

サイエンティフィック・イラストレーション制作の際の 作り手の介入と表現情報

有賀 雅奈¹・永井 由佳里²

¹桜美林大学リベラルアーツ学群・²北陸先端科学技術大学院大学

An Analysis of Representational Practices of Scientific Illustrators

ARIGA Kana¹, NAGAI Yukari²

¹College of Arts and Sciences, J. F. Oberlin University

²Japan Advanced Institute of Science and Technology

キーワード：科学の視覚文化、サイエンティフィック・イラストレーション
ビジュアル・コミュニケーション、科学論

1. 序論

本稿で注目するサイエンティフィック・イラストレーション¹⁾とは、科学的知識を記録、表現、伝達する説明図のことである。具体的には論文や専門書、図鑑、書籍、web等で用いるモデル図、解剖図、模式図、CG、アニメーションなどが含まれる (Hodges [2003])。近代から現代まで科学の発展を支えてきた表象のひとつであり、知識を表現するものとして、また科学の思想や価値観を反映するものとして、これまで科学論の視覚文化論の中で歴史・哲学・社会学的に多くの研究がされてきた。

サイエンティフィック・イラストレーションの重要な特徴としては、単に文字情報を絵にした以上の価値があることが挙げられる。例えば科学哲学や認知科学では、ダイアグラム表現と科学者の実践やビジュアル・アージェントとの関係性が議論されている。Tversky は推論における視覚的表現の重要性を示し、配置および形成する方法が意味を生み出すことを示した (Tversky [2011])。科学哲学者 Bechtel らのグループなどは、生命科学のモデル図の特徴 (グリフ形式による表現など) やその科学実践における役割、説明的な役割を議論している (Bechtel and Abrahamsen [2005]; Sheredos and Bechtel [2016] and [2017]; Bechtel et al. [2014]; Griesemer [1991])。これらの研究から、サイエンティフ

イック・イラストレーションは科学的な推論や知識の提示において言語とは異なる特徴と役割を担っていることが示されてきた。

また、もうひとつ先行研究でよく挙げられる特徴として、単に対象やモデルを見えたままに記録するものではないことある。科学哲学者の Perini は、モデルと視覚表現の違いを強調し、類似性が科学的なモデルの視覚表現の説明の鍵ではないことを示している (Perini [2010])。Daston と Galison は植物学などの線画を「本性への忠誠」という認識的徳のもとにあるとしたうえで、見えたままの個を描くのではなく、本質や理想を描くと指摘した。また、「訓練された判断」という認識的徳のもとにあるアトラスは、教育のために描かれており、読者が対象を見るための訓練ができるような工夫がされているものと述べている (Daston and Galison [2007])。一見写実的なサイエンティフィック・イラストレーションが実は理念的に描かれているということは、ほかの多くの先行研究でも指摘されてきた (Kemp [1996]; 大場 [2003]; Daston and Galison [2007]; Kusakawa [2012]; 有賀 [2017])。

これらの研究から示唆されることは、サイエンティフィック・イラストレーションの表現は言語のみの情報から構築できるわけでも、指示対象の外的かつ視覚的な情報のみから構築できるわけでもないということである。むしろ、作り手となる人間の介入、すなわち情報の取捨選択や追加、改変等の編集行為を経るからこそ文章とも写真とも異なる表現を作り出すことが可能である。それゆえに写真技術の発達した現代でも、サイエンティフィック・イラストレーションが使われていると考えられる。

では、人間の介入によって加えられる操作や情報とはどのようなものがありうるのか。一般に、教育的な目的の場合、わかりやすくするために情報の取捨選択やデフォルメが行われることが多い。これは前述の「訓練された判断」の認識的徳の元にある図像の場合には、当然当てはまることだろう。また、サイエンティフィック・イラストレーションは、作画の過程でその時代や地域、分野の慣習の表現や理論が埋め込まれることがある (例えば Toppwer [1996]; Rudwik [1976])。これらの科学的とは直接関係のない情報は、意図的にも非意図的にも追加されうるものである。これらの介入は、サイエンティフィック・イラストレーション以外の図像でもみられるものである。

科学ならではの介入についても見てみると、前述の「本性への忠誠」の徳の元にある図像であれば、対象の普遍化や理想化といった介入がみられる。これは科学に特徴的な介入といえる。では、科学に特徴的な介入は理想化だけだろうか。筆者は他にも科学独特の介入の仕方があるのではないかと考えている。例えば目に見えないミクロの分子メカニズムや化石に基づく恐竜等の復元画を描く際には、指示対象の外的かつ視覚的な情報を描くに不十分な場合がある。この際に、科学的な正確さをできるかぎり損なわずにみえない情報をどう描くのかというアプローチは、サイエンティフィック・イラストレーション制作に特徴的な課題であり、そこでの介入の仕方は科学の描き手と、科学以外のアーティストでは異なる可能性がある。

上記のような問題意識から、本稿では、サイエンティフィック・イラストレーション制

作の際に、描き手によってどのような介入が行われ、それによりどのような情報が編集されて表現されるのかを明らかにすることを旨とする。

この際、着目するのはイラストレーターというアクターである。サイエンティフィック・イラストレーション制作プロセスには、科学者以外にイラストレーター（デザイナーやクリエイターを含む）が関与する場合がある。欧米では、科学専門イラストレーターという職業が確立されており、近代科学と印刷技術が広まった16～17世紀以来、科学者とイラストレーターの協働的制作は今日まで続いてきている（Ford [1993]）。科学専門イラストレーターの多くは、科学的知識を身に付けたうえでイラストレーションの制作を行っているため（Hodges [2003]；Nickelsen [2006]）、科学者の判断やものの見方についても一定の理解を持っている。

