

3次元データを活用した化石の新しい展示方法

New approach to fossil exhibits using 3D reconstruction

岩間由希*・西本昌司**・近藤光一郎*・
飯田浩史*・ヒシグジャウ=ツォクトバートル***・鏑本武久****

IWAMA Yuki・NISHIMOTO Shoji・KONDO Koichiro・
IIDA Kouji・TSOGTBAATAR Khishigjav・TSUBAMOTO Takehisa

1. はじめに

近年では3次元データの研究への活用が増加しており、また科学館などでの展示を始めとした見せ方（プレゼンテーション）においても3次元データが重要な役割を果たしていくと予測される。高性能なコンピュータの普及により、従来では難しかった大容量のデータの扱いが可能となっており、高精度な画像、また3次元の立体形状データなども市販のコンピュータ程度で作成・処理ができるようになったことが、それらを促進している。

古生物学においては、X線CTが積極的に利用されるようになっており¹⁾、恐竜の化石などの展示においても活用の可能性を秘めている。そこで、試料形状などの効果的な見せ方を検討するため、X線CTおよび3次元造形機を用いた展示用データ・展示品の作成と展示方法について検証したので報告する。

2. 使用装置の概要

X線CTは、医療において使用されているように、試料内部の様子を非破壊で観察できる特長がある。X線は可視光と同じ電磁波であるが、透過能力が非常に高いため、試料内部を通り抜けることができる（レントゲン像）。また、複数の角度から撮影した透過像をコンピュータ上で処理すると、3次元的なデータを作成することができる（CT像）。

一方、3次元造形機は、3次元プリンタ、RP（Rapid Prototyping）とも呼ばれる、3次元形状モ

デルを作成する装置である。コンピュータ上のバーチャルモデルを元に、実際に手に取れる実物モデルを制作するものであり、形状確認や機能検証などに非常に効果的なツールとして、近年注目されている²⁾。通常のプラスチック製品の製造と異なり金型が不要であるので、高速・低コストで造形でき、また金型形状の制約がないため造形形状の自由度が非常に高いという利点がある。

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。

【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）、Simpleware（Simpleware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。X線CTは医療用のものより高出力・高解像度であるので、より詳細なデータを得ることが可能である¹⁾。

3. 試料について

今回の検証のために用いた測定対象は、図1に示す絶滅哺乳類（肉歯目ヒエノドン科ヒエノドン属 *Hyaenodon* sp.）の化石試料である。右下顎の一部であり、第四乳臼歯と第一臼歯が保存されている。モンゴルの新生代古第三紀始新世（約3,500万年前）の地層から発掘されたものである。復元想像図を図2に示す。哺乳類の顎の化石は、系統関係や機能形態

*名古屋市工業研究所・**名古屋市科学館学芸課・

モンゴル古生物学センター・*林原自然科学博物館

を研究する上で有用であり、古生物学の分野では重要な標本である。

4. X線CTでの撮影と展示用データの作成

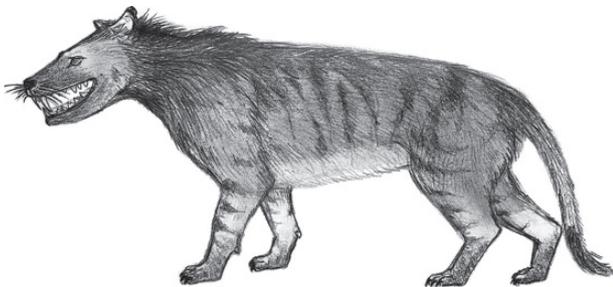
X線CTを用いることで、試料の内部構造を含めた3次元データの作成が可能である。今回の測定の結果、得られたもの・分かったことを以下に示す。

