

簡易拡大投影装置の自作とその活用

竹下俊治・雑賀大輔*・間賀綾音**・時澤味佳
(2013年12月6日受理)

Making and using of two types of the simple magnifying projectors

Shunji TAKESHITA, Daisuke SAIGA, Ayane MAGA and Mika TOKIZAWA

Abstract. Magnifying equipment is the basic tool for experiments of science classes. In the present study, two types of handmade magnifying projectors were developed. They were the non-screen type and the built-in screen type. Most of the materials of these projectors were obtained from the super-market or the Do-it-yourself stores. Lenses used for these tools were objective lenses and eye lenses of the common light microscope. The built-in screen type projector was used in the science class of the 1st grade of the junior high school. As the result, all students had actively observed crystals of the sodium chloride and the alum. This suggests that the handmade simple magnifying projectors were very effective for the student's activities in the science classes.

はじめに

理科では、しばしば微小な物や構造を観察する機会がある。そのための器具として、ルーペや顕微鏡が用いられる。これらは個人的な使用を前提としたものであり、複数の児童・生徒が同時に同じ物を観察したり、観察しているそのものを用いて教員が説明を加えたりするためには、ビデオカメラ等を接続して映像を画面やスクリーンに映し出す必要がある。現在では、比較的安価に顕微鏡用 CCD カメラが市販され、また、そのような専門的な機器でなくとも、三脚や撮影台を用いてビデオカメラを顕微鏡に固定することで、容易に顕微鏡像のライブ映像を取り出すことができる。映像機器が発達していなかった時代に比べると、隔世の感があり、より効果的な観察学習を実践できるようになってきたと言える。

しかし一方で、児童・生徒がそのようにして得られた映像をテレビ画面やスクリーンを通して見た際、実感を伴った観察になっていないことが危惧される。身の回りには様々な映像があふれ、意図せずとも次から次へと目に飛び込んでくるのが当たり前の子供たちにとって、テレビ画面の映

像を見た際、それが今手元にある観察物の真の姿ではなく、どこかで誰かが撮影した映像を見ているのと同じ感覚になっている可能性がある。また、画像技術の発達により、CG (コンピュータグラフィックス) で作られた実物と見紛うばかりの映像を見慣れていることで、架空と現実の境界が曖昧になっているという問題も内在していると言える。

これは、「観察」という、本来なら児童・生徒が対象物に直接的に関わるべき活動に、「(電気的な信号を介した)画像」という中間媒体が加わったことで、現実からの距離感を持ってしまうことが要因の一つではないかと考える。顕微鏡(ルーペ)を「覗く」こと、手でプレパラートを動かすと見ている物も動くこと、これら一連の動作を通じて「実感」していた機会を奪っているのかもしれない。

上記の問題を踏まえ、拡大観察装置の一つとして、簡易拡大投影装置を製作し、本稿でその構造や機能、製作法を示すこととした。その装置は、①なるべく単純な仕組みすること、②複数の児童・生徒が同時に観察できること、③「覗いている」感覚(自分が能動的に行っているという実感)

*米子市立美保中学校, **広島県立三原高等学校

が持てること、の三点に留意して製作した。また、自作する際の材料は、なるべく身の周りの物を利用し、特殊な物や特別な加工を要する物は極力用いないこととした。

拡大投影装置の構造

1. 光源

投影装置にするためには、強力な光源が必要となる。特に、顕微鏡レベルの拡大率を確保するには、使用するレンズの直径を小さくせざるを得ず、通常の電球やハロゲンランプなどでは集光装置が必須となり構造が複雑になるため、今回の装置には適さないと判断した。そこで着目したのが、現在、様々な所で使用されているLEDである。LEDは小型で強い光を発する点光源という特徴がある。今回は懐中電灯やインテリアとして市販されているLEDライトを光源として用いることとした。

2. レンズ

拡大するためには、高倍率のレンズが必要である。これには顕微鏡の対物レンズが最適である。ただし高倍率になるとレンズの直径が小さくなり、光量が制限され像が暗くなるため、10倍と40倍のものを状況に応じて使い分けることとした。接眼レンズは、より高倍率の像を得るために、必要に応じて使用した。

3. スクリーン

投影装置には2タイプがある。一つは、光によって投影された像を反射光として観察するものである。一般的な映画や液晶プロジェクターの画像がこれに当たる。もう一つは、像を透過光として観察するものである。前者は大きな像を得られる一方で、非常に強い光源が必要となる。後者は、照射された光を白色のスクリーン越しに見るため、比較的弱い光源でも鮮明な像が得られるが、より大きな像を得るためには、スクリーンの後ろ側に相応の距離が必要となり、装置全体が大型化してしまう。そこで、教師提示用には反射光型の投影装置、生徒観察用には透過光型の投影装置を製作することとした。

