



Ⅲ 活動報告

世界の誰もが来たくなるキャンパスを目指して

古代ギリシャの哲学者たちが、宇宙の本質や人間の存在について探求したように、
学術はいつの時代も世界の真実を詳らかにするために存在します。

そして先人たちの知の蓄積が、新たな発見や技術革新の土台となり、人知を超えた驚くべき社会的インパクトをもたらします。

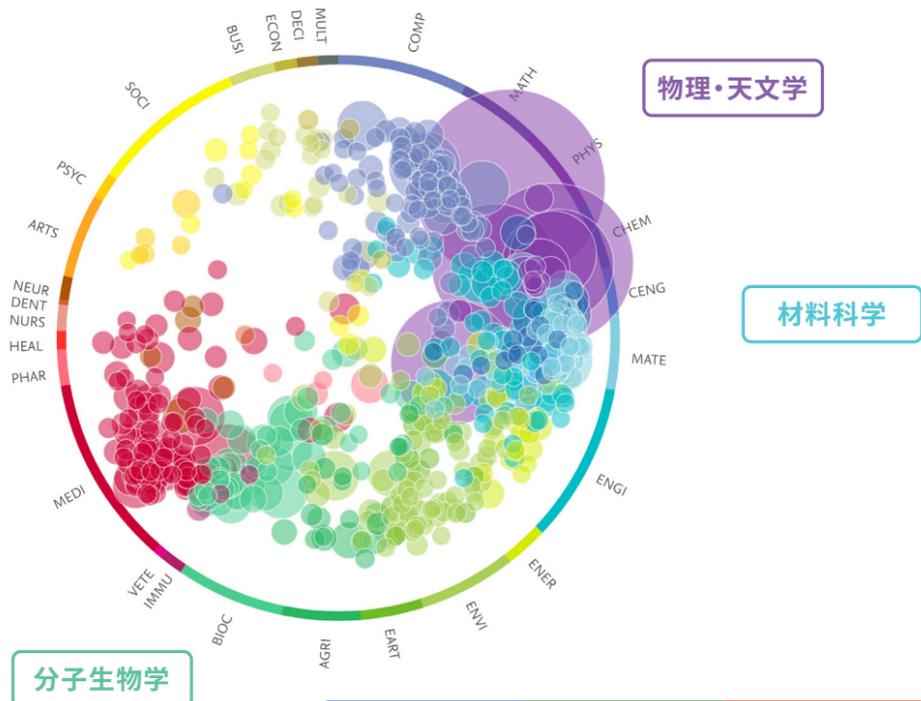
多様な時間軸に沿って展開される東京大学の唯一無二の活動を報告します。

学術の多様性

学術雑誌に投稿された論文は、自身の研究成果を他者と共有するために執筆され、公表された文章やデータ、特に自然科学の分野では主要な業績とみなされます。東京大学が2019年から2023年の間に出版した学術論文を、研究力分析ツールSciValで分類されている約94,000の研究トピックに照らすと、17,171トピックに関わっており、実施されている研究がいかに多様であることがわかります。図1は主に英語論文の被引用数や表示回数等から各研究トピックの中でTop1%の注目度に該当するものを、関連する研究分野上にマッピングしたものです。多くの最先端研究を実施している東京大学の卓越性と、英語論文における学問分野の多様性を示しています。

一方、東京大学は2023年12月に日本の大学としては初めて研究評価に関するサンフランシスコ宣言(San

Francisco Declaration on Research Assessment; DORA)に署名しました。DORAでは、「出版物の数量的指標やその論文が発表された雑誌がどのようなものであるかということよりも、その論文の科学的內容の方がはるかに重要」とされています。研究者の人事評価においては、論文掲載誌の数量的指標を用いるのではなく、研究者のすべての成果の価値とインパクトを評価することを求めています。東京大学は「東京大学憲章」において研究の多様性を掲げ、UTokyo Compassにおいても「多様な学術の振興」を目指すことが明記されています。DORAへの署名を通じて多様な観点から研究内容の評価を行うことをあらためて表明することにより、今後も世界の学術機関と共に、学術の多様な発展を目指します。



研究分野全体(外側の大きいサークル)における注目度の高い研究トピック(内側の小さいサークル群)のマッピング。円の中心に近いほど学際性が高い研究領域と考えられる。また、各研究トピックの大きさは出版された論文数に基づき、特に、物理・天文学、材料科学、分子生物学といった分野に東京大学の強みが表れている。

(SciVal データ取得日:2024年9月17日 2019-2023年の論文に基づく)

計算機科学	地球科学・惑星学	歯科学
数学	農学・生物科学	神経科学
物理・天文学	生化学・遺伝学・分子生物学	人文科学
化学	免疫学・微生物学	心理学
化学工学	獣医学	社会科学
材料科学	医学	ビジネス・経営学・会計学
工学	薬理学・毒性学・薬剤学	経済学・計量経済学・金融
エネルギー科学	健康衛生学	意思決定科学
環境科学	看護学	複合領域

ことばと算数

森を食べる植物

ノモスとしての言語

中世教皇史

やわらかいロボット

Ortlose Stimmen

AI新世

中国現当代文学研究的方法及其射程

学問としてのオリンピック

Tracking the Neolithic in the Near East

消え去る立法者

名作をいじる

グローバル化と世界史

鷹將軍と鶴の味噌汁

記号と再帰

写本の文化誌

国際交通論

淡沢栄一はなぜ「宗教」を支援したのか

Traité du Corail

和室学

惑星か？

特別な地球は

崇高のリミナリティ

聖性の物質性

※文字の大きさはデザインによるものです。
 UTokyo BiblioPlazaは、東京大学所属の教員の著作を著者自らが語っています。気になる1冊があれば、こちらのWebサイトをご覧ください。



書物が広げる学術の潮流

ジャーナルに掲載される論文以外に、研究成果を表す手段として書籍が挙げられます。学術書や、一般書籍、辞書や教科書など、時間をかけて編まれた書籍があるおかげで、一般の読者も研究者の思考のプロセスを追従し、最先端の知にアクセスすることができます。上記は東京大学に所属する教員が刊行した書籍タイトルの一例で、こ

れらを見ても文理各分野の多種多様なテーマについて研究がなされていることがわかります。日本語だけに限らず、各国の言語で書かれた書籍もあり、各言語圏独自の学問的蓄積や学術文化を尊重しながら、人文・社会科学を含む学術活動のさらなる発展を促進している姿が浮かび上がります。

