ピクセル偏光カメラのキャリブレーションとその応用

Calibration method for diattenuation parameter for a pixelated polarization camera

宇都宮大学　○大谷 幸利　柴田 秀平

Utsunomiya Univ. [1], otani@cc.utsunomiya-u.ac.jp

1. 背景

近年，干渉計や偏光計の動的計測においてCCDセンサーの画素ごとに偏光方位が異なった偏光板が組み込まれた偏光カメラが提案されている．現在，フォトニック結晶による偏光子アレイやアルミニウム製のナノワイヤグリッドの偏光カメラが提案されている[1-2]．偏光子アレイはグラントムソン偏光子などの偏光板に比べて消光比が良くないため，測定精度を低下させる大きな要因となっている．この偏光子アレイの二色性をあらかじめ求めることで，二色性のキャリブレーションを可能にさせる方法を提案した[3]．しかし，このキャリブレーションは方位が異なる4画素（0°, 45°, 90°, 135°）の直線二色性は一様である仮定している．しかし，実際は各方位で直線二色性が異なる．今回，各方位の直線二色性をキャリブレーションすることを可能にさせたので報告する．

2. 直線二色性のキャリブレーションの原理

偏光カメラの偏光子アレイを部分偏光子と仮定して任意の偏光状態を検出する光強度 $I(\varphi)$は，

$$I(\varphi)=\left(p_\varphi^2+q_\varphi^2\right)s_0\left\{1+D_\varphi\cdot LDOP\cos 2(\varphi-\alpha)\right\} \tag{1}$$

となる．直線二色性 D_φ，直線偏光度 $LDOP$，入射偏光状態の方位 α，軸透過率 p_φ，q_φ，偏光子の方位 φ を表す．φ は 0°,45°,90°,135°であるである．

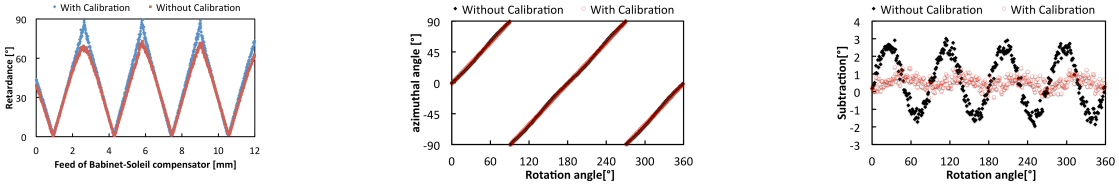
回転直線偏光を偏光カメラに入射させ，フーリエ変換させることで，バイアス，直線二色性 D_φ，偏光子アレイの方位 φ を各画素で求めることができる．この後，サンプルを入れ偏光カメラで検出する．あらかじめ求めたキャリブレーション値 a2(ϕ)，b2(ϕ)から，求めたい直線偏光度 $LDOP$（振幅）および入射偏光状態の方位 α（位相）を測定する．

$$LDOP=\sqrt{\left\{\frac{I'(0)-I'(90)}{D_0+D_{90}}\right\}^2+\left\{\frac{I'(45)-I'(135)}{D_{45}+D_{135}}\right\}^2} \tag{2}$$

$$\alpha=\frac{1}{2}\tan^{-1}\left\{\frac{D_0+D_{90}}{D_{45}+D_{135}}\cdot\frac{I'(45)-I'(135)}{I'(0)-I'(90)}\right\} \tag{3}$$

3. 直線二色性のキャリブレーション方法の検証結果

図 1 に偏光カメラの直線二色性をキャリブレーションされているかどうか検証するために，サンプルに自動バビネ･ソレイユ補償器と 1/4 波長板を自動回転させることで，複屈折位相差（振幅情報）と 1/4 波長板の方位(位相情報)を測定した結果を示す．図(c)は結果からは区別が困難なので，理論値から測定値を引いた結果を示している．結果を見るとキャリブレーションしないとありでは明らかに精度が向上していることがわかった．



(a) Retardance (Ampritude)　(b) Azimuthal angle (Phase)　(c) Subtraction of (b)

図 1　キャリブレーションの検証実験の結果

4. まとめ

今回，偏光カメラの偏光子アレイを部分偏光子と仮定し、部分偏光子の直線二色性のキャリブレーションする方法を提案した．このキャリブレーションを行うことで，振幅および位相情報を精度よく測定可能にさせた．このキャリブーション方法は偏光計に及ばず干渉計，デジタルホログラフィーといった測定装置においても精度よく測定可能になると考えられる．

5. 参考文献

[1] Viktor Gruev,et.al.：Optics express, 18(2010)19087-19094.
[2] 川上彰二郎：電子情報通信学会誌，J90-C(2007)17-24.
[3] 柴田秀平，ほか：第 75 回応用物理学会秋季学術講演会講演予稿集(2014) pp.03-288.

© 2016年 応用物理学会