



理研の博士に聞いてみよう！

スキルミオンの研究をしています。



それってなあに？

世の中を大きく変えるかもしれない  
不思議な渦です

かる へ こうすけ  
軽部 浩介 博士

そうほうせい  
創発物性科学研究センター  
きょうそうかんぶつ  
強相関物質研究グループ  
研究員

撮影：STUDIO CAC

## ● 電子は小さな棒磁石

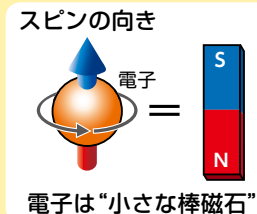
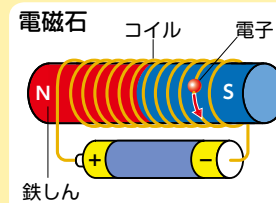
2010年、磁石の中で不思議な渦が観察されました。それは、たくさんの小さな棒磁石がつくる渦です。磁石の中に、たくさんの小さな棒磁石があるって、どうなるのでしょうか。

磁石には鉄がくっつきますね。それがなぜか知っていますか？ 磁石をふくめてあらゆる物は小さな粒が集まってできています。粒には、いろいろな種類がありますが、その一つが「電子」です。

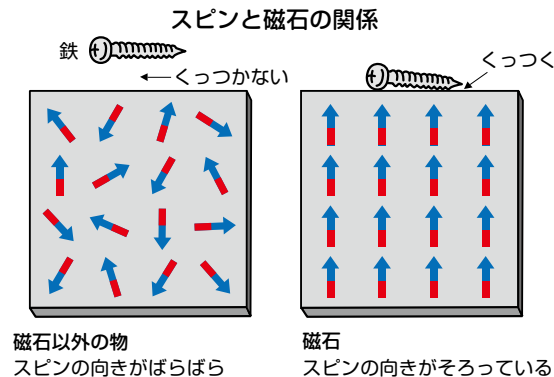
電子はマイナスの電気を帯びていて、電流とは電子の流れのことです。電子にはもう一つ重要な性質があります。「スピン」という自転に似た性質です。

鉄しんに銅線を巻いてコイルをつくり電流を流すと、どうなるでしょう。そう、電磁石になりますね（右ページの上の図）。電子がコイルに沿ってぐるぐると回転することで磁力という力が生まれ、磁石になるのです。同じように、電子は自転に似た「スピン」によって小さな棒磁石になります。自転に右回り

と左回りがあり、棒磁石にS極とN極の向きがあるように、スピンにも向きがあります。



すべての物の中にはたくさんの電子がありますが、磁石以外では電子のスピンはばらばらです。スピンの自転軸がいろいろな方向を向いているということは、小さな棒磁石のS極とN極の向き

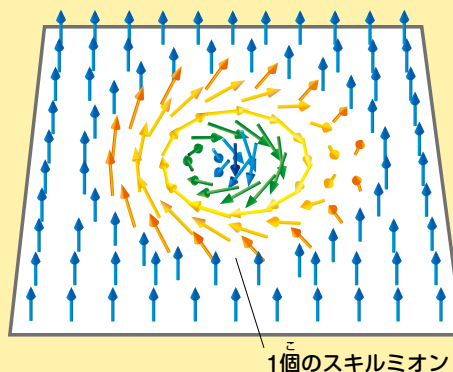


がばらばらということ。それでは磁力は互いに打ち消し合い、物全体は磁石として働きません。だから、鉄がくっつかないのです。一方、磁石では、たくさんのスピンの向きがそろっています。小さな棒磁石の向きがそろっているので物全体が磁石として働き、鉄がくっつくというわけです。

## ● 電子のスピンがつくる渦「スキルミオン」

では、磁石の中で小さな棒磁石がつくる渦とは何でしょうか。それは田んぼや麦畑につくられた「ミステリー・サークル」のようなもの。磁石の中の向きがそろったスピンの中に、渦を描くスピンの一団ができるのです。そのスピンの向きを矢印であらわすと、左の図のようになります。