ゲーム理論で実現する持続可能な社会

私たちの暮らしにとって必要不可欠な大気、森林、水資源。資本主義に基づく経済成長を優先した結果、これらの自然資本は危機に晒されています。このような環境問題に対処するためには、新たな視点と手法が求められています。経済学の理論と実践を通じて、持続可能な社会を実現するための新しいアプローチを紹介します。

近年、ビジネス界でも注目されるゲーム理論は、複数の人や組織が何かを決める際に、それぞれの選択が他の人にどう影響するかを考え、最善の選択肢を見つけることを目指す学問です。経済学研究科の松島齊 教授は、ゲーム理論を使って、皆が協力して良い結果を得られるよう、社会や経済の仕組み、政治的な決定のルールを作るメカニズムデザイン(制度設計)を長年研究してきました。

松島教授は、社会的共通資本^{*}を提唱した故宇沢弘文名誉教授の教え子です。社会的共通資本は、既存の経済学を痛烈に批判していたため、今日に至るまで国際的な経済学の研究フロンティアにおいて十分に検討されてきませんでした。松島教授は、ゲーム理論の研究者としてキャリアを積み、常に社会的共通資本を豊かにする方法を模索してきました。

2015年に国連でSDGsが採択され、世界市民の環境問

題や社会問題に対する意識は、社会的共通資本が提唱された1970年代とは比較にならないほど高くなりました。そんな折、松島教授は2020年に設置された東京大学マーケットデザインセンター(UTMD)の副センター長に就任します。UTMDへの様々な企業からの相談や共同研究等の申込内容に刺激を受け、ゲーム理論の社会実装には、経済と社会と環境の総合的な視点が必要であることを再認識します。そこで、社会的共通資本の概念を発展させ、複雑な社会や環境の問題を総合的に見るサステナビリティの経済学を構築します。

サステナビリティとは、環境、社会、経済を統合的に考え、地球を持続的に維持管理することで、グローバルコモンズとも呼ばれます。サステナビリティの経済学とは、グローバルコモンズを大切にしながら経済成長を目指すことです。松島教授は、ゲーム理論や制度設計を使うことで、短期的

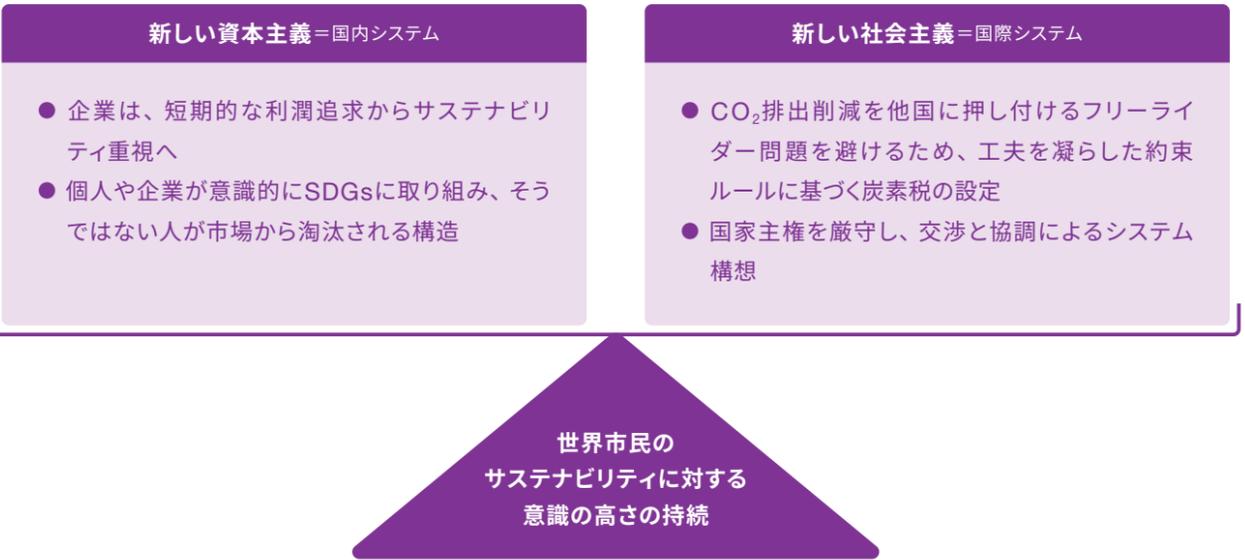


図1 サステナビリティを達成するための新しいシステム構想の簡略図。新しい資本主義が国内システムとして、新しい社会主義が国際システムとして共存します。また、これらを下支えするものとして、世界市民のサステナビリティに対する意識の高さの持続が必要不可欠です。

な利益だけでなく、将来のために環境や社会の秩序を守る仕組みを作ることができるはずと考えました。

気候変動はサステナビリティの中心的な問題であると同時に、国際的にCO₂排出削減の合意形成をしなければならない難題です。そこで鍵となるのは、国内社会における「新しい資本主義」と国際社会における「新しい社会主義」という2つのシステム構想です(図1)。これらが揃うことで初めて、サステナビリティの達成が現実味を帯びます。さらに、これを支えるためには、世界市民の意識の高さを持続させることと、サステナビリティに関する教育が不可欠です。「昔、『読み書きそろばん』と言いましたが、今は『読み書きそろばんサステナビリティ』です」と松島教授は訴えます。

これらを一般向けにまとめた著書『サステナビリティの経済哲学』が2024年8月に出版されました。この本の起爆剤となったのが、2022年に設置した社会的共通資本寄付講座です。この寄付講座で、サステナビリティやSDGsに取り組み、社会貢献を目指す起業家たちと出会い、短期的なソーシャルインパクトだけでなく、長期的な持続可能性も求められる厳しい現実を目の当たりにしました。

そのため、今後はサステナビリティに貢献したいと考える営利企業が、本業で直面している社会問題を認識し、解決の方向性を見出せるよう、経済学的なアプローチをとり、積極的に情報を発信していくとのこと。それにより、困難に直面している企業を支援するだけでなく、サステナビリティの経済学の学術的な発展にも結びつくと松島教授は語ります。



※「社会的共通資本は、一つの国ないし特定の地域に住むすべての人々が、ゆたかな経済生活を営み、すぐれた文化を展開し、人間的に魅力ある社会を持続的、安定的に維持することを可能にするような社会的装置を意味する」(宇沢弘文『社会的共通資本』岩波新書、2000年)

『サステナビリティの経済哲学』(岩波新書)



