

NEWS LETTER

J-Physics

Physics of Conductive Multipole Systems

#01

March



多極子の



多彩な振る舞いを謎解く



NEWS LETTER

J-Physics

Physics of Conductive Multipole Systems

#01



contents

領域代表挨拶	2
評価委員の先生から	4
海外の研究者から	6
研究組織紹介	
A01 中辻 知	8
B01 青木 大	10
C01 網塚 浩	12
D01 野原 実	14
研究会・Workshopの報告	16
国際活動	18
事務局からのお知らせ	19
ロゴについて	19
編集後記	19

領域発足にあたって

文部科学省科学研究費補助金の新学術領域研究（研究領域提案型）に「J-Physics：多極子伝導系の物理」（領域略称：JPhysics、領域番号：2704）が採択され、活動を開始しました。採択に至るまでにご尽力いただいた領域内外の皆様にお礼申し上げます。

発足した新学術領域の研究主題は、固体の「磁性」と「伝導」という長い歴史のある研究課題の延長線上にあります。これらは、固体の性質を主に担っている電子の局在性と遍歴性に象徴される性質でもあります。磁性と伝導は個別に研究される場合もありますが、古くは鉄に代表される遍歴電子磁性、近年ではウラン化合物で見られる強磁性超伝導体と、磁性と伝導が複雑に絡み合った多彩な性質も多く知られています。これら多くの未解決な固体の伝導現象を、「スピン軌道相互作用」により結合した電荷とスピンからなる「多極子」という自由度の観点から解明して、さらに新しい伝導現象を開拓していくことが、この新学術領域が目指すものです。

本領域が目指す研究目的を達成するために以下の4つの研究項目を設けています。

- A01:局在多極子と伝導電子の相関効果
- B01:遍歴多極子による新奇量子伝導相
- C01:拡張多極子による動的応答
- D01:強相関多極子物質の開発

4つの研究項目について5年間の計画研究班を置いています。その他に公募研究班を設定していることに新学術領域研究の特徴があります。計画研究では領域の設定する研究を推進するのはもちろんですが、公募研究ではそれらを補強したり、研究領域の裾野を拡げたりする重要な役目を担っています。公募研究は平成28年度からの2年間のものと平成30年度からの2年間のものの二回に分けて採択されて、領域に参加します。

公募研究が設定されていることの他にも新学術領域は特徴があります。それは、共同研究や研究人材の育成、設備の共用化等の取組です。本領域で実施する研究は低温や強磁場などの条件で行うものも多く、比較的高価な実験装置が必要となります。これらを共用備品として購入して領域全体で使用します。

私たちの領域では特に「物質開発=ものづくり」に重点をおいています。そこでは、従来の d 電子系や f 電子系の枠組みは意識していま

ん。研究者が「多極子」に注目した物質開発と物性の解析などを従来の研究分野の境界を意識せずに行うことで、自身の得意な研究を深めたり広げたりして、その上で領域内での共同研究が活発になることを期待しています。

さて、領域として最も力を入れたいのは人材（人材）育成です。研究活動には大学院生を始め多くの若い方が参加します。むしろ、実際の研究活動の多くは若い研究者によって行なわれることでしょう。領域では、雇用も含めて様々な点から、若い研究者の学習活動や研究活動を支援します。その一つに、「夏の学校」や「ものづくり学校」などを開校します。そこで共通の研究背景を学ぶ過程で、世代交流や若手研究者の相互交流も活発になることでしょう。これらの学校では、領域外からの参加も積極的に受入れることで、研究領域の裾野が広がることも期待しています。

ありがたいことに、11月には本領域の国際活動を支援する「国際活動支援班」の設置も認められました。これは、「我が国が強い学問分野を中心に国際共同研究の推進や優秀な若手研究者の相互派遣などによる国際的な研究者コミュニティにおける長期にわたる確かなネットワークの形成により、成熟社会である我が国の学術研究が国際的な研究者コミュニティをリードし、国際社会における我が国の存在感を維持・向上」することを目的としています。この活動では、「国際共同研究ネットワーク」「試料育成ネットワーク」「ウラン化合物研究国際連携ネットワーク」という3つのネットワークの形成を行います。そのために、3ヶ月以内の短期ですが、海外派遣と海外からの招へいの研究課題を公募しています。公募は毎年行い、5年間で30件以上を予定していますので、若い皆さんには多くの機会があります。近い将来、海外で研究する機会があることを念頭において、日々活動して欲しいと思います。

平成30年度には、若手研究者が中心になって海外の研究者と合同で開催するサマースクールも行います。これらを通じて、若手の研究活動の場が世界に広がること、さらには若手が世界で人財として認められるようになることを期待しています。

新学術領域研究は、単に大勢がたくさんの研究費を使って行う研究ではありません。公募研究を含めて全国で数十に及ぶ多彩な経験と多様な価値観をもつ研究グループが、従来の問題を解決し未知の問題を提示して、新しい研究領域を切り拓いて行こうとするものです。研究領域が変遷する過程では、様々な発見があり、発見にはそこに至る物語が生まれます。物語は発見の後に他人に語られることもあります。多くは個々の研究者が内に育んできたものです。特に若い人達にお願いしたいことは、自分自身の物語を意識して研究を進めて下さいということです。物語に必要な素材は、新学術領域の活動の中でたくさん見つけることが出来ると思います。

この新学術領域は、連綿として豊かな知識体系を築き上げてきた物性物理学の延長線上にあります。延長線上にはありますが、そこでの新しい成果というものは、これまでの知識体系に新しい1ページを付け加えるものではありません。従来の常識を翻して知識体系を作り直さざるを得なくすることこそに本当の新しさがあると思います。この新学術領域研究の活動を通じて、生物が脱皮を通じて成長していくように従来の物性物理学をより豊かで大きな体系へと成長させていきたいと思っています。どうぞ、よろしくお願いします。

領域代表 播磨 尚朝

神戸大学大学院理学研究科



「J-Physics：多極子伝導系の物理」に期待すること

1979年に発見された CeCu_2Si_2 を皮切りにその数年間に UBe_{13} と UPt_3 が相次いで見いだされ、重い電子系超伝導研究という新しい分野が切り拓かれ、電子間相互作用の強い系に発現する超伝導体の研究が開始された。それについて、1986年の銅酸化物高温超伝導発見や重い電子系の第二世代とも言える CeCoIn_5 等を含めて強相関物質についての広範な研究がなされるようになった。そうした研究の流れのなか24年度末で終了した新学術領域研究「重い電子系の形成と秩序化」では、自由な発想で行う基礎研究を進展させ、重い電子系における多彩で風変わりな超伝導、反強磁性、強磁性、多極子自由度に関わる「隠れた秩序相」は、 f -電子の局在性と遍歴性、および多彩な結晶構造に起因する多バンド効果が絡み合って実に多様であることが明らかにされた。なかでも、重い電子系超伝導体の「老舗」の CeCu_2Si_2 はスピンの揺らぎを媒介にした異方的 d 波超伝導ではなく、磁気八極子揺らぎを媒介にしたループ状の節をもつ拡張 s 波超伝導の可能性が指摘されたことは驚きである。第一原理計算で明らかにされたフェルミ構造に基づいて未解明の様々な実験結果を系統的に説明できることが示唆された。原子に束縛された電子の軌道角運動量とスピン角運動量とはスピン軌道相互作用により結合した全角運動量 J を持ち、この J は固体中で周囲からの影響を受けて多極子と呼ばれる性質を持つ電子のミクロな自由度を生む。この多極子を考えることで、長年の懸案であった「隠れた秩序」や「異方的な超伝導」の起源は、 J -自由度（多極子自由度）とバンド構造と相関効果によって「多極子伝導系の物理」の枠組みで統一的に理解される「芽」が出てきた。このような状況の下で、本学術領域研究が発足し、①局在多極子と伝導電子の相関効果、②遍歴多極子による新奇量子伝導相、③拡張多極子による動的応答、④強相関多極子物質の開発という4つの計画研究が設定されたのは、まことに今後の新学術の展開に向けて機が熟している所以でもあり、これまでの懸案課題（在庫？）が解明、一掃されて、真に「新しい芽」が出ることを期待したい。

