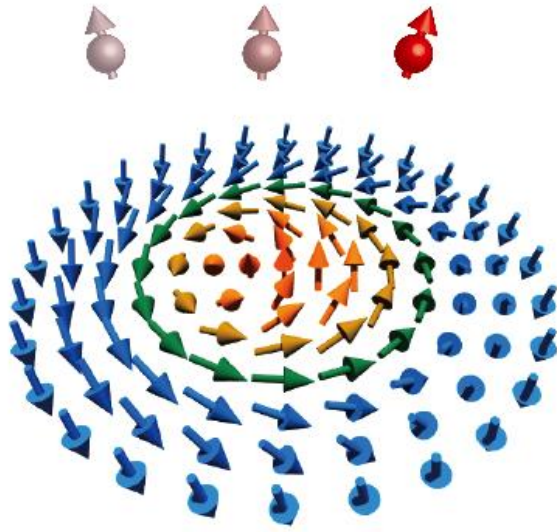
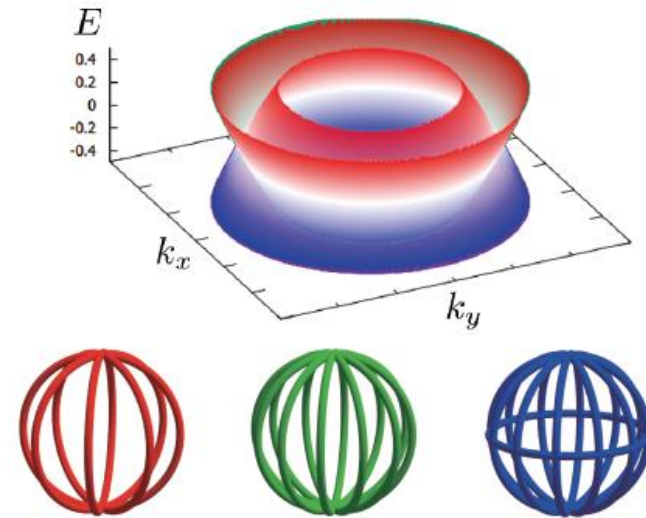


物性物理学とは？

物性物理学は、物質の示す多彩な性質を、物理学の法則に基づいて解明する分野です。水と氷の違いは？磁石の起源は？超伝導とは？自然界の呈示する現象を追究することにより「対称性の破れ」といった多粒子系に特有の概念を見出しました。また、物性物理学は、科学技術の進歩や私たちの日常生活の向上とも密接に関係していて、学問的に得られた知識をもとに、物質の機能を引き出し新技術へ橋渡しする側面をもっています。St研では、後者の側面に重心をおいて、スピントロニクス、トポロジカル物質の理論研究を行っています。



