COLORING AS A CODE

[**カラーリング・アズ・ア・コード**]
__着彩ツールとしての 3D プリンティング

2020 年度 修士論文
慶應義塾大学 政策・メディア研究科
田中浩也研究室

大日方 伸

論文要旨

本論文は、3D プリンタをはじめとするデジタルファブリケーション機器の可能性を掘り下げ、「色」をテーマに制作を続けてきた筆者が、「Color Fab」というチームを組織して 3 年の歳月をかけて行なった色彩表現についての研究をまとめたものです。
3D プリンタをカタチをつくるためだけではなく着彩のツールとして捉え、3D プリンタでしかできないような色彩表現を開拓してきた結果、意匠としてまだ誰も見たことのないような視覚効果を生み出すことができただけでなく、現在の着彩工程が抱える製造課題を解決しうるような新しい可能性も見えてきました。
デザインされた「コード」によって 3D プリンタを動かし、繊細な着彩を施していくこの新しいモノの作り方を「積彩」と名付け、積彩によって意匠 / 製造がどのように変化しうるかを論じます。

ABSTRACT

This paper is a summary of my research on color expression using a 3D printer.
As a result of using the 3D printer not only to create shapes but also as a tool for coloring, we were able to create visual effects that no one has seen before as designs, and we also found new possibilities to solve the manufacturing problems that the current coloring process has.
This new way of making products, in which the 3D printer is driven by a designed "code" and delicately painted, is called "SEKISAI", and discuss how SEKISAI can change design and manufacturing.

「Color Fab」

3D プリンタを着彩のツールとして捉え直し、情報と物質が融けあった新しい色彩表現を開拓することを目標としたデザインエンジニアリングチーム。
大日方 (写真中央) がデザイン / ディレクションをつとめ、高盛 (写真右)、木下 (写真左) がエンジニアリングを担当する。

「活動歴 」

2018	Color Fab チーム結成
	Conference on 4D and Functional Printing
2019	日本橋めぐるのれん展 公募コンペ入賞
	FUROSHIKI TOKYO 展 出展
	Conference on 4D and Functional Fabrication BEST SHOWCASE AWARD 受賞
	FM ラジオ J-Wave STEP ONE 出演
2020	KUMA EXHIBITION 出展
	CS デザイン賞 学生部門金賞 受賞
	TOYAMA DESIGN COMPETITION グランプリ 受賞

目次

序章 _ デジタルファブリケーション時代の色彩論へ 05

課題 _ 色のない 3D プリンタ 07

提案 _ 積彩 13

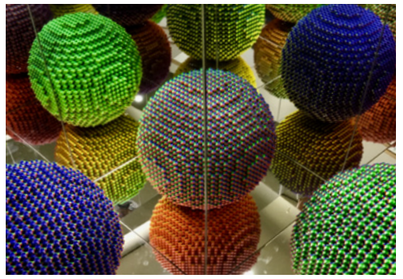
- 積彩－01 / 色を織る 17
  - 色引 <fabricol> 19
  - 遊色瓶 <playful color vase> 23
- 積彩－02 / 色を詰む 35
  - TransColor Sphere 37
  - TransColor Lamp 39
- 積彩－03 / 色を揺らす 49
  - TransColor Gradation 51
  - 藍から藍へ <Gradation to Gradation> 53
  - iridescent furoshiki 59
- 積彩－04 / 色を重ねる 63
  - 光の年輪 <35th annual light rings> 65

考察 _3 次元の色彩 77

謝辞 89

参考文献 90

Movie



https://vimeo.com/419796192

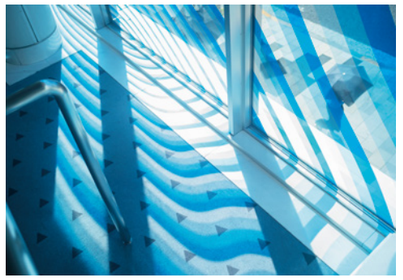
Color Fab Project

2019

https://vimeo.com/481949929

積彩 _making of 遊色瓶

2020
TOYAMA DESIGN COMPETITION GRAND PRIX



https://vimeo.com/447105201

光の年輪

2020
CS デザイン賞学生部門金賞受賞

序章

デジタルファブリケーション時代の色彩論へ

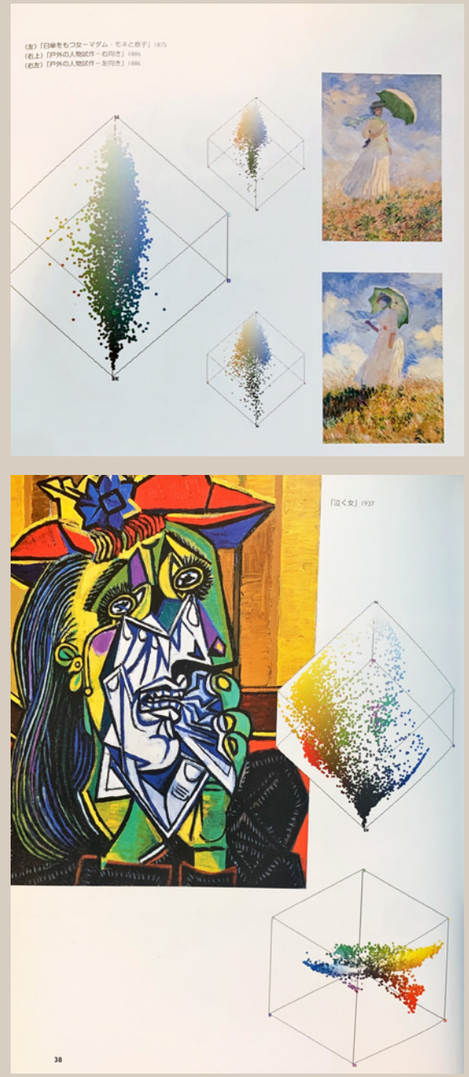
Color Theory in the Age of Digital Fabrication

デジタル時代からデジタルファブリケーション時代の色彩論へ。
発展した情報技術を活用することで、物質としての色彩を拡張していく試み。

私が本研究を始めることとなったきっかけに『カラー・アズ・ア・コンセプト _ デジタル時代の色彩論』(著・藤幡正樹、美術出版社、1997 年) という一冊の本の存在があります。
これはメディアアーティストの藤幡正樹がデジタル時代の色彩表現のあり方について論じたもので、慶應義塾大学環境情報学部で行なっていた自身の講義を元に編纂した書籍です。
この色彩論は私がちょうど生まれた年頃に書かれたものですが、大学の図書室の隅でこの本と出会った時はいたく感激し、立ったまま夢中でページをめくっていたのを覚えています。
色彩論は色を扱う道具 (メディア) の変化とともに更新されていきますが、藤幡はこの本で「コンピュータ」という道具の登場によって色彩が物質から切り離され、情報空間を自在に動き回る概念 (コンセプト) と化したことを述べています。概念としての色彩は物質的制約から解放され、コンピュータディスプレイ上でしかできないような様々な表現や分析を行うことを可能にしたのです。
特に藤幡は「カラー・キュービック・パレット」という道具の開発と実践を中心にデジタル時代の色彩論を構築しています。これはコンピュータディスプレイ上に 3 次元の色空間 (XYZ 座標をそれぞれ RGB の三原色の値に割り当てて立方体としたもの) を作りだし、色彩同士の関係性を立体的に、体験的に捉えることを目的としたツールで、これをもってモネやピカソ、スーラなどの画家が用いていた色彩の分析を行ったのです。[fig.1]

さて、この「カラー・アズ・ア・コンセプト」を読んだことで私の中に一つの疑問が生まれました。
それは、藤幡正樹がデジタル時代の色彩論に取り組んだ 1997 年から 23 年もの正樹歳月が経った 2020 年において、色彩論はどのような道具によってアップデートされうるだろうか？ということです。
藤幡が当時注目していたコンピュータという道具は今や日常に融け込み、それに代わる新しい道具が台頭してきているはずです。私はそこで、デジタルファブリケーションという道具こそ新たな色彩論の担い手であるのではという仮説を持ちました。
2006 年に MIT のニール・ガーシェンフェルド教授が著書の『FAB: The Coming Revolution on Your Desktop-from Personal Computers to Personal Fabrication（日本語訳版：ものづくり革命 パーソナル・ファブリケーションの夜明け）で語ったのはまさに、

私たち個人がコンピュータだけではなくデジタルファブリケーションという道具にもアクセス可能になり、それらを駆使して情報と物質を往来しながらものづくりを行っていくという FAB 社会の提案だったのです。
その中で、物質→情報への色彩の翻訳がデジタル時代の色彩論だとするならば、発展した情報技術を用いてもう一度物質としての色彩をアップデート、つまり情報→物質への色彩の再翻訳を行っていくことがデジタルファブリケーション時代の色彩論であるのではないかと私は考えています。
色彩の捉え方には「物質 (顔料)」、「情報 (RGB などのカラーコード)」と種類がありますが、コンピュータディスプレイ上で自由になった色彩 (情報) の概念の力を借りつつ、そこにもう一度身体を与えることでより自在な色彩 (物質) を生み出すことができるようになるはずで、そこには情報と物質が融け合った新しい「色彩」が生まれてくるでしょう。
デジタルファブリケーションとはデジタルデータから直接ものづくりをする技術のことをさし、接続されたコンピュータから機械を制御する「コード」を送信して製造するのですが、デジタルファブリケーションではこの情報と物質を結びつける「コード」の設計こそが重要になってきます。
情報から物質へ、どのように色彩を橋渡ししていくのか。「コード」としての色彩を扱い、物質 (顔料) の色彩世界をアップデートしていく取り組みをデジタルファブリケーション時代の色彩論として論じたいと思います。



[fig.1] カラー・キュービック・パレットによる色彩分析

課題

色のない 3D プリンティング

Colorless of 3D printing

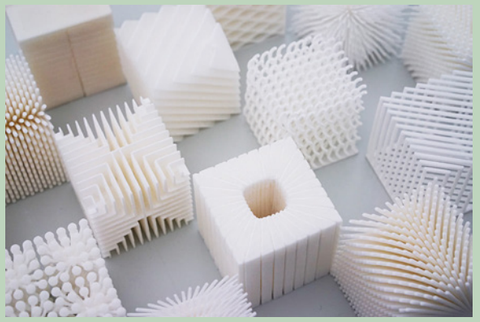
「カラーデザイン」の議論が欠落している 3D プリンティングとその課題

私は元々グラフィックデザインの領域を主に学んでいたのですが、大学でデジタルファブリケーションに興味を持ち、3D プリンタを使い始めました。
それからこの道具が持つ大きな可能性に惹きつけられていくことになるのですが、学べば学ぶほど 3D プリンタに対して「ああ、なんて勿体無い」という思いを抱いていました。
それは、3D プリンタが「色」不在の道具だったからです。
私が 3D プリンタを使い始めたのは 2015 年頃ですが、3D プリント材料であるプラスチックも海外由来の彩度の高いものばかりが並び、色鉛筆の 12 色基本セットを持たされているような状況でした。
また、一般的に普及している FDM 方式の 3D プリンタでは基本的に単色しか扱えないということもあり、3D プリンタのサンプル品として見せられるものはどれも単色の、彩度の高い、それこそおもちゃのようなものばかりだったのです。
3D プリンタは型を必要としない特殊な造形法から、複雑な内部構造を持つような独特な形状を作り出すことができます。[fig.2] そのようなポテンシャルを持ちながらも「3D プリンタは結局おもちゃしかつくることができない」と揶揄されていたことの一因は確実に色の不足にあったはずです。

モノは大きく分けて「色」と「形」の 2 つの要素から成り立っています。グラフィックデザインでは、最新の注意をもって色と形のバランスを調整し、何度も何度も検証しながらオブジェクトを形成していきます。
それはグラフィックデザインのみならず、プロダクトデザインやファッションデザイン、建築など、「意匠」という言葉を内包するデザイン行為には欠かせないプロセスだということを私たちデザイナーは当然のように知っています。
しかし 3D プリンティングによる「つくる」では色と形の関係性は瓦解し、「形」をつくることのみに注力されてきました。私はそのアンバランスを修正し、「形」だけでなく 3D プリンタでどのような「色」を作り出すことができるかを議論することが、これから正しく 3D プリンタがデザインの道具として発展していくために必要なことだと考えています。

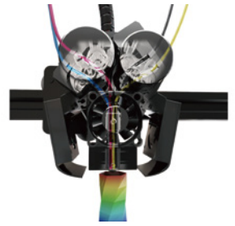
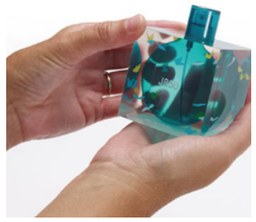
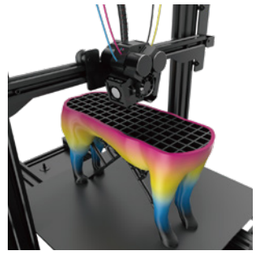
道具の発展とデザイン言語の不足

さて、私が 3D プリンタを使い始めた 2015 年から 5 年が経った 2020 年現在、3D プリンタという道具自体は目まぐるしいスピードで発展を遂げ、色を扱うことができるものも数多く登場することになりました。



[fig.2] 3D プリンタによって作られた複雑な内部構造
（東京大学山中俊治研究室 HP(http://www.design-lab.iis.u-tokyo.ac.jp/research.php) より引用）

特に象徴的だったのは、2017 年に日本国内の株式会社ミマキエンジニアリングが発表した「3DUJ-553」(p.9,fig.3) という UV 硬化インクジェット方式のフルカラー 3D プリンタの登場でした。これは紫外線で硬化するインクを素材に立体造形していくもので、世界初の 1,000 万色以上のフルカラー造形を実現しています。それまでは主にフルカラー 3D プリンタというと Z Corporation の「ZPrinter」(p.9,fig.4) に代表されるような粉末石膏接着式が主流で発色性や造形強度が低いことが課題でしたが、3DUJ-553 はその課題を解決し、プロトタイプとしてだけでなく実用品にも使用できるようなクオリティを担保するフルカラー 3D プリンタとして注目されました。
縁あって私たち Color Fab も 2018 年からミマキエンジニアリングと共同で 3DUJ-553 を活用した制作をしていくことになるのですが、そこで受けた相談が「フルカラー 3D プリンティングの市場が広がらない」という課題でした。
フルカラー 3D プリンティングの現在の主な国内市場はフィギュア業界で、3D データからオリジナルのフィギュアをつくることのできる出力代行サービスなどがあります。このサービスはフィギュアを小ロットで製造できること、データから直接造形できることなどのメリットがありますが、市販のフィギュアと比べるとクオリティが見劣りしてしまうこと (p.9,fig.5) や価格の高さなどから市場は広がらず、実際に 3DUJ-553 を用いた出力サービスを行っていた株式会社ホタルコーポレーションも同サービスを 2021 年の 1 月で停止することを発表しています。
私は、このように市場が細くなってしまっていることの原因は、発展していく道具に対して使用者側がそれを使いこなすためのデザイン言語を獲得していないことにあると考えています。つまり、新しい道具に対してその使い方を理解していないため道具の可能性を引き出すことができていないということです。ただ単に既存の製造方法をフルカラー 3D プリンティングにすげ替えていくような市場の作り方ではなく、フルカラー 3D プリンティングでしかできないような製造を理解した上で付加価値を作っていく必要があるでしょう。
また、2019 年頃から 3D プリンティングの造形特性を引き出すための設計ガイドラインとして「DfAM (Design for Additive Manufacturing の略、通称ディーファム)」という言葉が出回り始めましたが、合計 7 つある DfAM の設計手法のうちそのほとんどが「形状」をいかに設計することができるかについての言及であり、「色彩」設計についての言及がないことからもどれだけ 3D プリンティングが色彩の言語を持ち得ていないかが伺えます。
このような現状に対し、私たちが制作を通して行っていることは、DfAM に代わるような、或いは更新していくようなフルカラー 3D プリンティングのためのデザイン言語を作っていくことです。

名称	**ZPrinter 650** ZCORPORATION	**J850** Stratasys	**3DUJ-53** ミマキエンジニアリング	**da vinci color** XYZ PRINTING	**PALETTE 2** Mosaic	**Quad Fusion** M3D
発売年	2008	2019	2017	2017	2018	2018
機体	 [fig.4]		 [fig.3]			
作例			 [fig.5]			
価格（機体）	898 万円（発売当時）	約 3,000 万円	1,780 万円	約 50 万円	約 5 万円	約 5 万円
方式	石膏粉末接着	PolyJet	UV 硬化インクジェット	FDM（インクジェット）	FDM（スイッチング方式）	FDM（ミキシング方式）
特徴	石膏粉末に接着剤を塗布して積層していく方式で複雑な形状を造形する事ができるが、造形強度が低く壊れやすいため、模型用に用いられる。	マルチマテリアルかつフルカラーでの造形が可能なため、不透明、透明、柔軟性、剛性のある素材を複雑に組み合わせることが可能な最高級のフルカラー 3D プリンタ。	発色性に非常に優れており、造形強度も高いため直接最終製品を作り出すことができる。	インクを吸収する特別なプラスチックフィラメントを染めながら造形するという世界初の FDM 方式のフルカラー 3D プリンタ。発色が悪く、マーカーで塗ったような質感である。	単色タイプの FDM 方式の 3D プリンタに取り付けることでマルチカラー化することができるマシン。最大 4 色のフィラメントを切り替えて供給することで任意の色を割り当てることができる。	4 色のフィラメントをノズル内で混ぜ合わせ、その混合比率によって任意の色を作り出すマルチカラー造形を実現した FDM 方式の 3D プリンタ。

主なカラー 3D プリンタの種類

現在発売されているカラー 3D プリンタのうち、代表的なものをピックアップしてみました。Z Printer シリーズは昔から模型用に利用されてきましたが、2017~2018 年あたりから急にカラー 3D プリンタマシンの市場が盛り上がり、最終製品の製造にも利用できるような機体が数多く登場しました。

※3D プリンタ機体・作例の画像は各企業の HP より引用

3D HUBS
(https://www.3dhubs.com/knowledge-base/additive-manufacturing-technologies-overview/)

3D プリンタの種類

カラー 3D プリンタに限らず 3D プリンタ全体を俯瞰して見ると、上図のように造形方式によって様々な違いがあります。この中でも特に本書では FDM(Fused Deposition Modeling)(= 熱可塑性樹脂を溶かしながら積層造形する) 方式、MJ(Material Jetting)(=UV 硬化樹脂を固めて積層造形する) 方式、LOM(Laminated Object Manufacturing)(= シート材を一枚ずつ切って重ねていく) 方式の 3 種類を取り上げています。

提案

積彩
Additive Color Manufacturing

色を着けるではなく、色を積む。
3D プリンティングによる新しい色のつくりかた

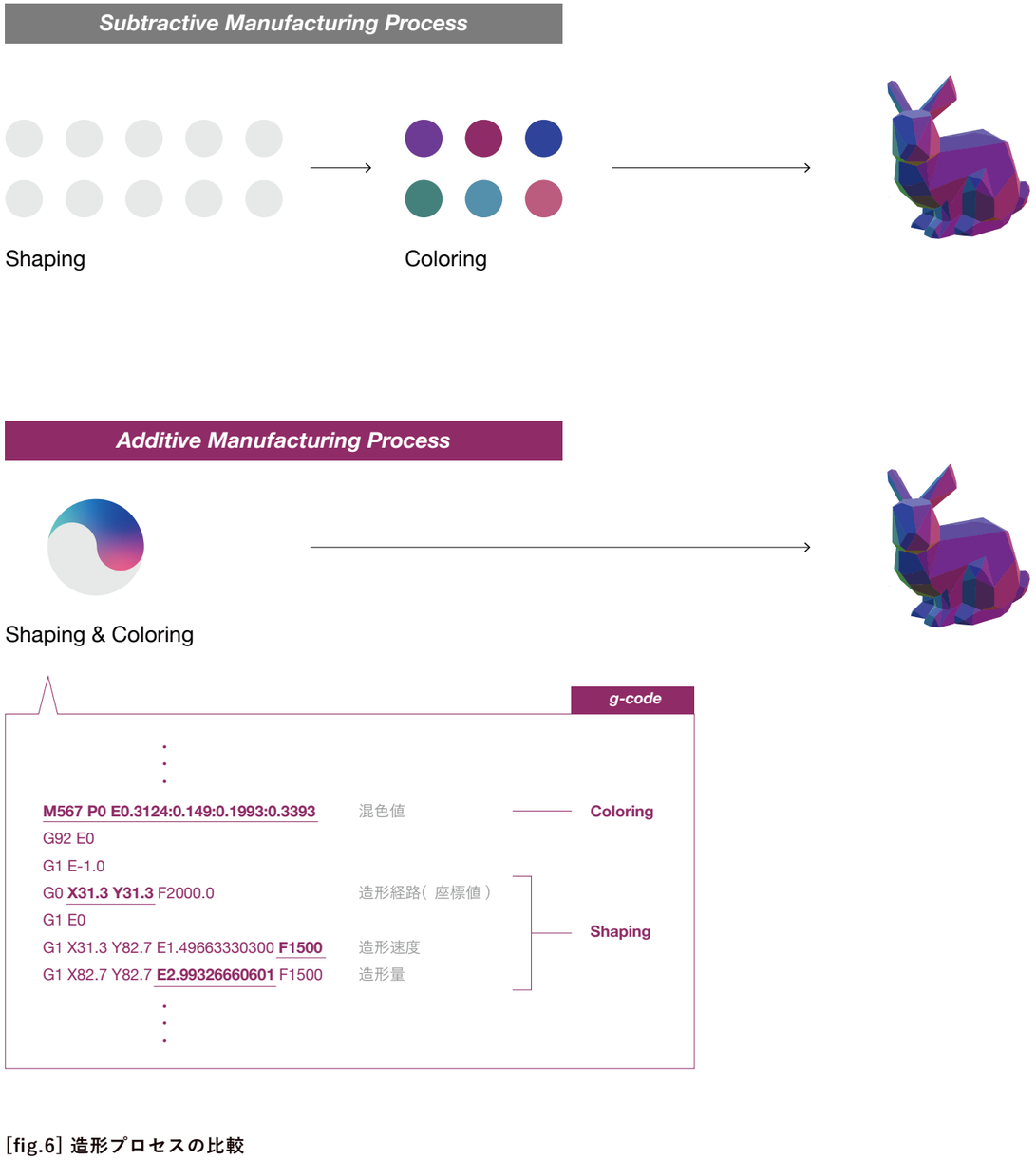
カラー 3D プリンティングで最も重要な点は、製造工程において「造形」と「着彩」が分かれていないということです。
形を作り、後から色を着けていくというような順番でモノが出来上がっていくのではなく、カラー 3D プリンタによる製造では色が混ぜられ、調色されながらそれを素材として形が積み上がっていきます。私たちは、色を着けるのではなく、色を積んでいくというこの特殊な製造工程を「積彩」と呼ぶことにし、積彩がもつ可能性を制作と共に模索してきました。
その中で分かってきたことは、工程が分離されずに形と色が同時につくられていくこの製造のあり方は、これまでの製造工程が抱える課題を解決しうる可能性を持っているということです。
そのことに気付いたきっかけとなったのは、2020 年の富山デザインコンペティションでした。富山デザインコンペティションは、1994 年に商品化を前提としたコンペとしてスタートし、デザイナーと富山県内企業をマッチングすることで数多くのヒット商品を生み出してきたコンペです。2020 年の募集テーマは富山県内の企業が実際に抱えている課題から設定され、「色を着ける」というものでした。
課題を設定したのは時計の製造・販売を行っている株式会社タカタレムノスで、彼らは中小規模の製造業における「色を着ける」という工程について危機感を抱いていました。以下、課題文から抜粋したものです。

