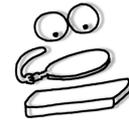


実学講座

金属材料実験の手引き



1. 組織観察

1-1 光学顕微鏡を用いた組織観察

山本剛久\*



1-1-1 はじめに

金属組織学という学問分野があるように、金属系材料では組織に関する知見を得ることは極めて重要です。その観察手段の一つとして最も身近な方法は光学顕微鏡でしょう。この項目では、金属系材料(セラミック材料などでも構いません)に関する卒業論文研究を始めるような初学者を対象として、光学顕微鏡を用いた組織観察方法の初歩の初歩を解説していきます。光学顕微鏡には様々な機種が用意されています。本稿では所属する研究室で触れることが多いと思われる一般的な反射型(落射型)の正立型光学顕微鏡(金属顕微鏡、工業用顕微鏡と言われることもあります)を対象とします。小難しい話はひとまず抜きにしてという読者の方は、1-1-10の操作方法(観察の流れ)のところから読まれても構いません。

1-1-2 組織を観察するということ

光学顕微鏡に関わらず組織を観察するときには、目的とする組織が大よそどんなものであり、そのスケールはどれくらいなのかについて少しは予想できていないと肝心な組織を見逃すかもしれません。対象が1 nm 程度なのに、光学顕微鏡で見ようとしてもそれは無理ですよね。光学顕微鏡の分解能は0.2 μm 程度です。さて、組織が見えるということを考えてみましょう。組織が見えるようにするためには、観察視野中の場所で明るさの違いが無くてはなりません。キズが全くないように単結晶金属を完璧に研磨して、それを光学顕微鏡で見たとします。ただ明るいだけで全く何も見えません。この研磨した表面に傷をつけてみます。すると、その傷が見えます。これは、傷が暗く見えているから、線状の像として傷が見えているのです。この明るさの差のことをコントラストと言います。差が大きい場合には、コントラストが高い(強い)と表現します。コントラストが高い像ほどきれいに見える傾向にあります。このコントラストという言葉と対で使われるブライツネスは、そのコントラスト全体の強度の高い低い

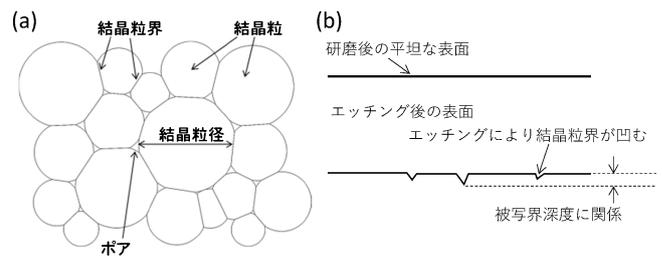


図1 (a)多結晶体の結晶粒組織模式図、(b)粒界エッチング処理を行う前後の表面断面模式図。

組織を観察するためにはコントラストが現れるように試料を前処理する必要があります。例えば、結晶粒径を見るためには、その境界となる結晶粒界にコントラストを与える必要があります。一般的な方法としては、鏡面研磨処理を行った試料表面を腐食して、(b)に示すように結晶粒界を僅かに凹ませる前処理(エッチング処理)を施します。凹んだ箇所では、光が散乱する確率が増加するので、対物レンズへ取り込まれる反射光の強度が減少し、結晶粒内よりも暗く見えるので、結晶粒界が線状に見えるようになります。(明視野観察の場合)

に対応します。光学顕微鏡では、コントラストは何で決まるのでしょうか? 反射型の光学顕微鏡であれば試料表面からの反射光強度の差、透過型であれば、透過光強度の差に依存します。ですから、組織を見るためには光の強度に差が生じるようにすればいいということになります。傷が暗く見えるのは反射の際に散乱されるためです(後述する暗視野観察の場合には、逆に明るく見えます)。ただ漫然と光学顕微鏡で眺めているだけでは、上手く組織を観察することはできません。試料の適切な前処理が必須です。図1を参照してみてください。また、試料の前処理については1-4を参照してください。

1-1-3 光学顕微鏡の構造の概略

図2は落射型光学顕微鏡の外観、図3は光路の模式図を示しています。図2の機種では、照明光を上方から試料上に照射するので落射型と呼ばれています(対物レンズは下向きに取り付けられています)。試料から反射してきた光で組織

