

展示および教育分野への3次元データの活用方法の検討

Application of three dimensional data to science education and exhibits

岩間由希^{*}・西本昌司^{**}・真鍋孝顕^{*}・
近藤光一郎^{*}・門脇誠二^{***}・山中敦子^{****}

IWAMA Yuki・NISHIMOTO Shoji・MANABE Takaaki・
KONDO Koichiro・KADOWAKI Seiji・YAMANAKA Atsuko

1. はじめに

ここ数年、3次元(3D)プリンタをはじめとした3次元デジタルツールの普及が急速に進んでいる。コンピュータやソフトの高性能化、低価格3Dプリンタの登場などにより、3次元立体形状データ利用のすそ野が広がり、今後もさらに活用されていくと予測される。

科学的な研究分野や、科学館などでの展示をはじめとした見せ方(プレゼンテーション)においても、3次元データの活用が新しい様々な切り口となることが期待できる。

本稿では、昨年度の研究に引き続き、3次元造形機や3次元デジタイザなど、3次元データとそのツールを活用した展示および教育分野への展開を検討したことを報告する。

2. 使用装置の概要

3次元デジタイザは、一般に3次元スキャナとも呼ばれ、対象物を3次元的に測定し、コンピュータ上へ立体形状データを取得する装置である。今回使用した装置は、人の眼と同様に2個のカメラを使用することで、奥行も含めた3次元的な形状測定を可能としている。

X線CTは、医療において使用されているように、X線の高い透過能力を利用し試料内部を非破壊で観察できる装置である。透過像を複数の角度から撮影しコンピュータ処理することで、試料の内部情報も含めた3次元的なデータを作成できる。

3次元造形機は3Dプリンタなどとも呼ばれ、コンピュータ上のバーチャルモデルを基に実物モデルを作成する装置である。造形物を実際に手に取ることができるので、形状確認や機能検証などに非常に有効であり、また通常のプラスチック製品の製造工程よりも造形形状の自由度が高いなどの利点もある。

今回測定・データ作成・モデル作成に使用した機器・ソフトウェアは以下のものである。

【3次元デジタイザ】ATOS III Triple Scan (GOM製)

【デジタイザデータ処理ソフト】ATOS Professional (GOM製)

【X線CT装置】TOSCANER-32252 μ hd (東芝ITコントロールシステム製)

【X線CTデータ処理ソフト】VG Studio MAX (Volume Graphics製)

【形状データ修正ソフト】Magics (Materialise製)

【3次元造形機】Fortus 400mc-L (Stratasys製)

これらは名古屋市工業研究所設置のものであり、通常は工業製品などの試験研究に主に使用している。一般用途のものより高精度・高機能であり、より詳細で自由度の高いデータ取得や造形などが可能である。

3. 試料について

今回は2種類の試料を測定対象とした。

1つは図1に示す石器標本で、ヨルダン北部の約

^{*}名古屋市工業研究所 ^{**}名古屋市科学館学芸課

^{***}名古屋大学博物館 ^{****}蒲郡市生命の海科学館

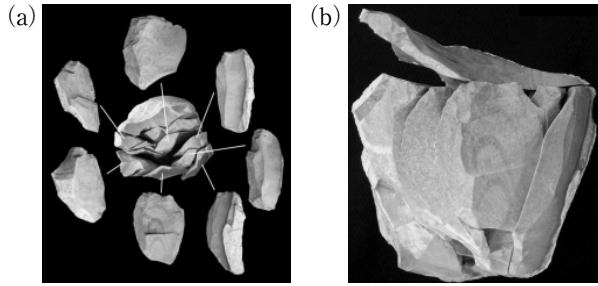


図1 測定試料（石器）

(a) 剥片と位置関係 (b) 接合状態（横幅約9cm）

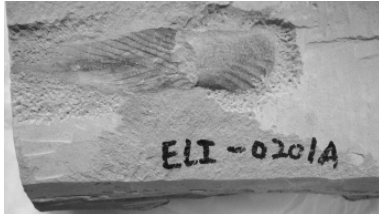


図2 測定試料（海生生物）（横幅約11cm）

7,500年前（新石器時代）の原始農村遺跡（アル・バサティン）から発掘された（Kadowaki et al. 2008）。1個のフリント礫を順に割って石器の素材となる剥片が剥離されているので、剥片を接合すると元の石（母岩）の形に戻ることができる。石器の接合は、古代の石器製作技術を復元するために必要な考古学研究法の1つである。この接合資料は特に、ヨルダンを含む西アジアに起源する農耕（特にムギ栽培）に関わる穀物収穫具（鎌刃）として利用された石器の製作技術を示す貴重な標本である。

