



# 科学技術と社会の臨界、あるいは葛藤

## — 霊長類とプログラミングから考える —

東京大学大学院科学技術インタープリター養成プログラム

「科学技術インタープリター論 I」研修旅行記

科学技術インタープリター養成プログラムは、東大大学院に設けられた副専攻カリキュラムです。必修科目である「科学技術インタープリター論 I」（担当教員：黒田玲子東大名誉教授）は、文理問わず多様な主専攻を持つ学生が社会の中の、社会のための科学技術について考え、議論し、将来的には発信・推進するための練習場であり、研修旅行はその総まとめという位置を与えられています。プログラム 14 期生は、2019 年 2 月 7 日にソニーコンピュータサイエンス研究所／ソニー・グローバルエデュケーション、8 日に京都大学霊長類研究所／日本モンキーセンターを訪れました。

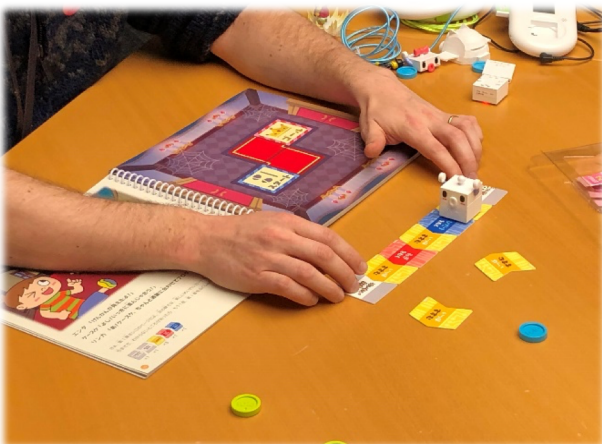
## ソニーコンピュータサイエンス研究所 & ソニー・グローバルエデュケーション

ソニーコンピュータサイエンス研究所 (CSL) は 1988 年に開所しました。ご説明くださった柏さんによると、研究者個人の名で成果が認められる気風、そこで交わされる研究者どうしの刺激的なコミュニケーションが「世界の SONY」を支えているのだそうです。時代に合わせて研究の大きな枠組みを設定してきた CSL は「人類の未来のための研究」を一貫して掲げ、近年ではスマート農法の開発など持続可能性というテーマに基づいた研究にも力を入れているとのことでした。

デジタル・ネイティブ世代の新たな「遊びの理論」の構築に向けて活動している CSL のアンドレさんからは、自らが開発に携わった **toio** という新玩具のご紹介がありました。**toio** は 2 つの直方体ロボット、コントローラーや各種カートリッジがパッケージ化された玩具キットで、手を動かし作り上げるモノとしての側面と、遊びに際し意図した通りに動かすプログラミングの要素も持っています。

他にも、ロボットに特定の動きを指示するパネルを絵本にはめ込み、ロボットの動きを通じてはめ込み方が正しかったかどうか確認できる教材をご紹介いただきました (写真)。これにより、プログラミングの操作を経験的に学ぶことが期待できそうです。

アンドレさんは、制限をできるだけ少なくし、ゆくゆくは **toio** のコードをオープンにするなどして、



未知の、全く自由な遊びが生まれることを夢想しているといいます。フランスの社会学者・文芸批評家ロジェ・カイヨワは、人間の本性は遊びにあるとし、自由で可能性に満ちていることこそ、遊びの本質だと考えました。子どもたちが **toio** と出会うことで、どのような未来が開けてゆくのか楽しみです。

## STEM 玩具とジェンダー

株式会社ソニー・グローバルエデュケーション (SGED) は、ロボット・プログラミング学習キット「**KOOV**」や、思考力の世界順位を競うオンライン算数大会「世界算数」など、科学技術開発の競争力向上という観点から重要視される **STEM** 教育のための製品・サービスを開発しています。学際情報学府の五十嵐は、このような **KOOV** をはじめとする **STEM** 玩具・教材の性差をテーマに、諸外国や日本の状況について発表しました。

