

第4回フォーラム「社会課題の俯瞰と科学・技術」

理研・未来戦略室では、未来社会のビジョンとそれを実現するためのシナリオを描く専門家集団を形成しています。定期的にフォーラムを開催しあるべき未来社会について考えています。今回は、6名の方に登壇頂き、50名を超える産学官の方の参加を得て、日本と世界の社会課題を俯瞰し、科学・技術が関わることで、どのような未来社会を実現できる可能性があるか、今からできることは何かについてディスカッションしました。

登壇者プロフィール

深堀 昂(ふかぼり あきら)さん

ANA ホールディングス デジタルデザインラボ / アバタープログラムディレクター

2008年に、ANAに入社。XPRIZE 財団主催の次期国際賞金レース設計コンテストにて、「ANA AVATAR XPRIZE」のコンセプトをデザインしグランプリ受賞、2018年3月に開始。

津田 博司(つだ ひろし)さん

科学技術振興機構社会技術研究開発センター企画運営室 室長

1992年新技術事業団(現 JST)入職。JST の国際事業、基礎研究及び産学連携事業、海外事務所等での勤務を経て2011年より RISTEX にて勤務。RISTEX では、社会問題の解決に向け、自然科学と人文社会科学の知見を活用し、社会のステークホルダーとの協働による研究開発及び社会実装活動を支援。

黒田 公実(くろだ ぐみ)さん

理化学研究所 脳神経科学研究センター 親和性社会行動研究チーム チームリーダー

1992年、京都大学理学部物理系を卒業。93年、大阪大学医学部に学士入学後、97年に医師免許を、2002年に博士(医学)を取得。カナダのマギル大学に留学し、親子関係の研究をスタートさせ、04年に理化学研究所へ。14年より現職。趣味はヨガ。

河宮 未知生(かわみや みちお)さん

JAMSTEC 統合的気候変動予測研究分野 分野長

愛知県生まれ。東京大学大学院博士課程修了。東京大学研究員、独キール海洋学研究所研究員などをを経て現職。

塩瀬 隆之(しおせ たかゆき)さん

京都大学総合博物館 准教授

京都大学工学部精密工学科卒業、同大学院修了。博士(工学)。京都大学総合博物館准教授を経て2012年6月退職。同7月より経済産業省産業技術環境局産業技術政策課技術戦略担当課長補佐。2014年7月京都大学総合博物館准教授に復職。共著書に、「科学技術 X の謎」「インクルーシブデザイン」など。日本科学未来館 “おや?” “っこひろば” 総合監修者。NHK E テレ「カガクノミカタ」番組制作委員。中央教育審議会初等中等教育分科会「高等学校の数学・理科にわたる探究的科目の在り方に関する特別チーム」専門委員。

堂目 卓生(どうめ たくお)さん

専門は経済思想史。岐阜県生まれ。慶應義塾大学経済学部卒業、京都大学大学院経済学研究科修士課程修了、京都大学大学院経済学研究科博士課程修了、経済学博士。立命館大学経済学部を経て、大阪大学大学院経済学研究科教授。

アバターが人類の経験知を飛躍的に増やす



深堀さん 私たち ANA グループが「アバター」と呼ぶ新しいサービスは、遠隔地に分身ロボットを置いて、それを操作することで、まるで現場にいるような感覚を伴いながら、そこにあるものを見たり聞いたり触れたりできるようにするものだ。今年の3月、このアバターで実現する私たちのビジョンを発表した。そして、来年の春から新しい旅の形を提案する予定だ。顧客は旅行をしなくても、アバターを使って海に行ったり、そこで釣りをしたり、あるいは水の中に飛び込んで潜ったりするような体験ができるようになるだろう。顧客がこのアバターのサービスを利用すれば、より現地に行きたくないと、私たちは確信している。

ANA グループの経営理念は、「安心と信頼を基礎に、世界をつなぐ心の翼で夢にあふれる未来に貢献します」というものだ。私はエンジニアとして、どうすればこの理念を実現できるかを考えてきた。そして、新しい方法で世界中の人々をつなぎ合わせることができる究極の移動手段は、ドラえものの「どこでもドア」が最良だと考えた。この発想から、自分の意識や五感を遠隔地に伝送できる「テレプレゼンス」や「レイグジステンス」と呼ばれる技術に注目し、「アバター」というサービスをビジネスモデルとして考え出した。ただ、五感のうち嗅覚と味覚はサービスできるレベルにはなっていないので、今は視覚と聴覚と触覚にとどめる。

アバターのアプリケーションはさまざまだ。宇宙、教育、医療、スポーツ、エンターテインメント、スキルシェアなど、多様な分野でアバターのサービスが利用いただけるだろう。特徴の一つは、スキルシェアだ。このアバターの技術は、動作を記録でき、再生も可能。例えば、プロの溶接工の協力を得て、その技を学習したアバターを作れば、素人でも溶接を上手にできる。普及すれば、特定の人だけが持っているスキルを全世界の人とシェア

できるようになる。

このアバターを使えば、身体的な制限を超えた体験も可能になる。例えば、小さいアバターになってミジンコに触れることができ、その弾力の度合いを確かめることもできる。あるいは、簡単に行けなかった場所で必要とされる仕事をすることもできる。どれだけ遠くに離れていても、病院がない地域で医師が患者を診察することも、学校がない地域で先生が子どもたちに授業をすることもできる。必要とされる人やスキルを、必要とされる場所に瞬時に届けることができれば、人類の可能性はもっと広がるはずだ。

