

平成 29 年度 学位請求論文

科学技術研究の可視化に関する実践的研究
ーデザインアプローチによるサイエンスコミュニケーションツール制作ー

日本大学大学院 芸術学研究科
博士後期課程芸術専攻

藤田 茂

目次

| | |
|-----------------------------------|----|
| 第1章 序論 | |
| 1.1 研究の背景 | 01 |
| 1.2 研究の目的 | 05 |
| 1.3 研究の方法 | 06 |
| 1.4 研究の意義 | 07 |
| 1.5 本論文の構成 | 08 |
| 第2章 サイエンスコミュニケーションと博物館展示 | |
| 2.1 サイエンスコミュニケーションとは何か | 09 |
| 2.2 サイエンスコミュニケーション略史 | 10 |
| 2.2.1 サイエンスコミュニケーションの歴史～英国を起源に | |
| 2.2.2 サイエンスコミュニケーションの歴史～アメリカ | |
| 2.2.3 サイエンスコミュニケーションの歴史～ドイツ・欧州 | |
| 2.2.4 サイエンスコミュニケーションの歴史～オーストラリア | |
| 2.3. 日本のサイエンスコミュニケーション | 16 |
| 2.3.1 科学技術理解増進と「理科離れ」 | |
| 2.3.2 サイエンスコミュニケーションと科学系博物館 | |
| 2.3.3 博物館展示とハンズオン | |
| 2.3.4 ハンズオンから芸術表現へ | |
| 2.4 科学における「アート」と本研究の立ち位置 | 24 |
| 2.4.1 サイエンスアートという分野について | |
| 2.4.2 本研究の立ち位置 | |
| 2.4.3 「真に迫るもの」の意義 | |
| 第3章 サイエンスコミュニケーションと科学技術広報 | |
| 3.1 科学技術広報とは何か | 38 |
| 3.2 サイエンスコミュニケーションの政治性～業績主義のはざままで | 43 |
| 3.3 本研究におけるターゲット層について～広報研究の視座から | 46 |

| | | |
|-------|--|----|
| 第4章 | サイエンスコミュニケーションと教育活動 | |
| 4.1 | 2015年度「うなぎプラネット」活動報告 | 49 |
| 4.1.1 | うなぎプラネットについて | |
| 4.1.2 | うなぎキャラバンについて | |
| 4.1.3 | 筆者が関与した活動 | |
| 4.1.4 | サイエンスアゴラ 2015 出展報告 | |
| 4.1.5 | まとめ | |
| 4.2 | 「うなぎの卵」模型制作 | 57 |
| 4.2.1 | 模型制作の経緯と模型のコンセプト《潜在ニーズを知る》 | |
| 4.2.2 | 立体造形制作《アイデア発想》《理想像を描く》 | |
| 4.2.3 | 塚本勝巳の目《ベクトルの共有》 | |
| 4.2.4 | 模型の修正《コンセプトの深掘り》 | |
| 4.2.5 | 塚本勝巳の目, その2 | |
| 4.2.6 | 模型の修正, その2《プロトタイプ》 | |
| 4.3 | 「うなぎの卵」模型の実証実験 | 84 |
| 4.3.1 | Public Understanding of Science | |
| 4.3.2 | Public Awareness of Science から日本のサイエンスコミュニケーションへ | |
| 4.3.3 | うなぎキャラバンでの利用 | |
| 4.3.4 | 事前・事後アンケートの結果 | |
| 4.3.5 | 模型の破損状況による強度の検証 | |
| 4.3.6 | 「3Dプリンタ」の利用について | |
| 4.3.7 | 「ウナギの卵」模型の制作と実証実験から得られた考察《評価・検証》 | |
| 第5章 | 結論 | |
| 5.1 | 本研究の総括 | 92 |
| 5.2 | 「真に迫るもの」の意味 | 94 |
| 5.3 | デザイン学研究としてのサイエンスコミュニケーション | 96 |
| 5.4 | 今後の展望 | 98 |

図表/写真一覧

第1章

【図 1-1】 デザインアプローチ手法のプロセスと特長

第2章

【図 2-1】 文部科学省「平成 28 年度 学校基本調査報告書」

【図 2-2】 JAMSTEC ウェブサイト「ペーパークラフト図鑑」

【図 2-3】 JAXA「宇宙科学研究所 キッズサイト」

【図 2-4】 Science-Art.com トップページ

【図 2-5】 「Art Science Museum at Marina Bay Sands」 ウェブサイト

【図 2-6】 「Art Science Museum at Marina Bay Sands」 日本語ウェブサイト

【図 2-7】 『Glass Microbiology』

【図 2-8】 『数楽アート』

【図 2-9】 児玉幸子『惑星 No.1』 (2013 年)

【図 2-10】 国立研究開発法人理化学研究所ウェブサイト『科学と芸術の融合』

【図 2-11】 木村政司『ニジイロナンヨウタマムシ』 (1985 年)

【図 2-12】 J.J. Audubon, 『The Birds of America』 (1838 年)

【表 2-1】 年表「科学と社会をめぐる政策のあゆみ」

【写真 2-1】 ミュージアムシアターワークショップの様子

第3章

【図 3-1】 『アウトリーチ活動の実施形式』

【図 3-2】 『本社広報部門で対応している広報活動』

【図 3-3】 『科学コミュニケーション 4つの柱』

第4章

- 【写真 4-1】 登壇する筆者と児童の様子
- 【写真 4-2】 高校生を前に講演する塚本教授
- 【写真 4-3】 開場直後の様子
- 【写真 4-4】 コメントをまとめる筆者ら
- 【写真 4-5】 講演する塚本教授と筆者
- 【写真 4-6】 2011年6月28日-29日にかけて採集されたニホンウナギの卵
- 【写真 4-7】 受精28時間後の「うなぎの卵」《上》
- 【写真 4-8】 受精28時間後の「うなぎの卵」《斜め上》
- 【写真 4-9】 受精28時間後の「うなぎの卵」《横》
- 【写真 4-10】 筆者によるラフスケッチ
- 【写真 4-11】 FRP製の型枠
- 【写真 4-12】 型枠から抜いた直後のうなぎの卵模型《横》
- 【写真 4-13】 型枠から抜いた直後のうなぎの卵模型《上》
- 【写真 4-14】 うなぎの卵模型・プロトタイプ1
- 【写真 4-15】 シリコン樹脂で胚の制作を試みた結果
- 【写真 4-16】 仔魚膜を含め、全てシリコン樹脂を用いて制作した結果
- 【写真 4-17】 孵化直後のウナギの卵
- 【写真 4-18】 孵化直後のウナギの卵
- 【写真 4-19】 孵化直後のウナギの卵
- 【写真 4-20】 レプトセファルス
- 【写真 4-21】 ウナギの卵の模型原型
- 【写真 4-22】 ウナギの卵の胚体部分の原型
- 【写真 4-23】 ウナギの卵の胚部分の原型
- 【写真 4-24】 ウナギの卵模型・プロトタイプ2
- 【写真 4-25】 ウナギの卵模型・プロトタイプ2
- 【写真 4-26】 ウナギの卵模型・プロトタイプ3
- 【写真 4-27】 ウナギの卵模型・プロトタイプ3「胚体部分」
- 【写真 4-28】 ウナギの卵模型・プロトタイプ3「ウナギの胚」
- 【写真 4-29】 カッターで削った胚先端部

- 【写真 4-30】 カッターで削った胚先端部
- 【写真 4-31】 研磨した胚先端部
- 【写真 4-32】 研磨した胚先端部
- 【写真 4-33】 うなぎキャラバンと模型
- 【写真 4-34】 胚体部分の上部膜が破損した様子
- 【写真 4-35】 仔魚膜部分の破損の様子
- 【写真 4-36】 胚体部分の破損の様子

資料

引用・参考文献一覧

第1章 序論

1.1 研究の背景

筆者はこれまで、立体造形制作の現場を経験し、大学院教育学専攻進学後は、博物館教育論と博物館展示論を専門として研究してきた。その後、国立研究開発法人や大学法人・大学共同利用機関法人が実施する産学連携イベントや展示、科学教育に関するイベントや展示といった、サイエンスコミュニケーションの実務を経験した。これらの経験を通じて、筆者が疑問に感じていたことが三つある。一つ目は、サイエンスコミュニケーションのイベントや展示の実施には、様々な制作を必要とし、技術力が必要なのに、それが蔑ろにされていたことである。その大きな理由は、研究機関には広報や制作に関するプロフェッショナルがほとんどいないにも関わらず、仕方なくサイエンスコミュニケーション的な活動をしている機関が少なくないことにある。その結果、何ら成果のないイベントが実施され、劣悪な制作物ができてしまうケースがあった。もちろん、そのような制作物が生まれる背景としては、日数的、予算的な制約など多くの問題があるが、展示やデザインの専門職員が少なく、何を目標にイベントを実施しているのか不明瞭である¹、という問題が挙げられる。

二つ目は、サイエンスコミュニケーションは事務仕事であるという研究機関の認識である。その一つの証拠として筆者は、国立研究開発法人においては広報課の事務職員として雇用された。一方で、大学共同利用機関法人や大学法人においては、サイエンスコミュニケーション関連業務に該当する職位がなく、研究職として雇用されている。このようなケースは、広報担当の教授・特任准教授・特任助教といった雇用形態で、主に国立大学でよく見られる。もちろん筆者も、研究者番号を付与されたことによって外部資金を獲得することができたが、過去に所属した大学や研究機関には、サイエンスコミュニケーションを専門とする研究室は存在しなかった。そのため、該当

¹ 筆者は、田柳恵美子（2008）が「大学や研究機関でサイエンス PR に携わる実務者にとっても、こうした動向をいかに認識し、両者の統合的な実践理念を打ち立てていくかは火急の課題である。卑近な喩えでいえば、一方で（広報宣伝的なスタンスで）知財や産学連携に関するニュースリリースを発行し、他方で（社会貢献的なスタンスで）市民向けのサイエンスカフェを行うならば、その両者のコミュニケーションの連関性や一貫性は何かについて、すなわち組織コミュニケーションの自己同一性について熟慮する必要に迫られている」と述べていることに強く共感し、本研究を始めるに至った。

する専門職位がなく、雇用条件等の都合から教育職の職位を付与された。このような雇用形態は、筆者の経験に限らず近年の公募で大変目立つ。

しかし、筆者が過去に所属した組織で実施してきた教育普及活動や科学館展示業務は、博物館学芸員の業務内容に共通するものであり、その業務内容は博物館学研究に基づいている。そして、サイエンスコミュニケーションも同様に、日本の研究機関の一分野として確立している。例えば、北海道大学高等教育推進機構科学技術コミュニケーション教育研究部門 (CoSTEP) や、東京大学の科学技術インタープリター養成プログラム、早稲田大学科学技術養成プログラム (2010 年度からは早稲田大学大学院政治学研究科ジャーナリズムコース)、大阪大学コミュニケーションデザインセンター、お茶の水女子大学サイエンス&エデュケーションセンター、和歌山大学学生自主創造科学センター(現・協同教育センター)、東京工業大学科学技術コミュニケーション論、日本大学芸術学部サイエンスコミュニケーション論が挙げられるように、2005 年から大学で講座や講義が開講されている。また、2006 年に開講された、国立科学博物館サイエンスコミュニケーター養成実践講座を代表例として、多くの科学館が同様のコースを開講し、それぞれでサイエンスコミュニケーターの認定を実施している。さらに、2012 年に設立された日本サイエンスコミュニケーション協会 (Japanese Association of Science Communication: JASC) という学術団体があり、その近接領域の学術団体としては、1977 年に設立された一般社団法人日本科学教育学会や、2001 年に設立された科学技術社会論学会が挙げられる。

このように、サイエンスコミュニケーションにおける科学教育や科学史、科学ジャーナリズム、科学展示といった分野での研究は進んでいることがわかる。ところが、サイエンスコミュニケーションを科学広報や広報研究として意識し、制作者側から分析した研究は、管見の限りでは見当たらない。なぜ、サイエンスコミュニケーションが展示研究や広報研究として進まないのか、それは組織が「展示の効果」や「広報効果」に対して有効な答えを出せないから、と考えられる。というのも、博物館学においても同様の問題があるからである。例えば、博物館の運営に対する評価である。それは組織 (博物館) の認知度をどれほど高めたか、研究活動を市民 (来館者) にどれほど理解してもらえたかであるが、広報効果や教育効果についての定性分析は難しい。このような背景から、広報効果は定量分析に依存することになるが、そうすると来館者数や入館料収入といった点に注目が集まらざるをえない。社会教育施設である博物

館は、いわゆる赤字経営であっても、公共インフラとしての役割もあるため、単純に利益・損益で語られるものではない。サイエンスコミュニケーションの現場も同様に、どの程度、組織の認知度を高めたか、研究活動を市民に理解してもらえたか、その広報効果や教育効果を分析する必要に迫られている。その背景には、文部科学省が掲げた「アウトリーチの活動の推進について」の影響がある。平成 17 年 6 月 7 日に実施された、文部科学省学術分科会学術研究推進部会（第 10 回）において、「科学技術が社会全体にとって望ましい方向で発展していくためには、科学技術自体や研究者等の活動が国民に正しく理解され、信頼され、支持されることが不可欠である。このため、研究者等が、自らが社会の一員であるという認識をもって、国民と対話しながら信頼を醸成していくアウトリーチ活動を積極的に推進していく必要がある」が挙げられる。これ以後、重要課題解決型研究については、毎年度、直接経費の概ね 3 パーセントに相当する経費をアウトリーチ活動に充当することとなった。その結果として研究者は、虎の子の研究費から 3 パーセントもアウトリーチ活動に使わなければならなくなることで、そのアウトリーチ活動の効果に期待するとともに、その成果に対しては厳しい目線を向けざるをえない。そして研究機関の広報部門が実施するイベントや展示館においても、「来館者数（来場者数）」や「費用対効果」を求められることになる。

このような背景を理解しつつ、サイエンスコミュニケーション関連の先行研究を俯瞰すると、文部科学省が掲げている「科学技術自体や研究者等の活動が国民に正しく理解され、信頼され、支持されること」という課題に応える研究が多いことに気づく。これについては、有賀雅奈（2015）が「近年の科学技術コミュニケーションには、知識伝達の目的と流れに注目すると、大きく分けて 2 つの議論がある。知識を効果的に伝達することを目指す教育・啓蒙型の議論と、市民の意思決定への参加を目指す市民参加型である」と分析していることから分かる。もちろん、日本のサイエンスコミュニケーションの研究者に、科学教育や科学技術論を専門とする研究者が多い影響があると考えられるが、その分野の研究者による数々の先行研究を見ていくと、新たな問題に気付く。それは、「科学とアートの融合」というワークショップの実践報告が多いことである。これらの実践報告は、博物館教育によく見られる「実施して終わりの単発イベント」に他ならない。後に博物館展示論の知見から批判的に論述するが、それ以上に問題なことは、彼らの言う「アート」が何のことなのか全く定義されずに論文が展開されていることである。

そして三つ目に、「理科離れ」である。この言葉の持つ力は非常に強いため、この言葉を聞いた人はそこで考察することをやめてしまう。具体的には「理科離れを解消するために科学イベントを実施する」という提案があると、そもそものターゲット層が間違っているのに、それを認識することなく、何ら考察されることなく実施されている現状があるとの問題意識を筆者は抱いている。

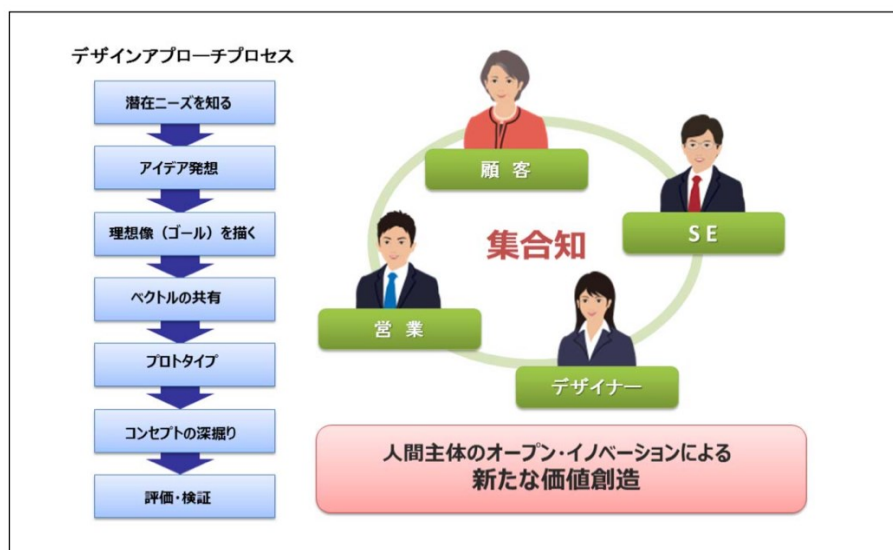
1.2 研究の目的

本研究では、科学技術研究の成果を可視化する手法のうち、立体造形によるサイエンスコミュニケーションツールを制作し、以下の事項を明らかにすることを目的とする。

第1に、可視化されたサイエンスコミュニケーションツールを研究者が手にとって見ることで、新たな発見を得ることができるような、あるいは大学や大学院の専門科目で使用できるような、アカデミックな場での使用に耐えうるツールを制作することを目的とする。

第2に、制作したサイエンスコミュニケーションツールを用いて、科学技術研究の成果を市民に伝えることを目的とする。本研究では、小学校や中学校への出前授業の中で、児童・生徒に対して、科学技術研究を伝える役割を果たすことを目的とする。

その過程において、既存の「サイエンスコミュニケーションのアート」を整理・分析し、サイエンスコミュニケーションにおけるアートとは何かを整理する。そこで得られた知見を以ってサイエンスコミュニケーションツールの制作を進めるが、その制作手順については、デザインアプローチ手法を援用する。



【図 1-1】デザインアプローチ手法のプロセスと特長²

² 米山みどり他（2014）「デザインアプローチ手法を用いた次世代空港コンセプトの創出」『日本デザイン学会研究発表大会概要集』, 61(0), 4.

1.3 研究の方法

はじめに、サイエンスコミュニケーションについての歴史的な背景を探り、日本のサイエンスコミュニケーションの立ち位置を明らかにする。特に、日本においては、「サイエンスコミュニケーション」だけでなく、「科学技術コミュニケーション」「科学コミュニケーション」と標記されることがあり、文部科学省の報告書においても記述ゆれが生じている。それは海外においても同様である。

例えば、「Science Communication」や「Science and Technology Communication」、**「Public Communication of Science and Technology (PCST)」**もまた、日本でいうところのサイエンスコミュニケーションである。そのうえで、サイエンスコミュニケーションの国内外の現状を把握し、先行研究レビューを見ていくことで、現在、日本のサイエンスコミュニケーションがどの潮流なのかを探る。

そこで、芸術作品を制作するのと同様の技術水準で、サイエンスコミュニケーションツールを制作し、実際に学校の出前授業や大学の講義で実験的に使うことで、その教育的価値を明らかにした。その前段には、ウナギ学研究所の第一人者である、日本大学生物資源科学部の塚本勝巳教授との制作におけるやりとりを整理することで、どのようなコミュニケーションが研究者と制作者の間で行われたかを明らかにする。そして、サイエンスコミュニケーションツールの評価と検証を行う。

他方で、日本のサイエンスコミュニケーションの現場である科学技術広報が、「Public Relations」を正確に分析してこなかったことを批判的に論じた。具体的には、科学技術広報が広報活動を標榜しながらも、広報・マーケティング研究を怠ってきた、ということである。それは、ターゲット層をきちんと設定してこなかったことが原因である。本来、サイエンスコミュニケーションであるならば、「Public Communication」の側面ももつはずである。

そこで本研究では、広報研究に即して、「Public Relations」に偏りを見せる日本の科学技術広報の問題点を指摘し、サイエンスコミュニケーションにおける教育理論について整理することで、本来あるべき姿である「Public Communication」に即したサイエンスコミュニケーションツールを開発する。

1.4 研究の意義

先行研究は、サイエンスコミュニケーションの事例について取りまとめているに留まっている。本研究では、科学技術広報担当や展示制作担当の経験に鑑みて、国内外のサイエンスコミュニケーションを比較しながら、科学技術研究を可視化しそれを実証評価するという点に有意性がある。

ところで日本では、サイエンスコミュニケーションだけでなく自然科学分野においても、「アート」という言葉が不用意に用いられている。それは、科学者が「アート」という言葉に対して、暗黙の了解として“美しいもの”や“創造的なもの”という認識があることがうかがえる。そして博物館でも、同様の認識があることがわかった。

そうであるならば、筆者はサイエンスコミュニケーターとして、そして制作者として、芸術作品や博物館展示物を制作する技術を以って、コミュニケーションツールを制作し、その科学的価値を検証することで、科学と芸術、そしてデザインとは何かを問い直すことに意義がある。そしてこれまで、サイエンスコミュニケーションの担い手である科学技術広報が、ターゲット層の整理を怠ってイベントを実施してきた、という問題点を指摘することにも新規性があると考ええる。

1.5 本論文の構成

本論文の構成は次のとおりである。

第1章では、本研究の前提となる筆者の問題意識，研究の目的，研究の方法，研究の意義について述べる。

第2章では、サイエンスコミュニケーションの歴史的な背景を整理し、日本のサイエンスコミュニケーションと科学系博物館の関係性を探る。

第3章では、日本のサイエンスコミュニケーションが担う科学技術広報についての問題点を指摘し、本研究におけるターゲット層を明らかにする。

第4章では、サイエンスコミュニケーションツールの制作とその過程について述べる。さらに、サイエンスコミュニケーションツールを教育活動に利用し、その評価を行う。

第5章では、結論の章として、まずは本研究の成果を総括し、得られた知見の中から本研究において最も重要な点について述べる。そして最後に、本研究で語るができなかった、デザイン学研究としてのサイエンスコミュニケーションについて触れて、今後の研究の方向性について述べる。

第2章 サイエンスコミュニケーションと博物館展示

2.1 サイエンスコミュニケーションとは何か

日本のサイエンスコミュニケーション (Science Communication) は、「科学コミュニケーション」や、「科学技術コミュニケーション」とも標記されている³。このように日本では、組織や人によって標記がそれぞれ異なることから、サイエンスコミュニケーションについて、明確な定義がないことは先行研究にも触れられている通り⁴である。

一方、スーザン・ストックルマイヤーら (2003) の著作によれば、サイエンスコミュニケーションとは、「科学というものの文化や知識が、より大きいコミュニティの文化の中に吸収されていく過程」と定義している。これをより具体的に言えば、主に大学や研究機関が、その研究成果や研究内容を市民に分かりやすく伝えるための活動理念のことである。日本においてその理念を汲んでいる活動としては、第1に、科学イベントが挙げられる。例えば、研究者によるサイエンスカフェや、「サイエンスアゴラ」のような省庁主催による青少年向けのイベントが科学館等で開催されている。こうしてサイエンスコミュニケーションは、市民や社会全体が、科学技術を活用することで豊かな生活を送るための知恵、関心、意欲、意見、理解、楽しみを身につけることに寄与している⁵。

ただ、結局のところ、「サイエンスコミュニケーションとは何か」について明確な定義をしている論考が、管見の限りでは見当たらない。それについて、サイエンスコミュニケーションに関わる研究者や大学教員に聞いたとしても、サイエンスコミュニケーションとは概念であり、定義されるものではない、という回答が返ってくる。実際のところ、サイエンスコミュニケーションとは、その対象が変われば定義も変わってくると筆者も経験的に感じているところである。

³ 国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) には「科学コミュニケーションセンター」が設置されている一方で、JSTの監督官庁である文部科学省においては「科学技術コミュニケーション」の標記で資料等が作成されている。なお、情報科学 (Information science) や科学社会学 (Sociology of science) の一領域である、サイエンティフィックコミュニケーション (Scientific communication) とは異なるものである。

⁴ 林衛・加藤和人・佐倉統 (2005), p30

⁵ 渡辺政隆 (2011) 「なぜサイエンスコミュニケーションなのか:—「想定外」を想定するために—」『専門日本語教育研究』13(0), 15-18, 2011

2.2 サイエンスコミュニケーション略史

ここでは、本研究の歴史的な位置付けと、理論的な位置付けを確認するために、サイエンスコミュニケーションに関する歴史を手短に紐解きたい。

2.2.1 サイエンスコミュニケーションの歴史～英国を起源に

サイエンスコミュニケーションの起源については見解が分かれるところである。特に、B.C.ヴィッカーリーの「歴史の中の科学コミュニケーション」(2002)を読むと、その起源がメソポタミア文明や、アリストテレスの時代まで遡る。確かに、科学史研究の視座から語るとそうなのかもしれない。ただ、日本のサイエンスコミュニケーション研究においては、英国をその起源とすることでほぼ一致している。

まず、1799年に、科学の普及と研究を目的とした民間の非営利団体ロイヤル・インスティテューション(王立研究所)が設立された。同団体では設立当初から、運営費の捻出もかねて一般向けの講演会(公開実験)が開催され、そのための講堂も併設された。そして、マイケル・ファラデーの発案により、講演会を定期開催にしたのが、1825年から開始された金曜講話である。講師はタキシード着用で、金曜日の20時30分(現在は20時)から1時間きっちりの講演と図書室における講演後の講師、所長らとの歓談が行われた。現在も金曜講話は続いており、その講師に選ばれることは研究者にとって名誉とされている。

