

生物の形態観察における 3D スキャンアプリの活用

竹下 俊治

(2020年12月7日受理)

Using of the 3D scanning application for morphological observations in biology class

Shunji Takeshita

The purpose of the present study was to create 3D images of living things using a 3D scanning applications, and to examine the effectiveness of the application as a tool for creating image materials in biology and practical use of the created 3D images as teaching materials. Three types of applications for iOS devices were used in the present study. As the result, in the case of the "QLONE", delicate objects such as insect legs, tree branches or leaves were not scanned accurately. In the case of the "TRNIO", insect legs were scanned accurately than the "QLONE". However, leaves and fine tree branches were not scanned. The appearance of the tree trunk was well scanned as the 3D images with the "3d Scanner App", and the epiphytic state of lichens could be recognized. When applying a 3D image as a teaching material for observation in a science class, the low resolution of the 3D images prevent students from recognizing the fine morphologies. Therefore, it is better not to observe only the 3D image but to morphologically compare it with the actual subject.

Key words : 3D scanning, obesevation, practical use

はじめに

近年の ICT 機器の発展・普及はめざましく、学校現場でも児童・生徒 1 人に 1 台の端末が与えられるようになった。文部科学省が推進する「GIGA スクール構想」の実現へ向け、それら端末の活用は言うまでもなく、ネットワーク環境などのインフラの整備や教師の指導力の向上も含めた教育改革が進められている（文部科学省，アクセス 2020.12.2）。このような中、現在までに ICT 機器の活用について、様々な取り組みが報告されている（たとえば、北野 2018, 佐伯・郡司 2019 など）。それらは端末の多機能性を利用し、情報を得たり記録・整理したりする，教科書・参考書・ノートを一つにした活用法，端末のアプリケーションを利用した実験や観察を行い記録する，測定装置・観察器具・ノートを一つにした活用法のほか，アクティブラーニングを支援ツールとしての活用法など，様々な形で活用されている。筆者らはこれまで，観察器具としてスマートフォンやタブレ

ットの活用するため，顕微鏡に接続するアダプターや VR コンテンツを開発し，その有効性について報告してきた（毛利ほか 2020, 竹下・雑賀・吉富 2020a, 竹下ほか 2020）。

一方で，筆者らが 360 度画像による VR コンテンツを紹介した日本生物教育学会第 104 回全国大会のワークショップ（雑賀・吉富・竹下 2020）において，アンケート調査の回答として，360 度画像に加えて 3D 画像のコンテンツを求める意見が多く寄せられた。3D 画像は，撮影者を中心に置いた 360 度画像とは異なり，視点を自由に動かして俯瞰的に観察できる利点がある。特に，貴重な標本や身近では見られない生物を，通常の 2D 写真よりもリアルに見せることができ，デジタル教科書への掲載やオンライン授業等での活用など，これからの生物の学習において，画像資料として多く取り入れられることが期待されている。

3D 画像を得るためには，立体物を 3D スキャンして，3D 画像を生成する必要がある。専用のス

キャナーや画像編集ソフトは高価だが、簡易的なものがスマートフォンやタブレットのアプリケーションとして提供されている。そこで本研究では、それら簡易的に 3D スキャンができるアプリケーションを用いて生物の 3D 画像を作成し、生物の画像資料作成ツールとしてのアプリケーションの有効性と、作成した 3D 画像の教材としての活用方法を検討することを目的とした。

3D スキャンアプリケーションの有効性の検討

1. アプリケーションの選定

スマートフォンやタブレット端末で実行できる 3D アプリケーションを選定した。3D スキャンを行うアプリケーションは、様々なものが配布・販売されており、本研究では、比較的评价の高い 3 種類のアプリケーションを用い、それらの特性および生物の 3D 画像作成ツールとしての有効性を検討することとした。それぞれの特徴は次の通りである。

・QLONE (EyeCue Vision Technologies Ltd., アクセス 2020.11.30)

本アプリケーションの基本的な機能は無料で使用可能である。Qlone Mat と呼ばれるマーカーの上に被写体を置き、表示された半球ドームに沿って端末を動かすと、画像の取得から 3D 画像の生成まで自動的に行ってくれる。被写体の大きさに応じて Qlone Mat のサイズを変更することができるため、原理的には、微小な生物でも細部まで撮影することが可能である。

