造形教育におけるXR技術の活用の可能性（その2）
－3Dデジタルデータを活用した立体造形の考察－

中　川　賀　照
Nakagawa Yoshiteru

要　　旨

前編ではXR技術の研究開発の現状を調査したが、今回は現在行っている立体造形指導への3D機器（3Dスキャナや3Dプリンタ、3Dペン）の導入状況や結果、学生の反応、そして合わせて実施してきた「XR技術の活用の可能性」のアンケート調査なども踏まえながら、3Dデジタルデータを使った造形教育への活用の可能性について探ってみたい。

キーワード：3Dスキャナ、3Dプリンタ、3Dペン、3Dデジタルデータ、立体造形教育への導入

1　はじめに

この研究では、まずそれらの技術開発の現状と可能性について調査し、次にそれらの技術の活用例の調査や実践、そして最後に造形教育への導入の方途について探っていきたいと考えている。

2　研究の方法

(1)　「XR技術の活用の可能性」のアンケート調査とその結果

(2)　3D機器を使った立体造形の実践例

3　研究内容とその考察

(1)　「XR技術の活用の可能性」のアンケート調査とその結果

現在、本学で私が担当している立体造形に関する講義は、「立体造形（洋画コース必修）」「立体造形基礎（洋画コース以外のコース）」「専攻実習Ⅱ（専攻科学士号取得者１回生）」「専攻演習Ⅲ・専攻実習Ⅳ（専攻科学士号取得者２回生）」の５つである。それらの履修学生たちに、今後のXR技術の造形教育への導入のための研究に協力して欲しいとの旨を伝えた。

以下はそのときの募集内容である。

＜研究協力者募集＞

（研究テーマ）　「造形教育におけるＸＲ技術等の活用」

（研究内容）　○ ＸＲ（ＶＲ、ＡＲ、ＭＲ、ＳＲ）、360°カメラによる動画撮影
3Dスキャナ及びプリンタなどの授業での活用方法。

（協力内容）　○ 主に授業等で上記の機器を使う場面での協力
（例）制作場面でのモデル、3Dデータのモデル協力。

（募集人数）　○各年１０名程度

（備考）スキャンした本人データや活用例の資料、報告書を協力者に提供します。

※　協力してもらえる人は別紙に学年、コース、名前を記入してください。
別本は、昨年度の本学の研究紀要です。次年度から３年間、この研究を掲載予定です。

ア 「XR技術の活用の可能性」のアンケート調査

3Dスキャン後、3Dプリントしたフィギアと一緒に次のようなアンケート調査を実施した。

「造形教育におけるXR技術の活用の可能性」 協力者アンケート調査

記入（20　　年　　月　　日）

協力者　氏名（　　）　学生番号（　　）　コース（　　）　回生（　　）

3Dスキャン実施日　（20　　年　　月　　日）（　上半身・全身・両方　）

1　この研究に協力しようという気持ちになった理由は？（複数回答可）

（　　）自分のフィギアがもらえるから　　（　　）自分の3Dデータがもらえるから

（　　）新しい授業に興味があったから　　（　　）研究結果が知りたいから

その他（　　）

2　自分のフィギアを最初に見たとき、感じたことを書いてください。

3　次の機器を使って可能な、授業や指導場面等を考えてみてください。

○　360度カメラ

○　XR技術（VR、AR、MR、SR）

○　3Dスキャナ

○　3Dプリンタ

○（　　）と（　　）（　　）の組み合わせ

ご**協力ありがとうございました。**

※　自分の3Dデータが欲しい人は、USBメモリかSDカードを持ってきてください。

イ　アンケート調査の集計結果

約3年間（2019年11月15日～2022年2月24日）で52名（教職員9名、学生43名）の協力が得られた。学生はコース別に、洋画12名、日本画6名、陶芸2名、デザイン17名、染織2名、クラフトデザイン4名であった。

3Dスキャンは、上半身が35名、上半身と全身共が8名で、これらの学生達は3Dへの興味関心も高いように感じた。

各項目の記載内容は次の通りである。

1　この研究に協力しようという気持ちになった理由は？（複数回答可）

・自分のフィギアがもらえるから（26）
・自分の3Dデータがもらえるから（11）
・新しい授業に興味があったから（26）
・研究結果が知りたいから（14）
・その他（10）

「面白そうだから（3)」「誘われたから(3)」「以前から興味をもっていた(2)」「先生の力になれるならと思い(2)」「卒制でVRをするから」「イラストで人物を描くときに3Dの人物があると、360度のいろんな角度から見ることができるので」「立ったり座ったりしているだけでよく、気が楽だから」

2　自分のフィギアを最初に見たとき、感じたことを書いてください。

「結構細かくできているスキャンするだけでここまで精密にできるなんてすごい。」
「鼻の形やマフラーの形など、思っていたよりもきれいに出力できていてすごいなと思った。」
「こんなに面白い技術が、今や家庭で楽しめるほど普及していることに驚きました。自分の姿をいろんな角度から見ることができたのが面白かったです。」
「思ったより自分ですごい！！髪の質感やネックレスなど細かいところまでプリントできるんだなあと感動しました。」
「すごい！服のしわや細かいところまで出ているのがすごいと思いました。」
「雰囲気がかなり自分に近いので驚いた。」
「とても自分」
「まず、似ている。これが大きかった。プリントの精度もだが、何よりスキャナの精度と手軽さに驚いた。」
「服のしわとか表情がリアルですごい。私と似ているなと感じた。」
「三分弱程スキャンしただけで、こんなに精密で細かい立体になることに本当に驚いた。顔の表情や髪の毛の質感なども、想像していたい以上にクオリティが高くてすごいと感じた。」
「上半身の上着の模様が鮮明に形がとれたのでびっくりしました。一生、記念に残したいと思いました。」
「顔の細部まで読み取っているので驚きました。本人以上にイケメンだったので素肌を目指して頑張ろうと思いました。質感の違いも表現されていて感動しました。」
「細部まで細かく再現という感じではなかったが、雰囲気は自分にそっくりという感じだった。」
「顔のバランスや姿勢がこんなのかと思いました。3Dでプリントされたものを手に取ってみるのは初めてだったので、インクの出方などが、なんとなくわかって面白いなと感じました。」
「あっ、顔が細い！最近食生活を見直して痩せておいて良かったな。めっちゃ前かがみ。姿勢悪い。髪の毛くしゃくしゃだけどかえって面白いかも。彫刻みたい…うれしいな。参加して良かった！」
「思ったより自分にそっくりに作られていて驚いた。」
「自分の体の上にもう一つ体があるような不思議な形でモデリングされていて、3Dスキャンのバグも面白い表現になり得ると思った。顔のディティールは詳しく再現されておらず、スキャンの限界があるなと思った。」