\* 名古屋大学大学院工学研究科; 教授(〒464-8603 名古屋市千種区不老町)  
 Keywords: optical microscope, microstructure, photomicrograph, stereomicroscope, metallographic structure, aberration, resolution  
 (光学顕微鏡, 組織, 組織写真, 実体顕微鏡, 金属組織, 収差, 分解能)  
 2020年12月17日受理[doi:10.2320/materia.60.102]



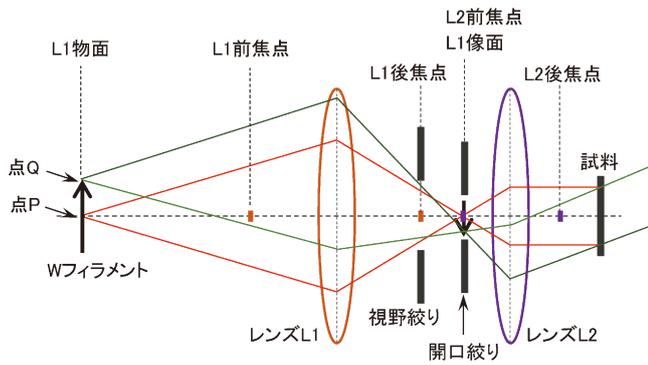


図5 ケラー照明の模式図。

左側レンズ L1 の像面位置に、右側レンズ L2 の前焦点位置が位置しています。W フィラメントの光軸上の点 P から発せられた赤線で示す光は、レンズ L1 で光軸上へ投影されます。その位置はレンズ L2 の前焦点位置にあるので、L2 によって平行に試料へ投影されます。同様に、W フィラメント上の各点から発せられた光は、平行光となって、広がって試料上へ投影されます。例えば、W フィラメントの点 Q から発せられた光を確認してください。図中に示した視野絞り、開口絞りの位置関係も確認してみましょう。視野絞りを狭くする(絞る)と試料上に照射される領域が小さくなります。開口絞りを絞ると、その位置に投影されている W フィラメントの像の範囲が制限されることが分かります。図は照射光に関する模式図を示しています。実際には、レンズ L2 と試料の間に対物レンズが位置しています。開口絞りの径(絞りの度合い)は、開き角を変化させます。

みましょう。図5は、ケラー照明の原理を模式的に示しています。機種にもよりますが、基本的には二つのレンズが組み合わされた光学系で構成されます。レンズが配置している位置に注目してください。一つ目の左側のレンズ L1 で W フィラメントが投影される位置(像の位置)が、二つ目の右側のレンズ L2 の前焦点位置と一致するように配置されています。W フィラメントの光軸上の点 P から発せられた光は、赤実線で示した光路を進んで、光軸上の一点に集光します。この位置は上述したように二つ目のレンズ L2 の前焦点位置ですから、集光された光は二つ目のレンズ L2 で平行光となって試料へ照射していきます。W フィラメントの点 Q から発せられた光は、緑線を進んで L2 の前焦点位置に描かれている矢印の先端に集光されます。同様にこの集光された光はレンズ L2 によって平行に試料へ照射されます。このように W フィラメント上の光全ては試料上に平行に重なって照射されることとなります(試料上への入射角度は異なりますが)。つまり、W フィラメント上で光にムラが存在しても、一点、一点からの光が広がってすべて重なるように試料上へ照射されるので、そのムラが無くなるということになります。

ケラー照明の利点はこれだけではありません。図中には二つの絞りが描かれています。図2, 3にも同様にこれら二つの絞りが描かれています。それぞれは視野絞り(Field stop)、開口絞り(Aperture stop)、と呼称されている絞りで、組織を観察する時には、これらの絞りの調整が必要です。視野絞りは不必要な箇所からの光をカットするため、開口絞りは投影される像の分解能とコントラストに関係します(厳密には明るさも)。