また、1826年からは、科学の楽しさを知ってもらうために、子供たちを対象にしたクリスマス・レクチャーも始まった。それ以来、毎年12月のクリスマスシーズンに、王立研究所で開催されている最も歴史がある科学教育イベントである。

渡辺政隆ら(2003)による、「クリスマス・レクチャー」の歴史的な背景については、以下の通りである。

この「クリスマス・レクチャー」を起点とする、英国における科学コミュニケーションは、科学の振興と科学知識の共有を目的に1831年に設立された英国科学振興協会BA(British Association for the Advancement of Science)へと繋がっていく。そのBAの当初の活動は、年1回の大会を各地で開催し研究者同士や他分野との交流を図ることであった。そして、Briggs(2001)によれば、1985年以後の英国における科学コミュニケーション活動に重大な影響を与えた文書が3つあ

るという。その第1の文書は、英国王立学会（Royal Society）が1985年に公表した「The Public Understanding of Science」である。この報告をきっかけに、研究者と公衆との双方向的なコミュニケーションの重要性が注目され、英国王立学会、英国王立研究所（Royal Institution）、英国科学振興協会により、COPUS（Committee on the Public Understanding of Science）が設立された。第2の文書は、1993年に発表された科学技術白書 Realising Our Potential である。これにより、優秀な科学技術人材の確保と公衆の科学理解増進活動に対する政府援助が宣言され、研究会議が管理する研究資金からの、科学理解増進活動に対する資金援助が義務づけられた。また、科学技術庁が内閣府から貿易産業省へと移管され、OST（Office of Science and Technology）内に PUSSET（Public Understanding of Science, Engineering and Technology）⁶が設立され、理解増進活動への資金援助などを担当することとなった。第3の文書は、英国上院の科学技術委員会が2000年に公表した報告書「Science and Society」である。この報告書において、BSE問題に端を発した科学者や政府に対する不信感を払拭するため、研究者と公衆との双方向的なコミュニケーションの奨励が掲げられた。そして同年、OSTとThe Wellcome Trustが『Science and the Public : A Review of Science Communication and Public Attitudes to Science in Britain』という報告書を公表した。その中にある科学コミュニケーションの定義が以下である⁷。

- ・ 大学や研究所及び企業を含む、科学コミュニティ内のグループ間
- ・ 科学コミュニティとメディアとのコミュニケーション
- ・ 科学コミュニティと公衆とのコミュニケーション
- ・ 科学コミュニティと政府機関とのコミュニケーション
- ・ 科学コミュニティと政府ないし政策に影響力を持つ機関とのコミュニケーション
- ・ 企業と公衆とのコミュニケーション
- ・ 博物館や科学センターを含む、メディアと公衆とのコミュニケーション

⁶ このPUSSETはのちに、PEST（Public Engineering with Science and Technology）に改称された。
⁷ 渡辺政隆・今井寛（2003）「科学技術理解増進と科学コミュニケーションの活性化について」『文部科学省 科学技術政策研究所』

・政府と公衆とのコミュニケーション

本研究は上記のうちの、「大学や研究所及び企業を含む，科学コミュニティ内のグループ間」と「博物館や科学センターを含む，メディアと公衆とのコミュニケーション」の2種のコミュニケーションに該当する。

2.2.2 サイエンスコミュニケーションの歴史～アメリカ

そしてアメリカでも，1848年に，アメリカ科学振興協会（American Association for the Advancement of Science: AAAS）が設立された。AAASとは，全人類の利益のために科学とイノベーション振興に貢献することをミッションとする国際的な非営利組織である。現在，250の学術団体と1000万人以上の会員が関わっており，世界最大級の総合学術団体である。そして，最も権威のある学術雑誌『Science』誌を発行する組織である。この組織の設立が，アメリカにおけるサイエンスコミュニケーションの起源とされており，現在に至っている。

コーネル大学教授のブルース・ルーウェンステインは講演⁸で，アメリカのサイエンスコミュニケーションについて以下のように述べている。

科学的な原理を実演しながら各地を巡演する講演者の存在は，アメリカでは200年前には一般的になっていました(Burnham, 1987)。科学者が一般読者向けに執筆したり，大きな公開講座に出たりすることは，少なくとも19世紀の初めには始まっていました。そして今，21世紀になってほぼ20年が経っています。科学に特化したライターが存在は1800年代後半まで遡りますし，職業としての科学ジャーナリズムは1900年代初頭に始まっています(Lewenstein, 1994)。学外の科学教育担当者として，あるいは公衆衛生の現場で，または科学担当の広報官として働く人たちが，言い換えれば，PCSTの専門家は，100年前からその存在が確認できます。

また，田柳美恵子（2008）による，アメリカにおけるサイエンスPRについての歴

⁸ ルーウェンステイン，B著，渡辺政隆，藤田茂訳『専門知識と民主主義とサイエンスコミュニケーション』，日本サイエンスコミュニケーション協会，6(1)，p19-22，2016年11月

史については以下の通りである。

1919年、米国化学学会が学会では初めて、プロのサイエンスライターを雇用した。専門的な報告書を市民向けに書き直したり、プレス向けに科学研究を紹介する記事を書いて公共に提供するニュースサービスに取り組んだ。そして、科学を専門とする、1930年設立のサイエンス・サービス社は、全米科学財団（NSF）や、前述の全米科学振興協会（AAAS）を顧客として活動した。学会や協会、団体、研究機関等は、その研究テーマの政策的な優先度を高め、研究資金を確保するために、マスメディアを積極的に科学のプロモーションに活用し始めた。1960年代には、学会や団体、研究機関などの組織内部に、専門の広報担当者が配置され、もっぱらマスコミと研究者との間のエージェントとしての役割を担うようになる。1980年代になると、「研究機能を持ったPR（Public Relations 機関）であるNASAを先導的なモデルとして、サイエンスPRはより洗練された展開を見せていく。主要な学会誌も、掲載論文へのメディアからの注目を上げ、学会誌としてのステータスを高めるために、科学記事を担当するジャーナリストたちに、速達でニューズメールを送るなどの展開を行うようになる。このような洗練されたPR手法が発展する中で、高度に細分化された専門分野ごとに専門誌や業界紙などにきめ細かくアプローチしていく、サイエンスPRに独特のマイクロ・メディア・リレーションズの手法（Duke, 2002）などが確立していく⁹。

他方で、ルーウェンステインは、以下のように述べている。

東西冷戦が深まり、ソ連が世界初の人工衛星スプートニクを打ち上げると、国民の「科学リテラシー」（その頃そう呼ばれるようになった）の向上が、再び政治的な重要課題となりました。専門知識の醸成が大切という考え方が特に強かったのがアメリカでした。1960年代に、アメリカの科学者たちは科学教育を再編し、最良にして聡明な科学者養成に注力すべきだという強い申し入れをしました。ただしその目的は、社会のためというよりはむしろ、ソ連の共産主義思想から西洋の

⁹ 前掲,田柳,2008,p27

民主主義思想を守るためというものでした(Rudolph,2002; Terzian,2013)。

しかし 1960 年代には、科学と民主主義との関係についてそれとは別の考え方が浮上していました。一流の科学者を含む多くの人々は、いわゆる民主的な政府なるものが実際にその国の市民を代表しているのかについて、疑問視するようになっていたのです(Beckwith, 2002; Commoner,1966)¹⁰。

つまり、1960 年代以降のアメリカのサイエンスコミュニケーションは、「科学コミュニティと政府ないし政策に影響力を持つ機関とのコミュニケーション」に注力していることがわかる。これは、日本の弱点でもある部分でもあり、誤解されている部分でもある。それについては後述する。

2.2.3 サイエンスコミュニケーションの歴史～ドイツ・欧州

ドイツにおいては、AAAS よりも早い 1822 年に、GDNA (Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte) が設立された。それは、学術団体の側面もありながら、「科学を テコにして全ドイツ語圏の「統一と自由」を求める運動」という側面もあった(古川,1989)。また、1871 年にドイツ帝国として統一される以前のドイツは、大小多数の領邦国家が分立していた。そのため GDNA は、領邦国家に分裂した既成の大学やアカデミーに対抗して生まれた「汎ドイツ主義的な自由参加型の科学者共同体」であり、「科学の啓蒙をうたった振興学会であるとともに、ドイツ科学者間の相互交流と結束を図り、科学の社会的認知を政府に要求する圧力団体」でもあった(古川,1989)。そして現在に至っている。そして、Holmström (2004) は、米国型の PR が、組織↔公衆という「単一文脈 (mono-contextual)」の観点によって発展してきたのに対して、ドイツ思想を源流とする欧州の PR では、組織は公衆を多様なセクター、多様な集団によって細分化されたステークホルダーによって構成されるものと見なす、「多重文脈 (poly-contextual)」な 観点で PR が議論され実践されてきた歴史がある、と主張する(田柳,2008)。つまり、欧州は、「科学コミュニティとメディアとのコミュニケーション」と「科学コミュニティと公衆とのコミュニケーション」、そして「科学コミュ

¹⁰ 前掲,ルーウェンステイン, B 著, 渡辺政隆, 藤田茂訳, 2016

ニティと政府機関とのコミュニケーション」の多重文脈であることがわかる。

2.2.4 サイエンスコミュニケーションの歴史～オーストラリア

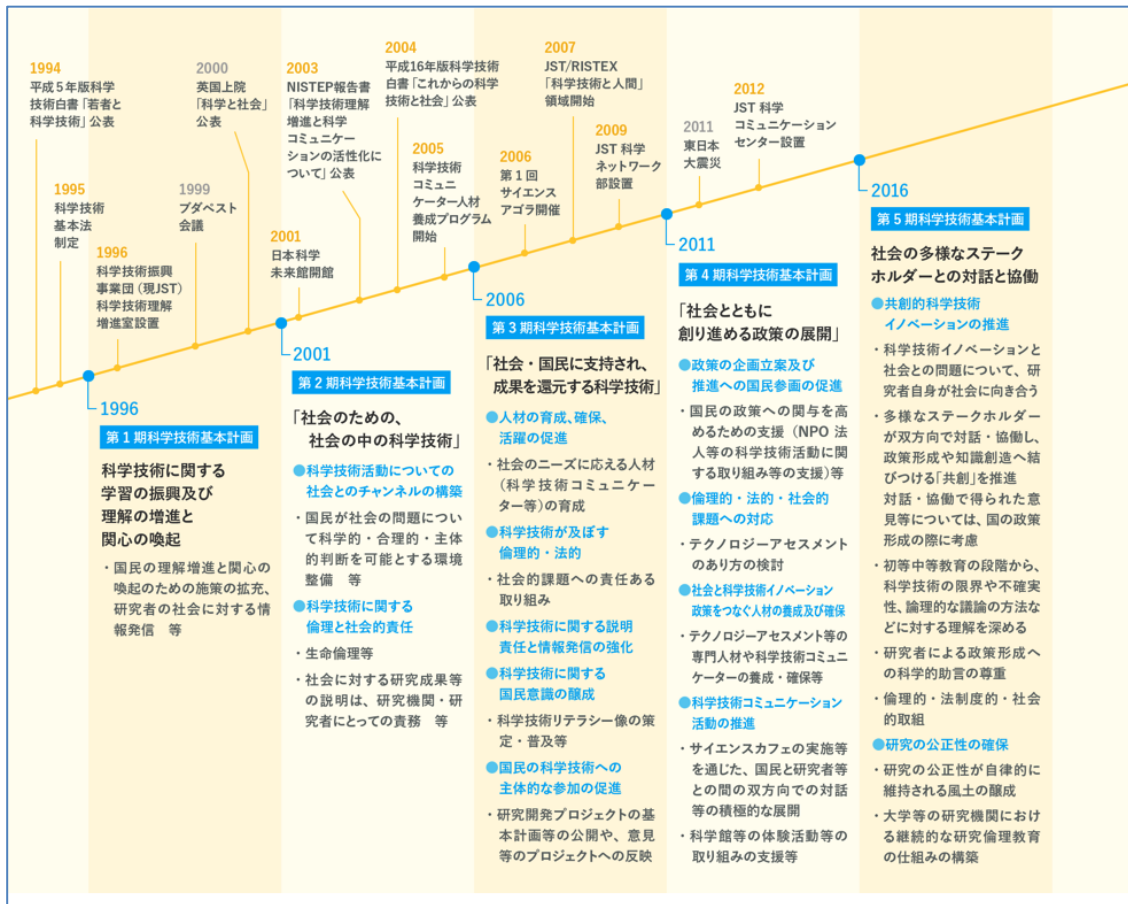
そして、オーストラリアでは、「Questacon」（参加体験型科学館である国立科学技術センター）が、1985年から「サイエンス・サーカス」を始めた。このサイエンス・サーカスとは、トラックで全国を巡回しながら科学のアウトリーチ活動をおこなうものである。このサーカスを担う人材を育成するプログラムを起源として、1996年、オーストラリア国立大学において、サイエンスコミュニケーション教育や研究をおこなう「Centre for the Public Awareness of Science : CPAS」が設立された。このセンター長であるスーザン・ストックルマイヤーらによって編集された『サイエンス・コミュニケーション: 科学を伝える人の理論と実践』（ストックルマイヤー他編著 2003）は、日本で翻訳出版された。そのため、日本のサイエンスコミュニケーションは、ストックルマイヤーの影響を強く受けることになる。特に、ストックルマイヤーは、科学教育が生徒らの科学分野の進路選択に貢献し、科学リテラシーを持つ責任ある市民を育てることを重要視している。具体的には、(1) 科学カリキュラムの内容を、科学を取り巻く現在・未来の問題を取り上げるなど、子供たちにとって意味のある、妥当なものにすること、(2) 子供たちが科学を探究的に学べるようにすること、(3) 科学教育に対する社会の要請の変化に対応できるよう教師を支援することが必要である、としている（Stocklmayer, et al. 2010）¹¹。

¹¹都築章子・鈴木真理子（2009）「高等教育での科学技術コミュニケーション関連実践についての一考察」、『京都大学高等教育研究』15, 27-36, 京都大学

2.3 日本のサイエンスコミュニケーション

前述の通り、日本のサイエンスコミュニケーション研究において、ストックルマイヤーによるサイエンスコミュニケーションの定義が頻繁に引用されている。その理由として、ストックルマイヤーが掲げる科学館の展示やアウトリーチプログラムを用いた科学教育の活動が、日本の科学系博物館の活動にとってマッチングするものだからである。更に、日本もオーストラリアも、市民や子供たちの「理科離れ」という大きな問題を抱えており、「市民への科学の啓蒙・啓発」が最重要ミッションであるため、日本がオーストラリアの活動を参考にし、強く影響を受けてきたのである。

さて、日本のサイエンスコミュニケーションの起源はどこにあるのか。それは、1995年に、日本国政府が「科学技術基本法」を制定し、「科学技術基本計画」を策定して科学技術の振興を図り科学と社会の関係を重視したことにある、と考えられる。その後、「科学技術基本計画」第1期（1996～2000年度）では、「学習の振興及び理解の増進と関心の喚起」が目指され、第2期（2001～05年度）では、「社会のための科学技術、社会の中の科学技術」という観点で科学技術と社会の双方向のコミュニケーションが重視された。そして第3期（2006～10年度）では、「社会・国民に支持され、成果を還元する科学技術」を基本姿勢とし、科学技術コミュニケーターの必要性が特記された。さらに、東日本大震災の年に策定された第4期（2011～15年度）では、震災の経験をもとに「社会とともに創り進める政策の展開」が掲げられ、政策過程への国民参画の促進が明示された。



【表 2-1】「科学と社会をめぐる政策のあゆみ」¹²

ここで注目すべきは、第1期の「学習の振興及び理解の増進と関心の喚起」であろう。いわゆる「理科離れ」問題に端を発し、科学技術理解増進が声高に叫ばれるようになった。第2期では、1999年のブダペスト会議を踏まえたスローガンの要素が強いものの、「科学技術政策への理解を涵養する」という視点で策定された。そうして漸く、第3期でサイエンスコミュニケーションの観点が導入された。そのきっかけはとなったのが、渡辺・今井(2003)である。この段階で、国立科学博物館などのサイエンスコミュニケーション講座等の予算がつく事になった。同時に日本学術会議は、「科学は一体なんの役に立つのか?」と言った「もう1つの理科離れ」対策を開始¹³し、2008年に『21世紀を豊かに生きるための「科学技術の智」』を報告した¹⁴。

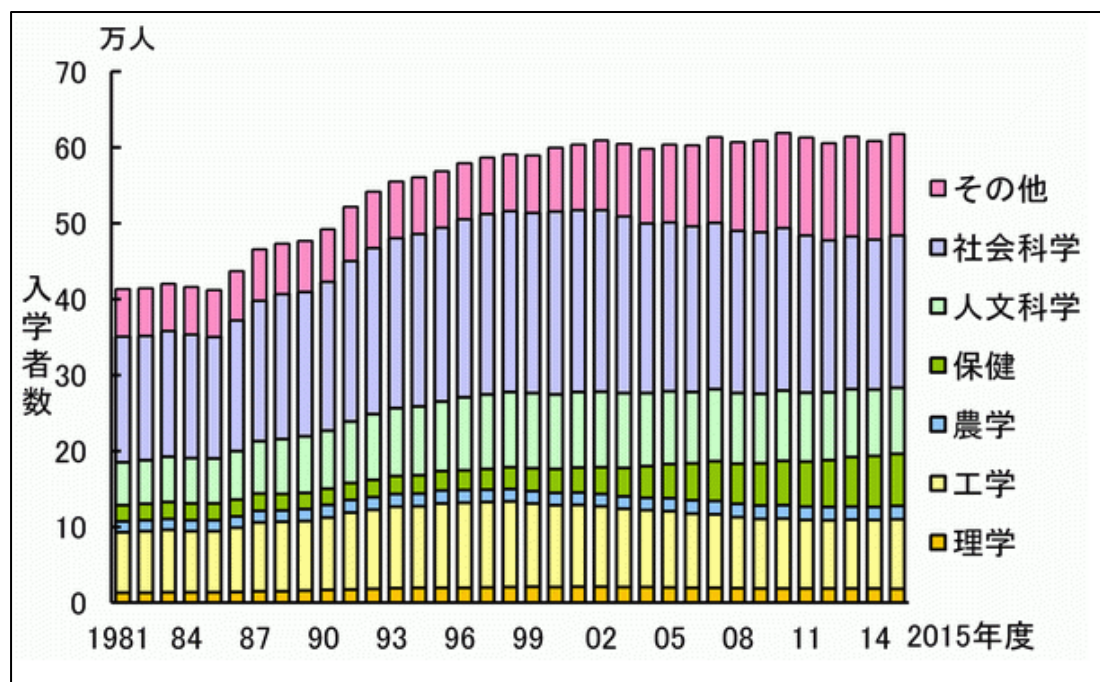
¹² 科学技術振興機構(2015)『中間報告書 科学技術イノベーション政策の俯瞰～科学技術基本法の制定から現在まで～』,JST 研究開発戦略センター

¹³ 日本学術会議(2003)『若者の科学力増進特別委員会報告次世代の科学力を育てるために』

¹⁴ 日本学術会議(2008)『21世紀を豊かに生きるための「科学技術の智」』

2.3.1 科学技術理解増進と「理科離れ」

科学技術に対する関心の低下は、未来を担う有能な人材を失うことになりかねない。それは【図 2-1】を見ての通り、農学系・理学系の学生は低調に推移しているが、工学系学生は 1970 年代をピークに減少傾向である。



【図 2-1】 文部科学省『平成 28 年度 学校基本調査報告書』

このような状況から、1990 年代後半から科学技術基本計画を進めているが、理工系学生の割合を増やすという目的は、全く達成されていない。これは、「理系学科の卒業生と、文系学科の卒業生との間の生涯賃金の格差はおよそ 5000 万円」¹⁵という日本特有の社会構造が原因であると考えられる。この社会構造は未だに変わらず、賃金格差だけでなく、理工系企業の研究・開発職は、企業が経営不振に陥れば、真っ先にリストラされる職種であるし、さらには、青色 LED の「404 特許訴訟」を例に見るように、海外に比べて研究・開発職の給与や成功報酬が少ないことも影響していると考えられる¹⁶。このような国内事情から、積極的に理工系学部に進学する学生が増えるわけがない。したがって「理科離れ」や理工系人材の不足の原因が、「科学に対する無関心」に

¹⁵毎日新聞社科学環境部・編（2006）『理系白書 この国を静かに支える人たち』,講談社

¹⁶同上,2006

限定されることではないという見方もできる。さらには、

2.3.2 サイエンスコミュニケーションと科学系博物館

一方で、前述のストックルマイヤーを参考に、科学教育の視座から、科学リテラシーの涵養のための実践的な学習プログラム開発を行っているのが、国立科学博物館の小川義和のグループである。例えば、平成 19～22 年度科学研究費基盤 (A)「科学リテラシーの涵養に資する科学系博物館の教育事業の開発・体系化と理論構築」では、児童・生徒を含む一般の人々を対象とした科学リテラシー涵養のために、博物館特有の資源を活用し、学習プログラムを開発している。その中で具体的に児童向けプログラムを見ていくと、ぬり絵だったり、小石に絵を描いてみたりと、制作するプログラムがある。科学に基づいたワークショップとはいえ、実際の作業は塗り絵や絵を描くことであるので、科学に興味を持ってもらうための導入的な位置付けのワークショップと推察できる。これ以外にも、ぬり絵やペーパークラフト (【図 2-2】・【図 2-3】) など、サイエンスとは直接関係ない作業が主体のワークショップは、科学館内や科学イベントで実施される定番のワークショップである。



海の生きものや船のペーパークラフトがダウンロードできます。
好きなペーパークラフトを作ってお楽しみください。

注意事項

- ペーパークラフトの著作権はJAMSTECにあります。営利目的で使用または複製することを原則禁止します。別途ご相談ください。
- 非営利目的のイベント等では自由にご利用ください。可能であれば、使用目的、ご感想、改善点などを www-admin@jamstec.go.jp にお知らせ下さい。
- インクジェット用ペーパークラフト紙、または薄手の画用紙のご使用をオススメします。光沢紙を使うとのりがつきにくい場合があります。

生きもの

| | | |
|--|--|---|
| 初級 ★★☆☆☆ | 初級 ★★☆☆☆ | 上級 ★★★★★ |
|  |  |  |
| オオグソクムシ | メンドコ | ナガゾエソ |

【図 2-2】 JAMSTEC ウェブサイト「ペーパークラフト図鑑」¹⁷

¹⁷ <http://www.jamstec.go.jp/j/museum/papercraft/> (2017年10月閲覧)



【図 2-3】 JAXA 「宇宙科学研究所 キッズサイト」¹⁸

したがって、科学系博物館であっても、ワークショップの手法は図画工作そのものであり、科学と芸術との接点を伺うことができる。

2.3.3 博物館展示とハンズオン

博物館における体験型ワークショップは、日本全国各地で実施されている。その歴史的な起源を探ると、1899年にブルックリン子ども博物館（Brooklyn children's museum）まで遡る。これ以後、アメリカでは250以上のチルドレンズ・ミュージアムが設立されてきたが、チルドレンズ・ミュージアムでは、展示物には“Do Not Touch”の表記がないことが特徴的である。もちろんチルドレンズ・ミュージアムは、子供を対象にしたミュージアムであるが、大人も楽しめる展示となっている。来館者の自発的行動に基づくことが最大の特徴であり、子どもを中心とした「万人のための教育」

¹⁸ <http://www.kids.isas.jaxa.jp/ex/index.html> (2017年10月閲覧)

を行う博物館である。さらに特徴的なことは、ガラスの陳列ケースを撤収し、かわりに子どもたちが直接操ることの出来る数々のツールを用意したことである。それは「ハンズオン・ディスプレイ」と呼ばれている。

そして、ジョアン・クレバーの調査結果¹⁹によると、ハンズオンの狙いは以下の通りである。

- ①展示品に触ること (to touch)
- ②それを操作すること (to handle)
- ③あれやこやたとやってみる (to do)
- ④操作しやってみることで何かを感じ取る (to feel)
- ⑤感じたことを納得するまで探索する (to explore)

この連続した体験を通して子どもたちは世界の成り立ちや物の動きを学習していくのである。そしてこの体験型ミュージアムは、1969年に開館した、サンフランシスコのエクプラトリウム (the Exploratorium) に続くのである。エクプラトリウムは、ハンズオンの理念に即して、科学と芸術の展示を通じて、知識だけでなく体験によって科学を理解することができるサイエンスミュージアムである。

2.3.4 ハンズオンから芸術表現へ

このように、見て、触って、動かして、匂いを嗅いでみて、何かを感じるようなワークショップを通じて、科学への興味を持ってもらい、理解を深めてもらうという手法は、日本においても定着してきた。さらには、展示物の前で即興演劇を行う、「ミュージアムシアターワークショップ」という芸術表現を用いたワークショップもある。

¹⁹ Cleaver, J. (1992). *doing Children's Museums: A Guide to 265 Hands-On Museums*, Williamson Publishing Charlotte Vermont.



