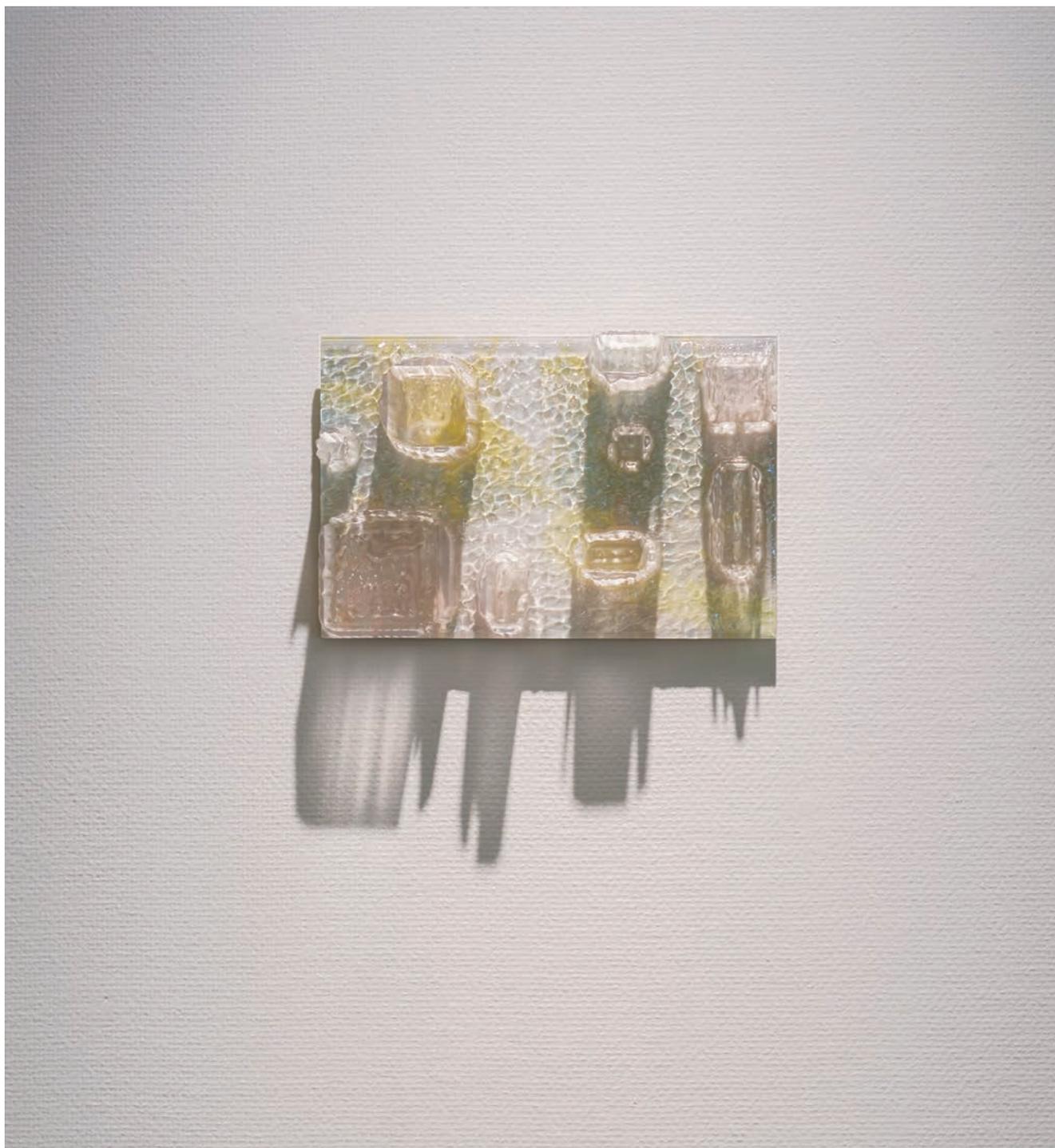


「Polygon Type シリーズ」  
撮影装置による像の立体撮影の試み

浜田卓之



図① 「Polygon Type シリーズ」2021年、3Dプリント・アクリル樹脂、多摩美術大学助手展2021、多摩美術大学アートテークギャラリー、撮影：竹久直樹

