サイエンスとアートの協奏

Concert of Science and Art

菱田 真史

筑波大学数理物質系化学域

〒305-8571

茨城県つくば市天王台 1-1-1

Mafumi HISHIDA

Department of Chemistry, University of Tsukuba

1-1-1 Tenno-dai, Tsukuba, Ibaraki 305-8571,

Japan

論文要旨：筆者は、大学において油化学，コロイド化学，ソフトマター物理学の研究を行う傍ら，科学という営みを表現するべく現代アート活動を行っています。本稿では，これまで制作・展示してきた作品の紹介，および，どのような考えのもとに科学とアートの協奏的な活動を行っているのかについて，ご紹介させていただきます。

Abstract: In addition to the scientific researches in the field of oleo-science, colloid chemistry and soft matter physics, the author is performing the contemporary art to represent the essence of the science. In this article, I would like to introduce my art works exhibited in the events and to present why I am performing the science-art activities.

1 はじめに

筑波大学の菱田真史と申します。私は普段はソフトマター物理学，コロイド化学，油化学，物理化学，生物物理学などにまたがって研究を行っています。特にリン脂質膜を中心とした両親媒性分子の自己組織化に興味をもち，様々な角度からそのメカニズムを探るという研究を行っています¹⁾。一方で，科学的な知見を活かした現代アートの作家としてアーティスト活動も行っています。とくに，サイエンスという営みをアートとして表現するということを目指して活動を行っています。普段の研究活動とは離れたこういった活動について，本誌面に記事を書かせていただく機会をいただきましたので，サイエンスとアートの関係性や，アートと油化学・コロイド化学との親和性などについて，作品の紹介を交えながら私が普段考えていることを述べさせていただければと思います。初めにお断りしておきたいのは，本稿で述べる科学感とは筆者の個人的な感覚であり，科学者の一般

に通じるものではないこと，またここで述べる科学というのがいわゆる純粋基礎科学のことを指しているということです。科学者はみな科学に対して情熱を持っているかと思いますが，その方向性は様々かと思いますが，そのような多様性は科学の発展に重要です。ここでは，このような考え方を科学者もいるのだという程度に捉えていただければ幸いです。

2 科学の美

アート活動を行うことになったきっかけや考えを書かせていただくためには，まずは私の科学研究の来歴についてご紹介させていただくのが良いかと思います。私は京都大学の理学部物理学科において研究をスタートさせたときから一貫して，ソフトマターの自己組織化現象に魅せられて研究を行ってきました。特にリン脂質二重膜ベシクルの形態形成やダイナミクスなど，物理学・化学・生物学の境界に存在し，いずれの分野においても重要な問題を解き明かすことを楽しんで研究を行っています¹⁾。リン脂質ベシクルを顕微鏡で観察すると様々な形態や動きが観察されますが，それはシンプルな物理によって記

連絡者：菱田 真史
E-mail : hishida@chem.tsukuba.ac.jp

述されるだけでなく、生命現象とも深くかかわっています。顕微鏡で見た姿だけでなく、そこに潜んでいる科学そのものの美しさに魅せられたのが最初に科学とアートの協奏関係を意識したきっかけでした。また油化学、コロイド化学、ソフトマター物理学の中にはリン脂質ベシクルだけでなく、目で見て純粋に美しいと感じられる現象が沢山あります。たとえば、顕微鏡で観察した時の液晶のパターンや自発的に動き回る液滴、水滴が滴下する際の形態変化、ミルククラウン、シャボン玉の構造色、雪の形状…。これら日常にも見られるパターン、動き、色、模様など²⁾を研究の中で学び体験する中で、こういった世界の美しさを我々科学者が知っているだけというのはもったいない、是非、一般の方々にも知っていただきたいという思いが強くなってきました。また、もともと子供のころからアートが好きで、アーティストや芸術系の大学の学生などの友人が多く、彼らにこれらの科学現象を見せた時の反応の良さからも、科学現象とアートの親和性の高さや科学のアート表現というものの可能性に気づかされていました。

