

液晶素子を利用した小型蛍光偏光測定装置の開発

北海道大学 大学院工学研究院

渡慶次 学

Tianma Japan 株式会社 開発本部

重村幸治

東京工業大学大学院 理学院化学系

火原彰秀

1. はじめに

蛍光偏光測定（蛍光偏光解消）は、蛍光の偏光成分を測定することで、蛍光分子の動きやすさ（蛍光分子の周辺環境）に関する情報を取得することができる。そのため生体高分子のコンフォメーション変化や分子間相互作用などの解析に利用されている。また、蛍光偏光測定を利用した蛍光偏光免疫分析法（FPIA：Fluorescence Polarization Immunoassay）は、以前は血中薬物の濃度測定に広く用いられていた¹⁾。FPIAは、抗体の固定化や洗浄操作が必要なく、試料と試薬を混合するだけで、迅速に測定対象の濃度定量が可能という大きな利点を持っている²⁾。しかし、蛍光偏光測定は、吸光度測定や蛍光測定と異なり、測定には偏光板などの光学系が必要になるため、装置が比較的大型・高価となる。そのため、あまり普及していない。

従来の蛍光偏光測定では、励起光の偏光面に平行な蛍光成分（ $I_{\text{平行}}$ ）と垂直な蛍光成分（ $I_{\text{垂直}}$ ）をそれぞれ測定し、偏光度 $P (= (I_{\text{平行}} - I_{\text{垂直}}) / (I_{\text{平行}} + I_{\text{垂直}}))$ を求める。そのため、 P を求めるためには2回の測定が必要になる。それぞれの成分を測定するために偏光板を回転させて $I_{\text{平行}}$ と $I_{\text{垂直}}$ を測定する。あるいは、偏光ビームスプリッターと偏光板を組み合わせる必要がある。最近我々は、液晶ディスプレイ（LCD：Liquid Crystal Display）に利用されている液晶（LC：Liquid Crystal）素子とイメージセンサーを組み合わせた新しい原理に基づく小型蛍光偏光測定装置を開発した^{3,4)}。LC素子は、電圧をON-OFF変調することにより、偏光フィルターを透過する蛍光の偏光面を（ $I_{\text{平行}} \cdot I_{\text{垂直}}$ ）変調できる。印加電圧の変調周期と蛍光を測定するイメージセンサーのサンプリング周期を同期させ、取得した画像を演算処理することで、 P 画像を測定することができる^{5,6)}。従来の蛍光偏光測定では、原理的に多サンプルの同時測定が困難であったが、この方法だと、測定視野内に複数のサンプルを配置することで、多サンプルの同時測定ができるということも利点である^{3,4)}。実際に、この小型蛍光偏光測定装置とマイクロ流体デバイスを用いて、FPIAを行い、多サンプルの同時蛍光偏光測定に成功した^{3,4)}。本稿では、筆者らが開発したLC素子とイメージセンサーを組み合わせた蛍光偏光測定の原理と小型蛍光偏光装置、小型蛍光偏光装置を利用したFPIA応用について紹介する。

2. LC素子とイメージセンサーを利用した蛍光偏光測定

従来のLCD（ツイストネマチックモードのノーマリーホワイト方式）に用いられているLC素子は、配向膜による90°配向の捻じれたLC層と、LCを挟む互いに直交した二枚の偏光フィルター、バックライトから構成されている。印加電圧OFFの場合は、一枚目の偏光フィルターを透過した光（バックライト）は、LC層により90°回転した偏光成分の光が二枚目の偏光フィルターを透過する。一方で、印加電圧ONの場合は、液晶分子が一方方向に配列するため、一枚目の偏光フィルターを透過した光は、直交する二枚目の偏光フィルターによって遮断される。LCDはこの原理により、表示映像を切り替えている。