## 0. はじめに

「Polygon Type シリーズ」とは、互いに影響を与えあった撮影装置と印刷技術の歴史を参照したうえで、情報技術の進歩により発展した双方の装置に着目し、立体撮影作品を制作した際に利用した撮影手法である。具体的には撮影装置における撮像素子の手前に、3D プリンターで開発する偏像パーツを配置し、ピンホール機構で取り込んだ像を3D プリントした形状に応じて編集し撮影する。本稿では、立体撮影作品の制作を起点にこの撮影手法を振り返り、制作プロセスを記載する。

構成として、「1. 制作の背景」で「Polygon Type シリーズ」を制作した筆者自身の背景を振り返り、制作に至った経緯や目的について記す。「2. 写真術と印刷技術の関係性とデジタル画像について」では、写真術の発明を起点に印刷技術との関係性を明らかにし、現代のデジタル画像の動向を調査する。次に「3. 像の編集における撮影手法」では、撮影手法における3D プリンターの利用に関する事例を紹介する。この事例をもとに「Polygon Type シリーズ」における像の編集について記載し、撮影手法の位置付けを示す。「4. Polygon Type シリーズの撮影検証」では、本手法に至るまでの発見や気づきをまとめる。最後に「5. 像の立体撮影表現へ」では、最終的なアウトプットを3D プリンターによる立体表現とした経緯から、データ作成方法について記載し、最後に制作した作品の考察を行う。

## 1. 制作の背景

ここでは私が作品制作を始めてから、「Polygon Type シリーズ」の制作に至った背景について記載し、自らの活動における本制作の位置付けを明らかにする。また現代の撮影装置、印刷技術動向の確認から本制作の目的を述べる。

### 1-1. これまでの活動について

私は学部で建築学を学び、物理空間における情報技術の影響を考えるため、修士課程ではメディア表現領域に進学した。修士1年次には、印刷技術の登場に多大な影響を受けた建築設計の背景をリサーチし、3D プリンターの利用による建築設計の拡張を目指して、作品制作を行った。この制作を契機として、装置や技術の背景を把握し、現代の動向を確認することから、新たな可能性を見出す形で制作を開始した。3D プリントは、コンピューターの処理結果をディスプレイや紙面などの二次元表示ではなく、三次元印刷による物理的な存在としての表現が可能となったことが、新たな可能性を見出せるひとつの要因だと考える。その当時から、3D プリンターは一般化され、多くの人が利用可能となっていたが、基本的には単色出力であり、出力時に発生する歪みや出力後の積層痕をはじめとする精度が課題で、プロトタイピングの利用に留まっていた。

その後、研究を行う中で、3D プリンターの専門メーカーで

ある Stratasys 社の協力を得て、フルカラー 3D プリンターを活用した、3D プリンティングにおける新しい表現に関する研究に着手した。これを契機に、印刷技術としての3D プリンターについて再考し、写真術と印刷技術に密接な関係性があることを見出した。そこで、現代においては一般的となっているデジタル撮影装置に着目し、フルカラーの高精度3D プリンターを利用し像を編集することを、新たな撮影手法とする試みを始めた。

### 1-2. 制作の背景と目的

デジタル撮影装置の登場は、従来の写真フィルムなどの感光材料をもとに記録する写真撮影を、(A) 画像データとしての写真、(B) ソフトウェアによる編集、によって拡張させた。これは像を露光することで物理的な痕跡として記録されていた写真が、像をRGBの色情報で判定するカラーフィルタと、濃淡を判定するイメージセンサーによって画像処理され、撮影環境に応じた色情報をもつ画素が二次元配列された、画像データとしての写真に変化したのである。つまりデジタル撮影装置は内部のソフトウェアによって自動編集が行われ、さらに撮影者による任意の編集によって求められるデジタル画像を生成する装置となったのである。デジタル撮影装置を「情報処理装置」(永田, 2018)と表したように、物理的な記録だけでなく像を利用した画像生成装置と捉えると、それによる表現は装置に内在するソフトウェアの編集に限られたものではなくなるだろう。

本作は、「複製のための記録媒体である写真術と印刷技術の関係性を再接続することで新たな撮影手法として確立が可能か」という問いのもと、「原板と版の関係性を背景に、デジタルデータ化以前の像に焦点を当て、偏像パーツを利用して像を編集することで撮影表現の拡張を試みる」ことを目的とする。印刷技術としての3D プリンターによって、現代の撮影手法拡張の可能性を見出すことは、新たな着眼点になると考える。また像の編集において、偏像パーツ制作のための3D モデリングソフトウェアを利用することは、撮影装置における従来の構造を崩したうえで撮影表現を行う未開拓の領域であり、複製装置を大枠とする視覚表現領域において意義のある研究である。(図②)