システムについては現在、アルファ版まで出来上がった。今年の12月あたりにはベータ版にアップしたいと考えている。開発チームとしては、実際に行くのと同じレベル、もしくはそれ以上の体験を提供したいと思っている。数年後、顧客が飛行機のチケットを買うとき、「飛行機で行きますか。もしくはアバターで行きますか」という選択を提示できるようにしたい。例えば、出張で遠くに出かけると、どうしても仕事の効率が悪くなる。私たちANAグループは、快適な移動サービスを提供しようと日々努力しているが、やはり限界がある。アバターで接続して遠隔地で打ち合わせができれば、仕事の効率をさらに上げられるはずだ。今後、エアラインがさまざまな移動方法を顧客に提供できることが重要だ。

この新サービスの開発において、私たちは二つの柱を立てている。一つは高性能なアバターの開発で、もう一つは既存技術のサービス化だ。この実現のために、私が関わっている米国の財団「Xプライズ財団」が、日本円で約10億円の賞金を設定した約4年間の開発レースを立ち上げた。Xプライズ財団は、著名なイノベーターたちが立ち上げた財団で、これまでに新技術を開発するための賞金レースをいくつも主催してきた。最近では、日本のエンジニアチームも参戦した月面探査レースが知られている。今年3月、米国の祭典で、Xプライズ財団の代表であるピーター・ディアマンデスとともに、アバターの開発レースを発表した。すでに58カ国430チームの事前登録がある。

さまざまなチームがいろいろなアバターを提案している。これから、どんなアバターが求められるのか。高性能のアバターについては、例えばエボラなどの感染症が広まった地域で専門医が遠隔操作できるようなアバターが考えられるかもしれない。また、料理の補助や子どものケア、高齢者の話し相手になってくれるような、安くて軽いアバターも市場性があると思われる。

アバターの試作機をテストする場所も用意している。大分県に協力いただき、教育委員会や医療倫理委員会などの力を借りて、リアルなテストフィールドで横断的なテストができる環境を整え、県知事の直下にチームを置いて実証をいろいろと始めている。この取り組みについては、大分県が「遠隔ロボットアバターを通じた世界最先端地方創生モデルの実現」として、内閣府の「近未来技術社会実装事業」に応募して採択された。

私たちの強みは、開発レースを通して世界中のスタートアップ企業の技術を見ることができる点だ。どこに優位性があるのかをつかめる。スタートアップ企業自身も把握していない強みをすくい取って、サービスに変える。例えば、水中で活動できるアバター技術に優位性を持っている企業があれば、水中溶接のサービスを実現できるし、ダイビング体験のサービスも作り出せる。

今年9月には、私たちはJAXAとともに「AVATAR X」という宇宙に特化したアバター開発プログラムを発表した。持っていけるものが限られる宇宙空間は、アバターに向いているフィールドだ。宇宙空間にアバターを一つ持っていけば、いろいろなことができる。この開発プログラムでは、例えば宇宙で船外活動をしたり、科学者の実験のサポートをしたり、衛星や惑星の探査を支援したりするアバターなどを開発したいと考えている。

また、これとは別に、エンターテインメントも考えている。私たちとタイアップしている米国のスタートアップ企業は、来年 16K のバーチャルリアリティ衛星を打ち上げる予定で、その人工衛星から送られるデータを使って、地球上のプールの中で宇宙遊泳を体験できるサービスを実現したいと考えている。私は「ニュースペース」と呼んでいるが、国の予算だけでなく、民間のお金を主体的に入れて、自分たちでロードマップを決めて、宇宙の新しい利用を切り開いていきたい。

私は、アバターの登場で、人間の進化が加速するのではないかと考えている。今まで簡単には経験できなかったことが、このアバターを使えば可能になる。教育の分野でも、アバターでさまざまな体験をしながら学べるようになる。経験知(暗黙知)を飛躍的に増やせる時代がやってくるのだ。さらに 75 億人の経験知をアバターで共有できるようになれば、さまざまな社会課題を解決することが可能になるだろう。

社会問題を俯瞰して抽出し取り組む



津田さん 社会技術研究開発センター(RISTEX)が誕生したきっかけは、1999 年の世界科学会議で採択された、いわゆる「ブダペスト宣言」にある。この宣言で、新しい科学のあり方が提唱され、その中で「社会における科学と社会のための科学」という概念も提示された。これに応える形で日本でも新しい組織を作ろうということになり、RISTEX が生まれた。

社会技術とは、自然科学と人文・社会科学の複数領域の知見を統合して新たな社会システムを構築していくための技術であり、社会を直接の対象とし、社会において現在存在し、あるいは将来起きることが予想される問題の解決を目指す技術だ。我々は今、使える技術を用い、いろいろな知を集約し、ステークホルダーの知

識なども活用しながら、社会問題の解決に取り組んでいる。

そのために、まず社会問題を俯瞰する。私たちが取り組んでいる社会問題俯瞰図の作り方について説明したい。まず、政府が出している2年分の白書をテキストマイニングにかけて、社会問題と思われるキーワードを抽出して分類する。その後、アンケート調査を実施。インターネットモニターによるウェブ調査を活用して、「あなたにとって深刻な社会問題は何か」などという設問に答えてもらう。さまざまな年齢と職業を持つ方が含まれる。いわゆる「オーディナリーピープル」だ。

今年、平成30年版を作り上げたところだが、外交・国際や人口などに関わる社会問題が高くランキングされた。その後、労働・雇用、資源・エネルギー、災害、環境、医療などが並ぶ。このアンケートを実施した時期、ちょうど北朝鮮からミサイルが飛んできたので、外交・国際に関連する社会問題に関心が集まってしまったようだ。

