

日本の理数科教育をサポートする

Rimse

Research Institute for Mathematics and Science Education

No. 15
FEBRUARY
2016



特集 III

高大接続改革が目指すこれからの教育 II

塩野直道記念 第3回

「算数・数学の自由研究」作品コンクール

受賞作品の発表

Rimse (財)理数教育研究所

Contents

表紙裏

巻頭言

偉人に学ぼう

東京理科大学 学長 藤嶋 昭

特集 高大接続改革が目指すこれからの教育 II

- 2 **I** 高等学校基礎学力テスト(仮称)の創設に向けた検討状況について
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
- 4 **II** 大学入学者選抜の改革
文部科学省 高等教育局 主任大学改革官 新田 正樹
- 7 **III** 高大接続改革で高等学校教育はどう変わるか—新たな学びを目指す高等学校—
東京都教育庁 指導部 高等学校教育指導課 久保田 聡
広島県教育委員会 事務局 教育部 高校教育指導課 高林 賢治
- 9 **IV** 高大接続改革で大学入学者選抜・大学教育はどう変わるか—変革する大学—
関西学院大学 高大接続センター センター長 北原 和明
東京農工大学 大学教育センター 准教授 藤井 恒人

16 塩野直道記念

第3回「算数・数学の自由研究」作品コンクール 受賞作品の発表

- 17 受賞者一覧
- 22 審査を終えて —中央審査委員からのメッセージ—
- 24 表彰の集い
- 25 最優秀賞・優秀賞 —受賞作品の紹介と講評—

35 連載 数学と音楽の織りなす世界 第4回

数学を愛した音楽家

ジャズピアニスト・作曲家 中島 さち子

38 連載 サイエンス・フィクション? 第4回

創造を生む環境

大阪大学全学教育推進機構 講師 山内 保典

41 連載 ヒトの生物学を教えよう 第4回

DTC 遺伝子検査

東京都立国立高等学校 主任教諭 大野 智久

44 広場 地域教育で活躍する人々 第14回

「見て」いるようで「観て」いないところを「くすぐってみる」!

宮崎文化振興協会 大淀川学習館 主任学習指導員 三浦 順一

裏表紙

科学史の散歩道 第15回

「動物行動学」の創設に尽力したコンラート・ローレンツ ～動物に見られる「刷りこみ」現象の存在を広める～

大阪教育大学 名誉教授 鈴木 善次

巻頭言

Kantougen



東京理科大学 学長

藤嶋 昭 / ふじしま あきら

東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。神奈川大学工学部講師、東京大学工学部講師、助教授を経て、1986年同大学教授。2003年(財)神奈川科学技術アカデミー理事長、2008年(独)科学技術振興機構 中国総合研究センター長。2010年1月より東京理科大学学長。日本化学会賞、紫綬褒章、日本国際賞、日本学士院賞などを受賞。2010年文化功労者。

『電気化学測定法』上・下(共著、技報堂出版)、『光触媒のしくみ』(共著、日本実業出版社)、『時代を変えた科学者の名言』(東京書籍)、『科学のギモン』(朝日学生新聞社)など、著書多数。

偉人に学ぼう

私の好きな言葉に「物華天宝，人傑地靈」があります。中国唐代初期の詩人王勃の詩の一節ですが「豊かな産物は天の恵みであり，優れた人物はその土地の靈気が育む」と説明されています。おめでたい句として，中国では今も春節には門柱に貼られたりしているとのこと。私はこの言葉を自分なりに次のように解釈しています。世の中にはまだまだ多くの解明されていない原理や物質が宝として隠されているはず。これらを科学的研究によって見だし，人類の幸福のために寄与したいものです。そのためにも，私たち研究者はさらに研究に励むべきですが，ここで大切なことは属している研究グループがすばらしい雰囲気をもっていることだと思います。その研究室に所属していると自然に各人が高められてしまうようになればすばらしいことではないでしょうか。もちろん集団ではなく，個人個人についても言えることです。ある時代，ある場所で多くの偉人が集中して出ていることに驚きます。明治維新の時を考えてもわかります。

科学の歴史は，たくさんの偉人たちによってつくられてきました。紀元前ではギリシャで活躍したピタゴラス，プラトン，アリストテレスをはじめ多くの人が知られています。ミケランジェロが亡くなった年に生まれたガリレオ・ガリレイの天才ぶりには驚きます。1610年自ら作った望遠鏡で月を観測したり木星に4つの衛星があることを書き残した『星界の報告』（岩波文庫）は私の愛読書です。ガリレオが亡くなった年に生まれたイギリスのニュートンの活躍もめざましいものがあります。万有引力を見つけ，微分積分学を提案しました。

私が大学院の学生のとき，スーチン著『ファラデーの生涯』という伝記を読んで感動して以来尊敬しているマイケル・ファラデーのすばらしさは格別です。

1791年，日本でいえば江戸時代の後半に生まれたファラデーは，小学校も出ていません。一家の暮らしぶりは貧しく，4人兄弟の3番目だったファラデーは小さな頃から，製本業者のところへ丁稚奉公に行きました。昼休みに自分が製本した本を読み，科学に興味を持つようになります。丁稚奉公の終わる20歳の頃には，有名な化学者だったハンフリー・デービーの公開講演を王立研究所で聞き，熱心に克明なノートをつけました。あるとき，彼はそのノートをデービーに送りま

す。実験装置の図がとても正確に描かれているそのノートを見て感心したデービーは，王立研究所の化学助手としてファラデーを採用します。

デービーに協力しながら，ファラデーは研究に没頭します。いくつかの気体の液化に成功したり，ベンゼンの発見などの成果を次々に上げていきます。やがてデービーは亡くなりますが，優秀さを認められたファラデーは王立研究所に残り，研究を続けます。そして電気分解の法則や，発電機の仕組みの基礎になる電磁誘導の存在を明らかにするなど多くの業績を残しました。今日では，ファラデーは19世紀最大の科学者と呼ばれています。実に46年間も，王立研究所の屋根裏部屋に暮らしました。ナイトなどの名誉ある称号をいくつも辞退し，一人で熱心に実験を重ね，科学の不思議の解明に捧げた一生でした。

私が感動したファラデーのすばらしい点は，幾多の発見のほかに二つあります。それは一般向けに名講演を数多く行ったことと，丁寧な実験ノートを残したこと。彼が王立研究所で始めた少年少女向けのクリスマス・レクチャーは今でも続けられています。ファラデーが1860年に行った連続講演「ろうそくの科学」は，その中でも特によく知られています。この講演の中で，ろうそくの炎はどのように燃えているのか，炎の上に立ち上る熱い空気を冷やすと水が出てくるのはなぜなのか，ろうそくのフチが溶け残るのはなぜなのか。素朴な疑問に答えながら，ものが燃焼する際に起こる現象を多面的にわかりやすく解説しています。本にまとめられた『ろうそくの科学』は日本語でも読めます。身近な現象を生き生きと説明し，いつの間にか科学的な考え方が身に付くすばらしい名著です。

『ファラデーズ・ダイアリー』と呼ばれる実験ノートも，ファラデーの多くの発見に並ぶすばらしい遺産だと私は思います。例えば1831年8月29日のページを開くと，彼が電磁誘導を発見したときにどのような実験をし，何を考えたのかすべてわかりやすく書いてあります。1巻約500ページ，全7巻に及ぶ実験ノートには，ファラデーの実験と思考の軌跡が克明にメモされています。私はこの本をロンドンで買うことができ，宝物にしています。



I 高等学校基礎学力テスト（仮称）の創設に向けた検討状況について

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。



昨年（2015）9月の高大接続システム改革会議「中間まとめ」で示された「高等学校基礎学力テスト（仮称）」（以下、「基礎テスト」）は、社会で自立し、社会に参画・貢献していくために必要な力など高校生が身に付けるべき基礎学力の確実な育成を図ることが必要であることを踏まえて導入を目指すこととされているものであり、各学校において、基礎テストの結果等を学習改善や指導改善等に活用しつつ、高校生が身に付けるべき基礎学力の確実な育成を目指すとともに、アクティブ・ラーニングの視点からの学習・指導方法の改善を図ることなどを通じて、生徒一人一人の多様な進路に応じて必要となる資質・能力を確実に育んでいくことを目指したものである。

本稿では、この基礎テストの具体的な制度の在り方について、上記中間まとめで提示された内容の概要を報告する。

1 ■ 基本的な事項

① 目的

基礎テストは、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仕組みを設けることにより、生徒の学習意欲の喚起、学習の改善を図るとともに、その結果を指導改善等に生かすことにより高等学校教育の質の確保・向上を図ることを目的としている。

なお、基礎テストによって把握できる基礎学力は、生徒の資質・能力の一側面をとらえるものであり、高等学校教育における多様な活動を通じて培われる幅広い資質・能力につい

ては、各学校において生徒の日々の活動等も踏まえた多面的な評価を行うことが必要であるとされている。

② 対象者

上記目的のより確実な達成を目指す観点から、学校単位での参加を基本としつつ、生徒個人の希望に応じた受検も可能とするとともに、できるだけ多くの参加を促すため、問題内容等の工夫や、作問等での高校教員の参画を検討することとされている。

2 ■ 具体的な仕組みについて

（1）現行の学習指導要領下（平成31（2019）年度～34（2022）年度）の仕組みの概要

① 対象教科・科目

対象教科・科目については、制度を円滑に導入する観点から、平成31（2019）年度から、国語、数学、英語で実施することとし、一部の教科・科目を選択して受検することも可能とすることとされている。また、現行の学習指導要領において「義務教育段階での学習内容の確実な定着を図る」こととされていることを踏まえ、義務教育段階の内容も一部含むこととされている。

② 問題の内容

問題の内容については、ボリュームゾーンとなる平均的な学力層や底上げが必要な学力面で課題のある層をおもな対象として、「知識・技能」を問う問題を中心としつつ「思考力・判断力・表現力等」を問う問題をバランスよく出題することとされている。

③ 出題・解答・結果提供方式

出題方式については、試行を通して CBT^{※1} - IRT^{※2}を導入する方向とされているが、紙による実施も念頭に検討することとしている。また、正誤式や多肢選択式を中心としつつ、多様な解答方式を検討するとともに、学習の目標になりやすく、学習の成果が実感しやすくなるよう、10段階以上の多段階で結果を提供したり、単元ごとなど分野別の結果や各設問の出題のねらい等を提供したりすることを検討することとされている。

④ 実施回数・時期・場所

基礎テストにおいて、CBT - IRT が円滑に導入された場合には、理論上、実施時期・回数を制限せずに学校・生徒の都合に合わせて弾力的に運用することが可能となるが、平成 31 (2019) 年度からの導入当初は夏から秋までを基本に、高校 2・3 年で生徒が希望に応じて年間 2 回受検できる仕組みとしたうえで、随時見直しを行うこととされている。

また、学校単位で受検する場合には、原則、当該高等学校で実施するとともに、個人で受検する場合には、生徒の参加見込みも踏まえながら、高等学校や公の施設の利用などを含めて検討することとされている。

⑤ 受検料

受検料については、1 回あたり数千円程度の低廉な価格設定となるよう検討するとともに、低所得世帯への支援策の在り方も併せて検討することとされている。

⑥ 活用の在り方

活用については、生徒による主体的な活用とともに、高等学校での指導改善や国や都道府県等の教育施策の改善にも活用することを基本としたうえで、「試行実施期」と位置付けられた平成 31 (2019) 年度～ 34 (2022) 年度の期間は原則、大学入学者選抜や就職には用いず、本来の目的である学習改善に用いながらその定着を図ることとし、そこで得られた実証的データや関係者の意見を踏まえながら検証を行い、必要な措置を講じることとされている。

そして、平成 35 (2023) 年度以降の大学入学者選抜や就職への活用方策については、基礎テストの仕組みの定着状況やメリット・デメリットを十分に吟味しながら関係者の意見を踏まえて更に検討することとされている。

⑦ 民間の知見の活用

基礎テストの公的な性質を踏まえ、継続性・安定性に留意

しつつ、可能な業務は積極的に民間事業者の知見を活用することとし、英語以外も含め、民間との連携の在り方について検討することとされている。

⑧ その他

「高等学校基礎学力テスト (仮称)」の名称については、今後の検討を踏まえつつ、目的・性質に応じた適切な名称の在り方について、引き続き検討することとされている。

(2) 次期学習指導要領下(平成35(2023)年度～)の仕組みの概要

① 対象教科・科目

学習指導要領の改訂時期については過去の改訂スケジュールから想定した場合、高等学校においては年次進行で実施するため、平成 34 (2022) 年度に高等学校に入学した生徒が 2 年生になる平成 35 (2023) 年度から次期学習指導要領の対応となることを念頭に、平成 35 (2023) 年度から実施する基礎テストについては、高校生の基礎的な学習の達成度を把握する観点から、次期学習指導要領において示される必修科目を基本として実施することを検討することとされている。

② 活用の在り方

平成 35 (2023) 年度以降の大学入学者選抜や就職への活用方策については、この仕組みの定着状況を見つつ、更に検討すること、その際、大学入学者選抜で活用する場合には 2 年次の結果は活用しない方向で検討することや、就職時の活用も考えられるが、企業等に対し本テストの結果をもって生徒の可能性が狭められることのないよう配慮を求めることなどが示されている。なお、上記内容については、今後予定されている高大接続システム改革会議の最終まとめに向けて、関係者と幅広く意見交換を行い、検討を進めることとされている。

以上が、中間まとめで示された基礎テストの概要である。今後は引き続き、高大接続システム改革会議において具体的な仕組みについて詳細な検討・審議を行い、最終まとめを目指す予定となっている。

補注

※ 1 CBT: Computer-Based Testing の略称。コンピュータ上で実施する試験。

※ 2 IRT: Item Response Theory (項目反応理論) の略称。この理論を用いることによって複数回受検する場合に回ごとの試験問題の難易度の差による不公平を排除することが可能となる。なお、その導入のためには、事前に難易度推定のためにすべての問題について予備調査することや多量に問題をストックすることが必要。(例 :TOEFL, 医療系大学間共用試験等)

Ⅱ 大学入学者選抜の改革

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

高大接続改革は、学力の3要素（「知識・技能」「思考力・判断力・表現力」「主体性・多様性・協働性」）を幅広く育成し評価する高等学校教育、大学教育、両者をつなぐ大学入学者選抜の改革をその内容としている。本稿では、高大接続改革実行プランに基づき高大接続システム改革会議で検討されている高大接続改革のうち、大学入学者選抜の改革について、その概要を解説したい。

2 ■ 個別選抜の改革について

◆アドミッション・ポリシーを通じた個別選抜の改善

大学教育の改革の観点では、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を明らかにするという一貫した観点から、ディプロマ・ポリシー（学位授与方針）、カリキュラム・ポリシー（教育課程編成・実施方針）、アドミッション・ポリシー（入学者受入方針）の一体的策定・公表を法令上義務付けることとしている。各大学においては、この3つのポリシーの策定を通じて、大学教育の改善を図ることが期待される^{*1}（図1）。

このうちアドミッション・ポリシーについては、従来、求める学生像を示すものである一方でその記述が抽象的であるとの指摘があるが、課題の所在は抽象的であることよりも、当該アドミッション・ポリシーにより示される求める人物像と具体的な入学者選抜が繋がっていないことである。このた

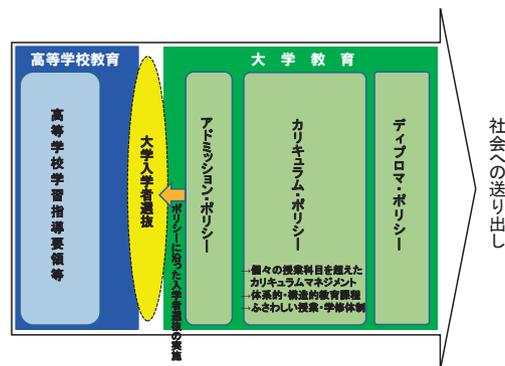


図1 高等学校教育・大学教育を通じた一貫した教育理念・内容・方法の確立のイメージ

め、今回提示されている新しいアドミッション・ポリシーの内容・機能として、①大学として、具体的にどのような力を持つ学生を受け入れたいのか、②①に関し、学力の3要素について具体的にどのような能力をどのレベルで求めるのかを明らかにし、③②を適切に評価する観点から、さまざまな評価方法（例えば、大学入学希望者学力評価テスト（仮称））、各大学の個別学力検査（記述・論文含む）、高校時代の学習・活動歴に関する資料（調査書、資格・検定試験結果、推薦書等）、入学希望理由書や大学での学修計画書、面接・集団討論等から何を選択し、どのレベルを要求し、どの比重で評価するのかを明確化し、これに基づき入学者選抜を実施することとする（図2）。

これらを通じて、従来「選抜すること」に重点が置かれていた入学者選抜において、高等学校までに培ってきた力を、入学者に求める力の観点、入学後の「学修可能性」（積極的にとらえれば「伸びる・伸ばす可能性」）の観点から「評価」する入学者選抜とすることに、今回の入学者選抜改革の方向性がある。各大学における入学者選抜の改革について、明確化したアドミッション・ポリシーを各大学の入学者選抜のい

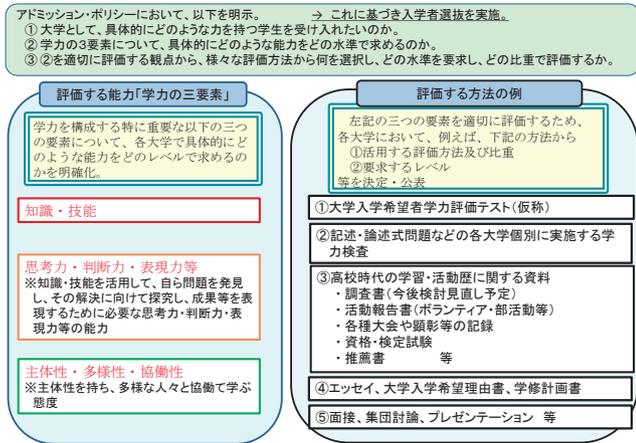


図2 アドミッションポリシーにおける「学力の3要素」と入学選抜における「評価方法」との関係のイメージ

わば設計図とすることにより、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のかを明らかにし、それに対応した入学選抜とすることにその眼目がある。

◆学力の3要素の評価とAO・推薦入試の区分

AO入試や推薦入試等の区分について、これら入試区分は平成以降、入学者・入学者選抜の評価の多様化等の観点から導入・活用が推進されてきた(図3)。このことからこれらの入学選抜においてはもっぱら多様な能力の評価を中心とするものとし、原則として学力検査を免除するなど基礎学力については入学選抜の段階ではあまり問わないものとされてきた。しかしこれは導入当初の増大する18歳人口を前提とし、基礎学力の確保・確認は高等学校の推薦または選抜性(競争倍率)により押さえられているとの前提にあった。し

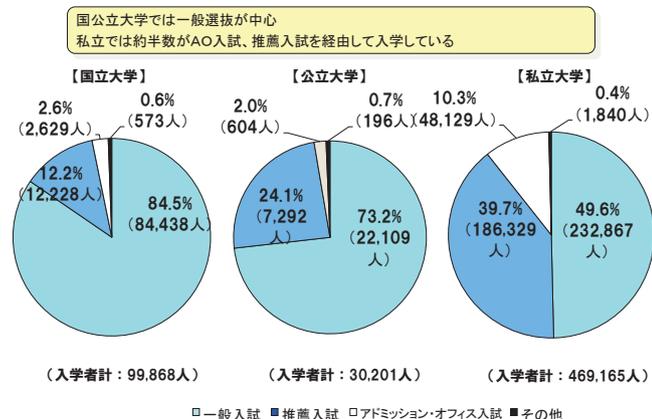


図3 平成26年度入学選抜実施状況の概要(国公立別)