R1年度　スキャン精度1mm　プリント精度0.5mm（令和2年度版研究紀要P30参照）

R3年度　スキャン精度0.3mm　プリント精度0.2mm（令和4年度版研究紀要P〇〇参照）

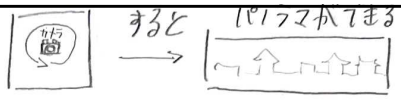
「リアルすぎて気持ち悪いと思いました。髪の毛と首の部分が細かく表現されていてすごかったです。似てると思いました。顔の凸凹が主で細かい描写があるわけではないですが、凸凹と陰影だけでも似るものだと思いました。」
「写真でも鏡でも見る自分とは全く違うため、自分とは違う自分のようで違和感がすごかった。」
「不思議な感覚ではあるが、自分ではないように思えた。」「超リアル」
「髪の毛など特徴がとても出ていてリアルに思いました。自分を多方面から見ることがないので、不思議な感じがしました。」
「すごく精密に作られているわけではないのに、しっかり自分だと認識できる。」
「自分のフィギアができる。すごい！という気持ちになりました。」
「嬉しい！！ってまず思いました。そして軽い！！姿勢が悪い！！自分の姿を360度上からも下からも自由に観察できる機会はまずないので、布の柔らかい感じとか・・、とにかく新鮮でした！！表情等、細かいところまで思っているより精巧に作られるのも面白いです。」
「自分の姿が立体となって手に取ってみて、非現実的で不思議な感覚だった。毎日のように自分の姿を鏡で確認しているが、鏡は平面的な要素であり、フィギアは立体的な要素であるため、その違いの差がとても新鮮だだと感じた。」
「小さい自分がいる…！面白いと感じました。また、横や後ろからの自分の姿は普段は見れないので、普段見ることのできない自分が見えることがいいなと思いました。」
「自分を様々な視点で見ることが無かったので、後方の髪が跳ねているとか、思っていた以上に猫背だったなど、客観視しなければわからないことが多く見つかり面白かったです。」
「襟元がきれいにできている。モデルの設置にミスがあったのか、斜めになっていてそこが少し気になる。」
「髪や服の特徴がうまく作られていて驚いた。」
「すごいなと思った。自分の顔も髪の毛も忠実に表現されているし、自分の立体物を目で見たり触れたりする機会もあまりないと思うので貴重な体験でした。」
「自分そのままがでてきたなという驚きとすごいという気持ちでした。また、自分の後ろ姿をじっくり見れて不思議な気持ちになりました。」
「髪の毛や服のしわの造形が素晴らしいと思った。粘土などではなかなか作りにくい耳や毛先の表現もしっかりしていて、ずーっと眺めていられると思った。」
「服や髪の質感が細かく再現されていると思った。」
「思ったよりも、しっかり形が転写されていて驚いた…少し怖いと思った。」
「横顔や後ろ姿など鏡では見られない部分が観察できて面白いと感じた。精度が上がってよりリアルなものができるようになると面白い。」
「服の質感等が忠実に再現されていて感動しました。」
「二人でもできるんだ！！という発見。前回に比べて完成度かかなり高くて感動しました。」
「とても精密にできていて、可能性を感じた。」
「パッと見ただけで誰か判別できるレベルで完成度の高さに驚いた。服のよれてるしわ、髪の毛、チェーンなど細部まで再現できていて、自分は少し怖い表情を作ったのだが、その微妙な表情までしっかり作られていて伝わってくる。」

3　次の機器を使って可能な、授業や指導場面等を考えてみてください。

（記入例）

○　360度カメラ

・360度カメラを使い部屋を一周して撮る →



↓ これを元に

○　XR技術（VR、AR、MR、SR）

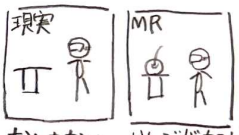
VRで室内を再現

← VRゴーグルを装着することで画面だけでなく画面の中に入り込んだ感覚になる。

AR（拡張現実）で本来教室になかった物などを付け加える。

↓ これらを踏まえることで

MR（複合現実）を体験する事ができる。



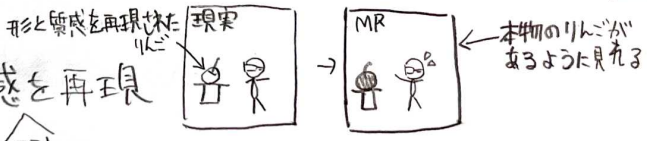
なにもない　りんごがあるように見える

○　3Dスキャナー

・持ち出し禁止な文化財などをスキャンし映像をMRと組み合わせる

○　3Dプリンター

・3Dプリンターで重要文化財の形と質感を再現



○（ 360度カメラ ）と（ XR技術 ）（3Dスキャナーかプリンター）の組み合わせ で

普段テレビなどで見る事しかできない重要文化財をMR世界で見て触る事ができるようになる。
美術に興味が無い人も見て触る事ができれば少しは興味をもつかもしれない。
※問題点はお金がかかりすぎるのと動物と映像をどこまでピッタリに合わせられるかわからないので可能かどうかがわからない。

