

<論文>

科学観を「絵」で表現すること：その特徴と意義 Visualizing Scientific Perspectives through Drawings

有賀雅奈*

Kana Ariga

I. はじめに

科学コミュニケーションにおいては人々がどのような科学観をもつかは重要なテーマである。その人の科学観によって、科学への関わり方や態度、あるいは情報の受け取り方やフレーミングなどがかわってくるためである。

サイエンスコミュニケーション専門家であるオルティアは科学に対する考え方の違いを1) 宗教がかかっていない理性的な知の体系、2) 経験的で統計に基づいた真理探究の方法論、3) 音楽や芸術のような文化的な慣習、3) 医療技術や環境技術、農業技術や環境技術の基礎の4つに分け、それぞれに対して、科学を好む理由、科学を嫌う理由、科学に無関心な理由をあげて人々の態度を分類した。そしてある人がどのような印象をもつかは、その人がそれまでに科学技術に関するどんな経験を積んできたのかということと、それを経験した社会的文脈に拠っていると述べている¹⁾。つまり科学観は個人的・社会的文脈に依存しており、その態度や内容は多様にあると考えられる。

また、科学技術社会論の専門家である藤垣は現代の科学は「作動中」の科学であり、科学的な知見は常につくられつつあり書き換えられているとしたうえで、現在流通している科学のイメージは厳密で常に正しい客観性を持った知識であるとし、それを「硬い」科学観と呼んだ。そして「硬い」科学観ではなく作動中の科学を市民や行政や科学者が理解することで、科学と社会の間のコミュニケーションギャップが少なくなると述べている²⁾。さらに、この「硬い」(固い)科学観を修正して科学・技術に関わる意思決定を開くには、作動中の科学のほかフレーミング、妥当性境界、状況依存性、変数結節という概念の理解と吟味が重要になると述べている³⁾。イメージしている科学と実際の科学にギャップがあれば、科学に対する要求や期待、判断が異なる科学観を持つ者同士でかみ合わないことがありえるため、科学・技術に関わる意思決定の議論に影響しうると考えられる。

理科教育や科学教育の文脈でも人々の科学観が議論されている。児童や教員志望者などの科学の営みの特徴や科学の社会への影響や必要性への認識、科学への関わり方や感情、科学の歴史観などが調査され、教育の影響や発達段階などが検討されてきた⁴⁾⁵⁾など。

このように、人々の科学観は教育などの社会的文脈や個人的文脈などによって異なっており、科学観によってはコミュニケーション不全や科学に対する誤解が生じる可能性がある。例えば科学をなんでもかなえてくれる魔法だと思っている人と科学は兵器を作り出す悪の道具だと思

* 桜美林大学リベラルアーツ学群

っている人が AI の未来を語り合おうとしても、そもそも語り合いに意味を見出せなかったり、意見がかみ合わなくなったりする可能性があるだろう。

このようなコミュニケーション不全を防ぐには、コミュニケーションに関わる者の科学観を互いに把握し、修正したり、ギャップを埋めたりしながら対話することが求められる。しかしながら多くの方は自らの科学観に対して無自覚である。このため、科学に関わり科学コミュニケーションをとりうる人々、すなわち専門家・非専門家を含む大部分の市民は、自らの科学観を自覚し（場合によっては変容させ）、相手の科学観との違いを理解する必要があると考えられる。

一般的には、科学観や科学に対する態度を知る方法としてはアンケート調査などの選択式の質問票が利用されることが多い⁶⁾。このような方法は大人数の傾向を把握するにはふさわしいが、個人の文脈に即した個々の科学観は見出すのが難しく、また質問票に回答するだけでは自らの科学観を振り返る機会にもなりにくい。科学観が個人的・社会的文脈に依存するならば、その人の文脈に沿って科学観を表出してもらう方が理解は深まりやすいだろう。

科学観を表出する方法として本稿で注目するのは、絵で表現するという方法である。一般的には、科学観の自覚と表出には文字や言語による方法が考えられる。しかし、思考は言語だけで行われるものではなく視覚的にも行われるといわれている⁷⁾。視覚イメージの能力には大きな個人差がありそれを計測するのも容易ではないが⁸⁾、多くの方が実際に視覚思考をしているといわれている。例えば小学生 750 人を対象にした研究では、約 3 分の 1 が視覚思考タイプで、約 4 分の 1 が言語思考タイプ、残りの半分弱が混合タイプであったという⁹⁾。視覚思考には、鮮やかなイメージを思い浮かべる物体視覚思考と、物体間の空間関係を描き操作する空間視覚思考の 2 種類のタイプがあるといわれており、どちらの思考がより得意なのかも個人差があると考えられている¹⁰⁾。視覚思考が優勢なタイプの人の場合、言葉によるアンケートやインタビューではうまくその科学観を省察や表現ができない可能性がある。さらに、絵はアートとの親和性が高い。絵を描くことは対象を知り、認識し、理性だけでなく感性を通じて発想することにつながる。もちろん、絵が苦手な層や言語思考タイプもいることから文章による表現の機会が必要である。ただ、視覚表現を選択できる機会も提供することで、よりそれぞれの文脈に合う形で科学観を自覚・表出できるのではないかと考えた。

上記を踏まえ、本稿では科学観を絵として可視化することの特徴や意義を明らかにすることを目標とした。具体的には科学観の変容を目指した大学の講義において、受講生に科学観を絵と説明文で表現するか、文章のみで表現するか、自分で選択する課題に取り組んでもらい、その提出物やアンケートから、科学観を絵にすることの可能性について考察する。

II. 分析対象となる講義の概要

本稿では、桜美林大学リベラルアーツ学群で実施している「科学論入門」という座学形式の講義（2 単位）において実施している、科学観を絵にする課題を分析対象とした。「科学論入門」は受講生の科学観の変容を目指す講義であり、この講義前後の科学観の変化を受講生が自覚する手段として、自らの科学観を表出する課題を 2023 年度春学期から導入している。この科目は理

系・文系含むリベラルアーツ学群の学生を中心に、全学群・全学年の学生が履修可能である。

「科学論入門」のテーマは『文系視点で「科学」という営みを考える』であり、シラバス上に記載した目的は、『この授業では「科学」を法則を理解したり計算するという「理系視点」ではなく、「文系視点」で捉えること、例えば科学と生活知や芸術を比べたり、歴史やジェンダーとの関係を見たり、社会への良い・悪い影響を考えたりすることで、「科学」とはどのようなものなのかの理解を深め、新しい関わり方を探っていく』とした。週1回100分の座学講義が全14回あり、グループワークを交えつつ、各回では表1に示す内容の講義を行った。

この講義において、科学観を絵にする課題は2023年春学期、秋学期、2024年春学期、秋学期の4期で実施した。2024年秋学期は本稿執筆時点でまだ終了していないこと、2023年春学期は一部講義条件が異なることから、2023年春学期と2024年秋学期の講義の課題を本稿の分析対象とした。

