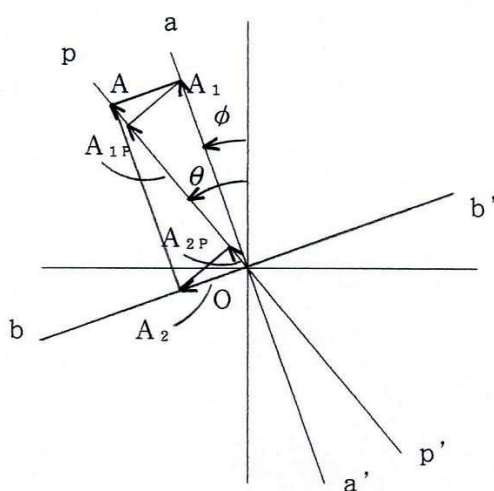


3. KOBRA の測定原理 (平行ニコル回転法)

1) 透過光量 $I(\theta)$ の導出

平行ニコル状態の 2 枚の偏光板の間にフィルムを置いたとき、全体を透過する光量 $I(\theta)$ について考えます。



pp' ; 偏光子、検光子の透過軸方向
 aa' ; フィルムの遅相軸
 bb' ; フィルムの進相軸
 ϕ ; フィルムの遅相軸方位(配向角)
 θ ; 偏光子・検光子の回転角

図 1 平行ニコル時の直線偏光の分解

偏光子を透過した振幅 A の直線偏光は、フィルム中では互いに直交 (aa' と bb') する 2 つの直線偏光に分解して考えます。それぞれの直線偏光の振幅を A_1, A_2 とすると以下のように表されます。

$$A_1 = A \cdot \alpha \cdot \cos(\theta - \phi) \quad \text{①}$$

$$A_2 = A \cdot \sin(\theta - \phi) \quad \text{②}$$

ただし、 α ; フィルム中の 2 つの直線偏光の振幅透過率比

フィルム中で 2 つに分解して考えた直線偏光は、検光子によって pp' 方向に振動する波となり、それらの振幅 A_{1p}, A_{2p} は次式のようになります。

$$A_{1p} = A_1 \cos(\theta - \phi) = A \cdot \alpha \cdot \cos^2(\theta - \phi) \quad \text{③}$$

$$A_{2p} = A_2 \sin(\theta - \phi) = A \cdot \sin^2(\theta - \phi) \quad \text{④}$$

平行ニコル回転法では、受光素子は偏光子・検光子一回転中の上の 2 つの直線偏光 A_{1p}, A_{2p} の合成波の振幅の 2 乗(光の強さ)を検出します。

一般的に、振幅 A_{1p}, A_{2p} 、位相差 δ の 2 つの光波が合成される場合、合成波の振幅を A' とすると次式によって表されます。

$$A'^2 = A_{1p}^2 + A_{2p}^2 + 2A_{1p}A_{2p} \cos \delta \quad (5)$$

$$\text{ただし、} \delta = 2\pi R / \lambda \quad (6)$$

λ ; 光の波長

R ; レターデーション

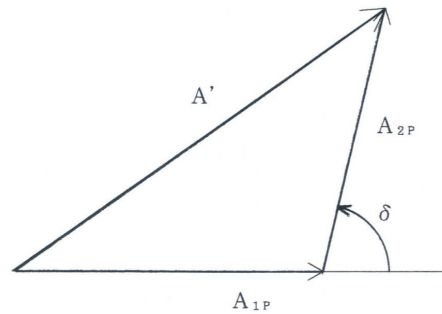


図2 2つの直線偏光の合成

さらに、 $C = \cos \delta$ と置き直して平行コイル回転時の検出光量 $I(\theta) = A'^2$ を整理すると、次のようになります。

$$I(\theta) = A^2 \{ \alpha^2 \cdot \cos^4(\theta - \phi) + \sin^4(\theta - \phi) + \frac{1}{2} C \cdot \alpha \cdot \sin^2 2(\theta - \phi) \} \quad (7)$$