『1 つの商品は、様々な製造者の方に協力いただき、多くの工程を経て作られています。
その工程の 1 つが欠けると、商品は作れなくなるため、デザイナーはその全ての工程について状況を把握しなければなりません。戦後から続いたものづくりを支えていただいた多くの方は現役を退かれる年代となりましたが、ものが飽和してしまった状況も重なり、次代にバトンを渡すことなく廃業されようとしています。
大きな製造者であれば、全ての工程を自社内で完結させ、全工程を把握することが可能になりますが、多くの製造者は、分業制を採用しており、上記の状況を見過ごすことはできません。
よって当コンペでは、ものづくりの全工程を俯瞰した上で、細分化された工程の 1 つにスポットを当ててテーマを出題させていただければと思います。
木材や金属など使用する材料が異なっても必要となる工程が塗装など着色になります。着色は意匠面など商品に与える影響が大きな工程ですが、他の工程に比べ工賃が低いことや作業の健康面への影響から、最も今後の継承が危ぶまれる工程と言えます。
また石油などの化学系材料への依存が強く、地球環境と労働環境の面で今後大きな舵を切る必要性が高い分野でもあります。
そこで デザイナーの方々に上記の状況を踏まえ、持続可能性を念頭においた「これからの着色」について考えていただければと思います。』

そこから、私たちはこのような製造業が抱える課題に対し、「色を着ける」のではなく「色を積む」という積彩の作り方によって造形と着彩の工程を統一することが一つのオルタナティブな解決案になるのではないかという提案をしました。着彩という工程はこの課題文にもある通り健康面、金銭面から板挟みのような状況にあり、健康被害が危惧されるような労働環境にありながら工賃は低く、着彩の担い手の減少が深刻化しています。実際にタカタレムノスの担当者の話を聞くと、5 年前までは 4 つあった着彩の取引先も今では半減して 2 つになってしまったということでした。また、従事者の高齢化も課題で、今すぐにでも方向を転換しなければ着彩の担い手がいなくなり、プロダクトデザインにおける色の価値が減少していくことに繋がっていきます。
これに対し、積彩はそもそも着彩という独立した工程をなくし、そこだけにかかっていた負荷をなくしてしまおうというものです。3D プリンタは g-code というコードによって制御され製造が行われるのですが、g-code の中では造形も着彩も同等のプレーンテキストによって記述され、パッケージングされます。
(p.15,fig.6)

これによって造形と着彩が同時に行われるコンパクトな製造方式が実現され、色数が増えても複雑なテクスチャが付与されても工程自体は増えず、着彩に対する金銭的なコストをかけずに色の価値を残していくことが可能になります。
また、製造面だけでなく、形と色を同時に扱う積彩だからこそ生み出される意匠があり、これについて本書では「色を織る」「色を詰む」「色を揺らす」「色を重ねる」という 4 つの手法で整理し、紹介しています。
富山デザインコンペティションではこのうち「色を織る」から生み出された「遊色瓶」というプロダクトを提案し、グランプリを受賞することができました。これに関しては 2021 年以降、商品化に向けて企業とプロジェクトを行っていくことになっています。

富山デザインコンペティション 2020 授賞式の様子



[fig.6] 造形プロセスの比較

積彩 -01

色を織る

立体（3D）は面（2D）の積層であり、面は糸（1D）の集合です。
FDM 方式の 3D プリンタは、フィラメントと呼ばれるプラスチックの糸を素材として一本一本積み上げて立体を造形していきますが、私たちはこの糸一本単位での軌道や太さ、配色などを独自のソフトウェアによって制御し、まるで布を織りあげていくように立体を構成しています。
これにより、人間の手では塗り分けられないような繊細な配色を可能にしました。

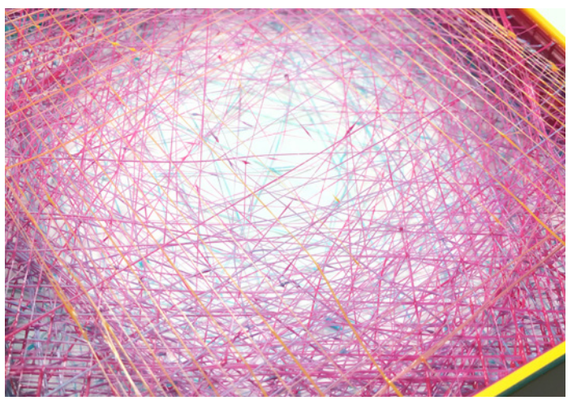
PROJECT

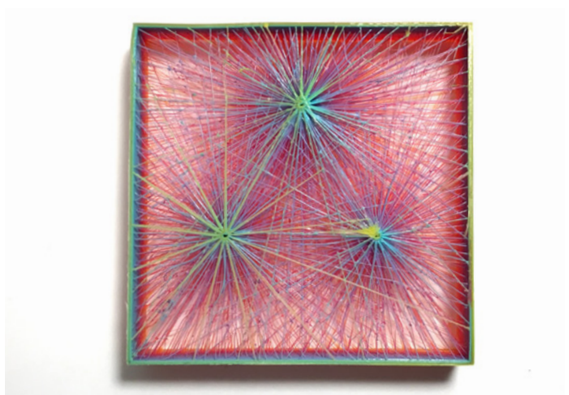
色引　＜fabricol＞
遊色瓶　＜playful color vase＞

TOOL

Quad Fusion
M3D

FDM 方式の 3D プリンタを使用
（Fused Deposition Modeling）



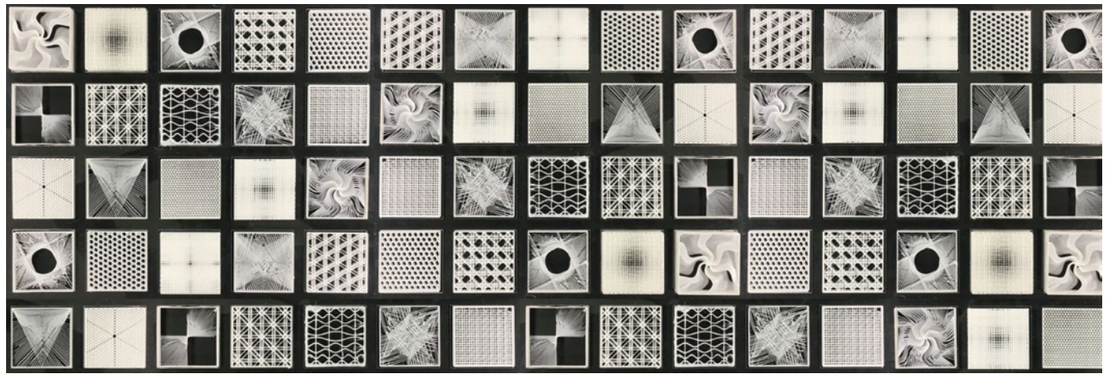


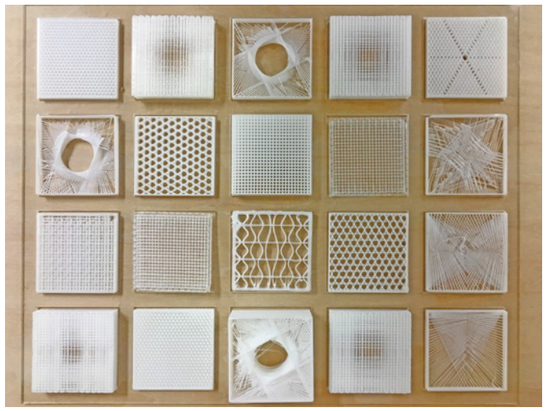
色引

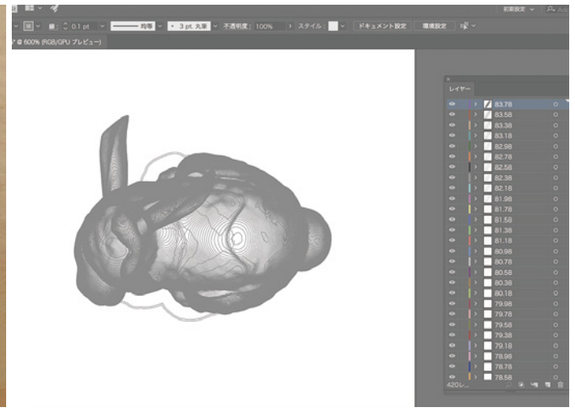
fabricol

self-research project 2020　150mm*150mm*20mm

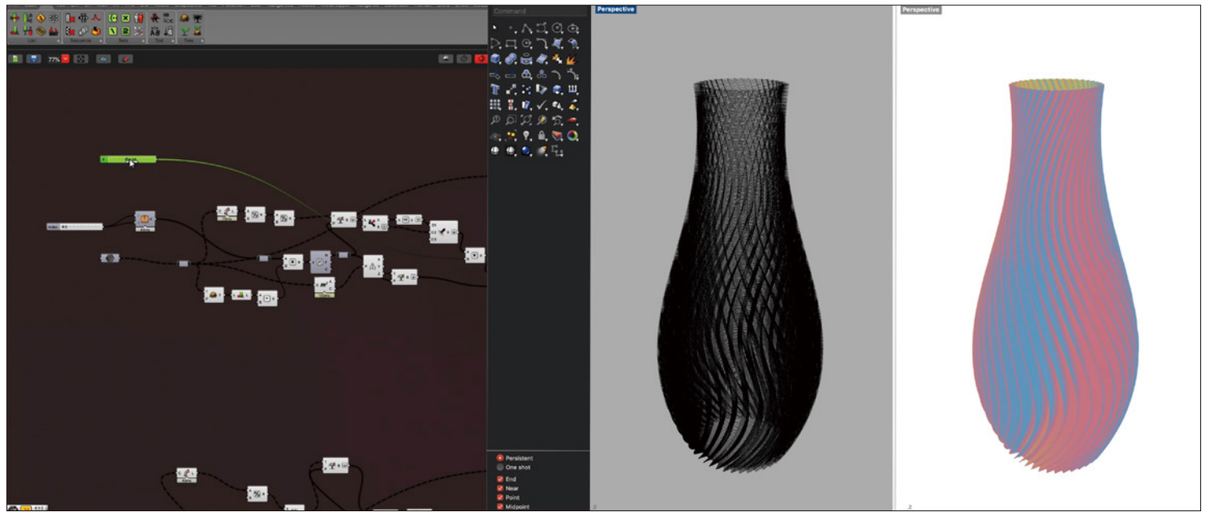
色の糸を操り、立体を織っていく習作。
糸引という、3D プリンタのノズルが移動する際に溶け残ったプラスチックが糸を引いてしまう現象があります。これは通常3D プリンティング品の見た目を損ねてしまうエラーとして忌み嫌われていますが、この糸引き一本一本に鮮やかな色を与え、その色糸の立体的な重なりが美しく混色するようにデザインしました。

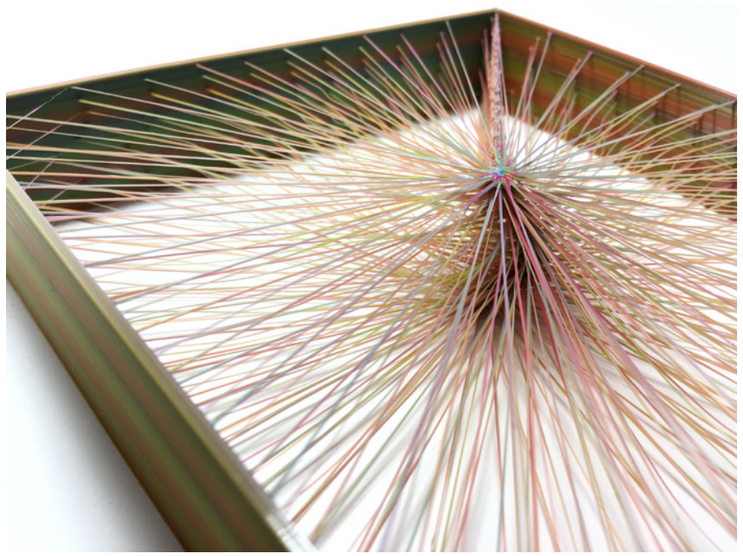






Fabrix の作例 (https://www.fabrix.design/)



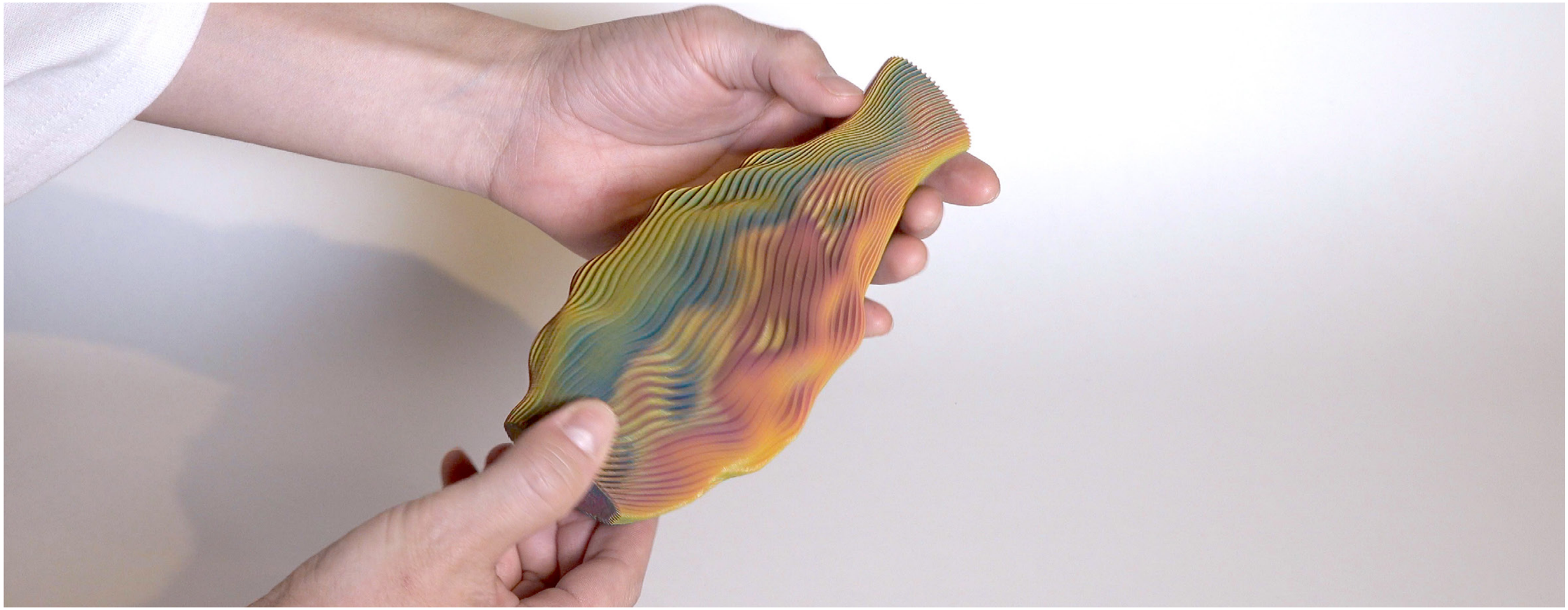


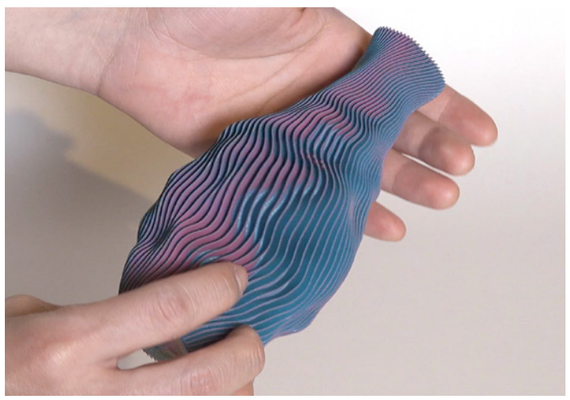
Fabrix (©2017 coded by Hiroya Tanaka)

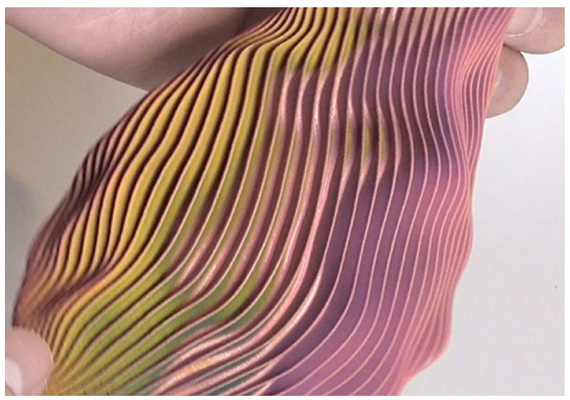
“糸を織るように 3D プリンティングを操る” というデザインメソッドは指導教員である田中浩也教授の開発した「Fabrix」というデザインツールの哲学を継いだものです。Fabrix はベクターデータを直接 3D プリンタの制御言語である g-code に変換して書き出すことのできるツールで、糸一本一本の造形を直感的にデザインし、立体的な繊構造を作り出すことができます。

Fabrix for Color (©2020 coded by Ryoma Takamori)

私たち Color Fab チームは Fabrix の造形哲学はそのままに、一本一本の糸の色を操ることのできるツールを新しく開発しました。Rhinoceros という 3DCAD ソフトの拡張機能である Grasshopper 上に実装したこのツールは、1 D(糸)、2D(面)、3D(立体) を行き来しながら繊細に色を操ることができ、「色引」「遊色瓶」といった作品を生み出すのに活用されています。







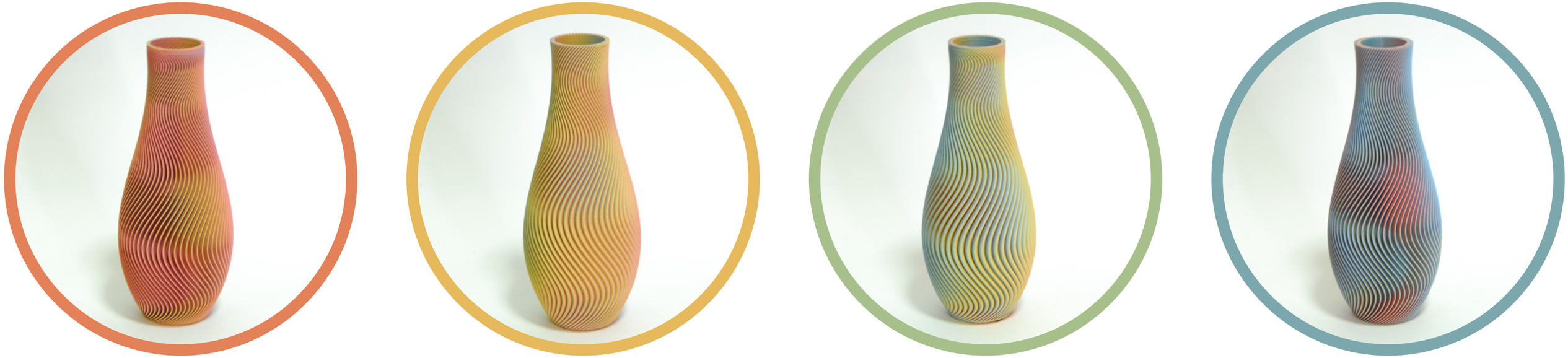
遊色瓶

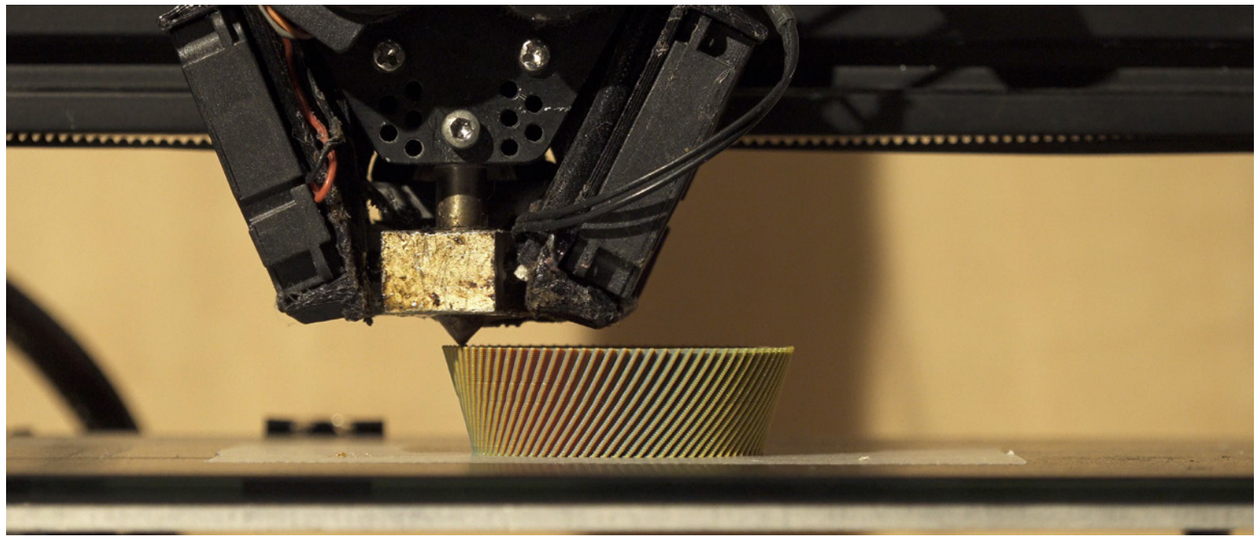
playful color vase

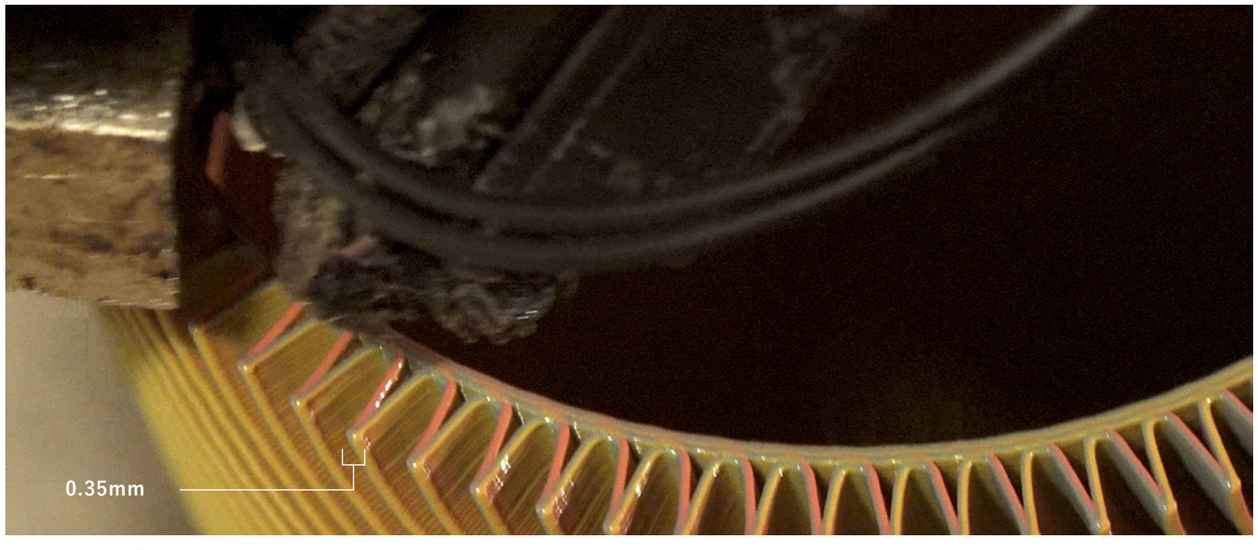
TOYAMA DESIGN COMPETITION 2020 グランプリ受賞　160mm(高さ)