イギリスでは、2012 年に「**Let Toys Be Toys**」という草の根レベルの運動が拡がりました。大人が勝手に男女の役割を決めて玩具を選ぶのではなく、玩具に選ばれる権利と子どもに選ぶ権利を戻してあげようという運動です。現に科学や技術と縁のある玩具は男の子向けが女の子向けの 3 倍もあるとの調査もあり、**STEM** に進む女子が少ない現実と結び付いていると英国工学技術協会が警鐘を鳴らしています。アメリカではクラウドファンディングサービス **Kickstarter** など女子向けにデザインされた **STEM** 玩具・教材が資金調達に成功し販売されました。一方、日本では玩具売り場の女子コーナーには **STEM** キットはほとんどなく、ファッションドールやおままごとが並ぶなど、旧態依然とした状況が見られます。

こうした前提に基づき、1) **KOOV** とジェンダーについて意識した点、今後意識すべき点、対象としているペルソナと実際のユーザーの男女差について 2) イギリスでのジェンダーフリー (GF) の **STEM** 玩具・教材か、アメリカでの女子向けの

STEM 玩具・教材か、日本ではジェンダーの視点から今後どのような STEM 玩具・教材が求められているのか、といったことを議論しました。

1 について、プログラミング的思考を学ぶことは男女関係なく重要であるという視点から、KOOV は透明でカラフルな色を採用するなど「ジェンダーニュートラル」という考えに基づき開発されていることが分かりました。また、開発だけではなく利用者アンケートをとる際に男女を問わないといったことにも配慮しているといえます。同様の考え方に基づいた教材開発や取り組みの結果、KOOV のワークショップは他のそれに比べて男女偏りなく参加する傾向があるとのこと。教材の作り手の配慮によって利用者のジェンダー比率が変化することは大きな発見でした。

2 については、KOOV はイギリスでの GF の考え方に近いものの、日本においてはアメリカのような女子向けにデザインされた STEM 玩具・教材にてメッセージを発信していくことと両輪で行っていくことが重要なのではないかというご意見がありました。実際にソニーの科学館ソニー・エクスプローラサイエンスでは女子向けにデザインしたワークショップを開催したことがあり、どちらの考え方もバランスよく取り入れていると感じました。全体の議論を通じ、メーカーの配慮が STEM に対する意識の男女差に大きく影響を与える可能性があるかと強く実感することができました。

## プログラミング的思考とは何か

2020 年施行予定の小学校新学習指導要領の目玉の一つに、プログラミング教育の必修化が挙げられます。といっても「プログラミング」という新たな教科が設けられるわけではなく、既存の教科学習を通じて「プログラミング的思考」を養う、というのが、文部科学省がいうところのプログラミング教育の手段、そして目的になっています。教育学研究科の日隈は、プログラミング教育で養われるとされるプログラミング的思考とはいかなるもの

なのか、という素朴な疑問から発表を始めました。

文科省資料「小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について（議論の取りまとめ）」によれば、プログラミング的思考とは「自分が意図する一連の活動を実現するために、どのような動きの組合せが必要であり、一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか（…）を論理的に考えていく力」とされています。これが高度情報化社会において普遍的に求められる力であるために、学校教育での義務化が必要だというのがプログラミング教育導入の理路です。

以上のプログラミング的思考は、そのモデルがプログラミング言語・文法、その技術に由来する限り、思考というよりはむしろ思考の技術・規則とする方が実像に近いと考えられます。事実、前掲の文科省資料によれば、例えば筆算において計算過程を分解し書きとめ（＝記憶し）、その操作を反復することは、プログラミング的思考へと連なるものだと述べられていますが、それはまさに筆算の過程、方法であり思考の肩代わりだとは言えても、思考そのものとは言えないのではないのでしょうか。

また、プログラミング的思考はその過程が形式化される点が、ある種の落とし穴になるのではないかと危ぶまれます。学校教育の現場では、しばしば形式化できるものはほとんど形式主義に墮する傾向性を持つからです。例えば、炊飯の過程を分解・並べ替えて記述するというプログラミング的思考を育てるための教材を使った授業では、記述・分解・並べ替えという操作を求めるのではなく、完成された記述に空欄を設け、その穴埋めをさせるという事例があると報告されています。

発表に対し、開発に直接携わるエンジニアの池長さんは、プログラミング教育が、来るべきプログラマーの素地を培うものだと率直な見通しを明かしてくださいました。一方、博物館などでの社会教育のご経験をお持ちの清水さんからは、課題を分割し、論理的に物事を考える力を養うことが教材の目指すべき姿であること、そして、形式主義に

