

## 研究会報告

(YITP-W-09-22)

### 「フラストレーションが創る新しい物性」

日時：平成22年1月7日～1月9日

場所：京都大学基礎物理学研究所 湯川記念館パナソニック国際交流ホール

世話人：陰山 洋（京都大学大学院理学研究科）

遠山貴己（京都大学基礎物理学研究所）

戸塚圭介（京都大学基礎物理学研究所）

森成隆夫（京都大学基礎物理学研究所）

川村 光（大阪大学大学院理学研究科）

研究会「フラストレーションが創る新しい物性」が2010年1月7日から9日にかけての3日間、正月明け早々底冷えのするなか京大基礎物理学研究所パナソニック国際交流ホールで行われた。この会議は、本研究会タイトルを同じプロジェクト名をもつ文部科学省の特定領域研究（2007年度～2011年度）の2009年度成果報告会という役割もあったが、公開形式で行ったため、プロジェクトの関係者以外の参加者も多くみられた。

物性・統計物理学の分野において近年「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、様々な最適化条件が互いに競合し、系がそれらを同時に満たすことが出来ないような状況を指す。このようなフラストレート系では、自明な最適化条件が存在しないために、系は一般に不安定となりやすく、大きな揺らぎの効果が発現したり、時には非フラストレート系では見られない新しいタイプの熱力学的状態や相が実現される。もとより、フラストレーションは自然界では広く見られる極めて一般的な現象である。他方、様々な新規化合物も含めた物質開発や測定技術の進歩、また計算機シミュレーションの進展や理論的新概念の登場に伴い、近年フラストレート系研究の新たな機運が国際的にも急速に高まりつつある。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や、互いに競合する諸自由度の絡みから生み出されるであろう交差物性を狙うというアプローチである。伝統的なフラストレート系研究の場は長らく磁性分野であったが、近年は磁性分野のみにとどまらず、フラストレーション概念は、金属・強相関系・誘電体等のより広範な分野へと急速な展開を見せつつある。そのような状況をふまえ、本研究会では、

1. 幾何学的フラストレート磁性体の新奇秩序
2. フラストレーションとカイラリティ
3. 量子フラストレーション
4. フラストレーションと量子伝導

5. スピンプラストレーションと磁気強誘電性
6. フラストレーションとリラクサー
7. 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7つのテーマに関して、最新の成果を報告するとともに、分野を横断して包括的に考察することにより、フラストレーションに基づく新しい物理を構築することを目指した。口頭発表は通常講演が37件、コメントが4件からなり、ポスター発表は48件から構成された。130名を超える参加者があり、終日活発な議論がなされた。

特定領域研究の計画班だけでなく、公募研究のメンバーからもこの二年間の成果を総括するような力が入った発表が行われた。口頭発表では、カゴメ、パイロクロアといったおなじみの系から、磁性がからんださまざまな輸送現象まで幅広い内容が議論され、二日目午後に行われたポスター発表も、豪華メンバーによる大変密度の濃いものであった。スペースの関係上、その中から、印象に残ったものいくつかについてピックアップする。

最近、京大化研の東氏らによって精力的に調べられているスピン $3/2$ ハニカム格子反強磁性体は、かなり低温まで磁気秩序を示さずスピン液体的に振る舞うが、この問題に対して、川村(阪大)の講演では、**order-by-disorder**の立場からの理論的考察の結果が報告された。それによると、三回対称性が破れる温度と実際に反強磁性長距離秩序が発生する温度とがあり、実験的に観測されているのはその間で実現している「リング・スピン液体」とでも呼ぶべき状態である、とする描像が提案された。リング・スピン液体で実現しているゆらぎと**order-by-disorder**の関係など、いろいろ調べることもありそうであった。

また、最近奇しくも超伝導、スピンホール系などさまざまな分野でスピン軌道相互作用のもたらす物理が関心を集めているが、高木氏の講演では、スピン軌道相互作用の物理の舞台としての5d電子系の面白さが強調されていた。「強相関トポロジカル絶縁体」の可能性など、今後の発展が楽しみな内容であった。

磁性がからんだ輸送現象といえば、異常ホール効果などが知られてきたが、藤本氏(京大)の講演では電荷を持たない(つまり普通の意味でのローレンツ力を受けない)スピン励起(具体的には磁気秩序状態からのマグノン励起)に対するホール効果の理論的可能性が議論されていた。これに先立つ小野瀬氏の講演で、パイロクロア構造を持つ強磁性絶縁体において、熱伝導度を用いたマグノンホール効果の検出が報告されるなど、これからの興味深い進展が期待される。