オパールが保有している、みる角度によって鮮やかに色を変える視覚効果を「遊色効果」といいます。
遊色瓶は、表面に張り巡らされた細かい突起一つ一つの両側にそれぞれ異なる色を配することで色の見え方に異方性を生み、擬似的にこの遊色効果を作り出した作品。
その日の気分や花の色によって花瓶を回転させ、シチュエーションに適した色を自分で選んで使う事ができる、まるで色で遊ぶような花瓶が出来上がりました。

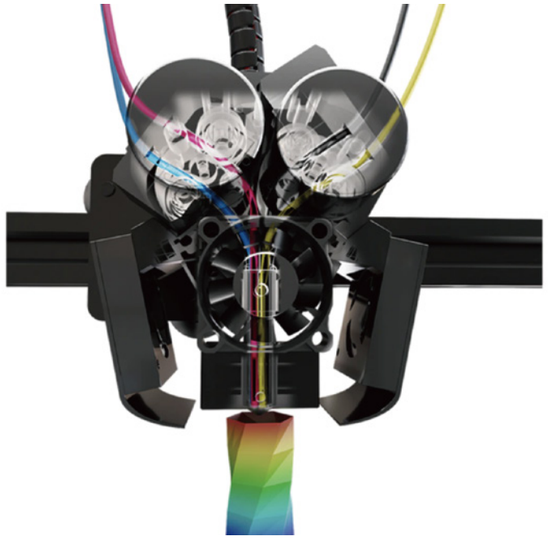
1 つの遊色瓶を異なる 4 つの角度から撮影したもの



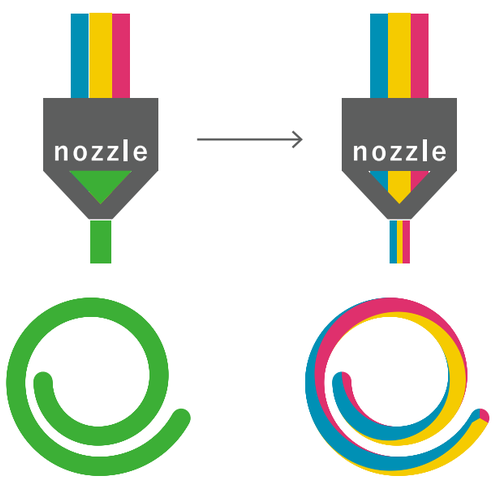




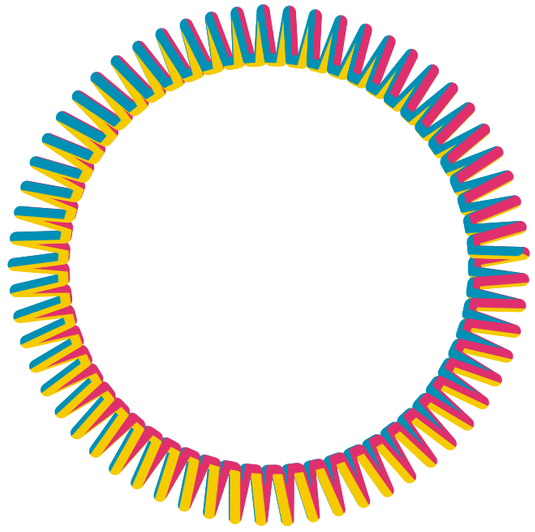
遊色瓶の断面構造をズームしたもの



[fig.7] Quad Fusion エクストルーダー
(https://store.printm3d.com/products/the-quadfusion-print-head)



[fig.8] 混色せずに、複数色を一本のパスに併存させる



遊色瓶の断面構造を上から見た図

遊色瓶の仕組み

色引、遊色瓶には M3D 社が開発している Quad Fusion という FDM 方式のマルチカラー 3D プリンタを使用しています。(fig.7)
これは最大 4 色の異なるフィラメントをノズル内で溶かして混ぜ合わせ、その混合率によって無数の色を作り出すマルチカラー 3D プリンタです。しかし私たちは温度を調整することであえてフィラメントを溶かさずに押し出し、一本のパスの中に複数色を併存させることで異方性を生み出し、擬似的な遊色効果を生み出しています。(fig.8)

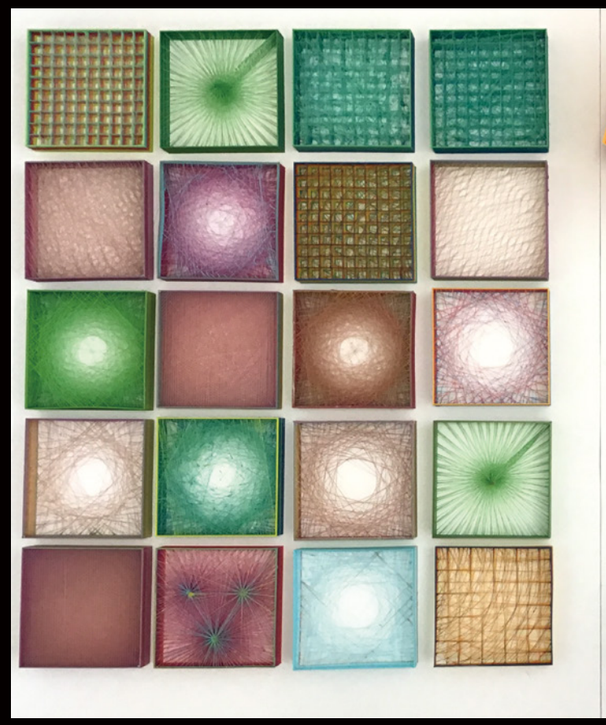
[fig.9] colorfabb 社が提供する「COLOR ON DEMAND」サービス
(https://learn.colorfabb.com/color-on-demand/)

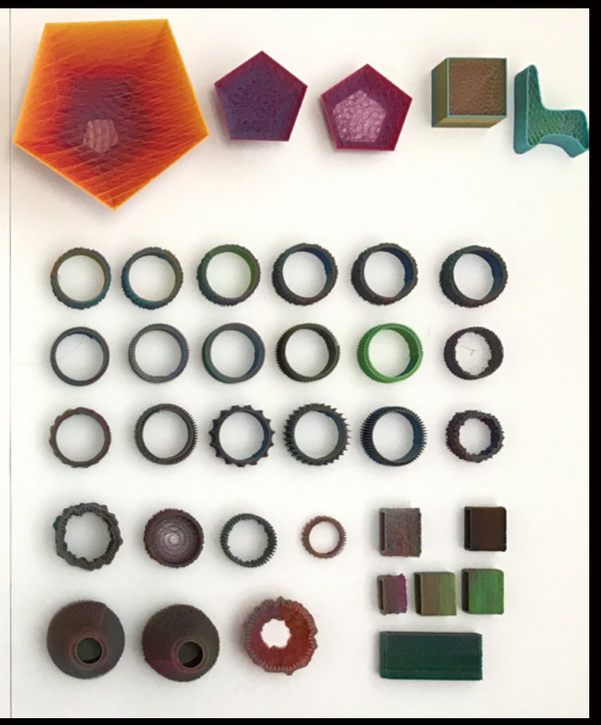
[fig.10] 自作した抹茶のフィラメント

色の調達

FDM 方式の 3D プリンタにとって、フィラメントは絵の具のようなものです。しかし長い間その色数は乏しく、好きな色を探してフィラメントを購入するというよりは、限られた色数の中で仕方なく手に入りそうなものを購入するというような受動的な色選択を強いられてきました。しかし 2018 年にオランダの colorfabb 社が「COLOR ON DEMAND」(fig.9) という革新的なサービスを発表し、状況は変わりました。COLOR ON DEMAND はユーザーが指定した色に合わせてフィラメントを製造してくれるサービスで、デザイナーが使いたい色を能動的に選択することができます。遊色瓶の制作においてもこのサービスを活用することで、理想的な配色パターンを追求して何度も試作することができました。ただ、国外のサービスなので届くまでに時間を要したり、送料や関税がかかる分は割高となったりと不都合な点も多く、物理的な距離は課題になりそうです。

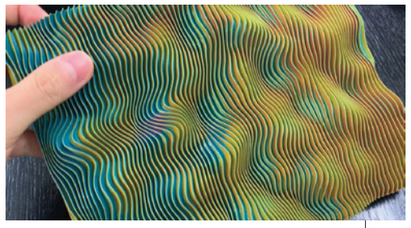
そこで、絵の具が手に入りにくかった時代に昔の絵描きたちが自分で絵の具の原料となる鉱物を採りにいっていたように、私たちも自分たちの手でフィラメントを作る実験をしました。(fig.10)　抹茶の粉末そのものを混ぜ込むことで抹茶色の素材を作ろうとしたのですが、付け焼き刃の製造技術ではうまくいかず、結局制作に使えるレベルのものにはなりませんでした。これはまた挑戦してみたい実験です。

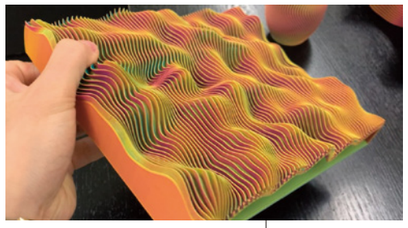


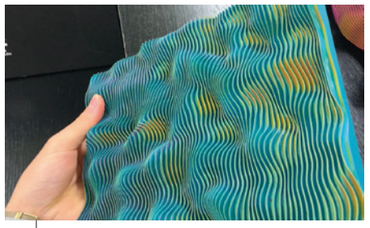


PROTOTYPE

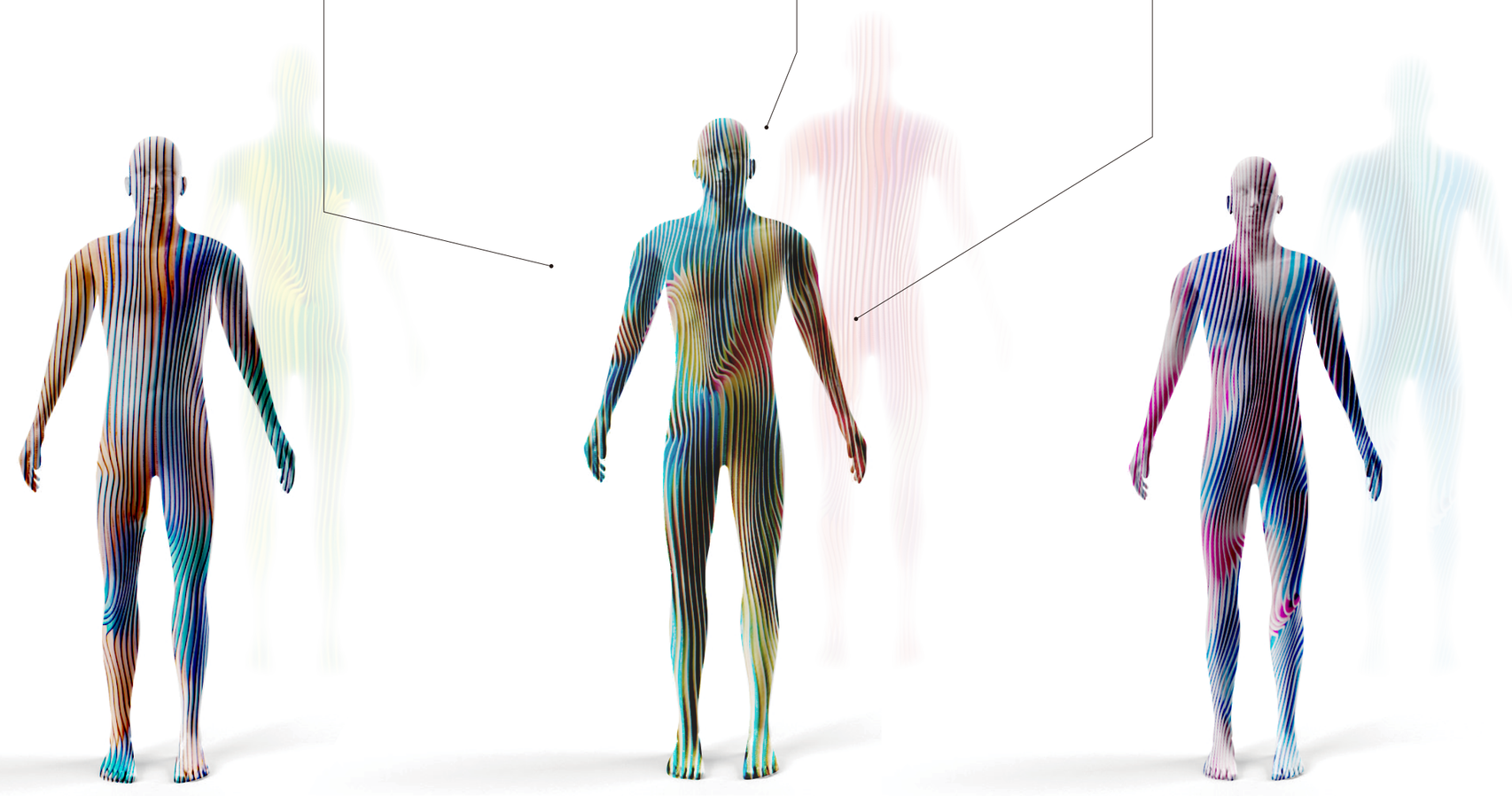
2020 年度は新型コロナウィルス感染症の影響で大学キャンパスに入ることができなくなり、機材にアクセスできない状況が続きました。
しかし、そのような状況の中で私たちはチームメンバーひとりひとりの自宅に 3D プリンタを整備し、それらをネットワークで繋ぎ合わせることで新しい分散型共創の形を模索しました。
それにより、むしろ移動にかかるコストが減少し以前より制作に当てることのできる時間が増えたことによって、「色引」では 30 個、「遊色瓶」では 90 個にも及ぶプロトタイプを制作することができました。







※写真は全て実際にプロトタイプとして制作したもの
(同一のものを異なる角度から撮影)



『遊色人種』

みる角度によって色が変わる。
オパールやモルフォ蝶がもつ「遊色効果」にどうしようもなく焦がれてしまうのは何故だろうか。
白色人種、有色人種。固定された肌の色によって線を引き、忌み嫌いあってきた私たちを嘲笑うかのように、蝶は艶やかに体色を変化させ美しく舞っている。
そんな蝶のようになれないかと思う。
あるときは雄々しく、あるときは女々しく。あるときは明るく、あるときは暗く。自分という者の定義は美々しく揺れ、カラーパレットの中を自在に動き回る。
遊色。それが私たちの色なのだと言いたい。どうしても色で人間を定義したいと言うのなら、私たちは「遊色人種」だと、そう鮮やかに言い放ってしまいたい。

※現在進行中のアートワークのコンセプトシート。
遊色瓶のスケールをアップさせ、人間スケールの作品を製作中。

色を詰む

積彩 -02

3D プリンタの特徴として最もよく挙げられるのが、複雑な内部構造を制御できるという点です。「色を詰む」での仮説は、構造だけでなく複雑な内部の配色を制御する事ができたらどのようなことができるだろうか？ということです。
これまでのカラーデザインは形の「外」から色を着けていくようにできていましたが、3D プリンティングによって形の「内」から色を着けていくことが出来るようになった時に、デザイナーは内側にどのような色を詰めていくでしょうか。

また、内側から色と形が出来上がっていく 3D プリンティングは、自然物のもののでき方と一致しています。人間の肌を一枚めくれば血の赤があり、またその内側には白い骨があるように、表層だけではなく内側に詰まっている色までデザインの対象になったとき、3D プリンティングによって生み出される人工物はどのように振る舞うのでしょうか。ここで紹介する TransColor Sphere は、形としてはただの球体ですがその色の変化から「カワイイ」という感想をよく頂く作品でした。生命的な色彩変化を見せる人工物を作りだせたことはそのヒントになり得るのではないでしょうか。

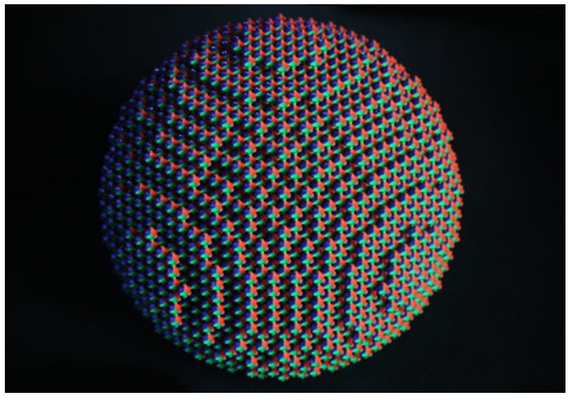
PROJECT

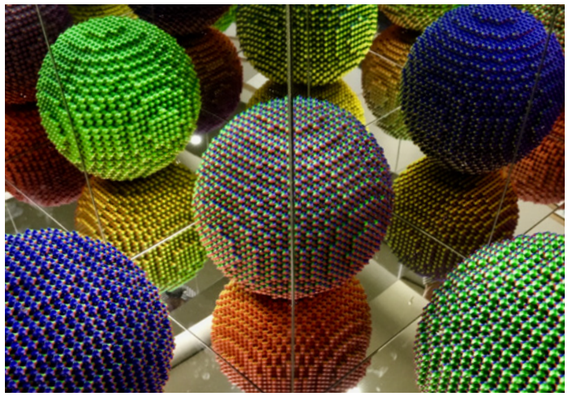
TransColor Sphere
TransColor Lamp

TOOL

3DUJ-53
ミマキエンジニアリング

MJ 方式の 3D プリンタを使用
(Material Jetting)





TransColor Sphere

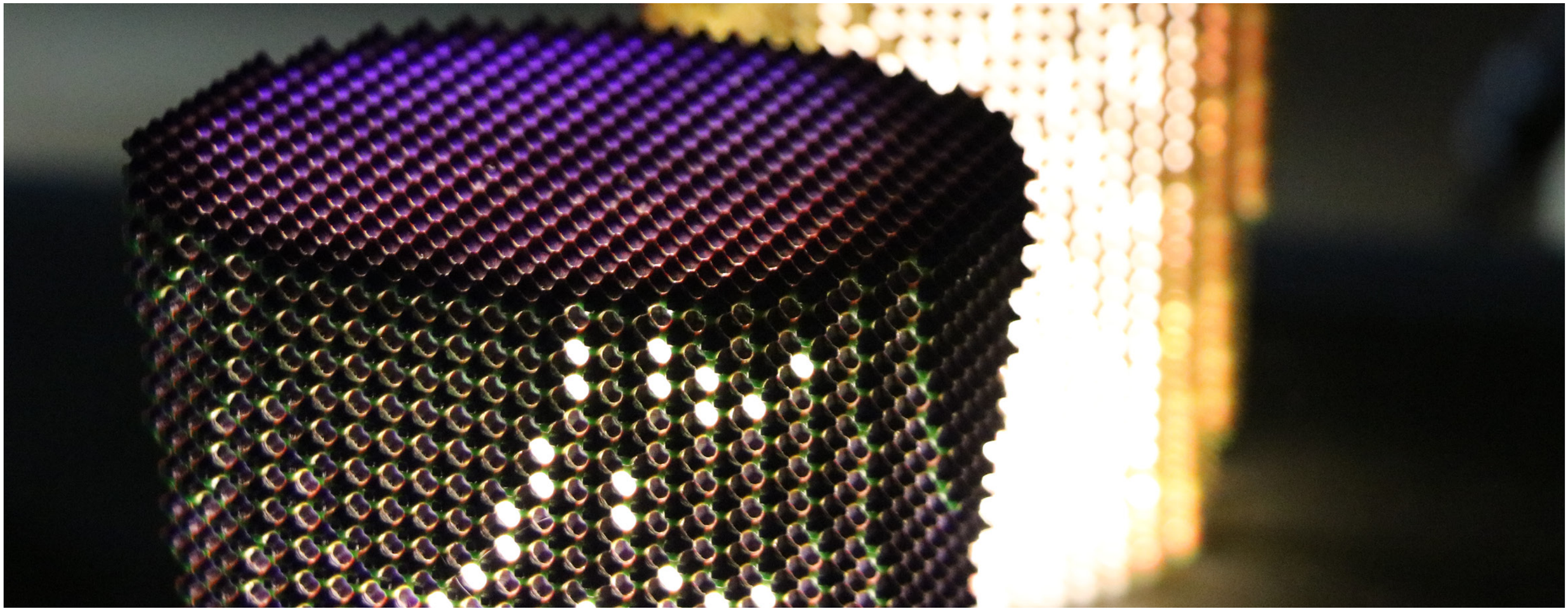
まつろわぬ物質 展 2019　　直径 200mm

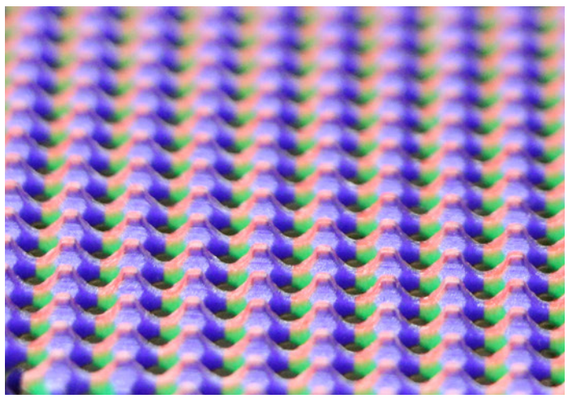
出力協力：(株) ミマキエンジニアリング

人の手の届かないような " 複雑な内部構造への着色 " という 3D プリンティングの特性を見出し、みる角度によって滑らかに色が変化する CG のような不思議な物体をデザイン。多孔質な物体の内部には全て細かく色が着いており、少し角度を変えた瞬間に内側の全ての色がガラッと変化します。