陥らず、あくまで教員がファシリテーターとして、子どもたちの自由な活動を支援できるようにすることも、プログラミング教材を開発する中で重視しているとうかがいました。実際に学校教育での実情も知る川上さんからは、PCが苦手な先生もカードなどの非電子的な教材を用いているとのご報告もいただき、現場に入ることの意義について改めて考えさせられました。子どもたちの個性・多様性を育てていくために真に必要なことは何か、今後ますます教材開発者や教育者、研究者が考え対話を続ける必要があるでしょう。

### 社会の中のプログラミング教育

日本では、学校から労働市場へ学生・生徒が間断なく移行することが特徴だといわれてきました。しかし近年、労働状況の変化によって、これまで中等・高等教育における進路指導・キャリア教育などを通じ提供されてきた既存モデルの比重は低下し「学校経由の就職」が自明でない状況を迎えています。学校が労働の前段階だと考える人からは、学校教育が労働と結びつかなくなっているとの批判も出てきました。

こうした背景から、新学習指導要領の理念には、「社会に開かれた教育課程」が掲げられています。これからの時代に求められる人材を育成するために、地域社会や企業との連携や協働が求められているのです。この具体的な取り組みの一例として、これからの時代に求められる「プログラミング的思考」を養成するプログラミング教育が位置づけられます。プログラミング的思考力が学力の基盤になるといいつつも、そこでは、労働市場と学校現場の接続が強く意識されているのです。

以上を踏まえ、教育学研究科の野村一貴は、プログラミング能力の社会的含意を、教材の提供者側はどう認識しているのか、との問題提起を行いました。論点となるのは、社会の一員たる企業が何を求めて関わっているのかという点です。この点については、産業社会に適合的な人材像を提示し得

る企業がその感覚を教育課程に反映させることの意義について説明されました。地域社会への影響という観点からも、プログラミング的思考を背景としたプログラミングによるものづくり活動の経験から、プログラミング教育が地域資源への理解を促進させることにつながり、シビック・プライドの醸成に寄与した可能性のある事例が語られました。

社会と学校を接合させるということは、社会の側から見れば合理的・効率的なことといえます。しかしそれは、直接的に社会格差が教育へ反映されかねない危険性も内包しています。学校教育は本来、時間と空間を地域社会から切り離して均一的・画一的な学習機会を提供するという性格を持っています。これは、社会的要因による就学機会の不平等をなくするという明治以来の方針に基づいているのですが、今回の改定によってこの方針が修正され、教育内容に差が生まれることを認めたという見方もできます。教育に基づく社会格差がほとんど見られなくなっている社会であればそれでもよいのですが、現代日本社会においては階層格差がむしろ明確になってきていることが指摘されています。プログラミング教育において懸念されるのは、こうした格差を拡げることが助長しないか、という点です。とりわけ企業によって進められるプログラミング教育はある程度の設備と費用を必要とします。財政力による影響を受けやすい手法が教育活動の基盤におかれることは、ようやく解消しつつある都鄙格差を再び生み出すことにもつながるのではないのでしょうか。

この点について、費用面での課題があり、企業努力で改善する必要があると考えているが、プログラミング教育で用いられているような最新のテクノロジーが教材として導入されることは、オンラインでのやり取りを促進し地理的な制約なく主体的に学べる環境を提供できるとご説明いただきました。企業としての認識ではないものの、こうした教材を用いることさえできれば地域差が解消され

得るとの見通しが現場レベルでは共有されているのかもしれませんが。

現代的な要請によって生まれたプログラミング教育ですが、その意図は学力の基盤を支える能力を涵養することであり、現状では各教科の評価に依拠します。学力の俎上に載らない段階では、利便性の高い新しい教育手法としてのプログラミング教育が既存の学校教育にどのような変化をもたらすのかが焦点になると考えられます。

## 京都大学霊長類研究所 & 日本モンキーセンター



京都大学霊長類研究所は霊長類学（霊長類に関する総合的研究）を扱う国内唯一の研究拠点です。私たちはまず、社会学、進化学、認知科学などにまたがる霊長類研究を紹介する展示室や、死亡した個体の骨格などを保管する標本庫を見学しました。

