

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

STUDY OF BEAUTY AND STRUCTURAL STRENGTH IN SKELETAL SPECIMENS OF THE HAND OF ANIMALS USING DIGITAL TECHNOLOGY

吉田 雅則 芸術工学部映像表現学科 准教授
見明 暢 芸術工学部プロダクト・インテリアデザイン学科 助教
スモラフスキ・ピョートル 芸術工学部映像表現学科 実習助手
西澤 真樹子 大阪市立自然史博物館 外来研究員
認定特定非営利活動法人大阪自然史センター 普及教育事業担当

Masanori YOSHIDA Department of Image Arts, School of Arts and Design, Associate Professor
Nobu MIAKE Department of Product and Interior Design, School of Arts and Design, Assistant Professor
Piotr SMORAWSKI Department of Image Arts, School of Arts and Design, Assistant
Makiko NISHIZAWA Osaka Museum of Natural History (OMNH), Visiting Researcher
Osaka Natural History Center, Education Staff

要旨

日本各地に存在する自然史博物館や動物園資料館は、その地域の野生動物や、かつて飼育されていた動物のさまざまな標本を整理、保管しておくという重要な役割を担っている。しかし、収集する資料は膨大な数にのぼるため、それらを標本としてまとめ、整理する作業が間に合っていないという現状がある。学芸員や資料館の担当者からはこうした資料を整え、研究者以外の一般の人や芸術、デザインの関係者に対しても広く公開し、地域の生き物への興味や理解の推進や絵画や立体、工芸などの作品制作に役立てたいと願う声も聞かれる。また、こうした地域博物館の有する学術資源としての標本を、病院で長期の入院治療を受けている子供たちや、被災地などにおいて活用する、出張ミュージアムなどのアウトリーチ活動も盛んに行われはじめている。

本研究では、こうした学術資源のうち、動物の「手」の骨格標本を題材として選び、3D スキャンなどのデジタル技術を用いてレプリカを作成、活用や考察の道を探る。

Summary

In various parts of Japan Natural History Museums and Zoos play important role of organizing and storing various specimens of formerly bred wild animals.

However, since the amount of collected documents is enormous, often it cannot be properly made into specimen and organized.

Curators and museum staff hope these materials, published openly for regular or arts and design related people, could promote understanding and interest in community, and drive creation of various reproductive works like paintings or sculptures.

In addition, these science resources owned by regional museums are being used in outreach activities such as traveling Museum for children taking long term hospital treatments, or disaster struck areas.

The goal of this study, is using selected skeletal specimens of the hand of animals to create a replica using digital technology such as 3D scanning, as well as exploring its practical uses.

1) はじめに

自然史博物館や動物園資料館では、多くの動物の剥製、皮革、骨格などといった標本の収蔵、管理を行っている。普段、資料館の収蔵庫が一般に公開されることはないため、専門家以外の人間がそうしたアーカイブに触れられる機会はきわめて限られており、その存在自体も知ることは困難である。

博物館、資料館において、そうした「学術資源」の共有や活用が議論されることも多いが、貴重で壊れやすい標本を一般に公開することは難しく、また、膨大な収蔵標本を整理し展示できる状態にするためには大変な手間と時間、専門的技術が必要とするため困難を伴うという状況がある。

今回題材に選んだゴリラの手の骨格標本も、組み立てられる予定のないまま袋詰めされた状態で、長らく保管されていたものを、職員へのヒアリングによってたまたま「発見」したという経緯を持つ。



図 1 バラバラに梱包された状態の手足の骨

骨格標本の場合、バラバラになった骨を組み立てるためにはそれぞれの骨に正確に穴を開け、金属製のワイヤーを通してコイル状に巻き固定するなど、高度に専門的な知識と技術を必要とする。そのため、通常は専門の業者に依頼する以外方法がない。

大阪市内には骨格標本を作製する市民ボランティア団体も存在するが、神戸にはそうした団体はなく、また各種条約や市の決まりごとのため資料館はもとより市外への持ち出しは困難であるという状況もある。貴重な骨格標本に不用意に穴を開けてしまうと二度と取り返しがつかないため、慎重にならざるを得ないという事情も踏まえなければならない。

博物館の職員からは、収蔵された標本を一般市民やデザイナー、芸術家が資料として活用するなど、公開を望む声も多く聞かれるが、こうした諸事情もそれを難しくしているのだろう。