### 1-1-4-2 視野絞りと開口絞り

顕微鏡をのぞいて実際に見ている領域を実視野と言います。この実視野以外のところに光が当たっていると、ノイズとなって像の質が低下します。不必要なところに無駄に光をあてる必要はありません。この大きさを調整するのが視野絞りです。実際に大きく絞ってみましょう。接眼レンズから覗いていると絞りの影が視野内に現れてくるのが分かります。観察している領域(実視野)の大きさに合うよう絞りの径を調整しましょう(実視野の外周よりもほんの少し外側です)。ちなみに、絞り込んだ時に、絞りで作られる小さな穴の位置が、視野の真ん中に正しく来るように調整されていることが必要です。この調整法は機種にもよりますが、絞りの位置を機械的に調整する(視野の中心に持って行く)ネジがあるはずで、一度確認してみてください。

次に、開口絞りをいじってみます。開口絞りは後述する開き角を変える役割を担っています。開き角は大きいほど分解能が高くなります。ところが、それ以外にも以下に述べるような効果も表れます。この絞りを絞り込むと像はどう変化するのでしょうか？絞り込むと、像のコントラストが高くなってきませんか？広げてみましょう。今度はコントラストが低くなります。厳密には違うのですが、この絞りを使うと表面の傷を見にくくすることもできます。金属試料を観察する時には、多くの場合、研磨を行っていますよね。この時にどうしても傷が残ってしまうことがあります。開口絞りを絞り込んでいるとコントラストが高くなるとともに、実は被写界深度も深く(大きく)なります。被写界深度は、試料の上下方向にどれくらいの範囲でピントが合っているように見えるかに対応する大きさです(次項で説明します)。被写界深度が深いと試料表面の傷もよく見える(目立つ)ようになってしまいます。厳密にいうと、開口絞りの径は用いている対物レンズで決まりますが、応用としてここに述べたような使い方もできます。コントラストと分解能の兼ね合いをつけて、少し調整する癖をつけてみましょう。

前項でケラー照明について説明しました。この照明法は、試料に均一な光を照射すること、絞りをを用いて視野の制限や照明光の明るさを個別に調整することができることを、実現できる素晴らしい方法なのです。

### 1-1-4-3 被写界深度と低倍観察時のピンボケの話

高い倍率で像を撮影するときには、振動やピンボケ(焦点はずれ)に自然と注意しますよね。このピンボケをちょっと考えてみましょう。レンズの光線図を見ると、ピントの位置は厳密に決まっているはずですが(図4)。ところが、我々の目で像を見た時にピントがわずかにずれていてもピントがずれていないように見える範囲が存在します(図6)。これを被写界深度と言います(物面側での深度のことを被写界深度、像面側を焦点深度と言います)。高倍の場合には試料上に照射される光の角度が大きくなるために、この被写界深度は小さくなります。ですので、試料ステージを僅かにずらしても、ピントがボヤッとずれるのがすぐわかります。低倍の時には、照射角度が小さくなるために、この被写界深度が深くな



図6 被写界深度の例。  
(a)絞りを開放(径を広げています), (b)絞りを絞っている(径を小さくしています)  
ここでは一眼カメラを用いてキーボードを斜め上方向から撮影した例で示しています。絞りは、開口絞りに相当します。絞り込むと、ピントが合っている奥行きが増加しています。この状態は、光学顕微鏡の試料観察での表面キズや凹凸がよく見えている状態に相当します。

ってしまいます。つまり、ステージを僅かに動かしてもピントの変化が分かりにくいのです。ピントが合っていると思って像を撮影しても、その写真を見るとボヤっとした像になっていたということが低倍撮影ではしばしば生じます。コツとしては開口絞りを広げて、ステージを動かしてピントを合わせたのちに、その絞りを適正な位置まで少し絞り込むとピントを合わせやすいかもしれません。

