

文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究(研究領域提案型)
「J-Physics: 多極子伝導系の物理」主催

J-Physics 若手夏の学校

(増補改訂版)

2016年8月8日(月) - 12日(金)

高野山大学・天徳院



J-Physics

多極子伝導系の物理
Physics of Conductive Multipole Systems

はじめに

このテキストは2016年8月8日(月)～12(金)に高野山大学と天徳院で開催される「J-Physics 若手夏の学校」のために用意されたものです。新学術領域研究「J-Physics：多極子伝導系の物理」(領域代表：播磨尚朝)が主催する最初の「若手の学校」です。関連研究分野での若手学校の歴史は長く、1995年に重点領域研究「強相関伝導系の物理」主催で志賀高原において行われた「重い電子系若手夏の学校」まで遡ることができます。これを第1回目とすれば、今回の学校は、高野山(第2回目)、特定領域研究「充填スクッテルダイト構造に創出する新しい量子多電子状態の展開」の飛騨高山(第3回目、2006年)、新学術領域研究「重い電子系の形成と秩序化」の京都(第4回目、2009年)、高野山(第5回目、2011年)に続く第6回目になります。筆者の野原は、銅酸化物や鉄系超伝導体などの分野で研究をしていたこともあり、残念ながら、どの学校にも参加したことがありませんでした。今回、ご縁があり、初めて若手夏の学校に参加するだけでなく、企画運営にまで携わることになりました。個人的には、この一年間で最も楽しみにしていたイベントです。

今回の学校のテーマは「f電子系とd電子系の融合」です。ご存じのように、f電子系の研究の歴史は1970年代まで溯り、重い電子系超伝導の発見、高次多極子秩序、ウラン系における強磁性超伝導、四極子揺らぎ超伝導などの様々な物理が発展してきました。一方で、d電子系の分野では1986年の銅酸化物高温超伝導体発見を契機に、Mn酸化物における超巨大磁気抵抗効果、マルチフェロイクス、スピン伝導、鉄系超伝導体、トポロジカル伝導などの物理が深化されていきました。f電子系の研究は、スピン軌道相互作用の強い希土類の局在磁性や局在多極子ら出発して、今日ではより遍歴的な多極子の研究に向かっています。ウラン系におけるjの自由度で特徴づけられるフェルミ面と多極子秩序などがその典型です。一方で、d電子系の研究は、スピンと軌道自由度が独立した3d系から、よりスピン軌道相互作用の強い5d系へ研究が広がりました。その典型がイリジウム酸化物における $j=1/2$ のモット絶縁体です。このように、f電子系とd電子系の研究のフロンティアはjを共通とする未踏領域に踏み込もうとしているといえます。今、お互いのアイデアを持ちより議論することでjの物理が深化し、さらに良いアイデアが生まれるのではと期待しています。

今回の学校のもうひとつのテーマは「世代の融合」です。若手による講義は従来通りですが、今回は、経験豊かな先生に最新の研究を含むトピックス講演をお願いしました。大学院生や若手研究者だけでなく、私を含む中堅の研究者にとってもワクワクする時間になることは間違いありません。お忙しい中お時間を作って頂きました秋光純先生、大貫惇睦先生、北岡良雄先生、鹿野田一司先生、倉本義夫先生、高島敏郎先生、田島節子先生、三宅和正先生に感謝申しあげます。また、アイオワ州立大学の古川裕次さんには、英語で物理を伝える(英語で物理の講義をする)ことについての講演をお願いしました。これは、昨今の大学のグローバル化の取り組みにより、そのうち私も英語で授業をしなくてはならないかもしれず、ぜひ参考にと考えてのことです。

さて、ページをめくって頂きますと分かりますように、6名の講師の気魄が伝わるすばらしいテキストができあがりました。執筆いただいた講師の方々には深く感謝いたします。本テキストおよび学校が多極子を研究する方々の、あるいは勉強を始めようとする方々のお役に立つことができれば幸いです。

最後に、テキスト原稿の閲読については工藤一貴、楠瀬博明、小手川恒、池田浩章(敬称略)にご協力をお願いしました。お忙しい中での閲読協力を深く感謝いたします。

2016年8月

J-Physics 若手夏の学校 世話人 野原 実
藤 秀樹

講師各位の熱意により増補改訂版を印刷することになりました。忙しい中での執筆作業に深く感謝いたします。

2017年1月

もくじ

実験家向けの多極子入門	柳 有起 (明治大学)	1
共鳴X線回折実験の進歩と多重極子秩序状態の観測	道村 真司 (埼玉大学)	39
磁場角度回転比熱測定による超伝導研究	橘高俊一郎 (東京大学)	85
多体効果の最前線	大槻 純也 (東北大学)	126
物質探索のための5d遷移金属化合物の結晶化学	岡本 佳比古 (名古屋大学)	156
固体の量子伝導の理解に向けて	大串研也 (東北大学)	187
執筆者紹介		214

