
3D ガウシアンスプラッティング技術を応用した 縮景作品造形の研究

Study on method of miniature artwork modeling with 3D Gaussian splatting technology

熊谷 武洋*

KUMAGAI takehiro*

(摘要)

古代中国を起源とする縮景芸術は東アジア周辺域に拡がりながら時代と共に変遷し様々な方法が考案・実践され多くの様式が形成された。通底するのは作為によって自然景観を造形することによる理想環境の具現化である。デジタル技術が発達した今日においては造形物をデジタル標本し、VR鑑賞する方法や作品自体をデジタル造形することも可能となっている。これらのデジタル技術を積極的に活用するアプローチは特殊な方法ではあるが、その造形過程や認識の方法としては従来の拡張であると言える。そこで、本稿においてはアプローチを反転させて縮景芸術におけるデジタル技術の応用方法の可能性を探求した。まず景観を従来手法により手作業にて造形し、それをデジタル標本化した後、意図的に情報を変質させ人間の視覚認知能力によって鑑賞時に景観の像や実在の確証を想起させるという方法である。実装技術として造形物をガウシアンスプラッティング技術によって空間形状を格納し保持している色や形状の分布情報を再編集するという方法にて実証制作を試みた。その結果、縮景芸術における新たな造形手法と鑑賞態度の可能性を見出すことができた。

キーワード: VR, 盤景, フォトグラメトリ, ガウシアンスプラッティング, 空間標本

(Abstract)

The art of miniature landscapes, which originated in ancient China, spread to the surrounding areas of East Asia, and over time, various methods were devised and practiced, resulting in the formation of many different styles. The underlying theme is the embodiment of an ideal environment through the artificial creation of natural landscapes. Today, with the development of digital technology, it is possible to digitally sample works of art and view them in a virtual reality (VR) environment, or to digitally create the works themselves. Although these approaches that actively utilize digital technology are special methods, they are an extension of conventional methods for the process of modeling and recognition. In this paper, therefore, we reverse the approach and explore the possibilities of applying digital technology in miniature landscape art. First, landscapes are handcrafted using conventional methods, and then digitally sampled. As an implementation technique, we attempted a demonstration by using Gaussian splatting technology to store the spatial shape of the sculpture and Jre-edit the color and shape distribution information that has been retained. As a result, we were able to discover the possibility of a new method of modeling and an attitude of appreciation in miniature art..

Keywords: VR, BANKEI, traylandscape, photogrammetry, gaussian splatting ,spatial sampling

* 山口大学教育学部

Journal of East Asian Identities Vol.10 March 2025 (pp. 45-59)

1. はじめに

自然の雄大さや美観を矮小な造形空間の中に凝縮し、理想の景観を通じて世界の在り様を概観するという東アジア地域一連の縮景作品は自然に対する畏敬の念を表現した芸術である（図1、2）。

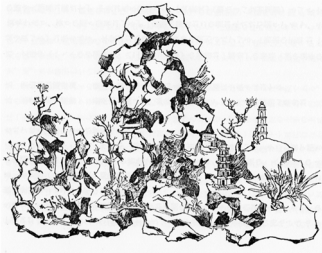


図1 鎮武観の写生画「大仏寺のヌイ・ノン・ボ」
 (出典：ロルフ・スタン、『盆栽の宇宙誌』、せりか書房
 (1982)、31P)



図2 伝統的ベトナム・ホンノンボの典型作品（部分拡大）
 (出典：Van Lit Phan, Lew Buller, 『Mountains in the Sea: The
 Vietnamese Miniature Landscape Art of Hon Non Bo』, Timber Press,
 (2002)、201P)

古来より伝わる山水景石や千仏石の類とは異なり、そこには作者による意味付けや理念が積極的に付与されており意匠的にも単なる自然の模型化ではないことは既往研究にて述べた[1,2]。縮景芸術を含めて景観に関わる創作物の二次元相関図を示す（図3）。

このように縮景芸術全般は第一象限と第二象限にまたがる領域上に布置される。とりわけ盤景分野においては歴史的に新しいこともあり、実在する景観を題材に採るものから想念の世界を抽象的に表現するものまで多岐に渡る。第三象限に布置されるべき具体例は当該相関図では理論的にあり得ないが、一般的に数多の芸術作品というものは作為によって現前せしめた作品の実在性を經由してこの第三象限を指向している

言っても過言ではない。縮景芸術においてこの第三象限を指向しないものは所謂模型相当であり立体地形造形物の類に区分されるということになる。

この指向性を肯定的・積極的に捉えるか、あるいは懐疑的・消極的に捉えるかによって作家の個性や芸術性の区分が構成されるものであるが、本論では、この指向性を肯定的・積極的に捉える立場として論じる。加えて本論においては先行する写真技術がもたらした実在性の根拠と虚像性への懐疑という視覚表現における構造を空間表現技術に転写し、それらをもって表現上の可能性を探求し、第三象限への新たな指向性について考察するものである。

このように本論が指向するのは、実在するものがあるながらも、それがデジタルデバイスによって新たな見立ての機会が提示され、目で見えたもの以上のものを頭（心）で観るという経路をとるものである

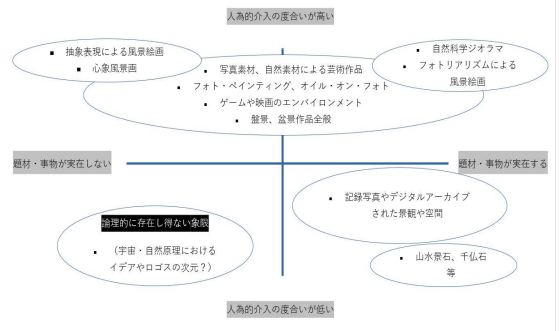


図3 景観に関わる創作物の二次元相関図

2. メディア技術の視覚的特徴による実在性

2.1 写真技術の作品事例

近代になると写真という新たな技術やメディア表現が文字通り「真を写す」という実在する現象を標本化という役割を担い、それらが社会に浸透した結果、写真が持つ視覚的特徴が現実存在するという根拠を担保する機能を持つに至った。同時にそれを逆手に取る利用方法や表現手段も開発され芸術表現よりもむしろ政治宣伝の場で積極的に利用される事が少なくなかった。第二次世界大戦後、技術革新や低コスト化によって写真利用が一般に普及した結果、写真は「真を写す」という役割から積極的に像を描出する表現手段へと拡張していった。撮影技術のみならず、フィルムへの直接的な編集加工技術やカメラを經由せず直接印画紙に感光させるフォトグラム、紙焼きを素材として図像を

