

フォトグラメトリーにより作成した骨格標本レプリカの展示と活用事例

「動物のからだ展」を通して

EXAMPLE OF UTILIZATION DISPLAY AND USE OF SKELETAL SPECIMEN REPLICAS PRODUCED BY PHOTOGRAMMETRY

About "Animal Body Exhibition"

.....
吉田 雅則 芸術工学教育センター 准教授

Masanori YOSHIDA Center for Art and Design Education, Associate Professor
.....

要旨

本稿は科学研究費助成事業 16K00731「地域博物館の有する骨格標本を 3D プリンターを用いて活用する手法の開発と実践」及び、その成果発表としての「動物のからだ展」の実施報告である。研究においては美術・デザイン系大学の取り組みとして、地域の自然史博物館や動物園資料館に収蔵されている骨格標本のデジタルデータ化と 3D プリンターを用いたレプリカ制作、及びそれらを展示、教育目的として活用する一連の試みを実践した。3D スキャンの手法としてはフォトグラメトリーを採用している。フォトグラメトリーのデータ取得において、館外への持ち出しが難しい貴重な標本については、撮影条件を整えるのが困難な出張先においても成功率を高めるノウハウも確立した。本稿においてはそれらについても報告している。

「動物のからだ展」ではこれまでに無い試みとして、美術と博物の垣根を越え、人工物である美術作品や標本のレプリカを同じ会場で比較して展示をしている。

多くの展示・発表の機会も創出し、「動物のからだ展」では 9 日間で 2,700 名の動員を得た。

Summary

This report is the implementation report of Grants-in-Aid for Scientific Research 16K00731 "Development and practice of a method to use skeletal specimens owned by the natural history museum with a 3D printer" and "Animal Body Exhibition" of the research's result announcement. In this research, as a study of art design university, we did digitalization of skeletal specimens and replica production using 3D printer. The replicas were produced using skeletal specimens stored in the museum of natural history and the zoo's museum, and those collected by ourselves. I adopted photogrammetry as a method of 3D scanning. It is very difficult to acquire data of valuable samples that are difficult to take out outside because it is difficult to set up the imaging conditions. We have also established a way to increase the success rate of data acquisition under such difficult shooting conditions. In "Animal Body Exhibition", we made an unprecedented attempt. We display replicas of works of art and specimens, which are artefacts, across the boundaries of art and museums at the same venue. At the "Animal Body Exhibition", 2,700 people were mobilized on the 9 days.

1. はじめに

日本各地の科学博物館には膨大な自然史標本が収蔵されている。博物館は研究者に向けてそうした資料の収集や蓄積、管理を行うこと自体も重要な目的である。しかし、研究者以外の一般の利用者がそうした収蔵物にアクセスする機会は極めて限られており、活用の敷居も高い。本報告の基になる研究で題材とした骨格標本についていえば、その多くは未組み立ての状態ですべての部位ごとにバラバラに袋に収められており、その動物の生前の姿や全体像を知ることはきわめて困難である。また、貴重な標本の劣化を防ぐ意味やコスト面から鑑みても直接型をとり複製や組み立てを行うことも非常に難しいと言える。一般の多くの人にとっての関心の対象となるのは「動物のかたち」に関することであり、生き物をテーマとした絵画や彫刻を制作する作家やデザイナー等からも、自然史博物館がもつ膨大な資産を制作のための資料として活用したいという声も多く聞かれている。博物館サイドにも広く一般に対して公開する意欲を持つ関係者も多いが、貴重な標本の破損や紛失を避ける等、保全的な観点やコスト的な問題による課題が残されている。筆者はそうした状況に鑑み、科学研究費助成事業による基盤研究「地域博物館の有する骨格標本を 3D プリンターを用いて活用する手法の開発と実践 16K00731 2017 年～2019 年」において、フォトグラメトリーと 3D プリンターを活用したレプリカ制作とその活用法の実践的研究を行ってきた。本研究の開始時点では本邦の自然史系博物館においてフォトグラメトリーによるデジタルデータ化がどれだけ進められているか、資料も数少ない状況であった。日常的な業務活動において複雑な形状データを必要とするコンピューターグラフィックス作品やゲーム制作の企業における事例も同様にそれほど多くはなかったが、本研究の準備をはじめた 2016 年あたりから商業用のアプリケーションと共にスマートフォンで稼働する一般向けのソフトも多く発表され、関係雑誌などでノウハウが紹介される機会も増えるなど、状況が大きく変わっていった。

先にも述べた通り、創作に携わる者や美術系大学の学生が人物やキャラクター、実在する動物や想像上のキャラクターなどの創作を行う際に用いるリファレンス画像や一次情報にアクセスするのが非常に困難であるという状況がある。いきものを形作る骨格や筋肉の形状は非常に複雑であり、2 次元である図や写真からは 3 次元的な立体的な構造をつかむことは困難である。そうした点において、美術大学が持っている「カタチ」に関する知識や経験、デジタルデータのハンドリング手法を自然史博物館の研究者との協力により活用し、3D データ化、3D プリンターを用いたレプリカ制作を行って展示、閲覧などにより活用するノウハウを構築することが博物館側、美術、デザイン関係者の双方から期待されていた。

