

雑 録

3D プリンタで製作した模型を用いた教育普及活動の実践*

相田裕介**、***

(2020年9月4日受理)

**The Practice of Educational Dissemination Activities Using Models
Made with a 3D Printer***

Yusuke AIDA**、***

(Accepted September 4, 2020)

Key words: 3D printer, Hands-on, Educational dissemination activities.

はじめに

近年飛躍的に技術が進歩した3Dプリンタの技術を導入し、ハンズオン資料を作成することで、より多くの人たちに、博物館や学校において体験を伴った学習が提供できるのではないかと考えた。

今回、3Dプリンタを活用して製作したハンズオン資料が、教育普及活動の中でどのような効果があるのかについて実践したので報告する。

研究の目的

さまざまな教育普及活動の中における、3Dプリンタで製作したハンズオン資料の効果を調査する。

研究の方法

本研究は、2018年4月から2019年3月にかけて以下の実践を行った。

(1) 3Dデータの取得

外部の博物館やインターネット等で公開されている以下のデータを取得した。

- ・地学分野では恐竜の化石と微化石
- ・動物分野では昆虫

(2) ハンズオン資料の製作 (3Dプリンタでの出力)

取得したデータを3Dプリンタで出力し、ハンズオン資料を以下のことを考慮して製作した。

- ・恐竜の化石は縮小
- ・微化石や昆虫などは拡大

(3) ハンズオン資料を活用したプログラムの開発

健常者だけでなく障がい者も活用できる学習プログラムを作成した。

(4) 常設展示への設置

ミュージアムパーク茨城県自然博物館（以下、当館という）内において、体験型の観察コーナーであるディスカバリープレイスにおいて、以下のような展示を行った。

- ・小さな標本を拡大した3D模型
- ・模型の製作過程が見れるよう、3Dプリンタを展示

*本研究の一部は公益財団法人日本科学協会「笹川科学研究助成」による資金援助を受けて実施された (This research was partially supported by the Sasakawa Scientific Research Grant from The Japan Science Society).

**坂東市立南中学校 〒306-0624 茨城県坂東市矢作326 (Bando South Junior High School, 326 Yahagi, Bando, Ibaraki 306-0622, Japan).

***ミュージアムパーク茨城県自然博物館研究協力員 〒306-0622 茨城県坂東市大崎700 (Ibaraki Nature Museum, 700 Osaki, Bando, Ibaraki 306-0622, Japan).

・電子顕微鏡で3D模型の基の資料を提示

(5) ハートフルミュージアム（視覚障がい者向けの展示会）での展示

当館で実施している、ハンズオン資料を中心に扱った視覚障がい者向けの展示会「ハートフルミュージアム」における資料として、昆虫、微化石などの拡大模型、恐竜の縮小模型を活用した。

(6) 学校移動博物館での展示

当館のアウトリーチ事業で行われている「学校移動博物館」の一環として、茨城県立盲学校において、以下のような資料を中心に展示を行った。

・化石の縮小模型

・昆虫、微化石などの微小なものの拡大模型

(7) アンケート調査

学校移動博物館では、ハンズオン資料の効果についてのアンケートを実施校の教員を対象に実施し、教育的な効果について考察した。

実践内容

(1) 3Dデータの取得

3Dデータの取得には3Dスキャナやフォトグラメトリーなどさまざまな手法があるが、本研究では外部の団体や博物館などのWEBサイトで公開されているデータを活用した。

その理由として、本研究の成果を学校や博物館等で活用するとした場合、すべての施設が3Dスキャナやフォトグラメトリーの設備や技術を有しているわけではないため、どのような施設でも活用できるようにするために外部からの取得という手法を採用した。

本研究で取得したデータは下記のWEBサイトから取得した。

① Thingiverse

2008年に発足した、3Dプリンタメーカー MakerBot Industries が運営するデジタルデザインファイルの共有サイト（Thingiverse: <https://www.thingiverse.com/>）である。

Thingiverse は、近年、教育的な指向がますます高まっており、Thingiverse Education 部門には多くの授業プランとアイデアが用意され、より多くの人が授業等で活用できるようになっている。

Thingiverse で公開されているデータの著作権は、クリエイティブコモンズの下で利用可能なように公開さ

れている。

② GB3D Type Fossils

英国地質調査所が主催するWEBサイト（GB3D Type Fossils: www.3d-fossils.ac.uk/）である。

イギリスでは、化石のタイプ標本は全国の複数拠点に保管されており、当サイトは、これら複数の異なる標本を検索する研究者のため発足した。

GB3D タイプ化石オンラインプロジェクトは、JISC（英国情報システム合同委員会）によって資金を供給されており、イギリスで見つかった化石種および亜種のタイプ標本を1つのデータベースにまとめることを目的として開発された。