構成するフォト・コラージュなどによって写真が第二の筆のように新たな表現手段として様々な試みが実践された。写真技術の黎明期から存在したこれらの表現技法は、仕組みや処理方法が変遷しながらも現代においては生成 AI 技術なども活用され、もはや写真であり写真ではないような様相を呈している。「写真」という語は、英語の「**photograph**」（光の画）の方が実際の意味や内容に近いのであるが、いずれにせよ「写真」という言葉のレトロニムや再命名化の必要が生じる事態になるであろうことが予想される。

そうした実在性やリアルに対する懐疑的あるいは信頼の依拠や根拠についての問題意識を現代アートの側面から提示を行い作品化に成功した作家としてはゲルハルト・リヒターが筆頭に挙げられよう。フィルムに撮像された写真イメージがもたらす写真らしさという視覚認識のアプリオリさを利用するフォト・ペインティング、オイル・オン・フォト といった作品群およびそれらの作品には、鑑賞者に対して現存在に対する認識や理解への解体や再構築を要請するというコンセプトが付帯している。

写真メディアにおける視覚認識のアプリオリさを誘起させる代表的な視覚的特徴を以下に挙げる。

- 被写界深度によるピントボケやパンフォーカス
- シャッタースピード緩急によるモーションブラーや時間の静止感
- 感光乳剤の質感による独特の色味や粒子感
- ライトリーク等による予期せぬ光学的ノイズ
- レンズ種別による圧縮効果や遠近感

このような写真技術がもたらす視覚的特徴は、鑑賞者に対して“写真らしさ”延いては写真が担保する“実在性”を触発し、視覚刺激を経由した現実の認識に対してある種の誤認性を誘起する。これらの心理的作用を利用して前述したリヒターの一連の作品群は着想されている（図 4）。また文字通り写真が有する現実感の確証性を逆手にとって非現実かつ遊戯的な世界をフォト・モンタージュ、フォト・コラージュの技法を駆使して制作したグラフィックデザイナー木村恒久による「木村カメラ(1980)」もこのようなアプローチの代表格であろう（図 5）

今日において映画やゲームなどで一般化した CGI (Computer generated imagery) 技術 は、こうしたフォ

ト・モンタージュ、フォト・コラージュの延長線上にあると言える。そもそもこうした DCCT 上には、35 mm判を基準としてカメラやレンズのシミュレーション機能が標準で搭載されている。デジタル技術時代においてもその活用態度のみならず、写真メディアの文法や視覚的特徴を活用し、心理的作用による効用を期待するという事柄は興味深い。



図 4 gerhard richter 「evening mood」(1969)

(出典：梶田 倫広 (監修), 『ゲルハルト・リヒター』, 青幻舎, (2022), 108P)



図 5 木村恒久 「都市はさわやかな朝を迎える」(1981)

(出典：木村恒久, 『ザ・キムラカメラゲ』, パロル舎, (2006), 81P)

実在しなくとも実在しているかのように見せるという作為や行為は人間のもつ根源的な欲求や欲望に則しており、その是非を問うものではない。いずれの場合も写真が持つ視覚的特徴や本来の写真が持つ実在性の根拠や在処について活用した事例である。これらの作品群は実際に実在する事象に対する疑念や違和感、あるいは信頼や確証といった要素をそれぞれの作品に合致するコンセプトの方向へ指向し、それぞれの象限に

適合した異化作用を創出したものである。それらは視覚的特徴を有している点に着目して作為による表現の成功例であると言える。

2.2 空間標本技術の事例

写真以外の標本化行為における類例として近年においては3D スキャンが挙げられる。2020年にリリースされた iPhone 12Pro/Pro Max の背面カメラには LiDAR スキャナセンサーが搭載された。このセンサーは顔認識の精度向上や空間測距してカメラ撮影の支援的な機能として搭載されており、精度は低いものの3次元形状の標本化にも応用できる。リモートセンシング技術の一種である LiDAR センサー技術そのものは1960年代から地質学や気象学などの科学分野で活用されてきたが、小型化や低コスト化によって自動車、UVA、スマートフォンに搭載されるようになり、身近な技術の一つとなっている。そしてそれらの機能効用を活用した実用例やアート作品も携帯端末に標準搭載されているため世界的には数多い。デジタル標本された点群画像やメッシュ画像自体は写真程度にはまだ一般化していないがさらに一般化が促進すればそのような認知の傾向はより強くなるだろう。

LiDAR スキャナセンサーをはじめとする3D スキャン技術には前述したイメージとしての空間標本における写真メディアのような視覚的特徴として以下のものが挙げられる(図6)。

- ポイントクラウドによる点群表示
- 点群情報によるメッシュ表示
- 視点移動
- 計測精度不足によるノイズやジッター

これらの視覚表現技術としての点群表現点群描写を積極的に用いた先駆的なメディアアート作品としてはロンドンを拠点とするクリエイティブ・スタジオ、マシュマロ・レーザー・フィーストによる『In the Eyes of the Animal (動物の目から)』が挙げられる

(図7)。この作品は英国の湖水地方にある森林空間をレーザースキャンした標本化情報をビジュアルプログラミング言語 VVVV によって点群情報をリアルタイム描画して VRHMD で展開するというコンテンツである。ポリゴンメッシュでフォトリアルスティックに VR レンダリングするという高負荷な処理を回避せざるを得ないという技術的制約も当然にその動機の中にあつたであろうが、人間以外の生命が捉えたという設定を用いて観客に対してある種のアプリオリ性を据え付け、トンボ、フクロウ、カエル、ユスリカとい

た昆虫など森林の棲息する仮想的な生き物の「目・眼」に仮託して実在空間の再構築と再認識といった感覚体験を促すというアイデアは興味深い。

当該作品は、山口情報芸術センター YCAM が招聘し、山口市内の「犬鳴の滝」周辺の森を会場に体験イベントが開催され、筆者自身も体験した。大変心地よい作品であり技術とコンセプトがバランスよく融合した作品であった。これをネガティブ傾向の発想によって意匠設計し、術学的なジャーゴンで覆い尽くしてモダンなコンセプトアートに仕立てることもできたであろうが、そのようなアプローチはすでに映画 MATRIX に端を発する亜流や派生の映像、絵画などで多くの取り組みがなされた以降の時代であり、そもそも作者自身の関心や指向性が、そのような方向ではなかったという事であろう。

