

物性研だより

第56巻
第2号

2016年7月

目次

- 1 物性研究所の改組について・・・瀧川 仁
5 カイラル超流動体における軌道角運動量・・・多田 靖啓、押川 正毅
9 超伝導に隠された異常金属相の発見-量子臨界「点」ではなく「相」として振舞う不思議な金属状態-
・・・富田 崇弘、中辻 知
12 有機分子により五角形から成る量子磁気ネットワークを実現
・・・山口 博則
14 強誘電体薄膜における「負のキャパシタンス」発現の第一原理シミュレーション
・・・笠松 秀輔
17 近藤効果の起こっている量子ドットの電荷状態の電流ゆらぎによる検出実験
・・・阪野 壘
20 第13回ISSP学術奨励賞と第10回日本物理学会若手奨励賞を受賞して
・・・松林 和幸
22 ISSP学術奨励賞を受賞して・・・小濱 芳允
24 ISSP柏賞を受賞して・・・藤澤 正美
25 日本物理学会若手奨励賞(領域3)を受賞して・・・左右田 稔
27 日本物理学会若手奨励賞(領域5)を受賞して・・・和達 大樹
29 平成28年度科学技術分野の文部科学大臣表彰
科学技術賞(研究部門)を受賞して・・・森 初果
30 物性研に着任して・・・池田 達彦
31 郷地 順
32 酒井 明人
33 一色 弘成
34 物性研を離れて・・・高田 康民
37 客員所員を経験して・・・松平 和之
38 中村 真
40 山田 鉄兵
42 安 東 秀
- ISSPワークショップ
43 ○ SPring-8 BL07LSUの現状 -X線分光と回折の協奏へ-
46 ○ 分子性物質における π 電子-水素相関機能物性
48 物性研究所談話会
51 物性研究所セミナー
物性研ニュース
61 ○ 物性研究所国際外部評価を終えて
66 ○ 人事異動
67 ○ 東京大学物性研究所研究員の公募について
- 編集後記



東京大学物性研究所

Copyright ©2016 Institute for Solid State Physics,
The University of Tokyo. All rights Reserved.

ISSN 0385-9843

もある。勿論、物性研内の研究室間の連携は以前から自発的に行われているが、それをより組織的に、少し離れた分野も巻きこんで展開する仕組みがあっても良いのではないか。以下に述べる「機能物性研究グループ」と「量子物質研究グループ」という2つの分野(部門)横断型の研究グループは、そのような仕組みの具体案として検討されてきた。

① 機能物性研究グループ

従来の物性物理の多くの分野では、純粋で様な物質が主な研究対象であり、その基底状態と低エネルギー素励起の解明が重要な課題であった。近年の研究の舞台は、基底状態から高エネルギー励起状態へ、平衡状態から非平衡状態のダイナミクスへ、更に様な物質から異なる長さスケールの階層構造・高次構造を持つ物質系へ、と拡大しつつある。この背景の1つには、先端的な測定技術や計算手法の進展がある。例えば、励起状態や非平衡状態のダイナミクスを実時間で計測する超高速分光法や、階層構造を持つ物質系における微小なナノ領域を対象とした分析・分光技術、更に大規模計算機を用いた第一原理計算やシミュレーションなどの進展によって、これまで未開拓であった問題に対して、精密な実験的・理論的アプローチが可能になってきた。また一方で、このような問題は、物質が有用な機能を発現するメカニズムと密接に関係している。例えば、太陽電池、電気化学反応、触媒、生体物質などにおける「機能発現」は複数の素過程の連動の結果であり、それらの多くは様な物質内部で起こる静的現象ではなく、表面・界面・粒界を舞台とした動的現象である。またそこでは、マイクロからマクロにいたるマルチスケールの階層構造が重要な役割を果たしている。「機能物性研究グループ」では、基底状態・平衡状態の電子物性を基盤として、励起状態・非平衡状態、さらには化学反応や生体系の動的性質まで踏み込んだ研究を視野に入れる。そのために、伝統的な物性物理の枠組みを超えて、マルチスケールの階層的複合構造を持つ物質系における原子・イオンの移動や組み換え(化学反応)も対象とする。

上記の例が示すように、機能物性の具体的テーマの中には産業上重要な実用材料と関係するものも少なくない。しかし物性研においては、実用材料の開発そのものを目指すのではなく、その背後にある基礎学理を構築することが目的である。実はこのことは、60年前の物性研創設の精神にも通じるものであり、設立趣意書の冒頭には次のように書かれている。

「物性研究所は、物性物理学の総合的かつ系統的な研究を行い、それによってわが国の学問の水準を高め工業技術の発展に貢献することを目的とする。」[2]

物性研では、最近このような方向の研究が実際に行われている。具体的には、マルチスケールの特徴を持つソフトマター、ガラス、分子性物質の研究、固液界面における電気化学反応や生体膜ダイナミクスの理論的シミュレーション、表面の化学反応やデバイス動作状態における分光研究などであるが、これまではそれぞれが独立して行われていた。そこで2014年から、伝統的な固体物理の中心から少し離れたこのようなテーマに関わっている12名の物性研所員が集まり、新分野への取り組みを目指して情報交換と将来計画の検討を開始した。これらの所員の所属は、新物質科学、物性理論、ナノスケール物性の3研究部門に加えて、物質設計評価施設、中性子科学研究施設、LASORセンターと多岐にわたっている。まず、月1回インフォーマルなボトムアップ・ミーティングを開催し、それぞれが専門とする研究手法や興味あるテーマについて紹介し意見交換を行った。その中で、「機能物性」というキーワードと、物性研で推進すべき共同研究テーマの候補がいくつか浮かんできた。これと並行して機能物性融合科学研究会シリーズとして、いくつかの分野について所外の研究者の協力のもと、2回のISSPワークショップ「光機能」(2014年後期)と「ソフトダイナミクス」(2015年前期)、及び短期研究会「反応と輸送」(2015年前期)を開催した。これらの内容は『物性研だより』に報告されている[3]~[5]。

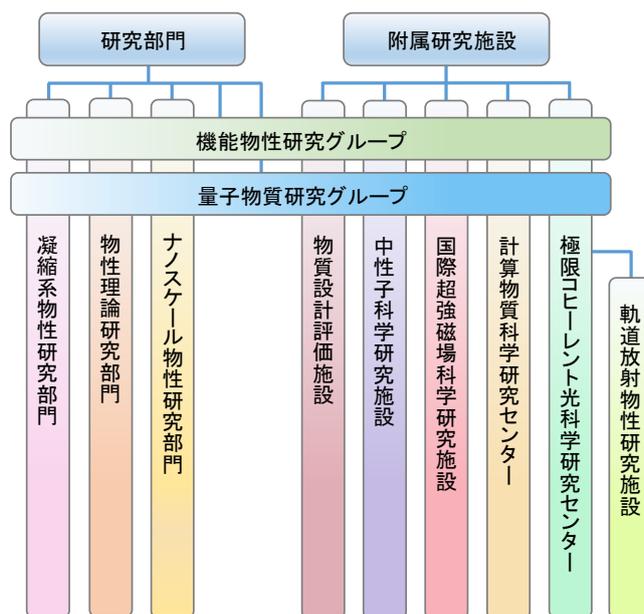


図2：改組後の研究組織

はでき ~~ま~~せん。超伝導の標準的な理論として知られるバーディーン-クーパー-シュリーファー(BCS)理論は、このような状況を記述しています。カイラル超流動体・超伝導体の場合には、強結合の BEC 側と弱結合の BCS 側は別の相であり、量子相転移で明確に隔てられています。現代的な見方では、強結合 BEC 相はトポロジカルには「自明な」相であるのに対し、カイラル超流動体の弱結合 BCS 相はエッジ状態を伴うトポロジカル超流動相ということになります。弱結合 BCS 相では引力相互作用が弱いため、上述のように全軌道角運動量が $L_z \approx v(\Delta/\varepsilon_F) \times N/2$ と抑制されるのが自然に見えます。一方、引力相互作用が弱い場合でも、超流動相の基底状態では液体の密度の 100%が超流動密度となることが知られています。この観点からは、やはり全てのフェルミ粒子がクーパー対を形成し $L_z \approx L_z^{\text{full}}$ となるようにも思えます。「固有角運動量パラドックス」は、主に弱結合の BCS 相に関して問題とされてきましたが、このような「直観の効きにくさ」が研究者達を長い間悩ませてきました。

フェルミ粒子であるヘリウム 3 の液体は極低温で超流動を示しますが、その中でも超流動 A 相と呼ばれる相はカイラル p 波超流動体 ($v = 1$) であることが実験的にも確立しています。液体ヘリウム 3 では引力相互作用はフェルミエネルギーに比べて極めて弱く、弱結合の BCS 相に属する典型的な超流動体です。このような系においても、近年では様々な理論計算によって $L_z \approx L_z^{\text{full}} = N/2$ を支持する結果が多く報告されています。しかし、その本質的な理由は明らかにされていませんでした。全軌道角運動量は実験による直接測定が難しいこともあり、決定打にかけられる状況が続いていました。

我々の理論

上述のような状況をふまえ、我々はまず、何が問題を難しくしているのかを理解することから始めました。超流動体の軌道角運動量をきちんと理論的に取り扱うには、十分大きな容器に超流動体を閉じ込めた状態を考える必要があります。ヘリウムや冷却原子系の実験でも粒子は容器やポテンシャルによって空間的に閉じ込められていますので、その観点からもこれはごく自然な問題設定です。すると、容器の壁によって超流動体の境界がつくられることとなります。壁のような境界のある系というのは理論的取扱いが難しくなりますが、この部分を正確に計算しないとパラドックスの解決に近づくことはできません。特に、境界を持つカイラル超流動体においては、境界に沿って流れる「エッジ流」が存在することが知られています。このエッジ流が軌道角運動量に寄与するため、境界の扱いは非常に重要となります。一方、これまでの既存の理論では、容器壁の影響をきちんと扱わずに、妥当性の明確でない近似や仮定がしばしば使われていました。

このような基本的認識の下、図 1 のような 2 次元の回転対称な円盤に閉じ込められた引力相互作用をするフェルミ粒子系について、標準的なモデルであるボゴリューボフ-ドジャン・ハミルトニアンを考えました。ボゴリューボフ-ドジャン・ハミルトニアンは相互作用について一種の平均場近似を行ったものですが、この単純化されたモデルの範囲内では境界の取り扱いも含め正確な議論を行うことを目標にしました。

まず最初に、我々はヴォロヴィクの議論[1]を拡張することにより、絶対零度における全軌道角運動量の期待値が

$$L_z = vN/2 - Q \quad \dots (1)$$

と表されることを示しました。 Q はスペクトル非対称性と呼ばれ、ハミルトニアン の正と負の固有値の個数差だけから定まります。この量が、全てのフェルミ粒子がクーパー対を形成した場合に期待される $L_z^{\text{full}} = vN/2$ という値からの、全軌道角運動量のずれを与えることとなります。以下では、(1)式に基づいて、エネルギースペクトルに着目して軌道角運動量を議論します。

具体的にカイラル p 波超流動体の場合にスペクトルを求めてみると、図 2(左)にあるように、強結合の BEC 相ではスペクトルは上下対称で、正と負の固有値の数は等しく、 $Q = 0$ となります。このことから、物理的にも予想できたように、 $L_z \approx L_z^{\text{full}} = vN/2$ であることを厳密に導くことができます。これに対して、図 2(右)のように、弱結合の BCS 相ではエッジ流を与えるギャップレスモードがスペクトルに現れます。このように BEC 相と異なるスペクトルを持つことから、 $Q \neq 0$ となりそうにも思われます。しかし、カイラル p 波超流動体の場合、弱結合の BCS 相においても、実は厳密に $Q = 0$ が成立します。このことは、以下のように理解できます。仮想的に化学ポテンシャル μ を変化させることを考えましょう。これはクーパー対の結合の強さを有効的に変化させることに相当し、基底状態は $\mu < 0$ では強結合 BEC 相、 $\mu > 0$ では弱



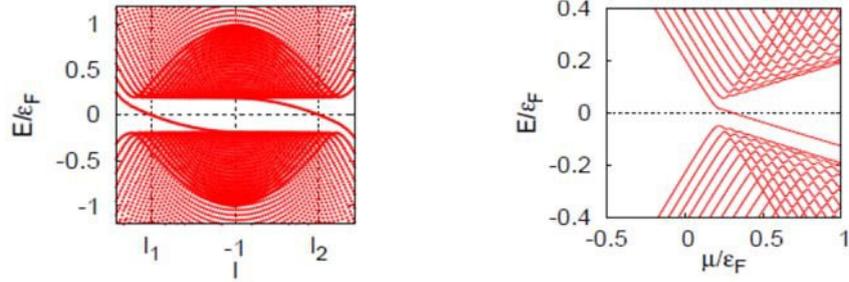


図 3 : (左)カイラル d 波超流動体の BCS 相におけるスペクトル[2]。
 (右)ある $l(l_1 < l_2 < -1)$ における、化学ポテンシャルを変化させたときのエネルギー固有値の振る舞い。正と負の固有値の個数差が変化している様子が分かります。