【写真 2-1】ミュージアムシアターワークショップの様子（所沢航空発祥記念館，2009年2月）

このミュージアムシアターワークショップ（以下，MTW）は文字通り，Museum を Theater にする取り組みである²⁰。【写真 2-1】の MTW は，現・岐阜県立森林文化アカデミー教授の嵯峨創平らを代表として実施し，演者に日本大学芸術学部演劇学科の学生を招くことがあった。その学生を指導していたのが，演劇学科教授の熊谷保宏（当時）だった。【写真 2-1】は，航空記念発祥館に展示されている，プロペラ機の世界初飛行についての解説を行なった MTW である。簡単な事前打ち合わせはあるものの，来館者には事前告知なく，その場で即興演劇を行うという，高度で負荷の高い作業である。このように，芸術の力を借りて，科学館の展示内容を伝えるということが，サイエンスコミュニケーションの一つの手法として存在するのである。

²⁰ ヒューズ, C. (2005). 「ミュージアムシアター」, 玉川大学出版部

2.4 科学における「アート」と本研究の立ち位置

博物館における芸術表現の一つとして、ミュージアムシアターワークショップを提示したが、近年の科学系博物館で、メディアアート（デジタルアート）による芸術表現を用いた展示解説が多用されている。その紹介に入る前に、メディアアートについて述べる。

メディアアートは文字どおり「メディア技術を使ったアート」であるが、技術の進化とともにメディアアートの定義も範囲も変容している²¹。

例えば、古代から存在する絵画表現は、19世紀における写真技術の出現により、写実的なリアリティをもたらした。また映画の技術は活動写真と呼ばれたように、写真に動きが入ることで時間の概念と立体の概念を生み出した。また、放送技術により、リアルタイム性を生み出した。放送技術は、遠隔地の状況をほぼ同時進行で再現することが可能になった。しかし、テレビはあくまで放送局から一方的に受信者に送られるだけであるため、送り手と受け手が分断されている。

一方で、双方向性つまりインタラクティブ性をもたらしたのが、インターネットとコンピュータである。これらマルチメディアは、現在の科学博物館でも多用されている「メディアアート（デジタルアート）」として展示表現に利活用されているのである。

さらに、バーチャルリアリティの技術が出現した。バーチャルリアリティの技術は、五感全体を駆使する体感メディアとして日々進化を続けている。このようなメディア技術の発展は、常に新たなメディアアート、特に写真芸術、映像芸術などを生み出した。そして、ビデオカメラやVTRの普及により、1960年代を起点としてビデオアートを生み出した。これらは全てがメディアアートと呼ばれてきた。特に、中谷芙二子が参加した1966年のE.A.T. (Experiments in Art and Technology) が先駆的である。²²

現在、もっとも科学系博物館で用いられるメディアアートは、デジタル技術である。コンピューターグラフィックスやアニメーション、プログラミングされた空間アートのインスタレーションなど、いわゆるコンピュータアートが挙げられる。ふと振り返れば、博物館学における視聴覚教育においても、1960年代はビデオアートが主流だったが、現在はコンピュータアートが主流となっている。

²¹ 原島博(2004)「科学技術・学術審議会・資源調査分科会報告書 第4章 科学技術による新たな文化資源の創造 1 映像メディア技術による新たな文化創造」, p102

²² http://www.anarchive.net/nakaya/fn_bio_jp.htm (2017年10月閲覧)

こうして、それぞれの時代において新たなメディア技術が生まれ、同時に新たなメディアアートを生み出してきた。さらに言えば、新しいメディアが登場することによって、その一つ前のメディアアートが変質（あるいは衰退）していったということである。

メディアアートの説明は以上として、次に、コンピュータアートの中で最も有名なものが「チームラボ株式会社 (Team Lab Inc.)」である。これは、プログラミングされた空間アートのインスタレーションであり、そして、ハンズオン展示から派生したインタラクティブな展示であり、科学教育から見ると、ハンズオン展示と同様にサイエンスコミュニケーションツールの一つである。「チームラボ」は、科学館だけではなく美術館においても企画展が実施されていることから、現代芸術の一つとして認知されている。ここで、一つの疑問が生じる。サイエンスにおける「アート」が、何ら定義されることなく、「それはなんとなくアートっぽい」と曖昧に語られていることに、筆者は違和感を覚えるからである。

例えば、”医学の長い歴史の中に極めて大切なアートというものがあって、その理解なしにはハイテクノロジーの今日の医学を本当に理解できないことを知ってほしいのです。”(日野原重明, 1982, 1988) という記述がある通り、生命科学の研究者は「アート=技術」と考える傾向がある。

また、「科学館の実験装置をきれいなデコレーションとして使えないか。科学的な話や情報をそれ単独で出すのではなく、美しいもの、おしゃれなものと一緒に提供してはどうか。いっそ、サイエンスとアートを融合させて楽しむことはできないか。」(今井寛, 2008) というように、「アート=美, 美しいもの」として語られることがある。これは、行政文書や、行政機関のワークショップでよく見られる。その裏付けとして、「科学と芸術の融合」というウェブサイトを開設している理化学研究所広報室に、電子メールで「芸術の定義について」質問したところ、“「科学と芸術の融合」で取り扱っている動画に関して「芸術」とは、一般の方が興味を示すであろう見た目に美しいもの、綺麗なものと定義しています。”と、回答があったことからわかる。

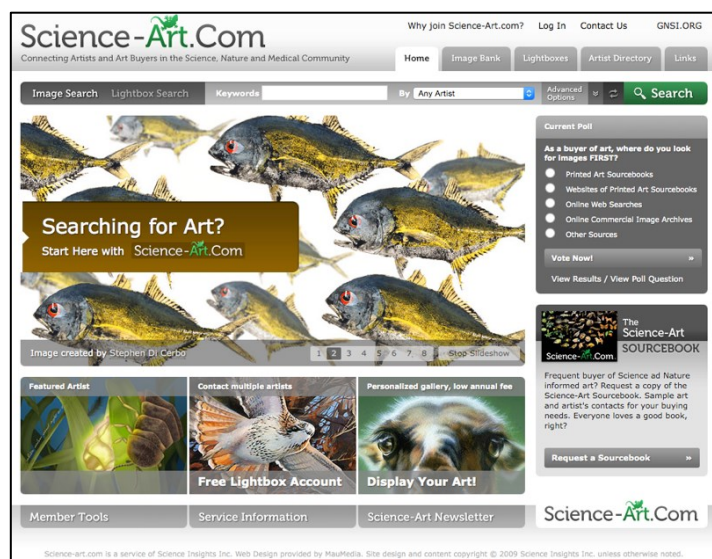
他方で、“想像やイメージを作品として描き出すというアートの手法の実践を試みた。一見、相反するものとして捉えられがちな「サイエンス」と「アート」であるが、個人の持つ想像力を介して、サイエンスとアートの融合を図った。”(宮田景子, 2010) というように、「アート=可視化」として語られることがある。本研究では、この「ア

ト＝可視化」であるが、先行事例とは異なるのは、高い技術力と、日本トップレベルのエビデンスがあることである。具体的には、ある科学的事実を可視化する際に、細部に渡って日本の第一人者的存在の研究者に伺い、制作の専門家である筆者らが制作することである。その制作において、一切の妥協は存在しない。

2.4.1 サイエンスアートという分野について

本研究は、サイエンスアートとして見ることができる。というのも、佐藤亮子・標葉隆馬（2012）によれば、「創作する手段の新旧を問わず、科学技術から得られた着想や思索、技術などを意識的に取り入れたアート作品をサイエンス・アートと定義」（原文ママ）されているからである。

そこで海外に目を向けると、既にサイエンスアート（Science Art）として確立している。高等教育においては、極一例であるが、カリフォルニア大学サンタクルーズ校（University of California, Santa Cruz）が、科学コミュニケーションコースの中に、サイエンスイラストレーション・コースを設置している。また、アメリカにおけるサイエンスアートは、イラストレーションや写真によるものが主体である。サイエンスアート専門のウェブサイト（【図 2-4】）を見てもそれがわかる。



【図 2-4】 Science-Art.com トップページ²³

²³ <http://www.science-art.com> （2017年10月閲覧）

特にサイエンスイラストレーションは、イラストレーターとして生計を立てていくだけでなく、科学者が対象を精密に観察するためのアプローチとして有益である。Association of Medical Illustrators²⁴によれば、現在、アメリカの4つの大学 (Georgia Health Sciences University, University of Illinois, Johns Hopkins University School of Medicine, University of Toronto) が大学院教育において、サイエンスイラストレーション養成コースの組織を形成している。つまりこれは、細密に対象を観察することで新たな発見や見直しの機会が生じ、「問題意識を研究者・技術者の側にフィードバックする」というサイエンスコミュニケーションの理念に合致すると考えられる。

さらにシンガポールには、世界初というアートサイエンスミュージアム (【図 2-5】、【図 2-6】は日本語サイト) が存在する。こちらは映像やイラストレーションが主体である。

また、本研究と同様に、立体造形によるサイエンスアートが既に存在する。あくまで一例であるが、病原菌やウイルスをガラスで再現した「Glass Microbiology」が挙げられる (【図 2-7】; MARS コロナウィルスのガラス造形。)。40cm 立方のサイズで、210 ユーロで販売され、プラス 10 ユーロで海外にも販売されている。ちなみにこの主催者は、ウェストイングランド大学 (University of the West of England) の客員上級リサーチフェローでもあるという²⁵。

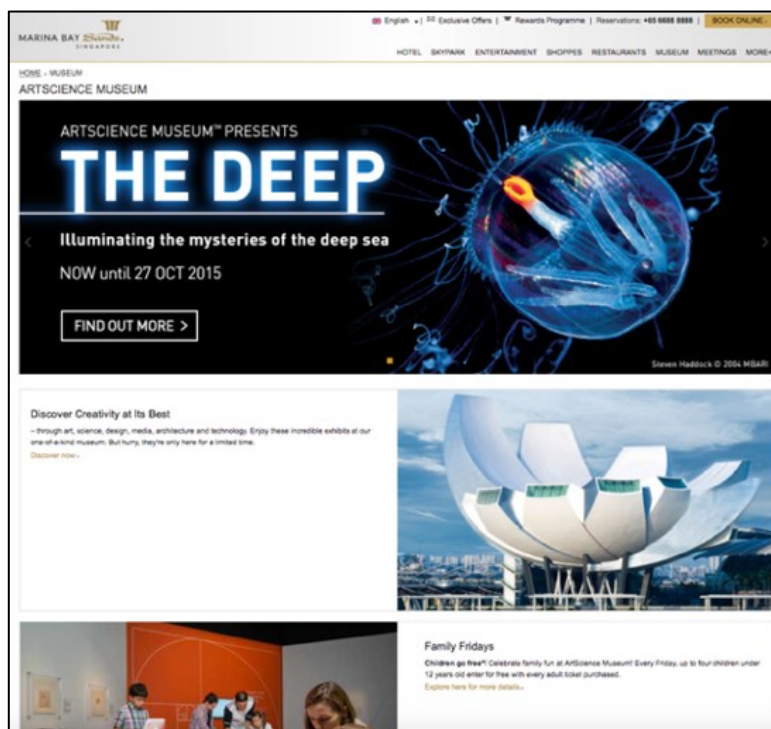
このように、世界ではサイエンスコミュニケーションやサイエンスアートへの関心が高まりを見せる一方で、日本においても徐々に進んでいる。

例えば、株式会社大西制作所 (東京都大田区) の「数楽アート」²⁶が挙げられる。これは「Glass Microbiology」と同様に、ウェブサイトで販売されている (【図 2-8】)。さらに、磁性流体を利用した彫刻を制作しているのが、電気通信大学准教授の児玉幸子である (【図 2-9】)。

²⁴ <http://www.ami.org/> (2017年10月閲覧)

²⁵ <http://www.lukejerram.com/glass/about> (2017年10月閲覧)

²⁶ 数楽アートとは、数学の2変数関数を立体グラフ化した、ステンレス製のアート・オブジェ。「 $z=axy$ 」や「 $z=a(x^2-y^2)$ 」といった関数が示す軌跡にそって切断した数十枚のステンレス鋼板を、職人が1枚ずつ手作業で格子状に組みあげたもの。数学の美しさと職人の技の融合による高次元アートである。



【図 2-5】「Art Science Museum at Marina Bay Sands」ウェブサイト²⁷



【図 2-6】「Art Science Museum at Marina Bay Sands」日本語ウェブサイト²⁸

²⁷ <http://www.marinabaysands.com/museum.html> (2017年10月閲覧)

²⁸ <http://jp.marinabaysands.com/museum.html> (2017年10月閲覧)



【図 2-7】『Glass Microbiology』²⁹



【図 2-8】『数楽アート』³⁰

²⁹ <https://www.lukejerram.com/glass/> (2017年10月閲覧)

³⁰ <http://sugakuart.com> (2015年9月閲覧)



【図 2-9】 児玉幸子『惑星 No.1』(2013 年) ³¹

理化学研究所 広報について | 研究紹介 | **広報活動** | 外部連携 | 採用情報

広報活動

Home > 広報活動 > ビデオライブラリー >

科学と芸術の融合

自然が織り成す美しい模様を取上げた動画や、芸術作品に生かされた科学をご覧ください。

3D生物顕微鏡の作り方
RIKEN

2014年4月28日 [YouTube](#)
なかが見える！3D生物顕微鏡：作り方

2014年4月28日 [YouTube](#)
なかが見える！3D生物顕微鏡：ミカン

2014年4月28日 [YouTube](#)
なかが見える！3D生物顕微鏡：マウス

2014年4月28日 [YouTube](#)
なかが見える！3D生物顕微鏡：タサガメ

動画配信
RIKEN Channel! [YouTube](#)

- 広報活動
 - プレスリリース(研究成果) >
 - トピックス >
 - イベント/シンポジウム >
 - 理研ブログ >
 - 刊行物 >
 - ビデオライブラリー
 - 松本私理理事長記者会見・懇談会
 - プレスリリース解説
 - 研究/施設の紹介
 - 研究成果
 - 60秒でわかる？最先端の科学
 - 科学のフロンティアシリーズ
 - 高校理科から最先端研究へ
 - 理研の歴史
 - 講演会
- 科学と芸術の融合
 - 情報配信サービス >
 - お楽しみコンテンツ
 - 施設見学 >
 - 理研関係者向け >

³¹ https://www.chofu-culture-community.org/forms/info/info_print.aspx?info_id=7262 (2017年10月閲覧)

【図 2-10】 国立研究開発法人理化学研究所ウェブサイト『科学と芸術の融合』³²

さらに、国立研究開発法人理化学研究所では公式ウェブサイト（【図 2-10】）内において、「科学と芸術の融合」と題して、自然が織り成す美しい模様を取上げた動画や、芸術作品に生かされた科学を公開している。このような、サイエンスアートの造形物やオブジェ、映像を活用していくことは、サイエンスコミュニケーションの理念を汲んでいると言える。

一方で、対話型のサイエンスアートも存在する。陶磁研究家の森由美氏が、2015年9月18日、NPO 法人市民科学研究室による「サイエンスカクテルサロン」の第9回目「使う人と観る人のための焼きものの科学」を都内で開催した。以下、ウェブサイトから抜粋する。

土に水を加えて形作り、高温で焼くことによる物理的・化学的変化の結果が「焼きもの」です。だから陶芸には科学的知識が欠かせません。でも、作るためだけではなく、美術品として評価され伝えられてきた作品を鑑賞したり、食器として使ったりするときにも、科学の知識が役立ちます。使う人、観る人に役立ち、知っている暮らしが楽しくなる焼きものの科学にふれてみませんか。

陶芸には科学的知識が欠かせないということは、筆者が家業で経験してきたFRP造形も同様である。FRP造形においては、主剤であるポリエステル樹脂、促進剤であるナフテン酸コバルト、硬化材であるメチルエチルケトンパーオキシサイドの、3液の化学反応を利用して樹脂を硬化させるのだが、その過程で順序や分量を間違えれば、FRPの強度が低下するだけではなく、爆発や火災に繋がる危険がある。事実、建築現場においてFRP防水作業に伴う火災が各地で絶えない。つまり時として、アートに関わる人間がサイエンスに疎いのは危険なことである。

このように、世界においても、日本においても、少しずつではあるが、サイエンスアートや、アートの融合が計られたサイエンスコミュニケーションが盛り上がりを見せている。単にアートの一分野として捉えるだけではなく「学校教育」すなわち学習指導要領に即したサイエンスアートのコンテンツを作成し、学校教諭が教材として使

³² <http://www.riken.jp/pr/videos/art/>（2017年10月閲覧）

しやすいコンテンツを作り、科学館に提供することを計画している。それにより、サイエンスアートを通じて学校教育と科学館の連携が深まり、児童・生徒が学校教育と科学館におけるコンテンツの関連性を感じることで、科学館や研究機関の研究活動への興味関心につながる、と考えている。つまり、筆者が考えるサイエンスコミュニケーションとは、サイエンスアートが、科学技術やその研究に対する興味関心の促進剤となることである。

2.4.2 本研究の立ち位置

改めて整理すると、本研究においては、科学教育の側面を持ちながら、文部科学省が求めるような「理科離れ対策」や「科学理解増進」という意図は無い。

また、高い制作能力と技術力を用いて、日本トップレベルかつ最新の科学的なエビデンスを以って、科学を可視化させることに特筆性がある。そして本研究は、「大学や研究所及び企業を含む、科学コミュニティ内のグループ間」と「博物館や科学センターを含む、メディアと公衆とのコミュニケーション」の2種のコミュニケーションに該当する。つまり、本研究で制作するコミュニケーションツールは、大学の専門分野の講義でツールが使用できることと、科学教育一般でも使用できること、が条件となる。その主要なターゲットは、大学生・大学院生・研究者間のコミュニティであり、学校教育における「総合的な学習の時間」である。

2.4.3 「真に迫るもの」の意義

本研究で制作するコミュニケーションツールは、大学の専門分野の講義で使用できると、科学教育一般でも使用できることが条件となるため、実物に忠実でなければならない。これについて石川良輔（2000）は、以下のように述べている。

昆虫の標本画は芸術作品ではない。科学的研究のための基礎資料である。それに求められるのは第一に限りなく正確な描写で、写真では十分にとらえることのできない細部まで忠実に描かれていることが求められる。昆虫の体の表面の金属光沢ひとつとってみても、その感じを“芸術的に”出すのではなく“実物通り”でなければ

ばならない³³。



【図 2-11】 木村政司『ニジイロナンヨウタマムシ』（1985 年）

³³ <https://www.aboc.co.jp/business/publishing/museum/flowermuseum/03.html> （2017 年 10 月閲覧）

また、石川は、自著『オサムシを分ける錠と鍵』（1991）の口絵を木村に依頼したのだが、木村の描いたオオルリオサムシを、以下のように評している。

体長約 20cm に描かれているオオルリオサムシは拡大すると、体表面の微細構造や細かい皺や点刻などが実物さながらに見えてくるのである。毛に陰影までつけられている緻密さは、まさに別世界といってよい³⁴。

この記事が掲載された 2000 年当時、まだデジタル一眼レフカメラの黎明期であり、フィルムカメラが主流であった。そして現在、映像センサー開発が進むにつれ、デジタルアーカイブという研究分野が出現した。その研究には巨額の研究開発費が必要で、同時に、「科学と芸術」や「デジタルアーカイブ」において、芸術系大学に大型研究費をもたらしている³⁵。つまり、現在では、実物と見紛うほどの映像技術により、昆虫を撮影できるようになったのである。

それでは、「Scientific Illustration」や「サイエンスアート」は不要になるのか、という問いに対して筆者は、必要であると強く主張する。

そもそも本研究における制作は、日本で言われる「サイエンスアート」に分類されるものは、その定義が明確ではないと考えられる。サイエンスアート関連文献を読むと、それは、「Art in Science」と「Art of Science」の違いを明確にしていなかったことがわかる³⁶。一方で、本研究は「Art of Science」である³⁷。例えば、【図 2-7】【図 2-8】【図 2-9】は、科学を題材にしたアート作品であるので「Art in Science」である。一方で本研究は、【図 2-11】と同様に「Art of Science」である。

仮に、本研究が立体造形ではなくイラストレーションであれば「Scientific Illustration」であり、同様に高い制作技術が必要である。そして、イラストレーションであっても、「真なるもの」に迫る制作が、後に芸術作品としての価値を帯びることは、オーデュボン（John James Audubon）が『The Birds of America』で証明してい

³⁴ <https://www.aboc.co.jp/business/publishing/museum/flowermuseum/03.html> （2017 年 10 月閲覧）

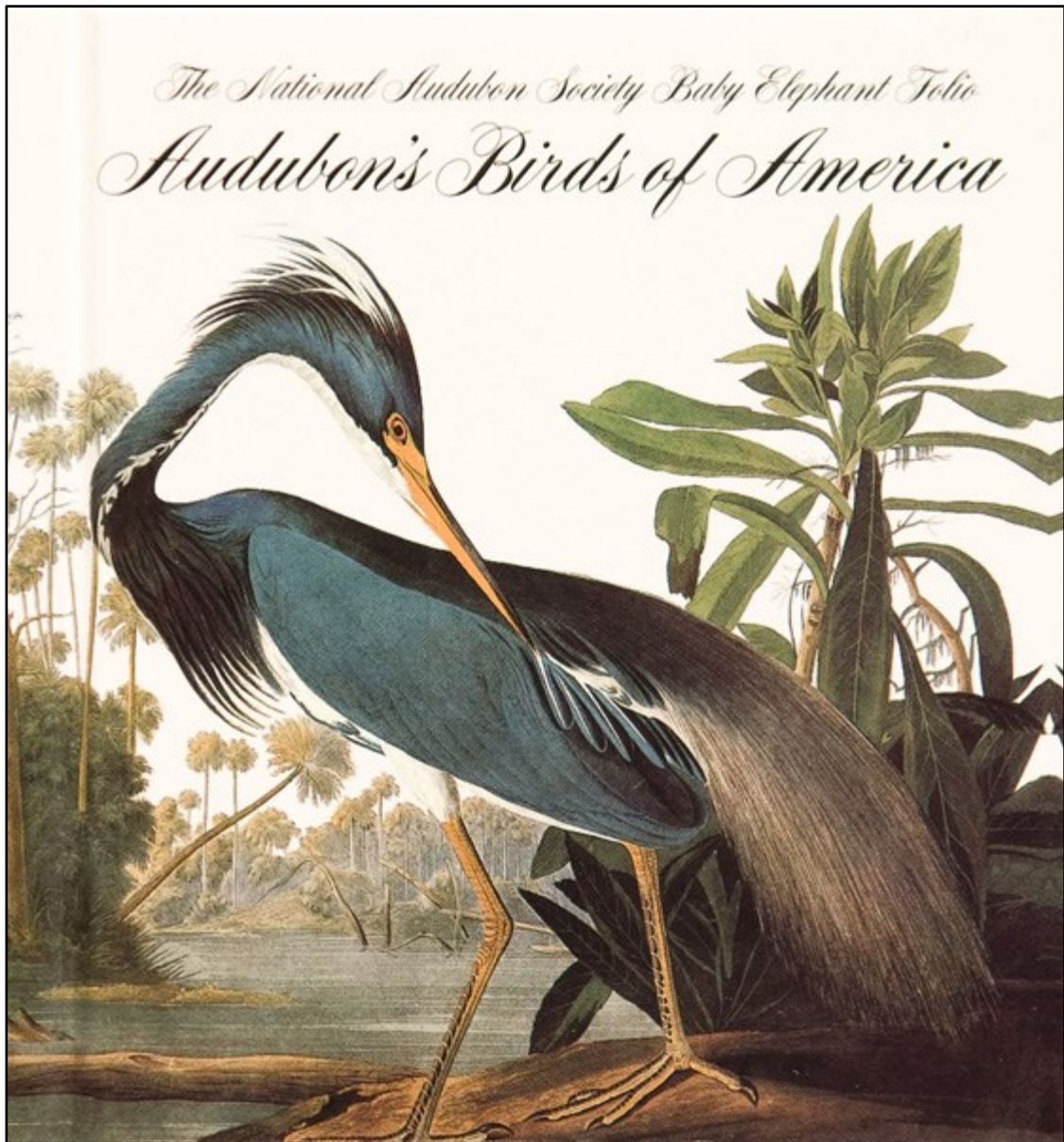
³⁵ 『東京藝術大学 COI「感動」を創造する芸術と科学技術による共感覚イノベーション拠点』

³⁶ 一方で、edX では、絵画を化学分析することを「Science in Art」と定義し、講義を開講している。（<https://www.edx.org/course/science-art-chemistry-art-materials-trinityx-t001x> , 2017 年 10 月閲覧）

³⁷ John Kean, “The Art of Science: remarkable natural history illustrations from Museum Victoria”, Museum Victoria, 2013

る。

話を戻して、ヴァルター・ベンヤミンが「複製技術時代の芸術作品」の中で論じた「アウラの凋落」と同じことが、今まさにサイエンスアートに起きている、と考えられる。それは、機械技術による複製が大量生産され、世界のあらゆる場所においてオリジナルの精巧なコピーが展示されるようになり、その量的な膨張を「アウラの凋落」とベンヤミンが論じたように、今、デジタル技術により表現方法や保存方法が劇的に変化していき、それに伴い、サイエンスアートのあり方も変容していると考えられる。