### 1-1-5 対物レンズ

図4で点Pから発せられた光がレンズで点P'に投影される時には、レンズの外側を通過した光と光軸に近い位置を通過した光が集光してきます(点Pから発せられる光は図4において赤線で描いた光だけではありません。レンズに入ることができる範囲内の光となります)。これらの光は、レンズに入射する角度によって進行する距離が異なりますから、集光される点P'で位相が異なり、その結果、互いに干渉することとなります。この干渉によって、点Pから発せられた光である点光源は、円環状に投影されます。投影される像がボケることになります。このボケを与える要因のことを収差といい、ここで述べた収差のことを回折収差と言います。回折収差は、分解能に大きく影響します。回折収差に起因する分解能 $\delta$ は、

$$\delta = \frac{0.612\lambda}{n \sin \theta} \quad (1)$$

で表されます。 $\lambda$ は波長、 $n$ はレンズの屈折率、 $\theta$ はレンズ

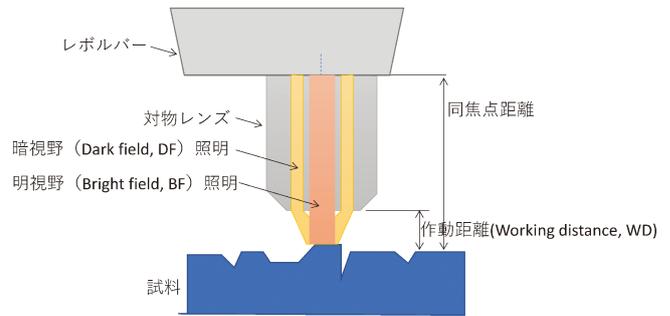


図7 対物レンズと試料の配置、および、明視野・暗視野観察の模式図。

ピントが合っているときの対物レンズから試料までの距離を作動距離、レボルバーの下面から試料までの距離を同焦点距離といいます。暗視野観察は、対物レンズの外周から照明光を落射させて試料に対して斜めから照射します。傷などの凸凹や細い線状の物体などが見えやすくなります。

から試料上に収束する角度(開き角)です。分解能を高く(式(1)では左辺の $\delta$ が小さい)するためには、ここでは $\lambda$ は一定なので、屈折率を大きくするか、開き角を大きくします。このことから、 $n \sin \theta$ が分解能を表す指標の一つとなることが分かります。この $n \sin \theta$ は、開口数(Numerical aperture, NA)と呼ばれ、対物レンズの分解能を表す値の一つとして用いられています。NA値が大きいほど分解能が高いレンズということになります。今ではあまり用いられていませんが、屈折率をより大きくするために、試料上面に油を垂らして対物レンズ面をその油に含浸させて観察する方法もありました(含浸レンズと言います)。対物レンズの性能に影響する収差は他にもあります。後述の収差を参照ください。

以下、対物レンズに関して知っておくべき項目を説明します。

- **作動距離(Working distance: WD)** : 図7に示すように対物レンズ先端からピントが合った時の試料面までの距離のことを指します。この距離が短いと式(1)で示すように開口数が大きくなりますから分解能が高いレンズということになりますね(レンズ構成にも依存しますが)。高倍のレンズほど試料を近づけて観察した経験があるかと思います。100倍の対物レンズで1mm程度の作動距離でした。不慣れな場合にはレンズを試料にぶつけてしまうことがあり、非常に危険です。そこで、最近ではこの作動距離が長い長作動レンズが一般的に使われるようになってきました。作動距離が長くてもうまくレンズ群が工夫されて、高い分解能が確保されています。倍率にもよりますが作動距離が10mm以上の対物レンズも用意されています。レンズを選択する機会があるときには一度確認してみましょう。

- **レボルバーの回転と対物レンズ先端の位置** : 対物レンズの長さと同焦点距離を合計した長さを同焦点距離と呼びます。レボルバーに設置されている対物レンズの種類によってこの同焦点距離は変化します。同焦点距離を予め確認しておかないと、観察しているときに無意識にレボルバーを回転させたときに対物レンズを試料にぶつけてしまうことになるかもしれません。全ての対物レンズでピントを合わせてステージの高さ位置との関係を予め知っておくことが事故を防ぐために

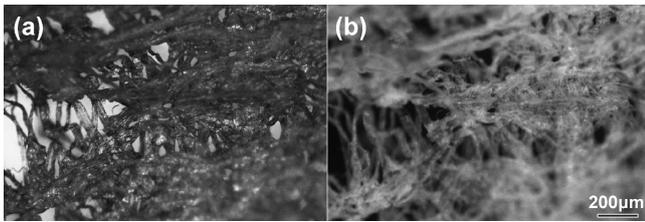


図8 (a)明視野像と(b)暗視野像の例。  
試料は不織布の紙を使っていますので、被写界深度から外れてぼやけている部分が見えます。暗視野像では細かい繊維が見やすくなっていることが分かります。