本稿ではそうした背景のもと進められたレプリカ制作に関する実践的研究の成果と、いくつかの成果発表やワークショップ、さらにその実践の場として実施した「動物のからだ展」についての報告を行う。

2. 研究課題「JSPS 科研費 16K00731 地域博物館の有する骨格標本を 3D プリンターを用いて活用する手法の開発と実践」について

2-1. 意義と目的

平成 28 年度から 30 年度にかけ、先述の科学研究費助成事業による研究課題により動物の手の骨格標本を題材にした研究を行った。いろいろな部位の中で特に手の骨格をテーマとして選んだ理由として、収蔵されている標本から比較的多様な種のものを見つけやすいことに加え、その動物が生存している環境や食べ物の違いなど、生きるために獲得した機能の違いが形に表れ、一見して差違がわかりやすいことがある。また、組み上げる前の一つ一つの骨自体はそれほど大きくなく、コンシューマー向けの 3D プリンターでの一体出力が現実的なサイズであることも挙げられる。研究開始当初には以下の 6 点を予想される研究の結果と意義として設定した。

- 1: 哺乳類の手の骨格の 3D スキャンデータ 10 点の完成
- 2: ハンズオンを含む展示に耐え得る骨格標本 10 点の完成
- 3: データの応用的活用事例としての CG 映像の完成
- 4: 出張ミュージアムや展示での実践的使用とそれを通じたノウハウの蓄積
- 5: 動物の研究者や一般の社会に向けた展示会の開催による社会的還元
- 6: デザイン、芸術の実践者に向けた展示を通して新たな職能開発につなげる考察を行う

2-2. 方法

研究の方法については、大きく分けて 3D スキャンの手法であるフォトグラメトリーについて、3D 出力や組み立て展示方法について、展示ワークショップの実践についての 3 項目 (2-2-1. 2-2-2. 2-2-3) に分けて報告する。

2-2-1. 3D スキャンについて

研究の開始時点においてコスト的、技術的観点から接触式スキャンやレーザーを用いるものなど、他のデータ取得方法では研究遂行に十分な形状データを得ることが困難であることが予想できた。そのため、それまでにテストを繰り返し、結果を踏まえた上で主にフォトグラメトリーによるデジタルデータ化を行うことが最も適切であると判断した。これらは、過去に筆者が行った「動物の手の骨が持つ形体の美しさや構造の強さを、デジタル技術を用いて考察する」神戸芸術工科大学 2016 年共同研究 で基礎的なノウハウは構築され、実践済みである。

フォトグラメトリー自体はけっして特異な手法ではなく、デジタル技術が台頭する以前からある測量技術をデジタル技術により応用した手法であり、現在では機器やソフトの普及によって気軽かつ安価に 3D データを得られる方法である。スマートフォン向けのアプリ

ケーションやクラウドサービスも登場している。ただし、本研究で設定したクオリティラインに達する精度を保持した上で、不正の無いクリーンな 3D データを得るためにはデータの欠損やアーティファクトの除去、適切なリダクションを行うなど、それなりの専門性やノウハウの開発が必要となるのが実情である。たとえ既存のツールを組み合わせ使用としても、機械的に処理を実行するだけでは実際の使用に適したデータを取得することはできない。作成するモデルのサイズや形状要素などを勘案して適切なメッシュを構築するなど、多分に職人的な観察と経験の要する作業を経る必要がある。また、データ取得 (撮影) の条件によってもデータの品質が大きく左右される。フラットな光源など一定の条件を確保したスタジオでの撮影が望ましい。しかし、博物館に収蔵されている自然史標本はそれ自体が貴重であり、各種条例による制限や破損予防のため館外への持ち出しが限定されているものも多い。そうした理由により、保管の現場に機材を持ち込んでの出張スキャンのノウハウ開発が前提となることが予想された。こうした要素からか、現在稼働する商業用途のフォトグラメトリー専用スタジオ関係者には撮影の経験が豊富なカメラマンを前身とする者も多い。データ取得時にはオブジェクトのサイズも記録しておく必要がある。そのために寸法を得る目的で虫ピンによるマーカーを設置した (図 1)。これにより、それぞれの骨のスケールを実寸で記録することが可能となる。