図② 撮影構造の比較

## 2. 写真術と印刷技術の関係性とデジタル画像について

現代では異なる写真術と印刷技術の再接続を試みるうえで、写真における原板と、印刷における版について再考する。これは双方の装置において複製の元となる記録媒体であり、その発明を振り返ることで関係性を確認することが可能である。

### 2-1. 写真術について

写真における原板は、紀元前より観測されている像の投影現象を定着させる試みとして始まり、感光性のある銅板に像を投影し露光することで、複製可能な原板が19世紀に発明された。この時点では耐久性に問題があった原板による写真は、その後ガラス板を用いる方法によって複製のための版による印刷が可能となった。よって写真術は像の投影現象を保存する技術であり、その普及に多大な役割を果たしたのが、版をもとにした印刷技術であるといえる。

### 2-2. 印刷技術について

写真術の登場以降、印刷技術は露光することで画像を焼き付ける技法を用いて、凸版・平版・凹版・グラビア印刷が発明され、現代までつづく印刷手法として発展した。つまり、写真術は版を用いた印刷技術の影響を受けて普及し、その後印刷技術は写真術に影響を受けて発展したのである。

### 2-3. デジタル画像の動向

デジタル画像における近年の動向として、(A) デジタル画像としての写真作品、(B) デジタル画像の平面作品から確認する。(A) は photoshop などの写真編集ソフトウェアが登場して以降の、編集を前提とした写真作品を指す。これに代表される美術家の永田康祐は、写真を作り出す装置に内在するソフトウェアから写真作品の制作を行い、装置に内在する編集を顕在化させた。また (B) は、コンピューターやスマートフォンなどをはじめとする情報処理装置が、出力するスクリーンに映し出された画面をスクリーンショットで撮影することで、それらを素材とする作品である。これに代表される美術家の梅沢和木は photoshop ファイル上にゲームやアニメのスクリーンショットやインターネット上から収集した画像データを素材として配置し、編集することで平面作品を制作した。この写真作品とデジタル画像による平面作品の双方において、ともに装置に内在するソフトウェアから制作が行われている。それに対して本制作では、装置に内在するソフトウェアだけでなく、異なる装置との関係性を再接続させる形で3Dプリンターを利用する。この手法によって、装置内部の撮像素子の手前に配置する偏像パーツを交えた撮影プロセスとなる。

## 3. 像の編集における撮影手法

撮影手法としての「Polygon Type シリーズ」の位置付けを示すために、(1) 像の操作とその構造について、(2) 3Dプリンターによる撮影のための装置の設計についての事例を参照する。さらに、同制作における像の編集と、3Dプリンターによる汎用的な撮影手法の可能性について記載する。

### 3-1. ミラーシステム

像の操作に鏡を用いる方法は、カロタイプ(ネガポジ法)の登場から間も無くして生まれている。これが現在まで伝わっている例が万華鏡に利用されるミラーシステムである。ミラーシステムは、像を取り込む内部に筒状の鏡を配置し、像を反射させることでパターンを出力する。またこのパターンを撮影する万華鏡カメラなども登場しており、像の操作をする構造をもつことからレンズと同等に位置付けられる。

### 3-2. カバーレンズ

レンズの像が入る部分にカバーを取り付け、取り込まれる像を操作する撮影装置外部のパーツである。写真家・上原ゼンジが開発した「宙玉」など、透明パーツを利用して像を屈折させるパーツが製品化されている。これらはレンズを利用した際の像の操作に適したパーツである。

### 3-3. 3Dプリンターによるレンズの制作

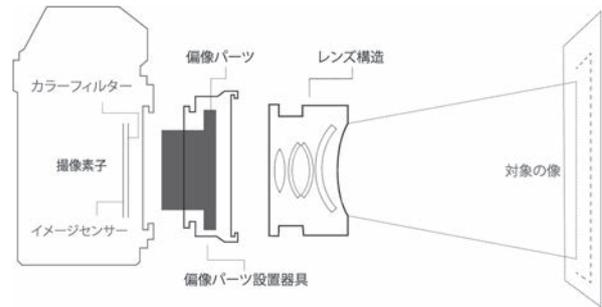
3Dプリンターが普及し、3Dモデルのデータを基準とした複製が可能となった。これによってデータに応じた様々な制作が進んでいる。撮影装置においても例外ではなく、その代表例が3Dプリンターによるレンズ駆体の制作である。レンズは内部に組み込まれており、駆体は全て3Dプリンターで設計されている。3Dプリンターに読み込むための3Dデータ(STLデータ)も公開されている。