かし、その後18歳人口の減少局面にある現在の状況等から、必ずしもそれが担保されていないのではないかと指摘される大学があることも事実である。今後このような試験区分においていかに確実に基礎学力を含めた学力を評価・確認するかについて、議論・検討が必要である。

3 ■ 大学入学希望者学力評価テスト(仮称)について

現在の大学入試センター試験に代わり導入が検討されている「大学入学希望者学力評価テスト(仮称)」の創設に当たっての基本的考え方は、大学入学希望者を対象に、これからの大学教育を受けるために必要な能力について把握することを主たる目的とし、知識・技能の評価に加え、思考力・判断力・表現力を中心に評価するものとする。とされている。

なお、大学入学希望者学力評価テスト(仮称)の導入に当たっては、現在の大学入試センター試験を廃止し導入されるが、現在のセンター試験がすべて無くなり全く違った試験が導入されるというよりは、現在のセンター試験から、基礎的な知識等を問う問題や良問と言われる問題は引き続き出題されることに加え、現在も一定程度出されている思考力・判断力・表現力を問う問題の割合が増えていくととらえたほうが理解しやすい。

① 目的・対象者

○ 大学入学希望者を対象に、これからの大学教育を受けるために必要な能力について把握することを主たる目的とし、知識・技能を充分有しているかどうかに加え、「思考力・判断力・表現力」を中心に評価するものとする。

② 「思考力・判断力・表現力」の明確化とそれを踏まえた作問

○ 大学入学段階で求められる「思考力・判断力・表現力」を構成するより具体的な能力概念の枠組みを整理。それらの能力のうち、特に自ら問題を発見し、答えが一つに定まらない問題に解を見いだしていくために必要な諸能力を重視。それらの諸能力を評価する作問を、各教科・科目について行う(以下⑤参照)。

③ 対象教科・科目

【次期学習指導要領下(平成36年度～)】

○ 地歴・公民については、次期学習指導要領における科目設定等を踏まえ、知識・技能に関する判定機能に加え、例

例えば、歴史系科目においては、歴史的思考力を含め、思考力・判断力・表現力等を構成する諸能力の判定機能を強化。

- 次期学習指導要領での導入が検討されている「数理探究（仮称）」に対応する科目を実施。
- 数学・理科については、知識・技能に関する判定機能に加え、思考力・判断力・表現力を構成する諸能力に関する判定機能を強化。
- 国語については、次期学習指導要領における科目設定等を踏まえ、知識・技能に関する判定機能に加え、例えば、言語を手掛かりとしながら限られた情報のもとで物事を道筋立てて考え、的確に判断し、相手を想定して表現するなど、思考力・判断力・表現力を構成する諸能力に関する判定機能を強化。
- 英語については、書くことや話すことを含む4技能について、例えば、情報を的確に理解し、語彙や文法の使い方を適切に判断し活用しながら、自分の意見や考えを相手に適切に伝えるための、思考力・判断力・表現力を構成する諸能力を評価。また、民間との連携の在り方も検討。
- 次期学習指導要領における教科「情報」に関する検討と連動しながら、対応する科目を実施。

【現行学習指導要領下（平成32年～35年度）】

- 次期学習指導要領の改訂の議論の方向性を勘案しつつ、思考力・判断力・表現力を構成する諸能力をより適切に評価。
- 試験の科目数については、思考力・判断力・表現力を問う作問体制への転換、受験者の状況等も勘案しつつ、できるだけ簡素化。

④問題の内容、出題・解答・成績提供方式

- 多肢選択式問題に加え、問題に取り組むプロセスにも解答者の判断を要する部分が含まれる問題、記述式問題などを導入。
- 記述式問題については、各教科の特性も念頭に置きつつ、平成32年度～35年度は短文記述式、平成36年度以降はより文字数の多い記述式を導入（記述式については、作問体制や採点体制の整備・充実の検討が必要であり、コストやスケジュールの課題、コンピュータ採点支援の技術的可能性等を検討する必要がある）。
- 多様な資料や動画を用いるなどさまざまな出題が可能となるCBTの導入（平成36年度～）。平成32年度～35年度は

CBTの試行（高等学校基礎学力テスト（仮称）の検討状況・実績等を踏まえ、システムの安定性やセキュリティの確保、コスト、その他本格実施に当たって前提となる課題について検討する必要がある）。

- 大学や大学入学希望者に対し、結果の多段階表示による提供と併せ、種々のデータ（例えばパーセンタイル値などによるデータ等）を大学に提供することについて、大規模な共通テストとしての幅広い識別力の確保の必要性なども踏まえつつ、今後より専門的に検討。
- 年複数回実施の方法等については、作問や採点に関する課題を含め、関係者の意見も聴きつつ十分に検討。

⑤「思考力・判断力・表現力」を問う内容について

上記②に述べたように、大学入学希望者学力評価テスト（仮称）においては、思考力・判断力・表現力をより評価するものとされている。この「思考・判断・表現」を行うことができることとは、各教科でとらえれば、

◇数学について、例えば、事象から得られる情報を整理・統合して問題を設定し、解決の構想を立てて、数量化・図形化・記号化などをして数学的に表現し、考察・処理して結果を得、その結果に基づき更に推論したり傾向や可能性を判断したりすること、

◇理科について、例えば、観察した自然現象の変化や特徴をとらえ、そこから得られる情報を整理・統合しながら、問題を設定し仮説を立て予測し、それらを確かめるための観察・実験を計画して実践し、得られた結果から傾向等を読み取ったり、モデルや図表等で表現したりするとともに、結果に基づき推論したり、改善策等を考えたりすること、などができることと考えられ、このことについて、引き続き教科ごとに専門的な検討を行い、作問イメージの策定とともに更に具体化することとされている。^{*2} ❖

補注

※1 3つのポリシーの策定を通じた大学教育の改善の詳細については、前稿（Rimse No.14）p.11「『高大接続改革』を契機とした大学教育改革」の項参照。

※2 具体的内容については、「高大接続システム改革会議『中間まとめ』別添資料5『大学入学希望者学力評価テスト（仮称）』の各教科において、大学教育を受けるために必要な能力としてどのような力を評価すべきか（検討中）」参照。

http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shougai/033/toushin/_icsFiles/afldfile/2015/09/15/1362096_01_2_1.pdf

Ⅲ 高大接続改革で高等学校教育はどう変わるか — 新たな学びを目指す高等学校 —

東京都教育庁 指導部 高等学校教育指導課 統括指導主事

久保田 聡 / くぼた さとる

東京都

PDCAサイクルによる学力向上に向けた改善

平成 25 (2013) 年 3 月、東京都教育委員会は、都立高校生の学力の定着と伸長を図るために、学習指導要領の内容・項目ごとに具体的な学習目標を示した「都立高校学力スタンダード」を策定した。この「都立高校学力スタンダード」は、生徒が高等学校卒業までに習得すべき学力の水準を定めたものである。対象となる科目は、おもに必修科目であり、設置目的、習熟の度合いに応じて、「基礎」「応用」「発展」の3段階を作成し、それぞれの到達目標を具体的に明示している。

各都立高等学校では、「都立高校学力スタンダード」を基に、学校の実態に応じて具体的な学習目標を明示した自校の学力スタンダードを作成している。平成 25 (2013) 年度には、生徒の学力を最大限伸ばし、確実に定着させるための実践的な研究を推進し、その成果を全都立高等学校等に普及することを目的として、都立高等学校 32 校を「都立高校学力スタンダード推進校」に指定した。推進校の成果を踏まえ、平成 26 (2014) 年度からは全都立高等学校において、各学校の実態に応じた学力スタンダードを作成し、学力調査等により生徒の到達目標を把握したうえで、学習指導に取り組んでいる。

各学校では、年間を通して、次の①から④までの PDCA サイクルにより、生徒の学力向上を目指している。

- ① 年度当初、前学年（1年生の場合は都立高等学校入試）の成績を参考に、学校の実態に応じた学力スタンダードを作成し、生徒の到達目標を設定するとともに、年間授業計画を作成する。（Plan）
- ② 年間授業計画に基づく授業実践を通して、組織的・効果的な学習指導を行う。（Do）
- ③ 生徒の到達状況や作成した学力スタンダードの適確性の

広島県教育委員会 事務局 教育部 高校教育指導課 指導主事

高林 賢治 / たかばやし けんじ

確認および授業改善に資するため、定期考査などに加え、年度末に東京都教育委員会が作成した学力調査を実施し、それらを分析して評価・検証する。（Check）

- ④ 評価・検証の結果から、生徒の到達状況を確認するとともに、生徒の到達状況に応じて授業の改善を行う。また、年度末には年間授業計画の見直しを検討するなど次年度への改善を行う。（Action）

これまでの成果として、学校として生徒の到達目標を定めることは教員間で共通の目標を共有することにつながり、学校として組織的な指導内容・方法の改善が可能になったことが挙げられる。また、各学校が目指す学習の到達目標を学力スタンダードとして明確にすることで、指導する学習内容を具体的に示すことができ、生徒の学習意欲を向上させる効果があるということなどについても成果として挙げられる。

一部の学校では、全教員で構成する協議会を組織し、年度の途中で行う学力調査等の結果を分析することで、年度当初に作成した学力スタンダードに対する各教科の取り組み状況、生徒の理解状況、現状への課題と今後の取り組み等について報告し、共通理解を図っている。このように学校全体が一体となって行うことで、それぞれの教科の枠を越えて校長の学校経営方針に沿った、学校としての対応が可能となる。

今後は、各学校に対して、組織的な教科指導の充実、生徒の到達状況を把握することができる学力調査の実施、学力調査の的確な分析と分析結果の学習指導へのフィードバック、年間授業計画の適時・適切な見直しなど指導の充実に向けた支援を引き続き行っていく。また、平成 31 (2019) 年度から実施予定の「高等学校基礎学力テスト（仮称）」との関連性を整理し、都立高等学校の学力向上について更なる支援の在り方を検討していく。

（東京都教育庁 指導部 高等学校教育指導課 統括指導主事
久保田 聡／くぼた さとる）

広島県

「学びの変革」を目指した高等学校学力調査の取り組み

広島県教育委員会は、平成 27（2015）年 11 月、県内の全公立高等学校 92 校、特別支援学校 6 校の 1 年次および 2 年次の生徒を対象に、各学年約 16,000 名の規模で国語、数学、外国語について広島県高等学校学力調査を実施した。

平成 14（2002）年度から行っているこの調査では、各学校は各科目の平均通過率や設問ごとの通過率等を、自校のデータと全県のものとの比較して課題を把握し、学校経営計画や授業改善等の一助としている。今年度、広島版「学びの変革」アクション・プランの本格実施に伴い、設問の中に思考力や知識を活用する力の定着状況を測る「活用問題」を取り入れるなど改善した。

1 ■ 広島県の現状と新たな取り組み

本県では、平成 12（2000）年度から学力向上対策事業を行い、国公立大学現役合格者が約 1.7 倍に増加するなど、一定の成果を上げてきた。しかし、近年、大学入試センター試験の全国平均点以上の得点者数や国公立大学の現役合格者数は伸び悩んでいる。平成 26（2014）年度の調査結果からは、基礎・基本の定着は見られるものの、自律的な学習態度の定着が不十分であることがわかった。

この状況に対して、平成 27（2015）年度から広島版「学びの変革」アクション・プランに基づき、習得した知識を活用し探究するレベルにまで高める主体的な学習を促す「課題発見・解決学習」を全県的に推進することとした。具体的には「高等学校課題発見・解決学習推進プロジェクト」を立ち上げ、「学びの変革」を牽引するパイロットハイスクールを指定した。この指定校のうち、探究コアスクールは、「総合的な学習の時間」を核としてカリキュラム開発、学習評価、教科横断的な知識の活用に関する指導法などの研究を行い、活用コアスクールは、各教科を核として能動的な学びや思考力の向上に主眼を置き、カリキュラム開発や学習評価等の研究を行っている。

2 ■ 広島県高等学校学力調査について

本調査を、「課題発見・解決学習推進プロジェクト」の成果の検証ツールとして位置付け、授業等で習得した知識・技能を「活用する力」を問う「活用問題」を新規に設定した。

(1) 調査の基本的な構造

- 実施教科は、国語 A・B、数学 A・B、外国語 A・B である。原則として A 問題は 1 年次、B 問題は 2 年次が対象である。
- 内容構成については、A 問題は、中学校の学習内容約 7 割、高等学校の学習内容約 3 割とし、B 問題は、中学校約 3 割、高等学校約 7 割としている。また、生徒の生活や学習に関する意識・実態についての質問紙および学校の指導方法等に関する質問紙で生徒の状況を調査する。
- 評価については、詳細な解答類型を設け、「活用問題」を含めた設問と指導内容・方法との相関を分析するなど、効果的な指導について検討できるようにしている。

(2) 調査結果等の活用と改善へ向けた取り組み

- 調査実施後に次のような観点から報告書を作成している。
 - ア 各学校独自の分析ができるよう、結果の概要や各設問の解答状況などの基礎データを示す。
 - イ 指導の改善のためのポイントがわかるよう、前年度調査で明らかになった課題の改善状況をみる問題についての分析を示す。
- 各学校は、調査結果を参考に、自校の課題を踏まえ、次年度に実施する指導と期待される効果を記載した基礎学力向上対策実施計画書を作成し、年度末に本県教育委員会に提出する。

3 ■ 今後の展望

「活用問題」について、習得した知識・技能を「活用する力」がどのように高まっているかを的確に把握できる問題へと改善を図り、この調査が本県の「学びの変革」の有効な検証ツールとなるよう、進化させていきたい。

（広島県教育委員会 事務局 教育部 高校教育指導課 指導主事 高林 賢治 / たかばやしけんじ） ❖

IV 高大接続改革で大学入学者選抜・大学教育はどう変わるか — 変革する大学 —

関西学院大学 高大接続センター センター長

北原 和明 / きたはら かずあき

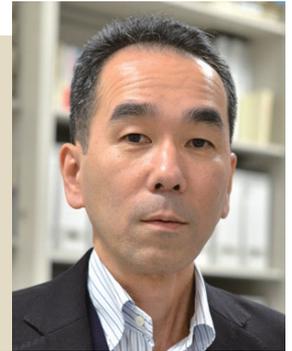
理工学部 数理科学科教授。専門は関数近似理論であり、現在は n 点テイラー展開可能性について取り組んでいる。高校数学との関わりでは、ポロノイ分割によるパターンデザインや具体的な設定での関数近似などの教材を開発中。2015年4月から現職。



東京農工大学 大学教育センター 准教授

藤井 恒人 / ふじい つねひと

民間企業において大学生の汎用的能力の調査、分析、キャリア教育教材、英語コミュニケーション能力テストの開発・運営に携わる。2012年11月から現職。金沢大学 大学教育開発・支援センター客員研究員。GCDF-Japanキャリアカウンセラー。



高大接続改革の趣旨と軌を一にし、各大学の大学入学者選抜・大学教育の改革が進みつつある。関西学院大学と東京農工大学の2大学の事例を紹介する。

関西学院大学

「スーパーグローバル大学としての高大接続改革」

～大学入学者選抜改革・高大連携の先駆的な取り組みの紹介～

1 ■ グローバル教育の取り組みと多面的・総合的評価による入学者選抜改革

関西学院大学は平成24(2012)年度文部科学省国際化拠点整備事業補助金(グローバル人材育成推進事業)に採択され、徹底した事前学習を行ったうえで、途上国における国際社会貢献活動や交換留学、海外インターンシップなどを体験し、世界の諸課題を解決するために必要な知識とスキル、国際性、実践力を身に付けることを目的とした「実践型“世界市民”育成プログラム」をスタートした。このプログラムではグローバル化に対応するための土台になる語学力と基礎知識・スキルを身に付けるとともに、リーダーシップ、コミュニケーション能力、マネジメント能力、異文化理解、課題発見・解決能力、専門性などの実践的な力を磨くものである。

このプログラムで学ぶ意欲を持つ生徒を確保するために、

学長を委員長とし、全11学部の学部長を委員として構成する入学試験委員会での審議・承認を経て、平成25(2013)年度入試より全学部でグローバル入学試験を導入した。このグローバル入学試験は、(1)「国際社会貢献活動を志す者のための入学試験」、(2)「英語能力・国際経験を有する者のための入学試験」、(3)「インターナショナル・バカロレア入学試験」、(4)「グローバルキャリアを志す者のための入学試験(総合政策学部)」(5)「グローバルサイエンティスト・エンジニア入学試験(理工学部)」の5つのカテゴリから構成されている。これらの入学試験では、英語の検定試験、高等学校模擬国連での活動、留学などの異文化体験、国際バカロレア資格、科学オリンピックや海外における自然科学の学びの体験など高等学校における学びの成果を評価する。さらに、学力の3要素である「知識・技能」「思考力・判断力・表現力」「主体性・多様性・協働性」を先に述べた出願資格

に相当する学びの成果を提出された書類や調査書により評価し、英語論述審査、日本語論述審査、面接や口頭試問、適性面接審査を通じて多面的・総合的に評価を行う。このような多面的・総合的評価の入学試験を既に2013年度入試の段階で導入している。

さらに平成26(2014)年に、「大学改革」と「国際化」を断行し、国際通用性、ひいては国際競争力の強化に取り組む大学の教育環境の整備支援を目的とするスーパーグローバル大学創成支援事業のうち、関西学院大学はこれまでの実績を基に更に先導的試行に挑戦し、我が国の社会のグローバル化を牽引する大学を対象とするグローバル化牽引型に採択された。本学のスーパーグローバル大学創成支援事業の核はダブルチャレンジ制度であり、ホームチャレンジとして所属する学部での学びを深めつつ、アウェイチャレンジとして(1)母国を出て世界を知る「国際ナショナル・プログラム」、(2)大学を出て実社会を経験する「ハンズオン・ラーニング・プログラム(実践型学習)」、(3)所属学部以外の他の分野を学ぶ「副専攻プログラム」のいずれかに取り組む。さらに大学院においては「国連・外交コース」、学部においては「国連・外交プログラム」を展開し、将来外交官や国際公務員として働くことを目指す学生に向けた高度なプログラムを実施する。

このスーパーグローバル大学創成事業の申請要件のうちの入学者選抜改革においては、(1)国際バカロレアの活用、(2)英語4技能型の検定試験を活用した入学試験の実施、(3)多面的・総合的評価に基づく入学試験の実施が求められていた。これらは既にグローバル入学試験においてすべて実施済みであったが、スーパーグローバル大学創成事業で学ぶ能力を持つ生徒を確保するために、英語の「読む」「書く」「聞く」「話す」の英語4技能を評価する検定試験において、CEFR B2のレベルの能力を有する生徒を対象に、2016年度入学試験より英語検定試験活用型を導入した。加えて、推薦入学対象校について、英語4技能型のスコアを有することを出願資格として求めていく取り組みを開始している。

また、多面的・総合的評価による入学試験についても、新たにスーパーグローバルハイスクール対象公募推薦入学試験、スーパーサイエンスハイスクール対象公募推薦入学

試験を導入し、実施した。スーパーグローバルハイスクール事業は、高大連携と課題研究を軸として、急速にグローバル化が加速する現状を踏まえ、社会課題に対する関心と深い教養に加え、コミュニケーション能力、問題解決力等の国際的素養を身に付け、将来、国際的に活躍できるグローバル・リーダーを高等学校段階から育成することを目的として平成26(2014)年度からスタートした文部科学省の事業であり、学力の3要素を実践的に高めることのできるプログラムであると考えている。プログラムの評価の指標として、スーパーグローバル大学をはじめとする国際化に重点を置く大学への進学が示されていることもあり、前述の学長を長とする入学試験委員会で議論を重ね、スーパーグローバルハイスクールを対象とする公募推薦入学試験を導入するに至った。

