

『AIの遺電子』に学ぶ未来構想術：2 貴方の考える未来社会像

11 誰もが科学する未来の社会を ソウゾウする — SCI の意伝子 —

応
般

水野雄太 | 北海道大学

科学技術の営みが浸透した社会

今回、「科学／技術が発展し社会に浸透した様子」を描くというお題をいただいた。一般に、科学技術が浸透した未来社会として想像するのは、科学技術の成果が浸透した社会のことだろう。しかし本稿では、科学技術の営みそのものが浸透した未来社会を想像してみたい。すなわち、研究機関に属さない非専門家である一般市民が、自身の興味関心や課題意識に基づき、自ら科学的研究を行う未来の社会について描いてみたい。

一般市民が科学的研究活動に参加することは、社会にとっても科学にとっても意義がある。一般市民が自ら科学的情報を活用でき、自分が欲する科学的情報を自ら生み出すことができれば、多様な市民のニーズに応え得る科学になるはずだ。また、研究活動に市民が参加することは、科学という営みそのものに対する市民の理解を増進し、科学全体の発展を加速させるだろう。

一方で、研究機関に属さない非専門家が研究活動に参加するには、現状では障壁が高いのも事実だ。そこで本稿では、これらの障壁を下げるために、どのような科学技術的基盤が必要か想像する。

本稿の構成は以下の通りである。次章では、『AIの遺電子』にならない、一般市民による研究活動が一般化した近未来を描く架空のSF漫画『SCIの意伝子』の概要を、某市民参加型百科事典の記事の体裁で記す。つづく最終章では、『SCIの意伝子』で描

いた未来社会を実現するための科学技術について、筆者の研究分野に絡めて述べる。

SCI の意伝子

『SCIの意伝子』（サイのいでんし）は、水野雄大による日本のSF漫画作品。

概要

科学的情報の可視化技術と研究の自動化技術の発達により、一般市民による研究活動が当たり前になった近未来を舞台に、市民研究倫理監査士を主人公として、科学技術の成果が浸透した未来社会ではなく、科学技術の営みが浸透した未来社会を描くオムニバスストーリー。

本作中で、市民研究の文化は、論文の代わりに「構造図」とよばれる種々のダイアグラムをパブリケーションの形式とし、構造図を自動的に作成する「自動構造解析機」を技術的基盤としている。市民研究者コミュニティの研究成果の集大成であるオープンデータベース「Atlas of Everything」を中心に栄える新たな科学文化と人々の生活、それに伴う研究倫理の問題が、本作の主題である。

あらすじ

一般市民が研究活動を行うことが当たり前になった近未来の日本では、市民研究に伴う倫理的問題が社会問題となっていた。

市民研究倫理監査士である主人公の仕事は、一般市民の研究活動における倫理違反行為の取り締まりや、トラブルの相談に乗ることである。毎話、さまざまな事情で研究不正を犯してしまった市民研究者やトラブルを抱えた市民研究者の話に、主人公は耳を傾ける。

第1話「吾輩は猫アレルギーである」

札幌に住む青年Aは、古書店でのアルバイトからの帰り道、近所の野良猫に餌をやることを日課としていた。この野良猫は元々捨て猫で、いつも餌をくれるAには懐いている。札幌に厳しい冬が訪れようとする10月末、Aはこの野良猫を自分のアパートで飼おうと決心する。しかし、それには問題があった。Aは猫アレルギーなのだ。市販の抗アレルギー薬は、Aにはあまり効かない。そこでAは、猫アレルギーを克服するために、自らに合った薬と治療法について、休日を使って研究しようと思い立つ。Atlas of Everythingでアレルギーの機構について学び、研究の計画を研究支援AIに立ててもらった。その研究計画には、自らの身体を対象とする研究が含まれていた。ヒトを対象とする研究は、市民研究倫理委員会が認定した有資格者しか行えない。Aは無資格であるが、対象が自身であるために軽い気持ちで、自らの身体から採取した試料を自宅の自動構造解析機にセットしてしまう。猫アレルギーを克服したAが猫とともに暮らすアパートに、市民研究倫理監査士の主人公が事情聴取に訪れる。

第2話「サイの角」

現実社会に嫌気がさし、Bが人里離れた山奥に引きこもったのは30年前のことである。古希を迎えた現在も、Bは気心知れたヒューマノイドと2人で山奥に暮らしている。Bは自分の山すべての構造図を作成することをライフワークとしている。山の地形、小川の水の流れ、そこに棲む草木鳥獣虫魚、それらが織りなす生態系、そしてそれらを構成する多様な分子——それらの構造図を自動構造解析機により毎日作成し続けている。毎晩、自らを取り囲む山の美しく壮大な構造図を眺めることが、この現実