クロス分析の結果を一つ紹介すると、一般の60代・70代は、環境やエネルギー政策、産業、人口減少に関わる社会問題への関心が高いが、若い世代はこれらへの興味が低い。若者は、健康や労働、メンタルヘル스에興味を持っている。自分の将来や仕事を非常に気にしている。おそらく、今後の一つの思考の軸は「人口」となるだろう。人口の増減は予想するデータであり、人口動態を見ながら社会問題がどのように変容していくかを考えていくことができる。

我々は、このように社会問題を俯瞰して、そこから我々が取り組むべき社会問題を特定していく。そして、研究開発領域という形に昇華させて、そこにファンドをする。社会問題を特定したあとは、今度は深掘り調査をする。さまざまな方にインタビューしたり、ワークショップを開いたりして、その社会問題の全容をグリップしていく。その過程で、研究開発領域のキー概念も抽出していく。

今取り組んでいる領域の一つに「人と情報のエコシステム」というものがある。AIと社会に関係に取り組む領域で、インタビューやワークショップを実施していくと、「人と情報技術がなじむ社会」というキー概念が出てきた。そこで、AIと人がどう共進化していくかをゴールに設定した研究開発がここから生まれた。

問題の絞り込みができれば、研究開発の領域を定め、その研究開発を通して、どのようなアウトプットやアウトカムを目指し、それが社会に作用したときにどんな社会像が現れるのかをストーリー化していく。そして、ロジックモデルを構築して関係者と共有。最後に、検討状況の発信と意見交換の場である公開フォーラムを開いているいろいろなコメントをいただく。

今後、対象とする社会問題のカテゴリーは、「人口減少・高齢化」「安全・災害」「環境・資源」などだろう。過去には、「食と環境(安全含む)」や「信頼(トラスト)・シェアリング」、「人・自然生態系・社会の Well-being」などのテーマにも取り組んだ。

では、RISTEX の一つ領域でプロジェクトリーダーを務める黒田先生に、具体的にどんなことをやっているのかを紹介していただく。担当のプロジェクトは「安全な暮らしをつくる公／私空間の構築」という研究開発領域のもので、虐待やDV、ネットいじめ、高齢者の家庭内事故などのテーマを扱う。このような社会問題を検討していく中で、例えば親密圏と公共圏との間(ま)であったり、もしくはSNSなどのネットワークの中の部分と外の部分であったりなど、公と私の間(ま)に問題解決になるヒントがあるのではないかと考えている。

脳の機能を人工的に制御しても良いのか



黒田さん 子どもの虐待をどのように減らしていくか。この社会的な課題に対して、私は RISTEX のプロジェクトでさまざまな分野の専門家とともに研究を進めている。メンバーには、家族法の改正に関わっている法学の研究者など、社会科学分野の専門家も複数いる。

今日は、私の専門である脳科学についてお話したい。脳は私たちの体にある臓器の一つだ。ただ他の臓器と比べて特別なところがある。脳だけは、人のものと取り換えることができない。入れ替えると別の人になってしまう。脳は、もっとも「私自身」に近い臓器だ。それぞれの人の行動や感情は、ほぼすべて脳の活動を通して生じる。このように脳にはさまざまな機能があり、それぞれの機能には対応する脳部位がおおよそ決まっている。

私は、脳科学の中で、子育てに必要な脳内機構について研究している。子育ては、哺乳類全体に共通する社会行動だ。哺乳類は母乳をあげて子どもを育てるので、母親が子育てをしない種は、哺乳類には一つもない。だが、乳があるだけではだめで、それを子どもにきちんとあげたり、子どもを危険から守ったりなど、いろいろな行動が子育てには必要だ。これらの行動それぞれに必要な回路が脳内に存在する。これはマウスの実験で明らかにできる。

子育てをしているメスのマウスと、子育てをしていないメスのマウスを用意し、その脳を薄くスライスする。そして、活動している神経細胞を黒く染めて、どの部位が子育て中に活動しているかを調べる。ただ、黒い点が多い、活性化している場所は一つではなく、10も20もあったりする。そこで、別のマウスを用意して、黒くなった場所の機能を一つずつ障害し、子育ての行動だけができなくなるところを探し出す。それを見つけ出せたら、子

育てにおいて中心的な役割を果たす部位だと分かる。

このようにして明らかになったのが「cMPOA」と呼ばれるところだ。この場所のニューロンが活性化しないと、交尾ができて子どもの出産もできるメスでも、子育てができなくなる。そればかりか、子どもを殺すようになる。

オスはどうか。マウスのオスは、交尾をした経験がなかったり、子どもと接した経験がないと、子どもを噛んだりいじめてしまったりする。このような現象は、サルやゴリラ、ライオンなど一夫多妻制の社会を作る動物にはよく見られる。1頭のオスが複数のメスを囲ってファミリーを作っているところに新しいオスがやってきて争い、そのオスが勝って新しい主になると、そこにいる前のオスの子どもたちを噛んだり傷つけたりする。多くの哺乳動物のメスは、授乳期間中は交尾をせず、新たな妊娠はできない。だから、オスは自分の子を早く残すため、血縁のない子どもを排除しようとすると考えられている。

だが、新しいオスが交尾をし、自分の子が生まれるころになると、子殺し率が減る。実験用のマウスはハツカネズミで、交尾してから19日程度で子どもが生まれるが、その直前にオスの子殺しはほぼなくなり、授乳以外の子育てをすべてやるようになる。しかも、この時父親オスは、自分の子どもでなくても育てるのである。

