

平成22年4月23日現在

研究種目：特定領域研究

研究期間：2007～2011

課題番号：19052007

研究課題名（和文） フラストレーションが創る新しい物性

研究課題名（英文） Novel States of Matter Induced by Frustration

研究代表者

川村 光 (KAWAMURA HIKARU)

大阪大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：30153018

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・物性Ⅱ

キーワード：フラストレーション・フラストレート磁性・カイラリティ・量子スピン液体

## 1. 研究計画の概要

「フラストレーション」という概念が注目を集めている。これは色々な最適化の条件がお互いに競合し、系がそれらを同時に満たすことが出来ない状況を指す。フラストレート系では、しばしば、物質内部に大きく特異な揺らぎが発生し、その結果、通常とは異なった新奇な秩序や熱力学相が実現したり、メモリー効果のような特異な非平衡ダイナミクスや巨大応答が出現する。近年、フラストレーション研究は、磁性分野から金属・超伝導体・誘電体等のより広汎な分野へと、急速な展開を見せつつある。本特定領域では、フラストレート磁性の研究を核としつつも、これら多様なフラストレート系を分野横断的に探求することにより、フラストレーションが生む新物性の創出を目指す。研究項目として「フラストレート系の基礎物性」「フラストレーションが生む新現象とその応用」の2つをおく。基礎と応用、理論と実験の密接な協力の下、「幾何学的フラストレート磁性体の新奇秩序」、「フラストレーションとカイラリティ」、「量子フラストレーション」、「フラストレーションと量子伝導」、「スピンフラストレーションと磁気強誘電性」、「フラストレーションとリラクサー」、「スピン・電荷・格子複合系における幾何学的フラストレーションと機能」の研究を推進し、フラストレート系固有の強く特異な揺らぎの効果を母体とした新規物性、競合する諸自由度の絡みから生み出される交差物性や新たな外場制御法の創出を図る。

## 2. 研究の進捗状況

研究は順調に進展しており、着実に成果が上

がっている。フラストレーション研究のコアとなってきた磁性分野で近年大きな興味を集めているトピックに、「量子スピン液体」がある。これまで典型物質が知られていなかった  $S=1/2$  量子カゴメ反強磁性体に対し、本特定領域では世界に先駆けて volborthite と vesignieite という2つのカゴメ純良試料合成に成功し、現在その興味ある物性を明らかにしつつある。加えて、ハイパーカゴメ格子反強磁性体やハニカム格子反強磁性体、3角格子反強磁性体においても、スピン液体候補物質を見出し、その特異な物性の探索を進めている。また有機3角格子磁性体の比熱測定では、温度に比例する低温比熱を観測した。フラストレート磁性体は低温で何らかの秩序を形成する場合も多いが、そこで実現する秩序はしばしば新奇なものとなる。特に右・左の自由度に対応したカイラリティが特異な物性を導くことが理論研究から示唆され、関連した新奇な秩序化現象や新奇伝導現象（が、金属スピングラス系やパイロクロア系を舞台に、実験的に次々と見出されつつある。例えば、金属スピングラスにおける非線形ホール係数の発散的挙動の発見、金属パイロクロア系における通常の磁気秩序化を伴わないホール伝導度の熱履歴の発生と時間発展対称性の破れ、といった諸現象である。フラストレート磁性体は、格子・軌道・電荷といった自由度とのカップリングを通しフラストレーションを解消することがある。特に強誘電性とのカップリングは、「マルチフェロイクス」として、近年大きな注目を集めている。本特定では、電気分極の向きがスピнкаイラリティと対応していることを偏極中性子測定により明確に示し、さらにマル

チフェロ物質における**磁場による電気分極制御**、**電場による磁化制御**にも世界に先駆けて成功した。

### 3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

前項で述べたとおり、各分野で多くの研究成果が得られており、概ね当初プラン通り順調に進んでいる。

### 4. 今後の研究の推進方策

項目別に、以下いくつか挙げたい。

(1) **トピカルミーティング**の継続開催。これまで計5回開催し好評であったトピカルミーティングを、領域内外に開かれた形で今後4～5回程度開催する。

(2) **領域ニュースレター**の発行

領域ニュースレターを、今後とも年3回のペースで発行し、領域内外への情報発信を行う。

(3) **領域ホームページ**の整備充実

領域ホームページを、今後とも整備充実していく。

(4) **フラストレーション・セミナー**の開催

現在月1回のペースで大阪および東京で開催しているフラストレーション・セミナーを継続していく。領域内外の近隣研究者の情報交換や若手研究者・学生の教育、動機付けの場としても、現在大変有効に機能しており、これを一層充実させていきたい。

(5) **領域主催の国際会議**の開催

2011年1月に、特定領域主催のフラストレーションに関する国際会議“**International Conference on Frustration in Condensed Matter (ICFCM)**”を、仙台にて開催する。特定領域メンバーに加え、国外より15名程度の第一線の研究者を招聘し、特定領域の研究成果を世界へ向けて発信するとともに、今後の更なる発展へ向けてのステップとしたい。

(6) **国際会議プロシーディング**の発行

この仙台での領域主催の国際会議では、会議で報告された研究成果を会議のプロシーディングの形で J. Physics Conference Series より発刊公表する予定である。

(7) 国際研究交流としての**国際ジョイント会議**の開催

近年フラストレーション研究は世界レベルで活発化している。本年5月にリヨンで開催した、本特定領域と欧州 ESF Frustration Network とのジョイント・コンファレンスの成功を受け、今度はカナダと2011年上旬に、ジョイント会議を開催する予定である。

(8) 研究面における展開

これまでに、フラストレート系の典型であるフラストレート磁性体を中心に、「量子スピン液体」の典型物質・候補物質の発見、「カイラリティ」が誘起する新現象の理論的・実

験的発見、等の重要な成果が得られた。特定後半では、これら新物質、新現象の理解を一層深化させるとともに、金属・強相関係や誘電体等も包含した分野横断的研究をより強力に推進し、**物性科学にフラストレーション研究の新たな地平を開拓**したい。

### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計24件)

1. H. Kawamura, “Chirality scenario of the spin-glass ordering”, 査読有り, 2010, J. Phys. Soc. Jpn. 79(1), 011007/1-16
2. D. X. Viet and H. Kawamura, “Monte Carlo studies of chiral and spin ordering of the three-dimensional Heisenberg spin glass”, 査読有り, 2009, Phys. Rev. B80(6), 064418/1-20
3. A. Ikeda and H. Kawamura, “Monte Carlo study of the ordering of the pyrochlore Ising model with the long-range RKKY interaction”, 査読有り, 2009, J. Phys. Conf. Series 145, 012025/1-6
4. S. Maegawa, A. Oyamada, (他4名:3-6番目) “Spin dynamics in 3d Electron Pyrochlore-like Systems, 査読有り, 2009, J. Phys. Conf. Series 145, 012018/1-4
5. K. Hattori and H. Tsunetsugu, “A Possible Isomorphic Transition in  $\beta$ -pyrochlore Compounds”, 査読有り, 2009, J. Phys. Soc. Jpn. 78(1), 013603/1-4

[その他] <http://www.frustration.jp/>