公開されているデータの著作権は、クリエイティブコモンズの下で利用可能なように公開されている。

(2) ハンズオン資料の製作（3Dプリンタでの出力）

本研究において、ハンズオン資料の製作に用いた3Dプリンタは、「FLASHFORGE Guider II」を採用した。（FLASHFORGE JAPAN: <http://flashforge.co.jp/guider2/>）

選定の理由として、同価格帯の機器を比較した場合、造形範囲が大きいことが一番の要因となった。フィラメント切れの場合の緊急停止と再造形が容易であること、データの導入が容易であることも選定理由として高く評価された。

上記機器を使用し、本研究では主に下記のハンズオン資料を作成した。

茨城県立盲学校の教員と協議した結果、微小なものを拡大することが重要であることが分かった。そのた

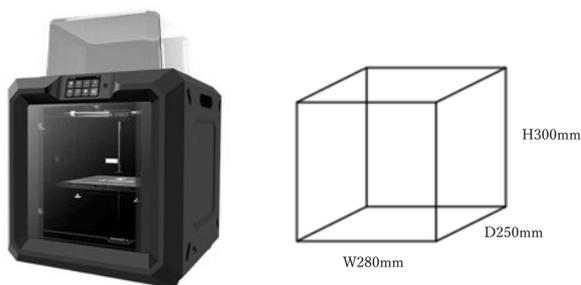


図1. 本研究で使用した3Dプリンタ「FLASHFORGE Guider II」と造形範囲。造形範囲については、FLASHFORGE JAPANの資料を参考とした（<http://flashforge.co.jp/guider2/>）。
Fig. 1. The “FLASHFORGE Guider II” 3D printer used in this study and modeling range. The modeling range was based on FLASHFORGE JAPAN materials (<http://flashforge.co.jp/guider2/>).



図 2. 恐竜の頭骨 (縮小模型).
Fig. 2. Dinosaur skull (reduced model).



図 3. 恐竜の全身骨格 (縮小模型).
Fig. 3. Dinosaur whole body skeleton (reduced model).



図 4. 有孔虫 (拡大模型).
Fig. 4. Foraminifera (magnified model).

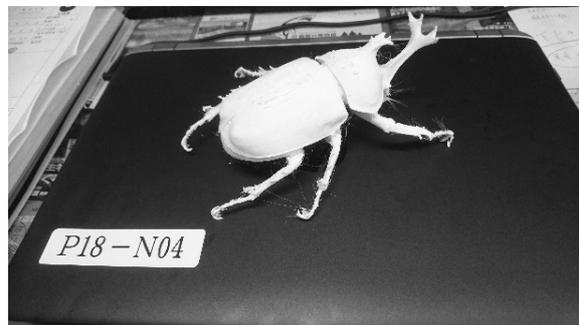


図 5. 昆虫 (拡大模型).
Fig. 5. Insect (magnified model).

め、本研究では、微小な生物の拡大模型を作成することで、生物の形態的な特徴および生活スタイルについて学べるようにした。

(3) ハンズオン資料を活用したプログラムの開発

本研究で作成したハンズオン資料は、職員が解説する場面であれば、どの部分を触ればよいか、ポイントはどこかなど、細かく指示を与えることができるが、いつも立ち会うことは困難である。

そこで、体験者が自発的に学ぶことができるようにプログラムを検討した。すべての部分についてではなく、形状において一番顕著であり分かりやすい部分について学習プログラムを作成した。

① 恐竜の頭骨

ティラノサウルスの頭骨は、実物はかなり大きく、直接触ることは困難である。ティラノサウルスの頭骨の特徴として、頭を軽くするために多くの空洞があることが特徴であり、それぞれの空洞の役割は意外と知られていない。特に目の付く位置についてはまったく違うところを考えている人も多い。そこで、頭骨を触りながら、目の位置について考える問題を作成した。

② 有孔虫

有孔虫は最大でも大きさが1 mmであり、実際に触れて形態的特徴を把握することは困難である。しかしながら古生物学において、地質年代を決定するために使われたり、酸素同位体を使い古環境の復元に使われたりと、多くの研究で活用されている。有孔虫を知ってもらう機会および浮遊性と底生性があることを知ってもらう機会として問題を作成した。

③ 昆虫 (カトハエ)

身近にいる昆虫であるが、実際に触る機会はない。また動きが速いため、体のつくりなど細かいところを



図 6. クイズ形式の学習プログラム (有孔虫). 左: 問題, 右: 答え.
Fig. 6. Quiz-style learning program (foraminifera). Left: Question, Right: Answer.