科学のアート表現に関する考えについて詳しくは本稿の後半で述べさせていただくことにして、ここからはこれまでにやってきたアート活動についてご紹介させていただきます。

3 美術館での講演、対談

上述のように、日々美しい現象を眺めながら研究を行っているなかで、芸術系の友人知人にその映像を見せたり話をしたり、ということがありました。そういったことを続けているうちに、徐々に興味を持っていただけることが多くなっていき、博士号を取得する前後から美術館などでの講演³⁾を頼まれるようになったのが、アート業界との関わりをもったきっかけです。美術館で作品を展示中のアーティストとの対談などを行う中で、科学とアートの関係性や親和性、科学とテクノロジーの関係性などについて私なりの考えをお話しさせていただく機会が多くなりました。そうして多くのアーティストと交流し、様々な考え方に触れたことによって、自らの科学感というものが醸成され、またそれをアートとして表現したいという思いが大きくなっていきました。こういったアート活動を通して醸成されてきた科学感とは、(おそらく)普段行っている科学研究にも大きく反映されていると感じています。

4 アートハッカソン「干渉する浮遊体」

実際に作品制作を行うようになったきっかけは、友人に誘われて2015年に開かれたハッカソン(KENPOKU

Art Hack Day)⁴⁾に参加したことです。近年ハッカソンイベントは様々な場所で見られるようになってきました。ハッカソンとは様々な技量を持つ専門家が集まり、その場で初めて会う者同士でチームを作り、何らかの制作や活動を行い、チーム同士でその成果を競いあうイベントです。もっとも広範に行われている分野はアプリ作成をはじめとしたWEBテクノロジー・インターネットテクノロジーの世界です。種々の技量を持つプログラマーが集まってアプリやWEB等の制作を行うイベントが各地で開催されています。最近では地方活性化にむけた企画を行うものなど、目的が多様化してきています。参加者の多様性の中で全く新しい発想が生まれてくる可能性が高くなるため、様々な企業や団体が新しい企画アイデアを収集したり、社会に対して新しい刺激を与えたりする際に盛んに用いられるようになってきています。

WEB・ITの世界と親和性が高いメディアアートの世界においても同様のイベントが開催されるようになってきています。私が参加したKENPOKU Art Hack Dayも、目的をアート作品制作に限ったものでした。とくにそこでのミッションは、2016年に開かれる現代アートの国際芸術祭である茨城県北芸術祭⁵⁾への参加作品を提案するというものでした。応募者の中からアーティストや建築家、音楽家、プログラマー、技術者、研究者など様々なバックグラウンドを持つ60名が選拔され、前半二日でチームを結成し、後半二日で実際の作品を制作しプレゼンを行うというものでした。

こういった現代アートの芸術祭は特に過疎化が進む地方の活性化に有効であることから、近年日本各地で開かれています。3年ごとに香川県の島々で開かれる瀬戸内国際芸術祭や新潟県で開かれる越後妻有大地の芸術祭、名古屋を中心に行われるあいちトリエンナーレなどがとくに有名で、これらは期間中100万人近くの観客が訪れることもあります。茨城県北芸術祭もこのような目的のもと、県が大々的に企画した芸術祭でした。ハッカソンイベント自体も県のサポートのもと、県内の様々な場所の視察や交流イベントなどが開かれました。

ハッカソンでは前半2日間は会場各地の視察とメンバー同士での交流会が開かれ⁶⁾、個々人の様々な考えをぶつけあう場となりました(Fig. 1)。2日目の最後に本芸術祭でどのような作品を展示したいかをプレゼンすることになり、強い思いのある30~40名がプレゼンを行いました。私は科学者の目線から、「日常に潜んでいる自然現象の美しさを表現することで茨城県北地域の自然の美しさを再認識させるような作品を制作したい」というプレゼンを行いました。プレゼンターも含め、他のメンバーは参画したい企画に投票する形となっており、多

Fig. 1 KENPOKU ART Hack Day 二日目の風景。

くの票を集めた13企画が実際にプロトタイプ制作を行うことになりました。そこから2週間の間、私の案に投票していただいてメンバーになった方々と、どう作品化するのかについて日夜話し合い、後半2日間でプロトタイプ作品の制作となりました。私のチームにはガラス彫刻家、音楽家、プログラマー、デザイナー、建築家を専門とする方々に参加していただき、「自然の美しさの再認識」をシャボン玉を用いて表現したいという私の思いを表現するために、様々なアイデアや技術を提供していただきました。2日間の急場でしたが、ほぼ徹夜の作業で、「干渉する浮遊体」のプロトタイプ制作を行いました⁷⁾。