スピントロニクス



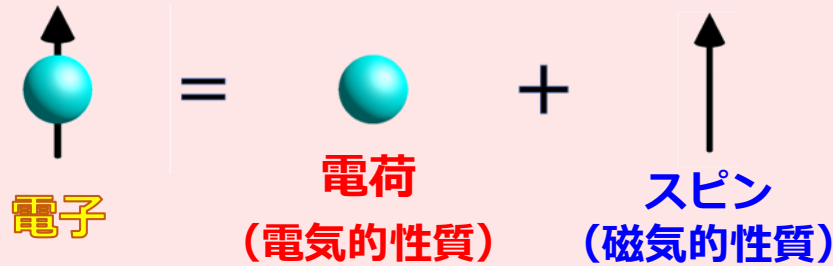
トポロジカル物質

スピントロニクス

✓ スピントロニクスとは？

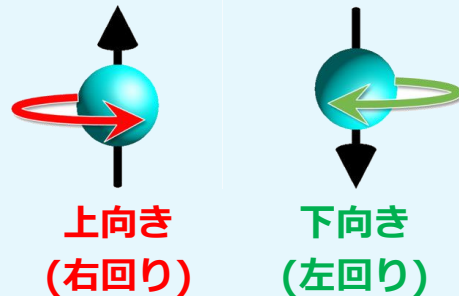
スピン + エレクトロニクス

電子の持つ2つの性質 -電荷とスピン- を効果的に結び付けた新しい物理現象を創成する分野。低電力・高密度なデバイスへの応用が期待されている。



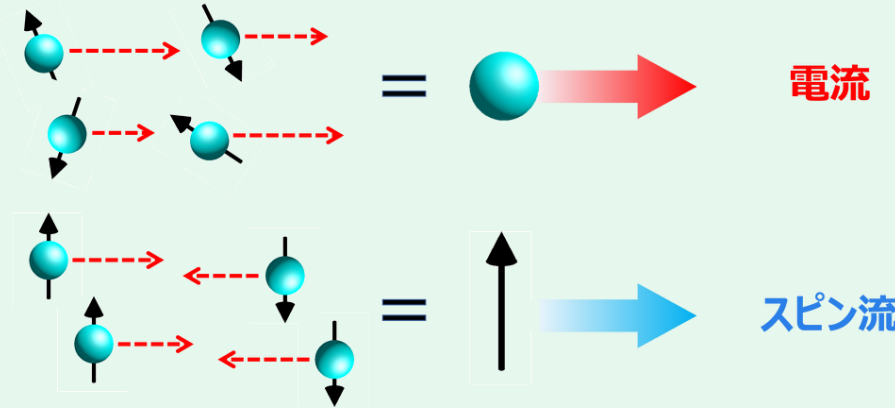
✓ スピンとは？

スピンは微小な磁石の性質を生み、磁性の起源となる。直感的には、電子の自転と違ってよく、上向き (右回り) と下向き (左回り) がある。



✓ スピン流と電流

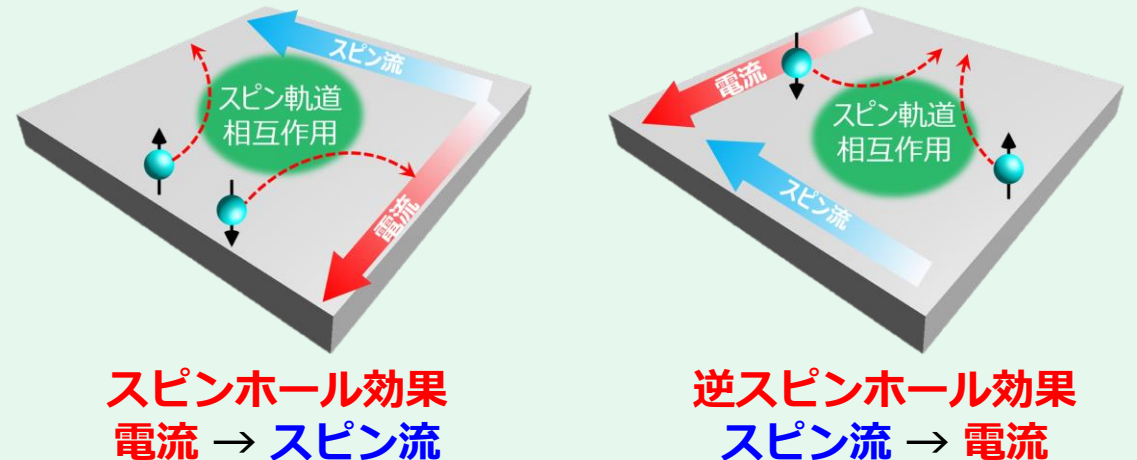
電荷の流れ(電流)と同様にスピンの流れ(スピン流)も存在



スピン流は短い距離で減衰するため、ナノテクノロジーが必須

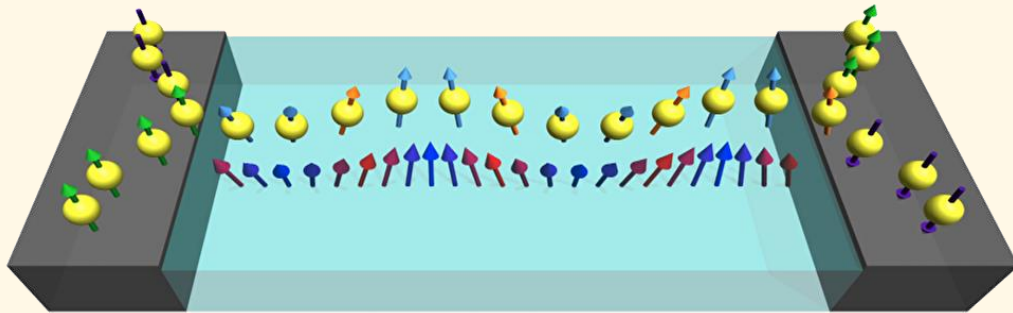
