
フォトグラメトリ技術による VR 盆景コンテンツの制作

A Production of VR Tray Landscape Content with Photogrammetry Technology

熊谷 武洋*

KUMAGAI Takehiro*

(摘要)

本論文は、中国由来の立体造形芸術である盆景に着目し、フォトグラメトリ技術を用いて自然由来の素材で 3DCG 盆景作品を制作し、自然の風致を表現する意義とその手法について検証し考察する。草木や土塊、岩石等の標準化を行い、それらを盆景として構成するための手法および VR 閲覧を可能とするためのワークフローについて実証制作を行い、その成果について述べる。

キーワード：デジタルコンテンツ, VR, 盆景, 3DCG

(Abstract)

This paper focuses on tray landscape, which is a three-dimensional art from China, and uses photogrammetry technology to create digital bonkei works with natural materials, and examines and discusses the significance and method of expressing the natural texture. We will conduct demonstration production of the methods for converting vegetation, soil blocks, rocks, etc. into digital materials, constructing them as a tray landscape, and workflow for enabling VR browsing, and describe the results..

Keywords: digital contents , VR, bonkei , tray landscape ,3DCG

1. はじめに

本稿においては、盆景の歴史的や系譜や変遷、芸術的解釈を踏まえたうえで先端的な技術を用いて盆景の派生種類を創作し、新たな大自然の神貌を再現しようという試みである。

制作理念として自然の実在性に由来するデジタルコンテンツを掲げ、素材をデジタル化し、それらを盆景作品として構成、ヘッドマウントディスプレイ（以後 HMD）を用いて自らが構成した盆景空間内をリアルスケールで歩きながら鑑賞するというものである。このことは、従前の伝統的な盆景作品には備えていない制作工程と鑑賞態度を創出することになる。本論では、このような VR コンテンツとしての盆景の制作および実装方法について考察と実証を行うものである。

2. 盆景の概要

まずは、具体的な実装方法の前段として伝統的盆景について概要を述べてみたい。

2.1 歴史

盆景という言葉以外にも、盆庭、盆栽、盆石など類似した用語や呼称が数多く存在しており、非専門家にとっては、その区分や意味合いが判然としないことがある。その標榜・指向する芸術的指標や価値は同じくするところであるが、それぞれの領域における作法や作術は大きく異なる。

盆栽が、生きた樹木を用いる園芸の一種であるのに対し、盆景は自然景観を人為的に再現するために主に自然由来の素材を用いて造形するという点において立体芸術と言えよう。つまり、その見かけ上の表層部分

* 山口大学教育学部

Journal of East Asian Identities Vol. 5 March 2020 (pp. 11-30)

について慣用的に一括表現すると、いわゆるジオラマや鉄道模型に類するものであるが、その芸術的指向性や精神は、生け花や石庭等と同様に日本の文化と歴史に根ざした美意識が通底している。

盆景の起源は歴史的史料が示すところによれば中国の唐代（618年 - 907年）であるとされ、日本へは、古くは室町時代に伝来し、独自の様式美や作法を備えながら、現代に至っている。

中国由来の盆景には、大きく樹木盆景と山水盆景といった区分がある[1]。樹木盆景はその名の通り樹木を主体として構成するため、その外観は一見すると、盆栽様である（図1）。



図1 作者不明（上海）「衡山画意」（丸島秀夫『中国盆景の世界①盆景』p.19）

山水盆景は奇石などの岩石を主体として構成するため、表現しようとする景観と共に盆景自体のスケールも幾分大きくなる。其れとても、日常的感觉から大きく隔たりのあるものではない（図2）。



図2 劉小榮「江山、数峰青し」（丸島秀夫『中国盆景の世界①盆景』p.117）

比べて近代日本の盆景は、まさに大パノラマのごとき俯瞰的景観である。近景、中景、遠景の距離ごとに層を割り振り、それぞれの相対的な大きさを誇張的に変えていくことにより、狭い空間の中に大きな風景を圧縮して構成する様式を山水盆景以上に備えている。

近年の日本における模型界限で称される超遠近法そのものである（図3）。

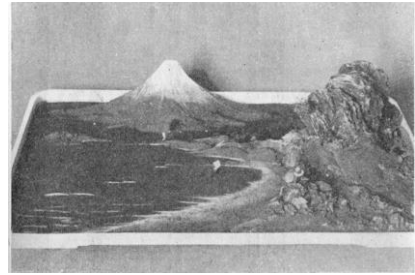


図3 富士を主題とした盆景（篠原柏庭『盆景』p.126）

かつて帯びていた園芸的要素は盆栽や盆石へと分岐し、限られた咫尺の空間内にかに大きな世界を圧縮して構成するが、盆景伝来以来の変遷過程において大きな関心であったことがうかがえる。

以降、本論における「盆景」は、日本における明治以降の近代盆景を考察対象として論じる。

2.2 分類について

昭和10年に刊行された盆景指南書[2]における盆景の一般的な種別の分類は以下のとおりである（図4）。



図4 盆景の種別分類

一般的に最も制作対象として選定される区分は地理的盆景区分であるが、今回は自然由来の素材をデジタル化して構成を行う主旨であるので、現実の自然景観の再現ではない。また歴史や文学的主题を題材とせず、自らの感性に基づき実在しない景観を創作するという事に位置づけられるため、上表の分類としては理想的盆景に区分されることになる。

2.3 表現対象

明治34年に刊行された盆景制作の指南書[3]によると盆景の造形対象として山河のみならず、波頭や滝の飛沫、霞や雲といった流体や気体の類から果ては銀河

までが網羅されている。これらの不定形なものは砂や雲母や青貝の粉を用いて制作すべしとの記載がある。まさに盆景たるは森羅万象のごとしといった様相である。

2.4 造形材料

昭和 54 年に刊行された盆景作法の指南書[4]によると、基盤を形成する基本的な造形材料として従前より化土（けと）が、用いられている。現在では仏教用語と区別するためであろうか化土土（けとつち）と表記されることが多いようであるが、これらはイネ科の植物の根などが地中に堆積できた腐葉土や粘性の高い泥炭（ピート）の一種である。繊維状のため加水すれば柔らかくなり加工がしやすく、栄養分を多く含むため苔などを盛り付けるのに適している。現代では、化土だけでなく、様々な自然由来の材料や、場合によっては人工素材等が用いられることもある。その他、砂類、まき苔などが、地表を表現する材料として主に用いられる。

時代とともに材料も変遷し、その機能等が目的に応じて性能向上のための改良がおこなわれてきた。

しかし、自然素材の持つ風合いやそれを用いることの芸術的意義は不変であり、一貫して通底している。

2.5 点景・添景物

盆景による自然景観を際立たせる付属的な要素として動植物、岩、家屋や人物などが配置される。近代以降の日本における盆景作法においては、これらのものは専用に作られた既製品を用いることが多い。木製や陶製に限ることなく、近年においては樹脂製、いわゆるプラスチックによる点景物も少なくない。類似的なものとして鉄道模型におけるストラクチャーが挙げられる。

このように、盆景においては盆栽のように自然に生きている草木のみならず多種多様な由来による構成物を積極的に素材として用いて自然の景観を魅力的に表現するという芸術的思想が一貫されている。

2.6 現代的盆景

中国より伝来後、日本独自の盆景観によって変化し多くの派生型や盆景観が生まれたが、現代に多く見られる盆景の様式は主に明治以降のものである。

用具や材料も時代と共に変遷し、明確な定義が曖昧になると同時に、様々な形態や作法が試行され、表現

の可能性が広がってきていると言える。空間の広がりも多種多様になり、いかにも模型然とした大パノラマ風の作品に加え、古来中国の山水盆景様の作風を持った園芸的要素に回帰する盆景作品や苔盆景などが増えてきている[5, 6]。

しかし、どのような盆景の類が増えようと、これらに共通するのは自然景観が人間に与える素朴な感動と、「形を持って神を写す」と称される大自然の神貌表象化である。

中国の盆景においては作品を通して作者の表現意図や情緒、主題を意境として鑑賞者に伝えることが要とされ、鑑賞態度において重要視されるのに対し、日本の盆栽においては比較的技巧術が注目点とされることが多い[7]。その点、日本の盆景は中国の盆景が有している自然美と芸術美を併せ持った総合芸術としての精神を今日においても継承している。換言すれば、そうした盆景の精神を継承していれば盆景作品と称することができると言えよう。