世界で生きていく活力をBに与えている。そんな山奥での研究生活の中、Bはとある珍しい虫を見つけ、Atlas of Everything上でその構造図を共有する。(つづく)

第3話「虫愛づる少女」

虫をこよなく愛するCは、幼いころから、公園で虫を見つけては、眼鏡型ヘッドマウントディスプレイに自動表示される虫の構造図と、掌の上の小さな本物とを見比べるのが好きだった。Cは中学に上がり、今年こそは自分の手で、新規の虫の構造図を作ろうと思い立つ。Atlas of Everythingの虫関連領域をサーフィンしているとき、Bが公開したあの珍しい虫の構造図がCの目に止まった。この虫は珍しいし、まだ研究の余地はありそうだったCは、夏休みにBが住む山に向かう。はじめBはCに研究を許可せず、トラブルに発展してしまうが、主人公の仲介により、2人は共同研究を行うことになる。その夏2人は協力して、人類の知識領域を少しだけ押し広げたのだった。

第4話「池の青さを知る人よ」

市民研究文化が社会に浸透したことで、科学的に興味深い現象が見られるサイエンスジェニックなスポットに観光客が殺到するようになった。科学観光ガイドのDは、数年前に話題となったある池のガイドをしている。池で見られる興味深い現象について、構造図片手に観光客に解説することで、Dは生計を立てていた。この池には、昔は駐車場すらなかったが、今は大型バスも停められる駐車場もできた。Dにとって観光客の増加は嬉しいことだが、一部には自動構造解析機を持ち込んで勝手に研究を始める輩もいる。このような研究行為が環境破壊につながらないだろうか、自身の仕事がそれを助長しているのではないかと心を痛めたDは、友人である主人公に相談する。

第5話「巷で噂のアトランティアン」

Atlas of Everythingで活動する市民研究者「アトランティアン」の中でも、Eはずば抜けて高いクレジットを保持している。Eは多くのサイエン

スジェニックな「映える構造図」のオーサーであり、他のアトランティアンからつく「いいね」の数はEの肥大化した承認欲求を満足させていた。しかし、その構造図のほとんどはオーサーシップ売買の裏取引で手に入れたものであり、ゴーストオーサーによるものであった。不適切なオーサーシップに関する研究倫理違反の疑いで、Eは主人公の取り調べをうけることになる。

主な登場人物

主人公I

本作の主人公。市民研究倫理委員会所属の市民研究倫理監査士。平日は監査士をしているが、休日は日曜研究大学院大学で「視覚障害者のための構造図の触覚提示法」について研究している。

用語

構造図

科学的情報を視覚的に表現する、いくつかの標準化された形式のダイアグラム。状態空間構造を表す図や、系の構成要素の相互作用構造を表す図など数種類が存在する。全科学分野で共通の標準形式を採用することで、利用者の学習コストを低減している。非専門家にとって難解な論文ではなく、全分野共通の構造図を研究成果物の中心に据えたことで、科学的情報の解釈に要する労力や解釈法の学習に要する労力を低減できたことが、一般市民の科学への参入障壁を下げた一因とされる。また、構造図を（意味を変えずに）芸術的に美しく加工した作品を制作するアーティスト集団の出現や、構造図の加工アプリの登場も、一般市民の研究文化への参入を促した。

自動構造解析機

挿入された試料に関する構造図を自動で作成する装置。内部ではデータの収集と解析が自動で行われる。データ収集・解析の自動化による研究労力の低減は、一般市民の研究活動への参入障壁を下げた。この自動構造解析機の解析結果の信頼性はとても高

い。そのため、同様のデータ収集・解析を手動で行うことは、パブリケーションや公的研究費投入の対象にならないという決まりがある。

Atlas of Everything

この世界のさまざまな現象の構造図を収録した巨大なオープン科学データベース。構造図は、対象系の階層（分子-細胞-組織-個体など）に従って、階層的に収録されている。階層間の移動は、電子地図におけるズームの要領で行える。また、利用者は未収録の構造図を作成することができる。構造図作成には専門業者に依頼する方法と、自前の自動構造解析機からデータをアップロードする方法がある。いずれの場合も、貢献に応じて作成者にクレジットが配分され、その名誉は未来永劫記録される。