表1. 「科学論入門」の講義内容

回	テーマ	主な内容
第01回	ガイダンス	講義の概要を説明し、グループワークで受講者の現時点での受講者の科学のイメージの共有
第02回	科学知識と生活知	科学知識と生活知を対比し共通点や相違点を議論
第03回	科学知識を哲学する	帰納法や演繹法、仮説演繹法、反証可能性など科学哲学の基礎の紹介
第04回	科学知識と疑似科学	科学と疑似科学の違いを具体例をもとに議論
第05回	科学イラストとは	科学知識の表象としての科学イラストの紹介
第06回	科学を図解する	インフォグラフィックスの歴史・手法と、周期表の表現の変遷の紹介
第07回	科学を営む人々とは	現代の研究者の社会学・統計的な特徴の紹介
第08回	科学のルーツと近代科学の確立	ギリシア時代から科学革命（17世紀頃）までの科学技術史
第09回	科学と戦争、そして現代へ	18世紀頃から第一次・二次世界大戦、戦後の科学批判にかけての科学技術史
第10回	ジェンダー問題と科学	科学知識におけるジェンダー問題と理系進路選択におけるジェンダー問題の紹介
第11回	社会と科学の間にある様々な問題	科学が社会にもたらす多様な影響を再生医療における倫理問題などを例に紹介

第12回	市民は科学技術とどう関わって いくのか	現代日本の科学政策と さまざまな科学コミュニケーションの紹介
第13回	科学コミュニケーションを体験 する	大学教員をゲストとして呼び、 研究者としての人生を司会とのトーク形式で語る
第14回	まとめと振り返り	全体の学びのふりかえり

Ⅲ. 分析対象となる課題の概要

「科学論入門」講義においては、課題 A と課題 B の 2 回の課題を出題している。いずれも科学観を表現することを指定する課題で、本稿の分析対象である。課題 A は受講前の科学のイメージを絵で描きその内容を説明文で説明するというもので、課題 B は受講後の科学のイメージを課題 A と同様に絵と説明文で表現するか、または文章のみで表現するかを選択するという内容である。課題の具体的な指示は以下のとおりである。

1. 課題 A : 受講前の科学のイメージを絵にしてください。

科学論入門受講前の科学（あるいは科学者）の自分にとってのイメージを絵で表現し、そのようなイメージを持った理由や、そのような表現にした理由を説明文で説明してください。提出は Microsoft PowerPoint 形式とし、タイトル、A4 横サイズの絵、絵を説明する説明文(200～500 文字程度)を提出すること。

2. 課題 B : 受講後の科学のイメージを次のうち 1 つの方法で表現してください。

選択肢①絵課題

科学論入門受講後の科学（あるいは科学者）の自分にとってのイメージを絵で表現し、受講前からどう変化したのかを説明文で説明してください。イメージに大きな変化がない場合でも、より詳しく理解したことや考えが強化されたことについて説明してください。提出は Microsoft PowerPoint 形式とし、タイトル、A4 横サイズの絵、絵を説明する説明文(300～600 文字程度)を提出すること。

選択肢②文章課題

科学論入門受講後の科学（あるいは科学者）に対する理解やイメージが受講前から変化したと思うところを 1～2 点とりあげ、何がどう理由で変化したのか、議論してください。また、自分自身が今後どのように科学と関わっていきたいと思うか検討してください。提出は Microsoft Word 形式とし、タイトル、指定の内容の文章(1000～2000 文字)を提出すること。

なお、絵課題において「絵」と「説明文」の両方の提出を求めたのと、課題 B で絵課題と文章課題を選択式にしたのは、絵を描くことに強い苦手意識を持つ層がいることに配慮したためである。課題 A では一度は絵課題を体験してもらおうという主旨で全員絵課題としたものの、絵か説明文かの片方だけでも良くかけていれば高く評価するという方針をとった。課題 B は、課題 A

よりも成績上の配点が高いため選択式にした。

また絵課題において絵と説明文の両方の提出を求めた別の理由は、抽象度が高い絵の場合に評価者である筆者が内容を理解できない可能性があったためである。絵は自由に発想して描いてもらいつつも、説明文でできる範囲で補足してもらうこととした。

制作方法は A4 用紙に鉛筆またはペンで手描きすることと指定し、希望者については色鉛筆や水彩、PC アプリケーション、写真などほかの手段をとってもよいこととした。また文章のみは不可、他人や AI が作った画像や素材は使用不可とした（図形や矢印は可）。また、絵の得手不得手は評価に影響せず、棒人間や図形のみでも満点を取りうると説明した。

この課題について、履修登録者の 85%以上が両方の課題を提出した。本稿での分析対象はこの両方提出者とした。履修登録者と提出者を表 2 に示す。また、課題 A は第 05 回、課題 B は第 14 回の講義内で、絵課題・文章課題含め筆者が優れていると評価した 5～6 名分の作品を紹介した。また、全受講生に自分の課題の評価点も確認できるようにした。

表 2. 履修登録者数と課題 A と B 両方の提出者数

	23 年秋	24 年春	合計
履修登録者数	141 名	206 名	347 名
課題 A と B 両方の提出者	120 名	186 名	306 名

IV. 分析ごとの結果と考察

前述の課題について、次の 4 つの方法でその意味や内容の分析を行った。分析 1 では絵ならではの表現の特徴を分析した。分析 2 では、科学観の変化が絵で捉えられているのかを検証するため、課題 A と B の内容面の変化を分析した。分析 3 では課題 B の絵課題と文章課題の比較を行った。分析 4 では絵課題に取り組んだ当事者の印象をアンケートの結果から分析した。これらの分析を通じて、科学観を絵で表現することの意味や意義を考察したい。

分析 1. 科学観は絵としてどのように表現されるのか

絵課題では受講者は科学観をどのように表現しているのだろうか。文章課題にはない表現の特徴はあるのだろうか。科学における絵や図の表現としての分析には、いくつかの先行研究がある。例えば、一般向けの科学記事で描かれる絵について、抽象度の違いから「見るもの what we see」と「知っているもの what we know」で分析する場合¹¹⁾や、社会生物学の教科書の図の詳細(detail)の程度を軸に図を写真、挿絵、地図、グラフ・モデル・表、模式図という 5 種類に分類する研究¹²⁾、描く対象が物質・物理的か、精神・概念的かという視点で分類する例などがある¹³⁾。しかし、本稿の分析対象は、科学情報の視覚化ではなく科学観の視覚化である。説明的なものもあれば芸術的なものもあり、多様性が高い。このため、表現の動向を先行文献の分析視点から分析するのは難しかった。しかしながら、筆者は絵を詳しく見ていくなかで、よく使われる表現の

型があることを見出した。この型を整理するため、提出された絵課題を2種類の視覚思考である物体視覚思考と空間視覚思考と親和性の高い表現に分けたうえで、物体視覚思考による表現のなかからさらに典型的なタイプを整理し、分類・集計したのが表3である。以下に筆者が特に印象的と感じた作品の具体例を挙げながら、その型を紹介したい。

表3. 科学観の視覚的表現の種類

カテゴリ	表現型	課題A		課題B	
物体視覚思考の表現	科学と関わっている自分の絵	70	22.9%	43	17.1%
	テーマに関連して思い浮かんだ要素の組み合わせ	84	27.5%	60	23.9%
	比喩されたモノやコトの絵	29	9.5%	44	17.5%
	象徴的なシーンの絵(上記以外)	118	38.6%	101	40.2%
空間視覚思考・抽象表現	科学のイメージの抽象表現	5	1.6%	3	1.2%
合計(絵課題提出者)		306		251	