本稿においてはそのような盆景の芸術性と現在性を踏まえ、伝統的な盆景をデジタル画像処理技術による代替表現再現ではなく表現上の多様性や拡張性を追求するものである。

2.7 先行作品例

次に自然景観や景勝地を CG 化し、デジタルコンテンツの魅力として訴求する先行例について述べる。

Daydream プラットフォーム上にて「Dream Journey」と「Relax River HD」というアプリがリリースされている。両タイトルは同じデベロッパーであるが、欧州中世風の景観の中をオートパイロットで移動して景観を鑑賞するといった内容である(図 5)。

Oculus QuestVR コンテンツとして「Nature Treks VR」というアプリがリリースされている。森やビーチ、水中、宇宙といった 7 種類のロケーションでリラックスするという内容である(図 6)。

いずれも所謂癒し系 VR アプリとしてリリースされているが、モデルデータは全て人力モデリングによるものであり自然由来によるものではない。そして、その自然をモチーフとしている理由はあくまで鑑賞者の心理的効果のための手段であり、自然の風致や神貌の再現や表現といった目的ではない。

よって自然由来の素材をデジタル化して盆景様として構成し、VR 閲覧できるコンテンツは先例がなく、現時点では本作が唯一であると言える。



図5 Dream Journey と Relax River HD



図6 Nature Treks VR の選択画面とシーン内画面

3. デジタル盆景の仕様

このように盆景の何たるかを踏まえたうえで、デジタル盆景としての芸術的指向性を定義し、どのように素材を備え、それらを空間と共に構成し、VR 環境を効果的に活かすための鑑賞方法について要件や仕様について検討を行った。

本作においては、デジタル技術による盆景作品がデジタルコンテンツとしての適合性があるかどうかの検証目的であるため、表現の対象としては一般的に日常的な空間内に存在出来る質量や質感を持った空間を前提とした。つまり、ゲームコンテンツで意匠設計される非現実でファンタジックな人工景観を指向するのではなく、空間全体は架空のものであるが、各々の物体は既知感のある造形を成しているということである。

3.1 モデリング方法

次にデジタルコンテンツとしての盆景の作成手段やその仕様について述べる。まず、3DCG としてモデル形状を得る場合、一般的に大きく以下の方法が挙げられる。

- 人間が直接マウスなどの入力デバイスを使用して形状生成を行う人力型モデリング
- 数値造形アルゴリズムを用いた関数式による手続型モデリング
- 実在形状からの計測データに基づいて形状生成を行う標本型モデリング

ゲームなどのデジタルコンテンツワークフローにおける自然景観のモデリング手法は主として前述した人力型モデリング手法が採用される事例が多い。

人力型モデリングは、文字通り人間がオペレーションを行うため、どのような形状のものでも労働集約的に形成が可能であり、複雑な要求に柔軟に 대응することができる。ただし品質維持向上のために人材育成の必要があり、制作規模に比例して制作コストも容易に膨大化するため、その代替として他モデリング手法の改良が期待されている。

標本型モデリングは、リアルな形状を形成できるため近年割合が増加にあるが、形状は実在標本に依存しなければならず、アセットデータ量の膨大化や計測コストなどのデメリットもあるため、一般的な方法としては、現状において定着はしていない。

手続型モデリングは、プログラムから自在に形状変化のパラメータにアクセスでき、アセットデータの圧縮や制作コストが低減できるため、将来的には一般的な方法として主流化すると予想されるが現状においては表現できる形状のバリエーションに限界があり、ゲーム等の複雑かつ多様な要求に柔軟に対応できないなどデメリットも多い。

このように、どのモデリング手法も得手不得手があり、突出した優位性を持ちえないが盆景の構成要素を形成する場合、これらの手法を複合的に用いることも可能である。

しかし、デジタルコンテンツでありながらも、自然の実在性に由来することにより、盆景の持つ芸術上の理念と合致させ自然と人間の間を介在する雅さを重視する制作上のコンセプトに拠ることを前提としているため、今回は標本型モデリングを採用することとした。

3.2 VR 鑑賞方法

自然由来の素材を基に「小中に大を見る」の精神により、素材自体が持つ特徴を捉えながらも実際の質量や質感による物理的な関係は一旦解除し、雅な世界の印象を構成するために、空間と物体の秩序を再構成することとした。つまり、意境の創造である。

「境は象の外に生じ、象でありながらも象そのものではなく、象を超越するもの」とされる[8]。

このような、見なしや見立て、その表象の奥や先には超越的な神髄を見る、の創作態度は、前掲した通り盆景だけではなく、盆石、盆栽、石庭、生け花といった、中国や日本の伝統的創作文化に通底する。

盆景は、自然世界の縮図として作られたものを、いわば神視点で眺めることに趣があり、原寸表現に指向するならば石庭的になる。石庭も雄大な山水を縮図と

して見立ているという点では盆景芸術と同様であるが、動機の起点が異なり、趣としては対照的な関係にある。

しかしながら、HMD 着用による VR コンテンツとして仮想的に鑑賞することにより、その両者の趣を具備した鑑賞方法や環境態度があり得ると考えられる。つまり、小さなものを大きなものと見立て、しかもその体感スケールは原寸ということである。

よって、この点を VR 鑑賞だけが持ち得る優位性および利点とみなし、この方法を採用した。その際の空間構成方法については、VR 鑑賞が前提であるため、過剰な超遠近法は採らず、基本的な実際の物理空間に準ずることとした。

プリレンダリング CG 動画やステレオ CG 静止画も VR コンテンツとして一括され称されることもあるが、今回は完全リアルタイム全方位ステレオ 3DCG を前提としている。当然ながら技術的な制約が増えるが、盆景というジオラマ空間を自らが歩く、という点が最も重要な機能と特徴であるため、これは除外することのできない優先項目である。単一方向から俯瞰するだけでは、デジタルコンテンツ化の意義がなく、モノラル画像による 3DCG では、そもそも立体造形芸術である盆景が持つ実在性を凌駕することはできない。

4. デジタル素材化の方法

4.1 計測方法の選定

次に実装方法について述べる。実装の前段として最も重要かつ中心的な作業となるのが、標本型モデリングによるデジタル素材化の工程である。

標本型モデリングにおいてその標本化のための計測方法には赤外線や超音波によって空間の構造を計測する深度センサーや、UAV による広域空中レーザー計測など目的に応じて様々な種類がある[9]。

しかしながら、赤外線方式は、日中や屋外のような太陽光環境下においては赤外線を用いるという仕様上、光源の影響を大きく受けるため採取データの欠損が生じてしまう場合が多い(図 7)。

またレーザー方式などの測定方式は三角測量・光切断方式でレーザービームによる光切断方式によりスリット状のレーザー光で入力対象をスキャンし、その反射光を CCD カメラで受光し、三角測距の原理で被写体との距離情報を得て、三次元データ化している。計測精度は高いが、レーザー方式は一般的に大型であり可搬性には適さないものが多い。

2010 年代以降にコンパクトで高精度レーザーキャナ等がリリースされたが、コスト的な問題と用途目的の違いにより、これらのレーザー式は選外とした。よって、今回の目的である日常的な空間内に存在する比較的小規模な自然物を屋外にて計測する作業に最も適合する方式として二次元画像からの立体情報を推定するフォトグラメトリ方式を採用した。

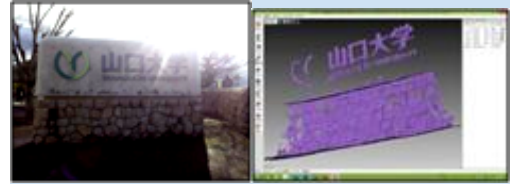


図 7 反射によって文字と基部以外が欠損している様子

4.2 フォトグラメトリによるデジタル素材化

フォトグラメトリ (Photogrammetry) とは、計測対象物をハイポジションからローポジションの複数のカメラ位置からそれぞれ 360 度全周囲の撮影し、それらの二次元画像群から特徴点を抽出、撮影したカメラの位置を算出し、三角測量法によって三次元の立体情報を得る技術である(図 8)。

撮影された入力画像群から特徴点を検出し、マッチングを行う(図 9)。次いでカメラの位置・姿勢を推定し、三角測量法によって一意の識別点を空間上の三角点に一致させて測定処理を行う(図 10)