多極子に関わる伝導現象は、多極子が秩序化する系から、電子が比較的自由に振る舞う系まで多様である。それぞれの系の専門の研究者が協力して創発的・共創的な研究を行うことで、多極子伝導系の学理を創出し、多彩な伝導現象を理解しようというのが、本領域の目的であろう。 J に起因する多極子の概念を基盤として、拡張多極子の概念が機能性分子や生体高分子の分野にも転用され、また多極子に基づいた物質開発が可能になり、マルチフェロイクスやスピントロニクス分野で巨大応答物質として利用されることに繋がることを期待したい。

次に、個人的な関心から、Pr系超伝導の系統的な研究展開を期待したい。 $4f^2$ の非クラマース二重項状態をもつ最初の超伝導物質である $\text{PrOs}_4\text{Sb}_{12}$ ($T_c=1.85\text{ K}$)に続いて、2例目となる Pr^{+3} イオンを含む超伝導物質が発見された $[\text{PrIr}_2\text{Zn}_{20}$ ($T_c=0.05\text{ K}$)および $\text{PrRh}_2\text{Zn}_{20}$ ($T_c=0.06\text{ K}$)]。両物質とも反強四極子秩序相内に超伝導状態が存在している。さらに、 $\text{PrTi}_2\text{Al}_{20}$ では、高圧下（6GPa以上）で四極子秩序が抑制されることによって、 $T_c=1.1\text{ K}$ の超伝導が観測された。非磁気的な「多極子揺らぎ」が電子対を媒介していると推測されるこれらの系が、なぜ1桁以上も超伝導転移温度が高いのか？などが明らかになることを期待したい。

最後に学生や若手研究者の創造性を育むこと、若手研究者の支援、とくに課題設定の無い自由な発想で主体的、自律的に行う基礎研究の支援、さらに顕著な成果を挙げた若手研究者に対して「研究奨励賞」を授与することによって顕彰することなど、を検討することを期待したい。研究者のみなさん、大志を抱き、面白き事が多々あることを祈って。



評価委員
北岡 良雄
大阪大学大学院基礎工学研究科 教授

「J-Physics：多極子伝導系の物理」の発足に寄せて

播磨新学術領域研究「J-Physics」の発足、おめでとうございます。物質科学の主役は電子！その振る舞いの多様性と潜在性にJで切り込むこのプロジェクトが採択されましたこと、大変喜ばしく思います。基礎研究は、個人の自由な興味と発想に基づくものではありませんが、私が新学術領域研究に携わった経験で申し上げますと、この種のグループ研究は、研究者間に独特な繋がりをもたらします。研究者が互いに線で結ばれる通常の共同研究とは異なり、研究者間で考えや思いを交換するクラウド的な場ができます。そこでは、通常の共同研究では起こらない意外な研究の展開が生まれたり、自身の研究を長いタイムスパンで見直す機会を得たり、研究分野全体を大所から考えるフォーラムが生まれます。J-Physicsが、新学術領域研究という大きな推進力を得て、深い学理を築き広く展開することを期待しています。

と申す私ですが、失礼ながら、浅学のため、当初“多極子伝導系の物理”を誤解していました。電子の属性の中でも高次の効果を精密に物理するという印象を持っていましたが、それは間違っていました。強相関電子系の物理学の発展を大きな流れとして見た時、私達は、モット転移、近藤効果、軌道秩序の研究で、電荷、スピン、軌道の役割の重要性を認識し、マルチフェロイクスやトポロジカル相等の研究で、これら自由度間の協奏のパワーを知るようになった訳ですが、播磨新学術領域は、“遍歴多極子”という概念で、これに続くボトムアップ型の研究を興すのだという提案であると理解しました。キックオフ研究会に参加し具体的な研究計画を拝聴しましたが、例えば超伝導に限っても、強磁性状態と共存する電子対の問題や反転対称性のない結晶での型破りの H_{C2} 、多極子揺らぎによる超伝導の発現など、およそ物性の精密化などというものではなく概念の刷新を必要とする大きな物理がそこにあることを悟りました。（以前の私のような思いを抱く方々も少なからずいるはずですので、物理の“激しさ”をもっとアピールしてもよいかと思います。）また、多くの発表が研究の大きな広がりを感じさせるものでした。おそらく、このプロジェクトが、遍歴多極子という点に焦点を当てながらも、 d 電子系と f 電子系を等しく研究対象にしていることの表れかと思います。私が扱っている分子性物質は p 電子系として分類されますが、 p 軌道由来の分子軌道は対称性が低く軌道角運動量がクエンチしており、J-Physicsの仲間入りは叶いませんが、強相関物質科学の中での分子性物質の立ち居地を考える良い機会を与えていただいたと思っています。また、対極物質としての分子性物質の研究の現状を本J-Physicsコミュニティに提供できればと思っています。

これから始まる播磨新学術領域、オリンピックで沸く4年後には、固体の中で踊るJ-Physicsが日本を発信源とした大きな波（J-wave）となって世界を揺らしていることだろうと想像しています。

評価委員

鹿野田 一司

東京大学大学院工学系研究科 教授



J-Physics project - Exploring quantum principles of electronic structure driven functional phenomena



Vladimír Sechovský
(CUNI, Prague, Czech Republic)

Since beginning of the Millenium numerous novel phenomena (e.g. varieties of unconventional superconductivity, magnetic skyrmions, ferrotoroidicity in multiferroics, anomalous Hall conductivity, various topological states – topological insulators and superconductors, hidden order state in heavy Fermion compounds etc.) in materials driven by *d*- and *f*-electrons have been revealed. Proper understanding and adequate explanation of fundamental microscopic mechanisms responsible for these, in majority functional phenomena, allows utilization of their application potential. Obviously such objective in its full complexity represents an enormous challenge for condensed matter research both in theory and experiment.

The present “J-Physics” project kindly funded by the “ Grant-in-Aid for Scientific Research on Innovative Areas” copes with this challenge by considering the novel quantum states of matter emerging from the interplay of structural, orbital, charge, and spin degrees of freedom. A particular emphasis is put on the effect of spin-orbit interaction which couples the spin and of an electron with the orbital momentum in the total angular momentum *J*. There are numerous indications that the spin-orbit interaction plays the principal role in the above mentioned phenomena. As a result of relativistic effects the spin-orbit interaction becomes gradually stronger in heavier atoms which implies growing difficulties in the theoretical description. The total angular momentum in the interaction with the surrounding ligands in a solid is converted to a multipole which is a characteristics of an actual material. Presumably the multipole degree, parity and space extension determine its actual involvement in an actual physical property. The well localized multiplets of heavy rare-earth metal ions and strongly delocalized multiplets of transition-metal or light-actinide should be treated entirely different. Considering the needs of particular research four task forces are formed focusing on specific aspects of the project.

The project pursuing will be considerably strengthened by strong involvement of young generation. The young Japanese researchers have in the “J-Physics” project an extraordinary opportunity to participate on the top research at home Japanese universities and research infrastructures in synergy with their research activities at partner institutions abroad. The international contacts may be also kindly supported by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan in this case through the “Fund for the Promotion of Joint International Research” .

In the course of the “J-Physics” project we may expect novel experimental discoveries and findings, considerable advance in theoretical concepts and models and development of new cutting edge experimental techniques which will certainly push forward the science on world scale.

The timing of the J-Physics project allows us to expect presentations of important results of the project activities at the International Conference on Strongly Correlated Electron Systems - SCES 2017 (<http://sces2017.org/>) which is held in the heart of Europe – Prague from July 17 through 21, 2017. I am convinced that the world-wide SCES community gathered in Prague will have the best opportunity to enjoy these presentations given by Japanese colleagues.