経済学研究科 松島齊 教授

社会的共通資本の概念を発展させる寄付講座

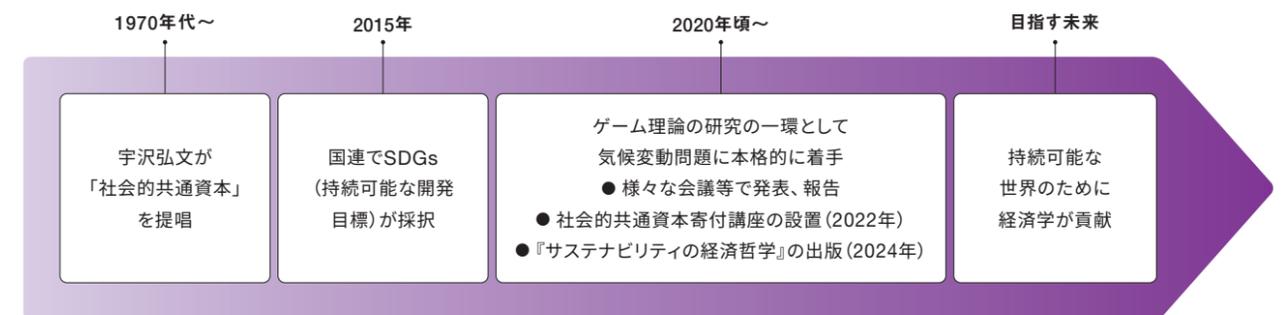
松島教授が代表を務める社会的共通資本寄付講座は、株式会社良品計画からの支援を得て設置されました。本講座では、理論、実験、社会実装による新しい実証経済学を構築することで、社会的共通資本の概念を発展させ、自然、社会、経済がよいハーモニーを奏するような暮らしの仕組みを具体的に考えています。

2024年8月には、本講座主催のシンポジウム「サステナビリティのためのコーポレートガバナンス」を開催しました。松島教授を始め、株式会社良品計画の金井政明 代表取締役会長(兼)執行役員や経済学研究科の星岳雄 教授等が登壇し、サステナビリティの時代における新しい企業統治の在り方に迫りました。イベントの一部様子は、寄付講座のウェブサイトからご覧いただけます。



社会的共通資本寄付講座ウェブサイト

社会へのインパクト



AIロボットが変える学術研究と社会の未来

AIの進化はめざましく、社会の在り方を大きく変えつつあります。特に学術研究の分野では、研究者の思考を理解できるAIロボットが研究者と対話しながら協働する未来が描かれ、2050年頃にはノーベル賞級の研究成果にも貢献することが期待されます。異なる強みを持つ様々なAIロボットと人間が共に知識を創造し、学際的な研究が広がる世界を紹介します。

生成AIブームが対話型AIをきっかけに始まってからおよそ2年が経ち、あらゆる産業の現場で生成AIが活用されています。大学の研究室も例外ではありません。ムーンショット型研究開発事業プロジェクト「人と融和して知の創造・越境をするAIロボット」では、研究者の思考を論文などから理解し、研究者と対話しながら、主張→実験→解析→記述のループを回して研究できるAIロボットの実現を目指しています。まずは化学分野で2030年までの実現を目指し、2050年にはノーベル賞級の研究成果を生み出すことを目標としています。

馬場雪乃 准教授(総合文化研究科)は人間とAIが協働する方法を専門としており、プロジェクトの一員として研究者の思考を理解するAIを開発しています。そのためには論文などの文献データを読み込ませるだけでは不十分

で、実験のノウハウや思考のプロセスといった暗黙知を学ばせる必要があります。このため、プロジェクトに参加している化学の研究者が実験の様子を動画で撮影したり、実験中に考えたことを日記のように細かく記録したり、AIの出力に対して、研究者がフィードバックを返すことも有効だと馬場准教授は次のように話します。「研究者から、暗黙知を直接引き出すのは難しいですが、間違った実験手順や考え方を見せられると、それは違うと訂正することができます。このアプローチは



総合文化研究科 馬場雪乃 准教授



研究者の負担が少なく、研究者だけが持っている知識をAIが獲得する有効な手段だと考えています」

AIが、学習を重ねることで精度が向上し、研究者に対し、有益な助言ができるようになります。AIと研究者がやり取りできるようになった暁には、どのような対話が研究に資するのかを検証するため、実際の研究者がAI役を演じる実験を行いました。その結果、教科書的な知識より、思いも寄らなかった異分野の知識を教えてくれた方がパートナーとして信頼できると答えた研究者もいました。科学用AIの実用化が進むことで、異分野の知見や動向を研究に取り込みやすくなり、学際的な研究が広がっていくことが期待されます。

ただ、実用化されたAIも万能ではなく、学習に使ったデータやフィードバックを返す人間のバイアスにも影響されることがあります。馬場准教授は、異なる強みを持つ科学用AIが多数存在し、それぞれの出力を研究者が吟味しながら研究を進めるのが理想的だと話します。「神様のようなAIが答えをしてくれるのではなく、様々な研究者と、様々な科学用AIが共存し、人間とAIと一緒に議論を行うかたちが健全だと思います」

AIの活用による議論の活発化は研究の世界にとどまりません。馬場准教授は多様な意見をAIが自動的に分類するというツール(右図)の作成にも力を入れています。このツールを高校生のワークショップで実際に使用したところ、AIツールを使ったグループでは、そうでないグループに比べ、埋没しがちな少数派の意見が可視化されました。このことから、多数派や主張が強い人たちは必ずしも意図的に少数派や積極的に主張しない人たちの意見を無視しているわけではなく、様々な意見を可視化するだけで議論の方

向性が変わることが確認できました。

これまで埋もれていた豊かな発想や多様な意見が、AIによって活かされる未来はそう遠くはないのかもしれませんが。



AIツール Illumidea



株式会社メルカリの研究開発組織R4Dと東京大学RIISE(インクルーシブ工学連携研究機構)との共同研究である価値交換工学の活動の一環として作成された。



脳と身体の深海に挑む—人間の能力を拡張する研究へ—

「ヨガのトレーニングを積むと、なぜ心拍数を下げられるのだろう？」伝説のフリーダイバーをモデルにした映画を観て、その超人的能力に驚いた少年が心に抱いた疑問。数十年の時を経て、脳と身体の不思議なメカニズムの答えに迫る糸口を見つけました。

