

幾何学的フラストレーション系の物質開拓

岡本佳比古、新高誠司、山本文子、野原実、高木英典
理化学研究所、東大院新領域

正三角形の頂点においたスピンを互いに反平行（反強磁性的）に並べることを考える。三組の隣接スピンをすべて反平行にすることはできず、どうしても一組が平行になってしまう。このような「あちらを立てればこちらが立たず」の効果を幾何学的フラストレーションと呼ぶ。二次元三角格子、カゴメ格子、パイロクロア（スピネル）格子といった正三角形を基本とする結晶格子では、幾何学的フラストレーションによってスピンや電荷配置の秩序形成（磁気転移・電荷秩序）が著しく妨げられる。その結果、スピンや電荷の液体状態が出現する。そのようなケースにおいて、エキゾチックな量子液体の実現が期待され非常に興味深い。

一方、実際には系が最後まで液体状態を保つことは極めて稀である。妥協の産物である液体状態より少しでも安定な状態を取ろうとして、最終的には格子歪や軌道整列などとの協奏効果により、エキゾチックなスピンや電荷の自己組織パターンを形成することが多い。このようなエキゾチックな自己組織パターンの探索は電子の絡み合い（強相関）の物理として面白いだけでなく、ぎりぎり形成されたパターンは微弱な外部刺激によって劇的な変化をしばしば示すので、巨大応答機能への展開も期待できる。このような視点のもと、我々のグループでは強い幾何学的フラストレーションを有する強相関遷移金属酸化物の新物質開発を進めている。

本講演では、最近われわれが発見した新物質の示すエキゾチック電子相形成についてお話したい。一つ目の物質は $\text{Na}_4\text{Ir}_3\text{O}_8$ である。この物質は典型的なフラストレーション格子であるカゴメ格子の三次元版でかつキラリティを有するという特徴のある結晶構造をとる。比熱や磁化測定によれば、この物質中のスピンは 600K 程度のエネルギースケールで非常に強い相互作用しているにもかかわらず 1.7K の低温まで長距離秩序を示さない。この事実は 3 次元のスピンの液体状態がこの物質で実現していることを強く示唆する。

二つ目の物質は、強くフラストレートしたパイロクロア格子を有するスピネル型酸化物 LiRh_2O_4 である。1 : 1 の $\text{Rh}^{3+}(\text{d}^6)$ と $\text{Rh}^{4+}(\text{d}^5)$ を含む混合原子価化合物であり、フラストレーションにより電荷が秩序だった空間配置を取ることが妨げられているが、最終的に局所的に Rh^{4+} が分子を構築することでエネルギーを安定化する結果、非磁性の電荷秩序絶縁体に転移する。時間が許せば他の新物質についてもお話する予定である。