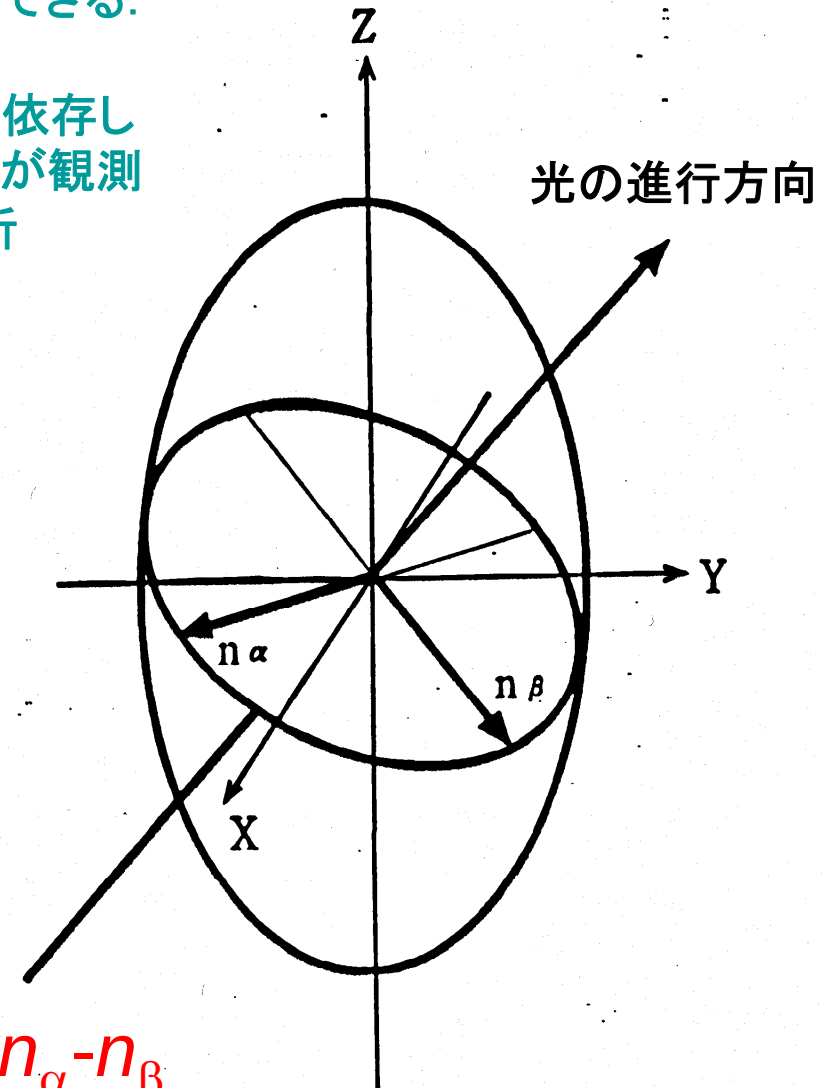
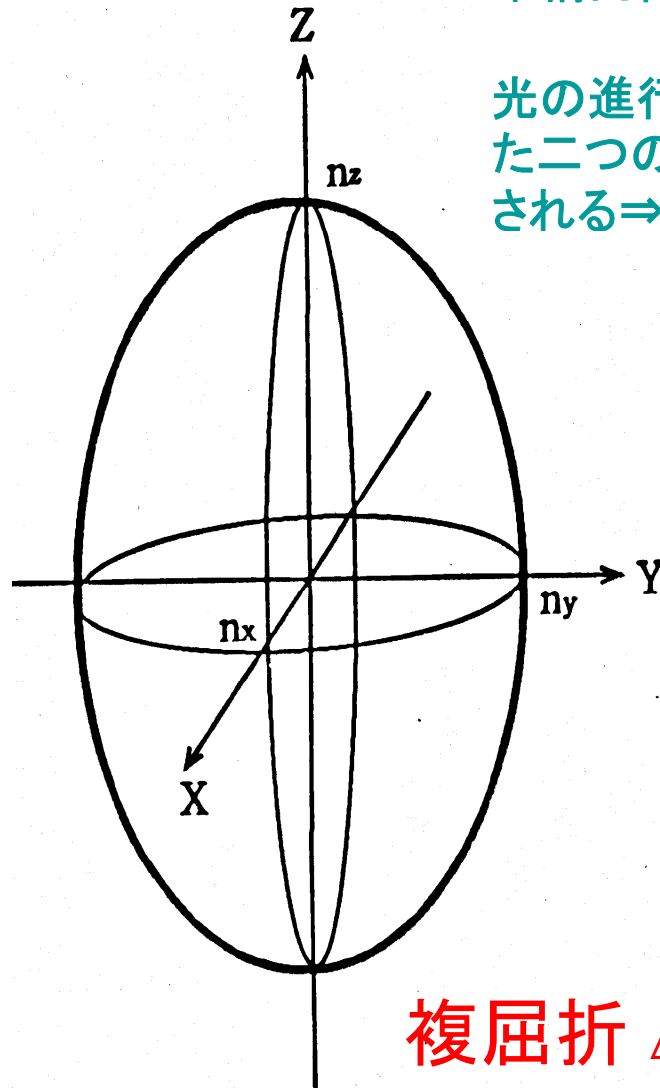