拡大投影装置の実際

1. 反射光型投影装置(図1)

- (1) 材料:LED懐中電灯(1灯式の明るい物)、顕微鏡用対物レンズ・接眼レンズ、塩ビパイプ、塩ビパイプ用ジョイント(バルブ用ソケット、水栓ソケット)、発砲ウレタンゴムシート(3mm)、雨樋用継手、両面テープ、シーリングテープ

(2) 製作

① 鏡筒

㊦ バルブ用ソケットに対物レンズを装着する。レンズが入らない場合は、パイプの内側をヤスリ等で削る。

① 適当な長さの塩ビパイプに接眼レンズを装着する。パイプとレンズの間隙はシーリングテープで調整し、緩みが無いようにした。

㊧ ㊦と①を連結し、鏡筒とする。

② ステージ

㊦ 水栓ソケットにプレパラートがセットできるように、幅25mm以上×高さ5mm以上の穴(スリット状)を開ける。位置は、対物レンズを装着したバルブ用ソケットを水栓ソケットに一杯にねじ込んだときに、プレパラートに接するくらいにすると良い。

① スライドガラスを置く面に、発砲ウレタンゴムシートを貼り、滑り止めとする。

㊧ 雨樋用継手の縦に切れ込みを入れ、水栓ソケットの外側に取り付けられるようにする。この継手でプレパラートを押さえて固定させる。

③ 光源

㊦ LED懐中電灯からコリメーターレンズを取り除く。分解できない場合は、枠を削り取るなどの作業が必要となる。

① LEDの先端が懐中電灯の枠よりも低い場合は、ほぼ同じ高さになるよう枠を削るなどして調整する。

④ 組み立て

㊦ 光源をステージに装着する。LEDがプレパラートに近接する位置になるよう調整する。

① 鏡筒を上記㊦に装着する。ネジが緩

くガタつく場合は、シーリングテープを巻いてややきつく回るようにすると良い。このネジでピント調整をするため、「緩すぎず堅すぎず」という、絶妙な摩擦感があると操作しやすい。

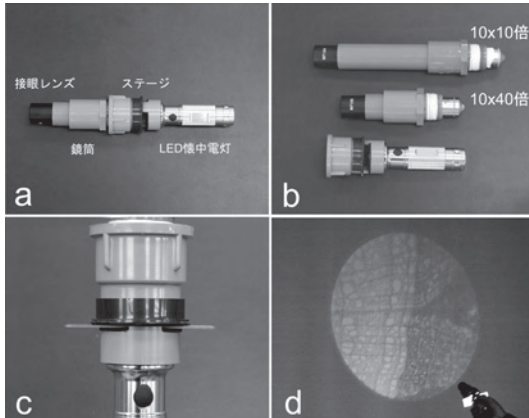


図1. 反射光型投影装置。

- a: 装置の全体, b: 倍率に応じて長さを変えた鏡筒,
c: ステージ部の拡大 (プレバートをセットした状態),
d: 壁に投影された像。

この投影装置では、光源の選択が重要である。一般に「明るい」と銘打ったLED懐中電灯は、LEDを多数使用したものや、反射鏡の効果を利用したものがある。前者では、多数の拡大像が投影されてしまい、観察には向かない。後者は対物レンズに入射する光量は少なく、像が暗くなってしまう。対物レンズの直径は小さく、そこに効率的に光を入射させるためには、一般には光源からの光を集光する必要がある。しかし、点光源のLEDを使用し、レンズとの距離を最小限にすることで、発光した光の大部分をレンズに入射させることができる。したがって、この種の装置に使用するものとしては1灯式の高輝度LEDを用いた懐中電灯が最適である。また、基盤装着型であれば砲弾型よりも高輝度のものが入手可能である。

投影される像の倍率は、レンズの倍率だけでなく、対物レンズと接眼レンズの距離や、装置とスクリーンの距離によっても変わる。当然、拡大させればさせるほど像は暗くなるので、目的に応じて適切な倍率で使用すると良い。また、10倍の対物レンズは40倍のものよりもレンズの直径が大きいため、光源のLEDをやや離すことでレンズ