「干渉する浮遊体」⁸⁾はシャボン玉の構造色を最大限に鮮やかに体験的に鑑賞できる作品です(Fig. 2)。二酸化炭素で満たしてある大きなガラスの器の上からシャボン玉がふり注ぎます。シャボン玉は二酸化炭素よりも軽いので、ガラスの器の中ではほぼ完全に1分以上も静止することになります。さらに鑑賞スペースをモノトーンにデザインすることでシャボン玉への風景の映り込みを避け、光の当て方を工夫することで最大限に構造色を鮮やかに見えるように空間設計を行いました。シャボン玉の構造色は教科書的には当たり前ですが、ここまで鮮やかなものを見たことがある方はなかなかいっしょにだろと思うほどに鮮やかなシャボン玉を長時間鑑賞できるものとなりました。シャボン玉にはっきりと色が付くことでカメラによる認識が可能となり、音や映像とシャボン玉の動きを同期させることもできました。そこで、シャボン玉が割れると音が鳴るなどの仕掛けを作ることによって、全く新しい鑑賞体験を生み出すインスタレーション作品としました。

誰もがなんとなくきれいだなという認識のあるシャボン玉ではありますが、その想像を超える本当の鮮やかさを提示することで、「自然の中には今まで気付かれてこ

なかった美しさが隠れている」ということを表現しました。そこには、茨城県北地域、ひいては自らの身の回りの自然にも、これまで思っていた以上に美しい本来の姿が潜んでいるかもしれないというメッセージが含まれています。これはシャボン玉本来の鮮やかさを最大限に見せたいという私の思いと他のメンバーの技量が合わさることで初めて成功した作品でした。

4日目の最後に茨城県北芸術祭のディレクターである南條史生さんをはじめとする審査員の前で発表(実際の作品展示だけでなく、コンセプトや実現可能性、コスト、茨城県北地域への貢献なども)を行い、審査が行われました⁹⁾。その結果、本ハッカソンでのグランプリをいただくことができ、次年開催の茨城県北芸術祭へ招待作家として参加させていただくことが決まりました。審査意見では、“シャボン玉とは消えるもの。その先入観を軽快に裏切るのがこの作品である。本当にシャボン玉なのかと目を疑ってしまうほど安定感をもって、空中に浮遊する。流動しながら、微細な空気の流れに呼応して、浮き沈み、漂い、結びつき、そして消滅する。そして音が、シャボン玉の動きに感情を与える。シャボン玉の科学者、ガラス作家、そして音や映像といったエンジニアのチームだから実現した、ハッカソンならではの作品であり、驚きを感じさせる作品だった。また芸術祭で展開するにあたり、およその技術的課題がクリアされており、運用面、予算面も具体的に検討されている点も高く評価した。”との評価をいただきました。

5 茨城県北芸術祭「干渉する浮遊体」

KENPOKU ART 2016 茨城県北芸術祭⁵⁾は2016年9月17日(土)~11月20日(日)の65日間に茨城県の県北地域(日立市、高萩市、北茨城市、常陸太田市、常陸大宮市、太子町)で開かれた現代アートの国際芸術祭です。国内外から100組近くのアーティストが参加し、77万人以上の観客を集めた日本最大級の芸術祭でした。

我々のチームは、茨城県太子町にある麗潤館という古い医院跡で「干渉する浮遊体」を展示しました¹⁰⁾。プロトタイプの段階では50cm程度であったガラスの器のサイズを直径約1.2mと大型化し、3m×3m程度の部屋の光環境をデザインし直して作品を展示しました⁸⁾(Fig. 3)。

シャボン玉が天井裏から一定時間間隔でガラスの器の上に降り注ぐように、自作のシャボン玉発生器を配置し、降り注ぎ滞留するシャボン玉の動きをカメラで認識、それに応じて音や映像がインタラクティブに生成される作品として展示しました。展示に際してはあえて科学的な説明などは省くことで、鑑賞者それぞれに個々のストー

Fig. 3 茨城県北芸術祭において「干渉する浮遊体」の制作作業中の筆者。

リーを呼び覚まさせることを意識しました。また仕掛けを明示しないことで、鑑賞後にもその不思議を考え続けさせるようにも意識した展示を行いました。このように鑑賞者それぞれが自由に自分自身の感覚を呼び覚ますことができるというのが、現代アートの最も重要な役割でしょう。