今後の発展

以上のように、我々は理想的な状況をさらに単純化したモデルの範囲内ではありますが、カイラル超流動体における全軌道角運動量を計算し、エッジモードの出現に付随する対破壊効果の重要性を明らかにしました。我々の研究に関連して、その後、 Sr_2RuO_4 に対応するマイクロなモデルを用いてカイラル p 波超伝導体のエッジ電流が再検討されるなど[4]、エッジ流や軌道角運動量の物理に関して世界中で活発な研究が続いています。このようにして軌道角運動量の問題に隠された豊富な物理が明らかにされつつありますが、「固有角運動量パラドックス」の完全な解決にはさらなる研究が必要であると考えられます。たとえば、 Sr_2RuO_4 のようなカイラル超伝導体は実験・理論の両面から盛んに研究されておりエッジ電流の直接観測も試みられて来ましたが、カイラル超伝導体の場合は特に不純物や乱れがエッジ電流に与える影響が重要と考えられます。さらに、結晶格子やサンプルの形状がそもそも回転対称ではないので、回転対称でクリーンな系を対象とした我々の理論が現実的なカイラル超伝導体にどのように拡張されるかは興味ある問題です。また、これまでの理論的研究は、今回の我々の研究を含めて、ボゴリューボフ-ドジャン・ハミルトニアン の枠内にとどまっています。先述のように、これは粒子間の相互作用を一種の平均場理論で扱うものですが、この過程でゲージ対称性(質量流保存則)を破ることになります。軌道角運動量の問題では質量流保存則が重要なので、ゲージ対称性を保った理論で全軌道角運動量はどうなるかは非自明であり、これからの問題です。

謝辞

本研究は、当時、物性研・押川研究室博士後期課程に在籍していた聶文星(Nie Wenxing)博士(現・清華大学高等研究所)との共同研究です。また、本研究の動機である「固有角運動量パラドックス」の問題は、前野義輝教授(京都大学)に教えて頂きました。石川修教授(大阪市立大学)には実験家の立場から有意義なコメントを頂きました。本研究は、主に科学研究費新学術領域「対称性の破れた凝縮系におけるトポロジカル量子現象」公募研究(研究課題番号 25103706 カイラル p 波超流動体の固有角運動量とエッジ流の解明)の補助を受けて行われました。

- [1] 教科書として、D. Vollhart and P. Wölfle, “*The Superfluid Phase of Helium 3*” (Taylor & Francis, 1990); G. E. Volovik, “*The Universe in a Helium Droplet*” (Oxford University Press, 2003); A. J. Leggett, “*Quantum Liquids*” (Oxford University Press, 2006). また、Leggett の講義録 “Exotic Superconductivity” (物性研究, vol.1, No. 1, 2012) でも軌道角運動量の問題が少し取り上げられています。
- [2] Yasuhiro Tada, Wenxing Nie, and Masaki Oshikawa, Phys. Rev. Lett. **114**, 195301 (2015).
- [3] 財形新聞 2015.5.18 URL <http://www.zaikei.co.jp/article/20150518/249750.html>、オプトロニクスオンライン 2015.5.20 URL <http://optronics-media.com/news/20150520/31965/>
- [4] Thomas Scaffidi and Steven H. Simon, Phys. Rev. Lett. **115**, 087003 (2015).

高温超伝導や重い電子系等の電子相関が重要となる系の超伝導相近傍には、一般に磁石の性質を持つ電子スピンの整列した磁性相(秩序相)が隣接しています。この磁性相の反対側には、フェルミ液体と呼ばれる電子同士が強く干渉し合い秩序化しない金属相(無秩序相)が現れる事が知られています。(図 1a) 最も低い温度(絶対零度)で現れるこれら相と相との間の境界点は量子臨界点と呼ばれています。実験的に圧力や磁場、更に化学置換等の外部制御パラメータを変化させる事で金属相から磁性相へ連続的な変化が可能で、この臨界点付近の様子を詳細に調べる事ができます。さらに興味深いことに、磁性相と金属相の間の相境界は非常に不安定で、より安定な状態になろうと超伝導が現れます。高温超伝導体や重い電子系超伝導体もこのような量子臨界点近傍で超伝導が現れます。このように、絶対零度近くの量子臨界点近傍は新奇な超伝導相が現れる事が知られています。この臨界点近傍で新奇な金属現象や超伝導状態の発生メカニズムの解明は、強相関電子系分野の中で重要なテーマですが、まだ完全解明には至っていません。

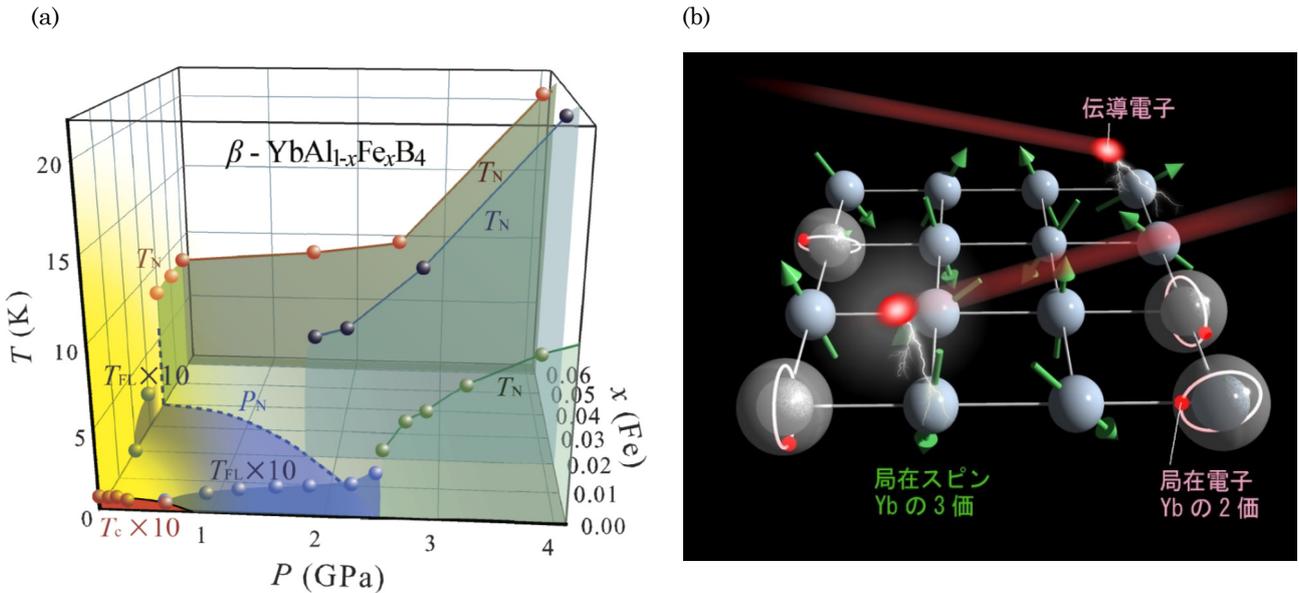


図 2. (a) 温度と外部圧力と化学組成による実際の磁気相図：黄色の部分異常金属相である。外部圧力制御 P と化学圧力制御 x により同等な相図が確認できる。(b) Yb 原子の価数ゆらぎとスピンゆらぎが織りなす異常金属相の概念図：Yb 原子のスピン(緑の矢印)と電子(赤)による格子中の原子サイズの様子。Yb の価数が 3 価の時は磁性スピンを持ち、2 価の時は非磁性となり原子半径が増大する。図中では Yb の価数は 2.75 を仮定。

我々は非常に高純度な希土類金属間化合物 $\beta\text{-YbAlB}_4$ を合成し、重い電子系超伝導状態並びに異常金属状態を絶対零度近傍で調査しました。絶対零度近傍の量子ゆらぎは不純物の影響を強く受けますが、本物質では残留抵抗比=300と Yb 化合物の中でも超高純度物質であり低温で乱れに敏感な量子臨界現象の本質を解明するのに最適な系です。本物質で特に興味深いのは常圧・絶対零度で量子臨界点 [2] に位置しており 80 mK で Yb 系として初めての重い電子系の超伝導状態を示している事、また異常金属状態を示す物質では珍しい価数ゆらぎの性質を持っている事です。[4,5] このような量子臨界点が常圧・ゼロ磁場で現れているのは偶然でしょうか？通常の重い電子系化合物では常圧に量子臨界点が滅多に現れないため、化学組成や外部圧力を用いないと、量子臨界点には到達できません。本物質はすでに常圧で量子臨界点にある為、更なる外部圧力制御により超伝導が消失し Yb の磁性原子のスピンが規則的に配列する磁性相に移り変わる事が期待されていました。(図 1a) しかし実際の測定では、1 万気圧の圧力下では超伝導が消失するにもかかわらず従来の量子相転移は観測されませんでした。それどころか量子臨界点でのみ現れるはずの異常金属状態が、幅広い圧力範囲で観測されました。このような異常な金属状態は、絶対零度近傍で相と相との境界点では非常に不安定な量子臨界「点」として現れるべきですが、ここでは従来の常識を破って、量子臨界「相」と思われる新しい相が実現している可能性があります。(図 1b) この発見は 1000 G 程の磁場で超伝導状態を壊し、隠れた異常金属状態をあらわにすることで初めて確認できました。(図 1c) これは超伝導転移温度が 80 mK ととても低いために実現可能でした。本研究では 1 万気圧で超伝導が消失した後、更に 2.5 万気圧ほどの高い圧力制御を行う事で磁性相が現れる事も確認しました。この磁性相は通常期待されてい

有機分子により五角形から成る量子磁気ネットワークを実現

大阪府立大学 山口 博則

1. 研究の背景

近年の量子スピン系物質開発の現状はやや行き詰まり感があり、物質開発手法に新たなブレイクスルーが求められている。その有力な候補の一つに挙げられるのが、圧倒的な多様性を備える有機磁性体である。有機物は化学修飾の多様性により、今日までに数 100 万種類にも及ぶ膨大な数の人工的な有機分子の合成が報告されてきた。無機磁性体と比べてはるかに自由度が高く、莫大な数の新しい磁性体を生み出すことができると期待されてきた。しかし、有機物の多様性を活かした磁性体の実現には、従来のラジカルにおいて弊害となってきた分子の特性を抑制する必要があった。最近我々は、フェルダジラジカルの分構構造の柔軟性と分子軌道の拡張性を活用することで、有機物の多様性を効果的に取り込んだ磁性体の開発に成功した。それによって、従来の有機ラジカル系、さらには長い歴史を持つ無機磁性体でも報告例のない多種多様な量子スピンモデルの設計構築を可能にした。

その一例として、五角形から成るフラストレート系磁性体 α -2, 6-Cl₂-V を紹介する[1]。奇数角形の網の目から成るいわゆる幾何学的フラストレーション系では、スピンの量子性を反映した特異な磁気状態が実現する。最も単純な三角形をベースとした場合については、無機磁性体との相性の良さから多くのモデル物質が報告され、非常に精力的な研究が進められてきた。その一方で、次の奇数角形である五角形をベースとした場合は、理論・実験ともにわずかしこ行われておらず、物性科学の未踏領域であった。

2. 実験結果

新規フェルダジラジカル 2, 6-Cl₂-V (図 1(a)) は、2, 6 位に修飾した Cl と中心の N との強い静電反発により、分子が大きくねじれており、特異な分子配列を形成している。結晶学的に独立な 2 分子が、ねじれた π 共役系を介して多方向に相互作用することで、図 1(c) のように、ねじれた五角形が部分的に頂点を共有して三次元的に広がるスピンのモデルを形成している[1]。このようなモデルでは、近年精力的に研究が進められてきた三角形をベースとしたフラストレート系と同様に、フラストレーションの効果による特異な量子状態の安定化が期待されるが、無機物の対称性と安定性からは形成が困難であった。この α -2, 6-Cl₂-V は、五角形をベースとした初めての量子的なスピンモデルとなっている。

このスピンモデルには、2 つの非等価なスピンのサイト α 、 β が存在する。 α サイトは配位数 2 であり、2 つの β サイトと繋がっている。一方、 β サイトは配位数 4 であり、1 つの α と 3 つの β サイトと繋がっている。第一原理計算から予想されている相互作用の値は、 $J_1/k_B = -1.6$ K、 $J_2/k_B = 3.9$ K、 $J_3/k_B = 3.3$ K となっており、 $J_1 - J_3 - J_2 - J_3 - J_1$ から成る五角形によってフラストレーションが生じている。また、磁気的なユニットは、2 つの α サイトと 4 つの β サイトから成る 6 つのスピンの構成されている。

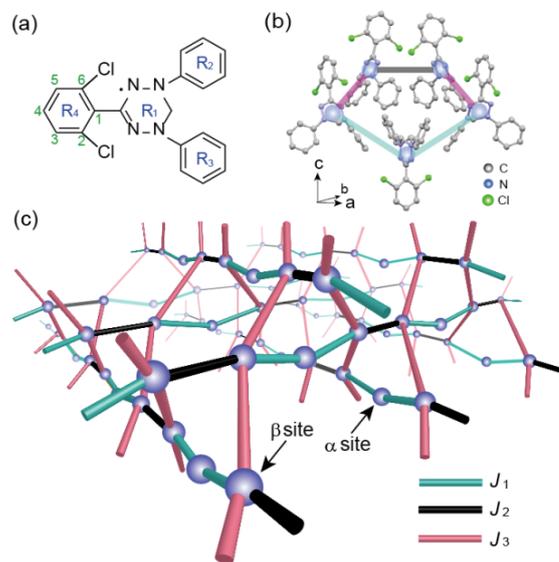


図 1: (a) 2,6-Cl₂-V の分子構造. (b) α -2,6-Cl₂-V の五角形を形成する分子配列. (c) α -2,6-Cl₂-V 五角形から成るスピンモデル.

