・ブレイン
大阪本部 教務次長

川崎 徹 / かわさき とおる

■ 従来の思考からの脱却

私は以前、羽曳野市教育委員会や羽曳野市立古市小学校校長として学校教育に携わっていました。

- ①古市小学校は子供たちのためにある
- ②古市小学校はチームで運営する

この2点が古市小学校へ校長として赴任した際に教職員および保護者の皆さんに提示した学校運営方針であり、私自身の経営判断基準でした。

これは、私が羽曳野市教育委員会の学校教育課長であったときに、校長先生方や先生方の研修会で話していたキーワードです。校長先生方に指示していた以上、自分自身がその職に就いたからには、きちんと実現してモデル校化するという強い決意でした。

年に二度、保護者の皆さまや地域住民の方々に集まっていたき開催する学校運営説明会でも、校長としてこの決意を伝えるとともに、保護者の思いや地域の方々の思いを受けとめるとともに、保護者の方々も教職員も判断基準は子供にとってどうなのかということで判断しましょうと明言してまいりました。

すべての教職員は、保護者の皆さまと同様に、子供の成長を望んでいます。そのために一生懸命になっています。しかしながら、教職員の思いと保護者・地域の方々の思いとがずれることもあります。だからこそ、子供の育みに支障が出ないように、丁寧にお互いが向き合うことが大切であると語ってまいりました。それが、チームで学校を運営するという本来の意味です。

この運営方針は、至極当たり前のことだと誰もが感じるところです。しかしながら、当たり前のことであっても明言し、

それを実行するには覚悟が必要です。

人は、常に生きてきた経験や学びから価値観をつくり、その価値観にしたがって物事の判断を行う傾向があります。その判断基準を自分自身だけの視点や組織のしがらみによる思考から脱却し、第三者的に客観的に、そして普遍的な視点を取り入れることの試みが必要であると考えます。さらに、アナザー・リアリティを追求する視点こそが新しいものを創造するアイテムであると考えます。

■ 現在、民間企業から学んでいること

思うところがあって、52歳で古市小学校の校長を退職しました。その後、縁があって、学習塾を中心に全国展開しているヒューマン・ブレインという会社（創研学院・KLC・個別学習ブレイン等を展開している会社）に籍を置いています。

現在は、公務員時代には持ち合わせていなかった考え方を、日々学ばせていただいているところです。

その一つが、最良のサービスをスピード感を持って届けることで結果をきちんと出すという思考です。あえて過激な表現をすると、公務員時代は「努力賞」という発想が認められる傾向があったが、民間ではそれを励ましにすることはあっても、結果が出なければ意味をなさないということです。

公立学校関係者の学習塾に対するイメージは決していいものではないかもしれません。少なくとも、私の知る大阪では、経験上そう感じます。これも「子供たちにとって」という視点で判断するならばどうでしょうか。

自分のしていることに誇りを持つことは大切です。小・中学校の先生は学習塾に負けるような授業ではだめだと考えることは大切ですし、学習塾関係者は、授業料をいただい

るのだから、学校以上の授業をしないとだめだと思えるのは当然です。これは教科教育上での学力という切り口だけでの判断基準です。

学校教育は、6・3・3・4年で区切られています。学習塾では、幼稚園に通う年齢の子供たちから大学受験を目指す子供たちまでいて、長期間通う子供たちも多数います。つまり、学校教育の視点のみではなく、生涯学習としての切り口を学習塾は持っています。学校と学習塾が敵対視することは、子供たちにとってなんら意味をなしません。

その地域の子供たちを複数の目で評価し、その評価を共有し合い、次の育みに生かす文化を地域につくることこそ、「将来ある、そして次代を担う子供たち」に対して、しなければならぬ私たちおとなの責務だと考えます。

■ 提言に至った背景

本屋へ行くと、例えば算数・数学の授業改善研究の書籍がたくさん並んでいます。大学の附属学校や研究指定を受けた小・中学校の公開授業も日々開催されています。本当によく研究・実践されていて学ぶことばかりです。しかしながら、ご批判が噴出することを覚悟で申し上げますと、なぜこの素敵な研究や実践の拡がり爆発的に生起しないのでしょうか。

