

個人向け 3D 機器を用いた<図画工作・美術科授業題材> 開発のための基礎研究

宇田秀士

(奈良教育大学 美術教育講座 (美術科教育学))

加舎章二郎

(大阪府八尾市立亀井小学校)

Developing the Teaching Materials Making Use of 3D Instrument for Art Class:
Basic Research in Making Use of Personal Type 3D Scanner and 3D Copy Machine

Hideshi UDA

(Department of Fine Arts Education, Nara University of Education)

Shojiro KAYA

(Kamei Elementary School, Yao City, Osaka)

要旨：本研究の目的は、個人向け 3D 機器を用いた<図画工作・美術科授業題材>開発のための基礎研究を行ない、その「適性」を見極め、日常の授業で用いる基盤をつくることである。先行研究・実践をふまえて、3D 機器及び材料を実験的に使用し、<子供が作成した粘土造形物を 3D スキャンし、キーホルダーに仕上げる>試行的教育実践を行なった。3D スキャンのための原型となる粘土作品の大きさや色、スキャン成功の要点、3D コピーの材料についての特徴、3D コピー打ち出し時間などを整理し、考察した。一連の実践の考察の中で、3D 機器を用いた<図画工作・美術科授業題材>の可能性と課題を見いだした。

キーワード：3D 機器 (3D スキャナー、3D コピー機) 3D Scanner and 3D Copy Machine

基礎研究 Basic Research

題材開発 Developing the Teaching Materials

美術教育 Art Education

1. はじめに

本研究の目的は、工業教育、美術館・博物館における教育普及活動 (文化財鑑賞)、理科教育、技術科教育などで幅広く行なわれている先行研究・実践¹⁾をふまえて、個人用 3D 機器 (3D スキャナー、3D コピー機) を用いた<図画工作・美術科授業題材>開発のための基礎研究を行ない、その「適性」を見極め、日常の授業で用いる基盤をつくることである。具体的には、次の (1)、(2) の二つを行なう。

(1) 3D 機器及び材料を実験的に使用し、その特徴を把握する。

(2) 先行研究・実践をふまえて、<図画工作・美術科授業題材>の特質を考え、以下の 3 つを軸として題材開発を行なう。

(2)-1 Web 上にある既存のデータ又は 3D スキャンしたデータを 3D コピー機で打ち出し、鑑賞活動に用いる。

(2)-2 子供が描いた平面描画を立体データに変換し、

その後、3D コピー機で打ち出す (表現活動)。

(2)-3 子供が造った立体作品を 3D スキャンし、立体データに変換し、その後、3D コピー機で打ち出す (表現活動)。

本報告では、(1) 及び (2)-3 に焦点をあてる。そして、(2)-3 の活動として、<子供が作成した粘土造形物をスキャンし、キーホルダーに仕上げる>試行的教育実践を行ない、考察する。

2. 3D プリンターの基礎的情報

2. 1. 粉末積層法 (粉末固着法) /フルカラー方式 の 3D プリンター

3D プリンターには、いくつかの方式があるが、本研究に関連する方式としては、「粉末積層法/フルカラー方式」と「熱溶解積層法 (FDM: Fused Deposition Modeling) /熱熔融方式 (PJP: Plastic Jet Printing)」と呼ばれる 2 種類がある。

奈良教育大学所有の「粉末積層法」の 3D プリンター <3D Systems 社 projet450plus> は、2013 年度に導入

され、フルカラー方式（CJP：Color Jet Printing）であり、主に企業・研究所向けに販売されている機種である。

3D Systems 社の小林によれば、これらの機種では基本的には、造形材料となる石膏ベースの粉末を薄く敷き詰めて、その表面にカラーインクとバインダーをインクジェットノズルから噴射し一層ずつ固めて積層する。モノクロ（ホワイト）から、最大 600 万色のフルカラーでのモデルの製作が可能という²⁾。

2013 年当時、インクジェットのプリントヘッドは HP (Hewlett-Packard) 社の市販のものを採用し、特にプレゼンテーション用、デザイン検討モデルや、ビルや住宅などの建築模型、医療模型などの使用事例が多かったという。また、3D スキャナーと連携して、個人のミニチュアフィギュアモデルの製作が特に注目を浴び出していた。

2. 2. 熱溶解積層法（FDM）/熱溶融方式（PJP）

奈良教育大学所有の「熱溶解積層法（FDM）/熱溶融方式（PJP）」の 3D プリンターは、＜3D Systems 社 Cube Pro X trio＞である。個人や家庭用にも使用される機種であるが、美術科教育研究室では、その後継機の＜Cube Pro TM Trio＞を使用し、基礎研究を行なった³⁾。