この「父性の目覚め」現象が生じるとき、脳の中でいったい何が起きているのかを調べて、その結果を2013年と2015年に発表した。まずオスが子育てするときには、メスが子育てするときと同じcMPOAが必要であった。母性と父性と言うが、子育てに関わる部位は一つで、その活性化の仕方がオスとメスでは違うのだ。またオスの子殺しには、副嗅覚系と呼ばれるフェロモン情報を受容する回路と、cMPOAの近くにある「BSTrh」と呼ぶ部位が重要だった。これらの脳部位を人工的に操作すると、父親や母親に子殺しをさせたり、普段は子殺しをするオスに子育てをさせたりすることも可能である。

今、特定の脳部位の活動を正確に調べる技術が確立してきた。また、社会行動に必要な脳部位の場所が次々と同定されている。さらに、特定の脳部位が担う機能を人為的に操作する技術も発達して、人の脳疾患の治療法にもすでに応用されている。

例えば、パーキンソン病の治療では、特定の脳部位に電極を埋め込んで操作することで、体の動きに関わる部位の機能を抑えたり活性化したりして、体の動きの異常をコントロールしている。また、これと同じやり方が依存症の治療にも応用されつつある。「薬が欲しい」と思ったときにスイッチを入れると、特定の部位に電気が流れて、その欲求が抑えられるという仕組みだ。この技術をcMPOAや子育てに関わる脳部位に使えば、技術的には子どもへの愛情などの感情や虐待などの行動も制御できるだろう。

しかし、本当にそれで良いのだろうか。パーキンソン病の治療で脳の一部をコントロールすることは社会的な合意を得られても、子育てや愛情が関わることを人為的に制御するのは倫理的に、感情的にどうなのだろうか。例えば、愛する人が死んで悲しいときに、他人から「その悲しみを電極刺激で和らげてあげる」と言われたらどうか。おそらく、「この悲しみを減らされてしまうと、愛そのものが減ってしまう」と感じないだろうか。

だからと言って、こうした脳機能の研究や技術開発はやらない方が良いのか。実は、このような議論は古くからある。動物行動学者で、1973年にノーベル医学生理学賞を受賞したコンラート・ローレンツがこのようなことを言っている。人類は、体内の腸を科学的に調べ尽し、人為的に操作して治療できるようにもしたが、自分たちの社会行動については科学的な研究を積極的にしようとはせず、だから戦争や暴力をなくすことができない。ローレンツは、社会行動に関わる科学的な研究はやめてはならないと主張した。そして、適切なルールの下で、社会行動の謎を明らかにすべきだと訴えた。私もそう思っている。

神経犯罪学という研究分野がある。日本での殺人件数は年間千件弱で、その半数以上は親族間の殺人。大切な親や配偶者、子どもを殺すという痛ましい出来事が多い。このような犯罪とは、社会行動における選択の過ちとも言えるが、それを脳科学的根拠に基づいて介入・治療できるとしたら？また 子どもに対する性犯罪者も、同じように治療できるかもしれない。ある小児性愛と義理の娘に対する性的虐待で逮捕された男性は、脳をMRIで調べたら前頭葉に大きな腫瘍があり、これを取り除いたら性的虐待がなくなった。このような例は多くある。脳に原因があつて社会行動の選択を過っているのであれば、今の技術で治療できる可能性がある。

極端に言えば、「サイコパス」と呼ばれる人たちも、今は「悪人」とされているが、前頭葉にある共感性を制御する部位などに働きかける良い治療が開発されたら、治療の対象になるのかもしれない。

海外、とくに北欧では今、司法システムが「治療的司法」という発想に変わりつつある。この変化の背景には、脳科学の進歩がある。また、犯罪者に対して、罰を与えても死んだ人はよみがえらないし、被害者の家族も慰められないと考える人が増えたということもある。日本の「応報的」司法システムは遅れていないだろうか。

昨今、科学技術イノベーションというと、もうかる製品ができるとか、病気が治せるとか、そういった短期的に利益を生み出す技術に関心が集まりやすいが、人間の行動に対する科学的な理解が社会の仕組みに与えるインパクトにも、もっと目を向けていただきたい。

温暖化に対する社会のアプローチの仕方



河宮さん よく誤解されるが、気候変動の予測は、過去のデータを統計処理して導き出すわけではない。実際

は、物理原則に基づいた計算でシミュレーションをする。放物線の計算のようなことをして予測するのだ。

私たちは、シミュレーションモデルを使って計算し、将来の二酸化炭素の影響が今後どうなるかを予測していく。二酸化炭素の排出量については、社会科学の専門家がいろいろなケースを考えて予想する。私たちはそれを利用する。ただ、モデルに与えたいのは二酸化炭素の濃度だ。排出された二酸化炭素がどれくらい森林に吸収され、海に溶け込むかを計算し、さらに残った二酸化炭素がどれくらい濃度を上昇させるかを算出する。このときは自然科学的な知見やモデルを用いる。