人が手を加えていないのに、自



然にきれいな渦ができます。不思議だと思いませんか？このスピンの渦が「スキルミオン」です。

## ● スキルミオンを手軽に持ち運べる方法を発明！

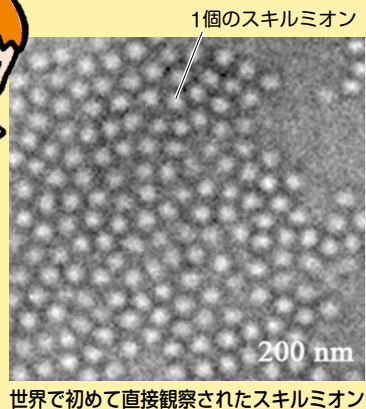
私の仲間の理研の博士が2010年に、スキルミオンを直接観察することに世界で初めて成功しました。磁石に弱い磁力をかけながら、とても低い温度まで冷やして、特殊な顕微鏡を使って観察を続けました。すると、磁石の中に小さな小さな白い点がたくさん見えたのです（下の写真）。その白い点の一つ一つが、1個のスキルミオンの渦でした。

その後、もっと身近な温度でスキルミオンができる磁石を探す研究が進みました。そして2015年、理研と東京大学の博士たちが、水が沸騰する100℃くらいでスキルミオンができる磁石をつくることに成功しました。

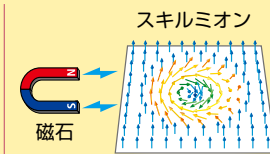
ところが、やっとできたスキルミオンも、温度を少し変えたただけですぐに消えてしまいます。温度が変わってもスキルミオンが消えない磁石はできないのでしょうか？

理研の博士は、とても低い温度でスキルミオンができる磁石を使っておもしろい実験を行いました。いったんスキルミオンをつかったあとに、磁石をさらに低い温度まで急激に冷やしたのです。すると、とても低い温度ですが、温度を少し変えてもスキルミオンが消えなかったのです。

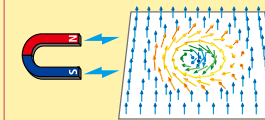
さっきの100℃くらいでスキルミオンができる磁石でも、同じようなことが起きるのかどうか、私は実験してみることになりました。まず、弱い磁力をかけながら熱を加えてスキルミオンをつくります（最初に100℃くらいで安定なスキルミオンをつくらせておくことが大事です）。次に、弱い磁力をかけたまま、熱を加えるのをやめて磁石を放っておきます。すると部屋の温度と同じくらいになるまで自然に冷やしても、氷水に磁石をつけて急激に冷やしても、スキルミ



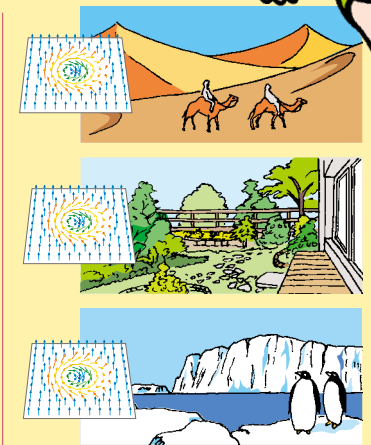
この磁石でスキルミオンを持ち運べる！



1 弱い磁力をかけながら磁石を約100℃に熱して安定なスキルミオンをつくる。



2 弱い磁力をかけたまま加熱をやめて磁石を冷ます。



3 温度を変えてもスキルミオンが残ったままに。磁力をかけ続ける必要もない。

## かるべ 軽部博士が発明したスキルミオンを持ち運べる磁石のつくり方

オンが消えなかったのです。

いったん冷やしてしまえば、磁力をかけ続ける必要もありません。砂漠のような高い温度でも、部屋の温度でも、南極のような低い温度でも、さらに、とても低い温度まで冷やしても、スキルミオンが消えることはありませんでした。これなら、スキルミオンができたままの磁石をポケットに入れて持ち運ぶことだってできます！

