

# 理療教育のための3Dプリンタによる

## 立体模型教材の製作とその活用

愛知県立名古屋盲学校 教諭 細川 陽一

### 1 はじめに

盲学校／視覚支援学校の理療科では、鍼灸マッサージを習得するために、人体の構造や機能について学習する。視覚障害生徒が人体の構造を理解するには、生徒同士の体や解剖模型を触察して、その形状や動きを観察する。生徒は中途失明者が多く、触察力が十分とはいえない。そこで、形状の特徴を捉えた模型教材や触って比較可能な模型が充実すれば、学習の手助けとなり得ると考え、3Dプリンタを用いて、理療科用の立体模型を製作することを検討した。

3Dプリンタによる教材製作の利点は、生徒の人数分製作できる、縮小拡大が可能、比較的安価、模型は軽量で耐久力が高い、学校間での3Dデータの共有が容易等の利点がある。逆に欠点としては、全盲教員が独力で3Dデータを作成すること、3Dプリンタを操作することが難しい点が挙げられる。

2018年の盲学校／視覚支援学校を対象とした渡辺らの調査<sup>(1)</sup>の結果では、回答した33校の36%（12校）が3Dプリンタを所有していた。同調査の製作要望の中には、理療科で使用する骨や臓器の模型の要望も多かった。今回、新潟大学渡辺研究室に3Dプリンタ用の模型製作に協力いただき、舌診模型と椎骨模型を製作することができた。

#### (1) 舌診模型

東洋医学の診断法と治療法について理解する専門科目が設定されている。その中で患者を診察する方法の一つとして、「舌診」といわれる舌の状態を観察する学習内容がある。過去5回（第27回～第31回）の鍼灸の国家試験<sup>(2)</sup>では、東洋医学理療臨床論と総合問題が154問出題され、患者の症状が提示されて状況を理解する問題が104問（68%）、その中で症状の把握のために舌診所見が提示される問題が40問（38%）あった。

視覚障害生徒は直接舌を触察することが難しいため、触って具体的にイメージできる立体教材が必要と考えた。今回、舌診模型の印刷、これを用いた練習問題の解答、及び臨床実習での校内患者の病証把握についての実践について報告する。

#### (2) 椎骨模型

椎骨の連結により脊柱が構成され、体幹の支持の中心的な役割を果たしている。頸椎から腰椎までは椎骨の基本型と類似しているが、部位により特徴が異なり、その形状の相違が各部の機能と密接に関連している。椎骨の形状の相違を理解し、部位の名称を把握することが学習の目的となる。立位骨格模型や椎骨の連結模型の観察により、各椎骨を触察可能であるが、1個ずつ分離させ、その特徴を比較観察することが難しい。また分離模型があったとしても、生徒人数分の同じ模型が用意できず、同時の観察も難しい。そこで3Dプリンタにより、形状の把握が重要な椎骨4種類を生徒の人数分印刷し、これらを観察し、特徴の把握を行う授業実践を行ったので、これを報告する。

## 2 方法

### (1) 模型の印刷

印刷は Ultimaker Cura 5.0.0 (Ultimaker) を使用し、Ultimaker S3 (同社) により実行した。本機の造形方式は熱溶解積層方式、最大造形サイズは 230×190×200(mm) である。

#### ア 舌診模型の印刷

模型の設計は 3DCAD ソフトとして、Windows 版 3D Builder ver.18.0.1931.0 (Microsoft、無料) を用いた。3D Builder 内のモデルを用い、基本機能のみを使用してデータを作成した<sup>(3)</sup>。

今回は正常舌、舌苔薄黄舌、舌苔黄膩舌、舌尖紅舌、胖大舌、齒痕舌、白苔瘦薄舌、無苔瘦薄舌、紫舌の計 9 種類を製作した<sup>(4)</sup>。大きさは実際の舌の大きさとし、特徴となる部分が触って分かりやすいように、若干強調させたデザインとした。試作品を作り、理療科の教員に触察してもらい、改良を行った。最後に着色を行った。

材料は 2.85mm NFC TPU Red (Ultimaker) を用いた。TPU フィラメント (熱可塑性ポリウレタン) は完成時に一定の弾力をもたせ、手で曲げることを可能にし、舌に触っていることをイメージしやすいようにするためである。

#### イ 椎骨模型の印刷

3D スキャナ (EinScan Pro 2X) と、これと連携して用いる回転テーブルを導入して、椎骨 23 個の 3D スキャンを実行し、3D データを作成した<sup>(5)</sup>。