偏光顕微鏡による複屈折測定

屈折率楕円体と観測される屈折率，複屈折

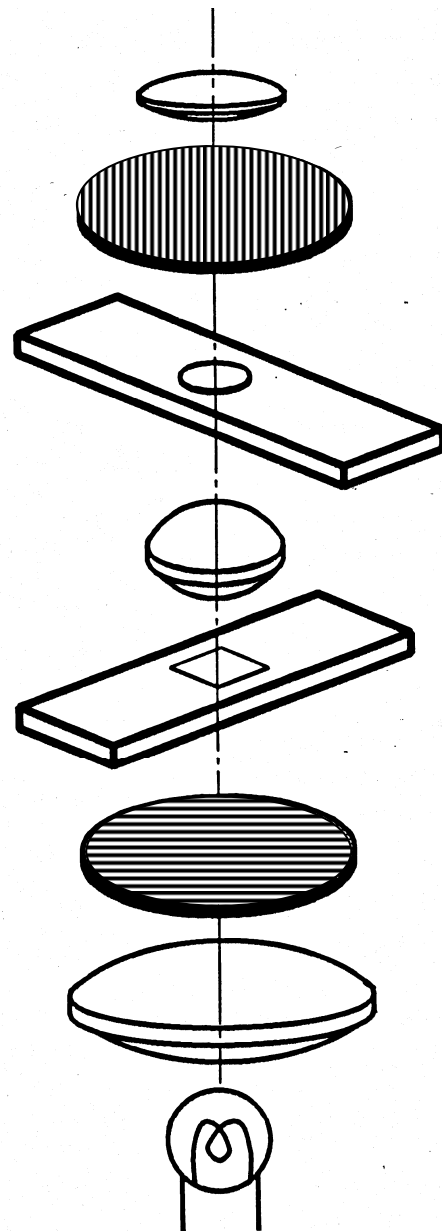
屈折率の異方性は屈折率楕円体で表現できる。

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

クロスニコル
(直交する1対の偏光板)

検光子

光は透過しない

補償子, 波長板など

間に光学異方性を有する物体を
入れると光が透過ようになる

対物レンズ

試料

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

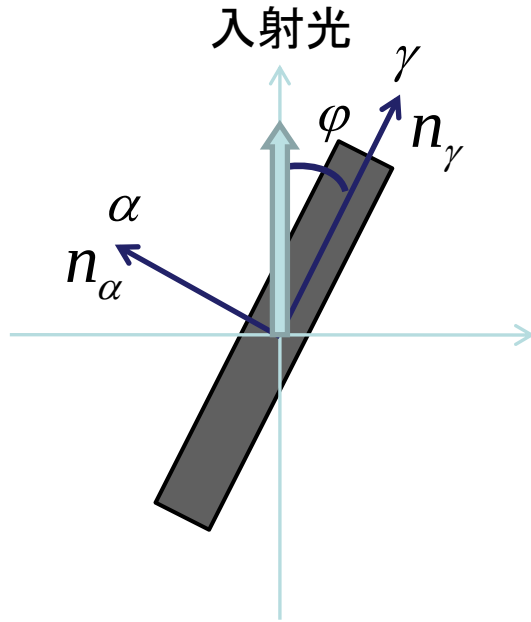
偏光子

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

コレクターレンズ

0° あるいは 90° では光は透過しない

光源



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)

