

【基盤研究(S)】

理工系(数物系科学)



研究課題名 超強磁場中性子・XMCD による量子磁気偏極相の解明

のじり ひろゆき
野尻 浩之

東北大学・金属材料研究所・教授

研究分野: 物理学、磁性

キーワード: X線・粒子線、超強磁場、量子相転移

【研究の背景・目的】

物質には、磁場や温度等の外部環境により、多様な状態が導かれる性質がある。このような状態のことを相とよび、その相間の移り変わりを相転移という。物質に新しい性質や機能を持たせるためには、相の起源を統一的に理解することが大切である。相転移においては、入れ替わる2つの相が互いにせめぎ合いにより、状態が定まらないゆらぎという現象がつきものである。ゆらぎには熱エネルギーによるゆらぎと物質の2重性による量子ゆらぎがある。量子ゆらぎが支配する相転移を量子相転移とよび、そこでは常識では予想できない新しい相が見出される。

量子相転移を研究するとき、熱によるゆらぎは、いつも本質的な現象をぼやけさせる。我々は、超低温と超強磁場を組み合わせ、熱ゆらぎを押さえたクリーンな環境での研究を目指している。それに加えて、物質の性質を原子レベルでずばりと知ることの出来る中性子線やX線を探針として用いる。残念ながら、超低温と超強磁場と中性子・X線を組み合わせた実験はウルトラEの難しさで、これまで実現してこなかった。しかし、つい最近、我々はこれらの実験で強磁場の世界記録を樹立して、その可能性を示した。この成功を受けて、量子ゆらぎによる非日常的な磁気状態を原子レベルで理解し、それにより、物質の多様性の起源を探るのがこの研究の目的である。

【研究の方法】

我々が作ろうとしている強磁場は地磁気の100万倍に近い50テスラという超強磁場である。このために、コンデンサに電気をたくさん貯めて、一気に10キロアンペアもの大電流を流して強い磁場を作るパルス磁場方式を用いる。その際に、我々の秘訣として、装置の小型化がある。写真のように手のひらに載るような超小型の磁石を利用すれば、強い磁場を小さな空間で、場所を選ばずに発生できる。持ち運びに便利なので、海外にも簡単に持って行くことが出来、アメリカやフランスの研究所でも盛んに利用されている。

測定では、X線を用いた分光が1つの柱である。X線は元素によって異なる吸収エネルギーを持っているので、放射光という大型施設を用いてエネルギーを変えながら測定すると、ある原子だけの信号を取り出すことが出来る。例えば、幾つかの

元素からなる合金において、どの元素が大きな磁気を出しているのか、全体の平均の磁気の強さだけでは決してわからない決定的な情報が得られる。

一方、中性子は小さな磁石の性質をもっている。物質にあてると、内部の磁気の並び方が原子レベルで決定できる。このような強力な探針と強磁場環境を用いると、いままでもややとしていた、量子相転移がすっきりとわかると期待される。

【期待される成果と意義】

このような実験が進めば、物質の多様性の起源が明らかに出来るとともに、そこから多くの有用な物質への展開が開かれる。磁気と誘電を併せ持つ物質や、方向により異なる状態が共存する磁石、省資源の磁石など、物質科学に新しいブレークスルーがもたらされ、我々の世界と知識を豊かにしてくれると期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- (1) H. Nojiri *et al.* Neutron Laue Diffraction Study on the Magnetic Phase Diagram of Multiferroic MnWO_4 under Pulsed High Magnetic Fields, *Phys. Rev. Lett.* **106** (2011) 237202.
- (2) T. Nakamura, Y. Narumi *et al.*, Soft X-ray Magnetic Circular Dichroism of a CoFe/MnIr Exchange Bias Film under Pulsed High Magnetic Field, *Applied Physics Express* **4** (2011) 066602.



図1 直径3 cmの小型コイル

【研究期間と研究経費】

平成23年度－27年度
163,000千円

【ホームページ等】

<http://www.hfpm.imr.tohoku.ac.jp/>