強誘電体薄膜における「負のキャパシタンス」 発現の第一原理シミュレーション

笠松 秀輔

表題のテーマの研究成果[1]について物性研・工学系研究科共同でプレスリリースを出させていただいたことがきっかけで、今回本誌での研究紹介の機会をいただいた。この研究は筆者がマテリアル工学専攻の大学院生であった頃に開始したものであり、物性研着任後 3 年近くも引っ張ってしまったが、一応まとめることができ大変ほっとしたところである。あまり物性研ではなじみの薄いテーマかもしれないので、少し背景説明を丁寧に行いたい。その分結果の部分はあっさりとしているように見えるかもしれないが、ご容赦いただければと思う。なお、余談ではあるが、今回のプレスリリースは結局、筆者の知る限り記事などにはなっていない。取り上げて欲しければ、もっと平易な内容でキャッチーかつウソをつかないリリースを書く必要があると同僚の渡辺宙志氏からダメ出しされたが(物性研だより 55 巻第 3 号参照)、なかなかさじ加減が難しい。研究成果を分かりやすく伝えることが求められる中で、そのような技術も研究者としてもっと磨くべきなのか、あるいは広報の専門家に任せるべきなのか、悩ましいところである。

【研究背景】

半導体産業では、トランジスタやキャパシタを小型化し、限られた面積の中により多く敷き詰めることで計算機の演算性能やデータ容量の増大を図ってきた。小型化しつつ性能を維持するためには、デバイス 1 つあたりの面積が小さくなる中でキャパシタンスを維持する必要がある、言い換えると、面積当たりのキャパシタンスを向上させる必要がある。そのために、絶縁膜の薄膜化や高誘電率(high-k)材料の採用が推進されているが、いずれのアプローチも、近い将来物理的な限界が来ることが目に見えている。すなわち、誘電率には限界があり、また、薄膜化を進めると最終的には原子が足りなくなる。そこで最近注目されているのが「負のキャパシタンス」である[2]。幾つかの研究グループが、常誘電体キャパシタと、同じ厚さの常誘電体に強誘電体薄膜を加えた 2 層キャパシタのキャパシタンスを比較し、後者の方が大きくなることを報告している。直列のキャパシタンスは $C_{\text{tot}}^{-1} = C_{\text{常誘電}}^{-1} + C_{\text{強誘電}}^{-1}$ のように表されるので、これらの結果は強誘電体薄膜部分のキャパシタンスが負であることを示唆している。これは、誘電体の薄膜化を進めなくてもキャパシタンスを増幅させることができることを意味する。

ここで、キャパシタンスが負であるということがどのような状況であるかをもう少し説明する。通常、誘電体は外部電場を遮蔽しようとして分極するが、この分極が行き過ぎると、外部電場と内部電場の向きが逆になり、電圧の増幅が起こる。このような性質を示すときに、その材料のキャパシタンス、あるいは誘電率が負であるという。なお、過渡的な誘電体応答のみで誘電率が負になるということがあり得るが、本稿では、静的な応答において誘電率が負になるような状況について紹介する。

誘電体のキャパシタンスは、電気変位を D 、内部エネルギーを U として、 $C^{-1} = d^2U/dD^2$ と表すことができる。強誘電体では $U(D)$ が二重井戸型なので、 $D = 0$ 近傍で負のキャパシタンスを示すことになる。通常はこの $D = 0$ 近傍の領域は不安定で自発的に分極してしまうが、何らかの方法で分極を抑制できれば、負のキャパシタンスが発現すると考えられる。具体的には、強誘電体表面の分極電荷の不完全遮蔽によって生じる反分極電場[3]や、分極ゼロが安定状態である常誘電体を強誘電体に直列に積層することで生じる分極抑制効果が提案されている[4]。

一方で、上記のような議論では、強誘電体が分極ドメインを生成することを念頭に置いていないという批判がある[5]。実際に、薄膜では多くの場合、図 1 のような縞状の分極ドメインを形成することが知られている。このようなドメイン形成によって表面分極電荷

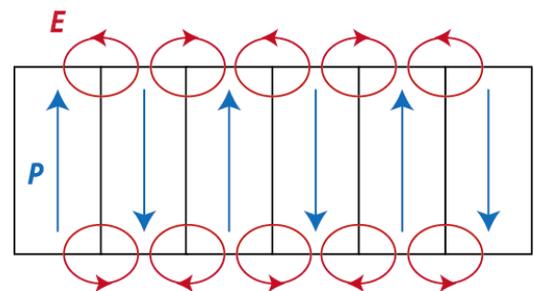


図 1: 縞状ドメイン構造形成時の分極 P と電場 E 。

【今後の展望】

この研究では、基本的には絶対零度で系のポテンシャルをなぞった計算を行っているわけで、例えば膜厚依存性や物質依存性は十分議論できておらず、種々の有限温度効果や、欠陥の影響、核生成からの分極ドメインの成長なども考慮できていない。また、負のキャパシタンス効果はなにも強誘電体に限られたものではなく、 $U(D)$ が負の曲率を持つような物質系なら何でも生じ得るものである。強相関電子系なども含めると、実はありふれた現象である可能性があり [6]、今後も興味深い研究対象であり続けるのではないかと思う。

【謝辞】

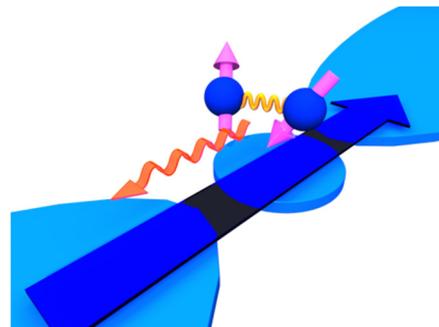
本研究は、マテリアル工学専攻の渡邊聡教授、ソウル大の Han 教授、Hwang 教授との共同研究である。計算資源としては主に、物性研スパコンシステム B を用いた。また、日本学術振興会アジア拠点プログラム、日本学術振興会特別研究員プログラム、グローバル COE プログラム「機械システムイノベーション」、および科研費による助成を受けた。

【参考文献】

- [1] S. Kasamatsu, S. Watanabe, C. S. Hwang, and S. Han, *Adv. Mater.* **28**, 335 (2016).
- [2] G. Catalan, D. Jiménez, A. Gruverman, *Nature Mater.* **14**, 137 (2015).
- [3] M. Stengel and N. A. Spaldin, *Nature* **443**, 679 (2006).
- [4] A. I. Khan *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **99**, 113501 (2011).
- [5] S. Kasamatsu, S. Han, and S. Watanabe, *Phys. Rev. B* **84**, 085120 (2011); *Phys. Rev. B* **92**, 115124 (2015).
- [6] L. Li *et al.*, *Science* **332**, 825 (2011).

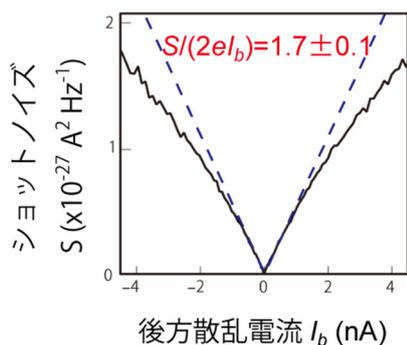


この近藤効果のおこっている量子ドットを横切る電流を詳しく考える。量子ドットのフェルミ準位付近には準粒子の準位が形成し、これを介した電流が流れる。とくに量子ドットに取り付けた電極を制御して、準位がフェルミ面直上に位置すると、準粒子のトンネル効果によって完全透過の電流が発生する。完全透過の電流は絶対零度では全くノイズを持たない。しかし、準粒子準位は寿命幅を持つので非線形応答では僅かに後方散乱され、ショットノイズを発生させる。これは単純な準粒子の反射であるので、有効電荷は素電荷のままである。しかし、さらに励起状態では局所フェルミ流体の残留相互作用によって、前方に流れていた電子の流れの中に、非常に小さな確率で2つの準粒子が励起される。このとき準粒子が1つだけ後方散乱される過程と、対で後方散乱される過程が起こる。特に、この後者の持つ有効電荷は倍電荷となり、近藤効果による非平衡電流の有効電荷を特徴づける(右図)。実際の観測では総電流から線形電流を差し引いたものが後方散乱電流となり、この後方散乱電流のショットノイズと平均電流の比をとって、有効電荷を考える。理論予測によるとスピン近藤効果場合、この値は $5/3$ となり、また、スピンの他に2重の軌道縮退のある場合は $3/2$ になると考えられている[3-6]。ここまでの議論のとおり、この分数値は励起状態素電荷ではないが、1より大きく2以下の値をとることで、電流中に倍電荷状態が形成されていることを示していて、局所フェルミ流体の相互作用が作用し励起対を形成したことの直接的な結果である。

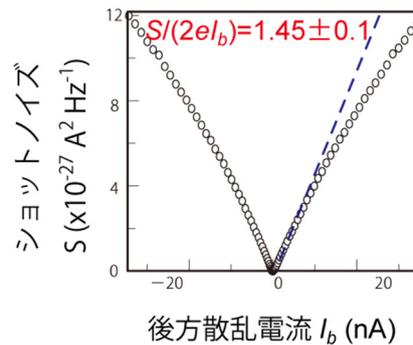


近藤効果のショットノイズの観測 実験では、カーボンナノチューブ量子ドットに伝導電子としてアルミニウムを蒸着した素子を用い、温度 16mK の希釈冷凍機中で電流ノイズの観測を行った。アルミニウムの超伝導状態を壊すために 0.08T 磁場が印加されている。この素子の多体効果のエネルギー・スケールである近藤温度は数 K であり、温度、磁場は十分に小さい。このエネルギー・スケールより十分に小さなバイアス電圧で発生するごく微小な電流を観測するため、世界最高水準のノイズ測定技術を用いている。観測によって得られたショットノイズと電流の比はスピン近藤効果で、 1.70 ± 0.1 [図(a)]、スピンと2重の縮退のある場合は 1.45 ± 0.1 [図(b)]となり理論予測と大変良く一致している。さらにバイアス線型ノイズや非平衡の平均電流の観測データと相補的に比較することで、ショットノイズの観測精度を保証している。

(a) スピン近藤効果



(b) 2重軌道とスピンによる近藤効果



実は2011年発表された論文でも、同じように小林グループで行われた、2次元量子井戸に電極を貼り付けて作られた横型量子ドットでの近藤効果によるショットノイズの実験観測[7]が行われ、理論部門の藤井達也氏とともに参加した。そのときは、低温で近藤効果の発生に伴った、ショットノイズの増幅は確認されたが、横型量子ドットが外部制御に対して不安定であることや、近藤温度に対し十分に温度が下がりきらなかったことなどがあり、決定的と言えるまでの結果には至らなかった。今回の成功の要因には、ノイズ測定技術を向上させたこと他に、カーボンナノチューブ量子ドットを用いたことがあげられる。クーロン相互作用が大きく、近藤温度を大きくできたため、有効的に温度が下げられた。また、

外部制御に対して非常に安定である。その分、幾つかの特性は制御しにくいので、加工の段階で多くの素子を準備し、狙った特性が出るものを探すという努力が必要になった。

この実験によって近藤効果の局所フェルミ流体特性を、残留相互作用によって発生した準粒子対によるショットノイズの増幅を通して直接的に検証された。本研究はショットノイズを利用した多体効果の研究に道筋をつけるものである。

謝辞 本稿の内容は、荒川智紀氏、小栗章氏、小林研介氏、秦徳郎氏、Meydi Ferrier 氏、藤原亮氏との共同研究にもとづいています。論文の共著者の他にも、本研究に関連した議論を行ってきた、大阪市立大学の西川裕規氏、寺谷義道氏、物性研究所の藤井達也氏、三重大学の内海裕洋氏に感謝いたします。本研究遂行に関しては、加藤研究室秘書の江口浩子氏には何度も急な出張手続きなど、お願いをしてきましたが、滞り無く研究が進めることができるようにくださったこと、感謝しております。最後に実験グループとの共同研究に理解を示し、後押しをしてくださった加藤岳生准教授に感謝いたします。

- [1] Y. M. Blanter and M. Buttiker, *Phys. Rep.* **336**, 1 (2000).
- [2] Meydi Ferrier, Tomonori Arakawa, Tokuro Hata, Ryo Fujiwara, Raphaëlle Delagrangé, Raphaël Weil, Richard Deblock, Rui Sakano, Akira Oguri and Kensuke Kobayashi, *Nat. Phys.* **12**, 230–235 (2016).
- [3] Eran Sela, Yuval Oreg, Felix von Oppen, and Jens Koch, *Phys. Rev. Lett.* **97**, 086601 (2006).
- [4] A. O. Gogolin and A. Komnik, *Phys. Rev. Lett.* **97**, 016602 (2006).
- [5] R. Sakano, T. Fujii, and A. Oguri, *Phys. Rev. B* **83**, 075440 (2011); Rui Sakano, Akira Oguri, Takeo Kato, and Seigo Tarucha, *Phys. Rev. B* **83**, 241301(R) (2011).
- [6] Christophe Mora, Pavel Vitushinsky, Xavier Leyronas, Aashish A. Clerk, and Karyn Le Hur, *Phys. Rev. B* **80**, 155322 (2009).
- [7] Yoshiaki Yamauchi, Koji Sekiguchi, Kensaku Chida, Tomonori Arakawa, Shuji Nakamura, Kensuke Kobayashi, Teruo Ono, Tatsuya Fujii, and Rui Sakano, *Phys. Rev. Lett.* **106**, 176601 (2011).