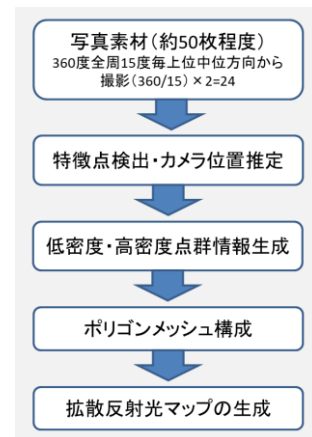


図 8 フォトグラメトリの特徴点抽出処理のフロー

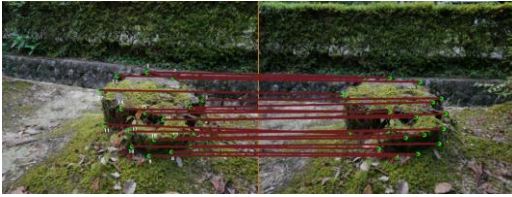


図9 撮影された入力画像群から検出された特徴点のマッチング処理

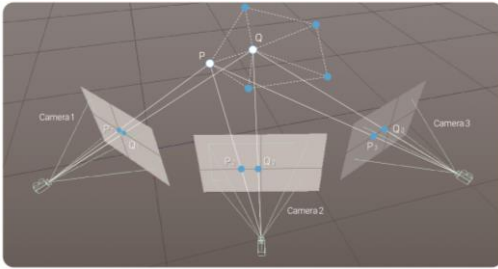


図10 空間上の三角点に一意の識別点を得る処理

空間内に測定された点群を形成し、点群情報から空間を加工用に各点同士を接続しポリゴンメッシュ生成を行い、点群に対応する撮影画像の位置情報周辺にある拡散反射光の情報からテクスチャマップ情報を生成し、ポリゴンメッシュに貼り付けることにより質感の再現処理を行う(図11)。

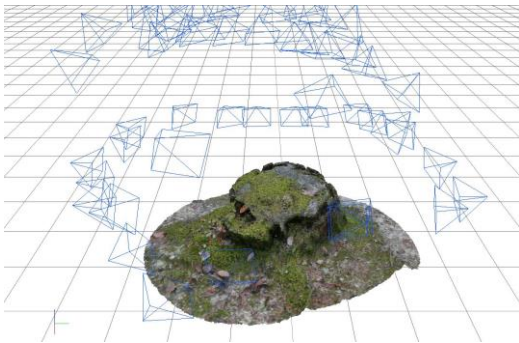


図11 点群からメッシュおよびテクスチャ生成された対象

このように写真画像から推定的に情報を得るという仕組み上、精度はある程度の妥協が必要であるが、小規模かつ低コストで運用できる。

4.3 フォトグラメトリにおける撮影ノウハウ

膨大な点群情報の抽出および生成から質感再現されたメッシュ形状を生成するこれらの一連の処理を行う

処理ソフトウェアとして GPU によるアクセラレートや写真位置推定の処理速度、価格などを考慮し、3DFLOW 社の 3DF Zephyr を選定して用いた。

よって処理工程において制作者が行うのはカメラ撮影となるが、撮影の際には、フォトグラメトリにおける処理過程を理解したノウハウの必要があり、漫然と撮影するだけでは良好な結果を得ることはできない。

フォトグラメトリ処理においては特徴抽出、特徴量を一致、カメラの位置を推定し、三角測量法による三次元情報の再構築といったフローであるが、品質に寄与する重要な処理過程は前段の特徴点抽出である。

特徴点の抽出処理には David Lowe が 1999 年に提案したスケール不変特徴変換 (Scale Invariant Feature Transform, 以後 SIFT) アルゴリズムが用いられている。

SIFT は、画像の回転や拡縮、明度変化に対して影響を受けにくい特徴量記述が、その特徴である。

SIFT は画像の局所的な部位から、エッジなどの差異が識別できる境界域と、それらの境界域の粗密の情報を判定し、ガウスマップで平滑化した画像から変化量が最大の点を 2 回微分で求め、大きな画像情報の変化があっても特徴点を一意に判定するものである。

このことから撮影時のノウハウとしては、以下のことが言える。

- 特徴点検出とカメラ間相対位置姿勢推定処理を安定に行うため隣り合う写真同士の撮影領域が 60%~80% 以上重なるように撮影する
- SIFT 処理において広範囲の特徴点を出来るだけ少ない撮影画像から検出・マッチングできるように広角かつ歪曲収差の少ないレンズで撮影する
- SIFT による特徴点マッチングにおけるエッジ検出不良を抑えるために撮影時のボケやブレなどが発生しない条件・環境下にて撮影する
- 撮影画角毎に視差が大きく生じるようにするため撮影位置を起点としてカメラを回転させるのではなく、撮影位置を平行移動させて対象物を中心に撮影する

不明瞭な画像が適切でないのは、単に写真の出来栄えが失敗したというだけでなく、境界域の情報が欠損してしまうため、ボケやブレンダーが生じた写真は素材として無効となるのである。上記の留意点を考慮し、カメラ撮影時において多くの試行錯誤を行い、実用的な設定値を得た (表 1)。

絞りについては、焦点距離が短くなるような小物や近接撮影においては被写界深度を深くするべく F 値を上げた方が望ましいが、回折の影響が出る場合もある。また照度が足りない環境下では、手振れなどが発生してしまうため、どのような環境下でも対応できる適切な F 値の範囲を試行した。

シャッタースピードについては、モーションブラーが発生しない目安として焦点距離の 2 倍以上の値が適性値とされているが、基本的に被写体が非動体であるため、1/60 以下でも実用範囲であることが分かった。

ISO 値については、SIFT はノイズ成分が多いと誤判定を誘発するので、可能な限り低い方がよいがカメラの撮像素子による増感機能によって ISO 値の品質には違いがあるため、目安として概ね ISO800 以下であれば、SIFT の抽出アルゴリズムに影響を与えない程度のノイズで処理が行えることが分かった。

表 1 カメラ設定値

カメラ本体	LUMIX DMC-GX7MK2
撮像素子	フォーサーズ 4/3 型 LiveMOS
マウント	マイクロフォーサーズ
レンズ	35mm 換算 24-50mm 広角ズームレンズ
焦点距離	35mm 換算 30mm 前後
SS	下限 1/60
絞り	F8-F10
ISO	800 上限

5. デジタル素材化

これらのことを踏まえ、次に実際のデジタル素材化処理を行った。まずは、事前の検証として以下の対象物を選定し素材化を試みた。

- 比較的広域空間および大型物体
孔子杏壇講学像（山口県維新百年記念公園）
- 比較的狭域空間における小型物体

井戸端のサビエル像、ルルドの園のマリア像、レリーフ像（山口サビエル記念聖堂）

- ラフネス性が多い不定形な物体
花壇、樹木、大岩（山口県維新百年記念公園、朝田墳墓群）

5.1 孔子杏壇講学像

半径 3m 以上の円形台座の上に原寸大の人間の着座像が 5 体配置されている。よって高さも 2m 以上超である。そのため、上方部分は撮影位置を占めることができなかつたため台座上面や人物像の頭頂部はデータが欠落している。しかしながら、全体的な形状は再現できており、成果としては良好と言える(図 12、13)

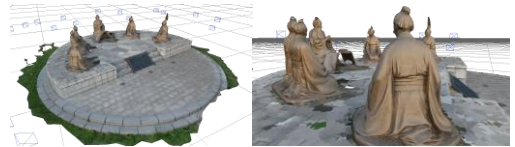


図 12 孔子杏壇講学像フォトグラメトリ処理結果

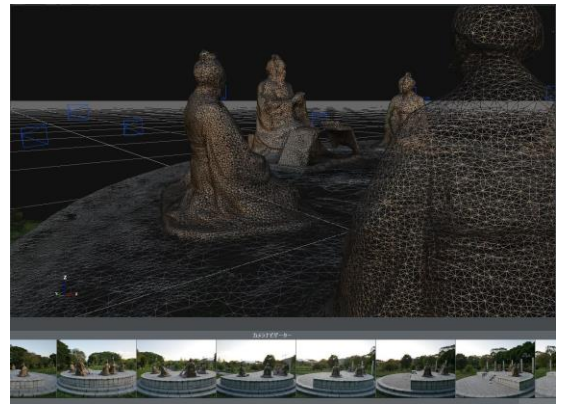


図 13 孔子杏壇講学像メッシュ表示

5.2 井戸端のサビエル像

サビエル像も同様にして、人間と同じ原寸大であるが、説教を行った井戸と同じ台座上に置かれているため、全高は平均的な人間の身長を超える高さである。しかし対象が単体像であるため、ヒューリスティックな処理が効果的に作用し、頭頂部などの撮影範囲外の領域も補間することができた。