必要です。

- **明視野観察(BF)**と**暗視野観察(DF)**：普段意識せずに使用している観察方法は明視野法です。これは、試料表面に光を照射して反射してきた光をそのままレンズに取り込んで観察しています。つまり、反射面がレンズ方向に向いている箇所ほど明るく見えるということになります。これに対して、暗視野観察では光を円環状に試料へ照射(試料に対して斜め方向)して観察します。大雑把に述べると、表面から傾いている箇所からの反射光が、よりレンズ方向へと進みやすくなりますから、明るく見えるようになるということになります。表面のキズなどの凹凸を強調して観察することができます。観察には、円環状に光を照射できる照明機構と、その光を外周部から試料上へ照射できる機能が付加されている対物レンズが必要となります。図2ではこのBF/DF切り替えレバーが見えます。図8に明視野、暗視野像の一例を示しますので参照してください。

- **収差**：光が収束(レンズに入射する光束が制限)して干渉することで生じる回折収差(前述)は、光学顕微鏡の分解能を制限する一つの要因であることを述べました。これ以外の収差として、球面レンズが有しているザイデル収差(広義の球面収差)と光の波長の違いに起因する色収差などが像の分解能に影響します。ザイデル収差は、狭義の球面収差、コマ収差、非点収差、像面湾曲収差、歪曲収差の5種類に分類されます。これらの収差は、凸レンズと凹レンズで正負の値を持つので、多くの対物レンズでは凸レンズと凹レンズとが組み合わされてこれらの収差が補正されています。現在では球面収差は補正されており、さらに、プランタイプの対物レンズでは、それ以外の収差も補正されています。一方、色収差は屈折率が波長に依存していることが原因で現れます。太陽光をプリズムにあてると虹色に分かれて光が進行するのと同じ要因です。白色光を用いるとピントの位置がその色によって変化するため、像がボケることとなります。対物レンズにはこの色収差をできるだけ補正できるよう工夫されたものが用意されています。色収差をどの程度(どの波長)まで補正できるかによって、アクロマートタイプ(赤と青を補正)、アポクロマートタイプ(赤と青(アクロマート)と紫を補正)、フルオリート(アクロマートとアポクロマートで補正する波長のさらに中間程度の波長まで補正)など各種用意されています。

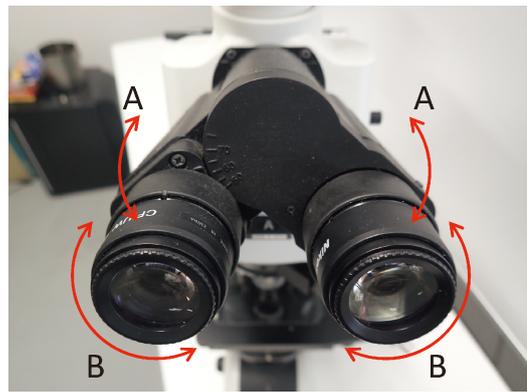


図9 接眼レンズ。  
両眼のレンズの間隔は矢印Aのように動かすことで調整できます。また、視度は、矢印Bで調整できます。

### 1-1-6 接眼レンズ

図9は接眼レンズを示しています。接眼レンズの倍率と用いている対物レンズの倍率の積が観察倍率となります。実視野の大きさに関わる視野数(接眼レンズで見ることができる範囲。この値が大きいほど見える範囲が広がります)や観察時の目の位置(接眼レンズから観察位置までの距離：アイポイント)など接眼レンズにも様々な種類が用意されています。接眼レンズの横に表記されているので興味があれば一度確認してみるといいでしょう。ところで、接眼レンズの調整は観察時の目の疲労に関わります。図に示すように二つの接眼レンズの間隔を両眼の幅に合うよう調整し、視度も適切に調整しましょう(1-1-10の操作方法(観察の流れ)の項を参照)。観察時にスケールや方眼などを視野中に表示できるレクチルを設置することもできます。