私たちは通常、心拍や血圧、体温を自分でコントロールすることはできません。内臓や血管は自律神経系に支配されていて、意志とは独立して働くからです。しかし近年、「バイオフィードバック」と呼ばれる技術により、こうした不随意性の生理活動を意識的に制御できることが分かってきました。心拍については、心電図を測定し、その変動を自身で認識する訓練を重ねることで、心拍数を意図的に下げられることが知られています。ただ、その際に脳内で起こる変化については解明されておらず、神経基盤の理解のためには動物モデルが必要でした。しかし、言葉の通じない動物に心拍を意識させることは難しく、覚醒下の実験動物を用いた実験系は長らく確立していませんでした。

その壁を乗り越えたのが、薬学系研究科の吉本愛梨 大学院生、池谷裕二 教授らによる研究グループです。自由行動下のラットにおける心拍フィードバックの実験系を初めて構築し、意志による心拍数コントロールを可能とする

神経回路を突き止めたことを、2024年6月に発表しました。研究開始当初、そもそもラットが心拍を調整できるのか、また、どの程度達成すればフィードバックが成り立つと判断してよいのか、目標が不透明なのが難しかったと語る吉本さん。心拍数の変化をラットに知覚させる方法を試行錯誤した末、新しい実験系を確立し(図1)、5日間の訓練で心拍数が約50%減少することを実証しました。そして、訓練中に活性化された脳領域を詳しく探索することで、前帯状皮質で生じた意志命令が、視床内と視床下部を経由して、副交感神経系の中核である迷走神経核へ伝わる神経経路を発見(図2)。更に、前帯状皮質の神経細胞が生み出すシータ波が、心拍数の自己制御を可能とするカギであることが分かりました。

実は、この研究テーマの原点は、池谷教授が高校生の時に観たフランス映画の名作「グラン・ブルー」にあります。驚異的な潜水能力を持つ主人公のモデルとなった実在のフ

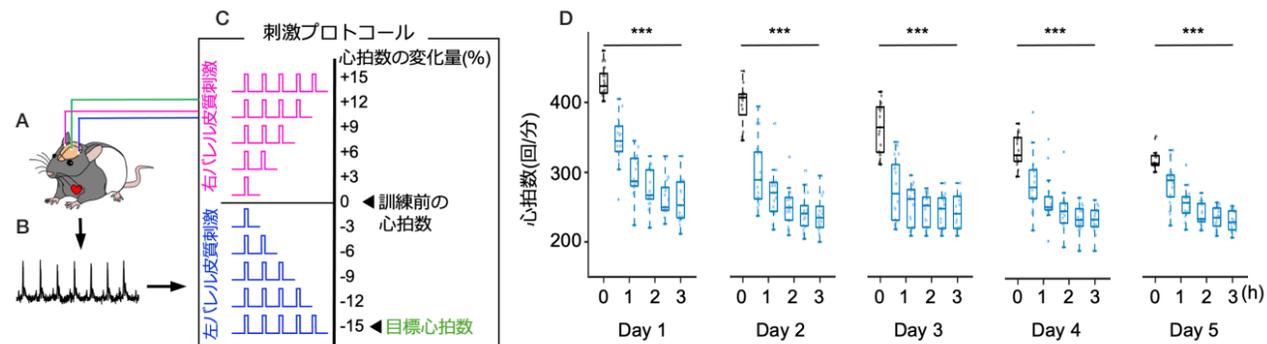


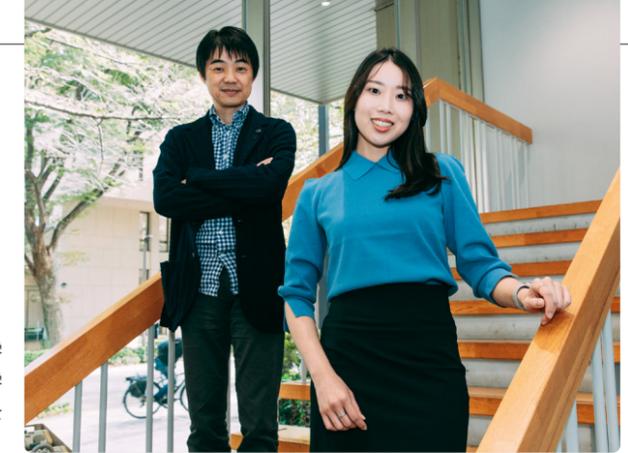
図1 フィードバック訓練の具体的な手順 (A) ラットの左右のバレル皮質(ヒゲの感覚に対応)と内側前脳束(報酬系の一部)に刺激電極を留置。(B)心電図を記録。訓練前の心拍数から目標心拍数を設定。(C)現在の心拍数が下がって目標心拍数に近くなるほど左バレル皮質に高頻度の電気刺激を与え、逆に目標心拍数から遠ざかって心拍数が多くなるほど右バレル皮質に刺激を与える。目標心拍数を一定時間達成したら、内側前脳束を刺激＝ラットは快楽を得られる。報酬刺激を10回得られたら、より目標心拍数が低く設定される次のセッションに移行して同様の訓練を繰り返す。(D)訓練により、ラットの心拍数は平静時の毎分450回から、毎分200回程度まで下がるようになった。

左から、池谷教授、吉本さん。薬学系研究科には、物理、化学、生物、情報科学など、多様なバックグラウンドを持つ研究者がいます。池谷教授の薬品作用学教室も、学生のダイバーシティが非常に豊か。今回の研究にも、薬学の範囲を超えた複雑な技術や知恵、ノウハウが詰まっています。

フリーダイバー、J.マイヨール氏は、ヨガの訓練を積むことで、一般の成人の心拍が1分間に約60回であるのに対し、20台まで下げることができたといいます。そのメカニズムに興味を惹かれた池谷少年の好奇心が、こうして世界が注目する研究成果に繋がったのです。

研究グループは現在、脳情報通信融合研究センター*と共同で、ヒトのフィードバック中の脳活動を記録し、人間にも同様の神経メカニズムがあるかを調べる研究を進めています。もし、非侵襲的に脳内で前帯状皮質シータの活動を生む方法を見出せば、地道な訓練は不要になるかもしれません。将来的には、例えばグッと強く念じるだけで心拍を下げ、ストレスや緊張を和らげたり、腰や肩の痛みを軽減することができる——そんな未来も期待されます。

池谷教授の研究室HPには、「人々が健やかに生活できる社会づくりを夢見ている」とのメッセージが掲げられています。病気の治療など、マイナスになった状態をノーマルに戻すための研究も重要ですが、ノーマルの状態を更にエンハンスする、つまり機能を拡張する方向の研究も、科学の発展のためには欠かせません。「健康な人もより健やかに、



