

T5:光とキラリティー：その科学と応用

企画：応用物理学会フォトニクス分科会

日時：2026年3月15日（日） 13:30～16:55

会場：東京科学大学 大岡山キャンパス S2_203+オンライン（ハイブリッド開催）

シンポジウム世話人：染川智弘（レーザー総研），辻野賢治（東京女子医大），伊藤祐介（東大），
中川桂一（東大），杉本泰（神戸大），小西邦昭（東大）

1. はじめに

本報告書は、招待講演6件の研究発表について、その概要と意義を整理したものである。本シンポジウムは、千葉大学尾松先生にご協力いただき、光とキラリティーの科学の基礎から応用技術への展開を紹介するとともに、当該分野のさらなる発展・展開を議論した。

当日は、応物講演会の発表によるとピーク時参加者数が139名（現地82名，オンライン57名）に達し、会場では立ち見が出るほどの盛況であったオープニングでは、フォトニクス分科会幹事長の小西邦昭より分科会の紹介が行われ、続いて尾松先生から、本シンポジウムが「光そのもののキラリティー」と「物質側のキラリティー」の両面をつなぐ場であること、さらにその先に新規計測、材料創製、加工、生命機能理解などの応用が見込まれることが説明された。

2. 各研究の概要

(1) キラル光学顕微イメージングと、キラル近接場-物質相互作用（分子研 岡本祐巳 招待講演）

本講演では、ナノ物質のキラル特性を理解・設計するにはナノスケールにおける局所的な幾何学構造や局所電磁場を可視化することが重要であるとの観点から、キラル光学顕微イメージングの研究が紹介された。講演では、開口型光ファイバプローブを用いる近接場光学顕微鏡と、光誘起力顕微鏡（PiFM）という二つの手法により、回折限界を超えて局所的な円偏光二色性や偏光回転、さらには試料近傍に形成されるキラル近接場を直接可視化できることなどが紹介された。

(2) 光渦の角運動量とキラリティー：キラルナノ構造との相互作用の解析（北大電子研 田中嘉人 招待講演）

本講演では、これまでに円偏光に由来するスピン角運動量だけでなく、光渦が有する軌道角運動量に着目し、それがキラルナノ構造とどのように相互作用するかについて議論された。サブ波長サイズのねじれ金ナノロッドダイマーを対象として、左右の円偏光光渦に対する透過率差、すなわち「光渦二色性」を高精度に計測する手法が紹介され、単一ナノ構造レベルで分光イメージングが可能になったことが示された。特に、ビーム中心部とドーナツ部で異なる二色性応答が現れ、その一部は従来の光学キラリティーの概念では説明できず、軌道角運動量の次数に依存した新たな光-物質相互作用の存在が示唆されるという重要な成果が紹介された。

(3) 光のトポロジーとキラリティ：トポロジカルフォトニクス視点から（東大先端研 岩本 敏 招待講演）

本講演では、光渦や光スキルミオンのように、位相や偏光の空間分布に「渦」を持つ光がトポロジカルな構造として理解できることに関連して、トポロジカルフォトニクスの基本概念と最新展開が紹介された。波数空間におけるバンド構造のトポロジーが、実空間での光トポロジカルエッジ状態として現れ、急峻な曲がりや欠陥に対してもロバストな光伝搬を可能にすること、さらに半導体フォトニック結晶を用いた実現と導波路応用の可能性が紹介された。

(4) なぜ細胞はらせん構造を好むのか？（阪大院工 松崎典弥 招待講演）

生体組織には完全な直線構造はほとんど存在せず、DNAの二重らせん、コラーゲンの三重らせん、さらには血管構造に至るまで、さまざまな階層でらせん構造が本質的役割を担っていることを踏まえ、「なぜ細胞はらせん構造を好むのか」という問いに挑む研究が紹介された。講演では、この課題を解く手段として光渦に着目し、マイクロメートルピッチのらせん構造を有する細胞-足場材料複合体を構築し、その上で細胞機能を解析するという独創的なアプローチが示された。細胞がらせん状ファイバー足場を登る様子と、左巻きらせんファイバー上での三次元共焦点観察像が示され、細胞がキラルな三次元微小環境に応答して立体的に配置・移動し得ることが視覚的に示された。光のキラリティーを用いて人工的ならせん足場を形成し、その意味や機能を生体側から読み解こうとする本研究は、従来十分に再現されてこなかった生体模倣らせん構造の実現に道を開くものであり、将来的には独創的な「らせん組織工学」技術への展開が期待される。

