

偏光カメラを用いた複屈折測定の高精度化

High precision measurement of birefringence distribution using polarization camera

宇都宮大学, °柴田 秀平, 大沼 隼志, 大谷 幸利

Utsunomiya Univ., °Shuhei Shibata, Takashi Onuma, Yukitoshi Otani

E-mail: shibata_s@opt.utsunomiya-u.ac.jp

1. はじめに

近年, 動的な複屈折測定が注目されている. 光弾性効果によって等方性物質に生じる応力場や高分子材料の配向の可視化が複屈折を求めることで可能である.

我々は, 円偏光をサンプルに入射し画素ごとに方位の異なる偏光子をもつ偏光カメラで検出することで, リアルタイムの複屈折測定法を報告してきた¹⁾. これをシングルショット複屈折測定と呼ぶ. また, サンプル後に 1/4 波長板を設置しその方位を 0°と 45°にすることで複屈折位相差の測定範囲を 180°まで拡張した複屈折測定法を報告した²⁾. これをツーショット複屈折測定と呼ぶ. しかし, 1/4 波長板の複屈折位相差が完全に 90°の位相子は存在しないため, 複屈折測定の精度に影響していた. そこで, 位相子のキャリブレーションによる複屈折測定の高精度化を目指し試みた.

2. 原理

図 1 に複屈折測定の光学系を示す. 偏光子 P と 1/4 波長板 Q で円偏光にし, 複屈折位相差 Δ, 方位 θ のサンプルに透過した後, 複屈折位相差 δ の位相子 R の方位を 0°, 45°, 90°に変化させ, その各々の状態で偏光カメラの偏光子アレイに透過させ CCD センサーで検出する.

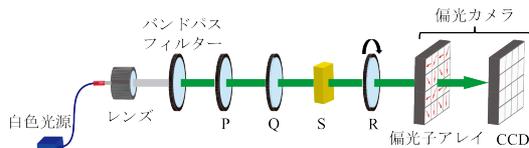


図 1 複屈折測定の光学系

サンプルの複屈折位相差 Δ, 方位 θ は,

$$\Delta = \tan^{-1} \frac{2 \sin \delta \sqrt{(I_2 - I_0)^2 + (I_5 - I_7)^2}}{I_1 - I_3 - I_8 + I_{10}} \quad (1)$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{I_2 - I_0}{I_5 - I_7} \quad (2)$$

となる.

ここで, I₀~I₃は位相子の方位が 0°のときの偏光子アレイの方位がそれぞれ 0°, 45°, 90°, 135°の光強度を表し, 同様に I₄~I₇は位相子の方位

が 45°のときのそれぞれの光強度を表し, 同様に I₈~I₁₁は位相子の方位が 90°のときのそれぞれの光強度を表す.

この手法をスリーショット複屈折測定と呼ぶ. これにより位相子 R の複屈折位相差 δ のキャリブレーションが可能になり, 位相子をモータで回転させ続けることで動的な現象にも対応可能である.

3. 結果

複屈折位相差がマイクロメートルの送り量に対して線形に変化するバビネ・ソレイユ補償器を用いて精度検定した. 図 2 にシングルショット複屈折測定, ツーショット複屈折測定, およびスリーショット複屈折測定の結果を示し, 表 1 に精度を示す. 各結果から複屈折位相差の測定範囲が 0~180°となり, なおかつ精度が向上していることがわかる.

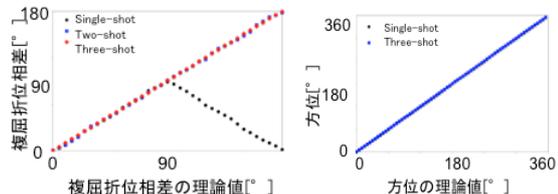


図 2 複屈折測定の精度検定結果

表 1 各手法の精度の比較

複屈折測定法	複屈折位相差	方位
シングルショット	±0.6°	±1.4°
ツーショット	±1.0°	±1.6°
スリーショット	±0.5°	±1.6°

4. おわり

スリーショット複屈折測定により複屈折位相差の測定範囲の 180°までの拡大と, 精度向上に成功した.

5. 参考文献

[1] 大沼隼志,ほか:精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集(2011) pp788-789.
 [2] 柴田秀平,ほか:第 17 回知能メカトロニクスワークショップ予稿集(2012) V2-1.