作品制作発表時の2015年～2016年の時期においてはまだ3D スキャン行為自体は一般化されていないにしても、2010年代前半において世界規模で発生していた3D スキャン・3D プリントブームの時期を経ているため、当該作品における点群CG画像が空間標本における視覚的特徴を有する典型イメージとして浸透し一般的に認知される最初のピークの時期に相当する。本作における点群CG画像は、レーザースキャンされたロウデータに若干の特殊効果を加えたものであり、実際の生物学的視点を科学的に再現しているわけではない。しかし上述の通り既にこの時代においては点群CG画像は一般化しており“人間の肉眼を経由するものではないが実在する事物の画像である”という共通認識に依拠しそれらを前提として鑑賞者との接点を構築しコミュニケーションポートとしていることは明確である。

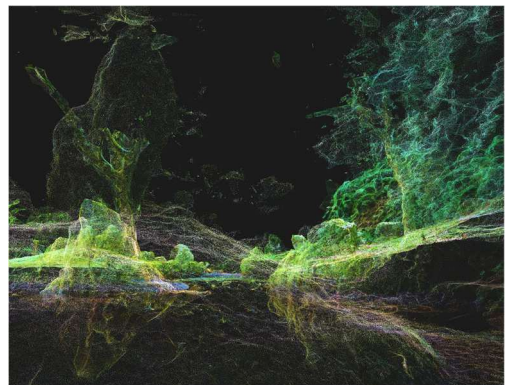


図6 山口市龍蔵寺池泉回遊式庭園の点群情報
(筆者による標本およびポスト処理された画像)

観察主体を入れ替えて客体的存在との差異を生き物の視点に仮託して VR 空間を楽しみながら、現実世界の再認識と再解釈が誘起せしめる当該作品は点群情報による図像が実在性を担保するものとして機能し作用することを示せた先駆的作品であるといえよう。



図7 「In the Eyes of the Animal」(2016)

(出典：<https://www.codedmatters.nl/artist/marshmallow-laser-feast/>
最終閲覧日：2024年10月1日)

3. 縮景芸術における実在性と架空表現

そこで、このような写真や3D スキャン等の標本化技術がもたらす視覚的特徴がある種の実在性を担保する作用を積極的に用いて縮景芸術の方向性を拡張することを企図した。そして縮景作品における実在性と架空表現を両立するアプローチを探求し、以下に示す着想を得た。

- イメージとしての空間標本の視覚的特徴の作用を利用する
- 架空の空間を縮景作品として実体造形し標本化する
- 鑑賞時の帰還作用を活用して模型の持つ実在性と実在性の向上と実在性から存在性へ移行する鑑賞意識の契機を提供し新しい鑑賞態度や体験を創出する

着想の整理のためまず、以下のような命題を仮定して対偶表現を行った。

- 「実在感のあるものは現実に似ている」⇒
「実在感のないものは現実に似ていない」

対偶であるためトートロジー的表現になるのは当然であるが、ここから次のように理路を展開した。

- 「実在感のないものは現実に似ていない」と

いう命題があったとき、「現実に似ていないが実在感がある」が成立するための条件は何か

成立のためには、実在感が「現実との類似性」以外の要因によっても生じるかどうかを考えてみる必要がある。そこで現実との視覚的・物理的な類似性以外に考えられる要因候補として以下を挙げる。

- 論理的整合性を伴う感覚的・没入的なリアリティ

ビデオゲームやコンピュータゲームのようなメディアコンテンツ表現においては架空表現であっても感情や感覚を移入させ表現世界に没入させる要素技術や巧みな演出がある場合、実在感を帯びさせることが可能である。特に物理シミュレーションやオブジェクトビヘイビアを駆使したコンテンツはそれがドットスタイルでも高い現実感や体験をユーザーに提供することができている。つまり、見た目が現実に似ていなくてもそれを背景で成立させている構造のようなものが現実と類似あるいは依拠している場合はそれが現実の延長もしくは別物であってもリアリティを感じてその世界表現を体験したり鑑賞したりすることのできる柔軟性や処理能力が人間には備わっていると言える。

- 経験・記憶・想像の投影と照合によるリアリティ

コンピュータゲームのような非インタラクティブメディアである映画や文学、その他各種の芸術表現においても高いリアリティを帯びさせることは可能であり、これまでの芸術表現で試みられ成功事例も数多い。従来からの芸術的創作行為はこれらの作用が前提となっていっても過言ではない。視覚的に荒唐無稽な話や非現実的な表現や意匠であっても、それらを構成する要素や構造が感受する側の内的な情報、つまり本人の経験や記憶等に深く直接的に関連することにより現実以上のリアリティを構築することが可能である。芸術作品には該当しないが、この作用による顕著な例として「夢」や「幻覚」が挙げられるであろう。(このような人間のリアリティと実在性の作用に関し、懐疑的態度に基づく対照的アプローチによって制作された作品群やアートコンセプトがジャンルとして形成されているが、それらについては別稿について述べたい)

以上のように着想を整理し、このことから以下のような制作上の要点を定義した。

- ① 構成要素の意匠設計は実在するものを題材としてデザインする
- ② 全体空間の意匠設計は架空のものをデザインし実体造形する
- ③ 基本的には既知感を伴う一般的な視覚的特徴を活用し、全体が架空表現であっても部分においては非現実的な意匠にはしない。
- ④ 絵画のように主観によって切り取られた心象的なものでなく客観的情報が満たされた機能的な場であることを表現するため自由な視点移動を可能とする

こうして作品要素を構成・経由することにより、架空の世界をあたかも実在するかのように体感することが可能になると考えた。イメージとしての空間標本の視覚的特徴は標本化された対象物の実在性を強化する作用として機能するがトレードオフとして架空的なものであるという認識を制限する。架空表現された実体造形物は実在するものはないが、制限された認識を解放し作品を経由して至る心象的な世界像へのアクセスを可能とする。これらは対照的な関係であるが、これを相補的に活用することにより実在性を有する心象的な世界を鑑賞するといったいわば矛盾する状況を作り出すのである。この状況を作り出すための重要な点は架空的存在を標本化して、その情報を更に編集するという回路を経ることである。これらの構成の関係を図表として示す(図8, 9)。

