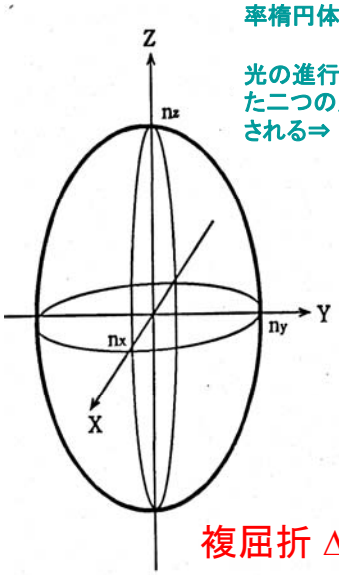
繊維・複合材料B-2回目

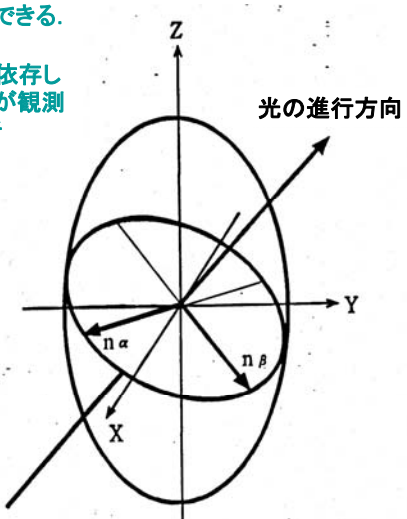
偏光顕微鏡による複屈折測定

屈折率楕円体と観測される屈折率，複屈折

屈折率の異方性は屈折率楕円体で表現できる.

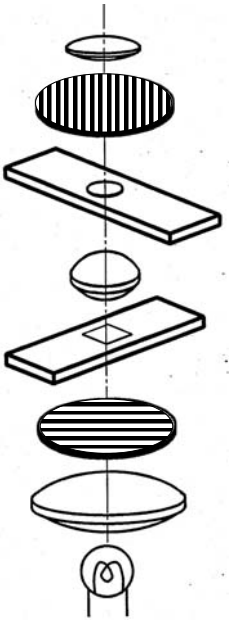
光の進行方向に依存した二つの屈折率が観測される⇒ 複屈折





複屈折 $\Delta n = n_\alpha - n_\beta$

偏光顕微鏡の光学系



接眼レンズ

検光子

補償子，波長板など

対物レンズ

試料

偏光子

コレクターレンズ

光源

クロスニコル
（直交する1対の偏光板）

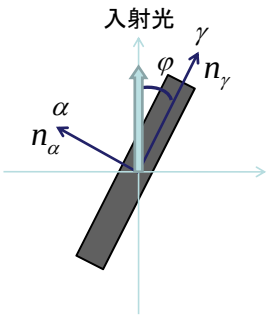
光は透過しない

間に光学異方性を有する物体を
入れると光が透過するようになる

光の透過の状態から光学異方性
に関する情報が得られる

試料の主軸を偏光面に対し45°にする
とコントラストが最大になる

0°あるいは90°では光は透過しない



偏光した入射光の振幅　$A\sin\omega t$

試料から出たとき　γ方向　$\xi = A\cos\varphi\sin\omega t$

α方向　$\eta = A\cos\varphi\sin(\omega t - \delta)$

検光子から出たときの振幅

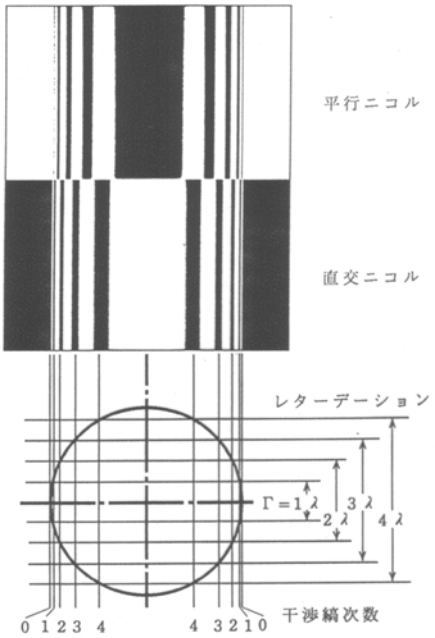
$$\begin{aligned}
&\xi\sin\varphi - \eta\cos\varphi \\
&= A\sin\varphi\cos\varphi\sin\omega t - A\sin\varphi\cos\varphi\sin(\omega t - \delta) \\
&= \frac{1}{2}A\sin 2\varphi\{\sin\omega t - \sin(\omega t - \delta)\} \\
&= A\sin 2\varphi\sin\frac{\delta}{2}\cos\left(\omega t - \frac{\delta}{2}\right)
\end{aligned}$$

