

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 9 日現在

機関番号：82617

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350394

研究課題名(和文) 科学系博物館における資料の三次元デジタルデータの教育利用に関する実践的研究

研究課題名(英文) Using 3-D Digital Contents to Support Learning at Science Museum Settings

研究代表者

有田 寛之(Arita, Hiroyuki)

独立行政法人国立科学博物館・経営管理部・係長

研究者番号：70342938

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、研究用に得た博物館資料の三次元(3D)デジタルデータを、博物館における展示や教育において活用する手法を開発することを目指し、博物館で取得した標本資料の3Dデジタルデータを活用した学習プログラムの開発を行った。その結果、博物館に親しんでいる層に対し、新しい技術の利用も含めた博物館の研究活動へ関心を向けることができたと考えられる。科学系博物館における単発的学習の効果として、実物資料に触れる体験的な学びから博物館が楽しいと感じる、博物館職員の指導から博物館に対して親しみを持つ、といった態度変容が明らかにされており、今回も同様の成果が得られたと考えられる。

研究成果の概要(英文)：The goal of this study is to develop educational programs to promote people's positive attitude toward nature and science by facilitating their discoveries and enjoyment through utilizing of 3-D digital contents at science museum settings. In this study, educational programs were developed based on the framework of fostering science literacy published by NMNS (2010) and the effectiveness of the programs was measured based on it. Positive changes were observed in the constructs "Have an interest in people involved in the field of science" and "Understand that scientific research has been changed by technology". These results seem to indicate that this program enhanced the participant's interests in science and research activities at science museums.

研究分野：博物館情報・メディア論

キーワード：3Dデジタルデータ 3Dプリンタ 研究活動への理解 プロジェクションマッピング

1. 研究開始当初の背景

(1) 博物館情報のデジタル化

我が国では e-Japan 戦略 やその後の重点計画において、博物館コンテンツのデジタル・アーカイブ化の推進が明記されるとともに⁽¹⁾、博物館法では平成 20 年 6 月の改正で博物館資料の中に電磁的記録が明記された。これに対し博物館は横断検索可能なポータルサイトの構築⁽²⁾等、資料のラベルや台帳に書かれたメタデータのデジタル化・標準化を行ってきた。そして計測機器やコンピュータの性能向上により、収蔵資料自体のデジタル化も進められている。非接触で立体構造を読み取る光学式三次元デジタイザにより、資料表面の色や立体的形状をほぼ正確にデジタル化し、工業用の X 線 CT スキャナにより、資料の内部構造を非破壊で明らかにできるようになった。

文化財や化石標本等を扱う分野の博物館では従来の手法に加え、三次元デジタルデータをもとに資料の状態を把握し保存や修復に役立て、形状比較や内部構造の解析による研究が可能となった。

(2) デジタル・アーカイブの生涯学習への活用

これまでデジタル映像の多くは映画やテレビのように二次元のスクリーンやモニタに投映されるものであったが、プロジェクションマッピングという、三次元デジタルデータを建物など大きな凹凸のある立体物に正確に投映する手法が開発され、普及しつつある。また、三次元デジタルデータを樹脂により立体の造形として出力する 3D プリンタも低価格化が進み、米国では 1,000 の学校への導入を決定する⁽³⁾といった広がりも見せている。また、市販のゲーム機用赤外線センサーやタブレット端末のカメラを用いて立体構造を簡易的にスキャンすることも可能で、三次元デジタルデータの取得、出力とも簡易化されつつある。

「新しい時代を切り拓く生涯学習の振興方策について～知の循環型社会の構築を目指して～(平成 20 年 2 月中教審答申)」⁽⁴⁾では、博物館資料のデジタル・アーカイブ化に対応した法令の制定や博物館の活性化が強調され、情報通信技術を活用した学習機会の提供も重要視されている。

このように学校教育から生涯学習、さらに趣味・教養に至るまで幅広い世代の学びにデジタルデータが活用されつつある現状で、博物館の学びにおける効果的活用も大変重要な課題といえる。