一般的な物理回路におけるフィードバックとは出力結果の一部を入力側に戻すことで出力の増減や制御、安定化を行う仕組みのことであり、本来は主として工学分野で用いる用語であるが本論では、その作用を比喩的に援用して用いる。

フィードバックには大きく「正帰還」と「負帰還」と呼ばれるの二種の型がある。正帰還は出力の加速や増幅をさせたりする作用であり、いわば能動的な成果を得るための回路構成であると言えよう。負帰還は出力の変化の抑制やカットオフなどを行い予め設定した目標値に収める作用であり受動的成果を得るための回路構成であると言えよう。

このように両者の機能や作用や表裏一体でありトレードオフかつ相補的な関係である。つまり現実空間が前提される標本化は、その結果がより現実性を帯びその確証を確固なものとする作用する。この場合は負帰還の流れになる。逆に現実空間の現実性を根拠として架空の世界を作った場合はその完成度にも依拠する

が、その作品が指向する心象の世界像がより強固なものへと作用する。この場合は正帰還の流れになる。これらはそれぞれ並列に独立する経路であるが、これを直列に接続し内包することにより、上下の矢印が示す「新たな相互作用」とする二重構造によって視覚体験を提示せしめ、ここに並列では生起し得ない流れや関係が発生すると期待できる。この作用を本論においては「新しい鑑賞の態度・体験」と捉え、これを実装することが目的である。

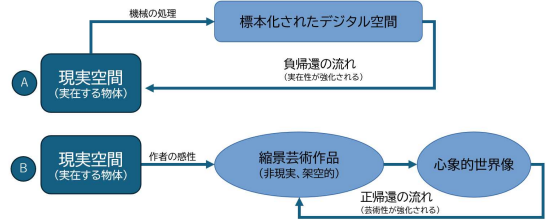


図8 標本空間と造形空間における現実空間との並列関係

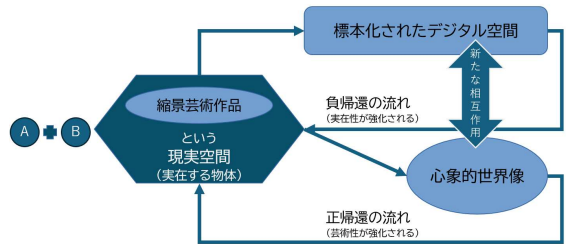


図9 標本空間と造形空間における現実空間との直列(内包)関係

次に実装のための手法や技術について述べる。前述のように点群情報はフォトグラメトリや光学センサーによって間接あるいは直接的な計測によって得られる情報であり、計測ということは実物が前提として実在するという暗黙を要請する。

(技術的には標本化に拠らずとも技術的意味があるかどうかは別にして数理的処理によってアルゴリズムに点群を生成することは可能である。そのような方法による新たな手法開発の検討余地があるが、それは今回の検討事項として別稿において述べたい)

このことにより負帰還による作用により実在性が高まるが、それが新たな鑑賞体験をもたらす作用、つまりそこに正帰還の作用をもたらすためには、実在する縮景作品を標本化した上で更なる意匠編集が必要になる。

前述したフォトコラージュ、フォトグラム、フォトペインティング、オイルオンフォト等の作品群が表現技法として成立し得たのは表現素材としての写真あるいは写真を模した画材を直接加工編集できたからである（図10）。



図10 瑛九 「フォト・デッサン」 (1936)

(出典： <https://www.momat.go.jp/collection/ph2177> 最終閲覧日：2024年10月1日)

同様に本論の試みにおいても標本化された情報を積極的に修正できることが要となる。その情報も、すでにメッシュ化された情報ではなく点群情報の段階で積極的に編集加工することが必要となる。よってその実装手段としてガウシアンブラッキング技術（以降GS）を選定し検討した。

GSという計測技術は対象の空間情報をデカルト空間内に高精度かつ高解像度に一意に確定した形で情報を格納するのではなく統計的なものとして格納するという方法を採用しているが、その仕様が本論が指向するコンセプトに応用できると考えた。

4. 実制作デジタル造形

以上の事柄を踏まえ本論においては以下のようなワークフローにて実制作を行った。

- (1) 作品造形
- (2) ガウシアンブラッキング処理
- (3) 点群化 デザリング処理

(4) 画像生成

次に制作工程とその具体的な方法について述べる。

4.1 作品造形

4.1.1 意匠

本論においての対象や題材は縮景作品である。よって自然景観に倣った見た目となる。

まずはGSという技術的効用を最大活用するためにどのような意匠設計にすべきか検討した。

GSはフォトグラメトリ同様に基本的にはデジタルカメラ等による多角度からの撮像情報から位置情報、空間情報、拡散反射情報などの光学情報を得る。

フォトグラメトリが不得手とする条件としては以下3点があげられる。

- ① 計測光が反射しない透明要素のある水面や水流
- ② 計測光が吸収されてしまう程度の暗所箇所がある深い凹凸形状
- ③ 特徴点を抽出しにくい高周期成分を多数含む樹木や灌木

よってGSを行うという前提から、フォトグラメトリが不得手とする造形要素を以下のように積極的に加え造形要素を選定した。

- 溪谷と洞穴
- 瀑布と溪流
- 灌木と亜高木
- 断崖と侵食跡

これらを造形するにおいて地形全体の形状は以下を留意点として造形した。

- 実在性を有しながらも現存する景観を模すのではなく架空空間とする
- ファンタジー映画やRPGに登場するような典型的な架空空間としない
- 植生や溪流の表現は可能な限り植物学や水理学に則った表現とする

