

- トップコラム／福井県立大学 恐竜学部 教授 河部 壮一郎
- 博物館事業におけるX線の利用／[第3回]文化財のCT活用事例
- 〈特集〉受動形線量計ルミネスバッジの空港手荷物検査対策／[シリーズ1]日本保健物理学会・受動形個人線量計の空港保安検査対策ガイドラインより
- お願い／ルミネスバッジが届かない!?
- 製品紹介／V-tect (X線遮蔽メガネ)

ト
ッ
プ
コ
ラ
ム
295



河部 壮一郎

見えない恐竜の脳を読む

「恐竜の脳を調べています」と話すと、しばしば「脳の化石が見つかるのですか」と聞かれる。実際には、恐竜や絶滅動物の脳そのものが化石として残ることはほとんどない。恐竜の死後、骨は残ったとしても、脳のような軟組織は真っ先に腐敗し、失われてしまうからである。では、恐竜の脳について、私たちはどのように研究しているのだろうか。恐竜を含む脊椎動物の頭骨の内部には、かつて脳が収まっていた空間がある。その形を調べることで、脳のおおよその大きさや形、さらには感覚の特徴まで推定することができるのだ。

この脳が入っていた空間の情報を読み解くことは、恐竜の生態や行動を知る重要な手がかりになる。たとえば、嗅覚に関わる脳の部分が大きければ、においの情報を重視した生態であった可能性が考えられる。つまり、骨の外形だけでは分からない「生き物としての恐竜」の姿が、頭骨の内部から見えてくるのである。

しかし一昔前までは、その内部構造を調べることは容易ではなかった。頭骨の中を直接見るには、実際に標本を切断するしかない場合が多かったからである。貴重な化石を壊してしまう手法は、当然ながら心理的なハードルも高い。まして、世界に一つしかないような標本であればなおさらである。研究を進めたい気持ちと、標本をできるだけ傷つけないという思いの間で、調査のための手法を選ばなければならなかった。

この状況を大きく変えたのが、X線CTをはじめとする放射線技術である。CTを用いれば、化石を傷つけることなく内部を三次元的に観察できる。頭骨の内部に残された、

脳が収まっていた空間や内耳の形、神経や血管が通った細い管まで捉えられることがあり、頭骨内部の情報を詳細に再現することが可能になった。これによって、恐竜の脳や感覚器官に関する研究は大きく前進した。標本を破壊することなく、また比較的容易に、必要な情報をデジタルデータとして取り出せるようになった意義はとて大きい。

私自身、このような研究に携わっていて最も心を動かされるのは、外からは見ることでできない複雑な立体構造が、CTによって少しずつ目の前に広がっていく瞬間である。CT画像を一枚一枚追いながら、脳が収まっていた空間や内耳の形を抽出していくと、数千万年、あるいは一億年以上前に生きていた動物の「中身」が、現代の技術によって静かに姿を現す。これは何度経験しても胸が高鳴る。普通には目に見えない情報が、画像として積み重なり、やがて立体として理解できるようになる過程に、化石研究の違った面白さを感じる。

放射線やX線CTというと、多くの方はまず医療を思い浮かべるかもしれない。もちろんそれは、私たちの暮らしに最も身近な放射線利用である。一方で、恐竜研究のような分野でも、放射線は見えないものを見るための重要な技術として活躍している。医療画像が人体の内部情報をもたらすように、化石のCT画像は太古の生物の情報をもたらしてくれる。対象は異なっても、画像から内部構造を読み取り、その意味を考えるという点では、共通するところが多いように思う。

放射線技術の発達によって、恐竜研究は骨格の外形を比べるだけでなく、骨の内部構造を手がかりに、その生き方にまで迫れる学問へと広がってきた。特に、脳のように直接化石として手に取ることでできない組織についても、多くの情報が得られるようになってきている。恐竜の脳の痕跡を、化石を壊さずに精密に読み解く力を私たちに与えてくれたのが、放射線技術なのである。

私にとって放射線は、単なる観察手段ではない。悠久の時間の中に閉じ込められた情報を呼び起こし、太古の生き物の暮らしに迫るための、大切な光なのである。

.....