より豊かな人生を送るための研究に、今後も取り組んでいきたいです」と吉本さん。人間の能力をどこまで上げられるのか、脳に秘められた可能性に迫る挑戦は続きます。

*国立研究開発法人情報通信研究機構と大阪大学に所属する研究センター。略称はCiNet。

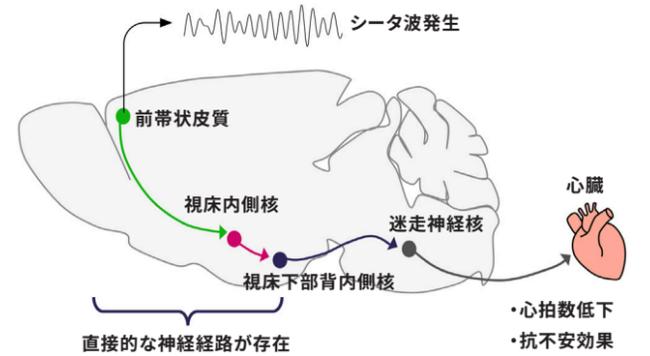
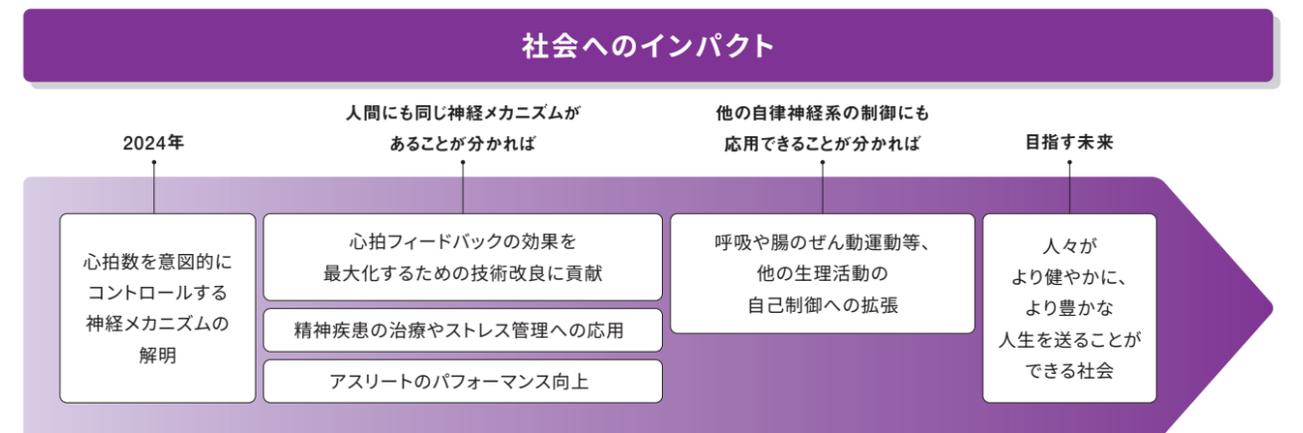


図2 心拍数を意図的にコントロールする神経経路



column

曼荼羅と数学が織りなす不思議な宇宙 ——空海からエッシャーまで

今年の夏、230年ぶりに修復された国宝「高雄曼荼羅」が東京国立博物館で展示されました。これは、空海が制作に直接関わったとされる現存最古の両界曼荼羅です。私は空海とゆかりの深い小豆島で生まれ育ったこともあり、幼い頃から曼荼羅を目にする機会が多く、その幾何学的な構造に神秘的な魅力を感じてきました。胎蔵界曼荼羅では、中央に大日如来が位置し、その化身である様々な仏が階層的に広がり、空間を満たしています。400体を超える仏を4メートル四方の中に描くため、中心から外側に向かって縮尺が変化しています。高雄曼荼羅は金銀の線のみで描かれているため、その緻密な幾何学的構造が一層際立っています。

数学的に言えば、ポアンカレ円板と呼ばれる非ユークリッド幾何のモデルが、この曼荼羅に類似した幾何学的な構造を持っています。急に専門用語が出てきましたが、非ユークリッド幾何というのは身近にあります。地球がその一例です。地表に大きな三角形を描くとその内角の和は180度より少し大きくなります。正角地図(角度を正しく表した地図)では北極、南極の周辺が大きく描かれるのがその特徴です。ポアンカレ円板はこれとは逆に三角形の内角の和が180度より小さくなる世界です。この世界では、地図は周辺の国々が小さく描かれます。版画家M.C.エッシャーはポアンカレ円板のこの特徴を用いて「極限としての円」という作品(右頁)を作りました。ここに登場する動物たちは、曲がった鏡を使った万華鏡のように配置され、すべて同じ大きさですが、地図の中では周辺に近づくにつれ無限に小さく描かれます。もし、空海

がポアンカレ円板を目にしていたら、非ユークリッド曼荼羅の制作に取り組んでいたかもしれません。

興味深いことに、エッシャー自身は作品の数学的意味をあまり理解していなかったようです。エッシャーは、数学者H.S.M.コクセターが1957年の講演で使用したポアンカレ円板の説明図を見て、コンパスと定規で作図する方法を発見しました。その過程でコクセターに手紙を書いて作図方法を尋ねましたが、満足のいく返答は得られなかったようです。後にエッシャーは息子への手紙で、「私は理論的な数学者たちとしょっちゅう意見が食い違う…コクセターにとって、素人に分かりやすく書くことは非常に難しいようだ」と書いています。対話がうまく進まなかったのは残念ですが、エッシャーが作図を通じてポアンカレ円板を深く理解していたことは確かです。

最近では、ポアンカレ円板がアインシュタインによる宇宙論のモデルの一つとして研究されています。曼荼羅の数学的モデルが宇宙論と繋がるのは偶然ではないように思います。特に1997年にJ. マルダセナ(プリンストン高等研究所の教授)によって提唱されたAdS/CFT対応という予想は、物理学の多くの研究の源泉となっています。

私は物理学の理解には自信がないのですがAdS/CFT対応を数学の視点から研究し、これまでにいくつかの論文を発表しています。物理学の論文の序文は謎に満ちているのですが、本文中の数式はフォローできるため、そこから数学的なアイデアを取り入れて研究に活かすことができます。私が高等研究所にメンバーとして滞在した際、数人の数学者とと