次いで造形過程について述べるが詳細は本論の主旨ではないため概要のみ説明する。

4.1.2 地形

風景や盆景のような伝統的な縮景作品であるならばその尺度は遠方の山々を含め、近景から遠景まで km に渡る大規模なスケール感と複数の縮尺度を混在させて造形されるが、本作は最終的には周囲空間を実寸でデジタル鑑賞することが目的であるため、縮尺度は 1 種類のみとし、本作品が実在するとした場合の縮尺は鉄道模型規格の HO スケール(約 1:87) 相当に設定した。そして造形空間の体感尺度は 25m 平方以内とし、瀑布を題材とするので造形作品全体の長辺：高さ：短辺が 10:10:7 となる三角形状とした。これらを踏まえ、全体形状を構想し基本となる盤全体をスタイロフォームにて形成した。表面の起伏や質感形状、侵食跡はヒートカッターと半田鏝によって切削や融解を行い、表面処理は溶剤、マットメディウム、粉末、小石等で質感表現をしたうえでコートした。下地処理を整えたうえでアクリル塗料をエアブラシにて着色した。(図 11)。



図 11 地形の原型制作

4.1.3 岩石

天然の石では、体積が小さいものは解像度が足りないため日本庭園における石の部分名称に則り、スタイロフォームからの削り出し、および硬化した石膏粘土を破碎し手作業で造形した(図 12,13)。

4.1.4 瀑布

瀑布を作るにあたり石組の配置や構成については滝

石における龍門瀑の作庭作法を検討した。

龍門瀑とは、ひたすら修行を繰り返すという禅の理念を石組で表したものであり、その始まりは京都の天龍寺 曹源池庭園とされる。

山口県山口市にある雪舟作庭庭園とされる臨済宗東福寺派の常栄寺(室町時代)北部の池庭にある滝石組は下部に鯉魚石が配された竜門式の滝石組である

基本的な日本庭園の作庭手法である滝石組を参考にしつつも縮景による芸術表現であることを鑑み、全体的には独自の構成案による架空の景観を造形した。

細部においては非対称であるが、全体の形状としてはあえて対象形状とし、切り取られた景観の一部ではなく瀑布そのものが題材であることを強調した(図 14,15)。

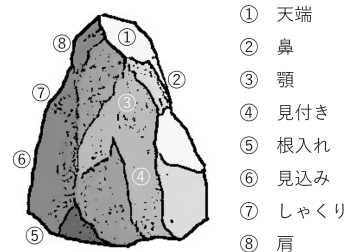


図 12 庭石の部分名称

(出典：小杉左岐、『日本庭園 JAPANESE GARDENS』, 万来舎社 (2017), 90p の図に修正・加筆)



図 13 造形した岩石群

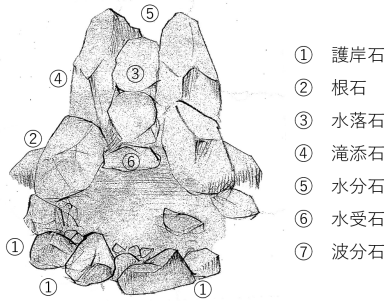


図 14 庭滝の滝石・役石の名称

(出典：小杉左岐, 『日本庭園 JAPANESE GARDENS』, 万来舎社 (2017), 87p の図に修正・加筆)



図 15 造形した瀑布とその周辺形状

4.1.5 樹木

一般的な模型用樹木を用いることを検討したが、スケールが合致しないため天然素材を用いた。素材はカスミソウなど枝の分岐が細かいものを採取し、軸打ちを行って二本を一本に合わせ枝ぶりの解像度を高めた。次いでセメントを樹幹に塗布しフォーリッジをベースにターフを乗せた後、エアブラシを用いて素材色の均一性を抑え、自然な色合いとなるよう色相と彩度を調整した (図 16)。

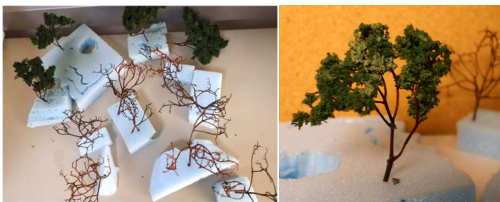


図 16 樹木群の造形

4.1.6 溪流

透明レジン温度管理や二種混合が必要となるため建築模型用モデリングウォーターを用いた。泡の表現にはジオラマ工作にて用いられる粒子径 0.05~0.35mm の大理石粉を混合した雪マテリアル重ねて塗布した。加えてアクリルの専用塗料で川底を予め塗布

し溪流らしい澄んだ水面と淀みを表現した (図 17)。



図 17 造形した溪流

4.1.7 強制遠近法

本作においては盤景の作法である強制遠近法を以下の3点において用いた (図 18)。

- 滝添石の高さを強調するため全体形状を若干先端化した
- 瀑布の高さを強調するため滝添石に架かる石橋は迎え角 15 度程度でつけた
- 実際の距離以上に滝壺までの奥行感を強調するため溪流形状を扇状化した



図 18 強制遠近法による空間の誇張化

これらの工程を経て造形が完成した (図 19)。



図 19 完成した造形作品

4.2 GS 処理

4.2.1 GS 技術概要について

次に GS の技術概要と応用理由について述べる。

GS とはガウス分布を用いた点の拡散によって 3 次元の空間や物体のリアリティを表現する技術である。ゲーム CG や映像分野では主にポリゴンメッシュによる処理技術が用いられている。xyz 空間上に一意に存在する点と点を結ぶ線、それらの線によって構成される三角形以上の面によって空間形状を定義する。基本単位となる頂点の数が多ければ多いほど解像度の高い形状の形成を期待できる。処理速度を維持したい場合は逆に解像度を下げることによって処理の軽減を図ることが可能であり、目的に応じて情報の精度を可逆的に可変できるこの処理技術は多くの分野において現在の主流である。しかしながら標準化した空間形状の情報を可能な限り精度高く再現する方法としてはブルートフォース的なアプローチを採らざるを得ないため万能な方法であるとは言い難い側面がある。その点、GS はポリゴンメッシュの代替としてガウス分布を利用する。一意に定義化された固定的な幾何情報ではなく高密度なガウス分布を使うことで、より精密な物体の形状表現を可能とする技術である。空間形状を構成する各頂点およびそれに伴う空間を構成する幾何情報や光学の情報に相当する情報をガウス分布に基づいたスプライトと称される粒子群として表現する。これらは楕円形状の分布として定義され光学機器から取得された項目と付随するパラメーターから以下に示す情報によって主として構成されている。

- Position : 位置 (X・Y・Z)
- Covariance : 分散 (X・Y・Z 方向にどのよう
に伸びているかを表す行列)
- Color : 拡散反射光 (RGB)
- Alpha : 不透明度 (α)
- その他 : 反射特性等