第 13 回 ISSP 学術奨励賞と第 10 回日本物理学会 若手奨励賞を受賞して

極限環境物性研究部門 松林 和幸 (*現所属 電気通信大学情報理工学研究所)

このたび、第 13 回 ISSP 学術奨励賞と第 10 回日本物理学会若手奨励賞(領域 8)を受賞する機会に恵まれ、大変光栄に感じております。両賞の対象となった研究は「強相関電子系物質における圧力誘起量子相転移」に関するものですが、研究を遂行する上では上床先生をはじめとする物性研究所の皆様、共同研究者の方々に多くのご助言やご支援を頂きました。この場をお借りして心から深く感謝申し上げます。私が 2007 年の 4 月に物性研へ着任して以来、一貫して取り組んできた研究課題の一つは良質な高圧力環境(静水圧性)を維持したまま実験可能な圧力・温度領域を拡張し、高圧力下で実現する新奇な物性を探索することでした。数年以上にわたって試行錯誤を重ねた結果、従来型の高圧装置では実現できなかった極限環境領域に到達可能となり、圧力誘起超伝導や興味ある量子臨界現象を見出すことに成功しました。また、鉄系超伝導体などの圧力効果の研究においては、静水圧環境からのずれがその物性に強い影響を与えることを指摘しました[1,2]。以下では、受賞対象となった主要な研究成果について簡単にご紹介させていただきます[3,4]。

まず 1 つ目は四極子秩序の量子相転移近傍における圧力誘起重い電子超伝導の発見についてです。重い電子系物質も含む強相関電子系物質では、圧力や磁場によるチューニングによって実現される量子臨界点近傍において、非従来型超伝導や量子ゆらぎに起因する興味深い現象が観測されます。従来の多くの研究は磁気的な自由度に関するものでしたが、近年、多極子自由度を持つ Pr 系化合物において四極子秩序の量子相転移の可能性や超伝導との相関が注目を集めていました。ただし、四極子秩序は試料内の乱れや圧力の不均一性に敏感であるため、クリーンなチューニングが必要とされていました。そこで開発に成功した静水圧性のよい圧力装置を用いて常圧で強的な四極子秩序を示す $\text{PrTi}_2\text{Al}_{20}$ の圧力効果を調べたところ、強四極子秩序が圧力によって抑制されるにしたがって超伝導が出現することを見出しました[3]。高圧下での超伝導を発見した当時は、この系が常圧で超伝導を示すことさえも報告されていなかったので、測定を行っていた学生さんと一緒にとても驚いたことを今でもはっきりと覚えています。また、上部臨界磁場の傾きから評価される有効質量は $100m_0$ を超えており、重い電子超伝導が実現していることが明らかとなりました。さらに最近に行ったより高圧域における実験結果によれば、強四極子秩序の消失や四極子近藤効果を示唆する振る舞いも観測されております。すなわち、強四極子秩序の消失にともなう軌道ゆらぎを媒介とした超伝導発現の可能性や局所的な多極子自由度がどのように伝導に寄与するのかという新たな問題を提起しており、今後のさらなる研究の発展が期待できると考えています。

次にご紹介するのは Yb 系重い電子系化合物における圧力誘起磁気秩序に関する研究です。Yb イオンの価数が 2 価(非磁性)と 3 価(磁性)の間価数状態をとる非磁性化合物に高圧力を加えると 3 価状態が安定化し、磁気秩序が誘起されることが知られており、磁気的な量子臨界現象が研究できる格好の舞台となっています。さらに興味深いことに、いくつかの物質において磁気揺らぎによる量子臨界現象の枠組みから逸脱した新しいタイプの量子臨界現象が報告されたこともあり、その起源をめぐっていくつかの仮説が提唱されていました。その中でも価数の不安定性に関するモデルについて活発な議論がなされていましたが、その実験的検証に成功した例はほとんどありませんでした。このような背景のもとで、常圧では中間価数状態で非磁性基底状態をとる YbNi_3Ga_9 に着目し、その高圧実験を行ったところ、圧力誘起反強磁性秩序が出現する圧力付近で価数クロスオーバーとメタ磁性を観測することに成功しました[4]。特に臨界圧力よりもわずかに低圧の常磁性相において見出されたメタ磁性に関しては、磁場依存性においてヒステリシスが観測されたこと、また磁場中における磁化率の温度依存では強い発散傾向が有限温度で観測されたことからメタ磁性は 1 次相転移であり、その相線は臨界点をもって終端することが明らかとなりました。これらの実験事実に加えて磁場-温度相図の詳細な解析結果を考え合わせることで、メタ磁性の起源として価数揺らぎの量子臨界現象が関与していることを提案しました。本研究結果は非従来型の量子臨界現象において価数の不安定性が果たす重要性を強く示唆するものであり、新しい量子臨界現象の起源を解明する上で重要な指針が得られたと考えています。



物性研での約8年間の研究生生活を振り返ってみると、地道な装置開発によって地ならしができたところにタイミングよく新たな研究の種を蒔くことができたことで実りある成果を得ることができました。これもひとえに多くの関係の方々のお力添えあつてのことと重ねて感謝申し上げます。また、物性研の共同利用で来所された研究者や学生さんと多く触れ合う機会を頂いたことは、今後の研究や教育活動の糧になると実感しています。早いもので電通大へ異動して1年近くが経ちましたが、物性研で培った高压技術を足がかりとして新しい測定法の開発に取り組みながら、また新たな一歩を踏み出していきたいと考えています。

受賞対象論文：

- [1] " Intrinsic Properties of AFe_2As_2 ($A = Ba, Sr$) Single Crystal under Highly Hydrostatic Pressure Conditions "
K. Matsubayashi, N. Katayama, K. Ohgushi, A. Yamada, K. Munakata, T. Matsumoto, Y. Uwatoko J. Phys. Soc. Jpn. **78**, 073706 (2009).
- [2] " Superconductivity in the topological insulator Bi_2Te_3 under hydrostatic pressure ”
K. Matsubayashi, T. Terai, J. S. Zhou, Y. Uwatoko, Phys. Rev. B **90**, 125126 (2014)
- [3] " Pressure-Induced Heavy Fermion Superconductivity in the Nonmagnetic Quadrupolar System $PrTi_2Al_{20}$ "
K. Matsubayashi, T. Tanaka, A. Sakai, S. Nakatsuji, Y. Kubo, Y. Uwatoko, Phys. Rev. Lett. **109**, 187004 (2012).
- [4] " Pressure-Induced Valence Crossover and Novel Metamagnetic Behavior near the Antiferromagnetic Quantum Phase Transition of $YbNi_3Ga_9$ "
K. Matsubayashi, T. Hirayama, T. Yamashita, S. Ohara, N. Kawamura, M. Mizumaki, N. Ishimatsu, S. Watanabe, K. Kitagawa, Y. Uwatoko , Phys. Rev. Lett. **114**, 086401 (2015).

ISSP 学術奨励賞を受賞して

小濱 芳允

この度は、ISSP 学術奨励賞という栄誉ある賞を受賞することができ、大変うれしく思っております。金道浩一教授を初めとして、研究に協力して頂いた皆様のお力添えがあり、この賞を賜ることができたと思います。この場を借り、皆様にお礼を述べさせていただきます。受賞対象となった研究は、「パルス強磁場下における物性測定の深化とそれを用いた物性研究」であり、これまで不可能であった測定をパルス磁場下で可能にしたという内容です。授賞式の講演では磁場発生や回転プローブについてなど、パルス磁場に関わる研究を広く紹介しましたが、この物性研だよりには私がここ 10 年取り組んでいる“パルス磁場下の熱測定”について述べさせていただきます。

[パルス磁場下の熱測定の歴史]

もっとも古いパルス磁場下での比熱測定は、ロスアラモス研究所(米国)にて 2000 年に報告され、その成果は Nature 誌で発表された[1]。彼らはロングパルス磁場と呼ばれる極めて長い時間スケールを持つパルス磁場を発生させ、測定に時間がかかる比熱測定に成功していた。しかしながらロスアラモスでは、ロングパルス磁石が運用できなくなったこともあり、このような比熱測定は 2000 年以降 1 回しか報告されていない。ロスアラモス以外では、ドレスデンのパルス強磁場施設でも比熱測定が行なわれたが、ここでは 30 T 程度の弱磁場領域での報告があるのみであった[2]。これは彼らの用いている比熱測定技術が 10-30Hz 程度と非常に遅いことと、肝心のロングパルス磁場の発生が難しいためと推察できる。このようにパルス磁場の比熱測定は確立した技術ではなく、残念ながら一般ユーザーが簡単に利用できる状況ではなかった。

[ミリ秒パルス磁場下での比熱測定技術]

秒オーダーのパルス幅を持つロングパルスは運用が難しかったが、一方、パルス強磁場施設で一般的に使われているミリ秒オーダーの時間スケールを持つパルス磁場(ミリ秒パルス磁場)は簡単に利用できる。このためミリ秒パルス下で測定が可能となれば、比熱測定を高磁場で測定したい全てのユーザーの要求に応えられると考えた。実現例が無い研究であったので困難が予想されたが、ミリ秒パルス下での比熱測定に向けて、高速比熱測定技術の開発を進めた。

一般的に熱量計は、熱を与えるヒータ、温度を測定する温度計、そして試料台で構成され、ヒータと温度計はそれぞれ試料台に取り付けられている。このヒータと温度計がサンプルに対して強く熱接触していないのが問題であり(通常は熱伝導度がさほど高くないアピエゾングリースなどで取り付けられる)、この熱接触を改良する実験を集中して行った。かなりの試行錯誤があったが、最終的には NiCr 薄膜をサンプルに直接スパッタし、温度計は銀ペーストで張り付けることで、およそ 1-10kHz の高速比熱測定が、 $\sim 100 \mu\text{m}$ 程度の極小サンプルで行えるようになった[3]。さらに早く精密な測定を目指し、その後 AuGe 温度計の成膜や、自作のロックイン装置の製作などを行った。これにより過去の比熱測定手法より 2 ケタ程度の早い測定が可能となり、図に示すような 60 T 以上のミリ秒磁場下でも、比熱測定を行えるようになった [4]。目標でもあった”全てのユーザーの期待に応える実験”は未だに達成できていな

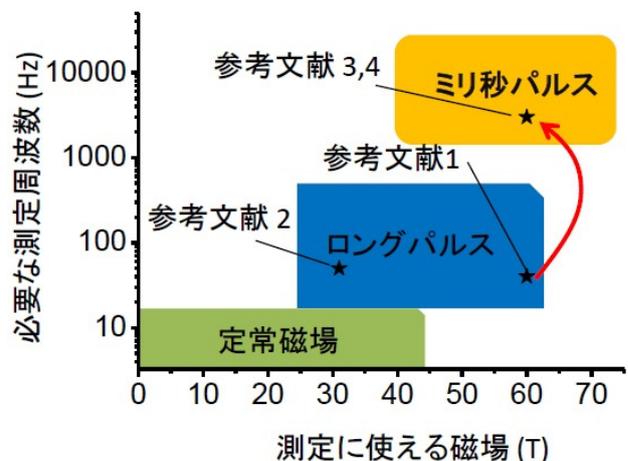


図 比熱測定が可能な磁場。研究に使用された磁場および測定周波数を星印で示した。

いと思われるが、ユーザーのリクエスト以上のデータを取れるように、今後も測定技術の深化に力を入れていきたいと考えている。

おわりに

この物性研だよりでは、運用が難しかったロングパルス磁場を避け、簡単に使用できるミリ秒パルス磁場下での研究を紹介した。しかしながらロングパルス磁場は、測定に利用できる時間スケールが 100 倍ほど長いいため、より高精度な実験を行える利点がある。最近ではロングパルス磁場の整備がかなり進んでおり、~45 T までなら物性研で利用出来る状況となっている。このため、これまで培った技術をロングパルス磁場下で応用することで、より精密で、より複雑な測定も可能となるであろう。実際、ロングパルス磁場下では熱伝導の測定にも世界で初めて成功しており、これまでパルス磁場下で行うことが出来なかった測定が、高磁場環境で可能となりつつある。

参照論文

- [1] M. Jaime *et al.*, *Nature* **405**, 160 (2000).
- [2] F. Weickert *et al.*, *Meas. Sci. Technol.* **23**, 105001 (2012).
- [3] Y. Kohama *et al.*, *Rev. Sci. Instrum.* **81**, 104902 (2010).
- [4] Y. Kohama *et al.*, *Meas. Sci. Technol.* **24**, 115005 (2013).