本作品は2か月間の展示で延べ1万人以上の方に鑑賞していただきました。2か月間の展示は非常に長く、装置の故障などのトラブルもありましたが、なんとか大きな問題なく乗り切ることができました。作家として滞在中、鑑賞者の方々からは「科学の本当の面白さを感じた」「アート概念を覆された」「想像以上の美しさだった」など様々ご感想をいただき、日によっては行列になったり海外の情報サイトに注目作品として掲載していただいたりするなど、大変な好評をいただくことができました。このように一般の方々と意見を交換したり感想をいただいたりする機会は普段の研究生生活ではほとんどないため、大変刺激のあるものです。また会期後に、芸術系のいくつかの賞¹¹⁾を受賞させていただき、東京での展示の機会¹²⁾もいただくことができました。

6 BIWAKO ビエンナーレ「泡影」

茨城県北芸術祭での展示以降、アート業界とのつながりや口コミ、また上述のハッカソンイベントで競い合った方々からの紹介などで、定期的に作品を発表する機会をいただけています。

たとえば、ディレクターの方からお声がけいただき、滋賀県近江八幡市で2年に一度開かれている国際芸術祭、BIWAKO ビエンナーレ¹³⁾に参加させていただいています。BIWAKO ビエンナーレ 2018 では、「干渉する浮遊体」からスピナウトし、私個人の独立作として同様の仕組みを使ってシャボン玉の影を魅せる作品「泡

Fig. 5 BIWAKO ビエンナーレ 2018 制作時、他の作家との交流風景。

影」を制作・展示しました¹⁴⁾ (Fig. 4)。

ここでは静止するシャボン玉の影(シャボン玉の影には構造色を反映した色が付きます)を見せることに集中した作品としました。会場は江戸時代から続いた酒蔵跡の町家で、江戸時代の雰囲気がそのまま残る力強く陰影深い空間との対比が美しい作品となりました。またBIWAKO ビエンナーレでは空間を区切ることなく各作家の作品を展示しているため、他の作品とも呼応し、独特の空間を作ることができました。シャボン玉を浮かべる器などの作品の一部はその場で昔から使われていたタライなどを用い、実際に日本酒を醸造していた空間での展示になったことからか、麹の発酵のような生命性を帯びた表現にもなっています。実際に、ある新聞¹⁵⁾では「(シャボン玉の) 球一つ一つが、原子生命体のように呼吸し、脈動し、生きているように見え、神秘的な世界に陶然となった。」とご紹介いただきました。私が普段リン脂質膜ベシクルを研究しており、脂質膜に生命の根源のようなものを感じながら研究を進めているだけに、類似の構造を持つシャボン玉をこのように捉えていただけたことはとてもうれしく、また新鮮に感じました。

また、茨城県北芸術祭やBIWAKO ビエンナーレは多くの作家が一堂に集まって作り上げられる芸術祭であるため、ほかの作家との交流が盛んに行われます。BIWAKO ビエンナーレでは他の作家とともに一つの家に泊まり込み、皆で食事を共にし、意見をぶつけ合い、また共感しながら作品制作を行っています(Fig. 5)。我々研究者とは別の角度からの(ともすると否定的になりがちな)科学に対する考え方をもつ方々に科学の本質を説明することで、肯定的な感覚を引き出すことができた際には非常に喜びを感じるものです。BIWAKO ビエンナーレには2020年にも参加させていただく予定です。

7 六本木アートナイトほか「dyebirth」

シャボン玉を用いた作品の他には「dyebirth (ダイバース)」¹⁶⁾ という作品も制作しています (Fig. 6)。こちらは私が参加する以前より結成されていた nor¹⁷⁾ というチームに相談を受けて制作に参加させていただいた作品です。nor もアートハッカソンイベントで生まれたチームであり、プログラマー、エンジニア、音楽家、建築家、プランナー、デザイナーなどからなるチームです。KENPOKU Art Hack Day の際に知り合ったメンバーの一人から声をかけていただき、作品制作に参加させていただきました。