科学者とイラストレーターによる協働的制作プロセスでは、双方が新たな表現のアイデアを提案する場合がある（大河 [2010]；有賀 [2017]）。つまりイラストレーターは、単に科学者に言われた通りに描くのではなく、独自の役割や判断をもって表現していると考えられる。そしてイラストレーターの独自の判断は、美的、芸術的な表現方法に関するものだけとは限らない。たとえば、イラスト制作側の人間が、模型を作って対象となる事象についての理解を深めるケースや、科学的知識の矛盾に気づく例もある（例えば、工藤 [2007]）。これらの事実は、イラストレーターが、どのような科学的知識をいかに表現するかという、科学的知識の視覚的デザインに深く関わっている可能性を示している。

イラストレーターは、絵が苦手だったり自己流のスキルで作画したりする科学者と異なり、意図したとおりの表現をある程度コントロールしながら描画するスキルを有する。それゆえにサイエンティフィック・イラストレーションへの介入と表現の結合関係がより明示的になるのではないかと考えられる。このため、本稿ではイラストレーターの試行錯誤の内容から、イラスト制作の際にどのような介入があり、それによって表現がどのように構築されたのかを見出すことにしたい²⁾。

2. 調査・分析方法

本研究では生命科学、医学系のサイエンティフィック・イラストレーションを対象とした。筆者に背景知識があることに加え、これらの分野では化学や物理などと比較して説明図を利用することが多く、歴史的に見ても世界的に見てもプロフェッショナルのイラストレーターが制作する分野として規模が大きい³⁾。調査対象となる図が科学的な知識を表現したものであることの判断の根拠としては、科学者、医師から監修（何らかの専門的なコメントやフィードバック）を受けていることを調査対象の条件とした。

また、本研究では調査対象となる制作したサイエンティフィック・イラストレーションの用途や対象者は限定しない。これは、例えば研究発表用の図をプレスリリースや広報にも利用するなど、転用する事例も多いためである。生命科学・医学系分野のイラストを複

数制作した経験のあるイラストレーターが作成し、科学者・医師から監修を受けた、生命科学・医学系分野の内容を表すイラストを本研究の調査対象と判断した。以降、対象となるサイエンティフィック・イラストレーションを単にイラストと呼ぶ。

本研究の研究方法はインタビュー調査である。調査対象者は生命科学・医学系分野のイラストを専門に、あるいは得意分野として複数制作した経験のあるイラストレーター、デザイナー、アートディレクター、クリエイターである。ただし該当事者が日本でどこに何名いるのかという全体的な数字は、調査が行われていないため、わかっていない。このためHPや文献、紹介により、確実に条件に該当する人を10名を選定した。調査を依頼したところ、6名が調査協力に応じた。

実施したインタビューの形式は半構造化インタビューである。調査者、協力者の対面式で行い、時間は1回の調査につき60～270分であった。調査の際は、インタビューの録音記録と、インタビューが提供したイラストの印刷物／電子データ／写真が、データとして収集された。

インタビューの手順は以下のとおりである。まず調査者が事前に生命科学・医学系のイラストを数点用意するようインタビューに依頼した。調査当日、インタビューが準備したイラストを調査者が観察し、それぞれのイラストに対して、以下の質問を行った。

- 1) 誰に向けた、何のためのイラストか
- 2) どのような科学的知識を表現しているのか
- 3) どのような工夫をしたのか
- 4) なぜ3)のような工夫を行おうと考えたのか
- 5) (調査者が気になる点を指し) ある表現、工夫は何を意味するのか
- 6) (調査者が気になる点を指し) なぜ5)のような工夫を行おうと考えたのか

上記の質問を繰り返し、分析関心に関連する発言をした場合は、その部分をより深く聞き出した。質問終了後は、インタビュー調査が終了したことをインタビューに告げ、イラストの電子データを収集した。

分析は以下の手順で行った。まず、インタビューの録音記録を文章に起こした。次に協力者の発言をイラストごとに分割した。この分割した発言を、意味的に関連するまとまりごとにさらに分割し、簡潔な小見出し(コード)をつけた(コーディング)。次に似た性質をもつコードを分類し、一つのグループとして新たなコードをつけた。これを数回行うことにより、発言内容を階層的に構造化した。次に、構造化された上位のカテゴリーにしたがって、結果の全体的な傾向と各コードの意味を、分割された発言を読みこむことによって分析した。なお、本調査で収集されたイラストのデータは、すべてのインタビューから研究目的で公表する許可を得ている。また、本稿では基本的にはイラストの作者を匿名で扱うものの、コピーライトの表示を希望したインタビューに関しては、コピーライトを明記している。

3. 結果

本研究では、イラストレーターによる介入を、描かれた情報を分類することによって整理することとした。なぜならその方が介入の意図が明確になると考えられたためである。ボトムアップなコーディングの結果、最上位カテゴリーとしては、科学的情報の表現に対する発言なのか、科学的ではない表現に対する発言なのかに分類された。ここでは、調査で明らかになったイラストレーターの介入の内容を、この分類に従いつつインタビューの発言やイラストを引用しながら示していく。なお、紙幅の影響で本稿では6名全員のインタビューの発言を引用することはできなかったものの、分析自体は全インタビューの発言記録を対象に行っている。

(1) 科学的情報の表現

イラストは、科学的知識を説明し、伝えることを意図したものである。そのため、伝えたい科学的知識をいかに正確かつ明快に表現するかと言うことは、インタビューたちにとって重大な関心事となっている。彼らは伝えたい情報をできるだけ正確に表現するために、まず何を伝えるべきなのかを理解し、ラフスケッチや完成図に対して科学者のチェックを求めている。そして誤った表現や、誤解を与える表現を作らないよう努めていた。