・TRNIO (Trnio Inc., アクセス 2020.11.30)

本アプリケーションは有料であり、撮影した写真が WEB 上で処理されることで 3D 画像が得られる。撮影方法には、被写体から一定の距離で周囲から全体を撮影する「OBJECT」モード、被写体の周囲を比較的自由に動きながら撮影する「ARKIT」モード、事前に撮影した複数の写真を組み合わせて 3D 画像を作成する 3 通りがある。被写体がマーカーの大きさに制限されないことが利点である。

・3d Scanner App (Laan Labs, アクセス 2020.11.30)

本アプリケーションは、iPad Pro に搭載されている LiDAR (Light Detection And Ranging) スキャナにより被写体との距離を測定しながら 3D スキャンを行うものである。したがって、建築物や家具など、比較的大型のものをスキャンしたデモンストレーションが公開されている (Laan Lab,

アクセス 2020.11.30)。

これらのアプリケーションについては、現在までに既に多くのレビューが報告されており、作成される 3D 画像には、解像度が低いことやスキャンの対象物が限定されるなどの課題が指摘されている (たとえば株式会社ネクストシステム, アクセス 2020.11.30 など)。

2. 3D スキャンを実行する端末

3D スキャンを実行する端末は、Apple 社の iPhone 6S および iPad Pro 11 とした。iPhone を用いるのは、本機種は日本での普及率が 60%以上と高く (StatCounter, アクセス 2020.12.2)、汎用性があると考えたためである。また iPad Pro 11 を用いるのは、フロントカメラに備えられた LiDAR (Light Detection And Ranging) スキャナによる 3D スキャンの検討を行うためである。

3. 被写体

生物の形態は非常に多様なため、3D 画像にも、多様な形態や、毛や突起のような微小な構造の再現性が求められる。そこで、3D スキャンを行う被写体として、昆虫標本 (ミヤマクワガタ)、動物のフィギュア (アロワナ, ニジマス, ルリボシカミキリ)、一本立ちの樹木 (オオシマザクラ, サザンカ)、森林の林内、散策路を用いることとした。

4. 3D スキャンの方法および 3D 画像の評価

各アプリケーションの使用法に沿って 3D スキャンを行った。ただし、iPhone を用いて小型の被写体を 3D スキャンする際には、精度を高めるために撮影用の機材を用いた。QLONE では三脚に iPhone を固定し、被写体は自由雲台に取り付けた



図 1. QLONE による撮影の様子。

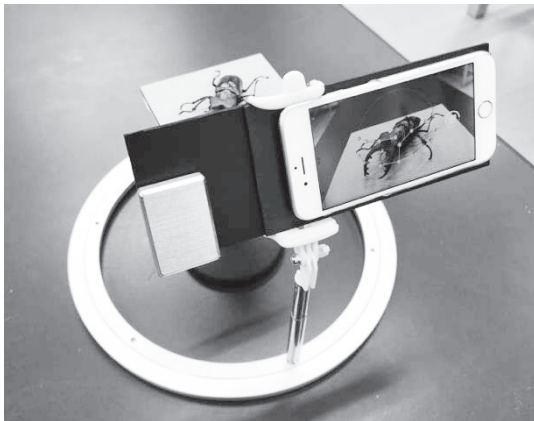


図 2. TRNIO による撮影の様子。

小型の撮影台上に固定し、回転や角度の変更を容易に行えるようにした (図 1)。TRNIO では、被写体との距離や角度を適切に維持し、容易に撮影できるよう、回転テーブルの土台を加工して作製した撮影器具を用いた (図 2)。

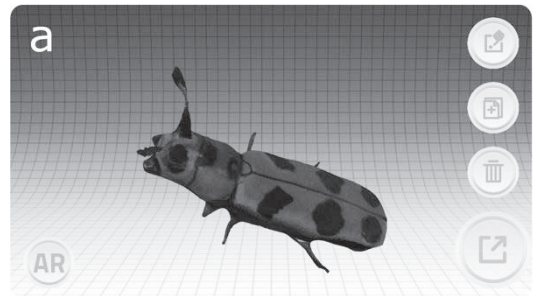
得られた 3D 画像の評価は、「画像の正確さ」「画像の精細さ」、「撮影の容易さ」、「処理時間の短さ」の四つの観点について、「非常に良い (◎)」「良い (○)」「やや悪い (△)」「悪い (×)」の 4 段階で行った。