〔研究組織紹介〕

研究組織紹介 A01

局在多極子が伝導電子との混成によって
生み出す新しい物性を開拓する！

新学術領域研究「J-Physics：多極子伝導系の物理」の申請が今年度無事採択され、これから5年間の新たな研究活動を開始できること、とてもうれしく思います。今回は編集長から依頼を受けましたので、私が代表を務めさせていただいているA01班の紹介をさせていただきます。A01班は、その研究課題「局在多極子と伝導電子の相関効果」が示す通り、通常、原子に局在している多極子が伝導電子との混成を通じて、どのように遍歴性を獲得するか、そして、その過程でどのような新しい量子現象が現れるのかを明らかにすることがテーマです。その意味で、B01班の遍歴した多極子からのアプローチとは対極をなすものです。

そもそも、原子サイトに局在した多極子による多彩な磁性は、当初は主に4f電子系において見出され、これまでに、静的な多極子自由度の秩序配列の決定など、先駆的な研究が日本を中心になされてきたという意味で、日本のお家芸の分野であります。多極子というと最近では16極子や32極子も聞かれるようになり、より高次のものに対する興味が従来からありました。ただ、それはどちらかというと理論的な側面が強く、なかなかわかりづらい側面は否めません。一方、より単純な驚きを与えてくれるのは、多極子が伝導電子との相関によって、遍歴性を持った場合に現れる特異な巨視的量子現象ではないかと思います。局在した多極子が伝導電子との混成によって、どのように魅力的なものに「化ける」

のか、それを明らかにすることが私どもの班の一つの目標です。そうは言っても、多極子はかなり強靱に原子サイトに局在しているのが普通で、Prの4fが遍歴するなどは、最近のスクッテルダイトの研究や、1-2-20の研究まで例がなかったと思います。7,8年前に重い電子系の創生者のおひとりの高名な先生とPr化合物について個人的にお話したとき、4f²の状態はフントカップリングのために強く局在しているので、格子系で近藤効果など起こり得るはずがないと言われたこともありました。それくらい例が少ない現象です。しかし、現在ではPr1-2-20系において、伝導電子との混成効果としてPrの多極子自由度の局在遍歴クロスオーバーが見えてきています。さらに、一度遍歴しだすと顕在化してきたのは、極端に異常な金属状態です。たとえば、四極子の近藤効果は通常の準粒子描像では記述できません。また、その量子臨界点というのは、電子の軌道がバンドに化けるところであり、フェルミ液体の秩序変数ともいえるフェルミ面そのものが大きな揺らぎのために定義できなくなります。そうしますと、そこに現れる超伝導には、全く新しい機構が考えられます。まさに、これまでのスピン揺らぎによる量子臨界点よりも、さらに異常で劇的なことが起こる舞台設定になっており、今後、それらを実験・理論の両輪で明らかにしていきたいと思っています。

一方で、遷移金属においても、そもそも強い多体相互作用があるところ

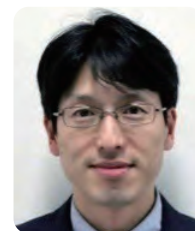
に、スピン軌道相互作用が強くなると、多極子自由度が重要になります。強相関のリミットでは、多極子のモット絶縁体や、多極子の量子液体などの新しい量子状態が理論的に議論されております。そういった多極子モット絶縁体からの金属絶縁体転移の近傍にも、さらに、面白い量子現象が潜んでいると思われます。

以上をまとめますと、A01班では、4f電子系に見られる局在多極子と伝導電子の混成効果、5d電子系を代表とする遷移金属化合物での多極子の局在・遍歴転移の機構とその量子効果の解明を目的として、純良単結晶試料を用いた、巨視的、微視的測定と理論的解析を融合した多角的な研究により、局在多極子と伝導電子の相関効果の学理を構築し、新たな物質機能の開拓を目指してきます。

このような研究を推進するにあたり、本班は、左図に示すように実験・理論の大変すばらしいメンバーの方々にご参加していただいております。まず、多極子の研究においては、その巨視応答を高精度に測定する必要があります。これまで数々の多極子秩序の研究を手掛けておられます東大物性研の榊原グループには、角度分解磁化測定を、また、岩手大学 中西グループには、超音波測定を担当していただいております。また、微視的測定が局在・遍歴転移の機構解明には欠かせません。その立場からは、メスバウアー分光として兵庫県立大学の小林グルー

A01 班代表 中辻 知

東京大学物性研究所 准教授



プ、さらに、中性子散乱測定の立場からは東北大学の佐藤グループに参加いただいております。また、実験と理論が連携し、新しい概念の提案を行っていくことは分野の発展に欠かせません。その一端を担っていただくべく理研の鈴木道人氏には、主に f 電子系の第一原理計算を、有田亮太郎氏には、主に d 電子系の第一原理計算の立場からご参加いただいております。最後に、物性研究所の中辻グループでは、物質開発とともに低温高磁場での輸送現象を開拓していきます。また、共通装置としまして、東京大学物性研究所に16-18テスラの超伝導マグネットを導入します。磁気抵抗、磁歪、さらに、将来的には比熱の測定をできるようにする予定です。こちらも振るってご利用いただければと思います。

さらには、もちろん、我々の興味の対象は班内に留まることはなく、積極的に班間での協力を推進しながら、新しい現象を探索していきたいと思っています。最近の一例ですが、私どものグループでは、反強磁性体での異常ホール効果を室温で発見しまして、それはカイラル磁性がスピン起動相互作用を通して発現する量子伝導効果であることがわかってきています。C01班の先生方とも協力して、この物理を展開できればと思っています。

最後に、この新しい新学術領域研究を通じて、 d , f 電子の分野の交流が深まり、さらなる新しい強相関分野の形成への架け橋になること、さらにその

結果として、他の分野に提供できるような新しいコンセプトを創出すること、それらを目指して研究を推進していきたいと思っています。



研究組織紹介 B01

遍歴多極子という眼鏡

B01班である我々の研究課題名は「遍歴多極子による新奇量子伝導相」です。昨年の研究計画調書にメンバー、役割分担、研究内容が簡潔に書いてありますので以下に引用します。

研究代表者:

青木 大 (東北大金研)

研究の統括、純良単結晶育成、量子振動測定

研究分担者:

石田憲二 (京大理)

共鳴実験による多極子秩序と揺らぎの観測

研究分担者:

神戸振作 (原子力機構先端研)

輸送・薄膜物性、5f 電子系物質探索

研究分担者:

井澤公一 (東工大理工)

熱電特性測定と新量子伝導系探索

研究分担者:

松田達磨 (首都大理工)

5f, d, p 電子系物質探索、高圧合成

研究分担者:

柳瀬陽一 (京大理)

超伝導、多体効果の理論

多極子が遍歴性を獲得して引き起こす多彩な伝導現象や量子相の解明を行う。アクチノイドの価電子である 5f 電子は強いスピン軌道相互作用と 6d 電子とのパリティ混成の結果として多様な多極子自由度を持っており、さらに局在と遍歴の両面性を持っているので、強磁性と超伝導の共存や磁場誘起超伝導、非自明な秩序など多彩で魅力的な物性物理の宝庫である。純良単結

晶を用いた精密測定と微視的理論との連携により、d 電子系につながる遍歴多極子の伝導現象の新概念の創出を目指す。具体的には、NMR や量子振動効果より遍歴多極子が関与したスピン揺らぎやフェルミ面の不安定性の直接観測、極低温でのゼーベック・ネルンスト係数による量子臨界点でのフェルミ面の異常の観測を行い、高圧、強磁場、極低温の極限環境下まで測定を拡張する。純良単結晶育成は 5f 電子を中心に、d, p 電子が協奏・競合した物質系の高圧合成も含めた新物質開発も行ない、遍歴多極子が創発する物理を探索する。新展開として、5f, 5d 電子の強いスピン軌道相互作用と遍歴多極子の特徴を生かした薄膜や微細加工と極限環境下の精密物性測定を組み合わせた新現象発見にも挑戦する。D01 班と連携・補完して新奇超伝導体の開発を行うとともに、A01 班と C01 班に試料提供し精密物性測定を行うことで、伝導性多極子の概念を確立する。

上の文章は、いわば「表向き」の研究内容です。ざっくり言ってしまうと、アクチノイド化合物を中心に遍歴多極子をキーワードにして新奇な物性を研究していこう、ということです。

申請書が採択された今だから明かせるのですが、B01 班のメンバーでこの研究内容について、いろいろ議論しました。アクチノイド化合物の研究を新学術研究 JPhysics の中でどのように位置づけるのか。アクチノイド化合物の特徴・面白さは何なのか、それと遍歴多極子をどのように結びつけるのか、そんなことです。ちょうど一年前

の2014年10月頃のことでした。メールでやり取りしていたのですが、その時の内容が、私にとってなかなか示唆的だったので以下に引用します。

松 田:

5f系をやる物理的意義ということの議論ではありますが、試料育成屋としてアクチノイドを考えると、化学的性質の違いは大きく感じるところです。物理的と化学的をどこで線引きするかは難しいところですが、価数やその多様性は4f系とは異なっており、構造や化合物群も異なっている部分は大きいですから、“4fで探せばいいんじゃないの？ Ce, Ybでもあるじゃない”ということに対して、少なくとも研究対象 (f電子に対する環境) の違いや広がりや強調できるのではないのでしょうか。

柳 瀬:

5f電子系のウリと言え、私思うに現象の多彩さではないかと思います。例えばスピン三重項超伝導や強磁性超伝導が現れるのはこの系くらいです。もちろんURu₂Si₂の隠れた秩序もありますし、これがただの多極子ではない可能性も有望です。他にも挙げるべきものがいろいろあるでしょう。「電子状態の多自由度性」に由来する多彩な量子状態と言われると私はワクワクしますが、複雑で面倒でオタク的だと思う人もいます。そのような概念がアクチノイド系にしかないものではない



B01 班代表 青木 大
東北大学金属材料研究所 教授

く、他の系にも別の形で広がりを見せて行く、というように説明できれば良いのではないかなと思います。

井 澤：

「多極子伝導系の物理」というテーマの新学術で出すならば、それを支える4つの柱の1つである「遍歴多極子」というテーマにおけるという物理に着目しどのように取り組むのかということがまず先に来るべきかと個人的には思います。そしてそれに実際に取り組むにあたって、アクチノイドが重要な役割を果たすというのならまだ全体との整合はとりやすいのではないのでしょうか？ 全体的なことですが、こちらの「遍歴多極子」と中辻班 (A01 班) の「多極子自由度の遍歴・局在転移」とは、見方によっては結構かぶっているように見えますが、どういう役割分担でしょうか？

神 戸：

昨日の青木、松田、柳瀬さんのメールでは、“多様性”ということが挙げられました。僕も同感です。ただ、もちろん、“多様性”とは主観的な概念で、ある色眼鏡でみたとき、ある物は多様に見えるだけです (参照：“悲しき熱帯” C. Lévi-Strauss)。f電子系が全く一様にみえるめがねを掛けている人も当然いるわけです。従って、ここでf電子系が“多様”にみえるめがねをしっかりと定義した

いところですよ。遍歴多極子は結構いいめがねだと思いますが、もっと突き詰める必要があります。例えば、超伝導の多様性 (青木、柳瀬) まで見えるめがねにはいまのところ思われていません。井澤さんの言うとおり、中辻班 (A01 班) のめがねとの違いも必要です。また、一方、スピン軌道相互作用が強いなら、なんでも多極子と関連づけられると主張していると感じられ、結局、“スピン軌道相互作用の強い系の研究”といっているだけじゃないの？”と言われそうです。知らないうちにそんなつまらないめがねを掛けないようにしましょう。

青 木：

アクチノイドの多様性といったときに、その変幻自在性を強調することはできないのでしょうか。つまり、多様な物理が出てくるが故に、興味ある物性の出発点になっているというイメージです。「幹細胞」というとちょっと言い過ぎかもしれませんが、そんなイメージです。たとえば、重い電子系超伝導にしても、 UPt_3 や UBe_{13} は1983年にすでに見つかっています。d波、奇パリティ超伝導はウラン化合物で見つかっています。強磁性超伝導しかり。つまりアクチノイド化合物は時代を先取りしている、というふうに私には思えるわけです。

石 田：

15億のお金をつぎ込む価値のある研究を言ってみるといわれて、提案できる人は少ないでしょう。悲しいけど私は出来ません。ただチャンスはあって、たとえば鉄系超伝導が見つかった直後は提案できるでしょう。未知の物質群が見つければ審査員も通してくれると思います。現在、大変苦しいのは、以前ほど新物質が出てきていない環境にあると思います。酸化物高温超伝導体の発見以降、神がかり的に新物質がいろいろ出てきていました。私は個人的には期せずして今回の新学術は物質開発の方にベクトルが向いているように思います。採択されれば、物質開発は活気付くと期待しています。

いかがでしょうか。B01 班メンバーの正直な思いや意気込みが伝わって来て、面白いと思います。と同時に考えさせられます。新学術研究がスタートした今も、ここで挙げられた問題提起に対する解答は見つかっていません。おそらく、この5年間で見つけるべきものなのでしょう。また、遍歴多極子という眼鏡でアクチノイド化合物を中心に研究するうちに、思いもしない発見・視点がもたらされ、新しい物理が生まれることを私は期待しています。

研究組織紹介 C01

拡張多極子が拓く新しい物質観

C01班では、「拡張多極子」を基礎にした新たな物質観の構築に取り組みます。これまで f 電子系を中心に理解が進められてきた多極子は、1原子上の電荷や磁荷の空間分布を表す概念でした。拡張多極子 (spatially extended multipole) とは、これを複数の原子で構成されるクラスターに空間サイズを拡げて適用し、クラスター上に分布する電荷・磁荷を多極子として記述、分類しようというもので、本領域の構想過程で生まれた造語です。私たちの班では、様々な電荷・磁気秩序系の性質を、多彩な拡張多極子に基づいて記述し、理解する研究を展開します。そして、これによって、物質に潜む新たな原理と、それに基づく新たな物質機能を開拓することを目指します。当然、今までに知られる磁性体や電荷秩序系の再検討も重要な研究対象

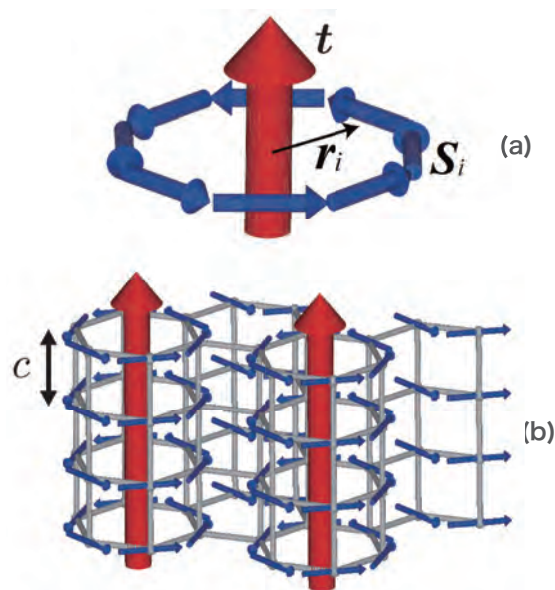
となり、また f 電子系だけではなく d 電子系、さらには p 電子系にも拡張多極子系として注目すべき物質が存在するはずです。つまり本計画班では、拡張多極子を背景に、これまで独自の発展を遂げてきたこれらの分野を融合する研究を推進し、物性物理の次の展開を模索することも重要なミッションの一つとなっています。

このような多極子概念の拡張から期待されている新展開の一つは、1原子上の多極子では未だ見つかっていない「奇パリティ多極子」の発現を物質中に見出して、その挙動を探ることができることです。 f 電子系でこれまでに議論の俎上に載った多極子は、電気四極子、電気16極子、磁気八極子、磁気32極子等々、全て空間反転に対して偶の変換性を持つ多極子です。不完全殻を持つイオンサイトが空間反転対称

性を持たない結晶構造であれば、原理的にはそこに奇パリティの多極子が生じて良いはずですが、これまでの研究ではまだ見つかった例はありません・・・と言うよりは、今まではこれを真剣に観測しようとした実験が無いというのが正しいかと思います。本領域が走る間に典型例がきっと見つかることと思います。

さて、1原子から離れて、拡張多極子の視点に移ると、例えば、局所的に反転対称性が破れたジグザグ構造上に生じた反強磁性は、1対の反平行スピンペアからなる磁気四極子もしくはトロイダルモーメントという奇パリティ多極子の強制的秩序と見なすことができます。同様にハニカム構造上の交替的電荷秩序は強制的電気八極子秩序を、反強磁性秩序は強制的トロイダル秩序と見なすことができるようになります (左図)。主だった結晶構造での電荷秩序や磁気秩序が拡張多極子としてどのように分類整理できるかが、最近、速水賢、楠瀬博明、求幸年3氏によって右ページの図表のようにまとめられています (固体物理 Vol.50 (2015, 5月号) 217)。

ここで重要なのは、このように視点を転換すると、例えば非対角電気磁気効果がこれらの系に必然的に内在することが予見できるようになることです。特に、奇パリティ多極子が金属において活性化した場合、反対称性スピン軌道相互作用を通じて特異な伝導状態や異常ホール効果、新奇な電気磁気効果が発現することが、理論的に予想されています。詳しくは上記速水氏らの文献とその引用文献をご覧ください



強制的トロイダル秩序の例

- (a) トロイダル双極子の概念図
- (b) ハニカム構造上の渦状スピン配列によるマルチQの反強磁性秩序はトロイダル双極子による一様な強制的秩序と見なすことができ、これによってたとえば電流を流すと磁化が発生するといった新奇物質機能が予見できる。

[S. Hayami, H. Kusunose, Y. Motome, Phys. Rev. B 90, 024432 (2014).]