CG に触れ、転がし、投げ、拾い、抱き、嗅ぎ、舐め、聴き、撫で、落とし、割り、壊したことはあるでしょうか。

CG に限りなく擬態した物質に対して持ちうるすべての動詞をもって接近するとき、わたしたちは " それ " にある種の可愛さを抱き、生命の像を重ねるようです。



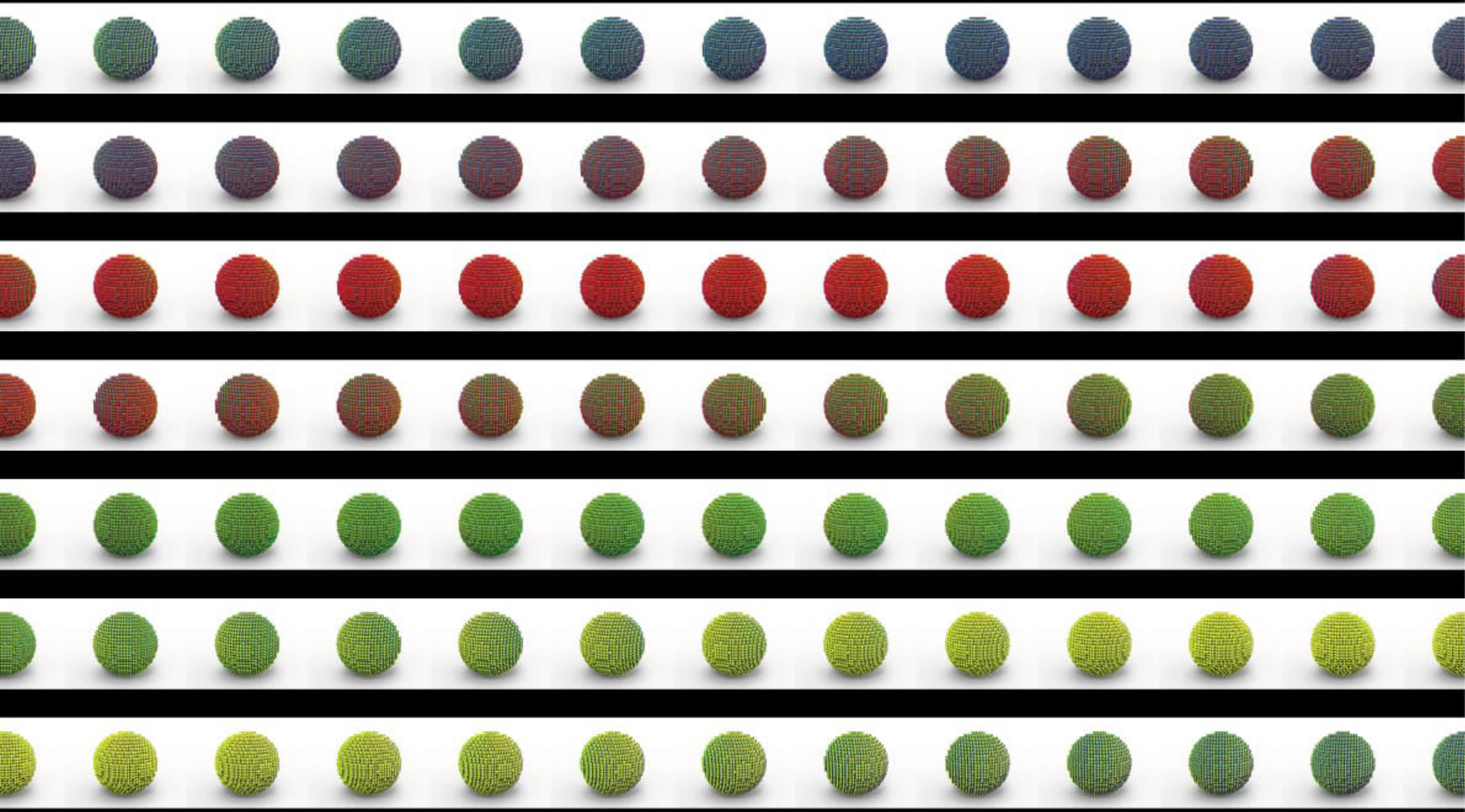


TransColor Lamp

LampSeed 展 2018　　高さ 150mm

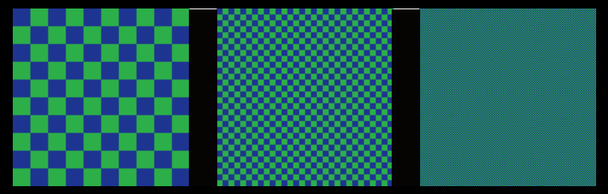
出力協力：(株) ミマキエンジニアリング

TransColor Sphere の構造を応用してランプシェードとしてデザインしたもの。
内側から漏れ出る光によって色彩の変化が際立ち、幻想的な空間を演出します。



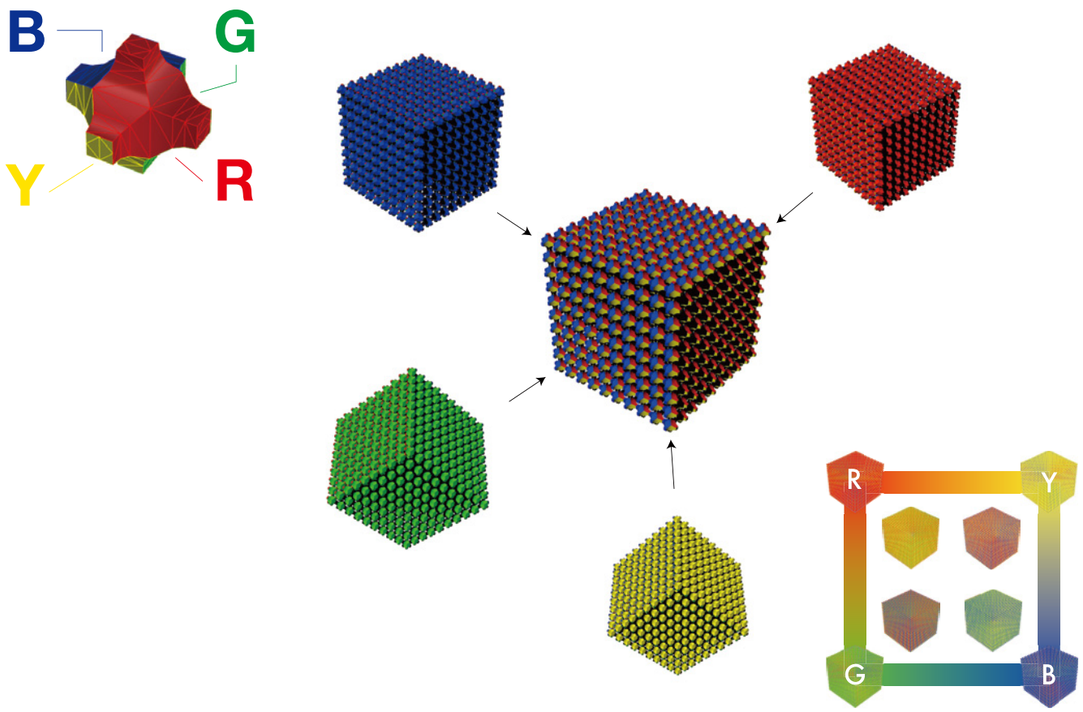
TransColor Sphere の色変化をレンダリングしたもの

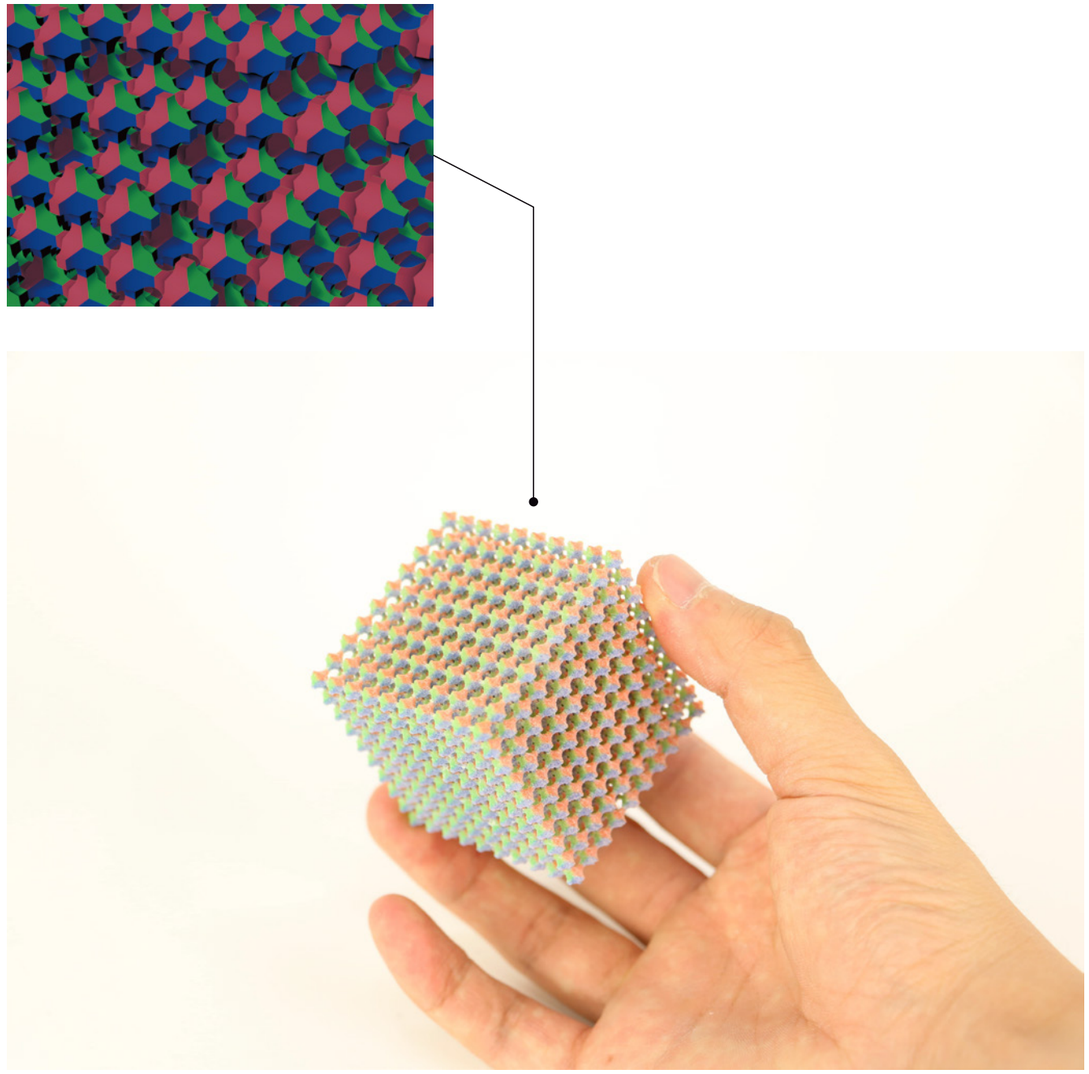
色自体は「赤・青・黄・緑」の 4 色しか使用していないのですが、それぞれの色が細かく並ぶことによって色が混ざって見え、使用されている色以上のカラーバリエーションを知覚します。これは「並置混色（併置混色）」(fig.11) という混色技法の一つで、スーラやシャニックと言った「新印象派」の画家たちの点描画法に使われていました。
TransColor Sphere で行ったことは、立体の点描画とも呼べるかもしれません。



(fig.11) 並置混色の例

(fig.12)TransColor Sphere のモジュール



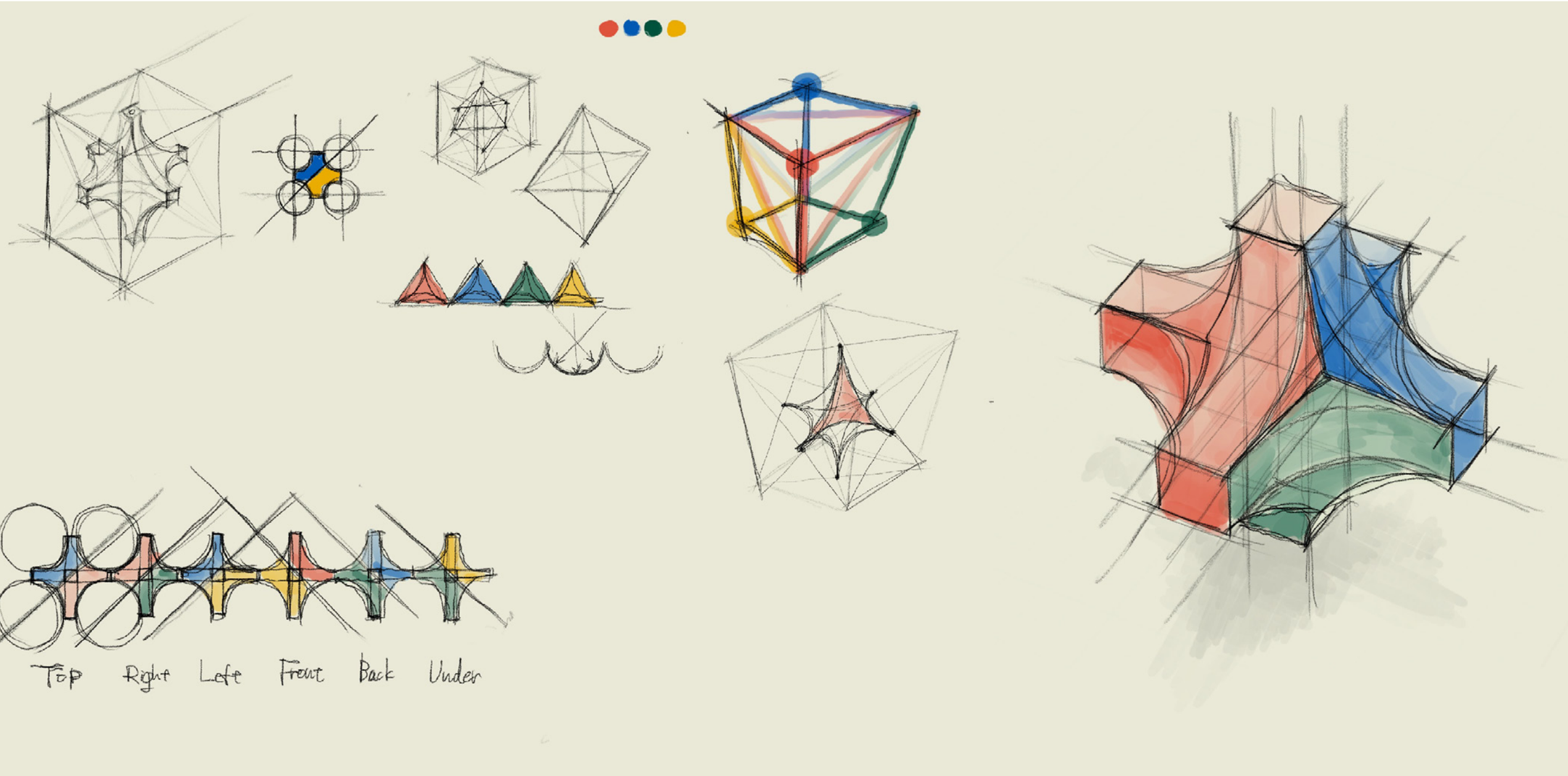


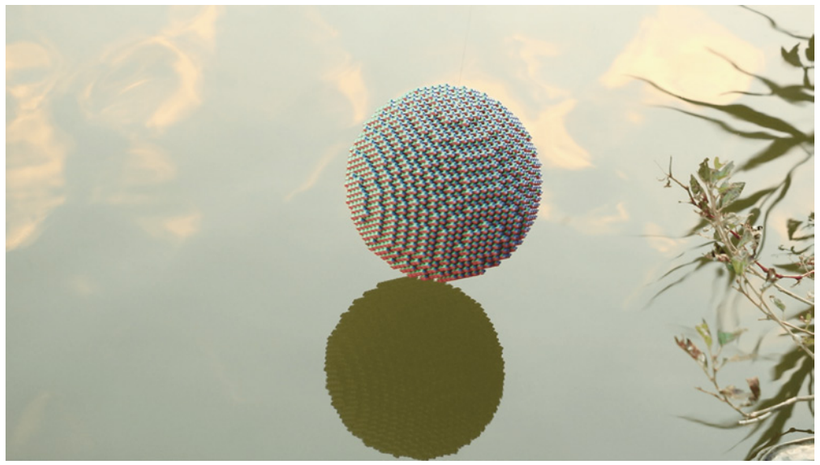
キューブ形態のプロトタイプ

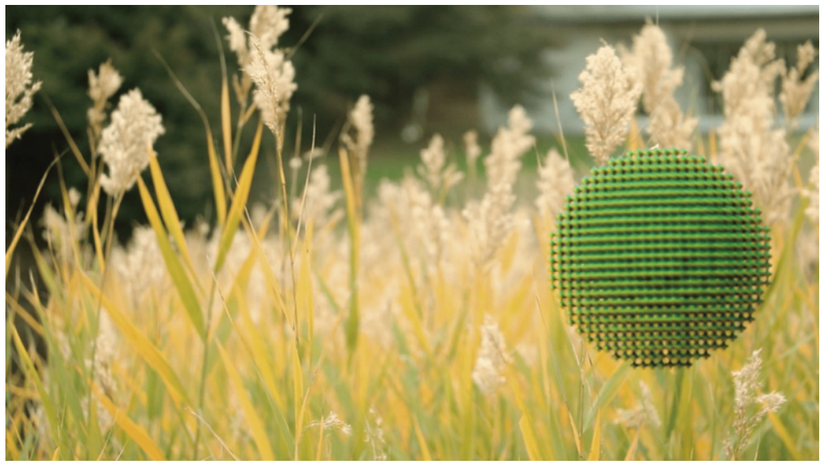
p.9 で紹介した粉末石膏接着方式のフルカラー 3D プリンタで制作したプロトタイプ。
低コストで作ることができるが、表面が粉っぽく、発色が悪い。

シャボン膜の構造

TransColor Sphere は、あるモジュール体 (fig.12) が連なって構成されています。このモジュール体の構造はシュワルツ P 曲面という三重周期極小曲面の一種を応用したもので、シャボン玉の膜が張った時に形成されるような曲面からできています。内部に詰まっている色がよく見えるような構造体を探した時、表面積が最小になる (= 無駄な凹凸がないため内部に入りこむ光を阻害する要素が少ない) ように形成されるこの構造体が適していることを見つけ、採用しました。


Top
Right
Left
Front
Back
Under





積彩 -03

色を揺らす

「色を揺らす」で紹介する 2 作品「藍から藍へ」と「iridescent furoshiki」は鎖帷子のような特殊な構造体によって、硬い素材ながらも布のような柔らかな動きをまとった作品です。
形自体が揺らいでいく中で、いかに動きに即して色の変化をシミュレーションし、その変化によって人のアフォーダンスに影響を及ぼすことが出来るか。その「揺らぎ」がここでのテーマになります。