また、デジタルメディアの特徴の一つに、経年変化や複製により情報が劣化しないというものがある。これまで博物館の教育場面では、資料保存の観点から実物資料ではなく教育用の複製や模型を使う機会が多かった。博物館情報がデジタル化されることで、資料の収集や調査研究において使われる情報と

全く同質のデジタル情報を教育場面に活用できるという大きな利点がある。

(3) 着想の経緯

研究代表者はこれまで、科学系博物館で幅広い世代の科学リテラシーを高める学習体系の構築や、学習プログラム開発に携わってきた。科学リテラシーの向上には、博物館が得意とする、感性を高め、基礎知識を身につける活動に加え、科学的な思考能力や、知識を活用する能力といった、総合的な能力を高める取組が必要である。そのためには、分かりやすく加工された二次的な情報だけでなく、博物館の持つ一次情報を活用し、学習者自らが主体的に探究し、結論を導く機会を提供することも重要である。

資料とその情報を結びつける手法は「複合現実感」と呼ばれる、デジタルデータと目の前の風景をカメラ越しに重ねて表示する技術を活用した学習体験を開発してきた。古生物を題材に、研究成果をデジタル化し展示に重ねて表示する、恐竜の姿を想像したぬりえをデジタル変換し骨格標本と重ねて表示するなど、展示の多様な見方を支援する技法を開発した。ただ、複合現実感個人視点に合わせた情報提供手段のため、多人数が同時利用する環境への応用には課題がある。

博物館で使われる三次元デジタルデータは空想のものではなく、実物資料に基づいた学術的な資料である。そこで、研究における生の情報としての三次元デジタルデータを扱い、プロジェクションマッピングや 3D プリンタという社会に普及しつつある技術、ゲーム機やタブレット端末等市販の機器を活用した学習体験を提供することにより、新しい視聴覚メディアを活用して楽しみながらより多くの人々が体験でき、研究のプロセスをたどりながら主体的に探究する仕組みを構築できるのではないかと考えるに至った。

2. 研究の目的

本研究では上記研究過程で明らかになった成果と課題、三次元デジタルデータの社会への急速な普及を考慮し、国立科学博物館において学術研究で使われている三次元デジタルデータを展示や教育に活用する手法を開発する。楽しみながら学べ、学習意欲を高めるだけでなく、科学的思考能力を高める機会を提供する学習体験のモデルを提案する。

具体的には、三次元デジタルデータを研究に活用している人類学と恐竜学を事例として取り上げる。人類の頭骨や恐竜の化石骨格をスキャンしたデータ、生体復元のコンピュータグラフィックスを活用し、研究成果の理解、未解明の内容の推測を研究者の立場から追体験する学習プログラムを開発する。

3. 研究の方法

国立科学博物館が提唱した科学リテラシー涵養活動の枠組み⁽⁵⁾にもとづき、本学習プ

プログラムの対象は親子（子育て期及び小学生）学習のねらいは「博物館における最新の研究活動に触れることで、技術の進歩に応じた新しい研究アプローチを研究者が行っていることを知り、博物館の調査研究活動に興味関心を持つようになる。」とした。

(1) 人類学を題材とした学習プログラム

学習プログラムは「かはく標本 3D 化計画～デジタルデータを用いた研究最前線～」というタイトルで、2016年1月11日（月）午後2時から午後4時30分まで国立科学博物館（東京・上野公園）にて実施し、参加者は小学生とその保護者6組12名であった。

学習プログラムの流れは以下の通りであった。まず、3Dプリンタによる江戸時代人頭骨の縮小データの出力体験を行った（図1）。これは国立科学博物館が所蔵する江戸時代人頭骨の3Dスキャンデータを用いており、内部構造も含むデータであった。出力には2時間程度かかるため、参加者1組につき1台の3Dプリンタを割り当て、全ての組のプリントが開始されたことを確認してから講義に移った。また、3Dプリンタについては、低価格化が進み一般への普及が進む熱溶融積層方式（MakerBot社製）のものを使用した。