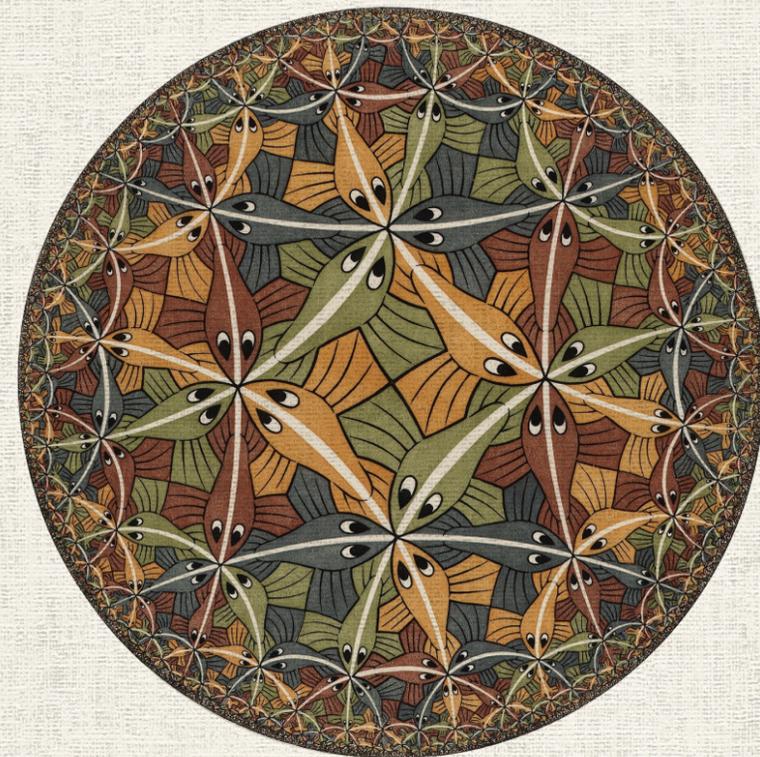
もにマルダセナ教授と対話する機会を得ましたが、残念ながら宇宙論について理解が深まったとは言えませんでした。コンパスと定規を使ってポアンカレ円板を理解しようとしたエッシャーの気持ちが、私にはよく理解できます。

今は物理学からアイデアを頂いて数学の自由な思索を楽しんでいますが、対話を続ければいつかは

物理学にも貢献できる日が来るのではないかと期待しています。

数理科学研究科・教授/研究科長 平地健吾

東京大学大学院数理科学研究科基金



M.C. Escher's "Circle Limit III" © 2024 The M.C. Escher Company-The Netherlands. All rights reserved. www.mcescher.com

共創まちづくり —マルチセクターで取り組む地域コミュニティ再生—

2050年には、65歳以上の人口の割合が総人口の約4割を占める超高齢社会を迎えると推計されています。このような状況下で、いかに活気が失われた地域を再生し、高齢者を含めた多くの人々が安心して暮らせるまちを作ることができるか。持続可能な社会の実現に向けて、住民が主役となる「まちづくり」が実践されています。

「まちづくり」という言葉は元々は和語であり、日本の歴史の古くから使われてきた言葉です。現代のような文脈で使われるようになったのは戦後のこと。「ひと言で『まちづくり』を説明すると、そこに生活する人々の相互扶助の関係であるとか、必要な社会的サービスをどうやって実現するのかといったソフト面をターゲットにしつつ、同時にそのために必要な建物や街路、公園や広場、樹林や農地といった物的環境にも部分的に介入しながら、まちを形成することです」と小泉秀樹 教授(工学系研究科)は語ります。「つくり」という言葉に象徴されるように、まちは一度作って終わりというのではなく、少しずつ必要なサービスや施設、人間の社会的な関係をデザインして作り上げていく、時間経過の概念を含んでいるのがまちづくりの特徴でもあります。

小泉教授は、まちづくりの効果的な手法を確立するため、研究室のメンバーとともにこれまでに100以上のまちづくりプロジェクトを実践し、そのフィードバックを積み重ねてきました。そのうちのひとつ、長野県小布施町のプロ



工学系研究科 小泉秀樹 教授(写真中央)

ジェクトでは、2016年6月に「東大先端研・小布施町コミュニティ・ラボ」を設立し、小布施町と協働でコミュニティの再生と活性化に取り組んできました。小布施町は人口約1万人の小さな町ですが、年間100万人以上の観光客が訪れる魅力的なまちです。町の中心地は観光客で賑わうものの、周縁部の農村地帯では、少子高齢化の中での農業の維持・発展や世代交代、そして地域らしさの継承が重要なテーマとなっています。小泉教授たちは、土地利用状況や地区の暮らし等の実態調査に加え、住民参加型のワークショップを開催、まちの様々な資源を住民と共に再発見し、都市計画に反映することで、実際の環境整備に生かしていきます。「どの地域にも志ある方々が必ずいます。そういう方々とうまくコミュニケーションをとりながら、主役である住民の皆さんの想いがこぼれ落ちないプロセスが大切です」と小泉教授。潜在的なまちの力を引き出すための伴奏型の支援を行いながら、まちづくり全体をアカデミックにデザインしていきます。

時代と共に、まちづくりの在り方も変化してきました。1990年代には、住民の合意形成や住民参加型のまちづくりの実践が一番の大きなテーマでした。2000年代以降は、



小泉教授が携ったプロジェクトのひとつ、岩手県陸前高田市のりくカフェ。東日本大震災において津波による甚大な被害を受けた地域の、人々の交流の場としてスタート。現在は「心と体の健康」をテーマに活動を展開している。

少子化高齢化がより顕著になる中で、東日本大震災を機に、高齢化に対応してどのように人々が健康で暮らせる地域にするのかということがより大事なテーマとなります。加えて、豪雨災害やヒートアイランドといった気候変動への対応等、現代のまちづくりは複雑化しています。小泉教授たちは、「共創まちづくり」をキーワードに、マルチセクターでこうした複雑なまちづくりに挑戦していきます。「これまでの住民と行政、行政と民間企業という二者間連携だけではなく、三者間でタッグを組むことで、お互いの価値観や技術、リソースをうまく掛け合わせ、新しいまちづくりを進めていけるのではないかと考えています」と小泉