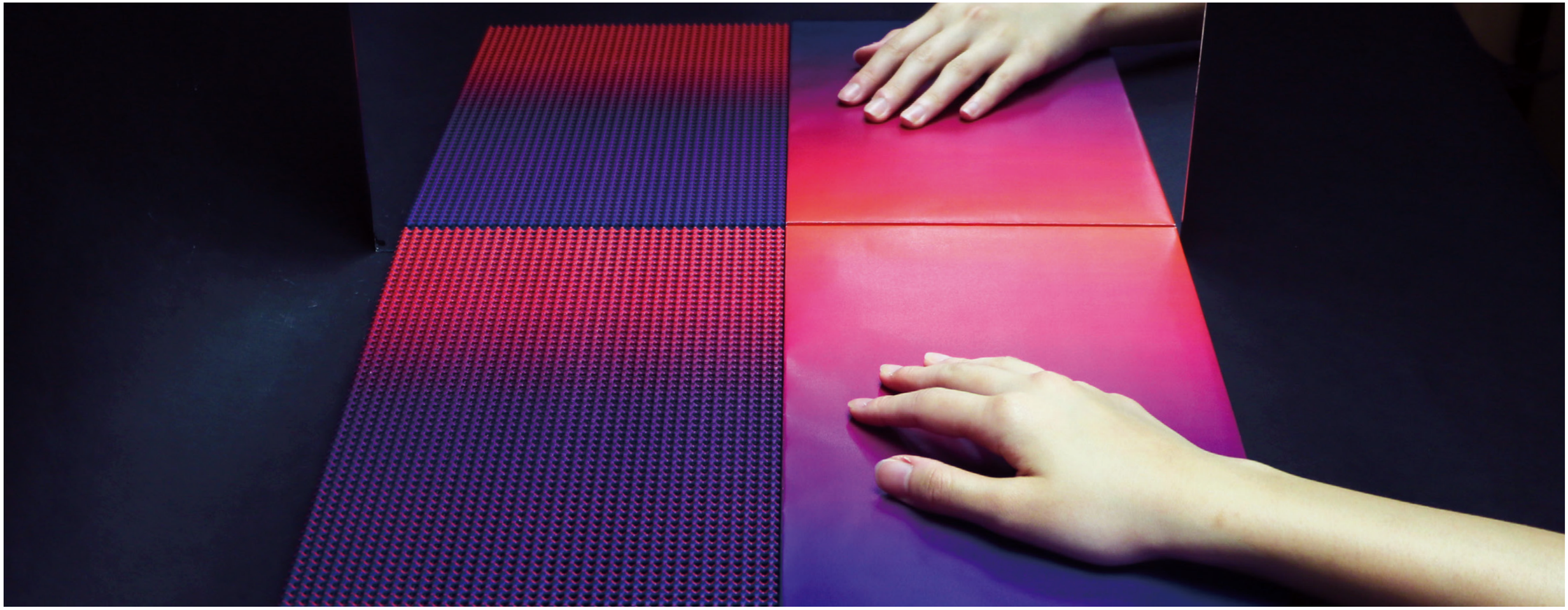
PROJECT

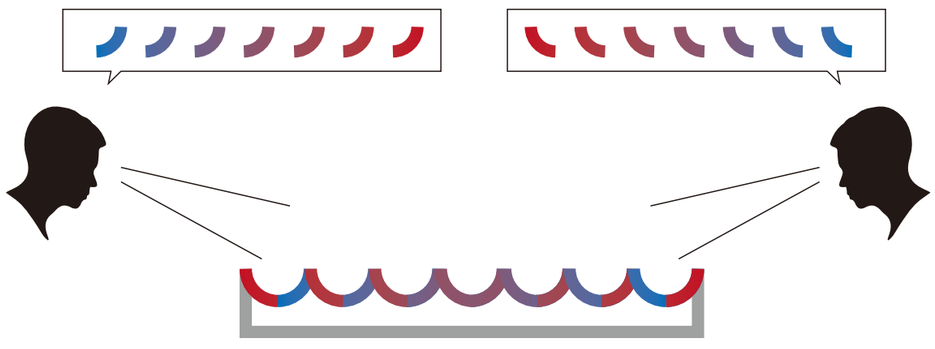
TransColor Gradation
藍から藍へ　＜Gradation to Gradation＞
iridescent furoshiki

TOOL

3DUJ-53
ミマキエンジニアリング

MJ 方式の 3D プリンタを使用
(Material Jetting)



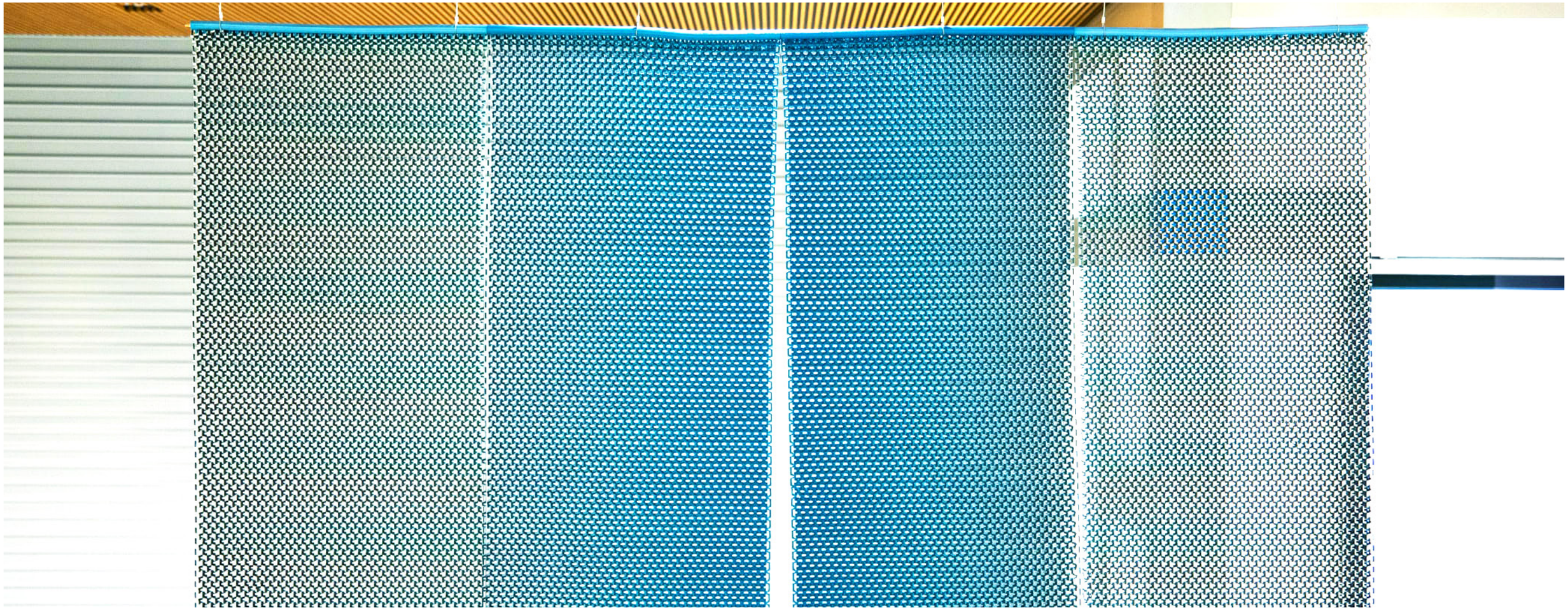


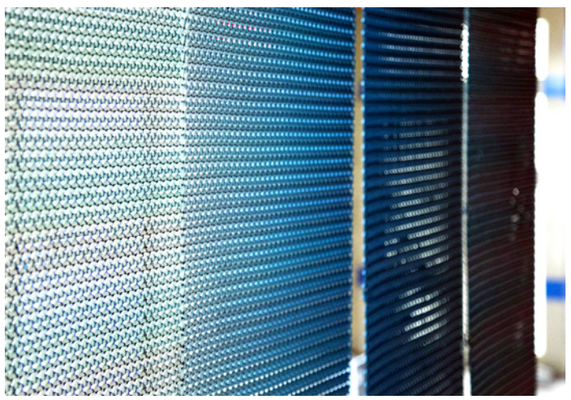
TransColor Gradation

Conference on 4D and Functional Printing 2018　294mm*210mm

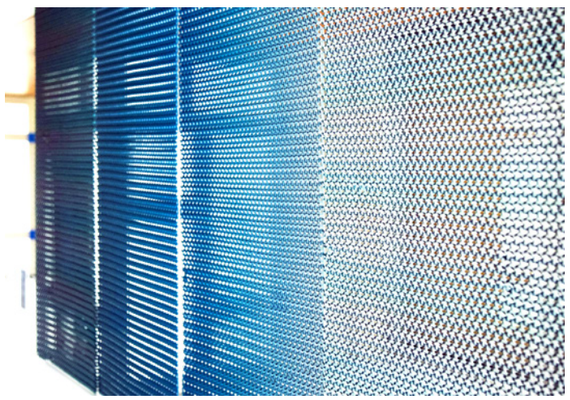
出力協力：(株) ミマキエンジニアリング

左右どちらから見てもグラデーションの向き (青→赤) が変化しない特殊な板。
写真左が 3D プリンティングによって作り出したグラデーションの板で、右が比較のために普通の紙に印刷したグラデーション。
奥に立てられた鏡に反射された像を見ると、3D プリンティングによって作られたものはグラデーションの向きが反転していないことが分かります。
これは、左の図のように、微細な凹凸構造に対して左右それぞれ手前から青→赤になるようなグラデーションの向きを配色していくことで起きている錯覚で、3D プリンタによる細かい造形と配色が為せる技です。





From Left Side



From Right Side

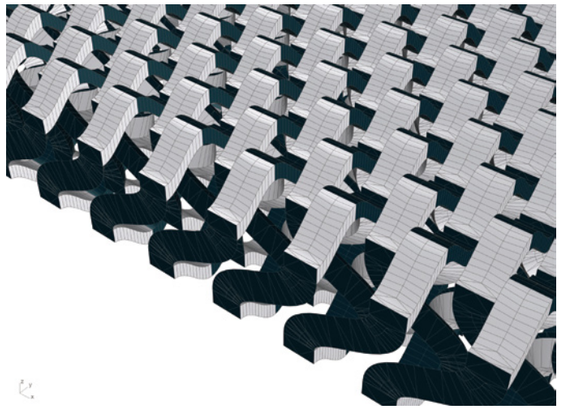
藍から藍へ

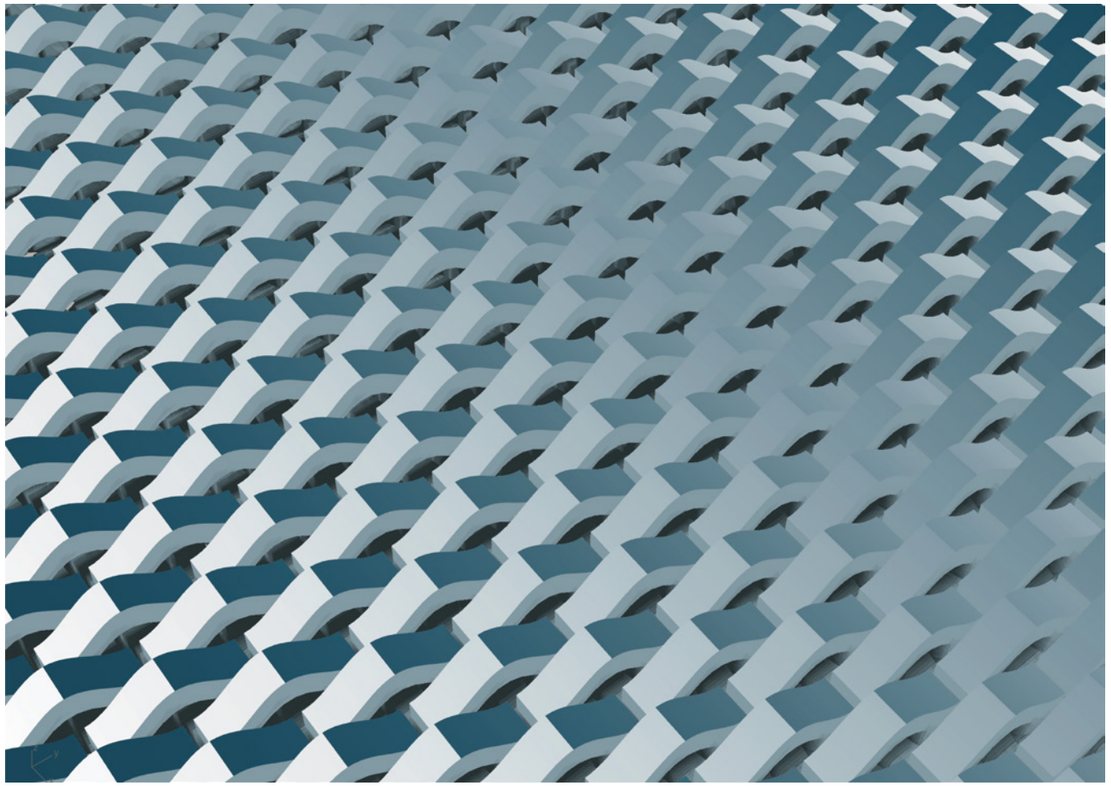
Gradation to Gradation

日本橋めぐるのれん展 2019　　2000mm*1200mm

出力協力：(株) ミマキエンジニアリング　　企画協力：nihonbashi β project

TransColor Gradation の仕組みを応用し、左右どちらからみても藍色のグラデーションの向きが変化しないのれんをデザイン。古き日本橋の町並みにおいて、揃って店先に連なった藍色ののれんが横のつながりを生み、藍から藍へ、人々の行き交いを作り出していたことから、横へ広がる藍の役割がより強調されるようなのれんを作り、これを実際に日本橋の街に設置しました。





のれんの構造

鎖帷子のように、一つ一つのパーツが独立しながらもゆるく繋がり、布のような振る舞いを見せます。
日本橋がかつて水都として栄えていたことから、波が繋がっていくような、あるいは橋がかかっていくような凹凸構造をデザインし、構造体に応用。

熙代勝覧（部分）ベルリン国立アジア美術館
Photo AMF / DNPartcom / © bpk / Museum für Asiatische Kunst, SMB / Jürgen Liepe

横のつながりを生み出すのれんの藍色

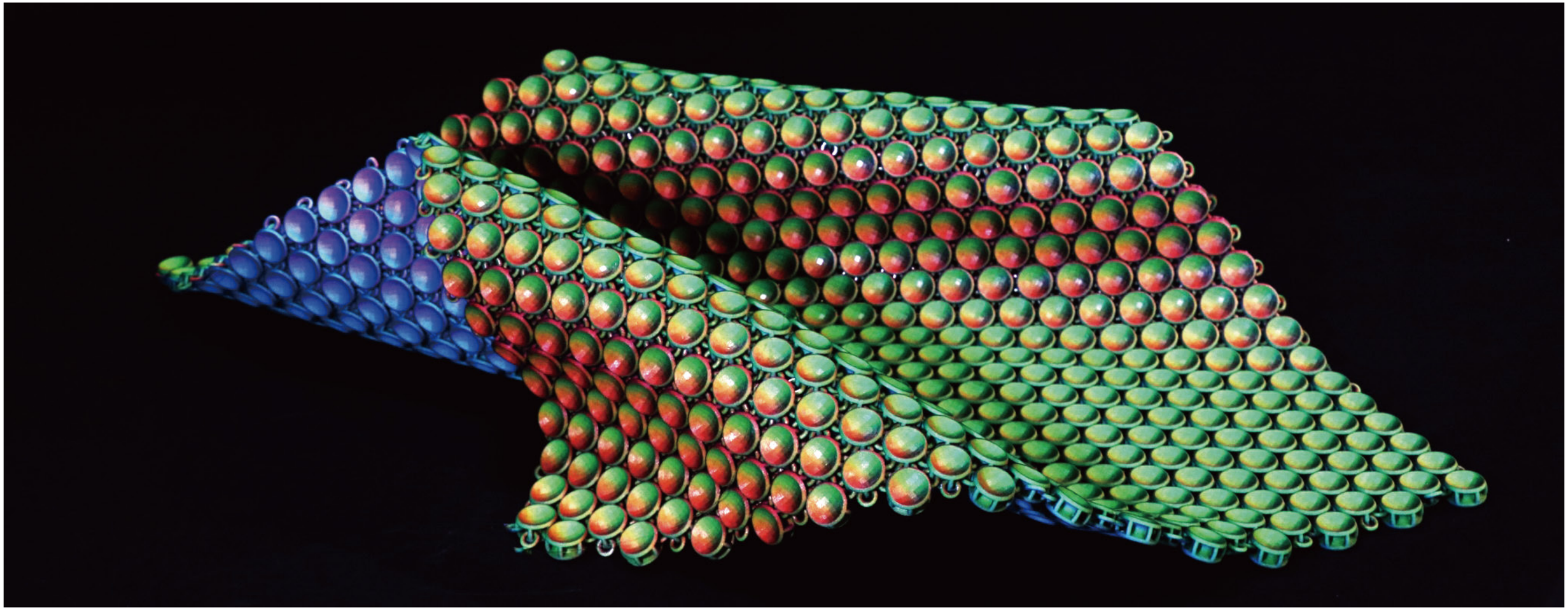
『熙代勝覧』（きだいしょうらん）という、文化２年（1805 年）の江戸日本橋を描いた絵巻があります。
この絵巻で注目したのは、横一列にずらーっと藍色に染められたのれんの連なり。通常ならばのれんは店の内と外をつなぐ役割として働きますが、ここではそれに加え店同士の横の一体感を生み出す役割も担い、店から店へ、街の人々の行き交いを促すものとして作用しています。この藍色の役割を現代的に解釈し横のつながりを生み出すのれんが作れないかと模索した結果、「藍から藍へ」が生まれました。

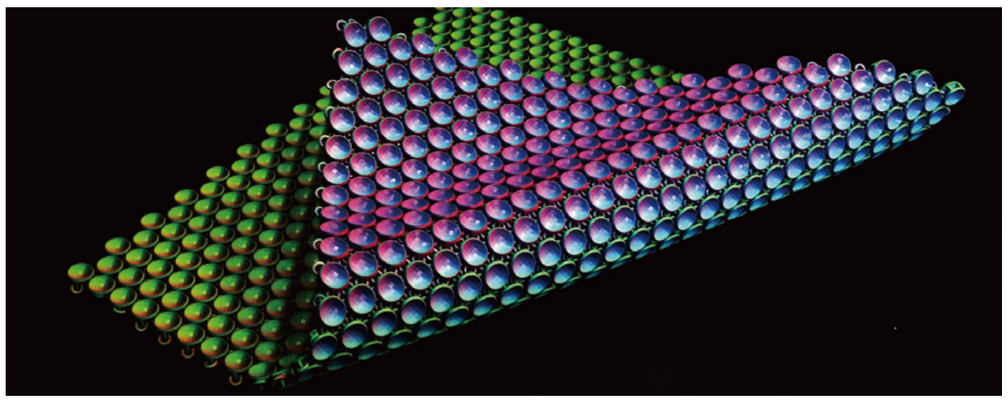
日本橋めぐるのれん展

2019
日本橋三越前駅地下通路
nihonbashi β project

多彩なクリエイターたちが制作した日本橋各企業・店舗の暖簾（のれん）を約１ヶ月間展示し、江戸時代の日本橋を描いた絵巻「熙代勝覧（きだいしょうらん）」の賑わいを再現するイベント。日本橋の街の入口である三越前駅地下通路を舞台に、約 160 メートルにわたる大規模な展示が行われました。
私たち Color Fab チームは公募枠で選出され、「藍から藍へ」を出展。

Bascule nihonbashi β project
(https://bascule.co.jp/work/meguru-noren/)