## ● スキルミオンで、何年間も充電する必要がないスマートフォンやゲーム機ができる？

もともとスキルミオンは、1962年にイギリスのトニー・スキルム博士が、電子とは別の小さな粒の性質を説明するために考え出したもので、2010年までは実際に直接観察されたことはありませんでした。スキルミオンの「オン」はギリシャ語で粒のことで、スキルミオンは「スキルム博士の粒」という意味です。

2012年、とても弱い電流を流すと、たくさんのスピンの集まりであるスキルミオンが一つの粒であるかのようにまとまって動くことを、理研の博士たち

が発見しました。動くといっても、スキルミオンをつくるスピンを持つ電子一つ一つが移動するわけではありません。サッカーのスタジアムなどで観客が行う「ウェーブ（波）」を見たことがありますか？ 一人一人は席を移動しなくて、次々と立ったり座ったりするだけで、波が動いているように見えます。それと同じように、電子そのものは移動しませんが、次々とスピンの向きが変わっていくことで、スキルミオンは動くのです。

そのような性質を持つスキルミオンを使って、ほとんど電力を消費せずに動くコンピュータをつくらう、という研究が行われています。スマートフォンやゲーム機を動かしているのはコンピュータです。スキルミオンをコンピュータに利用することで、何年間も充電しなくてよい、夢のようなスマートフォンやゲーム機が実現できるかもしれません。

今のコンピュータの主な仕事は二つ。情報を記憶する「記憶装置（メモリー）」としての仕事と、「計算機」としての仕事です。コンピュータは、0と1という二つの数字だけを使って、情報を記憶したり計算したりします。記憶や計算を行う装置では、二つの状態をつくる必要があります。たとえば、スキルミオンがある状態を1、ない状態を0とし、1と0を組み合わせ、いろいろな情報を記憶することができるのです。

スキルミオンを使った具体的なメモリーのしくみについては、いろいろなアイデアがあります。その一つが、このページのイラストです。わずかな電流でスキルミオンを動かして情報を書きこむ場所まで移動させま



す。そして、ある温度に冷やしてスキルミオンを消したり、加熱してスキルミオンをつくったりして情報を書きこみ、記憶させます。スキルミオン1個はとても小さいので、たくさんのスキルミオンをととても小さな装置に詰めこんで、大量の情報を記憶させることができます。

スキルミオンを自由自在に動かして計算を行う方法の研究も進められていますが、コンピュータに利用するには、スキルミオンの性質をもっとよく調べる研究も必要です。

## ● スキルミオンが物理学を、さらには世の中を大きく変える

物の性質や動きの法則を見つける科学を「物理学」といいます。スキルミオンの近くを通る電子は、まるでそこに強力な磁石があるかのように、進行方向を大きく曲げられます。その磁力はととてもとても強いのですが、なぜそのような強い磁力が発生するのか、今までの物理学では説明が付きません。スキルミオンの性質を説明するには、新しい物理学をつくる必要があるのです。

スキルミオンを使えば、何年間も充電の必要がないスマートフォンやゲーム機が実現できるかもしれないと言いましたが、スキルミオンが生み出すとても強い磁力を使えば、もっとすごい装置ができるかもしれません。きっと50年後、100年後の社会を支えるようなものになるでしょう。それがどんな装置なのか、実は私にも想像しきれないくらいです。

コイルに電流を流して電磁石にするのとは反対に、コイルの中で磁石を動かすとどうなると思いますか？ そう、今度はコイルに電流が流れるのです。これは、イギリスのマイケル・ファラデーという科学者が1831年に発見した「電磁誘導」と呼ばれる現象です。電磁誘導によってたくさんの電気をつくることができるようになり、多くの人たちが電気を利用できる社会が実現しました。今では電気のない生活は想像もつきませんよね。電磁誘導の発見は社会を大きく変えたのです。でもそれを発見したファラデーは、電磁誘導が何に役立つのかわからなかったそうです。

スキルミオンは電磁誘導と同じくらい大きな発見で、社会を大きく変える力を秘めている、と私は考えています。みなさんも将来、私たちと一緒よに研究を行い、スキルミオンを説明できる新しい物理学をつくったり、スキルミオンを使ったすごい装置を発明したりしてみませんか。