表面の衣服のなだらかな質感もバンプノイズが発生することなく再現されている。

しかし、点群も比例して増加し、標準解像度固定でポリゴンメッシュ生成処理を行った場合 400 万ポリゴン以上となった(図 14、15)。

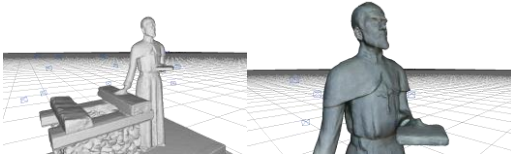


図 14 井戸端のサビエル像フォトグラメトリ処理結果

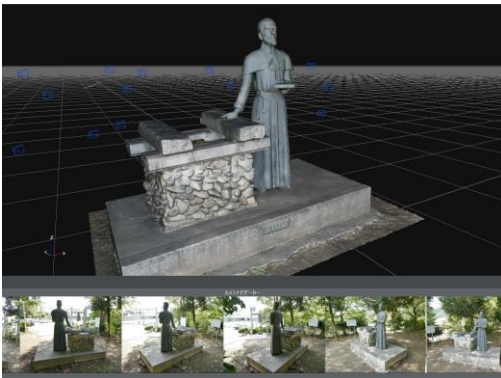


図 15 井戸端のサビエル像マップ付き全体表示

5.3 ルルドの園のマリア像

大幅なデータの欠落はなく、マリア像の形状や周囲の岩屋も再現されている。また、周囲の比較的大きく葉の枚数の少ない植物などは、その形状の再現度が高く、枚数を数えることができる結果が得られた(図 16)。しかし、その他周囲の繁茂する細かな植物群における形状の詳細は全て丸められ、原型を留めていない。とは言え、空間全体の再現性は高く、写真データとして写っていない領域も、ある程度ヒューリスティックな補間処理によって対象物の印象を保っている(図 17)。



図 16 ルルドの園マリア像フォトグラメトリ処理結果

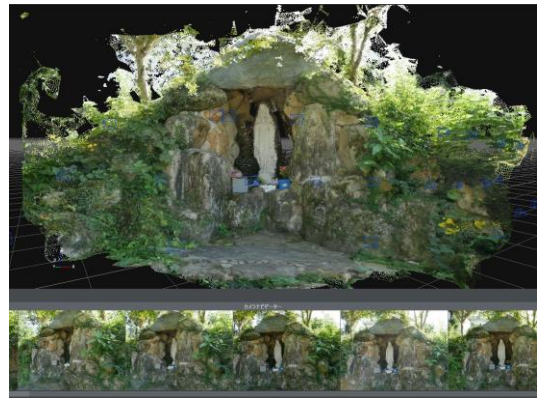


図 17 ルルドの園マリア像点群表示

5.4 レリーフ像

次に山の斜面に位置するレリーフ像の素材化を試みた。前面側の成果は極めて良好であり、レリーフであるために平坦部分とそれ以外の隆起する部分が明確に区分されるので、微細な盛り上がりなどが明瞭に再現された(図 18)。

しかしながら、対象物が山の斜面に位置しているため、背面側部分が欠落し 360 度全周撮影が出来なかった。

連続性が断絶すると、撮影されていない領域部分の情報が欠落だけでなく、その周囲のカメラ位置自体も認識しない場合も発生し、再現精度が極端に低下してしまうという結果を得た(図 19)。

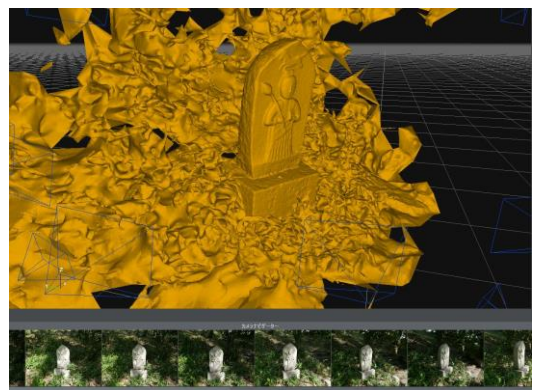


図 18 サビエルレリーフ像フォトグラメトリ処理結果

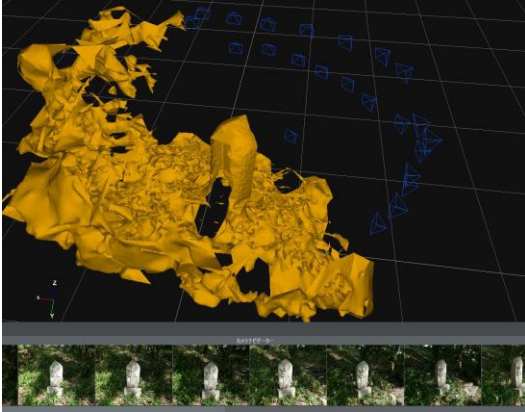


図 19 背面部分とその周囲の情報が欠落している様子

5.5 花壇

一見して華やかな花壇として視認できるが、マットなポリゴンメッシュ状態で確認すると、起伏のある単純なワンスキンメッシュとして処理されている。花の密集群度は、全く再現されていない(図 20)。

点群数 10 倍に設定を変えて試行したが、無意味なノイズが増えて形状再現に寄与しないアーティファクトが大発生する結果を得た。

しかしながら、テクスチャマップ付き状態であれば、花壇の雰囲気を保っており、遠方の添え物として使用できる余地は高い。

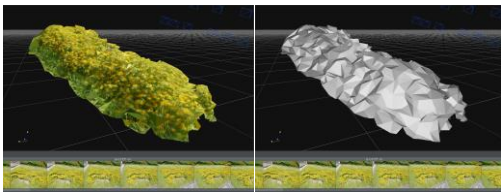


図 20 花壇に群生した花

5.6 樹木

同様に朝田墳墓群の樹木を素材化した。これもまたテクスチャマップ付き画像を一見すると、樹木感が再現されているように視認できる(図 21)。

しかし、マットなポリゴンメッシュ状態で確認すると、液体が凝集して固まったダボのような形状になっていることが分かる(図 22)。

幹部分については今回の盆景制作目的においては充分使用できる精度を得られた。

同じ樹木でも、枝葉の少ない灌木の枝や、松の木などは束生の針葉のため、細部のディテールが欠落しても、見た目の主観的な印象としては再現性もある程度までは保たれることが分かった(図 23、24)。

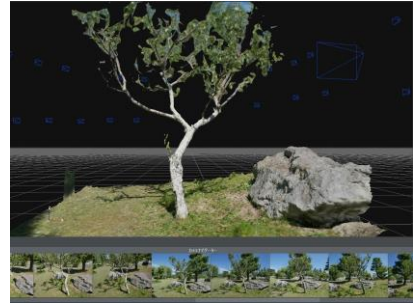


図 21 樹木のフォトグラメトリ処理画面

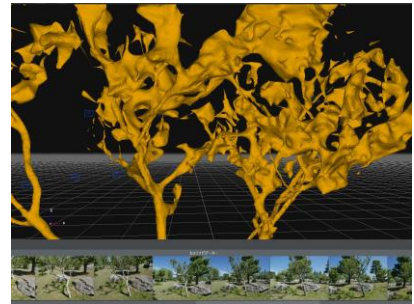


図 22 葉の特徴点が判定できずにボリューム状態になった様子



図 23 灌木の枝フォトグラメトリ処理結果



図 24 松の木のフォトグラメトリ処理結果

5.7 大岩

地上高 3m 以上の大型物体を撮影する場合、必然的にローポジションからのハイアングル撮影になるが、屋外であると天空が撮影フレーム内に入ることになる(図 25)。

天空は無限遠であるが、雲といった時間とともに推移する不定形なものが入り込むと、特徴点抽出時に不自然な空間領域を生成し、アーティファクトが発生した(図 26)。素材撮影作業は、太陽光や環境光による影などが強く出ない曇天や日没直後の環境下にて行うべきであることが分かった。