中性子散乱を用いた、フラストレーション系におけるクラスター励起の研究に関する富安氏の講演では、以前パイロクロア系でその存在が指摘されていた「クラスター励起」(geometron)が常磁性相のみならず、磁気秩序相でも存在し、スピン二量体、七量体などさまざまなタイプがあることが報告された。幾何学的フラストレーションのある系では、適当な拘束条件に従う縮退基底状態の間で起こる物理が主役を演じることが多いが、これを契機に、励起状態も含めた包括的理解が進むことを期待される。

研究会報告

プログラム

1月7日(木)

13:00-13:10		川村 光		はじめに
		座長 陰山 洋		
13:10-13:30	T1	東 正樹	京大化研	ハニカム格子反強磁性体 $\text{Bi}_3\text{Mn}_4\text{O}_{12}(\text{NO}_3)$ の基底状態
13:30-13:50	T2	川村 光	阪大理	ハニカム格子ハイゼンベルグ反強磁性体の新奇秩序
13:50-14:10	T3	鄭 旭光	佐賀大理工	四面体構造 $\text{Ni}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ の特異磁性
14:10-14:30	T4	上田 寛	東大物性研	3d 遷移金属パイロクロア弗化物およびホーランダイト型酸化物の合成・構造・物性
14:30-14:50	T5	山浦 淳一	東大物性研	5d 遷移金属パイロクロア酸化物 $\text{Cd}_2\text{Os}_2\text{O}_7$ の研究
14:50-15:10	T6	山本 文子	理研	新しい遍歴的パイロクロア:低温で絶縁体転移を生じる $\text{Ti}_2\text{Rh}_2\text{O}_7$ と生じない $\text{Ti}_2\text{Ir}_2\text{O}_7$
15:10-15:40				休憩
		座長 廣田 和馬		
15:40-16:00	T7	高木 英典	東大、理研	Novel B-site Only Spinel Oxide $\text{Ir}_2\text{O}_4$ - Synthesis and Properties
16:00-16:20	T8	初貝 安弘	筑波大物理	フラストレートした量子磁性体におけるペリー位相とその拡張
16:20-16:40	T9	小野瀬 佳文	東大物工	強磁性体絶縁体におけるマグノンホール効果
16:40-17:00	T10	松平 和之	九州工大院工	パイロクロア酸化物 $\text{Dy}_2\text{M}_2\text{O}_7$ におけるスローダイナミクス
17:00-17:20	T11	門脇 広明	首都大理工	スピニアイスにおける磁気モノポールの観測
17:20-17:40	T12	宇田川 将文	東大工	フラストレート伝導電子系における"ice rule"局所拘束条件の効果
17:40-17:50		網代 芳民		評価コメント

1月8日(金)

		座長 有馬 孝尚		
9:00-9:20	F1	富安 啓輔	東北大理	幾何学的フラストレート系スピネル酸化物の単結晶中性子非弾性散乱
9:20-9:40	F2	木村 尚次郎	阪大極限	クロムスピネル酸化物 $\text{HgCr}_2\text{O}_4$ の強磁場多周波 ESR
9:40-10:00	F3	瀧川 仁	東大物性研	直交ダイマー系 $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ の磁気相図とスピン超構造
10:00-10:20	F4	勝籬 拓郎	早稲田理工	新奇 V 酸化物における三量体相転移
10:20-10:40				休憩
		座長 前川 覚		
10:40-11:00	F5	大和田 謙二	原理力機構	$\text{Pb}(\text{In}_{1/2}\text{Nb}_{1/2})\text{O}_3$ の非弾性 X 線散乱実験
11:00-11:20	F6	富田 祐介	東大物性研	$\text{Pb}(\text{In}_{1/2}\text{Nb}_{1/2})\text{O}_3$ の数値実験
11:20-11:40	F7	森 茂生	大府大工	三角格子系誘電体 $\text{RbFe}_2\text{O}_4$ ( $\text{R}=\text{Lu}, \text{Y}$ ) および $\text{LuFeMO}_4$ ( $\text{M}=\text{Cu}, \text{Co}$ ) の磁気・誘電特性
11:40-12:00	F8	石原 純夫	東北大理	フラストレーションのある系における電荷秩序と誘電性