「dyebirth」では粘性の異なる二つの液体が混ざる時に特徴的なパターンが生まれる viscous fingering¹⁸⁾、および、表面張力に勾配がある場合に流れが生じるマランゴニ効果¹⁹⁾ を、インクを使って鮮やかに見せています。3m 近くある大きなパレット上に様々な色のインクがデジタル制御によって自動で滴下され、自発的にパターンを形成していく作品です。このようなパターン形成は油化学や界面化学、ソフトマター物理学の研究分野ではよく観察され、科学的な言葉を使うならば散逸構造²⁰⁾ の一種といえます。物理学的に見ると、非平衡状態の中で創発的に機能や形態が生まれている生命もまた散逸構造ととらえることができます。「dyebirth」において一日かけて複雑な模様が自発的に生成される様は、おのずと生命性を感じさせるものとなっています。規則的なデジタル制御と、予測不能な自然現象の狭間で様々な模様が生まれ、染まり合い、やがて無個性な黒となり死んでいく一連の様子から、多様な生命のあり方を見出すことができる作品となっています。

制作では私は主に科学面担当で、建築家やエンジニアなど各メンバーの技量を組み合わせることで完成した作品でした。実は「dyebirth」で見られる高粘性液体表面上での低粘性液体の自発的な広がりによる fingering パターンの生成メカニズムは十分にわかっておらず、学問的には未解明の新しい現象をつかった表現にもなっています。美しい現象を見出そうとするメンバー全員の探求心と多くの予備実験の結果発見できた現象であり、科学とアートの協同による可能性を感じさせる制作となりました。

こちらは、六本木アートナイト (2017 年)²¹⁾ や Media Ambition Tokyo (2018 年)²²⁾ といった都内中心部で行われたアートイベントにて展示を行ってきたほか、最近では中国での展示²³⁾ も行っています。また多くのメディアにも載せていただき、国内外で芸術系の賞²⁴⁾ も受賞させていただいています。

8 揺らぎの美しさ「Flux/N-IL」

立体によるインスタレーション作品だけでなく、映像による制作も行っています。「Flux/N-IL」は液晶の顕微鏡映像を利用した作品です (Fig. 7)²⁵⁾。サーモトロピック液晶の相転移温度直上に温度を設定することで、周辺の温度の揺らぎの中での相転移の反復を引き起こしています。この作品では、自然の中で普遍的に存在しているものの、普段直接感じることの少ない「揺らぎ」の美しさを表現しています。自然な「揺らぎ」はいまだに CG などのテクノロジーでは表しきれません。そのため本作品は CG 映像とは一線を画す妖艶さがあります。実際には周囲の風などに呼応して 0.1~0.5℃ 程度わずかに温度が揺らぐことによって状態が変化しており、人為的ではない、自然の揺らぎが映像におけるダイナミックな変化を生み出しています。さらに有機的な音楽を合わせることで、宇宙のような生命のような得も言われぬ感覚を呼び起こす作品となっています。このようなわずかな温度変化での流転はほとんど過冷却のない液晶材料を用いて初めて観察されたものです。液晶の映像は我々専門家からすると日常的なものですが、一步専門を離れてみるととても非現実的なものに見えてきます。音楽制作は「干渉する浮遊体」の制作をともにした音楽家の方²⁶⁾ をお願いしています。

こちらの作品は現在はインターネット上のみで発表していますが、いずれ古民家などの大きな空間で展示できればと考えています。

9 科学とアートの親和性

日常的に科学活動、とくに非常に基礎的な科学研究を行っている、科学とは本来如何なるものなのか、元々の目的は何なのか、人類社会にどのように関わり役に立つことができるのか、といったことを考えざるを得ません。特に自分自身のバックグラウンドが物理学にあるため、ここでの考えは必然的に物理学的な発想が主体になっているかと思います。物理学とは個別の事象に注目して研究を行っているように見えるものの、最終的には普遍的な物事の理解を目指す学問です。それが物の理(ことわり)を理解するということかもしれません。物質が異なったり、スケールが異なったり、そもそも事象が異なったりしていても、同じ機構で物事を理解したい、理解できるに違いないと信じて進めていく学問であるように思います。物理学に限らず科学というものは自然を俯瞰的に理解し本質を見出すことを目指していると考えています。それを行い続け、突き詰めることで、自分自身の確固たる人生観を確立し、自ら納得した豊かな人生を