5. 検討の結果および考察

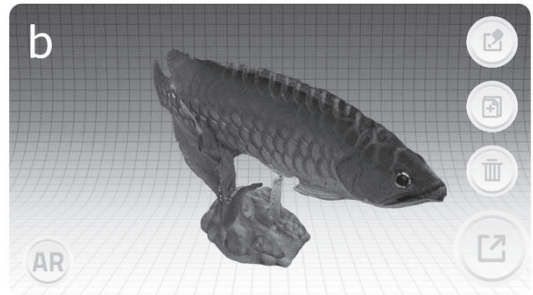
検討の結果は表 1 に示す通りであった。結果に基づく個々の被写体に対するアプリケーションの特性および生物の 3D 画像作成ツールとしての有効性を以下に述べる。

(1) QLONE

本アプリケーションではマーカーの付いた Qlone Mat を使用するため。大きな Qlone Mat ではより大きな被写体を、小さな Qlone Mat ではより小さな被写体を撮影することができる。しかし、被写体が小さくなるほど、カメラ (iPhone) と被写体との距離や角度を緻密に調節する必要があり、Qlone Mat は一辺 10 cm 程度が実用的な最



New Qlone Triangles: 39164 Vertices: 50843



New Qlone Triangles: 225144 Vertices: 216896

図 3. QLONE で作成した 3D 画像。

a : ルリボシカミキリのフィギュア. b : アロワナのフィギュア. a では触覚や脚が再現されていないが, b では比較的良く全体が再現されている。

小サイズであった。

被写体としては、樹木は Qlone Mat を使用できないため撮影不可能であり、昆虫標本や動物のフィギュアのように小型のものをスキャンした。その結果、触覚や脚のように細いものは、生成された 3D 画像には再現されないことがあった (図 3)。本アプリケーションの操作自体は非常に容易であり、利便性が高いと言える一方、繊細な形態をもった被写体の再現性は低く、生物を被写体とする場合には注意が必要である。岩石標本のような比較的単純な形態の物を 3D 画像化するのに適していると言える。

表 1. QLONE, TRNIO, 3d Scanner App による 3D スキャンの結果

アプリケーション	被写体						散策路
	昆虫標本	動物のフィギュア		一本立ちの樹木		森林の 林内	
	ミヤマク ワガタ	アロワナ	ルリボシ カミキリ	オオシマ ザクラ	サザンカ		
QLONE	×	○	×	—	—	—	—
TRNIO	◎	◎	◎	○	×	×	○
3d Scanner App	—	—	—	◎	×	×	◎

◎ : 非常に良い, ○ : 良い, △ : やや悪い, × : 悪い

(2) TRNIO

本アプリケーションでより精緻な 3D 画像を作成するには、事前に撮影した写真を用いるのが望ましいが、被写体との距離や背景とのコントラストに留意する必要がある。QLONE とは異なり、被写体がマーカーの大きさに制限されないことが利点である。

撮影方法に関わらず、手持ち撮影では昆虫の標本やフィギュアの触覚や足のように細い部分はスキャン結果が安定しなかったが、作製した撮影器具を用いることで、QLONE よりもはるかに正確に実物を再現した 3D 画像を得ることができた (図 4)。一本立ちの樹木は、枝葉が繁っていたサザンカでは、入り組んだ複雑な形態と、背景との



図 4. TRNIO で作成した 3D 画像。
a: ミヤマクワガタの標本. b: アロワナのフィギュア. c: ルリボシカミキリのフィギュ. いずれも細部まで比較的良く再現されている。

識別ができないようで、3D 画像として生成されたのは、樹幹と比較的太い枝のみであった (図 5)。しかし、樹幹が比較的太いオオシマザクラでは、樹幹に着生する地衣類などの様子は良く再現されていた。被写体が小型の場合には近接した撮影にならざるを得ず、スマートフォンと被写体との距離や角度を精密に調節する必要があるため、本研究で作製した撮影装置は非常に有効であった。本アプリケーションでは、撮影した写真の状態によっては 3D 画像化の途中でエラーが発生することがあり、利便性は QLONE の方が高いと言える。また QLONE と同様、比較的大型で単純な形態の被写体の方がスキャンに適しているようであった。