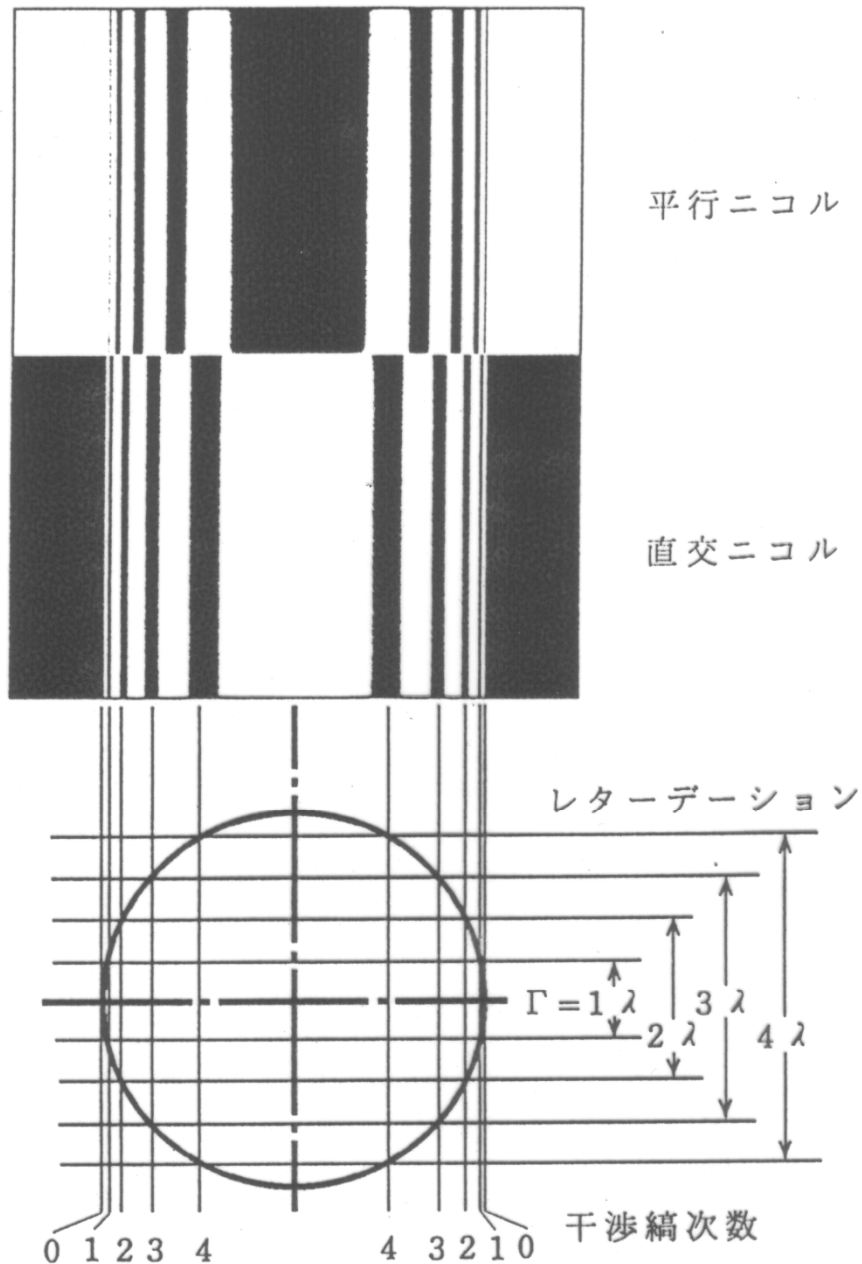
λ : 波長

$$\Gamma = y \Delta n$$

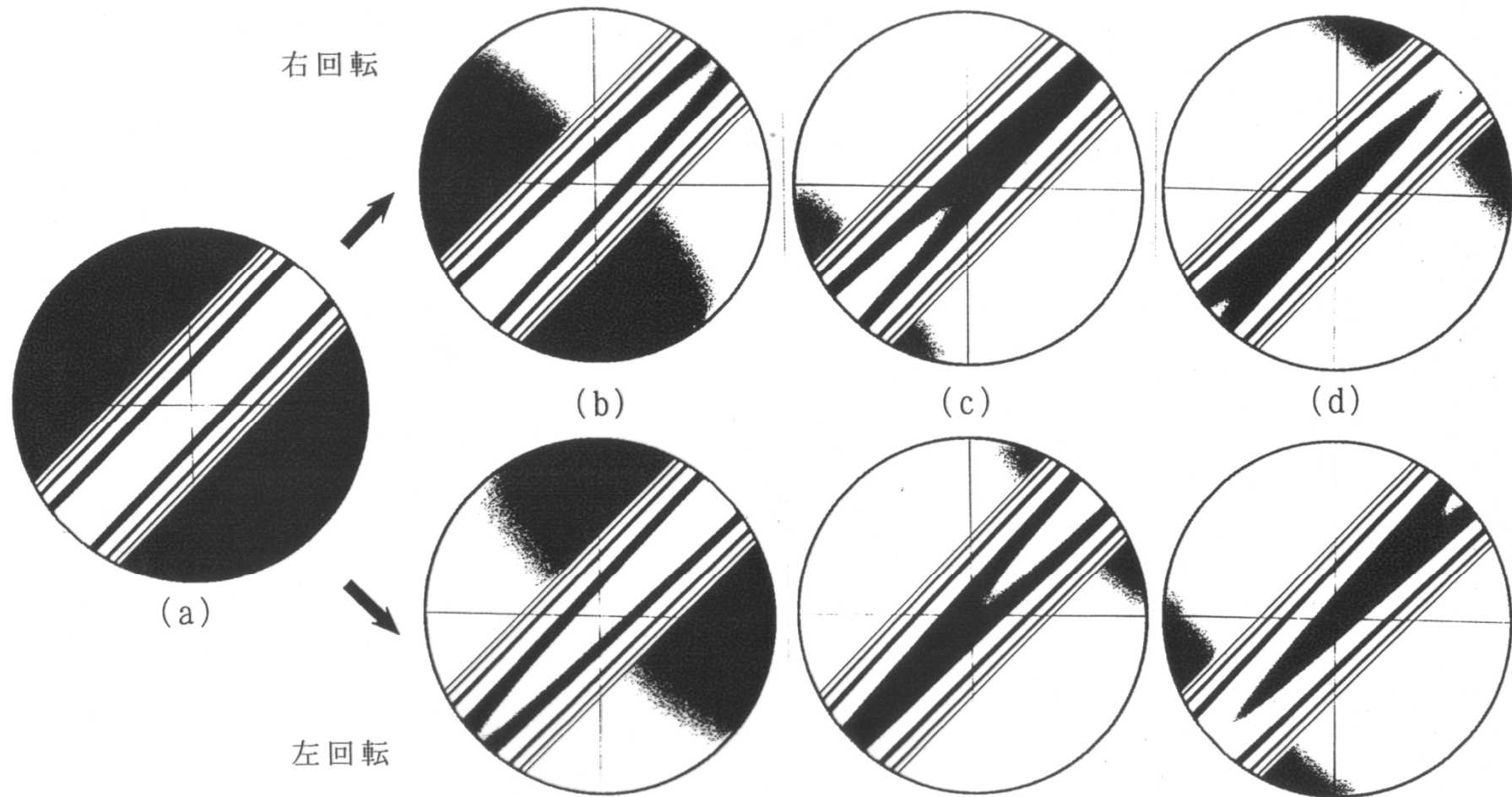
y : 光の透過距離

Δn : 複屈折

レターデーションが波長の整数倍
のときは、暗くなる

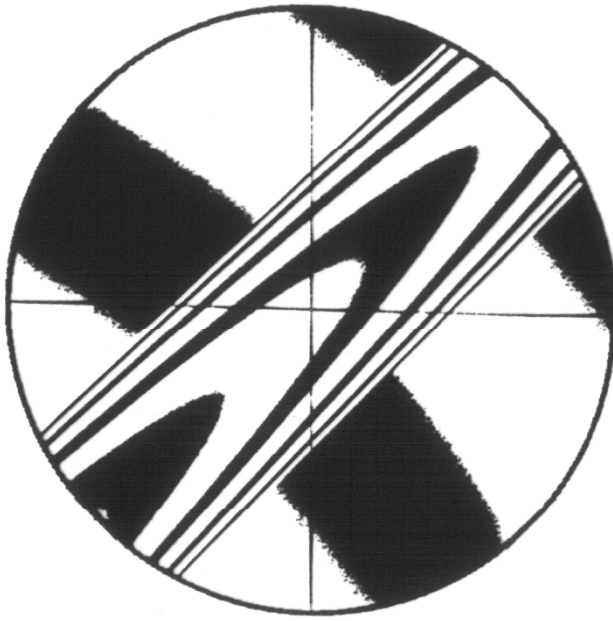


ベレック式コンペンセーターを入れた場合の像の変化

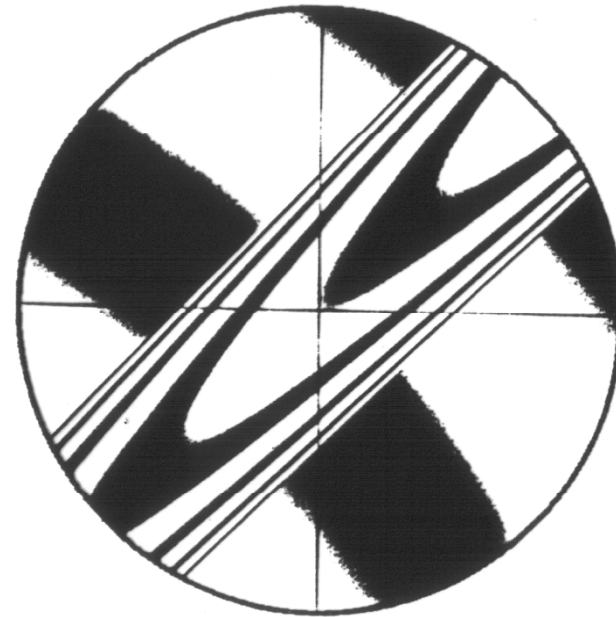