協力ありがとうございました。

※　自分の3Dデータが欲しい人は、USBメモリか、SDカードを持ってきてください。

人を3Dスキャナーし MRと組み合わせ その映像に合わせて人型ロボットを動かせば擬似的に3Dスキャンした人と会える。

○　360度カメラ

「自分のおすすめスポットを撮ってきて授業でみんなにＶＲで見せる。」
「ブロンズ像を磨いているときの写真を撮影する。」
「展示場所の視察」
「授業の様子を記録する。」
「教室全体を見渡せるため、作業に集中できていない生徒を指導できる。」
「あまり授業を聞いていない生徒への指導。」
「授業風景の撮影」
「制作中に採ることで、生徒の制作への姿勢が分かり、評価しやすい。」
「学内の紹介や、リアルなマップの制作。VR空間に360度カメラの映像を用いて、バーチャルオープンなキャンパス等々。」
「人が実際に入ることが困難な場所での撮影（遺跡、森の中etc）」
「360度の中で何度か自分自身を出現させて作品を作る。スタートの自分は生まれてから現在までの自分。ゴールは10年後の自分を登場させる。」
「授業中の様子を撮影し、教員の目の届かない部分の映像を見返して、生徒の評価の補助にする。」
「普段生徒が入れないような所を内側から360度カメラで撮ればその空間を更に理解できるなと思いました。」
「360度カメラを使い部屋を一周して撮る。」　＊図で記入あり。
「360度カメラで撮った写真を自分たちの世界へ変換する。」
「360度カメラを使って、最大何人の人が写るのか。」
「授業中の様子を撮影。」
「生徒作品を並べて作影。テスト中の不正の監視。大きい作品の制作風景をダイジェストで見てみるとか。」

「普段見慣れている静止画とは違い少しゆがんだ世界をぐるりと見ることができる。このことを活かし提示した写真はどういった場所シチュエーションで撮られたものかを考えたり観察し、グループで話し合ったりする。」
「制作場面の撮影、鑑賞場面の撮影、指導場面の撮影。」
「360度が見える世界を知る。360度視点からいろいろな場所を撮影してみる。花火の上がる空、上空から、地面近くから、雨の日、水の中など、普段の視点の違い（ものの見え方）を考える。」
「行ったことのない景色を見る。」
「授業風景や作品展示などといった場面で使ってみると違った視点で見ることができて面白いのではないかと思いました。」
「いろいろな高さ、場所で撮影して、その風景が一体誰の目線なのかを考える授業。（生物の授業のつかみ等で・・・。）アリや象、人でないものは一体何を見て生活しているのかを考えるきっかけになるんらです。最後答え合わせ（実際のアリ視線の映像等が必要になりますが）しても楽しそう。」「360度カメラできれいな景色を撮影して生徒にシェア。」
「運動、スポーツの際の自分の動きや視野の広がりの指導。」
「VR空間制作」
「普段行けないような場所や空間を体験させる。」
「社会などの授業で世界の土地や日本の地域などを360度カメラで見て、映像や写真で見るよりも臨場感のある授業ができるのではないか。そこで気がついたこと発見したことを学ばせる。」
「360度から、自分の姿を見てみるなどしたら面白いなと思います。360度もあるから、自分だけの360度とタイトルをつけて、映像や写真を撮るのも面白そうです。」
「世界遺産のような一画面では収まらないようなものを実感を持って見学できるのではないか。美術作品を鑑賞する方法の一つになるかもしれないと感じた。単純に映像作品を制作することもできると思った。」
「情報処理。」
「客観的にものを見る作品制作の参考写真。360度カメラを使用した写真実習。」
「展示会等の空間展示作品の紹介人と通話しながら、二人で一つのことをこなす授業。（お使いに行かせる等）一人が指示係、一人がカメラを持って行動伝達能力とかの学習。」
「絵を描いて、それをつなげて物語を作る。」

○　XR技術（VR、AR、MR、SR）」

「自分の好きな配布モデルをインストールし、ARで目の前に立たせたり一緒に写真撮影をする。」
「3Dデータで作ったキャラクターをVRで見る。」
「卒業生たちの作品鑑賞会」
「遠い場所から教室で授業を受けているような疑似体験ができる。VR空間上で、絵を描いたり3Dを作ったりできる技術を使って、クラスメイトと合作で大きなアートを作る。」
「体験型の授業を展開することで、生徒の興味を引きつけやすくなる。」
「現実ではできないことやあり得ないことを体験できるため、想像力を使う授業ができると思いました。」
「実際に自分で描いたイラストやキャラクターをＡＲに落とし込む（最近そういうアプリがあるらしい）」
「どこか簡単にいけない風景を見せて、そこから連想して作品を補作ってもらうなど。」
「スキャナで3Dデータにボーンを入れての3D（バーチャル）。ユーチューブのようなことができそう。いろんな人の3Dデータで展示をVR内でやる。」
「美術館に行かないと見れない彫刻などとARやVRで実際の大きさで見る。（写真で見るよりわかりやすい）」
「作品をVRゴーグルを通してみることで今以上に没頭して鑑賞できる。」
「観光スポットなどのVR映像を用い、生徒らが感じたことなどの意見交換をし合う鑑賞の授業。」
「VRにふれることで、立体的にものを見る感覚や、見えないところを想像する力がつくかなと思いました。」
「絵の具や紙に変わってテクノロジーを用いた表現をすることができると思う。表現の面では「仮想現実空間を表現しよう」みたいな題材で自分の世界観をVRで作る。鑑賞の面では、ミロのヴィーナスやアンコールワットなどのなかなか見に行けない作品を見ることができる。」
「VRで海の中や普段見れないような宇宙や土の中を見てみる。」
「デザインの授業でデザインしたインテリアなどをARで映す。映したものを回り込んで確認できる。実技をする際、ナイフや小刀の練習。」
「VRを使って実際に行けない場所の鑑賞授業。（異国の美術館とか遠いところとか。アニメやゲームなど映像の世界）」
「教材として扱うもの、大きなものや教室に持ち運べないようなものをより身近に観察することができるだろう。ARゴーグルにて教室内で芸術鑑賞。その内、工場に行くことなく工場見学ができるようになったりして。」
「VR－普段行けないところの鑑賞、AR－いろんな場所に自分を置いてみて、効果的な場所を探す。MR－架空の粘土でモデリングやカービン後などにより造形する。好きな風景を切り出して作り出す。」
「仮想空間で製作する。何もない空間から自分の世界をデザインする。VRアーチストの「せきぐちあいみ」