(1) 任意断面像の作成

図3に、哺乳類の顎の化石をX線CT撮影した結果を示す。3次元データとしてコンピュータ上で扱っているため、任意方向の断面像を作成することができる。



図1 測定試料（哺乳類の下顎の化石）
標本仮番号：HMNS(MPC)2004-0074



©林原自然科学博物館

図2 ヒエノドンの復元想像図（全身）

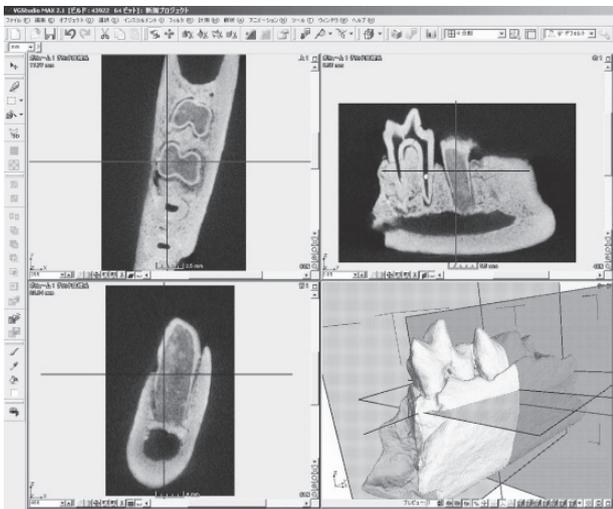


図3 X線CT撮影結果（任意断面表示）

できる。これは試料の構造の理解に大変有用である。貴重な試料を切断する必要がないことも大きな利点である。

(2) 試料材質の推定

X線は試料の構成物質および密度によって試料中で吸収される割合が変化するため、それらの差がX線像の濃淡となって現れる。図4では、歯の部分・象牙質の部分・空洞の部分濃淡から区別することができている。このように、試料の形状だけでなく材質などまである程度の推定が可能である。濃淡によって色分けすることなどにより、材質の違いをより分かりやすく表現することもできる。