一方、ひとつの論文や資料だけで、一枚のイラストを描くのに必要な全ての科学的情報が集まるとは限らない。その場合、いくつかの情報を収集し、結合させなければならない。インタビューたちは、科学者や依頼者（編集者など）が提供した資料のほかにも、自ら関連資料を集め、必要な科学的情報を揃える場合があった。そして、科学者の指導のもと、あるいは自らの判断で、集めた断片的な科学的情報を統合し、一枚の絵に仕上げている。

情報を統合して表現する際、一部の科学的情報は、イラストレーターによって意図的に省略され、変更されることがある。例えば図1のケースを見てみたい。図1は医療用教材で、頭がい骨を切断する手術の方法を示した一連の図の中の一枚である。このイラストの目的は、読者である医者に手術の際の切断部位が理解できるように示すことと、切断の際に静脈を傷つけないように注意を促すことである。

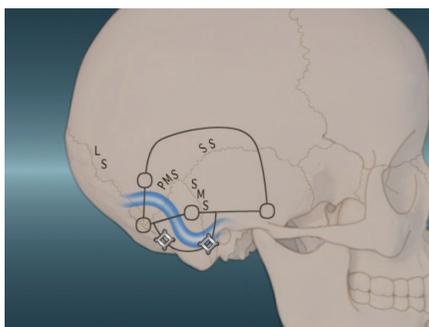


図1. インタビュー A の作品 © スタジオエス

図1の制作に関して、インタビュイー A は次のように述べている。

聞き手：この血管が立体的に描いてあるのは、実際そう見えるんですか？

インタビュイー A：実際にはそうはみえないですよ。実際には青くないですし、もっとみにくいですよ。だけど、実際じゃなくてこうやって変える意味というのは、結局はここにこういう血管が通っているということを知ってもらいたいです。

図1では静脈が現実より大きくなめらかに表現され、ほかの血管などの情報は省略されている。インタビュイー A は表現が現実には正しくないことを認識している。しかし、覚えやすくするためという教育的な目的のために、省略や変形を行っていた。さらに、もっと創造的にアイデアを考え出すこともある。図2のケースをみてみたい。



図2. インタビュイー B の作品1と、ヒストン部分の拡大図

図2は、一般向けの科学雑誌に掲載された、細胞核内にある染色体の構造を説明するイラストのラフスケッチの一部である。DNA（図中ひも状の物質）はヒストンというタンパク質（図中楔形の物質）に巻きつき、細胞核内に収納される。DNA を巻きつけるヒストンは、8つのパーツが集まってひとつとなった8量体である。この制作に関して、インタビュイー B は次のように述べている。

インタビュイー B：これを描くときに、編集者にどうなっているの、ってわかるまでしつこく聞くわけです。そうして、こういう構造がだんだん頭に浮かんできた。これは模式的に描いているわけですね。楔形のようなもの。これもあくまでモデルなんですけども。(中略)

聞き手：この楔形にしたっていうのは、こうした方がわかりやすいからですか？

インタビュイー B：そうそう。収まりやすいし。染色体の中にこういうものがきちんと収まっているということを伝えたかった。それだったら、楔形にするとわかりやすいんじゃないかと考えた。

インタビュイー B は 8 つのパーツが集まってひとつとなった 8 量体となったヒストンに DNA がまきつくという科学的情報を理解したときに、ヒストンを楔形で表現するというアイデアを思いついた。ここでいうモデルとは 8 つでひとつの円柱となるような楔形の立体物のことである。インタビュイー B は実際のヒストンはこのよう形をしているわけではないことを認識していたものの、楔形の方が「8 つのパーツが集まってひとつになる」という科学的な情報を、説得力を持ってわかりやすく説明できると考えた。そのため、このような表現をしたのであった。

インタビュイー B にもみられるように、イラストレーターたちは、科学的情報を伝える際、必ずしも現実に観察されるものに対して、見えた通りに描くことが良いとは考えていない。現実の姿を意識的に変更し、ありえない形でイラストに描き出すことも多い。では、動物図鑑の絵など、現実に即して精密に描かれているようにみえるリアルなイラストの場合はどうなのか。このようなイラストは、一般的には、標本をそのまま正確に模写しているように思われている。しかし標本を観察して描くイラスト制作の場合でも、上記のような取捨選択や変形の作業が行われている。

図 3 はフンコロガシの一種のイラストであり、ほかの昆虫と判別できるような特徴が表現されている。このイラストはインタビュイー C により、実際の標本をもとに描かれている。

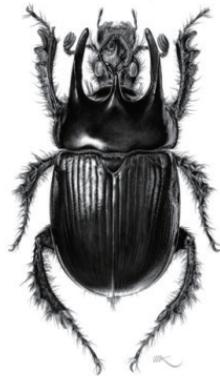


図 3. インタビュイー C の作品 1

このイラストに関して、インタビュイー C は次のように述べている。

聞き手：観察したままとは違う表現はありますか？

インタビュイー C：虫ってね、一番大事なのは光の当たり方なの。立体的でしょ？たとえばこんなフンコロガシの場合だったら厚みがあるから、光ファイバーで光をあて

るときに、一本だけで太陽と同じように光を当てようとする、いろんなところにハイライトができてしまって影が飛んだりするんですよ。だから二本、三本の光ファイバーを使って光をあてる。だから非現実的な光の当て方をするんです。その虫の厚みとか特徴を出せる光の当て方を探するのはものすごく難しい。(中略)