### 3-4. Polygon Type シリーズ

撮影手法の確立を前提とすると、取り込む像を任意の形で編集することが最も重要な点となる。「Polygon Type シリーズ」では、ピンホール機構から取得される像を、偏像パーツの立体的なフィルターを通して撮影する構造をもつ。偏像パーツの開発には3Dプリンターの使用を前提としているため、任意の3Dモデルによって求める形状の撮影が可能となる。つまり、「Polygon Type シリーズ」は装置に依存した撮影手法ではなく、像に応じて最適化させた偏像パーツの開発が可能となる。したがって、本制作においては、像の「編集」という言葉が最適だろう。一方、上述の「3-1. ミラーシステム」「3-2. カバーレンズ」では、構造に依存するために、任意の編集をすることは難しく、像の「操作」と表記した。

#### 4. 「Polygon Type シリーズ」の撮影検証

ここでは、実際に撮像素子の手前に偏像パーツを配置し撮影を行ったプロセスについて記載する。はじめに、撮影装置／偏像パーツ／レンズの順に取り付け、撮影を行った。(図③) このリサーチでは偏像パーツの存在によって、撮影装置とレンズの関係性が明らかとなったことから、撮影におけるレンズの機能について考察し、像の取り込み構造に関する仮説を記載する。このレンズを利用した検証の仮説から、次に、ピンホール機構による撮影の検証を行った。ここでは、ピンホール機構による像の取り込みによって得られた偏像パーツとの関係性について示す。最後に、「Polygon Type シリーズ」の平面作品において、4-1 から 4-3 までの検証を経た気づきや考察を踏まえて、Fei Art Museum Yokohama で行われた、「多摩美術大学助手展 2021」に展示した作品について報告する。



図③ レンズ構造を利用した撮影手法



図④ 像の遮光検証

##### 4-1. 遮光の検証によるレンズ構造

本撮影手法の検討を試みるうえで、すでに画一化された撮影装置とレンズの関係性を解体し、3D モデルのパーツ（偏像パーツ）によって、像を編集することは可能か、という考えのもと、検証を始めた。まず内部に遮光する偏像パーツをいれることで想定通りに遮光されるか実験を行なったが、想定していた通りにはならなかった。(図④) この検証では原因が見出せなかったため、より複雑な偏像パーツを作成し、再度実験を行なった。(図⑤～⑧) この実験によって、像を取り込むレンズ内部にも複雑な構造があることに気づいた。レンズは像の取り込み口に丸く湾曲した形状となっており、内部にも複数のレンズが存在している。これによって、屈折して取り込んだ像を内部でさらに屈折させ、撮像素子に無数の点光源の像を重ね合わせることで明るさや絞りを調節することができる、光学装置としての機能が確立されているのである。それを把握したうえで撮影装置／偏像パーツ／レンズによる撮影データをみると、焦点の合っていない部分の点光源の位置違いによる複雑な模様が見て取れる。(図⑥) これはレンズの構造特性による再現性のない模様であり、偏像パーツの形状と像の共存には至らなかった。

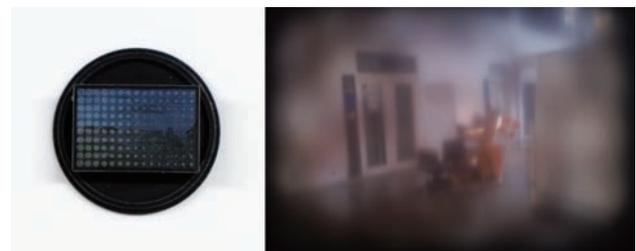
この検証を終え、複雑な像の取得によって偏像パーツの形状撮影が難しく再現性が得られない知見を得た。それによって、ピンホール機構を利用して像を読み込むことで、偏像パーツの形状と像を共存させることができる、という仮説を得ることができた。偏像パーツの形状と像を共存することができれば、3D プリンターで出力するあらゆる形状と、取り込む像の新たな関係性を見出す可能性があることが考えられる。