こうして気候変動を予測するとどうなるか。二酸化炭素の排出量の多いケースでシミュレーションをすると、特に北極のところで温暖化の度合いが激しくなる。北極の氷は海の上に浮かんでいるもので、南極の氷に比べて小さい。気温が上がると、すぐに溶ける。白い氷で覆われていた海面が黒っぽくなるので、ネガティブな方向に向かう正のフィードバックがかかってしまうのだ。近年、この北極でどのような変化が生じるのかを調べる動きが世界的に広まっている。ただ、不確実性の中で将来を予測するので、各国の研究機関の計算結果が合わず、どうしてもズレが生じる。また、地球の表面をマス目状に分けたグリッドを使って計算するが、そのマス目よりも小さい現象が地球全体に及ぼす影響を加味するプロセスでは、経験則を入れざるを得ず、それは研究機関によって異なる。このような経験則や独自予測が含まれるので、同じようなデザインのモデルで計算しても、各研究機関のデータを重ね合わせるとズレが生じてしまう。

経験則を入れるとパラメーターチューニングも必要になる。すると、「温暖化予測なんて、パラメーター一つでいくらでも変わってしまう」というような言われ方をされてしまう。しかし、観測した過去のデータと合うように計算していくので、そんなことはない。過去のデータを確かめながら、将来を予測する。いくらでも変わることはない。我々は、問題を明確にして提示するのが役割だが、それでも問題解決に役立つものを世の中に出そうと努力している。

では、このように温暖化が進むと予測される中で、私たちの社会はどう対応すればいいのか。二通りのアプローチがあると思う。一つは適応だ。ある程度の温暖化は避けられないとすれば、そのことによって生じる変化をあらかじめ把握し、適応するように世の中を変えていこうという対応だ。もう一つは、温室効果ガスの排出を止めるという方法だ。これを実現するには、その気体を大量に排出している人たちの考えを根本から変えなくてはならない。我々の分野では、それはできないが、温室効果ガスがどれくらい減ったかを評価することはできる。

社会が温暖化の抑制にどう貢献するか。一つの参考になるのが「パリ協定」だ。これは、2015年12月に採択された、気候変動抑制に関する多国間の国際的な協定だ。この中には、温室効果ガスの削減目標や適応に関することが盛り込まれている。現在、世界の平均気温は産業革命以前と比べて1°C弱上昇した。これまで、国際的な目標としては「2°C上昇を抑える」が掲げられていたが、パリ協定以後は「1.5°C上昇を抑える」という声が大きくなった。特に、多くの領土が低いところに位置する島しょ国は、2°C上昇では困ると主張している。

では、上昇温度を1.5°Cに抑えるためには、二酸化炭素などの温室効果ガスをどれくらい削減しなくてはならないのか。我々は今、特別報告書を作成するために、再生可能エネルギーをどれくらいのペースで導入しなくてはならないのかを計算している。今年の10月に発行する予定だ。

結果の一端を紹介したい。データトリミングで海と陸の光合成量を見ていくと、例えば陸は北半球の方が多いので、植物の光合成が盛んになる時期は二酸化炭素の濃度が下がる。最近は、このような気体のダイナミックの動きを再現できるようになりつつある。

世界中でモデルを組み立てて計算したところ、二酸化炭素の排出量が増えれば、やはり平均気温は直線的に比例して上昇するという結果が出た。では、1.5℃上昇に抑えるには、二酸化炭素をどれくらい削減しなくてはならないかという、今排出している量の2/3だ。つまり、排出できる量は今の1/3だけとなる。仮に2℃上昇に抑えるにしても、それでも今の半分しか排出できない。直線的な比例関係が成り立つということは、二酸化炭素の排出量が少しでも増えれば、それだけ気温の上昇に影響を与えるということだ。もっと言えば、排出量をゼロにしないと、温暖化は止まらない。

二酸化炭素の排出量の抑制をどのように進めていくか。減らす目標を決めればシナリオも決まってくる。ただ、それによって地球がどれくらい温まるかは、不確実性が大きく、誤差の幅も大きくなる。しかし、上昇温度の抑制を優先するならば、とりあえず二酸化炭素の排出量の削減目標を決めて実行し、気温の上昇をチェックし、効き目が悪いなら削減策を変えるというアプローチをとるべきだろう。そうすれば不確実性も少なくなっていくと思われる。現実的な方法としては、二酸化炭素の排出の削減量を決めるやり方と、実際の気温の上昇をチェックしながら対応策を変えていくやり方の両方をミックスすることだろう。世界的な炭素循環と気候の変動を捉えて、全世界で共有することのシステム構築が必要だと思っている。パリ協定では、2030年における二酸化炭素排出量の削減目標が決められた。そのときが来る前に批准した国の代表が集まり、地球の様子を見ながら削減策がうまくいっているのかどうかを話し合うことになっている。関連する技術開発を、今のうちから力を入れて進めなくてはならない。やるべきことをしっかり決める必要があると思われる。

新しい技術をどう作り出して受容するか



塩瀬さん 科学者が切り開いたフロンティアを社会にどう接続するか。このことをコミュニケーションの観点から捉えようという話をしたい。

今日は、理化学研究所の未来戦略室で話をするので、まず未来について考えたい。未来とは何年後なのか。100年後か、それとも1000年後か。この設定によって、人間の社会が今よりプラスになっているのかマイナスになっているのか、異なってくるだろう。どのくらいの未来を私たちは求めているのか。そこがまず重要だ。

とりあえず100年とすれば、今から100年ほど前の人たちは100年後のことをどう考えていたのかが参考になるはずだ。今から100年後の話をしたときも、どれくらい当たるのかが見えてくるのではないか。ちょうど100年ほど前に『百年後の日本』という本が出版されている。ここに書かれていることがどれくらい当たっているのか。