観察することも困難である。図鑑等で写真として紹介されていることはあるが、実際に触りながら観察することで、より実感をもって形態について理解できるのではないかと考える。今回は特に口器の違いについて問題を作成した。

(4) 常設展示での設置

本研究で製作したハンズオン資料を常設展示に取り入れ、多くの来館者が触れて学べるようにした。設置するだけでなく、クイズ形式の掲示物を取り入れることで、体験者が自発的に学ぶことができるようにした。また、問題や解答、解説には点字をつけ、視覚障がい者も利用できるようにした。

当館では、電子顕微鏡を自分で操作できるコーナーがある。今回作成したハンズオン資料としての拡大模型と、電子顕微鏡で観察できる資料をリンクさせ、生物についての学習効果が高まるように工夫した。具体的には、電子顕微鏡で有孔虫（エルフィディウム・クリスパン）の資料を観察することができるようにし、その操作盤の反対側で3Dプリンタで製作した拡大模型を触りながら観察できるようにした。また、3Dプ



図7. 常設展に設置したハンズオンコーナー。
Fig. 7. Hands-on corner installed at the permanent exhibition.



図8. ハンズオンコーナーを体験する来館者。
Fig. 8. Visitors experiencing the hands-on corner.



図9. 電子顕微鏡などと連動したコーナーの設置。A: ハンズオンコーナー。B: 電子顕微鏡。C: 3Dプリンタ。
Fig. 9. Installation of a corner linked to an electron microscope. A: Hands-on corner, B: electron microscope, C: 3D printer.

リントを電子顕微鏡の隣に設置し、製作過程を見学できるようにし、3D模型を紹介するコーナーを設けた。

ハンズオン資料の設置だけでなく、ほかの展示と関連付けることで、ハンズオン資料に興味をもって見学する来館者の姿を見ることができた。また、視覚障がい者には、健常者が展示内容について説明をしながら、見学をする姿が見られた。

(5) ハートフルミュージアム（視覚障がい者向けの展示会）での展示

当館では、視覚障がい者向けの展示会「ハートフルミュージアム」を開催している。2018年度は2018年11月23日から12月9日まで開催した。この展示会は、障がいのある方々に博物館の展示や資料をとおして自然への興味や関心を高めていただくことを目的としており、動物の剥製や植物の標本、鉱物などの直接手で触れる展示物を中心とした特別展示である。毎年展示している標本に加え、今回、本研究で製作したハンズオン資料を展示に活用した。

触るだけでは、形態的な特徴しか分からないため、ハンズオン資料のほかにクイズ形式の生物の生態に関する学習プログラムを取り入れた。

問題文や解答、解説については、点字をつけた。点字については、筑波産業大学の方に確認してもらった。

研究を行った2018年度は、来場者数9,632人、そのうち障がい者53人（うち視覚障がい者2人）であった。

(6) 学校移動博物館での展示

本研究で製作したハンズオン資料を、学校で行われる学校移動博物館で展示した。



図 10. ハートフルミュージアムで展示したハンズオン資料。
Fig. 10. Hands-on materials exhibited at the Heartful Museum.



図 11. ハートフルミュージアムのようす。
Fig. 11. Heartful Museum.



図 12. クイズ形式の学習プログラム(恐竜). 左: 問題, 右: 答え。
Fig. 12. Quiz-style learning program (dinosaurs). Left: Question, Right: Answer.



図 13. クイズ形式の学習プログラム(昆虫). 左: 問題, 右: 答え。
Fig. 13. Quiz-style learning program (insect). Left: Question, Right: Answer.

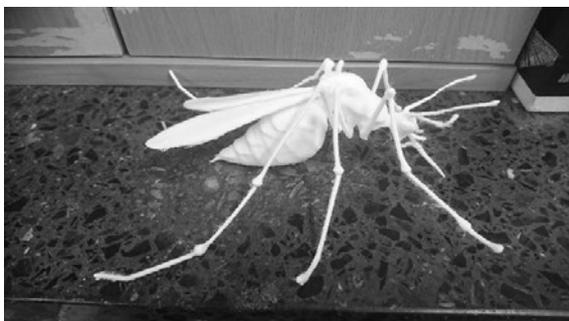


図 14. カのハンズオン資料。
Fig. 14. Mosquito hands-on material.



図 15. デフォルメしたカとハエのハンズオン資料。
Fig. 15. Hands-on materials of deformed mosquito and fly.