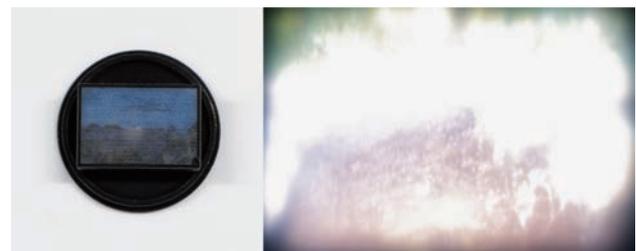
図⑤ レンズ機構を用いた撮影画像 1



図⑥ レンズ機構を用いた撮影画像 2



図⑦ レンズ機構を用いた撮影画像 3



図⑧ レンズ機構を用いた撮影画像 4

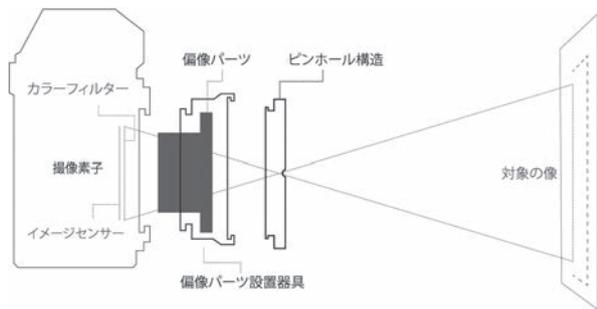


図9 ピンホール機構による撮影手法



図10 偏像パーツの設計形状

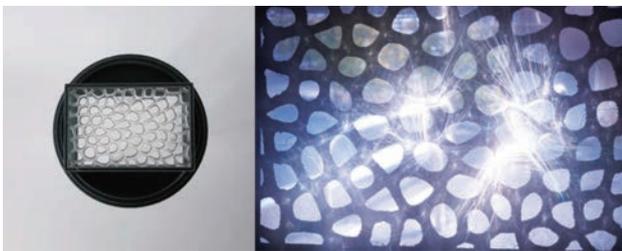


図11 ピンホール機構を利用した撮影画像1

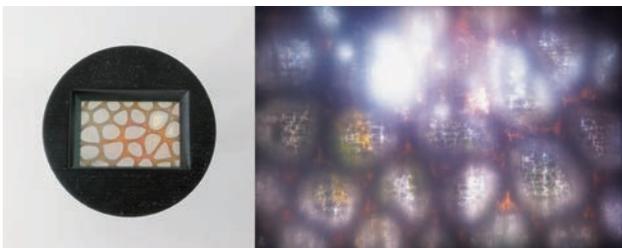


図12 ピンホール機構を利用した撮影画像2

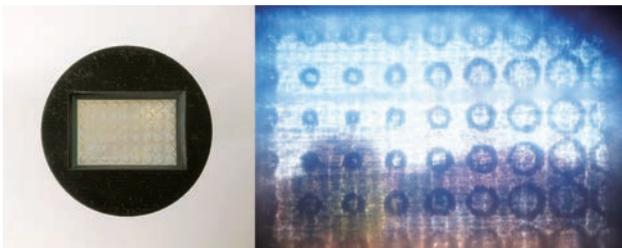


図13 ピンホール機構を利用した撮影画像3



図14 ピンホール機構を利用した撮影画像4

#### 4-2. ピンホール機構による撮影

偏像パーツの存在によってレンズのメカニズムを明らかにした。そのうえで、ピンホール機構によって像を読み込むことで、偏像パーツの形状と像の再現性のある撮影を行うことができる。と仮説を立て再度検証を行った。(図9・10)

この検証では、レンズを利用した撮影とは大きく異なり、ピンホール構造によって偏像パーツの形状と像を共存させることができた。(図11~14)しかし、偏像パーツの形状によっては、像の色や明るさのバランスが悪い撮影データもあり、偏像パーツの透明度・色・形状のさらなる検討が必要となることがわかった。

#### 4-3. 遮光と拡散の効果

ピンホール機構を利用した検証によって、像と偏像パーツの形状が共存した撮影をすることができた。このピンホール撮影の検証を経て、偏像パーツによる像の編集表現において(1)遮光(図12・13)、(2)拡散(図11・14)の大きく二つに分類することができる。(1)では、像を偏像パーツで遮光することによって、偏像パーツの形状を撮影することができる。(図12)ただし像は解像度をもつデジタルデータへの変換前であるため、3Dプリンターの解像度によって模様解像度に依存する性質をもつ。(2)では、網目状の透明モデルからその効果を確認することができる。3Dメッシュデータの細かさに応じて、透過率に変化があり、像の発光が出力された画像において、偏像パーツによる光の拡散を確認することができる。(図14)テキスト形状や像の情報と関係した形状など応用の可能性があるだろう。

#### 4-4. 「Polygon Type シリーズ」の平面作品

偏像パーツを用いたレンズ構造とピンホール機構による撮影の比較と、その可能性を示唆する作品展示を行った。(図15)