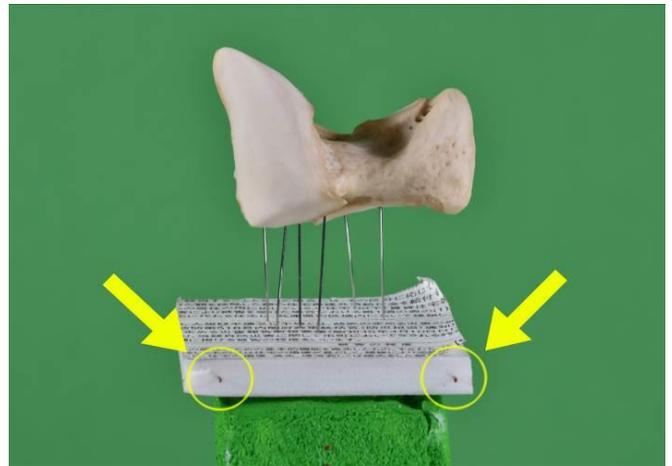


図 1 サイズを記録するためのマーカー

フォトグラメトリーのソフトとしては複数の既存ツール⁽¹⁾をテストし、成功率の高さや計算スピード、拡張性の高さ、データの優秀度等から CapturingReality 社の RealityCapture を採用した。出張スキャン⁽²⁾について、国立科学博物館筑波研究施設の撮影では収蔵庫に機材を運び入れ、照明など、できるだけ条件を整えた上で撮影に挑み、2日間で5種類の動物の前肢、合計で149個の骨の撮影を行った(図2)。一点につき平均85枚撮影を行うため、総撮影枚数は12,600枚ほどである。



図2 国立科学博物館筑波研究施設でのデータ取得の様子

取材を終えてから一週間ほどかけてデータ化のための計算を行い、結果として、149点のうち145点のデータ化に成功。失敗は撮影ミスで構図からマーカーが外れてしまった4点だった。

研究の最終年度においては、福井県立大学恐竜学研究所の協力により、実験動物用 X 線 CT 装置⁽³⁾を使用することができたため、トリ(カルガモ)やタヌキなどの生体からデータ取得とレプリカ作成も行うことができた。

2-2-2. 3D 出力とレプリカ作成について

本研究で使用した 3D プリンターは zortrax 社 M200 と formlabs 社 form2 の二種類である。材料を積層する FDM 方式の M200 と、光造形方式の form2 のそれぞれの特徴やコストの差に鑑み使い分けている。

大きさや堅牢性を必要とするレプリカは安価な ABS 樹脂を使用できる FDM 方式の M200 を使用。比較的小型の出力で、ディテールの形状再現を必要とする場合には、高価な UV レジンを材料として微細なピッチの積層が可能な form2 を使用している。3D 出力品の仕上げについての詳しい記述は神戸芸術工科大学紀要「芸術工学 2016」掲載「動物の手の骨が持つ携帯の美しさや構造の強さを、デジタル技術を用いて考察する」(共同研究)及び「芸術工学 2018」 「デジタル彫刻を活用した昆虫の展示模型の制作」(報告)に詳しく記述しているので参照されたい。

2-2-3. 成果

以下に挙げる 5 点について、研究開始時点で掲げた目的を全て完遂することができた。特にデータ取得とレプリカ作成については当初予定した倍以上の点数を完成させることができています。課題期間の 3 年のうち、当初 2 年に時間を充ててノウハウ開発を行い、そこで得た十分な成果を 3 年目に生かすことができたことが要因として挙げられるだろう。

- 1: 動物の骨格の 3D スキャンデータ 24 種類の完成
- 2: ハンズオン展示、交連標本を含む骨格標本 22 点の完成⁽⁴⁾
- 3: 取得した骨格データを活用した VR ゲーム作品の完成と展示⁽⁵⁾
- 4: 展示での実践的使用とノウハウの蓄積
- 5: 動物の研究者や一般の社会に向けた社会的還元を「動物のからだ展」として開催した

以下の 1 点については、クリーク・アンド・リバー社大阪支社セミナー「ZBrush×デッサン～新感覚の 3D セミナー」(2017 年 11 月 5 日 パンタングームアカデミー 大阪) や、「動物のからだ展」での講演「3D プリンターでの骨格標本レプリカ制作」を開催するなど、考察を続けている。今後も長期的展望を持ち、継続すべき課題としてとらえている。

6: デザイン、芸術の実践者に向けた展示を通して
新たな職能開発につなげる考察

2-3. 展示と発表

いきもに関する作品やグッズの展示販売を行う美術や工芸作家、研究者が集う「いきもにあ」「大阪市立自然史博物館」において、展示やポスター発表を行った。日本哺乳類学会、日本展示学会においても活動内容や考察について発表を行っている。主な展示や発表について以下にまとめる。

・日本哺乳類学会 2017 年度大会

自由集会 「博物館とフォトグラメトリー」

2017 年 9 月 8 日

富山大学五福キャンパス

・いきもにあ 2017

神戸芸術工科大学 ホネ・プロジェクト 2017 活動報告 2017 年 11 月 11 日～11 月 12 日

京都市勧業館

・クリーク・アンド・リバー社 大阪支社セミナー

ZBrush×デッサン～新感覚の 3D セミナー

2017 年 11 月 5 日

バンタンゲームアカデミー 大阪

・大阪市自然史フェスティバル 2017

神戸芸術工科大学 ホネ・プロジェクト 2017 活動報告 2017 年 11 月 18 日～11 月 19 日

大阪市立自然史博物館

・いきもにあ 2018

神戸芸術工科大学 ホネ・プロジェクト 2018 活動報告 2018 年 12 月 1 日～12 月 2 日

神戸サンボーホール

・全日本博物館学会第 44 回研究大会

骨格標本のデジタルデータ化とレプリカ制作及びその活用の可能性

2017 年 6 月 24 日

明治大学御茶ノ水キャンパス

・動物のからだ展

展示会の企画・主催

2018 年 2 月 16 日～2 月 24 日

大阪デザイン振興プラザ (ODP)