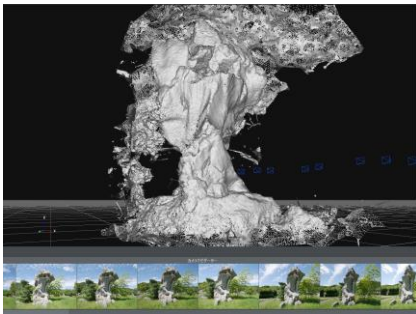


図 25 大岩のフォトグラメトリ処理結果

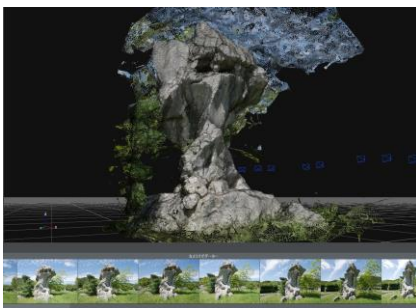


図 26 アーティファクトが発生した様子

5.8 検証結果

このようにラフネス性が高く、高周期成分の多い不定形な物体は再現性が低い。フォトグラメトリ技術のアルゴリズムからこのことはある程度予想されており、そして実際に良好な結果を得ることはできなかった。

- 樹木：葉は再現ほぼ不可
- 岩石：上方俯瞰可なら比較的良好
- 水面：反射のため不可
- 土塊：比較的良好
- 石垣：比較的良好
- 石礫：比較的良好

このように形状の複雑さや大きさの大小如何に関わらず対象物自体の属性よりも撮影された画像情報の精度によって成果の品質程度が変化することが改めて分かった。この中でも、ハイポジションからハイアングルで撮影された事例が最も効果が高かった。つまり、このような上から見下ろすような俯瞰的撮影位置からによる写真画像は、抽出判定可能な状態が常に連続的に継続する状態を可能にすると考えられる。

まとめると、ほぼ判定不能写真は皆無であった事例(図 27、28)では、以下の条件を含む場合が最もよい成果を得ることができた(表 2)。

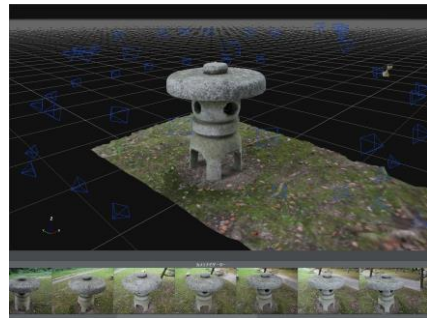


図 27 灯籠のフォトグラメトリ処理結果

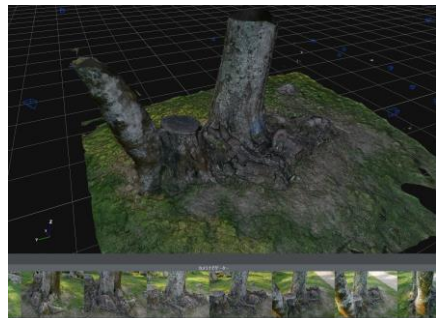


図 28 切り株のフォトグラメトリ処理結果

表 2

対象物	上方から俯瞰可能な比較的小規模構造物
撮影位置	ハイポジションからのハイアングルとローポジションからのローアングル
画角	50 mm以下の広角
周回角度	15度単位で360度全周
撮影枚数	50枚程度
光源環境	曇天等の天候状態が均一均質時

5.9 デライティング処理

素材写真は、屋外において撮影を行うが太陽をはじめとする様々な環境光に影響を受ける。

この場合、留意しなければならないのは太陽などの強い光源によって物体の表面に生じる陰影や強い反射光である。

特に、形状が複雑で凹凸部が多い形状物や、光源からの光を遮蔽するような物理環境下にある物体などである。凹凸部が多い形状物の場合、光線の角度によって物体自体の突起などによって物体表面上に自己の影、つまりセルフシャドウが生じる。光が遮蔽されれば、当然その光線の先では、いわゆる一般的な影、つまりキャストシャドウが生じる。

例えば前者であれば、岩や樹木などであり、後者であれば森林や山中である(図 29)。



図 29 物体表面に著しい影が生じている対象物

しかしながら、素材対象物は主としてこれらの形状および環境下にあるため、必然的にセルフシャドウやキャストシャドウは回避できない問題となる。

このような影が生じると、拡散反射光の一部が欠損するだけでなく、リアルタイムで行う VR 空間内での仮想的なシーン光源が生成する影や陰影と矛盾が生じる。よって可能な限り、影や強い陰影を避けて素材化

を行うか、それが不可能な場合は陰影によって失われた拡散反射の情報を強制的に復元する必要がある。

そのための対策として以下のことを行った。

- 光量が平均化される曇天下の環境にて行う
- レフ版やディフューザーを活用し光源量の中和や均衡化を行う
- 撮影後のデータに対してデライティング処理を行う

まずは曇天下の環境にて撮影を試みた。周辺環境の光量が安定し、テクスチャ品質が良好であったが、ISO800 以下でのシャッタースピードが手持ち撮影の限界値 1/30 以下になる場合が頻出し、ブレの可能性が高まった。

これに対処する方法として、カメラ三脚固定とリモートコントロール機器による遠隔操作による撮影を行った(図 30)。1 テイクの撮影時間が通常の約 5 倍になったが、ブレの問題は解消となった。



図 30 カメラ三脚固定とリモートコントロール機器

次いで、レフ版による光源量の中和や均衡化を試みた。あくまで光を反射させて影の発生を抑えることができるだけで光量を減らすことはできない。

光量が維持され、陰影を意図的に制御できる点においては利点を見出せるが、レフ版による光の制御は、一方向のみ有効であり、撮影位置を推移させる毎にレフ版調整が必要となる。全方位からの撮影には対応できない場合もある。また光量の制御に偏りが生じるため、カメラ位置特定処理の段階で検出不良になる場合もある。

その点、ディフューザーは疑似的に曇天的な状況を作り出せるので利点は多いが実際に光量調整をすると屋外用簡易テント程度の大きさが必要となるため、現実的ではない。

このように撮影時における光量調整が最も効果的であるが、設置や運用に制限や限界があるため、撮影後のデータに対して後処理としてデライティング処理を試みた。

影が強く発生しても周囲光が存在するため、真っ黒にはならず、多少なりとも本来の拡散反射光は写真データの中に撮像されている。デライティング処理においては、それらの拡散反射光情報は明暗等の差異はあったとしても、本来は同じものであるということを経験として近似解を高速で求めるヒューリスティック・アルゴリズムによって、フォトグラメトリによって立体化された形状の法線マップ情報等を用いながら、影が生じていない領域の拡散反射光情報を逆算して本来の拡散反射情報を復元する技術である。

専用の処理ソフトウェアがあり、Unity Delighting Tool など検討したが、法線マップやアンビエントオクルージョンマップなどの他の付加情報を必要とせず 8 ビット JPEG テクスチャ用に最適化された形で処理を行う事の出来る Agisoft De-Lighter を選定した。

どのような環境において撮影されたものも撮影条件や環境は処理過程の最適化処理には一切反映されず、あくまでフォトグラメトリの結果から得られた形状情報と拡散反射光から生成したテクスチャの RGB 情報から最適な分布を推定する。形状判定についても、付加情報を必要としない分、人間の方で陰影や飽和した拡散反射光の領域を手動で指定しなければならない。

よって処理結果によっては、処理が行われた領域の本来の情報が再現されずに劣化する場合もある。

万能な処理方法ではないが、最終的な手段として有効であり、処理結果においても今回のような高精度を求めないアート作品制作での用途には十分な成果を得ることができた (図 31)。

これらの結果から、それぞれの方法の有効性撮影条件や環境、対象物などと照合しながら、最適な方法を組み合わせるという方法によって、デジタル素材化における陰影問題を解消した。

5.10 データの最適化処理

前述したように、複雑な形状であっても、大型物体であっても、対象物自体の属性よりも撮影された画像情報の精度によって成果の品質程度が変化する。

撮影時の画素数が、対象物体の面積あたりの品質を左右する。つまり、特徴点の抽出と、拡散反射光をテクスチャマップにする過程において適切な解像度があるということである。