もう1つは図2に示す、古生代カンブリア紀の海生生物（ストロマトウェリス *Stromatoveris psygmoglena*）の化石試料である。中国雲南省の約5億3000万年前の地層から発見された、先カンブリア代の生物とカンブリア紀の生物の系統的關係を解くカギとなる、重要な標本である。

様々な分野の試料に対し3次元ツールを用いることで、新たな考察を加えることが可能である。

4. 3次元形状データの取得

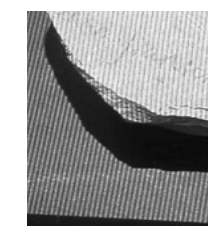
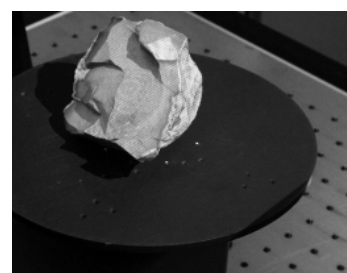
今回、形状データの取得には主に3次元デジタイザを使用し、一部X線CT装置も使用した。各手法の特徴と、今回の測定の結果得られたもの・分かったことを以下に示す。

3次元デジタイザで石器標本を測定中の様子を図3に示す。今回用いた装置は、縞模様パターンを試

料に投影することで、形状をより鮮明に取得する方式となっている。試料からの反射散乱光をカメラで捉えることが必要であるので、黒色や金属光沢表面の測定は不得手である。よって本測定では、試料表面に白色粉（酸化チタン微粒子）をスプレーし均一な散乱光が得られるようにした。

接合する石器は全部で16点あり（石核1点と剥片15点）、それぞれを個別に3次元測定しデータ化した。白色スプレー処理などにより、ほぼ無修正で3次元形状が得られた。デジタイザはカメラで見えている部分しか測定できないが、試料を回転したり裏向きに設置したりして複数方向から撮影することで、陰になる部分も含めおよそ全ての形状を取得できた。結果を図4に示す。表面形状は微細な三角形の集合で表現されている。

今回使用した3次元デジタイザは、カメラによる非接触式の測定であるので、表面に触れてはいけな



縞模様パターン投影

図3 3次元測定の様子（石器）

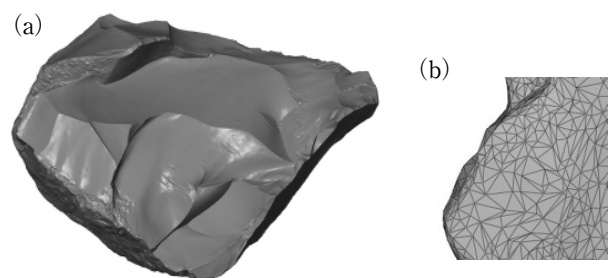


図4 得られた形状データ（石器）

(a) 全体像 (b) 拡大（三角形の集合で構成）

どを測定することも可能である。

測定結果を図5に示す。デジタイザとCT装置とで得られたデータをつなぎ合わせたものであり、互いの装置の不足分を補うことができた。ただし図6のように、デジタイザとCT装置とでは、取得データの詳細さに相当の差があるので注意が必要である。

よって、

- ・デジタイザ：表面形状を高精細で取得したい場合
- ・CT装置：内部に入り組んだ形状を取得したい場合

というように、3次元形状測定ツールは測定対象・データ使用目的に合わせて選択することが重要と言える。

今回使用したデジタイザやX線CT装置は、色情報を取得することができない。その代わりに、表面色に惑わされることなく、純粹に形状のみを評価できるため、元試料の観察とは違った視点での検討が可能であった。図7では、表面に見られる黒い模様が色のみの変化ではなくわずかに窪みとなっている