※哺乳類学会「動物のからだ展」については次章で詳しく取り上げる。

・日本展示学会第 38 回研究大会

ポスター発表

「動物のからだ展」の試み-自然史標本のデジタルデータ化は芸術、教育の世界とどう繋がることのできるのか? 2019 年 6 月 29 日 (土) ～6 月 30 日 (日)

大阪芸術大学

3. 「動物のからだ展」について

「動物のからだ展」は、「地域博物館の有する骨格標本を 3D プリンターを用いて活用する手法の開発と実践」の成果報告として、2018 年 2 月 16 日～2 月 24 日に、大阪デザイン振興プラザ (ODP) において開催した。企画、運営に際しては「動物のからだ展実行委員会」を組織し、展示の主要メンバーと有志数名が所属する形をとった。展示の内容は、3D 技術を活用した骨格標本のレプリカ、CT データを実体化した標本、取得したデータを活用した体験型 VR ゲーム、従来の型取り技法を用いた骨格レプリカ、透明骨格標本、動物をモチーフとした絵画、彫刻に加え、実物の骨格標本や乾燥標本、と多岐にわたる。出展者による講演会やライブペインティングなどのイベント、子供向けワークショップも行うなど、これまで類を見ない多様性に富む展示会として実現することができた (図 3～

8)。



図3 「動物のからだ展」で剥製や絵画を見入る人々



図4 骨格レプリカと剥製、乾燥標本などを同時に展示した



図5 ウォンバットの骨格標本と木彫



図6 骨格レプリカを使い来場者に解説を行う小田隆氏



図7 子供が楽しみながら学習が行えるコーナーを設置した



図8 ハセイルカの骨格標本と古代のイルカ類の復元絵画

博物と芸術の分野の垣根を超え、実物の標本とレプリカ、実物からインスピレーションを受け、正確な観察に基づいて制作された美術品、さらには最新 VR 技術を活用した作品等を一堂に会して展示する理由として、来場者の興味を喚起し、いきものが持つ複雑極ま

りない形態の美しさや構造の強さをよりよく伝えるためには、実物やそのレプリカだけでなく、作家がそれぞれの解釈により引き出した美を表現した絵画、立体作品や、新しい技術を活用した3D空間への没入など、多様な体験を提供する必要性を感じたからである。そのために日頃から志を共にする多種多様な活動の実践者である美術作家や研究者、標本作成業者、ゲーム制作会社に声掛けを行った。共通するのは全ての出展者がそれぞれの分野でいきものの形のもつ美しさをテーマとして活動を実践していることである。

特に、自然によって形作られたものと人為により制作されたものを一つの場所に集め、比較しながら展示を楽しみ、繰り返し観察や考察できることが重要な基本コンセプトとなっている。そうした点において、地域の博物館や研究所の協力を求める必要があった。協力団体については脚注を参照のこと⁽⁶⁾。

また、よりよく観察するためにはただ見るだけではなく、能動的な観察を伴うスケッチが有効であることに異論をさしはさむ余地はない。来場者にデザイン、美術の実践者やそれを志すものが多く見込まれることもあり、会場では撮影やスケッチを全面的にOKとし、会場内においてもキャプションやサインでそうした情報を明示し、希望者にはイーゼルの貸し出しも行うなど、スケッチしやすい雰囲気作りにも気を配った(図9)。SNSや特設webサイト⁽⁷⁾でもそうした点を強調した広報活動を行った。



図9 「動物のからだ展」でカバの頭骨をスケッチする来場者

3-1.出展者の活動内容、開催したイベント

本展では計8名1企業によって展示を構成した。以下に出展者の名前(団体の名称)、展示内容、活動内容の順でまとめる。

・吉田雅則 デジタルスカルプター、神戸芸術工科大学准教授、名古屋学芸大学非常勤講師

展示内容: 5種類の哺乳類、鳥類の左前肢レプリカを、標準的な大人のサイズ(産業技術総合研究所 デジタルヒューマン研究センター所有の成人男性骨格標本のデータを基にした)に合わせて制作し展示した。道具を扱うヒト、四肢で歩く動物、空を飛ぶ鳥、水中を泳ぐクジラ。これらの前肢は全て魚の胸ビレから進化した、同一の起源をもつ相同な器官である。一見全く違った形に思えるこれらの動物の前肢骨格は退化して消えてしまった部分もあれば長さが全く異なってしまった部分はあれ、形態を構成する要素は驚くほど似通っている。平面の図からだけでは気付にくい形態の違いも3次元の形状で見ると新しい発見につながることもある。展示では、前肢骨格の比率を分かりやすく比較するため、長さを人間の前肢のスケールに統一して3Dプリントしている。長さの基準としたのはヒトの上腕の端から指を伸ばした先端までである。肘の位置や、指の長さ、肩甲骨の大きさなど、それぞれの動物の比率の違いを比較してわかりやすく伝えることが目的である。壁には全体的な比率の比較がしやすいように、同寸のCGをプリントアウトしたパネルを配している。また、サイズ変換を行わず、できるだけ精密に再現を行い彩色まで行った等身大レプリカや、3D出力の難しい医療用CTデータの最適化を行ったコグラの骨格出力も展示を行っている。合わせて、「3Dプリンターでの骨格標本レプリカ制作」として会場内の発表も行っている(図10~12)。



