

令和元年6月17日現在

機関番号：82617

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K12967

研究課題名(和文) フォトグラメトリによる博物館動物標本の三次元モデル化及び公開方法の模索的研究

研究課題名(英文) Exploratory research on three-dimensional modeling and publishing method for museum specimens with photogrammetry

研究代表者

森 健人 (Mori, Kent)

独立行政法人国立科学博物館・科学系博物館イノベーションセンター・特別非常勤事務職員

研究者番号：70793272

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：自然物たる博物館標本はあらゆる文化的諸活動に貢献できる可能性を秘めており、広く一般に自由な形で公開されることが望ましい。一方で標本の操作にはある程度の修練が必要なことも事実である。

そこで、非研究者と博物館標本とを繋ぐ緩衝材として3Dモデリング(フォトグラメトリー)による標本の3Dレプリカ化を考えた。3Dモデルをそのままヴァーチャルな空間で観察する手法と3Dプリンタを用いて実態として観察が可能な手法の両者を試行した。

2年間で大小合わせて13回以上の展示を行い、普段博物館と縁遠い人々と博物館標本とを繋ぐ活動をおこなった。また2つの3Dモデルデータベースを国立科学博物館のHPより公開した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

博物館標本は博物館や展示ケースといった箱で保護された状態で公開される。しかし、この保護は観覧者にすれば標本との接触を拒む障害であり、この障害によって観覧者は五感を満足に活用して観覧することができない。この障害を如何にして取り除くかが本研究の真のテーマである。それにはまずこの障害の存在を認識させる必要があり、博物館標本の3Dモデル化と公開はその先駆けである。五感を用いて観察できることの素晴らしさを周知するとともに、標本を手にとりて観察したいという欲望の種を蒔くことこそが本研究の社会的意義であり、人々の意識変革は複数の展示等によって少しずつではあるが着実に広がりつつあると感じている。

研究成果の概要(英文)：Museum specimens, which are natural objects, have the potential to contribute to all cultural activities. It is desirable that they be widely published in a free form like a hands on exhibition. On the other hand, it is also a fact that some mastery skill or manipulation is required to manipulate the specimens.

Therefore, we considered 3D replication of specimens by 3D modeling (photogrammetry) as “a buffer” material to connect non-researchers and the specimens. We tried both the method of observing 3D model in the virtual space as it is and the method of observing as 3D printed replica by using 3D printer.

In two years, we have exhibited more than 13 times in total. In addition, two 3D model databases were released from the website of The National Museum of Nature and Science, Tokyo.

研究分野：博物館情報学

キーワード：フォトグラメトリー 博物館 標本 頭骨 3Dモデル ハンズオン

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

世界的に博物館における 3D コンテンツの利用の気運が高まっている。例えば米国スミソニアン博物館でも 2013 年から標本の三次元モデルを用いた 3D コンテンツがインターネット上で公開されており、約 50 点近くの標本が個人の PC から閲覧可能である (<https://3d.si.edu>)。また、ケニア自然史博物館は 170 点近くの化石標本を 3D モデル化し公開しており、辺境の地へ赴かなくとも標本の全貌を確認することができる (<http://africanfossils.org>)。一方、日本の博物館においては大規模な 3D コンテンツ作成の例は知られていなかった。少数の例として、九州大学総合研究博物館においては MTA 契約を結ぶことで研究者を対象に 3D モデルの提供を行うといった試みが成されている（松本ら。産学官連携ジャーナル，2015 年 1 月号掲載）。しかしながら一般公開については申請書作成時点において成されていなかった。以上のことから、本邦の博物館において 3D コンテンツを普及させるためには「3D モデルの作成と公開方法」を洗練することが急務であると考えた。

2. 研究の目的

これまで博物館の収蔵標本は概ね科学の発展のために収集されてきたといっても過言ではない。しかし、博物館標本は自然物である。自然物の役割は科学的研究活動にのみ限定されるべきなのであろうか。申請者はそうは思わない。芸術、エンターテインメントを含めあらゆる文化的創作活動（人間活動）に対しても自然物たる博物館標本は貢献できる可能性が秘められている。しかしながら、標本の保守管理上の制約から「誰でも」「自由に」博物館の標本にアクセスできる環境を構築するためには膨大なコストが必要となり、ただちにそれを実現することは不可能である。そこで博物館標本の 3D モデルが重要となってくる。3D モデルを活用すれば、「誰でも」「自由に」閲覧する環境を比較的低コストで整えることができる。また、「博物館標本に自由にアクセスできる環境」に慣れていない一般観覧者に対しても確実にクリーンで且つ損壊の恐れのない 3D モデルとの接触は良い導入になると考える。