C01 班代表 網塚 浩

北海道大学大学院理学研究院 教授

い。ここでの本質は、局所的に空間反転対称性が破れた構造における電子系の自発的な対称性の破れにあり、本計画研究で最も注力しようと考えている研究対象です。現在、典型物質の探索を含めて、これら理論予想の実験的検証が進められています。奇パリティ多極子の物性開拓はまさに始まったばかりで、多くの発見の可能性があるものと期待しています。

具体的な研究内容としては、

- トロイダル双極子をはじめとする奇パリティ多極子の秩序を中心に、拡張多極子の秩序配列を放射光X線や中性子散乱、NMR、NQR および μ SR の微視的測定を用いて同定する手法を確立する。
 - ホール素子を用いた精密磁化測定や NMR、NQR 測定によって金属中の奇パリティ多極子秩序で予想される電流誘起磁化現象を検証する。
 - カイラルらせん磁性体に現れる拡張多極子欠陥のダイナミクスを磁場中の共鳴X線散乱を用いて調べ、生成過程および電流磁気応答を解明する。
 - 拡張多極子が発現する舞台となる新物質の探索を、D01 班と密に連携して行う。
 - 応力下実験により弾性も含めた拡張多極子の非対角応答を開拓する。拡張多極子秩序が生み出す磁気輸送や非線形・非対角応答現象を理論的に解明し、定量的な評価を可能にする。
 - 拡張多極子秩序からの集団励起、あるいは秩序状態近傍における低エネルギー励起の性質を理論的に解明する。
- といったテーマを進めていく計画です。メンバー構成は、主にバルクの熱・

輸送特性および電気磁気応答特性を網塚が、NMR と NQR を用いた電気磁気応答の微視的な測定は藤秀樹氏（神戸大）が担当し、奇パリティ多極子の動的応答については、中尾裕則氏（KEK 物構研）が主に共鳴・非共鳴X線散乱を用いて、また高阪勇輔氏（広島大）が中性子散乱、 μ SR 等の実験を用いて研究を進めます。さらに新物質探索も D01 班と連携して行っていくつもりです。理論研究では、楠瀬博明氏（明治大）が拡張多極子全般を、御領潤氏（弘前大）が主として異常量子伝導を担当します。現状は理論が先行し、実験サイドが追いかけている状況です。実験は手探りで進める部分が多

く、訳のわからないデータが出てくる可能性が高いですし、実際、すでにそうなり始めています。ですので、理論家とは今まで以上に密な連携が必要だと思っています。

「拡張多極子」のテーマは、本新学術領域の構想が持ち上がった初期段階から、 d 、 f 電子系それぞれの分野で長年居を構えてきたメンバーが膝をつき合わせて議論する中で醸成されてきたもので、本領域が目標に掲げる両分野の協奏、融合の要となる班です。 d - f 融合（そして p も）はまさにパリティ混成、どのような人的非対角効果？が生まれるのか期待を抱きながら新たな課題に挑戦したいと考えています。

多極子のランク l	電気	磁気	トロイダル
$l = 0$ (単極子)	正方格子上の電荷秩序 	スピニアイスにおける磁気励起 	
$l = 1$ (双極子)	ジグザグ鎖上の電荷秩序 	正方格子上の反強磁性秩序 	ジグザグ鎖上の反強磁性秩序
$l = 2$ (四極子)	正方格子上の軌道秩序 	ジグザグ鎖上の反強磁性秩序 	Shastry-Sutherland 格子上の強磁性秩序
$l = 3$ (八極子)	ハニカム格子上の電荷秩序 	パイロクロア格子上の all-in/all-out 秩序 	ハニカム格子上の反強磁性秩序

電子系の秩序に伴って生じる拡張多極子

ランクが3までの電気、磁気、磁気トロイダル多極子の例。赤（青）の欄が、奇（偶）多極子を表す。

[速水賢、楠瀬博明、求幸年：固体物理Vol.50 (2015, 5月号) 217.]

研究組織紹介 D01

強相関多極子物質の開発

新学術領域研究「J-Physics：多極子伝導系の物理」が、いよいよ始まりました。D01班では、従来の固体物理学的な視点に新たに化学的な発想を持ち込んで、物質開発を進めます。ここから生み出される強相関多極子の考え方を化学の分野へ輸出できれば大成功です。

さて、液体酸素は美しい青色を呈し、磁石に引き寄せられます。酸素原子は4個の2p電子を持ちます。O₂分子になると分子軌道が形成されます。このうち2p軌道に由来する分子軌道は、エネルギーが低いほうからσ, π, π*, σ*軌道と呼ばれます。*印がないのは結合軌道、あるのは反結合軌道です。ここに8個の価電子をつめていくと、最後の2個が二重縮退したπ*軌道を占有します。フントの規則により2電子のスピンの揃うため、酸素はスピンS = 1の常磁性体になる訳です。固体物理学で扱う酸化物では、酸素はO²⁻イオンとなり、結晶中にO₂分子が現れることはまずありません。ところが酸素よりも電気陰性度が小さい元素は、しばしば結晶中で分子を作り、時として物性の主役を担います。その一例が炭素です。C₂分子では、分子軌道の順番が一部逆転し、π, σ, π*, σ*となります。これは2s軌道と2p軌道の混成による結果です。4つの価電子がπ軌道を占有します。結晶中でC₂分子は電子を受け取ります。二重縮退したπ*軌道に電子が入ると超伝導を示し、占有率がちょうど半分、すなわち炭素分子が4個のイオンC₂⁴⁺になった時、転移温度T_cが最高値18 Kを示します。Y₂C₃です。空間群はI43d

(T_d⁶, #220)で反転中心がありません。J-Physicsの研究課題のひとつに、このような構造とスピン軌道相互作用を結びつけ奇パリティ多極子を実現することがあります。ところでC₆₀分子の最低非占有分子軌道(LUMO)は三重縮退です。ここに3つの電子を入れるとT_c=38 Kの超伝導が発現します。A15型Cs₃C₆₀です。より高い軌道縮重度を持つ分子があれば、さらにT_cが上昇するはずです。

結晶中の分子という観点においてP, As, Sbも面白い元素です。その一例が充填スクッテルライト(空間群Im $\bar{3}$, T_h⁵, #204)です。LaRu₄As₁₂は結晶中に平面四角形のAs₄分子を持ちます。分子軌道の計算は簡単で、化学の講義で習ったヒュッケル近似を使うと、As₄分子のπ軌道は、エネルギーの低いほうから一重項、二重項、一重項の合計4つからなることが分かります。中性のAs₄では12個ある価電子の8個がσ結合を作り、残りの4個がπ軌道に入ります。さらに4電子を加えると全てのπ軌道が占有されます。このためAs₄分子は4価(As₄⁴⁺)が安定です。さて、RuはRuAs₆八面体の中心に位置し4d軌道はt_{2g}とe_g軌道に分裂します。結晶場分裂が大きいのでフントの規則が破れ、Ru²⁺の6電子全てが三重縮退のt_{2g}軌道を占有します。この為Ruは電氣的にも磁氣的にも不活性です。この結晶場分裂によるエネルギーギャップの中を、As₄分子の最高エネルギーのπ軌道が作る一本のバンドがよぎります。(より正確には単位胞中に3つのAs₄分子があるので、3つの最高π軌道がつくる3バンドのうち

の一本がよぎることになります。)さて、La³⁺を「充填」したときの化学式はLa³⁺Ru²⁺₄(As₄⁴⁺)₃・h⁺です。h⁺はホールを表します。正負の電荷バランスが保たれていることが容易に確認できると思います。このホールが先ほどのπバンドに入ると、bcc格子のブリルアンゾーンにおいてパーフェクト・ネスティングを示すフェルミ面が現れます。フェルミ準位はファン・ホープ特異点に位置します。単位胞に34もの原子を含む化合物のバンドが、この様に単純であることは驚くばかりです。ここでT_c = 10 Kの超伝導が現れます。さらにLaをPrに換えると、Pr 4f電子の多極子自由度が伝導電子(π電子)と混成して、多極子近藤効果、金属絶縁体転移、超伝導などが現れます。このような特徴的なバンド構造をもつ化合物が他にないか、米国のデータベースAutomatic-FLOW for Materials Discovery (afloplib.org)で検索することができます。今現在で7万を超える化合物のバンド構造が登録されています。