この公募推薦入学試験においては、一次審査において提出された書類、調査書をもとに書類審査による評価を行い、二次審査においては各学部のアドミッション・ポリシーに基づき、課題研究を通じてどのような力を身に付けたのかを中心に、プレゼンテーション、口頭試問等を通じて評価を行った。入学試験の対策が必要なのではなく、高等学校で培ったありのままの姿を入学試験で評価する。学部ごとの工夫が随所になされ、生徒もいきいきと取り組む入学試験となった。

2 ■ 高大連携のスタートと高大接続センターの発足

こうした大学入学者選抜改革の取り組みと並行して、先に述べた「高大連携」と「課題研究」を柱とするスーパーグローバルハイスクール支援事業に取り組む高等学校に対して教育支援事業を平成26(2014)年から開始した。これは、本学が平成16(2004)年から実施している世界で3校目、アジアでは初となる国連ユースボランティアに学生を送り出す経験から、「知識・技能」だけではなく学力の3要素を高等学校段階において身に付けることを、グローバル人材育成においての必要性を痛感していたことにもよる。したがって、あくまでも教育支援事業として、アドミッションとは切り離し、社会貢献の一環としての取り

組みを、全学をあげて行うこととなった。支援事業は高等学校に専門性のある大学教員や帰国外国人教員を派遣すること、高校生とのワークショップのために留学生や学生を派遣することなどである。

さらに、平成 27 (2015) 年 1 月 16 日に中央教育審議会答申に基づく高大接続改革実行プランが示され、高等学校教育、大学教育改革、大学入学者選抜の一体的改革がスタートするに伴い、4 月 1 日付で入試部 (入試課、入試広報課、AO 入試課) を高大接続センター (高大連携課、入試課) に改組した。高大接続センターの業務は、高等学校と大学との円滑な接続に向けた①高等学校教育改革のための教育支援 (前述のスーパーグローバルハイスクールやスーパーサイエンスハイスクールへの支援を含む)、②高等学校での改革状況を調査し大学教育改革につなげるための調査・大学内への情報提供を行い、これを活かし③入学者選抜改革に取り組むものである。これは高大接続センターに目的の異なる 2 つの課を設置し、2 つの課の連動により高大接続改革への取り組みを加速させようとする国内の大学においては先駆となる取り組みであると考えている。高大接続センターの設置により高等学校・教育委員会との連携も進化し、高等学校教育への支援の充実が図られている。平成 28 (2016) 年には、元国際連合事務次長の明石康氏をスーパーグローバルユニバーシティ招聘客員教授としてお招きし、スーパーグローバルハイスクールで学ぶ、将来外交官・国際公務員を志望する高校生を対象とし、合宿形式で国際課題について学ぶ「明石塾」を開く予定である。

3 ■ 高大接続の今後の取り組みについて

高大接続改革実行プランにより大学入学者選抜実施要項が改訂された。つまり、「能力・意欲・適性等の判定に当たっては、学力を構成する特に重要な以下の三つの要素のそれぞれを適切に把握するよう充分留意する。なお、高等学校の学科ごとの特性にも配慮する。

- ① 基礎的・基本的な知識・技能 (「知識・技能」という)
- 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 (「思考力・判断力・表現力等」という)

- ③ 主体性を持ち、多様な人々と協働しつつ学習する態度 (「主体性・多様性・協働性」という)

以上の (学力の) 三つの要素については、各大学の特色等に応じて具体的な評価方法や各要素ごとの評価の重み付け等について検討のうえ、それぞれについて適切に評価するよう努める。」となっている。

既に導入している公募推薦入試をはじめ、多面的・総合的評価についても更に充実を図るために、多面的・総合的評価に向けたワーキング・グループを構成し、公募推薦入学試験での評価の手法の研究を行っている。

さらに現在、高大接続システム改革会議で検討中の、大学入学希望者学力評価テスト (仮称) の活用はもちろんのこと、平成 12 (2000) 年まで実施していた合教科・合科目型の入学試験を再開することなど、個別選抜入学試験をどのように改革するかについて、入学試験委員会の下課題検討委員会で検討が進んでいる。

特に最も志願者の多い一般選抜入学試験については、筆記試験のみによる選抜であり、「主体性・多様性・協働性」についての評価をどのようにするかが今後の課題となる。この点については、(1) アドミッション・オフィサーの活用により、できる限り面接・集団討論を活用した方式を拡大すること、(2) 調査書の活用により高等学校で培った学力を選抜に活用することなどを検討している。したがって、今後検討が進む調査書の改訂内容に注目しており、特に調査書のデータ化については多くの志願者のデータを取り扱う関係上、重要な要素であると考えている。

高大接続システム改革会議の検討を踏まえつつ、学制改革以来の大改革である高大接続改革に積極的に取り組んでいきたい。

(関西学院大学 高大接続センター センター長 北原 和明 / きたはら かずあき)

東京農工大学

高等学校・大学・大学院を一貫した「グローバル科学技術人材育成プログラム」の取り組み ～「大学入試」が及ぼす状況の改善と高校生の科学的活動の多面的評価の構築～

「中央教育審議会答申」(以下「中教審答申」)を受け、「高大接続改革実行プラン」が策定され、「高大接続システム改革会議」の「中間まとめ」(以下「中間まとめ」)が2015年9月に発表された。一般の注目は「『大学入学者選抜』の改革」に集まっているが、重要なポイントは、「大学入学者選抜」前後の高校教育、大学教育の一貫した改革が期待されていることである。

東京農工大学では、「大学教育再生加速プログラム テーマⅢ 高大接続」の採択を受け、「グローバル科学技術人材育成プログラム (IGS: Introduction to Global Science)」の取り組みを開始した。高等学校、大学、大学院までの一貫した科学技術人材育成を目指し、高校生のモチベーションが、「大学入試」によって分断される状況を改善し、さらに高校生の科学的活動の多面的評価の方法を模索している。

1 ■ 「高大接続」の解釈

(1) 「中教審答申」から

「中教審答申」では、「現状の高等学校教育、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」、「特定の分野に強い関心を持ち、その向上に夢を賭けて卓越した力を磨いている高校生や、(中略) グローバルな課題に積極的に向き合う活力のある高校生、(中略) などが評価されずに切り捨てられがちである」としている。

多数の受験者をペーパーテスト中心に効率的に選考する大学と、徹底した受験対策が高校によって浸透し、また、昨今の多様化、複雑化、グローバル化する環境変化により、社会からの期待への教育機関の対応が急務になっている。また、理工系の進路を目指す高校生に対して、科学への興味・関心・探究のモチベーションなどを評価する機会が乏

しく、その方法も充分でない状況にあることを指摘していると解釈できる。

(2) 高等学校教育における課題

近年、本学に入学してきた学生に対して問題とされているのは、理系であれば身に付けておいてほしい科学的リテラシーが充分でなく、基本的な概念の教育が必要になっていることである。それは高等学校時代の実験経験が非常に乏しいことと関係していると考えられる。

図1は学校の授業外で、「理科の自由研究」の有無を日本、アメリカ、中国、韓国の4か国で調べた結果である。日本では高等学校での理科の自由研究の経験がほとんどない。理数系の科目が好きで、関心を持ったことを観察や実験で確かめる活動が、高等学校教育で十分な機会が与えられず、大学受験が終わるまで“おあずけ状態”にある。

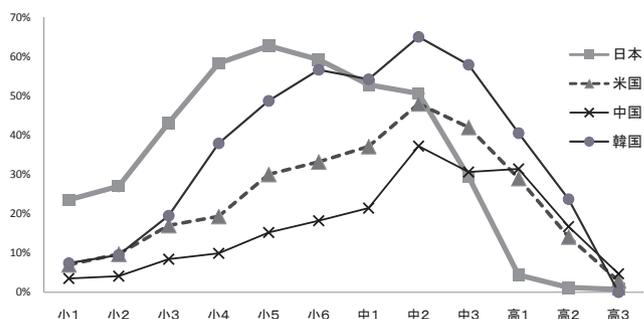


図1 「理科の自由研究」をしたことがある学年 (複数回答) 「高校生の科学等に関する意識調査報告書」(2014)
(独) 国立青少年教育振興機構の図を引用

(3) 大学の課題

理工系志望の高校生にとって、高等学校までの数学、理科といった教科・科目の学習が、実社会でどのように利用・応用される原理・技術かは想像しにくい。大学入学時に、これから学ぶ内容が社会的な課題解決にどのようにつながるのかを考える機会と、そこに目的意識を持つための動機付けが必要である。

(4) 高等学校と大学間のコミュニケーション

高等学校と大学の教員間のコミュニケーションも改善が必要な状況にある。大学はアドミッション・ポリシーにより「入学者受入方針」を公表している。「推薦・AO入試」ではそれを具現化しているはずであるが、ベネッセ教育総合研究所の調査によると、選考基準について、高等学校側は「大学が何を基準にして選抜しているのかがわかりにくい」と54.2%が答えている。一方で、「推薦・AO入試」で選考の資料として活用する調査書に対して、大学側は「調査書の評価では学習到達度を正確に把握できない」と67.0%が回答している(図2)。

「中間まとめ」では、「高等学校教育における能動的学習を後押しするような入学者選抜」を推奨している。高等学校側は教科学習から発展した多様な活動を支援し、生徒がどのような能力を身に付けたかを大学側に伝える必要がある。また大学側は、その能力をどう評価して、どのレベルにあることが選抜基準をクリアできるかを示さなければならない。

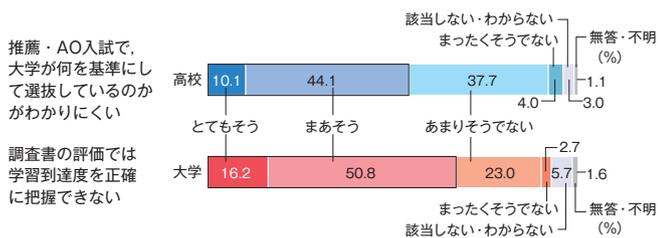


図2 推薦・AO入試に関する回答 「高大接続に関する調査」(2014) ベネッセ教育総合研究所の図を抜粋して改変

2 ■ 高大連携によるグローバル科学技術人材育成プログラム

(IGS : Introduction to Global Science)

前述のような課題認識を踏まえ、東京農工大学では「高大連携によるグローバル科学技術人材育成プログラム(IGS : Introduction to Global Science)」を開始した。

(1) プログラムで養成する人材像と事業の全体像

この事業では、東京農工大学大学憲章の「豊かな教養・高い倫理観と広い国際感覚を具備する指導的研究者・技術者・高度専門職業人」を養成することを目指し、「受験選択科目に偏らない、科学全般の素養の育成」「論理的思考

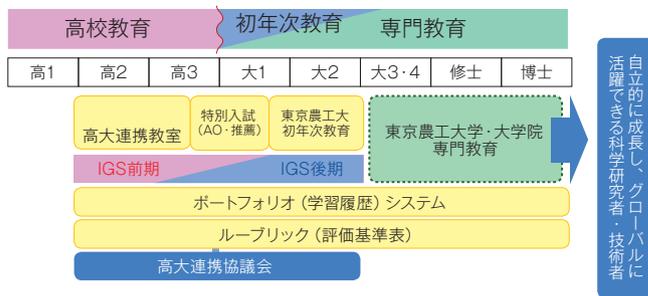


図3 「グローバル科学技術人材育成プログラム」全体イメージ

力、判断力、表現力の育成」「グローバル化への対応」を目的とした科学技術人材養成プログラムの構築を企画した(図3)。

高校生から大学生、大学院生に身に付けてほしい能力を「ルーブリック(評価基準表)」にして高校教員、大学教員で共有する。また「ポートフォリオ(学習履歴)システム」を導入し、生徒、学生にとっては自分の目指す進路、目的意識をアップデートしながら、各種能力の伸長が確認でき、高等学校、大学の教員が連携して指導に当たることができる。さらに、進路を理系に絞る高校2年生を対象に、「高大連携教室」を開催し、東京農工大学入学直後の「初年次教育」においても新規に科目を開講して、生徒、学生の科学的活動に対するモチベーションを継続できる教育プログラムを用意した。

(2) 「グローバル科学技術人材」養成ルーブリック

大学、大学院のアドミッション・ポリシー、ディプロマ・ポリシーをもとに、高等学校段階から12年間の連続性のある養成過程を「理系グローバル人材の評価指標」として整理した。高校生、大学生の学習活動を段階的に計画、実行、評価が可能な状況に、具体的な行動基準に可視化している。評価する能力要件は、「興味、関心、課題意識」、「新しい価値の創造」、「主体的な活動」、「グループでの協働活動」、「情報収集、記録」、「計画的遂行力」、「データや情報の評価」、「論理的思考」、「活動成果の発信」、「広い視野に立った活動」、「基礎学力を身に付けることへの理解とその学習」の11項目とし、各能力到達目標は「Ⅰ：断片的行動」「Ⅱ：指示遵守行動」「Ⅲ：自主的行動、状況対応行動」「Ⅳ：模範的行動、発展的行動」にレベル分けした。

(3) 「グローバル科学技術人材」養成ポートフォリオ

高校生、大学生が継続的に科学的な活動を記録でき、指

導に当たる高校教員、大学教員とコミュニケーションがとれるシステムとして、「ポートフォリオシステム」を用意した。将来のビジョン、到達するためのプロセス、取得を希望する資格や語学の到達目標、高等学校で取り組む個人研究や、自発的に進める活動などが記録できる。「高大連携教室」で学習した内容も個人別に保管した。記録は生徒だけでなく、高校教員、大学教員が閲覧でき、アドバイスを書き込むことができる。東京農工大学に進学した生徒に対して、高校教員から大学教員に教育活動の情報を受け渡すことが可能になる。また記録内容はAO・推薦入試等の特別入試で、教科学力にとどまらない幅広い資質・能力を多面的に評価するための資料として活用することを想定している。

(4) 高大連携教室 (IGSプログラム前期)

今春、教科学力にとどまらない幅広い資質・能力を養成する2泊3日の高大連携教室を開講した。初回は試行的な意味もあり、本学高大連携校から参加者を募り、31名の高校2年生が参加した。

① グループワーク「地球の課題を解決しよう」(第1日・3日)

参加者が5つのグループに分かれ、全地球規模の課題である「食料問題」「エネルギー問題」「環境問題」「先端技術」について、科学的にどのような解決手段が考えられるかを議論し、最終日にアイデアをプレゼンテーションした。高校生には東京農工大学の農学部、工学部の研究が、各課題に対して、解決のための科学的アプローチを各分野から行っていることを紹介し、既習の知識の範囲で思いつくアイデアを検討してもらった(図4)。



図4 グループワークのプレゼンテーション

② Science English (第1日)

英語の科学雑誌の論文を例に、1つの論文に対して多国籍の共著者がいることに気づいてもらい、科学研究を進め、論文にして発表するには、多くの研究者との英語コミュニケーションが必要であることに気づいてもらう。また、簡単な実験を行い、科学の現象を英語で記述する体験をした。論文にはほど遠いが、生徒は、「主語は人なのか、形式主語なのか」、「実験をしたのだから過去形? それとも再現性があるから現在系?」など、高等学校の英語の授業では気づかない疑問を真剣に考え、討論していた。

③ 実験 (第2日)

i) 実験 I 「電磁誘導と相対性理論」

コイルと永久磁石によって生じる電流を観察し、結果を考える実験を体験した。この実験はアインシュタインが特殊相対性理論を思いつくきっかけになった実験である。

実験でモノを作ったり、手を動かすことは楽しいが、自分が何をやっているかわからずに作業を進めることは科学的活動ではない。経験、学習したことを単に「知っている」ということでなく、その仕組みとか、知っていることが次に何につながるのかを考えることが重要であることを学習した。

ii) 実験 II 「DNA鑑定」

東京農工大学で初年次の基礎実験科目で行われている実験を大学生と同じ設備、器具を使用し、工学部の学生がTAとして指導、補助に当たった。一連の実験が終わった後、DNA分析の歴史、現在の適用例、将来の応用の見通しなどの講義を受けた。

実験で正確に、期待どおりの結果を出すためには、正しい準備、テクニックが必要であることを学んだ。

④ 留学生との交流 (第2日)

東京農工大学に留学している大学院生6人に、自国の状況、留学に至った課題意識、東京農工大学での研究内容を、グループワークのテーマである「食料問題」「エネルギー問題」「環境問題」「先端技術」に沿って、プレゼンしてもらった。

インドネシア出身の留学生は、米の生産の課題に対する適正な水管理の手法を研究していることを発表した。ガーナからの留学生は、環境にやさしい除草剤、雑草管理の研



図5 留学生との交流

究をしていることを紹介した。タンザニアからの留学生は、先端の農業技術を学ぶことで、高付加価値の農産物を生産し、農家の貧困問題の解決をしたいと説明した。プレゼンテーション終了後のパーティ形式のセッションで、高校生側から積極的に話しかける姿勢が見られ、充分理解できなかったことの確認の質問をしていた(図5)。

⑤ 参加高校生の反応

参加した高校生からは、「大学の講義という、大きな教室で先生から学ぶ授業というイメージだったけど、教えられているだけでなく、その問題に対して自分が何をすべきか、どうしてそうなったかということを考えることによって、興味もわくし、もっとそれに対して研究してみようという意欲が身に付けられた」、「いろんな国からの留学生と交流する機会があって、外国では子供のころから英語で教育を受けるのが当たり前という、日本の遅れている部分を痛感した」などの感想が聞けた。

(5) 初年次教育科目 (IGSプログラム後期)

上記のような高校生向けプログラムの受講生が入学してくることを想定し、『理系大学生』のためのキャリアプランニング入門、「考える科学実験～科学実験の記述法～」を開講した。

前者は東京農工大学で学ぶことが社会にどのように貢献できるかを考え、これからどのような姿勢で、どのような事項を学ぶべきかを学生自身に考えてもらうことを目的としている。また、情報収集を積極的に行い、複雑な社会問題に批判的な思考も加味し、自分なりの観点を持つような課題にも取り組む。

後者は科学的な事象への興味・関心・課題意識を持ち、それに対する実験を行い、その実験のデータや情報を評価し、論理的に考え、活動の成果をわかりやすく伝えるプロセスを経験する。これによって課題の整理の仕方、客観的・総合的な判断力、思考力、聞く側に配慮した説明方法などの能力を習得することが可能となる。

3 ■ 今後の課題と展望

図6は、一般入試と特別入試で評価する能力を模式的に表したものである。縦軸の教科学力はセンター試験と個別入試で合格ラインを引くことができる。しかし導入が期待される多面的評価では、合格ラインが曖昧である。このラインを明瞭にするためには、ルーブリックのような評価指標の精度を上げていく必要がある。高校教員、大学教員が育成すべき科学技術人材のイメージを共有し、それぞれの育成段階で必要な教育を行い、生徒、学生にとって自らの興味・関心に基づいた、主体性のある科学的な活動が安心して持続できる「高大接続」システムが期待されているのである。