粒子群が保持するこれらの情報の分布領域の重ね合わせによって 3 次元の空間を構成するのである[3]。

各点群は正規分布を伴う連続した滑らかな広がりを持つ関数として定義され、サーフェルという楕円状の領域に格納される。その分布から空間の位置及び画像情報として格納されている標準化情報呼び出す。GS は微分可能な関数として表現されているため任意の仮想カメラ上から見た画面に射影し、描画・展開す

ることにより詳細な画面を形成することが可能である(図 20)。

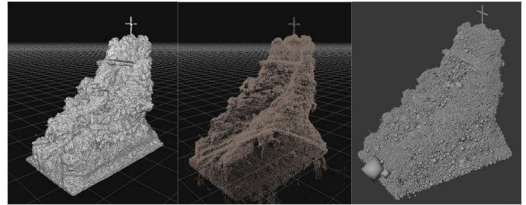


図 20 左：メッシュ情報/中央：点群情報/右：ガウス分布情報

写真測量法 によるフォトグラメトリ技術によって、複数の写真から標本空間内から点群情報を抽出、これらを直接ガウス分布として扱うことで複雑なポリゴンメッシュに抛らず、写真画像に格納された画像情報の詳細を維持・展開することが可能である。

そして任意にクラウドポイントの密度や分布状況を変更することが可能であり、仮想カメラが着目した領域を詳細にレンダリングする際には点群を高密度にする一方、低密度でよい領域にはポイント密度を省略することが可能である。

このようにポリゴンメッシュにおける幾何的な情報を生成しないため特に 3D スキャンによる空間や物体の標準化処理に効果を発揮する。また標準化データに限らず 3D データを数理造形あるいは人力造形して得られたポリゴンメッシュモデル等を GS によって描出することも可能である。こうしたことから GS のメリットとして以下の点が挙げられる。

- デジタル機器によって撮像・記録された情報から自然かつ高速な空間イメージの描出を行うことが可能である
- 複雑なトポロジーを有する樹木の樹冠や自然景観などを効率的かつ詳細に描画可能である
- LOD 機能が柔軟に作用する構造であるため速度やメモリなど処理効率を最適化させることが可能である

ただし、LOD 機能が不必要であり情報の均質性や幾何情報の一意性を要請されるような処理には不向きである。デメリットとしては以下の点が主に挙げられる

- 衝突検出や物理シミュレーションなどの複雑な物理現象に関連する処理には向かない

- 厳密な幾何情報を必要とする 3D プリンティングなどには適さない
- 広域スキャンのように大規模データセットでは、規模に比例してファイル容量が増大する
- GS に最適化された専用ビューワーが必要である

以上のデメリットはメリットとのトレードオフの関係であり用途や目的に応じての使い分けの判断が重要となる。



図 21 GS 処理によって標本化された造形作品

4.2.2 PLY データの生成

次に 3DGS 形式の PLY ファイルを生成するために各種の方法があるが、今回はスキャニバースを用いた仮想システム下にてローカル環境構築を検討したが、処理不安定のため見送りとし、クラウドサービスを用いた。クラウドサービスには 2024 年末時点で各種存在し、代表的なサイトとしては「PlyCam」が挙げられるが本論においては、スキャン時にトラッキングロスの少ないロバスト性の高い「ポケモン GO」を手掛ける Niantec (ナイアンテック 本社：アメリカ) のスキャニバースを用いた。

4.2.3 Blender 上での処理

3DCG 作業はオープンソースの DCCT である Blender4.0 と 3DGS 形式の PLY ファイル読み込みのために 3D Gaussian Splatting Converter (以下 3DGSC) を用いた。

3DGSC は 3DGS 形式の PLY ファイルと CloudCompare 形式の PLY ファイルを相互変換するアドオンである。当該アドオンは本来ガウス スプラッティング キャプチャのフローターを除去するツール

として試作されたものである。Blender には、標準で Cycles と EEVEE と称される 2 つのレンダーモードが実装されている。フォトリアリズム優先のオフライン映像作成用途では前者、ゲームや VR コンテンツのようなリアルタイム性重視のオンライン映像生成用途では後者という使い分けがなされているが当該アドオンは前者のレンダーモードにて動作する仕様である。

3DGSC によって 3DGS 形式の PLY ファイル内の点群データの各点領域に各種パラメータの正規分布情報や正規分布自体の分散や重みなどの格納情報を意図的に変更する。この処理を行う目的は、前述した積極的な情報の編集加工のためである。

前述したイメージとしての空間標本における写真メディアのような視覚的特徴に留意しつつ、以下に示す編集加工を施した。

- クラウドポイントの局所空間内の代表色の抽出に変域の狭い乱数値を加え色味に多様性を与える
- 抽出された代表色の RGB 値に変域の狭い乱数値を加えて離散的な色味にする
- クラウドポイント座標に変域の狭い乱数値を加えて心理的に意外な色彩を構成する
- サーフェルのベクトル情報を転置させて視点方向によって拡散反射光の変数を変化させる
- サーフェル同士の RGB 値について加算、減算、乗算、絶対値等の処理を加え合成結果を変化させサーフェルの散布状況を多彩化する

アプリアリによって現出している像をイメージの中で再構築する際の差異の幅を大きくすることによる異化効果を狙ったものであるが、どのパラメータにアクセスし、どの程度変化させるかは、作り側の感性と創造性であり、この点が芸術性を帯びる所以となる。

ここで GS によって標本化してデジタル鑑賞するにとどまらず、要素に解体、抽象化して新たな表現を行った。

点群であるという視覚的な特徴が標本化された実在の世界であることを担保し、心理的に係留するため抽象かつ架空に見えながらも実在性を伴って鑑賞するという従来にない視覚体験が可能となっている状況下において、より高い実在感および実在性の担保という副次効果が必然的に生ずることを企図し多段的に工程を加えた (図 22)。