### 1-1-7 試料ステージ

試料ステージはピントを合わせるときの上下移動、試料位置を変更するためのXY移動、特殊なものでは回転させる機能を有しているものもあります。普段特に意識せずに使用しているかと思いますが、便利な機能もあります。ステージの上下駆動ダイヤルのところに目盛が付されている機種であれば、ステージの高さ位置を、そこから読み取ることができます。この目盛を活用すると、試料上の凸凹の高さを大よそ見積もることも可能です(図2を参照してください)。この時には、できるだけ高倍の対物レンズを使い、開口絞りを開放にした状態でピント位置を記録してください。

### 1-1-8 その他

#### 1-1-8-1 フィルターの役割

主に試料へ照射する光の強度や色温度を調整します。設置されている箇所は光源の近くです(図2を参照してください)。ひとまず試料を観察したい場合には特に問題とありませんが、組織写真を正しく撮影するときには、照射する光の質に注意を払う必要があります。出力を変更すると光源であ

る W フィラメントの温度が変わるため、照射光の波長分布が変わります(色温度と表現します)。この波長分布を自然光に近い分布に調整するのが色温度調整フィルター(LBD フィルター)です。W フィラメントの波長分布を、色温度調整フィルターで調整できる範囲とするために、W フィラメントの電圧を規定値にします。多くの場合、規定値に合わせるためのスイッチが装備されていますので、使っている光学顕微鏡の操作方法マニュアルを確認してみてください。また、この状態で試料を観察すると、金属系試料では往々にして明るすぎてハレーションを起こすことがあります。これを減光するためのフィルターが減光フィルター(ND フィルター)です。もちろん、この目的以外にも減光することが必要あれば随時使用してください。

#### 1-1-8-2 偏光フィルター(ポラライザーとアナライザー)

一定方向のみの偏光成分を透過(光を直線偏光させる)するフィルターです。図10を参照ください。照射系に設置されているのがポラライザー(偏光子)、試料からの反射光が接眼レンズへ向かう光路に設置されているのがアナライザー(検光子)と呼ばれます。互いの回転角度が調整できるようになっています。立方晶系の場合には、光学軸に対する偏光方向に変化は生じません(光学的等方体)が、それ以外の結晶系では、偏光方向が異なる2つの反射光に分かれます(光学的異方体)。これを複屈折を起こすと表現します。偏光フィルターを用いると、この光学的等方体と異方体とを区別することができたり、光学的異方体の結晶軸方向などの情報を得ることができます。例えば、偏光フィルターを互いに直角となるように回転角度を調整します。この状態を、クロスニコル

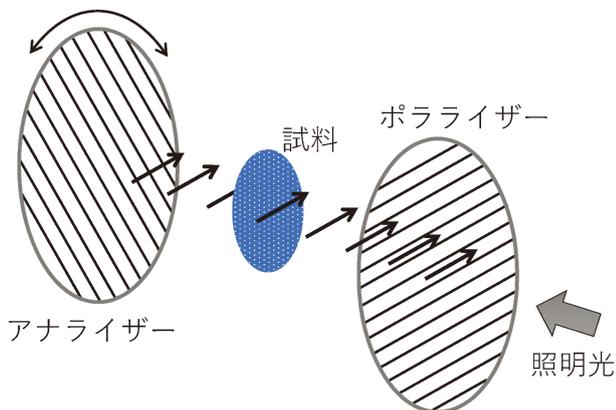


図10 偏光フィルター(ポラライザーとアナライザー)の作用。(図は透過型光学顕微鏡で示しています)。偏光フィルターは一定方向の偏光成分を通過させます。図は、右側のブロック矢印方向から照明光が入射しています。照明光は、ポラライザーで直進偏向の光となります(図中の矢印)。試料が光学的等方体の場合には、ポラライザーで直線偏光となった照明光の偏光成分は、変化せずにそのまま試料を透過して進行します。光学的異方体の場合には、偏光成分が変化して図中の矢印方向が回転して進行します。例えば、ポラライザーとアナライザーの偏光方向を直角(直交ニコル)とすると、光学的等方体の場合の透過光は、アナライザーを通過できる偏光成分を有していないので、通過する光の強度は無くなります(暗くなります)。図は透過光で示していますが、反射タイプの光学顕微鏡では、試料から反射した光がアナライザーへ向かうこととなります(図3を参照)。いずれも考え方は同じです。