① 科学と関わっている自分の絵

物体視覚思考タイプの作品ではなんらかのシーンを表現する。そのなかで、科学に関わっている自分の姿を描くパターンがひとつの表現型としてみられた。例として、図1の「こうそく」という作品では、計算に苦手意識をもつ受講者が、全員が同じ答えにたどり着くという自由のなさ、窮屈さを重石によって拘束される様子として象徴的に表現されている。



図1. 作品名「こうそく」(24年春学期課題Aより本人に許可を得て掲載)

図1に対する説明文

私が考える科学に対してのイメージを1言で表すと、「縛り」である。
 力、密度、濃度、湿度、距離、電気、仕事、速さ...科学では何を求めるにも計算が必要である。計算は私にとって「縛り」なのである。
 私は小学生の頃から計算に苦手意識をもっていた。人の捉え方によって答えが変わる・人の

数だけ答えがある国語とは違い、計算は絶対に全員が同じ答えにたどり着く。縛られることが大嫌いな私には、計算という何か1つに縛られる自由の無さが窮屈でしかなかった。この絵は、縛られることが大嫌いな私が科学という足枷と手錠で実際に縛られている様子を表したものである。工夫した点は、足枷と手錠のそれぞれに繋げた重しだ。重しを真っ黒にすることで、私にとっての科学がどれほど重いものなのかを表している。さらに、重しを頭より大きくすることで、私の頭の中には科学など入りきらないという意味も込めている。私にとって科学は、学校の校則と同じである。学校では、校則に縛られてしまう。科学も計算に拘束されてしまう。「こうそく」を無くすまたは減らせば、私だけでなく多くの人が、より快適に生活できるのではないかと日頃から感じている。

このタイプではほかに「自分」のまわりに科学のアイコンを散らしたり、吹き出しをつけて思考や疑問を表現したり、過去の思い出のシーンや理科に苦しんでいる様子などが描かれる場合があった。「科学」自体のイメージではなく科学に対する「自分」の姿勢や感情などを表現している絵も多い。科学観の調査においても科学に対する姿勢や感情を尋ねる例はあるため⁴⁾など、これも科学観の一部として捉えた。科学とは何かを直接表現することに難しさを感じる場合でも、自分の気持ちならば省察の第一歩として取り組みやすい可能性がある。

なお、このタイプでは表3にあげた他の表現を併用する作品も多かったが、自分を描いている場合にはこのグループに優先的かつ重複させずに分類した。

② テーマに関連して思い描いた要素の組み合わせ

このタイプではテーマに関連して思い浮かんだ要素をアイコン的な絵として描き出す。ひとつひとつの要素はあくまで絵単語として機能し、絵の部分文字の単語や同じ意味の別の絵単語に置き換え可能である。要素表現自体にメッセージ性があるわけではないため、ピクトグラムや棒人間などの素材などを使いやすい。そして、全体の構図としては、絵を並列するか、図解として矢印や吹き出し等をつなぐ例が多い。

例えば図2の「減っていく水と増えていく知識」という作品がある。絵のなかのひとつひとつの要素は小さくてシンプルなアイコン的な表現である一方で、非常に多くの要素を紙面全体にカラフルに描き、ビーカーからでた水蒸気にのせる表現により自分の記憶の情景と要素をリンクさせ、ひとつの作品として仕上げている。



図2. 作品名「減っていく水と増えていく知識」(24年秋学期課題Aより本人に許可を得て掲載)

図2に対する説明文

私は科学が好きである。高校でも物理学を専攻し、小中高ともに科学を学び続けた。そんな私の一番の思い出が小学四年生で行った「姿を変える水」という単元の水蒸気の実験である。私は塾などに通っておらず何も知らずに授業が進んでいった。水が減った実験結果を元に水の温まり方について考察したところ、皆はビーカーの図を書いてその中に矢印を書いていた。温められた水は上に行くというのを矢印で表したのであろう。だが私は不思議でたまらなかった。皆にはビーカーの中に矢印が見えているのだと思った。とても悔しかった。放課後先生をお願いして理科室で1人で実験を行った。何度も何度も同じ実験を行い結局矢印が見えずに終わった。私は理科に絶望した。これから学ぶことすべてがそうなのだと。しかしその後分からないを突き詰めて行き理解することで理科の楽しさを知った。そんな絶望と今まで学んできた思いつく限りの科学を水蒸気に乗せて私の科学を表現した。アインシュタインなどいたるところにたくさんのもを書いた。楽しんでもらえたら嬉しい。

この作品は水蒸気にリンクさせることで絵としてまとめているが、ほかの受講者の作品では要素を単純に並列したのみの作品が多い。その場合は作品全体のメッセージ性やまとまりが低い傾向がある。科学に明確なイメージや感情がない場合でも表現しやすい可能性がある。

③ 比喩されたモノやコトの絵

なんらかのシーンを表現する作品の中には、比喩を絵にする場合もあった。科学そのものではなく、例えられたモノや行為などを表現するタイプである。例えば図3の「科学は科学。ただそれだけ」という作品では、科学を食事に喩え、皿の上の黒くかすんだ料理が描かれている。講義を受講する前のイメージとして、科学とは何かピンとこない状態を、多様なジャンルがありながらも何も考えずに食べるという状態に比喩している。

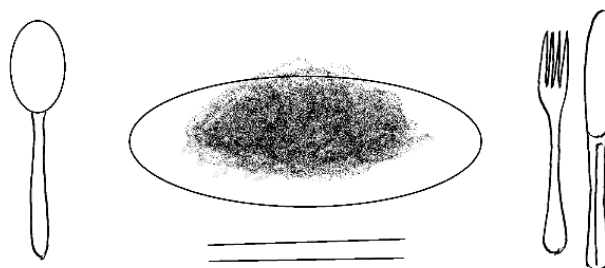


図3. 作品名「科学は科学。ただそれだけ」(24年春学期課題Aより本人に許可を得て掲載)

図3に対する説明文

私にとって科学とは学校で学ぶだけの学問であり、それ自身については考える必要がないものであった。この課題が提示されてから私の科学について様々なことを考えていた。

科学とは何か。化学、生物、物理、実験…。

様々なとらえ方が頭の中に浮かんだが、今一つピンとこない。

そう考えているうちにこの状態こそが私の考えていた科学なのではないかと思うようになった。ではそれはなぜなのか、私は科学というものの自体について考えたことがなかったからだと考えた。

私はこれを食事として表すことにした。食事という概念について改めて考えることはないに等しいだろう。また、食事には和食や洋食などの様々なジャンルがあり、これを科学が内包しているであろう多様性と結びつけた。

先に上げた考えから「皿に乗っている靄」として科学を表現した。何が靄の中に隠れているのだろうか。どう食べればよいのか。考えなくてもよい。皿の上には靄がある。ただそれだけ。