(5) キラル対称性の破れを伴う分子性結晶の構造転移と光照射によるキラリティーの制御（阪大院基礎工 桶谷龍成 招待講演）

本講演では、自発的キラル対称性の破れという基礎科学上重要な問題に対して、分子性結晶における構造転移と光照射によるキラリティー制御の研究成果が報告された。ラセミ化合物からConglomerateへの転移が、試料への光照射によって、転移後のキラリティーを高い確率で誘導できることが示され、光が結晶の対称性破れを方向づける能動的な手段となり得ることが明らかになった。

(6) 光の準粒子とキラル物質科学（千葉大分子キラリティー 尾松孝茂 招待講演）

本講演では、光渦や光スキルミオンに代表される「構造化された光」および光の準粒子という新しい視点から、キラル物質科学の将来像が議論された。光渦が持つ螺旋波面と軌道角運動量は、サブマイクロメートル領域で物質にねじれを与え、キラル構造形成を誘起し得ること、また近年登場した光スキルミオンは、偏光ベクトルの空間分布そのものを設計自由度として利用できることが紹介された。現時点では応用例はまだ限られるものの、サブ波長加工、光操作、キラル材料創製などへの波及可能性は大きく、光の自由度を活用した新たな物質科学の方向性を提示する講演であった。

3. 総合的考察

本シンポジウムを通じて明確になったのは、「キラリティー」がもはや特定の分野に閉じた概念ではなく、光の場の設計、ナノ構造との相互作用、トポロジカル状態、生体足場、結晶構造転移といった広範な

問題を横断して現れる共通言語になりつつあるという点である。前半の講演群では、キラル近接場の可視化、光渦二色性の計測、新奇光学キラリティーの提案などを通して、光そのものが持つ複雑な自由度をいかに記述し、観測し、利用するかが議論された。一方、後半では、光のキラル性やトポロジカル性が、細胞応答、結晶相転移、キラル材料創製といった具体的な物質・生命系へ接続され、機能発現や制御に結び付くことが示された。

4. おわりに

以上のように本シンポジウムでは、キラル光学顕微イメージング、光渦とキラルナノ構造の相互作用、トポロジカルフォトンクス、細胞のらせん環境応答、分子性結晶のキラル構造転移制御、光準粒子によるキラル物質科学といった多彩な話題が一つの枠組みのもとに集約された。これらは、基礎物理・化学としてのキラリティー研究を深化させるだけでなく、高感度計測、ナノ加工、フォトニックデバイス、バイオ材料、機能性結晶の創製などへの応用可能性を具体的に示している。今後は、光のスピン角運動量・軌道角運動量・偏光トポロジーを統合的に扱う理論と、それを実証する計測・加工・材料技術との連携がますます重要になると考えられる。フォトンクス分科会としても、本シンポジウムを契機に、光とキラリティーをめぐる学際的研究交流がさらに活性化することを期待したい。

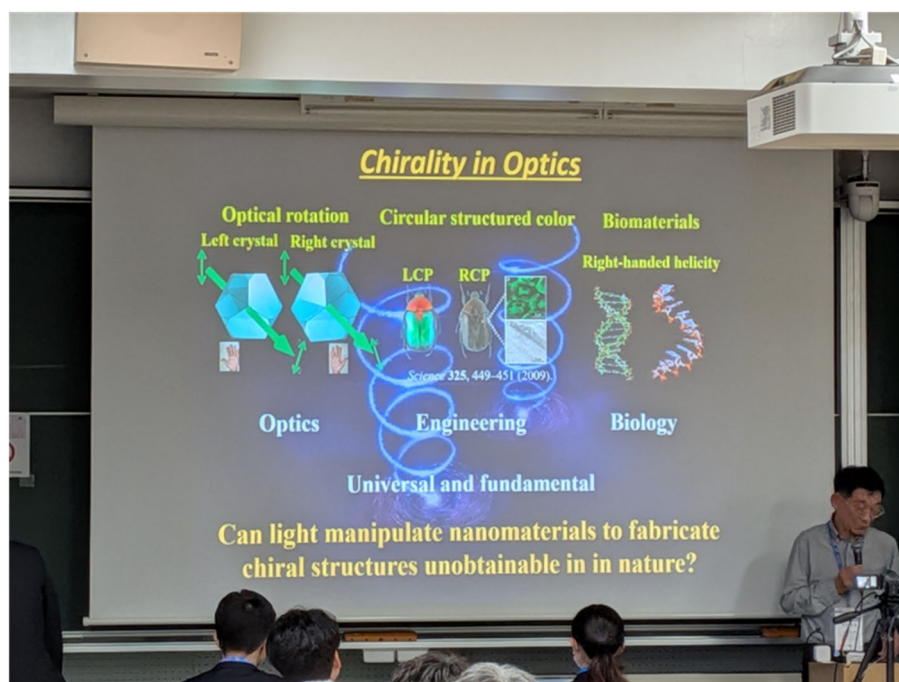


写真. 千葉大尾松先生のオープニングトークの様子