材料は 2.85mm NFC Tough PLA White (Ultimaker) を用いた。Tough PLA フィラメントは上部で軽量の模型を製作可能である。第 5 頸椎、第 7 頸椎、第 6 胸椎、第 3 腰椎の 4 種類を生徒の人数分印刷した。

### (2) 授業での活用

#### ア 舌診模型の活用

理療科 3 年生、弱視生徒 1 名 (生徒 A)、全盲生徒 1 名 (生徒 B) を対象に、製作した舌診模型を用いて授業を行った後、国家試験過去問題を参考に舌所見を選択する症例問題に取り組んだ。また臨床実習において校内患者を診察し、病証や脈状から舌所見の予想を行った。

#### イ 椎骨模型の観察

理療科 1 年生、弱視生徒 2 名 (生徒 C、生徒 D)、全盲生徒 1 名 (生徒 E) を対象に、「解剖学 第 10 章 運動器系 1. 脊柱」の授業において、椎骨模型の観察を行った。頸椎、胸椎、腰椎の形状の違いを把握し、第 5 頸椎、第 7 頸椎、第 6 胸椎、第 3 腰椎の模型を上位椎骨から並べて、その結果を生徒 3 名で話し合い、どの順序が正しいかを考える取組を行った。

生徒の特徴を表 1 に示す。

表 1 生徒の特徴

生徒	学年	年齢	視力	特徴
A	理療科 3 年	20 歳代	弱視	交通事故により視力低下、リハビリ施設を経て盲学校に入学。
B	理療科 3 年	20 歳代	全盲	小児期から全盲、大学までは普通校に通学。
C	理療科 1 年	30 歳代	弱視	会社勤め、緑内障で視力低下。拡大読書器使用。

D	理療科1年	20歳代	弱視	中学生のときに緑内障で視力低下。大学、会社勤めを経て盲学校に入学。
E	理療科1年	50歳代	全盲	会社勤め、網膜色素変性症で視力低下。点字練習中、パソコンで資料を聞く。

### 3 結果

#### (1) 模型の印刷

##### ア 舌診模型の印刷結果

正常な舌の模型を製作し、表面の舌苔（ざらざら）を触って判別できるように細かな半球を並べて表現した。①正常舌を基本型として設計し、これを変形させて他の模型を製作した。正常舌は幅 50mm、長さ 70mm、厚さ 7.5mm で印刷した。②舌苔薄黄舌、③舌苔黄膩舌、④舌尖紅舌は大きさが同じであるが、舌苔の量と色の違いで表現した。全盲生徒には色の説明の支援は必要であるが、表面を触って舌苔の量の相違で、どのような舌か判別可能であった。弱視生徒にも判別可能なように、着色のコントラストは若干強いものとなった。⑤胖大舌、⑥齒痕舌、⑦白苔瘦薄舌、⑧無苔瘦薄舌は全体の形状と舌苔の量の差が明確であり、全盲生徒が触っての判別が容易である。⑨紫舌は裏面の静脈怒張の状態を製作して分かりやすいものとなった。図1 (a)～(d)に示す。

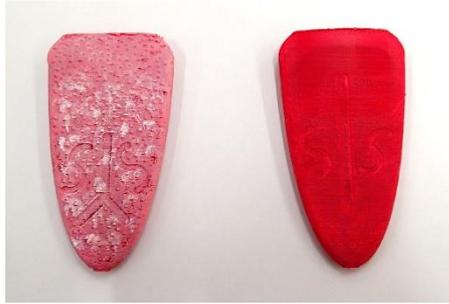
模型1個当たりの平均は製作費 260 円、仕様フィラメント量 2.40m、製作時間4時間 36分であった。



(a) ①正常舌、②舌苔薄黄舌、③舌苔黄膩舌



(b) ④舌尖紅舌、⑤胖大舌、⑥齒痕舌



(c) ⑦白苔瘦薄舌、⑧無苔瘦薄舌



(d) ⑨紫舌（左：表面、右：裏面）

図1 舌診模型

### イ 椎骨模型の印刷結果

4種類の椎骨を印刷した。図2に示す。立位骨格模型や椎骨の連結模型と比較しても、遜色なく細部まで造形できていた。



左から①第5頸椎、②第7頸椎、③第6胸椎、④第3腰椎

図2 椎骨模型

## (2) 舌診模型の授業での活用

### ア 練習問題の取組

理療科の東洋医学理療臨床論の授業において、舌診の復習と製作した模型の特徴の観察を行った。生徒はまず正常舌を触り、基本型との形状の違いを触察した。次に表面の舌苔や色の相違について説明を受け、観察を行った。観察後はそれぞれの模型が判別できるようになった。