聞き手：それは頭の中でやるのではなく、光で調節するんですか？

インタビューー C：実物を見ながらやります。立体顕微鏡の下で見ながら、光の当て方をデザインしていく。だから演出だよ。描きやすいのではなくて、この虫を調査した人が、特徴を光と陰でわかることが大事。だから、どうでもいいところはどうでもいい。たとえば毛の数が(どうなっているとか)、ここでえぐれているとか。(でも重要な情報については)ここにいくつの毛が生えているということがきちんとわかる。なおかつ、絵としてもすごい立体感があって、リアル感があることが大事。

※括弧内は筆者による補足

インタビューー C は科学的に意味のある虫の特徴が判別できるよう、標本に何本もの光をあてるなど、不自然な光の当て方をして対象を描いた。この絵を依頼した科学者にとって大事なことは、全ての情報が均一に、現実即して見えることではない。たとえばインタビューー C は、昆虫の頭部の毛の本数などは科学的には不必要な情報で、精密さは求められないという。特定の標本に特異的な情報、たとえばゴミや傷なども排除される。一方で、別の部位の毛の長さは重要な情報であり、正確に描いたと述べている。このように、標本の描写という現実即するように見えるイラストでも、現実の中から科学的情報を抽出し、強調する作業や、普通の世界ではありえないような見せ方で表現する工夫が行われていた。

ここまでの結果から、科学的情報はイラストレーターによって取捨選択される場合があることが示されている。そして必要でない判断された科学的情報は、不正確に表現される場合や省略される場合がある。その一方で、省略や変形は、取捨選択の結果だけでなく、伝えたい科学的情報が表現上の制限から正確に表現できない場合にも行われている。たとえば別のインタビューー D は、眼に見えないマイクロなものと巨大なものを同時に表現しなくてはならないときに、比率を正確に表現したら紙からはみだしてしまうために、変形を行うと述べている。限られた紙面・動画上で表現するためには、省略や変形が避けられない場合もある。

(2) 科学的でない情報の表現

イラストに描かれるのは必ずしも科学的情報だけではない。インタビューーたちが表現していた科学的でない情報は、大きく二種類に分けられた。一つ目は、イラストに表現しなくてはならないにもかかわらず、科学的には明らかでない、あるいは科学的に示せない情報である。たとえばマイクロの世界の「色」のケースをみてみたい。

細胞内の構造や分子、原子などは目に見えないため、多くの場合何色をしているかはわからない。しかし、イラストとして表現する際には、色をつけなくてはならないことが多い。この問題に対し、インタビューー B は次のように述べている。

インタビューー B：基本的には走査型電子顕微鏡って無色の世界じゃないですか。だから色がなくて言われるんですよ。だからわざと無彩色ほくかいているのもあるし、全く人工的に色をつけているのもあります。それは好きにやっていましたね。だから基本的にきれいで、ある程度感動が伝わるような色遣いにしています。

このように、インタビューー B は自由に色を選んでいる。そのほかのインタビューーも同様に比較的自由に色を選んでいた。たとえば細胞核は紫色に染色されることが多いため紫にするなど、科学的情報に対するイメージや慣習を考慮して決める場合や、読者が女性なら女性らしくするなど、読者（聴衆）の好みを配慮するといった発言があった。

また、科学的に不確実な情報への対処としては、次のようなケースもある。図4は RDV (Rice dwarf virus イネ萎縮病ウイルス) というウイルスが、構造形成する過程を示したアニメーションの一部を、静止画像として掲載したものである。図中にある2つの構造はそれぞれタンパク質分子であり、この分子のある末端（図中の各分子の左側に飛び出した線の部分）は厳密な形が決まっておらず、可動部位であると考えられている。そしてこの動く末端が手となって、隣の分子に結合する。

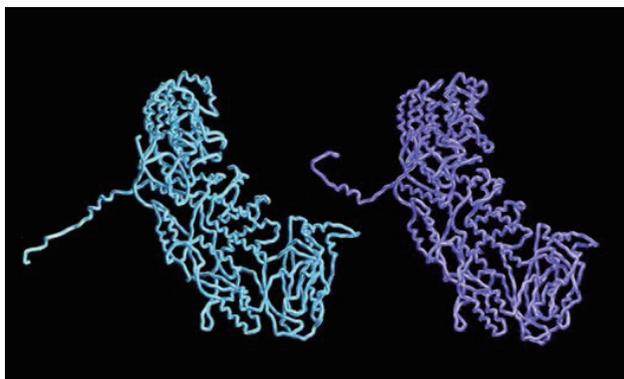


図4. インタビューー D の作品1 ©2010 META Corporation Japan

この図の制作に関して、インタビューー D は次のように述べている。

インタビューー D：たとえばこの動き（図中の末端部分の動き）なんかは、動いているから構造の決定ができない。手をつないだこの部分は構造が決定できるので、この部分のデータを持ってきて、おそらくこのあたり、（末端部分である）手の肩あたり

はアルファヘリックスを作っていないから動くだらうというかたちで【インタビュイーD自らの肩を動かして末端の動きを例示しながら】こういうふうに動かしてくれと先生に言われる。じゃあこういう感じかなと。

聞き手：動かし方は先生に厳密に言われるのですか？

インタビュイーD：両方ですね。全く手掛かりがないと、どう動かしていいかわからないんですけど、さっきみたいに構造上、動きやすい構造のところって見た目に分かりますよね。実際に話してみても【肩を動かして末端の動きを例示しながら】こうか、こうか、ランダムか、ということになった。適当に合わせてくれ、と先生に言われた。とにかくわかっているのは、ここはふらふら動くところであると。

