

ミイラのCT・MRI画像の3D解析による立体空間的死後画像診断: virtual realityとaugmented realityによる3D virtual autopsy imaging

1) 帝京大学沖永総合研究所 Innovation Lab

2) Holoeyes株式会社

杉本真樹^{1,2)}、末吉巧弥^{1,2)}

ミイラの死後画像診断は、X線、CT、MRI等により非破壊的な解剖学的診断を可能にし、侵襲的な組織採取を補完または代替する可能性がある。現在は3D解析や仮想現実、拡張現実による立体空間的解析も活用され、科学研究から博物館展示などに応用されている。その活用事例と将来展望を文献的考察を加え報告した。

Postmortem imaging of mummies enables nondestructive anatomical diagnosis by X-ray, CT, MRI, etc., and has the potential to complement or replace invasive tissue collection. Currently, 3D analysis, virtual reality, and augmented reality are also utilized for 3D spatial analysis, and are applied to scientific research and museum exhibitions. This paper reports the examples of their applications and future prospects, together with reviews of the literatures.

はじめに

ミイラは、人工的あるいは自然条件により乾燥した、長期間原型を留めている死体のことである。人工的なミイラの作成は、古代より永遠の生命や死者の復活、死体の後世への保存などの目的で行われてきた。19世紀まではミイラの発見数が限定的かつ存在の特殊性により、学術的な研究があまり行われなかったが、20世

紀になり、X線検査やCT・MRIが開発され、世界各地でミイラの学術調査が行なわれつつある。

本稿はミイラのCT・MRI画像の3D解析による死後画像診断と、仮想現実、拡張現実による立体空間的3D virtual autopsy imagingについて、活用事例と将来展望を文献的考察を加え報告する。

ミイラ研究の歴史

ミイラの歴史は古く、古代エジプトでは死者が来世で生存するために保存が不可欠と考えられていた。当初、ミイラ化は砂漠の砂の中の希釈と自然脱水によるものであったが、年代測定で現在から4600年前(BP4600)頃から、保存性を確保するために、遺体を人為的に整えるようになった。この慣習は1600年前頃(BP1600)まで続いたが、ローマ帝国の公式宗教としてキリスト教が採用された後、皇帝テオドシウスによって伝統的なミイラ作りは禁止となった¹⁾。

ミイラ化した遺体の研究は、ミイラ自体と共に、ミイラを覆う包装材や、保存のために施された埋葬用の付属品、装飾品など、貴重性と文化財的な意味でも、研究のために損傷できないことが多く、X線撮影やコンピュータ断層撮影(CT)などの非侵襲的技術が導入され、防腐処理、古病理学、骨格、頭蓋などの様々な特異性が明らかになった。エジプトのミイラの最古の放射線学的研究は、X線が発見されてまもなく1896年に行われ、1980年代からCT撮影による3次元画像も作成されるようになった。

ミイラにおける 死後体組織変化

これまでミイラの剖検所見の研究より、ミイラ化の過程における体組織の変化として、乾燥や化学処理による皮膚などの組織の変色、脱水による軟組織の崩壊、蒸発による皮膚の収縮などの変化が発見されている。また遺体が乾燥し、組織から水分が失われる過程で生じた乾燥の影響として、内臓の収縮、皮膚やその他の組織の黒ずみなどの所見も見られることがある。河川や浸水などの湿った状態で嫌気性細菌が存在する状況では、脂肪が加水分解されアディポセア(死体の蠟、または墓の蠟)と呼ばれるワックス状または石鹼状の物質が生成される。また骨髓がミルラと呼ばれるワックス状の物質に置き換わるなど、ミイラ化の過程で生じる骨の変化も確認されてきた。

古代エジプトのミイラの剖検画像において見られる代表的な体組織変化は、体脂肪や筋肉が脱水変化をおこし、皮下脂肪が減少して体が萎縮し硬化することがある。また皮膚や骨の密度の上昇や、体内の炭化物質の増加(石灰化)が生じる。さらに皮膚や髪の色が黒くなり、目がくぼむこともある²⁾。