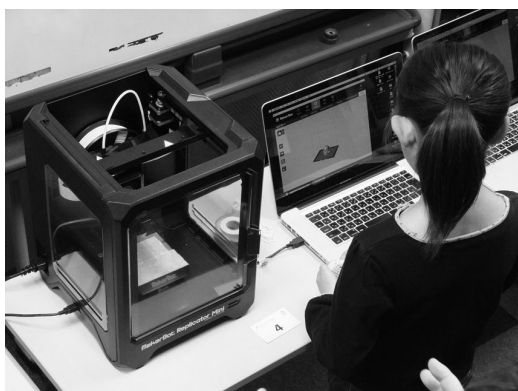


図1 3Dプリンタ出力のための準備の様子

講義は国立科学博物館の研究者が行い、研究において3Dデータを活用する利点について解説した。標本を用いた研究では形態の比較を主に行うこと、人骨の実物標本は数が限られており、研究を行うためにレプリカを作成し活用していることを説明した。次にX線CTスキャンについて解説し、CTスキャンを行うことで内部構造も分かるということに触れた。最後に、3Dデータを研究活動に活用する利点を紹介した。

ここで休憩時間となり、参加者は3Dプリンタの出力状況を確認した。休憩終了後は、石膏を用いて、ゴリラの臼歯とアンモナイト化石のレプリカを作製した。

その後研究者による講義となり、研究において3Dデータを活用した事例を紹介した。つぶれた状態で発掘された頭骨化石を3Dデータ化し復元した例や、下顎骨の右側の一部と左側の一部が同じ場所から出土した例で

は、スキャンしたデータを用い、片方の化石を反転させることにより、両者が同一個体のものである可能性を、より高精度で検証することが可能になるといった例を紹介した。続けて、標本をスキャンした3Dデータを3Dプリンタで出力したサンプルを用いながら、三次元の実体物として手に取れること、触れることにより理解が深まること、正確な形状の拡大、縮小が可能のためサイズを揃えた比較が可能となることなどを解説した。

講義終了後、参加者は3Dプリンタによる出力の完了を見届け、出力した縮小版頭骨（図2）と石膏で作製したレプリカを持ち帰った。



図2 出力した縮小版頭骨（右手前の2個）

(2) 恐竜学を題材とした学習プログラム

学習プログラムは「かはく標本 3D 化計画～デジタルデータを用いた研究最前線～(2)」というタイトルで、2017年2月5日（日）午後1時30分から午後4時まで国立科学博物館（東京・上野公園）にて実施し、参加者は小中学生とその保護者6組12名であった。

学習プログラムの流れは以下の通りであった。まず、恐竜の化石の発見から命名までの歴史、始祖鳥化石についての講義を国立科学博物館の研究者が行った。その後、3Dプリンタを用いて作製した始祖鳥の全身骨格フィギュア（図3）の組み立て体験を行った。



図3 始祖鳥全身骨格フィギュア

その後休憩時間を取り、組み立てた始祖鳥全身骨格と、現生のニワトリの全身骨格標本を見比べ、類似点や相違点について考えた。

後半は始祖鳥と鳥類の違いについて、休憩時間の観察をもとに答え合わせを行い、研究活動において三次元デジタルデータを活用する利点に関しては、19世紀に発見された始祖鳥化石のCTスキャンにより、21世紀に入ってから始祖鳥の脳の構造が明らかになるなど、新たな技術を用いることで過去に収集された標本から新たな研究成果が得られることを研究員が解説した。

最後に、参加者がもし研究者になったらどんなことを研究したいかについて発表した。

(3) アンケート調査

どちらの学習プログラムも、参加者に対し、博物館における学習プログラムの評価を目的として設計された質問項目をもとに、アンケート調査を行った。

4. 研究成果

参加者へのアンケートは学習プログラム実施前後に行った。

(1) 博物館への親しみ

実施前アンケートでは、プログラムに関するキーワードへの認識を聞いた。どちらの学習プログラムの参加者とも、博物館、標本やレプリカに親しみがあることが分かった。

参加の感想については、楽しい、分かりやすいだけでなく、役に立つかどうかについても好意的な回答が得られた。

(2) 研究活動への興味・関心

博物館が集めた標本を使って研究することについて、興味・関心があるかどうかについては、実施前の質問と同じく興味・関心が高いことが分かった(表1、2)。

表1 標本を使った研究へ興味・関心があるか(人類学)