そこで、今回「発見」したゴリラの手の骨格標本を3Dスキャンによってデータ化し、レプリカや知育玩具、ワークショップの活用を探る試みを行った。

資料館では来園した子供たちに向けて動物関連の知育教材の貸し出しやワークショップを行っており、作成したレプリカをそのような場で活用するという提案にも繋がるだろう。



図 2 「ホネホネ探検隊」西澤の行った大阪自然史センターにおけるチルドレンズミュージアムでの例

2) データを取得したゴリラの骨格標本について

今回形状データの取得を行ったのは、1981年6月から2003年6月まで神戸市立王子動物園において飼育されていたニシローランドゴリラの「康子」である。オスの「健太」との繁殖が期待され、残念ながら至らなかったものの、市民からは大変人気のあった個体である。



図3 ニシローランドゴリラ 康子(神戸市立王子動物園 撮影)

3) 3D スキャンの手法調査

3D 出力による立体制作において、もっとも重要なのは正確かつクリーンな形状データを取得することである。

現在、デジタル化(3D スキャン)による形状取得の手法は主に接触式、非接触式に大別される。非接触式の中でもレーザーや超音波を使用するものや、ランダムパターンやモアレを投影する方式、今回採用した複数の視点の視差を利用するステレオ法などさまざまである。

検討を重ねる中で、デジタル化やラピッドプロトタイプングによる3Dデータのさまざまな活用を業務とする関連会社に出向き、ヒアリングによる調査を行った。そうして限られた予算と、博物館のバックヤードに持込が可能という条件からフォトグラメトリーという手法にたどり着いた。

フォトグラメトリーとは、複数の視点から撮影した画像データを解析し、その視差情報から3Dデータを作成する技術のことである。近年、映画やゲームなどのエンターテインメント分野のみならず、既存の方式

では困難だった建築物や遺跡、地形など、広大なスケールの計測においても多く利用されている。

4) タヌキの骨を使った手法の研究

フォトグラメトリーの手法研究にあたり、王子動物園からタヌキの頭骸骨を借り受け、簡易的な撮影ブースのセッティングを行い機材や撮影条件、試行錯誤を重ねつつ最適な方法を模索した。

研究開始当初においてもフォトグラメトリー用ソフトは複数存在したが、デモ版やweb版を試すなかで計算速度やデータの仕上がりの良さから“Agisoft PhotoScan”を選択した。なお、データ作成ソフトについては発展のスピードが速く、報告書執筆時では格段に進歩した他のソフトが登場している。

撮影については、カメラが物体の周囲を回り込む方法や、回転台を用いて物体自体を回転して撮影する方法について照明の条件も変えつつ、幾通りか試した。その結果、回転台を用いて撮影した画像からクロマキーでマスクを抽出し、被写体以外の不要な箇所を消し込むことによって良好なデータを得られることを確認した。

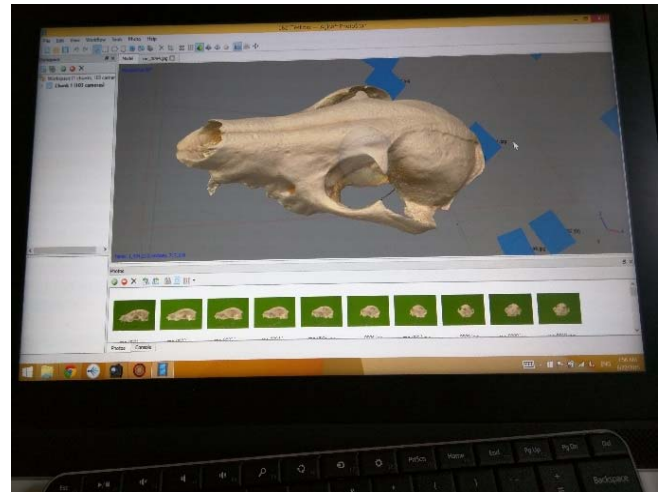


図4 フォトグラメトリーによりデータ化されたタヌキの頭骸骨

5) スキャンの準備と実施

タヌキの骨で得られたスキャンのノウハウに限られた条件の中でより生かすため、機材の選定と効率化を行った。

3次元形状の取得においてはできる限り多くの角度からの画像が必要とされるため、当然ながら撮影の角度が広範になる。そのため、クロマキー処理に必要なグリーンバックは当初予想していたよりも広い範囲にわたってカバーしなければならないなど、機材や空間の使い方について、現場の下見や事前のシミュレーションを入念に行う必要があった。