例えば、選挙権が18歳になると書かれている。これは当たった。それから、日本が世界一の富国になるというのも書かれていた。一時的に当たったと言えるかもしれない。女子の大臣や学長が誕生するというのも当たった。飛行機600人乗りというのも当たった。では、外れたものにはどんなものがあるか。世界的繊維工業国というのがあった。当時の人たちは、これからの日本は繊維工業に力を入れようと考えていたのだろう。人口増加で生活困難なども書かれているが、今の状況は人口減少だ。100年後、今の考えとは逆のベクトルに向かっている可能性もある。それから、国費の過半は教育費という、笑い事にしか思えない予測もあった。

私は、未来について考える仕事をいろいろとしている。例えば、NHKの番組『カガクノミカタ』で制作委員を務めている。子ども向けのワークショップをそのまま取り入れて、科学の見方を伝えて、科学リテラシーを上げるのが目的だ。また、日本科学未来館(東京都江東区)に「"おや?"っこひろば」という子ども向けのゾーンがあり、ここの総合監修を務めている。ここでは、宇宙やロボットを語らずに、子どもたちに科学を感じてもらえる空間を作ろうとしている。それから、三重県で県立博物館をリニューアルするときに、一生に1回しかできないワークショップという趣旨で、自分自身が展示品になってずっと残されるとしたらどうなるか、という企画もやったことがある。

よく、科学技術についての対話が必要だと言われる。しかし、何のために対話をするのか。改めて考え直すことが大事ではないか。国民の夢を科学者が共有するために対話をするのか。逆に科学者が自分の見ている夢を国民と共有するために対話をするのか。あるいは説得しようとしているのか。対話の目的によって、対話の方向性は異なってくる。対話のデザインも異なってくるはずだ。

これまで、そこを曖昧にしたまま対話をしていないだろうか。理解と誤解の間、あるいは妄信と疑念の間で、科学技術が揺れているように見える。科学技術が社会の中でどう受容されるかを考えるとき、この間の揺れが一番重要になると思っているのだから、私は科学技術の社会受容性に注目して研究している。

「技術受容測定」と呼ばれるモデルがある。これは、インタビューベースの心理指標をもとに、例えばスマートフォンなどの電子デバイスが年配の方にどう受け入れられるかを計測できる。医療現場などで、新しい技術をどう受け入れるかという測定にも使われる。この手法を、私はいろいろなところで使っている。例えば、3Dプリンターを福祉作業施設はどう受容するのかを調べたことがある。3Dプリンターを使って、これまで手で作っていた郷土品を製造すると、精度の高いものを作ることができる。しかし、逆に手仕事がなくなっていく。すると、求めていたものと少し違うとを感じる。どこまでを「手作り」と呼ぶのか。あるいは、私たちは何を求めているのか。そこを考えなくてはいけないことに気づく。

実際は、よく分からずに3Dプリンターなどの新しい科学技術を導入するケースが多い。事前にレクチャーをす

ると、人々の理解は確かに進む。しかし、「それならいい」「そんな成果を求めていたわけではない」という反応が出てしまうのだ。新しい科学技術の理解が、その導入に直接結びつかない。

よく調べると、新しい科学技術を導入する多くの人は、それがどういうものかよく分からないからこそ、その見えない未来に対して投資をしようという心理状態であることが分かった。完全な理解が進むと、逆に導入とは異なる方向に振れることもあるのだ。「対話が進むと科学技術が推進しやすくなる」というのは妄信ではないか。それなのに、科学者たちは対話を求める。なぜか。応援してほしいからだ。

そこで、応援してほしいときに、その相手に理解してもらう必要があるかどうかを考えなくてはいけない。もちろん、相手に理解してもらった上で応援してもらうのが理想的だが、現実を見ると、理解されないまま物事が動いている。

今、宇宙飛行士の土井隆雄さんが京都大学で非常勤講師を務めていて、研究者たちと一緒に宇宙開発をどのように進めていくのか、ちょうど SF 作家や宇宙開発事業の中心人物を招いたシンポジウムを実施した。すると、昔は SF 小説の中にロケットの打ち上げや宇宙探査の場面が出てくれば、それだけで読者はわくわくして宇宙に憧れを持ち、その中にはやがて JAXA などで宇宙開発をする人材になる人もいた。しかし、今の JAXA に入ってくる人たちは、特に宇宙に憧れを持っていないと土井さんは言う。エンジニアリングの一つとして、宇宙開発、あるいは宇宙利用をするために JAXA に入ってきているようだと話している。

宇宙に対する憧れがなくなっているので、SF 小説でも宇宙がだんだんと描かれなくなってきた。宇宙人がやって来るとのこと以外、宇宙は資源利用の場になっている。話としては、海洋探査とそう変わらなくなっていくので、宇宙を描いた SF の物語が人の琴線に触れなくなった。今、どうやって宇宙開発に憧れを持つ仲間を増やすかが難しくなっている。

こういう状況になると、研究や開発の内容を詳しく説明しようとなりやすいが、とがった研究を説明すればするほど、角がとれて丸くなるようなところがあり、多くの人がそれに憧れのようなものを持たなくなってしまふ。むしろ、内容が分からない方が憧れを持ったり、可能性を感じたりしてもらえ。だから、何を言っているか分からないマッドサイエンティストの方がうまくいくのかもしれない。誰からも理解はされないけれど、逆に憧れは持たれやすくなり、応援もされやすくなる。その科学者が、実はとても思慮深い人で、社会貢献をしてくれていたのだとあとから分かるような活動をしてくれれば、社会にとっては一番良い形になる。