熱溶解方式/熱溶融方式とは、ABS (Acrylonitrile、Butadiene、Polystyrene) や PLA (Poly-Lactic Acid ポリ乳酸) などの熱可塑性樹脂を、Extruder（ヘッド）内で 190 ～ 280 度の熱で溶かし糸状にして、プラットフォーム上に一筆書きのように積層する。3D Systems 社では、上記の機種のような個人向けの 3D プリンターで、この方式を採用し、ヘッドを 3 個まで増設し同一パーツ内で最大 3 色まで組み合わせができる。

3. スキャナー、プリンターの操作について

3. 1. 使用機器、ソフト、造形材料

「熱溶解積層法/熱溶融方式」の 3D プリンターと 3D スキャナーを中心とした以下のようなシステムで今回の基礎研究を行なった。

- 3D コピー機「3D Systems 社 Cube Pro TM Trio」
最大造形サイズ 18.5×26.5×24cm
積層ピッチ 0.070mm、0.200mm、0.300mm
- 3D スキャナー「3D Systems 社 Sense TM」
作業範囲 35-300cm、スキャンエリア Min 20×20×20cm、Max300×300×300cm
- PC windows7
- ソフト
3D Systems Cubify Sculpt
3D Systems Cubify Design Software Windows
3D Systems Cubify Cubify Invent
- 3D 材料 Cube Pro マテリアル ABS 樹脂、PLA 樹脂

3. 2. 3D スキャナーの操作について

3. 2. 1. 3D スキャナーの特徴

今回の試行的実践では、3D スキャナー（3D Systems Sense TM）の使用方法が重要なポイントであったが、試行錯誤を重ねながら、安定したスキャンができるようになっていった。

スキャナーの精度などの性能自体は、ほぼ x.y.z 座標共 1mm 単位計測で誤差は少ない。方式は形状データの計測においてレーザーによる三角法方式である。カラーデータも画像計測により可能である。

実際のスキャン作業は、Web サイトに動画による解説があり、「ゆっくりスキャンするのがコツ」⁴⁾ ということであるが、これだけではトラッキングエラーが多発してスキャンが中断され、非常に難しい。よって、実際の使用においては以下の点に留意する必要がある。

3. 2. 2. 3D スキャナーのスキャン時の留意点

（1）対象物の大きさと色

3D スキャンのためには、原型は一定の大きさが必要である。3D スキャナーの仕様にある「作業範囲 35-300cm、スキャンエリア Min 20×20×20cm、Max300×300×300cm」をふまえると、大きな対象物ほどスキャンしやすいことになる。実験的に人物を全身スキャンしてみたが、比較的スムーズにとることができた。

今回の実践における児童の粘土造形物の場合、その原型は、このスキャナーのスキャンエリア最小限度の 20cm×20cm×20cm より小さいためエラーが出やすいといえる。しかし、次の（2）で述べるような細やかな設定や取り方でカバーできる。

また、今回のような実践で紙粘土などを原型に用いる場合には、粘土の色は白ではなく、茶褐色など色付きがよいことが実験を重ねるうちにわかってきた。白では反射して、安定したスキャンができないからである。

（2）対象物の大きさの設定を細やかに行う

3D スキャナーを繋いだパソコンの画面設定上で、図 1 のように、設定（・Object Size Custom/・幅 20cm/・高さ 40cm/・奥行き 40cm/・Color off（色情報無し、モノトーン））を行なうようにする。奥行き設定等が不適切な場合に、背面が切れてしまうことがあるからである。

（3）安定した設定

3D スキャナーの使用では、3D スキャナー本体を三脚に固定し、対象物を手回し軸に設定する。この形が基本となり、パソコン画面をみながら、ゆっくりと軸を回転させ、360 度の画像をとる（図 2）。上記の設定においては、奥行き 40cm より向こうは無視される。対象物の左右 20cm 幅、高さ 40cm の範囲外も無視される。

その際、3D スキャナーをやや上向きになるよう設定する。これは、対象物の下面の形状をスキャンするためである。その上で、さらにモニター画面下側ぎりぎり

対象物を捉えるようにする。ただし、対象物の下が画面から切れないようにする。最初から見下ろすようにスキャンするとスキャナーが轆轤を捉えてしまい、トラッキングエラーが発生しやすくなるからである。