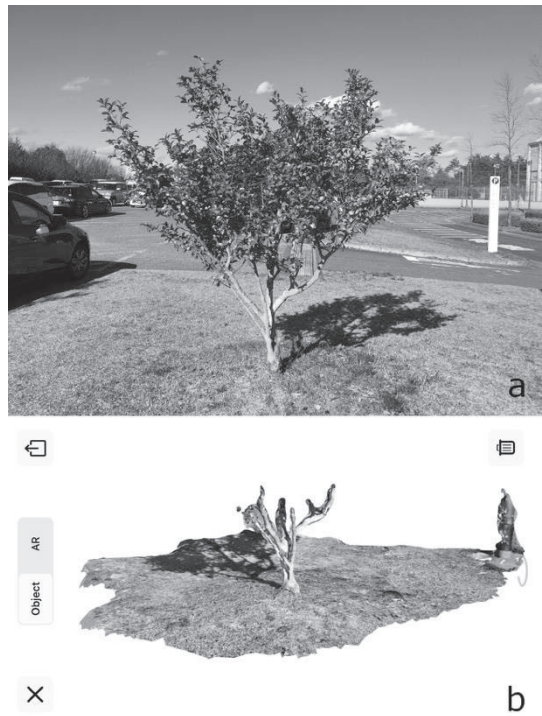


図 5. TRNIO で一本立ちの樹木を 3D スキャンした結果。
a: 被写体としたサザンカ. b: 作成された 3D 画像. 枝葉が再現されていないことがわかる。

(3) 3d Scanner App

本アプリケーションは、比較的大型のものスキャンに適している。そこで、森林や草原などの環境を再現させることを目的に、森林の林内、一本立ちの樹木、散歩路を撮影した。その結果は図 6 の通りであった。森林の林内では、林立する樹木の位置を再現することは不可能であった。一本立ちの樹木では、細かな枝や葉が再現されず、樹

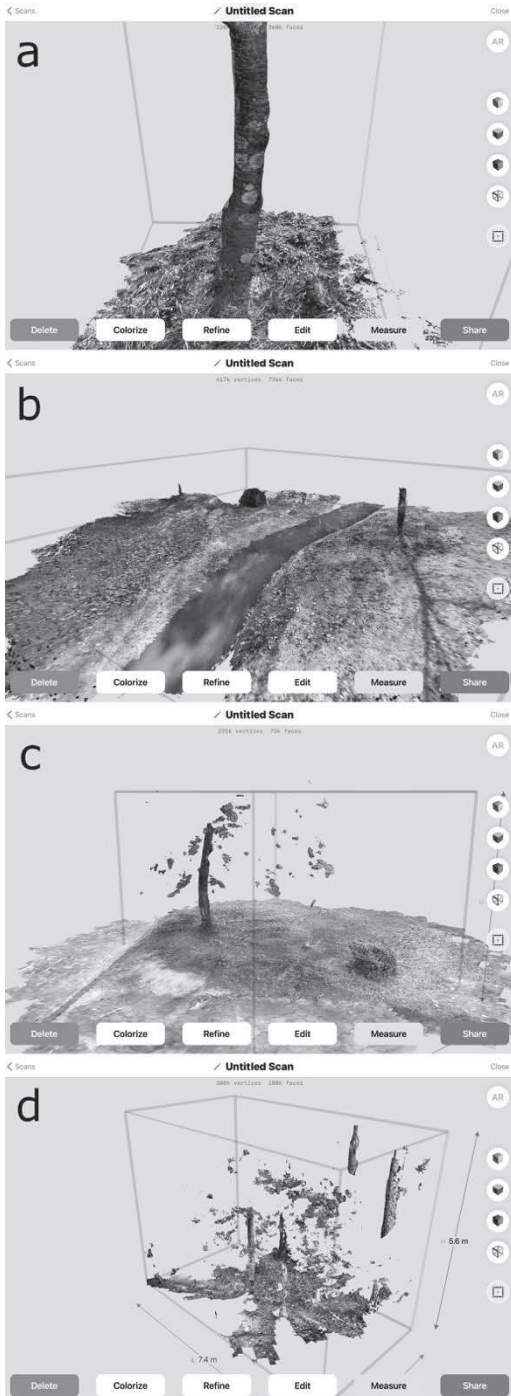


図 6. 3d Scanner App で作成した 3D 画像。
 a : オオシマザクラの樹幹。b : 散策路。c : 一本立ちの樹木。d : 森林の林内。a および b では非常に良く再現されているが、c では枝葉の部分が再現されず、d では林立した樹木も部分的にしか再現されていない。

