研究グループ 紹介

日本大学 理工学部 電子工学科（電子工学専攻・情報科学専攻）塚本研究室

塚本 新（日本大学）

1. はじめに

昨年創設 100 周年を迎えた日本大学理工学部（日本大学は 1889 年創立）に所属する当研究室は、本学の伊藤彰義名誉教授の研究室にルーツを持ち、当時は「2 足のわらじ」とも形容された応用磁性と情報科学の研究が同居する伝統を現在も継承している。超高密度磁気記録媒体材料の研究を主たる研究分野としつつ、「空間」だけでなく「時間」の観点でも極限迫及をテーマとし、「磁化はどこまで高速に応答・制御可能であるのか？」との根本的問いに対し、超短パルス光照射を原因・手法とし、超高速磁化応答計測・制御につき研究を進めている。端的に研究分野を挙げると、超高速高密度磁気記録、光フェリ磁性スピントロニクス、非線形磁化ダイナミクス、フェムト・マグネティズム、磁気センサ、医用画像処理、機械学習、等であり、吉川大貴助手、笠谷雄一研究員、そして 20 人程の学生君と日々奮闘している。また、対象とする磁性材料の内、特徴的な系として、希土類遷移金属アモルファスフェリ磁性体につき継続検討し、ユニークな磁化ダイナミクスを多く見出しているが、元をたどると 2000 年初頭に伊藤教授が牽引されていた 3 次元磁気光ディスク創生に係る NEDO プロジェクトが発端である。本稿では、その一端を紹介する。

(<http://atlab.ecs.cst.nihon-u.ac.jp/>)

2. 主な研究内容

〈2・1〉超高速光磁気制御：全光型磁化反転 現在、フェムト秒から数ピコ秒領域における超短時間光物質作用研究が活性化し、特に磁性現象に関する研究領域はフェムト・マグネティズムと呼ばれ、時間分解計測技術の飛躍的發展により種々の新奇現象が明らかとなっている。1996 年ストラスブール大の Beaupaire らが報告した Ni 薄膜における超短パルス光照射に続くサブ・ピコ秒での超短時間減磁現象がその始まりと認識され、その機構解明が現在に至るまで続く研究テーマの一つの柱であり、筆者も末席に名を連ねさせて頂いている。100 フェムト秒未満の原子振動よりも短い時間での光照射に続く超高速磁化応答は、従来の熱力学的な物理描像では説明できず、新たな理論検討、世界各国の大型放射光施設での多角的検討等へも大きく広がっている。この分野を工学分野も巻き込み大きく加速する契機となった新奇現象として全光型磁化反転現象（All-Optical magnetization Switching）が挙げられる。室温にて単一超短パルス光照射のみで磁化の完全磁化反転が可能、さらに、左右円偏光により一意に照射後の磁化状態も制御でき、超

図 1 超短パルス光による磁区形成の様子（AOS）

高速光磁気記録、スピン制御デバイス、超低消費電力大規模情報処理等への応用が期待されるためである。本現象は、筆者と Theo Rasing 教授らの共同研究により 2007 年に発見した現象であり、本領域の世界的な研究活性化の端緒となり、様々な新規知見、理論の構築、スピントロニクスデバイスとの融合検討へと発展している。

図 1 に室温環境下における実験例（偏光顕微鏡観察像：説明に光線等を挿入）を示す。まず、20 nm 厚の垂直磁化 GdFeCo 試料表面でパルス長 90 fs の右回り円偏光($\sigma+$)を走査し全体を単磁区状態（図中淡部）にする。その後、左回り円偏光($\sigma-$)を走査し、反転磁区（図中濃部）により日本大学のロゴである N.（エヌドット）を形成したものである。

固体磁性体、特に磁性多層薄膜における磁化（集団スピン）ダイナミクスの理解及び制御法の確立は、スピンに係る諸現象の理解、スピンを積極的に利用した応用展開に向け重要な課題である。ポンプ・プローブ法を用いた時間分解磁気光学計測による サブピコ秒～ナノ秒レンジの磁化ダイナミクス解明、精密静磁気特性評価、微細加工試料におけるスピンホール効果異常ホール効果等電流磁気効果、各種計算機実験を相補的に実施し、さらなる探求を進めている。

3. おわりに

以上の研究推進に伴い、種々の研究プロジェクトや、理学・工学に渡る新たな研究領域・テーマ創生にも発展している。長きに渡りご指導・共同研究頂いている日本大学の伊藤彰義名誉教授、欧米の研究コミュニティにて実り多い共同研究を推進させて頂いている蘭国 Radboud 大学の Theo Rasing 教授を始め、各種磁気ソサエティやスピントロニクス、情報科学の研究に関わる多くの皆様よりご指導を頂いており、この場をお借りし深謝申し上げます。

（令和 3 年 5 月 11 日受付）