コンペンセータ＝補償子（可変波長板） 視野全体にレターデーションを付与する
（視野内にレターデーション分布が生じている）

複屈折が正の場合と負の場合

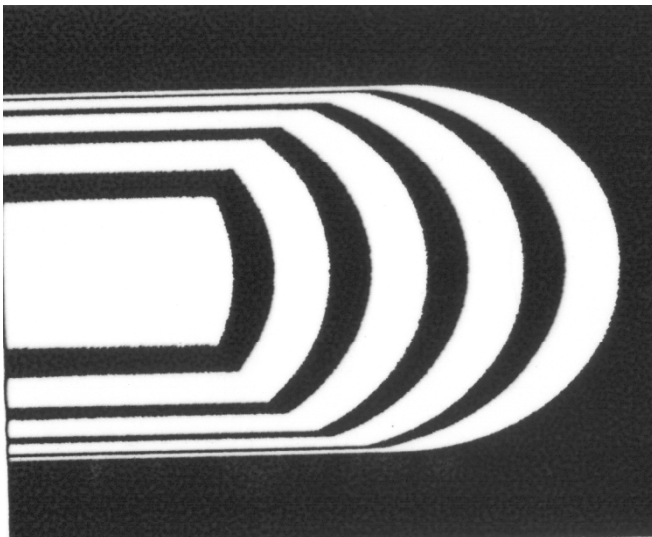


正

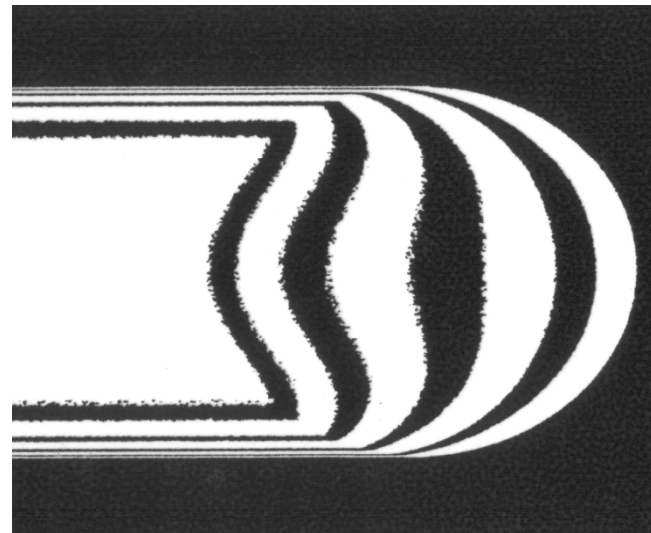


負

干渉縞の数え方 & 繊維断面内複屈折分布

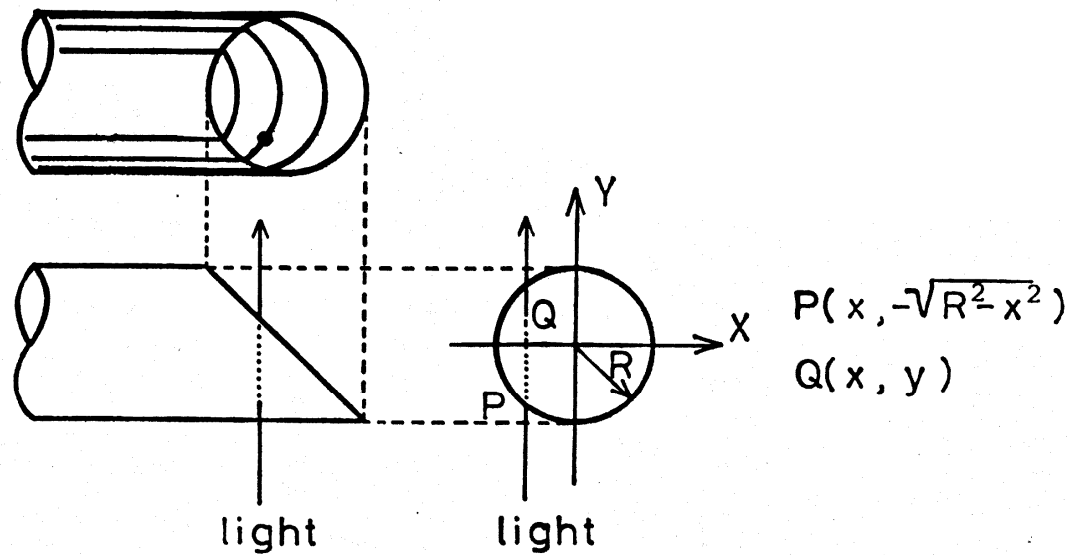


断面内均一



断面内分布

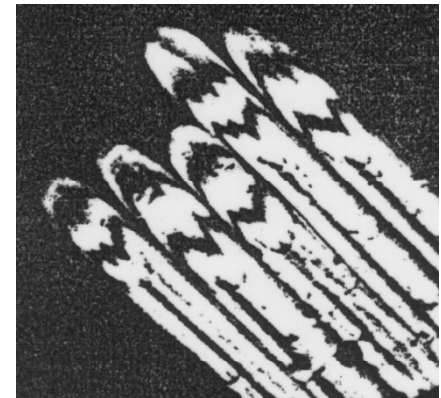
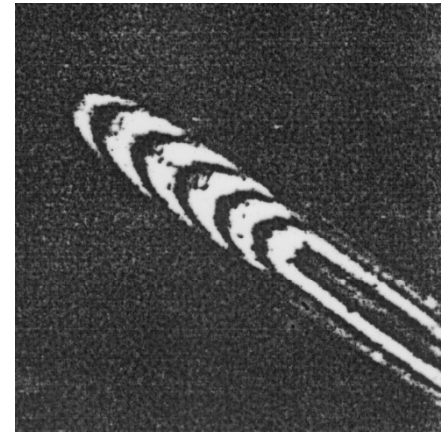
繊維斜断面内の干渉縞形状



$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{PQ} : \text{OPTICAL PATH-LENGTH} \\ \Delta n(r) : \text{LOCAL BIREFRINGENCE } (r = \sqrt{x^2 + y^2}) \\ \lambda : \text{WAVE LENGTH} \\ k = 1, 2, 3, \dots \end{array} \right.$$