■使用機材

- ・一眼レフ：Nikon D610
- ・レンズ：AF-S Micro Nikkor 105mm 1：2.8G
- ・レンズ：AF Micro Nikkor 200mm 1:4D
- ・回転台
- ・撮影物の固定リグ、虫ピン
- ・撮影用三脚×2台
- ・グリーンバック背景布、スタンドセット
- ・Nikon スピードライト4台
- ・スピードライト用ワイヤレスコントローラー
- ・スピードライト用アンブレラ
- ・スピードライト用固定キット、ウエイト
- ・撮影用モバイル PC、接続ケーブル
- ・撮影ソフト：digiCamControl



図5 資料館廊下に設置した撮影ブース

■現場での撮影ブースセッティング

フォトグラメトリーによる3Dデータの取得は、諸条件がそろって初めて実用的な結果を得ることが可能となる。しかし博物館や資料館のバックヤードにおい

て、常に撮影に適した条件を得られるとは限らず、今回のケースにおいても、廊下という限られた空間で良好な画像を得るため被写体との距離の取りかたやレンズの選択、照明の方法などについて工夫が求められた。

また、物体下面のデータ取得のために被写体を虫ピンで支えて接地面を極力少なくし、かつ陰影を抑えた照明を行うなどといった部分に留意した。

データの取得状況によってはリテイクが発生し、長期間の撮影となることも予想されたため、資料館の廊下に一ヶ月ほどの期間、撮影ブースを設置できるよう、資料館側との交渉を行う必要があった。



図6 撮影の様子



図7 撮影台に設置された骨

■撮影した画像について

骨ひとつにつき、上段、中段上、中段下、下段の4方向より25枚。計100枚程度の画像を撮影した。ゴリラの手の骨は片手で27個から成るため、リテイクを含め3,500枚ほどの撮影を行った。



図 8 撮影した画像群

6) 暫定 ID の付与

撮影開始時点では骨の特定ができていなかったため、それぞれの骨に撮影やデータ作成時の管理のため暫定 ID を付与する必要がある。形状と大きさごとに分類し、指の頭文字、何番目の指か、左右の別によって命名規則を定め、暫定的な ID を付与。作業中の混乱を避けるため、ひとつひとつを透明な小袋に分け、骨自体にもシールを貼って管理した。



図 9 暫定 ID の付与

この時点では骨が正しく袋に分けられているかの確認がなかったため、全ての骨に対してこの作業を行っている。撮影に際しては複数の人間が関わるため、「袋から出す骨は一度に一つだけ」というルールを徹底した。

7) データ作成

1: クロマキーによるマスクの抽出を行い、不要な部分を消去する。クロマキーの抽出には The Foundry 社の Nuke を使用した。クロマキーにより半自動的にマスクの取得ができるが、手作業が必要となるケースも多数発生した。



図 10 撮影した骨



図 11 クロマキーからマスクを抽出する

2: 「Agi PhotoScan」を使用してカメラトラッキングを行う。撮影やマスクの条件によってはトラッキングに失敗するケースも多くあり、最もトライアンドエラーを必要とした部分である。どうしてもカメラ位置が取れない場合には諸条件を変更し、再撮影を行う必要があった。トラッキング失敗の原因の多くは、特徴点のロストだと考えられる。そこで格子状のマスキングテープなどを土台に貼り、意図的に特徴点を作ることによりそうした状況を回避することができた。

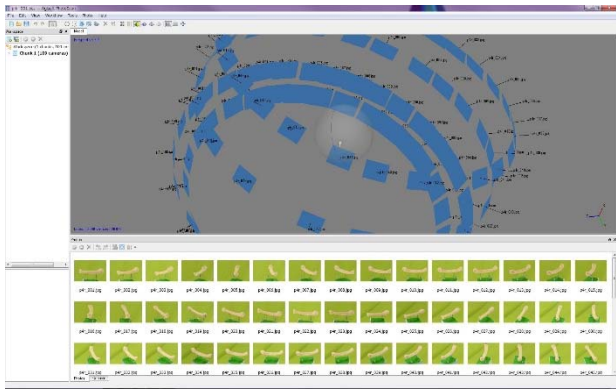


図 12 カメラトラッキング

3: カメラの位置データをもとにポイントクラウド(点群データ)を生成。形状データを作るための中間データを生成する。取得したデータは最初、空に浮かぶ無数の点の座標として定義される。