最初から説明責任を果たし、社会の中でどのように有効利用できるかを理解させようとする研究者ほど、とがったところがなくなってしまう。ここをどうするか。社会が、とがった研究者を許容する度量を高めて、いかにそのような人を社会に接続するかを考えた方が良いかもしれない。とがった研究者を社会に振り向かせる必要はなく、社会が高い許容力で受け止めて、その研究者からこぼれ落ちてくる成果を社会に接続していく。

ただ、OECD 生徒の学習到達度調査(PISA)を見ると、私たち日本人の科学リテラシーはあまり高くなさそうだ。私たちは、科学技術に明るいような気がしているが、それが起こしている変化に対して、ロジカルに理解して受け入れているのだろうか。新しい科学技術が現れると、ときどきわくわくするし、ときどきざわざわする。私たちはそれを論理的に理解したり拒絶したりしているのか。あるいは、感情的に共感して拒絶しているのか。どうも、感情だけで動いているような気がする。

感情的に動いてしまいやすい国民の科学リテラシーを高め、研究スピードと同じくらいの速さで社会が制度設計を進めたり、政策を立案し実現できたりするのであれば、技術の社会受容を前に進めることができるのではな

いか。つまり、社会側も科学と同じようにアップデートしないと、サイエンティストが見つけた自然の真理を社会生活の変容に使える技術に結晶化できない。

サイエンティストの好奇心であれ、社会課題に対する問題意識であれ、いかにそれに関わる人を支援し、いかにそこから出てくる成果を社会的に受容するか。その仕組みをうまく作れると良いと思っているし、その橋渡しを私ができたら良いと考えている。

今の競争システムをあと 100 年も続けられるか



堂目さん 私は現在、大阪大学経済学研究科に所属しながら、未来社会を構想する学内のシンクタンク「社会ソリューションイニシアティブ (SSI)」という組織で責任者を務めている。まず、私が持っている問題意識について簡単に触れたい。

日本社会は 2030 年になると、高齢者が全体の 3 分の 1 を超えると言われている。同時に、少子化や人口減少も進み、地方の産業も衰退し、所得格差もさらに拡大すると言われている。他方、グローバル社会は人口がむしろ増加し、2050 年には人口が 90 億人になり、2100 年には 110 億人になると言われている。特に、アフリカの人口が増え、現在の 12 億人が 44 億人に増えることが、国連のデータで示されている。この人口増大の問題に関連して、貧困や格差、環境破壊、紛争という問題も深刻化していだろう。こういった状況を前提として、2015 年の国連総会で「持続可能な開発目標 (SDGs)」が立てられた。

では、日本社会やグローバル社会がこうした課題を乗り越えて、持続可能な社会を実現するためには、私た

ちは何をすべきなのか。これが私の基本的な問題意識だ。

私の専門は、経済学の歴史で、特に 18 世紀のイギリスの経済学を研究している。18 世紀の経済学者アダム・スミスは、「シンパシー」(共感)に基づいた「フェア」な競争を通じて物質的豊かさを享受できる社会を構想した。フェアな競争とは、能力のある者が勝ち残る競争である。その競争によって、社会的な富が生まれ、あるいは仕事生まれ、トリクルダウンという形で競争に参加できなかった人たちにも恩恵を与えられる。もし、独占や寡占、結託、偽装などが生じると、競争がアンフェアなものになり、この恩恵が少なくなる。だから、競争はフェアでなければならず、そのためには互いに相手の立場で考える必要がある。この道徳哲学が、『国富論』のベースにあるものだ。

19 世紀になると、新たな経済学者のジョン・スチュアート・ミルが現れて、アダム・スミスの競争の論理を受け継ぎながら、さらに競争の機会を均等化する社会を構想した。それは、競争の外に置かれた人たちを包摂することで、よりフェアな競争を実現した社会だった。限られた人たちが競争して富を形成するよりも、社会にいる人たち全てが能力を発揮して競争した方が、国の富は大きくなると考えたのだ。ミルは、その実現のためには下層の労働者に読み書きを教える必要があり、普通教育を普及する重要性を説いた。そして、労働者が資本を所有することを政府が後押しする社会主義的な考え方も提唱した。ミルは、平等と成長を両立できる社会を思い描いた。

20 世紀に入ると、経済学者のアマルティア・センが現れて、スミスやミルの思想の根底にある物質主義的な考え方に疑問を呈した。物の多さや生活の便利さの拡大よりも、あらゆる個人が人生を通じてケーパビリティ(選択の幅)の拡大を優先すべきではないか。特に障がい者や発展途上国の女性や子どもに目を向けて、文字が読めたり家庭が持てたりなど、やろうと思えばできることの幅を最大に広げる社会を作るべきだと主張した。このセンが構想した社会は、イノベーションを起こせる人や生産性の高い人に資源を集中させるのではなく、不利な状況にある人に資源を優先的に配分しようという社会であり、国富は増えない可能性がある。賛否両論があるとしても、環境問題など現代の課題を考えると、これはひとつの有力な方向性だ。彼は 1998 年にノーベル経済学賞を受賞した。

スミス、ミル、センは、それぞれ考え方に違いはあるものの、社会から阻害されている人たちに注目している点は共通している。スミスはトリクルダウンで助けるべきだと考え、ミルはインクルードして助けるべきだと考え、センは優先的に富を分配すべきだと考えた。特にミルやセンの思想には、人には与えられた能力があり、人生はそれを自ら伸ばすための時間だという考え方がある。

しかし、本当にそうだろうか。人間は、自分の能力を伸ばさなければいけないのだろうか。例えば、どんな支援を受けても能力を伸ばせない人がいたら、その人は生きる意味がないとなってしまうのか。このような問いかけをした思想家がいる。ジャン・バニエだ。