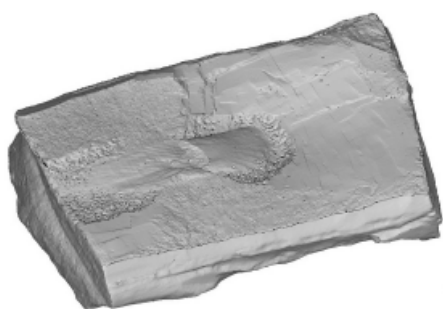
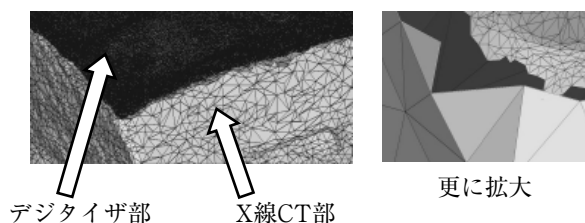


図5 得られた形状データ（海生生物）



デジタイザ部 X線CT部

図6 デジタイザとCT装置のデータ結合部分

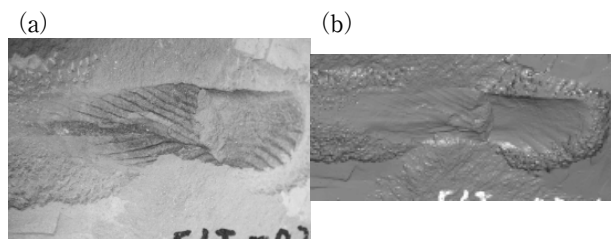


図7 元試料と測定データの比較検討

(a) 元試料（可視画像） (b) 測定結果（形状データ）

ことが分かった。

また図8のように、画面上で試料表面の高低を色で表現することもでき、試料形状の理解の大きな手助けとすることができた。

もし目的上、色情報を含めたデータ取得や造形が必要な場合には、それらが可能な装置を選択する必要がある。

5. 3次元形状データの利用

取得した形状データの使用方法として、個別にデジタル化された石器をコンピュータ上で接合することを検討した。

デジタイザで微細な表面形状データが取得できたので、割れた両側のパーツの剥離面を指定することで、ソフト上で最も合う位置を導き出すことが可能となった。図9に様子を示す。

ソフト上で片側パーツの剥離面を抽出し、対となる面への位置合わせを実施した。両側剥離面の表裏が一致していないと位置合わせができないので、臨時に片側パーツを裏返すことなどの工夫により、複数パーツを接合することができた。一方で剥離面の面積がかなり小さいものについては、ソフト上での位置合わせには限界があった。それらについては、手動での位置合わせを実施した。後述する実物においても接合の難しい部分であった。

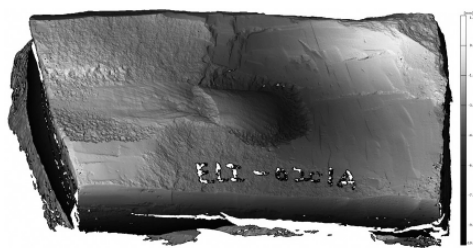


図8 試料の高低分布

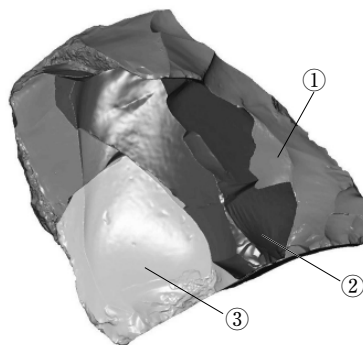


図9 形状データの位置合わせ

このように、岩石を打ち割ることによって製作された石器の接合関係を、立体的な表現によって示すことができた。展示においても、体験者が自由に3次元データを動かして見るができるようにしたり、元の石（石核）から剥片が剥離されていく動画を作成するなどによって、ただ石器を並べるだけよりも体験者の理解を深めることができると考えられる。

6. 3次元形状データからの造形

前項で用いたのと同じ石器の形状データを使用して、3次元造形機による実物モデルの造形を実施した。

各パーツを個別に造形し、手に持って実際に元の1個の石（母岩）に戻すことを検討した。様子を図10に示す。また工夫した点や得られたことなどを以下に記載する。

（1）造形上の検討箇所

3次元造形機には様々な方式のものがある。今回は体験者に実際に触れてもらうことを目的としたため、精度は粗めだが強度のある造形物が得られるタイプの装置を使用した。実際には0.2mm程度の形状の表現は可能であった。展示の目的によって必要とされる精度や色・材質などは変わるので、それに合った装置を選択することが重要であると言える。