上記の理念のもとに、本研究は博物館標本の 3D モデル化とそのモデルを利用した仮想現実（VR）対応コンテンツの作成と公開、そのためのプロトコル確立を目的としている。より詳細には、①国立科学博物館所蔵の動物標本についてフォトグラメトリーを用いて三次元モデル化し、その課程でより効果的な三次元モデル構築方法を検討する。②ホームページ上から VR を用いて三次元モデルを公開できるようにデータベース化を進める。③これらの一連の流れをフローチャートにまとめ、他の研究機関、博物館でも応用可能な方法論を確立する。研究開始時には以上 3 点を目的として挙げた。

また一年間研究を進めるなかで、④3D プリンタによる拡大縮小レプリカの研究および教育利用に対する可能性、についても検討をおこなう事となった。特に鯨類などの大型動物の骨標本について、当該標本は移動や伝統的な計測に大がかりな作業が伴う。これに対し、精度を明示した 3D モデルを作成、利用することで、大型の骨標本のその形態を直接比較することが可能となる。また、計測箇所を三次元座標として保存できることから計測の客観性も向上すると考えられる。さらに、3D プリントしたものを教育に利用することで、実際の標本では保存管理等の理由で困難な「屋外での展示」「ハンズオン展示」などに利用することができる。また、直接触ることができることから、視覚障害者に対する教育普及活動においても重要な意味をもつものと考えられる。

3. 研究の方法

以下の記述は上記目的の①から④に対応する。

①屋外、および屋内におけるフォトグラメトリー運用の方法論を確立するため、博物館動物標本の 3D モデル化を進めるとともに、鯨類のストランディングなどが発生した場合には、生体（屍体）の 3D モデル化を行った。

②一般公開を目指した 3D モデルのデータベースを作成した。研究当初は iFrame と呼ばれる HTML 直結の 3D モデル公開方法の活用方法を模索していたが、Autodesk 社が限定的に公開した Project Play という web システムを利用しての公開方法に移行した。これは Project Play がもともと Smithsonian 3D のサイトを構築するために Autodesk 社が開発したシステムであり、利用実績および安定性が iFrame に比べて高いと判断したためである。

③Agisoft 社 PhotoScan Professional を利用したフォトグラメトリーによる 3D モデル作成ワークフローを作成した。本来は土地測量用のソフトウェアであり、土地測量に際しての測定方法、誤差算出方法はすでにある程度文章化されているものの、立体物の場合では撮影方法や撮影機材、撮影条件が大きく異なるため新たにマニュアルを作成する必要がある。

④鯨類 3 種を含む 11 種の骨標本についてフォトグラメトリーによる 3D モデル撮影、および 3D プリンタ（FlashForge 社，Guider2）による 3D プリントを行った。計測への利用については上記③と合わせて検討を行っている。また、教育への利用については、千葉市立中央博物館、滋賀県立琵琶湖博物館、広島市安佐動物公園、神奈川県立生命の星地球博物館と協働でおこなった。また、屋外展示の可能性を探るべく、東京都東部公園緑地事務所から許諾を得、上野公園ポケットパークにて「路上博物館」と名付けた屋外展示を開始した。

4. 研究成果

本項では上記の①から④で得られた成果を個別に記載する。

(1) Web コンテンツ「Yoshimoto3D」および「頭骨比較」の公開

2017年9月より国立科学博物館ホームページ上でYoshimoto 3D(β)の公開を開始した(<https://www.kahaku.go.jp/research/db/zoology/yoshimoto/database/index3D.html>)。2019年5月現在までに22体の剥製標本3Dモデルが公開中である。順次掲載点数を増加させつつ、よりアーティストやクリエイターが創作活動に利用しやすいコンテンツをめざすべく、改良を検討している。また、2018年12月より「シマウマとライオンの頭骨比較」のページを公開した(<https://www.kahaku.go.jp/research/db/zoology/skull3D/>)。本コンテンツはAutodesk社のProject PlayというWebアプリケーションを利用したものであり、スマートフォンを利用した、VRでの体験も可能である。しかし、Project Playの開発が昨年2018年をもって終了するとのアナウンスが行われた。現在もすでにアップロードされたコンテンツの閲覧は可能であるが、新規アップロードに際しては不具合が生じる状況となっている。今後は再度別の公開手段を模索する必要がある。



