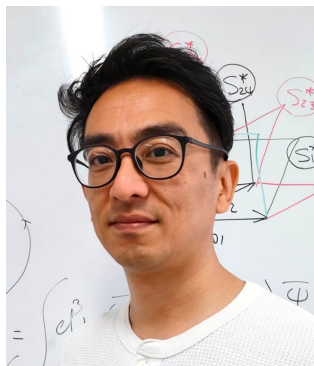


越野研究室



教授 越野 幹人

幾何学構造から生まれる、新しい量子物性

二次元物質やモアレ物質など、特異な形状や構造を持つ多様な物質群を対象として、その量子的性質を理論的に研究しています。これらの物質の研究は21世紀以降急速に拡大し、現在では物質科学の重要なフロンティアの一つとなっています。我々のグループでは、物理的本質を捉える基礎理論の構築を通して、新たな物性や機能の理論的提案を目指しています。特に、**電子やフォノンのトポロジーや量子幾何**に由来する効果に注目し、トポロジカル物性や新奇量子状態の解明に取り組んでいます。さらに、**厳密な空間周期を持たない準周期物質や新しい幾何学的構造**を有する物質系に対して、**従来のブロッホ理論の枠組みを超えた記述法の開発**にも挑戦しています。実験グループとも密接に連携し、理論と実験の協働による新現象の予測と理解を推進しています。

二次元物質・モアレ物質の量子物性理論

厚みが原子1個~数個分の物質を二次元物質と呼びます。例えば、炭素からなる二次元物質**グラフェン**は、グラファイトの1層を剥離することで作られます。この他にも半導体、磁性体、超伝導体など、様々な二次元物質が知られています。多くの場合二次元物質は母体となる三次元物質と全く異なる性質を持ちます。グラフェンの電子は、有効的に**質量ゼロのDirac方程式**に従い、他にはない特異な性質を示します。また二次元物質は、三次元物質にはない様々な自由度を持ちます。特に、二次元物質を2枚重ねると、原子スケールよりはるかに大きな周期を持つ**モアレ構造**が生じ、物質の性質を劇的に変化させることができます。例えば、グラフェンを回転させて重ねたツイスト二層グラフェンでは、平坦な**モアレバンド**が現れ、元来のグラフェンには存在しない超伝導や磁性が発現します。また、遷移金属カルコゲナイドのモアレ物質では、バンドのトポロジカルな性質が有効的な磁場として働き、外部磁場なしに量子ホール効果が現れます。このように、**通常の原子結晶とは全く異なる幾何学構造が、「常識」な量子物性を生み出します。**この新しい物質の世界を舞台として、未踏の物性や機能を理論的に予言することを目指しています。

トポロジカル物性・量子幾何学的効果による新奇物性

量子状態の**トポロジー**や**幾何学的位相**は、散乱や局所的摂動に対して頑健な物性を生み出す根源です。バンドトポロジーや量子幾何量に着目し、トポロジカル絶縁体、量子ホール効果、異常応答などに代表される現象を理論的に研究します。さらに、相互作用や外場と結び付いたときに現れる新奇な量子状態や応答現象を明らかにし、従来の対称性分類を超える物性の理解を目指します。

準周期物質・新構造をもつ物質の理論構築

準周期物質や非自明な幾何学構造を持つ物質系では、**従来の結晶理論やブロッホ理論がそのまま適用できません。**このような厳密な空間周期性を持たない系に対して、新たな理論的枠組みを構築することを目指します。準周期構造や高次元トポロジー、幾何学的自由度がもたらす電子状態や輸送現象を解析し、未知の量子物性の体系的な理解と予測に挑戦します。

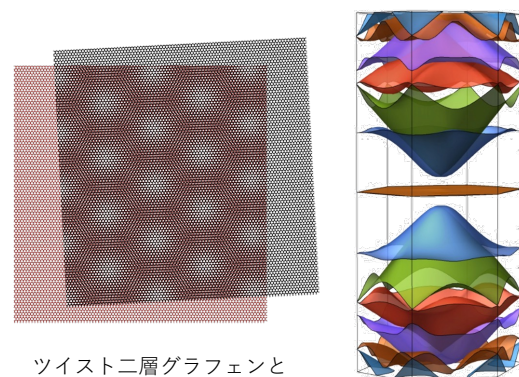
見学、質問、いつでも歓迎です

E-mail: koshino@issp.u-tokyo.ac.jp

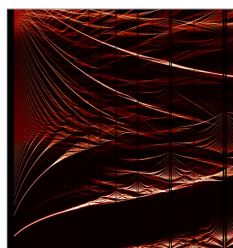
場所: 物性研本館 A517

研究室HP:

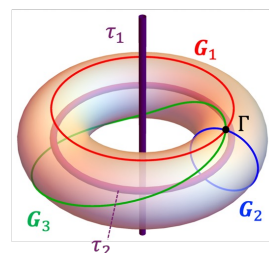
<https://koshino.issp.u-tokyo.ac.jp>



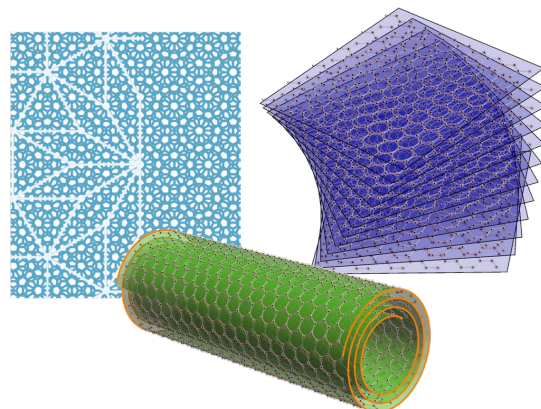
ツイスト二層グラフェンとモアレバンド



磁場中モアレ系に現れるフラクタルスペクトル



菱面体積層グラフェン系にあらわれる非可換ゲージ束の概念図



非自明な構造を持つ物質：30度準周期積層系、螺旋多層系、ナノスクロール。いずれも実在するが従来の固体物理での扱いが困難な系である。