ISSP 柏賞を受賞して

極限コヒーレント光科学センター 軌道放射物性研究施設 藤澤 正美

第 13 回「ISSP 柏賞」を受賞した藤澤です。H27 年度で定年となる私にとって、今回の受賞は物性研での仕事を振り返る良い機会となりました。以下、まずは私の物性研人生を振り返ります。

1975 年、六本木に建物があった物性研に就職し、私の物性研人生が始まった。この時代にいい思い出は無い。今の言葉で言う「パワハラ」や「いじめ」などを受けたわけではない。性格の悪いスタッフがいたわけでもない。ただ研究室と当時の私との相性が悪かった、としか言いようがない。この時代は、研究所を辞めることばかり考えていた。辞めることはなかったが、研究室で真空紫外分光装置を担当していたことから、共同利用が始まる直前の、田無市(現在の西東京市)にあった「軌道放射物性研究施設」(田無の SOR 施設)に移籍した。

田無の SOR 施設では、装置は手作り感満載であった。それが当時の私の性格にマッチした。また、共同利用者などの他組織の人達との関わり合いを通じて礼儀作法を学んだ(このあたりが、最初の研究室でうまくいかなかった理由かもしれない)。そして、具体的なビジョンを持っていたわけではないが、放射光は成長する分野だと感じ、できるだけ長く関わりたいと思った。放射光分野は、私の想像をはるかに超える成長をし、今も成長し続けている。

田無の SOR 施設で仕事を始めたときから、新しい放射光光源(加速器)の建設検討は始まっていた。予算その他の都合で、加速器を作ることは先に延ばし、まずは、高エネルギー加速器研究所放射光施設(KEK-PF)に物性研専用実験装置(物性研ビームライン)を作ることになった。私が主に担当したのは、ビームライン 19B の分光器である。紆余曲折はあったが、何とか形にして論文にすることができた。その論文は、単行本「Modern Developments in X-ray and Neutron Optics」(Springer)中の第 2 章「The BESSY Raytrace Program RAY」(F.Schäfer 著)に参考文献の 1 つとして引用されている。本章は、放射光用軟 X 線分光器の性能評価のためのシミュレーションプログラムについて詳しく解説されており、この分野の専門家になろうとする人にとって良い入門テキストである。そのようなテキストに私の名前が載っているということは、この分野にささやかな足跡を残せた、と自己満足している。建設後の物性研ビームラインについては、第 12 回 ISSP 柏賞受賞者の福島昭子氏、原沢あゆみ氏の所感文(「物性研だより」、第 55 巻第 2 号の 4、5 ページ)に、書かれています。

KEK-PF ビームライン建設後、新放射光源建設の検討が本格的に始まったが、計画は実現せず、SPring-8 に東大アウトステーション(ビームライン BL07LSU)を建設することになった。ここでも分光器を担当するつもりでいたが、分光器は、主に SPring-8 の若手のスタッフが担当し、私はそのアドバイザー的な役割をした。KEK-PF での物性研ビームライン建設で、なんとなくやり残したことをここで消化しようともくろんでいた。が、世の中、私が考えていた以上に進歩していたことを考えれば、適切な役割分担であった。また、世代交代の時期であることを強く感じた。

その後、放射光から離れて、柏キャンパスで高次高調波発生(HHG)レーザーの分光系の製作に携わった。ここでは、放射光で経験したことが大いに役に立った。分光系の図面を最初から自分で描いたことは、「田無の SOR 施設」時代の手作り感を思い出させた。最先端の分野に居ながら、なつかしい思いがするのは不思議な感覚である。

以上が、私の物性研での主な履歴です。40 数年在籍しましたが、マンネリに陥ることもなく、それなりに充実した物性研人生でした。これも多くの方達のサポートがあったおかげです。その結果として「ISSP 柏賞」をいただき、無事、定年を迎えることができました。この場をお借りしてお礼を申し上げます。ありがとうございます。タイトルは「ISSP 柏賞を受賞して」なのに、「定年を迎えて」の所感文にもなってしまいました。受賞と定年が重なってしまい、分離して所感文を考えられませんでした。ご容赦願います。

現在、短時間勤務職員として物性研に勤務しております。このような機会をいただきありがとうございます。時間的にも能力的にもできることは限られますが、しっかりと仕事をしていきたいと思っております。



相互作用をもとにした新奇電気磁気効果の研究は、基礎・応用両面において重要なテーマであり、マルチフェロイックス分野だけでなく、磁性・誘電性の両研究分野を大きく進展させるものであると期待しています。

受賞対象論文

- [1] M. Soda, K. Kimura, T. Kimura, M. Matsuura and K. Hirota, *J. Phys. Soc. Jpn.* **78**, 124703 (2009).
- [2] M. Soda, M. Matsuura, Y. Wakabayashi, and K. Hirota, *J. Phys. Soc. Jpn.* **80**, 043705 (2011).
- [3] M. Soda, M. Matsumoto, M. Månsson, S. Ohira-Kawamura, K. Nakajima, R. Shiina, and T. Masuda, *Phys. Rev. Lett.* **112**, 127205 (2014).



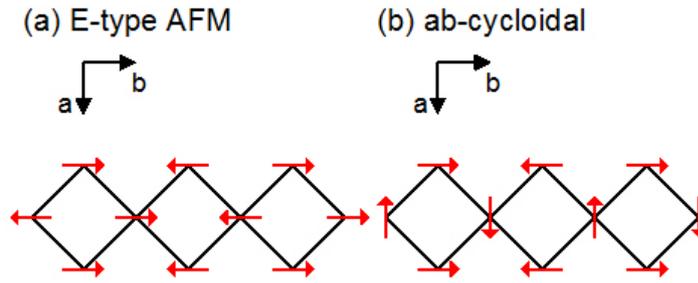


図2 : YMnO₃/YAlO₃(010)薄膜の ab 平面における Mn のスピン(矢印)秩序の様子。

(2) Pr_{0.5}Ca_{0.5}MnO₃/LSAT(011)の電荷/軌道/スピン整列の観測 [2]

私は Pr_{0.5}Ca_{0.5}MnO₃ の (LaAlO₃)_{0.3}-(SrAl_{0.5}Ta_{0.5}O₃)_{0.7}(011) 基板上の薄膜に対し、共鳴軟 X 線散乱により電荷/軌道/スピン秩序状態の観測を行いました。ほかの実験手法で見られなかった 150 K 付近の反強磁性転移や、バルク試料では存在しない 75 K 付近のスピンに関する転移を発見しました。エピタキシャル歪みの影響を直接明らかにした点が画期的であり、現在クラスターモデル計算による定量的な理解も目指しています。

(3) 巨大磁気抵抗物質 SrCo₆O₁₁ の「悪魔の階段」の観測 [3]

私は、当時修士課程学生だった松田太一氏とともに、巨大磁気抵抗を示す新しいコバルト酸化物 SrCo₆O₁₁ の共鳴軟 X 線散乱により詳細な磁気構造を決定しました。磁化が磁場の関数として 1/3 プラトーを示すことから、3 倍周期の磁気構造のみが期待されていましたが、実際にはほとんどすべての分数のピークが存在し、すなわちほとんどすべての磁気周期が共存する状態であることが解明されました。これは多くの磁気周期が近いエネルギーを持つ「悪魔の階段」状態であると考えられ、3d のスピン系では初めての悪魔の階段の発見となりました。

受賞対象論文

- [1] “Origin of the Large Polarization in Multiferroic YMnO₃ Thin Films Revealed by Soft- and Hard-X-Ray Diffraction”, H. Wadati, J. Okamoto, M. Garganourakis, V. Scagnoli, U. Staub, Y. Yamasaki, H. Nakao, Y. Murakami, M. Mochizuki, M. Nakamura, M. Kawasaki, and Y. Tokura, *Phys. Rev. Lett.* 108, 047203 (2012).
- [2] “Revealing orbital and magnetic phase transitions in Pr_{0.5}Ca_{0.5}MnO₃ epitaxial thin films by resonant soft x-ray scattering”, H. Wadati, J. Geck, E. Schierle, R. Sutarto, F. He, D. G. Hawthorn, M. Nakamura, M. Kawasaki, Y. Tokura, and G. A. Sawatzky, *New J. Phys.* 16, 033006 (2014).
- [3] “Observation of a Devil's Staircase in the Novel Spin-Valve System SrCo₆O₁₁”, T. Matsuda, S. Partzsch, T. Tsuyama, E. Schierle, E. Weschke, J. Geck, T. Saito, S. Ishiwata, Y. Tokura, and H. Wadati, *Phys. Rev. Lett.* 114, 236403 (2015).



物性研に着任して

物性理論研究部門 常次研究室 池田 達彦

4月1日付けで物性理論研究部門・常次研究室の助教に着任しました、池田達彦(いけだたつひこ)と申します。既に多くの所員・研究員・事務職員・秘書・大学院生の方々に日頃からお世話になっていますが、この機会に改めて自己紹介をします。

私は学部生時代は京都大学理学部に所属し、主に素粒子物理学を学びました。卒業研究は理論と実験を並行して行うもので、場の量子論を学ぶ傍らラムシフトの測定実験を行いました。実験はラムシフトを測定するには至りませんでしたが、学部生グループで試行錯誤して手作りした実験装置を使って励起状態の水素原子を作り出すことが出来ました。この経験は当時背伸びして難しい理論の勉強をしていた私にはとても新鮮で、自然現象が人間の理性でエレガントに理解できる驚きを肌で感じました。

大学院生としての5年間は東京大学理学系研究科の上田(正仁)研究室に所属し、量子統計力学の基礎付けの研究をしました。量子力学だけから等重率の原理など統計力学の基本仮定を正当化出来るかという純粋に理論的な問題ですが、近年冷却原子気体を用いて実験でも調べることが可能となりました。等重率の原理の基礎として現在最も広く信じられている仮説は、フォン・ノイマンの量子エルゴード理論と密接に関わる固有状態熱平衡化仮説(Eigenstate Thermalization Hypothesis, ETH)というもので、私は具体的なモデルの数値計算でこの仮説の正当性を確かめました。他にも、ETHとは異なる熱平衡化仮説の提案、孤立量子系における熱力学第二法則、孤立量子系における非平衡定常状態など関連する問題にも取り組みました。大学院在学中には、京都大学の木下研究室に滞在して冷却原子実験に参加させてもらったり、ボストン大学の Polkovnikov グループに滞在して理論の共同研究をしたりしました。

学位取得後1年間は博士研究員として、ハーバード大学の Demler グループで主に冷却原子系で近藤効果を実現する方法を研究しました。アルカリ土類(様)元素を用いて対称性の群を通常のSU(2)からSU(N)に変えたり、相互作用の大きさや符号を変化させる方法、またそのとき何が観測されるかなどが研究内容で、プロジェクトは現在も進行中です。また、グループ外の研究者と共同で AdS/CFT 対応を用いてランダムポテンシャル中の強相関係の電気伝導度の研究も行いました(学部生時代背伸びして勉強した難しい理論の知識が役立ちました)。

物性研着任後は強相関電子系の非平衡現象の研究をするつもりで、現在は特にモット絶縁体転移周辺の物理に興味を持って勉強しています。物性研は、多数の実験家・理論家が活発に交流していて意見交換が気軽に出来るため、新しいことを始めるのに非常に良い環境だと感じています。先日早速、icaffe で有機物モット絶縁体転移について専門の方に色々教えてもらいました。

上述のようにバックグラウンドが違うため、固体物理については日々勉強ですが、いつか良い仕事をして物理学の発展に貢献したいです。みなさま今後ともよろしくお願ひします。



物性研に着任して

新物質科学研究部門 酒井 明人

2016年4月1日付けで新物質科学研究部門の中辻研究室に特任助教として着任いたしました酒井明人と申します。大学院時代お世話になった物性研所、中辻研究室にまた戻って来られたことを大変嬉しく思っております。着任から2ヶ月、時々直前までいたドイツのことを懐かしく思いながらも、研究に全力疾走の充実した日々を過ごしております。

大学院時代は軌道秩序と近藤効果を示す $\text{PrTr}_2\text{Al}_{20}$ ($\text{Tr} = \text{Ti}, \text{V}$) の単結晶合成と低温物性測定を主に行っていました。非クラマースイオンである Pr^{3+} を含む化合物は立方晶の場合、軌道(とさらに高次の磁気八極子)自由度しかもない Γ_3 結晶場二重項基底状態をとることがあり、ピュアな軌道の物理が研究できる系として古くから知られていました。また、軌道自由度が伝導電子と混成を行うと、スピンの近藤効果がフェルミ液体となるのとは対照的に、残留エントロピーの残った非フェルミ液体となる「四極子近藤効果」が理論的に知られており、実験的な検証の舞台となる物質が待ち望まれておりました。

Pr化合物の研究で何より大切なのがサンプルのクオリティで、純度が悪いと軌道の縮退は容易に解けてしまいます。純度を上げるために様々な試行錯誤の末サンプルの純良化に成功し、幸運なことに近藤効果、非フェルミ液体、超伝導、圧力下での重い電子超伝導など様々な興味深い現象の発見につながりました。また様々な炉や装置の立ち上げに参加できたのも良い経験となりました。博士課程の後半には助教の松本洋介さんと一緒に希釈冷凍機を使った測定、特にSQUID磁化測定の立ち上げとそれを用いた $\text{PrTr}_2\text{Al}_{20}$ ($\text{Tr} = \text{Ti}, \text{V}$) の超伝導の研究を行いました。マグネットを巻き直したりノイズと格闘したりと根気のいる作業の連続でしたが、非常に精密な磁化測定が可能になりました。