CONDITION FOR INTERFERENCE FRINGE EXISTENCE

$$\int_P^Q \Delta n(r) dy = k \lambda$$



直交ニコル下で観測される干渉色

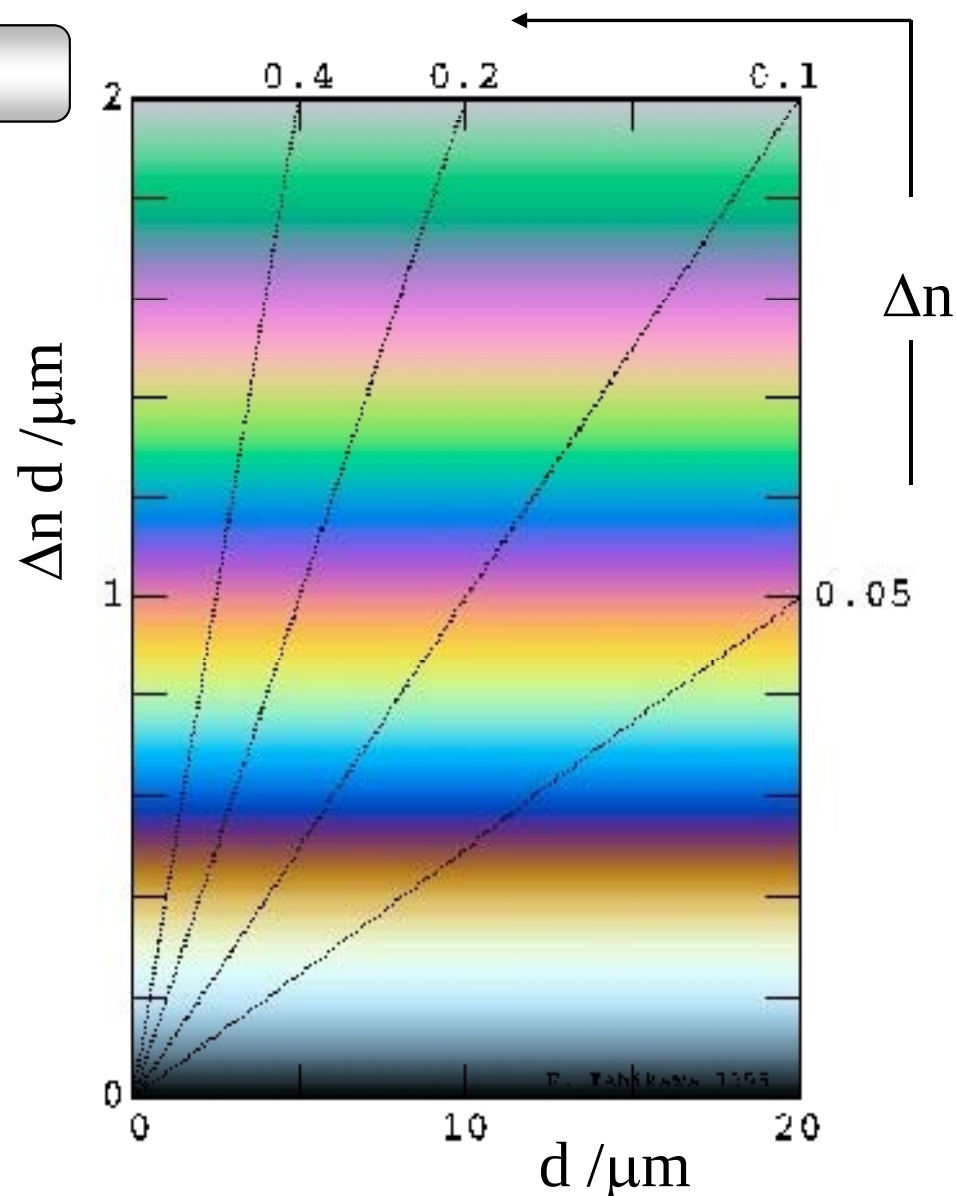
Michel-Levyのカラーチャート

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



干渉色とレターデーション

リターデーション (nm)	消失色	干渉色 (直交ニコル)	次数	干渉色 (平行ニコル)	リターデーション (nm)	消失色	干渉色 (直交ニコル)	次数	干渉色 (平行ニコル)
0		黒		輝白					
100		鉄灰		白			暗紫赤		緑
200		薄紫灰		黄白			藍		淡黄
300		灰青	1 次	茶白			緑青	3 次	肌
400	1 λ 青紫	灰白		茶黄			緑		青紫
500	1 λ 青	淡黄		明赤			緑黄		灰青
600	1 λ 黄	黄		藍青			紅		緑
700	1 λ 赤	橙		淡緑			鈍紫		海緑
800	2 λ 青紫	赤		緑黄色			灰青	4 次	緑黄
900	2 λ 青	青紫	2 次	黄橙			青緑		薄紫
1000	2 λ 黄	藍青		明紅			明緑		紅
		緑		紫赤			緑灰		灰赤
		黄緑		青紫			白灰		青緑
		黄		藍			緋紅		
		橙		紺青					
		赤橙		緑青					

鋭敏色検板
(530 nm)