最近、硫化水素に200 GPaの高圧を加えるとH₂S分子が分解してH₃S結晶が生成し、これが200 Kという高温で超伝導を示すことが明らかになりました。H₃Sの第一原理計算を見て驚きました。H1sとS 3pの混成バンドが見事なファン・ホープ特異点を作り、ここにフェルミ準位が位置するのです。T_cこそ大きく違いますが、充填スクッテルライトを想起させます。さて、パーフェクト・ネスティングとファン・ホープ特異点といえば、銅酸化物高温超伝導体のCu二次元正方格



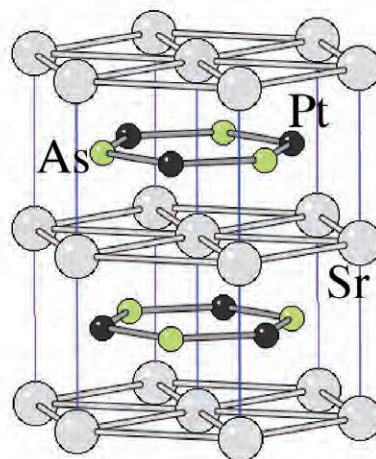
子とグラフェンを思い浮かべます。グラフェンのフェルミ準位はディラック点にあります。フェルミ準位をファン・ホープ特異点に位置させるとカイラル d 波超伝導が発現するという予測があります。というのは、六方（三方）対称性のもとでは $d_{x^2-y^2}$ 波と d_{xy} 波のエネルギーが縮退し、その重ね合わせ状態である $d_{x^2-y^2} \pm i d_{xy}$ 波の対形成が可能になるからです。波動関数が実関数の $d_{x^2-y^2}$ 波ではクーパー対の軌道角運動量が凍結していますが、虚数単位 i を含む $d_{x^2-y^2} \pm i d_{xy}$ 波では軌道角運動量が復活します。これがカイラル d 波で、時間反転対称性が破れた超伝導状態です。フェルミ面が二次元的な場合 $d_{x^2-y^2} \pm i d_{xy}$ 波はフルギャップとなり、ラインノードを持つ $d_{x^2-y^2}$ 波や d_{xy} 波よりも超伝導凝縮エネルギーの利得が大きくなります。フェルミ面のパーフェクト・ネスティングによる反強磁性揺らぎが d 波超伝導を誘起するはずですが、しかしグラフェンへの大量のキャリアドーピングは困難です。そこで目を付けたのが2011年に筆者らが発見したハニカム構造を持つSrPtAs ($T_c = 2.4$ K)です。（右図参照）最近、超伝導状態で内部磁場が発生する様子がミュオンスピン回転で捉えられ、にわかにカイラル d 波超伝導への期待が高まっています。現在、単結晶試料の育成に挑戦中です。原子軌道にもカイラル d 軌道のような概念を持ち込めるかもしれません。スピン軌道相互作用の強い $5d$ 遷移金属の酸化物や、Biなどの $6p$ 元素を含む化合物が候補です。

スクッテルダイトは As_4 分子を含みますが、パイライトなど As_2 分子を含

む化合物が存在します。分子軌道は O_2 と同じです。中性の As_2 は6個の価電子を持ち、これが σ と π 軌道を占有します。結晶中では4個の電子を受け取り、二重縮退の π^* 軌道が占有されます。このため As_2 分子は4価 (As_2^{4+}) が安定です。さらに2個の電子を受け取ると、全ての反結合軌道が占有されるので As_2 分子は解離し、 As^{3+} イオンになります。ThCr $_2$ Si $_2$ 構造（空間群 $I4/mmm$, D_{4h}^{17} , #139）の遷移金属化合物のいくつかは、低温で As_2 分子の形成を伴う構造相転移を示します。逆に温度を上げていくと As_2 分子の化学結合が切れて解離する相転移です。CaFe $_2$ As $_2$ に適当に化学置換すると、この相転移温度を50 K程度まで下げることができます。このような低温で、しかも結晶中で化学反応が起こることは驚きです。これは、 As_2 分子 σ^* 軌道のエネルギー準位と、遷移金属 d バンドのフェルミ準位の位置がほとんど等しいため、 σ^* 軌道のエネルギーがフェルミ準位よりも僅かに低下すると σ^* 軌道が占有され、 As_2 分子が解離すると考えられます。さて、この相転

移は As_2 分子軌道への電子の出入りを伴います。従って、この相転移は As^{2+} と As^{3+} の価数転移と見なすことができます。一次の相転移で、結晶構造の対称性は保たれます。これは金属セリウムの価数転移 (α - γ 転移) と類似しています。CeCu $_2$ (Si,Ge) $_2$ ではセリウムの価数転移が絶対零度で起こります。ここで価数揺らぎに媒介された超伝導が発現します。 As_2 分子の形成・解離に伴う価数揺らぎによっても超伝導を誘起できないか物質開発を進めています。ちなみに、等核 As_2 分子を異核SbS分子などに置き換えると、カイラル構造のウルマナイトが得られます。これもJ-Physicsにつながる題材のひとつです。

D01班のメンバーは鬼丸孝博さん（広島大学）、水口佳一さん（首都大学東京）、秋光純先生（岡山大学）、播磨尚朝先生（神戸大学）です。それぞれの研究内容は、ご本人にお願いしたほうが読み応えのあるものになるでしょう。次号以降にご期待ください。本稿が異分野連携や共同研究のきっかけになれば幸いです。



SrPtAsの結晶構造

PtとAsがハニカム構造を形成し、局所的に空間反転対称性が破れている。

平成27.31年度 文部科学省 科学研究費補助金
新学術領域(領域提案型) 領域番号: 2704

J-Physics: 多極子伝導系の物理 キックオフミーティング



平成27年
9月14日(月) 13:20・9月15日(火) 18:00
神戸大学統合研究拠点コンベンションホール
(神戸市中央区港島南町7丁目1番48)
後援: 神戸大学大学院理学研究科



■9月14日

オープニング 13:20 - 13:50

播磨尚朝(神戸大学) 領域発足にあたって

計画研究C01:

拡張多極子による動的応答 (13:50 - 15:50)

13:50 - 14:10 網塚 浩(北海道大学)

拡張多極子による動的応答

14:10 - 14:30 藤 秀樹(神戸大学)

NMR/NQRから見たf電子多極子系の異常物性

14:30 - 14:50 楠瀬 博明(明治大学)

電磁多極子の発現がもたらす新奇な動力学と輸送現象

14:50 - 15:10 中尾 裕則(KEK)

拡張多極子状態の共鳴X線散乱による研究

15:10 - 15:30 高阪 勇輔(広島大学)

無機カイラル磁性体の不斉合成手法の確立

15:30 - 15:50 御領 潤(弘前大学)

反転対称性の局所的破れとカイラル超伝導

15:50 - 16:10 休憩

計画研究D01: 強相関多極子物質の開発

(16:10 - 18:00)

16:10 - 16:40 野原 実(岡山大学)

強相関多極子物質の開発

16:40 - 17:00 鬼丸 孝博(広島大学)

4f電子系の電気四極子が誘起する多彩な物性

17:00 - 17:20 水口 佳一(首都大学東京)

層状ビスマスカルコゲナイド超伝導体の開拓と今後の展望

17:20 - 17:40 播磨 尚朝(神戸大学)

パリティ対称性の破れによるフェルミ面の分裂について

17:40 - 18:00 秋光 純(岡山大学)

イリジウム酸化物へのキャリアドーピングの試み

18:00 - 18:30 休憩

18:30 - 20:30 懇談会(4F ラウンジ)

■9月15日

計画研究A01: 局在多極子と伝導電子の相関効果
(9:50 - 12:15)

9:50 - 10:35 中辻 知(東京大学)

局在多極子と伝導電子の相関効果

10:35 - 10:55 神原 俊郎(東京大学)

角度分解の磁化・比熱測定による多極子と超伝導の研究

10:55 - 11:15 休憩

11:15 - 11:35 鈴木 通人(理化学研究所)

多極子自由度がもたらす電子状態と物性の第一原理計算による研究

11:35 - 11:55 中西 良樹(岩手大学)

EuX₄(X: Ga, Al)系における電荷密度波転移による弾性異常

11:55 - 12:15 有田 亮太郎(理化学研究所)