これこそが私の考えていた科学である。

比喩のタイプにはほかには、料理という行為に喩える例や、お化けや水にたとえる作品などがあつた。比喩により感情や感覚の具体的なイメージが可能になり、表現しやすくなると考えられる。

④ 象徴的な場面の絵

視覚思考の2種のうち空間視覚思考では、なんらかのシーンを映像・写真・絵などで視覚的に思考する。科学観の絵課題においても象徴的なシーンを描いている例は多くみられた。本稿では前出の①～③以外のシーンの絵を、「象徴的な場面の絵」に分類した。

例えば図4に示した「目隠しを取り外して」という作品では、科学の社会的問題にフォーカス

を当てつつ、理解することを放棄し恩恵だけ享受しようとする人々を、目隠しをして舌を出す人間の印象的なシーンとして描いている。

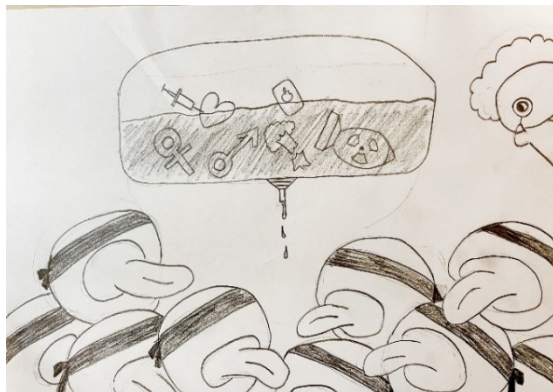


図 4. 作品名「目隠しを取り外して」(24 年春学期課題 B より本人に許可を得て掲載)

図 4 に対する説明文

科学論入門の授業を受講する前の“科学とは扱い方によって良い影響も悪い影響ももたらすことができる”という考えは、14回の授業を通して変わることがなかった。

しかし科学というのは、私が知らない側面で多くの問題を孕んでいることがより明瞭に認識することができた。男性の研究者と女性の研究者の間にあるジェンダー問題。特に日本の歴史と深い関係にある、科学の戦争への利用。科学を発展させることで併発されてしまう環境破壊。挙げだしたらきりが無い。私達は目隠しをしてこれらの問題を理解することを放棄し、ただ科学がもたらす恩恵（例えばスマートフォンなどの精密機器の普及や医療の発展など）にだけ注目して「科学は素晴らしいものだ。」と認識してしまっているのではないか。科学技術を取り扱う科学者、研究者だけが問題を認識するのではなく(図右側上部にいる目隠しをしていないのが科学者である)、科学技術の恩恵を享受している私達もこの目隠しを取り外して問題を認識する必要がある。

ジェンダー問題、戦争、環境問題など、規模が膨大なものが多いが故に、自分の意識を改めたところでこれらの問題が解決に至るのかと疑問視する声も確かにあるだろう。私は問題の解決には科学者、研究者とそれ以外の一般人という区切りは存在しないと考えている。科学技術の恩恵を享受しているからこそ得られる価値観や考えを、その人自身の意識改革に役立てることが必要ではないだろうか。社会の認識を変えるには社会を形成している私たち一人ひとりの認識を変えることが最低条件である。この14回の授業を機に、私は目隠しを外して科学の良い側面だけでなく、科学が孕んでいる多くの問題にフォーカスして意識を改めようと強く考えている。

ほかの例としては、科学の二面性を対比させたり、ひとつの地球としてつながりを示したり、

理科の授業のシーンや議論しているシーンなど、多様なシーンがみられた。

⑤ 感情や情報の抽象的表現

視覚思考の物体視覚思考がシーンの的であるのに対し、空間視覚思考ではパターンや抽象概念などを思考する。分析対象となった絵課題でも、高度に抽象化して表現する例があった。図5の「世界を区切る」という作品では、一本の線のみを描いている。そして説明文では、科学は世界を区切る線であると述べ、川の石の種類をあげ、分類して意味を与えていく過程を解説している。この作品は絵と説明文が合わさることで印象が強く残る作品となっている。

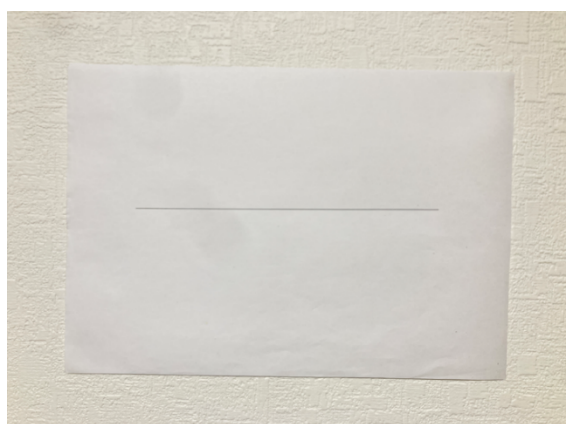


図5. 作品名：世界を区切る（23年秋学期課題Aより本人に許可を得て掲載）

図5に対する説明文

「科学」とは世界を区切る線のようなものだ。原始時代を考えてみる。目の前にあるのはまっさらな世界だ。文字も言葉も概念もないから存在するのは、自分とその目に映る世界だけだ。つまり「自分」か「自分以外」かの2つに分けられる。歩いていると石が足にぶつかった。認識したことで「自分以外」の中で「石」というものができた。拾ってみるとゴツゴツしていて尖っている。そこでもう少し観察してみる。ザラザラしていて色は黒っぽい。そこで昨日川に行ったときのことを思い出した。あそこにあった石は尖っていなかったはず。川の方に行ってみる。石を拾い上げてみるとやはりさっき拾ったものとは違った。まず丸い。踏んでも痛くない。それに手触りもザラザラではなくさらさらしている。色も黒よりももっと薄くてグレーだ。この比較によって、「石」の中に「ザラザラしていて尖っているもの」と「さらさらしていて丸いもの」という種類が生まれた。これこそが「科学」だと思う。この過程を地道に積み重ねていったからこそ、私たち人類は今日の便利な世の中まで発展したのだ。

ほかの作品では科学を模様で表現する場合や抽象画のように表現する場合があった。

⑥ 絵をつなげてストーリーを構成する

前述の 5 つの分類とは別のかたちで文章課題にはみられない手法で表現する方法として、課題 A と B の 2 つの絵でひとつのストーリーを構成する例もいくつか見られた。その一例として図 6 と図 7 の 2 つの 4 コマ漫画を示したい。課題 A の受講前のイメージでは、「逃げろ！数式だ！！！」として科学への苦手意識をストーリーで表現している。そして課題 B の受講後は「意外と科学もイケるかも…？」として課題 A の続きとして 4 コマ漫画を展開し、自分にとって入りやすい話題（科学史など）を入り口にすれ科学に関われるという心境の変化を表現している。



図 6. 作品名「逃げろ！数式だ！！！」

図 7. 作品名「意外と科学もイケるかも…？」

(24 年春学期課題 A より本人に許可を得て掲載)

(24 年春学期課題 B より本人に許可を得て掲載)

