

二重回転素子偏光計測法のキャリブレーション法

Calibration method of a dual rotating polarimeter



宇都宮大¹, 東京工芸大² ○(PC)柴田 秀平¹, 川畑州一², 大谷幸利¹

Utsunomiya Univ.¹, Tokyo Polytechnic Univ.², °(PC)Shuhei Shibata¹, Shuichi Kawabata²,

Yukitoshi Otani¹

E-mail: shibata@cc.utsunomiya-u.ac.jp

二重回転ストークス偏光計は位相差板と偏光板を異なる回転比率で回転させ、フーリエ変換により入射光の偏光状態を定量的に表すストークス・パラメータ $\mathbf{s}=[s_0, s_1, s_2, s_3]^T$ を測定できる¹⁾。この手法の最も有効な点は位相差板の波長分散をキャリブレーションできるため任意の光源が使用できる点である。この二重回転法をより簡易的および高精度計測するために、位相差板、偏光板のアライメントが不必要な手法を提案する。

任意の偏光状態 $\mathbf{s}$ が任意の初期方位 θ_c, θ_p に設置した位相差板と偏光板を透過した光を検出器で検出する。位相差板は複屈折位相差 δ , 軸透過率比 γ の特性を持つ。 γ は理想的な位相差板では1であるが、実際には非常にわずかに異なることが多く、また位相差板が光軸に対して傾いた時により大きく異なってくる。

2つの素子は $3\omega t$ および $2\omega t$ で二重回転させた光を検出すると光強度 I はフーリエ級数で示すと、

$$I = a_0 + a_{2\omega} \cos\{2\omega t + 2(\theta_c - \theta_p)\} + b_{2\omega} \sin\{2\omega t + 2(\theta_c - \theta_p)\} + a_{4\omega} \cos(4\omega t + 2\theta_p) + b_{4\omega} \sin(4\omega t + 2\theta_p) \\ + a_{6\omega} \cos(6\omega t + 2\theta_c) + b_{6\omega} \sin(6\omega t + 2\theta_c) + a_{8\omega} \cos\{8\omega t + (4\theta_c - 2\theta_p)\} + b_{8\omega} \sin\{8\omega t + (4\theta_c - 2\theta_p)\} \quad (1)$$

ここで、フーリエ係数 a, b は、

$$a_0 = s_0, a_{2\omega} = -\frac{1-\gamma^2}{1+\gamma^2}, a_{4\omega} = \frac{1}{2}\left(1 + \frac{2\gamma \cos \delta}{1+\gamma^2}\right)s_1, a_{6\omega} = -\frac{1-\gamma^2}{1+\gamma^2}s_1, a_{8\omega} = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{2\gamma \cos \delta}{1+\gamma^2}\right)s_1, \\ b_{2\omega} = -\frac{2\gamma \sin \delta}{1+\gamma^2}s_3, b_{4\omega} = \frac{1}{2}\left(1 + \frac{2\gamma \cos \delta}{1+\gamma^2}\right)s_2, b_{6\omega} = -\frac{1-\gamma^2}{1+\gamma^2}s_2, b_{8\omega} = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{2\gamma \cos \delta}{1+\gamma^2}\right)s_2 \quad (2)$$

となる。

光強度 I をフーリエ変換し、位相から各偏光素子の初期方位 θ_c, θ_p を算出し、振幅から複屈折位相差 δ , 軸透過率比 γ が算出でき、同時にストークス・パラメータ $\mathbf{s}$ が算出できる。

各素子の初期方位 $\theta_c=3^\circ, \theta_p=1^\circ$ を与え、位相差板の複屈折位相差 $\delta=85.6^\circ$, 軸透過率比 $\gamma=1.015$ をもつ二重回転偏光計で、ストークス・パラメータ $\mathbf{s}=[1,0,1,0]^T$ を測定したとすると、上記のアルゴリズムで解析すると、 $\theta_c=2.9958^\circ, \theta_p=0.9915^\circ, \gamma=1.0150, \delta=85.593^\circ$ と算出でき、このパラメータを用いてキャリブレーションを行ったストークス・パラメータ $\mathbf{s}=[1,-0.0003,0.9999,0.0001]^T$ がシミュレーション結果として得られたため、本キャリブレーションの有効性を示した。

参考文献

- 1) M. Tanaka, Y. Nakajima, H. Amamiya, M. Chujo, Y. Otani : Spectroscopic Stokes polarimeter with dual rotating retarder and analyzer for optical rotation measurement, Proc.SPIE 7461(2009).