幹の上部が欠損した画像になった。その一方で、樹幹に着生する地衣類などの様子は非常に良く再現されていた。散策路は、解像度が低いものの比較的良く再現された。スキャンをする操作自体は非常に容易で、作成された 3D 画像には実際のサイズを表示させることができるため、樹木や森林ではなく、崖地や荒原のような環境の様子を再現して活用できる可能性がある。

本研究で使用した 3D スキャンアプリケーションによって得られる 3D 画像は、原理的には、被写体を周囲の様々な角度で撮影した画像から目的の被写体を切り出し、それらをつなぎ合わせたものである。したがって、被写体表面の微小な毛や突起は立体物ではなく、正面から撮影された平面的な模様になってしまい、その結果、得られた 3D 画像は、質感に違和感が生じてしまう。また、QLONE や TRNIO の場合、実物と比較すると被写体の細部の再現性が低く、微細な形態を持ったものを撮影した 3D 画像を、そのまま観察の材料として用いることは適切ではない。しかし一方で、形状や大きさを十分に吟味した被写体を用いれば、ある程度実物に近い状態の 3D 画像を得られたことから、画像資料として授業で活用できる場面もあると考える。3d Scanner App は、空間の様子を俯瞰的に捉えるような観察で用いることができそうである。森林の様子を再現することは不可能であったが、地面や岩、樹幹の表面の様子は非常に良く再現できるため、野外の様子を 2D の写真よりもリアルに伝えられる画像資料として活用できると言える。また、今回試用した 3 種類のアプリケーションは、いずれも容易に 3D 画像を得られることから、教材の作成に有用なだけでなく、生徒に 3D 画像を作成させる活動を取り入れた学習で活用できる可能性がある。

3D スキャンによる画像作成を取り入れた授業

1. 授業の目的

上記で述べたように、スマートフォンやタブレット端末で 3D 画像を作成するアプリケーションは、操作が容易である一方、解像度や細部の再現性に課題がある。得られた画像を 3D 画像編集用のアプリケーションで加工すると、実物に近い画像を作成することも可能であるが、その操作には多少なりとも専門的な技術が求められる。また現在、「CT 生物図鑑」(株式会社 JMC, アクセス 2020.11.30) のように、有料無料を問わず、様々

な生物の精密な 3D 画像が提供されていることを鑑みると、作成した画像を実物の代用とするのではなく、自らが作成するという操作も含めた学習活動を計画する方が望ましい。そこで本研究における授業実践では、生物の形態を観察する際の視点の育成と、3D スキャンを行う際の方法の改善を考えさせることを目的とした。

2. 授業の概要と実践の方法

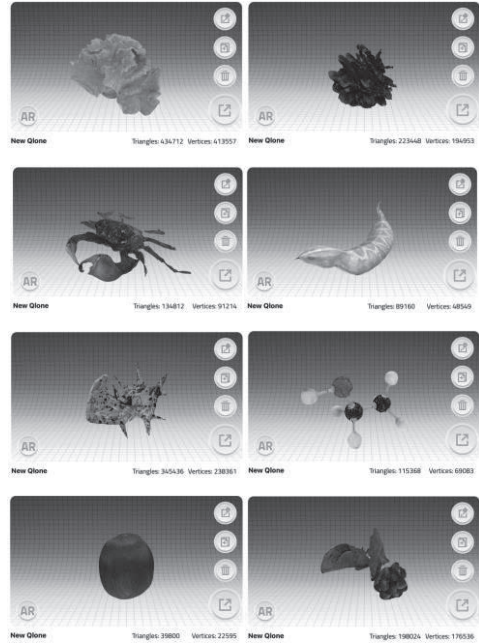
使用したアプリケーションは、操作の容易な QLONE（無料版）とした。スキャンの精度は TRNIO の方が高いが、利便性を優先させた。また、実践は、教育系大学院生の授業（受講者 3 名）において行った。受講者の学生は、基本的な生物観察のスキルは身に付けている。