全体に光が入射し、良好な視野が得られる。

この装置の利点は、懐中電灯に顕微鏡の鏡筒を付けただけのような簡単な構造であり、したがって縦横無尽に動かして天井や壁、生徒の机のように、投影する場所を選ばないことが挙げられる。また、ピント合わせを塩ビパイプ用ジョイントのネジ部で行えるようにしてあり、誰でも簡単に使うことができる。

製作する上で障害となるのは、加工が難しい点である。今回用いたのは水道管用の塩ビパイプであるため、肉厚があり加工がやや難しい。ちょうど良いサイズのパイプ状のものを市販品の中から探すのは非常に難しいが、サイズが豊富で、ネジでピント調整できるような汎用的な部材としては水道管用の塩ビパイプが最も入手しやすく、今回はやむを得ないと判断した。しかし、塩ビ製にこだわらなければ、例えば食品ラップの筒などボール紙の筒でも製作可能である。また、ネジではなく、二重の筒をスライドさせることでピント調整するものなら、ジョイント部が不要になり、部材として使用できる筒状のもの選択肢が広がる。

2. 透過光型投影装置 (図2)

- (1) 材 料: LEDランプ (砲弾型白色LED 1灯式の明るい物, 卓上用), 顕微鏡用対物レンズ, コーヒーの空き缶 (ネジ口式), ビニールシート (白色のビニール袋を広げた物), セロハンテープ
- (2) 製 作
 - ① スクリーン付き鏡筒
 - ⑦ コーヒー缶の蓋二つに接眼レンズのネジ部が通るサイズの穴を開ける。なるべくぎりぎりの大きさにすると良い。ドリルで穴を開けた後、ヤスリで微調整する。旋盤があれば作業の効率は飛躍的に向上する。
 - ⑧ 蓋を背中合わせにし、一方からレンズをねじ込み固定する。抜け落ちさえしなければ、どんな固定の仕方でも問題ない。
 - ⑨ コーヒー缶の底をくり抜き、白色のビニールシートを被せてセロハンテープで固定する。
 - ⑩ ⑧のレンズが外に向くように⑦に蓋をしっかりとねじ込み、不用意に回らないように固定する。

② 光源

今回は100円ショップで購入した、インテリア用小物のLEDを砲弾型白色LED（100円ショップで入手したキーホルダーを分解）に付け替えたものを使用した。

③ ボディ・ステージ

㊦ コーヒー缶を真ん中で切り、上下二つに分ける。

㊧ 上側の缶に、プレパラートがセットできるよう、幅25mm以上の切り欠きを作る。高さは缶にもよるが、今回は肩の部分よりもやや上までにした。

㊨ 下側の缶には、光源となる卓上用LEDランプを入れ、LEDの先端が缶のふちギリギリになるよう、缶の縁を切り取るか、ランプを高くして調整する。

④ 組み立て

㊩ 鏡筒下部（レンズ側）の蓋をボディ・ステージの上部にねじ込む。蓋をしっかりと締めたとき、レンズがプレパラートに近接する位置になるよう、各部を調整する。

㊪ 鏡筒下部（レンズ側）の蓋のネジを利用してピント調整をする。

本投影装置と同様の原理を用いたものとして、光学顕微鏡の接眼レンズ部にスクリーンを装着したものが既に市販されているが、光源の光量が不足するため、スクリーンに投影された像は非常に観察しにくいものであった。しかし、本投影装置は、光源にLEDを用いることで鮮明な像を得ることが出来た。接眼レンズは、40倍のものより10倍のものの方が明るく鮮明な像が得られた。実際に活用する場面を考えると、より高倍率で観察したいが、高倍率にするほど微妙なピント調整が必要になるため、プレパラートの操作や装置全体の安定性を考慮すると、10倍の対物レンズの方が利便性が高いと言える。また、光源に安価な砲弾型LEDを用いており、40倍の対物レンズでよりも直径が大きい10倍のレンズの方が、発せられた光を有効に使っていると言える。したがって、仮に高倍率で観察したい場合は、鏡筒長を長くする方法が適しているであろう。

拡大投影装置の活用

本稿で取り上げた拡大投影装置は、児童・生徒

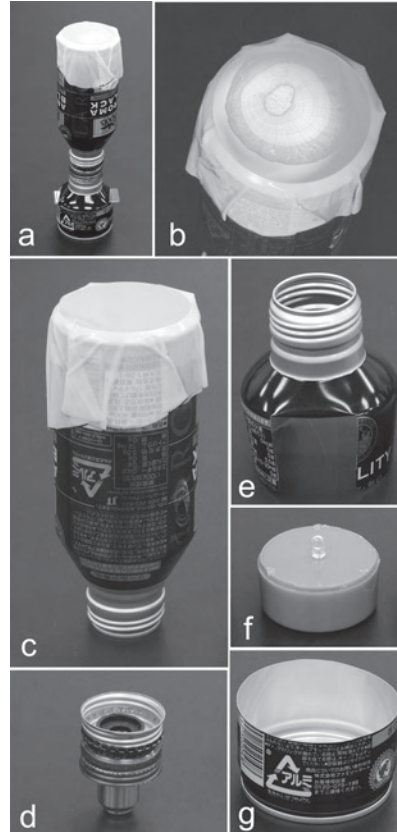


図2. 透過光型投影装置.

