

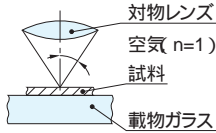
### 1. 開口数 (N.A.=Numerical Aperture の略)

開口数 N.A. は対物レンズの分解能、焦点深度、像の明るさ等を決める重要な値です。開口数 N.A. は次の式で表され、この数値が大きいくほど高解像で焦点深度の浅い像が得られます。

$$N.A. = n \cdot \sin \theta$$

n は対物レンズ先端と試料との間の媒質が持つ屈折率で空気の場合は n=1.0 となります。

θ は対物レンズの一番外側を通る光線とレンズの中心(光軸)とのなす角度です。



### 2. 分解能 (R=Resolving power の略)

ごくわずかに離れた点または線を見分けることができる最小の間隔を分解能といいます。

分解能 R は開口数 N.A. と波長 λ で決まります。

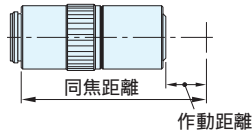
$$R (\mu m) = \frac{\lambda}{2 \cdot N.A.} = 0.55 \mu m (\text{基準波長})$$

### 3. 作動距離 (W.D.=Working Distance の略)

焦点が合ったときの試料面から対物レンズ先端までの距離をいいます。

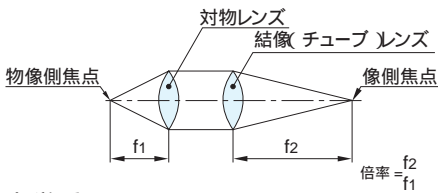
### 4. 同焦距離

焦点が合ったときの試料上面から対物レンズの取付け位置までの距離をいいます。



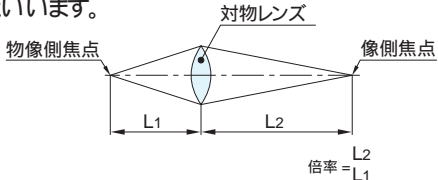
### 5. 無限遠補正光学系

対物レンズと結像(チューブ)レンズを使って像を作る光学系を無限遠補正光学系といいます。



### 6. 有限補正光学系

対物レンズ単独で像を有限な位置に作る光学系を有限補正光学系といいます。



### 7. 対物レンズの焦点距離 F=Focal Length の略 と倍率の関係

主点から焦点までの距離で、f は対物レンズの焦点距離、f は結像(チューブ)レンズの焦点距離です。倍率は対物レンズの焦点距離と結像(チューブ)レンズの焦点距離の比で決まります。(無限遠補正光学系の場合)

$$\text{対物レンズの倍率} = \frac{\text{結像(チューブ)レンズの焦点距離}}{\text{対物レンズの焦点距離}}$$

$$(\text{例}) 1 \times = \frac{200 \text{ (mm)}}{200 \text{ (mm)}} \quad (\text{例}) 10 \times = \frac{200 \text{ (mm)}}{20 \text{ (mm)}}$$

### 8. 視野数 (F.N. = Field Number の略) と実視野

被検物面のどれくらいの面積が観察されるかは、接眼レンズの視野絞りの直径によって決定し、この大きさを mm で表した値を視野数といいます。実視野は実際に対物レンズで拡大観察されている物体面での範囲の事をいいます。実視野は以下の式で算出できます。

(1) 顕微鏡で観察できる被検物の範囲(直径)

$$\text{実視野 (mm)} = \frac{\text{接眼レンズの視野数}}{\text{対物レンズ倍率}}$$

$$(\text{例}) 1 \times \text{レンズの実視野は } 20 \text{ (mm)} = \frac{20 \text{ (mm)}}{1}$$

$$10 \times \text{レンズの実視野は } 2.0 \text{ (mm)} = \frac{20 \text{ (mm)}}{10}$$

(2) TV モニタで観察できる試料の範囲

$$\text{実視野 (mm)} = \frac{\text{CCD カメラ撮像素子の大きさ(縦 × 横)}}{\text{対物レンズの倍率}}$$

形式	撮像素子の大きさ		
	対角長	長辺(横)	短辺(縦)
1/3 形	6.0	4.8	3.6
1/2 形	8.0	6.4	4.8
2/3 形	11.0	8.8	6.6

単位 mm

### 9. 焦点深度 (D.F.=Depth of Focus の略)

顕微鏡で焦点(ピント)を合わせたとき、その面の前後にピント面をずらしても、なお鮮明に見える範囲をいいます。開口数が多いほど焦点深度は浅くなり、逆に焦点深度が深くなる。開口数が小さいとピントの合っている範囲が広がり微細な段差なども同一焦点で確認できます。人の眼の調整力には個人差があるため、人が感じる焦点深度には個人差があります。現在では実験とよく一致する Berek の式が一般に使われます。実体顕微鏡などの低倍率レンズは焦点深度が深く、カメラ用語の被写界深度と同義となります。

接眼部での観察の場合 (Berek の式)

$$\pm \Delta (\mu m) = \frac{\lambda \times 250,000}{N.A. \times M} + \frac{\lambda}{2 \times (N.A.)^2} = 0.55 \mu m (\text{基準波長})$$

λ : 眼の分解能 0.0014 (眼の視角を 5 分とした場合)

M : 総合倍率 対物レンズ倍率 × 接眼レンズ倍率

写真撮影時の場合 (対物レンズ単体)

$$\pm \Delta (\mu m) = \frac{\lambda}{2 \times (N.A.)^2} = 0.55 \mu m (\text{基準波長})$$

