

光とスピンの新たな展開

佐藤勝昭

(科学技術振興機構)

筆者が「光と磁気」の初版を刊行してからほぼ 30 年が経った。最近になって、「光と磁気」は「光とスピン」と名前を変えて、新たな飛躍の時期を迎えようとしている。この飛躍には、スピントロニクスの進展が関わっており、スピン流、スピンドYNAMICS、トポロジカル量子科学などスピン科学の基礎研究の発展が関与している。

ファラデー効果に代表される磁気光学効果は、磁化された物質の電子軌道間の光学遷移の選択則を通じて、光の角運動量（円偏光性のヘリシティ）が電子系の角運動量に伝達され、励起状態のヘリシティがバーチャルに基底状態に取り込まれることによって誘電率の非対角成分が生じ、磁気旋光性や磁気円二色性をもたらすと説明される。スピン角運動量の光の角運動量への変換を通じてスピン流の注入や蓄積を磁気光学効果によって観測することもできる。半導体へのスピン蓄積の最初の実証は磁気光学効果イメージングによって行われたことはよく知られている。

磁気光学効果の逆効果として逆ファラデー効果がある。この効果は、円偏光が物質に照射される時、光の進行方向に沿って仮想的な磁界が誘起される現象で、これに基づく光誘起磁化、超短パルス円偏光による磁化反転、磁化の歳差運動励起などが報告されている。この原理を用いれば、単一光子と単一電子スピンの変換ができ、もつれ光子対から遠隔 2 電子スピン間のもつれ状態生成による量子中継の可能性が提案されている。また、レーザ光の偏光制御による光電子スピンの任意操作も可能となる。

今、急速に注目を集めているのが、トポロジカル量子科学である。光とスピンの関係においてもトポロジーが重要な働きをする。例えば、光渦とよばれるトポロジカルなビームを微粒子に照射しトポロジカルな磁気欠陥である磁気スキルミオンに転写する提案が行われている。トポロジカル絶縁体の表面状態では、スピン軌道相互作用のため、電子のスピンの向きと運動量が直交的に強く結びついている。これはスピン・運動量ロッキングと呼ばれ、高効率のスピン注入源として期待されているが、大きな磁気光学効果をもたらすことも検証されている。

このほか、光スピンホール効果、光によるスピン波の励起と伝播、スピントロニクスオーバー光強磁性体、反強磁性体の非線形磁気光学効果、光が作るスピンの塊など、光とスピンの話題には事欠かない。新しいフェーズを迎えた「光とスピン」、今後の展開が楽しみである。その意味で、今号の「光スピントロニクス」特集は、まことに時宜を得た企画であると期待している。