

生物教育分野での 3D プリンターの利用

理学科・教授 梶原 裕二

1. はじめに

3D プリンターは機器や部品の試作、制作に広く使用される。技術・工学系で使用されることが多いが、生物分野でも利用される。例えば、構造生物学の分野では、酵素の分子模型を 3D プリンターで制作し、分子を立体的に三次元的に認識することができる[1]。また、貴重な化石の欠損した部分を補って復元した模型を作成することにも利用される[2]。生命科学の分野では、外科手術の前に対象となる臓器の模型を作成し、三次元的な視覚イメージを修得することに利用されたり、再生医学の分野では、細胞とゼラチンやコラーゲンなど細胞外基質と共にプリントし、立体臓器を作ることも行われている[3]。生物教育分野では、例えば人類の進化を学ぶ単元で、猿人、原人や新人の頭骸の模型を 3D プリンターで作成し、模式図ではなく具体物を通して学ぶ教材として利用されることもある[4]。

2. 生物教育分野での 3D プリンターの利用

生物を学ぶ際に、生命活動が行われる場としての個体、器官、組織、細胞を離れて学ぶことはできず、それらの形を実際に見て理解する過程は重要である。この観点から、多様な形態を作り出せる 3D プリンターは生物教育分野でも今後広く利用されるであろう。一方で、生物特有の利用の難しさもいくつかある。技術・工学系の機器や部品が直線や曲線で表せる比較的整った形をしているのに対し、生物はタンパク質や脂質、核酸など有機物で作られているため、直線や曲線で表現することは難しく、不定形をしていることが多い。それらを 3D プリンターで造形するためには、スキャニングした多数の断層映像をデジタル信号化し再構築する作業が必要であろう。また、生物は大きさが 10 マイクロメートルほどの小さな細胞で構成され、それらが多数集まった植物や動物の各器官や個体は、形態とともに大きさが多様である。この形態や大きさの多様性が 3D プリンターの利用を難しくする。逆に、3D プリンターを積極的に利用し、これまで、不規則な形、多様な形態や大きさという生物の特徴により作成が難しく貴重であった模型を簡単に作りだせれば、視覚を通して生物を具体的に知る機会が広がるであろう。

3. 3D プリンターで作ってみたいもの

筆者が 3D プリンターで作成してみたい生物教材をいくつか挙げる。

植物のつくりの単元では、植物が組織だった構造をしていることを学ぶ。例えば、葉の構造は図 1 に示すように、上から、上面表皮、柵状組織、海綿状組織、下面表皮で構成される。葉緑体は柵状組織、海綿状組織に含まれ、光のエネルギーを利用して光合成により糖がつくられる。光は上部からあたり、円柱状をした柵状組織の細胞（1 層目の方が若干長く、葉緑体の分布が不均一）に含まれる葉緑体に吸収される。柵状組織で吸収されなかった光は海綿状組織の細胞に到達する。海綿状組織には空気を含む細胞間隙が広く存在するため、光が乱反射し上下から横方向に進行する。この光の乱反射によって、海綿状組織の細胞に含まれる葉緑体で光を効率よく吸収、利用できる。3D プリンターを利用して葉の構造模型を作り光の進行経路を再現すると、光の効率的な利用を視覚的に理解することができる。また、比較的単純な形をしているため、作成はさ

ほど難しくはなかろう。具体的には、透明のポリマーを使用し、丸い球形の上皮細胞模型と若干大きめの海綿状組織の細胞模型、円柱形の柵状組織の細胞模型をつくる。細胞模型の内部には水をみたく。その細胞模型を組み立て葉の立体模型を作製する。直進する白色光やレーザー光を上から当てると、柵状組織や海綿状組織、細胞間隙内の光の進行経路が観察できるであろう。この模型の他の利用例として、上面表皮にアントシアニンの赤い色素をもつ葉もあり、色素の存在で光のスペクトルによる吸収の違いが観察できる。また、例えば、草本植物のパンジーの葉では、ツバキとは違い、細胞間隙が多く、特に、海綿状組織の細胞の凸凹が多く、歪な形をしている[6]。その細胞の形を表現できれば、様々な葉の形態と光の吸収効率が比較できよう。

