



# フォトグラメトリによるラットの VR 解剖教材の開発

大崎章弘<sup>1)</sup>, 吉村和也<sup>1)</sup>, 山岡鉄也<sup>2)</sup>, 畠中靖浩<sup>3)</sup>, 千葉和義<sup>1)</sup>

- 1) お茶の水女子大学 (〒112-8610 東京都文京区大塚 2-1-1, oosaki.akihiro@ocha.ac.jp)  
 2) 富士通デザイン株式会社 (〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中 4-1-1)  
 3) 富士通株式会社 (〒105-7123 東京都港区東新橋 1-5-2 汐留シティセンター)

**概要:** 初等中等教育の理科において、「動物の体のつくりと働き」の深い理解のために解剖実験が奨励されている。しかし近年、動物愛護や動物実験指針の観点から、小中学校での哺乳類の解剖実験は困難となっている。そこで本研究では、解剖実験を行うことで初めて感じられ、理解できる観察・実験を表現する VR 教材の開発を目指し、実際にラットの解剖実験を行って 3D モデルを生成し、VR ディスプレイ「zSpace」を活用した中学校用の教材開発を行った。

**キーワード:** 理科, 解剖実験, フォトグラメトリ, zSpace

## 1. はじめに

初等中等教育の理科において、児童・生徒に「動物の体のつくりと働き」を深く理解させるために、解剖実験が奨励されている。しかし近年では、動物愛護や動物実験指針の観点から、小中学校での哺乳類の解剖実験は困難となっており、主に無脊椎動物が解剖実験に用いられている。ヒトを含む哺乳類の理解のためには、現状では解剖実験が困難なために、授業では主に模式図を用いた解剖モデル図が用いられているが、教材としては改善の余地がある。一方、3DCG による解剖コンテンツは数多く市販されているが、その多くは体内をモデル化したものであり、実際の解剖実験により得られる観察体験とは大きく異なる。初学者が実物の脊椎動物の解剖を行うと、幾重もの膜で覆われた体内に様々な色味や艶の異なる軟らかい臓器が立体的に折り重なっている様子を目の当たりにする。外見とは驚くほど異なる複雑で生々しい体内の様子であり、一見するだけでは各臓器を判別することすら困難である。各臓器形状や配置を分かりやすくした従来の解剖コンテンツとは明らかに異質な体験を得る。そこで本研究では、解剖実験の有する実物の「生々しさ」を表現する VR 教材の開

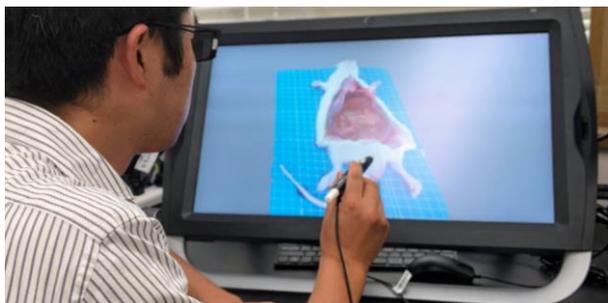


図 1 zSpace による VR 解剖教材

Akihiro OSAKI, Kazuya YOSHIMURA, Tetsuya YAMAOKA, Yasuhiro HATAKENAKA, and Kazuyoshi CHIBA

発を目指し、手始めに中学校用の教材開発を行った。

## 2. 教材の開発手法

本教材では中学 2 年理科の単元「動物の体のつくりと働き」に対応する VR 教材を開発した。解剖する脊椎動物として、哺乳類であり、かつ大型爬虫類ペットの餌用として比較的容易に入手できる冷凍ラットを用いた。図 1 に VR 教材の外観を図 2 に VR 教材の作成手順を示す。

ラットの 3D モデルの生成では、解剖時の実際のラットの形態や質感を表現するため、実物を撮影した写真から立体復元を行うフォトグラメトリに着目した。また復元では、臓器を個別に 3D モデル化した後、組み合わせるのではなく、解剖時のラットの外観全体を直接 3D モデルとして復元することで、実際の解剖の様子をより忠実に表現することを目指した。そのため一連の解剖実験の過程において、教材として必要な複数の場面（ラットの解剖過程外観）を選び、各場面の 3D モデルを生成した。

生成した 3D モデルの表示には VR ディスプレイの

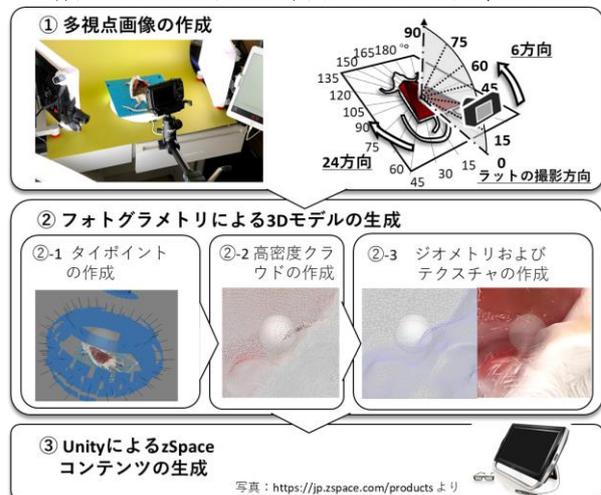


図 2 VR 教材の作成手順

zSpace[1]を活用した。本ディスプレイにより実際の解剖実験と同様に、生徒らは卓上で様々な角度から3Dモデルを観察でき、スタイラスによりモデルとのインタラクションが可能となる。次に3Dモデルの作成手法と、作成する解剖場面について詳述する。