かわべ そういちろう
福井県立大学 恐竜学部 教授

プロフィール ● 東京大学大学院理学系研究科博士課程修了。博士(理学)。岐阜県博物館学芸員、福井県立恐竜博物館研究員、福井県立大学准教授を経て、2025年より現職。専門は脊椎動物の比較形態学。X線CTスキャンや3Dモデリング技術を活用し、鳥類を含む恐竜や哺乳類の骨内部構造や脳、感覚器官の解析を行い、絶滅動物の生態について新たな理解を深めてきている。また、VR技術をはじめとする教育プラットフォームの開発にも注力している。

博物館事業におけるX線の利用

(第3回) 文化財のCT活用事例

東京国立博物館 学芸研究部保存科学課予測保存研究室 専門職 宮田 将寛



前回の最後に木彫像は内部をくりぬき空洞にすることがあることを示しましたが、仏像の空洞の中に様々なものを納入されている事例がいくつかあります。これは破損して内部が露出した場合や、解体を伴う修復作業が行われないうり判明することはありませんが、CT撮影により内部の確認ができるようになりました。

仏像の中にさらに仏像が入っていたり、仏舍利(仏の遺骨)など。実際は模したものが利用される場合が多い)やその舍利容器、五輪塔、巻物や経本、経典とみられるものなど仏教的理由のものや、豊作祈願なのか米などの穀物や種実類などが納入されている事例もあります。CTでは厚みのない墨書きは確認することができないため、解体されるまで書の内容はわかりません。しかし岩絵具などの顔料を用いて書かれた、字に厚みがあるものや彫られた文字は確認できるため、解体しなくても内容が読み取れる場合もあります。ある事例では金属板に文字が彫られており、その内容から修復作業を行った際に入られたことがわかった事例や、厨子(仏像や経典などを収めておく両開きの箱)の中の絵画の紙裏に別の図が描かれていたことが発見されたこともあります。こうした内容物の発見や修復履歴も含めた作品構造の理解は、言い伝えの裏付けとなる場合やその逆となることもあり、CT装置が学術研究の発展に大きく寄与することもあります。

CTでは、立体的なデータを取得しています。前回お伝えした通り、その3Dデータを利用した3D出力品も活用されています。一般的な3Dスキャナでは、表面の形状しか3Dデータを取得することはできませんが、内部情報も取得しているため本来解体しなければ見ることができない文化財内部の様子や像内納入物を3D出力することができます。画面上では感じにくいサイズ感は、手に取ることでより作品を理解しやすくすることも可能で、例えば埴輪や土器などの土製品では、粘土の接合の様子や、成形のために押した指の痕跡などを確認でき、実際の制作手順などを想像することができます。(画像1)

こちらの画像(画像2)は仏像の頭部内に舍利や光背、

脇侍(おそらく舍利を本尊とした)が確認された事例とその3D出力品です(画像右側)。光背とそこに表現された1cmほどの化仏、3cmほどの2体の脇侍などが立体物として確認することができます。

3D出力物は修理作業に利用することもあり、木製文化財の欠損箇所を本来の材と同じように木で補填した修理事例では、複雑な形状に折れた部材をそのまま残して復元する際、本来であれば部材の嵌合調整で現物と突き合わせて作業するところ、欠損部周辺の残された箇所を3D出力し、それをガイドに欠損パーツを作成することで現物

への負荷を最小限にすることができました。ただ、こうした復元は時間と労力がかかる修復作業であるため、3Dデータ上で欠損部分自体の形状を作成し出力したもの(もしくはそれを別の素材に置き換えたもの)を利用して補填する場合があります。

ここまで3回にわたって文化財の損傷とX線CTを利用した内部調査、活用事例についてお話ししましたが、文化財に関わるX線の利用は、その他にも蛍光X線分析(XRF)による元素分析やX線回折(XRD)による結晶構造分析などもあります。今回の機会ではご紹介することができませんでしたが、これらの調査機器を用いて文化財の材質を調べ、劣化の理由や損傷の予防対策、修理材料の選定などに活用しています。

東京国立博物館では、本館1F「保存と修理」の展示室にて、全3回の中でご紹介した内容や画像2の出力品など、予防保存、調査分析、修理などの文化財保存の取り組みをご紹介してい