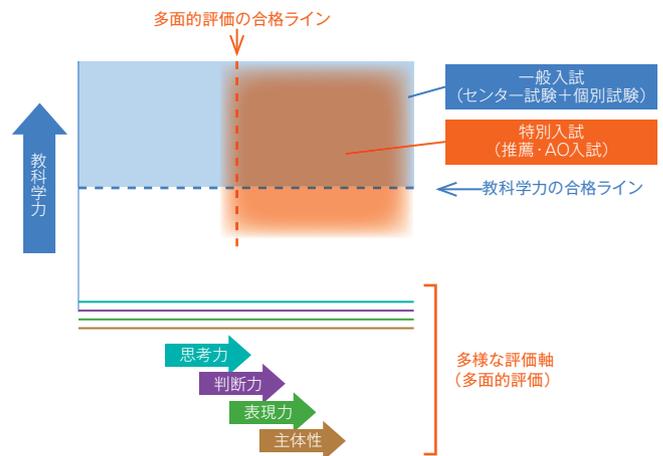


図6 入試制度において評価する能力のイメージ

(東京農工大学 大学教育センター 准教授 藤井 恒人/ふじいつねひと)

参考文献

- (独) 国立青少年教育振興機構, 「高校生の科学等に関する意識調査報告書ー日本・米国・中国・韓国の比較ー」(2014)
- ベネッセ教育総合研究所, 「高大接続に関する調査」(2014)

受賞作品の発表



一般財団法人 理数教育研究所では、児童・生徒が日常生活や学校での学習などから興味をもった事象を、算数・数学的な見方・考え方を活用して主体的に探究していく姿勢を培うために、2013年度から塩野直道記念「算数・数学の自由研究」作品コンクールを開催しました。今年は第3回となります。

塩野直道記念 第3回「算数・数学の自由研究」作品コンクールには、第2回を上回る多数のご応募をいただきありがとうございました。小学生、中学生、高校生の皆さんから合わせて15,392件の作品が届きました。海外からも23件の応募をいただきました。

作品は各地域で選考後、中央審査委員会で最終審査を行い、p.17～19のように受賞者が決定しました。

●塩野直道賞 顕彰委員会

- 吉川 弘之 東京大学名誉教授／Rimse 理事長
 岡本 和夫 東京大学名誉教授／Rimse 理事
 清水 静海 帝京大学教授／Rimse 理事
 梶川 眞秀 公益社団法人 全国珠算教育連盟理事長
 [特別顧問]
 塩野 宏 東京大学名誉教授

中央審査委員

委員長	根上 生也	横浜国立大学大学院 教授
	銀島 文	国立教育政策研究所 総合研究官
	桜井 進	サイエンスナビゲーター
	坪田 耕三	青山学院大学 教授
委員	中島 さち子	ジャズピアニスト
	藤田 岳彦	中央大学 教授
	蒔苗 直道	筑波大学 准教授
	渡辺 美智子	慶應義塾大学大学院 教授

(五十音順)

- 主催：一般財団法人 理数教育研究所
 協賛：株式会社 内田洋行
 株式会社 学研ホールディングス
 後援：文部科学省
 国立教育政策研究所
 読売新聞社
 公益財団法人 文字・活字文化推進機構
 公益社団法人 全国珠算教育連盟



中央審査委員会 (2015年11月29日, 東京・アルカディア市ヶ谷)

受賞者一覧



最優秀賞

(p.25~30に作品を紹介)

塩野直道賞

小学校低学年の部

きみはどっち？ ぼくはこっち！

京都府 洛南高等学校附属小学校1年 仲野 勇毅

塩野直道賞

小学校高学年の部

坂道の勾配(角度)と高台の高さを測定してみる

兵庫県 仁川学院小学校5年 小野塚 祥峻

塩野直道賞

中学校の部

折り紙で新しいくす玉を作る～多面体との関係性～

埼玉県 埼玉大学教育学部附属中学校2年 宝珠山 理歩

塩野直道賞

高等学校の部

無限等比級数(数学Ⅲ)を小学校の算数で解く

東京都 東京学芸大学附属高等学校1年 深澤 亮

文部科学大臣賞

数を形に表す

熊本県 熊本大学教育学部附属小学校6年 丁 梁

Rimse 理事長賞

計算ミスによって導かれた興味深い漸化式

神奈川県 横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校2年 池田 悠輝



優秀賞

(p.31~34に作品を紹介)

読売新聞社賞

合区について考える

鳥取県 鳥取大学附属中学校3年 野上 今日子

内田洋行賞

えっ！私はこっちが丸いと思うんだけど… ～円に近いとはどういうことかを調べる～

岐阜県 岐阜大学教育学部附属小学校6年 香田 栞理

学研賞

パタパタパズルのひみつをあばけ！

佐賀県 佐賀市立赤松小学校3年 古川 豪

審査員特別賞

ケーキを3とう分にする方ほう

東京都 白百合学園小学校2年 中尾 真奈

審査員特別賞

最大化

大阪府 貝塚市立東山小学校5年 伊藤 有矢

審査員特別賞

“金魚すくいの最適解”

佐賀県 佐賀県立佐賀西高等学校1年 山口 颯仁

審査員特別賞

星に願いは叶うのか？

兵庫県 小林聖心女子学院高等学校2年 村田 黎

奨励賞

Rimse 奨励賞 小学校低学年の部

作品タイトル	学校名	学年	受賞者氏名
「ブロックス」のいた 21しゅるいのひみつ	秋田県 秋田市立桜小学校	2年	泉 生穂
ふくめんざんをしよう！！	滋賀県 滋賀大学教育学部附属小学校	2年	藤川 智哉
巨大ジャングルジムをつくるには？	京都府 洛南高等学校附属小学校	2年	羽場 丈太郎
蟻はウサイン・ボルトを超えた！！	京都府 洛南高等学校附属小学校	3年	島田 あゆみ
バス停で見つけた不思議な数字	京都府 洛南高等学校附属小学校	3年	仙田 悠悟
なかよしジャンケン	大阪府 豊中市立新田南小学校	2年	峯 莉暖
かんめんは、長くゆでるとどのくらいのびる？	兵庫県 明石市立大久保南小学校	2年	藤本 明日香
パンダは白地に黒！？じゃあ、シマウマは？	香川県 香川大学教育学部附属高松小学校	2年	松浦 瑠
かけ算の9のだんのふしぎ	福岡県 福岡教育大学附属福岡小学校	3年	梅本 隆ノ介
コルネットってすごいよ。	鹿児島県 南さつま市立阿多小学校	3年	鶴田 侑之介

Rimse 奨励賞 小学校高学年の部

作品タイトル	学校名	学年	受賞者氏名
氷の表面積が違っていると、氷のとけ方や水の冷え方に違いはあるのだろうか？	青森県 青森市立大野小学校	4年	若宮 幸輝
待ち合わせ場所、どこにする？～ぼくが遅刻しないためには？～	東京都 暁星小学校	4年	坂上 慶征
太陽が作る影のぼやけ方について	富山県 富山市立光陽小学校	6年	坂井 兵胡
WHY CUT 7 TIMES ? —立方体の展開図をつくる—	愛知県 岡崎市立梅園小学校	6年	山本 陸登
名前を一回で切り抜け！	京都府 立命館小学校	5年	鍵井 心花
おこづかいをもっともらおう大作戦	大阪府 大阪教育大学附属池田小学校	4年	田中 莉穂
熊本城の武者返しはどこまで攻められる？	鳥取県 米子市立明道小学校	6年	岸本 一花
桃太郎の入っていた桃の大きさを調べよう	岡山県 岡山大学教育学部附属小学校	6年	三村 珠貴丸
おり紙算数～ふしぎの輪！？～	福岡県 北九州市立萩原小学校	4年	新田 莉子
アミダ速ときナンバー 1	沖縄県 那覇市立石嶺小学校	4年	赤嶺 結樹

Rimse 奨励賞 中学校の部

作品タイトル	学校名	学年	受賞者氏名
折り紙の一辺を2～10等分しよう！	北海道 北海道教育大学附属札幌中学校	2年	山本 歩未
いざ！ミレニアム問題…まずは素数を知ろう。	福島県 福島大学附属中学校	2年	過足 俊介
数学を使って魚をもっと釣れ！！	千葉県 千葉市立松ヶ丘中学校	2年	曾我 実由
《私は『トリプルジャンプ』を跳ぶべきか？》	長野県 信州大学教育学部附属長野中学校	1年	堀 凜香
新幹線のお得さを考える	愛知県 愛知教育大学附属岡崎中学校	1年	猪原 優輔
偏差値の正体をあばけ！！	大阪府 関西大学中等部	3年	向山 晴菜
安来市月ノ輪祭りの花火の計算	島根県 島根大学教育学部附属中学校	1年	赤井 裕
コンビニを、どこに建てる？	山口県 山口大学教育学部附属光中学校	1年	濱田 美月
電話連絡網の効率性を徹底追求！！	佐賀県 太良町立多良中学校	2年	澤山 瑞希
ドーンと (Don't) 桜島！	鹿児島県 始良市立帖佐中学校	2年	今別府 幸芽

Rimse 奨励賞 高等学校の部

作品タイトル	学校名	学年	受賞者氏名
総当たり戦を効率よく行うには？	東京都 東京学芸大学附属高等学校	2年	仲條 友彪
出席番号に基づく生徒の循環的な指し方とその偏りの考察 ～理想は29人の教室～	東京都 高輪高等学校	2年	平山 龍一
代数方程式の特殊解の個数	愛知県 名古屋高等学校	2年	小島 響
「結び目理論を応用した領域選択ゲーム」における最短手の考察	大阪府 清風高等学校	1年	森 健登
小谷の蟻問題の拡張 —最も遠い場所はどこ—	兵庫県 関西学院高等部	2年	戸國 友貴
コラッツ問題	奈良県 奈良県立青翔高等学校	3年	中村 優斗, 西岡 伸二, 樹井 勝太, 阿部 匡
複素数のことは複素数でわかりたい！	香川県 英明高等学校	3年	林 一慶
出生率の方程式	香川県 香川県立観音寺第一高等学校	3年	小畑 照也, 中野 葉, 森 一起
分数の割り算では何故逆数を掛けるのか	熊本県 熊本県立熊本西高等学校	1年	中川 匠, 井上 大雅, 三瀬 統世, 森田 恭平
$\sin 1^\circ$ の値	宮崎県 宮崎県立宮崎南高等学校	2年	天神 魁人

全応募作品の中から、最優秀賞、優秀賞、奨励賞の受賞者のほか、下記の方々の作品が地区審査から中央審査委員会の最終審査に推薦されました。

小学校低学年の部

	学校名	学年	氏名
東京都	成城学園初等学校	1	三津橋 魁人
愛知県	愛知教育大学附属名古屋小学校	1	山内 空太
	小牧市立小牧小学校	1	清水 瑠桜
三重県	三重大学教育学部附属小学校	2	高田 侑実
京都府	京都市立桂坂小学校	1	喜多 裕哉
		1	村島 一希
		1	横山 仁香
		2	臼木 朋果
		2	加藤 祐子
		2	川久保 奨真
		2	箕輪 怜晟
		2	山口 結大
		3	岩附 俊作
		3	佐藤 凜
		3	清水 泰成
		3	高谷 悠葵
		3	田中 美帆
		3	福井 壮樹
		3	福岡 茉桜
		3	藤井 咲羽
3	松本 翼		
3	鷺田 俊		
大阪府	大阪市立玉川小学校	3	林田 悠吾
		3	松田 奈々
	堺市立福泉小学校	2	谷野 花歩
	豊中市立新田南小学校	2	西村 ほの歌
兵庫県	加古川市立氷丘小学校	2	志比田 麗
		2	佐伯 凜々子
	仁川学院小学校	2	茂山 智哉
奈良県	近畿大学附属小学校	2	桐井 祥大
和歌山県	和歌山大学教育学部附属小学校	2	藤原 遼太
鳥取県	倉吉市立小鴨小学校	3	山田 桐哉
	鳥取大学附属小学校	3	村口 誠仁
岡山県	岡山大学教育学部附属小学校	2	橋野 太功仁
山口県	山口大学教育学部附属山口小学校	1	中田 莉奈南
香川県	香川大学教育学部附属高松小学校	3	瀬川 雄大
愛媛県	愛媛大学教育学部附属小学校	3	大政 俐緒
福岡県	北九州市立中井小学校	3	加藤 千晶
	福岡教育大学附属小倉小学校	1	吉川 紗良
	福岡教育大学附属福岡小学校	3	青柳 沙采
	福岡市立城南小学校	1	植田 奏風
佐賀県	佐賀大学文化教育学部附属小学校	2	山口 悠希
		3	大島 悠翔
		3	深江 心花
		3	松尾 萌果
熊本県	美里町立砥用小学校	3	高森 瑠璃乃
鹿児島県	肝付町立内之浦小学校	3	橋口 真恋
海外	ハンブルグ日本人学校	1	藤原 葵

小学校高学年の部

	学校名	学年	氏名
東京都	暁星小学校	4	天羽 俊輔
		4	伊藤 悠翔
	東京創価小学校	6	曾根 李里花
神奈川県	川崎市立下小田中小学校	6	松本 しおり
石川県	能美市立辰口中央小学校	5	高崎 結
福井県	福井大学教育地域科学部附属小学校	6	鈴木 開
静岡県	静岡市立伝馬町小学校	6	青木 美琴
愛知県	小牧市立小牧小学校	4	丸山 藍生
	田原市立泉小学校	5	小笠原 愛
	名古屋市立富士見台小学校	4	高江 純平
三重県	津市立南が丘小学校	4	山上 禮
滋賀県	滋賀大学教育学部附属小学校	4	松村 紀佳
京都府	京都聖母学院小学校	4	赤井 七理
	立命館小学校	5	平野 通永
大阪府	池田市立池田小学校	5	堂本 弥花莉
		6	浅沼 杏佳
	大阪市立玉川小学校	6	豊田 えみ
		4	土井 美咲
		6	郷原 あまね
		6	七里 元嗣
	関西大学初等部	6	山口 朋花
		6	野添 勇弘
		4	(匿名希望)
		5	田中 紅葉
兵庫県	小野市立市場小学校	5	田中 紅葉
	加古川市立陵北小学校	5	松尾 賢人
	川西市立多田小学校	4	土田 桃子
	神戸市立木津小学校	5	阿部 百花
	太子町立斑鳩小学校	4	松山 侑季
	仁川学院小学校	4	熊谷 一輝
		5	向坂 優哉
	姫路市立手柄小学校	6	笠松 洸太
香川県	香川大学教育学部附属高松小学校	4	白石 晃久
福岡県	福岡教育大学附属福岡小学校	6	石川 実祈
	福岡市立別府小学校	6	古賀 碧
佐賀県	鹿島市立古枝小学校	5	三原 愛結
	佐賀大学文化教育学部附属小学校	4	川崎 雄斗
熊本県	熊本市立壺川小学校	4	園田 智翔
		5	勝田 諒
		5	菊川 和菜
		5	末次 里衣
		5	中村 のの
	益城町立広安西小学校	5	山本 望月
鹿児島県	鹿児島市立川上小学校	6	秋元 秀一

中学校の部

	学校名	学年	氏名
北海道	北海道教育大学附属札幌中学校	3	若林 新
山形県	米沢市立第四中学校	3	遠山 龍浩
千葉県	千葉市立幕張本郷中学校	1	菅原 響生
東京都	海城中学校	1	島 倫太郎
	東京学芸大学附属世田谷中学校	1	畠山 真理
	中野区立第四中学校	2	林 栞
神奈川県	横浜市立奈良中学校	2	荒金 昌平
新潟県	新潟明訓中学校	2	坂井 駿介
福井県	福井大学教育地域科学部附属中学校	1	細川 詩月
静岡県	静岡市立竜爪中学校	3	矢澤 兒海
愛知県	愛知教育大学附属名古屋中学校	2	平嶋 佐彩
		2	山田 紗穂
三重県	三重大学教育学部附属中学校	3	内田 健登
		3	林 航大
京都府	京都市立西京高等学校附属中学校	2	北出 緋里
大阪府	大阪教育大学附属池田中学校	2	門田 華
	関西大学中等部	2	貝原 萌
	四天王寺中学校	2	中村 日菜
兵庫県	啓明学院中学校	3	前田 篤志, 大栄 智希, 谷上 太介
		3	松田 優
	姫路市立広畑中学校	2	藤本 大和
奈良県	奈良教育大学附属中学校	3	森川 実咲
和歌山県	和歌山県立向陽中学校	3	高橋 悠泉
鳥取県	鳥取大学附属中学校	2	澤田 百永
		3	三宅 翔登
岡山県	岡山大学教育学部附属中学校	1	高田 和佳
香川県	高松市立高松第一中学校	1	小西 涼菜
愛媛県	愛媛大学教育学部附属中学校	2	吉村 紗葉
福岡県	福岡教育大学附属久留米中学校	1	平田 裕嗣
		2	樋口 陸斗
	福岡教育大学附属小倉中学校	2	日南 瑤
佐賀県	佐賀大学文化教育学部附属中学校	3	野口 里緒
熊本県	熊本市立白川中学校	1	江橋 新
	熊本市立託麻中学校	3	瀧口 雅人
		3	佐藤 真奈美
	熊本市立日吉中学校	1	水田 萌絵
	熊本大学教育学部附属中学校	2	井上 祐吾
		2	尾池 紗代子
3		宮田 桃佳	
大分県	大分県立大分豊府中学校	1	伊東 千智
		2	勝田 早紀
		3	光永 龍世
宮崎県	日南市立吾田中学校	2	仁田脇 蓮
	宮崎大学教育文化学部附属中学校	1	木村 彩葉
2		上村 萌々香	
鹿児島県	鹿児島大学教育学部代用附属 鹿児島市立伊敷中学校	2	福村 海咲
		3	川野 拓己
	鹿児島大学教育学部附属中学校	1	井上 翔理
		2	有留 和花
		3	中澤 佑哉
3	松元 音旺		
沖縄県	沖縄尚学高等学校附属中学校	1	板倉 沙夏

高等学校の部

	学校名	学年	氏名
茨城県	茨城県立竜ヶ崎第一高等学校	1	石井 均
東京都	東京学芸大学附属高等学校	1	坂井 真衣
		1	渡辺 真帆
神奈川県	横浜市立 横浜サイエンスフロンティア高等学校	2	石郷岡 卓
愛知県	愛知県立豊田西高等学校	1	廣江 大地
兵庫県	関西学院高等部	2	中屋 悠資
		2	岩渕 香奈
	小林聖心女子学院高等学校	2	平坂 優衣
奈良県	奈良県立青翔高等学校	3	辻本 純平, 中原 欣輝, 中村 優斗
熊本県	真和高等学校	2	林 碧惟

審査を終えて —中央審査委員からのメッセージ—



根上委員長

第3回にして応募作品が15,392件。驚異的な数ですね。中央審査委員会の数日前にある方に「3回にもなると、ネタ切れになるのでは」と言われたのですが、とんでもない。現実はそのような疑問を完璧に払拭するものでした。特に、小学生の活躍がすばらしい。紙の上だけの議論にとどまらず、自分のアイデアを活用するための道具を作ったり、独自の測定装置を作ったりと、具体的なモノを生み出している作品が目立ちました。

中学生の作品は12,965件と応募作品の大きな部分を占めていたのですが、その中からまじめにじっくりと取り組んではいるものの、「これだ!」ときらめく作品が見いだせませんでした。反対に、小学生の作品の中には審査員の皆さんをうならせる着想のものが多く、賞の選定に苦労しました。そして、最終的に、新設された文部科学大臣賞は小学生の頭上に輝くことになったのです。