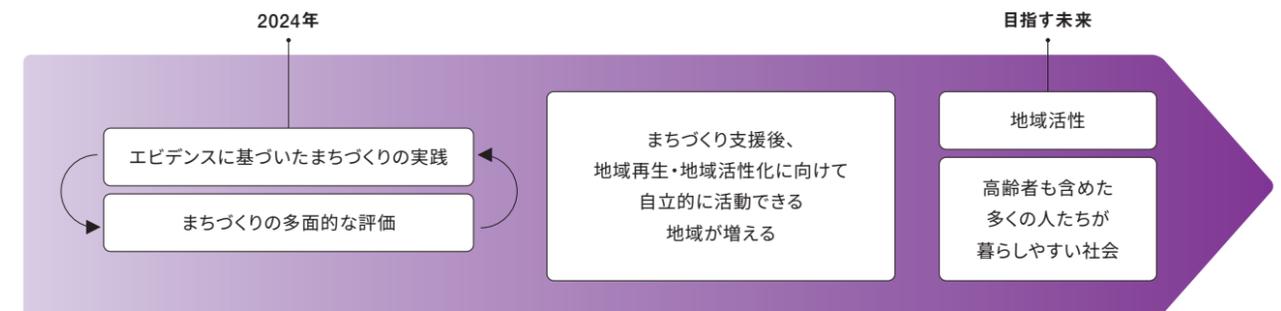
教授は語ります。小布施町のプロジェクトでも、小布施町及び東京大学と産学官連携協定を締結した東日本電信電話株式会社(NTT東日本)がまちづくりに参画し、最先端テクノロジーの提供や事業化のためのビジネス支援を行っています。

また、小泉教授は、まちづくりの実践を進めるだけではなく、どのように社会的な好影響をもたらしているか、それを多面的に評価することにも取り組んでいます。エビデンスに基づいたまちづくりで、地域再生、そして少子高齢化する日本社会の持続可能性にアプローチしていきます。



小布施町での住民の方々とまちづくりの様子

社会へのインパクト



生命とは何か? — 試験管実験で「生命の起源」に迫る

過去に一度は起こったであろうはずの無生物から生物が生まれた奇跡の瞬間。それを試験管の中で再現することで「生命とは何か?」という根源的な問いに迫ろうとしている研究グループがあります。私たちの自己認識をも変えていこうとする挑戦的な試みを紹介합니다。

「どうやったら物質から生命が誕生しうるのか?」

この生命の起源へと迫る壮大な問いに、総合文化研究科の市橋伯一 教授は、分子の組み合わせを試験管の中で進化させ、生命らしさを獲得していく様子を観察する「進化実験」を通じて答えを見つけようとしています。「一度は無生物から生物が生まれなければ私たち人類も存在していないはず。いったいどうやって物質から生命が誕生したのは、人類に残された大きな未解決問題のひとつです」と市橋教授は語ります。

RNA (リボ核酸) は遺伝情報を記した設計図であるDNAをもとにタンパク質を作る役割などを担い、生物の遺伝情報を変換していくのですが、この実験では自己複製するRNAの分子システムを作り出し、試験管内で自然選択によって進化させるという合成生物学的な手法を用います。RNA複製酵素を遺伝子としてRNA自身に記録させ、さらにその遺伝子からRNA複製酵素を作る翻訳システムを取り入れることで、RNAが自己複製できるようにします。この翻訳システムを導入したRNAを油中水滴に閉じ込めて、複製と希釈を繰り返すことで、RNAは継続的に複製されます(図1)。この継代の過程でRNAに突然変異が起きることがあります。もし変異したRNAがもとのRNAよりも高い複

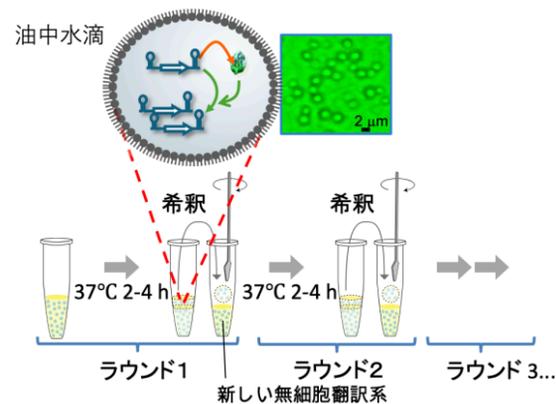


図1 RNA自己複製反応の長期継代方法

製能力を持つと、その変異型RNAが集団内で割合を増やし、適応進化が起こります。

この実験を続けると、今度は寄生型のRNAが自然発生し、宿主RNAと共進化することにより多様性が生まれます。多様化したRNAは相互依存しながら複製するように進化していくことまでを観察できました(図2)。これは自然界で見られる進化の過程と同じです。

市橋教授は、「このように分子システムを長期進化させるアプローチで生命の起源や進化の研究をしているのは、世界でもこの研究室だけです」と語ります。一方でこのような実験には、質の高い消耗品や機器、技術を持ったスタッフが必要で、安定的な資金が不可欠です。「大型プロ

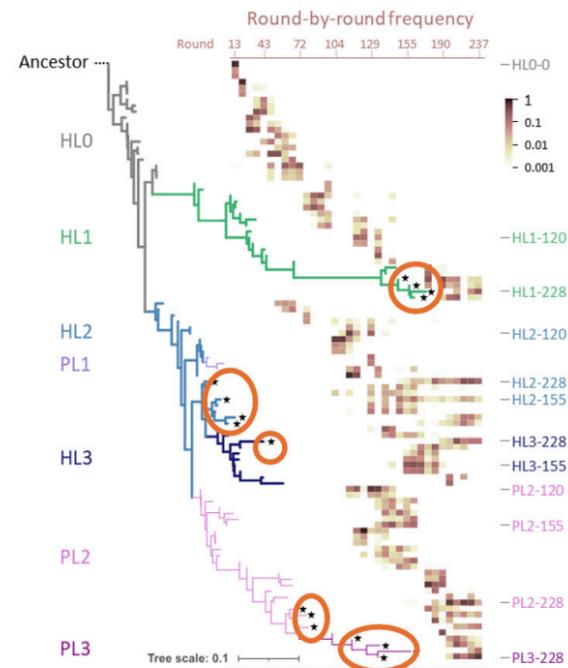


図2 長期進化によって出現したRNAの系統樹と集団内での存在比率の変化 この系統樹は、単一のRNAが進化することによって自発的に複数の系統へと多様化したことを示している。



新たに導入された進化実験自動化ロボット 1度の操作で4日間休みなく稼働するため、実験効率が飛躍的に向上した。

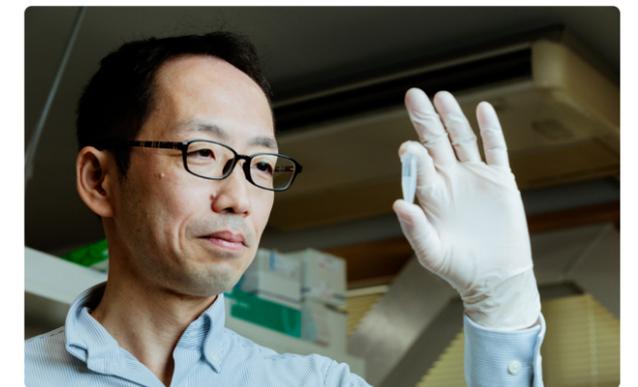
ジェクトのための競争的資金でも5年などの期限があり、終わりを見据えて研究を始めなくてはいけません。少額でも長期的に安定した資金があれば、教育・研究の両面で非常に助かります」