12:00-13:00				昼食
13:00-15:30				ポスター
15:30-15:50				休憩
		座長 川村 光		
15:50-16:10	F9	飛田 和男	埼玉大理工	歪んだ混合スピндаイヤモンド鎖の基底状態
16:10-16:30	F10	山田 裕	新潟大理	CuO ジグザグチェーンにおける超伝導と磁気状態
16:30-16:50	F11	細越 祐子	大府大理	幾何学的フラストレート有機磁性体の比熱測定
16:50-17:10	F12	吉田 誠	東大物性研	Volborthite の磁気相図とスピндаイナミクス
17:10-17:30	F13	坂井 徹	原理力機構	カゴメ格子反強磁性体の磁化過程
17:30-17:40		上田 和夫		評価コメント
17:40-17:50		十倉 好紀		評価コメント
1月9日(土)				
		座長 遠山 貴己		
9:00-9:20	S1	谷口 年史	阪大院理	カノニカルスピングラスのカイラリティ起源異常ホール効果の Dzyaloshinsky-Moriya 異方性依存性
9:20-9:40	S2	有馬 孝尚	東北大多元研	らせん磁性強誘電体のカイラリティ分域壁の移動度
9:40-10:00	S3	藤本 聡	京大理	フラストレート磁性体におけるスピン波のホール効果
10:00-10:20	S4	田口 康二郎	理研	偏極中性子回折を用いた螺旋磁性体 Ba <sub>2</sub> Mb <sub>2</sub> Fe <sub>12</sub> O <sub>22</sub> の研究
10:20-10:40				休憩
		座長 香取 浩子		
10:40-11:00	S5	小野田 繁樹	理研	擬一次元スピン 1/2 フラストレート磁性体におけるカイラル秩序と 電磁気ダイナミクス
11:00-11:20	S6	戸塚 圭介	京大基研	三次元らせん磁性体におけるマグノンペア凝縮と磁気秩序
11:20-11:40	S7	紺谷 浩	名大理	キャンとした強磁性金属が示す特異な異常ホール効果
11:40-12:00	S8	花咲 徳亮	岡山大理	希土類金属間化合物 RNiC <sub>2</sub> の磁気抵抗
12:00-13:30				昼食
		座長 常次 宏一		
13:30-13:50	S9	菊池 彦光	福井大物工	三角格子反強磁性体 HCrO <sub>2</sub> の短距離磁気秩序
13:50-14:10	S10	中澤 康浩	阪大理	有機三角格子の BEDT-TTF, Pd(dmit) <sub>2</sub> の熱容量
14:10-14:30	S11	河野 昌仙	物質・材料研究 機構	フラストレートした異方的2次元反強磁性体の磁場中での準粒子
14:30-14:50	S12	川島 直輝	東大物性研	準二次元古典フラストレート磁性モデルの有限温度転移
14:50-15:00		高山 一		評価コメント
15:00-15:10		松浦 基浩		評価コメント
15:10-15:20		川村 光		おわりに

