

Q1 光の波は、正弦波 $A \cdot \sin \omega t$ で表記できるものとする (A は振幅、 ω は振動周波数、 t は時間)。この光が生物試料を通過すると、進行速度が低下するために、時間的な遅れ(位相の遅れ)が発生し、上と同じ観察地点であっても、 $A \cdot \sin(\omega t + \delta)$ に変化するものと仮定する。この位相の遅れ分(δ)が、非常に小さいとき、元の光($A \cdot \sin \omega t$)と、試料通過後の光($A \cdot \sin(\omega t + \delta)$)の差は、どのような計算式で近似できるかを示しなさい。

Q2 光学顕微鏡の分解能(δ_0)は、Abbe、Rayleigh、Spallowによって、多少異なる定義式が提唱されている。下記の式を使って、 NA_{obj} (対物レンズ開口数)が、1.4の時の計算上の最高分解能を計算しなさい。ただし、 λ は、光の波長である。代表的な緑色の光を使った場合の計算で良い。

Abbe (1873, 1884)の定義による分解能
コヒーレントな光で照明されたとき

$$\delta_0 = \lambda / NA_{obj}$$

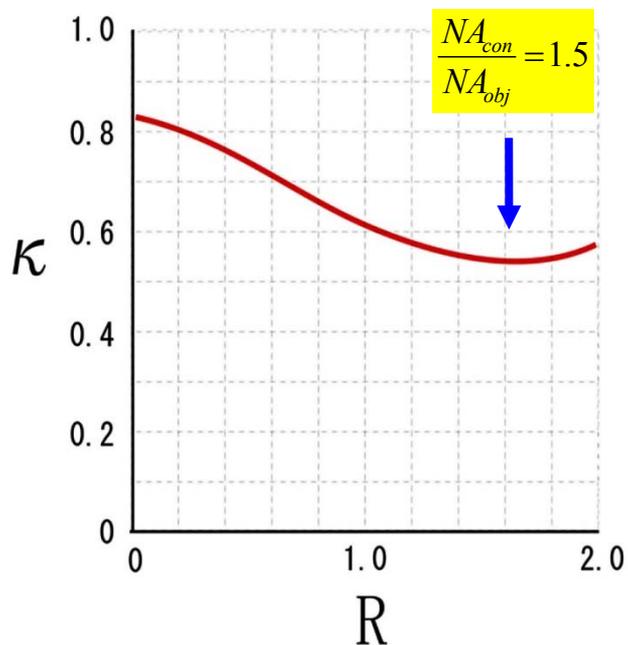
Rayleigh (1880)の定義による分解能
非コヒーレント光で照明されたとき

$$\delta_0 = 0.61 \cdot \lambda / NA_{obj}$$

Spallow (1911)の定義による分解能
非コヒーレント光で照明されたとき

$$\delta_0 = 0.54 \cdot \lambda / NA_{obj}$$

Q3 光学顕微鏡の分解能(δ_0)はHopkins(1950)の詳細なシミュレーション計算では、 $\delta_0 = \kappa \cdot \lambda / NA$ で決まり、この式の中の κ は、実際の明視野照明光学顕微鏡は、下の図で示すようにR値で決まるとされている。下記の表にある NA_{obj} (対物レンズ開口数)の対物レンズを用いた場合の計算上の最高分解能を計算しなさい。ただし、 λ は、光の波長である。代表的な緑色の光を使った場合の計算で良い。ただし、R値は、照明に用いるコンデンサレンズ開口数(NA_{con})と対物レンズ開口数(NA_{obj})の比である。



NA_{obj}	NA_{con}	δ_0
0.25		
0.40		
0.65		
0.80		
1.25		
1.40		