4: 点群をつないでポリゴンの面を張る。この作業によって、ようやく 3D ソフトによる形状編集を行うことが可能となる。

5: 作成したポリゴンメッシュを”Pixologic 社 ZBrush”を用いてクリンナップ。アーティファクトや支えの虫ピンなど、不要な部分を消去する。

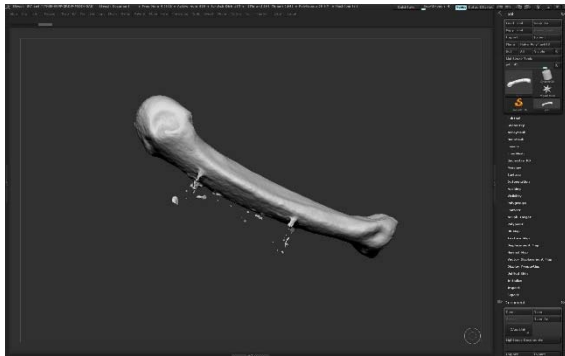


図 13 虫ピンやアーティファクトの残ったデータ

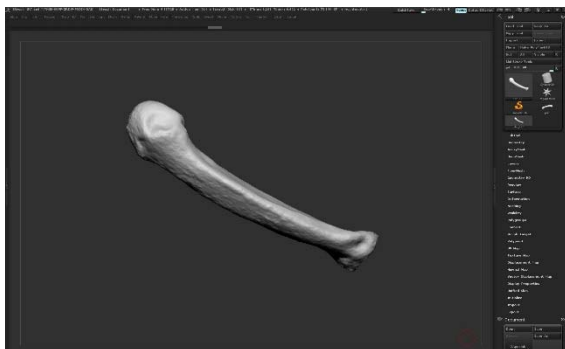


図 14 クリナップされたデータ

6: 全ての骨のスケールを統一する。フォトグラメトリーによるデジタイズではスケール情報をもつことができないため、それぞれの骨のスケールはバラバラである。そこで、ノギスによる測定データとパースによる歪みのないよう注意して撮影した画像をもとにスケールを割り出してサイズをそろえる作業が必要である。



図 15 ノギスでの計測

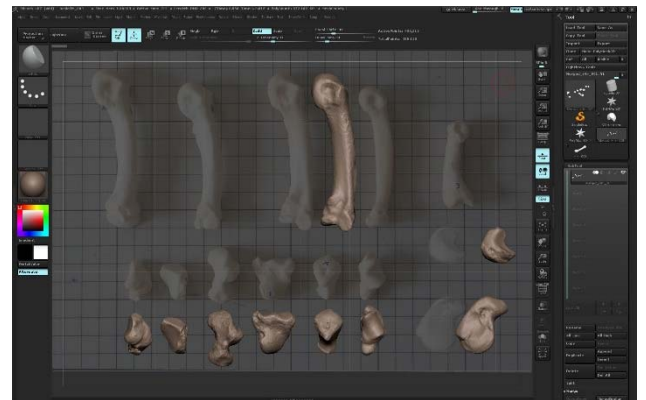


図 16 スケールを統一する

7: 出力可能なデータ形式へのコンバート

重力、材料の特性を考慮して配置を行う。

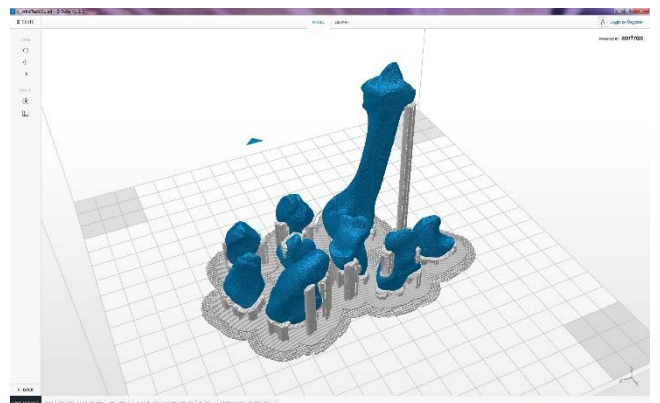


図 17 出力形式に変換 (Z-Suit を使用)

