

## iPod touchを利用した顕微鏡実習指導用教具開発の試み

で の た く や  
出 野 卓 也

実践学校教育講座

(平成23年8月30日 受付)

生物顕微鏡を用いた観察実習において、顕微鏡操作や観察の指導を個別に行うための教具について考察した。既存の顕微鏡観察の指導用機器や市販のデジタルAV機器の本目的への活用について検討を加え、iPod touchを中心とした新たな指導用教具を開発した。また、この指導用教具を利用した指導方法についても検討し、個別指導、グループ活動、全体指導における利用方法を提案した。

キーワード：顕微鏡実習，教具開発，iPod touch，FaceTime

### I はじめに

生物学分野において、顕微鏡を用いた各種の観察は重要な位置を占める。生物学教育においても、小学校5年生でのメダカ卵やプランクトン、花粉の観察から始まり、中学校の理科分野や高校・大学の生物学の各実験において、顕微鏡観察が繰り返される。

著者が大学で顕微鏡実習を指導していて常を感じていることは、指導者と学生が何らかの方法で同じ視野を同時に観察しながら効率よく個別指導できないかということである。交互に接眼レンズを覗きながら指導するのは、ピント調節や視野選択といった顕微鏡操作の指導はもちろんのこと、具体的に視野や拡大像のここに注目しなさいと指示することも困難である。例えば、生きている動物プランクトンの観察では、学生と交代したときには対象物が視野から逃げてしまっていることがよくある。また、視野内にたくさんの像があると、指導者にとってはどれを観察すべきか一目瞭然であっても、学生はどれを見たらよいのかわからないことも多い。現状では生徒と交代しながら、視野の上・下・左・右・中央といった大まかな指示や、接眼マイクロメーターの目盛や文字を利用したランドマークに基づいて注目点を指示するのが精一杯である。このようなことは大学に限らず、小学校をはじめとする全ての顕微鏡観察実習につきまとう問題点である。

視野を共有しながらリアルタイムでの指導ができれば、指導者の意図は生徒・学生に直接伝わり、彼らの顕微鏡操作技術や実習内容に対する理解度は著しく向上すると予想される。もちろん、そのために考案されたディスカッション顕微鏡や顕微鏡テレビカメラ・モニターシステムといった装置もあるが、これは全員に対して指導者の標準サンプルや操作を示しているに過ぎず、個々の生徒・学生の顕微鏡実習に対する指導とはなっていない。これらの装置を実習机まで持ち運び、個々の顕微鏡の視野を教員とその生徒・学生とが共有して指導・論議することは困難である。顕微鏡ビデオカメラを実習机に運び、学生の顕微鏡にセットして、有線や無線で教室のモニターと接続することは可能であるが、共通の画面を使う場合は他の学生・生徒の実習への集中を損ねることも考えられる。

この論文では、顕微鏡実習の個別指導に用いる教具として、既存の顕微鏡の視野を共有するための専用機器について検討するとともに、近年発展の著しいデジタルカメラやデジタルカメラ付きの携帯電子機器などの民

生用のデジタルAV機器の活用についても検討を加えた。そしてアップル社のiPod touch (4th generation) と iPad 2を用いた指導用教具を考案し、その具体的な利用法を提案した。

## Ⅱ 顕微鏡視野の共有方法に関する考察

本来、光学顕微鏡は複数の人間が同時に使う道具ではなく、個人で使う道具である。普通、接眼レンズは1個しかないため、同時に2人以上で像を見ることは無理である。双眼式の顕微鏡もあるが、これは個人が両目でみることを前提としており、二人が片目ずつ覗くようにはなっていない。しかし、視野共有の要望は古くからあり、ディスカッション顕微鏡や万能投影機が開発され、また、近年になってテレビカメラやディスプレイが安価になり、顕微鏡TVカメラ装置が気軽に使えるようになってきた。

複数の人間で同一視野を共有する目的で開発されたのがディスカッション顕微鏡である。病理学や組織学など、医学教育の分野で使われているのを目にする。これはプリズムやリレーレンズなどを使って1つの対物レンズの視野を分割して複数の接眼レンズで観察することができる顕微鏡で、2人から10人程度が視野を共有できる。さらに視野内にマーカーを導入して、視野内の特定の位置を指導者が全員に指示することができるので、同一の視野を観察しながら指導や議論ができる装置である。指導者の操作や指導に合わせて複数の生徒・学生が同じ視野を観察できるので大変便利な装置である。画質も大変良い。ただし、高価で大きな場所を占有する。例えばオリンパス社のカタログには2人用から10人用まで載っているが、システム生物顕微鏡BX43/BX53をベースにしたディスカッション顕微鏡は2人用でも1,000,000円前後、10人用では4,000,000円を超える。また、簡単に組み立てや移動ができるものではないので、その人数が座って観察できる場所を占有することになる[1]。