Fig. 2 「干渉する浮遊体」(KENPOKU ART 2016 茨城県北芸術祭)。ガラスの器の直径は約 1.2 m。

Fig. 4 (上)「泡影」(下) BIWAKO ビエンナーレ 2018 展示風景 (奥が「泡影」)。

送ることができるようになってくるものだと思います。すなわち、ただひたすらに自然の面白さと美しさを知り、感動し、それを表現したいという哲学的かつ文化的な目的そのものが科学活動の核心ではないでしょうか。

一方で、アートとは何か。アートの本質を言葉で表現するのは非常に難しいですし、個々人によっての定義も大きく異なるように思うため、断定的には書くことがで

きませんが、私はアートとは自然というものの表現であると捉えています。ここでいう自然とは、いわゆる海や森といった狭義の自然だけでなく、人間、社会、思想、などありとあらゆるものを含んでいます。それらを自らの感性を通して表現するのがアートであるように捉えています。本質は「自然の表現」です。つまり、本質的にはアートと科学は非常に思想が近いものであると考えています。アートは表現対象にも表現方法にも制限はありませんが、科学は実質的にそれらの制限があるため、科学はアートの一部であると捉えることもできるのではないのでしょうか。

一見かけ離れたもののように見える科学とアートですが、いずれも人類の文化的、精神的な豊かさを向上させる営みであるという意味で、その思想は非常に近いとみることができるのです。

このような本質的な思想の親和性から、アートを利用した科学表現を行うことで科学の本質を表現しやすくなるのではないかと考え、アートを用いています。科学的に見つかった発見をわかりやすく市民に伝えたり、科学研究で見られる美しい現象や素材を使ったアート表現を試みたりするだけでなく、ここで書いた様な科学という営み本来の姿、目的を表現していければと考えています。実際にアートを用いることで、もともと科学に興味なかった人や科学に対して否定的な意見を持つ人とも対話が可能となり、それまでの科学に対する見方を見直していただけることなども多くなってきました。

10 科学とアートの協奏がもたらすもの

私がアートを用いて科学の本質や面白さを伝える活動を行っているのは、一般社会における科学の捉えられ方が私の思う科学とはまったく異なるものであるように感じているからです。その乖離には強い危機感を感じています。一般社会において、科学とは、社会に対して何ら

Fig. 6 「dyebirth」(六本木アートナイト 2017) およびパレット上で見られるパターン。

Fig. 7 「Flux/N-IL」タイトル。

かの役に立つものであるかのように捉えられているように感じています。これは科学と技術(テクノロジー)の境が曖昧なまま世間で広がっているからであろうと考えられます。

しかし前述のとおり、そこには大きな違いがあります。テクノロジーの目的は何らかの役に立つもの、便利なものを作り上げることであるのに対し、科学の主体は自然の理解とそれに対する感動であり、精神的な豊かさをもたらしてくれるものであるということです。この関係はアートとデザインのそれと似ています。

アートを通すことでこの科学の役割を一般社会に伝えていくことができれば、社会における科学の見方や立場が変わっていくのではないかと信じています。身近な自然を理解し感動することこそが科学の本質であることを伝え、科学の裾野を広げていければ幸いです。多くの研究者・科学者が指摘しているように、近年日本では、基礎科学が軽視され、研究環境が悪くなっていく一方です²⁷⁾。世の中における科学の見方がすこしでも変われば、その環境をいい方向に変えていけるのではないかと考えています。

11 おわりに

本稿でご紹介した作品の動画は私のホームページ²⁸⁾で公開しておりますので、ご興味ある方は是非ご覧ください。作品を制作する際にはやはりヴィジュアル的に面白い現象を用いることが多いため、比較的身近な物質を用いて目で見て美しい現象が多く観察される油化学やコロイド化学、ソフトマター物理学といった分野との相性は非常に良いと感じています。アート作品にふさわしい試料や現象をご存知の方がいらっしゃいましたら、是非、ご教示いただくと幸いです。また、共同制作や広告利用等のご相談もお待ちしております。最も切実な問題である予算に関しても妙案ございましたら、是非ご連絡ください(毎回最も頭を悩ませる点です)。

いずれにせよ、このような活動により、役に立たないと思われがちな基礎科学の認識のされ方が少しでも変化し、文化としての役割が認められ、社会における立場が向上すれば、少しでも皆様のお役に立てるのではないかと信じ、活動を続けていければと思っています。