図 1. Yoshimoto 3D(β)のトップページ

(2) 日本哺乳類学会自由集会

日本哺乳類学会2017年度富山大会及び2018年度信州大会にてフォトグラメトリーに関する自由集会を開催、博物館関係者への普及活動を行った。2017年には申請者の他に新村龍也氏(足寄動物化石博物館)、佐々木彰央氏(静岡県自然史博物館ネットワーク)、吉田雅則氏(神戸芸術工科大学大学院)の計4名が、2018年には鈴木聡氏(神奈川県立生命の星地球博物館)、守屋恵美氏(ソフトバンク株式会社)、小池伸介氏(武蔵野美術大学)が講演を行った。両年度を合わせておよそ50名が参加した。

(3) 琵琶湖博物館でのハンズオン展示

2017年10月21日～29日、滋賀県立琵琶湖博物館にて展示評価のため試験的に3Dプリントしたタヌキの頭骨を実物とともに展示した。

(4) 千葉盲学校生徒への学習支援

2017年11月15日、千葉県立自然史博物館と千葉盲学校との合同企画として小学校5年、および6年の児童計3名に向けて剥製標本、骨標本および3Dプリントレプリカ骨標本を用いてハンズオン学習を行った。

(5) 神奈川県立生命の星地球博物館での講演、およびフォトグラメトリー体験

2018年3月24日、第128回サロン・ド・小田原『大きな標本をてのひらサイズに!? フォトグラメトリーと博物館』と銘打って講演、およびフォトグラメトリーの体験会を行った。体験会にはiOSおよびAndroidで無料頒布されているアプリケーションQclone (EyeCue vision technologies)を用いた。22名が参加した。

(6) 路上博物館の展開

2018年5月14日より、これまでに計7回に渡って上野公園ポケットパークにて「路上博物館」を展開した。キリン、オヒキコウモリ、ツチクジラの頭骨についてそれぞれ50%、1000%、20%に縮尺を変更した3Dプリントレプリカ、ヒト頭骨の実寸大レプリカ、および広島市安佐動物公園より寄贈されたオヒキコウモリの実物骨標本を展示し、通行人に対して展示解説を行った。7回合計でおよそ970名と対話を行った。また、路上博物館は今後も継続的に行ってゆく。また、着用する衣装については「自然物たる博物標本」と「科学」の関係性を一旦排除する目的をもって、白衣等ではなく博物収集が貴族の趣味だった時代を回顧できるような衣装を選び着用した。これにより所謂「科学好き」以外の観覧者を増やす目的があった。口頭でのアンケートによると観覧者のおよそ8割は普段博物館に行かない人々であった。衣装の効果を実証するためにも、今後は異なる衣装でどういった観覧者が惹きつけられるかを試験したいと考えている。



図 2. 路上博物館の様子。左：路上博物館の外観。中央：申請者と記念すべき来訪者第一号。右：比較的盛況なときの様子。

(7) 旧博物館動物園駅展示「アナウサギを追いかけて」

2018年11月23日から2019年2月24日までの週末計39日間、東京上野の旧博物館動物園駅において、上野文化の杜新構想実行委員会及びアーツカウンシル東京主宰となるインсталレーションイベント「アナウサギを追いかけて」を劇団指輪ホテル（主宰：羊屋白玉，美術：サカタアキコ）と共に制作，展示を行った。上野の森に集う博物館，美術館，動物園を繋ぐハブである（であった）旧博物館動物園駅の展示に相応しいものにすべく，博物，美術，動物が混じり合ったこれまでに類を見ない展示となった。

本科研費で担当したパートは，地下空間の頭骨および頭骨レプリカの展示である。博物館動物園駅が営業休止となった1997年，時を同じくして上野動物園で亡くなったジャイアントパンダ「ホアンホアン」の実物の頭骨を中心に，ヒト及びジャイアントパンダ「ホアンホアン」を含む7種の哺乳類の頭骨レプリカを展示した。中央の実物標本にはキャプションを配さず，触って鑑賞することができるレプリカにのみ，標本タグの形でキャプションを配した。従来の博物館展示では多くの観覧者がキャプションを読むことにとらわれ過ぎてしまい，標本の観察が疎かになる傾向が見受けられる。そこを如何に改善し，標本に対して注意を導くかを局所的なテーマとした。この展示において観覧者は中央の実物を見るだけでは，その頭骨が何の動物なのかが分からない。しかし，周囲のレプリカを観察し，中央の頭骨と比較することで，その頭骨がパンダのものだと気がつける様な展示デザインを行った。