万能投影機は接眼レンズで拡大した像を接眼部上部にある直径30～60cm程度のスクリーンに投影するもので、数人が同じ視野を共有できる装置である。正確な倍率でスクリーン上に拡大投影し、形状の観察だけでなく寸法の測定にも使われている。主に工業分野や水産分野で使われており、水族館の展示などでも見かける。この装置も高価で、例えばニコン社の万能投影機V-20Bは投影スクリーンの有効径50cmで、3,820,000円の希望小売価格が付いている[2]。

顕微鏡TVカメラ装置は、上記2種類の装置に比べて比較的安価である。以前はNTSC規格で総走査線数が525本（実質的な垂直解像度は300本強程度）しかなく、実際に顕微鏡で見た像に比べるとかなり解像度が低かったが、最近はデジタルハイビジョン規格のカメラやモニターが安価に入手できるようになり、有効走査線数も1080本と倍以上になって、細かなところまで再現できるようになった。モニターも大型テレビやビデオプロジェクター、さらにはデジタル黒板などが使えるようになり、教室や実験室の後ろからもしっかりと見えるようになってきている。TVカメラも撮像管からCCDやC-MOSといった個体撮像素子に代わり、小型軽量化されている。NTSC規格の装置は既にかかなりの学校の理科室に配備されていて、デジタルハイビジョン規格のものもこれから配備されていくと思われる。

しかし、これらの装置は全て指導者の試料を全員で見るための演示装置である。もちろん顕微鏡観察指導には必要なものであり、全体説明には有効に使われている。しかし、個別指導には使いにくい。もちろん、学生の試料を指導者の顕微鏡にセットして提示することは可能であるが、その場での学生の顕微鏡を使った指導とはならないし、指導者用の顕微鏡にセットして同じ視野を見つけるという余分な手間がかかり、時間がかかることも考えられる。顕微鏡TVカメラと液晶モニターを持ち歩いて学生の顕微鏡にセットすることも可能であるが、機動性に欠ける。

このような状態を改善できるような教具は、理科教材メーカーのカタログやインターネットを検索していてもほとんど見あたらない。(株)ナリカから指示接眼鏡PE-10Nが発売されているが、接眼レンズに挿入した指針で示すもので、接眼レンズを交互に覗くことにかわりない[3]。デジタルAV機器の発達に伴い、いくつかのメーカーが液晶画面付きのデジタル顕微鏡を販売しているが、顕微鏡にカメラやモニターが固定されており、本来、共通のモニターに画像を提示したり、顕微鏡写真を撮影したりすることが目的なので、本論文で問題としている個別指導の目的に合わない。唯一本目的にも利用可能な装置として見つかったのが、(株)ナリカや(株)内田洋行扱いの「顕微鏡用デジタルカメラ内蔵液晶モニター」である[3, 4]。同等の製品がアメリカのセレストロン社からもUniversal digital LCD with camera for microscopesの名称で販売されている[5]。セレストロン社の

使用説明書によれば、静止画は2048×1536ピクセル、動画としては640×380ピクセルの画像が利用できる。ビデオケーブルを介して外部モニター等に写すには十分であるが、搭載する液晶の解像度が320×240ピクセルしかないので明瞭な画像は望めない。また、電源が内蔵されておらず、ACアダプター式のため、機動性に欠ける。電池を使った電源装置を作ることでも可能であろうが、9Vという電圧が問題となる。1.5Vの乾電池なら6本、1.2Vの充電式ニッケル水素電池なら7本必要なので、単三電池でバッテリーケースを自作しても大きくなると考えられるし、006Pタイプの積層電池では容量が少なく、連続使用時間が短くなると考えられる。おそらく既存の顕微鏡をデジタル顕微鏡にするための補助装置として開発された物で、もともと電池駆動を前提とした省エネルギー設計をされていないと考えられる。

### Ⅲ 顕微鏡観察個別指導教具としての民生用デジタルAV機器の活用についての検討

前述のように、個別顕微鏡指導のための適切な教具が見あたらないことから、デジタルカメラやデジカメ付き携帯電話などの民生用デジタルAV機器の活用を検討し、これらを使った教具を開発することにした。

#### 1. コリメート法によるコンパクトデジタルカメラを用いた顕微鏡視野の提示について

テレビカメラとモニターを持ち運んで机間指導することは、現実的には困難である。しかし、昨今、テレビカメラとモニターをコンパクトにまとめた装置が身近に利用できるようになった。コンパクトデジタルカメラである。もちろん、本来は静止画撮影のための装置であるが、撮像素子で捉えた画像をリアルタイムで背面の液晶画面に表示してくれるので、本目的に合致した装置の1つとして利用可能である。しかもビデオ出力を持つものが多く、大型のモニターに映すこともできる。