黄
 橙
 赤
 青紫
 藍青
 緑

0.1
0.2
0.4
1.0
2.0

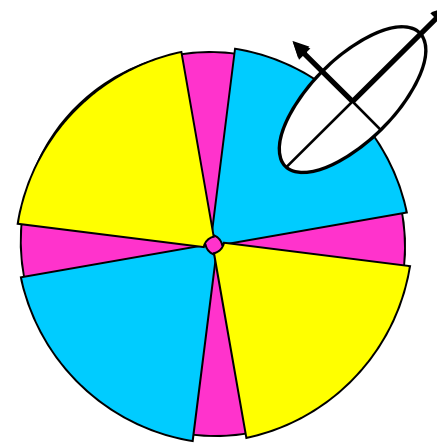
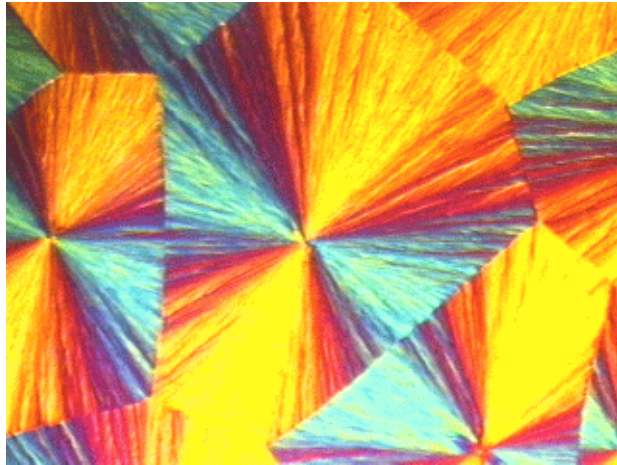
0
10
20

2100
2200
2300

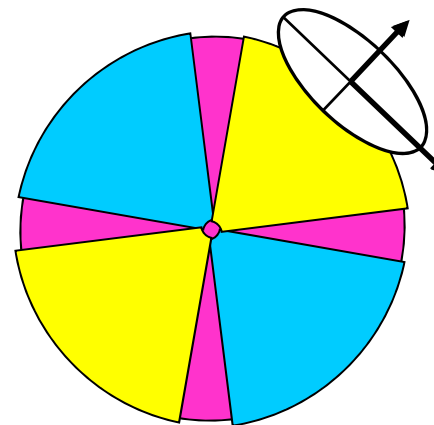
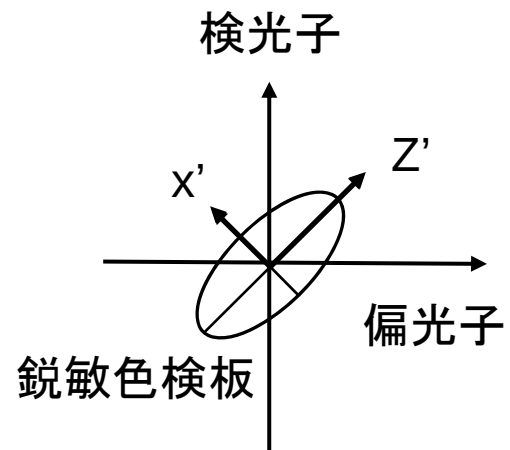
λ 赤
λ 黄

4 λ 黄
5 λ 青

鋭敏色検板による球晶の正負の判定



正の球晶



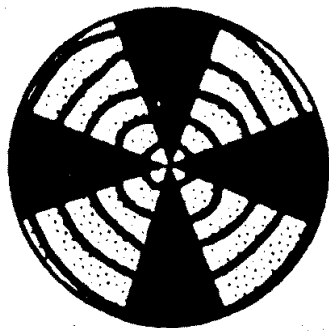
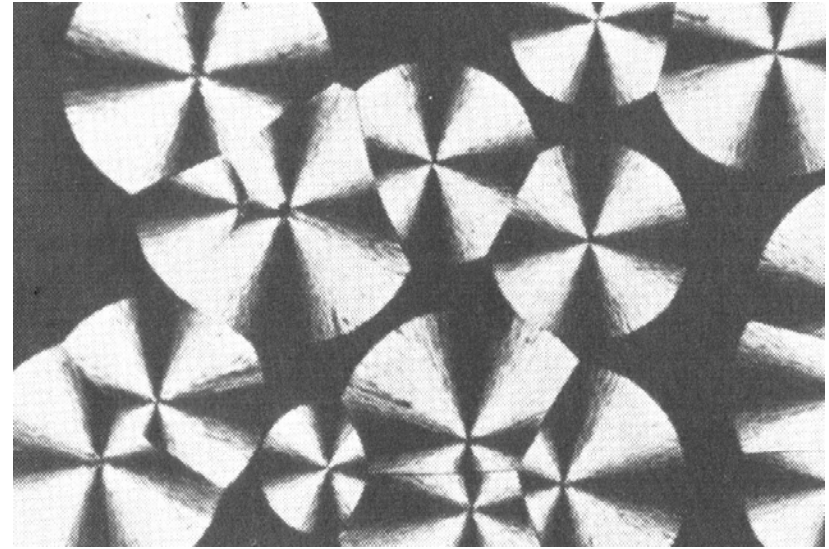
負の球晶