図 6 に対する説明文

小さい頃から理科、特に天文学分野には興味がありました。星雲も恒星も惑星も含め、宇宙はどの部分を切り取った画像も美しく、輝いて見えたからです。壮大な宇宙の景色を見れば、人類のちっぽけさを体感し、その時の悩みや辛さを圧倒的なスケールで吹き飛ばすことができるからです。宇宙について勉強してみようと思う日も、それ程遅くはありませんでした。事象や物体の説明として、文章や図を読んでいる内は幸せでした。しかし、そこから一歩踏み込んでみると、そこには自分には到底理解することのできないであろう数式たちが跋扈しているのです。自分にはこのような分野を究めることは無理であると悟りました。

一時は興味を持ったものの数式の難しさを悟り、科学に対する認識が「好きだけど苦手」になったことを表す為に、時系列、状況、心情の変化の描写をしやすい 4 コマ漫画の形式をとって描きました。

図7に対する説明文

科学論入門の講義を通して、科学に触れるという行為には、理論の理解だけではなく、社会問題やそれに及ぼす影響、現在の理論や技術に繋がる歴史、科学に関わる人々に関する事柄や、科学技術が使用された製品について知るなど、様々なアプローチの方法があるのだと思います。科学の知識はそれに携わる人々だけでなく、その恩恵を受ける我々一般人もリテラシーとして身に付ける必要があり、計算式等を含む理論的なものを理解することが苦手でも、前述の様々な観点から理解の糸口を見付けて、科学について考える一員となることが出来るのだと思います。

科学論入門を受ける以前の私からの変化を表現する為に、以前の課題で描いた四コマイラストからの続きとしてこちらのイラストを描きました。大きくて難しい題材に態々挑まずとも、素人にも取っつきやすい話題を入り口にして、科学と関わる事が出来るのだということ、小さい科学の話題達で表現してみました。

もう一例として図8と図9の作品も紹介したい。課題Aの受講前の「私にとっての科学」という作品では、「科学」とはあり続ける未知を探求する手段であるとしたうえで、世界が未知であり未知な領域が常にあり続けることを歪んだ地球のパズルで表現されている。そして課題B受講後の「「未知」と向き合う」という作品では、課題Aで描かれなかったピースを描き、科学の未知を講義で認識したことを表現している。課題Bは課題Aとセットで理解できるものであり、対になっている作品ともいえる。



図8. 作品名「私にとっての科学」

(24年春学期課題Aより本人に許可を得て掲載)

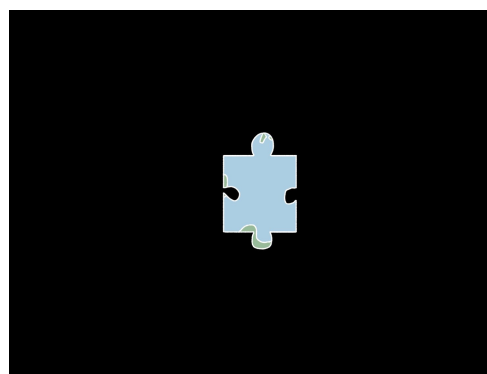


図9. 作品名「「未知」と向き合う」

(24年春学期課題Bより本人に許可を得て掲載)

図8に対する説明文

世界は、未知なことで溢れている。深海は95%が未解明といわれているし、宇宙なんて無限大過ぎてよくわからない。

私にとって「科学」とは、その未知を「分解し、理解するための一つ的手段」であると思う。「科学」によって、新たな発見や知識を得ることで、私たちはより深く世界を知ることが出来る。それでも、世界には常に未知な領域がある。未知は探求の源であり、それをとことん探求することこそが、「科学」の魅力であると感じる。

このイメージを「一つピースの欠けたパズル」に表現してみた。パズルは、一つのピースの色や形に合わせて、正しい位置にはめ込んで全体像を完成させる必要がある。それは科学も同様であり、実験を通じてデータを集め、それらを組み合わせて全体像を完成させていく。歪んでいる地球は「世界が未知であること」、一つ欠けたピースは「未知な領域は、常にあり続けること」を比喻している。

このように、私にとって「科学」とは、あり続ける未知を探求する手段であると考えている。

図9に対する説明文

世界が「未知」で溢れているように、科学もまた「未知」である。

わたしは、以前は科学を「未知を分解し、理解するための一つ的手段」と考えていたが、今では「科学そのものが『未知』」となってしまった。

講義で学んだ「トランスサイエンス」という概念を通じて、「科学」が必ずしも正しいわけではなく、すべてを解決できるわけではないことを知り、「科学の限界」を認識した。つまり、科学もまた「未知」であり、その限界を知ることで、科学の全貌をより深く理解できると感じた。

これを踏まえ、科学とどう向き合うのか。わたしは、科学の「未知」を認識し、その上で科学をどう活用するかを考えることが大切だと感じている。

このイメージを「ひとかけらのピース」に比喻した。以前のイラストで、欠けていた一つピースである。科学論入門を受講することで、このひとかけらのピースが見つかり、自分なりの「科学」との向き合い方を見つけることが出来た。

このタイプの作品は1つ目の作品が2つ目の作品のヒントになっており、モチーフや状況設定などを共通させながらストーリーを展開することで、接続させている。2つ並べることによりメッセージ性が強くなるのも特徴で、文章課題ではこのような「セットで意味のある作品」はみられなかった。

以上、分析1を踏まえると、科学観は文章にはない表現スタイルで実際に絵として表現されており、具体的なシーンとしても抽象的な図としても表現できることが明らかになった。言葉による補足をしているという意味では、完全に言語思考から独立した視覚的イメージとはいえないものの、絵の補足としての説明文では絵が描かれた背景や文脈が語られることが多く、その人の科学観がより具体的に理解しやすい。また、課題AとBで1つのストーリーを構成する例から見ても、絵はストーリーを伴いやすい可能性がある。言葉のみの文章課題でも文脈が語られることはあるものの、分析3で後述する通り絵の方がポイントが絞られる

傾向があり、絵と説明文がセットだからこそその表現があると考えられる。

分析 2. 科学観の変化は絵で捉えられるのか

次に、講義を聞く前のイメージ（課題 A）と聞いたあとのイメージ（課題 B）で、科学観の変化が絵に捉えられているのかを分析した。課題 A と B で内容面の変化がないならば、科学観を表現できていないか、講義に教育効果がないかのいずれかであり、講義に関連した変化が確認できる場合は受講者の科学観が絵によって表現できている可能性が高いと考えた。

分析の方法は次の通りである。まず、絵から読み取れる主要な主張を受講者の作品ごとに最大 3 つまでコードとして書き出した。最大 3 つまでとしたのは、絵が複雑でかなり多くの細かい意味を細部の表現に持たせようとしている作品が一定数あり、すべてを書き出すと絵としての主要な主張が埋もれてしまうことと、作品によっては主要な主張を同程度の重みづけで 2～3 つ並列しているものがあり、1 つに絞るのが難しかったためである。

次に、書き出した絵の主張のコードをカテゴリにグループ化し、それぞれのカテゴリの数を課題 A、課題 B の絵課題と文章課題ごとに集計した。この際、似たカテゴリを上位カテゴリに整理して全体の動向を掴みやすくした。