聞き手：適当と言われたときに最終判断するときは、感覚的なものなのですか？

インタビュイーD：感覚ですね。

※括弧内は筆者による補足

この分子の立体構造は明らかにされているが、末端部分がどのように動くかは明らかでない。しかし動画を作る際には、動きも表現する必要があった。インタビュイーは科学者と相談し、科学者がわからない部分は科学的情報を参照しつつ、最終的には自らの判断で動き方を決めていた。

このように、科学的情報だけでは詳細な表現が分からない場合がある。それでも表現する必要がある時、イラストレーターは様々な根拠を用意した上で、最後は自らの判断で表現をきめていた。

また、「科学的に明らかにされていないこと」に気付くこと自体が、イラストレーターの役割のひとつであると考えているインタビュイーもいた。インタビュイーDは、DNAの複製の様子をアニメーションで表現しようとしたとき、教科書に載っている科学的情報だけではわからない部分が出てきたという。そして、この部分は研究者に聞いても答えが出せず、科学者に「その部分はわかっていなかった」という気づきを与えることができた」と述べている。

イラストに表現される科学的でない情報の二つ目は、演出のための情報である。これは作品としての演出や装飾の役割をもっており、科学的情報と直接関連性のないものがほとんどである。付加される情報内容や付加した意図は多様であり、創造性が高いと考えられる。科学的知識の表現に特有な工夫は少なく、多くの意見は本稿の分析対象から外された。ここでは、科学的知識と関わる工夫として二点についてのみ結果を示したい。

一点目は、一枚のイラストのなかに、伝えることを意図した科学的情報と、装飾としての科学的情報の両方が表現されるケースが存在することである。装飾としての科学的情報は、科学的ではあるかもしれないものの、演出の一部であり、伝えることを意図しているわけではないため、ここでは「科学的ではない情報」として扱う。例として図5をみてみたい。



図5. インタビューーCの作品2

図5は細胞（右上の黄色いもの）の核内から染色体が引き出され、染色体の構造を左手前に来るほど拡大しながら示しているイラストである。拡大する過程を説明すると、まず核から出された染色体（図中右上の紫色のコイル状の構造）がある。次にその染色体が拡大され、ヒストンという分子（図中紫色の球体）に巻き込まれたDNA（図中赤いひも状の構造）がみえてくる。さらにDNAはヒストンから外れて延ばされ、拡大されて2重らせん構造として表現される。この2重らせん構造の表現方法は、単純に相補的な2重らせんを表現したものから2重らせんの分子構造を示すものまで、5種類みられる。この図に対してインタビューは以下のように述べた。

インタビューーC：ある先生に頼まれて作ったものなんだけど、ひとつの細胞のDNAを引っ張り出してみってくれと、ただそれだけ言われたのね。どうやって引っ張り出すかってことは全然言ってくれなかった。自分で調べていったら、ヒストンとかが何重にもタンパク質を巻き込んでいて、面白いなあって感じたんだ。じゃあこれ全部描いちゃおう、と思った。それで、化学記号まで描いてしまったのね。全部ひとつの絵の中に閉じ込めちゃおうと思って。これはぼくのアイデアだった。この組み合わせ（DNAの5種のパターンを描くこと）を提案したら、そりゃあ面白いということになった。

※括弧内は筆者による補足

このイラストは、科学者から依頼されて制作された。科学者は依頼の際に、単に細胞からDNAを引っ張り出してくれとだけ指定したという。しかし、完成された図には、染色体、ヒストン、DNAの5種類の表現など、指定されていない情報が多数含まれている。また、

引き出し方や、見せる角度も科学者からは指定されていなかった。インタビューーは、このような情報はすべて自分が考えて作りだしたものだと言う。インタビューーCが自分で考えて付加した情報には科学的情報もあれば、そうでないものもある。例えば、DNAがヒストンに巻きついて収納されるといった情報は科学的情報であり、ヒストンがDNAからはずされて飛んでいる（図2中紫の球体が飛んでいるところ）という表現はインタビューーの発想により作られたものである。またDNAの2重らせん構造は5種類の方法で表現されている。それらの表現は、分子生物学分野ではよくみられる表現であるものの、このイラストの目的からすれば、あまり意味を持たない。それを敢えて入れているのは、インタビューーが面白いと感じ、また面白く表現したいと感じたからである。

二点目に注意したいのは、イラストに付加されたリアリティである。リアリティとは現実らしさの演出である。このリアリティは、現実らしさを表しているにも関わらず、現実とはかかわりがなく、あるいは現実とは異なるように表現される場合がある。図6は一般向け科学雑誌に掲載された細胞分裂を説明するイラストのラフスケッチである。ここではインタビューーBはラフスケッチを作り、このラフスケッチを元に別のイラストレーターが絵を描き上げた。

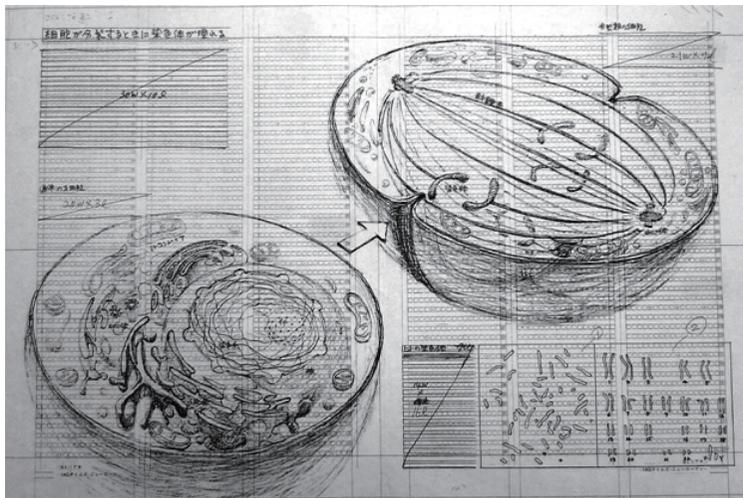


図6. インタビューーBの作品2

このイラストの制作に関して、インタビューーBは次のように述べている。

聞き手：その絵の下描きもAさんが描いたんですか？

インタビューーB：これもほくです。どう描くかは、こちらがイラストレーターに説明します。細胞の中は、とろーとしていて、ところてんの中にいるように描けと言いました。ここは半分が出っ張っていて、この部分は細胞の中にいるんだ、とか。