概ね好評を博したが，課題も見つかった。課題は大きく分けて以下の2つである。1) 単に3Dプリントレプリカを配置していても観覧者はなかなか触って観察しないのである。今回の展示では，サカタ氏が制作した動物の体を模した展示台の上に頭骨レプリカを置き，地面までは落下しないように短めのテグスで繋留していた。観覧者に対して言葉をかけて促せば触るものの，そのままでは触っていいものか，判断が着かないようであった。標本を触って良いというマークを配置してもなかなか改善されなかった。2) また，什器に繋留しているとはいえ，レプリカを落下させると，テグスによるスイングが生じ，什器とぶつかることで破損が生じることがあった（展示期間中3件）。この経験をもとに，事項である「動物のからだ」展の展示を制作した。

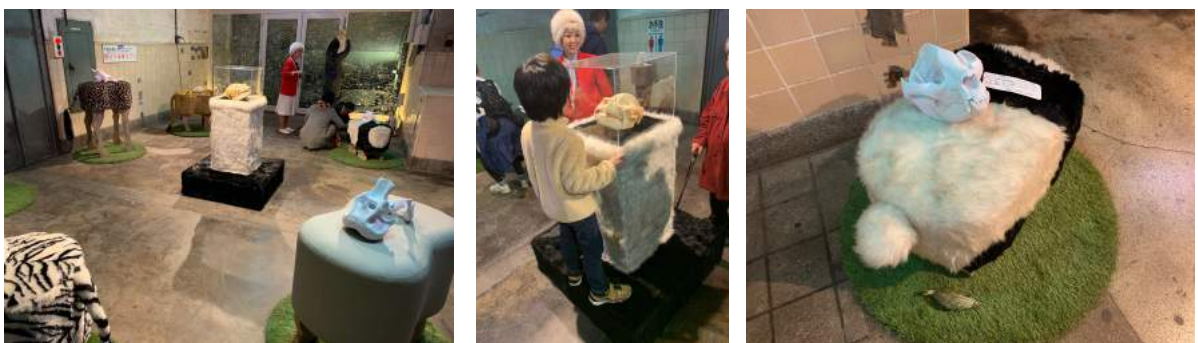


図 3. 左：頭骨およびレプリカの展示全体俯瞰。中央：ジャイアントパンダ頭骨の展示。キャプションが無いことに留意。右：ジャイアントパンダ頭骨レプリカの展示。標本ラベルを模してキャプションを配した。指輪ホテル美術のサカタアキコ氏が制作した什器と相まって一つの「作品」としての見栄えが極まりすぎてしまった結果，観覧者が触りづらくなってしまった可能性がある。

(8) 動物のからだ展

2019年2月16日から24日までのおよそ一週間にわたって大阪デザイン振興プラザ(ODP)

において「動物のからだ」展を協働で開催した。これは科研費 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」との共同発表であった。

前項で生じた課題「如何にして 3D プリントレプリカへの接触を誘発するか」の解決を探った。前回の展示では見栄えにおいて、展示物が「完成されすぎていた」と考えた。つまり、サカタ氏の作った動物型什器の上に配置された頭骨レプリカが、什器と一体化して一つの芸術作品のような印象を観覧者に与えてしまい、それが接触を拒んでいたと考えた。そこで、この展示では頭骨レプリカの後頭部にテグスを通し、天井から吊り下げる状態で展示を行った。これにより、以下のメリットが生じた。1) 頭骨の吻部（正面）が地を向くことにより、観覧者が正面から頭骨を観察するためには、必然的に持ち上げざるを得なくなった。2) 繫留と異なり、ぶら下げによって位置エネルギーが最も低下した状態が展示のニュートラルな状態となり、テグスが切れない限り落下することがなくなった。3) 後頭部をアンカーとすることで、全ての頭骨レプリカのニュートラルな状態での軸が揃った。4) 観覧者がスマートフォン等で撮影を行う際に、テグスが第三の手として作用し、頭骨レプリカを安定して片手で保持することが可能となった。今後は頭骨以外の 3D プリントレプリカ標本でこういった展示手法が効果的か、試行を続けたいと考える。