図15 「Polygon Type シリーズ」2021年、インクジェットプリント、多摩美術大学助手展 2021, Fei Art Museum Yokohama, 撮影：筆者

## 5. 像の立体撮影表現へ

ピンホール機構で像を読み取る場合は、針穴からの像の取得であるため、偏像パーツと相性が良いことがわかった。特に透明度の操作をより細かく行うことで、より詳細な編集の可能性を見出すことができた。よってここでは、透明樹脂による3Dプリントを行い、透明な形状を基本として、撮影の検証を行った。



図16 偏像パーツなしの撮影データ

### 5-1. 3D プリント形状の撮影表現

はじめに、最も透明度の高い状態の偏像パーツを制作し検証を行った。透明樹脂での出力後、研磨、クリアコートの際で加工を行い作成する。(図17) 限りなく透明に作成することができたが、像を通すと細かい陰影を確認することができる。これは最終処理のクリアコートが原因で、塗料の吹き付けにより、波打った表面となっている。像との共存のためのひとつの方法となった。



図17 クリアコートにおける撮影データの陰影

この透明の偏像パーツを起点に、テキスト形状の穴のあいた偏像パーツを作成した。(図18) クリアコートによる細かい陰影と穴のあいたテキストの形状が明確に差別化され、像との共存も可能となった。ただし、明確に差別化されすぎてしまっているため、偏像パーツを用いてよりグラデーションに形状を抽出することを目指して、次の制作を行った。この試みを行うため、細かい陰影をもつ透明造形の中に、透明の形状を埋め込み、わずかに形状がみえる偏像パーツを制作した。(図19)



図18 テキスト形状の偏像パーツにおける撮影データ

上記の制作を行うため、3DモデリングソフトウェアであるRhincerosのプラグインであるgrasshopperを利用して、偏像パーツ制作のためのアルゴリズムを制作した。(図20) はじめに、中に埋め込む形状を制作するため、Depth: 1mm ずつの長方形を配列し、その内部に埋め込む形状を配置する形でアルゴリズムを制作する。その後に配列した長方形から内部に埋め込む形状を減算することで、配列した長方形には穴が作られる。穴ができた状態では出力時にサポート材が入ってしまうため、前に減算した形状を、長方形の集合のなかにはめ込む。配列された長方形の集合と内部の形状は結合せず独立したパーツとすることで、異なるデータとして判定され、内部の形状のみ3Dプリントにおける痕跡として出力することが可能となる。このアルゴリズムは、プロシージャルに手続きを保存しつつ、次の処理が行われるため、減算した内部のモデルを再び内部に戻すことを容易に行うことができる。またデータの入れ替えも即座に可能であり、数多くの偏像パーツの出力に最適である。このアルゴリズムを利用して、width, height, depthの異なるキューブを内包する偏像パーツを制作して撮影を行った。(図21) キューブの形状がそれぞれ異なることが確認でき、偏像パーツの形状と共存した、浮遊感のある撮影が可能となった。



図19 偏像パーツ内部に形状を埋めた偏像パーツと撮影データ

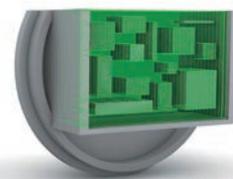
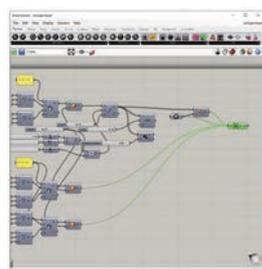
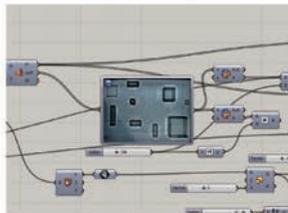
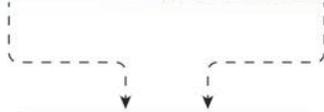
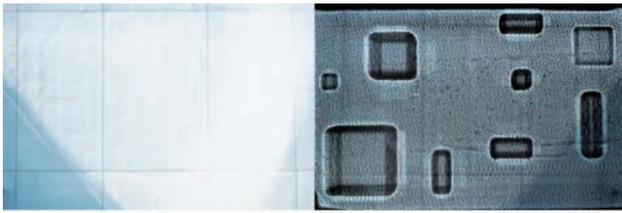