遷移金属5d電子系の多極子の物理

12:15 - 13:30 昼 食

13:30 - 15:00 ポスターセッション

(1F ホール, 2F ホワイエ)

計画研究B01:

遍歴多極子による新奇量子伝導相

(15:00 - 17:00)

15:00 - 15:20 青木 大(東北大学)

B01班の研究計画とアクチノイド化合物の新物質探索

15:20 - 15:40 石田 憲二(京都大学)

重い電子系物質と関連系の核磁気共鳴による研究

15:40 - 16:00 神戸 振作(JAEA)

アクチノイド電子物性研究の展開: バルクから薄膜へ

16:00 - 16:20 井澤 公一(東京工業大学)

多重極限下におけるエキゾチック超伝導体のペアリング対称性と異常金属状態

16:20 - 16:40 松田 達磨(首都大学東京)

高圧下単結晶育成法を主とする希土類物質探索及び物性研究とウラン化合物研究への展開

16:40 - 17:00 柳瀬 潮一(京都大学)

スピン軌道相互作用がある系の奇パリティ多極子と奇パリティ超伝導

URAより

17:00 - 17:15 鈴木 博之(東京大学)

国内・国際プロモーションやアウトリーチについて

17:15 - 17:30 休憩

クロージング 17:30 - 18:00

公募案内・評価者によるコメント

ポスターセッション (9月15日 13:30 - 15:00)

P01: 工藤 一貴 岡大院自然 AuドーパPdTe₂における電子状態密度の発散的増大による強結合超伝導

P02: 藤村 一徳 岡大院自然 AlB₂派生構造を持つMgPtSiの超伝導

P03: 中村 康晴 新潟大院自然 遷移金属ダイカルコゲナイドにおけるNon-symmorphic超伝導

P04: 吉田 智大 学習院大理 多層系超伝導体におけるトポロジカル結晶超伝導状態

P05: 三浦 章 北大理工 BiS₂超伝導体におけるBi-S面の局所構造と超伝導特性の相関性

P06: 堀金 和正 岡大自然科学 非弾性中性子散乱実験による鉄系超伝導体Ba_{1-x}K_xFe₂As₂の磁気励起

P07: 徳永 陽 原子力機構先端研 URhGeにおける量子三重臨界点揺らぎによるReentrant超伝導

P08: 服部 泰佑 原子力機構先端研 ウラン系新奇超伝導体UCoGe/URu₂Si₂のNMRを用いた研究

P09: 小手川 恒 神戸大院理 UGe₂のNMR/NQR測定

P10: 松野 治貴 神戸大院理 UBe₁₃の特異な超伝導相図に関するNMRによる研究

P11: 星野 晋太郎 東大総合文化 多軌道電子系においてフント結合が誘起するスピン三重項超伝導

P12: 池田 浩章 立命館理工 遍歴多極子と重い電子系超伝導体

P13: 富田 崇弘 東大物性研 パイロクロア型イリジウム酸化物における低温下の熱膨張と熱電能測定

P14: 河本 真弥 東大物性研 5d遷移金属立方晶化合物における低温磁気物性

P15: 水戸 毅 兵庫県立大院物質 URu₂Si₂における特異な遍歴的特性と局所対称性の異常

P16: 田端 千紘 北大院理 UAu₂Si₂の単結晶育成と低温磁性

P17: 大原 繁男 名工大理工 一軸性キラル物質YbNi₃Al₉の磁性と伝導

P18: 石井 勲 広島大院先端物質 キラル化合物DyNi₃Ga₉の多段磁気転移における弾性異常

P19: 松本 裕司 名工大 二次元三角格子を有する

R₂Pt₆Ga₁₅(R=希土類)の磁性

P20: 興儀 護 琉球大理 Eu化合物のNMRによる研究

P21: 松岡 英一 神戸大院理 新しい強磁性近藤化合物CeRh₆Ge₄の磁性と伝導

P22: 小林 夏野 岡大エネルギー新素材 セロギャップ半導体CuFeTe₂の構造と電子物性

P23: 古賀 昌久 東工大 強相関結晶系における価数ゆらぎと近藤効果

P24: 高島 敏郎 広島大院先端物質 局所反転対称性を持たない反強磁性近藤半導体のギャップ構造: 破断接合トンネル分光

P25: 齋藤 開 北大院理 UNi₄Bのトロイダル秩序状態におけるHall効果測定

P26: 仲村 愛 東北大金研 局所的・非局所的に反転対称性の破れたアクチノイド化合物の純良単結晶育成

P27: 岸本 恭来 神戸大院理 YbRhSbにおける電気磁気効果のNQRによる検証

P28: 青山 泰介 神戸大院理 局所空間反転対称性の欠如したLaPt₂Si₂の単結晶試料を用いたNMRによる研究

P29: 本多 史憲 東北大金研 結晶の空間反転対称性に着目した超高圧下における新奇現象の探索

P30: 水牧 仁一朗 JASRI 1次価数転移を示すYbInCu₄の電子・格子物性の再考 ~ 強四極子秩序の可能性 ~

P31: 五宝 健 神戸大院理 CeAgにおける強四極子・強磁性秩序状態での電子構造の解明

P32: 日高 宏之 北大理 単結晶MBe₁₃(M = La, Nd, Sm)の比熱、磁化及び輸送特性

P33: 柳澤 達也 北大理 籠状化合物PrNi₂Cd₂₀の極低温における弾性応答

P34: 久保 徹郎 神戸大院理 PrNb₂Al₂₀の強磁場⁹³Nb-NMRによる研究

P35: 志村 恭通 東大物性研 PrV₂Al₂₀における異方的磁気抵抗効果と量子臨界現象

P36: 松本 洋介 東大物性研 非磁性籠状物質PrV₂Al₂₀におけるc-f混成効果: 多極子2段階転移と重い電子超伝導

P37: 眞方 篤史 東大物性研 PrTi₂Al₂₀における低温での熱膨張及び磁歪測定

P38: 谷口 貴紀 東大物性研 PrTi₂Al₂₀における4極子秩序相とダイナミクスのNMRによる研究

P39: 梅尾 和則 広島大自然科学 セル状化合物PrIr₂Zn₂₀の四極子転移と超伝導転移の圧力依存性

P40: 鶴田 篤史 阪大院基礎工 Pr1-2-20系における非フェルミ液体の理論的研究

P41: 門別 翔太 北大理 充填スクテルライトSmOs₄Sb₁₂の静水圧下高周波超音波測定

P42: 関山 明 阪大基礎工物性 内殻電子分光線二色性による4f基底/励起軌道対称性の決定

P43: 三宅 和正 豊田理研 重い電子系物質CeRu₂Si₂における磁場誘起多極子秩序の可能性

P44: 檜原 太一 東大理 多軌道アンダーソンモデルのスレーブボソン法による解析

P45: 服部 一匡 首都大 反強四極子秩序のモンテカルロ解析

J-Physics ものづくり学校 第1回 「戦略的物質開発入門」

2016年1月8日(金) 10:20 ~
1月9日(土) 12:45
岡山大学理学部本館21号講義室
(岡山市北区津島中3-1-1)



本新学術領域研究では、研究者間の世代交流、実験・計算技術の伝承を促す「J-Physicsものづくり学校」の開催も重要な活動と考えています。多くの若手研究者やベテランの研究者でも新たな手法を始める場合、多くの場合、困難に直面します。しかし、少なからずそういった困難は先人も直面し、その困難を克服された先人も居られます。ものづくり学校では、研究のエキスパートの方から大学院生や若手研究者に向けて、自身の研究の苦労話や実際の研究でのお役立ち情報を紹介していただこうと思っています。

第1回のJ-Physicsものづくり学校では「物質開発」に焦点をあて、物質開発を始めようとする学生から、物質設計や物質開発に取り組んでいる理論・実験の若手研究者を対象に、空間群と固体電子論、単結晶育成法、構造化学に関する入門的な講義や、戦略的に物質開発を進める方法や様々な試料作成手法、試料作成での苦労話や喜びなど実際の研究に結びつく「講義」を行いました。さらに、物質開発を担う岡山大学の野原研究室と秋光研究室の見学ツアーも実施しました。

プログラム

■1月8日(金)

10:20 - 10:30 オープニング

10:30 - 12:00 播磨 尚朝 (神戸大学、領域代表、D01班)

「物質開発者のための空間群・固体電子論入門」

1. 空間群入門：対称操作と点群と空間群

(昼食)