2.1 ラットの3Dモデルの作成

図3に撮影機材の構成と仕様を示す。フォトグラメトリによる3Dモデルの作成には、実物の特徴が含まれた多視点の写真が必要である。しかし、軟組織である内臓は起伏が少なく、表面に模様等の特徴も乏しいため、復元が困難な対象物である。そこで基盤目模様のカラーマットを解剖台と特徴点を兼ねて活用した。また教材には、体毛や門歯などの数mm程度の特徴を視認できなければならない。そこで、各視点の撮影では、フォーカスシフトした複数の高精細写真を1枚に合成する深度合成が可能な、デジタルカメラ(Olympus社, TG-5)を用いた。

多視点からの撮影を効率良く行うため、被写体を固定した解剖台全体を回転させて撮影した。なお開胸時の肋骨や、持ち上げた状態の臓器は、解剖台から針金等で伸ばした先端に、動物実験用の止血クリップを取り付け、組織を壊さない把持力で挟み固定した。撮影方向の仰角は6方向から、ラット周囲は15度ずつ24方向とし(図2①)、肋骨内部の暗所等は他の写真との接続性を考慮して近接撮影を追加した。結果、1場面あたり約150枚の撮影となった。

2.2 3Dモデル化する解剖場面の設定

3Dモデル化する解剖実験の各場面の設定を表1の項目に示す。解剖する前のラットの「体全体の観察」に始まり、「皮膚・腹膜の切開」「胸骨の切開」と、解剖の手順に沿って見るようにした。これは、単なる消化器官だけを見せる教材と大きく異なる点である。さらに中学2年の理科の教科書で学ぶ「ヒトの骨格と消化器官の位置関係」をよく理解できるよう、骨格(肋骨)と心臓、横隔膜及び消化器官の位置関係がわかるよう切開後の場面や、最後に肝臓、大腸を実際の解剖でも行うようピンセットで上方に持ち上げた場面を設定することで、各器官・臓器の形態を詳細に学べるように工夫した。

3. 結果と考察

表1に各場面で作成した3Dモデルを画像で示す。ラットは体長15cm程の個体を2体用いた。解剖は生理学を専門とする研究者により行い、上述の撮影方法に基づき多視点画像を撮影した。各場面の解剖から撮影に要する時間は30-50分程度であった。撮影した写真からの3D復元には商用のソフトのAgisoft PhotoScan[2]を用いた。本モデルを

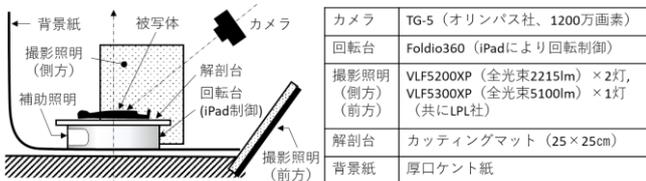


図3 撮影機材の構成と仕様

表1 各解剖場面におけるラットの3Dモデル

解剖時の各場面と3Dモデル	観察可能な体のつくり
① 体全体の観察	門歯  ③-1のモデルから拡大
② 皮膚・腹膜の切開	
②-1 皮膚の切開	複数の膜で包まれている様子を観察
②-2 腹膜の切開	肋骨や肝臓および小腸・大腸の配置を観察
③ 胸骨の切開	
③-1 肋骨の切開	横隔膜の観察  横隔膜 肝臓
③-2 開胸	心臓・肺の観察  心臓 肺
④ 肝臓2枚を持ち上げた様子	肝臓が肝葉に分かれていることを観察  肝葉
⑤ 大腸を持ち上げた様子	大腸が管状の器官であることを観察  大腸 (腸間膜は切除)

Unityを介してzSpaceで再生できるようにした結果、各場面のモデルを立体視しながら、スタイラスでモデルを掴み、様々な視点からより詳細に観察することに成功した。表1の②-1は横隔膜を残して肋骨のみ切開した様子である。模式図では理解しにくい横隔膜の形状が、胸部と腹部を隔てる構造体として立体的に観察できる。③-2開胸後の様子では、心臓の近傍に、空気が抜けて縮んだ状態の肺も認められる等、本教材により教科書に掲載される臓器の位置関係や形態も観察できることを確認した。

4. おわりに

本研究では、理科初等中等教育における脊椎動物の解剖実験を補完する教材として、解剖実験の有する「生々しさ」を表現した教材開発を目指し、手始めにラットを対象としたVR教材を開発した。ラットの3Dモデルには写真から立体復元を行うフォトグラメトリを用いることで、実際の解剖実験で体験する7つの場面に対応する3Dモデルの生成に成功した。さらにzSpaceにより3Dモデルを立体視しながら、モデルを掴んで様々な角度から観察できる教材開発を実現した。なお、本研究では腹側の器官のみの教材を開発した。今後は、背側に存在する器官(胃、脾臓、腎臓等)も見られるようにするなど場面を増やし、本教材を実際の授業で活用し検証を行う予定である。

謝辞 本研究はお茶の水女子大学講義「OchaSolutionProgram」において行った。本研究に協力した受講生に謝意を表する。

参考文献

[1] zSpace . <https://jp.zspace.com/>  
 [2] Agisoft, PhotoScan <http://www.agisoft.com>