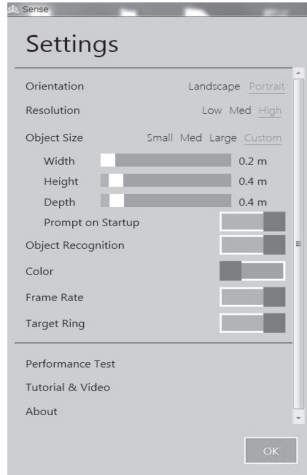


図1 パソコンの設定画面

その後に、対象物上面の形状をスキャンする。このときに、トラッキングエラーが発生することが多いが、発生した段階ですでにデータは十分である場合が多く、スキャンを終了するようにする。



図2 3Dスキャナー（手前）で粘土作品をスキャン

(4) データの補完・削除・保存

対象物の中で不足している形状データは、3Dスキャナー起動・操作ソフトやデータ補正ソフト（Cubify Sculpt）により補完する。また、轆轤などの不要な形状データの削除も行う。

今回の実践では、オリジナルの児童の作品の特徴を損なうことなく、スキャンの段階でつぶれてしまったディテールを補完、修正した。例えば、分かりにくくなった目や口の位置などを、目印になるように彫り込んだり、盛り上げたりして強調するなどした。大きな形状変化を伴うような修正はしないことを心掛けたが、危険防止のため、尖った部分等の修正をこの段階である程度行っていた。その上で危険な部分は3Dプリンターで打ち出した後にもサンドペーパーなどで修正した。

スキャンした形状データはスキャナー起動・操作ソフトで、play または stl の保存形式で保存する。

4. 試行的実践の概要「クラスや学校のキャラクターを粘土でつくってキーホルダーにしよう」

4. 1. 概要

○実施時期 2017 年 12 月から 2018 年 1 月

○実施校 奈良県大和郡山市立郡山南小学校
3 年生クラス 松本隆行氏指導

○実践概要

まず、小学校において、子供たちが粘土（テラコッタ粘土 茶褐色）を用いて「キャラクターづくり」（原型づくり）を行った（図3）。



図3 作品1 原型

これを大学にて3Dスキャンし、データ作成の上、3Dプリンターで打ち出した。3D材料としては強度のある「ABS樹脂（White）」を用いた。打ち出したABS樹脂作品を小学校に届け、子供たちが油性ペンを用い彩色し、金具を取り付け、最終的にはキーホルダーとした。

4. 2. 準備物

- テラコッタ粘土 茶褐色（ニューテラコッタ 850g、美濃粘土株式会社） 一人1個
- 芯材としてのペットボトル（275・280ml） 一人1個
- 彩色用の油性ペン（ペイントマーカー 12色 油性顔料 寺西化学工業、ピース8色 油性三菱鉛筆）

4. 3. 原型と3D造形物

データが完成後に3Dプリンターで打ち出し（図4）、流水で剥離させ、バリを取る作業を行った（図5）。

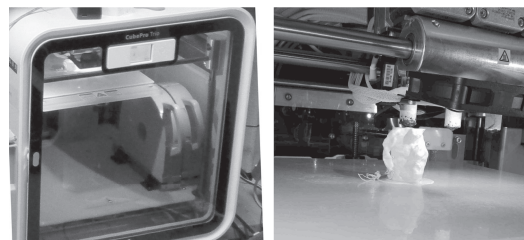


図4 3Dプリンターで成形



図5 流水で剥離させる。右はバリのある状態

図6-1～図6-4は、作品1の原型と3D造形物を4方向から比較したものである。原型が「X正面117mm、Y奥行き133mm、Z高さ175mm」の大きさであったが、3D造形物では、「X39mm、Y42mm、Z66mm」に縮小させた。図6-1の右図の頭の上にある環は、キーホルダーの金具を取り付けるためのもので、スキャン後のデータ補正時に付加した。