博士号取得後は強相関物質の研究の大家である Philipp Gegenwart 教授のもとで2年間海外学振ポスドクとしてドイツで研究を行いました。始めは気候・文化・食生活など、日本とは異なる点で苦労もありましたが、慣れてしまえばとても快適な場所で日本にはない良い所も沢山見つけました。私自身日本では毎日お米を炊く和食中心の食生活でしたが、パンやソーセージ、ケバブ、ビールなど日本にいる時は口にする機会が少なかったものから、ミューズリー、シュペッツレ、マウルタッセンなど聞いたことすらなかった料理までドイツで美味しい食べ物を日々堪能しました。またフルーツや野菜も安く美味しく、特に春のいちごとホワイトアスパラは絶品です。

研究のほうも研究室自体が Göttingen から Augsburg に移動した直後だったということもあり、最初は立ち上げがメインでしたが最終的には希釈冷凍機で様々な量子臨界物質の磁気熱量効果や熱膨張率の測定を行うことができました。ドイツでは短い時間で効率良く仕事をこなすことが求められており(午後8時にはスーパーマーケットも閉まってしまう)、ついダラダラ仕事をしがちな我々は見習わなくてはならないと感じました。

中辻研着任後は、トポロジカルなバンド構造を持つ物質の物性測定を中心に行っていきたいと考えています。物質合成と物性測定両方の知識と技術を活かして、測定結果から得られた知見を合成にすぐにフィードバックして研究を進めたいと思っています。また、居室は大谷研究室と共同の A404 にあります。物性研内外の様々な方々と共同研究ができればと考えています。どうぞよろしく願いいたします。



物性研を離れて

高田 康民

本年3月末に物性研を定年退職して2ヶ月半が経ちました。想像した以上に簡単に毎日を自宅で過ごす新たな生活リズムに慣れました。研究活動や各種原稿の執筆に楽しく(ある意味、現役時代よりも集中して)励んでいます。物性研着任は1985年7月でしたので、ほぼ31年にわたって物性研にお世話になりましたが、この長い在任期間は心ならずのものとも言えます。その理由は二つあります。一つは、物性研の(特に、理論の)所員は人事の流動性確保のため、一定の在任期間を経れば他大学に転任すべきであるとの物性研設立期からの暗黙の了解に沿っていないからです。もう一つは、(時流に乗ったテーマを追求しない)私の研究スタイルが高度の情報処理能力が要求される物性研理論所員の理想像に合致しないと自覚しているからです。このような理由から、常々、よい機会があれば所外の適当なポジションに移ることを考えて種々の可能性を探りましたが、いろいろな意味での私の能力不足とうまくタイミングが合わなかったことなどから、ついつい長居をしてしまいました。この点のご批判には弁解の余地はありません。

今、「私の研究スタイル」と申しましたが、これを明確にしたもの一つとして1984年の物性研理論所員公募に応じて提出した私の研究計画書があります。そこでの記述では、米国での約4年にわたるポストドク経験を通して得た自分の能力に対する自己評価から、実験に導かれてそれに沿って構成する理論研究ではなく、逆に、実験家に対して新しい指針を与える理論物理の追求、とりわけ、基本的に難しく大きな進展が容易ではない(多くは強結合強関連多体問題に起因する)物理の問題を考え、それにふさわしい数学的手法を新たに編み出し、それを駆使して得られる結論を実験家に提示するスタイルを進みたいとしている。実際、このような困難な問題に真摯に立ち向かうことは学部学生の教育に煩わされずに研究に専念できるパーマネント職に就くものの責任であり、かつ、義務であるとして、着任以降31年間、誠実にこの目的の遂行に励んできた。ただ、研究活動の進展状況として、残念ながら自分の想定した目標から少し距離があると認めざるを得ないので、気力・体力・知力が続く限りはその目標点を目指し続ける所存です。

さて、まだ最終目標に到達していないとはいえ、それを目指す途上でこれまでに得られている具体的な研究成果のいくつかに触れておこう。なお、私の研究業績について、もっと包括的で参考文献も明示している解説記事は「固体物理」(出版社:アグネ技術センター)に近々掲載されることになっている。

まず、在任中に最も意を注いだ**多体問題の汎用解法の開発**に関する研究から報告しよう。多体問題をグリーン関数法で数値的に解く場合、Baym-Kadanoff (BK) 法に基づくことが多い。BK法は近似解法であるが、各種の保存則を満たしながら自己エネルギー Σ やバーテックス関数 Γ 、そして、各種相関関数を自己無撞着に計算する一般的で基本的なアルゴリズムである。ところで、1995年、私はこのBK法のプロセスを何度も繰り返しながら Σ を改訂していくと、 Σ の初期値によらずに無限回の操作の後には厳密に正確な Σ が得られることを見いだした。これはBK法のアルゴリズムを越えて、正確な Σ を求めるための基本的処方箋が発見されたことを意味し、**自己エネルギー改訂演算子理論**と名付けた。この理論の核心は正確な Σ をその不動点とする演算子 $\mathcal{S}[\Sigma]$ の存在証明であるが、この $\mathcal{S}[\Sigma]$ の作用を計算機上で遂行できる形にうまく近似することが次の段階の基本課題となる。私が1993年に提案していたワード恒等式を利用した**ゲージ不変自己無撞着(GISC)法**はこの課題に簡便に答えているが、得られる Σ の運動量依存性に問題が残る。

そこで、このGISC法で仮定された Γ の汎関数形を改善するためにいろいろな試行錯誤を行った。その結果、2001年には、 Γ と電流バーテックス関数の縦成分の比で定義される比関数 R の導入が鍵であることを見だし、この R に量子モンテカルロ計算によって得られる正確な静的物理量の情報を組み込むと、 Γ に対してワード恒等式を常に満たす高精度の近似汎関数形が導かれた。そして、その Γ の汎関数形を自己エネルギー改訂演算子理論に組み込んで Σ を決定するアルゴリズムを**GW Γ 法**と名付けた。このGW Γ 法を通常の金属密度領域の(いわゆる電子密度径数 r_s が1から5の範囲にある)電子ガス系に適用して1電子スペクトル関数 $A(p, \omega)$ を高精度に計算し、準粒子やプラズマロン(実励起のプラズモン

での**プラズモン機構**を提案した。この G_0W_0 近似を超える試みとして、1988 年には多体摂動理論と多体変分法を融合した**有効ポテンシャル展開(EPX)法**を BCS 状態に適用して、関連のある BCS 状態でのクーロン斥力起源の超伝導を論じた。1993 年にはバーテックス補正を GISC 法や局所場補正で取り扱い、アルカリドープの C_{60} での超伝導を論じた。また、低密度電子ガスの超伝導はウィグナー結晶状態近傍の**クーロンホールを媒介としたクーパー対形成**によるものを見方を示した。特に、この場合、 T_c とフェルミエネルギー E_F の比は 0.04 であり、その比は植村プロットにおける低密度極限での値に一致した。これはその極限ではあらゆる金属は電子ガス系に還元されることと整合的である。2005 年、Hardy Gross らは密度汎関数超伝導理論(SCDFT)に立脚して μ^* も含めて T_c を第一原理的に決定する理論を展開した。またこの年、実験でアルカリ土類原子挿入 GIC の T_c はアルカリ原子挿入 GIC のそのの 100 倍になると観測された。2009 年、私は G_0W_0 近似で導かれるギャップ方程式が SCDFT のそれと同等であると気づき、両者を詳細に比較して G_0W_0 近似の真の意味、とりわけ相関効果の入り方を明確に理解した。また、この G_0W_0 近似をアルカリ土類原子挿入 GIC に適用して実験の T_c を定量的に再現し、**GIC 超伝導体全般に適用される標準超伝導機構**を提唱した。

最後になったが、私の 3 人の恩師、植村泰忠先生(1920-2005)、Al Overhauser 先生(1925-2011)、Walter Kohn 先生(1923-2016)に改めてお礼を申し上げたい。Kohn 先生は 1989 年、1990 年、そして、1998 年のノーベル化学賞受賞後の 2002 年、2006 年の合計 4 回、物性研を訪問して下さい(図 2)ほか、私が GW Γ 法を提唱した翌年の 2002 年には客員教授としてサンタバーバラに招聘して下さい。同年、Overhauser 先生も Purdue 大に招待して下さい。偉大な先輩であり、共同研究者である安原洋先生(1940-2014)と安藤恒也先生(東工大)には有益なアドバイスを沢山受けました。助手・助教として研究室の研究・運営に多大の貢献をしてくれた北孝文さん(北大)、堀田貴嗣さん(首都大学東京)、前橋英明さん(東大)には感謝申し上げます。それから、物性研では外国人客員所員制度や外国人ポスドク、滞在型国際ワークショップなどを通して著名な教授を含めて外国人研究者の招聘が比較的簡単に行えるメリットがあり、私も大いに利用させていただいた。これらの制度を生かして、長年の友人の Andreas Savin(パリ第 6 大)や Hardy Gross(マックスプランク研究所 Halle)、Giovanni Vignale(ミズーリ大)らと親交を深められたほか、Vladimir Nazarov(台湾中央研究院)や Tian Cui(吉林大)、Hang Zheng(上海交通大)、Ashok Chatterjee(ハイデラバード大)らと重要な共同研究が行うことが出来た。国内的にも共同利用・共同研究制度や特任研究員制度を利用して、山上浩志さん(京都産業大)や小泉裕康さん(筑波大)、前園涼さん(北陸先端大)、吉澤香奈子さん(RIST)、後藤尋規さん(セイラシステム)らと大変有益な共同研究が出来た。共同研究には至らずにお名前を挙げていないが、有益な議論をしていただいた 10 名を超える多くの国内外の研究者の訪問や長期滞在もあった。もちろん、これらの研究者にも大変感謝している。そして、このような素晴らしい研究環境を提供して下さい物性研とそれを支える同僚の教員、技術職員、事務職員、学生、秘書の皆さんに心からお礼を申し上げます。特に、私の研究室に所属した 15 名の大学院院生との研究だけに止まらない色々な交流を今更ながら懐かしく思い出すと同時に、彼らの今後一層の成功を祈念している。末筆ながら、16 年以上支えてくれた光富恵美子さんを含む過去 9 名の秘書の方に改めて感謝の言葉を贈りたいと思います。どうもありがとうございました。

(2016 年 6 月 17 日記)

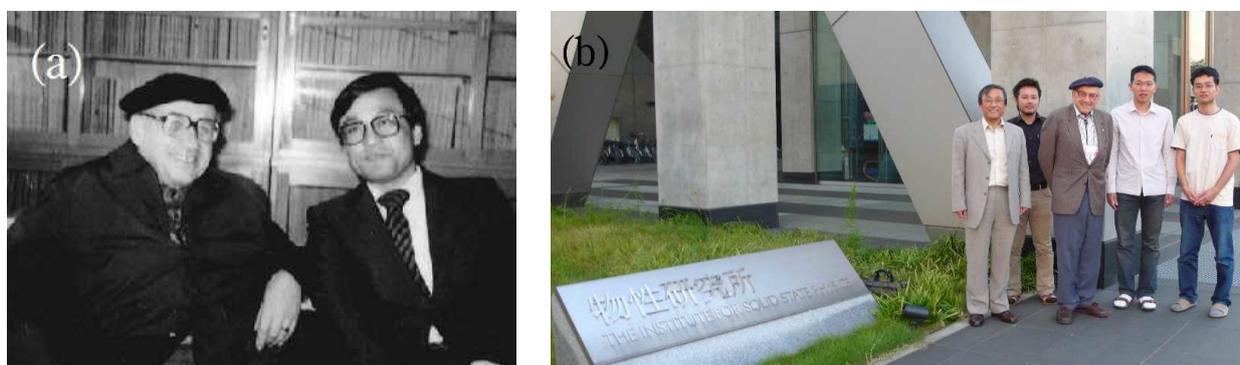


図 2. 本年 4 月 19 日に亡くなられた 1998 年度ノーベル化学賞受賞者の Walter Kohn 教授が、(a)1990 年に六本木の、(b)2006 年に柏の私の研究室を訪問されたときに撮影したもの。

客員所員を経験して

中央大学理工学部物理学科 中村 真

私は平成 27 年度の後期に客員所員を拝命する機会に恵まれました。このような機会を与えて下さった、東京大学物性研究所の関係者の皆様に心より感謝申し上げます。私は平成 26 年度の後期にも客員所員を拝命しており、形の上では今回が 2 回目となりますが、任期の間となる平成 27 年度前期にも研究会開催などを通じて物性研究所の方々に大変お世話になりました。そのため実質的には 1 年半にわたりご縁を頂いた形となります。受入所員の押川正毅先生、加藤岳生先生に改めて感謝申し上げます。

私の研究テーマはゲージ・重力対応(AdS/CFT 対応)を非平衡統計物理学や強相関系の物理学に応用する理論的研究であり、客員所員としての研究テーマもこれに沿った内容を提案させて頂きました。私の本来の研究分野は素粒子理論、特に超弦理論であり、研究手法の中心となるゲージ・重力対応も超弦理論の枠組みで開発されたものです。これを物性物理学に応用するという試みは、同じ物理学とは言え、物性と超弦理論という、従来あまり接点の無かった分野を結びつける、ある意味挑戦的な試みです。