	そう思う	ややそう思う	わからない	あまり思わない	そう思わない
保護者	4	2	0	0	0
子ども	4	2	0	0	0

表2 標本を使った研究へ興味・関心があるか(恐竜学)

	そう思う	ややそう思う	わからない	あまり思わない	そう思わない
保護者	2	3	1	0	0
子ども	5	1	0	0	0

(3) 研究に3Dデジタル技術を用いること
標本を使った研究に関し、人類学のプログラムでは、標本の3Dデータ化の必要性について他者に説明できるかどうか聞いたところ、おおむね肯定的な回答であった(表3)。

表3 標本の3Dデータ化の必要性を説明できるか(人類学)

	そう思う	ややそう思う	わからない	あまり思わない	そう思わない
保護者	4	2	0	0	0
子ども	1	3	1	0	0

恐竜学のプログラムでは、世の中の技術を取り入れることについて他者に説明できるかどうか聞いたところ、こちらもおおむね肯定的な回答であった(表4)。

表4 世の中の技術を取り入れることを説明できるか(恐竜学)

	そう思う	ややそう思う	わからない	あまり思わない	そう思わない
保護者	2	3	0	1	0
子ども	0	4	0	1	1

(4) 知りたいこと、疑問の発見

標本を使った研究に関し、さらに知りたいことや、疑問を見つけたかどうかについても、多くが肯定的であった(表5、6)。

表5 知りたいこと、疑問点を見つけたか(人類学)

	そう思う	ややそう思う	わからない	あまり思わない	そう思わない
保護者	1	3	1	0	0
子ども	2	3	0	1	0

表6 知りたいこと、疑問点を見つけたか(恐竜学)

	そう思う	ややそう思う	わからない	あまり思わない	そう思わない
保護者	1	5	0	0	0
子ども	2	3	0	1	0

自由記述でも「ひょう本を作ってみたいです。」(小2)「研究している場も実際見てみたいと思いました」「博物館のバックヤードを見たい」(保護者)といった回答を得た(そ

れぞれ原文ママ)。

(5) 他者への意見の伝達

標本を使った研究に関し、自分の疑問やその時に生じた考え方を他者に伝えようと思ったかどうかについても、伝えたいと思った参加者が多かった(表7、8)。

表7 疑問や考えを他者に伝えようと思ったか(人類学)

	そう 思う	やや そう 思う	わか らな い	あ ら う 思 わ ない	そう 思 わ ない
保護 者	2	3	0	1	0
子 ど も	3	3	0	0	0

表8 疑問や考えを他者に伝えようと思ったか(恐竜学)

	そう 思う	やや そう 思う	わか らな い	あ ら う 思 わ ない	そう 思 わ ない
保護 者	1	4	0	1	0
子 ど も	5	1	0	0	0

(6) 研究活動への理解増進

最後に、このプログラムのねらいは何だと思えますか、という問い(自由記述)に対しては、人類学のプログラムでは、研究活動まで言及した回答が見られたが、保護者の一部にとどまった。

・研究活動について触れた回答(3件、原文ママ)

「研究者が、3Dをどのように活用しているのかを知る為。今の研究を3Dを使ってどのようにしているのかを知る為。」(保護者)

「研究の場で実際にどのようなことが行われているか知ること。」(保護者)

「物理的に見て触れられる事でデータや画像の何倍も理解しやすく情報も多いという事でしょうか。」(保護者)

・体験や標本について触れた回答(6件、原文ママ)

「標本、3Dについて基本的な知識を得る。」(保護者)

「レプリカを今までよりも簡単に作れること。」(保護者)

「私たちに3Dのことや標本のことをしてもらうため。」(小4)

「3Dプリンターのことをよく知ってもらいたいということ。」(小3)

「3Dプリンターのべんりさをしてほしい」(小3)

「じっけんや作ることを楽しんでもらうこと。」(小2)