(直交ニコル)と呼びます。試料が光学的等方体の場合には、ポラライザーによって直線偏光がかけられた光が試料上で反射しても、その偏光方向は変化しません。従って、クロスニコルの状態では反射光は、その方向と直角に設置されたアナライザーを通過できなくなります。この試料中に光学的異方体のものが含まれている場合には、その箇所からの反射光には偏光が生じているので、アナライザーを通過する成分が生じ、明るく見えることとなります。図2はXYステージとなっていますが、偏光フィルターと回転ステージを組み合わせる場合もあります。

#### 1-1-9 実体顕微鏡と光学顕微鏡の違い

図11は実体顕微鏡の外観です。実体顕微鏡はその名の通り試料を立体的に観察することができます。これまで述べてきた光学顕微鏡との違いは、実体顕微鏡では両眼視差(それぞれの目で観察する角度)が維持されていることです。図11に示すように、接眼レンズからの光軸は両眼ともに用意されている(光軸が二つ)ことが光学顕微鏡との大きな違いです。二つの光軸で物を見るのでどうしても分解能が制限されてしまいます。ただし、被写界深度も深く、両眼視差が維持されているので、物体を立体的に捉えられる大きな利点を有しています。実体顕微鏡の倍率の変更は、レンズの移動を使ったズーム投影で行っています。対物レンズを入れ替えて変更していません。倍率を変更するとピントが僅かにずれる場合があ



図11 実体顕微鏡の例。図中に示すように、実体顕微鏡の場合には視野角を維持した2つの(両眼それぞれの)光軸を有していることが特徴です。視野角を維持したまま物体を観察できるので、物体を立体的に見ることができます。

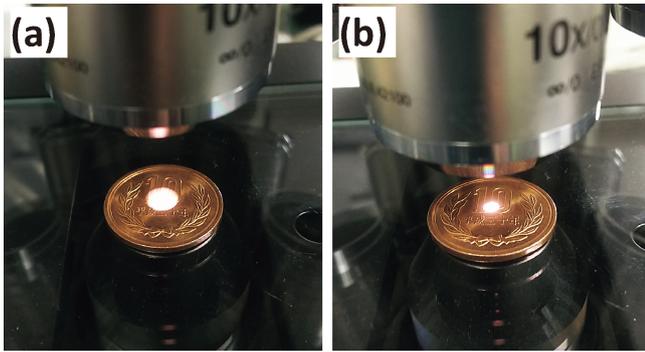


図12 ピント位置になるステージ高さ位置を大まかに知る方法の例。(a)ピントが大きくずれている状態、(b)おおよそピントが合っている状態

ステージにコインなどを置きます。ステージを下げた状態から高さを上げていくと、コイン上の照射半径が小さくなって、再び大きくなるのが分かります。最も小さく見えるステージの高さ位置が、大よそピント位置に近い状態です。10倍以上の対物レンズの方が、この変化が分かりやすいと思います。一度、全ての対物レンズで確認しておく、レボルバーを不意に回転させてしまった時に生じやすい事故を防げます。

りますので、その都度ピントを合わせる必要があることを覚えておきましょう。

### 1-1-10 観察の流れ

この項では組織写真を撮影するまでの流れを説明していきます。試料の前処理については、1-4で説明される組織観察のための試料調整を参照してください。

- 光学顕微鏡の調整**：まず初めに接眼レンズ・カメラ切り替えレバーを接眼レンズ方向へ移動し、各絞りの開放、各種フィルター位置の確認などをしてください。ポライザーとアナライザーが装着されている場合には、回転角度が平行になっていることを確認してください。直角位置にセットされていると、反射光が見えない場合があります。次に、ステージを下げて、一時的に利用できる適当な物、例えば、コインなどを置きます。レボルバーを回転させて低倍の対物レンズをセットします。照明のスイッチを入れて、適当な明るさに調整します。するとコイン上に照明光が見えます(図12参照)。ステージを横から見ながら対物レンズ近くまでステージをゆっくりと上げてみてください。この時、コイン上の照明光の半径は、ステージの上下動とともに変化するのが見えます。ステージを上方へ移動させると、半径が小さくなり、再び増加する様子が分かります。最も小さくなったときのステージ高さ位置が、用いている対物レンズのピント位置近傍です。この時のステージの高さ位置と対物レンズ先端からコインまでの距離を大よそ記憶しておきましょう。また、装着されている全ての対物レンズで同様に確認しておきましょう。レボルバーを回転させて対物レンズを切り替えるときの事故を防げます。

