

# スマートフォンを活用した顕微鏡観察

福島県教育センター 生物研究室

## (1) スマートフォン顕微鏡アダプターを製作する意義

顕微鏡の視野画像をデジタル撮影する顕微鏡デジタル画像システムは高価で導入が難しい。その点、スマートフォンを観察に用いる方法は、普及しているスマートフォンを使用するためコストがかからない、様々な撮影機能を用いることで通常のデジタル顕微鏡で撮影できない映像を撮影できる、データのシェアリングが容易である等、多くの可能性を秘めている。また、最近のスマートフォンのカメラシステムは撮影素子が高性能で、夜間撮影の画像処理が得意であり、肉眼で顕微鏡の像を見るよりも高精細に画像を見ることができる。コリメート法の原理によって顕微鏡の像をさらに拡大することができ、高価な高倍率の顕微鏡に準ずる画像を見ることができる。

顕微鏡の視野画像をスマートフォンの画面に映し出すには、顕微鏡とスマートフォンを接続するアダプターが必要となる。市販の天体望遠鏡のアダプターは高価な上、接続に高度な技術を要する。今回製作するアダプターは、かかる費用が安く、製作が容易で、ほぼすべてのスマートフォンに対応する。さらに、タブレット端末が接続できるアダプターの製作にも応用できる。費用が安いと、生徒用の顕微鏡すべてに準備することも可能である。

## (2) コリメート法について

コリメート法とは望遠鏡において、目でのぞく代わりにカメラレンズを使う撮影法で、実際に写せる撮影倍率が望遠鏡の拡大倍率とカメラのズーム倍率をかけ合わせた値になる。この方法は天体望遠鏡での月や惑星の撮影にも使われている。

## (3) 材料

- ・2mm厚の透明アクリル板（約15cm×10cm）  
教材店に注文して、カット済のアクリル板を購入できる。  
大きなアクリル板をアクリルカッターで切断しても良い。
- ・プラスチック製シリンジ（50mlもしくは100ml）  
50mlのものが多くの顕微鏡に適応する。
- ・カーペットテープ（滑り止め用）
- ・接着剤（ポリプロピレン対応のもの）  
グルーガンで接着することも可能だが、接着力が弱いため壊れやすい。

## (4) 製作方法

- ① シリンジの選定  
使用する顕微鏡に合うサイズのシリンジを選ぶ。

- ② 間隔の測定  
視野画像がスマートフォンの画面に大きく映る位置を見つけ、その時の接眼レンズとスマートフォンのカメラレンズとのおおよその間隔を計測する（接眼レンズの倍率によって間隔は異なる）。



### ③ シリンジの切断

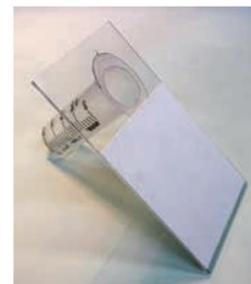
鏡筒に差し込んだときに、  
②で計測した間隔程度はみ出るようにシリンジを切断する  
(調節できるように少し長めにはみ出るぐらいがよい)。



### ④ シリンジの接着とカーペットテープの接着

シリンジの柄の部分に接着剤を塗布してアクリル板と接着する。また、シリンジを接着した面とは反対の面にカーペットテープの粘着力が強い面(粘着面)を貼り付ける。

多くのスマートフォンのカメラは左上にあるので、シリンジの接着位置も左上にすると良い。



### ⑤ シリンジの微調節

アダプターを鏡筒に差し込み、視野画像を確認できる位置にスマートフォンを置く。視野画像が画面に大きく映るようになるまで、シリンジを切断して少しずつ短くしていく。



## (5) その他のアダプター製作方法

### ① 竿止め用ピンチを用いたアダプター

大きくて幅のあるピンチ(洗濯バサミ)を使用する。ピンチの側面の片側(図の斜線部分)を約20°の角度で接着する。

### ② フィルムケースを用いたアダプター

シリンジの代わりにフィルムケースを使用する。

### ③ タブレット端末用アダプター

アクリル板を3mm厚、25cm×20cmのものを使用する。

### ④ シリンジの長さを短くしたアダプター

シリンジの長さを短くし、距離の調節には竿止め用ピンチを用いる。鏡筒との隙間が大きく、安定しない場合は、隙間テープなどを用いて隙間をうめると良い。



## (6) スマートフォンを使用したコリメート法による高倍率観察

人間の網膜が認識できるのは300ppi (pixel per inch) 前後と言われている。1インチが2.54cmなので、約0.1mmの幅を見るのが限界ということになる(肉眼の分解能)。コリメート法による観察は、網膜で認識できる限界以上に像を捉え、拡大して観察を行うことができ、これまでは高性能な高倍率(1000~1500倍)の顕微鏡を使用しないと難しかった、真核細胞内のミトコンドリアや原核生物の乳酸菌や納豆菌の姿の確認が可能になる。

### ① デジタルズームの使用

デジタルズームとは、撮影時に画面の周辺部分を切り捨てて、中央部分の画像だけを元の大きさまで拡大する機能である。例えば 1200 万画素 (4000×3000pixel) を 2 倍にズームすると 300 万画素 (2000×1500pixel) になる。この画素数でもフルハイビジョン以上の画素数であり、スマートフォンやタブレットのディスプレイの画素数を上回るため、像が粗くならない。3 倍以上にすると、ディスプレイの画素数を下回るため、像がモザイク状に粗くなる。