通常の顕微鏡テレビカメラシステムでは、接眼レンズ（あるいは専用の投影レンズやリレーレンズ）の結ぶ像を直接撮像素子に投影する。しかし、我々の目はカメラ眼と呼ばれ、構造的には撮影レンズを含むカメラと同じ構造である。従って接眼レンズを覗く目の位置にカメラを置くことによって、画像をフィルムや撮像素子に記録することが可能である。これは以前から天体写真を撮影する際に良く用いられてきたコリメート法という撮影方法で、近年は野鳥撮影を行うバードウォッチャーの間でフィールドスコープとコンパクトデジカメを組み合わせた「デジスコ」と呼ばれるシステムとして広く用いられている。コリメート法を用いる顕微鏡撮影装置も古くから市販されており[6]、筆者もかつて(株)内田洋行から販売されていたビュー・ファインダー式35mmフィルムカメラを利用したコリメート式顕微鏡撮影装置を利用したことがある。安価な学習用顕微鏡にレンズ付きフィルム（通称使い捨てカメラ）を組み合わせた物も市販されていた。

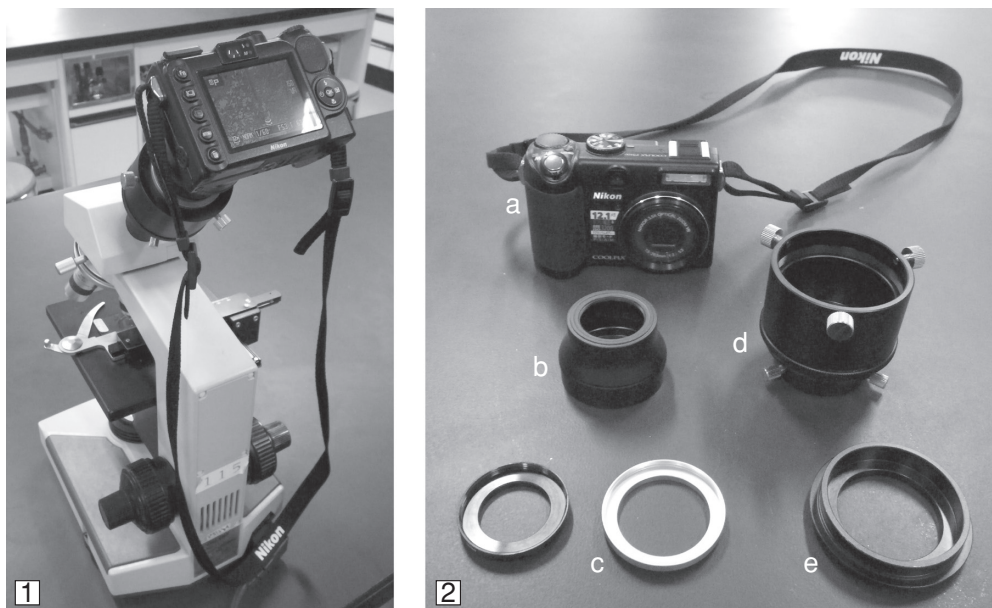


図1 コンパクトデジタルカメラを用いたコリメート法による顕微鏡視野の提示



もちろん、カメラのレンズを接眼レンズに押し当てるだけでもある程度は顕微鏡の視野を見ることができるが、カメラを手で保持する必要がある、接眼レンズのアイポイントの位置によっては、カメラレンズと接眼レンズの間隔を調節する必要も出てくるため、これを用いて観察指導をすることは实际的ではない。何らかの方法で顕微鏡に対してデジタルカメラを固定する必要がある。

顕微鏡に対する接続は、光軸の一致を考慮すると、当該カメラ専用のアダプターを利用できることが望ましい。また、レンズ部のフィルターネジあるいはコンバージョンレンズアダプターが利用可能な機種では、これらを介して市販の顕微鏡アダプターで取り付けると光軸調節が不要となる。図1.1は(株)ビクセンの顕微鏡用デジタルカメラアダプター DG-MP (図1.2d) と(株)ニコンのコンパクトデジタルカメラCOOLPIX P5100 (図1.2a) を組み合わせた例で、P5100用のコンバージョンレンズアダプター (図1.2b) とステップアップリング (図1.2c) を組み合わせてDG-MP用DGリングDX (図1.2e) に接続している。ただ、最近のコンパクトデジタルカメラは高倍率ズームレンズやデジタル処理による画質変換システムが内蔵されているため、補助レンズやフィルターが不要になり、これらの取付けネジが用意されていないことが多い。そのような機種用に三脚固定用のネジ穴を利用したアダプターも市販されているが、光軸の調節など不便な点が多い。さらに携帯に配慮して撮影時にレンズが伸び縮みする機種が多く、光軸方向のカメラの固定位置の調節も必要である。ニコンやコワなどのいくつかのメーカーでは、特定のカメラ向けに開発したデジスコ用接続アダプターも用意しているが、コンパクトデジタルカメラの新製品開発周期が短くてカメラの形状等が変わりやすいため、専用の接続アダプターが発売されてもすぐに当該機種の入手が困難になるという問題もある。