図6-1 作品1 原型（左）と3D造形物 正面



図6-2 作品1 原型（左）と3D造形物 側面

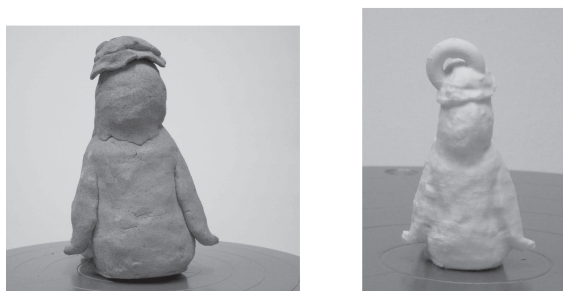


図6-3 作品1 原型（左）と3D造形物 背面

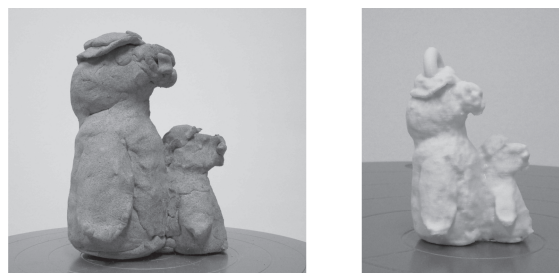


図6-4 作品1 原型（左）と3D造形物 側面

図6-2のように、側面から見ると3Dプリンターでの成形時に積層がうまくいかずに傾いたことがわかる。

4. 4. 油性ペンでの彩色と金具付け

打ち出した3D造形物を小学校に届け、子供たちが油性ペンで彩色した(図7)。原型の大きさと比較すると図8のようになる(高さ66mmと175mm)。最終的には、キーホルダー金具を取り付け完成した(図9)。



図7 油性ペンで彩色



図8 彩色した作品1（左）と原型



図9 キーホルダー金具を付けた作品1



図 13 作品 4 スーパーロボ

4. 5. 完成作品と事後の感想

完成作品をみて、子供たちは、以下のような感想をもった。出来映えに満足する感想（作品１、２、３、４）、活動の楽しさをあげる感想（作品５、７、９）、粘土から３Ｄ造形物に変換されることへの感想（作品２、６）などがあった。



図10 作品1 ペンペン（母） コロペン（子）

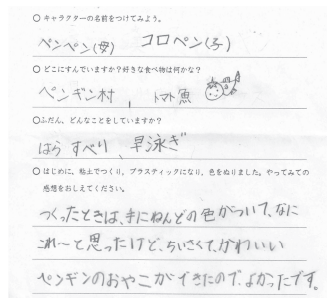


図 11 作品 2 マグマおに

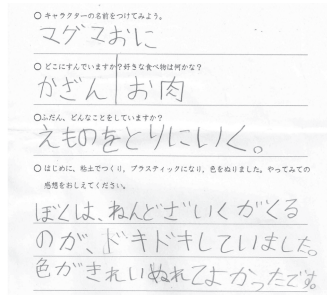


図 12 作品 3 どくハニワ

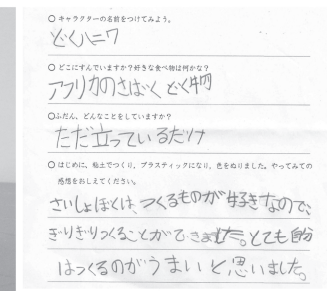


図 14 作品 5 おーこわ

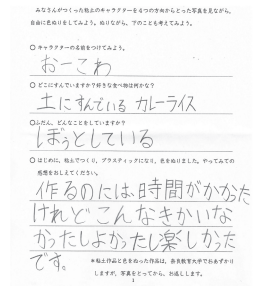


図 15 作品 6 チップ

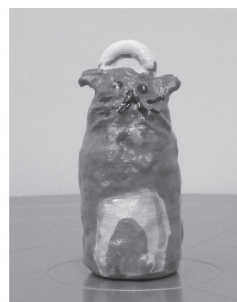
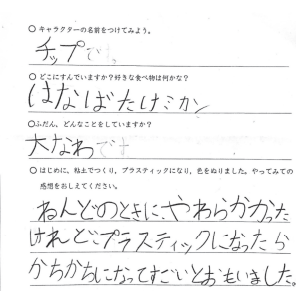


図16 作品7 むらさきぼくら

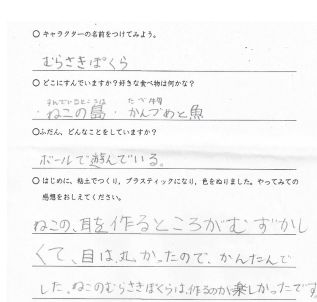




図 17 作品 8 リスッ

○キャラクターの名前をつけてみよう。
リスッ

○どこにすんでいますか？好きな食べ物は何か？
森の中のいえ

○はだ、どんなことをしていますか？
おかしをたべている

○はじめに、粘土でつくり、プラスチックになり、色をぬりました。やってみての感想をおしえてください。
はじめは、ぬるのがこれかっただけと、とんとんできるよになつた。