一方、高等学校の部の作品には、いかにも数学というもののばかりでなく、小・中学生と同じ着想ではあるけれど、高校生らしく数学的に深く掘り下げているものが目立ち、全体の雰囲気がかこれまでとは異なるように感じました。私がこの作品コンクールに期待している「自由」が高校生にもようやく浸透してきたのかもしれない。

銀島委員

今年もたくさんのすばらしい作品を見せていただき、ワクワクしながら審査ができました。皆さんの素朴な思いから出発した自由研究には、これまで知られていない現象を発見しているものや、学問としての数学の研究テーマの芽生えを感じさせるものもあり、皆さんが持つ未来の可能性を予感できます。仕組みを明らかにしたい、課題を解決する方法を編み出したい、そうした想いを算数・数学の場面に移し変えて、果敢に粘り強く取り組むことは、現実の数学者の振る舞いと全く同じです。自信を持って、これからも挑戦を続けていってほしいと思います。



桜井委員

テーマが年々多分野・多岐にわたってきています。政治やスポーツといったタイムリーな話題に対して自らの問題意識を数理の眼差しでとらえようと挑む姿に新鮮な驚きを感じました。教科書で学んだ算数・数学を自らの疑問の分析・解決に活用してみること、新しい数学の事実や法則の発見にチャレンジしてみること、仲間と一緒に大きな問題に取り組んでみることなど、問題も解法も取り組み方もどれだけ時間をかけるかもすべて自由にできるのが本作品コンクールです。皆さんのさらなるチャレンジを楽しみにしています。



坪田委員

今回から文部科学大臣賞が加わり、審査委員もとても丁寧に作品を吟味し、それぞれの特徴を見つけていました。小学生から高校生まで、たいへん面白いテーマを見つけて、実際にものを作ったり、実験をしたりしているところに感心しました。中でも立体図形の作品などにはすばらしさを感じました。来年度以降の参加者に対してよい見本を示してくれたと思います。

今年から文部科学大臣賞が加わり、審査委員もとても丁寧に作品を吟味し、それぞれの特徴を見つけていました。小学生から高校生まで、たいへん面白いテーマを見つけて、実際にものを作ったり、実験をしたりしているところに感心しました。中でも立体図形の作品などにはすばらしさを感じました。来年度以降の参加者に対してよい見本を示してくれたと思います。



蒔苗委員

第3回となるコンクールに、今年もたくさんの作品の応募があり、ますます大きなコンクールになってきました。今までにない新しいテーマや研究課題も多く見られ、小・中・高校生の皆さんの豊かな感性や創造力を感じることができました。自由研究を通して感じた算数・数学の不思議さや面白さを、これからも大切にしてください。

第3回となるコンクールに、今年もたくさんの作品の応募があり、ますます大きなコンクールになってきました。今までにない新しいテーマや研究課題も多く見られ、小・中・高校生の皆さんの豊かな感性や創造力を感じることができました。自由研究を通して感じた算数・数学の不思議さや面白さを、これからも大切にしてください。



中島委員

今年も皆さんの創造性あふれるたくさんの作品を審査させていただいて、とても刺激を受けました。身のまわりの現実の事象の仕組みを数学的に探究するだけでなく、そこに、理科など他教科の知識や経験的知見も交えて総合的に考察した作品も目立ちました。合科目型の新テストが話題になっていますが、まさに、数学的思考が総合的な問題解決を効率的・効果的に進めるうえで、中心的な役割を果たしていることを皆さんの作品が示していると言えます。次回も、皆さんのチャレンジングな作品を楽しみにしております。

今年は本コンクールも3回目を迎え、応募数も15,000を超えました。今年も、非常に楽しく、優れた作品の数々に感動し、驚き、刺激されながら、中央審査を終えました。小学校低学年の部は、使える数学道具が少ない中、発想を自由に広げ、身近な課題を算数の力で解決しています。小学校高学年・中学校・高等学校の部でも、さまざまな発想の泉に感嘆しました。次回はどんな作品に出会えるのでしょうか。ワクワクしながらお待ちしております！



藤田委員

基本的には高校生の審査を担当しました。塩野直道賞には、塩野直道先生の数学教育観と関連する作品が、Rimse理事長賞には非常に面白い2項係数の等式に関する研究が選ばれ、それぞれの賞にふさわしい作品でした。来年度も数理的に面白く優れた研究もしくは我々の社会生活や諸科学への数学の応用などいろいろな作品が全国の高校生から送られてくるのを楽しみにしています。

基本的には高校生の審査を担当しました。塩野直道賞には、塩野直道先生の数学教育観と関連する作品が、Rimse理事長賞には非常に面白い2項係数の等式に関する研究が選ばれ、それぞれの賞にふさわしい作品でした。来年度も数理的に面白く優れた研究もしくは我々の社会生活や諸科学への数学の応用などいろいろな作品が全国の高校生から送られてくるのを楽しみにしています。



渡辺委員

今年も皆さんの創造性あふれるたくさんの作品を審査させていただいて、とても刺激を受けました。身のまわりの現実の事象の仕組みを数学的に探究するだけでなく、そこに、理科など他教科の知識や経験的知見も交えて総合的に考察した作品も目立ちました。合科目型の新テストが話題になっていますが、まさに、数学的思考が総合的な問題解決を効率的・効果的に進めるうえで、中心的な役割を果たしていることを皆さんの作品が示していると言えます。次回も、皆さんのチャレンジングな作品を楽しみにしております。

表彰の集い

優秀作品の受賞者を招いて、2015年12月20日に東京・アルカディア市ヶ谷にて表彰の集い(表彰式・作品発表)を開催しました。



最優秀賞・優秀賞－受賞作品の紹介と講評

塩野直道賞
小学校低学年の部

きみはどっち？ ぼくはこっち！

京都府 洛南高等学校附属小学校 1年 仲野 勇毅



全5ページ

赤	の	スライダ－	16人
白	の	スライダ－	12人
青	の	スライダ－	14人
黒	の	スライダ－	13人

なので、私は、2回目は一ばん人が
すくない白いろにならびました。

けっか、また、いとこのほうが早く
すべりおわってました。

そこで、それぞれのいろのスライダ－
の人がすべりおわってから、つぎの
人がすべりおわるまでのじかんをしら
べました。

赤	の	スライダ－	35秒
白	の	スライダ－	25秒
青	の	スライダ－	20秒
黒	の	スライダ－	30秒

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+25+25=325秒
にすべりおわる。→私のばん

いとこがすべりおわるまでのじかん
20+20+20+20+20+20+20+20+20
+20+20+20+20+20+20=300秒
にすべりおわる。いとこのばん

だから、まけたとわかった。
ろ、しらべてわかったこと。

ならんでいる人すうがおなじだっ
た。まがーばん早くすべりおわる。
ならびのれつがすくなくともコース
によって、すべるじかんがちがうので
まわってくるじかんもちがう。

そこで、こんど、このプールに45分
とぎのために、ひょうをつくってみた。

人	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
赤	35	70	105	140	175	210	245	280	315	350	385	420	455	490	525	560
白	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400
青	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320
黒	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480

ひょう

▲3ページ目

▲2ページ目

じ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た。



4、しらべてよかったこと。

ひょうにしたので、つぎにそのプー
ルにいったとき、どのれつにならびは
よいかすぐわかるとおもいます。

5、ほかでこのしらべたことをつか
いたい!!

私は、れつがならんでいるところを
さがしました。
お手つだいでかいものにいったとき
みつけました。
ならんでいる人すうをかぞえて一ばん
すくないれつにならびましたが、私の

-4-

▲4ページ目

講評

プールではどのスライダ－に並ぶと、一番早く滑れる(待ち時間が短い)のだろう…? 実際のプールで、待ち人数だけで考えた予想が外れてしまったことをきっかけにした、小学校1年生のすばらしい研究。最終的には、どのスライダ－に並べばよいか一目でわかる「早見表」も作り出しており、実際に役立ちます! さらに、仲野君はスーパーのレジの場合の発展研究も始めています。数学による現実世界の問題解決例として極めて優れた作品です。

中央審査委員会

※紙面の都合で、受賞作品は一部のみを紹介しています。理数教育研究所のホームページで、作品のすべてをご覧いただけます (<http://www.rimse.or.jp/>)。

塩野直道賞

小学校高学年の部

坂道の勾配(角度)と高台の高さを測定してみる

兵庫県 仁川学院小学校5年 小野塚 祥峻



全5ページ

[テーマ]坂道の勾配(角度)と高台の高さを計測してみる
5年1組小野塚祥峻

[動機]僕の家は高台の上にあります。急な坂道である「男坂」とよばれる坂を上るのに、いつも忙し苦勞しています。

□ この「男坂」の角度は何度くらいあるのだろうか?
□ 「男坂」の下から上までどのくらいの高差があるのだろうか?
(=僕の家は坂の下から何mくらい高いところに住んでいるのだろうか?)
家にある道具を使って調べてみた。

[研究内容]

Ⅲ 角度を計測する

(1) 用意するもの

- プラスチック容器
- 水
- マジック
- 分度器

(2) 手順

- プラスチック容器に水を注ぎ、水平な場所に置く
- 水面に合わせて、容器にマジックで線を引いておく
- プラスチック容器を坂道へ運び、道の上に置く
- かたまたま水面とプラスチック容器に引いてある水平な線の角度も測り、みる

▲1ページ目

⑤ 測定結果

④ 錯角と同位角を利用して坂の角度を測る

- 分度器で測った角度 = $\angle A$
- 容器のマジックの線は坂と平行になる。容器の水面は水平と平行になるので、錯角を利用して、 $\angle A = \angle I$
- 容器のマジックの線と坂は平行なので、同位角を利用して $\angle I = \angle U$
- $\angle A = \angle I = \angle U = 16^\circ$ と分かる。

⑥ 結果
坂道(男坂)の角度は 16° とわかった。

- 2 -

▲2ページ目

② 高低差を計測する

(1) 用意するもの

- 巻尺
- マーク
- 携帯電話

(2) 手順

- 坂の下から右腕を顔の前にまっすぐ伸ばし親指を立てる。右目を閉じて左目だけをみて、坂の上にいるお父さんと立てた親指が重なるようにする。
- そのまゝの姿勢で、左目を閉じて反対の右目だけを親指を見る。親指は左側(道路側)に移動したように見える。どのくらい移動したかを坂の上にいるお父さんに携帯電話で連絡しながら移動してもらう

③ お父さんになってもらっていた場所と移動した場所の道路上にマークを印を書いてもらう

- 3 -

▲3ページ目

講評

上り坂の角度を測り、その高低差を求めることを試みています。直接は測定することのできない長さを求めるために、相似の考え方を何度も使って工夫しています。その考え方自体はよくあるもののように思えますが、透明なプラスチックの容器に水を入れた傾斜角の測定装置を作ったり、自分の左右の目の視差を利用して道幅と腕の長さから坂道の長さを求めたりと、そこに投入されているアイデアはとても新鮮なものでした。

中央審査委員会



折り紙で新しいくす玉を作る

～多面体との関係性～

埼玉大学教育学部附属中学校 二年C組 宝珠山 理歩



1. 動機

折り紙折ることが好きな私は、小さいころからいろいろ折ってきた。今はユニット折り紙、特にくす玉を作ることに夢中になっている。私がよく作るくす玉は大きさ、形、全て同じユニット（折り紙一枚から作られたパーツ）を何枚も用いる。それらを組み合わせ、1つの立体にしたものだ。ただの折り紙が、組み合わせただけできれいな球体になるのが面白いので、たくさん作ってきた。しかし、実際なぜこんなふうになるのか、わからないでやっていた。くす玉の理屈を調べてみることで、仕組みを知り、新しいくす玉を作りたいと思った。また、私の作るくす玉の組み合わせ方は大体同じだが、ユニットの枚数によって、ちょっとしたユニットの形の違いによって、完成品が変わってくるのはなぜか、自分で作ったくす玉から調べたいと思った。

2. 調べ方

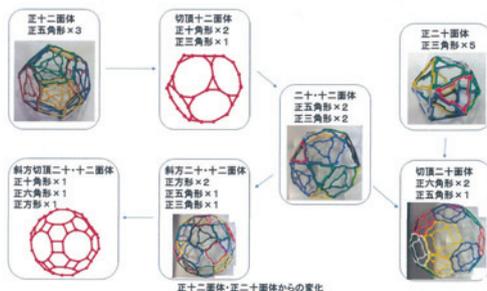
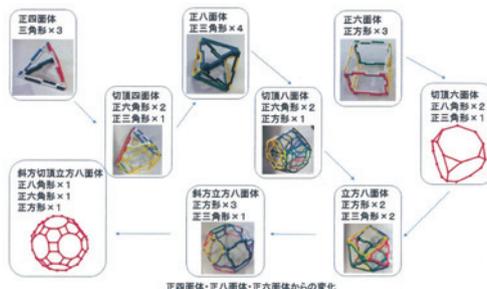
- ・自分の作ったくす玉を分析する。
- ・正多面体、半正多面体について調べる。
- ・Geoshapes というおもちゃで多面体を作り、関係を考える。
- ・頂点に注目し、頂点の組み合わせからどんな立体ができるか調べる。
- ・正多面体ではない多面体で、折り紙や Geoshapes で作ってみる。

1

▲ 1 ページ目

これらの多面体は、頂点を削っていくことで、他の形に導けることに気が付いた。Geoshapes で準正多面体や半正多面体を作り、その関係を図示した。

正八角形、正五角形は Geoshapes にないので、絵で描いた。



5

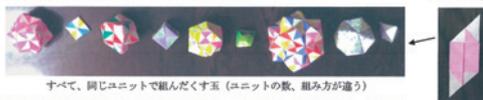
▲ 5 ページ目

3. 結果と考察

3.1 くす玉と多面体の関係

ユニット折り紙でのくす玉は、一枚の折り紙から作ったユニットを組み合わせ、立体を作り上げる。ユニットは、いろいろな折り方があるが、どのユニットも大体組み方は似ている。同じユニットでも、組み方、ユニットの枚数によって、完成品の大きさや形が変わってくる。

1つのユニット



すべて、同じユニットで組んだくす玉（ユニットの枚数、組み方が違う）

くす玉は凸凹した形だが、その構造をみるために、頂点同士をつなげる分析と、頂点のある突起を削る分析をしてみた。

六枚で組んだもの



頂点を結んでみると、正四面体

突起をなくし、辺を結ぶと、正四面体

十二枚で組んだもの



頂点を結んでみると、正六面体

突起をなくし、辺を結ぶと、正四面体

三十枚で組んだもの



頂点を結んでみると、正十二面体

突起をなくし、辺を結ぶと、正二十面体

2

▲ 2 ページ目

講評

ユニット折り紙から作るくす玉について、その構造を数学的に考察した優れた作品です。実際にくす玉を制作したり、Geoshapes (ジオシェイプス) というツールを組み立てたりして、さまざまな多面体を丁寧に調べており、粘り強く取り組んでいます。折り紙は、日本の誇るべき伝統文化の一つですが、折り紙の国際学会が設立されて研究大会が開かれたり、オリガミクスという言葉ができたりして、たいへん注目されています。レポートにも書かれていますが、凸という条件を外してくす玉を組み立ててみるなど、仕組みの分析を続けていってほしいと思います。

中央審査委員会



NO. 4

そこで、「速さ」の単元で置き換えて考えることにする。
 ※速さの問題をX-Yグラフにして比を用いるのは、中学入試塾にて小学5年の後期に習うとされている。
 →置き換えた後の問題設定。

□AさんとBさんは今 $\frac{1}{3}$ km 離れています。2人が同じ方向に進み、それぞれ一定の速度(A>B)で歩くことを考えます。2人が歩きました。Aさんが、Bさんのスタート地点に到達したとき、2人は $\frac{1}{3}$ km 離れていました。このとき、AさんがBさんに追いつくまでにAさんは何km歩いたことになるかを、このお題問題により、図は下のようにする。

右から右までの時間はA,Bともに共通なので、速度比=距離比。
 右→右において、Aさんは $\frac{1}{3}$ km、Bさんは $\frac{1}{3}$ km 歩いたので、
 速度比 $\rightarrow A:B = \frac{1}{3} : \frac{1}{3} = 3:2$ となる。

AさんはAC間、BさんはBC間をそれぞれ同じ時間で歩いているので
 $AC:BC = 3:2$ であることがわかる。
 よって $AC = \frac{3}{2} \times \frac{1}{3} = 2$ となり、**2km 歩いた**。

(STEP 2 で分かったこと)
 $\frac{2}{3} + \frac{4}{9} + \frac{8}{27} + \frac{16}{81} + \dots + (\frac{2}{3})^n = 2$ としよ。

▲4ページ目

NO. 5

(STEP 3) $\frac{2}{3} + \frac{4}{9} + \frac{8}{27} + \dots + (\frac{2}{3})^n$ を求める。
 まずは具体的値で、たどきと同様、速さの問題として処理してみよう。

$\frac{2}{3} : \frac{1}{3} = a:b$ より、AとBの速度の比は $a:b$
 $AC:BC = a:b$ であるから、 $AB:AC = a-b:a$
 よって、求めるACは $a-b : a = \frac{2}{3} : a$ としよ。
 $x = \frac{2(a-b)}{a-2}$

$\frac{2}{3}$ の果菜をすべてたていくと、 $\frac{2}{a-2}$ になることが予想される。
 このことを別の方法で「証明」することにする。
 図形の証明の問題に置きかえていく。

面積 $\frac{2}{3}$ と面積 $\frac{2}{3}$ の三角形を $AB \parallel DE$ となるように並べる。
 高さも等しいので、面積比=底辺比。つまり $\frac{2}{3} : \frac{2}{3} = a:b$
 面積 $\frac{2}{3}$ と面積 $\frac{2}{3}$ の三角形を $BD \parallel EF$ となるように並べる。
 $BD:EF = \triangle BDE : \triangle FED = \frac{2}{3} : \frac{2}{3} = a:b$
 このことで分かったこと
 $\begin{cases} AB:DE = a:b \\ BD:EF = a:b \end{cases}$

▲5ページ目

NO. 7

(STEP 4) $(\frac{2}{3})^n$ の和が $\frac{2}{a-b}$ である場合は存在するか。
 a と b の大小関係、すなわち、底が1より大きい小さいか、か関係して
 いると考える。

(i) $a < b$ のとき $\frac{2}{a-b} > 1$
 (ii) $a = b$ のとき $\frac{2}{a-b} = 1$
 (iii) $a > b$ のとき $\frac{2}{a-b} < 1$
 のすべての場合において、(STEP 3 で導いた公式) を使えばどうなるか。

(i) $a < b$ のとき (底が1より大きい場合)

限りなく大きくなっていく。

(ii) $a = b$ のとき (底が1のとき)

限りなく大きくなっていく。

(iii) $a > b$ のとき (底が1よりも小さい場合)

一定の値に収束する。

(STEP 4 から分かったこと)
 $(\frac{2}{3})^n$ の和が $\frac{2}{a-b}$ とする」という公式は
 $\frac{2}{3} < 1$ のとき (すなわち $a > b$ のとき) のみ使える。
 ※ $\frac{2}{3} \geq 1$ (すなわち $a \leq b$) のときは、値が無限大に発散する。

▲7ページ目

講評

無限等比級数の収束や極限の値を図形を用いて初等的にうまく求めています。塩野直道先生の緑表紙の算数教科書にも無限等比級数と図形の関連を示唆する図が描かれており、小学生にも無限等比級数が図形を見てわかるのではないかと、塩野直道先生の考え方に通じるものがあり、塩野直道賞にふさわしい作品と考えます。