【図 2-12】 J.J. Audubon (1838) 『The Birds of America』

第3章 サイエンスコミュニケーションと科学技術広報

前章まで、本研究の立ち位置とターゲット層を明らかにした。しかしながら、サイエンスコミュニケーションが担っている科学技術広報においては、ターゲットが定まっていないことで、諸々の問題が発生していると考えている。

前述の通り、サイエンスコミュニケーションは、市民や社会全体が、科学技術を活用することで豊かな生活を送るための知恵、関心、意欲、意見、理解、楽しみを身につけることに寄与している³⁸。しかし、このような科学イベントは、一過性のイベント開催に終始しているため、各展示内容の継続性や関連性に欠けるという問題点³⁹がある。

そこで本章では、前章で論述した、サイエンスコミュニケーションにおける「アートと科学の融合」に即しながら、サイエンスコミュニケーションにおける科学技術広報のあるべき姿を探る。

³⁸ 前掲、渡辺（2011）,p7

³⁹ B 研究機関においては、年間 150 もの一過性のイベントを開催することで、社会との接点を多数保つと誤認していた。結果として、そのイベントに参加した人との限定した接点でしかなく、社会的なコミュニティ形成が困難であった。

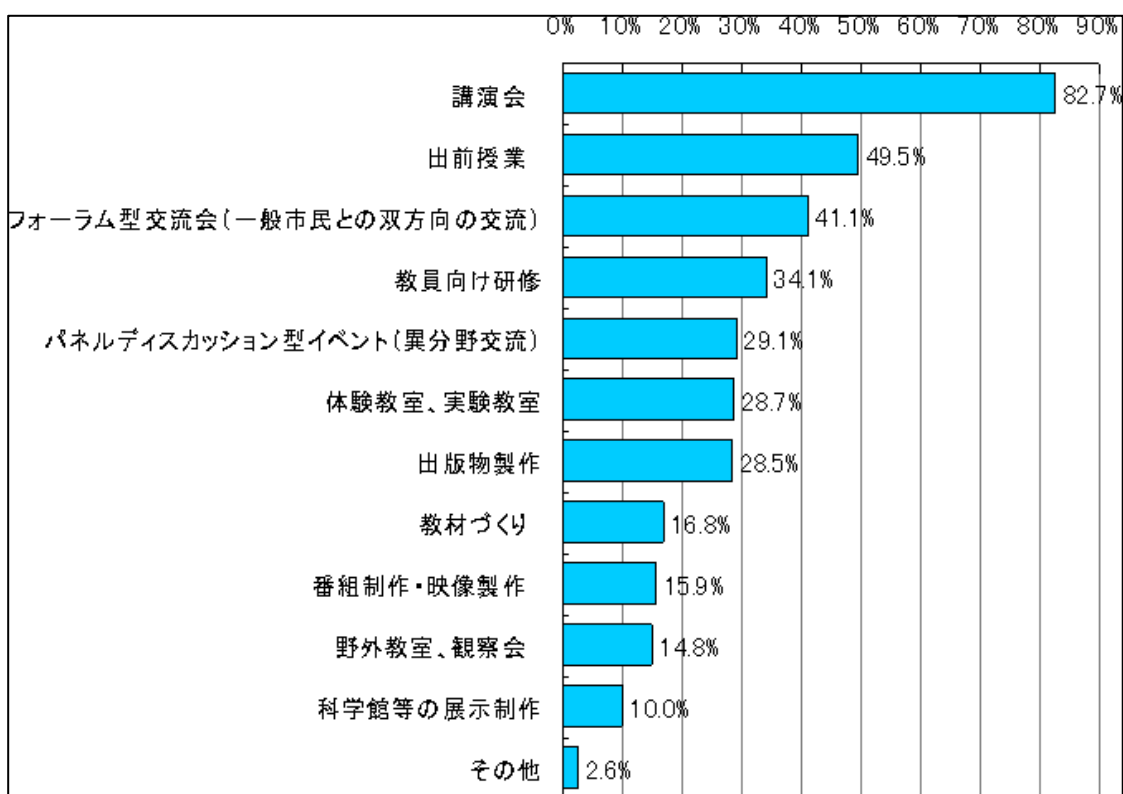
3.1 科学技術広報とは何か

ここでは、日本のサイエンスコミュニケーションについての具体的な記述を参考にしながら、これまで定義付けされていない科学技術広報の、その実務内容について考察する。

平成 23 年度科学技術白書によれば、「科学技術コミュニケーションとは、国会、政府をはじめ研究機関、教育機関、学協会、科学館、企業、NPO 法人等の団体、研究者・技術者、国民・住民等の個人などの間で交わされる科学技術に関するコミュニケーション活動で、非常に幅広い内容を包含するもの」とある。それでは、具体的に幅広い内容とは何か。引き続いて科学技術白書（2011）を以下にみる。

- ・ 科学技術に関する報道
- ・ 科学技術番組制作、放映
- ・ 科学雑誌・科学書等の発行
- ・ 科学技術に関する講演会、討論会、ワークショップ、サイエンスカフェ等
- ・ 学校等における科学技術に関する授業
- ・ 大学、企業、NPO 法人等が行う地域の理科実験教室
- ・ 科学博物館等での展示
- ・ 科学技術に関する生涯学習講座
- ・ サイエンスショップ（市民向け科学技術相談室）
- ・ 政府、地方公共団体、研究機関、企業による各種広報活動

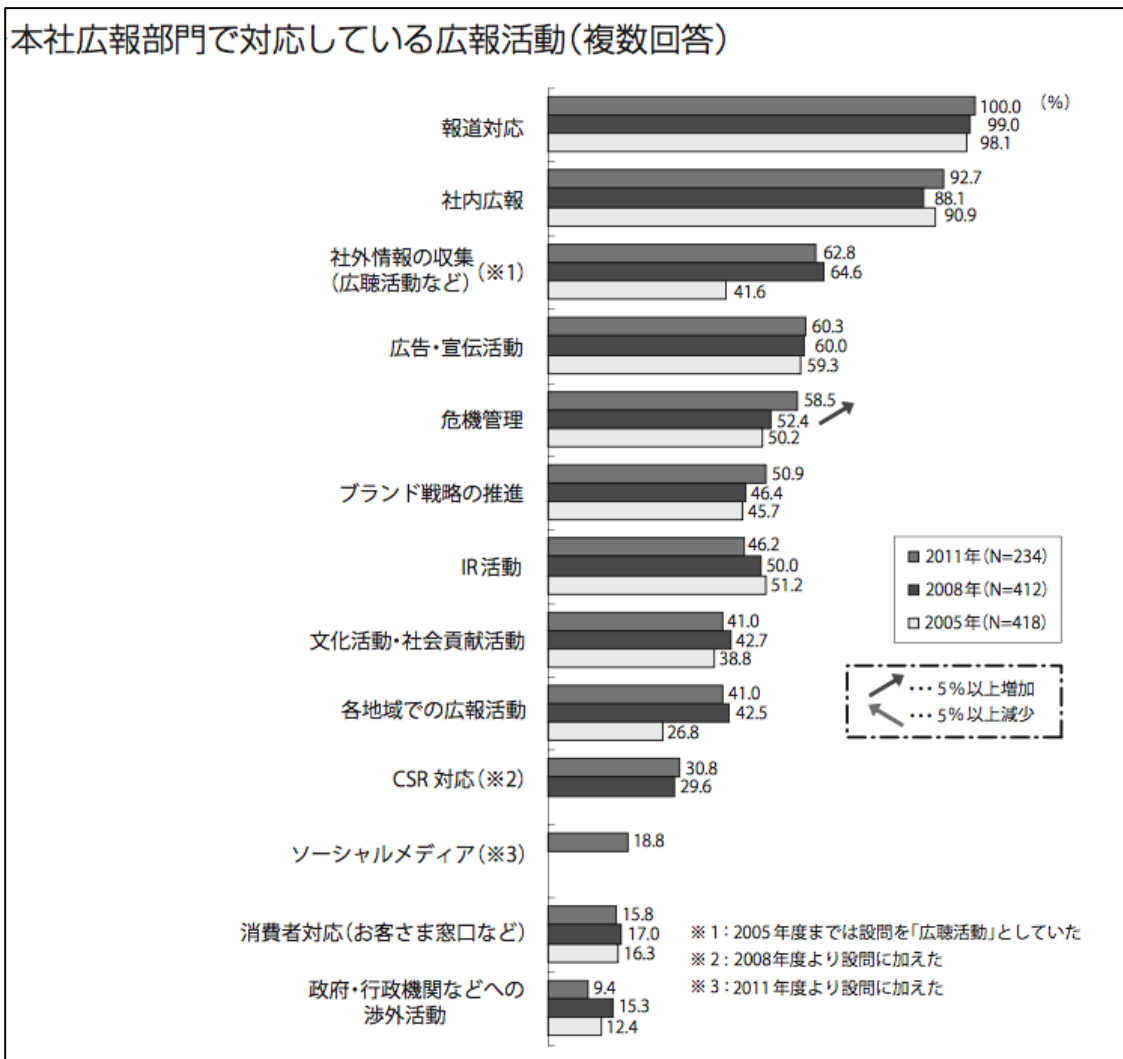
つまり、これらの内容は一般的な広報業務だけでなく、大学や研究機関におけるアウトリーチ活動の実施形態（【図 3-1】、n=722）の実施内容と重複している。無論、それぞれ個々の業務においてフリーランスや受注業者が存在するが、発注者は組織であり、アウトリーチ活動もまた、科学技術広報担当者が主体となって行う業務内容である。



【図 3-1】『アウトリーチ活動の実施形式』（日本学術会議，2005）⁴⁰

一方で、科学技術広報と企業広報と何が違うのか。財団法人経済広報センターによる、企業の本社広報部門を対象としたアンケート調査『第 11 回 企業の広報活動に関する意識実態調査 報告書』（【図 3-2】）をみると、ほとんどの企業が、「報道対応」と「社内広報」を主要業務として位置付けている。また、過半数の企業で、「社外情報の収集」「広告・宣伝活動」「危機管理」「ブランド戦略の推進」の業務を行っていることがわかる。

⁴⁰ 日本学術会議（2005）『若者の科学力増進特別委員会 「次世代の科学力を育てるために」』,p32



【図 3-2】『本社広報部門で対応している広報活動』⁴¹

さらには、企業広報が社会に対して「ブランド戦略の推進」や「CSR 対応」を行うのと同様に、大学や研究機関は国家主導で⁴²サイエンスコミュニケーションを通じた

⁴¹ 財団法人経済広報センター“第 11 回 企業の広報活動に関する意識実態調査 報告書”, p13,2012

⁴² 文部科学省『平成 23 年版科学技術白書』第 1 節；科学技術コミュニケーションの可能性より以下抜粋。

科学技術コミュニケーション活動の推進について、これまで政府は、累次の基本計画に基づいて、科学技術の理解増進活動を中心に取組を強化してきた。まず、科学技術基本法制定後、平成 8 年度にスタートした第 1 期基本計画では、「科学技術に関する学習の振興及び理解の増進と関心の喚起」という項目を設けて、その重要性を示した。同年秋には、科学技術振興事業団（現：科学技術振興機構）に「科学技術理解増進室」が設置され、「科学技術理解増進政策」の実施が本格的にスタートした。平成 10 年 11 月には、科学技術庁（当時）の科学技術理解増進検討会（座長：中村桂子）からの提言「伝える人の重要性に着目して」が取りまとめられ、イ

イメージアップ戦略（社会・国民に支持される科学技術）や、税金で運用されていることが多い教育研究機関⁴³としての「説明責任」を果たしている。

このように、企業広報と科学技術広報における業務内容に大きな差異はないことが分かった。そこで、フィリップ・コトラー（Philip Kotler）が、企業における広報の項目とその具体的な業務を示した「PENCILS」⁴⁴を参考に、科学技術広報の業務内容を当てはめてみると、以下のようになる。

P (Publications) : 広報誌等の印刷物の制作

E (Events) : サイエンスイベントへの参加, サイエンスカフェの開催など

N (News) : 最新の研究ニュースレター, 研究報告書などの公刊

C (Community) : 地域社会, 近隣研究機関・教育機関との交流

I (Identity media) : 組織のロゴ入り文具等グッズ制作

L (Lobbying activity) : 国に対して行う政治的な活動

S (Social responsibility activities) : 社会的責任に関する活動

Philip Kotler (1986) ⁴⁵より筆者改

このように、科学技術広報の整理ができると考えられる。ただ筆者は、科学技術広報の実務に関与してきて、本当の意味で社会に対して説明責任を果たしているのか、

インタープリターの重要性、研究費の1パーセントを理解増進のために配分することなどを提言し、その後の施策検討の重要な柱になった。引き続き、平成13年度からの第2期基本計画においては、科学技術と社会に関する記述を更に深化させ、「社会のための、社会の中の科学技術」という観点に立ち、科学技術と社会とのコミュニケーションを確立する必要がある、として、「科学技術活動についての社会とのチャンネルの構築」及び「科学技術に関する倫理と社会的責任」という項目を設け、「説明責任は、研究者の責任と義務」と明記し、社会との双方向のコミュニケーションの必要性を説いた。平成16年7月、文部科学省科学技術・学術審議会人材委員会「科学技術と社会という視点に立った人材養成を目指して」と題する提言において、知識を生産する研究者、技術者だけでなく、知識を活用し社会へ還元する人材を養成することの重要性が提言され、さらに平成17年7月、文部科学省の科学技術理解増進政策に関する懇談会（座長：有馬朗人）の報告書「人々とともにある科学技術を目指して」で、「社会のための科学技術」の実現のために、科学技術を分かりやすく親しみやすい形で人々に伝え、対話を深めるアウトリーチ活動の推進、成人に身につけて欲しい科学技術リテラシー像の策定等が提言された。

⁴³ 寿桜子『科学広報の開国を』、科学技術振興機構サイエンスポータル内

(http://scienceportal.jst.go.jp/reports/laboratory/20150403_01.html 閲覧日：2015年6月29日)

⁴⁴ Kotler, P.(2014). Kotler on Marketing : How to Create, Win, and Dominate Markets. Free Press.

⁴⁵ Kotler, P. (1986). Global Standardization-Courting Danger. Journal of Consumer Marketing. Vol. 3, No.2, pp. 13- 20.

研究成果や研究内容を市民に分かりやすく伝えるための活動理念に迫ることができているのか、疑問に感じていた。つまり、科学技術広報は、市民ではなく予算の出どころである政府や省庁を向いて科学技術広報を行っていると感じていた。

それは木村政司（2006）が指摘するように、「サイエンス・コミュニケーションという言葉は流行言語と化して、文部科学省から研究費をもらうための都合のいいもの」となっている。そのため、当面の予算や研究費獲得のために、成果として報告しやすい、一過性でその場限りの、ブツ切りの科学技術広報が多々行われてきた。この背景には、サイエンスコミュニケーションが科学教育や博物館学における研究分野として確立してきたことと、大学や研究機関における業績主義があると考えられる。

3.2 サイエンスコミュニケーションの政治性～業績主義のはざままで

前述の通り、国家主導でサイエンスコミュニケーションが推進されてきたことにより、現在では、日本の多くの大学や研究機関において広報担当部署が整備され、広報専門職員が勤務している。中には30人近くも広報部員を擁する研究機関がある。もともと、広報部員が何十人いようと、広報活動の実施にあたり、研究者の協力は欠かせない。しかしながら、広報活動に協力するための時間的余裕がないのが研究者の実情である。それに、広報活動に協力しても研究業績にならないため、研究者としての業務評価に繋がらないのである。例えば、筆者がある研究機関に所属していた時に、科学館への企画展協力のために展示用パネルを作成する際、当該分野の研究者に対して、パネルの記載内容の精査や確認、そしてサイエンスカフェへの登壇を、広報担当部署からお願いすることがあった。もちろん、その研究機関における代表的な研究課題であり、最もホットな話題を社会に提供するという趣旨であるうえ、研究者も名誉なことと喜び、依頼者である科学館側もその研究課題を望んでいる。しかし、同種の依頼が増えると、協力者である研究者の負担が増大するというケースが生じる。そして前述の通り、彼らにとって研究業績にならない。つまり、研究者にとって広報活動に協力することは、研究の稼働率を下げることになる。

しかも、科学技術広報の活動は第一線を退いた元研究者が担うものであり、現役の研究者である自分が担うべきことではない、と考える研究者が少なからずいる。広報担当者はこうした事情を理解していながら、一部の協力的な研究者の厚意に甘え、そして頼みやすい若手研究者に依頼が集中してしまうことがある。そうして、研究者が科学技術広報活動を疎ましく感じるようになることがある。

一方で、研究機関における科学技術広報の重要な目的は、企業の広報でいうところの「ブランド戦略の推進」にあたる、運営費交付金獲得のためのプレゼンス向上である。この場合、予算の出どころである国へ意識が向かうのは前節で述べた通りである。それは、科学技術広報担当者の姿勢にも現れる。例えば、展示協力を希望する科学館が同時に複数あった場合、より大きな科学館で企画展を実施したほうが、より多くの来館者数を見込めるため、社会的なインパクトもあり広報効果が高い、と判断する。

ただし、ステークホルダーの依頼は最優先である。それは、省庁（文部科学省や科学技術振興機構、内閣府等）が主催となるイベント依頼のことである。もともと、これらの機関によるイベントは一年以上前に調整に入っているため、先着順の観点から

見ても優先的である。このような省庁主催での展示においては、科学技術広報の方向性が、コトラーの言う「PENCILS」のうちの“L”に向かい、政治的な意図が強くなる。あるいは、展示の内容はさほど重要ではなく、とにかく出展することで省庁に対してのプレゼンスを向上させるというケースもあり、まさに“L”に向いて仕事をしていることになる。

この展示の政治性については、展示学においてよく語られている。そのときによく持ち出されるのが、ラテン語の“dispicare”である。これは、「重ねてあるものを広げる」という意味を持つ。そしてこの言葉は、“deploy”や“display”へとつながる。“deploy”は「(軍隊を) 動員する、配備する、展開する」であり、“display”は「展示する」である。日本においても、自衛隊による訓練展示や装備展示というように、展示と軍備は密接である⁴⁶。つまり、展示とは規則に基づいて行われるものであり、規則が無いものは「陳列」である。

また、展示とは「語り」であり「騙り」でもある⁴⁷。つまり、見せるという行為と隠すという行為は表裏一体なのである。よりわかりやすく言うならば、他者から悟られても構わない真意と、悟られたくない真意が同時に存在するのである。

これについては、筆者はA研究機関で体験している。それは、A研究機関の上層部が、広報を強化してプレゼンスの向上を図りたいが、サイエンスコミュニケーション関連イベントの出展をされると困る、という指摘があった。なぜそのような指摘があったのか。A研究機関は、毎年のように運営費交付金を減額されるなど厳しい状況となっており、所有するシステムの共同利用状況が芳しくなく、その電気代は年間数億円にもおよび、少しでも社会で目立つことで「税金の無駄遣い」であることを市民から指摘されることを最も恐れていた、という背景がある。これが、悟られたくない真意である。また、まさにそのとき、STAP細胞問題が発生し、その広報対応の杜撰さから、サイエンスコミュニケーションや科学技術広報に対する不信感が大きな懸念材料となった。

しかし、これを特別な事例だと考えることはできない。というのも、原発問題における政府や東京電力の対応をみると、市民が得たいと思う情報が本当に得られているか、疑問だからである。このような状況は、文部科学省が科学技術白書で示している、

⁴⁶川口幸也(2009)『展示の政治学』,水声社,p19

⁴⁷前掲,川口(2009),p24-25

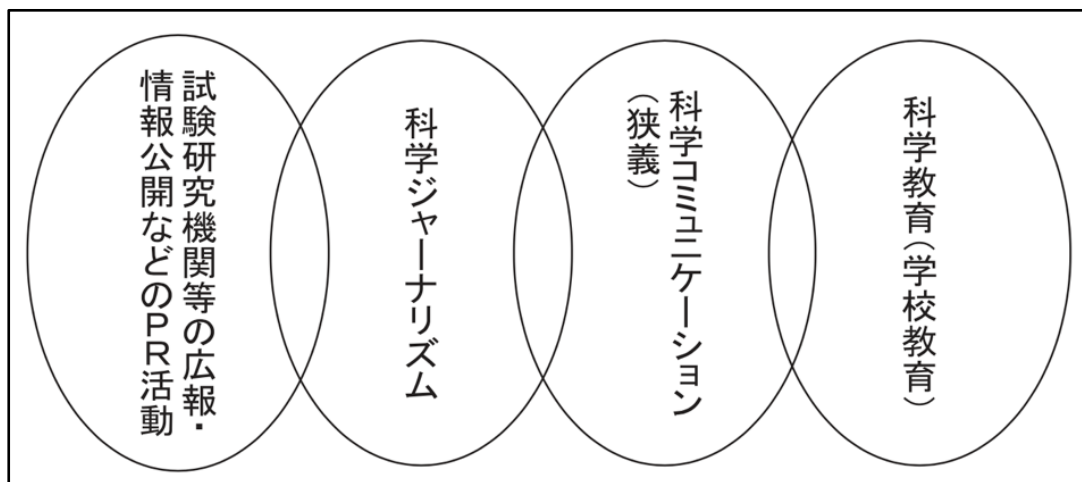
「科学技術を一般国民に分かりやすく伝え、あるいは社会の問題意識を研究者・技術者の側にフィードバックするなど、研究者・技術者と社会との間のコミュニケーションを促進する」というサイエンスコミュニケーションの役割にも反する。研究者と市民が対話することで、お互いに高め合うという、筆者のような文系人間からすると十分な事前学習が必要な、とても敷居の高いコミュニケーションがそこにあり、サイエンスコミュニケーションとは、まるで高尚な研究分野のひとつのようにすら捉えられる。

しかし、B 研究機関のイベントの実務担当者になって認識したことは、サイエンスコミュニケーションとはもっと感情的な次元であった。子供たちが研究船をみて「でかいなあ!」「すごい!」とか、深海生物をみて「綺麗だなあ!」とか、そういった素直な感情や興味関心が生まれる場だった。それは多くの大人も同じで、文部科学省が求めるような、研究分野の専門的な内容によるコミュニケーションではなかった。

そこで筆者が提案するサイエンスコミュニケーションは、アートとの融合である。具体的には、サイエンスに関するアート作品を制作し、科学技術広報や科学館、教育現場で活用することで、「大学や研究所及び企業を含む、科学コミュニティ内のグループ間」と「博物館や科学センターを含む、メディアと公衆とのコミュニケーション」の2種のコミュニケーションを深める。サイエンスに関するアート作品を制作し、科学技術広報や科学館、教育現場で活用することで、科学技術を一般国民に分かりやすく伝え、科学技術に関心を持ってもらう、その導入部分としての役割を担うものである。サイエンスアートは、「綺麗だなあ!」とか「すごい!」と言った素直な感情を生み出すものである。

3.3 本研究におけるターゲット層について～広報研究の視座から

林衛ら（2005）による，日本のサイエンスコミュニケーションの4つの柱について確認すると，広報・PR活動が1つの柱として重要視されていることがわかる。



【図 3-3】『科学コミュニケーション 4つの柱』（林衛・加藤和人・佐倉統，2005）⁴⁸

※「狭義の科学コミュニケーション」は、「科学館や研究施設の科学コミュニケーターや，研究者自身による一般市民との双方向性の高い対話」と定義。具体的にはサイエンスカフェや，サイエンスアゴラのような科学イベント。

ところが，サイエンスコミュニケーションにおける広報研究の中で，磯部洋明（2013）が以下のように述べている。

科学・技術イベントにどのような人に参加して欲しいかはその活動の目的によって異なるが，いずれにしても出発点はどのような人が参加しているかを把握することである。イベントの参加者はしばしば「一般市民」と一括りに捉えがちだが，実際には多様な参加者がいて，どの層を引きつきたいかによってイベントの構成や広報のやり方は変わってくる。また参加者の分類には様々な基準があり得て，年齢や職業等の分布を見れば一見多様な属性を持つ参加者を集めているようでも，

⁴⁸林衛・加藤和人・佐倉統（2005） 「なぜいま『科学コミュニケーション』なのか？」『遺伝』第 59 巻第 1 号，30-34

「科学・技術への関心」の度合いで人々を分類すれば、社会の中のごく偏った層だけが参加しているということもあり得る。⁴⁹（下線部，筆者加筆）

ここで述べられているように、日本の科学イベントにおいては、対象者を「一般市民」と記述する先行研究で占められており、それが広報研究を停滞させている原因ではないかと考えている。さらに言えば、社会の中のごく偏った層、つまり科学系博物館で言えばヘビーユーザーのような「既存層」を対象としているに過ぎない、ということ磯部が示唆している。

こうして、科学イベントが偏りを見せるのは、広報研究に即してその対象者を検討してこなかったことが原因である⁵⁰。そこで、広報研究、とりわけマーケティング研究における対象者の分類を援用して、下記の通り、サイエンスコミュニケーション関連イベントにおける対象者の分類を試みる。