ます。また、文化財活用センターでは、教育利用を目的として、デジタルコンテンツやCT及び3Dスキャナ等も活用し作成した模造品等の貸し出しを行っています。こちらの情報は文化財活用センターのHP

[https://cpcp.nich.go.jp/modules/r_db/index.php?controller=list&t=db_hukusei]にあります。

画像1の遮光器土偶彩色モデル等の画像もございますので、東京国立博物館の展示と合わせてご覧いただくと幸いです。



画像1 遮光器土偶、巻貝形土製品3D出力(分割)



画像2 如意輪観音菩薩坐像頭部断面(左)、頭部納入品3D出力(右)

特集

受動形線量計ルミネスバッジの空港手荷物検査対策 (シリーズ1)

日本保健物理学会 受動形個人線量計の空港保安検査対策ガイドラインより

国内外の移動が厳しく制限された未曾有のコロナ禍を経て、人の往来が戻ってきた2023年より、ルミネスバッジを空港で手荷物用のX線検査装置に通してしまい予期しない線量が報告されたとの問い合わせを数多く受けるようになりました。それまでも出張等でルミネスバッジを事業所から持ち出し航空機に搭乗するケースはありましたが、チェックインカウンターでの預け入れ荷物にルミネスバッジを入れずに客室へ手荷物として持ち込めば、複数回のX線による手荷物検査を受けても有意な線量が検出されることは、ほとんどありませんでした。弊社でも事前にお問合せを頂いた際は、客室持ち込みの手荷物として保安検査を通るようご案内をしておりました。2007年に個人線量測定機関協議会が共同で実施した試験では、手荷物用のX線検査装置を通したときの線量はわずか $2\mu\text{Sv}$ (0.002 mSv) 程度で、多くの受動形線量計の最小検出限界0.05 mSv^{※1}に遠く及びませんでした。

ではなぜここ数年で線量が検出されるケースが増えたのでしょうか？最近では、CT型X線検査装置が普及し始めており、これは従来型のX線検査装置よりも高解像度であることや、新型コロナウイルス (COVID-19) の流行に伴い荷物への直接の接触を最小限に止める、といったメリットがあります。¹⁾ノートPCも手荷物から取り出す必要はありません。このように、セキュリティの強化や荷物への接触機会の削減を目的として国内の主要空港にもCT型X線検査装置が導入され、CT型を通したルミネスバッジに有意な線量が検出されることになりました。



Analogic社のConneCT (同社のホームページより²⁾)

弊社では空港でX線検査装置にルミネスバッジを通してしまい予期しない線量が報告された際、法令^{※2}では、外部被ばく線量を放射線測定器で測定することが著しく困難である場合、計算によって求めること

になっておりますので、お客様で被ばく線量を算出してもらった上で、訂正依頼書により報告値を訂正するようご案内しております。しかし、計算による方法は被ばく線量の推定に過ぎず、結果も不確かなことから本来選択すべき手段ではありません。また弊社では、お問合せを頂くことなく、手荷物検査による線量を個人の被ばく線量としてそのまま管理しているケースも数多くあると考えております。このことは、被ばく統計データにおいて、被ばくの実態を正しく表すことができないことやISO/IEC 17025に基づく放射線個人線量測定分野の認定に基づいて提供される放射線個人線量測定サービスの信頼性が損なわれることにもつながりかねません。¹⁾

この問題は弊社のみならず、個人被ばく線量測定サービスを提供している各社共通の問題であり、測定の信頼性確保の観点からも看過できない問題として、一般社団法人日本保健物理学会放射線防護標準化委員会で空港保安検査対策ガイドライン³⁾を策定するに至りました。本ガイドラインの策定に先立ち、同学会内に受動形個人線量計の空港保安検査時の線量調査に関する検討委員会専門研究会が組織され、ガイドラインの技術的根拠となる実態調査を行い、活動報告書²⁾にまとめました。

次号8月号では、この専門研究会活動報告書についてご紹介し、9月号で空港保安検査対策ガイドラインについて詳述する予定です。読者の皆様におかれましては、本特集を通して、航空機手荷物検査に伴う有意線量の現状と対策を理解し、線量計による信頼性のある被ばく管理を達成できるよう願う所存です。(長瀬ランダウア株式会社線量計測センター 関口 寛)