一方、コンパクトデジタルカメラの代わりにデジタル一眼レフカメラを用いることも可能である。最近のデジタル一眼レフカメラは、撮像素子に写っている像をリアルタイムで背面の液晶に写すことが可能である。背面液晶も解像度が高く、画像の視認性がよい。特にミラーレスと呼ばれる光学式ファインダー関係の構造を省略した小型軽量機はコンパクトデジタルカメラ並に小型化されている。以前は各カメラメーカーから顕微鏡撮影アダプターが発売されていたが、現在は入手できない。しかしビクセンから各メーカーのマウントに適合した汎用の顕微鏡撮影アダプターが発売されていて、現在でも入手可能である。ただ、レンズ交換を前提としないコンパクトデジタルカメラは撮像素子が密封されていて取扱が容易だが、デジタル一眼レフカメラはレンズ交換時や顕微鏡の直接撮影時に撮像素子が露出するため、多少取り扱いに注意が必要である。なお、デジタル一眼レフカメラのレンズは口径が大きく、コリメート法による撮影には向いていない。

これらデジタルカメラを顕微鏡観察のための個別指導教具として用いることは十分可能であるが、問題点もある。先にも述べたように、光軸の一致が容易な接続アダプターを使える機種が大変限られている。撮影レンズの大口径化や高倍率ズーム化が進み、コリメート法撮影でのケラレが大きいことやレンズの伸縮が大きいことも問題となる。また、コンパクトデジタルカメラは基本的にオートフォーカスで、背面液晶はフレーミングの確認が主目的のため、液晶サイズは大きくても3インチまでであり、解像度の低いものも多い。さらに撮影時のカメラの保持を容易にするためか、ある程度の厚みや重さがあり、最近主流の鏡筒上部が斜めになっているステージ上下式顕微鏡に取り付けると、自重で光軸がずれることが多い。最後に、問題点とまでは言えないかもしれないが、後で述べる機器と比較すると、Wi-Fiなどでリアルタイムに動画を転送できる機種が極めて限られていることも挙げられるかもしれない。ただし、液晶モニターに有線で送ることのできる機種は多いので、ある程度まで機能的にカバーが可能である。

## 2. 携帯電話・スマートフォンの利用について

最近の携帯電話やスマートフォンにもたいていデジタルカメラが内蔵されており、大きな液晶にリアルタイムの映像を映すことができる。さらに撮影レンズの小さいものが多く、ケラレの心配が少ないのでコリメート法による撮影に向いている。また、コンパクトデジタルカメラより薄くて軽量のものが多い。

その反面、携帯電話やスマートフォンは元々カメラではないので、そもそも補助レンズを固定するための仕掛けや携帯電話自体を固定するためのネジ穴などが無い。しかも携帯電話やスマートフォンによって背面の形状や撮影レンズの位置などが様々なので、汎用のアダプターを作ることが困難である。従って、個別の機種に限定した顕微鏡接続アダプターを自作する必要がある。特に従来型の携帯電話の場合、背面が曲面で構成されていたり、レンズ部が突出していたりと、撮影レンズの光軸を顕微鏡の光軸に一致させたアダプターの製作が

困難な機種も多い。その点、スマートフォンは背面がほぼ平らで撮影レンズの光軸が背面に垂直な機種が多く、アダプターが作りやすい。

また、アップル社のiPhone4は、背面がほぼ平らで顕微鏡接続アダプターが作り易いほか、いわゆるテレビ電話機能で、動画を別の装置に送ることができるという利点を持つ。後で触れるiPod touchと同様、Wi-Fiを介してFaceTimeで接続したiPad2やMacにリアルタイムの画像を送り、連携することが可能である。他社のスマートフォンでも、Skypeを介してタブレット型コンピューターなどに画像を送ることが可能だと思われる。