バニエは、1928 年生まれのカナダ人で、第二次世界大戦中はフランスにいて、イギリスの海軍兵学校に入った。高い志を持っていたが、戦争が終わり、今度は哲学者になることを志し、独学で博士論文を書いてパリのカトリック大学に提出すると、一度で通った。その優秀さで彼はカナダのトロント大学で教職も得た。しかし、友人だった神父が知的障がい者の施設をフランスで開設し、バニエはその友人から「手伝ってほしい」と言われる。しづしづ手伝いに行くと、そこで人生を変える経験をした。そこで知的障がい者たちから友情を求められたが、彼はフリーズしてしまい、どうしていいか分からなくなった。彼は、そのことにショックを受ける。軍人としての訓練を受け、学も修めたのに、知的障がい者たちから友情を求められると、もう逃げるしかなかった。

これではいけないと考えたバニエは、トロント大学の職を捨て、フランスに行き、知的障がい者の施設を巡るようになる。そしてある村で古い家を買ひ、重度の知的障がいを持った男性二人と共同生活を始める。バニエはこの家を「ラルシュ」(箱船)と名付けた。そこでやることは、ただ生活をするだけ。バニエは朝起きると食事を作り、夜になると二人を風呂に入れる。二人は暴れることもあり、そのたびにバニエは「殺してやりたい」とさえ思ってしまうが、そんな自分を見つめ続けた。また、バニエは他の知的障がい者の人たちと聖地を巡礼することも始めた。そんな活動を続けていく中、だんだんと広く知られるようになり、評判を呼ぶようになった。

バニエの考え方の特徴は、いわゆる健常者が障がい者を一方的に助けるのではなく、障がいを持たない人が持つ人と共に生活し、彼ら彼女らの心の傷や友情の求めに向き合うところにある。そうやって、自分の心を開き、心の中にある壁を取り払う。健常者の心の中にも、実はディスアビリティ(障がい)があるとバニエは言う。誰もが恐れや心の傷を持ち、その心を守るために壁を作り、その恐れや傷を思い起こさせる他人を嫌い、遠ざけ、排除しようとする。人類が差別や暴力のない平和な社会に向かって進むためには、排除された人にこそ目を向け、接して、共に生き、友情を取り結んでいく必要があるとバニエは考えた。

彼はこの活動を 50 年続けて、数多くの賛同者を得て、多くの国で同じ活動が実践されるようになった。今では 35 カ国 147 団体による国際的な連帯組織が形成されている。こうした功績に対して、カナダから国民栄誉賞に相当するカナダ勲章を 1987 年に与えられ、また宗教分野のノーベル賞と言われるテンブルトン賞を 2015 年に与えられた。

私がずっと研究してきた経済学者は、強い人や優れた人が社会の中心に立ち、周りにいる弱い人を仲間として引き入れてあげなければいけないと考えてきた。バニエはこれを逆転させたのだった。弱い人を社会の真ん中において、強い人や優れた人が囲んで向き合う形にする。それこそ本来のあるべき社会ではないかと考えた。人は誰でも、赤ん坊という弱い存在として生まれ、最後も弱い存在になって消えていく。弱い人を中心に置く社会でなければ、本当の安全安心な社会にならない。このバニエが構想する社会に、私は今注目している。

ここから、「社会ソリューションイニシアティブ(SSI)」について説明したい。これは、未来社会を構想するシンクタンクだ。2018 年 1 月 1 日に立ち上げた。理念は「命を大切に、一人一人が輝く社会」。この理念に掲げた社会こそ、私たちが考える持続可能な共生社会だ。SSI は 3 つのステップで理念に掲げた社会を実現するための取り組みを実施していく。ステップ 1 では、学内外の人々が集い、社会課題を発見し、整理する場を企画する。ステップ 2 では、発見し整理された課題ごとに、プロジェクトベースの研究活動に取り組む。ステップ 3 では、シンポジウムなどを開き、新たな社会・経済システムの構想と提言をする。

SSI は、大学のスタッフだけではなく、企業などの民間部門や役所などの公的部門の人たちとも一緒になって考え、いろいろと議論しながら何が社会的な課題なのかを整理していく。「SSI サロン」と称する場をすでに 2 回開き、「超高齢社会の多様性」や「防災」について話し合った。そして、整理された課題ごとに 10~15 人のメンバーでプロジェクトを立ち上げていく。すでに 4 つのプロジェクトが走っている。そのメンバーの中には、他大学や企業の方、大学院生も入っている。

今後は、医療や子どもの貧困、アフリカの可能性、海外の先導的取組事例の収集などについて、プロジェクト化の検討をしたいと考えている。今、プロジェクトは 4 つ走っているが、この数をもっと増やしたい。また、グローバルな連携も視野に入れている。ロンドン大学とはすでに提携を検討しているが、東アジアの大学とも連携できないかと考えている。特に中国は、環境問題にしても安全保障問題にしても重要な相手国だ。

私は、これまで学術的に考えてきたことを、今後は実践的に考えていこうと思っている。現代の社会課題に対する答えは、そう簡単には見つからないだろう。しかし、答えを見つけようとする姿勢を持ち続けることが重要ではないかと考える。多くの人が何とかしようと考え行動している社会は、短期的には変わらないかもしれないが、2050年や2100年の時点で今と著しく違った姿になっていると思う。プロセス自体を大事にすることが今求められているのではないだろうか。



2018年9月8日

理化学研究所 未来戦略室