学校移動博物館とは、当館のアウトリーチ事業で行っているものであり、遠方で博物館まで来ることが困難な地域や、障がいなどで児童生徒の移動が困難な学校を対象に実施している。2018年度は茨城県立盲学校で行った。

2018年7月に茨城県立盲学校の教員と打ち合わせを行い、視覚障がい者に対してどのようなハンズオン資料を作成すれば学習効果が高まるかを協議した。そのなかで、大きいものは実物で大きさを体感できることが大切であり、視覚障がい者が最も知りたがってい

るのは、小さなもの(生物)がどのような形態をしているのかであるとの意見が出た。ほかには、ミジンコやミドリムシのような微生物、植物の根・茎・葉のつながり、天体など、多くの意見が出た。しかし、すべての希望の3Dデータは準備ができなかった。

そこで、本研究で製作するハンズオン資料で、身近にいたが、触ることが困難な「カ」と「ハエ」を製作することとした。

児童生徒が実際に触ることを考慮し、実際の蚊をそのまま拡大した3D模型だけでなく、実際のカのプロ



図 16. カの模型に触れる生徒.

Fig. 16. Student touching a mosquito model.

ポーションよりも、足などの突出したところは太くデフォルメしたものも作成し、耐久性のあるハンズオン資料とした。

実際の学校移動博物館では、ハンズオン資料を細部まで丁寧に触り、小さな形態にも疑問をもちながら観察する姿が見られた。

(7) アンケート調査

学校移動博物館を実施した茨城県立盲学校の教員 10 人に対して、実施後に自由記述によるアンケートを行い、ハンズオン資料の有効活用について意見を集めた。

以下のような回答があった。

- ・小さいものを大きく作った資料は、視覚障がい者にとって、とても有効なものだった。特に蚊の模型は、身近な生物であるため存在は知っているが形が分からない生物のひとつであったため、生徒は熱心に観察することができた。
- ・教材として販売されているものは多くない。そのなかで、自分たちが生徒に学ばせたいものを見つけることは困難であり、購入も難しい。今回のような 3D プリンタで製作できるようになっていけば、自分たちが必要としている教材を製作することができ、授業に役立てることができると感じた。
- ・大きいものは実物が一番良い。大きさを体感させることで、自分たちの体の大きさと比較することも視覚障がい者にとっては大切なこと。今後、3D プリンタで模型を製作するのであれば小さなものを大きく作っていくとよい。



図 17. 恐竜の模型に触れる児童.

Fig. 17. Student touching a dinosaur model.

・視覚障がい者だけでなく、健常者にとってもよい教材である。図鑑のようにイラストや写真では分からない細かな形のつくりを学ぶことができる。

上記のことから、ハンズオン資料は視覚障がい者にとって生物を学習するための有効な教材であり、今後、このようなものが増えていくことで、視覚に障がいをもつ児童生徒の教育活動に活用できることが期待される。

考 察

本研究において、3D プリンタを用いて製作したハンズオン資料は健常者だけでなく、視覚障がい者に対しても、自然科学に対する関心を高めることができたのではないかと考えられる。博物館の資料は、標本の状態を保つことが大切にされており、直接触れる機会が少ないため、「見る」という視覚が資料利用の重要な要素であったが、3D プリンタを用いた資料作成を行うことにより、視覚だけでなく触覚も取り入れて、より実感を伴った学びが展開できると考えられる。

そのなかで、ハンズオン資料を準備するだけではなく、学習プログラムを作成することが重要である。触るだけでなく、そこで何を感じ取れるのか、どの部分に注目するとよいのかについて、学習プログラムがあることで、体験的な学びが実践できると考えられる。

教育普及活動のなかで、「直接触れられる」「破損しても修復が容易」「たくさん用意ができる」などの点が、3D プリンタを用いたハンズオン資料の特性である。今後の教育普及活動ならびに学校等での学習活動

で普及していくものと考える。

これらの内容について、自館だけの情報の蓄積ではなく、外部へ発信していくことが重要である。他の博物館や学校等と連携を行い、より多くの学びの場で、ハンズオン資料の活用を図っていく。得られたデータを共有することで、多くの児童生徒に学ぶ機会を提供できる。さまざまなデータを蓄積し、それらを外部と共有していきたい。

謝 辞

本研究を行うにあたり、茨城県立盲学校の一木麻紀教諭、山田正雄教諭、海野洋一教諭には、移動博物館の実施やアンケート調査の際に多大なるご協力いただいた。また、筑波技術大学の生田目美紀教授には、資料作成のアドバイスをいただいた。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

(キーワード): 3D プリンタ, ハンズオン, 教育普及活動.