さんをテレビで見たときに面白いと思いました。ゼロから”何か”を作り出すのは想像力が大切で完成させるには構想をまとめることが必要だと思う。「何でもできる空間」だからこそ、「何ができるのか」考えさせられる授業ができると思う。自分の家を作る（仮想の)、夢をつくる（夢の国をつくる)、広がっていく世界を作る（見えている場面で終わることなく、近づけば変化する景色や、新しい場所など現実のような空間を作ってみる。)」
「異空間、オリジナルな空間を作る。海外の風景や歴史の時代を体験する。」
「空間感覚が分かるようになると思うので授業でやってほしいです。」
「3Dスキャナで身の回りのものをスキャンして細部まで観察してみよう！という授業。(理科や生活という科目にあたりますかね)「実際に見て観察しましょう！」より新鮮でよく見よう！！と感じれそう。」
「VR で世界遺産を体験するとか、鑑賞するとか…。」
「自分の理想の世界の構築。オリジナルキャラを現実にいるように動かす。」
「海の中の生き物の様子など観察のしにくい場所を観察するために活用する。」
「数学の展開図を組み立てるとどうなるであったり、理科の実験もXRですれば失敗しても事故になったりしないのではないか。」
「それぞれそれなりに知識の要る分野だと思いますが、できたらいろんな事が一番広がるそんなところだと思います。」
「単純な映像の作品だけでなくいろんな用途に応じた施設のイメージを作ったりイベントの会場を企画したりできるのではないかと思った。」
「交通事故にあった映像を流して、危ないことをわからせる。」
「美術館鑑賞（海外とか外出困難時など)。リモート授業（バーチャル空間で教室を再現)。写生大会。抽象的な概念を理解しやすくなる。(宇宙、自然現象など)」
「かつてした展示を再現、紹介できる。仮想世界の中を旅する。VRを使って、実際に絵画の世界に入る。その世界に没入するという体験。」

○　3Dスキャナ

「自分の好きなポーズでスキャンして教室に飾る。」
「ラーメンを食べているところををスキャニング。」
「時間がたつと形が変わるもの（花、果物）をデータ化して資料にする。」
「持ち運びできないものをスキャンしてデータ化し、授業の資料にする。」
「見えないところも客観視して作品が見れるから指導がしやすいと感じました。また、生徒も指導がわかりやすかったり理解しやすいと思いました。」
「体験授業として実際に生徒たちに学校または美術室内にある物をスキャンする授業。」
「スキャンして作品を読み取り、壊れてもデータがあるため永久保存できる。(生徒作品)」
「3Dスキャナでスキャンした自身の胸像をデッサンする。自分の顔がどんな形をしているか客観視しながら描く。」
「生徒たちから3Dデータをとり、プリンタで出力する。」
「よりきれいにスキャンする方法を学ぶことができるかなと思いました。」
「絵画の自画像のような時刻像の制作。」
「持ち出し禁止名文化財などをスキャンし映像をMRと組み合わせる。」
「自分で作った作品をスキャンしてデータに取り込む。取り込んだデータをクラスの皆に配布して鑑賞につなげることができる。」
「自分の足をスキャンして自分しかはけないぴったりな靴を作る。」
「持ち運べないサイズの作品のリアルなミニチュア、データ化。」
「巨大な作品をスキャンしてそれで全体を確認しながらどこから作っていったのか確認させてみる。」
「実態をスキャンすることでとてもリアリティのあるデータがPC上で操作できる。現実では大きさの違うもののサイズを調整し自分だけの街を造ってみたり立体モデルを着色するなど。」
「自分の立体作品登場する。自分の平面作品にエスキースをスキャンして、3Dモデリングソフトで完成させる。3Dスキャンデータに動きをつける。」
「編集ソフトがある場合、ハイブリッドの制作。現実にあるものをいくつかスキャンし、取り込んだデータの中でよいところ取りのハイブリッドの作品を生み出す。(例）生き物の蝶＆蜂のハイブリッド（美しさ＆強さ)」
「鑑賞の授業、絵画の絵の具の乗せ方や彫刻の破片などをスキャンし、作者による技法や特徴、それによる効果などを学ぶ。」
「立体を作るときにスキャナで全身をとるとわかりやすくなるし、勉強にもなる。軽い。」
「自分でCGで景色やキャラクターを制作してジオラマフィギァを作ろう！という授業。すでにデザインコースはしているそうですが・・。ＣＧで作るのとそれを立体にして改めて眺めるのでは見え方が変わりそうです。」
「自分の作った作品を3Dスキャナでスキャンしていろいろな角度から見てみよう。」