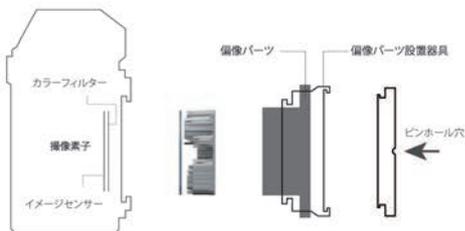
図20 偏像パーツ作成のためのアルゴリズム



図21 アルゴリズムを利用してキューブ形状を入れた偏像パーツと撮影データ



偏像パーツあり・なしで撮影した画像を読み込み、RGB 値と明度の差分を数値で取得する



ピンホール穴から像を取り込み、偏像パーツを経て撮像素子へキャプチャされる像の動きを、RGB 値と明度の差分を高さ情報としてマッピングし、像の三次元撮影としてキャプチャする。



図22 立体造形作品の制作フロー

## 5-2. 撮影データの立体撮影表現

奥行きを含むキューブ型形状の撮影が可能となったことは、偏像パーツ内部の形状の立体的な存在を撮影データから見出したことを意味する。この立体の表れは、偏像パーツを3Dプリンターで作成することに意味を与え、「Polygon Typeシリーズ」の手法を用いた撮影表現が可能となる。さらに、この手法において、撮影装置内部にピンホール機構／偏像パーツ／撮像素子の立体的な関係性があることに気づいた。そこで、撮影画像を利用して、立体作品の制作を開始した。作品の制作において、装置内部では像が通ることによって偏像パーツ以前の像・以後の像として分けることができる。偏像パーツ以前を平面的な撮影画像、偏像パーツ以後を立体的な撮影画像とし、それらを組み合わせることで立体的な撮影表現を目指した。この撮影データをもとにした立体表現を「Polygon Typeシリーズ」の最終作品とし、制作を行った。

## 5-3. 撮影データからみる3Dデータの作成

はじめに、偏像パーツあり、なしで撮影したデータをもとに、grasshopperから撮影画像のRGB値、明度の情報をそれぞれ取得する。その情報の差分を偏像パーツの立体的な情報として3Dモデルデータに反映させる。反映については、画像の情報の差分を、ピンホール機構から撮像素子の方向に立体的に引きのばし、像が偏像パーツを透過して撮像素子に映るまでの三次元造形としている。つまり偏像パーツを、像の読み込みと撮影の間に介在させることによって、像に変化を与え、撮像素子／偏像パーツの間の像の立体撮影表現となる。またそれ自体は像の立体撮影であるため、偏像パーツなしで撮影した平面撮影と比較を行い、その差分を用いて三次元撮影データを作成した。(図22) この作成データはStratasys社のフルカラー3DプリンターであるJ8シリーズで出力した。立体造形部分に透明樹脂を利用し、二次元的な像を背面へ出力する。出力後には、極力透明な状態で成立させ、背面の像を共存させることを目指し、立体撮影に基づく造形を作成した。(図23、24)



図23 立体撮影作品 (部分)