✓ スピンホール効果

電流がスピン流へ変換される現象。逆変換もあり、電流・スピン流相互変換手法の一つとして幅広く用いられている。



✓ 研究目的・戦略

スピン流は様々な物理量と**相互変換**することが可能。それらのメカニズムを解明することが**スピン流**の応用に不可欠。



生成

伝搬

検知

熱・電気・回転
→ スピン流

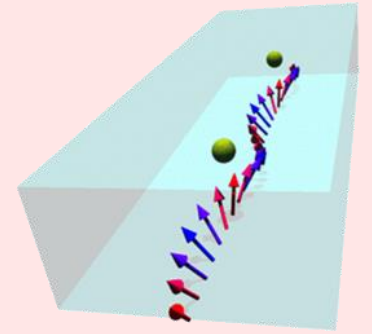
スピン流
→ 熱・電気・回転

**スピン流の生成・伝搬・検知のメカニズム
を理論的に解明する！**

✓ 研究内容

電子・マグノン結合系

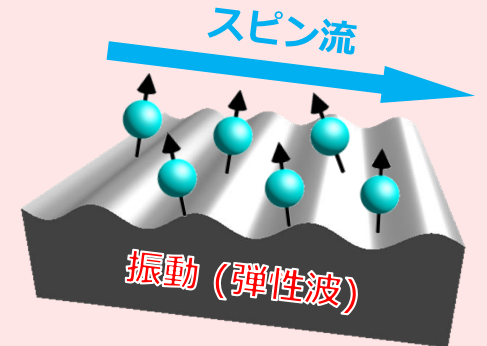
磁化の作る波である**マグノン**と**電子のスピン**の結合によって、互いの流れが引きずり合う。



マグノンと電子スピンの結合

力学運動によるスピン流生成

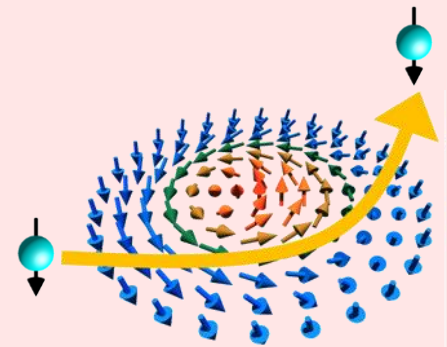
スピンと我々に最も身近な**力学運動**(回転や振動)との結合を利用してスピン流を作る。



振動 (弾性波)