大きく引き延ばして観察することができる有用なデジタルズームだが、画像処理を行うことでノイズも発生し粗い画像になる欠点もある。画像を保存したり写真を印刷したりする場合は、デジタルズーム撮影をせず後からトリミングすると、よりノイズの少ない写真を得ることができる。

最近では光学ズームレンズを搭載したスマートフォンも出ている。光学ズームは画質が劣化することなく写真を撮影することができ、より高精細な像を得ることができる。前述した通り、デジタルズームも 2 倍までなら画質の劣化を防げるので、光学ズーム 2 倍にデジタルズーム 2 倍をかけ合わせると 4 倍のズームを行うことが可能になる。顕微鏡の総合倍率が 600 倍の場合、2400 倍の像を得ることができる換算になる。

### ② 4K 動画撮影

顕微鏡の動画撮影は、動きのある材料の観察に適している。デジタルズームによって細部を拡大して表示することで、細胞小器官の動きなどを捉えることも可能である。近年、多くのスマートフォンのカメラが 4K (3840×2160pixel) 動画撮影に対応しており、さらに情報量の多い動画を撮影できるようになっている。

4K 動画対応のスマートフォンでも、初期設定ではフルハイビジョン (1920×1080pixel) 動画の設定になっている場合が多い。顕微鏡でより高精細な動画を撮影したい場合は、設定を 4K に変更する必要がある。ただし、データ量も 4 倍になるのでストレージの容量に注意してほしい。

また、4K 動画撮影で注意してほしいのは、4K 動画を出力するのが現在では難しいことである。スマートフォンから HDMI ケーブル等で 4K テレビに接続しても、一度フルハイビジョン画質以下にダウングレードされて転送され、本来の画像を映し出すことができない。本来の画像を出力するためには、一度パソコンなどに取り込み、USB メモリなどにデータを保存し、4K テレビに接続して出力する方法などがある。今後 4K 映像に対応するハードウェアが増えることを期待したい。

### ③ 使用上の注意

- ・肉眼で検鏡してからスマートフォンを接続する
- ・光源の明るさや絞りを調節し、よりクリアに表示させる
- ・スマートフォンのレンズと接眼レンズが平行になるようにする。機種によってはレンズに厚みがあるため、カーペットテープを重ねて高さを出す必要がある。

## (7) 動画撮影機能を活用した観察方法

スマートフォンには生物観察に有用な動画撮影機能がある。それらの機能を活用して、生物の動きをよりダイナミックに捉えることができる。

### ① タイムラプス動画

タイムラプスとは「時間の経過」という意味で、タイムラプス動画とは、時間の経過に合わ

せた被写体の変化、動きをコマ送りの形でわかりやすく見せる動画である。

例えば iPhone では、撮影時間と書き出される動画の長さは以下のようにになっている。

撮影時間	1 分間	5 分間	10 分間	30 分間	60 分間
撮影間隔	0.5 秒間隔	0.5 秒間隔	1 秒間隔	2 秒間隔	4 秒間隔
書き出される動画の長さ	4 秒	20 秒	20 秒	30 秒	30 秒

どんなに長く撮影しても 30 秒程度に収まるように自動で編集される。

タイムラプス動画撮影が標準搭載されていないスマートフォンでも、アプリをダウンロードすることでタイムラプス動画撮影が可能である。タイムラプス動画の生物分野での活用例としては、動きが遅く捉えにくい素材の観察が挙げられる。

<タイムラプス動画の生物分野活用例>

- ・オオカナダモの原形質流動
- ・ウニの発生
- ・原核生物の運動
- ・メダカの卵の発生
- ・花粉管の伸長
- ・植物の成長運動

## ② スロー動画

通常の動画撮影が 30fps（1 秒間に 30 枚の画像）なのに対し、スロー動画は 120fps～240fps で動画を撮影できる。タイムラプスとは逆に、速い動きのものを観察しやすくなる。

<スロー動画の生物分野活用例>

- ・ゾウリムシの繊毛運動
- ・ミジンコの運動
- ・ミドリムシ、クラミドモナスなどの鞭毛運動

## (8) 外部出力方法

学校によっては生徒のスマートフォンの使用が難しい場合も想定される。その場合、教員のスマートフォンや学校のタブレットを用いて、生徒が観察している顕微鏡の像を撮影し、外部出力して全体に見せる形になると思われる。外部出力にはさまざまな方法がある。学校の状況に応じて、生徒が撮影した画像に触れる機会を確保したい。

- ① スマートフォンからタブレット端末へデータ送信
- ② HDMI ケーブル等によるテレビやプロジェクターへの出力
- ③ AppleTV などを利用したミラーリング
- ④ 学校の生徒がアクセスできる共有フォルダやオンラインストレージへの保存

## 引用・参考文献

[1] 茂原伸也「生物学教育における ICT を活用した顕微鏡観察」

(平成 27 年度東レ理科教育賞受賞作品集第 47 回 公益財団法人東レ科学振興会, 平成 28 年)