図 10 相同器官と相似器官をテーマとしたレプリカの展示



図 11 コグラの骨格レプリカ



図 12 「動物のからだ展」での講演の様子

活動:CG制作会社を退社後フリーランスでの活動を経て現職。現在ではデジタルと手作業によるアナログ造形の両面を生かし、博物館や研究機関と連携しつつ骨格標本のレプリカや展示模型の制作を行っている。同時に、作家とのコラボレーションによるキャラクター造形にも力を入れている。大学では基礎造形およびCGプロダクションでの経験や知識を学生に伝える授業を担当。

・小田隆 画家、イラストレーター、大阪芸術大学教養課程准教授、成安造形大学非常勤講師

展示内容:等身大のウマの絵画や古生物の復元をテーマとした絵画の展示を行った。

本展示では、ウマの前肢レプリカや乾燥標本、シマウマの骨格標本、実物を型取りしたレプリカとウマをテーマとしたものが多くあり、多角的に比較して観察、鑑賞する機会を提供することができた。また、公開制作としてウマ前肢乾燥標本の公開ドローイングや「前肢の美術解剖学」と題するレクチャーを行っている。

活動:科学的資料に支えられるとともに、オリジナリティに富んだ作品群を生みだしつつけている。大学では美術解剖学を応用した人体の描写を研究、授業を担当。

・本多絵美子 彫刻家

展示内容:本展示のテーマである前肢に大きな特徴を持つウオンバットやモグラをモチーフとした木彫作品の展示を行った。近くには池田市立五月山動物園から借り受けたウオンバットの骨格標本を配置し、比較しながら観察、鑑賞できるよう工夫している。合わせてギャラリートークも行い、作品の制作手法や考え方、魅力等を来場者に解説を行っている。

活動：木を彫る技法を通じて、生き物と場所との関係性をテーマに木彫を制作。個展やグループ展の他に講師としてワークショップを行い、木を彫る喜び、普段触れることのない生き物を観察する楽しさを伝えられる様な活動を展開している

・森健人 国立科学博物館動物研究部支援研究員、理学博士

展示内容：キリン、シマウマ、ライオンの乾燥骨格標本と 3D プリンターを活用した動物の頭骨レプリカの展示を行った。乾燥標本は、平面図からは読み解くことが困難な骨格や筋の複雑な立体構造を観察するために大変適している。特にキリン前肢の乾燥標本は今回の展示が初となった。アンケートでも非常に好評で、会場でスケッチを行う人が最も多い展示となった。ワークショップとして「iPhoneがあれば、誰でも出来る？ 実際にフォトグラメトリーをやってみよう！」を行いフォトグラメトリーによる 3D スキャンを一般の来場者にわかりやすく伝えると共に、トークイベントとして「大きなクジラも手のひらサイズーフォトグラメトリーと博物館」を行って、科学博物館での実際に活用される様子を紹介した。

活動：国立科学博物館に収蔵されている一群の剥製「ヨシモトコレクション」に関連して、剥製や骨格標本作成の基礎となる解剖学的知見の蓄積を進めている。哺乳類の後肢、特にラッコの股関節に解剖学的関心をもつ。また、ライフワークとして哺乳類の筋骨格乾燥標本の作成を行っている。

・信ヶ原良和 成安造形大学・成安交連骨格隊

展示内容：従来の型取り技法によるウマ後肢可動レプリカと、その技法がわかるシリコン型、パネル

展示による成安交連骨格隊の活動報告を行った。デジタル技術を活用したレプリカとの比較を知る機会を提供した。

活動：京都彫刻家協会・京都文化芸術会議・日本美術家連盟・日本建築美術工芸協会に所属

・浜口美幸 鳥類標本士

展示内容：鳥の剥製、骨格標本の展示を行った。骨格標本では一部（右大腿骨）を筆者が 3D スキャンによって作成したレプリカと差し替えて展示する試みも行っている。デジタル技術の活用の将来性についての検討事例として絶好の機会となった。

活動：鳥類を中心に剥製や骨格などの標本を制作している。特にニワトリが好きで、たまごや骨などの収集が趣味。イベント出展ではインテリアとして部屋に置きたくなるような剥製制作を目指している。

・松前諭 株式会社アクアテイメント

展示内容：透明骨格標本の展示を行った。透明骨格標本は、動物のからだの構造を観察するために様々な染料を用いて骨格や筋組織を染色する方法である。乾燥標本、交連骨格標本とあわせて実物の標本に触れる機会を適用できた。