「参考作品を(立体）をスキャンして、3Dプリンタでプリントして、多くの生徒に配って見せることができる。」
「面白いと思った形をデータ化して更にいじってより面白くする。」
「小物の複製」
「作った立体物等をスキャンして記録する。またはパソコンで編集して新たな作品を作る。」
「芸術品や理科での身体動物の体の筋肉の動き、骨の仕組みをより立体的に感じ取り学べるのではないか。」
「本物、作品、3Dスキャナの作品と並べて比べてみると楽しいような難しいような気がします。」
「形の凹凸をスキャンできるところが人の力では難しいがスキャナを使えばそれができる。その人自身をそのまま写し取るのなら、それを生かした作品作りができると思う。」
「自分の姿をデザインして彫像のようにしたりするのも面白いと思う。」
「自分を作るおもしろさ、似合うファッションを考える。」
「立体物の構造を捉えることができそう。」
「人物を描くとき、モデルをスキャンし面取りVerをつくる。自分の作った作品をスキャンし、データ化しておくことで破損したときにも安心、復元可能？」
「モデリングした作品の複製体験柔らかそうなものはスキャンして出力したら柔らかそうなままなのか？質感の違うものを複数スキャン。」
「自分をスキャンして、第三者目線で自分を見る。」

○　3Dプリンタ

「それを3Dプリンタで出力」
「自分の作品をフィギアにする。」
「生物の授業などで模型を使って説明する。」
「自分の作品や物がまた違った作品になって戻ってくるので創作意欲がわくと思いました。」
「学校に持ってこれないモチーフ（車や置物）を元に作品を作るときに使えると思う。」
「入手いずらいアイテムを3Dプリントして作品と融合させたりする。」
「あえてずれながらスキャンでキメラのようなモデルや軌跡を描くようなモデル制作。」
「建築物の模型」
「自分の好きな立体物をスキャンさせ、本物以外の色の塗装をし、感じた印象の変化を追う。形を一部削ることで立体物の機能がどれほど失われるかを考える。」
「出力された自分のフィギアに思い思いの塗装を施す。」
「プリントされたものを見て、ものを立体的に見る力がつくと思いました。」
「3Dプリンタで重要文化財の形と質感のみを再現。」　＊図で記入あり。
「好きなものをスキャンして、プリントしたものに色をつけることにより表現できる。」
「3Dプリンタはどこまで複雑なものを再現できるのかためす。」
「大きい作品のエスキース。作品で使うパーツを作る。」
「実際にある彫刻や銅像などを3Dプリントしてそこに手を加えさせてみる。小さなものをプリンタで量産して組み立てて大きい作品を作る。」
「大きいものほど、手のひらサイズに3Dプリントされた時、奇妙に感じるものではないだろうか？リアルなジオラマ作りもお手の物。人物や車など机上に並べ立てることで現実での物見方を今一度考えたり。小さなもの、虫などを大きくプリントして造形を見たり。」
「3Dプリンタで作られた”正確”な”もの”に変化を加える。(例）りんご、プリンタで作ったリンゴに変化を付ける。例えば噛んだ跡（歯形)、割った形など、想像し加工する。(想像力、技術が必要)」
「目に見えないものや、見えにくいものを立体化し観察する。(音波、水の流れ、運動している人体etc)」
「石膏像デッサンの時に3Dプリンタが役立つと思った。自分をデッサンできる。」
「3Dスキャナと360度カメラと3Dプリンタの組み合わせ、自分の選んだ景色を自分が手に取れるサイズの小さな世界にしてみよう！という授業。それでできた景色のジオラマを自分なりにペイントしたりして立体の陰影や色の理解を深めましょう。」
「自分の作品を別の素材で客観的に見てみよう。」
「授業に使う材料をプリンタで作る。」
「自分でデザインしたものを可視化だけでなく、手に取って更に別のアイデアを構成してみるなど。」
「プラモデルのパーツづくり」
「左で記録したもの制作したものをプリントする。」
「理科などの土地の特徴や形を作って見せたり、数学の立体を計算だけでなく実際見せたりしてより理解を深められるのではないか。」
「平面作品を実体にするとかで作ったら楽しいですね。」
「軽くて丈夫な特性を活かした製品作り、作品作り。」
「プロダクトデザインの編集。設計。」

「デッサンや模刻に使えそう」
「1つデータを作ってしまえば復元可能。モデルをスキャンしてフィギアに筋肉や骨格などの構造を描く、着込んだり着色したりしてモチーフの把握がより容易にできるようになる。」
「オリジナルフィギアの制作。作品の造形を考えるときのマケットづくり。」
「木材や石とは違う新しい材質を知る。」
「絵を描く時の補助として。例えば動物の絵を描く時。手元に模型があれば写生の理解が深まりそう。」