中央審査委員会



計算ミスによって導かれた興味深い漸化式

横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校
2年 池田 悠輝

私は計算ミスをした
これからそのことについて書いていく

私は迷路の研究をしている。その中である条件下での迷路の場合の数を求めていた際以下の漸化式を得た。

$$\begin{cases} a_1 = 1, a_2 = 4 \\ a_{n+1} = 4^n - \sum_{k=1}^{n-1} a_k a_{n-k} \quad (n \geq 2) \end{cases}$$

実はこの式の一般項は実際の値と少々異なっていて、現在では正しい一般項も出ている。それでもこの漸化式を取り上げたのは、見た目からは考えられない一般項の美しさにある。それを私の思考手順に従って考えていく。

まずこの漸化式を観察してみる。

具体的に数値を代入することにより第5項までを得た。以下にそれを示す。

$$(a_1, a_2, a_3, a_4, a_5) = (1, 4, 15, 56, 210)$$

実際に計算することでよりよくわかるが、この高校で習うようなものと違い、全ての項を使うことにより次の項を算出している。言うなれば全項階乗漸化式のようなものである。しかも $a_n a_{n-k}$ などの項が増える度に違うペアとの積の和になる。しかもそれが 4^n から引かれているので、非常に複雑なものとなっている。

しかし一つ重要な手がかりがあり、私は Σ の部分の式に見覚えがあった。

それは一般にカタラン数と呼ばれ漸化式は以下の式で与えられる。

$$\begin{cases} \delta_0 = 1 \\ \delta_{n+1} = \sum_{k=0}^n \delta_k \delta_{n-k} \end{cases}$$

またこれを計算することにより一般項を得られ、以下の式で表される。

$$\delta_n = \frac{1}{n+1} \binom{2n}{n} \quad \text{※ただし} \binom{n}{k} \text{は二項係数を表すもので} \binom{n}{k} = {}_n C_k \text{とする。}$$

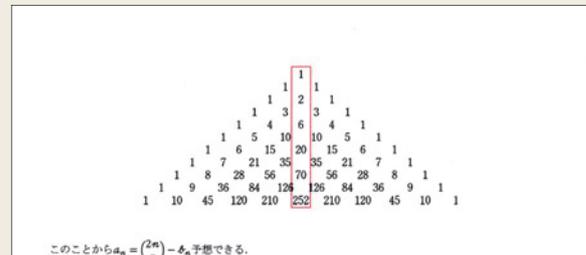
具体的には $(\delta_0, \delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4, \delta_5) = (1, 1, 2, 5, 14, 42)$ である。

見た通り非常に似た形をしている。始めはこの漸化式を代入できるのではないかと考えたが、 4^n から引かれているため値が複雑に変化して代入することは出来なかった。しかし、色々試していた中でとても興味深い関係を見つけた。実はこの二つの数列の各項を足し合わせた数列 $(a_n + \delta_n) (n \geq 1)$ は

$$(a_n + \delta_n) = 2, 6, 20, 70, 252, \dots$$

と表せる。一見どのような数列かわからないが私は偶然にもこの数列を知った。

それは $\binom{2n}{n}$ 、即ちパスカルの三角形の中央列である。(次頁上図)

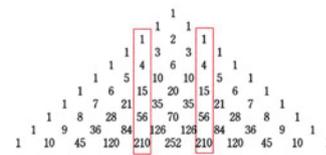


このことから $a_n = \binom{2n}{n} - \delta_n$ 予想できる。

$$\delta_n \text{の一般項を代入し、計算すると} a_n = \binom{2n}{n+1}$$

よって今回の漸化式の一般項は $\binom{2n}{n+1}$ であると予想できた。

このことの衝撃がわかるだろうか、あれだけ複雑から得られる一般項がカタラン数と同じ二項係数という、非常に簡単な形で表すことができるのは、予想だにしないかった。視覚的にはパスカルの三角形の中央の列隣2列目がそれにあたる。(下図)



後はこれを証明するだけである。ここで実際に漸化式を足してみると

$$a_{n+1} + \delta_{n+1} = 4^n + \sum_{k=0}^n (\delta_k \delta_{n-k} - a_k a_{n-k}) + 2a_n a_n = \binom{2n+2}{n+1}$$

が成り立つと予想される。

これを数学的帰納法を用いて証明しようと思う。しかし、二つの数列がペアとなる項を覚えていって変化していくというのもあり、私の実力では証明することが出来なかった。しかし予想段階ではあるが私的にこの一般項は非常に衝撃的な結果であり、とても希望の持てる結果となった。

- 2 -

▲ 2 ページ目

▲ 1 ページ目

またカタラン数と同様に

$$a_n = \frac{D^{(n)}(0)}{n!}$$

ここで $D'(x) = -2(1-4x)^{-3/2}$ であり、 $D(x) = (1-4x)^{-1/2}$ なので

$$D'(x) = -2D(x)$$

$$D^{(n)}(x) = -\frac{D^{(n+1)}(x)}{2}$$

$$\therefore D^{(n)}(0) = \frac{(2n)!}{n!}$$

これらを代入し計算すると

$$\begin{aligned} a_n &= \frac{\binom{2n+2}{n+1} - 2 \binom{2n}{n}}{2} \\ &= \frac{(n+1)(2n+1)! - (2n)!(n+1)!}{[(n+1)!]^2} \\ &= \frac{(2n)!}{[(n+1)!]^2} \\ &= \binom{2n}{n+1} \end{aligned}$$

よって一般項は $\binom{2n}{n+1}$ である。

これは予想の式と完全に一致する。

正直成功するか半信半疑で計算していたので、この式が出たときはとても嬉しかった。

最後の最後まで計算が正しいか確信が持たないので、確信が持たされたときの喜びは本当に大きかった。

今回は完全に想定外の発見だったためこのような形でまとめた。

まさかちよつとした計算ミスがこのような面白い数学を見つけてくれるとは思ってもよらなかった。

余談ではあるが計算ミスをした場合の一般項、即ち本来導かれるはずであった一般項 W_n を以下に示す。

$$W_n = \frac{(2+\sqrt{3})^n - (2-\sqrt{3})^n}{2\sqrt{3}}$$

見た通り簡単な3項漸化式を解くことによって導かれる形の式である。

しかしながら私は何故計算ミスに中々気づかなかったのか。

それを調べるため、試しに今回の数列と本来の数列の各項の差を計算してみた。

以下に第5項までの結果を示す。

n	0	1	2	3	4	5
誤差	0	0	0	0	0	1

- 6 -

▲ 6 ページ目

講評

2項係数に関するすてく面白い等式

$$\binom{2n+2}{n+2} + \sum_{k=1}^{n-1} \binom{2k}{k+1} \binom{2(n-k)}{n-k+1} = 4^n \quad (n \geq 2)$$

が彼の考察によって発見されました。方法的には大学以降の数学としては標準的なものですが、高校生としては水準以上のものです。どのようなミスから漸化式を見つけたのかなどの説明があるととても面白い作品になったと思われます。

中央審査委員会

学研賞

パタパタパズルのひみつをあばけ！

佐賀県 佐賀市立赤松小学校3年 古川 豪



全5ページ

5 × 5 のパズル
計算
(5 × 5 - 3 × 3) × 2 = 16 × 2 = 32
32 ÷ 4 = 8
答. 8面できる

5 × 5 は色をぬる所が分からなくて作るのがとてもむずかしかった。

-3-

▲3ページ目

講評

お店でもらった「パタパタパズル」を見て、いったいいくつの面ができるかと考え、実際に作ってみて確かめることから研究が始められました。他の大きさのパズルも同様に作り、そこから規則性を発見し「片面の数(パズルのたて×横-あなの数)÷2=できる面の数」と式化したところが算数的に優れたアイデアでした。自分で作ったパズルに色づけをし、写真に撮って研究をまとめ、読む人にもとてもわかりやすいものになっています。

中央審査委員会

審査員特別賞

ケーキを3とう分にする方ほう

東京都 白百合学園小学校2年 中尾 真奈

全5ページ

② 4とう分はすぐにでき
たけれど、なん回おっ
てみても3とう分には
なりません。いろいろ
やっているうちに、3
は4より1少ないとい
うことで、4つのうち
の1つをかくして3つ
にすることをおもいつ
きました。

③ やってみたら円すいの
ようになりましたが、
ま上から見ると3とう
分になっていました。

④ ケーキの上にせてみ
ました。おり目に合わ
せてしるしをつけて切
れば、3とう分でき
そうです。成功です!!
ただ、ケーキの上には
デコレーションもある
し、上にのせないで
きるほかの方ほうがな

-2-

講評

ケーキを仲よく3等分に分けたい!という身近な動機を、極めて身近な道具や発想で解決しているところがすばらしい。特に最初の方法は、 $4 - 1 = 3$ に基づく、とてもシンプルなアイデアで、簡単に誰でも実践できるものです。解決方法を発見したときの喜びも感じられ、読んでいてワクワクしました。ぜひ、他の形についても3等分したり、あるいはケーキを5人、6人、7人で分ける方法も考え、実践してみてほしいものです。

中央審査委員会

⑤ 左右の板のたての長さ \square cmと高さの関係
 左右のたての長さを \square cmとして
 木の板を使いきることを考えました。
 前後の板の横の長さは11.9cmなので、横4枚の面積の和は、

$$(11.9\text{cm} + 11.9\text{cm} + \square\text{cm} + \square\text{cm}) \times \text{高さ}$$

になります。そして材料の面積は、
 $14.7\text{cm} \times 97.5\text{cm} = 1433.25\text{cm}^2$
 になって上下の板の面積は、
 $14.7\text{cm} \times \square\text{cm} \times 2(\text{枚}) = 29.4\text{cm} \times \square\text{cm}$
 この計算から残りの横4枚の面積は、
 $1433.25\text{cm}^2 - 29.4\text{cm} \times \square\text{cm} = \text{横4枚}$
 (全体) (上下)
 を使えることが分かったので、
 横4枚の面積は、
 $2 \times 11.9\text{cm} \times 2 \times \square\text{cm} \times \text{高さ} = 1433.25\text{cm}^2 - 29.4\text{cm} \times \square\text{cm}$
 この式が左右の板のたての長さ \square cm
 と高さの関係だと分かりました。

⑥ 箱の容積の計算
 \square に数字を入れて箱の容積を計算すると
 \square が15cmになるときが一番大きくなる
 と分かりました。

▲3ページ目

講評

大きな板を切って組み合わせることでできる箱の容積を最大にする問題を考えています。小学生の知識だけではこの問題の厳密な答えを求めることは困難ですが、 \square を使った式を用いて板を分割して得られる部品の面積を評価する関係式を作り、容積の最大値を推定しています。しかし、計算のうえで最大値を与える \square の値では板から部品を切り出せないことがわかり、さらなる工夫をしてその事態を克服しています。

中央審査委員会

2-2 入水方法

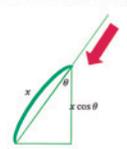
ボイを水に入れる際に気をつけなければならないことは、水の抵抗である。水の抵抗を減らすためには、水と触れ合う面積を減らす必要がある。では、どのようにして入水すればよいのか。入水する方法には、ボイをすでに傾けた状態で徐々に水につけていく方法(A)と、垂直に一度入水し、水中で傾ける方法(B)の2通りがある。では、どちらの方法がより水の抵抗を受けないで済むのか。

(A)
 入水時は静し水が当たらないため、そのときの抵抗は考えない。よって、水中で回転させるときの抵抗のみを考えればよい。ボイを水中で θ °回転させるとすると、($0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$)



水の抵抗を受けるボイの面積は、
 $\frac{\theta}{2\pi} \times 8\pi \times \frac{1}{8} \times 4^2\pi = 8\theta$

(B)
 新しい部分が入水するたびに水中にあるボイが水の抵抗を受ける。ゆえに、これには場合分けが必要である。入水した長さを x cmとすると、 $0 \leq x \leq 4$ の場合、(A)と同様にボイを θ °回転させた状態で入水させるとすると、($0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$)

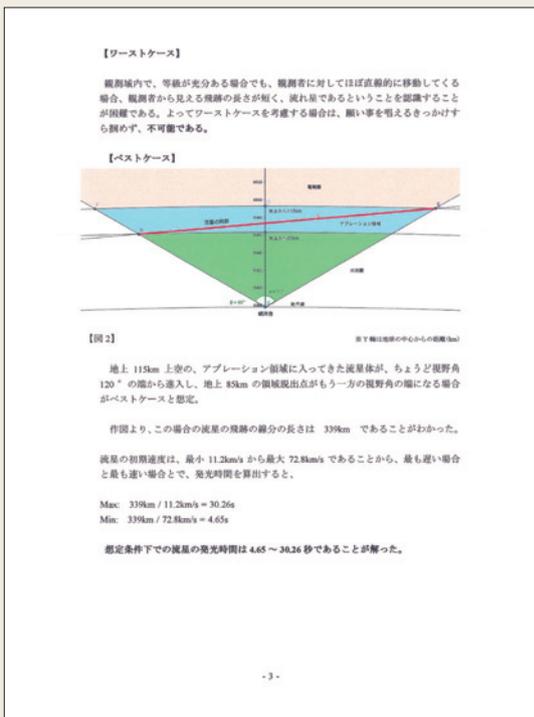


▲5ページ目

講評

金魚すくいという身近な題材をテーマに、うまく金魚をすくうための戦略をさまざまな視点から数学的に考察し具体的な解を導いています。特に、数学モデルに経験的な知見も織り交ぜて現実的に問題解決を図っていること、また、導いた戦略が実際に有効であることを実験で示し誰もが数学的思考のよさに納得できる事例を作成した点を高く評価します。

中央審査委員会



▲3ページ目

講評

「流れ星で願いを叶える」という誰もが知っている夢のあるテーマを選ぶ一方で、そもそもその前提条件である「3回願いを唱える」が実現できるものか？の問いに数学モデルと現実のデータを組み合わせて具体的な解を導いています。特に、流れ星の数学モデルに基づく映像シミュレーションを作成し、実際に「願いを唱える」実験環境を製作した点も高く評価できます。今回は、確定値による評価でしたが、乱数を利用し確率的に実現可能性を評価することにもチャレンジしてください。

中央審査委員会

塩野直道記念

第4回「算数・数学の自由研究」作品コンクールへのお願い



●応募資格

- 小学生、中学生、高校生(海外の日本人学校も含む)
- 小学生…低学年の部(1~3年)と
高学年の部(4~6年)に分けて審査します。
- 中学生
- 高校生(高等専門学校3年次までを含む)
- ※同年年のグループでの応募も可能です。

●応募作品

- 日常生活や社会で感じた疑問を算数・数学の力を活用して解決する、あるいは、算数・数学の学びを発展させて新たな数理的課題を探究する中で、気づいたことやわかったこと、自らの解決の方法などをレポートにまとめてください。
- 小学生…A4判の用紙(片面)で5枚以内、
またはA3判の用紙(片面)で2枚以内
- 中学生・高校生…A4判の用紙(片面)で10枚以内
- ※立体的な作品や、立体的な制作物を添付した作品の応募はお断りします。

●応募方法

- 理数教育研究所のホームページにある応募票に必要事項を記入し、作品と一緒に送ってください。
- 送付先：〒543-0052
大阪市天王寺区大道4丁目3番23号
(財)理数教育研究所
「算数・数学の自由研究」係
- 受付期間：2016年8月20日～2016年9月10日
(当日消印有効)

●応募にあたっての注意

- 作品は図や写真も含めて、応募者本人のオリジナル作品に限ります。
- 他のコンクールなどで審査中の作品や過去に入賞した作品の応募はお断りします。
- ※応募ならびに審査と表彰についての詳しいことは、ホームページをご覧ください。

第4回

数学を愛した音楽家



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。

数学と音楽

私は数学が大好きです。中学校、高校、大学と文字どおり数学に没頭し続けました。大学時代には音楽世界にも誘惑され、昼は数学に夢中になり、夜は音楽（即興演奏）に明け暮れる日々となりました。そんな私にとって、数学と音楽は独立のものではなく、互いに刺激し合う「似た」存在です。ところで、いったい、数学と音楽はどのような点が似ているのでしょうか。

古代ギリシャ時代、ピタゴラスは代数学は「動かない数」、音楽は「動く数」、幾何学は「動かない図形」、天文学は「動く図形」を研究する学問だと称したそうですが、確かに音と数は似ています。譜面は時間と音の高低についてのグラフと見なせますし、12音からなる音階はオクターブを無視すれば

ば mod12 の群論に過ぎぬという方もいるでしょう。物理学的には音は波ですから、さまざまな音色もフーリエ解析を用いて復元することもできます。

が、私自身が「数学と音楽は似ている！」と感じる点は、具体的な類似点以上に、数学や音楽と向き合う際の「心・情緒」の動きです。特に以下の3つの心の動きは、数学と音楽においてとても重要と感じています。

- 1：美を感じ、求め、ふっと気づく心の動き
- 2：新しいものを生み出そうともがき苦しむ心の動き
- 3：遊び、自由を求め、冒険しようとする心の動き

数学も音楽も、結局は「創造」が鍵です。それ故、両者における喜びや苦悩は互いに極めて似ていると思います。

数学は数学的真実を、音楽は音楽的美や自分なりの芸術表現を求めます。両者の異なる部分は多々あり、100%同じでないことは明白です。とはいえ、創造するという行為において、数学と音楽には酷似する何かがあるのも真実なのです。だからこそ、優れた数学者と音楽家がどこか似た人生観・直感・美的感覚を持っていたり、数学を愛する音楽家や音楽を愛する数学者が多いのではないのでしょうか。

また、何かを創造しようとするとき、感性と論理は本来一体となり互いを啓発し合うものであり、その意味では数学や音楽は互いに補完し合う象徴的存在ともいえます。私自身、数学研究で壁にぶつかったときには即興演奏をし、作曲が行き詰まったときには数学研究をすることで、心や思考が解放され新しい境地に達するという体験を実際に何度かしたことがあります。感性はときに隠れた論理を感知させ、論理はときに囚われた感性に自由を与え、隠れた真実を探り出します。

創造における数学と音楽の類似点は、私自身の現在の関心の中心でもあり、本連載の中でさらに議論を深めたいと思います。今回は第一歩として、私の独断で、数学の喜びや発想に刺激され、感性と論理が密に融合した天才作曲家を数名ご紹介します。

天才バッハとモーツァルト

かのヨハン・セバスチャン・バッハ（1685～1750年）が数学好きであったか否かについての記述は特に残っていません。ただ、彼の作品を見れば、彼が数学的美に対する稀有な天才的感覚を持っていたことは明らかです。

バッハは、メロディを平行移動させたり、反対に読んだり、上下逆にしたり、2倍にしたり…という操作を行い、複雑に組み合わせて神の建築物のように美しい音楽を生み出しました。例えば、私が大好きな『ゴールドベルク変奏曲』は、低音には全く同じラインが流れる（ジャズでいえばコードが同じ）素晴らしい変奏曲です。30曲の変奏曲のうち、3の倍数の変奏曲はカノンになっており、バッハが3という数を三位一体の象徴として愛し、天上の音楽を表現していたことがうかがえます。奇跡的に美しい建築物たちは、数式等を駆使して作られた機械的作品ではありません。稀有な美への感性と構造に対する深い造詣が、瞬時に、ときには即興としてあれほど美しい曲たちを生み出したのです。バッハにとって、感性と論理は常に一体でした。