検光子から出たときの強度

$$I = A^2\sin^2 2\varphi\sin^2\frac{\delta}{2}$$

$\delta = 2n\pi$ のとき強度ゼロ

$$\text{Phase shift} = 2\pi\frac{\text{Retardation}}{\text{Wave length}}$$



単色光で繊維を観察する場合
（直交ニコル）

$$I = I_0 \sin^2\left(\frac{\Gamma}{\lambda}\pi\right)$$

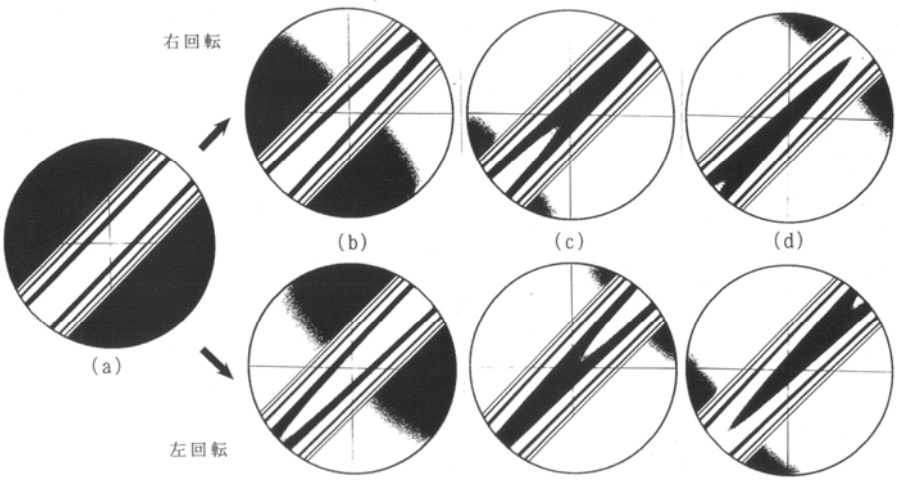
Γ: 光学遅延（レターデーション）
λ: 波長

$$\Gamma = y\,\Delta n$$

y: 光の透過距離
Δn: 複屈折

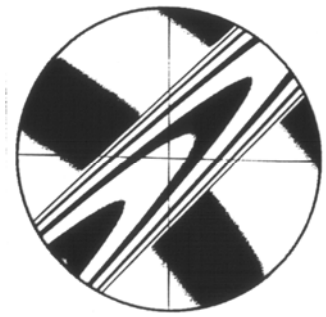
リターデーションが波長の整数倍のときは，暗くなる

ベレック式コンペンセーターを入れた場合の像の変化

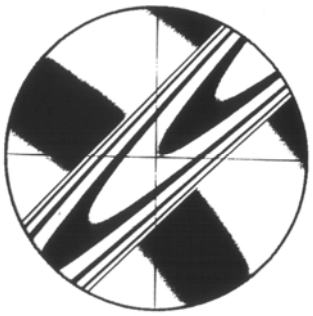


コンペンセータ＝補償子 （可変波長板） 視野全体にレターデーションを付与する