- ・ 既存層：関心があり知っている。科学系博物館や科学イベントの利用頻度は高い。いわゆるヘビーユーザー。
- ・ 顕在層：関心があり知っている。科学系博物館や科学イベントの利用経験はある。利用頻度は低い。いわゆるライトユーザー。
- ・ 潜在層：科学系博物館や科学イベントに関心があり知っているが、利用経験がない。
- ・ 低関心層：科学系博物館や科学イベントを知らない、全く興味がない。

ただし、同じ科学イベントであっても、学校と科学系博物館では対象となる層が異なる。例えば、学校での出前授業では、低関心層、潜在層、顕在層、既存層全てが混在すると考えられる。これについては、後述の出前授業のアンケートで証明したい。一方で、科学イベントにおいては、顕在層、既存層が中心となる。これについて菅野康太は、「殆どの低関心層に対してサイエンスコミュニケーション活動は届いていないし、サイエンスコミュニケーションという言葉すら認知されていない」ことを立証し

⁴⁹磯部洋明（2013）「低関心・関与層へのアプローチと、芸術・伝統文化とのコラボレーション」第2回ユニバーサルデザイン天文教育研究会

⁵⁰岡本信司は、科学技術に対する関心度の観点から、公衆を「注目している公衆」「関心のある公衆」「その他の公衆」の3層に分類している（NISTEP,2001）。

ていることからわかる。(菅野,2011)

ところで、低関心層については、関心を持ってもらうために大きくリーチを取る、わかりやすい、興味を引くことをする、ということがマーケティングにおいて求められる。しかしながら、科学系博物館や科学イベントを知らない、全く興味がない人たちに、どうやって科学の面白さを伝えるのか、非常に困難な課題である。そこで筆者は、この課題に挑戦するため、低関心層、潜在層、顕在層、既存層全てが混在する学校への出前授業という場面において、それらを検証することにした。特に、低関心層に「科学研究の存在」を認知してもらうこと、潜在層・顕在層・既存層においては「科学研究の面白さ」を理解してもらうことを重視する。これらについては、次章に述べる。

第4章 サイエンスコミュニケーションと教育活動

4.1 2015年度「うなぎプラネット」活動報告

4.1.1 うなぎプラネットについて

世界のウナギ資源はこの40年間に激減した。特にニホンウナギ、ヨーロッパウナギ、アメリカウナギは、国際自然保護連合（IUCN）から絶滅危惧種に指定された。そこで日本大学では、ウナギの生態研究とウナギを取り巻く環境の保全を目的とした、学部連携総合プロジェクト「うなぎプラネット」を立ち上げた。本プロジェクトは、日本大学の全14学部（当時）の内、9学部16名の研究者・教員が関与している。芸術学部から木村政司教授、生物資源科学部からは「ウナギ博士」で有名な塚本勝巳教授が主体となって実施された。

4.1.2 うなぎキャラバンについて

生物資源科学部と芸術学部の教員・研究者が中心となり、博物館企画展示「うなぎプラネット」と、サイエンスコミュニケーション活動を実施した。筆者の所属である芸術学部では、生物資源科学部博物館の企画展示において映像製作や立体造形製作を担当した。また、今年度から来年度にかけて「うなぎキャラバン」という、全国各地の小中学校で出前授業を行っているが、2015年度において筆者が関与した、東村山市立久米川小学校（東京都）と、藤嶺学園鵜沼高等学校（神奈川県）での出前授業について報告する。最後に、芸術学部デザイン学科の木村政司教授が企画・立案し、採択された『サイエンスアゴラ2015』の出展において、筆者がモデレーターとして実施したシンポジウムについて報告する。

4.1.3 筆者が関与した活動

①日本大学生物資源科学部博物館企画展示「うなぎプラネット」

平成27年7月1日から平成27年12月19日まで開催された。同時に、ウナギに関するイラストを募集しており、その選定と掲示とともに、芸術学部デザイン学科学生らで、イラストをもとに立体造形を製作・展示した。また、芸術学部助手によるウナギの彫刻が屋外に常設展示された。

②出前授業「うなぎキャラバン」

今年度から開始し、全国 40 校以上の小中学校で実施されている。そのうち、筆者が関与した 2 校についての結果は以下のとおりである。

1) 実施場所：東村山市立久米川小学校

日時：平成 27 年 10 月 22 日 13 時～15 時

対象：4 年生 94 名

プログラム：

- 1 プロジェクト紹介
 - 2 日本と海外のウナギの食文化について（発問）
 - 3 ウナギが絶滅危惧種に指定された背景（発問）
 - 4 ウナギの生態に関するクイズ（質問）
 - 5 最新ウナギ研究（講演）
 - 6 うなぎイラストの制作（30 分）
 - 7 これからの研究（国語の教科書以後）
- ※テーマ【小学生】ウナギの保全の重要性を伝える



【写真 4-1】登壇する筆者と児童の様子

内容：講師は、生物資源科学部の塚本勝巳教授と筆者。塚本教授は、平成 27 年度

版小学校『国語』4年（下）の中の「ウナギのなぞを追って」を執筆しており、小学校の平常授業においても「ウナギ学研究」が取り上げられている。そこで、うなぎを取り巻く環境と保全について理解してもらうことをねらいとし、ウナギの生態に関する基礎知識や、世界のウナギの食文化についてスライドで触れながら、ウナギの消費と保全の問題について児童たちと考えた。また、検定教科書として出版されるまでのタイムラグが数年あり、教科書に記載されている以後の最新研究について補完した。その他には、水産研究所が行っているウナギの完全養殖に関する研究について、児童にもわかりやすいように話をした。その後、30分程度で児童にイラストを描いてもらい、学校を通じて応募してもらった。

進行：

1. 最初にプロジェクトの説明と自己紹介
生きたレプトセファルスの動画を見せる。
2. 蒲焼きの画像を投影
うなぎと言えば、我々日本人はうなぎの蒲焼きを思い浮かべる
それは、江戸時代の浮世絵にも書かれている通り
3. 世界中でのうなぎの調理事例
うなぎが世界中で食べられていることを印象付ける
うなぎ祭りに触れる
4. それによって、うなぎが絶滅危惧種となったことを伝える
うなぎの七不思議（時間の都合上、二つだけ紹介）
5. シラスウナギが少なくなって、価格が上昇した→
価格上昇とともにうなぎを食べなくなってきた
6. うなぎの保全に向けて、守るためにはうなぎのことを知ろうというメッセージ
7. うなぎイラストの作業（20分間）
8. これから研究者は何をするのか？
完全養殖に向けて研究している。世界中でその研究が始まっている。
9. うなぎの大回遊についてと、うなぎの調査航海について説明。
10. まとめ

ウナギの生態に関するクイズや、レプトセファルス(鰻)の標本、バイオロギング機器のモックアップを児童に見せたところ大変興味を示した。特に、学習指導要領を意識しながら学習指導案を立てて、国語科で事前に学んでいるウナギ学研究の大変さや環境保全の重要性を深めるとともに、イラスト作成を通じて図工科との関連性も見いだすことができた。

2) 実施場所：藤嶺学園鵠沼高等学校

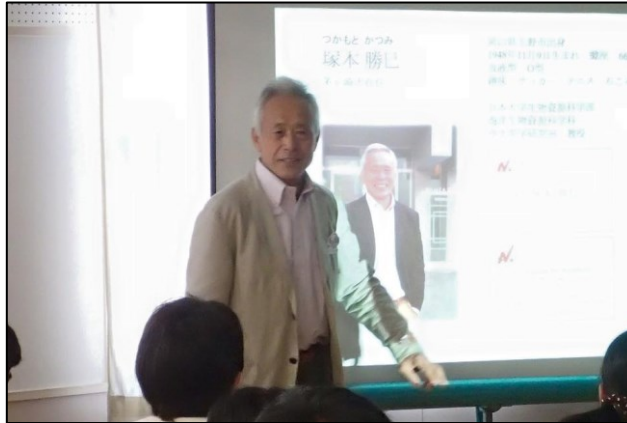
日時：平成27年10月24日 13時～14時30分

対象：理数科1・2年生 49名

プログラム：

- 1 プロジェクト紹介
- 2 日本と海外のウナギの食文化について (発問)
- 3 ウナギが絶滅危惧種に指定された背景 (発問)
- 4 ウナギの生態に関するクイズ (質問)
- 5 最新ウナギ研究 (講演)
- 6 課題「あなたも研究者! 解明しよう～親ウナギがどうやって産卵場所に戻るのか～」
用紙に回答 (20分)
- 7 全体討議
※テーマ「研究者とは何かを伝える」、講評

内容：講師は報告者と、塚本教授ほかウナギ学研究室のメンバー4名。うなぎキャラバン初の高校来訪。参加者が理数科の生徒のため、40年以上にも及ぶウナギ研究と、最新のウナギ研究について触れながら、科学研究の面白さを中心に展開することになった。手始めに、プロジェクトの紹介ののち、大学院生が出題するクイズを交えながら基礎的な知識を生徒に得てもらった。



【写真 4-2】 高校生を前に講演する塚本教授

進行：

1. 最初にプロジェクトの説明と自己紹介

生きたレプトセファルス動画を見せる。

2. 蒲焼きの画像を投影

うなぎと言えば、我々日本人はうなぎの蒲焼きを思い浮かべる。それは、江戸時代の浮世絵にも書かれている通り。高校生以上では、「山くじら」の意味を聞く。

3. 世界中でのうなぎの調理事例

うなぎが世界中で食べられていることを印象付ける。特に、日本のシラスウナギの消費量が、世界の約7割であることを示す。また、うなぎ祭りに触れる（地図を見せて質問。イタリアであることを回答させる）。

4. それによって、うなぎが絶滅危惧種となったことを伝える

うなぎの七不思議について触れる。

5. シラスウナギが少なくなって、価格が上昇した→

価格上昇とともにうなぎを食べなくなってきたことを伝える。経産省の統計を提示。

6. うなぎの保全に向けて、守るためにはうなぎのことを知ろうというメッセージ

7. これから研究者は何をするのか？

完全養殖に向けて、世界中でその研究が始まっている。完全養殖の詳しい研究内容まで伝える。また、大回遊の謎（親ウナギが日本に戻るルート 3000km）の解明に向けて調査していることを伝える。

8. うなぎの大回遊についてと、うなぎの調査航海について説明する。

9. まとめ

マイク・ミラー研究員と渡邊 俊研究員は、海外と日本の海洋調査について発表した。自然を相手にした研究活動の面白さや過酷さを伝えてもらった。マイク研究員には、かなりゆったりした英語で発表してもらったが、それでも高校生には伝わりにくかったのが残念な点であった。また、アメリカ人であるマイク研究員からは、反応が鈍くて残念だというコメントがあったが、日本人の高校生なら充分反応がよかったほうだ、ということを書き手から伝えた。

4.1.4 サイエンスアゴラ 2015 出展報告

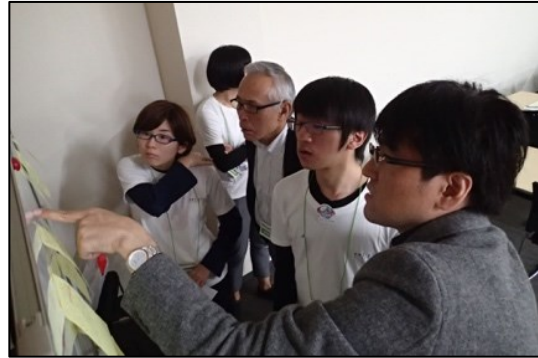
日時：平成 27 年 11 月 14 日 14 時～16 時 20 分

対象：来場者全年齢

内容：基本的には鶴沼高校で実施した内容に同じ。討論の前に、「この地球で人とうなぎが末永く共存するために、我々はどんなことができるのか？」という質問を来場者に行い、10 分で付箋に記入してもらった。それを回収し、大学院生のクイズ実施の間に集計し、「長期的か短期的か」「消費制限か研究開発か」の四象限でグルーピングした。討論の際に、塚本教授とともに、意見に対するコメントなどを行い、更に来場者から質問をもらうことでウナギの保全に関する共有を試み、理解を深めた。このようなコメントをもらいその場で回答するというやり取りは、高校生の発問が少なかったことの反省を生かしている。また、コメントに対して即座に回答することは、双方向性のコミュニケーションを実現するためのアイデアであった。



【写真 4-3】開場直後の様子



【写真 4-4】コメントをまとめる筆者ら



【写真 4-5】講演する塚本教授と筆者

4.1.5 まとめ

筆者は、過去に美術館や小学校において美術館賞教育の出前授業を行ったが、この経験を今回に生かすことができた。また、国立研究開発法人の科学技術広報の現場に関与し、サイエンスコミュニケーションの活動に対する問題点について考察するための材料が得られた。例えば、双方向性がキーワードにされるが、同じ演者が同じような内容を講演しても、学齢によって反応がまったく違うことがわかり、学齢や学習背景に応じたカリキュラム開発が必要であると強く感じた。筆者はサイエンスアート研究をおこなっているが、学校におけるアウトリーチに関しては、学習指導要領に即したカリキュラム開発が必要だと考えている。

また、高校での出前授業終了後、1名の生徒から、「クジラの生態について研究したい」という質問があり、どの大学で研究したらよいかなど質問があった。海洋生物研究が可能な大学院は、立地条件や研究機器の関係で非常に限られており、そのうえク

ジラの研究は制限があるため、研究室を持つ大学は少ない。研究の面白さを伝えることで、研究者への道に興味を示す生徒がでたことは大変喜ばしいが、ウナギ学研究に限らない、研究者への道に関するコミュニケーション活動が必要ではないか、と新たな知見が得られた。

4.2 「うなぎの卵」模型制作

4.2.1 模型制作の経緯と模型のコンセプト《潜在ニーズを知る》

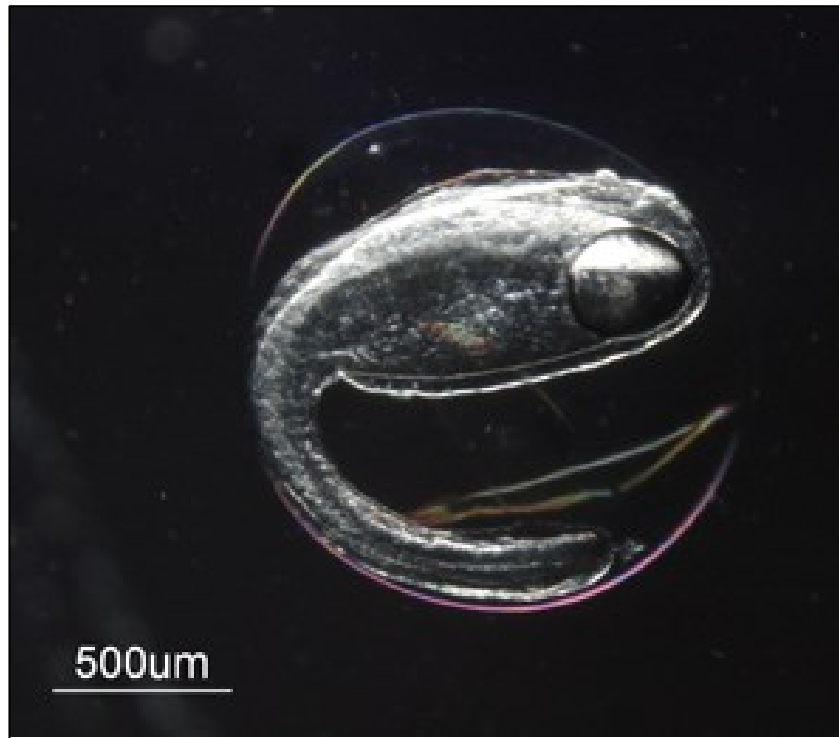
4.1 で記述した「うなぎキャラバン」において、ウナギの卵の映像と、レプトセファルスの実物標本を使用していたが、児童・生徒がじっくりとそれらを観察することが難しかった。そこで塚本教授から、ウナギの卵の拡大模型があればよりわかりやすいのではという提案を受けて、筆者はウナギの卵の模型制作を開始した。

まず、うなぎキャラバンなどの科学教育に資するアウトリーチ活動に使用することを目的とするため、通常の展示模型よりも強度が必要であると考えた。そこで、以下のようなコンセプトで制作することにした。

- (1) 拡大に留まり、実物に忠実な形状であること
- (2) 拡大倍率または模型のサイズをキリのいい数字にすること
 - ・倍率は 50 倍, 100 倍・・・, φ100mm, 150mm・・・
- (3) 手に取って見ることができること
 - ・安全性と耐久性を担保する
 - ・発問を促すきっかけとなるもの
- (4) 品質が高いこと
 - ・国立博物館の展示模型のクオリティと同等以上のもの
 - ・出前授業だけでなく、大学の講義（生態学など）での使用に耐えうること

4.2.2 立体造形制作 《アイデア発想》《理想像を描く》

塚本教授から提供された【写真 4-6】～【写真 4-9】を資料としてプロトタイプ模型を作成した。【写真 4-7】～【写真 4-9】は、塚本教授が撮影した、うなぎの卵の孵化の様子の動画のうち、受精 28 時間後の動画のキャプチャー画像である。さらに、塚本教授とのメールとのやり取りを元に筆者が描いたラフスケッチ【写真 4-11】も資料とした。

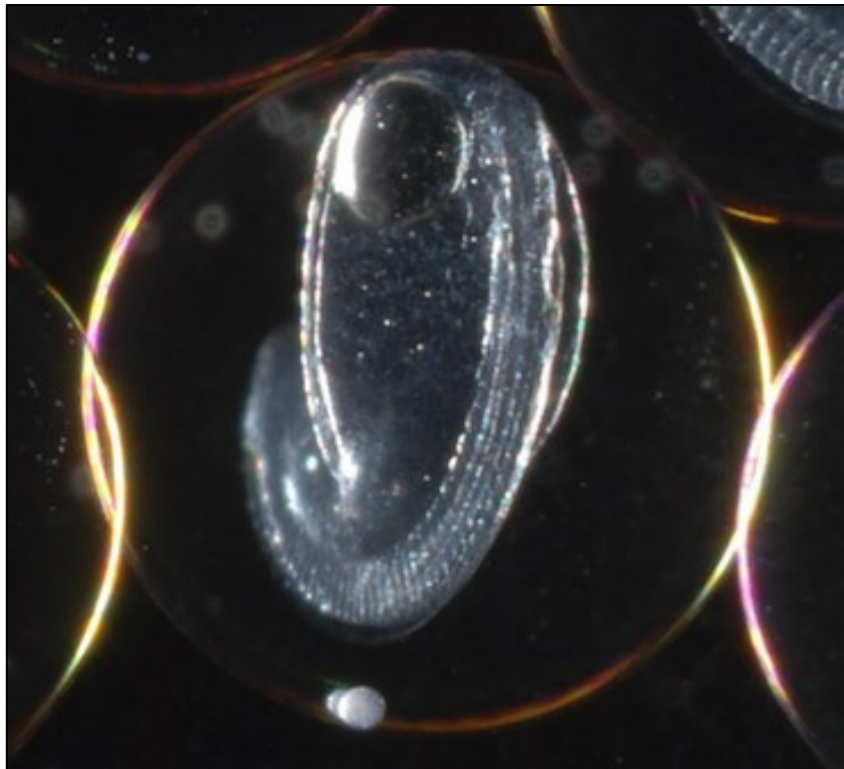


【写真 4-6】 2011 年 6 月 28 日-29 日にかけて採集されたニホンウナギの卵⁵¹

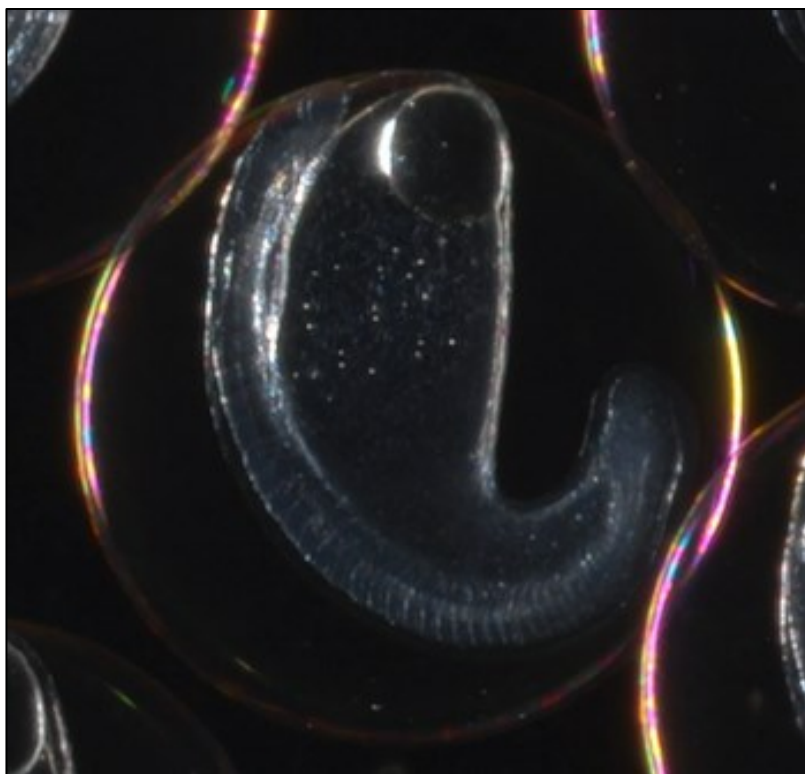
⁵¹ 黒木真理・塚本勝巳（2011）『旅するウナギ 1 億年の時空を越えて』，東海大学出版会



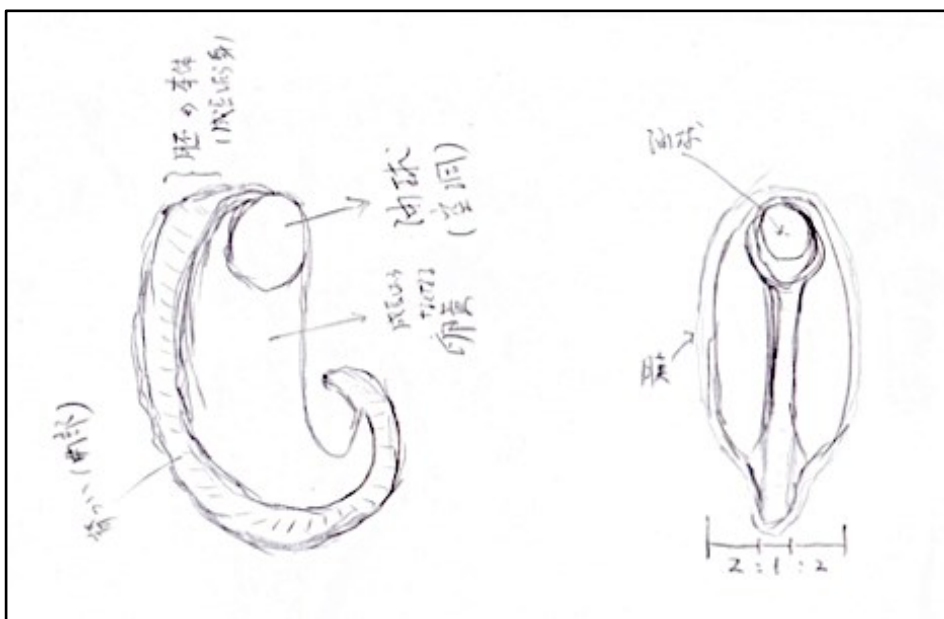
【写真 4-7】受精 28 時間後の「うなぎの卵」《上》



【写真 4-8】受精 28 時間後の「うなぎの卵」《斜め上》



【写真 4-9】受精 28 時間後の「うなぎの卵」《横》



【写真 4-10】筆者によるラフスケッチ

これらの写真資料や文献資料，ウェブの記事などを参考にして，プロトタイプ模型を制作し，その画像を送付したのが 2016 年 7 月 25 日である（なぜ画像を送付したのかについては後述する）。この段階では，まず材料の質感や強度を確認ことが目的であった。

制作手順としては，一般的な立体造形制作となんら変わりなく，原型を作り，型を取り，その型から抜く，ということである。今回は，原型を発泡スチロールで制作し，それを元に型枠を FRP で制作した（この時の原型は，型抜きする時に廃棄してしまったため，写真資料が残っていない）。

型枠を FRP にした理由としては，単に型枠としての耐久性を重視しただけではなく，胚に使用する材料が決まっていなかったため，何度も型抜きをすることを想定していたためである。なお，ポリエステル樹脂は一般的に普及しており，安価な製品もあるが，本制作では，1kg あたり 13000 円の最高級かつ最も透明度の高いポリエステル樹脂を用いた。



【写真 4-11】 FRP 製の型枠

【写真 4-11】を見ると，アクリルの棒とアクリル球が，胚の前側についているが，これは「油球」を表現したものである。アクリル球をアクリルの棒で固定したのは，樹脂を流し込んだ時に暴れてずれてしまうので，それを防ぐためである。

ところで、いわゆるアマチュアモデラーが直面するのは、「樹脂割れ」というケミカルクラックが入ることや、また、鑄造業界や造形業界で「鬆（す）が入る」と言うところの、気泡が入ることで穴ができてしまう失敗が挙げられる。これらは、技術力の問題であり、本制作においては、高い制作技術によりその失敗がなかったことを付記する。