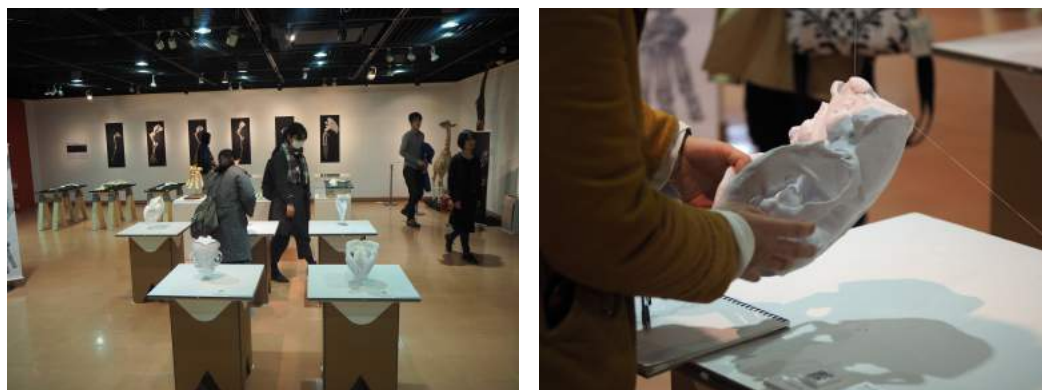


図 4. 動物のからだ展の様子。左：頭骨レプリカ展示俯瞰。天井の格子からテグスで各頭骨を吊り下げている。右：頭骨レプリカを観察する観覧者の手元。テグスが張り荷重を支えることで、観覧者は操作に集中することができる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 1 件）

森健人, 新村龍也, 佐々木彰央, 吉田雅則. 2018.博物館とフォトグラメトリー. 哺乳類科学, 58-1.

〔学会発表〕（計 7 件）

森健人. フォトグラメトリーによる鯨類標本の 3DCG モデル化と標本観察におけるその有効性. 日本セトロジー研究会第 28 回（札幌）大会. ポスター発表. 札幌. 7 月 2017 年.

森健人, 新村龍也, 佐々木彰央, 吉田雅則. 博物館とフォトグラメトリー. 日本哺乳類学会（富山）大会. 自由集会. 富山. 9 月 2017 年.

森 健人. 3D プリンタや 3D 画像による哺乳類標本（博物館資料）の活用. 環境動物昆虫学会（大阪）大会. 招聘講演. 大阪. 7 月 2018 年.

森 健人, 鈴木聡, 守屋恵美, 小池伸介. 博物館とフォトグラメトリー 2018. 日本哺乳類学会（長野）大会. 自由集会. 長野. 9 月 2018 年.

森 健人. フォトグラメトリーによる鯨類ストランディング個体の 3D モデル化とその有用性-セミクジラを例に-. 日本哺乳類学会（長野）大会. ポスター発表. 長野. 9 月 2018 年.

Kent Mori. Photogrammetry 3DCG modeling method for the comparative study of whale skulls. International Meeting Asian Society of Conservation Medicine. Kuching. 10 月 2017 年. 口頭発表.

Kent Mori. 3D morphological reconstruction with photogrammetry on stranded whales. International Meeting Asian Society of Conservation Medicine. Bari. 10 月 2018 年. 口頭発表.

〔図書〕（計 2 件）

森健人（監修）. 驚異の未来生物. 創元社. 8 月 2017 年. PP.159.

森健人. 三次元復構モデルと解剖学. 「特別展人体神秘への挑戦」図録.P.100-1. PP. 183.

〔産業財産権〕

○出願状況（計 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

○取得状況（計 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

Yoshimoto 3D(B)日本語版

<http://www.kahaku.go.jp/research/db/zoology/yoshimoto/database/index3D.html>

Yoshimoto 3D(B)英語版

<http://www.kahaku.go.jp/english/research/db/zoology/yoshimoto/database/index3D.html>

路上博物館 Twitter

<https://twitter.com/rojohaku>

[旧博物館動物園駅「アナウサギを追いかけて」](#)

<https://uenoyes.ueno-bunka.jp/events/rabbit-hole/>

「動物のからだ」展

<http://doubutsunokarada.strikingly.com>

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2)研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。