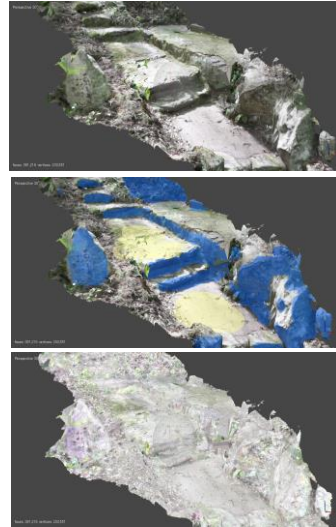


図 31 段に生じた陰影を手動で指定し、デライティング処理によってマットな拡散反射光のみになった石段モデル

通常、一般的なデジタルカメラの画素数は 2000 万画素である。この画素数から対象物の拡散反射光を再現するための RGB 情報を抽出するとすると、更に有効画素数は低減し、また再現すべき対象物の見かけ上の面積と数が増えれば、それだけテクスチャマップの割り当て情報も低減する。

つまり、小石一個と大木が同じポリゴン・テクスチャマップサイズにならないようにするための適切な解像度設定が予め必要になるということである。

特にテクスチャマップ情報は標本時の情報が最大値であり、ポリゴンメッシュ生成処理のように、スケラブルに生成できないため解像度の最適化は重要な処理である。

山口県維新百年記念公園孔子杏壇講学像と山口サビエル記念聖堂井戸端のサビエル像はどちらも人物像である。前者は 5 体、後者は 1 体である。

ポリゴンメッシュ生成においては、単純にポリゴン数を 5 倍すれば、とりあえず形状の精度は両者とも保たれるが、テクスチャマップは、同じ 2000 万画素内の拡散反射光情報から生成されるため、単純比較すれば、質感の精度は前者が 1/5 ということになる。よって、両者同様の質感情報を同程度にするためには、前者を 5 回の工程に分割するということになる。

全てにおいて過剰かつ冗長性を持った形で標本化しておけばよいが、コストや効率性、計算機資源の有限性を考慮すれば、そのような方法は適さない。

そこで、効果と効率の調整のためポリゴンの最適枚数テクスチャの最適解像度および加工修正の最適な方法について検討を行った。

まずは、最終的な出力時の解像度である。HMD の LCD ディスプレイ解像度は、2560×1440 ドットである。これらは比較的低い解像度である。

しかし、アセットファイルのデータとしては、これを全周分格納しておかねばならない。視野角が 110 度であるために、単純計算で約 3 倍のデータ量が必要となる。

加えて、実寸表示を行う場合は、メートル単位での精度で形状や質感の表示を行うため、最大接近時の画面解像度を考慮して、アセットファイル全体のデータを用意しておかねばならない(図 32)。

現行の一般的な PC のスペックおよびネットワークの通信帯域から逆算し、実際に稼働可能な有効性のあるファイル容量を推定して求めた。その結果、VR 閲覧時の表示面積や視点の近接距離を勘案し、それぞれのオブジェクトデータに以下のように割り振った。

- 全体ポリゴンメッシュサイズ：100 万ポリゴン
- 単体オブジェクトにおける最大テクスチャマップサイズ：8192×8192
- 最大ファイルサイズ容量：100MB 上限値（ポリゴン 40MB、マップデータ 60MB）

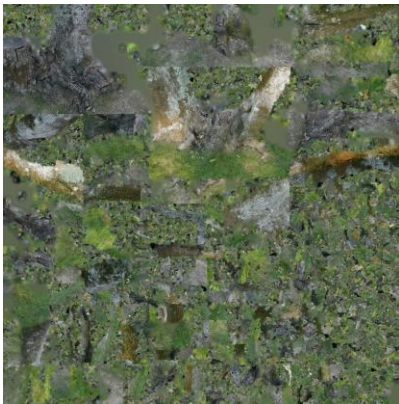


図 32 拡散反射光から生成された約 1677 万画素の苔の生えた岩石テクスチャマップ画像

6. デジタル盆景制作

デジタル素材化の次は、空間の構成や意匠設計である。想定している盆景作品に相応しい苔むした岩や小

ぶりの樹形を得るために主として山口県山口市内の龍蔵寺と香山公園周辺を採取場所に選定した。そして、それらの場所から大小合わせて 120 個程度の素材をデジタル素材化した。その中から厳選したデジタル素材を用いて盆景様に構成するためにまずはデジタルコンテンツクリエーション（以後 DCC）ツール上で試作を行った。

6.1 試作

自然のあるがままが、作法であり流儀とされるところであるが、このような積極的加工編集はデジタルコンテンツの優位性であり、かつ表現としての多様性を検証する上で不可欠な工程である。

自然由来の前提が無効化しない程度に、トポロジカルな加工修正にとどめ、より盆景表現として面白みや芸術性を高めるための侵食や隆起などの二次処理を行った（図 33）

昭和 54 年刊行の指南書[4]においては、芸術作品としての演出・作法として、主として以下の事を約束事と定めている。

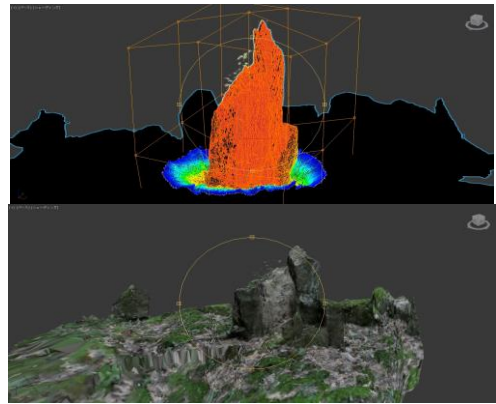


図 33 奇石風に突起部を編集する処理

- 盆全体の構図は非対称を基本とする
- 盆の中心を基準として割合を定めない
- 樹木、岩石、点景物等の数は奇数とする

写真作法でいうところの日の丸構図とせず、微妙な塩梅による非対称性の中に律動する美観を実現すべしということである。本作においてもこれに倣い、基本的な構図を策定し、山水盆景らしい造形立体物を作ることができた(図 34)。

そして、DCC ツール上での動作パフォーマンスも良好であり、処理タスクに十分余裕があることを確認した。動作 PC の諸元は以下のとおりである。現行の一般的な PC において問題なく稼働出来ることを確認した。

- OS:Windows10 64bit
- CPU:i3-3240 3.20GHz
- GPU:GeForce8600GT
- Mem:8GB
- FPS:1/30



図 34 試作盆景

6.2 本制作

6.2.1 景観の基本構成

VR 閲覧を前提とするため過剰な空間誇張は、自然な立体感を阻害するので逆効果である。そのため基本的にリアルスケールによる構成を旨とし、過剰な誇張は行わない事とした。

空間の粗密感と実寸における空間上の見えを空間内のどの位置にいても方向性が明確であり、なおかつ美的景観を維持できるように空間の稜線に配慮を行い、要素の配置に留意した。そして、中心となる形状物に繁茂した岩を置き、周辺に石垣や石棺、小枝など、相対的な大きさは全く異なる素材同士を、変形修正を行い、盆景の持つ芸術的指向性を検討し、筆者の感性にて自在に配置、変形を施し景観を構成する事を前提項目として作業を進めた。

6.2.3 役石・役樹

盆景の作法の一つに、役石・役樹というものがある。滝の周辺や川の源を遮蔽し空間の切り口を隠蔽する場

合や、主題を引き立てるために傍らに配置する情景の要となる岩や樹木の事である。

6.2.2 水盤

盆景を入れる容器として生け花用の平坦な水盤が用いられるが、見映えの面白さと VR 閲覧時の視界制限のために、龍蔵寺にある鼓滝を基本の台座とした。

鼓滝は段差のある溪流瀑であり、起伏に富み興味深い形状を有しているが、今回の用途のため滝口から滝壺及びその周辺域の空間に均一球状変形処理を加えた。ただし、そのままでは変化に乏しく見た目に単調な印象であるため、滝口周辺の形状を突起させ山頂の稜線に見立てて水盆とした (図 35)。

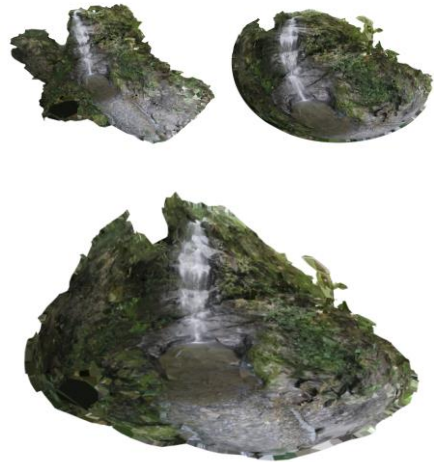


図 35 円球形状化したのち山なりに編集加工した鼓滝

それら役石・役樹として、全長 30 cm 程度の灌木の小枝を大木に見立てた。単なる小枝であると密度が低い灌木の枝の先端部分は、大木を縮小したかのような緻密な枝の分岐があり、小さくても風格を感じる。