このように、携帯電話やスマートフォンについても、デジタルカメラ同様、顕微鏡観察個別指導教具として用いることは十分可能であるが、やはり乗り越えなければならない問題点もある。例えば、携帯電話やスマートフォンは本来電話なので、月々の維持費が必要なことが問題である。また、もともと写真画質の画像を扱うための機器ではないので、顕微鏡画像を十分な高解像度で液晶に表示できないことも考えられる。

### 3. iPod touchの利用について

iPod touchはアップル社が販売している携帯型デジタル音楽プレイヤーで、本論文の目的から外れているように思えるが、この機種はiPodの中で唯一iOSを搭載し、アップル社のスマートフォンであるiPhoneと同様に、写真撮影や動画撮影が行える。搭載する液晶は対角3.5インチで960×640ピクセル（約61万画素）と比較的大型でかつ高解像度であり、写真や動画の撮影時のモニターとしても十分利用できる。カメラの解像度が960×720ピクセルとデジタルカメラとしてはやや低いが、液晶のためのモニターカメラとしては必要な解像度を持つ。背面は緑がやや丸みを帯びるものの大部分は平らであり、顕微鏡接続アダプターを作るのが容易である。接続アダプターの構造や強度を考えると大きさや重量も大きな要因となるが、その点、iPod touchは電話機能がない分、厚さ7.2mmと薄く、重量も101gと軽い。多数の動画を撮り貯めるような特別な目的がなければ容量8GBで十分であり、価格も20,900円と一般的なコンパクトデジタルカメラと比較しても、それほど高価ではない。もちろん、携帯電話でないので、通話料等の維持費が不要な点も都合がよい。

また、iPod touchはWi-Fiを利用したテレビ電話であるFaceTimeを利用できるという利点がある。動画をiPad2やMacなどへほぼリアルタイムで中継できるため、顕微鏡観察においてもその活用が望める。顕微鏡観察の個別指導教具としての利用価値のみならず、複数の学生や学生全員に同じ画像を共有させて学習させる目的などにも使えると考えられる。すなわち、iPodの画面を使って個別指導を行い、後で示すように、興味深い像が見つかったらiPad2やMacにFaceTimeを介して転送し、グループで観察・討議したり、さらに大型モニターなどに接続して学生全員に見てもらったりするわけである。音声も伝わるので、遠隔地での指導も可能になる。

問題点としては、光学ズーム機構が無い点である。カメラの解像度が960×720ピクセルと低いので、デジタルズームをしても画像が荒くなるだけで利用価値が少ない。5メガピクセルの解像度を持つiPhone4並になると、デジタルズームでも解像度の十分な画像が利用できると思われる。

## IV iPod touch用顕微鏡接続アダプターの試作

本研究では、上記Ⅲで示したような検討の上、現状で最も適していると思われるiPod touchを基にした顕微鏡観察の個別指導用教具の開発を試みた（図2.1, 2.2）。アダプターの構造としては、市販の顕微鏡用・望遠鏡用・デジスコ用のコンパクトデジタルカメラアダプターを参考に、顕微鏡接眼レンズに固定する筒とカメラの光軸位置を調節するスライド機構を組み合わせたものとした（図2.1）。

顕微鏡接眼レンズとしては実習用顕微鏡の接眼レンズをそのまま利用するのが望ましいが、これは視野数が小さいので、ケラレが大きく出る問題がある。iPod touch（図2.3e）には光学ズームが無く、デジタルズームもカメラの解像度が低いので利用価値が低い。接眼レンズとiPod touchのカメラレンズの間に適当な拡大レンズを挟むことも考えたが、全視野像と拡大像との切り替えの問題や顕微鏡装着時の光軸調節の手間を省くことも含めて、広視野の接眼レンズをアダプターに組み込むことにした。用いた接眼レンズはオリンパス製の視野数20のWHB10×である（図2.3b）。スリープ径は23.2mmの標準的なもので、一般的な実習用顕微鏡の接眼レンズと互換性がある。オリンパスCHWK10×など、本学の学生実習用顕微鏡で用いている視野数18の接眼レンズ

ならiPod touchの液晶画面の短辺方向がほぼ一杯になるが、長辺方向はかなり余る。一方、WHB10×では視野が液晶画面の長辺方向にほぼ一杯となる。学生の使うCHWK10×よりかなり視野が広がるが、CHWK10×では見えない視野周辺部分も見えるので、指導上かえって都合がよい。双眼実体顕微鏡に用いる場合は、標準的なスリーブ径が30mmなので、視野数22のWHSZ10×を使うことになるが、この場合はiPod touchの液晶画面の長辺方向でもほとんどケラレが無くなると思われる。