活動：『新たな命を与え (Re:life)、次の世代へつなげる (Cycle)、Re:Life Cycle 事業』の確立を目指し、各機関のご協力を得ながら活動。捨てられる魚を透明骨格標本とし、教材・商材へと生まれ変わらせることで、新たな世代へ、いのちの大切さ、自然の大切さを伝えるキッカケ作りを提供している。

・株式会社 Skeleton Crew Studio デジタルコンテンツ開発会社

展示内容：筆者が取得し、最適化を行った 3D データのデジタルコンテンツ活用事例として、VR による骨格パズルゲームを作成。体験コーナーとして実施。多くの来場者がバーチャル空間での哺乳類前肢骨格標本の組み立てを楽しんだ。

活動：京都を拠点に活動。ゲームで世界に橋をかける！をモットーに、ゲーム開発経験を活かした、VR/AR、アプリ等のコンテンツ制作が得意。在籍スタッフの多くは海外から集まっており、多国籍な価値観と技術を集結し、企画段階から関わりゼロから品質の高いコンテンツを創り上げる。

・西澤真樹子 大阪自然史センター普及教育事業担当、なにわホネホネ団団長

展示内容：共同研究者として本展示の基本コンセプト構築から関わり、筆者と共に運営、展示構成を行い骨格標本や剥製の借り入れや展示を行った。ワークショップとして、「おきにいりの手を描こう」を実施、こどもから全年齢に向け、はがきサイズの紙に、展示されているたくさんのホネ、剥製、レプリカ、などの中から一つを選び、出展作家のコメントを付けて郵送を行った。期間中はこれまで培った豊富な標本作成や博物館勤務の経験を活かし、来場者に向けての解説を行っている。

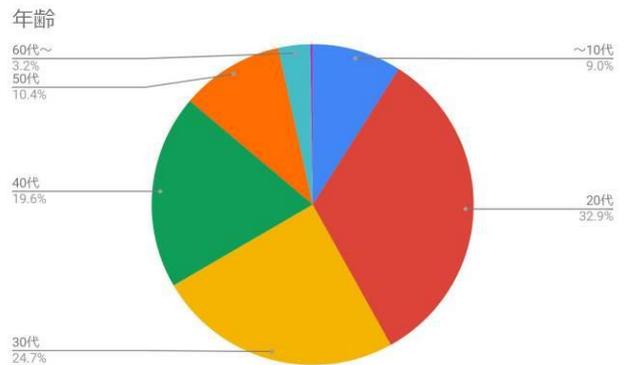
活動：多くの市民と楽しみながら博物館のコレクションの充実に貢献する活動を続けている。2011 年からは、東北の博物館支援も大きなテーマに。人と人をつなぎ、困難をアイデアで乗り切り、新たな関係を生み出しながら、関わったみんなと幸せになるのが好き。著書に『ホネホネたんけんたい』『ヤモリの指から不思議なテープ』(アリス館)、共著に『標本の作り方』(東海大学出版会) など。

3-2.アンケートについて

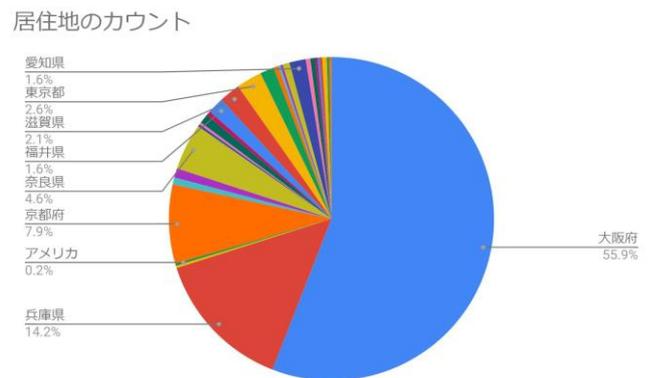
本展示の来場者は 9 日間で 2,701 名。会場において来場者に行ったアンケートの結果をまとめた。アンケートの回収率は 16.5%である。

アンケート項目は以下 8 点である。

1：年齢 2：居住地 3：展示を知ったきっかけ 4：印象に残っている展示 5：4 で回答した理由 6：普段の自然史博物館利用状況 7：展示物の撮影やスケッチを行ったか 8：その他の感想