このように、人類学を題材とした学習プロ

グラムの参加者の一部は、体験そのものの楽しさで満足してしまうという課題が残った。博物館の研究や、次の学びにどうつなげるか、という点で、学習プログラムの中で参加者に「他にどのような標本を調べたいか」「どのように調べるか」「なぜ調べたいのか」といったことを問いかけ、考える機会を設けるなど、改善の余地があると考えられ、恐竜学を題材とした学習プログラムでは、最後に「もし自分が研究者になったら何を研究したいか」について考え、互いに発表し合う時間を設けた。その結果、恐竜学のプログラムにおいて、このプログラムのねらいは何だと思えますか、という問い(自由記述)に対しては、保護者のほとんどが研究活動に関連した内容に言及していた。

・研究活動について触れた回答(5件、原文ママ)

「標本を使用して、始祖鳥のことや、これまで・これからの研究がどのようなものなのかを知る、ということがねらいかと思えます。」
「可視化したり、可視化のプロセスをより多くの方が理解することで、専門家による研究にも新たな視点や情報がもたらされる事もあるかと思えます。」

「始祖鳥の骨格の組み立てを通して、始祖鳥の特徴を知ることや、観察を行い疑問に思うことに対してアプローチしていくプロセスを体験する」

「骨の発見～発掘～研究(組み立ててみる、考察など)のプロセスを知る。そこから何がわかるのか?研究について知る。」

「標本を通じて、その物理的な立体化をすることによってその理解についても「立体化」できることをねらいとしていると感じました。」

今回の学習プログラム開発では、博物館に親しんでいる層に対し、新しい技術の利用も含めた、博物館の研究活動へ関心を向けることができたと考えられる。科学系博物館における単発的学習の効果として、実物資料に触れる体験的な学びから博物館が楽しいと感じる、博物館職員の指導から博物館に対して親しみをもち、といった態度変容が明らかにされており⁽⁶⁾⁽⁷⁾、三次元デジタルデータを用いた今回も同様の成果が得られたと考えられる。

<引用文献>

(1) e-Japan 戦略
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/keitei/030702ejapan.pdf>

重点計画 2006

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/keitei/060726honbun.pdf>

重点計画 2008

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/keitei/080820honbun.pdf>

(2) 文化遺産オンライン

(<http://bunka.nii.ac.jp/>)・サイエンスミュージアムネット(<http://science-net.kahaku.go.jp/>)等
(3)<https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/2010/10/18/remarks-president-white-house-science-fair>
(4)http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/080219-01.pdf
(5) 独立行政法人国立科学博物館：科学リテラシー涵養に関する有識者会議(2010)「科学リテラシー涵養活動」を創る～世代に応じたプログラム開発のために～
(6) 小川義和, 下条隆嗣(2004) 科学系博物館の学習資源と学習活動における児童の態度変容との関連性, 科学教育研究, 28(3), 158-165.
(7) 小川義和, 下条隆嗣(2003) 科学系博物館の単発的な学習活動の特性 - 国立科学博物館の学校団体利用を事例として -, 科学教育研究, 27(1), 42-49.

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計4件)

(1) Hiroyuki Arita-Kikutani, 2017. Developing educational programs to promote public understanding of research at museums, AAAS 2017 Annual Meeting. 2017年2月18日(ボストン, アメリカ).

(2) 有田寛之, 2016. 博物館資料に関する三次元デジタルデータの活用について(2)博物館における学習支援活動への活用. 日本教育情報学会第32回年会. 2016年8月20日(福山大学 広島県福山市).

(3) Hiroyuki Arita-Kikutani, 2016. Using 3-D Digital Contents to Support Learning at Science Museum Settings, AAAS 2016 Annual Meeting. 2016年2月13日(ワシントンDC, アメリカ).

(4) 有田寛之, 2015. 博物館資料に関する三次元デジタルデータの活用について. 日本教育情報学会第31回年会. 2016年8月29日(茨城大学 茨城県水戸市).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

有田 寛之(Arita Hiroyuki)

独立行政法人国立科学博物館・経営管理部・係長

研究者番号：70342938