トポロジカルホール効果

磁化の渦状の構造 (例: スキルミオン) によって電子の軌道が曲げられて、ホール効果が生じる。



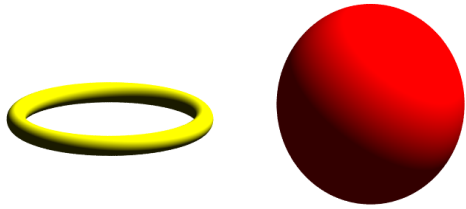
スキルミオン

トポロジーを応用した物質研究

2016年
ノーベル物理学賞

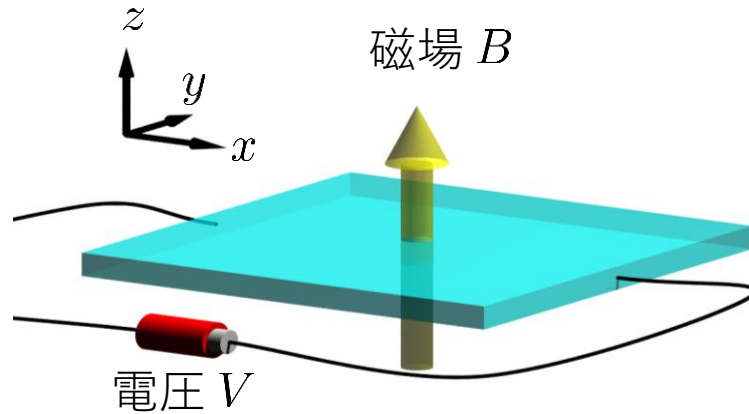
<数学>

トーラスと球は
トポロジー（穴の数）が異なる



<物理>

外部磁場Bを印加すると量子力学的な
波動関数のトポロジーが変わる

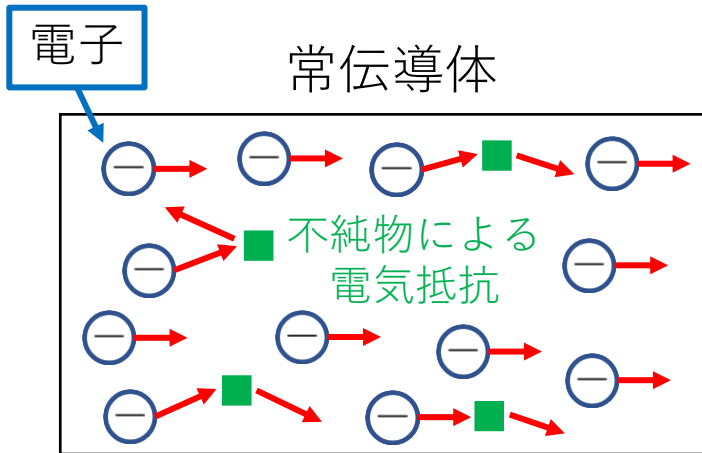


y方向の電気抵抗は
 $26\text{k}\Omega \times (\text{整数})$ ← “穴の数”
量子ホール効果
(トポロジー)
に対応
 $\pi_2\left(\frac{U(n+m)}{U(n)U(m)}\right) = \mathbb{Z}$