整理した結果を表 4 に示す。課題 A の絵課題の提出者については、各カテゴリに該当した者の数の合計と、全提出者 306 名に対する該当者の割合を示した。課題 B においては、絵課題（251 名 82.0%）と文章課題（55 名 18.0%）の提出者に分け、各カテゴリに該当した者の数の合計と、絵課題・文章課題それぞれの全提出者数に対する該当者の割合を示した。

なお、絵課題では、説明文では記載があっても絵には表現されていないようみえる主張や、絵と説明文の対応が不明確な場合もあった。この場合は、あくまで絵で何が表現されたかに注目し主張を書き出した。また、文字でコードを書き出した時点で絵に表現された多様なニュアンスが失われていることには注意したい。この分析はあくまで変化の動向を大まかにとらえるための分析であり、絵の内容そのものの分析ではない。

大きな動向として、課題 A では該当者が多いにも関わらず課題 B で大幅に減少した項目として、「科学に対してマイナスの感情をもつ」が課題 A 絵課題 33.3%、課題 B 絵課題・文章課題ともに 3%未満、「科学は理科である」は課題 A 絵課題 37.9%、課題 B 絵課題・文章課題ともに 0.4%以下、「科学のイメージは特定のトピックのイメージ」（科学を扱った漫画やドラマの絵、宇宙など特定の狭いトピックと科学を同一視して表現する作品）は課題 A 絵課題 15%、課題 B 絵課題・文章課題ともに 2%以下であった。

逆に課題 B の絵課題・文章課題ともに大幅に増えた項目としては、「科学は社会に良い影響と悪い影響をもたらす」が課題 A 絵課題 9.2%、課題 B 絵課題 18.3%、文章課題 29.1%、「私たち／社会は科学と深く関わっている」が課題 A 絵課題 10.1%、課題 B 絵課題・文章課題ともに 40%前後、「私たち／市民と科学は深く関わる必要がある」は課題 A 絵課題 0%、課題 B 絵課題 9.2%、文章課題 21.8%、「科学は理系視点だけでなく多面的に検討することができる」（ジェンダーや表現、疑似科学、社会的影響などを含む）が課題 A 絵課題 0%、課題 B 絵課

題 13.1%、文章課題 30.9%であった。全体として、課題 B はイメージが多様化する傾向があった。

表 4. 概要の分析結果

上位カテゴリ	下位カテゴリ	課題A		課題B			
		絵課題		絵課題		文章課題	
		該当者数	絵課題内の割合	該当者数	絵課題内の割合	該当者数	文章課題内の割合
科学への感情	科学に対してプラスの感情をもつ	19	6.2%	27	10.8%	3	5.5%
	科学に対してマイナスの感情をもつ	102	33.3%	6	2.4%	1	1.8%
	科学に対する感情【その他】	18	5.9%	9	3.6%	3	5.5%
科学とは何か	科学とは理科である	116	37.9%	1	0.4%	0	0.0%
	科学とは何かに関するもの【「理科」以外】	39	12.7%	23	9.2%	1	1.8%
	科学のイメージは特定のトピックのイメージ	46	15.0%	5	2.0%	1	1.8%
科学者・研究者	科学者のイメージがステレオタイプの表現	15	4.9%	1	0.4%	0	0.0%
	研究者のイメージ【その他】	3	1.0%	16	6.4%	9	16.4%
科学の方法	科学は実験を行うものである	15	4.9%	1	0.4%	0	0.0%
	科学には特定の手続きや方法がある【実験以外】	1	0.3%	3	1.2%	4	7.3%
科学の社会への影響	科学は社会に良い影響を与える【良い面を強調】	16	5.2%	10	4.0%	4	7.3%
	科学は社会に悪い影響を与える【悪い面を強調】	17	5.6%	11	4.4%	2	3.6%
	科学は社会に良い影響と悪い影響をもたらす	28	9.2%	46	18.3%	16	29.1%
	科学は人間次第で善にも悪にもなる	1	0.3%	8	3.2%	4	7.3%
私たち／社会と科学の関係	私たち／社会は科学と深く関わっている	31	10.1%	98	39.0%	23	41.8%
	私たち／市民と科学は深く関わる必要がある	0	0.0%	23	9.2%	12	21.8%
科学の変化・歴史・未来	科学は不変ではなく変化する	0	0.0%	3	1.2%	5	9.1%
	科学は発展や拡大をしている	9	2.9%	5	2.0%	1	1.8%
	科学は未来に関わる	2	0.7%	9	3.6%	0	0.0%
	科学の可能性は無尽大である	3	1.0%	10	4.0%	0	0.0%
科学の多面性・多様性	科学は理系視点だけでなく多面的に検討することができる	0	0.0%	33	13.1%	17	30.9%
	科学には多くの人・分野が関わっている	2	0.7%	19	7.6%	1	1.8%
その他	その他	32	10.5%	44	17.5%	17	30.9%
提出者数合計		306		251 (82.0%)		55 (18.0%)	

これらの変化は明確に講義の学びと結びついている。講義では科学を多面的に検討するとして、科学哲学・科学史・科学社会学・科学技術社会論のアプローチをとりあげ、講義回ごとに疑似科学や表象、通史、ジェンダー、科学者とはなにか、科学の社会的影響、トランスサイエンス、科学コミュニケーションなど多様なトピックを扱った。講義の最終的なメッセージとして、科学はさまざまなかたちで私たちと深く関わっており、科学を多面的視点から見つけることで私たちも科学に能動的に関わっていけるということを話している。分析結果を見る限り、課題 A の講義前のイメージでは科学は小中高で学習した正解のある「理科」という認識が強く、苦手意識を表明するか思いついたトピックに偏っていたものが、講義後は科学のイメージや解釈が多様化し、なかでも私たちと深く関わっているという認識を持つようになっている。課題が彼らの頭の中の「科学観」を正確に表現しているかは明らかではないものの、少なくとも講義の学びに対応した表現の変化は現れており、科学に対する認識の変化は絵課題からも文章課題からも捉えることが可能であると考えられる。

分析 3. 絵と文章ではどのような表現内容の違いが生じるのか

では、課題 B の絵課題と文章課題ではどのような違いがあるだろうか。表 4 からは明瞭な違いは読み取りにくい、いくつかの項目で違いはある。

例えば「科学は社会に良い影響と悪い影響をもたらす」については絵課題 18.3%、文章課題 29.1%で文書の方が多い。絵課題を説明する説明文ではここに示した数よりも多くの受講生が良い影響と悪い影響があることに触れていることが多かったが、絵のなかでは良い面や悪い面のみを描く例が多くみられた。両面性があることを踏まえつつ、より強い印象を受けた方のみを絵にする例が多かったと考えられる。同様に「科学は理系視点だけでなく多面的に検討することができる」についても、絵課題 13.1%、文章課題 30.9%で文章課題の方が多い。絵では哲学的視点、ジェンダーやイラスト、社会的影響など複数の見方を組み合わせて議論している場合に該当すると判断した。説明文では段落に分けて並列的に議論する一方で、イラストでは特に強い印象を部分やシーンのみを絵にすることも多かった。

