

シンポジウム T11 「トポロジカル材料科学の拓く新機能・新物性」

2022. 3. 23 10:00-16:00

このシンポジウムは、JST さきがけ「トポロジー」(研究総括：村上修一先生)の1期生の成果報告会を兼ねて行われました。午前の最初に登壇したのは村上修一先生、「はじめに」と題して、トポロジカル材料科学の背景として、①量子ホール効果、②トポロジカル絶縁体、③エレクトロニクス・フォトンクス応用まで、広い波及効果、の3点を挙げ、物性・数学・化学など他分野交流が重要と、このシンポジウムを企画した意図を述べました。以下、さきがけ1期生の成果報告です。

・葛西伸哉さん(NIMS)は、「強磁性薄膜における磁気スキルミオンの電流・電圧操作」と題して講演。スキルミオンは交換相互作用・静磁場・ジャロシンスキー守谷相互作用によって生じるが、トポロジーによって守られ、バブル磁区に比べて非常に小さく、磁壁の電流駆動に要する電流密度が非常に少ないなどの特徴があつてメモリ・ロジック・ニューロモルフィックなどの応用が期待される。講演ではスキルミオン固有の新規現象である非線形増幅の観察、デバイス応用可能な材料の探索について話された。

・関真一郎さん(東大)は、「磁気スキルミオンの物質設計と3次元ダイナミクス」と題して、世界最小のスキルミオンを発見したこと、「スキルミオンひも」の3次元構造とダイナミクスについて述べました。

スキルミオンひもについて、X線磁気トモグラフィーが有効であることを示し、このひもが情報伝送に使えることを述べました。また、特に、従来、スキルミオンの生成には「反転対称性+DMI」が必須と考えられてきましたが、「遍歴性+高対称構造」による新しい理論モデルが有効で、物質開拓が行われていることを述べたことが印象的でした。

このあと、2つの理論研究の発表がありましたが、難解で、あまりフォローできませんでした。

・渡邊悠樹さん(東大)は、「対称性の表現に基づくトポロジカル材料の探索」と題して、物質の持つ対称性やその表現に基づいて、トポロジカル超伝導体や高次トポロジカル絶縁体など各種のトポロジカル相を実現する具体的な物質を探索・提案する理論研究を紹介しました。これまでトポロジカル絶縁体の探索に使われてきた「対称性指標の方法」を一般化してトポロジカル超伝導体の探索へと使えるように拡張する研究、結晶の角に現れる「分数コーナー電荷」とバルクの電気多極子の関係に着目した高次物質相の探索などについて述べました。

・塩崎謙さん(京大)は、「一般コホモロジー理論に基づいたトポロジカル材料科学理論の構築」と題して、代数幾何学における一般コホモロジー理論の数学的枠組みを手がかりとして、トポロジカル相の物性を理論的に研究してきた結果について述べました。特に、「バルク境界対応」と呼ばれる「バルクにおける非自明な量子もつれと境界における低エネルギーのギャップレス状態の関係」を一般ホモロジー理論における境界作用素として解釈することにより、トポロジーのみに依存する物性を定式化することに成功しました。



村上修一
(東工大)



葛西伸哉
(NIMS)



関真一郎
(東大)



渡邊悠樹
(東大)



塩崎謙
(京大)

午後の講演では、トポロジカル半金属、超伝導体、角度分解光電子分光、光トポロジ、液晶・高分子など実験研究が報告されました。

・打田正輝さん(東工大)は、「トポロジカル半金属における新しい非散逸伝導機能の開拓」と題して講演しました。トポロジカルディラック半金属においては、電子構造が三次元のディラック分散とフェルミアークと呼ばれる途切れた表面状態からなっています。PLDで作製した高品質 Cd_3As_2 薄膜を加工したデュアルゲート型のトランジスタデバイスを測定することで、おもてとうらのフェルミアークが三次元ディラック分散の磁場中状態であるカイラルゼロモードでつながったワイル軌道に基づく三次元的な量子ホール伝導状態の実証に成功しました。

・松尾貞茂さん(理研)は、「アンドレーエフ分子が作り出す非局所ジョセフソン効果」と題して講演しました。超伝導体/半導体/超伝導体接合においてはアンドレーエフ束縛状態ができます。一つの超伝導体を共有する二つのジョセフソン接合を近距離で配置すると、二つの接合の束縛状態が結合してアンドレーエフ分子状態ができるという理論をトンネル分光によって実験的に検証しました。

・中山耕輔さん(東北大)は、「トポロジカル物質の全結晶方位 ARPES」と題して、ガスクラスタライオンビーム(GCIB)技術と ARPES 技術を融合することで、結晶の劈開性に左右されることなく電子状態を可視化する手法を確立して、らせん構造をもつ Te の ARPES によるフェルミ面マッピングをおこなって、1次元的な電子状態を見出しました。

・森竹勇斗さん(東工大)は、「プラズモニック構造における光トポロジカルエッジ状態の観測」と題して、新たなナノフォトニクス分野として活発になっている「トポロジカルフォトニクス」と呼ばれる研究分野を紹介しました。数nmのギャップで繋がった1次元金属ジグザク鎖においてはプラズモニックエッジ状態が存在しますが、通常は遠視野観測が困難です。森竹さんらは長い鎖を用い、ふたつのエッジを空間的に離すことで、偏光によるエッジ状態のスイッチングやトポロジカル相転移の遠方場観測に成功しました。また、カソードルミネセンスを用いて、バレープラズモニック結晶(VPIC)と呼ばれる構造におけるエッジ状態を見出すことに成功しました。

最後の2つの講演は、液晶や高分子のトポロジーに関するものでした。

・竹内一将さん(東大)は、「液晶トポロジカル欠陥の3次元動力学観察と自発的対称性の回復」と題し、ネマチック液晶における液晶欠陥である線欠陥について、蛍光色素が欠陥に集積する現象に着目し、共焦点顕微鏡法により線欠陥の3次元動力学観察を行った結果、2次元で観測された「非対称性」が3次元で見ると自発的に消失していることを見出しました。

・青木大輔さん(東工大)は、「動的な環状トポロジーを利用した高分子トポロジー変換」と題して、BiTEMPS 骨格を1つのみ有する動的な環状分子を合成し、バルク条件で同様に環拡大重合を行うことによって、トポロジーが異なる環状高分子同士が空間的に連結したオリンピックエラストマーが得られることを報告しました。また、環状分子合成手法を分岐した高分子に適用することで動的なユニットを2つ有する8の字型の高分子へと変換できること、この高分子をバルク条件で加熱することでポリマーネットワークを形成できることなどを述べました。



打田正輝
(東工大)



松尾貞茂
(理研)



中山耕輔
(東北大)



森竹勇斗
(東工大)



竹内一将
(東大)



青木大輔
(東工大)