〇(　　)と(　　)(　　)の組み合わせ

「3DスキャナとVRもうすでにありそうですが、スキャンした自分のモデルをVRでアバターとして使えるのではと思いました。ＶＲ空間で授業をしたり、コミュニケーションをとるのに使いたいです。」
「3Dスキャナと3Dプリンタ：スキャンしてプリントしたものに着色する。」
「360度カメラとＸＲ技術と3Dプリンタ：学校全体を３６０度カメラで細部をスキャナを使いデータにし、VRやARに落とし込み3Dマップを作る授業。」
「3Dスキャナと3Dプリンタ：作品を3Dスキャンして3Dプリントを複製して、また違う方向性の物を作り上げていく。現存するモチーフ（めがね、コップ）等々にプリントする。」
「3DスキャナとVRとAR：生徒の作品を3Dスキャンして、ホームページでＶＲやＡＲなどで見れる。」
「360度カメラと3Dスキャナ：人や物の見えないところまで立体感が感じられる。」
「360度カメラとＸＲ技術と3Dスキャナ：校内の案内図を作成する。歩きスマホをしないようにさせる。」
「3Dスキャナと3Dプリンタ360度カメラと3Dスキャナと3Dプリンタ：教室をスキャンしてプリントする。」
「360度カメラとＸＲ技術と3Dスキャナ＆プリンタ：人を3DスキャンしMRと組み合わせ、その映像に合わせて人型ロボットを動かせば擬似的に3Dスキャンした人と会える。」＊他の記述は（記入例）参照
「XR技術と表現活動」
「3Dスキャナと3Dプリンタ：スキャンされたものを画面越しで見ながら立体物を作って実際に3Dプリントされたものと違いを比べてみる。→立体物を平面で見て理解した場合何か違いは出てくるのか。」
「3DスキャナとXR技術と3Dプリンタ：絵画を立体作品へ。（例）西洋絵画を題材に、このときの時代背景、場所などを考えてみる。（鑑賞）3Dキャン：描かれている人を真似る。（その人物の服、髪型などできるだけ同じにする）XR技術：スキャンされたデータを整えながら、始めに考えた背景などを仮想空間で作り上げていく。3Dプリンタ：作り上げた空間を3Dプリンタで出してみる。この題材の目的は、鑑賞し､考え構想し作り出してみることで、作品の理解を深め、新たなアート作品を生み出すこと。」
「3DスキャナとXR技術：現実とかけ離れた世界に入り込んだり、普段行けないところへ行ったような体験ができる。」
「3DスキャナとXR技術と3Dプリンタ：3Dスキャナで立体物を読み取り、XR 技術で観察編集をして、プリンターで印刷する。」
「360度カメラと3Dスキャナと3Dプリンタ：社会などの授業で土地の形や特徴を深められるのではないか。」
「3Dプリンタと平面作品360度カメラとXR技術と3Dプリンタ：展覧会などのデザインをし、360度カメラなどでプレゼンをしたり、3Dプリンタで作品を制作したりする。」
「3Dプリンタと360度カメラとアクリル絵の具：石膏像にアクリル絵の具をかけて並べる。それを360度カメラで撮影する。」
「3Dスキャナと3Dプリンタ：スキャンしたものを組み合わせて何が何だか分からないもの(ハイブリッド生物)をつくり、フィギアにする。人やそのものをそのものとして認知できる形どこなのかの学習。」
「306度カメラとXR技術。新しい理想の世界が来る?」
「3Dプリンタと360度カメラ。3Dプリンタでできた自分の像は白なので、何かテーマを決めさせて、内面の感情の色を着色させる。２次元の絵画を3Dプリンタを使って３次元として構成する。」

ウ　アンケート調査から分かったこと

１　この研究に協力しようという気持ちになった理由は？

「自分のフィギアがもらえるから」と「新しい授業に興味があったから」が半数以上あったことから、スキャンされた自分を見てみたいという興味や未来の造形教育への関心等がうかがわれた。

２　自分のフィギアを最初に見たとき、感じたことを書いてください。

記述された髪(形、毛)、顔(細部、バランスディテール、鼻)、首などの身体の部位や、服(しわ、模様)、ネックレス、マフラー等の物の記述があり、それらの再現がどのように行われているかに関心が高かったことがうかがえる。また、多くの学生がリアルであると感じており、その理由として精密、表情、顔

の特徴、質感、質感の違い、布の柔らかい感じ、雰囲気、姿勢、そっくり、似ている等を挙げている。さらに不思議な感じ、リアルすぎて気持ちが悪い、自分ではないよう、非現実的で不思議な感覚、小さい自分がいる、自分のそのままが出てきた、自分の後ろ姿をじっくり見れて不思議、横や後ろからの自分、猫背、姿勢が悪い等の客観的、俯瞰的な見方や評価をしているところも興味深い。

また、今後造形教育を進める上で参考になると思われる記述も多く見られた。例えば、「3Dスキャンのバグも面白い表現になり得ると思った。」と、スキャン中に起こる操作ミスやプログラム上のバグ、ハード上の制限等により予期しなかった形や偶然生まれる形を造形に生かせる可能性である。これは私も度々経験しており、自分では決して思いつかない想像できない物が生まれる可能性があると感じてきた。そして、同時にそれに気づくこととそれを生かす感性が必要なのではあるが。

次に、「顔の凸凹が主で細かい描写があるわけではないですが、凸凹と陰影だけでも似るものだと思いました。」や「すごく精密に作られているわけではないのに、しっかり自分だと認識できる。」「パッと見ただけで誰か判別できるレベルで完成度の高さの驚いた。」の記述に見られるように、普段私たちは姿形の大きな特徴や印象から相手を認識していることが分かる。この造形方法ではそれらが顕著に表れることも示している。また、「写真でも鏡でも見る自分とは全く違うため、自分とは違う自分のようで違和感がすごかった。」や「自分の姿が立体となって手に取ってみて、非現実的で不思議な感覚だった。毎日のように自分の姿を鏡で確認しているが、鏡は平面的な要素であり、フィギアは立体的な要素であるため、その違いの差がとても新鮮だと感じた。」などから、リアルに感じるからこそ逆に現実感から遠のいていく不思議な感覚も同時に発生しているようである。さらに、「自分は少し怖い表情を作ったのだが、その微妙な表情までしっかり作られていて伝わってくる。」という意図した効果がデータ上でも再現されている驚きや、「粘土などではなかなか作りにくい耳や毛先の表現もしっかりしていて、ずーっと眺めていられると思った。」などと俯瞰的、客観的にそれらを眺めている自分がいることも見て取れて興味深い。

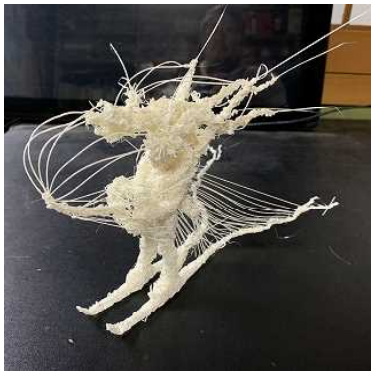
3　次の機器を使って可能な、授業や指導場面等を考えてみてください。

様々なアイデアが集まった。すぐに実現できるものもあれば、現在では実現不可能で空想の域を出ないと思われるものもあると感じるが、案外そのようなアイデアが未来を創造するのかもしれない。随分と多岐にわたっているので、時間をかけてじっくり整理していきたいと考え次号以降に譲ることにした。