文 献

- 1) 菱田真史ホームページ <https://sites.google.com/site/mafumihishida/home/research>
- 2) 形の科学会, 形の科学百科事典. 朝倉書店, 東京(2013). Society for Science on Form, Japan, Encyclopedia of Science on Form. Asakura Publishing Co., Ltd., Tokyo (2013).
フィリップ・ボール, 自然が創り出す美しいパターンシリーズ. 早川書店. 東京(2011).
Ball, P. Shapes: Nature's patterns: A tapestry in three patterns. Hayakawa Publishing Corporation, Tokyo (2011).
- 3) 「おちゃかい? 第11回 自然の形, 色をめぐる」小山田徹氏との対談(大山崎山荘美術館)(Oyamazaki Villa Museum of Art)

- 「ここから 何処かへ」國府理氏との対談 (京都芸術センター) (Kyoto Art Center)
 「本を楽しむ, 科学と遊ぶワークショップ」菱田一仁氏との対談 (京都府立図書館) (Kyoto Prefectural Library)
 「未来のいえ」國府理氏との対談 (西宮市大谷記念美術館) (Otani Memorial Art Museum, Nishinomiya City)
- 4) <http://www.kenpoku-arthackday.com/>
 - 5) <https://kenpoku-art.jp/>
 - 6) art hack day 1: <http://www.kenpoku-arthackday.com/report-1/day1>
 art hack day 2: <http://www.kenpoku-arthackday.com/report-1/day2>
 - 7) art hack day 3-4: <http://www.kenpoku-arthackday.com/report-1/day3-4>
 - 8) 「干渉する浮遊体」 <https://vimeo.com/188372372>
 メイキング映像 <https://www.youtube.com/watch?v=b9YnPxkkeE>
 - 9) <http://www.kenpoku-arthackday.com/prize>
 - 10) 干渉する浮遊体チーム <https://kenpoku-art.jp/art-works/fl3/>
 - 11) YouFab Global Creative Awards 2016 FIRST PRIZE WIRED CREATIVE HACK AWARD 2016 パブリック賞
 - 12) 渋谷ヒカリエにて youfab2016 受賞作品展示 <https://www.youfab.info/2016/award-ceremony-report.html>
 - 13) BIWAKO ビエンナーレ <https://energyfield.org/biwa-kobiennale/>
 - 14) 「泡影」 <https://vimeo.com/291488354>
 - 15) 神戸新聞 2018 年 11 月 3 日
 The Kobe Shimbun, November 3, 2018.
 - 16) 「dyebirth」 <https://nor.tokyo/dyebirth>
 - 17) nor ホームページ <https://nor.tokyo>
 - 18) 山本剛宏, 非ニュートン流体中の粘性指状体の挙動, 可視化情報 **22**, 235-239 (2002). Yamamoto, T. Viscous fingering in non-Newtonian fluids. *J. Visualization Soc. Jpn.* **22**, 235-239 (2002).
 - 19) 今石宣之, マランゴニ対流の基礎, *Int. J. Microgravity Sci.* **No. 31** (Suppl), S5-S12 (2014).
 Inaishi, N. Fundamental of the Marangoni convection. *Int. J. Microgravity Sci.* **No. 31** (Suppl), S5-S12 (2014).
 - 20) G. ニコリス, I. プリゴジヌ, 散逸構造. 岩波書店, 東京 (1980).
 Nicolis, G.; Prigogine, I. Dissipative Structure. Iwanami Shoten Publishers, Tokyo (1980).
 - 21) <https://www.roppongiartnight.com/2017/>
 - 22) <http://mediaambitiontokyo.jp/2018/>
 - 23) 国際媒体芸術祭「光点 FLARE2019」 <http://tdsummit.jp/flare2019/>
 - 24) 第 22 回文化庁メディア芸術祭 アート部門 審査委員会推薦作品, PRESENT FUTURE Art & Technology Star Award 2019, Installation Star Award (中国)
 - 25) 「Flux/N-IL」 <https://vimeo.com/253015243>
 - 26) 橋本次郎 <https://zeit-label.com/>
 - 27) 文部科学省 令和元年版 科学技術白書
 Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology Japan, White Paper on Science and Technology 2018.
 - 28) 著者ホームページ (科学×アートのページ)
<https://sites.google.com/site/mafumihishida/home/other>