

強相関電子系における局所対称性の破れと量子物性

日時：2013 年 11 月 27 日(水) 13:00~11 月 29 日(金) 12:15

場所：物性研究所本館 6 階 大講義室 (A632)

研究会提案者：有馬 孝尚、播磨 尚朝、中辻 知、廣井 善二

対称性は物性を議論する上で根幹を成す基本的な概念である。近年見出されている非従来型の超伝導、マルチフェロイック、スピンホール効果などの興味深い現象は、空間反転対称性の破れと密接な関係にある。すなわち、これらの現象には、結晶構造のグローバルな反転対称性の破れによって生じる反対称スピン軌道相互作用が重要な役割を果たしている。しかし、反対称スピン軌道相互作用が現れるための条件は、奇パリティの結晶場とスピン軌道相互作用であり、結晶構造自体の反転対称性の破れは必ずしも必要ではない。例えば、原子がジグザグ型、蜂の巣型、ダイヤモンド型などの配列を取る時、各原子は局所的な空間反転中心にないために、結晶場が奇パリティの成分を有する。このような場合に、原子波動関数の間にパリティ混成が生じ、強いスピン軌道相互作用を通した面白い量子物性が期待される。特に、強い電子相関のもとでは、巨視的な反転対称性の自発的な破れや強い揺らぎによって、エキゾチック超伝導、量子伝導やマルチフェロイック、非線形応答などの興味深い物性が現れる可能性が高い。また、局所的に空間反転対称性が破れた原子サイトでは、磁気四極子や電気八極子などの奇パリティ多極子の出現が許されることから、これらの秩序や揺らぎ、遍歴電子との結合が物性に及ぼす影響も注目される。このような概念は、原子位置における反転対称性を前提として組み立てられてきた固体物性の学問体系の再構築にもつながる。

そこで、本短期研究会では、局所対称性の破れに基づく波動関数のパリティ混成という基本的な概念を通した新しい強相関物質科学の萌芽と発展を目的として、反転対称性の破れや多極子の物理を俯瞰的・包括的な視点から議論を行った。8つのセッションで、27名の研究者が25分枠の講演を行ったほか、レビューとして4名の研究者が40分枠の講演を行った。倉本義夫、三宅和正両氏のレビュー講演は、重い電子系の分野におけるこれまでの研究の流れを総括して、現在未解決の問題点を浮き彫りにするものであり、非常に興味深いものであった。具体的なプログラムは以下に示す通りである。講演内容はバラエティに富んでいるが、その中であえて中心的話題を挙げれば次のようにまとめられる。中心的話題の一つは、f電子数が2に近いPrやUの化合物であった。f電子数が1の場合と2の場合とでは、有効な自由度に定性的な差が生じ、例えば、 f^2 系では非クラマース二重項が伝導電子との結合に重要な役割を果たしている可能性も大きい。その具体的な候補として、新しい超伝導や量子磁性が紹介された。また、局所的な反転対称性の破れと価数や多極子の自由度が共存する物質における伝導現象や磁性に注目した研究も数多く紹介された。電気四極子など偶パリティのものに限られていた多極子の概念がより拡張を持つことにより、関連する物性の多様性が一気に広がる可能性がうかがえた。三つ目としては、スピン軌道相互作用の取り扱いである。従来、希土類化合物においてスピン軌道相互作用はJ多重項の形成の主要因として取り扱われてきた。本研究会では、伝導電子との混成や反転心の破れた配位子場の存在のもとでの電子状態への影響が議論された。

本研究会の参加者数は、初日が76名、二日目が87名、最終日が54名であり、大変活発な議論があった。希土類化合物、ウラン化合物、d電子遷移金属化合物の研究分野を中心に、多岐にわたる物質を扱う全国の研究者が一堂に会し、共通の問題意識のもとで近い将来に期待される新展開などを議論できたことは、強相関物質科学のコミュニティにとって非常に有意義であった。

口頭講演プログラム

11月27日(水)