その後に過去の国家試験から提示された症例がどの舌所見を呈するかについて、練習問題を行った。例として、第27回国家試験問題124を参考にした問題を示す。この問題に対して、①舌苔黄膩舌、②舌苔薄黄舌、③白苔瘦薄舌、④紫舌を名称を明かさずに提示した。

問題 次の文で示す症例が示す舌診所見はどれか。

「26歳の男性。主訴は膝の痛み。4日前に宴会で食べ過ぎた。その後、背中の張り感やだるさとともに、趣味のバスケットボールでジャンプしたときに膝に痛みを自覚する。脈は滑である。」

生徒 A は眼前で模型を触りながら確認でき、生徒 B は色の説明の支援を受け、触察して症例がどのような舌所見を呈するかを考察した。2 名とも舌苔黄膩舌を選択した。解答理由をそれぞれ発表し、話し合いを行った。生徒 B は「①、②は形状が同じであるが、表面のざらつきが多いため、①を膩苔と考えた。③は細いため瘦舌、④は裏面に線があるため紫舌と判断した。食べ過ぎると膩苔となるため、①を選択した。」生徒 A は「症例は膝の痛み、食べ過ぎ、滑脈から、脾や胃に負担がかかり膩苔となると考える。4 つの中では①が表面のざらつきが一番多く、色も黄色のため膩苔と判断し、これを選んだ。」

続けて、施術のために選択する経穴を質問したところ、生徒 B は生徒 A の発言を聞き、臟腑の機能を想起し、「脾の働きを高めるために、原穴の太白を選択する。」と解答した。

#### イ 臨床実習での取り組み

コロナ禍のため、一定期間校内の教職員を対象に臨床実習を実施した。その中で、舌診が病証判断に有効と考えられる症例について、どのような舌所見が観察されるかを推測し、施術の手掛かりとした。一症例を示す。

「50 歳代の女性。胸から顔面にかけてのぼせを感じる。口の渇き、目のかすみがある。下肢はむくみ時として冷えを感じる。皮膚は乾燥している。疲れると症状が気になり、数年続いている。」

問診、切経を行い、生徒 B は色の説明を受けて、舌尖紅舌の模型を選択した。「胸に熱があるため、心と心包の配当部位から、舌尖が赤くなると予想した。」と選択理由を述べた。生徒 A は紫舌を選択し、「年齢、上にのぼせ、下に冷えがあることから、更年期による血流障害、つまり瘀血と考える。」と解答した。

指導者から、前者は熱証、後者は瘀血証とすると、脈状がどうなるかを質問した。それぞれ、生徒は熱証は数脈、瘀血証は瀦脈になることを発表した。

その後に脈診を行った。詳細な内容は分からなくても、脈が速いか遅いか、また流れが悪いかどうかは感じる事ができるため、どのように感じるかを意見交換した。2 名とも「早くはない、流れに元気がない。」という感想となり、指導者が瀦脈であることを補足した。

続けて実際に舌診を行い、その状態をタブレット端末で写真を撮り、生徒 A は拡大して観察した。また患者自身にも画像を確認してもらった。舌診では舌の裏面に静脈怒張を観察した。生徒 B は紫舌模型の裏面を触察し、静脈怒張の部位を確認した。これらの四診の結果から、生徒 B も瘀血証であることが理解できた。

さらに、施術のために選択する経穴を質問したところ、生徒 B は肝の蔵血を想起し、難経六十九難配穴から、曲泉と陰谷を選穴した。この経穴とその他を選穴して施術を行った。施術後、静脈怒張の色が薄くなったこと、顔面の熱感が減少したことをそれぞれが確認できた。

#### (3) 椎骨模型の授業での活用

椎骨の基本型を学習した後、頸椎、胸椎、腰椎の特徴について、教科書で各部位の用語と漢字を把握し、続けて解剖図により形状と部位を確認した。その後に椎骨模型 4 種類の内容を明らかにせず配付し、4 分割された箱の中に、十分観察して、左から順に上位椎骨から並べるように指示した。生徒 C と生徒 E の結果は同じであった。図 3 に示す。生徒 D の結果を図 4 に示す。