授業で学生に提示した目的は、「より精密な 3D 画像を作成する」とした。学生は、3D スキャンの結果が被写体をどの程度正確に再現しているのかを検証するため、必然的に、得られた 3D 画像と被写体との比較を行うことになる。その比較の過程で、被写体とした生物の詳細な形態的特徴にまで目を向けるようになることを期待した。

授業では、アプリケーションの使用法を説明した後、撮影方法や被写体の選択について各自で試行錯誤をするよう促した。学生には、各々が 3D スキャンを行った結果について、撮影上の工夫や再現性も含めてレポートをまとめさせた。提出されたレポートの記述から、細部の形態に言及した記述を抽出することで、どのように観察の視点をはたかせているかを確認した。

3. 実践の結果および考察

学生がスキャンした被写体は、動物のフィギュア（アメリカザリガニ、アロワナ、三葉虫、ゾウ、ツチノコ、ルリボシカミキリ）、動物標本（アメリカザリガニ、コクワガタ、サンゴ、スナガニ、ミヤマクワガタ）、植物（アカマツの球果、カリンの果実、キンモクセイの葉、クリの堅果、サルトリイバラの葉と果実、シラカシの枝先の葉と堅果、ムラサキツユクサの花、リンゴの果実）、分子模型などであった（図 7）。それらの微細な形態的特徴としては、たとえばアメリカザリガニやミヤマクワガタの体表の毛、シラカシの葉の鋸歯や堅果の殻斗に見られる筋、ムラサキツユクサの花の雄蕊などが挙げられ、それらに関連した記述をレポートから抽出した。その結果、形態に関する記述としては、動物に関しては、「節足動物の付属肢」「触



↑「Qlone」により作成した 3D モデル

図 7. 学生が提出したレポートの一部。
比較的良く再現されたものを紹介している。

覚」「脚」「はさみ」「頭」、植物に関しては「雌蕊」「雄蕊」「(栗の)イガ」などの記述が見られた。これらから、学生は全て肉眼的な特徴には着目していることがうかがえるが、ルーペレベルよりも微細な形態には言及されていなかった。この原因には、まず、得られた 3D 画像が実物の形態とは違いすぎて、微細な形態を意識するまでもなかったことが考えられる。また、実物と 3D 画像との質感の違いが何に起因するのかを、十分に吟味していないことも考えられる。さらに、小型のマーカーを使用すると、スキャンする際に距離を精密に調節する必要があるため、学生は小型のマーカーを使用することを敬遠し、その結果、解像度の低い 3D 画像となり、微細な形態を比較できる画像を作成できなかったと考えられる。

スキャンを行う際の工夫としては、主にスキャン操作の簡便化を意図したものであった。回転台にマーカーとともに被写体を乗せ、回転させながらスキャンしたり、透明アクリル板に標本を乗せ、下から標本の腹面をスキャンしたりといった方法を試みていた。

以上のように、3D スキャンを行うことで観察の視点を育成する試みについては、本実践では十

分な効果が認められなかった。これは、被写体と比較する上で、得られた3D画像の再現性が不十分であったためだと考える。より微細な特徴へ目を向けるには、少なくとも肉眼で確認できる特徴は忠実に再現されている必要があり、今回用いたアプリケーションでは、それが困難であった。比較観察することでより詳細な観察を行うには、実物の微細な形態まで再現性が高いほど、より高度な比較が実現できる。今回用いたアプリケーションは簡易的なものであり、実物の再現性をさほど望まないのであれば、被写体の微細な特徴をあらかじめ認識した上で、より正確にスキャンするための試行錯誤を目的とした活用も考えられる。いずれにしろ、アプリケーションや端末の性能の向上と、その端末で作成した3D画像による実践的な検証が望まれる。

おわりに

3D スキャンアプリケーションを用いた活動は、3D画像の作成を通して生物の形態を多角的な視点で捉えられる素養を身につけ、観察力の向上が期待できる。将来的には、技術の進歩により、より精緻な3D画像を容易に作成できるようになると予想される。そのようになれば、3D スキャンアプリケーションを用いた学習活動では、さらに詳細な形態について実物との比較検討が可能になり、より高度な観察の視点の育成が見込まれる。