セッション1 座長：播磨 尚朝（神戸大理）

- | | | |
|-------|----------------|---|
| 13:00 | 瀧川 仁 (東大物性研) | 所長挨拶 |
| 13:05 | 有馬 孝尚 (東大新領域) | はじめに |
| 13:10 | 倉本 義夫 (東北大理) | f 電子と伝導電子の結合による新奇多極子状態(レビュー講演) |
| 13:55 | 鬼丸 孝博 (広大先端物質) | Pr1-2-20 系における四極子自由度と強相関電子物性 |
| 14:20 | 松林 和幸 (東大物性研) | 四極子秩序を示す PrTi ₂ Al ₂₀ における圧力誘起重い電子超伝導 |
| 14:45 | 藤 秀樹 (神戸大理) | カゴ状構造を持つ U 系、Pr 系化合物の多自由度と超伝導 |
| 15:10 | 青木 大 (東北大金研) | アクチノイド化合物のエキジチック超伝導 |

休憩

セッション2 座長：網塚 浩（北大理）

- | | | |
|-------|---------------|---|
| 15:55 | 町田 洋 (東工大理) | UPt ₃ における多重相超伝導
-ウラン系超伝導における多重相超伝導の研究に向けて- |
| 16:20 | 寺嶋 太一 (物材機構) | 多極子・多自由度超伝導とフェルミオロジー |
| 16:45 | 柳瀬 陽一 (新潟大理) | 対称性が破れた系の多自由度超伝導 |
| 17:10 | 北野 晴久 (青学大理工) | 固有ジョセフソン接合系の MQT 現象に関する最近の進展 |
| 17:35 | 石田 憲二 (京大理) | U 系超伝導におけるスピン三重項超伝導 |

11月28日(木)

セッション3 座長：求 幸年（東大工）

- | | | |
|-------|---------------|--|
| 9:00 | 三宅 和正 (豊田理研) | 電荷移動ゆらぎによる超伝導と量子臨界現象(レビュー講演) |
| 9:45 | 中辻 知 (東大物性研) | 価数と多極子による新しい量子磁性と金属状態 |
| 10:10 | 榎原 俊郎 (東大物性研) | $\text{Yb}_2\text{Pt}_2\text{Pb}$ における隠れた多極子秩序の可能性 |

休憩

セッション4 座長：楠瀬 博明（愛媛大理）

- | | | |
|-------|--------------|------------------------------|
| 10:50 | 網塚 浩（北大理） | 局所多極子による新奇量子伝導 |
| 11:15 | 岸根 順一郎（放送大学） | 位相秩序と電気伝導：カイラル磁性と多極子秩序の類似性から |
| 11:40 | 求 幸年（東大工） | 拡張多極子クラスターによる新しい量子伝導現象 |

昼食

セッション5 座長：小野瀬 佳文（東大総合）

- | | | |
|-------|--------------|-----------------------------|
| 13:30 | 有馬 孝尚（東大新領域） | 奇パリティ多極子と非対角応答(レビュー講演) |
| 14:15 | 木村 剛（阪大基礎工） | 室温マルチフェロイクス |
| 14:40 | 貴田 徳明（東大新領域） | 電気マグノンによる方向二色性 |
| 15:05 | 石渡 晋太郎（東大工） | 立方格子におけるスピン・電荷・格子のフラストレーション |

休憩

15:50	楠瀬 博明 (愛媛大理)	蜂の巣格子における自発的空間反転対称性の破れ
16:15	野原 実 (岡山大理)	IrTe_2 の超伝導と局所的ダイマー形成
16:40	勝藤 拓郎 (早大理工)	遷移金属酸化物における t_{2g} 軌道の自由度がもたらす新奇物性
17:05	関根 ちひろ (室蘭工大)	高圧技術を用いた強相関物質開発の現状
17:30	青木 勇二 (首都大)	新規カゴ状構造に発現する特異な f 電子状態の探索

セッション7 座長：中辻 知（東大物性研）

9:00	播磨 尚朝 (神戸大理)	パリティ対称性の破れと電子状態(レビュー講演)
9:45	大串 研也 (東大物性研)	ポストペロブスカイト型化合物における多極子と超伝導
10:10	小野瀬 佳文 (東大総合)	局所対称性の破れた磁性体におけるトポロジカル輸送現象

休憩

10:50	高木 紀明 (東大新領域)	表面分子による近藤効果・近藤格子
11:15	松村 武 (広大先端物質)	共鳴 X 線回折による奇パリティ多極子の研究
11:40	井澤 公一 (東工大理)	4f ² 系における多極子と異常な輸送現象
12:05	廣井 善二 (東大物性研)	まとめ