聞き手：そのところてんっていう表現はAさんが考えたんですか？

インタビュイーB：ほくが考えた。だから半分透けているけど少し下の方に行くとおぼろげに見えなくなるようなかんじにお願いした。そういうところの中にこういう細胞小器官があるんだっていうかんじですね。「ところてんのような」っていうのはもの見え方です。そうすると自然に見えるだろうなって思った。全く透けて見えちゃうと面白くないですし。

ラフスケッチでは明記されていないものの、細胞の内側を描く際には、細胞の中身が「ところてん」のように見えるよう表現しようとしていた。細胞の中身が実際「ところてん」のようであるかどうかという事実は、ここではあまり配慮されていない。むしろ、その方が面白く、かつ「自然」に見えるということが重要であった。

4. 考察

結果をまとめると、イラストレーターは、主に以下の五点において介入を行っていた。第一に、描かれる対象が有する多くの情報のなかから、一部の科学的情報を選び出す（あるいは捨てる）介入である。第二に、選ばれた科学的情報のなかで特に伝えたい情報を、相手に伝わるようにどう表現するか設計するという介入である。「どう表現するか」は科学者の指導や参考資料、慣習にしたがって決まる場合がある一方で、イラストレーターが創造的に決める場合がみられた。第三に、表現上の制約から正確に表現できない情報を表現する介入である。この場合、イラストレーターは現実的に表現可能な形式に、情報を変更していた。第四に、表現上足りない情報を創造して補足する介入である。表現上足りない情報とは、形・色・動きなど表現する上では必須にも関わらず、科学的に明らかになっていないなどの理由で、科学者が提供できない情報である。第五に、作品の演出のための情報を付加する介入である。科学をより説得力を持って魅力的に伝えるため、あるいはひとつの作品としての完成度を高めるための情報である。演出のための情報はイラストレーターによって創造的に付加されるほか、科学的情報が装飾として利用される場合もあった。また、作品演出のための情報の中には、「リアリティ＝現実らしさ」も含まれる。リアリティは実際の現実には似ているとは限らなかった。以上がイラストレーターの工夫の分析結果まとめである。

上記の結果を踏まえ、イラストレーターによる介入とそれにより描き出された情報を、科学的知識、現実世界の指示対象との関係性に注目しながら整理・考察したい。

イラストレーターは現在わかっているすべての科学的情報に対して正確に表現するわけではない。選ばれた一部の情報のみが正しく表現され、ほかは単純化されたり、省略されたり、変形される。このため、何を選択するかによって、描かれ方は全く異なる可能性がある。また、情報を捨てるという行為には、単に情報を選択するというだけでなく、抽

象化する行為も含まれている。科学的知識をどの程度抽象化して捉えるかによっても描かれ方は異なる。そして最終的に科学的知識をどのように表現するか（色・形・大きさ・見せ方・表現様式など）ということは、依頼者とイラストレーターの判断に依存する。この判断の結果は、Pauwels が指摘するように、多様にありうる。慣習や文化的傾向、科学的な伝統、制作プロセスの状況、スキル、制作者の好みや性格、目的などが影響すると考えられる（Pauwels [2006]）。つまり、同じ科学的知識を描く場合でも、情報量や表現方法が多様にありうるため、同じ絵になることは極めて少ないと考えられる。

また、イラストでは現存する全ての科学的情報に対して、整合性のとれた表現をすることは難しい。調査結果をみると、一部の情報だけが正しさを考慮され、それ以外は意図的に省略・変形されていた。場合によっては非意図的に変形してしまうケースもあると考えられる。このため、あるイラストが「科学的に正しい」ということは、そのイラストの目的や用途においてのみ正しいことを意味する。イラストの科学的正確性は文脈依存的であり、厳密な意味で科学的に正確なイラストは存在しないと考えられる。

このことは科学的知識の普及に対してひとつの注意を喚起する。紙で描かれた情報は、長距離運んだり、長期間保存したりすることが可能である。ウェブサイトにアップロードされた情報ならば、インターネットに接続可能な世界のどの場所でも手に入れることができる。これはラトゥールが「不変な可動物 immutable mobiles」と呼んだ、視覚表象の性質である（Latour [1990]）。イラストも内容を変えずに移動できる一方で、イラストの科学的正確性は文脈依存的である。もしもあるイラストを元の文脈から切り離し、異なる目的や対象で引用した場合、一部の変形された情報が科学的に正しい表現と認識されてしまう可能性がある。イラストによって科学的知識を普及する際には、何が正しいのか、何が変形されているのかに注意を払う必要がある。

また、イラストを描く際には、別のイラストを参照することもある。この際、参照元となったイラストを模倣する場合であっても、イラストレーターによってなんらかの取舍選択が行われている可能性がある。実際、イラストは異なる人間によって何度もコピーされ利用されるなかで、少しずつ変化していくという（Ford [1993]）。また、あるイラストの全体的な、あるいは部分的なコピーをしているようにみえるイラストであっても、参照した元の作品に修正を加えている場合がある（Nickelsen, [2006]）。このため、あるイラストと同じようなイラストがあった場合でも、同じように利用できるとは限らない。イラストの使用には常に目的や用途といった文脈を考える必要があると考えられる。