ミイラに対する CT検査

CT検査はミイラの調査において、非破壊的で有用な方法といわれている³⁾。

1970年代初頭にCTが導入され、1976年にトロントで古代エジプトのミイラの

最初のCT検査が行われた⁴⁻⁶⁾。彼らはトロントのロイヤル・オンタリオ博物館所蔵の第21王朝時代の青年男性のミイラ、ナクトの乾燥した脳を調査し、その後、同じ博物館所蔵の第22王朝時代の女性ミイラ、ジェドマーテサンクの全身を初めてスキャンした⁷⁾。

CT検査により、繊細な遺物を損傷することなく内部解剖の詳細な画像を得ることができる。さらにミイラの作成方法や保存方法、装飾品などの文化的な背景の検証にも役立つ。死因の特定につながる鈍器損傷や、鋭利な力による損傷などの外傷の痕跡、死後に遺体へ化学物質を注入して保存するエンバーミングの痕跡を検証できることもある。CTスキャンはミイラ化の過程そのものの研究にも使われている。体腔内の樹脂の分布を調べることで、古代の防腐処理技術に関する知見を得ることができる。さらにCTは葬儀の包装やミイラの棺の中に置かれた遺物や物品を特定することもできる。しかしミイラのCT所見と診断方法にまだ定説はなく、ミイラの作成方法や保状状態、発見場所の気候、発掘や盗掘の影響、発見までの期間などによって一定ではない。

古代エジプトの ミイラにおけるCT検査

Cramer LらによるPubMedデータベース

ス(1973~2013)の系統的レビュー⁸⁾によると、古代エジプトからグレコローマン時代(ad700まで)のミイラのCT解析に関する47論文、189体のミイラについて、ほとんどの臓器がミイラ化の過程で除去されており、脳は鼻から摘出されることが多く、そのため鼻中隔と篩骨板に損傷があることがある。死因を検証できることは少ないが、CTスキャンが手がかかりとなる可能性があるとしている。CT所見として、鼻骨の破壊と内臓除去のための左側腹部切開が多く見られ、歯と顎の疾病、骨格の慢性退行性変化、動脈硬化が一部で認め、外傷性骨折やその他の疾病はあまり確認しないとされている。死因はCTで検出できることは少ないが、咽頭の切開・矢状突起・骨折はCTで確認できるとし、CT結果に関する不十分な記録は所見の解釈を限定的にするとした。また古代エジプトのミイラでは、歯や顎が保存されていることが多いが、歯の疾病が古代エジプトでは頻繁に見られ、個人的な状況や食生活を示すことがある。エジプトのミイラではよく知られているが、人為的な変化によりCT所見を誤認してしまうことがある、としている。また古代エジプト人の食事、特にパンは砂を多く含むと報告されており、そのシリカが歯牙摩耗の主な原因であると考えられている⁹⁾。

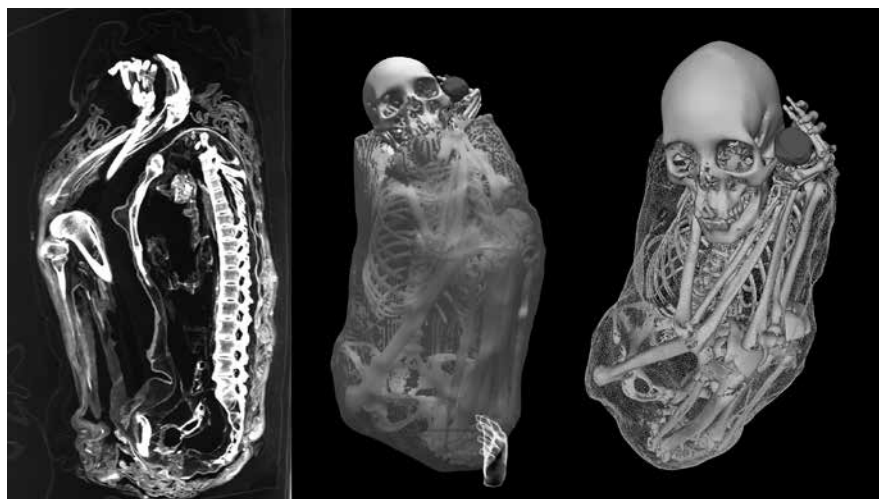


図1 チャチャボヤのミイラとミイラ包みを半透明表示したCTの3D再構築

→巻頭カラー参照