データ上で破断面にほとんど隙間が無いことが観察されたため、造形の際には各パーツを0.1mmずつ縮小した。その結果、造形物を無理なく接合することができた。コンピュータ上のデータとなっているので、そうした形状変更などは容易であった。

（2）位置合わせと展示における検討箇所

造形物（石器レプリカ）の接合作業は、粘着剤で各パーツを固定しながら進めた。またどの面が接合されるかは、元試料での検討結果や前項で示したソフト上での位置合わせ結果を参考にした。実際の石器と異なり今回の造形物には色情報が無いので、判断はより難しいと感じた。

よって、実際に一般の体験者が触れる展示とするには、そのままではなく

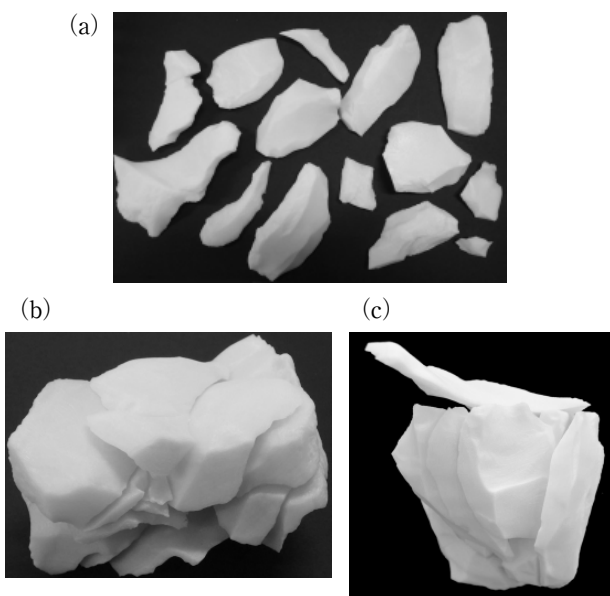
- ・接合される面同士をマークなどで表示
- ・見本図と造形物との対応を塗装などで表現
- ・全パーツの組み立て体験ではなく、予め幾つかのパーツが接合された状態のものを造形し、数個の大きいパーツを位置合わせするようにする

などの補助が必要と考えられる。こうした処理は実物標本に対しては困難であり、形状データから作成した造形物を使用することの利点であると言える。

また必要に応じて拡大・縮小や断面形状の作成、多人数向けや紛失時の補充用に複数個の造形なども可能であり、より体験者の理解や記憶を深めるために様々な手法をとることが可能である。

7. まとめと今後の展開

展示および教育分野における、3次元データおよびそのツールの活用方法を検討した。3次元デジタル・X線CTなどの3次元形状測定ツールにより、試料の詳細形状を取得でき、通常の観察手法では困難な形状検討や視覚的に分かりやすい表現などを示すことができた。また得られた形状データを使用して3次元造形することにより、実際に触り各パーツの位置関係を把握することができるモデルとしたことで、体験者の直観的な理解の助けとすることができた。以上のように、3次元データやツールを効果的に利用することにより、試料の見せ方の幅が大きく広がり、更には試料の新たな研究手法としても活用が期待できると考えられる。



（図10 形状データからの造形と位置合わせ・接合
 (a) 個別パーツ
 (b) 一部を接合 (c) 全体を接合

なお、今回使用した石器試料については、名古屋大学博物館での企画展にて活用するため、引き続き効果的な展示方法を検討していく予定である。海生生物試料については、生命の海科学館の常設展示での供覧を目標に、データの利用法を検討中である。実物標本をあまり保有していない科学館における展示や教育活動では、このような3次元データの活用が有効であると考えており、今後も様々な試行を行っていくつもりである。

参考文献

- (1) 岩間由希ほか(2013) 3次元データを活用した化石の新しい展示方法 科学館紀要 No.39, p39-43. 名古屋市科学館
- (2) Kadowaki S, Gibbs K, Allentuck A, Banning EB (2008) Late Neolithic settlement in Wadi Ziqlab, Jordan: al-Basatîn. *Paléorient* 34(1). p.105-129.
- (3) 林昭次ほか(2005) 骨化石観察におけるX線CTの有用性 地質ニュース No.610, p45-49. 地質調査総合センター
- (4) 水野操(2012) 初心者 Makers のための 3D プリンター & 周辺ツール活用ガイド Amazon Services International