(2)　3D機器を使った**立体造形の実践例**

ア　実践事例1（3Dペンによる造形）

次の写真は、市販されている複数の3Dペンを使って造形してみた私の作品例である。



右の写真は3Dペンである。複数の3Dペンを使ってみたが、安価なものはすぐに壊れてしまうことも分かった。安定して長時間の使用に耐えているものを一つ紹介しておく。(MYNT3D PRINTING PEN)

3Dペンに使う素材は主にPLAとABSの二種類で、径1.75㎜の線状のフィラメントを3Dペンの後部から差し込み、ペン先に内蔵されたヒーターで溶かし、モーターで送り出された素材を積層して造形していく仕組みになっている。

PLAの溶ける温度は180度と、ABSの215度よりも低温なのだが造形後に削る等の造作に適していないため、ここではABSを使っている。最初の頃は、フィラメントを送り出すスピードとペンの移動を調整するのに苦慮した。早く移動しすぎると糸を引いたようになったり、遅すぎても冷えて固まりでこぼこになったりする。慣れてくると、造形箇所の目的に応じた動かし方やスピードが分かるようになってくるが、ある程度の時間が必要である。

右の写真は加工用に用いたルーターの２種類である。造形方法としては、下部から積層して積み上げていく方法、各パーツを作ってつなぎ合わせていく方法、立面図を作り骨格部を構築して装飾していく方法等を用いた。この試作によって、アイデアがすぐに形になる面白さと、造形手順や造形センスが問われる難しさも実感することができた。

イ　実践事例２（3Dペンによる造形）

a 学生A（デザインコース）

右の作品写真は、土台となるネットで購入した月の模型（フリーデータとして公開されており、3Dプリンタで作ることもできる）に、3Dペンで木と根を黒のABSで造形したランプシェードである。作品の制作意図や目的によっても変わってくるが、仮に現実にある木や根の形を造形に活かそうとしているのであれば、より写実的な造形力が必要になってくる。その点では平面での造形表現と変わることはないが、3Dペン自体の使用に慣れる必要があり、より写実による造形を困難にしているのは否めない。

b 学生B（デザインコース）

右の作品は、創作絵本に登場する主人公の猫を3Dペンで造形したもので、絵本の立体化を試みた中から生まれてきた。物語では、主人公の猫が苦しい環境の中から成長していく様子が描かれている。ここでは苦境にうなだれている姿と力強く歩み出していく姿を造形している。

絵やイメージを立体に表すのは思ったより難しかったようで、特に3Dペンでの直接造形はハードルが高くなかなかうまくいかなかったので、使い慣れていたテラコッタ粘土でエスキースを作っている。粘土のマケットを基に、正面、側面、後方面など様々な角度から眺めながら、何度もルーターで削ったり3Dペンで加えたりして苦労していた姿が印象に残っている。しかし、数が増えるにつれて全体の形を把握する時間も早くなっていった。粘土による造形と違い、強度があるので設置点が少ない造形にも適しており、何よりも何度もやり直しができることも魅力であったようである。

b 学生C（クラフトデザインコース）

右の作品はウニの骨シリーズである。作者はウニの骨の透き通るような質感と美しく繰り返される繊細な模様に惹かれ、テラコッタ粘土で同様のテーマでいくつもの造形を試みている。

3Dペンでの造形では、下段右のように半球を二つ作り、それを繋いで下段左の球体にして土台を作り、上段左右のように肉盛りをして造形した。

粘土造形の際、複数個を効率的に作るため石膏型を作っていたので、他の素材での造形も試みている。上段真中は皮で作られている。湿らせた皮を型に当て、電熱コテで凹凸を定着させていく手法を編み出した。

右の写真は、粘土や皮の代わりにABSを用いて造形したものである。上部4つ、下部4つの石膏合わせ型に3DペンでABSを積層して抜き出した。この手法を使えば、簡単に複数個の造形が可能になる。また、凹凸の具合で一度で抜けないものでも合わせ型にすることにより型抜きが可能である。熱に強いシリコン型の使用もより効率的であろう。

ウ　実践事例３（3Dスキャナと3Dプリンタによる造形）

右の写真は、私のテラコッタ作品を3Dスキャンし3Dプリンタで造形したものである。実物の作品の大きさは、どちらも高さ40cmほどである。スキャン精度は1mmではあるが、大凡の作品の特徴を捉えている。

次頁の写真右が3Dスキャナ、その下が3Dプリンタ、左は3Dスキャンシステムで、高機能PCと大容量充電池と3Dスキャナを組み合わせており、どこにでも移動して使えるようにしている。これらは全て私物である。

新しい教材や題材開発の際、果たしてそれが実現可能かどうかは試してみないと分からない。ICTを活用した題材開発には、それ相応の費用が必要となる。もう45年程前になるが、初めて組み立てPCを購入し、成績処理プログラムを作成して改造プリンタで個票を打ち出した懐かしい思い出がある。そのときから今日まで、それらを活用した題材を開発するため多くの研究費を投じてきたが、大半は持ち出しである。ほとんどの機関で十分な研究費がない中、実現するには自腹を切るしかない。幸運にも、今回の実験的な試みは関係機器の導入に繋がることになったが、事態はあまり変わっていない。

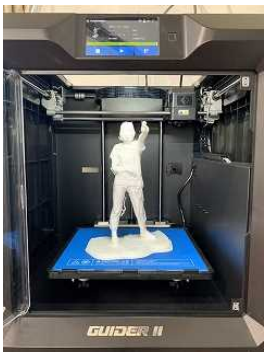
エ　実践事例4　（粘土と3Dスキャナと3Dプリンタによる造形）

右の写真は、粘土で作った頭蓋骨を3Dスキャンしてデータ化しているところである。自分の頭蓋骨が溶けていく様子を作品にしたいということで、この学生はPCを使い慣れていることから、PCソフトで溶けていく様子をシュミレーションしたり、造形の過程を3Dプリンタで打ち出して変化を実際に目で確かめられるようにしたいと考えた。