並べた順番の理由をそれぞれが発表した。生徒 C は「一番大きい椎骨が腰椎だと思うので、

一番右となる。」とし、他の2名も賛同した。生徒Dは「後ろに伸びる棘突起が魚の尾のように二つに分かれているので、これが頸椎で一番左になる。」と発言した。生徒Cと生徒Eは棘突起の先端が2つに分かれていることに気づいていなかったため、再度観察を行い形状を確認した。生徒Eは「棘突起が下に向かって出ているので、これは胸椎ではないか。腰椎の前になると思う。」と意見を述べた。生徒Dは2番目と3番目の違いが分からなかったが、胸椎の特徴を考え、自分の順番が間違っていたと気づいた。

頸椎、胸椎、腰椎には分類できたが、第7頸椎が何に当たるのかが分からなかったため、指導者の指示により、棘突起と横突起の形状、横突孔の確認を行い、第7頸椎であることに思い当たった。この結果、図2のように正しい順番で並べることができた。



左から、②第7頸椎、①第5頸椎、③第6胸椎、④第3腰椎  
図3 生徒Cと生徒Eの結果



左から①第5頸椎、③第6胸椎、②第7頸椎、④第3腰椎  
図4 生徒Dの結果

#### 4 考察

##### (1) 舌診模型の観察

練習問題の解答では、模型を弁別し、舌変化の理由を深く考察したことが、生徒の発言から観察された。

また、実習では患者がどのような舌所見を呈するかについて、その具体的特徴を挙げて意見交換できるようになった。これまでの舌診の学習では、触察することが難しいため、名称とその特徴の把握にとどまっていた。例えば静脈怒張＝瘀血というものである。

これが模型観察を通して、生徒が静脈怒張の部位や経常の確認、薄苔と膩苔の比較等が可能となり、具体的イメージをつかみ、舌変化の理解を深めることにつながり、特徴の変化等を発言できるようになったと考察される。加えて、問診や脈診と合わせることで、施術方法の獲得

につながるような思考過程の練習にもなったことが伺える。施術後の変化を興味深く観察し、施術の手応えも実感できたようである。

## (2) 椎骨模型の観察

全盲となって間もない、触察能力も十分とはいえない生徒が、相違点が明瞭な特徴を判別して、各椎骨の特徴を理解できた様子が観察された。「触図は触り慣れていないため図だけではよく分からない、模型があると形がイメージできる。」という肯定的な発言も聞かれた。

また他の生徒も、自分の考えを述べ他人の意見を聞くことで、正しい順番に並べ直すことができ、椎骨の特徴に関する知識の整理が進んだと推測される。継続して模型観察を実施し、今回捉えることができなかった横突孔や肋骨窩が判別の材料となることに気づくことに期待したい。

## (3) まとめ

今回二つの取組を通して、模型という具体物があることで、それを題材として対話が生じ、その中から理解が深まる様子が観察された。形状理解が必要な学習内容に対しては、生徒個々が見て触察できる立体模型を用意することが有効であったと考える。この模型の製作には、3Dプリンタの活用が一つの解決策となり得るだろう。

今後は他分野の学習内容の模型を製作し、触察模型を増やすことが必要である。さらに3Dデータや模型自体をシェアできる仕組み作りを検討しなくてはならない。

## 研究資金・利益相反

開示すべき利益相反はない。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 20H01705 の助成を受けたものです。

## 参考文献

- (1) 渡辺哲也・大内進(2019) 視覚障害教育における3Dプリンタ活用状況調査. 弱視教育, 57, 2, 15-25.
- (2) 東洋療法研修試験財団, 過去の試験問題等, <https://www.ahaki.or.jp/examination/archives.html>, 参照 June, 4, 2023.
- (3) 細川陽一・大矢耕平・渡辺哲也(2022) 視覚支援学校における3Dプリンターを用いた立体模型の作成の取り組み. LIFE2022, 513-516.
- (4) 大矢耕平・渡辺哲也・細川陽一(2022) 視覚障害教育用関節模型・舌診模型の3Dプリンタによる制作. 電気情報通信学会技術報告書, 121, 418, 41-46.
- (5) 渡辺哲也・細川陽一・丹下裕・大内進・金子健・南谷和範・橋本芳宏(2022) 視覚障害教育のための3Dプリンタによる立体模型の制作(2). 視覚リハビリテーション研究, 11, 2, 22-28.