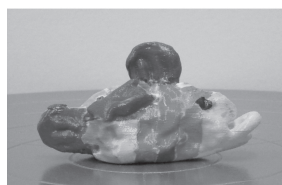


図 18 作品 9 レインボーフィッシュ

○キャラクターの名前をつけてみよう。
レインボーフィッシュ

○どこにすんでいますか？好きな食べ物は何か？
奈良県にすんでいて、みかんが大好きです

○はだ、どんなことをしていますか？
光をかくたり、百人一首をいけたり

○はじめに、粘土でつくり、プラスチックになり、色をぬりました。やってみての感想をおしえてください。
ねんどは手が血まみれのように赤くなってびっくりしました。ねんどはすきだったので、楽しかったです。

5. おわりに

3D 機器及び材料を実験的に使用し、その特徴を把握し、＜子供が作成した粘土造形物をスキャンし、キーホールダーに仕上げる＞活動を実践・検証した結果、以下のようなことを確認した。

(1) 3D スキャンについては、対象物の色や大きさに留意するとともに、スキャンの角度や動かし方を工夫する必要がある。

(2) 3D スキャンの可能性としては、比較的大きなものの程、スキャンしやすい特徴をふまえ、学校での共同制作や「造形遊び」の成果など、個々の家に持ち帰りにくいものを写真と共にデータで残す可能性が考えられる。

(3) 3D コピーの材料についての特徴や使用用途にあわせて、ABS 樹脂、PLA 樹脂などの使い分けが必要である。

(4) 3D コピーの打ち出しには、今回の実践のように 40×40×60mm 程度で 3 時間前後を要した。機器の使い方の工夫、機器技術の改良によつての時短の可能性もあるが、スキャンしたデータをもとに外部発注も視野に入れるようにする。

(5) 上記 (4) の理由により、子供たちにく 3D 機器の特徴である、データさえあれば同じものが複数できる面白さを気付かせることができなかった。

(6) ただし、子供たちは、大きさの変換、粘土作品から樹脂作品への材料の変換などの＜変換の面白さ＞には、気付くことができた。

上記の (2)、(6) を中心に、3D 機器を用いた＜図画工作・美術科授業題材＞開発の可能性がある。今後も、継続研究・実践を続けていきたいと考えている。

付記

本稿は、執筆者 2 人の協議の下、「1」「2」「4.1」「4.2」「4.5」「5」は宇田が、「3」「4.3」「4.4」は、加舎が、それぞれ執筆した。

また、研究推進においては、以下の支援を得た。

2014-2016 年度 日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (C) No. JP26381201＜美術教育における「遊び」概念の整理・構築＞に基づく題材並びに授業モデル開発。2017-2018 年度 基盤研究 (C) No.17K04780「＜アートの拡張＞をふまえた題材・授業開発-美術教育における「遊び」概念に基づいて」(研究代表 宇田)

【謝辞】

貴重な実践の機会を与えていただいた奈良県大和郡山市立郡山南小学校 廣岡伸祐校長、松本隆行教諭、同校教職員の皆様に感謝申し上げます。

注

- 1) 鈴木二正 (2015)、「初等教育における ICT (3D プリンタ) を活用した授業の実践と指導方法の開発」<https://www.kri.sfc.keio.ac.jp/report/mori/2014/b-008/> <慶應義塾大学 SFC 研究所 HP> 2017.12.1 閲覧
山岸公基、青木智史ほか、(2015)、「先進機器を用いた文化財調査とその教育的活用一次世代教員養成に向けた新たな取り組み」、奈良教育大学 次世代教員養成センター研究紀要、1、pp.145-153。
浜口祐ほか、(2017)、「汎用 3D プリンターを用いた発光模型」、生物物理、57 (4)、pp.216-218
https://www.jstage.jst.go.jp/article/biophys/57/4/57_216/_pdf-char/ja 2017.12.1 閲覧 など
- 2) 小林広美 (2013)、「総説 3D プリンタとは？ 造形方式、応用、現状と今後の可能性」、日本印刷学会誌、50 (5)、pp.415-417。
https://www.jstage.jst.go.jp/article/nig/50/5/50_413/_pdf-char/ja 2017.12.1 閲覧。
- 3) 2015 年 1 月に国内仲介業者より納入した。スキャナー 5 万前後、プリンター 50 万円前後、樹脂材料各 1.5 万円前後であった。2017 年 9 月時点では、3D Systems 社では、個人向け 3D プリンターは製造を中止していたため、3D 材料は 3D Systems 社サイト www.3dsystems.com から直接購入した。
- 4) 3D Systems 社日本代理店である IGUAZU 社サイト http://www.iguazu-3d.jp/product/find_3dscanner/sense-2nd/ 2017.8.31 閲覧