動物の例では、単純な形をした動物の模型が利用しやすい。例えば、身近なミミズは体節(図2)という構造が連結した構造をしている。それぞれの体節は独立し、内部に体腔と呼ばれる腔所があり内部は体液で満たされている。表皮の下には、縦走筋と輪状筋の2層の筋肉層があり、ミミズが蠕動運動で動く力となる。このとき、各体節の体腔には体液が含まれているため、体積は変わらず一定となる。その結果、各体節は細長くなったり、短く太くなったりして、ミミズ全体としての運動につながる。この体節の動きを3Dプリンターの模型で再現できれば面白い。単純な円筒形を多数作成し、それらを連結する。前後端は円錐形とする。樹脂は形が変形する軟らかい材料で、外からの力で自在に、細長く、あるいは短くなるものを利用する。縦走筋と輪走筋の動きを機械的に加えることができれば、ミミズの蠕動運動がより再現できるであろう。

参考文献

[1] 分子模型 大阪大学

http://www.protein.osaka-u.ac.jp/rcsfp/supracryst/suzuki/jpxtal/Katsutani/3dprinter_cube.php

[2] 化石の復元 新発表『ラミダス猿人』化石 国立科学博物館

<https://www.kahaku.go.jp/userguide/hotnews/theme.php?id=0001255574730972&p=4>

[3] 3D バイオプリンティングの国内外の現状と課題(2015)、実験医学 vol.33, p.1266.

[4] 頭骸の進化(2013)、理科教育学会.

[5] 梶原裕二 (2014) フォーラム理科教育: 15 号 p.1.

[6] 梶原裕二 (2009) 生物教育:49 巻:p. 24.

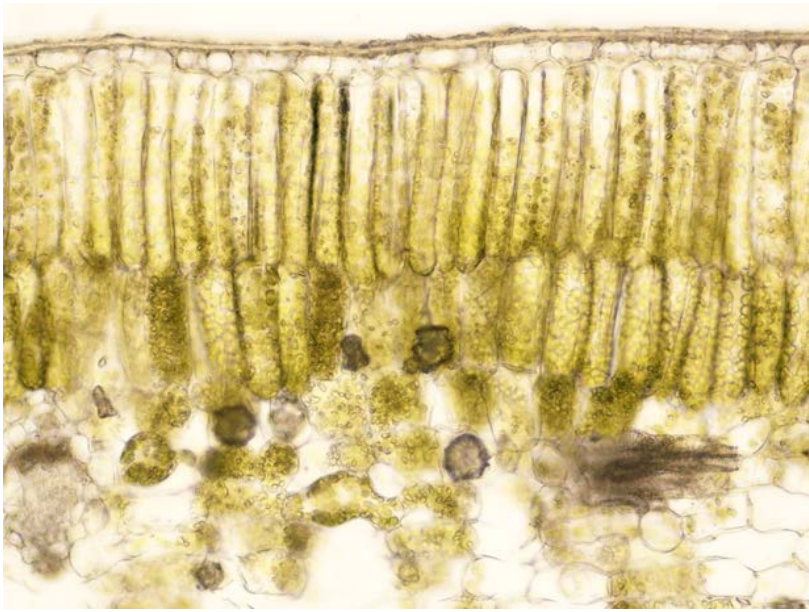


図 1 ツバキの葉の構造

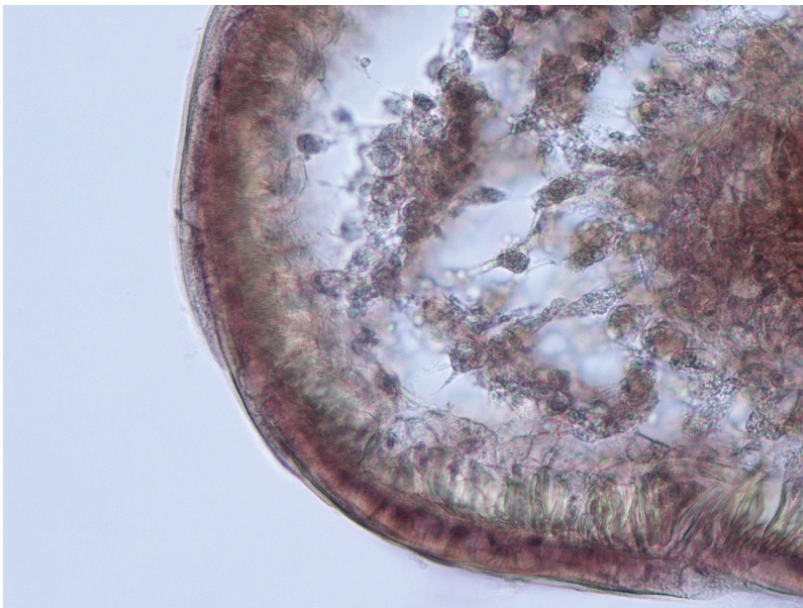


図 2 シママミズの体節の横断面。表皮の下には、縦走筋と輪状筋の2層の筋肉層があり、体節の内部には体腔と呼ばれる隙間がある。