- 接眼レンズの調整**：接眼レンズの幅を両眼の幅に合わせます(図9の矢印Aの調整で両眼の幅に合わせます)。最初は戸惑いますが、両眼で見えるように慣れてください。調整できたと思ったら、片目ずつそれぞれ視野が見えているかを

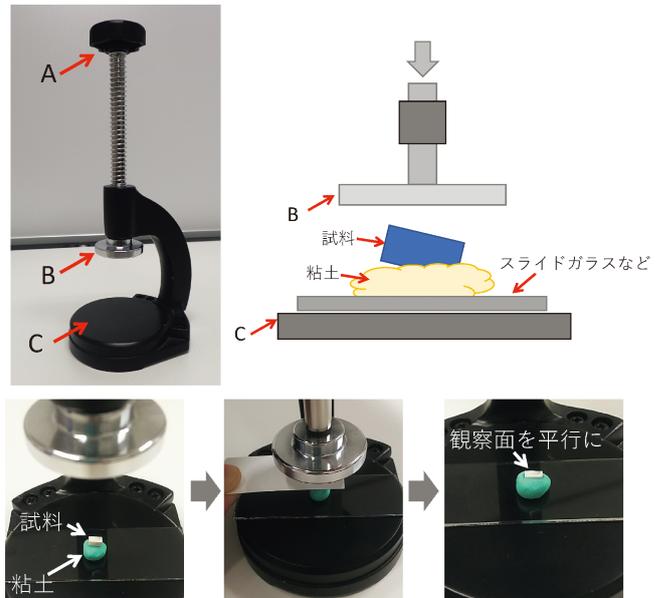


図13 試料上面(撮影面)をステージ面に対して平行にする方法の一例。

スライドガラスなどの上に粘土を少量置き、その上に試料を置きます。そして、図中Aのノブを下方へ静かに押していきます。試料に触れる治具の面が汚れていないかに十分注意することが必要です。汚染防止のために、例えば、試料上面に濾紙などのきれいな紙を一枚入れ込んで、押し込んでいきます(下図参照)。観察面を確実にステージ表面に対して平行に設置することは非常に重要です。

確認してください。次に、それぞれのピントの位置を調整します(図9の矢印B)。矢印Bを回すと(接眼レンズを回すと)、その回転に合わせて接眼レンズが手前や奥に僅かに移動するのが分かるかと思います。まず、片方の目だけを使って、コインにピントが合うようステージの高さを調整します。その後、ステージの高さはそのままにして、もう片方の目だけを使って、接眼レンズを回転させて調整し、コインにピントが合うように確認してください。接眼レンズ内にスケールなどが設置されている場合には、少し方法が変わります。まず、そのスケールがどちらの接眼レンズ内に設置されているかを、それぞれの目で確認します。接眼レンズの位置が大きくずれているときには、見えないこともありますので、注意してください。スケールが設置されている方の接眼レンズを回転させて、そのスケールがはっきりと確認できるように調整します。その後、ステージを微調整してコインにピントを合わせます。この後は、上述した方法で、もう一方の接眼レンズの位置を調整します。

- 試料の観察**：ピント合わせは、ステージを下げる方向で行う癖をつけましょう。図12を参照し、用いている対物レンズでのピント近傍位置を確認して、さらにそれよりも、やや上方へステージ位置を上げておきます。常に下げる方向でステージを動かすようにしておけば、試料を対物レンズにぶつける心配がなくなります。試料上面はステージ面と平行になるよう注意します。この時に、図13に示すような治具を使って、予め試料上面がステージに対して平行となるように調整しておくことが必要です。平行でない場合には、視野全体でピントが合わない像となってしまいます(像中の一か所を

