

講演会最速レポート 2017 秋

特別シンポジウム「物質中のトポロジー」 応用にどのように結びつくのか

大会三日目の午後、標記シンポジウムが応用物理学会主催、JST-CRDS、応物インダストリアルチャプターの共催で行われました。「トポロジカル・・・なんかすごそうだけど難しそう・・・応用物理や産業に役立つの？」というキャッチコピーに惹かれて、501会議室は400名を超えるお客様でいっぱいになりました。

【趣旨説明】



はじめに主催者を代表して、塚崎敦さん（東北大）が、ノーベル賞の対象となったトポロジー、基礎研究を中心に発展してきたが、これをぜひ応用につなげたいとの思いから、応用物理学会でのシンポジウムを企画したと趣旨を説明しました。



次いで、本学会前副会長の横山直樹さん（富士通研）は、本会が企業にとって魅力的な学会になるために、いろいろなシーズの将来の展開がわかるような場を提供してもらいたい。今回のシンポジウムは、インダストリアルチャプターの支援も受けて開催したが、異分野融合・レイヤ間連携を通じて、トポロジーのナノエレクトロニクス分野への応用展開を考えて欲しいと、激励の挨拶をされました。

【講演】

「物質中のトポロジー」 永長直人（理研/東大）



トポロジーが物質科学にとっていかに重要な概念を導くかについて述べ、ついで、ノーベル賞の受賞に結びついた超伝導における渦糸と反渦糸のペアの生成消滅によるコステリッツ・サウレス相転移、量子ホール効果とエッジチャネル、1次元量子反強磁性体におけるハルデーギャップなどを解説しました。さらに量子スピンホール効果におけるスピン運動量ロック、トポロジカル超伝導におけるマヨナラフェルミオンなどをトポロジーの概念で説明しました。

「トポロジカルエレクトロニクス」 川崎雅司（東大）



「電子技術立国」日本を立て直すには、「量子技術立国」しかないと言説、今後は、電子を粒としてではなく波として扱う非散逸のトポロジカルエレクトロニクスが中心となると強調、半導体ヘテロ界面での量子ホール効果、グラフェンの室温量子ホール効果を解説した後、トポロジカル絶縁体のゼロ磁場量子ホール効果、さらには、トポロジカル磁性体における磁壁移動とカイラルエッジ流を組み合わせた新たなメモリーデバイス、強誘電体に光照射したときのシフトカレントによる新たな多数キャリア太陽電池の可能性に言及し、聴衆に大きなインパクトを与えました。

「トポロジカル磁気構造が拓く新しいスピントロニクス」 望月維人（早大）



ハリネズミのような磁気構造としてのスキルミオンの概念提唱は1960年代にさかのぼります。従来は金属磁性体で観測されていましたが、最近、 Cu_2OSeO_3 や GaV_4S_8 など非金属においてスキルミオンが見つかるなど研究が進展しており、直径3-100nmのスキルミオンをメモリに使う提案が行われています。以前のバブルメモリに比べトポロジカルに保護されているのでロバストで、極小の外場あるいは電流

で駆動できるとされています。このほか、接合界面における室温スكىルミオン、反強磁性を用いたゼロ磁場室温スكىルミオンなどの話題提供をしました。

「トポロジカルフォトンクス：その動向と応用への期待」 岩本敏（東大）



従来のフォトンクス結晶におけるフォトンクスバンドには概念として含まれていなかったトポロジーな性質を利用することで、後方散乱のない一方通行の導波路(one way edge)を実現する提案はハルデーによって行われ、マイクロ波領域では実現しています。マイクロリングやメタマテリアルを用いたスピンもどきを用いる試みや、誘電体を並べ構造チューニングによるフォトンクスバンドの反転を利用する試みなどが紹介されました。今後の課題として光領域への展開、光と物質の相互作用による能動制御などを挙げました。

「トポロジカル磁性体：巨大仮想磁場による機能性」 中辻知（東大）



スピントロニクスデバイスの高密度集積、高速データ処理のために、洩れ磁場が無く、THz に至る高速動作が可能な反強磁性体の応用を提案しています。特に、カゴメ格子をもつ反強磁性体 Mn_3Sn は、キャント磁化から期待される 300 倍もの大きな異常ホール効果を示します。類似物質の Mn_3Ge も含め、これらをトポロジカル物質の一種であるワイル半金属であると捉えることで、100T に相当する仮想磁場の存在を示し、巨大なホール伝導率を説明しました。反強磁性体を用いたホール素子メモリ、巨大ネルンスト効果による環境発電などの応用について述べました。

「超伝導状態のトポロジーが拓く量子計算の未来」 笹川崇男（東工大）



超伝導体にはギャップがありますが、トポロジカル超伝導体ではギャップレスのバンドが表面（3D）、縁（2D）、端（1D）に現れ、粒子と反粒子が等価なマヨナラ粒子となっていると考えられています。これを量子計算に使うと誤り符号訂正の不要な超高速の量子計算ができると期待され、マイクロソフトでは数学者 Freedman のもとに物理学者 Kitaev などを世界に 8 ヶ所の STATION Q という拠点に集めていることなどを紹介しました。

【終わりに】



最後に、企画者の 1 人である JST の宮下哲さんが、今回のシンポジウムは、JST-CRDS で行った戦略プロポーザル「トポロジカル量子戦略」に基づいたもので、全文 pdf は Web からダウンロードできること、マイクロソフト STATION Q の取り組みを含め、トポロジカル物質・物性に関する国内外の研究動向について紹介しました。