著者紹介

柳 有起

明治大学 理工学部 物理学科 PD

強相関電子系の理論研究を行っています。これまでは主に、超伝導やモット転移、軌道自由度が関与する相転移現象などについて研究していました。最近では、多極子秩序化における光学応答について調べています。今後、奇バリティ多極子やトロイダル多極子、遍歴電子系における多極子秩序の性質を解明することを目標としています。



道村 真司

埼玉大学 研究機構 / 大学院理工学研究科 助教

共鳴 X 線回折を用いて、多重極子秩序の性質を実験的な面からの解明を目指しています。最近では、希土類金属間化合物の純良結晶の作製から取り組んでいる。新規物質ではなかなかピンポイントには多重極子秩序物質を発見することは難しい。しかし、単純ではない物性を示す物質ができることもあり、そのような物質に対しては磁化や電気抵抗だけでなく、PF や J-PARC を利用して放射光や中性子実験を主体的に行っている。また、SPring-8 では、広島大学の松村准教授や量子科学技術研究開発機構の稲見研究員と共に共鳴 X 線回折のキラル磁性などへの適用など新規な利用法の開拓にも取り組んでいる。共鳴 X 線回折をある程度理解してからは、X 線吸収実験や中性子回折実験などの理解も幾分楽になり、何とか放射光や中性子実験を利用できるようになった。共鳴 X 線回折は実験室で行う管球を用いた X 線回折とは勝手が随分と異なるが、理解すると回折実験や放射光の利用、それらの論文の熟読が進み、深い研究を行えると思います。この夏の学校が皆さんの研究の一助になればと思います。



橘高 俊一郎

東京大学 物性研究所 助教

専門は強相関電子系を舞台としたエキゾチック超伝導の実験的研究です。主に磁場方位精密制御下での極低温比熱・磁化測定から、対形成機構の解明に繋がる実験事実の提供を目指しています。磁場角度回転比熱測定を得意としており、最近では一軸性圧力下や静水圧力下でも精密測定が行える装置の開発を進めています。独自の装置を開発して他では困難な実験を行い、固体物理学の発展に貢献することを目標としています。



大槻 純也

東北大学 大学院理学研究科 物理学専攻 助教

強相関電子系の電子状態や磁性と超伝導を研究するための数値計算手法の開発を主に行っています。重い電子超伝導の第一原理的な計算が到達目標ですが、それに向かって一步一步着実に進んでいる（と思っている）ところです。数年前まで計算できなかったことが今ではできるようになっていると認識した時に進歩を感じます。

最近の趣味は、カメラ、写真、ビデオ、動画編集。撮影対象は子供（のみ）。



岡本 佳比古

名古屋大学 大学院工学研究科 准教授

d電子系を主戦場として、新しい幾何学的フラストレート磁性体、熱電変換材料などの熱・エネルギー変換材料、超伝導体といった様々な興味深い物性、機能を示す新物質を探索しています。実はこの研究テーマは大学院生の頃と全く変わっておらず、当時から大変やりがいのある研究テーマに出会っていたことに感謝すると同時に、その後の進歩が無いようにもみえるので少し情けなくも思います。一方で、大学院生の頃と比べて、研究のために自由に使える時間は年々減少しており、研究テーマを変える余力もなくなってきています。大学院生の皆さんは、なるべく今のうちに色々な考え方に触れ、幅広い視野をもってください。夏の学校は、そのための大変良い機会だと思います。



大串 研也

東北大学 大学院理学研究科 物理学専攻 教授

物質合成を基盤に据えた総合的な実験研究を通して、遷移金属化合物における強相関電子系の物理を探求しています。遍歴磁性・超伝導・量子Hall効果を超える、新奇な巨視的量子物性を発見することを究極の目標に定めています。



「J-Physics 若手夏の学校（高野山）」テキスト編集

野原 実 岡山大学異分野基礎科学研究所
TEL: 086-251-7828 / FAX: 086-251-7830
e-mail: nohara@science.okayama-u.ac.jp

藤 秀樹 神戸大学大学院理学研究科
TEL: 078-803-5643/ FAX:078-803-5643
e-mail : tou@crystal.kobe-u.ac.jp