発想はとてもおもしろかったのだが、残念ながら時間の関係で粘土による造形にとどまってしまった。

当初の計画通り進めば、まず、基本となる頭蓋骨は当人の頭のレントゲン写真を手に入れ、そこから粘土で頭蓋骨を立体化し、一端3Dスキャナでデジタルデータ化したものを、ブレンダーなどの加工ソフトで溶けていく様子を段階に分けてデータで残し、また同時にそれを3Dプリントし実物化し、映像と組み合わせて展示するというものであった。

オ　実践事例５　（人物モデルと3Dスキャナと3Dプリンタと3Dペンによる造形）



学校での3Dプリンタの導入が実現したので、専攻科の立体造形で早速使用することにした。右の写真は学生３人が、それぞれモデル役、スキャン役、PC操作役をしているところである。スキャン後、3Dプリントした自分のフィギアを電動ルーターで削ったり、3Dペンで造形したりして思い思いの形を探る。

ルーター作業での注意点として、細かいABSの粉の飛散が挙げられる。マスクとフェイスガードの使用を勧める。私も作業中に何度が目に破片が入り、二三日痛みと違和感を体験したことがある。また、3Dペンもルーターも電気を使うため、コンセントやケーブルの準備も必要である。使用電量はそんなに多くないので、普通教室でも可能である。

カ　実践事例６　（3Dソフトウェアと3Dプリンタと3Dペンによる造形）

右の写真は、デザインコースの学生がPCの3D作成ソフトで作成したキャラクターである。この作品は3DCG動画で、you tubeにもアップされた。VR上で歌って踊る２人のキャラクターの一場面をアップロードし3Dプリンタで実在化した。

データファイルが特殊だったため、一層目の厚みが薄く手直しが随分必要であった。3個の試行錯誤の上やっと形になった。3Dソフトウェアでの加工や修正には操作の習得が必要で、独学でそれらを学ぶには限界があり、どうしても実物での加工に頼ってしまう傾向があり、私にとっての大きな課題である。

右の写真は、別のデザインコースの学生の作品である。ゴミバケツはテラコッタ粘土で作成し、焼成した後黒色で着色している。破って捨てられたカレンダーのページが、その日その時にあった様々な思い出が形に表れているところを表現している。

薄い紙は、最初3Dペンで作られていたが、PCソフトウェアのブレンダーのもつ骨ツールを使い、PC上で様々な形をつくり、3Dプリンタでプリントする手法も取り入れられるようになった。

キ　実践事例７　（人物モデルと3Dスキャナと3Dプリンタによる造形）

事例５と基本は同じで、互いにスキャンし合って自分のフィギアを作成するのだが、プリントの際に左右反転させたデータを作り、色の違った素材でのプリントを試みた。

鏡に映った自分、二つの面をもつ自分、光と影などの表題が付けられそうである。拡大縮小変形などの加工が容易にできるのもデジタルデータならではの表現である。

ク　実践事例８　（人物モデルと高性能3Dスキャナと3Dプリンタによる造形）

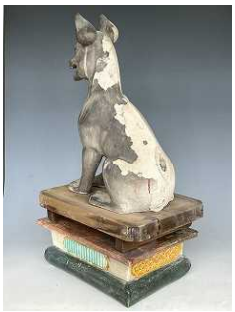
右の写真は、本学に導入することができた0.3㎜精度で3Dスキャンができるスキャナである。高性能であるが、その分使いこなせるようになるには多くの時間を要した。まず、光周辺の光を安定させる必要があり、特に太陽光の影響を受けやすいため、明るい蛍光灯やLED照明の下で行うとよいことが分かった。教室の一角をカーテンで仕切り、ネットで購入したLED照明証明を自分で取り付けた。またデータ数が多くなるので、グラフィックボードを搭載した画像処理が高速で行えるゲーミングマシンのようなPCが必要であることも分かった。これは後に購入してもらうことができた。

これらの導入によって、スキャンの精度が大きく上がり、詳細な表現が可能になった。その違いは、学生や職員を造形した研究紀要（令和2年度版と本令和4年度版号）作品ページで比較してもらいたい。右の写真は、かつて本校の陶芸コースで指導されたこともある奈良教育大学名誉教授の脇田宗孝氏である。

ケ　実践事例９　（立体物と高性能3Dスキャナと3Dプリンタによる復元造形）

右の写真は、0.1㎜精度で3Dスキャンが可能な新機種である。次のステップの研究用として自前で購入していたものである。これは、ターンテーブルと連動しており、多方向のスキャンデータを自動処理して統合できるように設計されている。

これまでは、学生の立体作品の記録を写真で行い、参考作品として提示して活用してきたが、3Dデジタルデータ化することによって、さらに活用範囲が広がると考えたからである。また、それらを処理するための高性能なPCも必要なことが分かり購入に踏み切った。いつものことながら先行投資には勇気ある決断が必要である。



そんな時、ある神社での損傷した狐の復元の話が舞い込んできた。一つは盗難に遭って既になく、残った一体も尾も取れてなくなっており損傷も激しい。

丁度、機材も整っているのでこの復活プロジェクトを引き受け、専攻科の学士号履修学生たちと立体造形の授業の一環として取り組むことにした。この取組内容については、実践事例として次号で改めて報告したいと思っている。先行投資した機材の費用にも当てられそうなので喜んでいる。

３　おわりに

初編では、XRの現状について調査したが、機器の導入や開発が大きな壁となって今はまだ明確な方向性は打ち出せないでいる。今編では、本学で行った立体造形指導での3D機器の実践例を紹介したが、まだまだ活用の有効性や発展性があると感じた。次回は、さらに具体的な実践例について報告していきたい。

参考・引用文献

⑴ 令和２年度版　奈良芸術短期大学　研究紀要　中川賀照の作品　P30（3Dプリント像の写真画像）

⑵ 令和４年度版　奈良芸術短期大学　研究紀要　中川賀照の作品　P27-28（3Dプリント像の写真画像）