図1 蟹のカノン J.S. バッハ『音楽の捧げもの』より。
裏から逆に読んでも、全く同じ譜面となる。^{*1}

また、ヴォルフガング・アマデウス・モーツァルト（1756～1791年）は数や算術が大好きであったことはご存じでしょうか。モーツァルトが幼少期の最初に強い興味を示したのは音楽ではなく、実は数でした。テーブル、椅子、壁などあたり一面に数を書き、足し算などを楽しみました。^{*2}大人になってからも、彼はいろんな手紙や実際にオペラの中でも数をたくさん散りばめ、遊んでいます。^{*3}

先日オペラ『フィガロの結婚』を見ましたが、フィガロがなぜか「5,10,20,30,36,43」と呟きながら登場する場面があります。数字の由来は不明ですが、足し合わせると144、つまり12の2乗です。オペラ『魔笛』には、フリーメイソンの影響か、やはり3が頻出します。3人の侍女、3音のノック、3つの声、3つフラットを持つ調性…。

モーツァルトは作曲家としては珍しく、オペラ（物語的・

具体的）と交響曲（構造的・抽象的）の両方において素晴らしい作品を残しました。彼もまた、情感と構造の両方に対して稀有な感性を持ち合わせた素晴らしい作曲家でした。

彼が生きた時代、社交パーティでは音楽のサイコロ遊びが流行りました。例えば、モーツァルト作曲『音楽のサイコロ遊び』では、まず冒頭に11行16列の（1から176が書かれた）表があり、その後176小節の譜面があります。パーティで、人々は2つのサイコロを16回投げ、その和と何回目に投げたかに応じて対応表の番号を読み取り、その番号の小節を取り出して順に並べます。それらをつなげて弾くと、素敵な曲が必ずできあがる！のです。できあがる曲の数はなんと11の16乗。サイコロを16回振るだけで、誰でもモーツァルトのような曲が生み出せる！創造的な社交遊びです。

当時の社交の場では、こうした遊びも流行っていたのです。余談ですが、私自身の最近の講演では、「4音（例えばレ、ラ、シ♭、ファ♯）を観客の方々からいただき、4音をモチーフとした変奏即興を繰り広げる」という試みをよくしており、ご好評いただいています。こうした即興遊びは決して20世紀音楽に限ったものではなく、むしろバッハやモーツァルトの時代、社交の遊びとして多彩に行われました。

当時、音楽は必ずしも一方通行で鑑賞するものではなく、その場で瞬時に（短歌の下の句を詠むように）試され、即興的に生み出されて双方向で楽しむものでもあったのです。それは、感性と論理が絡み合う瞬間をみんなで体験し、みんなで創造の醍醐味や喜びを体験する、集合的創造遊びともいえます。

少しだけ種明かしをしますと、即興の秘訣は、おもに想像・連想と構造の2点です。例えば、私は4音即興の際、最初の音（例えばレ）をどの和音の、どんな味わいの音として扱うかについて自由に想像を膨らませながら、音を紡ぎます。



図2 「レ」を使った異なる和音の例

また、ときにファ♯を弾いたまま、ファ♯を連結音としてコードだけ変化させることで、連想ゲームのように音楽をつなげていくこともできます。さらに音長や強弱、リズムやテ

ンポを変えたり、多彩な音楽構造をモチーフに対して次々と適用したりすることで、音の世界は無限に広がっていきます。その奥には、人生観や苦しみ、哀しさ、歓びがじっと潜んでいることでしょう。

即興もまた、論理と感性が生み出す一期一会の創造です。豊富な道具や音楽的構造に対する造詣が、その場の空気から生きた何かを瞬時に捉える感性と絡み合うことで生まれます。ただし、その際は、観客もともに、息遣いや目線、笑い声や表情、心の動きなどにより一緒に創造活動に参加しているのです。

このように、音楽は、即興をはじめ、作曲、演奏、いずれも感性や感情と論理が融合した「創造」活動です。そして、バッハやモーツァルトのような音楽家は、数や対称性に対する抜群の美的感覚を持ちながら作品を創造してきたのです。

現代作曲家と数学—メシアンとクセナキス

ジャズと数学の話題はまた改めて触れるとし、以下は現代音楽の中で、数学にまつわる音楽家を簡単に紹介します。

オリヴィエ・メシアン（1908～1992年）は20世紀を代表するフランスの現代作曲家です。彼は音に色彩や模様が見える「共感覚」の持ち主として有名です。^{*4} メシアンは鳥類学者としても有名で、世界中の鳥の鳴き声を聴き取り、彼自身の曲（例：『鳥のカタログ』）の中にも取り入れました。凄まじい「感性」の持ち主です。

一方、彼は、移調が12の真の約数となるような対称性の高い旋法を生み出したり、音階への興味を音の強弱、リズムにまで広げたりして、現代音楽的な手法を拡大しました。彼の背後には、感性だけでなく、いつも数学的興味や探究がありました。

メシアンの弟子^{*5}で、作曲家・建築家・数学者のヤニス・クセナキス（1922～2001年）は、文字どおり「数学を作曲に応用」しました。

クセナキスの人生は波乱万丈です。ルーマニアで生まれたギリシャ系フランス人であるクセナキスは、建築と数学を学んだ後、第二次世界大戦中にギリシャ国内で反ナチス・ドイツのレジスタンス運動に加わり、負傷して片目を失い、逮捕されて死刑判決を受けます。その後、フランスに亡命し、建築家ル・コルビュジェの下で働く一方で作曲を学び、パリ音

楽院でメシアンに師事しました。人生でどの道を歩むかについて悩むクセナキスに、メシアンは「君は数学を知っている。なぜそれを作曲に応用しないのか」と言われたことに強く感銘を受けて、グラフ図形を譜面と見なしたオーケストラ『メタスタシス』（1954年）で作曲家としてデビューしました。以降、確率論や集合論、積分方程式などを応用した非常に難解な音楽をどんどん生み出します。また、光や空間をも音楽の要素として用いた、ダイナミックな作風でも知られています。

彼は決して冷徹なタイプではなく、激しい情熱や希望を持ち、そんな部分も私は好きで共感します。彼は「人間は誰しも創造の才能を持つ作曲家。ただ技術がないから表現できないだけで、それは人類にとってもったいない」と考えており、描いた絵が自動的に音になる「ユピック」システムの開発に夢中になりました。日本の作曲家武満徹（1930～1996年）との対談で、彼は、次のような発言をしています。「作曲をするということは、人間の持つ攻撃性を排除するのに役立ち、平和の手段になる」「人間は、自分がオリジナルであるということ、そしてそれを表現するという力を持たなければならない」。^{*6}

以上、数名の音楽家を紹介してきました。ほかにも、特に数式や論理を排除して真摯に本質を求めた感性豊かな芸術家の中にこそ、数学の美や心を強く感じる場合があります。ベートーベン、ムソルグスキー、ガウディ、ピカソ、武満徹、…。

私自身、音楽と数学に魅惑された小さな小さな一人として、「創造」について模索し続けたいと思います



補足

- ※1 ダグラス・R・ホフスタッター著、『ゲーデル、バッハ、エッシャー』、白揚社 より引用
- ※2 モーツァルト幼少時の家族の友人ヨハン・シャヒターの言による。
- ※3 モーツァルトの妻コンスタンチンは、後にモーツァルトの伝記作家へ「モーツァルトの算術や代数学に対する愛」について語っている。
- ※4 モーツァルトも、二長調はオレンジ、変ロ短調は黒、イ長調は虹色、…などの記述を残しており、共感覚を持っていたといわれている。
- ※5 現代作曲家・指揮者ピエール・ブレーズ（1925年～）もメシアンの弟子である。彼には数学の才能もあり、父親が彼を数学者にさせようとするのをメシアンが必死に説得した。
- ※6 小沼純一編、『武満徹 対談選』、ちくま学芸文庫より引用

第4回

創造を生む環境



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。

創造と環境

文章を練ったり、新しいアイデアを生み出したりするとき、三つの最適な環境があるといわれています。いわゆる「三上」と呼ばれるもので、馬に乗っているとき(馬上)、寢床に入っているとき(枕上)、便所に入っているとき(廁上)という三つの環境です。

これら三つには、ある共通点があるように思います。それは問題から離れ、少しホッとした精神状態にあるという点です。さまざまな発見の逸話などから、こうした環境において創造性が発揮されやすいのではないかとされています。

知識基盤社会ともいわれる現代社会では、新しいアイデアを生み出せるか否かが、ビジネスや社会の問題解決を成功に導く鍵となっています。もちろん、科学的発見や科学技術に

よるイノベーションも同じです。そのため新しいアイデアの創造に適した環境を整備することが、さまざまな組織で重要な課題となっています。

今回の作品で出てくる会社は、アイデアの創造を促す環境を整備するため、非常にユニークで大胆な方法をとっています。その方法は、現実離れしているのですが、どこか説得力もあります。皆さんは創造的な活動をするときに、どのような環境を望みますか。作品を参考にしながら考えていきましょう(「作品の概要」参照)。

今回のポイントーひまの効用

毎回のことですが、ぜひ原作をお読みください。さて、皆さんはK社の方法について、どう思いましたか。K社では「ゲームの開発」という真の目的を伝えなければかりか、「なにもするな」という命令を出しました。莫大な資金と時間をかけて、新入社員の精鋭をひまな環境に置いたのです。

現実世界の開発プロジェクトで、このような方法をとることは珍しいように思います。その点では、この方法で成功するのは、やはりフィクションの世界だけなのかもしれません。しかし一方で、重役の説明を聴くと、妙な説得力があります。その点では、どこか現実に通じる部分もあるようです。今回は、この環境を整備する方法について、肯定的な立場と懐疑的な立場から考えてみましょう。

肯定的な立場

重役のセリフを参考に、K社の方法の特徴を三つ見ていきましょう。一つ目は「開発する精神的余裕」の重視です。重役は「人びとはせかせかし、開発する精神的余裕を失っている」といいます。内田(2008)^{*1}は、近代文化を創造した「ランティエ」という金利生活者を紹介し、類似した考えを展開しています。「扶養家族がなく、定職への固着がなく、ある程度の生活原資が確保されると、人間は必ず『文化的』になる。『衣食足りて礼節を知る』というが、『時間と小金』があると人間は、学問とか芸術とか冒険とかいうものに惹きつけられてゆく(略)まず『暇』が必要なのだ。しかるのちにはじめて、その暇を『つぶす』ために、さまざまな工夫を人間は考え始めるのだ」としています。

作品の概要 「あるエリートたち」 星 新一

『盗賊会社』（新潮社）収録

大企業であるK社は、新入社員に対して、性格や健康、そして知能の精密な検査を行った。その結果選ばれた精鋭4人は、最も重要な部門につくのだ。重役は4人を別室に呼び、特別な給料などを約束する。4人は誇らしげな表情で、努力を約束し、どんな仕事なのかを尋ねた。

重役は言う。「なにもするな、ということだ。生産的なことは一切してはいかん」。信じられない話だった。4人が質問をしても、これが会社の命令だという。変な命令だが、4人は承知した。

4人は気候のいい海岸にある会社の寮に送られた。管理人付きで雑用もしなくてよい。しかし、なにもしていないというのも落ち着かない。同僚に申しわけない。そこで企業の勉強をしようとしたが、管理人にとめられてしまった。

仕方なく体操や釣りをして過ごしたが退屈で刺激がない。そこでトランプや碁や将棋をやろうと、おそろおそろ管理人に申し出ると、すぐに道具をそろえてくれた。なにもしないことへの欲求不満、うしろめたさ、持てあましているひま。妙な気分のなかで、遊びはしだいに大がかりとなった。マージャン、酒、うまい料理。どんなことでもできる。仕事の命令は依然としてない。いささかやけになり、4人は勝手な品を請求し、それらはみなかなえられた。

世界中の遊び道具が集り、みな、ひと通りできるようになった。生活にもなれ、心ゆくまで楽しもうじゃないかと、はらをきめた。むかしの王侯貴族か大金持ちの生

活のようなものだった。彼らはこの生活を悪くないと思いつつも、既成の遊びにはあきてしまい、もっと面白い遊びや気のきいたひまつぶしの方法を求めるようになった。こんな状態のまま、数年の間、ひたすら遊んだ。

そのうち、新しい遊びをくふうした。これまでの遊びの経験がおりこまれ、スポーツと知的ゲームとギャンブルの長所がうまくミックスされていた。4人はそれに興じた。

そんな時、本社から重役がやってきて言った。「よくやった。管理人からの報告で、急いでかけつけてきたのだ」。4人は、なにもやっていない、遊んでいるだけだと言う。しかし重役は「新しいゲームを開発してくれたのではないか。それが目的だったのだ」と答えた。

4人は不満げに「それならそうと、はじめにおっしゃってくればよかったのに」と言った。しかし重役は「いや、それではだめなのだ。現在あるスポーツやゲームは、どれも19世紀以前にうまれたものだ。そして現在、いまほど新しい遊びが強く求められている時代はないのだが、人びとはせかせかし、開発する精神的余裕を失っている。面白い遊びというのは、理屈からはうまれない。また、軽薄な思いつきでは成長しない」と言う。そして「生活の苦勞など念頭にない、貴族か大金持ちからうまれるものだ。そこで、優秀なきみたちを、むかしのひま人の環境に置き、アイデアがにじみ出て形をとるのを待ったのだ」と言う。

重役は4人にどんな報酬でも出そうと言った。4人は口ごもりながら言った。「できましたら、普通の職場でまともな仕事をやらして下さい。それが、いちばん面白そうです。遊びにはすっかりあきました」。

二つ目は、「面白い遊びは理屈から生まれえない」という考えです。実際には、理屈から生まれるケースも多くありますが、しばしば理屈、前例、常識といったものにとらわれずに開発をすることが奨励されることも事実です。全く新しいアイデアは、定義上、現在の延長線上にはないからです。この点について、K社はゲーム開発という目標すら伝えないうほど徹底しています。ゲーム開発を目的として明示した場合、過去のゲームの改善を目指す場合も、逆に過去のゲームを調べて存在しないものを探す場合にも、いずれにせよ過去のゲームが参照枠として用いられます。その場合は「過去の〇〇とは違う」という独自性になりがちで、過去に例を見な

い独自性を生むことは困難だと思われます。

三つ目は、自分たちが欲しいものを作るというアプローチです。現代社会では、消費者自身も自分が何を求めているのか自覚していないケースが多くあります。そのため欲しいものを尋ねる市場調査では、本当に求められているものを予測することが困難です。そこで近年、人や現場を観察し、少数であっても豊かなデータを得ることで、潜在的な新たなニーズを発見するというアプローチが注目されています。その際、自分自身も観察の対象になり得ます。ゲームが真に求められるひまな環境に自らを置き、そこで自分が欲しいゲームを作成するというアプローチは、現代にも通じる方法なのです。

懐疑的な立場

しかし、現実にはK社の方法が成功するには、いくつか条件があるように思います。

一つ目は、人の要因です。K社は誰にでもこの方法を適用するわけではありません。精密な検査により精鋭4人を選び出しています。次々に新しい遊びを試す好奇心、その経験から必要な知識を得る学習能力、既存の遊びで満足しない貪欲さ、自分たちで遊びを開発する能力などが不可欠だからです。ただし現実社会で精鋭を選出することは、たいへん難しいし、人選に失敗する可能性も高いでしょう。成功の形がわからないため、必要な素養もわからないからです。

二つ目は、開発内容の要因です。ゲーム開発では、「肯定的な立場」で示した三つの特徴を同時に達成することが有効でした。しかし例えば、忙しいビジネスマンのための新しい仕事効率化サービスの開発であれば、三つの特徴を同時に実現する環境を作ること自体が困難だと考えられます。

三つ目は、費用対効果の要因です。K社は何年間もの間、経費は使い放題で、4人の優秀な社員に高給を与え、遊ばせていました。これだけの先行投資のできる組織は限られています。また今回については、K社はその投資に見合った利益を得たわけですが、このようなプロジェクトが成功する確率は決して高くないでしょう。長期的には投資が必要だとわかっていても、投資が実を結ぶ前に会社がつぶれてしまっただけは、元も子もありません。

現代の私たちとのつながり

科学研究でも創造を促す環境整備が求められています。例えば、内閣府は「科学技術イノベーション総合戦略2015」^{*2}の中で、重点を置くべき政策分野として「イノベーションの連鎖を生み出す環境の整備」を掲げています。

では、研究者はどのような環境を求めているのでしょうか。例えば、学術の発展を目的としたコンソーシアムである学術研究懇談会(RU11)は、「自由な発想に基づく独創性豊かで多様な研究を継続的に支援することの重要性について(提言)」^{*3}を出しました。そこではノーベル賞を受賞した研究が「当初は価値の定まっていない研究を忍耐強く長い年月を

かけて深めていった帰結」であると指摘され、「基盤的研究にとって不可欠な安定した財源が枯渇しています」と危機が訴えられています。この提言からは、K社のような環境が一つの理想であるように読み取れます。

一方、上述の総合戦略には「総合科学技術・イノベーション会議が司令塔として機能を発揮」するとして、「第5期基本計画の下での効果的なPDCAサイクルを検討」といった文言があります。この表現からは、K社とは違って計画的かつ効率的な方法を重視する姿勢がうかがわれます。

この二つのアプローチは、どちらかが正しいというのではなく、互いに補い合いながらバランスをとって進める必要があります。前者のアプローチは、短期的な研究開発では生まれにくい、革新的であっても成功確率が低い、これまでの常識を覆すといった特徴を持つアイデアを生むには有効でしょう。仮に短期的には失敗や無駄のように見えても、失敗から学ぶことも多くありますし、今は役立たなくても将来役に立ったり、価値が高まったりすることも多くあります。

しかし前者だけでは、イノベーションを持続することは困難でしょう。前者に必要な余裕を生み出すために、効率的かつ安定的な成果が見込まれる後者のアプローチが有益だからです。さらにK社の例で言えば、4人の遊びの価値を認める重役や、アイデアを製品にする人、販売を行う人など、さまざまな人の支援も不可欠です。あの4人だけだったら、ただ遊んでいるだけの集団にすぎません。

こう考えると自由度の高い独創的な研究、安定的に成果を生む計画的で効率的な研究、それらの研究や社会実装の支援などをうまく組み合わせることが、創造を生む環境づくりの鍵になるようです。しかし例えば、ひまな環境に置く人を固定するのか、交代させるのか、あるいは、すべての人に一定のひまな時間を与えるのか、どの方法が良いのかはわかりません。こうしたさまざまな方法を考案し、選択し、新しい環境の中に組み込むプロセスは、まさに創造的な活動といえるでしょう。つまり「創造を生む環境」を生むということ自体が、実は一つの創造活動なのです。…う～ん、困った。❖

参考資料

- ※1 内田樹, 2008, 『街場の現代思想』, 文春文庫, pp60 - 75
- ※2 <http://www8.cao.go.jp/cstp/sogosenryaku/2015.html>
- ※3 <http://www.ru11.jp/blog/2015/11/06/> 提言:/

第4回

DTC遺伝子検査



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实践。NHK高校講座の生物基礎の講師を務める。

遺伝子検査とは何か

「遺伝子検査」や「遺伝子診断」という言葉を聞いたことはないでしょうか。

少し前の話になりますが、女優のアンジェリーナ・ジョリーさんが医療機関を通じて乳がんの関連遺伝子を調べ、乳がんや卵巣がんになる可能性が高いとわかったため2013年に両乳房を切除、2015年には卵巣を摘出しています。一方では、「遺伝子検査ビジネス」と呼ばれる、医療機関以外の企業による遺伝子検査も既にさまざまなものが登場しています。そこで、今回と次回の2回にわたり、遺伝子検査を取り上げます。今回は、医療機関ではなく、非医療機関が消費者に直接販売する遺伝子検査であるDTC（Direct to Consumer）遺伝子検査に絞って考えてみることにしましょう。