8) 骨の特定

スキャン開始の時点で、骨はバラバラの状態ですべての袋に左右の上肢と下肢の4つの袋に分けて収められていた。

しかし、実際に骨の数を調べてみたところ、本来あるべき数と合わないなど、間違っただけの袋に収められたり、紛失してしまっている可能性があった。

骨の名前を特定するにあたって困難が予想されたが、現場において骨格標本を触れられる時間は限られるため、あらかじめゴリラに近い、人間の手の骨格模型を参考に手の骨の立体的な構造や特徴、名前などを把握しておく必要があった。

資料館職員の協力により、組み立てられたゴリラのザークとチンパンジーのチェリーの骨格標本を収蔵庫から出して頂き、比較しながら特定の作業を行った。

不慣れなこともあり、この作業には2日ほどを要した。これらの作業を通し、左手の舟状骨が間違っただけの袋に収められており、さらに今回必要な右手の舟状骨が紛失してしまっていることを確認した。



図 18 骨の特定作業



図 19 特定の参考にしたチンパンジー「チェリー」の手の骨

9) 3D 出力と組み立て

今回出力に使用した3DプリンタはFDM(熱溶解積層)方式のZortrax社M200である。

左手の舟状骨の欠損については右手の舟状骨のデータを反転コピーして使用した。こうした欠損の補完方法は型取りによるレプリカ制作では不可能であり、デジタルならではの有用性である。



図 20 左: 本物の骨 右: 3D 出力したレプリカ



図 21 出力した薬指の中根骨(左)と本物の有頭骨(右)ピッタリと組み合わせることができる

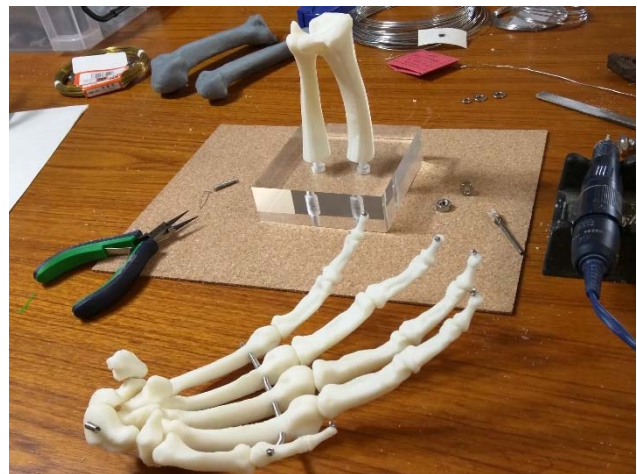


図 22 組立作業中のレプリカ

10) 資料館、イベントでの展示、発表

■神戸市立王子動物園動物科学資料館

干支展「くらべてみよう人とサル」(2015年12月～2016年5月)において展示を行った。



図 23 動物資料館での展示 後ろにオスのニシローランドゴリラ「ザーク」の全身骨格標本(本物)が見える

作成、展示したレプリカについては資料館の担当者から非常に好評を得、2014年に51歳という長寿で亡くなった「チェリー」の頭骸骨の修復や、資料館内で主に学童が利用する図書閲覧室、ビデオコーナーでの今後の展示に向けた展開や教材への応用といった今後につながる相談を受けることができた。

■京都勧業会館みやこめっせで開催された「いきもにあ」(2015年12月12日、13日)でハンズオン展示・意見交換を行った。



図 23 「いきもにあ」ブースで来場者に説明をする大学院生

■東京都千代田区科学技術館で開催された「博物ふえすていばる」(2016年7月23日、24日)で美術や工芸作家、研究者に向けてハンズオン展示・意見交換を行った。



図 25 ゴリラの手のレプリカと握手する来場者

11) さいごに

こうした活動を通して、常日頃こうした骨格標本を扱う機会の多い自然史博物館、資料館の研究者や、生き物を題材とした創作活動を行う美術作家、工芸家と意見交換を行う機会を得た。

研究者からは「ひとつひとつの骨の形状は非常にしっかりしている」「是非自分たちの所属する研究機関においてアウトリーチ活動等で活用したい」といった肯定的な意見と同時に「組み立てに改善の余地がみられる」といった今後の課題につながる評価を得ることができた。

このような出会いを受け、今後は交流を得た研究者の所属する研究機関から標本を借り受け、形状データの取得やデジタルによるレプリカの活用における可能性を共に探るといった協体制の構築を目指したいと考えている。