

磁気光学イメージングの原理

はじめに、磁気光学効果について説明し、つぎに磁気光学イメージングプレートを用いた磁場分布測定の方法について説明します。透過における磁気光学効果であるファラデー効果は、磁性材料の中を光が進むときに、磁性体の磁化方向（S極からN極への方向）の向きに応じて光の偏光面が回転する現象です。その回転角をファラデー回転角 θ_F といいます。このファラデー効果は、2枚の偏光板（偏光子と検光子）を磁性体の前後に配置することによって、透過する光の強度の変化として測定することができます。

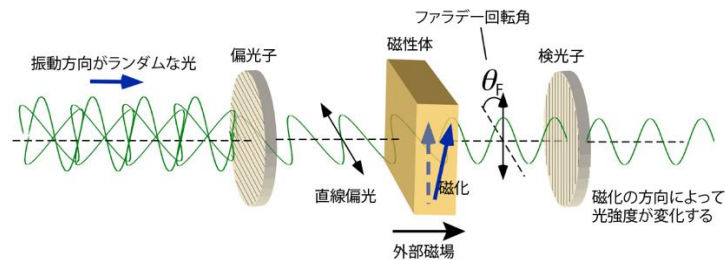


図1 磁気光学効果の説明図

磁性体の磁化容易軸（磁化の向きやすい方向）が磁性体表面に対して面内方向であり、かつ外部磁場の方向が垂直方向であるとする、印加磁場がゼロの時に磁化は面内方向を向いていますが、磁場が強くなるにしたがって磁場の方向に向いていきます。ファラデー回転角は、この磁化の垂直成分に比例するので、ファラデー回転角は磁性体の垂直方向に対して測定した磁化曲線と同じ形となります。したがって、ファラデー回転角と外部磁場は、図2に示すように、磁化方向が外部磁場と同じ方向に向く飽和磁場以下で比例関係となります。

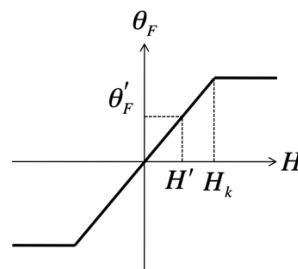


図2 面内磁化膜のファラデー回転角の磁場依存性

図1のセットアップを用いた場合、磁性体と検光子を通った光の強度 I は、ファラデー一回転角 θ_F と偏光子の角度 θ_P および検光子の角度 θ_A によって、

$$I = I_0 \cos^2 (\theta_P - \theta_A + \theta_F) \quad (1)$$

と表されます。偏光子と検光子の角度差 $\theta_P - \theta_A$ を直交条件の 90 度にすると、ファラデー一回転によって光強度は増加します。ただし、得られる光強度は回転角の正負に対して同様に变化してしまうため、通常は 90 度から数度ずらした角度とすることで、正負のファラデー回転角に対して明暗のコントラストが得られるようにします。この方法は、偏光子と検光子をほぼ 90 度とすることから直交検光子法と呼ばれています。この方法の利点は、簡単なセットアップで測定でき、肉眼で観察することも可能なことです。しかし、ファラデー回転角の大きさと光強の関係は比例関係ではないため、定量的に磁場強度を求めるためには、なんらかの磁場の校正法を用いる必要があります。

次に、磁気光学イメージングプレートを用いた磁場分布測定の原理について説明します。基本的な測定方法を、図3に示します。ここでは、棒磁石を測定試料としています。磁気光学イメージングプレートを測定対象物の上に乗せます。そして、磁気光学イメージングプレートに、偏光板などを通して直線偏光の光を照射します。その後、もう一枚の偏光板（検光子）を通して、磁気光学イメージングプレートを観察すると磁場分布が観察できます。このとき、上で説明したように、2枚の偏光板の角度は 90 度からずらして観察します。

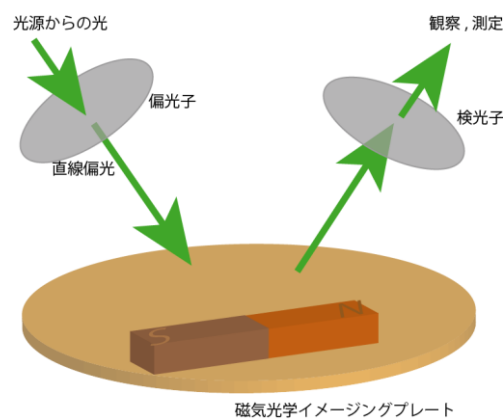


図3 磁気光学イメージングの測定法

図4 (a), (b)に、測定対象物がない場合とある場合の磁気光学層の磁化の状態を模式的に示した図を示しています。測定対象物がなく、磁場分布も存在しないとき、磁気光学層の磁化は面内方向を向いています。一方、測定対象物によって磁場分布が生じている場合、その磁場分布に応じて、磁気光学層の磁化方向が回転します。したがって、図3のように光を照射して観察すると、ファラデー効果により磁場の分布が光の明暗となって観察されます。反射配置では、ファラデー効果の非相反性のため、光吸収がなければ回転角は往復分の2倍となります。しかし、実際には、磁気光学層での光吸収や表面で反射のため2倍にはなりません。図4 (c)に棒磁石の測定例を示します。S極とN極が明暗のコントラストとなって観察されていることがわかります。

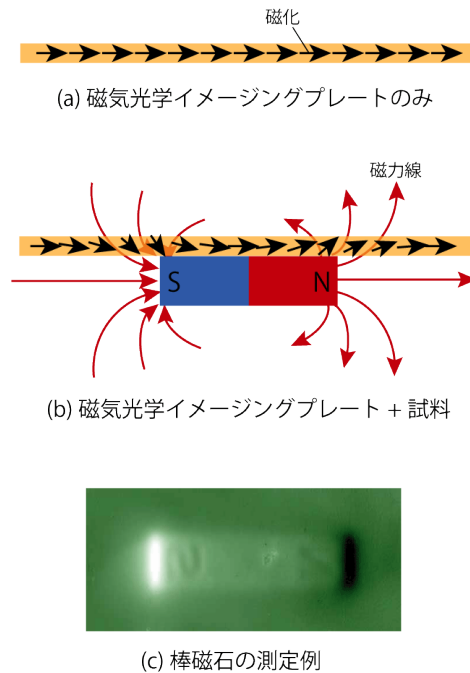


図4 磁気光学イメージングの原理説明と測定例