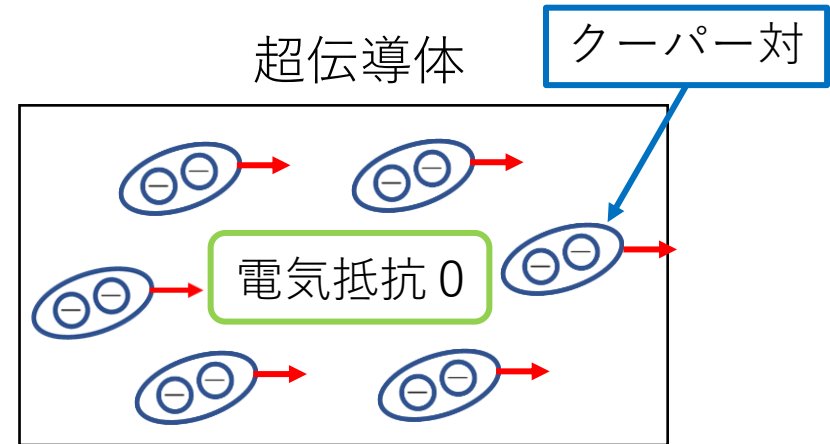
78 kΩ
52 kΩ
26 kΩ

磁場

超伝導



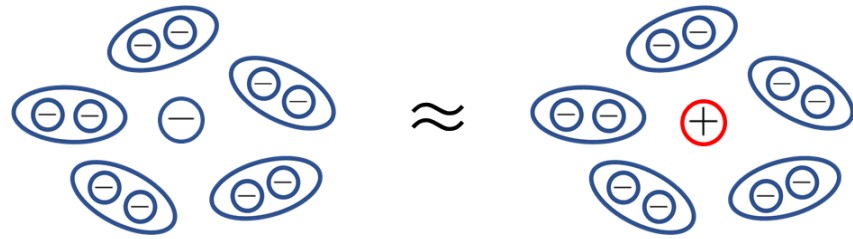
極低温
→
超伝導転移



超伝導状態において全ての電子（-の電荷をもった粒子）はクーパー対と呼ばれるペアを形成する

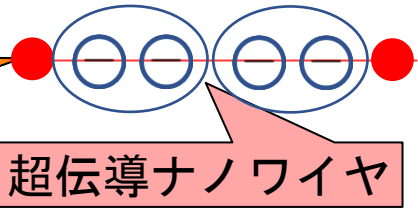
超伝導体とマヨラナ粒子

仮に**無数にある**
クーパー対の内
の一つが壊れる
とどうなるか？



無数にあるクーパー対の中に電子一個がある状態と正孔(+の電荷をもった粒子)一個がある状態はほとんど等価に見える。

マヨラナ粒子

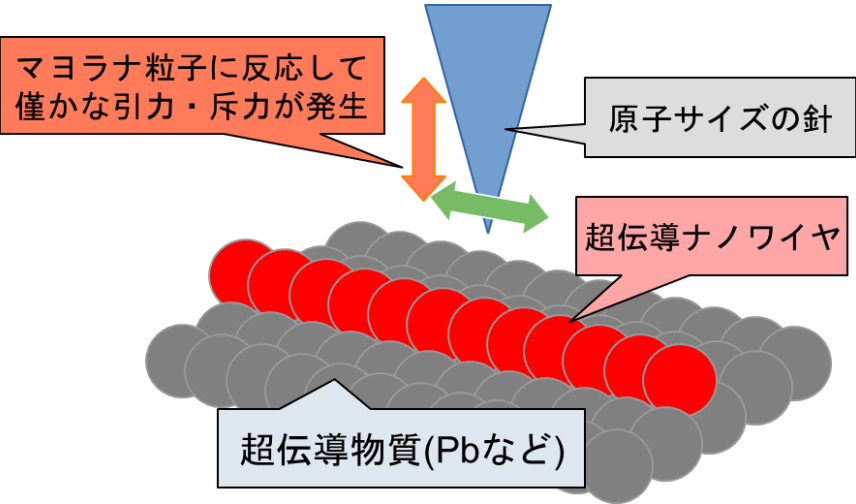


超伝導ナノワイヤ

これは電荷中性の粒子が一個存在している状態とも言い換えられる。

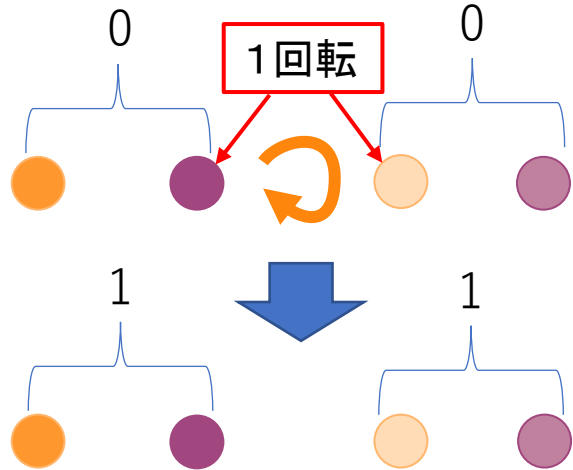
この電荷中性の粒子を**マヨラナ粒子**と呼ぶ

このような状態が実は**トポロジカル超伝導体**と呼ばれる超伝導体の**表面**で実現しうる



マヨラナ粒子は、原子サイズの針を用いて検出されている

マヨラナ粒子と量子コンピュータ



2つのマヨラナ粒子を1回転させると量子ビットが“0”から“1”に変化する

マヨラナ粒子の操作法や安定性についてシミュレーション等を用いて研究しています。