WHB10×の最大直径は38.5mmもあるので、塩ビ水道管の異径継ぎ手30×25を加工して接眼レンズホルダー部分を作成した（図2.3a矢印）。30mm管挿入部の内径（38.3mm）をわずかに削って広げ、接眼レンズが奥まで挿入できるようにした。この部分は利用する接眼レンズによって調整が必要である。また、挿入した接眼レンズを固定することも必要である。そのために、塩ビ管のレンズ固定部に120度ごとに直径3.3mmの穴を3個あけて、タップで4mmのネジ切りをした。これを顕微鏡側の端から5mmおきに4段分作り、6本の4mmネジを用いて接眼レンズを塩ビ管の中心に固定した[図2.1]。最下段のネジ穴を利用すると、接続アダプターを顕微鏡のスリーブに固定できる。25mm管挿入部は、接眼レンズの射出瞳の位置に合わせて切断した。なお、射出瞳の位置は接眼レンズ固定ネジを使って後から調節できるので、やや短めに切断した。

iPod touch固定部は、iPod touchを固定するとともに顕微鏡の光軸に対して垂直な面で平行にずらしてカメラレンズの光軸と一致させる必要がある。ここでは接眼レンズホルダー部の光軸に対して垂直に固定した1.5mm厚のアルミ板とiPod touchを固定した1.5mm厚のアルミ板を互いにスライドさせる機構を採用した（図2.1, 2.3a, d）。スライド部にはワセリンを塗って適度な堅さでスライドするように調節し、光軸調節後はクリップで固定した（図2.1, 2.2, 2.3c）。当初、アルミ板の代わりにプラスチック板（2mm厚ABS樹脂製）を用いたが、iPod touchの撮影用レンズが端にあって重量バランスが悪く、iPodの重さでプラスチック板がしなったために光軸がずれた。そのため、より剛性の高い1.5mm厚アルミ板に変更した。

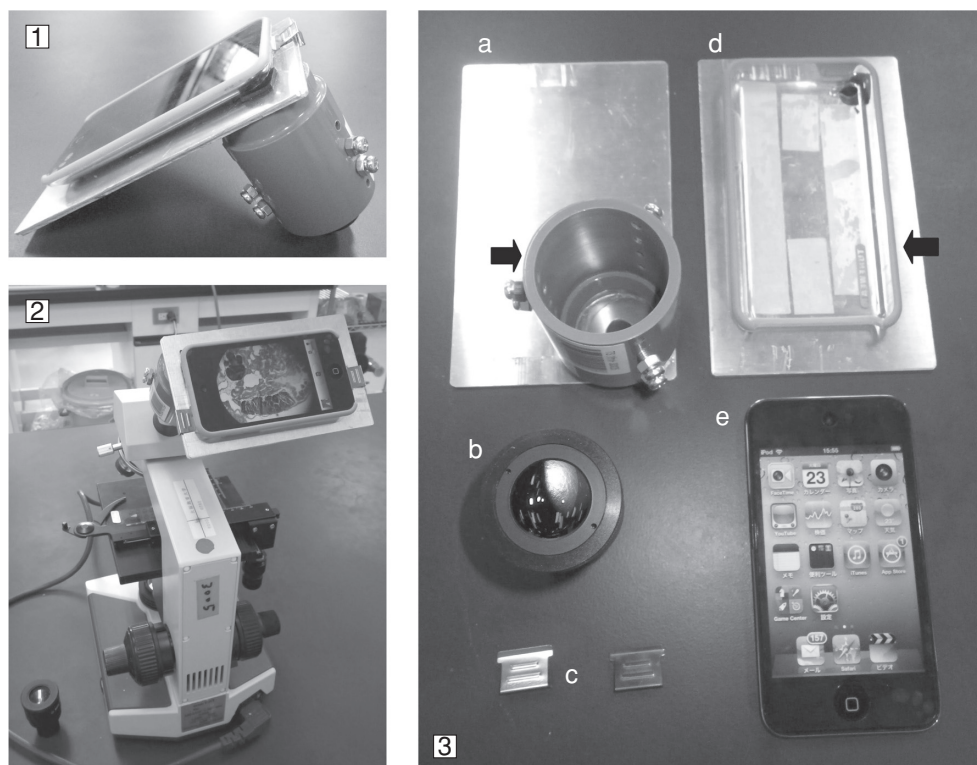


図2 iPod touchを利用した顕微鏡観察個別指導用教具

iPod touchを直接アルミ板に接着すると、携帯型デジタル音楽プレーヤーとして利用する時や修理の時などに困るので、TUNESHELL社のTUNESHELL Rubber Frame for iPod touchを介して接着した（図2.3d矢印）。これはiPod touchに密着する剛性の高いポリカーボネート製のハードタイプケースである。iPod touch（図2.3e）はこのケースの中でゴムパッキンによってしっかりと押さえられ、ほとんど動かない。