※1. 報告値の最小検出値は0.1 mSvだが、通常0.01 mSv単位を四捨五入するので、0.05 mSvが最小検出限界となる。

※2. 放射性同位元素等の規制に関する法律施行規則第20条第2項第1号ホ 電離放射線障害防止規則第8条第3項

参考文献

- 1) 一般社団法人日本保健物理学会, 受動形個人線量計の空港保安検査時の線量調査に関する検討委員会専門研究会 活動報告書, 日本保健物理学会専門研究会報告書シリーズ, Vol.15, No.1 (2025)
- 2) Analogic 社ホームページ
<https://www.analogic.com/imaging-and-detection/checkpoint/>
- 3) 一般社団法人日本保健物理学会, 受動形個人線量計の空港保安検査対策ガイドライン (2026)
<https://www.jhps.or.jp/cgi-bin/news/page.cgi?id=410>

お願い

ルミネスバッジが届かない!?

(お問い合わせ：お客様サポートセンター)
Tel.029-839-3322 Fax.029-836-8440

弊社ではお客様の着用周期に合わせて、ルミネスバッジを継続的にお届けしておりますが、お客様より「ルミネスバッジが届かない」とご連絡をいただくことがございます。その際速やかにバッジの再発行をいたしますが、「別の部署に届いていた」など、見つかることもあるようです。

ルミネスバッジがお手元に届かない場合、大変お手数ですが、再度事業所内のご確認をお願いいたします。

なお、未着の主な原因といたしまして、送付先変更の連絡がされていない場合がございます。ご担当者や送付先住所の変更が生じた場合は、必ずご連絡くださいますようお願い申し上げます。

製品紹介

V-tect

鉛フリーレンズ使用
X線遮蔽メガネ



★鼻パッド
柔らかく、フィット性に優れている



★ヘッドバンド
ハードな動きにも対応



★ズレ防止ゴム
下を向いてもズレ落ちない



★側面遮蔽
側面にビスマスシートを配置し、側方散乱線を遮蔽
※側面の遮蔽シートは取り付けず納品いたします

V-tectの特長

- ・安心素材の鉛フリーレンズを採用
- ・側面まで覆う形状で側方からの散乱線を効果的に遮蔽
- ・オーバークラスタイプで、メガネの上から装着可能
- ・付属品により快適な装着をサポート

★鉛フリーレンズ

・鉛当量 : 0.49 mmPb
・X線遮蔽率: 150 kVの場合93%
(照射条件)
JIST61331-3: 重装防護メガネ測定
遮蔽率の測定 : ナロービーム条件

※弊社ビジョンバッジ(フックサイズ M・L)も着用可能です。

◆価格: 50,000円 (税込価格: 55,000円)

V-tectのお問い合わせ Tel:029-839-3322



編集後記

本号ではトップコラムを始めとして、放射線技術は研究の進歩を支えるだけでなく文化財を守る点でも重要な役割を担っているのだと気づかされました。また、恐竜研究は最新技術によって「生きていた恐竜の姿」にまで迫ろうとする、非常に奥深い分野であると感じました。頭骨の内部構造から脳の大きさや感覚の特

徴を推定するという手法は、私が持っていた恐竜研究のイメージとは大きく異なり、大変興味深かったです。見えないうものを見ようとする人間の探究心と、それを支える技術力の大きさを強く感じました。これからも様々な研究分野で、放射線技術が活用されることを期待しながら、これまで知らなかった歴史や生命の変遷が明らかになることを楽しみにしたいと思います。(R.K.)

長瀬ランダウア(株)ホームページ・Eメール

<https://www.nagase-landauer.co.jp>
E-mail: mail@nagase-landauer.co.jp

■弊社へのお問い合わせ、ご連絡は
本社 Tel.029-839-3322 Fax.029-836-8440
大阪 Tel.06-6535-2675 Fax.06-6541-0931

NLだより No.583
2026年(7月号)

毎月1日発行 発行部数: 28,000部

発行 長瀬ランダウア株式会社
〒300-2686
茨城県つくば市諏訪C22街区1
発行人 内田 龍一

NLだよりの転載、複製、改変等は禁止します