## ポスタープログラム

P1	前川 覚	京大人環	3d 電子系パイロクロア格子反強磁性体 $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ と $\text{Ni}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ の新奇秩序
P2	吉野 元	阪大理	フラストレートしたジョセフソン接合配列における Disorder-free Bragg glass とソフトモード
P3	萩原 亮	京都工繊大	$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_8$ および関連復号系セラミックスのグレイン間秩序化過程
P4	紙屋 佳知	東大物性研	分離固定点からのクロスオーバーであられる一次相転移
P5	鈴木 隆史	東大物性研	シャストリー-サザランド格子上 $S=1/2\text{XXZ}$ モデルにおける $1/2$ 磁化プラトー相への有限温度転移
P6	田中 宗	東大物性研	積層カゴメ反強磁性体における異常強磁性相と動的性質
P7	中村 裕之	京大工	$\text{GaNb}_4\text{S}_9$ におけるクラスタースピン-重項状態の形成
P8	中辻 知	東大物性研	$\text{Pr Tl}_2\text{Al}_{20}$ における近藤効果と多極子
P9	常次 宏一	東大物性研	フラストレートした系のスピンネマティック秩序の理論
P10	岡本佳比古	東大物性研	スピン $1/2$ カゴメ格子反強磁性体 Volborthite と Vesignieite の強磁場磁化過程
P11	松田 雅昌	原子力機構	ハニカム格子反強磁性体 $\text{Bi}_3\text{Mn}_4\text{O}_{12}(\text{NO}_3)$ の中性子散乱
P12	求 幸年	東大院工	フラストレートした二重交換モデルにおける新奇な相競合と相分離
P13	田中 秋広	物質・材料研究機構	フラストレート磁性体のトポロジカル応答
P14	桃井 勉	理研	反強磁性ジグザクスピン鎖における磁場誘起相とその相図
P15	藤田 崇仁	阪大極限	$S=5/2$ カゴメ格子反強磁性体 $\text{KFe}_3(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2$ (K-Fe-Jarosite) の強磁場多周波 ESR
P16	小山田 明	京大人環	XY 型三角格子反強磁性体 $\text{UNi}_4\text{B}$ における部分無秩序状態
P17	太田 仁	神戸大	強磁場 ESR から見た $S=1/2$ カゴメ格子反強磁性体の基底状態
P18	西山 昌秀	京大人環	$S=1/2$ かごめ格子反強磁性体 $\text{Rb}_2\text{Cu}_3\text{SnF}_{12}$ の NMR, NQR
P19	大久保 毅	阪大理	三角格子ハイゼンベルグ反強磁性体の動的構造因子と $Z_2$ ボルティクスダイナミクス
P20	奥村 宗一郎	阪大理	ハニカム格子次近接相互作用ハイゼンベルグモデルの磁気秩序化と "order from disorder"
P21	出口 博之	九州工大	YBCO 超伝導セラミックスのカイラルガラス相における磁気メモリ効果
P22	植田 浩明	東大物性研	パイロクロア格子上の 3d 遷移金属イオンのスピンフラストレーション
P23	益田 隆嗣	横浜市大	正三角スピンチューブ $\text{CsCrF}_4$ の中性子非弾性散乱
P24	辻本 吉廣	京大理	$S=1$ $(\text{NiCl})\text{Sr}_2\text{Ta}_3\text{O}_{10}$ の磁気特性
P25	北田 敦	京大理	二次元磁性体 $(\text{MCl})\text{LaNb}_2\text{O}_7$ ( $M = \text{Mn}, \text{Co}, \text{Cr}$ ) の磁性
P26	田村 亮	東大物性研	三角格子連続スピン系における空間回転対称性の破れを伴う一次相転移
P27	加倉井 和久	原子力機構	中性子散乱を利用したスピンフラストレート系の研究
P28	石井 梨恵子	東大物性研	擬二次元三角格子反強磁性体 $\text{Rb}_4\text{M}(\text{MoO}_4)_3$ の磁気相図とスピン構造
P29	山崎 照夫	京大工	$\text{MnP}$ における新奇カイラル秩序と特異な温度履歴現象
P30	大田 健雄	東大物性研	パイロクロア酸化物 $\text{Pr}_2\text{Ir}_2\text{O}_7$ のフラストレート磁性の組成依存性
P31	福永 守	東北大多元研	マルチフェロイック $\text{TmMn}_2\text{O}_5$ , $\text{YbMn}_2\text{O}_5$ の磁場誘起分極フロップ
P32	高島 宏和	東北大理	フラストレート格子における拡張 Hubbard 模型の汎関数線り込み群法を用いた解析
P33	森 茂生	大府大工	リラクサー誘電体 PMN および PMN-PT における誘電特性とドメイン構造

「フラストレーションが創る新しい物性」

P34	松浦 直人	阪大理	リラクサー誘電体 PMN-xPT における pseudospin-phon coupling と waterfall 現象
P35	左右田 稔	阪大理	CuCrO <sub>2</sub> におけるスパイラル磁気構造の電場・磁気制御
P36	野口 祐二	東大先端研	高酸素圧溶融引き上げ法による高品質ビスマス系強誘電体単結晶の育成と物性評価
P37	星山 卓也	大府大工	RFe <sub>0.56</sub> Ti <sub>0.44</sub> O <sub>3</sub> (R=Lu, Yb)の結晶構造と磁気・誘電特性
P38	尾崎 友厚	大府大工	(1-x)BiFeO <sub>3</sub> -xBaTiO <sub>3</sub> における微細構造と磁気特性・誘電特性
P39	林 弘嗣	埼玉大理工	スピネル化合物 GeFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> の磁性
P40	中三川 京弥	東大工	近藤格子系における部分近藤スクリーニングの変分モンテカルロ法による研究
P41	吉竹 純基	東大工	多軌道系におけるクラスター形成によるフラストレーションの解消
P42	藤山 茂樹	理研	軌道自由度に誘起されたパイエルス状態 Ti <sub>2</sub> Rh <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
P43	萩原 雅人	佐賀大	幾何学的フラストレーション磁性体 Co <sub>2</sub> (OH) <sub>3</sub> Br の逐次相転移及び磁場誘起相転移
P44	遠山 貴己	京大基研	スピン 1/2 ジグザグ XY 鎖のカイラリティと電荷ダイナミクス
P45	森成 隆夫	京大基研	三角格子はバード模型の有効理論と非磁性絶縁体相
P46	田久保 耕	早稲田大	スピネル型 MnV <sub>2</sub> O <sub>4</sub> の光学伝導度と軌道整列
P47	宮崎 正範	総研大	μSR から見た新規物質 Rh パイロクロア Ti <sub>2</sub> Rh <sub>2</sub> O <sub>7</sub> の金属絶縁体転移と磁氣的基底状態
P48	原田 健自	京大情報	エンタングルメントと繰り込み: フラストレーションのある量子スピン系の基底状態計算