光軸や射出瞳の位置の調節は、全体を顕微鏡に取り付け、iPod touchをカメラにして液晶画面を見ながら行った。接眼レンズと顕微鏡鏡筒のスリーブの間にどうしても多少の遊びがあるが、検鏡が困難になるほどの光軸のずれは生じない。接眼部が斜めになっている顕微鏡でも自重によるずれはほとんど問題にならない。

iPod touchの背面撮影用レンズは背面の角に寄っているため、背側の縁が丸みを帯びていることと相まって、固定用アルミ板の撮影用の穴から迷光が入りやすい。透明なiPod用ケースを利用していることも原因の1つと思われる。固定用アルミ板の穴を小さくするとともに、何らかの遮光措置が必要である。本試作品ではゴム板の小片で遮光した。

本アダプターでiPod touchを実習用顕微鏡に接続して液晶画面で観察した際、液晶の長辺に平行な太い明暗の縞模様が生じることがあった。対物レンズを変えたり、コンデンサレンズの位置を変えたり、iPod touchを90度回転させたりしても縞模様は変化しないことから、iPod touchの内部仕様による影響と考えられる。これは顕微鏡の光源が明るすぎると起こるようで、光源を適度に暗くすると縞模様は消失する。光源ランプの電圧を下げることで照明光の色温度の問題が生じるかもしれないが、iPod touchのカメラ部のオートホワイトバランスが効いているようで、著しく赤みがかった像にはならない。

## V 活用方法に関する検討

想定する本教具の使用方法は、次の通りである。

個別指導の際は、実習用顕微鏡の接眼レンズをはずして、代わりに本教具の接眼レンズを顕微鏡のスリーブに挿入する。カメラソフトを起動し、後は顕微鏡のフォーカスを合わせるだけである（図2.2）。肉眼視で顕微鏡のピントがほぼ合っていれば、iPod touch上のフォーカスもほぼあっている。上記にもあるように、顕微鏡の光源の明るさを適度になるよう調節する。これで顕微鏡の視野全体がはっきり見えるので、生徒・学生に対する指導を行う。生徒・学生と指導者が同じ画面で確認しながら指導を進めるので、生徒・学生は確実に理解できる。画面上でピンチアウト操作を行うことにより、多少のデジタルズームを行うことができるが、画質が低下するため、それほど効果的ではないかもしれない。生徒・学生が理解すれば、元の接眼レンズと交換し、観察を継続させる。また、必要があれば、そのまま写真や動画を撮影し、生徒・学生のための資料とすることもできる。生徒・学生がメールアドレスを有すれば、添付ファイルとして撮影した画像や動画をその場で送ることも可能である。なお、IVでも触れたように、本教具の視野は実習用顕微鏡の視野よりも広いので、受講生にはその旨注意する必要がある。

グループによる顕微鏡観察実習では、iPod touchの画面サイズでも十分映像を共有できるが、さらにFaceTimeを利用してiPad2やMacに動画を転送し、グループでより大きな画像を共有して観察・討議を行うと効果的である。iPad2やMacを持ち運び、他のグループと比較することもできる。この場合、カメラソフトの代わりにFaceTimeを起動して共有用のiPad2やMacを呼び出し、あとはiPod touchのカメラを背面カメラに切り替えるだけである（図3a, b）。iPad2やMacの画面には、iPod touchの背面カメラが捉えた顕微鏡の視野が写る。なお、iPod touchの画面にはiPad2やMacのカメラが捉えている像が写っている。もし、教室にWi-Fiの設備が無くても、ポケットWi-Fiを用意すれば利用可能となる。

また、小・中・高校では実習用顕微鏡の台数が足らず、グループで顕微鏡1台を共用することがしばしば見られる。この場合、グループのメンバーが交互に顕微鏡観察することにより、人数分だけ観察に要する時間がかかることになる。操作技術の未熟な生徒がいれば、全員がその影響を受けてプログラムの進行が遅くなる。また、光源を内蔵していない顕微鏡を観察者の間で受け渡しする場合、場所によって十分な照明光を取り入れられないことも生じる。その点、本教具を利用して、さらにiPad2等の大きな画面に顕微鏡の像を映し出せば、グループ全員が短時間で観察を行うことが可能になる。顕微鏡操作の習得そのものが目的でない場合、この教具を使った観察は大変効率的なものとなる。

教室や実習室の大型モニターあるいはビデオプロジェクターに接続したiPad2あるいはMacがあれば、FaceTimeで呼び出して像を転送することもできる。図3cでは、Wi-Fi経由のFaceTimeで画像を受け取ったiPad2（図3b）から、VGAアダプターを介してミラーリンクでモニターに同じ画像を写し出している。個別指導していて、典型的な像を見つけたり、興味深い像を見つけたりしたとき、教室の全員に示して説明すること