市民研究倫理委員会

研究機関に属さない一般市民の研究活動に関する倫理的問題を審議・監督する非政府組織。主人公の平日の所属機関である。

日曜研究大学院大学

休日だけ研究したい人向けの大学院大学。通称、日研大。自動的に標準化された研究に飽き足りない市民研究者が通う。主人公はこの休日研究員。

サイエンスジェニック

元々は科学的に興味深い事象のことを指していたが、現在では美しい構造図が得られる事象を指すこともある。構造図を美しく加工することが一般化してからは、後者の意味での使用例が増えた。

関連項目

- オープンサイエンス
- 構造幾何学
- 研究の自動化

市民研究を支える科学技術

前章では、市民研究文化が根付いた近未来の社会を想像で描いた。作中で、研究活動を一般市民に普

及させるための仕掛けとして、(1) 分野共通で標準化されたダイアグラム、(2) データ収集・解析の自動化、の2つを導入した。前者は科学的情報の解釈や学習に要する労力を低減し、後者は研究活動に要する労力を低減するとともに、非専門家による研究にも科学的信頼性を担保する働きがある。

この2つの仕掛け、実は筆者とその周りの研究とかわりがあり、それが前章のSFの着想のもとになっている。本章では、前章で描いた未来社会を支える科学技術の萌芽として、筆者の専門である化学反応論での事例を簡単に紹介する。

相空間幾何学

化学反応は分子の運動である。古典力学的に考えれば、分子の運動は構成原子の位置と運動量の時間変化である。位置と運動量を軸に持つ多次元空間を相空間とよぶ。分子の運動はこの相空間内の1本の軌跡で表される。さまざまな初期条件に対して軌跡を描くと、これらの軌跡を道筋とする状態変化の流れが相空間内に描き出される。この相空間内の流れの構造を幾何学的に捉えることで、化学反応を理解することができる。たとえば、化学反応の反応物と生成物に対応する相空間領域の間には、遷移状態とよばれる流れのボトルネックが存在し、そのボトルネックの太さから反応の速度を予測できる。さらに、これらのボトルネックで仕切られた相空間領域の繋がりのネットワーク構造（反応経路ネットワーク）を捉えることで、化学反応の機構を視覚的に理解することができる。

相空間は、動的現象に普遍的な概念である。一般に、決定論的／確率論的な過程は、相空間（状態空間）の概念に基づいて数学的に記述される。たとえば、太陽系内の惑星間を航行する宇宙船の運動も、相空間構造の観点から理解できる。反応経路ネットワークと同様に、惑星間輸送ネットワークを描くこともできる。このネットワークは、効率的な惑星間航行経路の設計に利用でき、実際にNASAのミッ

ションでも利用された。

相空間幾何学という普遍的枠組みから導かれた、反応経路ネットワークや惑星間輸送ネットワークなどの分野横断的に共通する形式を持つダイアグラムが、「構造図」の着想のもとになった。

化学研究の自動化技術

前節で述べた通り、化学反応を理解する上で遷移状態や反応経路ネットワークを捉えることは重要であり、これは計算化学者の仕事の1つである。この計算化学者の研究活動は、近年、前田理らによって開発された化学反応経路自動探索法によって自動化が進んでいる。

実験化学者の仕事もまた、自動化が進んでいる。目的化合物を合成するための合成経路を設計する、逆合成解析という有機合成化学者の研究活動を、機械学習を用いて自動化する研究が盛んに行われている。さらに、与えられたプロトコルに従って自動的に分子を合成するシステムの研究開発も進んでいる。

このように、化学研究の分野では自動化技術が発達してきている。他の分野においても、研究の自動化技術は今後ますます発達することだろう。

サイエンスの意伝子の担い手

もちろん、上記で述べた科学技術は、研究という「科学のこころ」を市民社会に浸透させられるほどの力はまだないし、それを目指してもいないだろう。しかし、これらの科学技術がサイエンスの意伝子の担い手として発展し、誰もが科学する未来の社会を創造する可能性は、十分にある。

(2019年9月30日受付)

■水野雄太 mizuno@es.hokudai.ac.jp

北海道大学電子科学研究所附属社会創造数学研究センター助教。2018年東京大学大学院総合文化研究科博士課程修了。博士（学術）。2019年より現職。専門は理論化学、特に化学反応動力学、量子波束動力学、相空間幾何学。