$I(\theta)$ の図を極座標形式で描くと、円から閉じた4つ葉までのいずれかの図になります。式中の未知数 α および C は連立方程式を解くことによって容易に求まり、最終的に次のように表されます。

$$\alpha = \sqrt{\frac{I(\phi)}{I(\phi + 90^\circ)}} \quad (8)$$

$$C = \frac{4I(\phi + 45^\circ) - (\alpha^2 + 1) \cdot I(\phi + 90^\circ)}{2\alpha I(\phi + 90^\circ)} \quad (9)$$

すなわち、 $I(\theta)$ の $\theta = \phi, \phi + 45^\circ, \phi + 90^\circ$ の3つの値がわかれば C が求まります。 C と R の関係から、 R を一般的に表すと次のようになります。

$$R = \frac{\lambda}{2\pi} \left[\left\{ m - \frac{1 - (-1)^m}{2} \right\} \pi - (-1)^m \cos^{-1} C \right] \quad (10)$$

ただし、 $m=1, 2, 3 \dots$

マインカーブの関係にある C と R は図3のようになり、 m が奇数・偶数について書き換えると、それぞれ以下のように簡単な式になります。

m が奇数のとき

$$R = \frac{\lambda}{2}(m-1) + \frac{\lambda}{2\pi} \cos^{-1} C \quad (11)$$

m が偶数のとき

$$R = \frac{\lambda}{2}m - \frac{\lambda}{2\pi} \cos^{-1} C \quad (12)$$

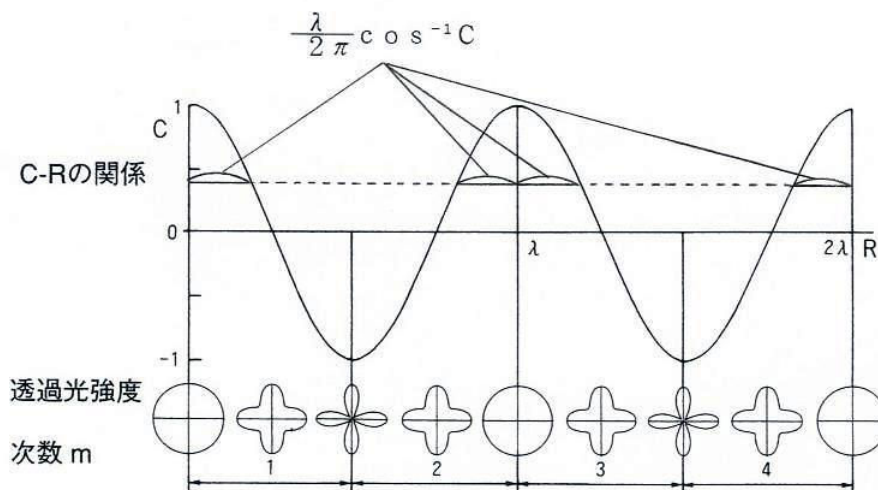


図3 レターションRと透過光強度図形との関係

2) 次数 m の決定方法

次数の決定には、波長 590nm の他に、610nm, 630nmの合計3つの波長で同じ測定を行い、それぞれの波長に対して次数 m を1から順に増やしたときのレターション候補 Rm を考えます。レターションには波長依存性があり、波長に対する変化の割合は材料によって異なります。今、測定に用いる 590~630nm は十分に狭い波長幅とみなし、波長依存性が多少あるとしても、この3つの波長においてはほぼ同じ R の値を取るものと仮定します。右の例では、3つの波長とも m=2 のときが、最も3波長間の差が少ない組合せとなっています。したがって、このとき波長 590nm での R は 395.1nm になります。

表1 波長ごとのレターション候補 Rm

m	590nm	610nm	630nm
1	194.9	215.0	235.2
2	395.1	395.0	394.8
3	784.9	825.0	865.2
4	985.1	1005.0	1024.8
5	1374.9	1435.0	1495.2
6	1575.1	1615.0	1654.8
7	1964.9	2045.0	2125.2
•	•	•	•
•	•	•	•
•	•	•	•