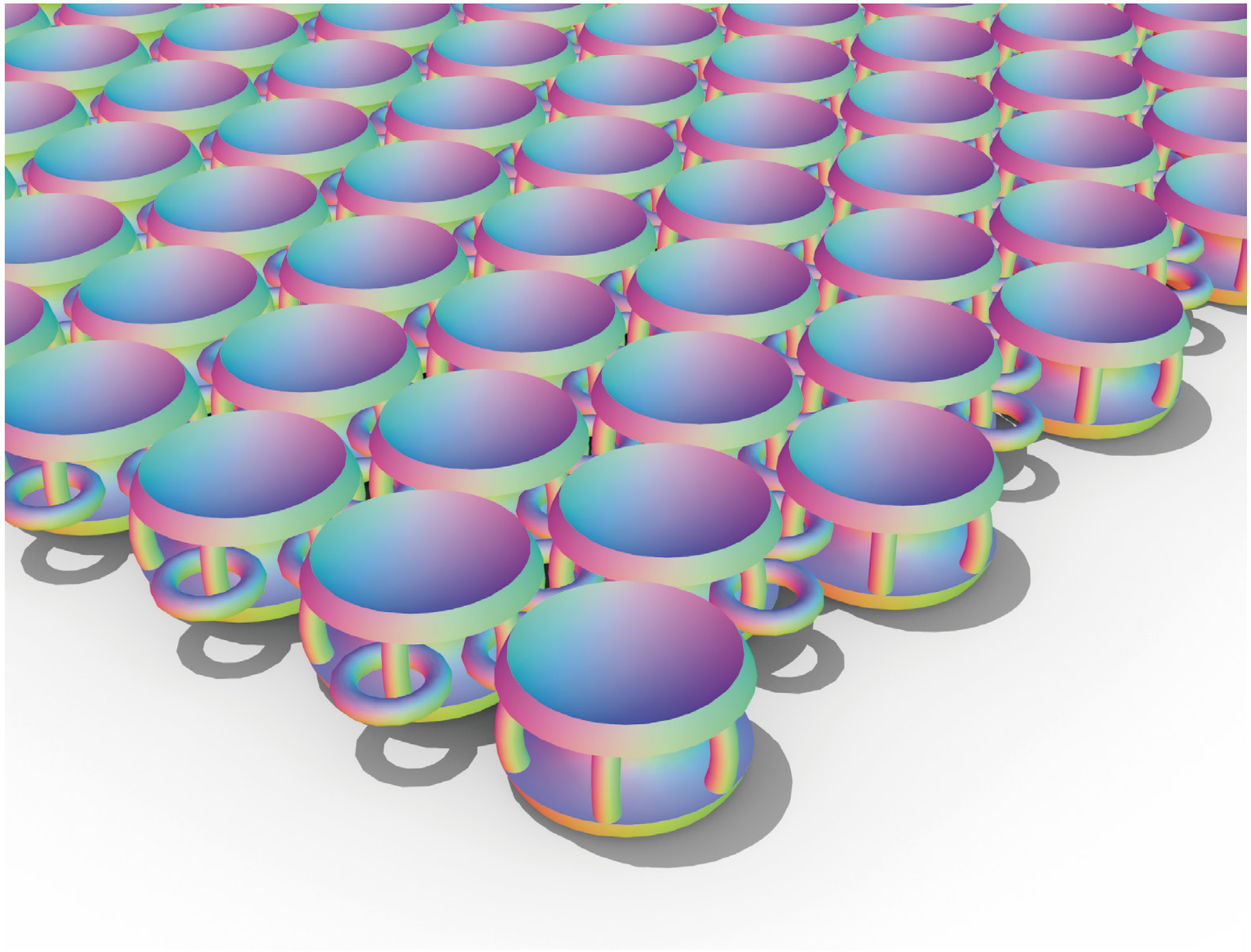


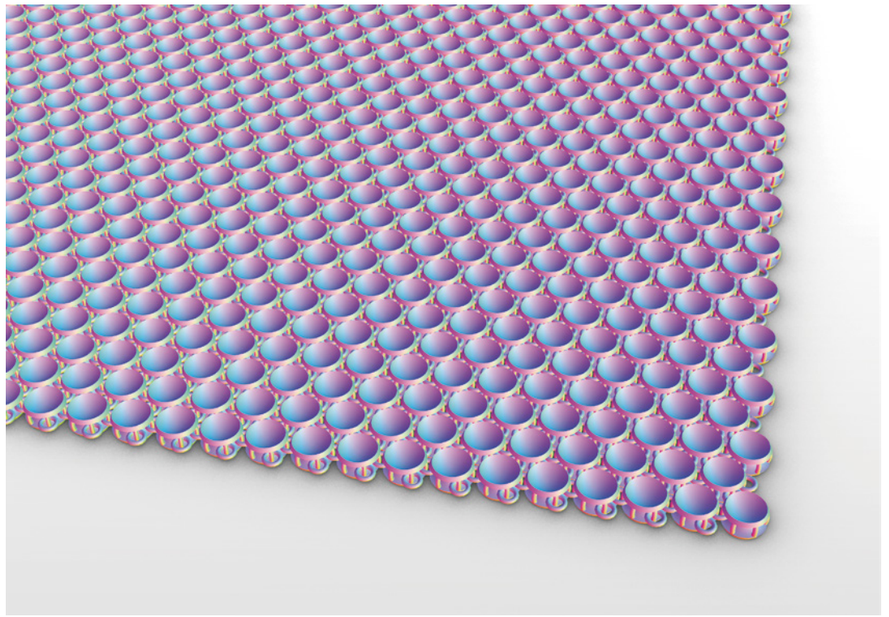
iridescent furoshiki

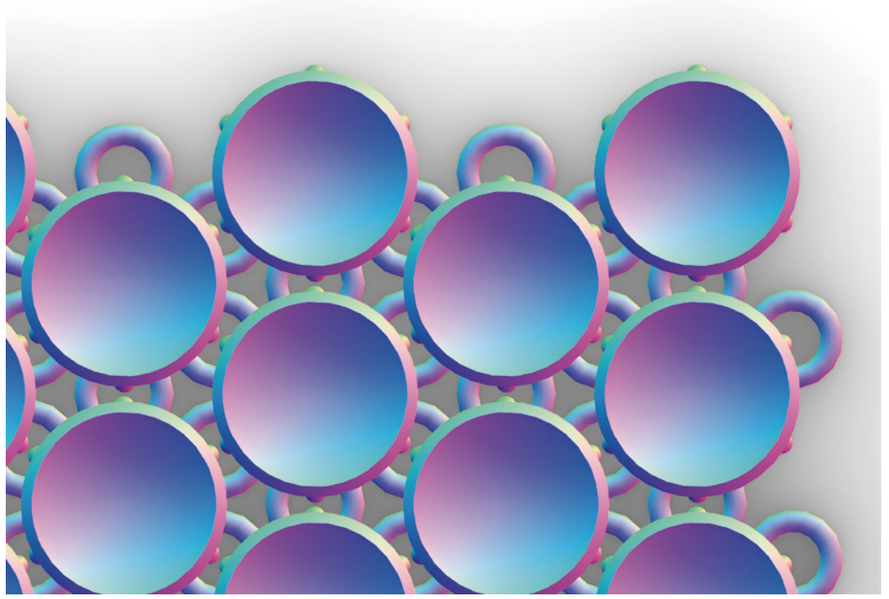
FUROSHIKI TOKYO 2019　480mm*480mm

出力協力：(株) ミマキエンジニアリング

日本橋めぐるのれん展と同時開催された FUROSHIKI TOKYO 展に出展するために制作した 3D プリンティング風呂敷。
パラボラアンテナのような構造モジュールにはそれぞれ角度によって異なる色が配されており、パラボラ構造の凹みによって生まれる角度差によって色が変化して見えます。
包み方や包むものの形によって色の変化の仕方が変わり、さまざまな表情を見せてくれる風呂敷です。







風呂敷の構造

ものを包むという役割上、TransColor Sphere で用いられたような尖っている構造は使うことができないため、
逆に凹ませることで角度差を作り出すことにし、パラボラアンテナのような構造体に行き着きました。
このような中空構造を一体造形出来るところが 3D プリンティングの利点です。

積彩 -04

色を重ねる

「かさねの色目」という日本固有のカラーパレットがあります。
これは平安時代に着物の重ね合わせに用いられた配色法で、四季折々の自然の色の変化に調和するように着物の色を選ぶという、趣深いものでした。(p.83~p.88,fig.13~15)
何より驚くべきことは、平安時代の人たちが三次元的に色彩を捉えていたことです。薄い布を重ねることで下の層の色が透けて浮かび上がってきたり、裏地の色が見え隠れする様子を立体的に捉え、色の組み合わせを選んでいたのです。このようなカラーパレットは世界中を探しても例がありません。
そして、この三次元的な色彩の捉え方を現代的にアップデートすると、“影”の色に行き着くのではないかというのが私の仮説です。平安時代の“絹”から、現代が獲得した“透明な樹脂素材”などのマテリアルに持ち替えた時、そこに生まれる大きな差は光とのインタラクションです。
ここで紹介する「光の年輪」という作品では、IROMIZU という透過性のあるカッティングシートを 3D プリントの要領で立体的に積み重ねていくことで、映し出される“影”の色彩を強く引き出しています。

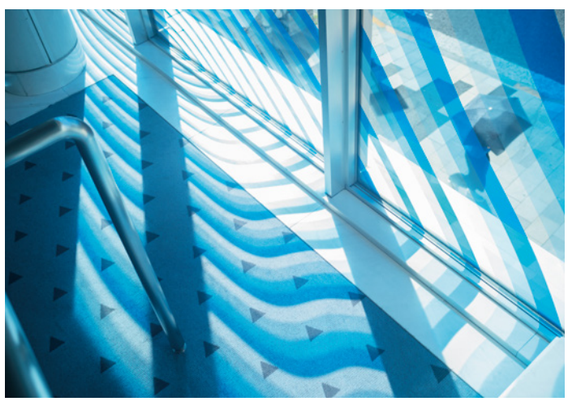
PROJECT

光の年輪　＜35th annual light rings＞

MATERIIAL

IROMIZU(カッティングシート)
中川ケミカル

LOM 方式の 3D プリンタの要領で、シートを重ねて三次元造形する
(Laminated Object Manufacturing)



光の年輪

35th annual light rings

CS デザイン賞 2020 学生部門 金賞受賞

制作協力：(株) 中川ケミカル　企画協力 : スパイラル (株) ワコールアートセンター

複合文化施設「スパイラル」のエスプラナードのガラス面への装飾。
スパイラルが 2020 年にちょうど 35 周年を迎えるということから、これまでのスパイラルの年表 (一年ごとの企画の数) を元に年輪のグラフィックをビジュアライズし、育ててきた歴史の大きさを素直に伝えるデザインとしました。
素材には透明性をもった「IROMIZU」というカッティングシートを何層も重ね合わせ、年輪の広がりを表現しています。窓ガラスから差し込む光が積み重なり、歴史が深まる分だけ色濃く、鮮やかに発色します。

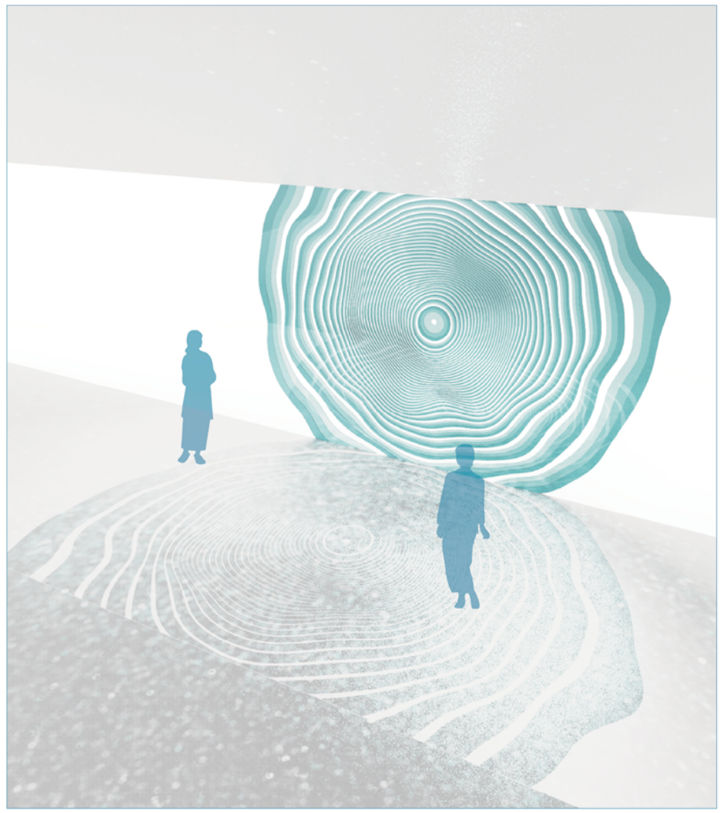
光の年輪

35 annual light rings

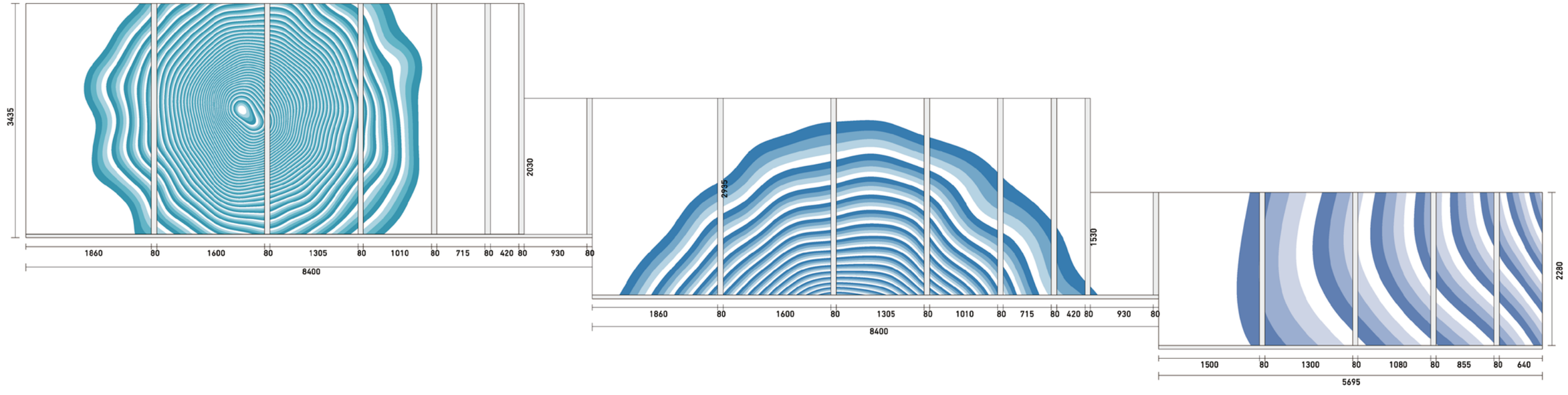
青山に植わり、35 年もの間日本の芸術文化を支えてきたスパイラルという場を一本の大木に例え、その歴史を年輪に写すことにした。
一年の時を重ねた分だけ、一輪ずつ刻まれていく。そうして大きく広がった年輪は、屹立する大木が積み重ねた歳月を雄弁に語る。
素材には透明性を持った「IROMIZU」を使用し、シートを何層も重ねることで年輪の広がりを表現している。窓ガラスからさしてくる光が積み重なり、歴史が深まる分だけ色濃く、鮮やかに発色する。

35 34 33 32 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

年輪のグラフィックはスパイラルのこれまでの年表（ 一年ごとの企画の数 ）を元に、カーネル密度推定によって算出されている。
35 年もの間にスパイラルに関わってきたすべての人・モノ・文化がこの年輪の形に集約され、表象される。



屋外側 図面



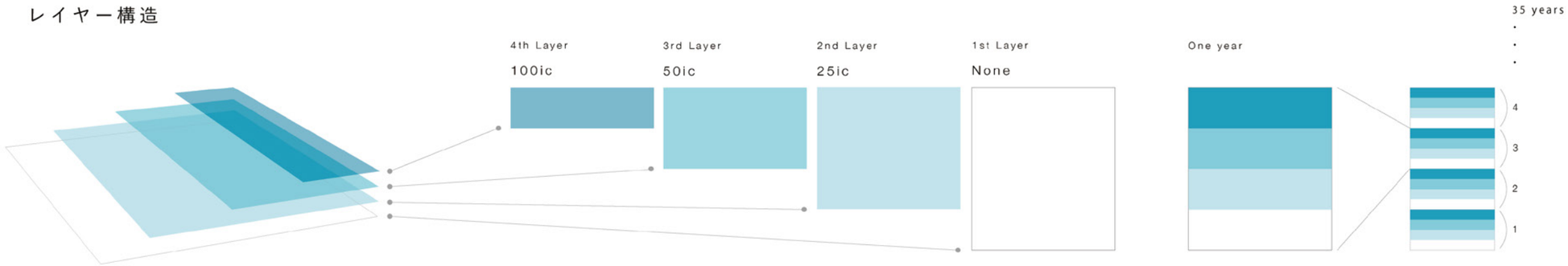
IROMIZU 35-
100ic
50ic
25ic

IROMIZU 39-
100ic
50ic
25ic

IROMIZU 43-
100ic
50ic
25ic

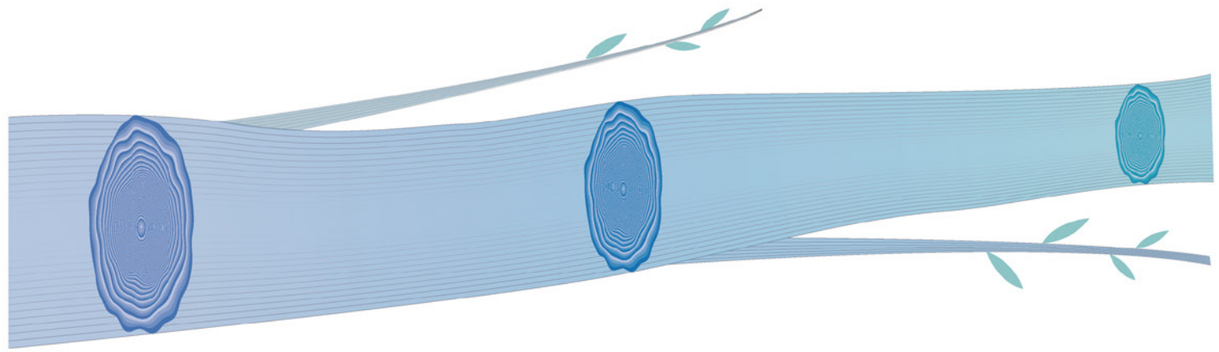
1/60 [mm]

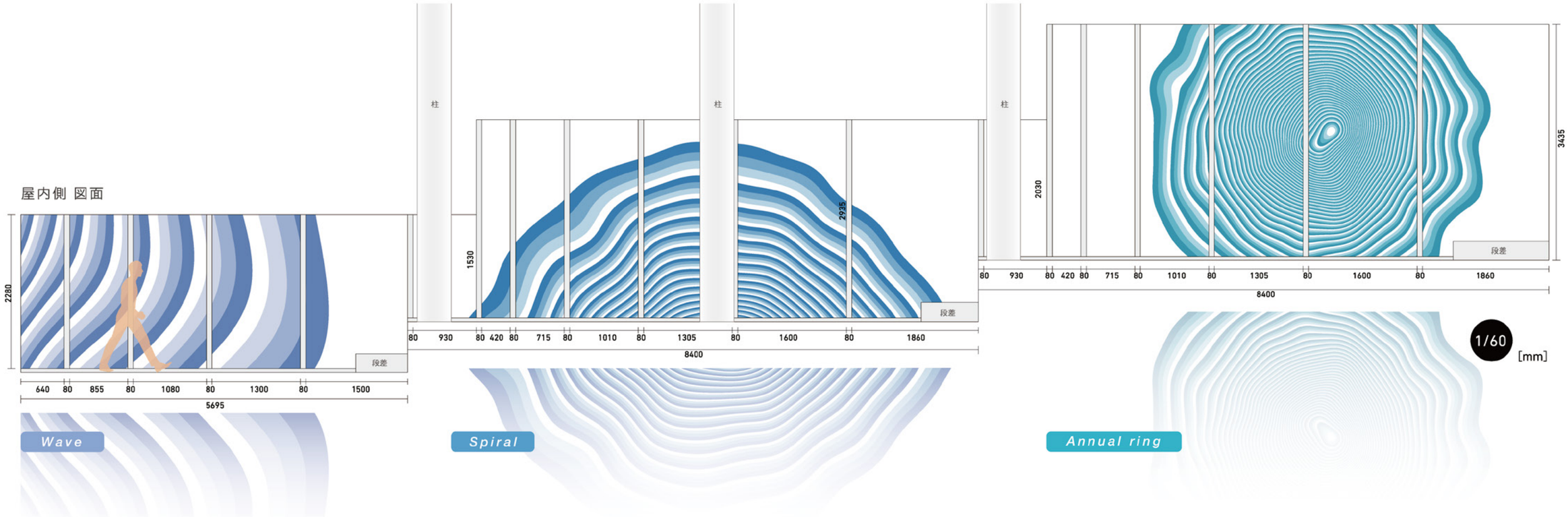
レイヤー構造

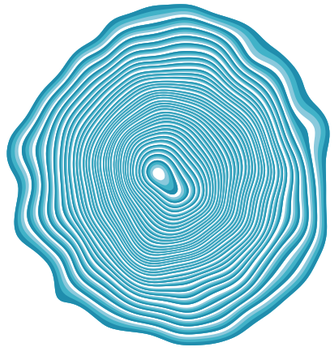


※年輪と四季
年輪は、四季によってもたらされる。春夏秋冬の気温の違いによって木の成長の速度が変化し、一年のうちに色のコントラストが作られていく。ここでは、4層のレイヤーを四季の1セットとし、なるべく実際の年輪の作られ方に寄せたグラフィックとしている。

全部で 35 層ある年輪のグラフィックはスパイラルが育んできた 35 年の歳月を刻んでいる。
大きな年輪の一部を切り取ると見えてくる波のような模様は、渦を巻いて芸術と生活を融合させてきたスパイラルが生み出す波状そのものである。波を起こし、渦を巻き、その軌跡が年輪となって刻まれていく。スパイラルが作り出してきた文化の形を、窓ガラスに貼られた 3 色の青い年輪の並びが示している。

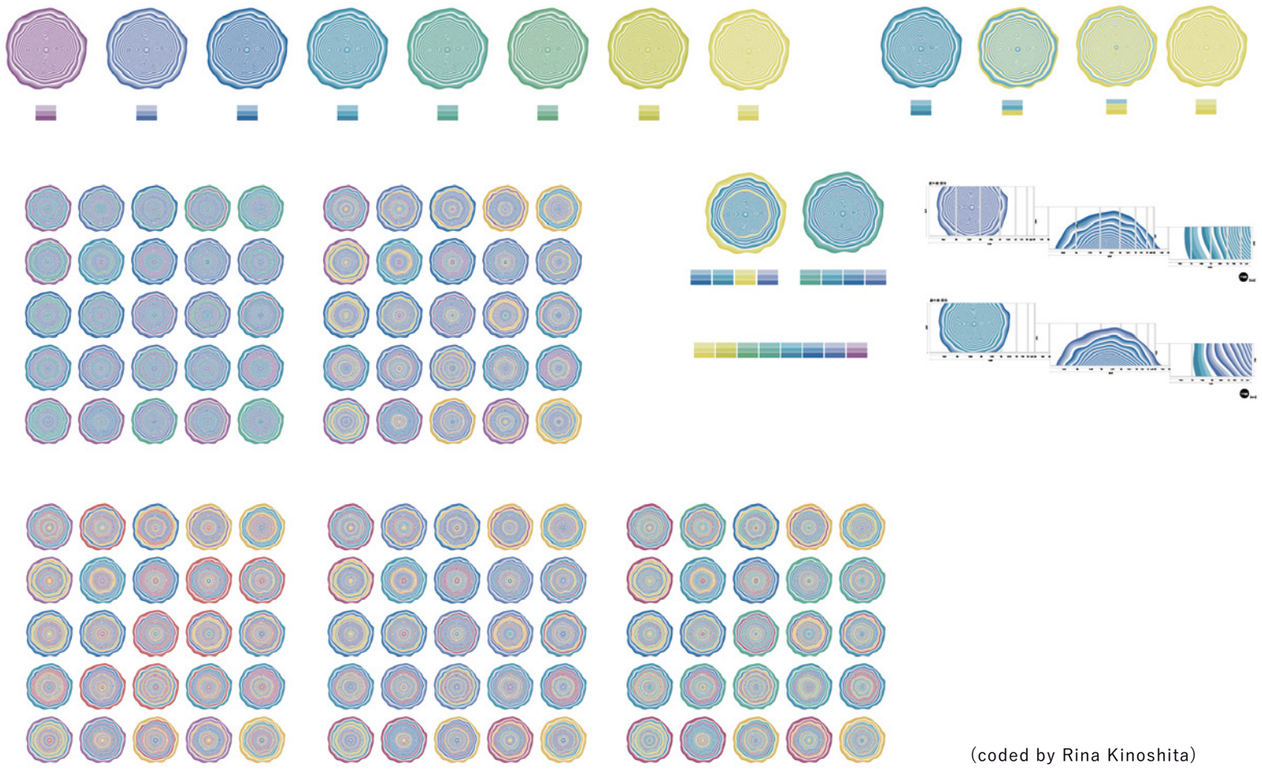






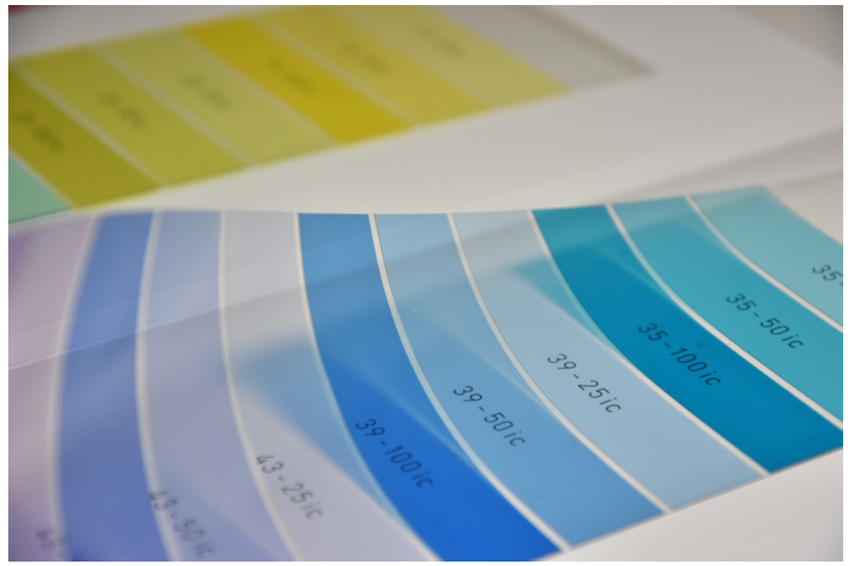
数式によって年輪の形をビジュアライズ

年輪のグラフィックは、統計学で用いられる「カーネル密度推定」という計算式によって導いています。スパイラルの年表（一年ごとの企画の数）をこの数式に入れていくことで年輪のようなパターンを作っています。チームメンバーである高盛がたまたま大学の統計の授業で習っていたことがこのようなグラフィックに繋がりました。(coded by Ryoma Takamori)