まずは、DTC 遺伝子検査について、基本的な部分からおさえてみましょう。DTC 遺伝子検査では、ヒトのDNAの塩基配列のすべてを解読するのではなく、一塩基多型（SNP）を調べています。SNPとは、ヒトの集団に見られる特徴的な塩基の違いで、さまざまな形質に関係しているのではないかと考えられています。例えば、あるSNPでAという塩基を持っている人の集団と比べてGという塩基を持っている人の集団では、ある疾患に1.2倍かかりやすい、というようなイメージです。DTC 遺伝子検査では、さまざまなSNPを調べることで、太りやすさなどの体質や、勉強や運動、芸術などの才能まで知ることができると宣伝されています。

現在、日本でビジネスとして展開されているDTC 遺伝子検査では、利用者が唾液や髪の毛などを送り、そこからDNAを採取し検査するというものが多く、値段も数千円から数万円まで幅広く、さまざまな内容のものが存在します。

遺伝子検査の結果を読み解くために

実際のDTC 遺伝子検査では、疾患に関するリスクの情報は、「オッズ比」と呼ばれる数値で算出されます。例えば糖尿病のリスクが1.8倍、などのように結果が返ってきます。これはどのように考えればいいのでしょうか。ここでは、こんな例え話で考えてみましょう。

学校の試験で、1組では80点以上の生徒が40人中8人でしたが、2組では40人中4人でした。このとき、「1組は、2組に比べて80点以上をとる確率が2倍」あります。遺伝子検査では、この例の「80点以上を取る」ことが、「ある疾患にかかる」ことに対応し、「1組」や「2組」が「あるSNPの型を持つ集団」に対応しています。「1組は80点以上を取る確率が2倍もあるのだから1組にいれば80点以上は取れそうだ」と単純に考えることはできないことはすぐにわかると思います。2つの集団ははっきりと性質が異なるものではなく、かなり重なり大きいものだからです。また、実際の疾患では、集団全体での疾患にかかる確率が1%であったりするので、その場合にはオッズ比が2倍であっても実際の疾患にかかる可能性は2%にしかありません。疾患のリスクが何倍、という数値だけに一喜一憂するのではなく、まずは数値の持つ意味を正しく捉えることが重要です。

疾患リスクは本当にわかる？

疾患リスクに関しては、さらにいくつか知っておくべきことがあります。DTC 遺伝子検査で調べる疾患は多因子疾患なので、複数の因子が発症に関わっていますが、それらがどの程度寄与しているかがわかりません。例えば、糖尿病に関する複数の遺伝子について、オッズ比が 1.5 倍、1.3 倍、0.7 倍、0.9 倍というように、リスクを高めるものと低めるものとが混在していることが普通です。それらをどう合算するのか、科学的に何が妥当かわかりません。また、その議論の前に、そもそも今わかる遺伝要因だけでなく、まだわかっていない遺伝要因も多くあるはずなので、当然ながら今現在、そこは調べることはできません。今後の研究の進展によっては、現在「低リスク」とされている人が、実は「高リスク」とされるかもしれないのです。

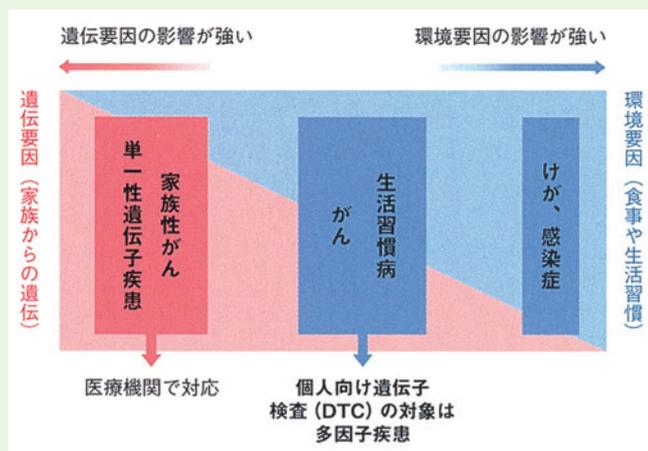


図1 遺伝要因と環境要因 『Wedge』(2014年10月号)の図を引用

もう一つ、認識しておかなければならないこととして、DTC 遺伝子検査は医療ではないので、遺伝性の疾患と関連の深い遺伝子などを調べることはできないということです。図1にあるように、遺伝要因が強くなる単一遺伝子疾患に関する遺伝子検査は、医療機関で医師が診断の材料とするものであり、DTC 遺伝子検査では多くの遺伝子が関係する多因子疾患のみを調べているのです。

ここまでの話を総合すると、遺伝子検査の結果は「占い」のようなものにとらえておくのが妥当かもしれません。実際に、同じ人が複数の検査会社で検査をすると、全く違った結果が返ってくることもあるのです。

遺伝子で「体質」や「才能」がわかる？

遺伝子検査では、先ほど述べた疾患のリスク以外に体質について調べてくれるものもあります。例えば、肥満に関する遺伝子検査です。肥満に関連すると考えられている遺伝子の型を調べることで、個人に合わせたダイエットが可能となるそうです。しかし、ここで調べられている遺伝子の SNP と肥満の型との関連は実はそれほどはっきりしていませんし、実際の検査結果とともに返ってくるアドバイスも、「よく運動をする」などの当たり前の内容のみのようです。ですから、この結果も本来は占い程度のものにとらえるべきものです。遺伝子の型に合わせたサプリメントの商品の宣伝も検査結果と合わせて提供されているようですが、ここには消費者としてのリテラシーが必要でしょう。

遺伝子検査ビジネスの中には、「子供の才能」を調べるといふものもあります。図2は、そこで調べられているものの一部を抜粋したものです。例えば、色覚多様性に関する遺伝子や難聴の原因遺伝子で潜在能力を判定しています。しかし、絵画や音楽に必要な能力はそのような遺伝子のみで決まるわけではありません。それを単なる「占い」としてではなく、「子供の将来を決めるための有益な情報」として受け取ってしまうのは危険です。ここでも消費者としてのリテラシーが必要となります。

検査項目	検査対象の遺伝子		推測できる問題点
	名称	診断できる疾患・異常等	
色彩感覚の感受性	CBP CBD	赤緑色覚異常	色彩感覚を色覚異常やその重症度で判断
注意力の潜在能力	BDNF 5-HT2A GRIN2D	ADHD(注意欠陥多動性障害・発達障害)	注意力をADHD発症のリスクで判断
聴力の潜在能力	GJB2 MTCO1	難聴	聴力の潜在能力を難聴の有無や重症度で判断
理解力	COMT	認知症など	理解力を認知症などの老人性疾患のリスクで判断

図2 子供の「才能」に関する遺伝子検査の例 『Wedge』(2014年10月号)の図を引用

ある会社の提供する遺伝子検査は、大学と共同研究していると言いつつも、才能に関する検査には監修者がいないそうです。東京大学の石浦章一先生は、「論文が100報出ている中で、ある遺伝子がADHDに関係しているという論文が5報あるとすると、関係していないという論文が95報もあることになる。こういう場合は、前者を前提として才能検査と称している場合が多い。これはインチキである」と述

べています。消費者には見えにくく、隠されている情報もあるので、情報を鵜呑みにせず、健全な批判力をもって判断することが消費者である私たちには求められています。

遺伝情報の行方

遺伝子検査では、数十万か所の SNP を調べているようですが、実際の遺伝子検査に必要なのはほんの数%だけです。それでは、何のために「検査に必要な SNP」まで検査会社は調べるのでしょうか。それは、研究のためなのです。ヒトの遺伝情報をたくさん集めてそれらを使って研究するためには、多くのデータが必要となります。しかし、遺伝情報は基本的には一生変わることのない「究極の個人情報」であり、他者の研究のために提供することに抵抗を感じる方もたくさんいます。しかし、遺伝子検査であれば話は別です。消費者にとって魅力ある検査内容を準備し、顧客を見つけるだけで研究に必要なデータを同時に集めることができるからです。

自分の遺伝情報を勝手に利用されては困る、という方があるかもしれませんが、実は検査を受ける際に、「匿名化された情報を研究に利用することに同意」したことになっているのです。例えばアメリカの 23andMe という会社では、持っているデータを製薬会社に提供するなどしており、2015 年には、自ら新薬の開発を始めることを明らかにしました。こう考えると、遺伝子検査を受ける人は、お金を払って自分の遺伝情報を渡しているということになります。DTC 遺伝子検査を受ける際にはこのようなことも考えておく必要があります。

必要なリテラシーとは

『Wedge』という雑誌の特集記事で、「遺伝子検査ビジネスは『易学』か『疫学』か」というものがありました（参考資料として図を引用させていただいています）。まさに言い得て妙です。科学的根拠がまだまだ甘い単なる占いとして受け止めればそれは「易学」の範疇ですが、その根拠のない情報によって子供の将来を決めてしまったり、あるいは遺伝子検査で肺がんのリスクが低いからといって「安心して」タバコを吸ってしまう（遺伝子検査でわかる曖昧な情報より喫煙

によるリスクのほうがはっきりしているのです）ようなことがあれば、それは「疫学」なのかもしれません。

図3は、東京大学医科学研究所の武藤香織先生が公開されているものです。詳しい解説は是非ウェブページからお読みいただきたいと思いますが、このチェックリストにあるような内容は、DTC 遺伝子検査を受ける際には必須のリテラシーと言えるでしょう。

- ① 診断ではありません
- ② 会社によって答えはバラバラです
- ③ 研究が進めば、確率は変わります
- ④ 予想外の気持ちになるかもしれません
- ⑤ 知らないでいる権利の存在を知りましょう
- ⑥ 自分で知ろうと決めたなら、医師に頼るのはやめましょう
- ⑦ 血縁者と共有している情報を大切に扱きましょう
- ⑧ 強制検査・無断検査はダメ、プレゼントにも不向きです
- ⑨ あなたのDNAやゲノムのデータの行方に関心を持ちましょう
- ⑩ 子どもには、大人になって自分で選べる権利を残しましょう

図3 遺伝子検査を買おうかどうか迷っている方へのチェックリスト
(東京大学医科学研究所公共政策研究分野・武藤香織教授)

遺伝子検査については、高校の教科書で直接扱われている内容ではありませんし、授業では時間の都合で割愛せざるを得ない側面もあると思います。しかし、生活への浸透度を考えると、最低限のリテラシーとして扱う必要を強く感じます。遺伝子検査をめぐる状況は刻一刻と変化しています。遺伝子検査の法規制も議論されていますが、しっかりと法整備されていない現状においては、リテラシーとして最低限の知識を伝える必要があります。そのうえで、ディスカッション等ができることより理解が深まり、それぞれの生徒がそれぞれの納得解を持つことができると思います。是非授業で取り上げていただきたい題材です。❖

参考資料

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

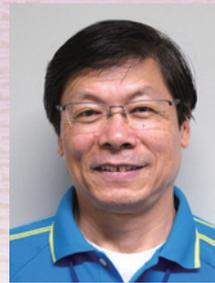
増井徹他, 2014, 『遺伝子検査の未来と罫』, 日本評論社

村中璃子, 2014, 遺伝子検査ビジネスは「疫学」か「易学」か, 『Wedge』2014年10月号, ウェッジ

武藤香織, 遺伝子検査を買おうかどうか迷っている方へのチェックリスト Ver.2

<http://www.pubpoli-imsut.jp/pdfs/00018.pdf?9c69aac5ba823e5ac39e1efd4540f039>

「見て」いるようで 「観て」いないところを 「くすぐってみる」！



宮崎文化振興協会 大淀川学習館
主任学習指導員

三浦 順一 / みうら じゅんいち

■ 大淀川学習館とは

私が勤務している大淀川学習館は、大淀川流域に生息している身近な生き物を飼育・展示し、誰でも無料で来館できる施設です。飼育・展示しているおもな生き物は、魚、チョウやホタルなどの昆虫、爬虫類等です。毎日、家族連れを中心として多くの方が来館します。夏休み、イベント等があるときは、来館者が1日3,000人を超すことさえあります。

■ 「見て」いるけど「観て」いない

あるとき、大淀川学習館内の「チョウのへや」に来ていた小学生に、近くで蜜を吸っているアサギマダラの「脚は何本か」と問うてみました。するとすかさず「6本です」と答えました。昆虫の脚は6本であることを知っている賢い子供です。では、どのように付いているか聞いてみると、6本の脚を図に描いてくれました。この質問には子供に限らず、大人でもほとんど同じ答えが返ってきます。正解については後述しますが、来館者の多くが生き物を「見て」いるようで「観て」いないことがあります。

■ 本物を提示し、生き物の生態を説明してから

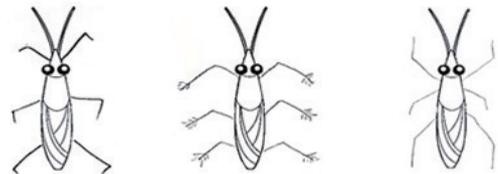
本館は来館者のニーズに応えるため、特に子供たち（おもに幼児、小学生）が楽しく体験・学習できるような教室やイベントのプログラム作りを心掛けています。その内容は、生き物の飼育に関することから折り紙、貝、葉っぱ、石などの素材を使った工作、チョウの標本作り、アユのつかみどり、ウォークラリー、カヌー教室など多岐にわたります。どれも楽しく体験・学習ができるのですが、本館の特色である生き物との関わりという観点で弱い面もありました。そこで、昨年度より、どの教室も本物を提示し、生き物の生態との関わ

りを知らせて、体験・学習に入ることになりました。

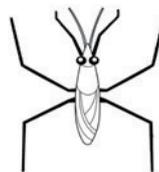
■ 針金アメンボの製作

アメンボを知らない人は少ないでしょう。では、読者のみなさんはアメンボの体に脚がどのように付いているか知っていますか？

細い針金でアメンボの形を作る教室があります。誰でも簡単に作れ、水に浮かせることができます。これまでは、作り方を説明し、製作した後「浮いた」という参加者の喜びだけで終わっていました。そこで、次からは「見て」いるようで「観て」いないところを導入に取り入れることにしました。参加者に「アメンボの脚はどうなっていますか」と問います。胴体だけのアメンボの図に脚を描いてもらいます。ヒントは「脚は6本」です。この教室では9割以上の参加者が下図のように脚を描きました。



参加者が描いたもの



正解の図



アメンボの脚のようす

さらにアメンボの生態を動画で示したり、なぜ水の上に浮くことができるのかを説明したりして、針金アメンボの製作に入ります。事後のアンケートでは「アメンボのことがよくわかって、子供にとってとてもよかった」「アメンボが浮く

理由がよくわかった」などと答えられていました。「観て」ないところを「くすぐって」みることで、生き物への興味・関心が格段に高まることがわかります。

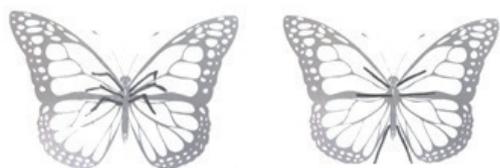


図1 「針金アメンボの製作」のようす

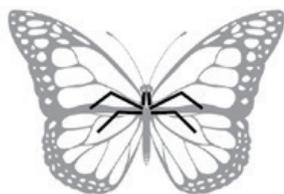
■ ミニ講座「アサギマダラの3つの秘密」

本館職員が行う10分ほどの講座です。この講座はアサギマダラの名前の由来、アサギマダラの脚の付き方、アサギマダラが2000kmも渡りをするという3つの秘密を紹介するものです。まずは部屋の中でアサギマダラを数頭放します。これだけで、参加者は声を上げます。そして、名前の由来について話をした後、2つ目の秘密に入ります。「アサギマダラの脚を描いてください」と投げかけます。「脚は6本」がヒントです。下は実際に描かれた図と正解です。

ほとんどの参加者は、チョウの脚はアゲハ類やモンシロチョウのように6本全部見えていると思っているようです。



参加者が描いたもの



正解の図



タテハチョウ科チョウの脚のようす

実際は、アサギマダラのようなタテハチョウ科のチョウの脚は4本にしか見えません。残りの2本は胸にたたまれています。これも「見て」いるようで「観て」いない例の一つでしょう。

この後、アサギマダラの渡りについて映像を使いながら説明してミニ講座を終わります。「よく見るチョウだが、その不思議さに驚きました」「アサギマダラが身近になりました」などの感想が聞かれました。



図2 「アサギマダラの3つの秘密」のようす

■ 「学習館」としての役割

大淀川学習館の運営方針に「次世代を担う子供たちが、身近にある自然を実際に見て・触れて・体験し、主体的に学ぶことのできる活動拠点を目指す」とあります。「学習館」の名のとおり、誰もが気軽に生き物を観察できることとともに「学ぶこと」を大切にしているのです。

子供たちは、小学校3年で「昆虫の脚は6本」と学習します。もちろん、実際に身近な昆虫を見て学ぶのですが、知識だけに陥りやすいことは否めません。小学校学習指導要領解説理科編には「自然の事物・現象についての実感を伴った理解を図ること」とあります。しかし、学校教育でこのことを完璧に達成するには「実感を伴う」時間が少なすぎる気もします。その時間を補うところに本学習館の存在意義があるのではないのでしょうか。

上述したように、本館では「見て」いるけれど「観て」ないところを「くすぐる」教室・イベント等で「実感を伴う理解」を促す試みを行っています。この試みから「昆虫の脚は6本である」という確証も得られるのではないのでしょうか。ここに大淀川学習館の役割があると考えています。❖

編集後記

特集「高大接続改革が目指すこれからの教育」第2弾をお届けします。高大接続システム改革会議の最終まとめが本年3月末にずれ込んだため中間まとめを受けての記事となりました。教育現場、生徒に混乱がないよう、これまでの積み重ねを踏まえて日本のこれからの見据えたよりよい改革になることを望みます。諸般の事情により、本誌の発刊は本年より年3回(2月、6月、10月)になります。引き続きご愛読いただきますようお願いいたします。

(財)理数教育研究所 事務局

「動物行動学」の創設に尽力した コンラート・ローレンツ ～動物に見られる「刷りこみ」現象の存在を広める～



© DeA Picture Library/amanaimages

小川を「散歩」するローレンツと後追いつけるマガモの幼鳥

動物園などで人工的に生まれ育ったある種の鳥や哺乳類たちが飼育係を本当の「母親」と思って行動するという話を聞いたことがあると思います。彼らは誕生後まもなく目の前で動くものが母親であることを「学習」し、一生忘れることがないと言われていました。こうした現象は19世紀末にダグラス・スバルディング(1841～1877年、イギリスの動物学者)によって見いだされ、また1910年にはオスカー・ハインロート(1871～1945年、ドイツの動物学者)が「再発見」していました。上の写真に登場しているコンラート・ローレンツ(1903～1989年、オーストリアの動物学者)も自ら鳥たちの「母親」役を何回か(1926年に初めて)体験し、この現象を「刷りこみ(Prägung)」と命名しました(1935年)。

ローレンツは医者である父の希望もあってウィーン大学に進んで医学・動物学・哲学を学びましたが、幼少時代から動物たちが好きで、広い屋敷内に放し飼いされている鳥や魚、イヌなどと「語り合う」日々を過ごしました。その過程で動物の行動をつぶさに観察し、本能と学習の関係などを研究する道を選んだのです。こうした「野外での観察」を中心とした研究は当時の実験生物学分野からは「科学でない」という批判を受けましたが、今日、生物学の一分科として発展している「動物行動学」(エソロジー)の土台を築いたのです。

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.15

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