(3) 形状モデルの作成

測定結果から図5のように3次元形状データ（コンピュータ上のバーチャルモデル）を作成できるため、任意の角度からの観察が可能となる。見る人が

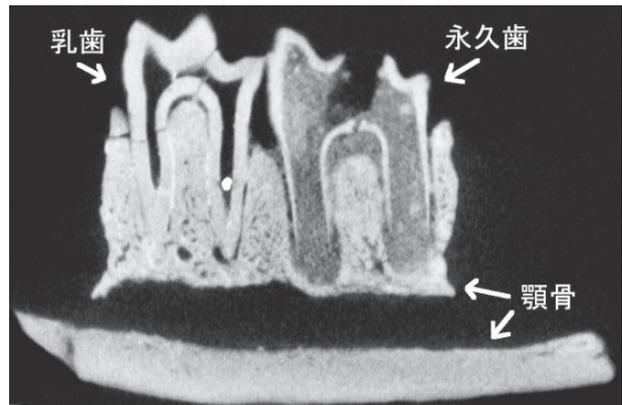


図4 X線CT撮影結果

左：乳歯（内部は空洞）右：永久歯（内部は象牙質）象牙質が中間的な灰色となっている。
顎骨は空洞があるため上下に分かれて見える。

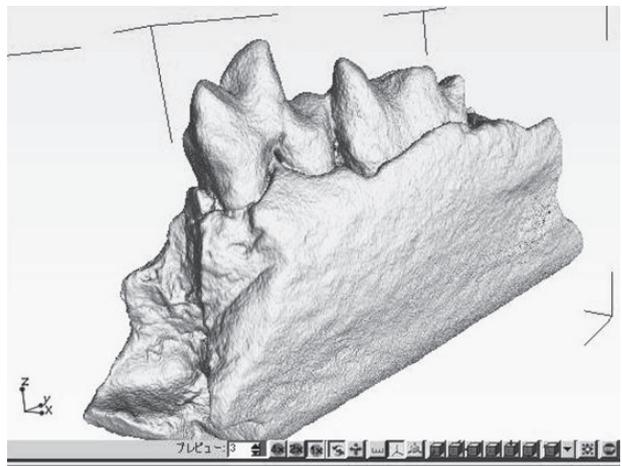


図5 X線CT結果から得られた3次元形状モデル

自分で画像を操作してモデルを回せるようにしたり、自動で回転する動画などを作成して示すことで、試料形状の理解に役立てることができる。

(4) 形状モデルの部分抽出

3次元形状データの作成において、図6のように歯と顎といった部分ごとに分けてデータ作成をする

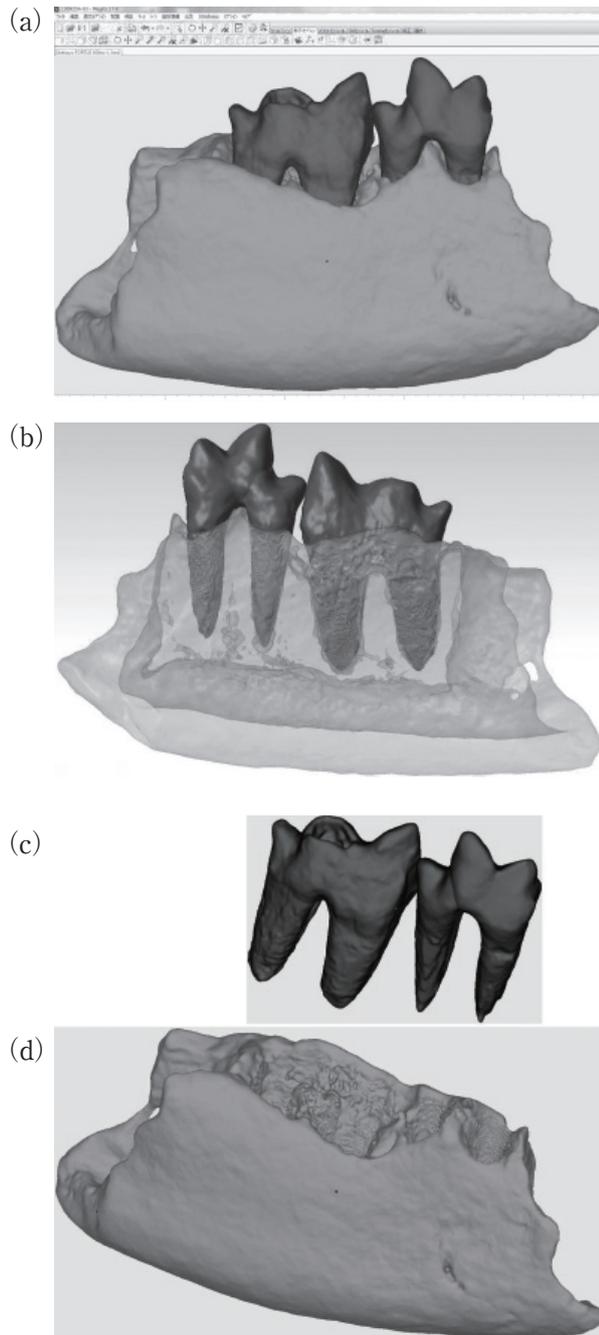


図6 X線CTから得られた形状モデル
(歯と顎とを別々にモデル化)

(a) 組み合わせ状態を多色で表現 (b) 顎を半透明表示 (c) (d) 歯と顎とを個別に表示

ことができる。それぞれに異なった色を付ければ (a) (b) のように組み合わせられた状態がよく理解でき、また (c) (d) のように部分のみを表示させることができるので、本来であればどちらかを破壊しなければ取り出すことのできない内部の構造もそのままの形状で表現することができる。

他にも、地層中に埋まった化石に対し、化石と堆積物とのX線透過率の違いを利用して、堆積物部分を除去して表現することなどもできた。地層中での位置関係など、本来なら観察しにくい地層中における産状などもそのまま表すことが可能であるので、化石の形成プロセスについて有用な知見が得られると言える。

今回測定した哺乳類の化石においては、乳歯と永久歯が混在する若い個体であることが、断面構造などから明らかとなった。このように、X線CTを用いた3次元測定の

- ・試料内部の情報を得られる
- ・試料の3次元的な形状・位置関係を再現できる
- ・元試料を破壊せず任意の断面・部分抽出が可能

といった利点を、化石の研究に役立てることができることを実証できた。またこれらは試料やその研究結果の効果的な見せ方においても大変有用であるといえる。

5. 3次元造形とそのためのデータ作成

3次元造形機で造形するための、コンピュータ上の形状データは、通常はCAD (Computer Aided Design) 上で描かれた3次元図面を使用する。しかし、X線CTの撮影データから得られる3次元形状データを使用すれば、CAD図面のない、または複雑曲面のためCAD図面に描けない形状のものも造形をすることが可能となるため、応用範囲が非常に広がる。X線CT以外の、3次元デジタルサイザなどの計測機器を使用して得た形状データも、同様に造形に利用することができる。