- a: 装置の全体. b: スクリーンに表示された像.
- c: 鏡筒上部. d: 対物レンズ部の拡大.
- e: フード. 接眼レンズをセットし、ネジ部分でピント調整ができる。フード下端の切れ込みでプレパラートを押しさえる.
- f: 光源ランプ. g: ステージ.

に作らせることは想定していない。あくまでも教師が自作し、授業で活用するものである。その活用場面は、授業の導入での使用から、児童・生徒が実際に行う観察活動の器具としても全く問題なく使用可能である。レンズ系は光学顕微鏡のものを使っており、精度は十分に確保されている。反射光型投影装置では、教師が準備したプレパラートだけでなく、児童・生徒が作製したプレパラートを、すぐにその場（子どもの横）で投影し、クラス全員で観察するというパフォーマンスも可能である。透過光型投影装置は、観察活動をする各班に配置し、上部のスクリーンに映し出される像を班員で観察できる。スクリーンが上方を向いており、どの位置からでも観察ができるのが利点である。

これらのうち透過光型投影装置を、中学校第1学年理科「身のまわりの物質」において、水溶液を冷却して得られた結晶（塩化ナトリウム、ミョウバン）の観察に使用し、生徒の反応を観察した。通常の顕微鏡を用いた場合、準備や操作に時間がかかるが、自作した投影型顕微鏡ではすぐに観察を始めることができた。そのため、結晶形の比較などグループでの学習活動に焦点を絞って授業を行うことができた。

生徒による第一印象は、「何これ？」という声からも分かるように、期待はずれであったようだ。しかし、実際にプレパラートをセットし、上部のスクリーンに結晶が拡大して映し出され際には、皆一様に驚きの声と共に、熱心に観察していた。ある生徒は、装置の構造に興味を持ったらしく、手にとって色々な角度から装置を観察していた。手作りの粗末な装置に、「こんなもので本当に見えるのか」「いったいどのように見えるのだろうか」といった好奇心に根ざす興味や関心を持たれたことが、観察する際の意欲につながったと推察される。

この例が示すように、本稿で紹介した装置は、生徒の簡単な操作で観察物を拡大できる道具として非常に優れている。しかし一方で、改善の余地も残されている。たとえば透過光型では、光源との関係で、10倍の対物レンズとの相性が最適であり、現状では観察に適したものが限定される。また反射光型では、きれいな像を観察するには部屋が暗い方が良く、生徒の記録活動との両立は難しいであろう。本格的な観察は顕微鏡で行うことが

最善であることは言うまでもなく、これらの装置が顕微鏡の代用になるとは考えられない。とは言え、操作の容易さ、複数で同時に観察できるという特徴から、本装置を授業の導入部や大まかな観察をする際には、有効に活用できる装置であると考えられる。

同様な拡大投影装置は、スライド映写機を用いて投影する方法やオーバーヘッドプロジェクター（OHP）が知られているが、それらに比べて本装置は小型で可搬性に優れることから汎用性が高く、普通教室でも使用できるという利点がある。また市販されている物（製作キットも含む）に比べ、手作りの教具は児童・生徒の興味・関心を引きやすく、観察活動の積極性の向上も期待できることが、九十九ほか（2007）や、筆者らが現職教員を対象に行ったアンケート調査およびインタビュー調査により明らかにされている。

本稿で取り上げた拡大投影装置の材料は、レンズを除きホームセンターや100円均一店などで入手可能なものがほとんどである。レンズは顕微鏡用を用いたが、それも現有の顕微鏡のものや予備のレンズを活用すれば新たに購入する必要はない。また、竹下・向（2011）で示された自作顕微鏡の対物・接眼レンズ部を改良して用いると、製作するための部材に特殊なものは皆無となる。また、より身近な素材の利用として、缶飲料のネジ口式の缶のみを装置の主要部に用い、反射光型と透過光型の両者を1台の装置で使い分けられる、いわゆる「ハイブリッド型」の投影装置も試作した（図3）。工夫次第でこのような物も製作でき