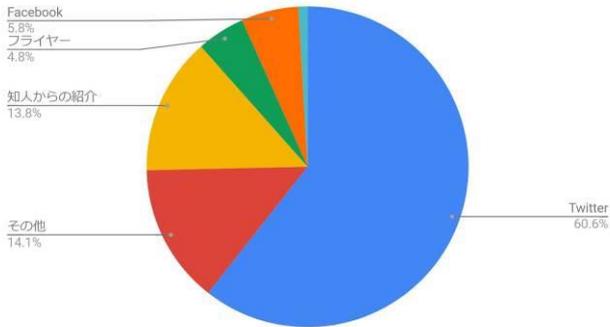


グラフ 1 来場者の年齢



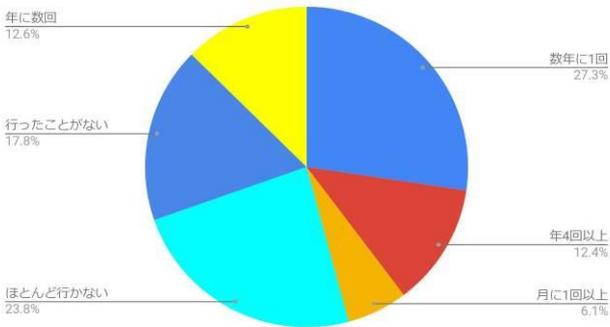
グラフ 2 来場者の居住地

当展をお知りになったきっかけ



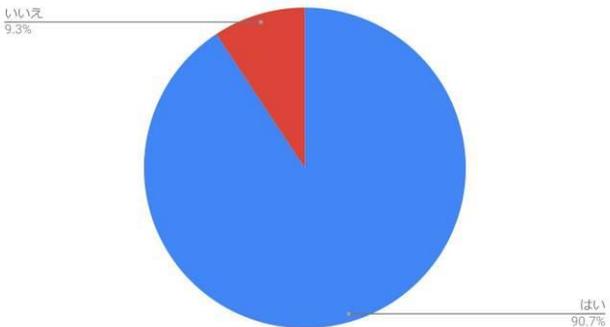
グラフ 3 来場者が展示を知ったきっかけ

普段、自然史博物館はよく利用されますか



グラフ 4 来場者の自然史博物館利用状況

展示物のスケッチおよび写真撮影はされましたか



グラフ 5 来場者がスケッチや撮影を行ったか

特筆すべき点として、普段ほとんど博物館に行かないか、数年に一度程度の層にリーチしたことが挙げられるだろう。展示の告知として、事前から関連するイベントでのフライヤー配布などを行っており、開催前には特設 web サイトや SNS で広報アカウントを設置するなど広報に尽力した。アンケートの分析結果を見

ると、展示を知るきっかけとして最も効果が高かったのは SNS であり、特に Twitter から情報を得た人が多いことがわかる。また、展示のスケッチや写真撮影を行った人が 90 パーセントを超える点にも着目したい。自由回答欄への記述も非常に多く、好意的な意見が多数を占めた。その中からいくつかをピックアップしておきたい。

- ・博物館と美術館はもっと近い方が良いのでは？とずっと思っていたけれど、今回の展示は近づいたというよりやっぱり元は同じ！な感じで大変良いと思いました。構成もすばらしい！（東京都・50代）
- ・楽しかったです。見るだけでなく、いろんな視点で動物を感じることができてよかった（兵庫県・40代）
- ・もっとレプリカがあったらまた触りたいです。見るだけとはだいぶ違った五感を使って味わえたので（大阪府・20代）
- ・どの作品もじっくり見ることができ、大きさや、骨格標本を作る道具など他のところでは見ることのできない箇所が多く、とても楽しめました。
- ・元々興味はありましたが、さらに興味を持つことができました。動物のからだ展に行くことができてよかったです。ありがとうございました。（兵庫県・20代）
- ・展示物がとても近くで見ることができとても良かったです。入場無料で良いのか心配になるほどのクオリティと貴重さで大変感動しました。スケッチをしても良いのを知らなかったの、次回は告知していただけると嬉しいです。（兵庫県・30代）
- ・いろんな子供たちに見てもらいたいな。（兵庫県・50代）
- ・博物館など、あまり行く時間や機会がないのでこのような企画展があると興味がわきます。（大阪府・30代）
- ・アート×サイエンスで素晴らしかったです（30代）
- ・動物そのものが好きで動物園も骨格も見ると、絵も

描くが、その間の知識や資料が少なくていつも困る。
CG やレプリカでわかりやすく関連を医学の解剖学
と美術と生物を CG でつないで、ソフト化してもら
えたら手が出る範囲で買いたい (大阪府・50代)

・東京にいたときはインターメディアテクによく通っ
てました。椅子を借りてスケッチしたのは人生初め
での経験でとてもうれしかったです。(大阪府・
20代)

・とてもすばらしい作品と展示物に圧倒されました。
この展示が無料だなんて!もったいない! (兵庫
県・30代)

・多くの分野にまたがっている点がとくに良いです。
(大阪府・40代)

4.さいごに

ここまでの報告の通り、研究課題「JSPS 科研費
16K00731 地域博物館の有する骨格標本を3Dプリン
ターを用いて活用する手法の開発と実践」については、
制作するレプリカの質、量とともに成果発表や社会的
な反響についても当初の予定を大きく上回る成果を上
げることができた。博物館関係者にも反響が大きく、
共同研究の持ちかけなどにもつながっている。