### 10. 明視野照明と暗視野照明

明視野照明は対物レンズの中を通して垂直に照明し試料を観察するための照明方法です。

暗視野照明は対物レンズの外周から試料を照明し(光軸に対して傾いた光線で試料を照明する)傷のない平らな部分は暗黒で、凹凸や傷のある部分のみが明るく輝かせて観察するための照明方法です。

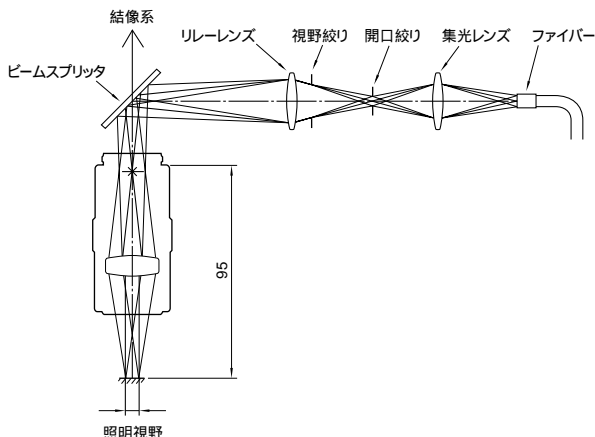
### 11. アポクロマート対物レンズとアクロマート対物レンズ

アポクロマート対物レンズは三つの色の光(赤青黄)について色収差(色のにじみ)補正を行ったレンズです。

アクロマート対物レンズは二つの色の光(赤青)について色収差補正を行ったレンズです。

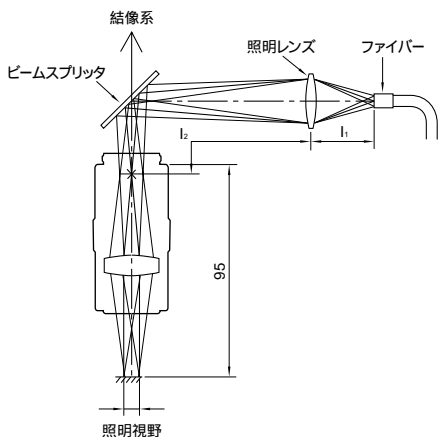
## 12. ケーラー照明

生物顕微鏡や金属顕微鏡などの多くに採用され、照射光(像)が観察面上に直接結像せず光を観察範囲全体にムラなく照射されます。高輝度で均一な平行光で照射される範囲の輪郭は明確となり、また明るさの調整と視野の調整を行える照明光学系です。



## 13. テレセントリック照明

主光線が焦点を通るように設計された照明光学系で、メリットとして焦点がずれても像中心の大きさが変わらない特徴(焦点が合っていないと像周辺がボケる)を持ちます。照明系として使うと、視野全域に均一な照度が得られます。



## 14. 開口絞り

光の通る範囲を調整し、明るさ、分解能に関する絞りです。特に、透過照明を用いて円筒被検物の幅寸法測定時に適切な絞りで、回折光を抑え正確な測定・観察を行う事ができます。

## 15. 視野絞り

観察範囲外の光を遮断するための絞りです。余計な光を遮断する事で鮮明な像を確保できます。

## 16. プラン(Plan)

アクロマートレンズやアポクロマートレンズの像面・画像の湾曲を補正し、平面な像が平面としてはっきりと映し出されるように補正した対物レンズの事をいいます。弊社のFS対物レンズは全てPlan仕様です。

## 17. ケラレ

対物レンズ(または投影レンズ)を通して入る光情報(映像)が接眼レンズ(または投影スクリーン)で結像するまでの過程において、何らかの障害によって周辺部で部分的に暗くなったり、陰ったりする現象の事をいいます。

## 18. フレア

結像時に使われていない無駄な光のことで、原因としてレンズ内の内面反射や鏡筒内での光の散乱により視野内に光が広がる白っぽく見える現象の事をいいます。

## 19. 二重像

結像光学系内における無駄な光の映り込みや光学部品が互いに干渉し、一つの像が二つに重なって見える現象の事をいいます。

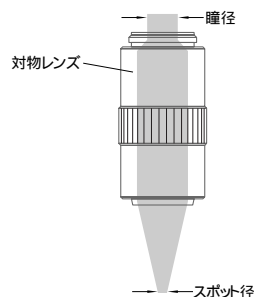
## 20. 対物レンズの瞳径とスポット径

### 瞳径

対物レンズ(の後側)に入射できる軸上平行光束の最大直径のことをいいます。瞳径は以下の式で算出できます。

$$\text{瞳径 (mm)} = 2 \times \text{N.A.} \times f$$

N.A.: 対物レンズのN.A.  
f: 対物レンズの焦点距離(mm)



### スポット径

対物レンズ(の後側)に均一な強度分布を持ったビーム光を入射させた際の集光された直径のことをいいます。スポット径の目安は次式で算出できます。

$$\text{スポット径 } (\mu\text{m}) \approx 1.22 \times \frac{\lambda}{\text{N.A.}} \quad (\text{参考値})$$

N.A.: 対物レンズのN.A.  
λ: 使用する波長(μm)

但し、レーザー光のようなその断面がガウス分布を形成する強度分布を持つ光源の場合、上式はあてはまりません。レーザービーム径は、一般にピークの1/e<sup>2</sup>になる値、すなわち13.5%になる直径で示され、レーザー光によるスポット径は以下の式で算出できます。

$$\text{スポット径 } (\mu\text{m}) \approx \frac{4 \times \lambda \times f}{\pi \times D} \quad (\text{参考値})$$

λ: 使用する波長(μm)  
D: レーザ射出ビーム径(μm)  
f: 対物レンズの焦点距離(μm)