チンパンジーが参加する認知実験の見学では、コンピュータの画面上に一瞬表示される数字群を見て位置を記憶し、数字が隠された後、記憶を頼りに小さい数字から順にタッチするチンパンジーの驚異的な姿を目の当たりにしました。

霊長研に隣接する日本モンキーセンターは、59種 861頭のヒト以外の霊長類が飼育展示されているサル類動物園で、飼育体験やキュレーターによるミュージアムトークなどの多様なプログラムを有するのが特徴です。キュレーターの中には、霊長

研の教員・研究員と兼任されている方もいらっしゃいます。

サルには地域ごとの文化がありますが、モンキーセンターのサルは、本来野生のサルが怖がるたき火にあたるなど、特異な文化を持ちます（写真）。親や血縁のある個体がたき火にあたっているのを見て文化が継承されていくそうです。

## 地域社会における研究の在り方

総合文化研究科の野村圭史は、霊長研を取り巻く利害関係の様相に着目しました。特に議論の焦点となったのは、2007年に開所したりサーチリソースステーション（RRS）です。RRSは里山の自然の地形や樹木を活かしたりッチな環境下で数百頭のニホンザルを群で飼育し、多様な研究や繁殖を行う施設です。そのための用地の獲得にあたって、地区住民の同意を得るのには苦労があったそうです。排水や騒音など住環境への影響、防疫やサルの脱走防止といったセキュリティの問題などが想定されますが、実際のところ住民の利害の焦点は何に置かれていたのでしょうか。

この質問に対し松沢哲郎所長は、具体的な利害が焦点になっていたというよりは、「サルの実験施設という、得体の知れない迷惑施設が建つことへの漠然とした不安・嫌悪感」が住民側の主な反応だった、と説明されました。その後歳月を経て、サルをシンボルとするかたちで、霊長研を地域統合のためのランドマークとして前向きに捉え直すような動きは地域住民の側にあったのかどうか尋ねると、そこまでには至っていないとのことでした。ただ、施設を土地に定着させるにあたり、1) 水質調査といった環境モニタリングを、些少の額を支払って地区住民に依頼することで、地区の住環境への理解が深まるなど住民側にも何がしかの利便があることを説明する、2) 地区の盆踊りに対する協賛・参加といった、地縁を利用した結びつきの強化を図る、3) RRS敷地周辺のフェンスの確認を地区住民に依頼したり、年に一度地区住民の方を研究

所に招待して施設内部を公開したりして透明化を図る、といった努力が功を奏し、現在では当初の迷惑施設という認識は薄まり、昔からそこにあるものとして地域に馴染みつつあるとのことでした。

地域住民にとって明確に数値化可能な経済合理性のない施設を地域に建設するにあたり、住環境への影響やセキュリティ、さらにはより漠然とした地区のイメージへの影響や不安・嫌悪感といった、数値化しにくい諸価値をどのように考慮し、地区住民と向き合っていくか、という重要な問題が提起されているように思いました。

地域住民との関係づくりや動物倫理といった事柄に関して他の研究機関や施設との情報共有は行われているのか、という質問に対し、松沢所長は1) 霊長研とモンキーセンターとの隔月の連絡会を設けており、モンキーセンターを環境教育やアウトリーチのための施設として活用している、2) 全国共同利用の研究所として、そこでの研究会をベースにして、動物倫理の問題も含めた意見交換が盛んに行われている、と説明されました。

「日本の風土においては欧米ほど動物愛護団体による抵抗は強くないものの、サルを脱走させるなどの過激な行為をとる人がいないわけではない。そうした動きは断固抑えるべきだが、絶滅危惧種であるサルを劣悪な環境下で保育・実験利用することへの反対の声には一部の理があるし、研究者が改善していかなければならない問題。サルの実験利用の必要性についてきちんと説明責任を果たし、可能な限り現場を公開していくべき」との松沢所長の言葉には、自己の利益を追求する中でも、他者の利害に対して真摯に耳を傾け、それらをなるべく損なわないようなお互いの道を探す、開かれた、誠実な対話のあり方がうかがえ、一研究者として身の引き締まる思いがしました。