このような進化に関する研究の成果は、進化学の分野では進化の仕組みを使って分子を改良したり、AIの分野では「進化的アルゴリズム」が用いられるなど、既に社会に実装されていますが、利用されているのは進化の持つ能力の一部にすぎません。生物進化にみられるような多様化や新機能の出現が起こる原理は未だ明らかでなく、応用もされていません。「今後、自然界で起きている多様化や複雑化の進化の仕組みの原理が解明できれば、試験管内で多様で複雑な形態を再現できるだけでなく、進化学やAIに应用することで新しい機能を生み出すことができると考えています」

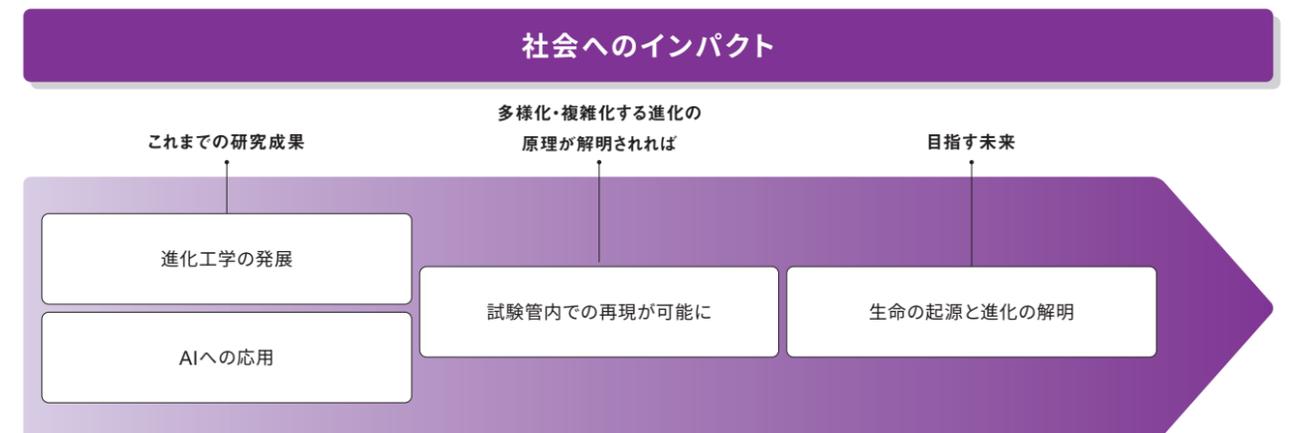
その一方で、生命の起源に迫ることは、「生命とは何か?」や「生命と非生命の境界はどこか?」というまだに定まった答えの無い、さらに大きな問いへと繋がります。これらの問いは、人間の自己認識をも変革する根源的研究と

いう側面もあります。「誰もやっていない大きな謎に取り組みたくて、進化というテーマを選びました。人類はいずれ絶滅する時が来るかもしれませんが、その時までには自分たちの起源くらいは知っておくべきではないでしょうか。医学や技術の進歩で生活が便利になることももちろん大事ですが、『自分自身を知る』という、それ以外の科学の役割も重要だと思っています」

市橋教授の生命の起源と進化の謎を探る冒険が続きます。



総合文化研究科 市橋伯一 教授



column

黄金時代の回帰

ヘシオドス(前七世紀初め頃)は、古代ギリシアで最古の詩人の一人であり、ホメロスと並び称される。その詩篇『仕事と日』では、人類が五つの時代(黄金、白銀、青銅、英雄、鉄)を経てきたことを説く。黄金は最古にして、最良の時代である。この時代を担う黄金の種族は、神々のように生きていた。人々の心には憂いはなく、労苦や嘆きとも無縁だった。おぞましい老いが身に及ぶこともなく、あらゆる禍から遠ざけられていた。もっとも神々と異なり、死ぬことが運命づけられていたが、あたかも眠りに屈するように息を引き取った。豊かな土地は、耕されずとも自発的に多くの実りを惜しみなくもたらした。人々は喜んで、穏やかに、作物を分かち合った。

ところが、この幸福なる種族はやがて大地に隠されてしまう。人類は白銀、青銅、英雄の時代を経るうちに墮落し、現在の人類は最悪の鉄の種族である。ヘシオドスによれば、鉄の種族は日夜労苦や悲嘆を余儀なくされ、神々は彼らに様々な悩みをもたらす。親と子、主人と客人、友と友、きょうだいは不仲になり、やがて孝行も敬虔も失われるだろう。誓いを守る者、正義を守る者、善良な人はいなくなり、裁きは暴力のうちにあるだろう。悪人が善人を邪な言葉で害することだろう。この他、妬みが生まれ、羞恥や正当な怒りは失われるだろうと歌う。

ヘシオドスは、こんな世の中にはもはや生きてい

たくないと告白する。たしかに、人間が、ひいては世の中がどんどん悪くなってゆくという厭世的感覚は払拭し難い。戦争が各地で起き、生活環境が悪化し、自然災害が深刻化し、疫病の蔓延で日常生活が脅かされる状況では、なおさらである。

しかしその一方で、時代が六百年以上下った前四十年の古代ローマでは、詩人ウェルギリウスが『牧歌』第四歌のなかで、黄金時代の回帰を思い描いている。アポロン神に仕える巫女の予言というかたちで、詩人は新しく生まれてくる子のために、作物が耕されずとも実り、美しい花々が萌出で、樹木から蜜が滲むと歌う。いくつかの戦争を経た後、大地を耕す必要はなくなり、あらゆる土地はあらゆる作物を生み出すことになる。牛は労役から解放される。羊の毛は、自ずと様々な色彩を帯びる(染色の手間は不用になる)。

労働が生活の糧や富をもたらす一方で、人々のあいだで妬みと不和を助長し、争いを生み出し、その心をますます荒んだものにしてゆくのであれば、労働は人類にとっての呪い、人類を不幸に結びつける桎梏である。古代の詩人たちは、そのように考えたのだろう。

人文社会系研究科・教授 日向太郎

文学部の学問を支える基金



ニコラ・プッサン作「アルカディアの牧人たち」。『牧歌』でうたわれた理想郷(アルカディア)を描いている。