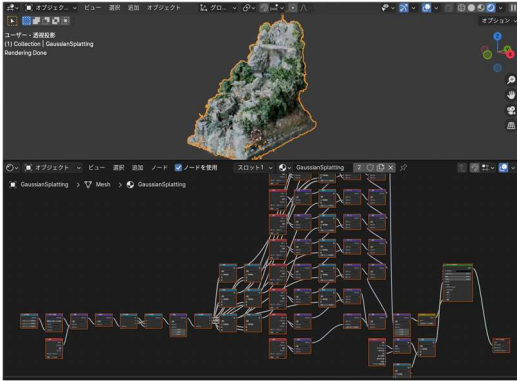


図 22 Blender 上にてガウス情報の描画変数を加工処理する

5. 評価と考察

5.1 作品の成果

このようにして造形作品を GS 技術によってデジタル標本を行っただけで GS 情報をポスト処理することにより新規かつ独創的な画像群を得られた (図 23)。

前述したように、この効果は先入観やバイアスによる一種の錯誤に近いものであり、これを積極的に用いた作例がリヒターをはじめとする一連の作品群と言えるが、これを現実と虚構の狭間を漂う自問としての浮遊感覚としてではなく、新たな実在性への見方へと積極的に押し上げるとするのが本作のコンセプトである。

そもそも先に実在する実体造形作品があり、この時点で一つの段階として表現行為は完結しており、実在性の根拠はすでに既成化されているのである。

二重構造化の意味するものは、人為による理想的空間を現実として現前せしめるという得られない確証を得る、という矛盾を別の見立てをもって視座を変えることにより、その方向からは成立する (かのように感じられる) という状況を構成することが可能であるということである。

造形作品、つまり理想空間がデジタル標本化を経由することにより内包していた架空性が実在性を伴って顕在化するような状況へと遷移したと言える。これは錯誤や錯覚の類であると一蹴し結論付けられない作用であると言える。よって現実と虚構の狭間を漂うことはなく一種の余剰のようなものが更にひと膜作品の外殻を覆うような恰好となる。言わば “遊びのようなもの” が上塗りとして展開されるという構図である。作り物に過ぎない土塊の細工が自覚化された意識の中に立ち上ってくる瞬間が演出されるということである。ここに芸術作品としての意表を突くような意図や高尚

な問題提起などは存在しない。しかし、無垢なる遊びであるが故に伽藍堂の模型作品を超えた更にその向こう側に実存するであろう第三象限上に布置される想念としてのアイデア世界に肉薄する原動力を持ち得るものだと筆者は捉えている。

ではそのような作用や力が仮にあるとして、その源泉はどこから由来するものであろうか。可能性としては様々に考えられるが、その一つに「視覚認識の途中段階に近いものを見ているのではないか」ということが仮説として挙げられることができよう。

5.2 視覚処理の途中段階と最終段階

人間が普段の生活環境下で肉眼で見ているもの、つまり頭在意識上に立ち昇ってくる視覚像は、実時間で直接知覚した像ではなく眼球から刺激を受けた視覚情報が脳内で段階的に処理が施され、不必要な情報は濾過され記憶などと照合されながら意味のある一貫した像に統合されたものである。いわば編集加工された最終段階だけを見ているのである。実際は光の強弱の刺激、水平垂直の刺激、輪郭の刺激など部分や途中の視覚情報の単純な処理段階が多段的に存在しているが、我々は頭在意識下ではそれを見ることも感じることもできない。また意識化できるような回路があるかどうかもわからない。物理的に検証不可能であり、よって仮説の域を出ることは将来的にもあり得ないと考えられるが、これらの途中段階にある潜在意識下の像が今回得られた画像群と類比的である可能性は否定できない。つまり、この画像群が与える視覚的印象においては、本来ならば顕在領域にて意識化することのできない知覚プロセスが外部から入り込んだ違和感としてそれが面白みとして作用しているのではないだろうか。これはあくまで仮説の域を出ず、現実点の脳科学技術では検証もできないがひとつの考えとして検討に値するであろう。

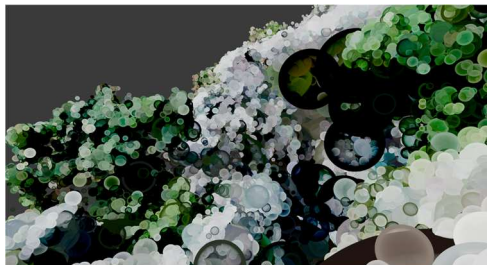
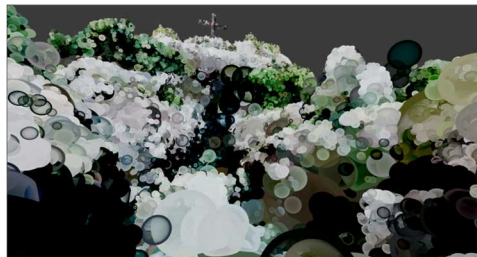
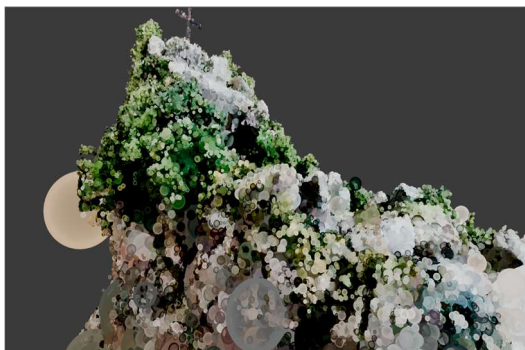
5.3 制作の意義

現代人の誰もが有するであろう積み上げられ飼いならされた顕在意識が介入すればするほど概念の袋小路に迷い出るだけである。そうした袋小路の先で行き場を失えば、見えもせず感じることもない事をさもあるかのように雄弁に語る事こそがそこから抜け出せる解決手段であると錯誤される状況が生まれる。かつてのモダニズム、そしてそれらに依拠する思想や文化活動などがそのような状況にあった。

しかし、それだとしても目指すべき出口は当然に見

い出せることはないの、そもそも出口などは最初からないのだ、という同義語反復的結論に強制納得というかたちで帰着せざるを得ない。このような経路は、現前する面白さや楽しさとは対照的であり、むしろそのような領域と相反する反発的作用をもたらすであろう。こうした認識や考え方の是非はともかくとして本作においては、そのような態度と正対し一つの様式美の中で完成したものを更に再構成して再鑑賞を行い、その差異から生じる面白みを見出す、ということが本研究の目的であることを改めて述べる。