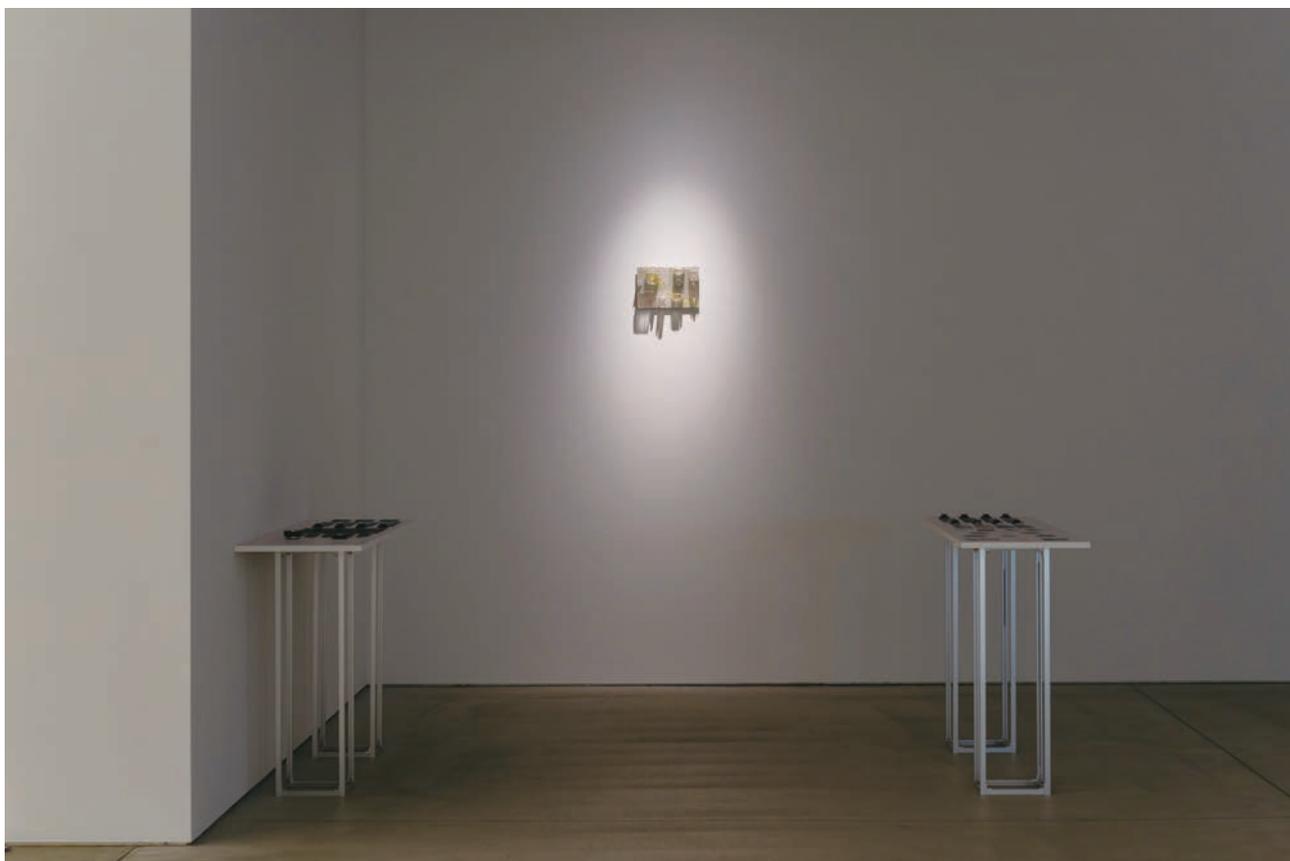
図24 立体撮影作品 展示風景

#### 5-4. 「Polygon Type シリーズ」考察

本稿では、写真術と印刷技術の関係性から現代のデジタル画像の動向について振り返り、撮影装置を利用した撮影手法のいくつかの事例をもとに、「Polygon Type シリーズ」における像の編集について記載した。これをもとに偏像パーツを利用した撮影の検証を経て、レンズのメカニズムによる像の操作や、ミラーを利用した像の操作について言及した。本制作では、3D プリンターによる偏像パーツの制作によってこれまで行われてきた像の操作だけではなく像の「編集」が可能となり、これを用いて行った「Polygon Type シリーズ」は、新たな撮影手法となると考えている。実際の検証の中でも、偏像パーツ制作のためのアルゴリズムの制作から、立体的な形状を撮影データから確認することができるため、さらなる複雑な形状においても撮影の可能性があるだろう。撮影装置を利用していることからアニメーションなど映像への展開も考えられる。像と偏像パーツの組み合わせについても、より良い関係性があるように思う。今後はこの撮影手法を用いた表現の可能性についてさらなる検討をしていきたい。

#### 参考文献

- ・お札と切手の博物館 (2010) 『お札と写真術展』 独立行政法人国立印刷局
- ・レフ・マノヴィッチ (2018) 『インスタグラムと現代視覚文化論—レフ・マノヴィッチのカルチュラル・アナリティクスをめぐって—』 ビー・エヌ・エヌ新社
- ・ウィリアム・J. ミッチェル (1994) 『リコンフィギュアード・アイ—デジタル画像による視覚文化の変容—』 アスキー
- ・デイヴィッド・ホックニー (2020) 『絵画の歴史—洞窟壁画から iPad まで—』 青幻舎：増補普及版
- ・カレイドスコープ昔館 万華鏡の種類 (<https://www.brewster.co.jp/type/>)
- ・おもしろ写真工房 万華鏡カメラを作ってみよう (<https://dc.watch.impress.co.jp/docs/review/omoshiro/401179.html>)
- ・上原ゼンジ写真実験室 宙玉 (そらたま) (<https://zenjiinfo/works/page-142>)
- ・高田徹 Image Club カメラのレンズを自分でつくる (<https://image.club/tettor/>)



図⑤ 「Polygon Type シリーズ」2021年、3D プリント、アクリル樹脂、多摩美術大学助手展 撮影：竹久直樹