



～強相関電子の多自由度を探る 新電子相の開拓～

十倉研究室

<http://www.cmrt.u-tokyo.ac.jp/>

創発物性・強相関電子とは？

DNAをすべて解読できれば人間の性格を予測できるか？
素粒子の性質をすべて理解すれば全ての物理現象は演繹できるか？

No! 階層ごとに分けて考える必要がある。
多数の要素が集まるとそこにはまた新しい学問がある。



創発物性科学研究センター(RIKEN CEMS) リーフレットより (<https://www.cems.riken.jp/jp/about/publications>)

固体物理におけるトポロジー

数学
Genus = 0

Genus = 1

物性科学
トポジカル絶縁体

バルクは絶縁体、表面は金属
スキルミオン

ベリー位相
 $\gamma = \int_S dS \cdot b(r) = \frac{\Omega}{2}$
磁束量子1つ分
 $\gamma = \pm 2\pi$
 $\pm\phi_0 = \pm \frac{h}{e}$

固体における3種類のカルレント

オーム電流
オームの法則に導いて流れる電流
ジュール熱の発生を伴う

超伝導電流
熱平衡状態でも流れる激進を伴わない電流
転移温度以下の低温に限られる

トポジカルカルレント
電子状態のトポロジー的性質によって駆動されるカルレント
本質的に散逸を伴わず、室温でも可能
量子ホール効果、異常ホール効果、スピントール効果などに現れる

固体電子を用いた光熱発電・省エネルギー情報技術
物質の中の**創発電磁気学**

創発電磁誘導と量子インダクター

対称性の破れによるカイラルスピン構造形成

強磁性 らせん磁性 スキルミオン

10-200 nm

$H = \sum [-JS_i \cdot S_j + D \cdot (S_i \times S_j)]$
強磁性 > Dzyaloshinsky-守谷相互作用

短周期らせんがもたらす巨大創発電磁誘導を用いた機能性開拓

cf. 古典的インダクター
 $L = \frac{\mu N^2 S}{l}$ $L \propto$ 断面積

$V = \frac{hl}{2e\lambda S} \frac{dI}{dt}$
 $L \propto 1/\text{断面積}$

古典インダクター素子の100万分の1の体積

創発電磁誘導へ置き換え・ダウンサイジング

トポジカル超伝導体とカイラルマヨラナ流

薄膜 + 電界効果デバイスによる
量子ホール効果の観測

電極
ゲート誘電体 $(Bi_{1-x}Sb_x)_2Te_3$
トポジカル絶縁体
基板

表面ディラック状態

$R_{xx} \sim 0$
 $R_{yx} \sim \pm h/e^2 = (\pm 25.8 \text{ k}\Omega)$

2つの二次元系(上面・下面)がそれぞれ量子化

磁性トポジカル絶縁体
量子異常ホール効果

磁性トポジカル絶縁体
量子異常ホール効果

磁化

Crドープ $(Bi_{1-x}Sb_x)_2Te_3$

磁化方向に対応した非散逸エッジ伝導

マヨラナ粒子検出のためのデバイス設計

$\gamma = \gamma^\dagger$
カイラルマヨラナ流

量子異常ホール効果

超伝導

電荷・スピンを持たない
→ 外乱に対して安定
量子計算への利用可能性

超伝導体
トポジカル絶縁体
強磁性体

積層薄膜で設計

ワイル半金属とトポジカル相転移

ワイル半金属

運動量空間における磁気単極子 → 表面状態、巨大磁気応答

$H = v_0 \cdot q_0 \vec{l} + \sum_{i=1}^3 v_i \cdot q_i \sigma_i$

パイロクロア型Ir酸化物における磁場誘起トポジカル相転移

パイロクロア型Ir酸化物における磁場誘起トポジカル相転移

ゼロギャップ半導体 ラインノード半金属

反強磁性 all-in-all-out構造 2-in 2-out構造 3-in 1-out構造

極限環境を用いた物質開拓

高圧合成装置
600-1400°C
2-8 GPa

高品質単結晶
育成による物性
開拓

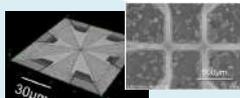
研究設備・環境



高圧合成装置



分子線エピタキシー(MBE)



マイクロデバイス作製



原子間力顕微鏡



磁気光学測定



和光

30分

本郷



基礎物性測定(PPMS)



浮遊帯域溶融炉



高温マッフル炉



グローブボックス