また、「研究者のイメージ【その他】」は絵課題 6.4%、文章課題 16.4%である。科学者の絵を描いているパターンでは、課題 A において白衣の高齢男性がフラスコを持っている様子というステレオタイプ的な絵を描くことが多かった。それに対して課題 B では「科学者も実は普通の人間である」「誰でも科学者になれる」といった意見が絵課題の説明文や文章課題の両方で文章としては表現されていた。ステレオタイプ的な科学者と比べて絵としては表現しにくいいため、描かれなかった可能性がある。「私たち／市民と科学は深く関わる必要がある」については、絵課題 9.2%、文章課題 21.8%であった。これについても、絵を説明する説明文内では「必要がある」と述べる受講生が多い一方で、「必要がある」ことを絵として表現した例は相対的に少なかった。そもそも「必要性がある」ということは絵で表現するのは難しい。本稿の分析では、典型的には科学の良い面と悪い面の絵を並べ、その中間にどちらかを選択しようとする人間の絵が描いていた場合など、能動的な表現があった場合には「必要がある」というメッセージがあると読み取ったが、それ以外の方法では、「必要性」を絵として表現するのは難しいと考えられる。

これらを踏まえると、絵課題では、特に印象に残ったシーンや情報に絞って絵にする傾向があること、「必要性」など絵として表現しにくい内容は、説明文で述べることはあっても絵には反映されない傾向があると考えられる。

分析 4. 絵で描くことに対する当事者の印象：アンケートの結果

最終講義の際にはアンケートも実施した。このアンケートでは絵課題に関する質問と講義全体に関する質問を行っている。ここでは絵課題に関わる回答に絞って紹介したい。なお、成績に影響しない回答任意のアンケートとしたため、全員による回答ではない。23 年度秋学期の回答者は 31 名（履修登録者 141 名に対して回答率 22.0%）、24 年度春学期の回答者は 75 名（履修登録者 206 名に対して回答率 36.4%）である。

まず、「レポート課題は難しいと感じましたか」という問いに対する課題A・Bの回答の動向を図10に示した。いずれも「ちょうどよい」が大多数で、課題A・Bともに一定数の「難しい」や「簡単」の選択者がいた。絵課題しか選べない課題Aと絵課題と文章課題を選べる課題Bで大きな違いはないことから、「絵」だから難しい、簡単といった印象が生じているようには見えなかった。

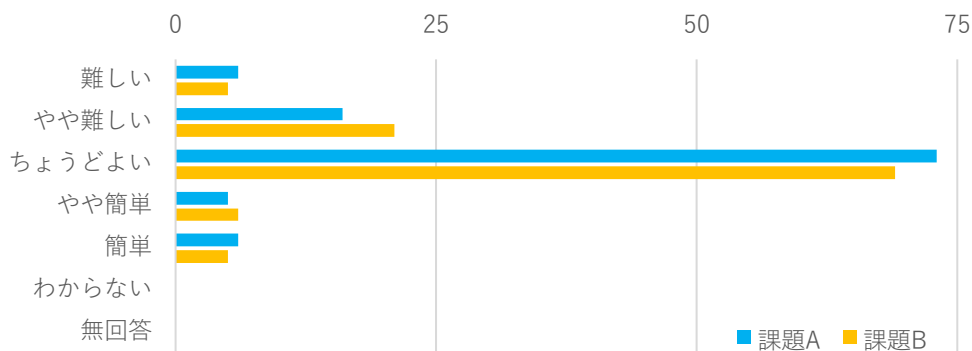


図10. 課題Aと課題Bの難易度の印象

また、絵課題と文章課題を比較するため「絵課題（絵と説明文）と文章課題（文章のみ）を比較して、どの点でどちらの方が優れていると思うか教えてください」という質問を行った。課題Bで絵課題を選択した受講者はこの講義については絵課題しか経験していないものの、一般的な大学の講義レポートのほとんどが文章であることを踏まえ、絵と文章の違いを比較してもらった。この質問は24年春学期のみ実施した。集計の結果を図11に示す。

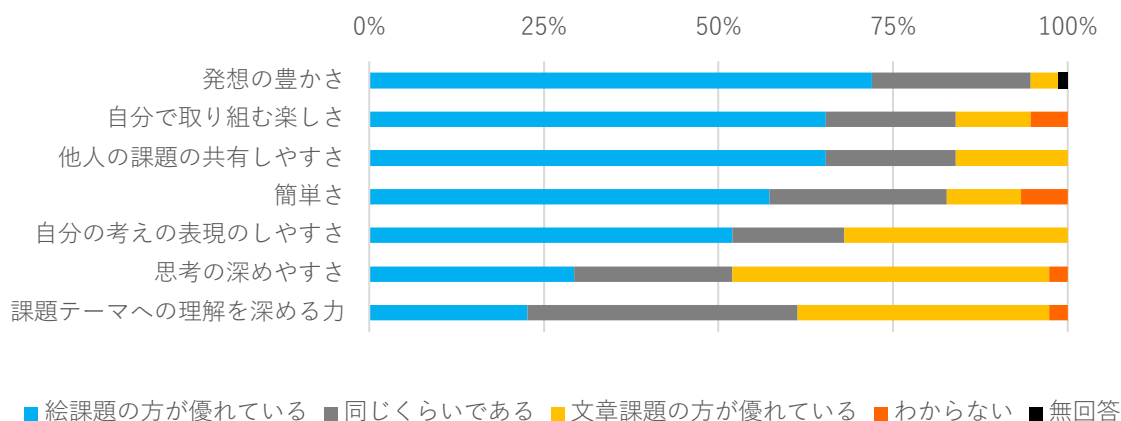


図11. 絵課題と文章課題の違いの比較

結果を見ると、特に発想の豊かさと楽しさ、他人の課題を効果的に共有できる、簡単さ、自分の考えの表現のしやすさで、絵課題の方が評価は高かった。一方で、思考の深めやすさ

や理解を深める力は文章課題の方が評価は高かった。この結果から、科学観を表出する敷居を下げ、発想を広げるには絵が有用で他者との共有もしやすい一方で、深い思考をする場合は言語思考を利用する方が適切である可能性がある。

また、自由記述についても分析を行った。「特になし」と無回答以外の回答者数は23年秋学期で9名、24年春学期で18名であった。回答を趣旨ごとに分割してコード化し、集計したのが表5である。この結果を見る限り全体としてはポジティブな意見が多い。ほかにはない取り組みで楽しい、面白いという意見や、文章にはできない自分の表現ができるといった意見がみられた。大学の課題や日常生活で絵を描くことが求められる機会が少ないため、絵課題に対して珍しく感じ、それが自由さや楽しさにつながりやすいと考えられる。

ネガティブな意見は少数ではあったものの、絵を描くこと、見せることに対する抵抗感が書かれた。選択式にするなどの絵が苦手な人への配慮に対しては賛成する声があった一方で、絵の上手さが評価に影響しているのではないかという懸念も出された。