が容易になる。、いちいち教師用の顕微鏡に標本を移して視野を探し、像を大型モニターなどに示す手間が省ける。また、グループ活動の結果を教室の生徒全員に示して発表する場合は、グループ用のものとは別に教室提示用のiPad2やMacを用意しておけば、FaceTimeの接続先を変えるだけでグループの顕微鏡画像を全員に示すことができる。



図3 FaceTimeを利用したiPod touch顕微鏡観察個別指導教具の活用例

さらに、顕微鏡とiPad2等とはFaceTimeというテレビ電話でつながっているため、遠隔地での指導も可能となる。音声もつながっているし、全面・背面のカメラを切り替えることにより、様々な指導を行えると考えられる。十分な速度のネットワークで繋ぐことができれば、過疎地などの専門教員の足りない小学校等での理科授業などに活用できるかもしれない。

## VI まとめ

近年教育現場でも安価になったデジタルカメラを利用した様々な教材開発が行われているが、本研究で取り上げたような目的での活用は行われていないようである[7]。

本研究では、iPod touchを利用した顕微鏡観察の個別指導のための教具を考案した。これは実際の実験実習においても十分活用できると考える。さらにWi-Fiを介したFaceTimeにより、グループ用および全体指導用に画像を共有した学習も可能である。試作した接続アダプターは接眼レンズを除く部品代だけなら2000円程度に過ぎず、製作も容易である。市販されても低価格なものが提供されると思われる。さらに検討を加えることで、より使い勝手の良い接続アダプターができると思われる。

今回はiPod touchを対象に検討を進めたが、多少重量が重くなるものの、iPhone 4でももちろん可能である。iPod touchやiPhone 4は、タブレット端末であるiPadやパソコンであるMacとの連携が容易に計れる点で有利であるが、おそらく他社のスマートフォンでもSkypeなどを利用して同様の利用ができると思われるので、今後検討を行いたい。

デジタルカメラについては、十分な解像度・画面サイズの液晶画面を備える機種なら、同様に顕微鏡観察個別指導用教具として利用可能であると考えられる。前述の、「顕微鏡用デジタルカメラ内蔵液晶モニター」もカメラ・液晶モニターの解像度の向上やズーム機能の付加、電池内蔵によるモバイル製の向上、価格面での改善があれば、そのまま本目的での教具として使用できる可能性を有する。ただ、背面の液晶に映っているリアルタイム画像を有線でモニター等に送ったり、撮影した写真をEye-FiのようなWi-Fi内蔵SDメモリーカードを利用して転送したりすることは可能であっても、今回示したようなWi-Fiを利用したリアルタイム画像の共有は、現在市販されているカメラでは困難である。今後そのような機能を備えた機種が出てくれば、同様の活用システムを構築できると考えられる。

今後は本教具の利用拡大のために、実践的な利用方法の検討を進めるとともに、iPod touch以外の機種への



対応も行っていく必要がある。

#### 参考文献

- [1] オリンパス システム顕微鏡BX43/53カタログ 2011年5月版 p.16
- [2] ニコン 万能投影機総合カタログ
- [3] ナリカ 教員のための理科総合サイト (<http://www.rika.com>)
- [4] 内田洋行 理化学機器カタログ (中学校・高等学校版) 平成23-24年度版 p.275
- [5] Celestron ホームページ (<http://www.celestron.com>) のデジタル顕微鏡部門 item #44430
- [6] 八鹿寛二 (1973) 生物顕微鏡の基礎 培風館
- [7] 和田智 (2009) デジタルカメラを利用した教材開発のための基礎資料 獨協大学情報センター「情報科学研究」第27号 pp.99-102

An Attempt to Develop a New Teaching Aid with iPod touch for Instructing Microscopic Observation.

DENO Takuya

*Department of Practical School Education, Osaka Kyoiku University,  
Tennoji, Osaka 543-0054, Japan*

During microscopic observations of biology in primary school, junior high school, high school, college and so on, teachers frequently encounter with difficulty to instruct their students how to use their microscopes clearly and to indicate them what they should observe exactly. It seems to be difficult for beginners to focus the specimen, choose an appropriate field of view and find the object what they should observe. In this study, author discussed commercial teaching aids for instructing microscopic observation and developed a new teaching aid for instructing individually microscopic observation with iPod touch. How to use this instructing aid during individual microscopic observation, group activity, and classroom learning was also discussed.

**Key Words:** microscopic observation practice, development of teaching aids, iPod touch , FaceTime