【写真 4-12】型枠から抜いた直後のうなぎの卵模型《横》



【写真 4-13】型枠から抜いた直後のうなぎの卵模型《上》

【写真 4-12】と【写真 4-13】は、型から抜いたばかりの状態の胚である。それを手磨きして仕上げ、仔魚膜を表現したアクリル球（博物館展示模型で使用される、半球 1 個で 5000 円以上する最高級かつ最高精度のアクリル球体である）と胚を固定するために、アクリル棒を用いて固定すると、【写真 4-14】のようになる。



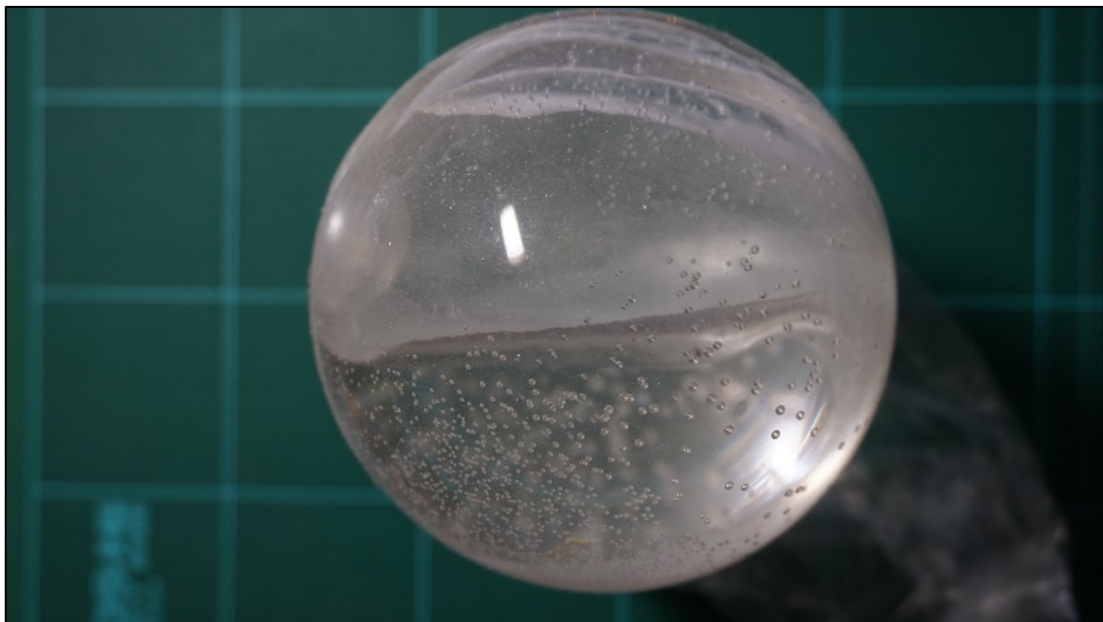
【写真 4-14】うなぎの卵模型・プロトタイプ 1

【写真 4-14】を見ると、外観に鬆は入っていないものの、気泡が多数残っているのがわかる。また、油球を表現したアクリル球が膨張しているようにも見える。これらの解決が課題となった。

また、柔らかい素材であるシリコン樹脂にした。これは、破損時に子供達が手を切ったりする可能性がなく、安全性を担保できるからである。そこで、型枠にシリコン樹脂を流し込んでみたところ、【写真 4-15】のように、型から外すところで千切れてしまい、失敗した。失敗の原因としては、UV 硬化の特性があるシリコン樹脂においては、型枠の中では硬化しないということである。そこで、仔魚膜を含めてシリコンにして、ボール状にすることを考えた。その制作結果が【写真 4-16】である。



【写真 4-15】 シリコン樹脂で胚の制作を試みた結果



【写真 4-16】 仔魚膜を含め、全てシリコン樹脂を用いて制作した結果

今度は、膨張して見えてしまっている。また、気泡も数多く、胚がよく見えない。さらなる問題が、総重量が 700g を超えたことである。小学校低学年の児童が手にとって

見るのにはやや重い。この結果を受けて、φ100mm で制作することにした。

4.2.3 塚本勝巳の目《ベクトルの共有》

前節で述べたプロトタイプ 1 の模型を、塚本教授にチェックしてもらった。ただ、ちょうどこの時期に塚本教授が約 3 ヶ月間の調査航海に出発したため、船上にいる塚本教授とのメールのやり取りで、修正箇所の指摘が行われた。

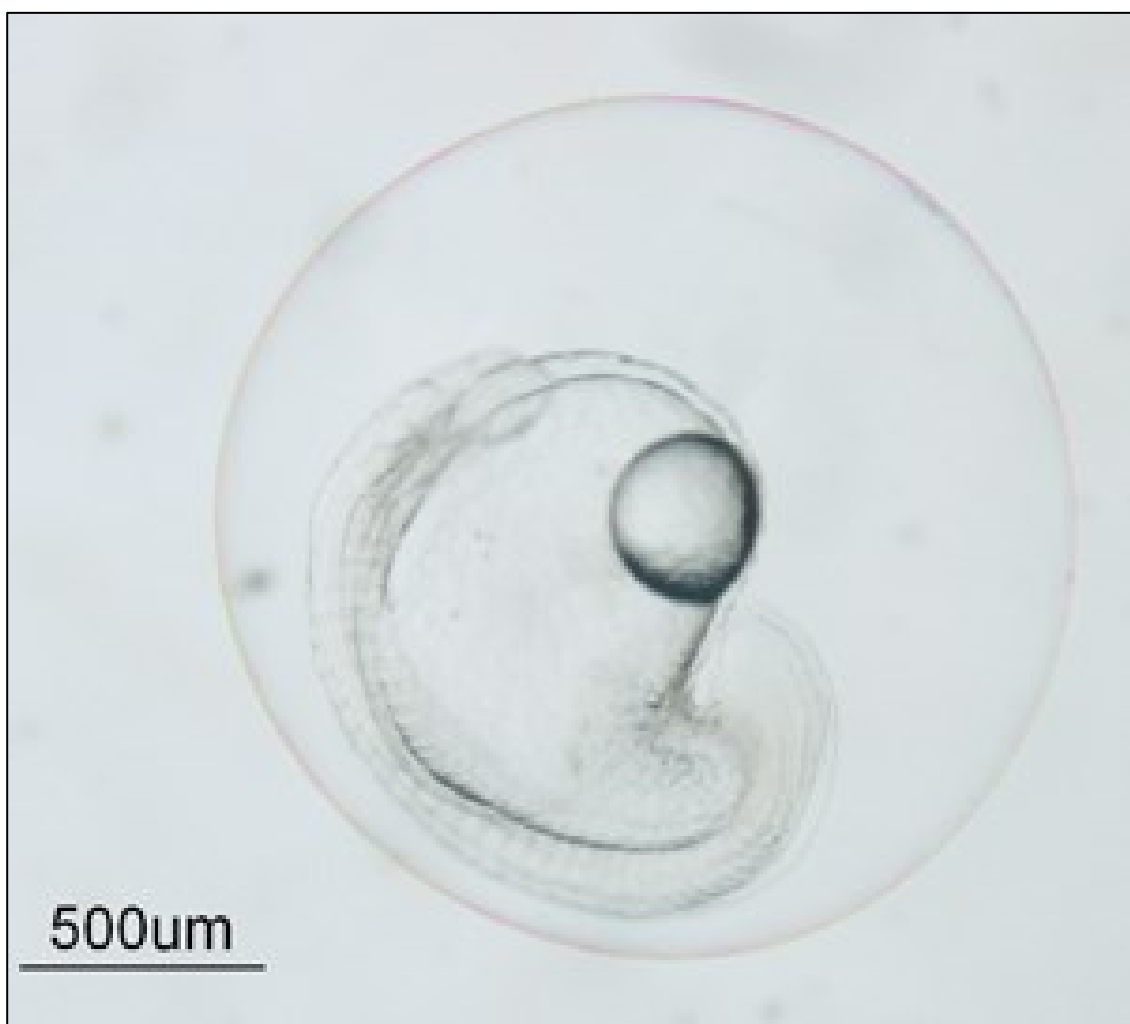
なお、筆者がかつて広報・展示担当として所属していた、国立研究開発法人海洋研究開発機構の研究船「白鳳丸」とのやり取りであったため、メールのサイズが 1MB の転送制限となっていることを思い出した。そのため、添付画像をリサイズすることで、塚本教授には大変見にくい画像でご判断頂くこととなった。塚本教授の修正指示は以下の通りである。

1. 油球の部分ほどの写真でもお分かりのように、ほぼしっかりとした球体です。今の模型ですと、卵黄の先端部分にぼんやりと、なんだか最初の新幹線の頭のカバーのように存在する感じです。腹側の下、先端部にくっきりと目立つ球を入れて下さい。これだけはマストで、なおさなくてははいけません。またできたら、油球も取り外せるといいですね。胚体にしましまの模様が見えますが、これは骨ではなくて筋節と呼ばれる、筋肉の節ができかかっているものです。この数もきちんと再現できるといいでしょうね。（【写真 4-17】は卵の全体が映っていません、下 3 分の 1 くらいです）

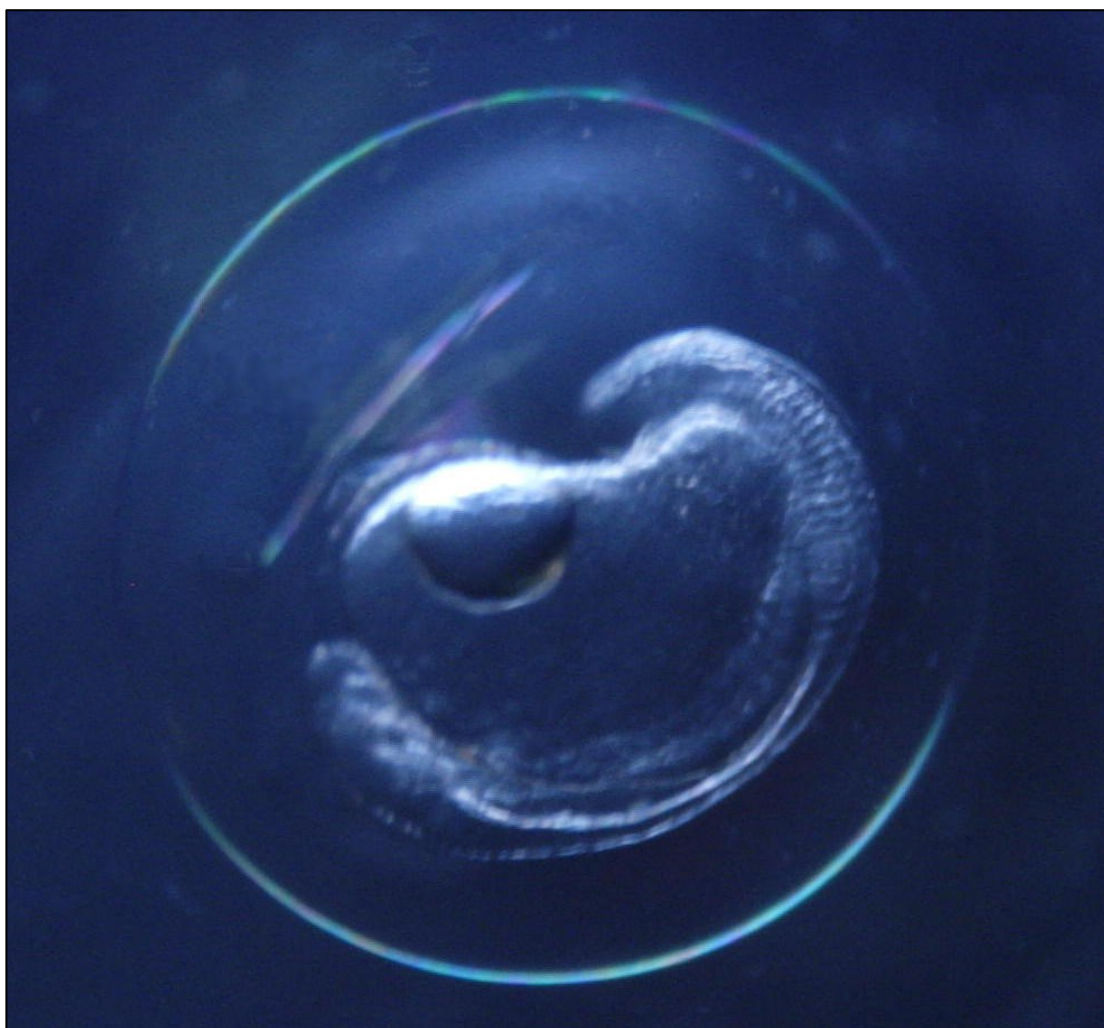


【写真 4-17】 孵化直後のウナギの卵

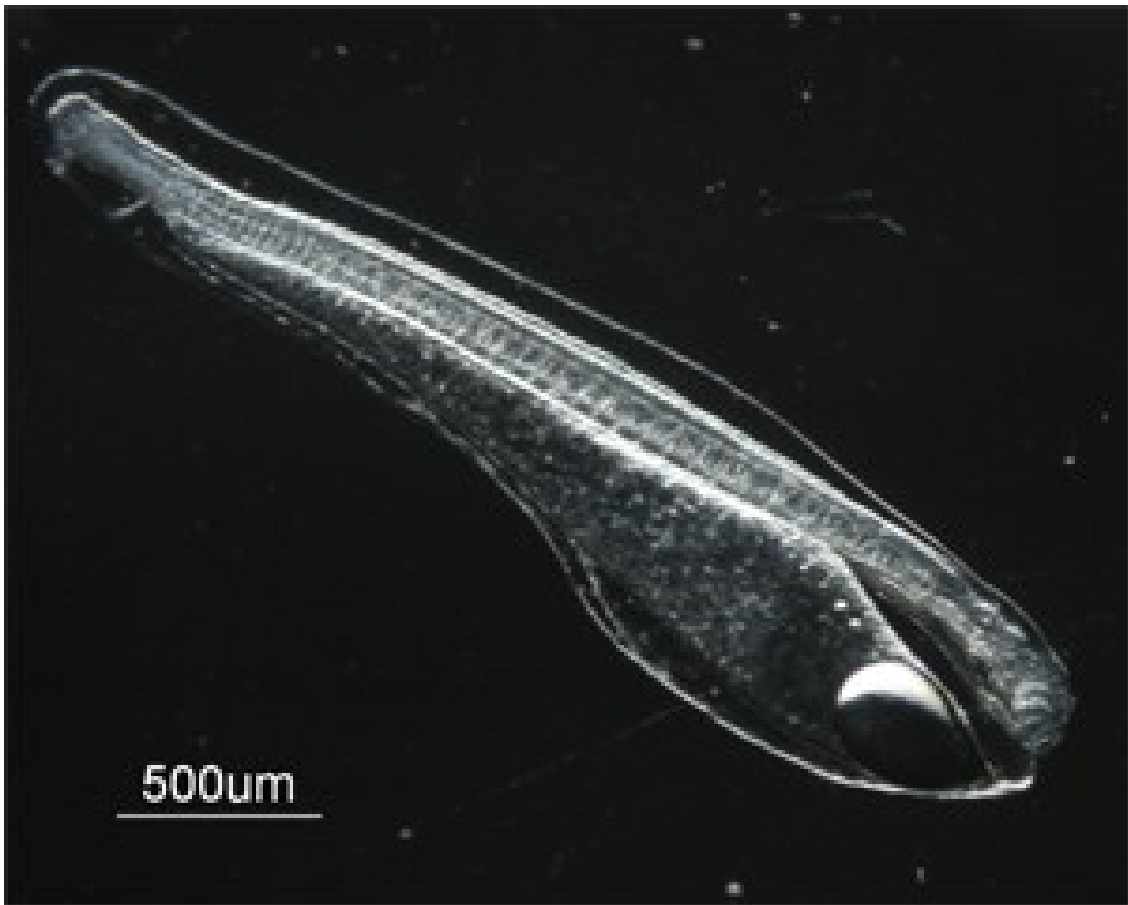
2. 卵殻と胚体のプロポーションですが、【写真 4-18】のようにしていただくと実際のイメージによく合います。ウナギの卵の特徴は、囲卵腔が広いことです。今の模型は卵殻の中に一杯一杯にウナギの本体と卵黄部分があります。下の写真くらのプロポーションが一般的です。



【写真 4-18】 孵化直後のウナギの卵



【写真 4-19】 孵化直後のウナギの卵



【写真 4-20】レプトセファルス

3. 栄養部分（卵黄）とウナギ本体（胚体）を取り外せるようにするのはとてもいいですね。ただ卵黄がしっぽの先端まで伸びていますが、途中までです。【写真 4-18】は孵化したての仔魚（レンズ効果無し！）ですが、写真を見てお分かりのように、卵黄の後端はしっぽの先まで伸びていません。しっぽの方が長いのです。

私としては胚体はこのような感じでいいと思いますが、卵黄の形が一番上の写真のような感じがいいと思います。発育段階でまた個体差で卵黄の形はずいぶん違います。一番上の写真が最初に発見された卵のステージに近いです。

4. 【写真 4-6】は孵化直前のもので、卵黄はかなり消費された例です。この場合、卵黄の後端は胚体の前から 5 分の 3 くらいまでしかなく、模型のようにしっぽ先端までずっと伸びているわけではありません。この卵より、【写真 4-18】や【写真 4-19】の方が卵発見時のイメージが湧いてきます。

以上が形に関するコメントですが、一番やっかいなのが、ご指摘のレンズ効果ですね。これには私も気づきませんでした。しかし、【写真 4-18】を見ても、レンズ効果を差し引いた実物もある程度のボリューム感をもっていることがわかります。卵の中を透明な物質で満たすので、レンズになるので、空気ならばどうでしょうか。顕微鏡写真は、卵を水中に浸してとっているのです、レンズ効果はありません。模型は空気中で手にとってみるからレンズ効果が出ます。

逆にプールに潜って模型を見ると写真の感じに見えるはずですが、実際の授業でそれはできないので、卵の殻の中に写真通りの胚体や卵黄・油球を作り、何らかの方法で中空に固定するか、あるいは卵の殻の中も透明な物質で満たして、レンズ効果のあるものを作り、それを水に浸けて子供に見せるなどの方法はいかがでしょうか。

これを受けて、筆者が返信し、そのメールに対する塚本教授の返答メールが以下の通りである。なお、網かけ部分は塚本教授のコメントである。

1, 油球は、アクリルの真球を使用しています。8月1日付の制作過程で、型枠の写真で、棒にくっついたビー玉のようなものがそれです。

しかし、やはり封入すると膨張して見えてしまいますので、少し出っ張るくらいのところに付ければ、膨張が少し避けられると思います。

また、先生ご提案の油球の取り外しについてですが、真球ですので、半球を飛び出した状態（出目金状態）にしないと、取り出しが大変になると思います。

ですので代替案として、油球は埋め込みで固定して、アクリル球を別途付属品として、説明時に見せる案を考えました。

それは良いアイデアですね。

ぜひよろしくお願いします。

サイズはビー玉くらいですかね

筋節は、内部に彫り込みを入れることで、光の加減で見えるのではないかと思いますので実験してみます。胚体を2分割にして、彫り込みを入れて接合してみま

す。

カットグラスのようなものですね

2, メールでいただいた1枚目と2枚目は, 筆者が参考にしたものより若い胚のようですので, 【写真 4-19】を参考に別途制作します。

はい, やはり卵発見時と同じステージの卵を模型にして広めるとリアリティがぐっと増すのではないかと思います

3・4, こちらも修正時に留意します。

レンズ効果については, 中空で固定する案で進めようかと思っています。

了解しました

引き続き, 細かく観察していくとわからない部分があったため, 塚本教授にさらなる質問を行なった。それが下記である。

Q1.

頭と尻尾の部分に「小さな出っ張り」があります。これは時間経過とともに消えていく部分のようですがこれも栄養部分でしょうか。模型製作の際, 胚体と栄養部分を取り外しできるときに, この出っ張りを栄養部分側にくっつける形にしています。

A1.

栄養でも胚体でもありません。これら全体をくるんでいる薄い膜(仔魚膜)だと思います。この写真で何かものがあるようにみえていますが, ここは膜がたるんでみえているだけで, 卵から孵化して胚体が一直線に伸びると仔魚膜(写真で一番外側の白い細い線)ものびて, 消えたかのように見えるようになります。仔魚膜は仔魚と卵黄(油球含む)の周り全体を緩くつつむ薄い透明な膜です。これを卵の主

要な素材として、模型に表現するか否かはお判断にお任せします。

Q2.

尻尾の部分は先端に行くに従って薄くなっていきますか？現状、強度に配慮しつつ徐々に薄くしています。

A2.

ちょうど腹側のましたから油球，卵黄，胚体を順に見上げたものですが，胚体の頭としっぽの部分は直接みえますが，その中間部分は透明な卵黄をとおして裏側に透けて見えます。これを見ると胚体の横幅が詳しく見えます。基本同一の太さの円筒状のもので，しっぽの先端だけ鈍く細くなっているのがわかると思います。頭の部分に将来メールになる部分が少し盛り上がっているのもわかりづらいですが，みてとれるかもしれません。

Q3

筋節の数で何ウナギかを判別するという記述を見ました。もし筋節の数が決まっていたら，ご教示ください。

A3.

筋節はニホンウナギ（大きなレプトセファルス）で112～119本ですが，この段階ではまだ増えている段階で，尾部に近い方に10～10数本うっすらと描く程度でいいと思います。

Q4

筋節の表現ですが，絵を描くと裏側から見えるので失敗です。胚体を真っ二つにして内部に切れ込みを入れるのは強度上問題がありました。そこで，外側に切れ込みを入れました。しかし関節みたいに見えなくもないです。

模式的な表現（地形模型の拡大表現のようなもの）とすればいいと思うのですが，むしろ切れ込みが無いほうがいいのか，ご指摘いただければ助かります。まだ原

型段階です。

A4.