また、ICT機器の活用や生物の観察といった個々の活動だけではなく、スキャン法の工夫を通して撮影の原理や3D画像が生成される仕組みを考えたりと、STEM的な要素を内包した学習プログラムへと発展させられる可能性もある。さらに、3D画像や360°画像は、防災学習の教材としての活用が期待される。目的に応じて個々の地域に特化した画像を容易に作成できるのは、大きな利点である。

竹下・雑賀・吉富(2020b)では、デジタルコンテンツによる教材開発のプロセスが、STEM系教師の養成に有益であることを報告した。今後、学校現場では、デジタルコンテンツをより一層活用するようになるのは必至である。子どもたちの学習の幅を広げたり深めたりするためには、既存のコンテンツによる画一的な学習ではなく、児童生徒一人一人、あるいはクラスに応じたオーダーメイド的なコンテンツを提供できることが望ましい。したがって、これからの教師には、オリジナルのコンテンツを開発し、それを教材化するスキ

ルやアイデアが必要であり、自身の専門分野の如何に関わらず、ICT機器やその活用についての最新の情報を常に希求し、教材開発のアイデアを思考する態度も求められていると言える。

本研究の一部は、JSPS 科研費 19K02708 ならびに 19K03144 および 17H01980 の助成を受けて行った。この場をお借りして御礼申し上げる。また、3D スキャンを行うにあたり、広島大学大学院人間社会科学研究科の吉富健一博士には多くの助言や被写体を提供していただいた。ここに感謝の意を表する。

引用文献

- 北野賢一. 2018. [授業で使える様々な「便利グッズ」] Kahoot! -ICT の有効活用. 理科の教育 67 (790), pp.31-32.
- 毛利玲美・大西佳子・小笠原広大・鎌田ちひろ・西琴子・平山開士・雑賀大輔・吉富健一・竹下俊治. 2020. VR 技術を用いた生物教材の開発と課題. 日本生物教育学会第 104 回全国大会研究発表要旨集, p.29.
- 佐伯英人・郡司浩史. 2019. 「タブレット PC を使った疑似観察」と「疑似観察の結果をもとに調べるモデル実験」-小学校理科の第 6 学年「月と太陽」において-. 理科教育学研究, 59 (3), pp.379-391.
- 雑賀大輔・吉富健一・竹下俊治. 2020. 360 度画像と Google Expeditions を活用したバーチャル観察教材. 日本生物教育学会第 104 回全国大会研究発表要旨集, p.84.
- 竹下俊治・雑賀大輔・吉富健一. 2020a. VR 技術を用いた理科教材の開発と諸課題の検討. 学校教育実践学研究, 26, pp.9-14.
- 竹下俊治・雑賀大輔・吉富健一. 2020b. STEM 系教師教育を指向した探究的アプローチ -生物・地学分野の教材開発における VR コンテンツの作成-. 日本理科教育学会全国大会発表論文集, 18, p.99.
- 竹下俊治・浅海詩織・雑賀大輔・樋口洋仁・三谷俊夫. 2020. 紙で作るスマホ用顕微鏡アダプターの製作と活用. 生物の科学遺伝, 74 (3), pp.332-338.

本文中で参照した資料および Web サイト
EyeCue Vision Technologies Ltd., <https://eyecue-tech.com> (アクセス 2020.11.30)

株式会社 JMC, CT 生物図鑑, <https://ctseibutsu.jp> (アクセス 2020.11.30)

株式会社ネクストシステム, 2020, 【3次元復元】LiDAR? フォトグラメトリ? 現実世界を3DCG モデル化する技術を比較調査! ネクストシステムブログ, https://www.next-system.com/blog/2020/08/05/post-3630/#iPad_Pro_LiDAR_Canvas (アクセス 2020.11.30)

Laan Labs, <https://labs.laan.com> (アクセス 2020.11.30)

Laan Lab, <https://twitter.com/laanlabs/status/1285992371323273217> (アクセス 2020.11.30)

文部科学省, GIGA スクール構想の実現について, https://www.mext.go.jp/a_menu/other/index_00001.htm (アクセス 2020.12.2)

StatCounter, <https://gs.statcounter.com> (アクセス 2020.12.2)

Trnio Inc., <https://www.trnio.com> (アクセス 2020.11.30)