そこで、前節で作成した哺乳類の歯の化石から得られた形状データを用いて、手に取れる実物モデルの造形を実施した。結果とその際に工夫した点について以下に示す。

(1) 造形した実物モデル

図7に造形物の様子を示す。歯と顎との組み合わせ状態を理解しやすくするため、それぞれを別々の

モデルとして造形し、着脱が可能な状態とした。また、組み合わせの詳しい状態や、歯の内部構造を観察できるようにするため、中央で2分割したモデルを作成した。実物化石ではこうした展示方法は難しいと思われるので、造形物を用いる利点といえる。

(2) 造形用データの加工修正

造形においては、形状観察が容易となるよう、実寸の2倍のサイズでモデルを作成した。

また、前節で述べた象牙質の部分は、空洞にするのではなく、歯の部分と一体化させた上で造形した。

更に図8で見られるように、X線CT撮影時には歯の形状が一部不鮮明な部分があったが、形状データ作成の際に補ってなめらかな形とした。一方で歯の頭頂部に開いている穴はそのままの形状で造形し、形状を観察できるようにした。

これらのように、必要に応じて形状修正が可能なことも、コンピュータ上のデジタルデータを活用す

る利点の一つと言える。

今回、X線CTや3次元造形機、また様々なソフトを連携して用いることで、優れたデータや造形物が得られた。装置単独での使用にとどめるのではなく、それぞれの機能を活かした複合的な展開が重要であり、それによって様々な見せ方の可能性が広がることが示された。

6. 造形物の展示方法

3次元造形機には様々なタイプがあるが、今回用いた装置は、硬く耐久性の高いプラスチック（ABSなど）での造形が可能である。この特性を活かし、実物化石を用いた従来の手法では不可能な、次のような展示方法が可能となる。

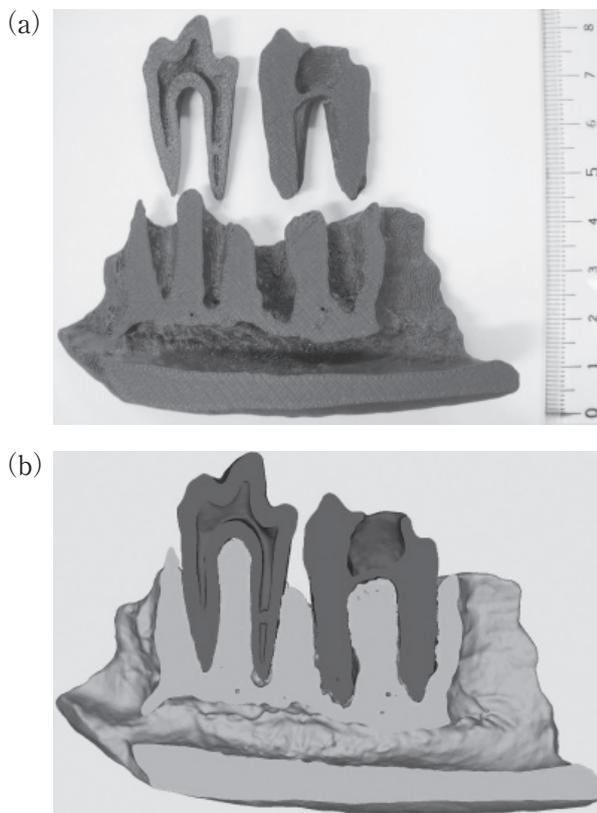


図7 3次元造形機による造形モデル
内部構造の理解のため、分割モデルを作成した。
(a) 造形物（写真）：歯と顎とを個別に作成し位置関係を理解できるようにした。
(b) 造形に使用した元形状データ