## 研究者にとっての博物館

モンキーセンターでは、研究者の方がキュレーター（博士学芸員）を兼任し、自らの研究を来館者

の方に説明する珍しい取り組みがなされています。キュレーターは、自分の研究を伝えるメディア、外部の研究者の受け入れ時に対話と合意形成を行う役割を担っています。学際情報学府の東風上は「研究者にとってのモンキーセンターの役割とは」というタイトルで発表を行いました。モンキーセンターでキュレーターなどの研究スタッフによって行われているミュージアムトークでは、研究に関するお話や、サルに会える海外旅行、小規模動物園の意義についてなど生活の中で霊長類とのつながりを感じられる話題が提供されます。東風上は、研究者が博物館で行うアウトリーチ活動は、市民との対話が行えることに意義があると考え、ミュージアムトークに来館者との対話的な要素をより多く含めるべきではないかと提案しました。その上で、アウトリーチ活動にかかる準備や活動自体の負担の重さに関して、また、モンキーセンターのキュレーターの役割についてうかがいました。

ミュージアムトークは、当初はキュレーターズトークという名前で行われていましたが、研究に関心のある層が多く来園していることが分かり、ミュージアムトークと名前を変え、研究の話を中心にするようになったそうです。他にも、「日曜サロン」という京都大学にゆかりのある大学院生らが自身の研究を紹介する催しがあり、市民と接する場として機能しています。

来館者との対話的な要素を増やす提案に関して、東風上の発表では、1) 今後の研究の方向性を来館者と共に考えていく、2) 霊長類に関する身近な問題を取り上げ、ともに考えていく、3) キュレーターと研究者のコラボトークについての提案を行いました。1については、自然科学では新しい考え方が成果として評価されるため、研究成果として発表する前に情報公開することは難しいとご指摘をいただきました。2については、現状のトークはレクチャー要素が多いため、来館者との対話を取り入れつつ、霊長類の適切な人工保育が行われないことがあるという問題に関する話題などをト

ークに取り入れていきたいとのことです。3については、研究者がキュレーターを兼任するため、役割を分けることが難しいという事情があるようです。また、日曜サロンではキュレーターが発表の準備段階で様々な助言を研究者に行うため、すでに協働関係はあるようです。また、活動準備や活動自体の負担については、本業での研究内容に関するアウトリーチのみに集中することで、準備にかかる労力や時間を減らしているとのことでした。

議論を通じて、研究者が市民と対話を行う場である博物館の役割を改めて実感することができました。研究の新規性を損なわない範囲で、研究の方向性について来館者と対話を行うことはやはり大切なことだといえるでしょう。またアウトリーチ活動への評価など、評価に多様な軸が加わると、社会との接点をもった研究者が増えると考えます。

## 博物館の教育プログラム

アウトリーチ活動、博物館における教育活動などを包括する科学技術コミュニケーションにおいて、実践の重要性については認識されてきました。しかし、実践を評価する基盤が整備されておらず、実践の結果を十分活用するに至っていないのが現状です。総合文化研究科の平田は、日本モンキーセンターで実施されている学校教育と連携した学習プログラムの設計と評価法、実践事例の情報共有についてうかがいました。

現在提供されている学習プログラムは、学齢や目的に合わせて複数の内容を組み合わせて設計します。以前は、学芸員が綿密にプログラムを計画し、教員へ提案していましたが、完璧に仕上げたことで教員が学芸員の提案したプログラムを選ぶだけとなってしまったそうです。子供たちをよく知る教員と、霊長類学をはじめとした専門的な知見を有する学芸員の双方の意見を取り入れたいという思いから、学校の要望や教育目的ごとに柔軟に対応できる、現在のプログラム設計方法を採用したということでした。

しかし、この方式でも教員がプログラムを単に選ぶだけで要望が少なくなりがちです。これは、教員が動物園で何を学べるか知らないためと考えられます。動物園は博物館でもあるため、娯楽的要素と学術的要素の両方を内包します。ただ、世間一般には「動物園＝遠足に行く場所」のような娯楽のイメージが強く、後者のイメージが目立たないのかもしれないかもしれません。ほかにも、教員の多忙さも原因の一つと考えられます。学習プログラムの内容を考えることを、日頃から忙しい教員に求めるのは、負担が重いのではという意見もありました。