石垣や石礫については、雪舟作庭とされる山口市内の龍蔵寺の池泉回遊式庭園周囲の石を中心に据え、繁茂した苔草などを選定した(図 36、37)。

6.2.4 点景・添景物

点景物として、松毬を四阿に見立て松毬の内部に空間を設け、そこに全体空間をスナップショットした小型の盆景を配置し、入れ子構成にした。



図 36 役石・役樹として用いた素材群



図 38 四阿に見立てた松毬



図 39 その他点景・添景物群

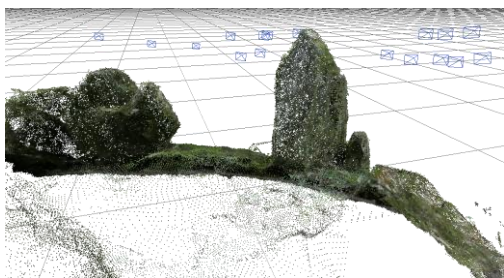


図 37 役石・役樹として用いた素材群

その他、十字架や人間、椅子等を海側に視点を誘導する目的で配置した。その他に演出としてパーティクルによる発光体の飛翔の軌跡や飛沫等を表現した。

6.2.5 完成

配置後の物理的な適合性や VR 空間における視点移動や空間移動のナビゲーション性に配慮し、空間が必然的にはらむ意境性を表すために各素材群の最適化を行った (図 40)。

その成果として、各要素は実在する自然由来の素材を用いて実在しない架空の空間を構成した(図 41)。



図 40 デジタル盆景作品における各素材群



図 41 完成したデジタル盆景作品

7. VR 閲覧

中国の盆景創作手法においては、「工于布局小中大見」という基本作法がある。

工于布局とは、遠近法を用いて臨場感や空間の拡がりを巧みに表すことである。

遠くにあるものは小さく造形し、輪郭を曖昧とさえ、淡い色合いにするのである。

そして、構成物同士の色合いや大小関係、空間に置かれる位置などを考慮して互いが引き立てあうような効果的な対比関係をなすのである。

小中大見とは、このようにして作者の表出したい情緒や意図を構成し、鑑賞者の連想を誘起させ見立ての構造を成立させることにより、小さな造形物の中に雄大な大自然を表そうとすることである。

本作においても、この作法を踏まえつつ、VR 閲覧時のスケール感や空間演出を検討し、方法や手法について実証制作を行って検証を行った。

7.1 開発環境とレンダリング処理

開発環境は、以下のソフトウェアとアドイン機能によって構築した。

- Unity : 2018.1.4
- GoogleVRForUnity_1.130.1
- JDK : jdk-8u172-windows-x64.exe
- AndroidSDK : Android 8.1

JDK や ASDK 側にリビジョンの相性があるために構成が異なるとエラーが頻出することになるが、上記環境下においては安定的にビルドを行うことが出来た。

次に閲覧方法のためのレンダリング処理である

まずは、Unity 上にてデジタルデータを直接閲覧できる簡易的なプレビューソフトウェアの試作を行った(図 42)。明度・彩度差による遠近法として、水盤な円形の背景相当部分に関しては若干質感情報のコントラストや明度彩度等を調整し、距離感を演出した。

次に被写界深度による遠近法として Unity に実装されている標準物理カメラを用いた。

しかし、リアルタイムレンダリングの性質上、物理ベースレンズシミュレーションは処理の負荷が高くなり、パフォーマンスが激減したため、実装を見送った。



図 42 Unity 開発画面

次に Z バッファを用いてイメージスクリーンプロセス上での平滑処理による疑似的被写界深度を試行した(図 43)。

この方法は、物理ベースレンズシミュレーションのボケをガウスフィルタで疑似的に代替するものであり、比較的処理負荷が低い。

しかし負荷の割合に対して期待する程度の視覚心理的效果を得られなかったために実装を見送った。この方法では焦点距離を一点に強制することになるために VR によって得られている臨場感を逆に損なうことになってしまう。

この問題を解消するにはリアルタイムでフルフレーム毎に Z バッファを生成し、視点追従によって常に焦点移動できる機能を実装すればよいが、アイトラッキング機能を備えた普及型 HMD は現状リリースされておらず、そのため当該機能は次の課題としたい。

このような結果から VR 空間内を実空間として移動する際において超遠近法のようなトリック的な構成法は採らず、相対的な距離や空間が実空間と一致するように構成した。

しかし、HMD の視野角 120 度であるために、実寸であると体感として現実空間より狭く大きく認識されてしまう。そこで、スケーリング 90% とすることで感覚的に空間把握と移動を行いやすく調整した。

また、工于布局に倣い、鑑賞者の移動範囲や動線に沿って近いものは、スケールアップを行い、遠いものはスケールダウンを行い、相対的な大きさを変更し比率の差を若干拡大した。空間誇張を消極的に行うことにより、視点の移動が少なくとも全体が見渡せ、かつ実際よりも長い距離を移動したように感じる。これは、遠近感の強調といった外観上の効果だけではなく、VR 酔いを抑制する効果もあると考えられる。

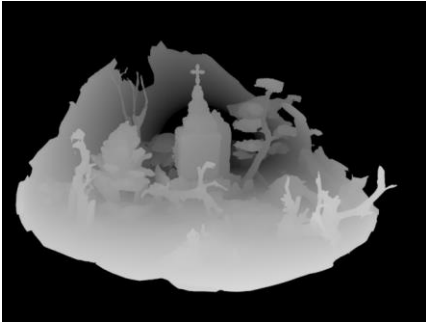


図 43 盆景を Z バッファ値からグレースケール化した画像



図 44 Lenovo Mirage Solo の装着図

7.2 鑑賞用 HMDVR デバイスの選定

HMDVR デバイスの選定については、コンソールゲーム機の PlayStation 上で動作する PSVR は開発環境の問題から候補から除外し、PC 環境上で動作する Oculus Rift DK2、同 Quest、Daydream を候補として検討した。今回の制作主旨を満たすには、制作途上にある 2019 年 6 月時点において、以下の要件を備えているデバイスでなければならない。

- プログラムを冗長性の高い状態でビルドし、安定動作させるためにメインメモリが 32GB 以上であること
- 自由な動作を可能にし、空間や事物の存在感を向上させるため、VR デバイスのローカル座標だけでなく、VR デバイス自体のグローバル座標を取得できる 6DOF (six degrees of freedom) ポジショントラッキングセンサーを搭載していること
- 使用する場所の制限をなくし、運用を簡便にするためにケーブルレスであること

以上の条件をコスト的にもバランスよく満たす HMDVR デバイスとして、Daydream プラットフォームで動作する 2018 年リリースの Lenovo Mirage Solo (以後、LMS) と 2019 年リリースの Oculus Quest の 2 機種を候補とし、LMS を最終的に採用した。

理由は、当該 HMDVR 上にての開発経験があり [10]、また VR 空間を駆使した新たな表現・体験を生み出せるクリエイティブプラットフォームを謳った Web 上で動作する VR コンテンツのオーサリング環境である STYLY に LMS が対応しているためである (図 44、表 3)。

表 3 LMS 製品仕様一覧表

プロセッサ	Qualcomm® APQ8098 オクタコアプロセッサ (最大 2.45GHz)
OS	Daydream 2.0
メインメモリ	メインメモリ 4GB フラッシュメモリ 64GB
表示機能	ディスプレイ ※ 5.5 型 IPS パネル (2560x1440 ドット)
	レンズ 非球面フレネルレンズ、110° FOV
センサー類	WorldSense™ 対応デュアル・モーション・トラッキング・カメラ、ジャイロセンサー、加速度センサー、電子コンパス、近接センサー

7.3 VR 空間内での移動鑑賞用

大きな利点である 6DOF ポジショントラッキングを活用するために開発者モードから Safety area の移動制限を解除した。Safety area が無効化されると、障害物がない限り、プレイヤーは無制限に移動ができる。

本作においては、ポリゴンメッシュベースのアセットであるために、一定の距離を移動し、そのアセットの最大値を超えてしまえば、その先には何も表示されない。そのため移動領域を示すため水盤の空間を視界制限として用いた。しかし、衝突判定は行っていないので、今後の改善点としたい。