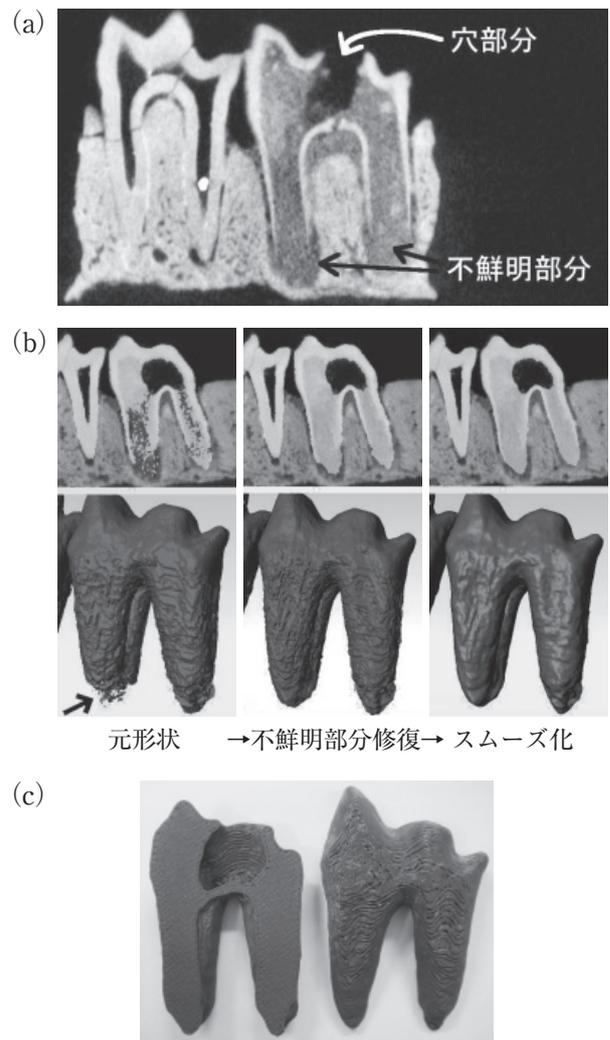


図8 データ修正と造形の流れ
(a) X線像：穴・不鮮明部分が見られた
(b) 形状修正の様子：造形のために不鮮明部を修復
(c) 造形結果（写真）

(1) ハンズオン展示

通常の化石展示は手に触れて見るができない。しかし、造形モデルであれば実際に手に触れ動かして詳細な構造まで観察できる。これは体験者の理解や記憶を助ける有効な手段であると考えられる。

同じ形状データから複製が容易に作成できるので、破損の際の交換も可能であるし、多人数向けに複数の同型モデルを用意することも可能である。

(2) 拡大・分割モデル

前節で述べたように、デジタルデータを元に造形するため、拡大や分割したモデルの作成が容易に行える。着目させたい部分を効果的に見せることができるので、通常の化石展示より有利であると言える。

(3) 視覚障害者向け展示

手に触れられる実物モデルであれば、視覚に頼らずとも形状の理解が可能であるので、視覚障害者も楽しめる展示として活用の意義があると考えられる。前項のように拡大モデルを作成すれば微小試料の形状表現も可能である。

以上のように、3次元造形機の特長を活かした新しい展示により、例えば現代の生物との連想比較など、化石をより身近に感じられ理解の進むことなどが期待できる。

7. まとめと今後の展開

化石の効果的な展示方法として、3次元データの

活用可能性について検討した。X線CT装置から得た哺乳類化石の3次元測定データから、試料の内部構造や材質の推定ができ、更に立体像や断面像などの表現により試料構造を視覚的に分かりやすく示すことができた。また得られた3次元データを修正加工し、3次元造形機によって実物モデルの作成を実施した。パーツ毎の分離などの工夫を施し、実際に触って形を確かめることができるモデルとしたことにより、直感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ると考えられる。

なお、今回撮影した化石のX線CT像や造形モデルは、名古屋市科学館での特別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。

8. 謝辞

X線CT像および3次元造形物の展示活用を検討するにあたって、読売新聞大阪本社企画事業部にご協力頂いている。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- (1) 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
- (2) 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