イラストによって描かれる現実世界の指示対象は、科学的に意味のある情報も、ない情報も含んでいる。科学的に意味のある情報が優先的に選ばれ、正確に表現される一方で、そうでない情報は省略・変形されうる。このため、序論でも述べたようにイラストと現実とは異なる形になることが多い。木村は自身の科学専門イラストレーターとしての経験を踏まえ、科学のイラスト制作の際にイラストレーターは、本質的でない部分を無視したり、見えないものを見せたり、要約したり、創造したりすることができるということ、そして、

イラストはそれにより本質を照らし出すものでなければならないということを述べている(木村 [2002])。このようにイラストにおいては、ある科学的な知識を伝えるという目的に沿う限り、現実を変形したり、創造したりすることが可能である。

また、イラストにはリアリティが付加されることがある。しかしながらこのリアリティは、必ずしも現実に似せられているわけではない。実際、インタビューの一部は、現実を参照せずにインタビューがイメージしたリアリティを付加していた。科学的知識を表現したイラストは、もはや現実とは離れた存在であり、それに加えられるリアリティも必ずしも現実と同じである必要はないと考えられる。

調査結果からは、イラストと言語の性質の違いも明らかになった。イラストは言語よりも多くの情報を表現してしまう場合がある。たとえば分子生物学の分野で「分子Aと分子Bが相互作用する」ということを伝えようとした場合、イラストで表現するためには、分子Aと分子Bを何らかの大きさ・形・色で示さなくてはならない。相互作用とはどういう状態を示すのか、ということも具体的に表現しなくてはならない。このように言語では問題にならなかった情報をイラストでは(筆者の意図に関わらず)表現せざるを得ない場合がある。これについては認知科学系の先行研究においても同じような指摘がある。Kulpaはダイアグラムは必然的に二次元であり、テキストでは暗黙的だった二次元・三次元的な情報が明確になると述べている。そのうえで、テキストでは暗黙の事実であったものが、視覚表現の副産物として(不要にもかかわらず)表現されることがあり、そうならないよう配慮すべきであると指摘している(Kulpa [1994])。イラストレーターはこの状況に対処するために、伝える科学的情報以外の数多くの情報を収集したり、科学的な不確実性に対処したりする必要がでてくる。そして科学的な不確実性への対処の仕方が、イラストの多様性や創造性を生んでいるとも考えられる。

以上の結果と考察の内容を図7に整理した。

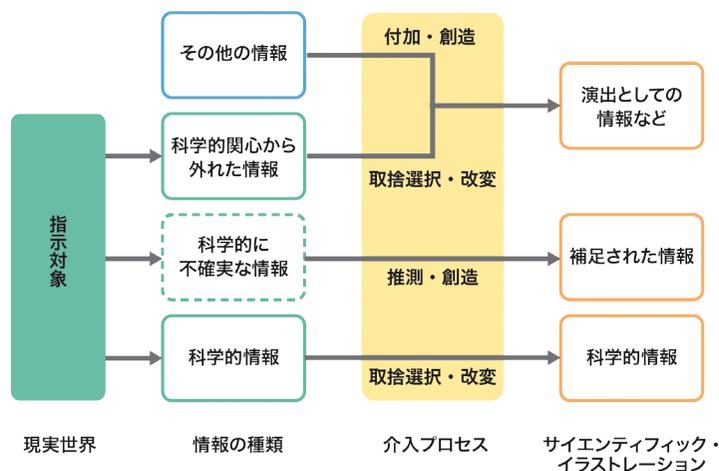


図7. イラストレーターによるサイエンティフィック・イラストレーション制作

5. 結論

本稿ではイラストレーターというアクターに着目し、科学的知識の普及を目指して制作されたサイエンティフィック・イラストレーションが、科学的知識、あるいは現実世界の指示対象と比較してどのような介入を受けているのか明示することを試みた。その結果、イラストレーターは科学的情報の取捨選択と設計、変更を行い、科学的に不確実な情報を創造し、演出のための情報を付加して表現していることが明らかになった。そしてイラストは文脈依存的であり、イラストが表現する内容を科学的知識と同一視してはならないことが指摘された。今後の課題としては、イラストレーション制作でみられた創造性や情報の変化が、科学的知識の普及にどう影響するのか分析することが考えられる。また、視覚表象以外の媒体を使った様々な科学技術コミュニケーションプロセスに対しても、同様の分析が当てはまるかどうかとも考えてみる価値があるだろう。

謝辞

本研究では、イラストレーターの方々にインタビューにお答えいただき、かつ貴重なデータを提供していただきました。深くお礼申し上げます。

注

- (1) 「サイエンティフィック・イラストレーション」という言葉は、日本語では「サイエンスイラストレーション」や「サイエンスアート」、「科学イラスト」など表記方法が統一されていない。海外、特に科学論分野では scientific illustration という表記が多いこと、比較的統一されている医療・医学分野のイラストレーションの表記は「メディカルイラストレーション」(medical illustration) と前半部が形容詞形であることを踏まえ、本稿では、「サイエンティフィック・イラストレーション」という表記を採用した。
- (2) 本稿は2011年に知識共創フォーラムで発表された大河(有賀)雅奈・永井由佳里・梅本勝博(2011)「知識創造としてのサイエンスイラストレーション作成—イラストレーターへのインタビュー調査から—」(研究会報告資料は知識共創第1号 pp. Ⅲ 1-01 - Ⅲ 1-10に掲載)で報告された研究をベースにしつつ、議論を深め、データを追加するなどして論文としてまとめたものである。
- (3) 歴史的には動物・植物(博物学)や解剖学などを描くイラストレーターが多数おり(たとえばプラント [1986]; ダンス [2014]; Roberts and Tomlison [1992]), 現代でも医学系のイラストレーター団体である Association of Medical Illustrators (AMI) < <http://www.ami.org/> > は医学・科学系のプロの団体の中でも最も規模が大きく、Guild of Natural Science Illustrators (GNSI) < <http://www.gnsi.org/> > のような自然誌系のイラストレーターの協会をみても、生物系を描くイラストレーターの割合が多い。国内でも植物や動物、医学系などのイラストレーターが集まる団体がみられる(有賀 [2015])。)