前に描いたように、この段階は未発達で、あまり筋節を強調すると、なにか昆虫の幼虫のようになってしまって、気味悪くなります。切れ込みをつよくいれず、尾部に何本かうっすらと入れる方が実物のようになります。これから発達するという説明もできます。

以上の指摘を反映するために、模型の修正を行った。

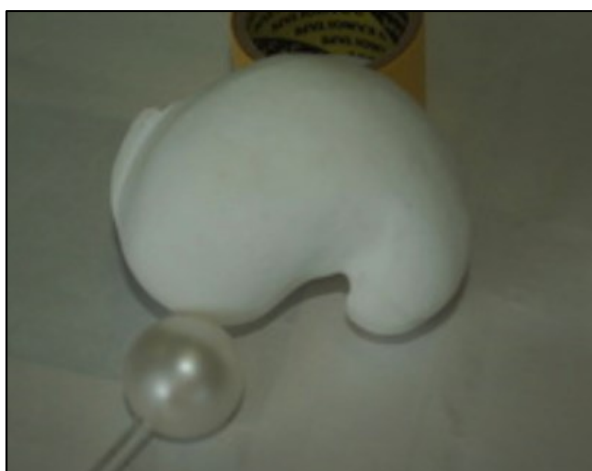
4.2.4 模型の修正《コンセプトの深掘り》

前項で問題となったことは、胚の中で気泡が発生したこと、レンズ効果によって油球が膨張して見えることである。また、detail の大きな修正点としては、胚体と卵黄を分ける、ということである。

気泡が発生したことについては、攪拌することで気泡をできる限り消すことができるのではないかと考えた。また、レンズ効果については、油球を表現するアクリルの球体に、薄くパール塗装することで透過性を下げ、膨張して見えないようにできるのではと考えた。まず、原型を発泡ウレタンで制作した。【写真 4-21】～【写真 4-23】



【写真 4-21】ウナギの卵の模型原型



【写真 4-22】ウナギの卵の胚体部分の原型



【写真 4-23】ウナギの卵の胚部分の原型

この原型をもとに、プロトタイプ 2 として、卵黄部分をポリエステル樹脂で制作し、胚体を樹脂パテで制作した。その画像が【写真 4-24】【写真 4-25】である。



【写真 4-24】ウナギの卵模型・プロトタイプ 2



【写真 4-25】ウナギの卵模型・プロトタイプ 2

4.2.5 塚本勝巳の目, その 2

前項で制作した資料を, 再び塚本教授が乗船する白鳳丸へ, メール送信した。塚本教授の回答は以下の通りである。

1. 油球と尾の先端がくっついている。胚体が伸びた状態ではむしろ頭に近いです。卵黄がぐるっと曲がっているために, 尾っぽに近く見えているのです。事実孵化した【写真 16】を見ていただくと油球はうんと前の方にあります
2. 筋節が目立ちすぎて芋虫みたいになっている。尾部に 10 本ちょっとうっすら描いていただけるとありがたいです
3. これは大切なことですが, 頭の部分に眼の原器, 構造は無くてもちょっとした低い盛り上がりを対で作ってはいかがでしょうか。今の状態だと尾っぽの方が頭のように勘違いする子も出てきます。【写真 4-20】はやはり, 頭の部分は存在感がありますね
4. 油球がすこし大きすぎる気がします。レンズ効果かもしれませんが, 【写真 4-17】の

ようにきもち小さくしていただけるとしっくりきます。パール色なので大きく見えるのかもしれませんが。

4.2.6 模型の修正, その2 《プロトタイプ》

前項の指摘を受けて、まず、油球に用いるアクリル球のサイズを小さくすることを考えた。15mm のアクリル球を 10mm に変更し、パールの塗装を軽めにするすることで、レンズ効果に対応したのが、【写真 4-26】と【写真 4-27】である。



【写真 4-26】ウナギの卵模型・プロトタイプ 3

ポリエステル樹脂製。

実寸は、画像の丁度 0.6 倍。

重量 88.5g, 幅 39mm, 全長 78mm。



【写真 4-27】 ウナギの卵模型・プロトタイプ 3「胚体部分」

さらに、筋節の表現をどうするかということが問題であるが、眼となる部分を、カットで表現することにした。その結果が【写真 4-28】の胚体部分である。



【写真 4-28】ウナギの卵模型・プロトタイプ 3「ウナギの胚」

その後、調査航海から戻った塚本教授らを交えて、プロトタイプ 3 の検証を行った。そこでは、胚の頭部が、より鋭角に削って欲しいとの指摘が塚本教授よりあり、すぐにカッターで削ったのが、【写真 4-29】と【写真 4-30】である。その後、研磨をかけたのが、【写真 4-31】と【写真 4-32】である。



【写真 4-29】

カッターで削った胚先端部



【写真 4-30】

カッターで削った胚先端部



【写真 4-31】

研磨した胚先端部



【写真 4-32】

研磨した胚先端部

以上の制作過程により，うなぎキャラバンの出前授業で使用する，プロトタイプ 3 の実証実験に入ることとなった。なお，総制作期間は約 7 ヶ月間であり，制作費は約 40 万円である。

制作の流れ（2016 年）

| | |
|--------|------------------------|
| 4 月初旬 | 材料の選定，プロトタイプ 1 の原型制作開始 |
| 7 月中旬 | プロトタイプ 1 の制作完了，塚本教授確認， |
| 8 月初旬 | プロトタイプ 2 の原型制作開始 |
| 8 月末 | プロトタイプ 2 制作，塚本教授確認 |
| 10 月初旬 | 塚本教授，調査航海終了 |
| 10 月中旬 | プロトタイプ 3 納品 |
| 10 月下旬 | うなぎキャラバンで使用開始 |
| 11 月初旬 | 破損，修理，頭部先端部の修正，再納品 |

4.3 「ウナギの卵」模型の実証実験

ここでは、模型の実証実験を取り扱うが、まず先に、サイエンスコミュニケーションの教育理論についての流れを整理する。その後、実証実験を行い、その結果を述べる。

4.3.1 Public Understanding of Science

日本において、欠如モデルをベースに科学教育を進めてきたのが、1980年代の文部科学省や科学系博物館であった。これは、いわゆる系統的な学習方法に即したものであり、博物館法に定めている「教育・普及活動」においては、欠如モデルは適切な方法であると考えられる。ところが、1990年代後半から、この欠如モデルを批判的に論じている先行研究で占められていくのである。

まず、欠如モデルについて簡単に説明すると、「Public Understanding of Science」のことであり、それは、1985年に発表された、ロイヤル・ソサイエティの報告書『The Public Understanding of Science』に由来する。この報告書において、市民に対する科学の公衆理解の重要性や、科学理解の増進に関する施策の必要性が述べられている。一方で市民による科学への反感は、無理解と科学リテラシーの低さを原因としており、理解増進により科学が文化として受け入れられるもの、とした。

しかし、渡辺・今井（2003）によれば、

トップダウンモデルないし欠如モデルとは、科学技術に関する一般公衆の知識や理解は「空っぽのバケツのようなもので、PUS [科学技術理解増進] を高めるためには、そこに科学技術知識をどんどん注ぎ込んでいけばよい」（杉山，2002）とする考え方（モデル）である。しかしこのような認識に立った理解増進活動は効果を奏しないばかりか、科学技術研究に対する不信感すら生みかねないとの反省が生まれてきた。

とあるように、市民との対話の場のはずが、知識のない市民を教え込もうとする場となり、そして問題は、教え込もうとする側の考えに即することだけではなく、教え込もうとする側にとって不利益な情報を提供しないのではないかと、市民に不信感を抱かせてしまう可能性がある、ということである。

さらに、研究者レベルでも欠如している知識は多々ある。特に、研究分野が細分化されるにしたがって、その専門性も細分化され、他の専門分野の基礎知識が抜け落ちることがある。したがって、安易に欠如モデルを持ち出すと、欠如している科学知識を際限なく補完していくという、想像を絶する膨大な作業を課されることになる。

4.3.2 Public Awareness of Science から日本のサイエンスコミュニケーションへ

こうして、「Public Understanding of Science」が批判されると、イギリス本国から、「Public Engagement with Science」や「Public Awareness of Science」という言い方をされるようになった。つまり、科学に対する市民の意識や関心を高めていこうとする動きである。さらに「Public Awareness of Science」は、科学教育や生涯教育に重きを置いているオーストラリアへと転じた。そのオーストラリアから派生して、1990年代後半の日本において、サイエンスコミュニケーションという言い方をされるようになった。それ以後の経緯は前掲の「2.3 日本のサイエンスコミュニケーション」に詳しい。

4.3.3 うなぎキャラバンを通じた、「ウナギの卵」模型の実証実験

前述の通り、平成27年度より、塚本教授らが、ウナギの生態に関する出前授業「うなぎキャラバン」を実施している。前述のように筆者は、その出前授業で用いる「ウナギの卵」拡大模型のコミュニケーションツールを制作し、平成28年度より運用することとなった。

そこで、「Public Awareness of Science」の理念に基づき、科学に対する子供たちの意識や関心を高めることができるか否か、出前授業を実施する塚本教授らに、ウナギの卵の模型を用いて頂き、実証実験にご協力していただけることになった。

方法としては、出前授業の事前と事後に、10問未満のアンケートを、主として小学生に実施し、諸々の効果を探るというものである。

アンケートを実施したのは、小学校7校、中学校2校である。今回、アンケートは小学生対象を想定して作成したが、中学校はいずれも1年生であったため、分析に含めることとした。そして、質問内容は以下の通りである。

・事前アンケート

- 質問 1 性別を教えてください。
- 質問 2 「うなぎ」、好きですか？
- 質問 3 「うなぎ」がどういう生活をしているか、気になりますか？
- 質問 4 「理科」を勉強するのは楽しいですか？
- 質問 5 「国語」を勉強するのは楽しいですか？
- 質問 6 お休みの日に、博物館（「科学館」や「水族館」など）に行きますか？
- 質問 7 わからないことがあったら、図書館やインターネットなどを使って、自分で調べることはありますか？
- 質問 8 「理科」を勉強すると、学校の外でも役に立つと思いますか？
- 質問 9 将来、「理科」に関係する仕事をしてみたいと思いますか？
- 質問 10 「うなぎ博士」に聞きたいことがあれば自由に書いてください！

・事後アンケート

- 質問 1 性別を教えてください。
- 質問 2 お休みの日に、博物館（「科学館」や「水族館」など）に行きますか？
- 質問 3 「うなぎ」、好きですか？
- 質問 4 「うなぎ」がどういう生活をしているか、わかりましたか？
- 質問 5 「うなぎ」のことを、自分で調べてみたいと思いますか？
- 質問 6 将来、「理科」に関係する仕事をしてみたいと思いますか？



【写真 4-33】うなぎキャラバンと模型

4.3.4 事前・事後アンケートの結果

小学校 7 校，中学校 2 校でアンケートを実施し，事前アンケートが $n=864$ ，事後アンケートが $n=873$ ，となった⁵²。

事前アンケートにおける各質問の趣旨は，以下の通りである。

質問 2 は「ウナギへの興味・関心」，質問 3 は「ウナギの生態について興味」，質問 4 は「理科への興味・関心」，質問 5 は「国語への興味・関心」，質問 6 は「博物館の来館状況」，質問 7 は「調べ学習や自学自習の意欲」，質問 8 は「理系の仕事への理解」，質問 9 は「理系の仕事への興味」を測ることが趣旨である。

次に，事後アンケートにおける各質問の趣旨は，以下の通りである。

質問 3 は事前質問 2 との関連で「ウナギへの興味・関心の向上」，質問 6 は事前質問 9 との関連で「理系の仕事への興味関心の向上」を測ることが趣旨である。

これらを踏まえて，事前・事後のアンケートから，以下のような結果が出た。

事前質問 2 で「すごく好き」または「まあまあ好き」としたのが 71.8% で，事後質問 3 では 79.3% と 7.5% 増であったが，「あまり好きではない」が 2% だったのが事後は 0% になった。そして，事前質問 9 で「すごく思う」または「まあまあ思う」が 18.7% だったのに対して，事後質問 6 で 30.9% まで上昇した。

⁵² アンケート実施協力校は全国各地に及ぶが，実施にあたって性差や地域差，公立・私立の差に関するデータをアンケート実施時に公表しないことを明言しているため，その詳細を非公表とする。

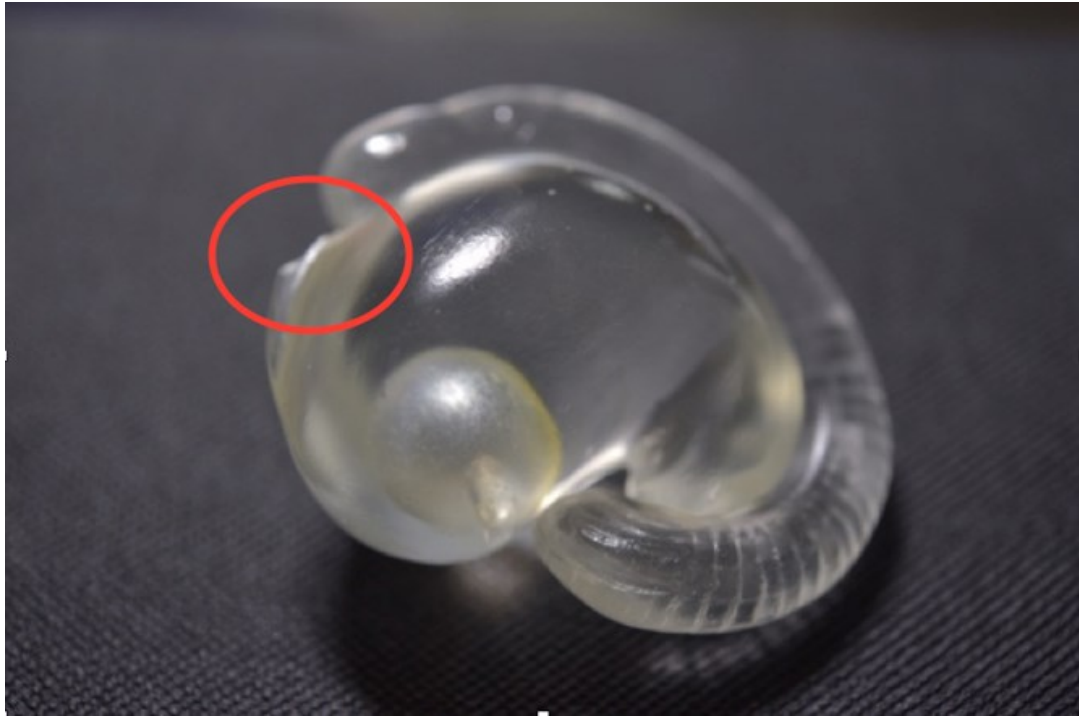
また、事前質問6が46.8%であることから、潜在層・顕在層・既存層が約半数いるものと考えられる。

これらについて検証すると、出前授業の結果、僅かではあるがウナギへの興味や関心を持つ児童・生徒が増え、効果があったと言えるが、それは塚本教授の貢献度が高いものと推察され、あくまでウナギの卵の模型は補助教材としての役割を果たしたと結論づける。

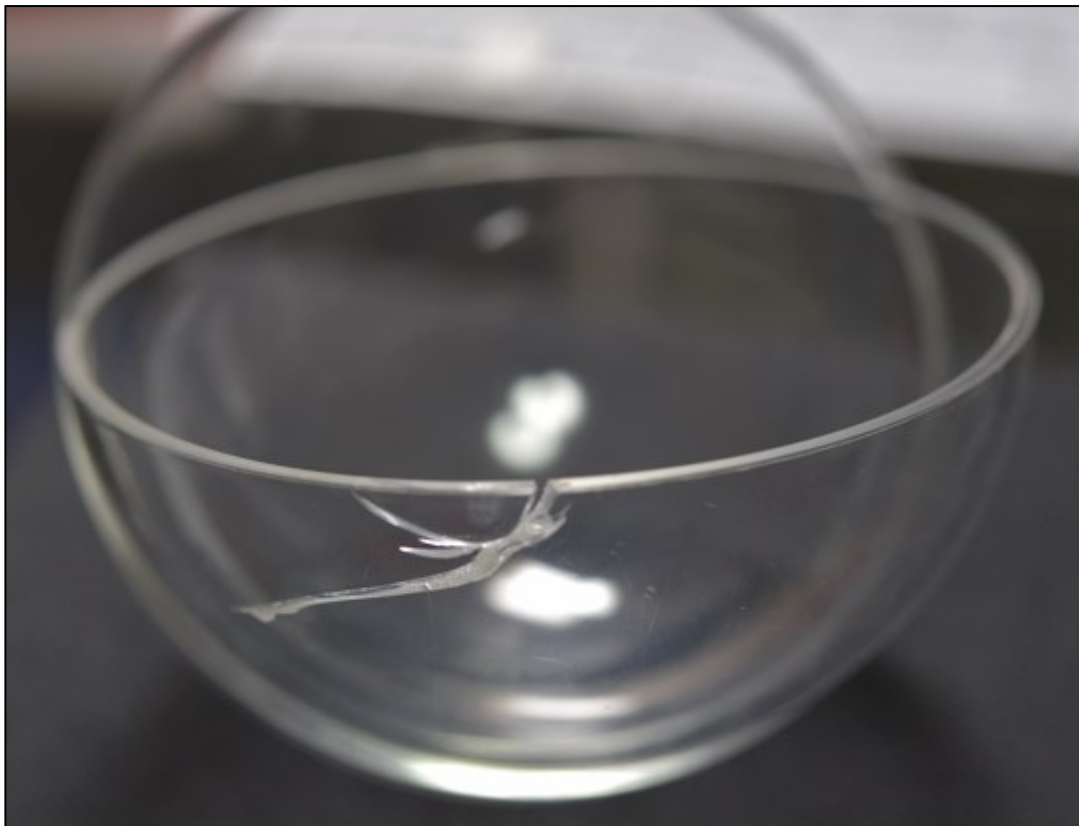
また、事前質問4・5において、「理科が好き・まあまあ好き」と答えた児童・生徒が68.7%であり、「国語が好き・まあまあ好き」と答えた児童・生徒が51.0%と、国語に比べて理科が好きな児童・生徒が多いことから、ウナギや生物科学に対する興味関心が元来高いことがわかる。その結果、事前質問2から事後質問3において、目立つような効果が顕著に出なかったと考えられる。

4.3.5 模型の破損状況による強度の検証

約 80 校の出前授業をこなし、模型に複数個所の破損が発生した。まず、【写真 4-34】である。これは、胚体部分の脱着を繰り返したことで破損が生じたのだが、胚体を外すことで、胚体の栄養部分である卵黄が胚体に吸収され、胚体だけになる、という過程を説明することに利用していたためである。その胚体の、のちにウナギの頭部となる箇所と、出っ張りとなっている膜の部分が当たり、膜の部分が欠損したのである。また、落下による破損が【写真 4-35】である。これについては、複数回の破損があり、その度に 5000 円の損失が生じるため、東急ハンズで販売されている半球 2 個セット（約 600 円）を用いて、出前授業に出ていただくことになった。5000 円の半球と比較して、はるかに透明度と精度が落ちるものの、仔魚膜を表現していることに変化はなかった。さらに、【写真 4-36】の通り、胚体が落下時に真っ二つに割れた。これについては、落下地点が多目的教室のカーペット上だったとのことで、落下の衝撃によるものか、脱着を繰り返したことによる経年劣化によるものか、今後も検証が必要な部分である。



【写真 4-34】 胚体部分の上部膜が破損した様子



【写真 4-35】 仔魚膜部分の破損の様子



【写真 4-36】 胚体部分の破損の様子

4.3.6 「3D プリンタ」の利用について

実は当初から、3D プリンタを用いて模型そのものや、型取り用の模型を製作することを考えていた。3D プリンタの専門業者による見積もりでは、データ作成費用が約 5 万円、出力が 3 万円程度であった。

しかし、3D プリンタ対応の樹脂では透明感が出ないことがわかった。また、多量の透明樹脂の硬化温度に耐えられない可能性もあることがわかった。さらには、出力した模型は、精度の高い 3D プリンタを用いても「段々とした仕上がり」となり、型枠用としても最終の手仕上げが必要となる。結局、手作業の修正が必要となる。

また、ウナギの卵のようなほぼ無色透明という特殊な色味を、3D プリンタでは表現できない。具体的には、油球と卵黄の境目をデータで表現しても出力時には同化してしまうのである。そして、3D プリンタで用いられるいかなる樹脂において、経年変化や温度変化に弱いなど、懸念事項が多いことがわかった。以上の理由により、3D プリ

ンタでの制作を見送った。

4.3.7 「ウナギの卵」模型の制作と実証実験から得られた考察

出前授業は、低関心層に「科学研究の存在」を認知してもらうこと、潜在層・顕在層・既存層においては「科学研究の面白さ」を理解してもらうことを意識して実施した。塚本教授とともに出前授業を実施する中で、どれほど「ウナギの卵の模型は貢献できるのか？」について考えることがあった。しかし、コミュニケーションツールはあくまで補助教材でしかない。研究者の説明との相乗効果であり、単独での評価は難しい、ということがわかった。

ただ、「科学研究の存在」を認知してもらうことについては、アンケート結果を受けて、僅かながらではあるが貢献できたと結論づける。また、あまりうなぎに興味がないと回答した層を、事後には 0%にしたことは効果があったと言える。そして、潜在層・顕在層・既存層に対する「科学研究の面白さ」については、理系の仕事への興味を 12 ポイント以上も向上させたことから、約半数の潜在層・顕在層・既存層に対して高い効果があったと考えられる。他方で、児童・生徒に対する登壇者への好感、つまり塚本教授の人柄や話し方といった属人的な因子については全く考慮していないことから、本研究においては、あくまで模型が補助教材として貢献したという表現に留まることを強調する。

5. 結論

5.1 本研究の総括

サイエンスコミュニケーションに関する先行研究の中で、「アート」はしばしば、“美しいもの”や“創造的なもの”として語られる。しかしそれらとは別に、筆者は「アート＝技術」もあることを明らかにした。また、先行研究と比較しながら、コミュニケーションツールの制作を立体造形で実施し、高度な制作技術力が必要であることと、その制作にあたり、豊富な知見を持つ研究者とのコミュニケーションを通じて、芸術としての「サイエンスアート」と、コミュニケーションツールとしての「サイエンスアート」の違いを明らかにした。

日本のサイエンスコミュニケーションは、小・中学生や高校生の理科離れで始まったが、その理科離れが一向に解消されない。ただ、「理科の勉強が好き」と答えた小学校6年生が83.5%に対して、中学校3年生になると61.9%まで減少する⁵³ことから、中学生になって徐々に理科離れになる、と考えられる。この理由として、小学校では観察や実験などの体験的学習が中心だが、中学になると理論的な授業が増えて、内容理解が難しくなるため、中学校・高等学校では理科離れになっていくのである⁵⁴。つまり、小学校では実験主体で楽しかったのが、中学・高校では暗記科目になっていくことで、つまらないものになっていくというのである。

また、大学入試科目から理系科目が漏れているという問題がある。主に私立大学の文系学部受験者が、高校まで理科をきちんと勉強してきておらず、また、理系学部受験者においても、高校の選択科目によっては、大学に必要なはずの教育を受けてきていない問題がある。例えば、私立大学薬学部の学生のうち、「高校生物」未履修者が26%もいた、というデータがある⁵⁵。

ただし本研究では、このような教科教育や学校教育の問題を論じることはせず、児童・生徒の「理科が好き」をどのようにして継続するかを目指している。それには、科

⁵³国立教育政策研究所（2015）『平成27年度全国学力・学習状況調査』

⁵⁴ “「理科離れ」続く 小学生は好きなのに…教員の指導力向上が課題”，産経新聞，平成27年8月25日付（<http://www.sankei.com/life/news/150825/lif1508250020-n1.html>，2017年10月閲覧）

⁵⁵佐口健一（2010）「高校時の理科系科目の履修状況と大学1年生時の理科系科目の学生による自己評価の調査」『昭和大学薬学雑誌』1（1）

学系博物館の役割や、科学イベントや出前授業等のアウトリーチ活動が重要になってくる。しかしながら、そのアウトリーチ活動の効果や評価が、これまできちんとは行われてこなかった。その結果、クオリティの低い制作物の出現に至っていることを、本研究でも指摘した通りである。

さらに、学校の出前授業と科学イベントを同じプログラムで編成することは、低関心層、潜在層、顕在層、既存層といった対象を把握していない証拠である。そうしたことを踏まえて本研究では、サイエンスコミュニケーションが学校教育とどう関わっていくべきかを、本研究で明らかにした。それは、国語や理科、図工という教科教育の枠を超えて、総合的な学習の時間としての「ウナギの保全に関する教育活動」を実施したことであった。

5.2 「真に迫るもの」の意味

サイエンスコミュニケーションに関する先行研究の中で、「アート」はしばしば、“美しいもの”や“創造的なもの”として語られている。しかしそれらとは別に、筆者は“技術”もあることを明らかにした。また、先行研究と比較しながら、コミュニケーションツールの制作を立体造形で実施し、高度な制作技術力が必要であることと、その制作にあたり、高度な知識を持つ研究者とのコミュニケーションが重要であることを指摘した。同様に、「Scientific Illustration」においても、肉眼では見えないものを可視化するという作業に意味があり、それは真に迫るものである。仮に、映像センサーの技術が今後も向上しようとも、対象を細かに観察し描写ないし造形することは、科学のアプローチと全く変わりのない行為である。その点について、メディアアーティストである岩井俊雄は、「今現在は、以前のような電子機器を使ったメディアアートからはすっかり離れて、絵本作家としての創作に集中しています。（中略）小さな子どもたちが、生まれて初めて出会うアートとしての絵本、それもデジタルメディアではなく、紙として、物質としての絵本が重要なのではないかと考えています⁵⁶。」と述べていることからわかる。

筆者は 2.4.3 において、デジタル技術により表現方法や保存方法が劇的に変化していき、それに伴い、サイエンスアートのあり方も変容していると考えられる、と述べたが、変容するとともに、紙への回帰が始まっていると考えている。この、真に迫る作業を通じて、真に迫るために必要な材料が何かを探り、それを選定し制作するという作業がまさにデザインアプローチであり、初めから材料を決めて制作することではない、と考える。したがって筆者は、初めからデジタルメディアを使うような、初めから材料を決めて制作することは「芸術」であり、「Art in Science」であり、「メディアアート」と呼ばれるものである、と考える。一方で筆者が目指しているのは、「Art of Science」である。目に見えるものをありのままに伝える、これが、「Public Communication」へと結びつくのである。

こうして、本研究を通じて、模型の精度を極限まで高めたところで、模型という存在の規定を免れないことものの、技術としてのデザインに問われるものは、教育活動を含む科学的対話にどのように活用できるかという問題意識や方法意識であり、それ

⁵⁶愛知県立芸術大学(2016)「平成 28 年度メディア芸術連携促進事業連携共同事業『日本のメディアアート文化史構築研究事業』実施報告書」,p65

らを充足するための実験的な研究を進め、成果を上げることができた。あくまでウナギの卵の模型制作は一例であり、今後、あらゆる対象を同様のアプローチで開発していくのである。

5.3 デザイン学研究としてのサイエンスコミュニケーション

科学技術の可視化という面では、科学ジャーナルにおける「Cover picture」や「Cover art」が挙げられるが、これらは概念を可視化したものである。一方で本研究では、研究者の助言を得ながら、肉眼で見えないものを立体造形によって可視化した。

しかし、実は研究者であっても、専門分野外では一般市民と同水準の知識である場合がある。例えば工学系研究者で、生命科学の基礎知識が抜け落ちていることはしばしばある。これは、科学技術研究が細分化された上でさらに研究が専門的になったためである。こうした状況から、異分野の研究者同士をつなぐコミュニケーションツールの必要性が考えられる。これが、「大学や研究所及び企業を含む、科学コミュニティ内のグループ間」の中に組み込まれる必要がある、と考える。

ところで、肉眼では確認できない物質を可視化するアプローチは、工学系研究では枚挙にいとまがないほどあるのにも関わらず、日本デザイン学会『デザイン学研究』で調べた限りでは 1 報の論文しかない⁵⁷。それ以外は、何らかの分析結果データを可視化するというデザインアプローチで占められる。これは、デザインがイラストレーションであるという前提で研究が進められているためである。