13:30 - 15:00 播磨 尚朝

2. 対称性と電子状態：基礎編

(結晶場、既約表現、 k 点群、適合条件など)

15:20 - 16:50 青木 大 (東北大学、B01班代表)

「物質開発者のための単結晶育成入門」

17:00 - 18:00 野原 研・秋光研見学ツアー (希望者)

18:30 - 20:30 懇談会

■1月9日(土)

9:30 - 11:00 播磨 尚朝

3. 対称性と電子状態：発展編

(非共型空間群、時間反転や空間反転の破れなど)

11:15 - 12:45 野原 実 (岡山大学、D01班代表)

「物質開発者のための構造化学入門」



講師の播磨代表



講師の青木先生



講師の野原先生



国際活動支援班 「J-Physics：多極子伝導系の物理の国際展開」 について

領域代表 播磨 尚朝

11月から活動を開始した「国際活動支援班」について簡単にご紹介します。これは、今年度から新設された科研費「国際共同研究加速基金」の一つで、新学術領域研究の中でも「我が国の強い研究領域における国際共同研究等の加速」を目的としたものです。新学術領域研究「J-Physics：多極子伝導系の物理」の国際活動を支援する標記課題の必要性が認められ、採択にいたりました。

国際活動支援班として期待される成果は、「我が国が強い学問分野を中心に国際共同研究の推進や優秀な若手研究者の相互派遣などによる国際的な研究者コミュニティにおける長期にわたる確かなネットワークの形成により、成熟社会である我が国の学術研究が国際的な研究者コミュニティをリードし、国際社会における我が国の存在感を維持・向上」させるとしています。この成果をあげるために、本領域では以下の3つのネットワークの形成を行います。

個々の基盤的共同研究を有機的に結合した国際共同研究ネットワーク (国際共同研究ネットワーク)

我が国が得意とする「高品質・高性能」の特長を活かした試料育成ネットワーク (試料育成ネットワーク)

ウラン系化合物研究の国際連携ネットワーク (ウラン化合物研究国際連携ネットワーク)

ネットワーク形成のために、これまでに築いてきた国際連携拠点との間に、若手研究者の相互派遣を行います。平成31年度までの研究期間に、3ヶ月以内の招へいや派遣を計34件行う予定です。また、平成30年度(4年度目)には、領域主催の国際サマースクールのサテライトとして試料育成のネットワークに関する国際ワークショップを開催する予定です。相互派遣で経験を積んだ若手研究者には、これらの集会で中心的な役割を担っていただくつもりです。

この若手研究者の相互派遣は原則的に公募で行います。提出された研究計画書などを審査のうえ支援を決定します。派遣者は報告書の提出と研究会などでの報告を義務付けます。1件あたりの経費は旅費・滞在費・実験に必要な経費を含めて大体の上限を設けていますが、海外での消耗品費の購入や年度をまたいでの派遣も可能です。海外で研究を行いたい若手研究者や、海外の若手研究者を招へいしたい方は、積極的に応募下さい。詳しいことは事務局か領域代表までお問い合わせ下さい。

国際活動支援班

研究代表者(播磨)－領域の国際展開の統括

研究分担者(網塚、中辻、石田) 連携研究者(藤)－国際展開の情報収集と支援

研究分担者(青木、野原)－試料育成ネットワークの形成

連携研究者(鈴木)－国際展開の戦略検討



Information

事務局からのお知らせ

2016年3月からの主な行事予定

国際トピカルミーティング (J-Physics ボルチモア会議)

“Anomalous Transport in Multipolar and Topological Materials”

日時：平成28年3月11日(金)～12日(土)

場所：Johns Hopkins University Baltimore, Maryland, USA

平成28年度 領域全体会議

日時：平成28年5月26日(木)～28日(土)

会場：北海道大学応用フロンティア応用化学研究棟 北海道札幌市北区北13条西8丁目

第1回 J-Physics若手夏の学校

日時：平成28年8月8日(月) 13:00～8月12日(金) 12:00

会場：高野山大学 201教室 和歌山県伊都郡高野町高野山385

第10回 物性科学領域横断研究会(領域合同研究会)

日時：平成28年12月9日(金)～10日(土)

会場：神戸大学百年記念館(六甲ホール) 神戸市灘区六甲台町1-1

2017年の行事予定

第1回 国際ワークショップ

日時：平成29年9月25日(月)～28日(木)

場所：八幡平ロイヤルホテル 岩手県八幡平市松尾寄木第一地割590-5

研究業績登録のお願い

謝辞記載のお願い

本領域の支援を受けて進められた研究の成果発表に際しては、以下の要領で謝辞(Acknowledgement)の記載をお願いいたします。

記載例は次のとおりです：

【英文】：This work was supported by JSPS KAKENHI Grant Number 15K05882 (J-Physics).

【和文】：本研究はJSPS科研費 15K05882の助成を受けたものです。

計画研究の課題番号と課題名の対応は以下の通りです：

- 15H05882 J-Physics:多極子伝導系の物理の研究総括
- 15H05883 局在多極子と伝導電子の相関効果
- 15H05884 遍歴多極子による新奇量子伝導相
- 15H05885 拡張多極子による動的応答
- 15H05886 強相関多極子物質の開発
- 15K21732 J-Physics:多極子伝導系の物理の国際展開

活動成果報告のお願い

以下の情報を随時メールで事務局までお知らせください。

論文(著者名、タイトル、雑誌名、巻号、ページ、発行年、査読の有無)

著書(著者名、タイトル、出版社、発行年)

国内・国際学会等発表(発表者、タイトル、発表学会等名、場所、発表年月日、招待の有無)

アウトリーチ活動(実施者、活動内容、場所、実施年月日)

連絡先

JPhysics事務局：steering@jphysics.jp

Logo mark ロゴについて



J-Physics

多極子伝導系の物理

Physics of Conductive Multipole Systems

領域ロゴ/縦タイプ(大)

「中央の文字は、「電子のスピンと軌道が結合したJ」「多極子」「物理」の3つの意味を合わせて象徴している。背景は、多極子が伝導する舞台として新しい可能性を秘める結晶構造を表現している。電子の全角運動量Jは結晶内では多極子へと姿を変えるが、多極子はJの大きさと環境によって多様な形をとることができ、空間反転対称性や鏡映対称性を破った多極子となることもできる。そうした多様な多極子が結晶中を伝わることで、多彩な伝導現象が産み出される。」



J-Physics

多極子伝導系の物理

Physics of Conductive Multipole Systems

領域ロゴ/横タイプ



領域ロゴ/
縦タイプ(小)

J-Physics

カラーバリエーション



J-Physics

ブルー



J-Physics

オレンジ



J-Physics

グリーン



J-Physics

ブラック

※ロゴは動画もあります。領域活動の折りに積極的に利用して下さい。

NEWS LETTER

J-Physics

Physics of Conductive Multipole Systems

#01

編集後記

本新学術領域がスタートして8ヶ月が経過し、各研究班とも今後の本格活動に向けた研究基盤整備を行っています。本新学術ではニュースレター等を担当いたしますが、「研究の合間に気軽に読めるもの」を目指し、難しくはないけれど重要な物理コンセプトの紹介記事や、メンバーや新着論文のユニークな紹介、実験のお役立ち技術など、領域内の「情報誌」になるよう努めたいと思っています。皆さんにはお忙しい中、記事をお願いすることもあるかと思いますが、何卒、暖かい心で引き受けてください。よろしくお願いします。

今後4年間、電子の持つ電荷とスピン、軌道角運動量で構成されるJの自由度が、周囲の影響を受けて新たな「多極子」という自由度に変貌するように、本領域のメンバーも領域内外からの相互作用を受けることにより新たな可能性や概念を見出せるような研究活動が出来ることを期待しています。かんばっていきましょう。(K. I.)



J-Physics

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

J-Physics : 多極子伝導系の物理

文部科学省科学研究費補助金「新学術領域研究」(平成27~31年度) 領域番号: 2704

新学術領域研究

「J-Physics : 多極子伝導系の物理」ニュースレター 第1号

2016年3月 発行

編集人 石田 憲二

発行人 播磨 尚朝

発行所 神戸大学大学院理学研究科 物理学専攻
TEL : 078-803-5628 / FAX : 078-803-5628/5770

事務局 北海道大学大学院 理学研究院 物理学部門
網塚 浩
TEL/FAX : 011-706-3484

領域ホームページ

<http://www.jphysics.jp/>