学習プログラムの評価については、教員への事後アンケートを実施し、その結果はスタッフ間で共有され、プログラムの改善に役立っているそうです。また、参加児童に対して事後アンケートを実施し、学習目的の到達度測定を試みた事例も紹介していただきました。このようなデータを含めた実践事例をホームページ上に一般公開するという提案に対しては、前向きな意見をうかがえましたが、そのための業務時間の確保が障壁となっているようです。背景には、研究者の業績評価が論文点数のような量的指標に依存し、社会的な貢献を果たす活動が評価されにくいという事情もあるのかもしれない。

教育活動に関する情報共有は、日本動物園水族館教育研究会などで行われ、全国の実践事例はデータベースとして集約されています。データベースは一般公開もされていますが、アクセスする一般市民は少なく、そもそも存在自体があまり知られていません。また、共有される実践事例の多くは紹介にとどまるようです。

学習プログラムの事例や評価の活用にはムラがあるように感じました。実施する館園の関係者内では大いに活用されていますが、業界全体では評価までは共有されなかったり、一般市民への公開が限られたりしているようです。実践評価を行うだけではなく、その活用法の提示や情報共有のインフラを整えていく必要があると思いました。

## 研修旅行における学び——まとめに代えて

プログラミングと霊長類という二つの語を並べた際、どちらも科学技術の領域に含まれる分、その隔たりには思わず嘆息が漏れます。ただ、社会との関係において問題が表出するという側面は共通していました。科学技術立国を掲げる国家社会において学校教育に導入される技術、地域社会での位置づけを模索しなければならなかった研究施設。ともに「社会の中の科学」という科学コミュニケーションの重要主題の変奏であり、それが発表を通じてあぶり出されることで、科学コミュニケーションの課題設定の一貫性が再認識されました。

また、ジェンダーフリーの製品開発、地域住民への情報提供・教育プログラムの展開と洗練といった取り組みは「社会のための科学」について考えるべき私たちにとって、非常に示唆的でした。私たちはあくまでも学問的に、それゆえに当然批判的に、この二つの主題について今後も考えなくてはならないでしょう。

さて、発表記録では各人がさまざまに「再確認」「実感」といった語を使ってきました。既知の事柄に身体感覚が伴うことの重要性は強調してもしすぎることはありません。ともすれば盲目的に成果が追求される科学、社会への志向性を欠いた技術、そして机上の空論、ましてや事実と反する「事実」までもが跋扈する時代に、自ら足を運び、手を動かし、何より他者と出会うということのかけがえのなさを、研修旅行を通じて経験的に学ぶことができたのは、専門の異なる私たちにとって共通する果実になったのではないのでしょうか。「社会のための科学」「社会の中の科学」といいますが、社会を形作るのはまぎれもなく生身の個人です。血の通った人間との対話を失えば、科学コミュニケーションという学問もまた、形骸化してしまうのではないかという危機感を書きつけ、筆を置きたいと思います。

## 謝辞

研修旅行では本当に多くの方にお世話になりました。東京では CSL の柏康二郎さま、アレクシー・アンドレさまには未来への展望、熱いお気持ちを語っていただき、また川上治美さまはじめ SGED の皆様には素朴な発表に耳を傾けていただきました。犬山ではチンパンジーの鳴き声をご披露くださった霊長研の松沢哲郎所長、モンキーセンター

の早川卓志先生をはじめ、皆様には発表への真摯な応答をいただきました。

また、黒田玲子先生はフランス帰りでお疲れの中、議論を活性化させてくださり、見上公一先生、内田麻理香先生には議論の舵取りをしていただきました。以上、関係者の皆様には記して感謝いたします。

著者 五十嵐美樹／東風上奏絵／野村一貴／野村圭史／日隈脩一郎／平田優香

編集 日隈脩一郎 校正協力 佐野美桜

監修 見上公一／内田麻理香

発行元 東京大学 大学院総合文化研究科・教養学部附属教養教育高度化機構・科学技術インタープリター養成部門

〒153-8902 東京都目黒区駒場 3-8-1

Tel&Fax: 03-5465-8828

Mail: [info@science-interpreter.c.u-tokyo.ac.jp](mailto:info@science-interpreter.c.u-tokyo.ac.jp)

URL: <http://science-interpreter.c.u-tokyo.ac.jp>

2019年3月29日発行