(coded by Rina Kinoshita)

[fig.14] 現場でのモックアップ検討



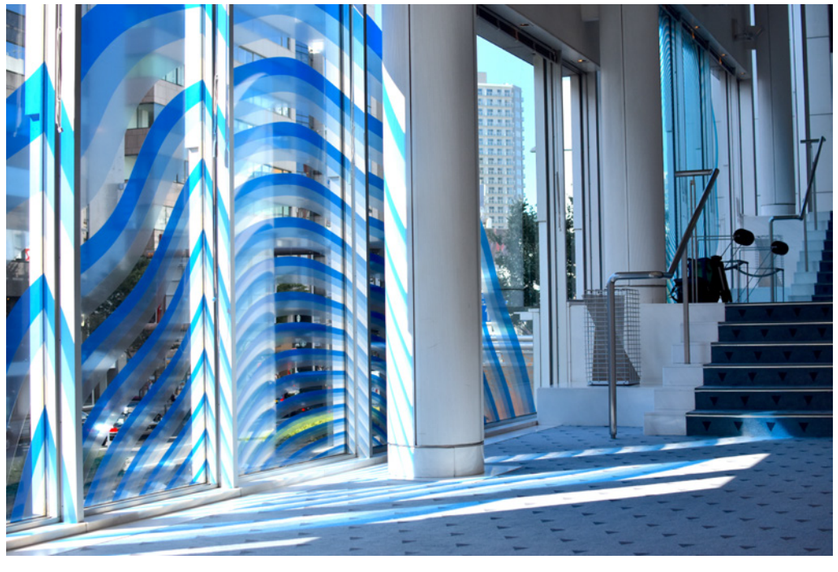
[fig.15]IROMIZU

パターン検討

光の年輪に用いた配色は、コンピュータ上で無数に組み合わせをシミュレーション検討したのち決定しています。
ただ、フィジカルに落とし込む前にデジタルで色味を確認できることは最終案を決定する上で非常に有効ですが、やはり実際のマテリアルがもつ透け感、施工現場の空間、光との相性などをデジタルで忠実に再現することは難しいため、施工前には 1m 角のモックアップを実寸で作り、現場での仮当てを行っています。

IROMIZU

マテリアルには、(株) 中川ケミカルの「IROMIZU」(fig.15) という透明度の高いカッティングシートを使用しています。重ね合わせることで色が混ざっていくため、どの色を重ねるか、重ね順をどうするか、何枚重ねるかなどで無数のカラーバリエーションを生み出すことができます。光の年輪では同系色を重ね合わせ、多層が生み出す色の影の階調変化がより際立つようにしています。



生物 (なまもの) としての色彩

「かさねの色目」には、一年の間に変化していく四季折々の自然の色に対して敏感に反応していた平安の人々の美的感覚がありました。そこでふとそういった時間変化の中での色彩の移ろいに目を向けてみると、一日の中でも光のあたり方によって多彩な変化が起きていることが分かってきます。特に光の年輪の場合には、昼と夜で表情が変化し、昼は建物内から、夜は建物外から見るととても綺麗に見えます。昼、それも日が差し込む 15 時〜16 時の一時間のみ、綺麗な色の影が床に映し出され、その時間しか楽しむことのできない幻想的な空間に包まれます。また、夜は、建物内から溢れる照明によって色がくっきりと浮かび上がってくる様子を、建物外から確認することができます。
コンピュータディスプレイ上でデザインを作っていた時はこのように作品に“旬”な時間帯があり、その時の色彩を楽しむための調理法がある“なまもの”のようなものであることには全く気づいておらず、これは物質として空間に出してみて初めてわかったことでした。

スパイラルという場所

スパイラルはモダニズムを代表する日本の建築家・槇文彦によって設計された名建築です。
そんな名建築に手を加えるような恐れ多いデザインに挑戦するにあたり、やはり場所との調和については特に慎重にならざるを得ませんでした。そこで私が心に決めていたことが３つあります。それは「①上昇ベクトルをもったデザインにすること」「②シンボリックな幾何学の強さのみで勝負すること」「③寒色系で調和させること」です。
①に関してはスパイラルのシンボルでもある螺旋階段にも現れているように、槇さんがスパイラルを設計するにあたり上昇感覚を持っている建物を作ることを意識していたということから来ており、これに対し、スケールを変えてトリミングした年輪の形を三つの窓ガラスに連続的に配置し、疎→密なパターン、濃→薄の青色の階調変化を作ることで上向きの流れをデザインしています。
また②に関しては、スパイラルがシリンダー、ピラミッド、半円球、キューブなどの幾何学のバリエーションによって構成されていることに由来します。意味を過剰に持ちすぎるような装飾ではなく、形そのものの強さがシンプルに伝わるような年輪のグラフィックを作りました。
③に関しては、言語化できない感覚なのですが、スパイラルを訪れた際にとても「青い」建物だと感じたことからきています。“青”山に立地しているからでしょうか。(笑)
そんなとても感覚的なものだったのですが、出来上がったものを見ると、青色を選んで正解だったなと強く感じました。
①、②、③、それぞれの狙いが気持ちよくはまり、建物によく馴染むようなグラフィックを作ることができたと自負しています。

考察

三次元の色彩

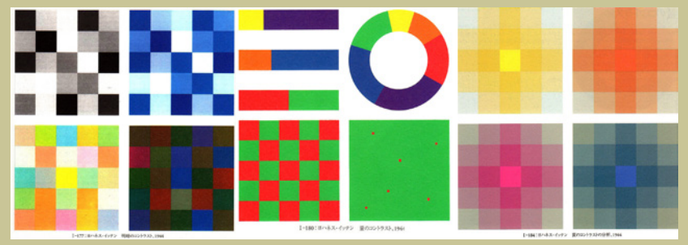
3D colors

かさねの色目をアップデートした新しいカラーシステムの構築へ

かさねの色目

積彩では、「色を織る」「色を詰む」「色を揺らす」「色を重ねる」の４つのデザイン言語から、3D プリンティングによっていかに新しいカラーデザインが可能になったかを整理しました。
ただ私たちがここまで取り組んできたことはあくまで“どのように”色を着けることができるか？の HOW の部分であり、では、“どのような”色を選ぶか？の WHAT、つまり新しいカラーシステムの創造については言及できていません。
その部分に関しては今後の課題になってくるのですが、制作の中で一つの手がかりを見つけることができました。それは「色を重ねる」でも言及した「かさねの色目」という日本固有のカラーシステムです。
これは平安時代に着物の重ね合わせに用いられた配色法なのですが、いくつかの種類があり、①表裏のかさねの色目（重色目）(p.70,fig.13) ②重ね着のかさねの色目（襲色目）(p.71,fig.14) ③織物のかさねの色目（織色目）(p72,fig.15) の３種類の色目が組み合わさってできています。
１つ目の「重色目」は、表裏で色違いの布を重ね合わせ、着物が風に揺れて翻った時に見え隠れする二色の組み合わせに関するカラーシステム。２つ目の「襲色目」は十二単など、複数の透け色を重ね合わせた混色に関するカラーシステムで、３つ目の「織色目」は経糸と緯糸に違う色を使って布を織ることで複雑な色合いをつくり出す、糸の組み合わせに関するカラーシステムです。
そして、このかさねの色目から私たちの制作を振り返ってみると、「重色目」は表側 / 裏側からの視座の違いで色の見え方をデザインした「色を揺らす (藍から藍へ)」、「襲色目」は複数のシートを重ね合わせた「色を重ねる (光の年輪)」、「織色目」は「色を織る (色引、遊色瓶)」での実践に結びついていました。
それぞれの実践はかさねの色目をアップデートしたもので、「色を揺らす」では 3D プリンティングならではの繊細な凹凸構造と配色によって表と裏の色の面の差を非常に細かく制御し、「色を重ねる」では重ね合わせによる素材の混色だけではなくそこから生じる影の色の混色までをデザイン対象としたものでした。そして「色を織る」では経糸・緯糸という直交方向の織り合わせだけではなく xyz 軸を縦横無尽に交わる３次元的な織構造による複雑な色合いを作り上げました。
ただ、私たちの実践の中でも「色を詰む」だけはかさねの色目に当てはまることなく、そもそも構造の内部までも配色をコントロールすることは 3D プリンティングが技術的に初めて可能にしたことで、新しく生み出したデザイン対象です。そのためここには新しい４つ目のかさねの色目をつくり出すことができるでしょう。この第四のかさねの色目をつくり出すこと、そしてその他これまでの三種類のかさねの色目をアップデートすること。それらを含め積彩による新しい「かさねの色目」のカラーシステムをつくり出すことが今後私たちが行っていくべきことです。

[fig.16] 12 色環
『ヨハネス・イッテン 色彩論』(大智浩 訳、美術出版社、1970) より



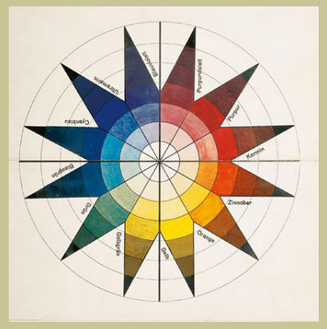
[fig.17] 色彩相互の対比理論についての図
『ヨハネス・イッテン 色彩論』(大智浩 訳、美術出版社、1970) より

三次元のカラーシステム

かさねの色目が世にある他のカラーシステムと比べ優れている点は、色彩を三次元的なものとして捉えている点です。
1920 年代にバウハウスで教鞭を執っていたヨハネス＝イッテン (1888~1967) が論じた『色彩論』では 12 色環という画期的なカラーガイド (fig.16) の作成、またそれを元に色彩相互の対比と調和について「色相対比」「明暗対比」「寒暖対比」「補色対比」「同時対比」「彩度対比」「面積対比」などの理論 (fig.17) を展開していますが、どれも色彩情報を二次元的に配置して比較したものです。ただ、イッテン自身も色彩は三次元的に捉えられるべきだということを知っていたようで、のちに 12 色環を元に地球儀の展開図のような 12 座標カラースター (fig.18) という図を残しています。
当時の表現方法ではここまでが限界でしたが、これをコンピュータという道具を用いて情報空間に構築しようとした試みが藤幡正樹の『カラー・アズ・ア・コンセプト』の CCP(カラー・キュービック・パレット) でした。物質 (顔料) としての色彩を情報 (RGB などのカラーコード) に変換することで、三次元的に高度に色を「分析」することを可能にしたのです。
そして私たちが取り組んでいることはその先の、高度に「分析」された情報としての色彩を 3D プリンティングによって物質とつなぎフィジカルに「再構築」することなのですが、その際に CCP では不十分なのは、CCP が取り扱うのは色彩の「情報」のみだという点です。藤幡正樹の CCP やイッテンの 12 色環は色彩から明度・彩度・色相といった情報のみを抜き取りシンプルにしたからこそ色彩相互の関係性について分析することを可能にしたのですが、物質としての色彩を考えるときにそれでは不十分で、その場所や人、光とのインタラクションなど、より多くのファクターとの関係性の中で色彩の振る舞いを規定しなければなりません。
その点においてかさねの色目というカラーシステムは、揺れや透け、重なりや交わりなどのさまざまな動詞との関係性の中で色彩を捉えていただけでなく、四季折々に変化していく自然の色の変化に即して配色がデザインされていたりと、周辺環境とのインタラクティブが非常に重要視されていたことが分かります。

色の「個別性」

また、そのようなインタラクティブなカラーシステムがもたらすものは、色の「個別性」を高めることです。その場にいる人、そしてその人の振る舞い、その場に差し込む光、その場を囲む色など、周辺環境とのインタラクションで立ち現れる色彩はその場所固有の唯一無二な体験へと昇華されていきます。
平安時代の人たちが移りゆく自然の変化に合わせ、そのときにしか着ることのできない着物の組み合わせを選び風流を感じていたように、その場所その瞬間にしか感じることのできない色彩を愛でる体験をより強めるものになっていくでしょう。



[fig.17] 12 座標カラースター
『ヨハネス・イッテン 色彩論』(大智浩 訳、美術出版社、1970) より

それは CCP のような、コンピュータディスプレイ上の色彩の「普遍性」(数字となった色彩はどこにでも運び、複製することができるようになった) を拠り所にするものとは異なるベクトルへの発展になっていくはずです。そしてこの色の「個別性」については、2020 年に猛威をふるった新型コロナウイルス感染症の流行によって、より強く意識することになりました。
リモートワークへの移行など外出自粛が求められる中で、どこかに赴くことに対して「なぜ行かなければならないのか？」また、展覧会を見ることに対して「なぜ実物でなければならないのか？」といったようにわざわざ理由が求められるようになりました。
リモートの「便利さ·手軽さ」を知った私たちにとって、この問いは一過性のものではなく新型コロナウイルス感染症の流行が去った後も問われ続けるものになるでしょう。
このような状況の 2020 年の中で私たちは CS デザイン賞 / 富山デザインコンペティションにおいて作品を発表してきましたが、私たちの作品が特に評価されたポイントはその「場」における「個別な体験」をもたらすことでした。
CS デザイン賞で制作した「光の年輪」について審査員である松下計 (グラフィックデザイナー / 東京藝術大学教授) は次のように評しています。

『「表現の新規性」よりも、現実的な場に実装される事によって結果として何が加算されるのか、場が存在するからこそ立ち上がってくる提案性について問う視線が例年よりも意識された。
そういう意味で金賞「光の年輪」については場の必然性についての想像力に長け、今年の傾向を象徴している。この作品は、図像のスケール感と、表現に取り込まれている同系色の階調変化がもたらす「ゆらぎ」など、この場にいる受け手のいかに感じ取るかについて心得ていて、場の説得力と「スパイラル 35 周年」というテーマに対する打ち返しにおいても他作品をリードしておりほぼ満場一致で評価された。
・・・本年図らずも図像よりも空間的なアプローチに意識を払う事になったのは、コロナ渦における未曾有の事態が、「場」について再考させられた結果ではないだろうか。』(『第 21 回 CS デザイン賞受賞作品集』より一部抜粋)

「光の年輪」に関しては特に太陽光とのインタラクションを意識したため、その日の天気や時間帯によって大きく表情を変えるものでした。実際に設置したのは 2 週間だけでしたが、通年での色彩の変化も見てみたい作品でした。これはまさにその「場」に赴かなければ得ることのできない色彩体験を創出することができた例です。
富山デザインコンペで発表した「遊色瓶」についても、人の「回す」という振る舞いによって多彩に表情を変化させる作品で、どのような角度で、どのような速度で回すか、それをどこから見るか、そこに何色の花を挿すかなど、その「場」で色と対話するかのように遊べる作品です。
実物に出会う必然性が問われるようになり、必然性のないものはディスプレイの中で済まされていくこれからの時代において、このような個別な色彩体験の創出こそかさねの色目の本質であり、私たちが追求すべきカラーシステムのヒントなのではないかと思います。

カラーリング・アズ・ア・コード

また、表層に現れてくるカラーデザインの意匠面だけではなく、その前段階である製造面においていかに色彩の捉え方を拡張することができるかについては富山デザインコンペティションにおいて特に評価のポイントになりました。
以下、コンペ時の公開審査会における審査員の方々によるコメントを抜粋したものです。

桐山 登士樹 (富山県総合デザインセンター所長)
『デザインという概念が拡張していく中で、プロダクトデザイン出身の人がやらない・できないような頭の使い方でモノの作られ方からデザインされていることが象徴的。1994 年から続く富山デザインコンペティションにおいて昨年初めて「プロダクト (デザイン)」という言葉を抜き、募集要項に「デザインプロダクト、あるいは『プロジェクト』」と言葉を追加したように、流動的なデザインの新しい波が来ている。その中で、本作品 (積彩) はプロダクトだけではなくもっと広い視野での「プロジェクト」としての可能性を最も感じるものだった。』

吉泉 聡 (デザイナー /TAKT PROJECT inc 代表)
『見たこともないような表現で純粋に驚いた。テクノロジーを単なる「技術」とせず、Color Fab は色彩の変化などエモーショナルな現象を拡張するためにテクノロジーを丁寧に用いている。今そのような取り組みは希少で、とても価値がある。
また、「着色のあり方をどのように変えていくか？」というテーマに対して最も真摯に真っ向から取り組んでいたプロジェクトであり、オルタナティブな提案ができていることを評価したい。
現存するフレームワークの中でデザインを考えていてはどうしても限界があり、今回の「色を着ける」というテーマにおいてもどのように着彩のフレームワークを拡張していくことができるかに注目していた。Color Fab はそれに対し 3D プリンティングという新しいテクノロジーを用いてフレームワークを拡張し、色の着けられ方、そしてその視覚表現、両方向にフレームを拡張することに成功している。』

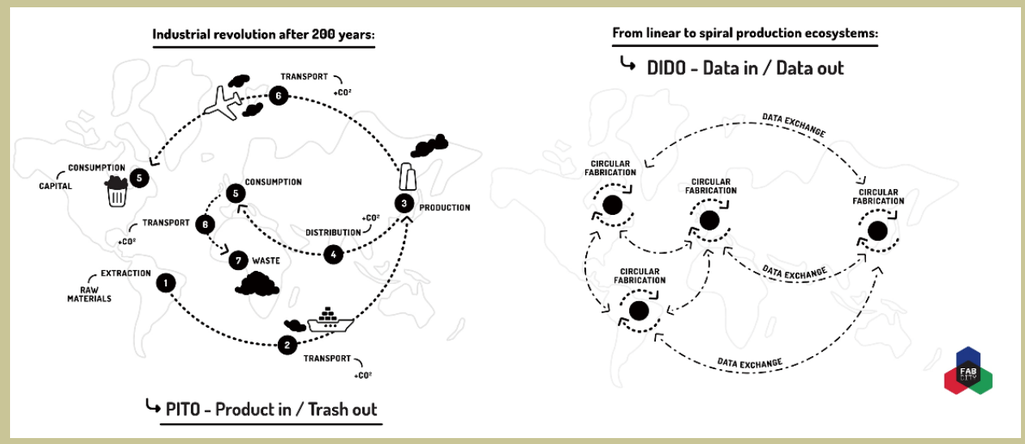
秋山かおり (デザイナー /STUDIO BYCOLOR 代表)
『3D プリンティングによる商品が少しずつ出てきている中で、積彩のようにものづくりの仕組みそのものに挑戦しようとするプロジェクトが出てきていることが興味深い。「サスティナブル」なものづくりのあり方が求められていく中で、持続可能な着彩工程を模索しようとするこれはとても価値のあるプロジェクト。
しかし花瓶は花が主役なものなので、今回の表現を花瓶に応用することには反対。(花瓶の色が勝ってしまう)
ただ表現や仕組みそのものには可能性を感じるので、今後の発展に期待。空間スケールでの表現など見てみたい。』

「3D プリンタを着彩ツールとして扱ってみる」というテーマを立てたのは 3 年前ですが、その時はどのような視覚効果を生み出すことができるかという“意匠”についてしか思考が及んでいませんでした。
しかしそこから制作を続けていく中で、コードによって配色を制御するという特殊性「カラーリング・アズ・ア・コード」のメリットは意匠だけではなく、むしろ

製造にこそ寄与するものだということがわかってきました。
そのことを実感したのもやはり新型コロナウイルス感染症の影響で、製造における「制限」が顕著に現れたことからでした。
緊急事態宣言が発令され大学キャンパスに入ることができなくなり、製造機材にアクセスできない状況が続きましたが、そのような状況の中で私たちはチームメンバーひとりひとりの自宅に 3D プリンタを整備し、それらをネットワークで繋ぎ合わせることで新しい分散型共創の形を模索しました。そしてここで活きてきたのが“デジタルコードに形状 / 色彩の設計情報全てがパッケージングされている”ということでした。
このことにより、物理的な隔たりがあっても設計コードをオンラインで共有することで各 3D プリンタで同じモノを製造し、「擬似的なトランスポーテーション」をすることができたのです。写真や動画では共有しきれない細部のニュアンスについても、これにより確認しながら制作を進めることができました。
また、さらに有効だったのが「知見の共有のしやすさ」においてです。
プロトタイプを重ねていく中でちょっとした改善点やコツなどが次々に生まれていきますがこれがデジタルコード上に反映されていくため、アップデートの履歴を逐一確認することができます。また、プロシージャルにコードが組まれているためいつでも形状や色彩に微調整を加えることができたこともプロトタイプにおいて非常に重要な点でした。
チームメンバーそれぞれに貯めた知見が余すことなくオンラインで共有され、毎日少しずつ改良を重ねることができたことが富山デザインコンペティションでのグランプリ受賞につながったのだと思います。

