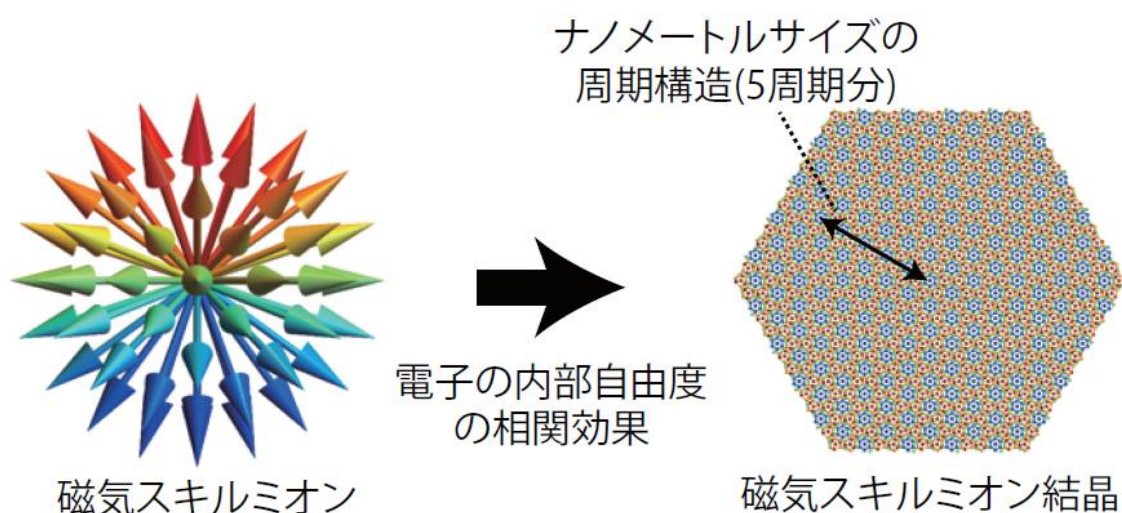


ナノスケール磁気スキルミオン結晶の機構を解明 磁場方向に敏感 東大 新たな物質の設計に指針

東京大学大学院工学研究科物理工学専攻の研究グループは、カイラルな結晶構造に由来するジャロシンスキー・守谷相互作用と遍歴電子系に由来するスピン-電荷相互作用の効果を取り込んだマイクロなモデルを構築し、数値シミュレーションによって解析することにより、ナノメートルサイズの磁気スキルミオン結晶相が安定に存在できることを理論的に明らかにした。



左が磁気スキルミオン結晶構造図（中央から放射状に伸びる矢印はスピンの向き）。右は周期構造の磁気スキルミオン結晶

近年、EuPtSi において f 電子系化合物としては初めての磁気スキルミオン結晶が観測された。観測された磁気スキルミオン結晶は、構成要素である磁気渦の周期が従来のもよりもはるかに短い数ナノメートルスケールであり、また磁場に対して敏感であるという特異な振る舞いを示すが、その機構に関しては未解明であった。

カイラルな結晶構造に現れる従来の磁気スキルミオン結晶の安定化機構としては、スピンの向きをそろえようとする強磁性的な相互作用と、それをねじろうとするジャロシンスキー・守谷（スピン-軌道）相互作用の競合効果が重要である。その際実現する磁気スキルミオンのサイズは、数十～数百ナノメートルのサイズとなる。一方、f 電子系では局在した磁気モーメントと結晶中を動き回る遍歴電子間に働くスピン-電荷結合に由来した高次の磁氣的相互作用

が現れる。これらの相互作用が協奏的に働くとき、カイラルな結晶構造におけるナノメートルサイズの磁気スキルミオン結晶が可能になる。

研究グループは、電子がもつ電荷・スピン・軌道といった内部自由度間の相関効果を取り込んだ理論モデルを構築し解析することで、それらの特徴を捉えることに成功した。また解析結果から、得られた磁気スキルミオン結晶が磁場方向に対して敏感であるという特異な振る舞いを見だし、カイラルな結晶構造におけるナノメートルサイズの磁気スキルミオン結晶の安定化には、電子がもつ電荷・スピン・軌道といった内部自由度間の相関効果が重要な役割を果たすことを示した。

この結果は、カイラルな結晶構造に限らず、様々な結晶構造に対しても適用できるため、新たなナノメートルサイズの磁気スキルミオン結晶物質を探索するための設計指針を与えるものと期待される。

研究成果は、日本物理学会が発行する英文誌 Journal of the Physical Society of Japan (JPSJ) の7月号に掲載された。

東京大学大学院工学研究科の速水賢講師の話「得られた設計指針を適用することにより、磁気スキルミオンの高集積化による巨大な創発磁場を用いたスピントロニクスデバイスへの応用が進展するものと期待されます」

文 科学新聞