このような試みは、例えて言えば、異なる言語を話し異なる文化を持つ者の間で、一つの新しいコミュニティを形成していくようなものなのかも知れません。共通の議論を行う前に、言語のすり合わせが必要ですし、また同一の言語であっても、互いに異なる意味で使用していることに気づく必要があるかも知れません。また、前提とする文化の違いも学ぶ必要があります。素粒子出身の私の視点では、客員所員として物性物理学の研究者の方々と多くの接点を持つ機会を頂いたことは、このような分野間の違いを乗り越えて研究を進めていくために必要な、貴重な経験を積む機会となりました。

この 1 年半のことを簡単に振り返ってみますと、共同研究や議論の他にも国際研究会の開催や、受入所員の先生以外の先生方との出会いもありました。平成 27 年度前期には、カブリ数物連携宇宙研究機構と物性研究所の共催で国際研究会「International Workshop on Condensed Matter Physics & AdS/CFT」を開催しました。両研究所の協力により超弦理論、物性理論の各分野から世界をリードする研究者を柏キャンパスに招聘し、大変充実した国際研究会となりました。この研究会にあわせて物性研究所に滞在をしたカナダ・Perimeter 研究所の William Wiczek-Krempa 氏とは研究会後も物性研究所にて意見交換を行う機会を持つことができました。研究会の実行では押川先生をはじめ押川研究室の皆様、外国人研究者の招聘等で押川研究室秘書の辻淳子様にも大変お世話になりましたことを記したく思います。

また、同じく受入研究者の加藤先生からは、私が以前から研究を行っている強相関系の非線形電気伝導に関して示唆を頂き、共同研究の形で議論をさせて頂きました。この議論には、当時同じく物性研究所に在籍していた前橋英明氏、また私の本務先である中央大学からは共同研究員の深澤裕一氏も加わり、有意義な議論をさせて頂きました。加藤先生や前橋さんからは負性微分電気伝導の発現と系の圧縮率や荷電粒子対の振る舞いとの関係など、物性理論の専門家ならではの示唆を頂き、現在も考察を続けています。強く相互作用するゲージ粒子の多体系において負性微分電気伝導が現れることは、客員所員着任以前に行ったゲージ・重力対応による計算で確認していたのですが、この現象の背後にある物理的な機構を明らかにすることは目下の課題となっています。重力理論の言語による説明はある程度可能ですが、言語が極度に書き換えられているため、これを物性系の描像でどのように理解できるのか、これがなかなか非自明です。研究はまだ続いておりますので、今後も物性理論の視点から示唆を頂きながら、物性物理学として意味をなす形での知見を持って行きたいと考えています。

また、この 1 年半の間に、理論の先生方だけでなく、物性研究所の実験の先生とも接点を持つことができたのは大きな収穫でした。森初果先生からは非線形電気伝導に関して実験物理学者の視点からご意見をお伺いする機会がありました。ゲージ・重力対応の計算では、強く相互作用する荷電粒子の集団で非線形電気伝導度の不連続な転移が起きることが示唆されますが、私はこれを実験でも検証したいと考えています。もちろん、実際は私が「検証する」のではなく実験の専門家の方々に「検証して頂く」ことになるのでしょう。森先生からは非線形電気伝導の測定の専門家の先生もご紹介いただ



きました。これは超弦理論の研究者としては大変大きな野心ですが、将来必ず、実験の先生方に具体的にご協力頂ける形でのより具体的なプロポーザルを作成し、理論と実験にまたがるプロジェクトを実現したいと考えています。そのためにも、客員所員として物性研究所にご縁を頂いたことは、この上ない財産となりました。

異分野にまたがる共同研究で得られる最大の利点は何でしょうか。私が物性研究所の客員所員として感じた内容を一言でまとめるならば「文化の違いが強みとなる」ということでした。ある料理研究家の言葉に「異文化で洗うと突破口が見える」というものがありました。料理の考案に行き詰った際に、例えば和食と西欧料理の食材がうまく出会うことで、新たな突破口が生まれるというものです。これは良い意味で今までと異質なものを開拓するという意味もありましょうが、同時に、西洋文化に出会うことで、和食に対して違った視点で考えることが可能になるという自己発見でもあるかも知れません。

同じことが物性物理と素粒子物理の共同研究にも言えるのではないかと感じます。ゲージ・重力対応では目的とする物理量の期待値が計算できるものの、我々超弦理論の専門家が特化しているのは曲がった時空上の一般相対性理論や弦理論の計算であって、肝心の物性物理側からの視点がどうしても欠落しがちです。下手をすると、計算は可能だが、自分たちが行っている計算の本当の意義を理解していない、そんな状況となる危険性も大いにあります。こんな時に、物性物理学の専門家から意見を頂くことが出来るのは、暗闇の中で歩いている時に横から光を照らされるようなものであり、そこに今まで全く考慮していなかった視点が現れることが多々あるのです。このような機会を頂くことが出来たのは研究者として誠に幸いなことでした。

最後に、ひとつ心残りなことがあります。着任にあたっての教授会でのご挨拶前に会議室周囲を散策しておりますと、物性研究所には立派なグランドピアノがあることに気づきました。私は幼少の頃から趣味でピアノを続けておりますので、いつしかあのピアノで演奏してみたいと、秘かな野心を持っていたのです。しかし、任期中にはかかないませんでした。任期後も物性研究所の先生方とは研究を続けて参りたいと考えておりますし、またそうであらねばなりません。したがって、またこの秘かな野心も、いつしか実現するのではないかと考えております。物性研究所での客員所員の経験は、それだけで完結するものではなく、むしろ初期条件であると私は考えています。将来的に実験物理学の先生方と共同プロジェクトを組むという大きな野心、物性研究所の先生方との研究をまとめて論文を執筆するという当たり前の野心、そしてここで述べた秘かな野心、いずれも必ず実現するために、この初期条件を大切にしていきたいと思えます。

今後も引き続き物性研究所の先生方と研究交流を続けて行くことができればと考えております。このような機会を与えて下さった物性研究所の関係者の方々に改めて御礼申し上げます。

客員所員を経験して

九州大学大学院工学研究院 山田 鉄兵

2015年度後期に山室修教授のホストで客員准教授としてお世話になりました。

初めに自己紹介をさせていただきます。私は東京大学理学部化学科で修士課程を修了後、三菱化学株式会社、九州大学理学部化学科、京都大学理学部化学科を経て現在は九州大学工学部応用化学科に所属しております。私の興味はイオンの運動を分子スケールで制御することにあり、最近では柔粘性結晶やイオン結晶、イオン液体といった、イオン濃度の高い系におけるイオン伝導特性に興味を持っています。そういう意味では化学者の立場から常に物性物理を眺めており、客員教員を勤めさせて頂いたことに対して深く感謝しております。

次に私の研究対象であるイオンの運動について俯瞰させていただきます。イオンの運動はイオン間の相互作用により決まります。イオン間に働く相互作用としては共有結合相互作用やクーロン相互作用が最も大きく、続いて双極子相互作用や van der Waals 相互作用があります。化学反応の起きていない条件では通常、共有結合は分子やイオンの内部にとどまり、また分子やイオンの形は、立体反発(Pauli の排他律に由来する交換反発力)で決まります。よってイオン間に働く最も大きな相互作用は、イオンが周囲に形成する電場による Coulomb 相互作用に基づく引力や斥力であり、そのバランスによりイオンの平衡位置が決まります。イオン伝導現象はこのイオンのサイト付近の形状や回転・振動に伴う揺らぎ、そして外場による力場勾配を利用して起こります。

われわれはイオン伝導のための空間として、不斉中心を有するイオン性柔粘性結晶中のイオンの動的挙動に着目し研究を行って参りました。不斉中心を有するイオンは、イオンの回転運動に異方性を有するうえに、主軸に沿った回転についても右回りと左回りという2つの自由度を有します。そのため、固液相転移や中間相との間の相転移において、大きな転移エントロピーを示したり、残留エントロピーを有したりすると推測されます。このような新規自由度に由来したエントロピーが、低温下でのイオン伝導挙動や相転移温度に影響を与えると期待されます。

我々の設計した不斉中心を有するイオンについて、合成化学の視点からお話をさせていただきます。不斉中心を有するイオンとしては、アンモニウムイオンの4本の側鎖をそれぞれ別々のものにすれば良いと考えられます。側鎖をプロトンにすると、Walden 反転と呼ばれる反転運動が起こってしまうため、側鎖としてはメチル基もしくはそれ以上の分子量が必要です。考えられる側鎖としては、分子量の小さい順に、メチル基、エチル基、プロピル基およびイソプロピル基(1-メチルエチル基)の4つがあります。我々は最初に、この4つの側鎖で構成されたイオン(以下炭素数からこのカチオンを N1233' と呼びます)を合成しました。この N1233' カチオンと Tf2N と呼ばれるアニオンを組み合わせた塩を合成したところ、液相と固相の間に2つの中間相を発見し、イオン伝導度も相変化に伴って複雑な変化を示すことがわかりました。またイオン伝導度も、類似のイオン結晶や柔粘性結晶と比較して高いことが示唆されました。N1233' カチオンは、R 体と S 体を光学分割することが出来ず、ラセミ混合物としてしか得られませんでした。そこで、生体内に存在するアミノ酸を誘導することで、キラリティを制御したカチオン(trimethyl-2-hydroxy-1-methylethyl ammonium)を合成しました。これらのいくつかはイオン液体となり、さらに中間相を有するものも見出しました。種々の測定によりこれらの中間相が柔粘性結晶相であることも確認出ています。イオン伝導特性については現在も検討を続けております。

興味深いことに、我々の報告以前には、N1233' はただの1例の報告もありませんでした。合成化学の方法論が確立している現代において、分子量の小さい分子は、考えつく限りほとんど全ての分子・イオンが既に合成され、報告されております。N1233' のような小さなイオンを新規に報告したことに対しては、イチ合成化学者として小さな誇りを感じるとともに、物性科学の視点から化学を照らすことで、まだまだ新しい発見が残されているということを感じました。

これらのイオン性結晶、柔粘性結晶相およびイオン液体相におけるイオンの運動を観測するための手法としては、交流インピーダンス法、核磁気共鳴法および中性子準弾性散乱法が挙げられます。電場に対する物質の応答を調べる交流インピーダンス法は、もっとも簡便であるため、イオン伝導特性の評価法として広く用いられる手法です。しかし電子を含む



全ての荷電粒子の運動を原理的に区別できない上、運動モードの識別も不可能です。伝導しているイオン種を区別した運動の解析には、核磁気共鳴法や中性子準弾性散乱法が適します。中でも中性子準弾性散乱法は、幅広い緩和時間の運動を補足出来ることから、多様な運動モードを解析することが可能な強力な測定手法です。イオン性柔粘性結晶やプロトン伝導性配位高分子といったソフトマテリアルの解析において、山室先生および山室研の皆様には、これまでも大変お世話になっており、また今回の客員教員の期間を利用して NIST における準弾性散乱測定を行うことが出来ました。準弾性散乱測定は NIST の High-flux backscattering spectrometer (HFBS)にて行いました。その結果イオン液体相および中間相においてイオンの運動が観測されました。詳細については現在解析中ですが、N1233' カチオンおよび Tf2N アニオンの運動を別々に観測することが出来ておりイオンの運動挙動の情報が得られたと考えております。また分子全体の回転運動モードやメチル基の回転運動などを分離することが出来ており、この測定を元に新たな分子設計を考えているところです。

最後になりましたが、今回の測定においては、山室先生および古府先生には大変お世話になりました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。また測定で用いたサンプルは九州大学の学生の松木君、下野君の昼夜を問わない実験により得られたものであることを申し添えます。また研究会や、測定を含めた物性研への訪問・交流を通じて、ほんの一端ではありますが、高いレベルの物性研究にふれたことは、私個人にとって貴重な経験となりました。物性に興味を持った化学者として、このような化学と物理の垣根を越えた交流によって今後も新たな世界が拓けることを期待しております。

客員所員を経験して

北陸先端科学技術大学院大学 安 東秀

2015 年度に「走査マイクロ波顕微鏡の開発とこれを用いたナノスケールスピンドイナミクス」の研究テーマで客員准教授として長谷川幸雄先生のホストでお世話になりました。私は 2003 年 4 月から 2010 年 3 月まで研究員として 7 年間、長谷川幸雄研究室で過ごさせて頂きました。今回、久しぶりに柏キャンパスを訪問して、先ず、柏の葉キャンパス駅周辺が変貌していること、一方で、物性研究所内は以前とかわりなく静かで研究に打ち込める環境が維持されていることが印象的でした。

研究内容ですが、簡単には走査トンネル顕微鏡 (STM) や原子間力顕微鏡 (AFM) を改造してマイクロ波を印加・検出できる走査マイクロ波顕微鏡を開発することです。そして、この走査マイクロ波顕微鏡を用いて、強磁性体や常磁性体、つまり、スピンからの磁気共鳴信号を計測することを目指しています。この研究内容は物性研時代の研究と深い関係があります。前半の 3 年半は長辺 (縦) 方向に振動する水晶振動子を AFM の振動子に用いた、長辺振動型水晶振動子 AFM を開発し、超高真空・極低温下でシリコン 7×7 の原子構造観察に成功しました。後半の 3 年半は研究テーマを変えて、走査マイクロ波顕微鏡を開発して磁気共鳴イメージングをすることに取り組み始めました。これらの研究を通して、プローブ顕微鏡技術、マイクロ波技術に習熟することができ、「磁気共鳴とは何か？」ということをしつくり考えることができました。その後、東北大金研、理研、そして、2015 年度から北陸先端科学技術大学院大学へと移りましたが、物性研時代に取り組んだ AFM 技術とマイクロ波技術が自分の研究の基礎になっていると感じています。そういう意味で 7 年間もなかなか成果のでない装置開発に取り組ませて頂いた長谷川先生に大変感謝しております。