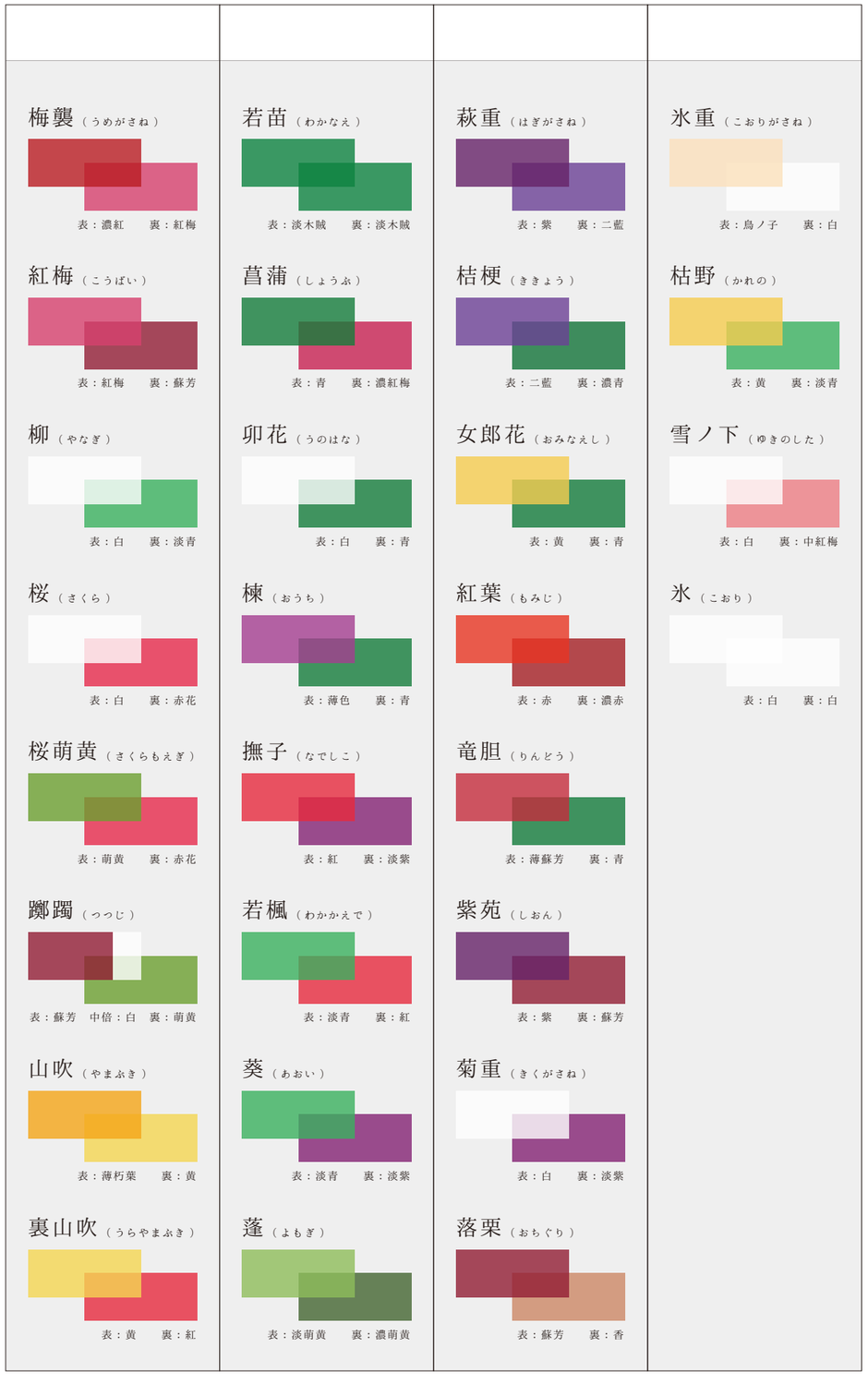
そして、私たちの場合はコロナウイルスによって対面の隔たりを生み出されてしまった例でしたが、これを地球規模、つまり国と国の物理的距離による隔たりにおいてネットワークをつなぎ、共創のあり方を模索しようとしている例が FAB City の「DIDO(Data in/Data out) 型のサプライチェーン」(fig.18) です。これはまさにデジタルコードによる製造を前提としたサプライチェーンで、その知見の共有のしやすさを活用することで、ある都市が抱えているローカルな課題をグローバルに共有し、世界的に貯蓄されるデジタルデータの知見によってそれらを解決しようというコンセプトを持っています。また「擬似的なトランスポーテーション」(設計データのみを遠隔に転送し、その土地の素材を用いて製造する) によって、従来の PITO (Product in/Trush out) 型のサプライチェーンと比較して輸送にかかる CO2 を削減することができるというメリットも含んでいます。
ただ、FAB City においてはまだ新しい DIDO 型のサプライチェーンによってどのようなデザインが生み出されるか？についての議論は十分になされていません。そのような意味で私たちの「カラーリング・アズ・ア・コード」はその先駆けとして、コードによっていかに色彩を設計することができるかという実践だったと位置付けることもできるでしょう。
ここからは展望になりますが、富山デザインコンペティショングランプリ受賞のご縁で、今後富山の企業と協働して着彩工程の改革、またそこから生み出されるデザインの商品化に向けてプロジェクトを行っていく予定です。富山県内の着彩工程を担う方達もご紹介いただきながらその土地のローカルな課題について「カラーリング・アズ・ア・コード」のアプローチがどのように有効なのか探っていくことになり、そこで得た知見

も FAB City の一端としてグローバルに共有していきたいと思います。
ここまで重ねて述べてきましたが、カラーリング·アズ·ア·コード、またそこから生まれる「積彩」という新しい色の作り方は意匠だけではなく製造に対して大きなインパクトを与えることができるものだと考えています。そしてそれは実際に製造ラインにのって初めて発揮されるものです。大学院終了後も私はこの研究·制作を続け、実際に「積彩」による商品を世に出していくところまでまずは実現させるつもりです。本研究で課題として残った新しいカラーシステムの創出も含め、まだまだやり残したことをやりきり、いつか完璧な「デジタルファブリケーション時代の色彩論」を完成させて論じたいと思います。



[fig.18]PITO 型から DIDO 型のサプライチェーンへ
(https://fab.city/uploads/whitepaper.pdf)

「製造のリ・ローカライズ」を掲げる FAB City が提案する新しいサプライチェーン。
各都市のファブラボ、あるいはメイカースペースを製造拠点とし、それらをネットワークで繋ぐことでローカルなものづくりをグローバルな知見で支える。生産、消費、廃棄のすべての拠点を世界各地に分散させる PITO 型に比べ、それらの機能を各都市に集約させる DIDO 型では環境負荷が低く、製造過程が透明化されるため余分な廃棄物を減らすことができると提案されている。



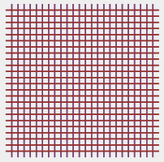
[fig.13]　かさねの色目（重色目）の一例

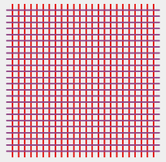
『有職装束大全』（著・八條忠基、平凡社、2018）を参照し、筆者が作成。

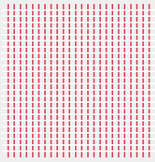
四季通用・祝議用	十月一日から	五節より春まで	五節より春まで	四月から	四月から
蘇芳の匂（すおうのにおい） 淡蘇芳 淡蘇芳 蘇芳 蘇芳 濃蘇芳 青	黄菊（こうぎく） 蘇芳 淡蘇芳 淡蘇芳 淡黄 淡黄 青	紫の匂（むらさきのにおい） 濃紫 紫 紫 淡紫 より淡い紫 紅	梅染（うめぞめ） 白 白 白 白 白 青	若菖蒲（わかしょうぶ） 青 淡青 淡青 白 白 白	卯花（うのはな） 白 白 白_黄 白_青 白_淡青 白
松重（まつがさね） 蘇芳 淡蘇芳 萌黄 淡萌黄 より淡い萌黄 紅	紅紅葉（くれないもみじ） 紅 淡朽葉 黄 濃青 淡青 紅	紫の薄様（むらさきのうすよう） 紫 淡紫 より淡い紫 白 白 白	梅重（まつがさね） より淡い紅梅 淡紅梅 紅梅 紅 濃蘇芳 濃紫	藤（ふじ） 淡紫 淡紫 より淡い紫 白 白 白	白撫子（しろなでしこ） 白_蘇芳 白_紅 白_紅梅 白_青 白_淡青 白
紅の匂（くれないのにおい） 濃紅 紅 紅 淡紅 より淡い紅 紅梅	櫨紅葉（はぜもみじ） 黄 より淡い朽葉 淡朽葉 紅 蘇芳 紅	裏陪紅梅（うらまさりこうばい） 淡紅梅 淡紅梅 淡紅梅 淡紅梅 淡紅梅 青	雪の下（くれないのにおい） 白 白 紅梅 淡紅梅 より淡い紅梅 青	躑躅（つつじ） 紅 淡紅 より淡い紅 青 淡青 白	餅躑躅（もちつつじ） 蘇芳 淡蘇芳 淡蘇芳 青 淡青 白
紅の薄様（くれないのうすよう） 紅 淡紅 より淡い紅 白 白 白	青紅葉（あおもみじ） 青 淡青 黄 淡朽葉 紅 蘇芳	山吹の匂（やまぶきのにおい） 朽葉 淡朽葉 淡朽葉 より淡い朽葉 黄 青	紫村濃（むらさきむらご） 紫 淡紫 より淡い紫 濃青 淡青 紅	花橘（はなたちばな） 淡朽葉 より淡い朽葉 白 青 淡青 白	杜若（かきつばた） 淡紫 薄色 薄色 青 淡青 紅
紅梅の匂（こうばいのにおい） より淡い紅梅 淡紅梅 紅梅 紅梅 濃紅梅 青	楓紅葉（かえでもみじ） 淡青 淡青 黄 淡朽葉 紅 蘇芳	裏山吹（うらやまぶき） 黄 黄 黄 黄 黄 青	二つ色（ふたついろ） 薄色 薄色 黄 萌黄 萌黄 紅	撫子（なでしこ） 蘇芳 淡蘇芳 淡蘇芳 白 白 白	薄（うす） 蘇芳 淡蘇芳 淡蘇芳 青 淡青 白
萌黄の匂（もえぎのにおい） より淡い萌黄 淡萌黄 萌黄 萌黄 濃萌黄 紅	捩り紅葉（もぢりもみじ） 青 淡青 黄 淡朽葉 紅 紅	花山吹（はなやまぶき） 淡朽葉 淡朽葉 淡朽葉 淡朽葉 淡朽葉 青	色々（いろいろ） 薄色 萌黄 紅梅 黄 蘇芳 紅	菖蒲（しょうぶ） 青 淡青 白 紅梅 淡紅梅 白	女郎花（おみなえし） 女郎花色 女郎花色 女郎花色 女郎花色 女郎花色 紅

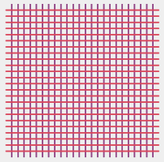
[fig.14]　かさねの色目（襲色目）の一例

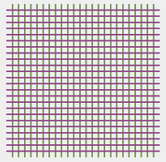
『有職装束大全』（著・八條忠基、平凡社、2018）を参照し、筆者が作成。

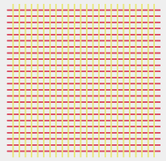
濃色（こきいろ）

経：濃紫
緯：濃蘇芳

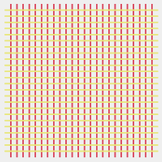
葡萄染（ぶどうぞめ）

経：赤
緯：紫

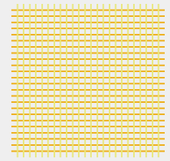
紅梅（こうばい）

経：紅
緯：白

赤色（あかいろ）

経：紫
緯：紅

松重（まつがさね）

経：青
緯：紫

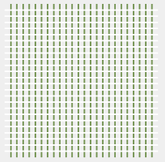
花橘（はなたちばな）

経：黄
緯：紅

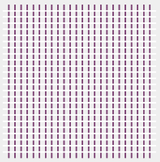
朽葉（くちば）

経：紅
緯：黄

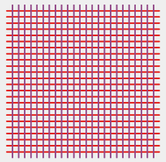
花葉色（はなばいろ）

経：黄
緯：山吹

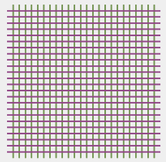
唐紙（からかみ）

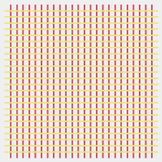
経：白
緯：黄

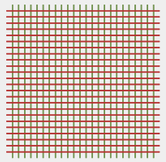
篠青（ささのあお）

経：青
緯：白

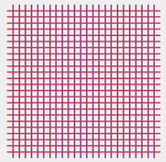
薄色（うすいろ）

経：紫
緯：白

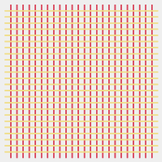
紙濁色（しそくいろ）

経：紫
緯：紅

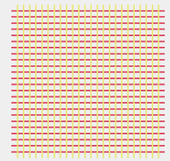
玉虫色（たまむしいろ）

経：青
緯：紫

香色（こういろ）

経：紅
緯：黄

萩（はぎ）

経：青
緯：蘇芳

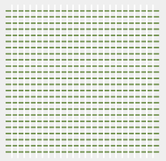
栗色（くりいろ）

経：紫
緯：紅

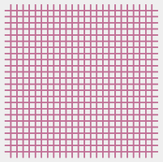
赤朽葉（あかくちば）

経：紅
緯：洗黄

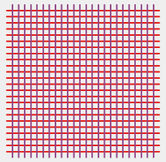
櫨橘（ろきつ）

経：黄
緯：紅

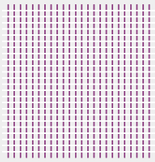
黄唐紙（きからかみ）

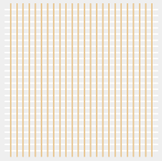
経：黄
緯：白

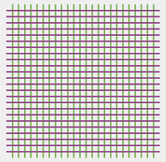
薄青（うすあお）

経：白
緯：青

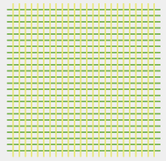
半色（はんいろ）

経：薄紫
緯：薄紫

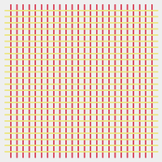
赤白橡（あかしろつるばみ）

経：紫
緯：紅

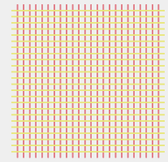
緯白（ぬきじろ）

経：紫
緯：白

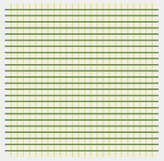
薄香（うすこう）

経：香
緯：白

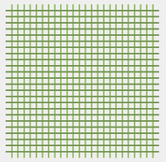
藤（ふじ）

経：萌黄
緯：紫

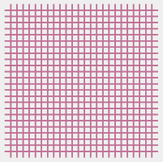
女郎花（おみなえし）

経：黄
緯：萌黄

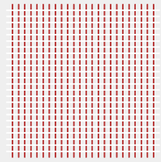
黄朽葉（きくちば）

経：紅
緯：朽葉

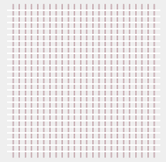
櫨（はぜ）

経：薄紅
緯：黄

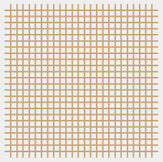
青唐紙（あおからかみ）

経：黄
緯：青

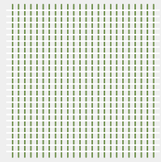
円薄青（えんうすあお）

経：薄青
緯：青

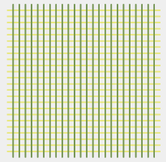
当色（とうじき）

経：薄紫
緯：薄紫

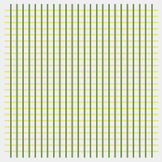
桜（さくら）

経：蘇芳
緯：白

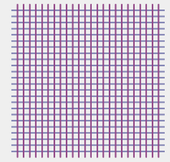
秘色（ひそく）

経：香
緯：薄色

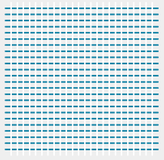
濃香（のうこう）

経：濃香
緯：濃香

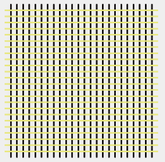
水色（みずいろ）

経：青
緯：白

麹塵（きくじん）

経：青
緯：黄

青朽葉（あおくちば）

経：青
緯：黄

蘇芳（蘇芳）

経：紫
緯：二藍

縹唐紙（はなだからかみ）

経：白
緯：縹

木蘭地（もくらんじ）

経：黒
緯：黄

[fig.15]　かさねの色目（織色目）の一例

『有職装束大全』（著・八條忠基、平凡社、2018）を参照し、筆者が作成。

謝辞

田中浩也 教授

田中先生には約４年間 (学部３年〜修士２年) もの間、ご指導いただきました。田中先生からは本当〜〜〜〜に多くのことを学び、人生でこんなに学んだことあったか！？というくらいたくさんのことを学び頭がパンクしましたが、僕にとって一番の学びは「分からないことを恐れず楽しむ心」です。
田中先生自身がいつまでも楽しそうにチャレンジし続ける姿をずっと見てきて、僕が先のことに怯えて悩んでいることがいつからか笑えてくるようになりました。凝り固まっていたものがどんどん解きほぐされていったような感覚です。
僕は田中研という場所が本当に好きで、みんなが好きなようにモノを愛して、つくっている様子がとても居心地がよくて、みんなで分からない方向にどんどん冒険している感じがたまらなく良いんですよね。こんな場所をつくることができている田中先生ってすごいなと最近よく思っています。
なので僕は、続けることにしました。田中研のように、ただモノが大好きで、見たことない現象を追い求めて、自由に手を動かして作り続けることをどうしても辞めたくないので、なんとか続ける方法を探して、頑張ってみることにしました。
運が良いことに僕は田中研でとてもいい仲間と出会うことができたので、彼らと一緒にどこまでやれるかやってみようと思います。そこを田中研のような場所にすることができるか少し不安もありますが、ワクワクの方が今は大きいです。そう思えるようになったのもやはり田中先生のおかげだと強く思います。
田中先生、４年間本当にお世話になりました。ありがとうございます。そしてこれからも末長くご指導いただけるととても嬉しいです。(早く自立します！！)

Color Fab メンバー　高盛竜馬　木下里奈

Color Fab のメンバーとして約２年半もの間一緒に活動してくれた高盛竜馬と木下里奈に最大級の感謝を送ります。みんながいなければ何も始まらなかったし、何もできませんでした。僕と、竜馬と、里奈。３人いなければ絶対にできなかったことを僕たちは成し遂げたし、その喜びを３人で分かち合えたことが本当に誇らしいです。まだまだみんなとは一緒にモノを作っていたいし、もっともっと一緒に喜びたいので、この先もっとすごいものを世に出して、驚かせていきましょう。僕たちなら絶対にできる。

家族

ずっとわけわからないことしててすみません！！！！
僕が大学院に進学させてもらうときに「2 年間でやれるだけやってみて、ダメだったら普通に就職する。でも少しでも手がかりをつかめたら挑戦したい」といったのを覚えていますか。僕は手がかりを掴みました。あのとき僕の無謀を受け入れて、大学院に進学させてくれたおかげです。本当に、大学院に行ってよかった。本当に。とっても楽しかった。学部時代に苦しかったこととかが苦しいままじゃなくてちゃんと報われたのは、大学院に行けたからです。ありがとう。
これからもおそらく無謀なことをずっとやっていくのでご心配をおかけしてしまうかもしれませんが、総じて楽しい人生を歩む予定です。長い目でみてくれると嬉しいです。

制作協力：(株) 中川ケミカル
企画協力：スパイラル /(株) ワコールアートセンター

> 光の年輪
> (第 21 回 CS デザイン賞)

企画協力：富山デザインウエーブ開催委員会
企画協力：(株) タカタレムノス

> 遊色瓶
> (富山デザインコンペティション 2020)

企画協力：nihonbashi β project

> 藍から藍へ
> (日本橋めぐるのれん展)

出力協力：(株) ミマキエンジニアリング

> TransColor Sphere
> TransColor Lamp
> TransColor Gradation
> iridescent furoshiki
> 藍から藍へ

奨学金

クマ財団クリエイター奨学金
森泰吉郎記念研究振興基金
慶應 SFC エキセントリック・リサーチ奨励制度

メンタリング・制作環境の提供

100BANCH GARAGE program

参考文献

『カラー・アズ・ア・コンセプト _ デジタル時代の色彩論』
(著・藤幡正樹、美術出版社、1997)

『FAB: The Coming Revolution on Your Desktop–from Personal Computers to Personal Fabrication』
(著・Neil Gershenfeld 、Basic Books、2005)

『ヨハネスイッテン 色彩論』
(訳・大智浩 、美術出版社、1970)

『有職装束大全』
(著・八條忠基 、平凡社、2018)

『日本の色のルーツを探して』
(著・城一夫 、パイ インターナショナル、2018)

『日本の装飾と文様』
(解説 / 監修・海野弘、パイ インターナショナル、2018)

ADDITIVE MANUFACTURING TECHNOLOGIES , 3D HUBS
(https://www.3dhubs.com/knowledge-base/additive-manufacturing-technologies-overview/)2021/01/09 最終閲覧

『ゲーテ 色彩論』
(著・J.W.V. ゲーテ、訳・木村直司 、ちくま学芸文庫、2001)

『Colored Fused Filament Fabrication』Haichuan Song ,Jonàs Martínez,Pierre Bedell,Noémie Vennin
(ACM Transactions on GraphicsJune 2019 Article No.: 141 https://doi.org/10.1145/3183793)

『Geometry-aware scattering compensation for 3D printing』Denis Sumin,Tobias Rittig,Vahid Babaei
(ACM Transactions on GraphicsJuly 2019 Article No.: 111 https://doi.org/10.1145/3306346.3322992)

『Fab City Clobal Initiative 』
(https://fab.city/)2021/01/09 最終閲覧

LINK

『4DFF2019 Best Showcase Award_「DfAM による特殊色彩設計」大日方 伸 (慶應義塾大学)』
(4DFF、2019 掲載)
https://sig4dff.org/conference/2019/report.php

『伝統的な暖簾に若者の感性で挑む。nihonbashi β2 期クリエイターが語る「めぐるのれん展」制作秘話。』
(Bridgene、2019.11 掲載 / 日本橋めぐるのれん展)
https://www.bridgine.com/2019/11/19/beta-noren/

『KUMA EXHIBITION ONLINE 2020』
(KUMA FOUNDATION HP、2020 掲載 / KUMA EXHIBIITON)
https://kuma-foundation.org/exhibition/work/shin-obinata/

『3D プリントの発想でカッティングシートを重ねた「光の年輪」: CS デザイン賞受賞者インタビュー』
(JDN、2020.10 掲載 / 第 21 回 CS デザイン賞)
https://www.japandesign.ne.jp/interview/cs-designaward-21th-student/

『田中浩也研究室の大日方 伸さん（政メ修 2）・木下 里奈さん（環 3）・髙森 竜馬さん（2020 年総卒）が、第 21 回 CS デザイン賞 学生部門で金賞を受賞』
(SFC news、2020.12 掲載 / 第 21 回 CS デザイン賞)
https://www.sfc.keio.ac.jp/news/015007.html

『富山デザインコンペティション 2020 で 3D プリント作品「積彩」がグランプリを受賞』
(3DP id.arts、2020.12 掲載 / 富山デザインコンペティション 2020)
https://idarts.co.jp/3dp/toyamadesign-gp-color-fab/