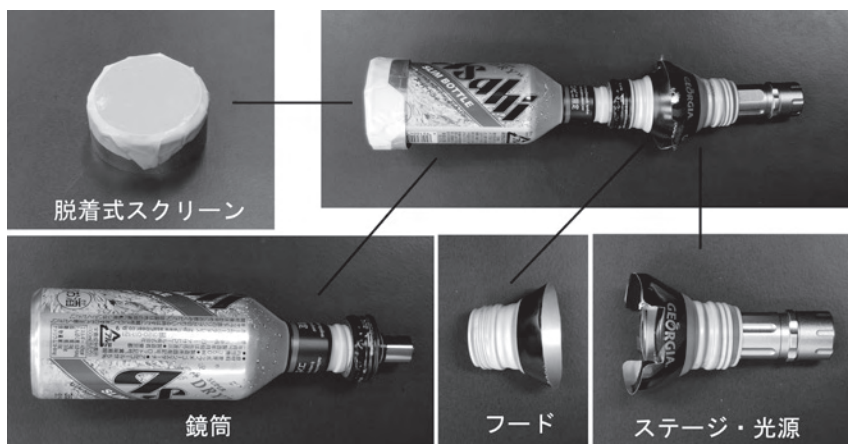


図3. ハイブリッド型投影装置。

ほぼ全ての部位を空き缶で作製した。スクリーン部を脱着可能にしたことで、反射光型と透過光型の使い分けができる。

るという例である。

今回の装置には、いずれも市販のLED懐中電灯やインテリア用のLEDランプを使用した。現在、各種通信販売を利用すれば、LEDのみ単品で購入することができる。その中には非常に高輝度で小型のLEDもあり、放熱板を装着したものを通常の光学顕微鏡にセットすると、そのまま壁に投影できる映写機を作ることができる。現在は未だ試作段階であるが、市販の電源アダプターを利用し、顕微鏡への装着法を若干改良するだけで、実用的なものになると考えている。

おわりに

もの作りを基本とした教材・教具の開発には、取り組む者にアイデアや技量が要求される。これには各人の経験が大きく影響するが、まずは他人が作ったものを模倣してみることで、自分なりの改善点を見いだすことができ、その点に工夫を加えてみながら、自分のものにしていく過程が重要であろう。井出(1988)も述べているが、「教材・教具の自作」を通して児童・生徒に何を伝えたいのかを考え、自分の目的に沿うよう改良することで、十分な指導上の効果が期待できる。これは、教材・教具の自作は、単に教員自身の工作技術向上だけでなく、自作のプロセスを通して、対象とする授業の目標や目的を明確化でき、教員自身がそれを再確認できるというメリットも示している。渡邊(2010)の言うように、素材を教材へ進化(深化)させることを半ば楽しむことも大切である。

現在、様々な工業製品があふれ、わざわざ自作しなくとも、目的にかなった機器や装置は入手可能である。それらはデザイン的にも洗練されており、使用する上でも便利なものが多い。これは消

費者の要求に応えるべく改善を重ねた生産者の努力の賜物であることは言うまでもない。その非常に完成度の高い製品を使用することで、正確な観察や精密な実験を行えるようになった反面、教師は、観察・実験にはそのような特別な機器が必須であると思ひ込み、ちょっとした工夫で簡単な観察や実験ができることに気付かなくなっているのではないだろうか。その「工夫」をするには、目的とする観察・実験の教材的意義や原理を理解しておく必要がある。そういう意味で、教材・教具の「ちょっとした工夫」は、授業改善の一步に通じると言えよう。

謝辞

本稿で取り上げた拡大投影装置を用いた授業実践では、対象となった中学校の先生方のご配慮に深く感謝申し上げます。また本研究の一部は、科学研究費基盤研究(A)(25242015)の助成を受けて行った。この場をお借りして御礼申し上げます。

参考文献

- 井出耕一郎, 理科教材・教具の理論と実際, 東洋館出版社, 155-163, 1988.
- 竹下俊治・向平和, 身近な素材を用いた教材・教具の開発—自作顕微鏡の構造と機能—, 学校教育実践学研究, 17:109-113, 2011.
- 九十九絵理・竹下俊治・古賀信吉, 興味関心を高める理科授業実践—自作顕微鏡による観察を通して—, 学校教育実践学研究, 13:179-184, 2007.
- 渡邊重義, 原石(素材)から宝石(教材)へ—創造的な素材の教材化を楽しもう!—, 理科の教育, 59:5-8, 2010.