さらに、「Cover picture」や「Cover art」を描く仕事は、CG アーティスト・イラストレーターであり、科学者の依頼があって初めて成立する仕事である。これもまた同様に、デザインがイラストレーションであり、広い意味でのアーティストやイラストレーターを希望して入学する学生に対応する、日本のデザイン学科の特徴を捉えたものである、と考える。

しかしながらミルトン・グレイザーは、“Design has nothing to do with art.”（デザインは芸術とは何の関係もない），“Design is the process of going from an existing condition to a preferred one.”（デザインは、既存の状態から良いものへと移行するプロセスである）、と述べている⁵⁸。

つまり、本質的にデザイン学とは、いかに機能的であるかが追究されるかが重要であり、サイエンスコミュニケーションにおける模型もまた、科学研究において新たな知見を得るためのツールであったり、異分野の研究者とのコミュニケーションツール

⁵⁷ 恩田浩司ほか（2005）「CG を用いた不可視オブジェクトの可視化と触感表現に関する研究」『デザイン学研究』52(3), p41-48

⁵⁸ <https://qz.com/823204/graphic-design-legend-milton-glaser-dispels-a-universal-misunderstanding-of-design-and-art/>（2017年10月閲覧）

であったり、あるいは市民との対話の場面でのコミュニケーションツールにすぎないのである。したがって誤解を与えるような形状は一切許されず、ただあるのは研究から得られた知見のアウトプットのみである。

本研究を通じて、デザイン学研究としてのサイエンスコミュニケーションという分野を確立する基礎としたい。より具体的に述べると、概念を可視化する（イメージを喚起する）コミュニケーションツールと、実物に忠実なコミュニケーションツールのことであり、いかに機能的であるかが重要である。可視的なものを可視化することは制作する技術があれば可能なことである。一方で、非可視的なものを可視化することは、科学者とのやりとりを通じて、制作者が科学について理解することが求められる。何れにしても、サイエンスコミュニケーションにおけるコミュニケーションツールは「真に迫るもの」であり、「真」ではないが「偽」ではなく、「真なるもの」を迫るために科学に対する真摯な姿勢を表現したものである。つまり、デザインは科学であることを示す第一歩である。これについては、MIT メディアラボの伊藤所長の言葉を借りれば、「それぞれ別の領域として長らく考えられてきた科学・デザイン・アート・工学という4つの分野が急速に変化しつつあるという意味が込められていた。これらの分野はもはや切り離して探求されるべきものではなく、進化と発見を促進するために、結びつけることが必要になってきている」のである⁵⁹。

本研究を始める時点では、制作者として、芸術作品や博物館展示物を制作する技術を以って制作し、その科学的価値を検証することで、科学と芸術を繋ぐものになり得る、と考えていた。しかしそうではなく、制作を通じて「真に迫る」営みこそが科学的価値であり、科学に対する真摯な姿勢を示すことである、と考えるに至った。昨今、研究不正が横行し、その是非について議論されているが、この「科学に対する真摯な姿勢」こそが、どのような分野の研究者にとっても重要なことではないか、と結論づける。

⁵⁹WIRED 『MIT メディアラボ・伊藤穰一所長が語る「デザインと科学」』
<https://wired.jp/2016/03/28/mit-media-labs-journal-design-science-radical-new-kind-publication/> ,2017年10月14日閲覧

5.4 今後の展望

筆者はこれまで、国立大学や国の研究機関でサイエンスコミュニケーション関連業務や教育普及活動に従事してきた。その中で、ざっくりと教育普及と言っても、児童・生徒を対象としているのか、一般市民を対象としているのか、研究者や専門家、報道関係者を対象としているのか、各場面における対象者のスキルに鑑みて、それぞれに合った教育普及コンテンツを用意することが中々できなかった。しかし、サイエンスコミュニケーションツール、そしてメディアアートの可能性としては、第1に「言語を超える」⁶⁰ということ、第2に「科学に対する関心や知的好奇心の充足」⁶¹を達成し得ることである。それはもちろん、科学技術広報の場面でも役立つと考えられる。したがって、国や年齢、学習の背景を問わず、展示場所も問わず、感性に依拠したサイエンスコミュニケーションを実施することが可能となる。

このような、アートとサイエンスを融合させた教育プロジェクトは、日本の高等教育において徐々に行われており、2009年には大阪大学が「科学技術コミュニケーション入門」を、理系文系問わず全学研究科共通科目として開始した。2011年には東京工業大学と武蔵野美術大学による「コンセプト・デザイン」ワークショップを、2012年には日本大学芸術学部と立教大学理学部による「サイエンスコミュニケーション」講義が行われた。このように、他大学との連携は、芸術系学部を有しない大学にとっては大きなメリットである。また、2012年、筑波大学においては芸術系・医学系・生命環境科学系を中心として、サイエンスビジュアライゼーション演習が開始している。このように、科学的なものの見方ということには、文系・理系の分け隔てはないものの、これらの取り組みは全て、「Art in Science」である。今後は、総合大学である日本大学という環境を生かして、学内連携における「Art of Science」を考えている。この取り組みが、各学部で進むことを期待するとともに、本論文の成果を社会に還元していきたい。

⁶⁰人間は、特定の時間や空間を共有し、あるいは時空を超えて、さまざまな芸術（アート）によって、論理的な言語では困難なコミュニケーションを行なってきました。芸術は、視覚や文字や知識だけに依存せず、複数の感覚に働きかけ、さまざまな障壁を超えて理解しあう助けになる、いくつもの意味でユニバーサルなコミュニケーションです。芸術は多くの人々に直接訴える（ちから）をもっています。”大阪大学コミュニケーションデザイン・センター <http://www.cscd.osaka-u.ac.jp/theme/art.php> (2015/09/19 閲覧)

⁶¹平成 23 年版科学技術白書 (2011)「第 1 節 科学技術コミュニケーションの可能性」

資料

うなぎキャラバン 事前アンケート

※テストではありません。思ったままに、をぬりつぶして教えてください。

質問 1

性別を教えてください。

女性 男性

質問 2

「うなぎ」、好きですか？

すごく好き まあまあ好き どちらとも言えない

あまり好きではない すごく嫌い

質問 3

「うなぎ」がどういう生活をしているか、気になりますか？

すごく気になる まあまあ気になる どちらとも言えない

あまり気にならない 全く気にならない

質問 4

「理科」を勉強するのは楽しいですか？

すごく楽しい まあまあ楽しい どちらとも言えない

あまり楽しくない 全然楽しくない

質問 5

「国語」を勉強するのは楽しいですか？

すごく楽しい まあまあ楽しい どちらとも言えない

あまり楽しくない 全然楽しくない

質問 6

お休みの日に、博物館（「科学館」や「水族館」など）に行きますか？

よく行く たまに行く あまり行かない 全く行かない

ウラにつづく

質問 7

わからないことがあったら、図書館やインターネットなどを使って、自分で調べることはありますか？

よくある たまにある ほとんどない 全くない

質問 8

「理科」を勉強すると、学校の外でも役に立つと思いますか？

すごく思う まあまあ思う どちらとも言えない
 あまり思わない 全然思わない

質問 9

将来、「理科」に関係する仕事をしてみたいと思いますか？

すごく思う まあまあ思う どちらとも言えない
 あまり思わない 全然思わない

質問 10

「うなぎ博士」に聞きたいことがあれば自由に書いてください！

質問はこれでおわりです。
ありがとうございました。

うなぎキャラバン 事後アンケート

※テストではありません。思ったままに、□をぬりつぶして教えてください。

質問 1

性別を教えてください。

女性 男性

質問 2

お休みの日に、博物館（「科学館」や「水族館」など）に行きますか？

よく行く たまに行く あまり行かない 全く行かない

質問 3

「うなぎ」、好きですか？

すごく好き まあまあ好き どちらとも言えない

あまり好きではない すごく嫌い

質問 4

「うなぎ」がどういう生活をしているか、わかりましたか？

すごくわかった まあまあわかった どちらとも言えない

あまりわからなかった 全くわからない

質問 5

「うなぎ」のことを、自分で調べてみたいと思いますか？

すごく思う まあまあ思う どちらとも言えない

あまり思わない 全然思わない

質問 6

将来、「理科」に関係する仕事をしてみたいと思いますか？

すごく思う まあまあ思う どちらとも言えない

あまり思わない 全然思わない

質問は以上です。ありがとうございました。

謝辞

本論文の執筆にあたり，日本大学芸術学部デザイン学科の木村政司教授，桑原淳司教授，大学院芸術学研究科の鈴木保彦先生，藤田一美先生，筑波大学の渡辺政隆教授からご指導を賜り，心から感謝の意を表します。また，在学中より助言くださった工藤光子先生，また社会人学生として勤務しながらの執筆を心配し配慮してくださった，科学技術振興機構や東京大学に所属する内閣府 **ImPACT** メンバーの皆さん，そして何よりも両親に深い感謝と御礼をここに表します。

引用・参考文献

1) 和文文献

- 愛知県立芸術大学 (2016) 「平成 28 年度メディア芸術連携促進事業連携共同事業『日本のメディアアート文化史構築研究事業』実施報告書」
- 朝野浩行・鉄矢悦朗・原子栄一郎 (2005) 「領域を超える連携の魅力と課題：サイエンスとアートの場合」, 『環境教育学研究：東京学芸大学環境教育実践施設研究報告』, 15, p71-80, 東京学芸大学
- 磯部洋明 (2013) 「低関心・関与層へのアプローチと. 芸術・伝統文化とのコラボレーション」, 『第 2 回ユニバーサルデザイン天文教育研究会』, 天文教育研究会
- 今井寛・渡辺政隆 (2005) 『科学技術コミュニケーション拡大への取り組みについて』, 科学技術政策研究所
- 今井寛 (2008) 「<学内の眼：私のプロジェクトと夢>筑波大学発...サイエンスとアートの融合 (夢と期待)」, 『筑波フォーラム』, (78), p31-35, 筑波大学
- 大住雅之 (2006) 「絵画画像と色彩解析の最前線：アートとサイエンスの接点を探る (画像色彩研究会・関東支部共催シンポジウム報告)」『日本色彩学会誌』, 30(4), p223-232, 一般社団法人日本色彩学会
- 大林弘道 (2011) 「新たな製品概念への試み - 「数楽アート」の考察-」, 『商経論叢』, 47(2), p103-119
- 岡田幸彦 (2014) 「サービス学のサイエンスとアート (特集 サービスマーケティングとサービス工学：サービス学としての文理融合をめざして)」, 『サービソロジー = Serviceology : magazine of Society for Serviceology』, 1(3), p16-19, サービス学会
- 小川 正賢(2008) 「科学教育政策提言の開発手法としての熟議会議：1980 年代初頭のカナダ科学協議会の試み」, 『科学教育研究』, 32 (2), p85-97
- 小川義和 (2003) 「学校と科学系博物館をつなぐ学習活動の現状と課題」, 『科学教育研究』, 27 (1), p24-32.
- 小川義和・下條隆嗣 (2003) 「科学系博物館の単発的な学習活動の特性-国立科学博物館の学校団体利用を事例として-」, 『科学教育研究』, 27 (1) , p42-49,
- 小川義和・下條隆嗣 (2004) 「科学系博物館の学習資源と学習活動における児童の態度

- 変容との関連性」、『科学教育研究』, 28 (3) , p158-165
- 小川義和 (2004) 「科学系博物館における継続的な学習活動の効果と特徴-国立科学博物館のかはくたんけんクラブを事例に-」, 『日本ミュージアム・マネジメント学会研究紀要』, 8, p9-21
- 小川義和 (2005) 「科学系博物館における利用者との関係性の構築」, 『第 12 回全国科学博物館協議会研究発表大会資料』, p29-32
- 小川義和(2017) 「今後の科学教育について～サイエンスコミュニケーションの教育的意義を考える～」, 『科学教育研究』, 41 (1), p9-10
- 岡本信司 (2001) 「国内外の科学技術に関する意識調査の状況について」, 文部科学省 科学技術政策研究所 第 2 調査研究グループ, NISTEP
- 恩田浩司ほか (2005) 「CG を用いた不可視オブジェクトの可視化と触感表現に関する研究」, 『デザイン学研究』, 52(3), p41-48
- 科学技術振興機構 科学コミュニケーションセンター (2013) 『科学コミュニケーションの新たな展開』, 科学技術振興機構
- 科学技術振興機構 (2015) 「科学技術イノベーション政策の俯瞰～科学技術基本法の制定から現在まで～」, 『中間報告書』, JST 研究開発戦略センター
- 梶川泰司 (2007) 「サイエンス&アート 超遠近法で解くエッセイの秘密」, 『日経サイエンス』, 37(1), p68-77, 日経サイエンス
- 川井真 (2013) 「僻地医療とコミュニティ・アート：高齢社会におけるサイエンスとアートの新たな融合 (特集 人間力と地域力を掘り起こす)」, 『共済総研レポート』, 129, p12-21, JA 共済総合研究所
- 川口幸也 (2009) 『展示の政治学』, 水声社
- 川島蓉子「デザインプロジェクトの現在 アートとサイエンスを融合させる実験」, 『ブレーン = Brain』, 53(12), p97-99, 宣伝会議
- 小林傳司 (2007) 「科学技術と社会のコミュニケーション・デザイン」, 『社会技術概論』, 財団法人放送大学教育振興会, p80-95
- 機械産業記念事業財団 (2009) 「メディアアートを支える先端技術の現状と展望」, 『調査企画事業報告書；平成 20 年度』, 機械産業記念事業財団
- 国立教育政策研究所 『平成 27 年度全国学力・学習状況調査』, 2015
- コトラー, F 著, 木村達也訳 (2002) 『コトラーの戦略的マーケティング～いかに市場

- を創造し、攻略し、支配するか〜』, ダイヤモンド社
- 小林傳司 (2005) 「科学技術とガバナンス」, 『思想』, 973, p5-26
- 小林傳司 (2004) 『誰が科学技術について考えるのか』, 名古屋大学出版会
- 小林傳司 (2007) 『トランスサイエンスの時代:科学技術と社会をつなぐ』, NTT 出版
- 菅野康太 (2010) 「低関心層を振り向かせるサイエンスコミュニケーション—文脈モデル実践のための具体的な異分野とのコラボレーション」, 『東京大学 科学技術インタープリター養成プログラム 修了論文』
- 佐藤暁子 (2014) 「科学におけるグラフィックデザインの役割-宇宙から細胞まで- 宇宙航空研究開発機構研究開発報告」, 『宇宙科学情報解析論文誌』, 3, p1-6, 宇宙航空研究開発機構
- 佐藤亮子・標葉隆馬 (2012) 「サイエンス・アートが社会に果たす役割 : Eduardo Kac の遺伝子組換えアート作品の事例を通じて」, 『科学技術コミュニケーション』, 12, p31-43, 北海道大学 高等教育推進機構 高等教育研究部 科学技術コミュニケーション教育研究部門 (CoSTEP)
- 椎名仙卓・石田清一 (1964) 「博物館における観覧行動軌跡」, 『博物館研究』, 37 (10), p6-11
- 柴田正三 (2002) 「科学と芸術の共振 (2)」, 『名古屋造形芸術大学名古屋造形芸術短期大学紀要』, 8, p59-73
- 清水香穂・寺田光宏 (2014) 「小学校理科における「鑑賞実験」の開発とその課題 : 化学におけるサイエンス×アート」, 『日本理科教育学会東海支部大会研究発表要旨集』, (60), 37
- 清水麻記・西村隆彦・目黒実 (2006) 「アートとサイエンスの融合事例に関する研究 : 子どもプロジェクトの巡回展「ワールド・プロセッサー」展の事例を中心として」, 『日本科学教育学会研究会研究報告』, 21(1), p49-54, 日本科学教育学会
- 杉山滋郎(2005) 「科学コミュニケーション」, 『思想』, 973, p68-84.
- 杉山滋郎(2007) 「科学技術コミュニケーターの育成 : 大学において (<特集>サイエンス・コミュニケーション)」, 『科学教育研究』, 31(4), p287-294.
- 杉山滋郎(2008) 「大学とサイエンス・コミュニケーション:人材養成ユニットの経験から」, 『科学技術社会論研究』, 5, p22-30.

- ストックルマイヤー, S 他編著・佐々木勝浩他訳 (2003) 『サイエンス・コミュニケーション—科学を伝える人の理論と実践』, 丸善プラネット
- 宣伝会議 (2014) 「アートとサイエンスの融合 石黒浩×大岩直人「人は“買う”だけの生き物?」, 『marketing & creativity』, 871, p44-46, 宣伝会議
- 鷹野光行 (2000) 「博物館の分類, 新刊博物館学講座 I 博物館学概論」, 雄山閣
- 樽創, 田口公則, 大島光春, 今村義郎 (2001) 「博物館と学校との連携の限界と展望-中間機関設置モデルの提示-」, 『博物館学雑誌』, 26 (2), p1-10
- 多田邦雄 (2002) 「アート&サイエンス: 芸術と科学技術の接点を探る」『応用物理』, 71(10), p1210-1212, 応用物理学会
- 田中久徳 (2006) 「科学技術リテラシーの向上をめぐる--公共政策の社会的合意形成の観点から」『レファレンス』, 56(3), p57-83, 国立国会図書館
- 都築章子・鈴木真理子 (2009) 「高等教育での科学技術コミュニケーション関連実践についての一考察」, 『京都大学高等教育研究』, 15, p27-36, 京都大学
- 富永真琴 (2009) 「臨床医学におけるサイエンスとアート」, 『山形大学紀要. 医学: 山形医学』, 27(1), p1-10, 山形大学
- トレンチ, B 著, 渡辺政隆, 藤田茂訳 (2016) 『サイエンスコミュニケーションに必要なのはオープンなやりとり』日本サイエンスコミュニケーション協会, 6(1), p16-18
- 中井大介 (2006) 「シジウィック『経済学原理』におけるサイエンスとアート」, 『経済学史研究』, 48(1), p46-62
- 長沼祥太郎 (2015) 「理科離れの動向に関する一考察—実態および原因に焦点を当てて—」『科学教育研究』, 39(2), p114-123
- 西野嘉章 (2010) 「アートとサイエンス--二十世紀抽象彫刻に対する十九世紀幾何学模型の寄与」『数学通信』 15(2), p34-43, 日本数学会
- 西博孝・渡邊 博典・牛島薫 (1999) 「科学館における芸術・アートの展示化について--平成 11 年度特別展「サイエンス&アート」」, 『千葉県立現代産業科学館研究報告』 (5), p47-52
- 日本学術会議・若者の科学力増進特別委員会 (2005) 『若者の科学力増進特別委員会報告 次世代の科学力を育てるために』
- 野原佳代子・川野江里子 (2015) 「サイエンス&アート/デザインを利用した理工系人

- 材のための創造性教育」, 『工学教育』 63 (1) , p 88-94
- 服部邦洋・永井真理子 (2013) 「サイエンスとアートの融合が次なる成長の機会をもたらす (分析力を鍛える)」, 『Think!』 (46), p104-111, 東洋経済新報社
- 濱弘道 (1998) 「関頭に立つ理学療法 : アートとサイエンスの融合 京都大学医療技術短期大学部 理学療法学科」, 『理学療法学』 25(8), p463-466, 公益社団法人日本理学療法士協会
- 早川雄司 (2014) 「国民の科学技術に対する関心と 科学技術に関する意識との関連」, 文部科学省 科学技術・学術政策研究所 第2 調査研究グループ, NISTEP
- 林衛・加藤和人・佐倉統 (2005) 「なぜいま『科学コミュニケーション』なのか?」, 『遺伝』 第 59 巻第 1 号, p30-34
- 原島博 (2004) 「“科学技術・学術審議会・資源調査分科会報告書 第4 章 科学技術による新たな文化資源の創造 1 映像メディア技術による新たな文化創造”」, p102, 文部科学省
- 美術出版社 (2006) 「遠近法--不可能性 (特集 アート&サイエンスの革新者 M.C.エッシャー)」, 『美術手帖』 58(888), p84-91, 美術出版社
- ヒューズ, C (2005), “ミュージアムシアター”, 玉川大学出版部
- フォーク, ディアーキング著, 高橋順一訳 (1996) 『博物館体験 学芸員のための視点』, 雄山閣
- 日野原重明 (1988) 「医学のサイエンスとアート」, 『順天堂医学』 34(2), p220-231
- 古川安 (1989) 『科学の社会史—ルネサンスから 20 世紀まで』, 南窓社
- 毎日新聞社科学環境部編 (2006) 「理系白書 この国を静かに支える人たち」, 講談社
- 松田健太郎 (2008) 「日本のサイエンスカフェをみる : サイエンスアゴラ 2007 でのサイエンスカフェポスター展・ワークショップから」, 『科学技術コミュニケーション』 , 3, p3-15
- 三浦裕一 (2010) 「科学的概念を構築するための科学教育の試み : 講義と融合した学生実験の企画と導入法」, 『名古屋高等教育研究』, 10p.39-58, 名古屋大学高等研究教育センター
- 宮田景子 (2010) 「親子向けワークショップにおけるサイエンスとアートの融合 : 親子サイエンス・ワークショップ実施報告」, 『科学技術コミュニケーション』7, p155-164, 北海道大学科学技術コミュニケーター養成ユニット (CoSTEP)

- 村松秀 (2008) 「最先端の現代アートから見た科学, そしてコミュニケーション: テレビ番組制作を通じて」, 『科学技術コミュニケーション』 3, p115-128
- 森山剛・久米祐一郎・池田貴幸・浅野耕平・行谷時男・木寺良一・細萱敦 (2011) 「工学と芸術の連携を目指した制作演習」, 『工学教育』 59 (5) , p5_30-36
- 文部科学省 (2011) 『平成 23 年度 科学技術白書』
- 山口悦司 (2002) 「学校と自然史系博物館の連携のための新しいコンセプト」, 『理科の教育』 51 (8), p21-23
- 山本珠美 (2001) 「公衆の科学理解と科学館展示: 論争的な現代科学技術の学習/教育原理に関する序論的考察」, 『東京大学大学院教育学研究科紀要』 40, 261-270, 東京大学
- 米山みどり他 (2014), 「デザインアプローチ手法を用いた次世代空港コンセプトの創出」, 『日本デザイン学会研究発表大会概要集』 61(0), p4
- ルーウェンステイン, B 著, 渡辺政隆, 藤田茂訳 (2016) 『専門知識と民主主義とサイエンスコミュニケーション』, 日本サイエンスコミュニケーション協会, 6 (1), p19-22
- レニー, L.J. (2003) 「参加体験型の科学館によるサイエンス・コミュニケーション: 研究の展望」, 『サイエンス・コミュニケーション・科学を伝える人の理論と実践』, 丸善プラネット
- 渡辺政隆・今井寛 (2003) 『科学技術理解増進と科学コミュニケーションの活性化について』, 科学技術政策研究所
- 渡辺政隆 (2011) , 「なぜサイエンスコミュニケーションなのか:—「想定外」を想定するため—」, 『専門日本語教育研究』 13(0), p15-18
- 渡辺政隆 (2012) 「サイエンスコミュニケーション 2.0 へ」, 『サイエンスコミュニケーション』 創刊号, p6-11, サイエンスコミュニケーション協会

2) 欧文文献

- Cleaver, J. (1992) . *doing Children's Museums: A Guide to 265 Hands-On Museums*. Ohio : Williamson Publishing Chariotte Vermont.
- Kotler, P. (1986). Global Standardization-Courting Danger, *Journal of Consumer Marketing*, 3(2), p13-20.

Kotler, P. (2014). *Kotler on Marketing : How to Create, Win, and Dominate Markets*.
New York : Free Press.

Bucchi, M., Trench, B. (2008). *Handbook of Public Communication of Science and
Technology*. London : Routledge International Handbooks.

Kemp, M. (2005). Artists on science: scientists on art. *Nature*, (434), p308-309.

3) 博士学位論文

有賀雅奈 (2015) 『知識創造としての科学技術コミュニケーション—学生グループによる実践活動の事例研究—』, 北陸先端科学技術大学院大学

井ノ口和子 (2014) 『美術館を活用した鑑賞学習の図画工作科における意味と意義 : 「子どもの<見る>」を探って』, 東京学芸大学

佐々義子 (2008) 『パブリックエンゲージメントを目指したサイエンスコミュニケーションの有効な手法の検討』, 筑波大学

鈴木勇紀 (2015) 『自治体における行政広報活動についての研究 : マーケティング視点による統合型行政広報(シティコミュニケーション)への深化』, 法政大学

田柳恵美子 (2008) 『研究組織のサイエンス・コミュニケーション : 政府系研究機関情報系研究部門の事例研究』, 北陸先端科学技術大学院大学

陳佳欣 (2008) 『遺伝子組換え生物のバイオセーフティ規制とサイエンスコミュニケーション : 日本と台湾における研究』, 筑波大学

松井広志 (2015) 『<メディアとしてのモノ>の文化社会学 : 日本社会における「模型」の形成と変容を中心に』, 大阪市立大学

本巢芽美 (2013) 『風力発電の社会的受容 : 科学技術コミュニケーションツールの開発と地域住民の評価構造の分析』, 東京大学