表5. 自由記述の回答の概要

グループ	コード	回答者数
ポジティブな意見	他にはない取り組みである	5
	楽しい	5
	面白い	3
	自分の表現ができる	3
	取り組みやすい	2
	文章で表現できないものが表現できる	2
	他者と直感的に共有できる	1
	自己内対話が深まる	1
	良い	1
	考えさせられる	1
	絵を描く課題に需要があると思う	1
ネガティブな意見	絵を描くのは難しい	1
	人に絵を見せたくなかった	1
苦手な人への配慮について	課題Bで文章課題と絵課題を選択できるのが良い	1
	文章と説明文がセットなのが良い	2
	絵の下手さではない点で評価するのが良かった	2
	絵の上手さが評価に影響しているのではないか	2
	評価が厳しいと感じた	1
その他	課題Aを出す前に描くワークを入れるとハードルが下がる	1
	もっと時間をかけてこだわって仕上げたかった	1

V. まとめ

分析結果をまとめると、分析1から科学観は言葉にはない表現で絵として表現されていた。物体視覚思考と親和性の高い絵が多く、科学に関わる自分の絵、思い浮かんだ要素の組み合わせ、比喩、象徴的なシーンに分類された。一方で、空間視覚思考と親和性の高い抽象的な表現もあった。受講生の思考スタイルに合わせた多様な表現があったと考えられる。また、分析2の結果から、科学に対する認識の変化は絵課題からも文章課題からも捉えることが可能であると考えられた。分析3からは、絵では特に印象に残ったシーンや情報に絞って絵にする傾向があること、抽象的概念など絵として表現しにくい内容は絵に反映されにくいという点で、絵と文章に違いがみられた。分析4の結果からは、絵による表現はほかにはない取り組みであるため楽しく感じやすく、発想を広げる機会になり、共有もしやすい一方で、深い思考をする場合は言語思考を利用する方が適切である可能性があると考えられた。

これらを踏まえると科学観は絵にすることが可能であり、絵に対する苦手意識が強くない人にとっては楽しく発想を広げる機会になって自らのイメージを自覚・表出しやすと考えられる。絵と説明文をセットにすることで、そのイメージが生じた文脈が語られやすく、文脈に即した表出が行われやすと考えられる。また、絵にすることで他者と共有もしやすくなる。講義内で優秀作品を紹介すると、絵に共感できたという意見や、表現や視点の違いに驚いたといった意見がリアクションペーパーに寄せられてくる。文章と異なり、絵はスクロールなしで全体像をすぐに見せられることや、個性が出やすく感情を動かす力があることから、インパクトが文章以上に大きいと考えられる。

では科学観を絵にする実践はどのようなときに利用できるのだろうか。本稿で分析対象となった講義では、自らの科学観を省察して学びを深め、他の受講生の科学観の多様性を知るための課題として描いてもらった。科学観に影響を与える科学論や科学技術社会論の講義や、理科教育などにおいても、科学への認識や学びの影響を自覚・共有する手段として機能する可能性がある。

また、異分野の研究者や多様なステークホルダーが参加する科学に関する対話やワークショップで利用すれば、コミュニケーション不全の低減につながる可能性がある。お互いの科学観を絵で可視化し共有してから議論に入るようにすれば、敷居の低さからアイスブレイキングとしての役割を果たし、さらに描いたものを見せ合うことで相互理解が進む可能性がある。本研究では「科学」という大きな枠で絵を描いてもらったが、再生医療など、個別の分野や科学技術のイメージを描いてもらうことも可能である。特に、言葉では抽象的に述べてしまう場合でも、絵であれば特に印象に残った具体的なシーンや、ポイントをより絞って表現するため、科学に対する姿勢の違い、イメージの違いを理解しやすいのではないだろうか。

一方で実践的に活用するうえでは、絵が苦手な人への配慮は必要である。視覚思考をあまりしない言語思考タイプや、絵を描くのが苦手という層は一定数いると考えられる。講義では絵が苦手な人への配慮として課題Bでは絵と説明文、文章のみを選択できるようにし、課題A・Bともに絵だけでなく説明文でも補足するようにしてもらった。それでも抵抗を感じるという意見は

ゼロではない。大学の講義などでは言語による表現が標準になっているため、その標準から外れる理由や意味は丁寧に説明し、言語による表現も選択できるようにする必要はあるだろう。ワークショップなどで利用する場合も、絵が苦手な人のために、色だけの表現や用意した素材の組み合わせでも科学観が表現できるようにするなど、抵抗感を下げる工夫は必要である。

本稿の限界は、同じ授業を受講した大学生のみを対象にしていることである。表現の型や特徴は絵を描く人々の年齢や職業、地域などを広げることでさらに多様化、細分化される可能性がある。絵による表現は自由度が高いため、検討を続ける必要があるだろう。

今後は科学観を表出・共有することによる学びや対話への影響や、省察と共有のために絵を描くという行為の意味について、さらに検討をしていきたい。

謝辞

本研究には桜美林大学の学生の皆様にご協力をいただきました。また、個別の作品の掲載に当たっては作品を提出した受講生に掲載の許可をいただきました。この場を借りてお礼申し上げます。

文献

1. リンディ・A・オルティア.(2015). 科学技術に反対する市民とともに. ジョン・K・ギルバート, スーザン・ストックルマイヤー (編著), 小川義和, 加納圭, 常見俊直 (監訳). *現代の事例から学ぶサイエンスコミュニケーション：科学技術と社会とのかかわり、その課題とジレンマ*. 慶應義塾大学出版会. 73-90.
2. 藤垣裕子.(2005). *専門知と公共性：科学技術社会論の構築に向けて*. 東京大学出版会.
3. 藤垣裕子.(2005). 「固い」科学観再考. *思想*, (973), 27-47.
4. 川村康文.(2000). 青少年の科学観の調査. *物理教育*, 48(6), 506-511.
5. 猿田祐嗣.(2023). 小学校教師を目指す大学生の科学観について. *小学校教師を目指す大学生*, 7, 15-30.
6. 内閣府.(2017). *科学技術と社会に関する世論調査平成20年9月調査*.
7. テンプル・グランディン (著), 中尾ゆかり (訳). (2024). *ビジュアル・シンカーの脳：「絵」で考える人々の世界*. NHK 出版
8. 畠山孝男.(2001). イメージの個人差をめぐる諸問題. 菱谷晋介 (編著). *イメージの世界：イメージ研究の最前線*. ナカニシヤ出版. 267-293.
9. Shilverman, L. K. (2002). *Upside-Down Brilliance: The Visual Spatial Learner*. DeLeon.
10. Kozhevnikov, M., Kosslyn, S. & Shephard, J. (2005). Spatial versus object visualizers: A new characterization of visual cognitive style. *Memory & Cognition*, 33, 710–726.
11. Hornmoen, H. (2010). Making us see science”: visual images in popular science articles and science journalism. *Journalistica*, (2), 79-99.
12. Myers, G. (1990). Every picture tells a story: illustrations in E. O. Wilson's sociobiology. In Lynch,

- M. & Woolgar, S. (eds.). *Representation in Scientific Practice*. Cambridge. The MIT press. 231-265.
13. Pauwels, L. (2006). A Theoretical Framework for Assessing Visual Representational Practices in Knowledge Building and Science Communications. In Pauwels, L. (Ed.). *Visual Culture of Science: Rethinking Representational Practices in Knowledge Building and Science Communication*. Dartmouth College Press. 1-25.