球晶内に生じるリング模様

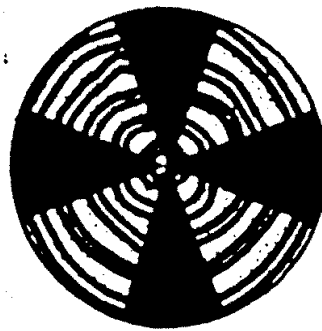


球晶成長方向

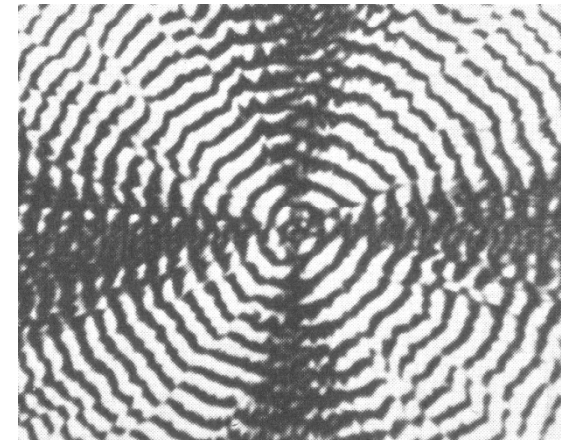
単位格子の方向



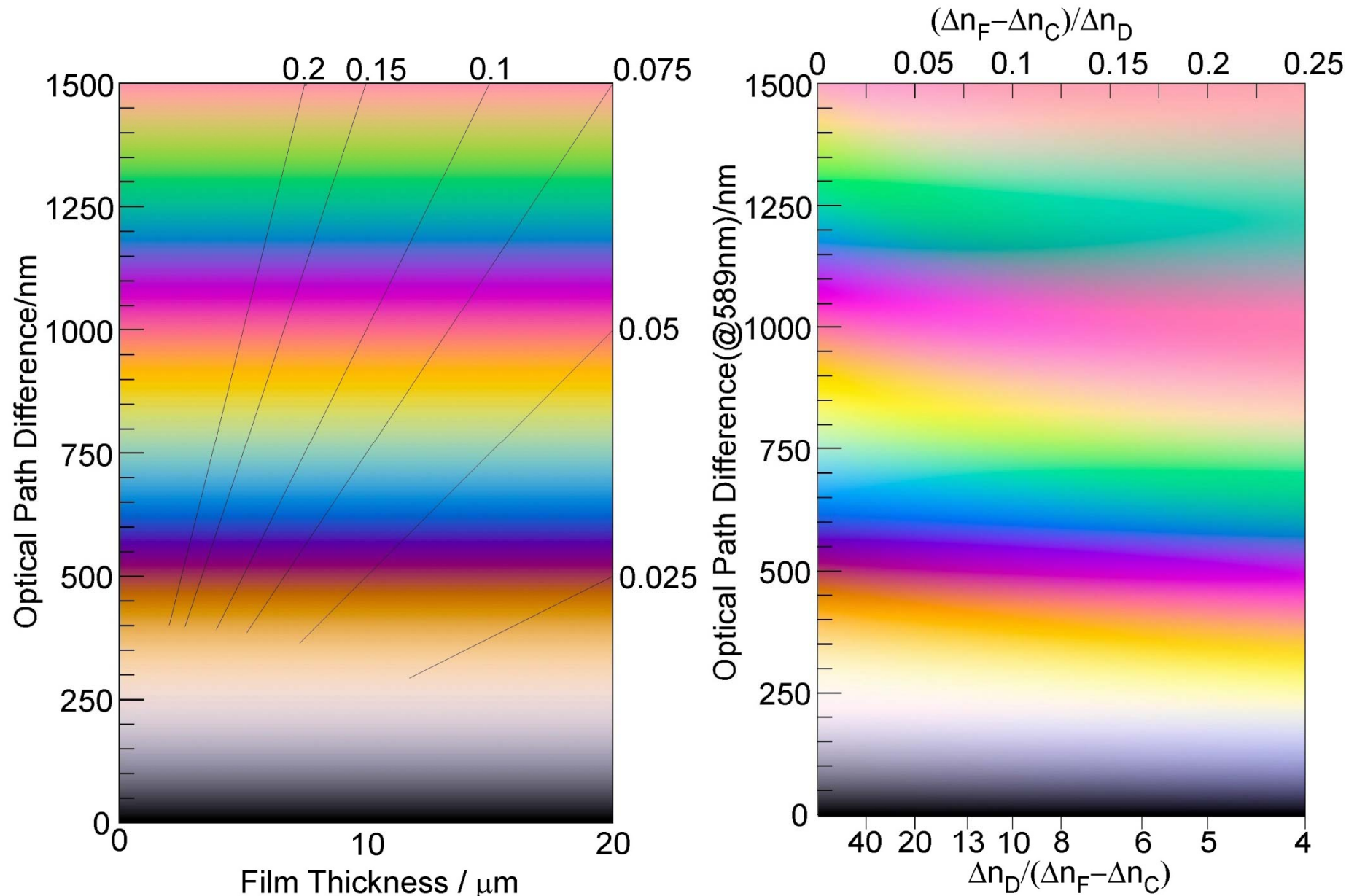
単リング模様



二重リング模様



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)