（視野内にレターデーション分布が生じている）

複屈折が正の場合と負の場合

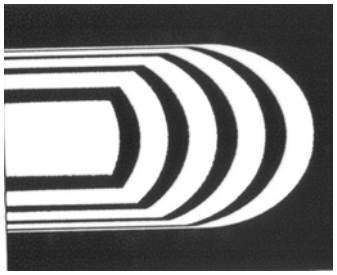


正

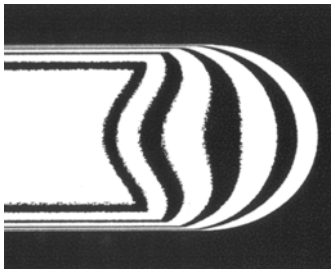


負

干渉縞の数え方　&　繊維断面内複屈折分布

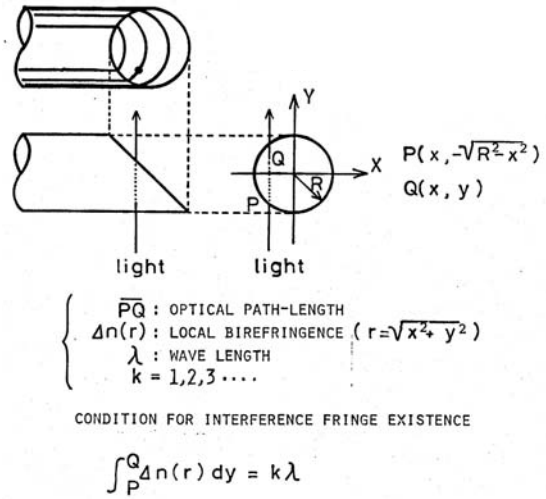


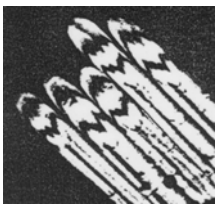
断面内均一



断面内分布

繊維斜断面内の干渉縞形状





直交ニコル下で観測される干渉色

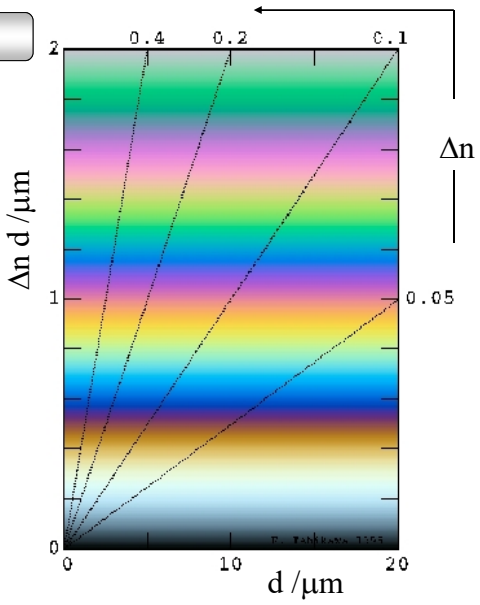
Michel-Levyのカラーチャート

試料の厚みと干渉色から
複屈折が求められる.

(図中の実線が，厚みの異なる
試料の等複屈折線)

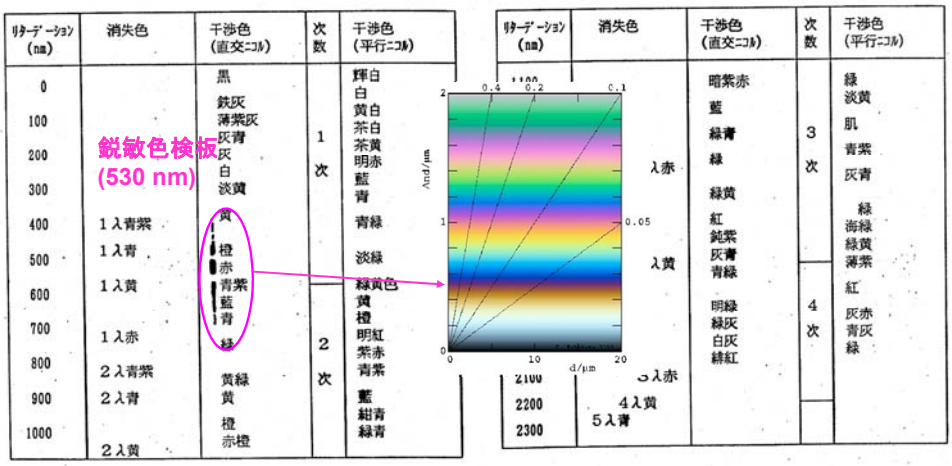
$$I(\lambda) \propto \sin^2\left(\frac{\Gamma}{\lambda}\pi\right)$$