移動に関しては、Daydream 規格のコントローラーを用いて、テレポート移動できるようにプログラムを加えた。コントローラーを傾けることによって、空間内に仮想の放物線を描き、目的地を指定して、そこへ直接移動して空間移動すべき距離をショートカットする空間移動方式である。ただし、6DOF 機能によって現実空間と同様の移動も可能である。

7.4 処理パフォーマンスの調整

Unity には、プログラムの実行時における負荷状態を監視する機能である Statistics(Stats)と Profiler が搭載されている。今回のプロジェクトの負荷状態を、まずは Statistics で確認したところ、875×383 の解像度において 1 秒間に描画しているフレームが 14.7、全体的な DrawCall 数である Batches 数が 124、マテリアル処理に対しての DrawCall である SetPass calls が 47、影の処理に対しての DrawCall である Shadow casters が 79 という結果であった(図 45)。

DrawCall とは、1 フレーム描画するのに、CPU から GPU に対して何回描画命令を送っているかを示す値であり、この数が少ないほど負荷が低く、高い描画レートを維持できているということである。標準的な描画レートとして 30FPS、DrawCall 数 200 が Unity 上での目安となっている。

今回の評価としては、基本的な負荷としては標準以内であるが、VR コンテンツであるため、解像度が 1.5 倍、左右ステレオ画面で描画を行うため 2 倍の処理が必要となるため、単純計算でも 3 倍以上の解像度と処理が必要である。



図 45 盆景作品における Stats 表示画面

そこで、Profiler を使って、フレーム毎の処理を時系列で再検証を行った。複雑なプログラムではないので、ボトルネックやタスクマネジメントに由来する原因はないと考えられる。VR の場合は、左右 2 画面分計算して出力することになるが、単純に 2 倍とはならない。ステレオ出力自体はフレーム毎の負荷よりも、ヘッドセットの動きに追従し、円滑に画像をレンダリングさせることが、体験要素としては重要である。

よって不本意ながら、ライトの数やマップサイズ、陰影の品質など構成要素のいずれかの品質を低減させてパフォーマンスの維持向上を図った (図 46)。

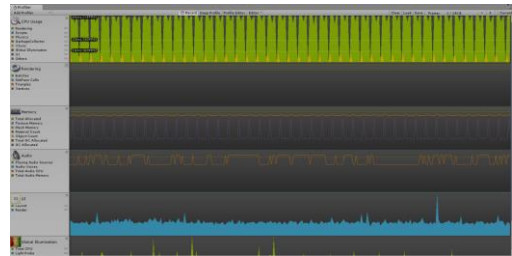


図 46 盆景作品における Profiler 画面

このような空間を VR による HMD で閲覧するために Unity 上でビルディングする方法を検討したが、前述のとおり複雑なポスト処理を行わず、リアルタイムステレオ画像を送出するだけに留まる仕様に変更したため、既存の Web 対応 VR オーサリングシステムである STYLY 上にて HMD 閲覧を行う事とした。

STYLY とは、VR 空間を駆使した新たな表現・体験を生み出せるクリエイティブプラットフォームを謳った Web 上で動作する VR コンテンツのオーサリング環境である。2018 年時に PARCO、STYLY、loftwork の三者が主催する STYLY のコンテンツを対象とした NEWVIEW2018 コンテストに応募を行い、その結果世界 7 ヶ国、応募総数 219 作品の中から一次審査を通過したファイナリスト 19 作品ファイナリストの一つとして選出された[11]。

このような制作歴で得た成果を活かし STYLY 上にて今回の試作で試行した作品を展開した (図 47)。



図 47 STYLY 上にて動作する VR 盆景コンテンツ

テクスチャ品質やポリゴン数が品質低下するだけでなく大幅な遅延が発生してフリッカーも生じるが、6DOF 機能が有効に作用し、臨場感のある VR 鑑賞を行うことができた(図 48)。



図 48 完成した VR 盆景コンテンツ

8. まとめ

このようにして従来の古典的盆景作品とは異なり、空間インスタレーション的な主観と存在性による実存的体験性とジオラマの造形表現による客観的な鑑賞体験性の一致化を VR によって実現できた。

フォトグラメトリ技術や VR 閲覧といったデジタル技術と盆景との親和性や適合性が高いことを確認し、作品として成立することを実証した。

今回最も時間と試行錯誤を要したのは、フォトグラメトリ技術によるデジタル素材化である。

フォトグラメトリは、本来は計測器では計測不可能あるいは高コストになるような地形などの物理的状況を調査するための広域標本化技術である。

よって、今回対象とした日常的な空間内に存在する比較的小型物体の標本化には適しておらず、デジタルアーカイブ的な運用には現時点では精度的にハードウェア計測に劣る。しかしながら、アート制作目的には充分利用可能な精度と可能性を有していることが今回の成果として得られた。

そしてそれらの知見は、デジタル盆景の新しい可能性を拓く契機となり得ること実証できた。

近未来においては、数理上生きた盆景、つまり自然界の原理法則によって生成流転する動的な盆景を人間の五感を再現する VR デバイスによって文字通り仮想現実として鑑賞できるようになると予想される。

今後の改善点としては以下を検討している。

- 苔表現方法の開発
- 簡易エディタの開発
- 閲覧環境の改善
- アンケート等による定量評価

汎用性と処理速度を維持するため、苔などの表現においてはシェーダーなどによるリアルタイム性は今回は実装せず、写真素材そのままの拡散反射による苔を用いた。

苔の表現は、盆景作品に視覚的な統一感を与え、また繁茂する状況をリアルタイムで可変できることにより一層デジタルコンテンツとしての盆景の必然が付与されると考える。よって、苔表現に関しては次回以降に取り組むべき課題としたい。

次に簡易エディタの必要性である。今回は、DCC ツール上での手作業にて素材配置や構成を行った。専門性を持った者がワンメイク作品を制作する場合は本論における手法でもよいが、専門的な操作知識を有しないが盆景に素養がある者や制作意欲を持つ者がデジタル盆景を制作したいという場合のために簡易的な素材配置構成用エディタがあれば、より一般利用者へ開かれたものになる。よって、簡易エディタの開発も今度の課題として取り組みたいと考えている。

VR 酔いは、当該コンテンツに限ることではなく、VR コンテンツに関わる全般的な問題である。ただし解消方法は、コンテンツ毎に対策する必要がある。

当該コンテンツの場合は、激しい視点移動やアクションがないために比較的穏便な鑑賞姿勢で充分であるが、それでも鑑賞者によっては VR 酔いになることもあった。そうした対処の方法として今回はスケールダウンや空間誇張による視野の広角化によって対処したが、今後さらに有効な方法を検討したい。

当該コンテンツの成果について、客観的な定量評価を行うべく、アンケート調査等の実施を今後行いたいと考えている。

以上を今後の改善点として取り組んでいきたいと考えている。

文 献

- [1] 丸島秀夫、“中国盆景の世界 1 盆景”、農山漁村文化協会 (2000.9)
- [2] 篠原 柏庭、“盆景”、著成美堂書店 (1935)
- [3] 江原梅松(春夢)等、“盆景盆石盆山盆庭秘訣図解”、博文館 (1901)
- [4] 日本盆景協会、“盆景 鑑賞と作り方”、編誠文堂新光社 (1979)
- [5] 井上浩、“コケづくり入門 庭, 盆景, 鉢植・箱植, 盆栽”、池田書店 (1970)

-
- [6] 手塚直人、“手軽に楽しむ苔園芸コツのコツ”農山漁村文化協会 (2015)
- [7] 丸島秀夫、“中国盆景の世界 3 奇石”、農山漁村文化協会 (2000)
- [8] 丸島秀夫、“中国盆景の世界 2 花盆”、農山漁村文化協会 (2000)
- [9] 熊谷武洋、“アート系コンテンツ制作のための 3D スキャナー活用方法の研究”、山口大学教育学部研究論叢、第 67 巻第 3 部”
- [10] 熊谷武洋、“プロシージャル手法による VR コンテンツの開発”、山口大学教育学部研究論叢、第 68 巻第 3 部”、(2019)
- [11] TakehiroKumagai,Newviewdesign awards2018 , <https://newview.design/compression-artifact-en>

〈著者略歴〉

熊谷 武洋 (くまがい たけひろ)

1970 年大分県生。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、山口大学教育学部准教授。