結論から言うと、拡げる戦略・技術・ツールを持ち合わせていないということと定着するシステムが不足しているからだと考えます。

古市小学校では、「すべては子供たちのために」という趣旨で、地域の皆さまにも学校応援隊になっていただき、PTAの組織改革（例えば、PTA役員だけでなく、もっと気軽に学校を応援していただくサポーター制度の導入など）を行うとともに、教育委員会をはじめとした行政とのコラボレーションや近隣にある3つの大学からボランティアとしてたくさんの学生や芸術のプロの方々を派遣していただき、子供たちとの出会いやつながりを模索いたしました。そこまでも羽曳野市内の他の学校にどれだけの影響を付与したでしょうか。心もとないところです。つまりこれも、閉じられ

た世界で奮闘していたということなのだと考えられます。

それでは何が必要なのでしょう。

「次代の日本や世界を担う子供たちの大切な育み」を教育関係者の世界だけで考える縦割り思考から脱却することだと考えます。例えば、教育委員会以外の行政機関も明確に責任を持ち、保護者のみならず地域住民、そして域内の企業が得意技を持ち寄ることが必要なのだと考えます。それは企業からの出資ということではなく、技術・ツール・ネットワークを提供していただくということです。

■ 私の提言

地域ぐるみで学校・行政という公的機関とNPOやすべての企業が、「将来ある子供たちのために」という判断基準に基づいて、同じテーブルにつくプロジェクトを提言します。

最終目標は、次代の日本を背負う人材育成（トップリーダーという意味ではありません。すべての子供たちの自己実現を支援するという観点です）であり、そのために必要な地域の教育文化をつくり、持続性のあるものにすることです。そのプロジェクトチームのメンバーから首長を輩出することにより、子供たちのために何をするかという明確な目的を持った首長が誕生すること考えられます。

効果のある教材・指導方法を大学や学校・学習塾や教科書会社が共有し、子供たちに提供・実践するとともに、教職員・保護者への研修を提供します。教科教育や学力だけの話ではありません。自尊感情の構築や道徳心、公共心をはじめとした、いわゆるキャリア教育を地域・NPO・企業とのコラボレーションで実践するという事です。取り組みの広報活動を専門の企業（例えば通信技術やアプリ化に関するノウハウを持つ企業）と行政に支援していただきます。

これは夢でしょうか？ いえいえ私たちが、おとなの責任として「次代を担う子供たちのために」という価値判断基準を持って、アクションを起こすことで実現可能なことだと私は考えています。❖

..... 編集後記

前号の本欄で次号の予告として「2019年からの導入が検討されている高等学校基礎学力テスト(仮称)」についても紹介する予定です。」と書きましたが、校了直後に、高等学校基礎学力テスト(仮称)の導入を4年先送りし、2023年度から本格実施するとの素案が示されました。したがって、本号では導入の目的に触れる程度で、具体的なしきみ等につきましては最終まとめを受けて次号の特集第2弾でご紹介する予定です。

(財)理数教育研究所 事務局

ネット社会誕生の 端緒となった「ある」発見

～「トランジスタ」開発に尽力したベル研究所の科学者たち～



© UIG/amanaimages

世界初のトランジスタ（複製） 本体はコの字型のプラスチック製支柱に囲まれた部分。高さ約10cm。所蔵：Science Museum, London

今や地球規模で瞬時に情報交換が可能なネット社会の時代。その背景にはコンピュータの小型化を可能にしたトランジスタの進歩があります。1940年代、アメリカのベル研究所では物理学者のウィリアム・ショックレー（1910～1989年）たちが真空管に代わって固体である半導体結晶を用いて電流の増幅や電気回路のスイッチの機能がある装置の開発を目指しましたが失敗。研究グループの中で固体物理学に通じたジョン・バーディーン（1908～1991年）は失敗の原因は半導体表面の電子の振る舞いにあるのではないかと仮説を立て、それを確認するために実験技術に優れたウォルター・ブラッテン（1902～1987年）とともに検証を始めました。半導体の表面に非常に接近させて立てた2本の金属針を使って電流実験を行う過程で、これまでとは逆向きの電流を流したところ、待望の大きな電流の増幅現象が得られたのです（1947年12月）。

写真はこの「発見」をきっかけに作られた世界初のトランジスタ（点接触型トランジスタ）です。ショックレーはそこから得られた知見も生かしながらさらに半導体に関する理論的研究を深め、より安定に動作する「接合型トランジスタ」を開発しました。基礎研究も大切にした、「ありし日」のベル研究所の出来事です。

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.14

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：© Ingram Image /amanaimages