光学遅延(レターデーション)
$\Gamma=\Delta n\, d$ における
波長λと透過光強度$I(\lambda)$の関係

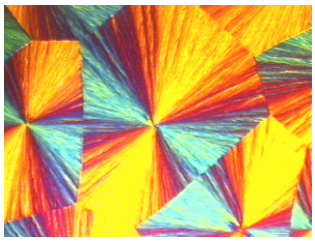


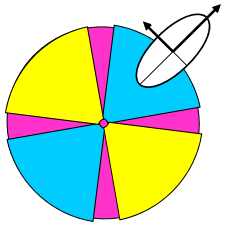
東京工業大学大学院有機・高分子物質専攻　石川　謙先生ホームページより

干渉色とレターデーション

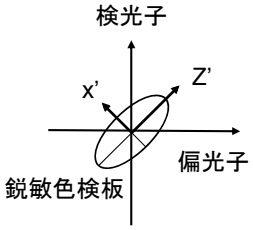


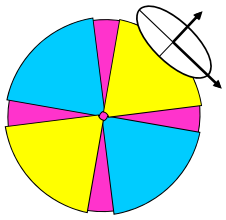
鋭敏色検板による球晶の正負の判定





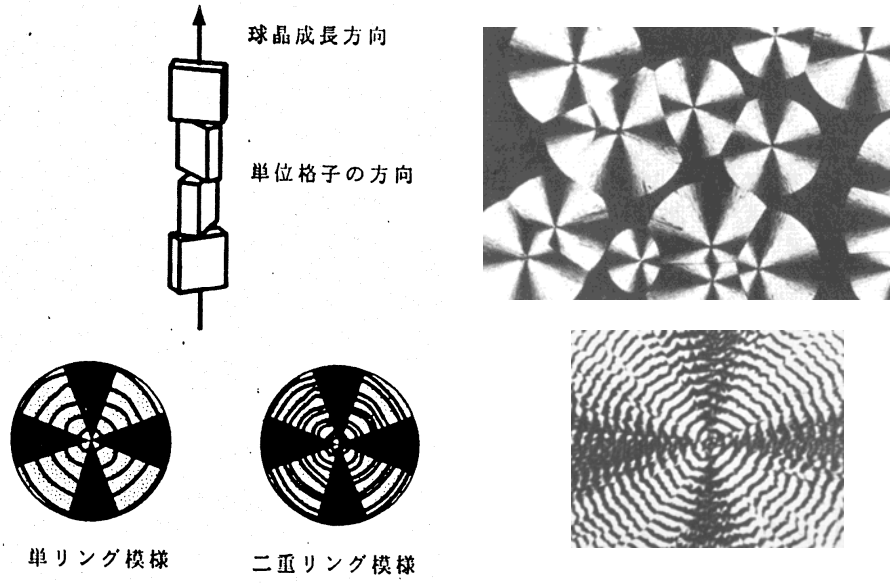
正の球晶



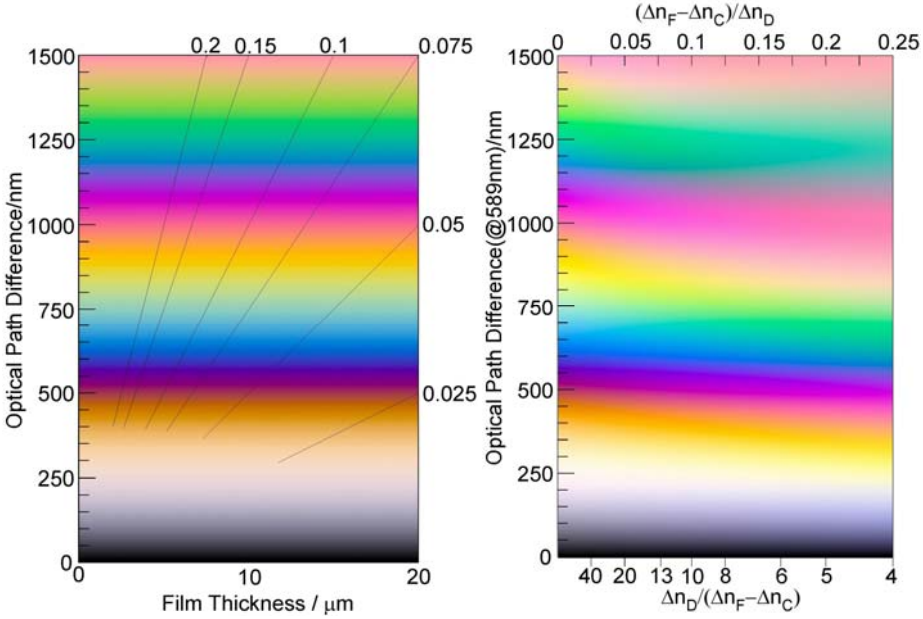


負の球晶

球晶内に生じるリング模様



干渉色に対する複屈折分散の影響



- 東京工業大学 石川謙助教授　C線（赤：656 nm），D線（黄：587 nm），F線（青：486 nm）