本作品は、縮景作品として実在する空間を仮想環境によって周遊し、曖昧で非連続かつ流動性の狭間で揺れ揺蕩う世界像の心象的造形とも言えよう。ある意味、究極の理想とは最終的な自我意識の上にあるものではなく、むしろその深層に深く沈底し、その姿を一切見せない上に、その存在すらも感じさせないのかもしれない。このように捉えようとしても捉えることのできない必然的構造というのは、見たままの像を我々は見れないのと同じようなものであるかもしれない。今回の成果は、このことを示唆できるものと考えている。



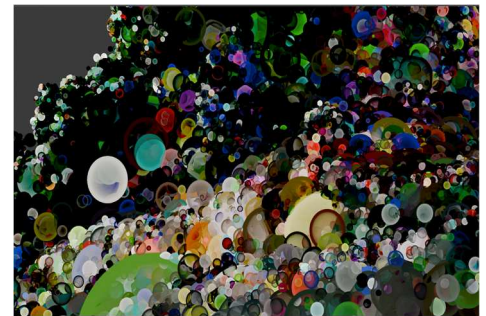
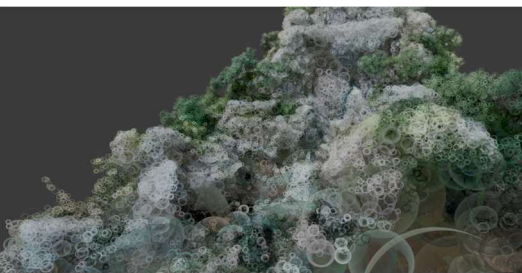
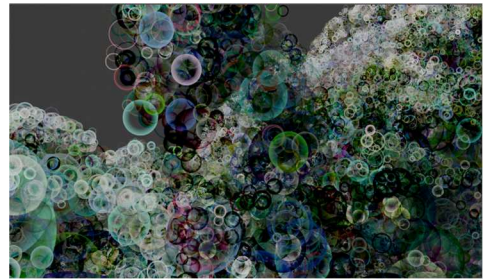
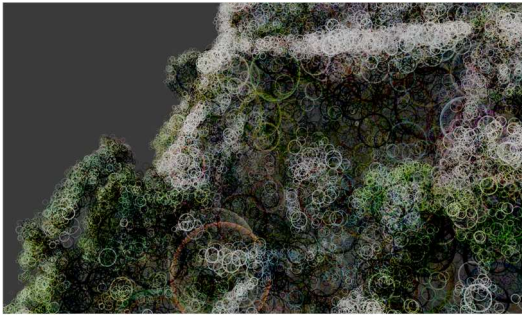
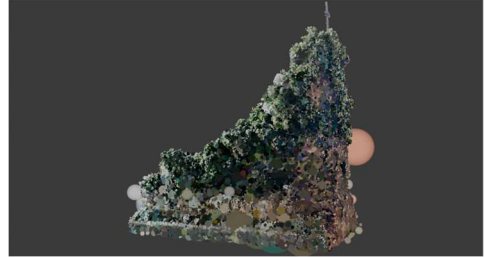
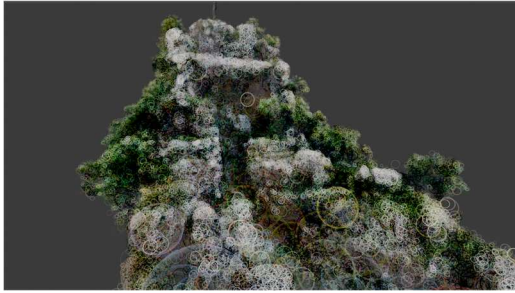
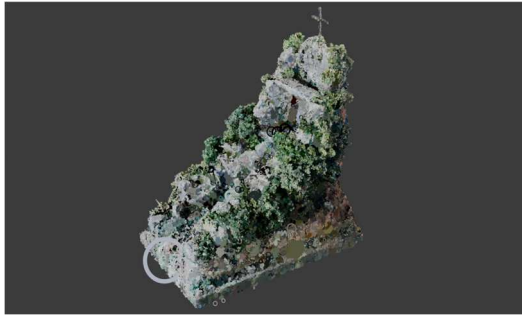


图 23 成果图像群一覽

6. まとめと今後の課題

Rendering』, <https://arxiv.org/abs/2308.04079> 最終閲覧日：2024年10月1日)

このように本論では、その实在性を VR 技術による仮想現実感で高めるアプローチではなく存在することの痕跡や状況をデジタル技術を駆使して積極的に描出することにより、あたかもそれがある（あった）かのように見せるという方法を採用試行した。造形作品とデジタル標本からのポスト処理による画像生成および鑑賞という流れが一体化しており不可分であるということがこのアプローチおよび発想方法の最も重要な点であることを改めて強調しておきたい。

今後の技術的な課題や改善点については以下のとおりである。

- 強制遠近法は視覚効果にあまり寄与しないことが分かったため他の空間演出法を考案する（視点移動に従って空間形状そのものが可変するような方法を検討したい）
- 実用的なりアルタイム性を確保する（現時点でも即時変更には対応しているが体験・鑑賞は実用性の点において不十分である）
- GS 描画変数の変更のための GUI を設置する（Blender のマテリアルパラメータを操作子化してインタラクティブに変更可能としたい）
- 異なる意匠による造形作品のバリエーションを増やす（大規模なスケール感のあるものや複数の縮尺が混在するものなどを試みたい）

今後これらの点について改善に取り組みたいと考えている。

文 献

- [1]. 熊谷 武洋, 『フォトグラメトリ技術による VR 盆景コンテンツの制作』, *Journal of East Asian Identities* vol.5, pp.11-30
- [2]. 熊谷 武洋, 『強制遠近法を用いた多視点立体仮想空間としての盆景に関する研究』, *Journal of East Asian Identities* vol.7, pp.01-16
- [3]. Bernhard Kerbl, Georgios Kopanas, Thomas Leimkühler, George Drettakis, 『3DGaussian Splatting for Real-Time Radiance Field

〈作者略歴〉

熊谷 武洋（くまがい たけひろ）

1993年東京造形大学卒業、1998年日本大学大学院理工学研究科博士課程所定単位取得後退学、2007年年九州大学大学院芸術工学府博士後期課程修了、博士（芸術工学）。1998年日本電気ソフトウェア(株)等を経て2001年より山口大学教育学部専任講師。現在、山口大学教育学部教授。