また、研究を進める中で博物館サイドから軌を一に
してレプリカ制作を行う研究者とも知己を得るに至り、
共にスキャンや展示などの活動を行うこともできたの
は大きな成果である。主となる成果発表として企画し
た「動物のからだ展」についても9日間で2,700名と
いう多くの来場者を得て、アンケートやSNSのま
とめサイトなどの関連サイトにおける社会的な反響も大
きかった。なかでも来場者のスケッチ率が非常に高く、
居合わせた博物館関係者が驚くほどであった。多くの
博物館関係者が利用者の潜在的なニーズに気付くき
かけとなる展示会にもなったのではないかと自負して
いる。こうした成果やノウハウの蓄積を得て、社会的
なニーズがありながら、従来の美術、デザイン関係に
無かった新たな職能の開発や、一般への普及、さら
には研究者に対して活用の幅を広げるなど、活動を継続

していきたいと考えている。

[脚註]

(1) PCで稼働するフォトグラメトリーソフトとして
は、Autodes 社 AutodeskReCap、Agisoft 社
PhotoScan、3D FLOW 社 3DF Zephyr、
CapturingReality 社 RealityCapture などが挙げ
られる(2019年7月現在)

(2) 科学博物館における出張スキャン機材について
は以下のとおり。

- ・一眼レフ:NikonD5500 x4
- ・レンズ:SIGMA Macro 105mm F2.8 EX DG
- ・センチュリースタンド
- ・雲台、スーパークリップ x4
- ・回転台
- ・撮影物の固定リグ(ガス配管、スタイロフォームな
どで自作)、虫ピン
- ・グリーンバック背景紙、スタンドセット
- ・Suntech LED ライト 3灯
- ・撮影用モバイル PC、接続ケーブル、USB ハブ(USB)
- ・撮影用ノート PC Lenovo Thinkpad p51S
- ・撮影ソフト: digiCamControl
- ・データクリンナップ ZBrush4R8、Netfabb

(3) 福井県立大学恐竜学研究所が所有する実験動物
用 X線 CT装置 Latheta LCT-200 を使用した。

(4) 作成したデータ(25点)とレプリカ(23点)に
ついて、名称・所属・部位・スケール・素材・形態
(交連 or 平置き or 全体スキャンの別)の順で記す。
なお、23.コゲラは頭部を含む体全体。それ以外は全て
前肢である。

■3D出力済み

- 1.マレーバク・国立科学博物館・等倍・UVレジン・
腕、肩甲骨以外は交連
- 2.タヌキ・個人・等倍・UVレジン・接着による組み

- 立て
3. センザンコウ・国立科学博物館・等倍・UV レジン・上腕まで繋がった状態での一体出力
 4. ホフマンナマケモノ・国立科学博物館・等倍・UV レジン・平置き
 5. アジアゾウ・大阪市立自然史博物館・等倍・UV レジン・接着による組み立て
 6. アジアゾウ・大阪市立自然史博物館・等倍・ABS 樹脂・ネジ止めによる組み立て
 7. カバ・大阪市立自然史博物館・等倍・UV レジン・交連
 8. カバ・大阪市立自然史博物館・ヒトの大人スケール・ABS 樹脂・交連
 9. ローランドゴリラ・神戸市立王子動物園・等倍・ABS 樹脂・交連
 10. ローランドゴリラ・神戸市立王子動物園・2 倍・ABS 樹脂・平置き
 11. コウベモグラ・個人・ヒトの大人スケール・ABS 樹脂・交連
 12. コウベモグラ・個人・ヒトの子供スケール・UV レジン・接着による組み立て
 13. コウベモグラ・個人・等倍・UV レジン・一体出力
 14. ライオン・大阪市立自然史博物館・ヒトの大人スケール・ABS 樹脂・平置き
 15. ライオン・大阪市立自然史博物館・等倍・ABS 樹脂・平置き
 16. ライオン・大阪市立自然史博物館・1/2 倍・UV レジン・交連
 17. ライオン・大阪市立自然史博物館・等倍・ABS 樹脂・交連(腕、肩甲骨を除く)
 18. ウマ・大阪市立自然史博物館・ヒトの大人スケール・ABS 樹脂・平置き
 19. ウマ・大阪市立自然史博物館・ヒトの子供スケール・フレキシブルレジン・ハンズオン
 20. ミンククジラ・大阪市立自然史博物館・ヒトの大人スケール・ABS 樹脂・平置き

21. ツキノワグマ・国立科学博物館・等倍・UV レジン・平置き(腕、肩甲骨は未出力)
 22. カモ・個人・ヒトの大人スケール・ABS 樹脂・平置き
 23. コゲラ・個人・約 3 倍・UV レジン・部位ごとに分け組み立て
- データのみ(未出力)
24. エゾシカ・大阪市立自然史博物館
 25. カピバラ・国立科学博物館

(5)

・「取得したデータを活用した VR ゲームへの展開」

著作、公開 株式会社 Skeleton Crew Studio

https://www.youtube.com/watch?v=Uze7D_frZvo

(2019 年 7 月 20 日アクセス)

(6) 協力団体(順不同)

独立行政法人国立科学博物館、大阪市立自然史博物館、きしわだ自然資料館、福井県立大学恐竜学研究所、池田市立五月山動物園

(7) 「動物のからだ展特設ページ」

<http://doubutsunokarada.strikingly.com/> (2019 年 7 月 20 日アクセス)