文献

有賀雅奈 [2015] 「日本のサイエンス／メディカル分野のイラストレーターによる団体活動の動向調

- 査」『科学技術コミュニケーション』17, pp. 23-34.
- 有賀雅奈・田代学 [2017] 「サイエンティフィック・イラストレーションの制作プロセスと制作者の視点—イラストレーターと脳科学研究者による協働制作のケーススタディ」『科学技術社会論研究』13, pp. 186-203.
- 大河雅奈・加藤和人 [2010] 「サイエンスイラストレーション制作における協働プロセス：『幹細胞ハンドブック』を事例に」『科学技術コミュニケーション』8, pp. 41-55.
- 大場秀章 [2003] 『植物学と植物画』八坂書房。
- 工藤光子・中村桂子 (JT 生命誌研究館) [2007] 『DVD& 図解 見てわかる DNA のしくみ』講談社。
- 木村政司 [2002] 「サイエンティフィック・イラストレーション」『日本大学芸術学部紀要』36, pp. 29-38.
- ダンス, P. S. (著)・奥本大三郎 (訳) [2014] 『博物誌：世界を写すイメージの歴史』東洋書林 (原書：Dance, P. [1978] *The Art of Natural History*, Overlook Press)。
- プラント, W. (著)・森村謙一 (訳) [1986] 『植物図譜の歴史：ボタニカル・アート：芸術と科学の出会い』八坂書房 (原書：Blunt, W. [1951] *The Art of Botanical Illustration, 2nd Edition*, Collins.)。
- Bechtel, W., & Abrahamsen, A. [2005] Explanation: A mechanist alternative. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 36, pp. 421-441.
- Bechtel, W., Sheredos, B., Burnston, D. C. & Abrahamsen, A. [2014]. Representing time in scientific diagrams. *Proceedings of the 36th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, Cognitive Science Society.
- Daston, L. & Galison, P. [2007] *Objectivity*, Zone Books.
- Ford, B. J. [1993] *Images of Science: A History of Scientific Illustration*, The British Library Publishing Division.
- Griesemer, J. [2007] Tracking Organic Processes: Representations and Research Styles in Classical Embryology and Genetics. In Laubichler, M. D. & Maienschein, J. (Eds.), *From Embryology to Evo-Devo: A History of Developmental Evolution*, MIT Press, pp. 375-433.
- Hodges, E. R. S. [2003] *The Guild Handbook of Scientific Illustration*, Van Nostrand Reinhold.
- Kulpa, Z. [1994] Diagrammatic representation and reasoning. *Machine Graphics & Vision*, 3 (1/2), pp. 77-103.
- Kemp M. [1996] Temples of the body and temples of the cosmos: vision and visualisation in the Vesalian and Copernican revolutions. In Baigrie B. (Ed.), *Picturing Knowledge: Historical and Philosophical Problems Concerning the Use of Art in Science*, Toronto University Press, pp. 40-85.
- Kusukawa, S. [2012] *Picturing the book of nature - image, text and argument in sixteenth-century human anatomy and medical botany*, University of Chicago Press.
- Latour, B. [1990] Drawing things together. In Lynch, M. & Woolgar, S. (Eds.), *Representation in scientific practice*, MIT Press, pp. 19-68.
- Nickelsen, K. [2006] Draughtsmen, Botanists and Nature: Constructing Eighteenth-Century Botanical Illustrations. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 37, pp. 1-25.
- Pauwels, L. [2006] A theoretical framework for assessing visual representational practices in knowledge building and science communications. In Pauwels, L. (Ed.), *Visual Cultures of Science: Rethinking Representational Practices in Knowledge Building and Science Communication*, Dartmouth College Press, pp. 1-25.
- Perini, L. [2010] Scientific representation and the semiotics of pictures. In Magnus, P. D. & Busch, J. (Eds.), *New Waves in Philosophy of Science*, Palgrave-Macmillan.
- Roberts, K. B. & Tomlinson, J. D. W. [1992] *The Fabric of the Body: European Traditions of Anatomical Illustration*, Clarendon Press.

- Rudwick, M. J. S. [1976] The Emergence of a Visual Language for Geological Science 1760 — 1840. *History of Science*, 14, pp. 149-95.
- Sheredos, B. & Bechtel, W. [2016] Imagining Mechanisms with Diagrams. In Levy, A. & Godfrey-Smith, P. (Eds.), *The Scientific Imagination: Philosophical and Psychological Perspectives*, Oxford University Press.
- Sheredos, B. & Bechtel, W. [2017] Sketching biological phenomena and mechanism. *Topics in Cognitive Science*, 9 (4), pp. 970-985.
- Toppwer, D. [1996] Towards and Epistemology of scientific illustration, In Baigrie B. (Ed.), *Picturing Knowledge: Historical and Philosophical Problems Concerning the Use of Art in Science*, Toronto University Press, pp. 215-249.
- Tversky, B. [2011] Visualizing thought. *Topics in Cognitive Science*, 3 (3), pp. 499-535.