以上のような経緯で、客員所員として、先ず、超高真空・極低温・磁場環境下で動作している長谷川研究室の STM 装置のトンネル電流検出ラインを、マイクロ波を印加・計測できるように高周波化することを技術的な課題として、改造案について議論しました。また、“走査マイクロ波顕微鏡を用いてなにを計測するか”ということについても有益な議論をすることができました。特に、スピン注入によるギガヘルツ周波数帯の発振現象 (スピン注入発振) やスピンの計測について思案することができました。期間中にこの信号計測ラインの高周波化を実現して磁気共鳴イメージングを実現することはできませんでしたが、今回の共同研究を端緒として引き続き共同研究を継続させていただいています。

最後に、長谷川研究室では長谷川先生、吉田助教、浜田技術職員を始め研究室の皆様にあたたかく迎えて頂き感謝申し上げます。長谷川研究室ではスピン偏極 STM 等のスピン計測技術も既に確立されており、“スピンをナノスケールで計測する”という機運も高まっていることも感じる事ができました。今後の皆様のご活躍と物性研究所の発展を祈念すると共に、引き続き共同研究を通じてスピンドイナミクスイメージングの実現に向けて関わらせて頂けますと幸いです。



ISSP ワークショップ

SPring-8 BL07LSU の現状 - X 線分光と回折の協奏へ -

日時：2016年3月1日(火) 10:00~20:00

場所：東京大学物性研究所6階大講義室

世話人：和達 大樹、辛 埴、小森 文夫、松田 巖、原田 慈久

報告：和達 大樹

東京大学物性研究所軌道放射物性研究施設では SPring-8 に播磨分室を設置し、建設・整備を行った高輝度軟 X 線ビームライン BL07LSU を利用して放射光利用実験を行っています。本 ISSP ワークショップでは、時間分解光電子分光、3 次元ナノ光電子分光、軟 X 線発光分光の 3 つのエンドステーションとフリーポートを利用した共同利用実験からの最新の研究報告に加え、「X 線分光と回折の協奏」を視野に入れた研究会を行いました。この背景には、最近では X 線分光と X 線回折の垣根が低くなり、両者を融合させた物性研究が盛んになってきたことがあります。例えば、共鳴 X 線回折は元素の吸収端のエネルギーの X 線で行う X 線回折であり、X 線吸収分光と X 線回折の融合です。本ワークショップでは、このような融合により生まれつつある新しい X 線による測定手法を用いた、物性物理学の将来の方向性を明確に打ち出せることを目指しました。参加者は 77 名であり、丸一日かけて非常に活発で有意義な議論がなされました。また、ポスターセッションも開催され、優秀な学生発表者 1 名にポスター賞が授与されました。

プログラム(敬称略)

10:00 ~ 10:05 開会挨拶 慶応大 (VSX 懇談会会長) 近藤 寛
10:05 ~ 10:10 来賓挨拶 JASRI 常務理事 田中良太郎

session1

【座長】和達大樹 (東大物性研)
10:10 ~ 10:20 東大アウトステーションビームラインについて 東大物性研 辛 埴
10:20 ~ 10:45 「SPring-8 BL07LSU 光源クロスアンジュレーターの開発状況」 東大物性研 松田 巖
10:45 ~ 11:25 特別講演 1 「ヒ素の化学を利用した超伝導物質開発」 岡山大 野原 実
11:25 ~ 11:50 ポスターショートプレゼンテーション
11:50 ~ 13:00 昼食

session2

【座長】石坂香子 (東大院工)
13:00 ~ 14:00 ポスターセッション (投票)
14:00 ~ 14:30 「省エネ・創エネ・蓄電デバイスのオペランドナノ分光」東大 尾嶋正治
14:30 ~ 15:00 「高分解能・角度分解・大気圧下軟 X 線発光分光システムの開発」 東大物性研 原田慈久
15:00 ~ 15:30 「X 線の偏光を活用したスピンドYNAMICS 研究」 東大物性研 和達大樹
15:30 ~ 16:10 特別講演 2 「X 線自由電子レーザーを用いた生きた細胞のナノイメージング」 北大 西野吉則
16:10 ~ 16:30 休憩

session3

【座長】 木村昭夫 (広島大理)

- 16 : 30 ~ 16 : 50 「VO₂ 薄膜を用いたピコ秒時分割光電子ホログラフイーの試み」
名工大 林 好一
- 16 : 50 ~ 17 : 10 「窒化ガリウム系トランジスタの表面状態解析」
住友電工 館野泰範
- 17 : 10 ~ 17 : 30 「高分解能共鳴非弾性軟 X 線散乱による CrO₂ の磁場中電子構造観測」
阪大 藤原秀紀
- 17 : 30 ~ 17 : 50 「顕微高分解能二次元光電子分光による機能材料における「活性サイト」の局所構造と電子状態の解析」
奈良先端大 田口宗孝
- 17 : 50 ~ 18 : 10 「銅系モデル触媒での CO₂ の活性化と水素化過程のオペランド観測 : SPring-8 BL07LSU フリーポートにおける雰囲気光電子分光」
東大物性研 吉信 淳
- 18 : 10 ~ 18 : 15 閉会挨拶 東大新領域 (東京大学放射光連携研究機構) 雨宮慶幸
- 18 : 30 ~ 20 : 00 懇親会

session1 では、東大物性研の辛氏による東大アウトステーションビームラインの概要についての説明後、東大物性研の松田氏による偏光制御型アンジュレータ光源開発についての講演がありました。クロス型アンジュレータによる高速の偏光スイッチングを用いた X 線分光実験の現状と、今後の研究展開が示されました。次に、岡山大の野原氏による「ヒ素の化学を利用した超伝導物質開発」の特別講演がありました。鉄系やプラチナ系の新しい超伝導体の合成が次々と進む様子と、今後の室温超伝導実現に向けて放射光 X 線回折・分光への期待が示されました。その後、ポスター発表を行う大学院生によるポスタープレビュー10 件を行い、昼食休憩を挟んでポスターセッションとなりました。BL07LSU を利用した研究や SACLA を用いた研究など多岐にわたるポスター発表があり、多くの活発な議論が行われました。最後にポスター賞のための投票を行いました。

session2 では3件の長期課題からの講演がありました。東大の尾嶋氏による省エネ・創エネ・蓄電デバイスのオペランドナノ分光の講演では、この手法が省エネ・創エネ材料や蓄電デバイス開発に直結しており、オペランド測定が持続可能な社会の構築につながる様子が示されました。東大物性研の原田氏による高分解能・角度分解・大気圧下軟 X 線発光分光システムの開発の講演では、角度分解測定や大気圧下測定など、軟 X 線発光分光の最先端の開発状況が示されました。筆者は X 線の偏光を活用したスピンドイナミクス研究の講演を行い、最近 BL07LSU で成功した時間分解型のスピンドイナミクス測定の研究例と、今後のレーザー励起磁化反転の追究などへの展開を示しました。その後、北大の西野氏により「X線自由電子レーザーを用いた生きた細胞のナノイメージング」の特別講演がありました。SACLA などの X 線自由電子レーザーを用いた最先端の研究が示され、今後 X 線自由電子レーザーのコヒーレンスと時間構造をどのように物性研究に活かせるかなどの観点から多くの議論がなされました。

session3 では5件の一般課題からの講演がありました。名工大の林氏による VO₂ 薄膜を用いたピコ秒時分割光電子ホログラフイーの講演では、世界で初めてとなる時分割原子分解能ホログラフイーの試みが示されました。住友電工の館野氏による窒化ガリウム系トランジスタの表面状態解析の講演では、ゲート形成領域近傍と高電圧ストレス印加時の窒化ガリウムの状態評価が示されました。阪大の藤原氏の高分解能共鳴非弾性軟 X 線散乱による CrO₂ の磁場中電子構造観測の講演では、磁場中共鳴非弾性軟 X 線散乱による測定により CrO₂ 薄膜が表面層の問題を克服して明確に磁気円二色性を示すことが明らかになりました。奈良先端大の田口氏による顕微高分解能二次元光電子分光に関する講演では、顕微光電子回折分光装置の開発の現状と、光電子回折・角度分解高電子分光による最先端の研究が示されました。東大物性研の吉信氏による雰囲気光電子分光システムの講演では、銅系モデル触媒での CO₂ の活性化と水素化過程のオペランド観測が示され、これを踏まえての触媒設計の指針が明らかにされました。

session 終了後には懇親会が開催されました。そこでポスター賞の授与式も行われ、東大院工石坂研究室博士課程1年の中村飛鳥氏がポスター発表賞を受賞しました。SACLA を用いたダイナミクス研究による受賞であり、新しい研究への



ISSP ワークショップ

分子性物質における π 電子—水素相関機能物性

日時：3月29日（火） 10:55-18:00

場所：東大物性研 A615

世話人 森 初果、山下 穰

近年、水素[水素原子(H)、プロトン(H⁺)、ヒドリド(H⁻)、重水素原子(D)、デューテロン(D⁺)]に関係した機能性物質に対する関心が高まっている。最近、物性研究所においても、水素と π 電子が相関した分子性機能物質である κ -H₃(Cat-EDT-TTF)₂(水素体)およびその重水素体を含む誘導体が開発され、これまでに、両者が協奏した物性として「重水素移動をトリガーとした伝導性および磁性のスイッチング現象」、「単成分純有機物の金属状態」、「水素の量子性を利用した量子スピン液体状態」、「サーモクロミズム」、「電場印加下の非線形伝導」など新たな相関機能物性が発見されている。このように、 π 電子の電荷、スピン、格子、軌道の自由度に加え、プロトンという自由度が増えることにより、同じエネルギースケールに多様な自由度が協奏、競合し、広い時空間に渡る揺らぎがもたらす相関物性が注目を集めている。

この相関物性における最近の研究成果の情報交換および議論を、物質開発、物性物理、物性理論が一堂に会して行う機会を設けて欲しいというリクエストに応え、ISSP ワークショップを開催した。下記のプログラムのように、前半が実験研究、後半が理論研究の紹介で、11人の研究者が質問を含んで30分ずつ発表を行った。実験研究の紹介で、まず上田顕博士(物性研)は、水素・重水素— π 電子相関物質の合成、結晶構造およびその抵抗率・磁化率の結果より、重水素のダイナミクスが引き起こす物性スイッチング現象およびその要因について議論した。次に磯野貴之博士(NIMS)は、水素体のトルク測定と静磁化率測定から、水素体が量子スピン液体であること、またその電子状態が磁化率でスケールリングできることを述べた。伊藤哲明博士(東京理科大)は、¹³C-NMR と ¹H-NMR の測定より、水素体は低温で、分子スケールのミクロな不均一性を持つ量子スピン液体状態であること、また電荷秩序相と隣接していることを述べた。橋本顕一郎博士(東北大金研)は水素体の誘電応答測定より、低温での量子常誘電性が水素の量子揺らぎ由来であること、また光学測定よりよりサーモクロミズムを示すことを紹介した。山下智史博士(阪大院理)は水素体および重水素体の熱容量測定より、水素体が量子スピン液体であること、重水素体ではスピギャップがあること、水素体の格子熱容量が顕しく高いことを述べた。下澤雅明博士(物性研)は水素体および重水素体における熱伝導の顕著な異方性の測定より、スピンのギャップレス励起とプロトンダイナミクスが強くカップリングしていることを紹介した。岡本 博教授は(東大新領域)、テラヘルツ電場応答が分子性伝導体の新しい電子状態制御法であることを、いくつかの例を示しながら解説した。

理論の研究紹介では、中 惇博士(東北大院理)が、プロトン・電子結合系の理論計算より、CDW(電荷密度波)、ダイマーモット(電子とプロトンのパイロニック状態)、CO(電荷秩序)相が競合していることを示した。圓谷貴夫博士(NIMS)は、第一原理計算で、水素運動と電荷分離がカップルしていること、水素の動きにより対称性が破られた強誘電性が発現する可能性を示した。渡部 洋博士(理研)は、モンテカルロ計算より、水素体は電子相関・格子歪み・プロトン振動の協力と競合が起こっており、重水素体との大きな違いは、水素結合ポテンシャルの形状とゼロ点振動に起因していることを紹介した。山本魁知氏(横浜市立大)は、水素の量子効果と π 電子の寄与を入れた多成分密度汎関数法による計算で、水素体では室温より非調和型の単一ポテンシャルカーブが計算されるのに対して、重水素体はダブルミニマムカーブが描かれ、両者の異差が相転移の有無と相関することを示した。

日本物理学会、日本化学会、分子科学討論会と、日頃日々の学会で発表する講演者が一堂に会して研究を紹介し、年度末であったにもかかわらず多く参加者(40名)間で時間を延長した活発な議論が続いた。分子性物質における π 電子—水素相関機能物性に新たな展開を感じることができたというコメントを多数の参加者からいただき、今後の研究の進展に大きく寄与しうるワークショップとなった。

物性研究所談話会

標題：Coherence and Crystal Fields in Ce-based heavy Fermions

日時：2016年3月7日(月) 午後4時～午後5時

場所：物性研究所本館6階 大講義室 (A632)

講師：Zachary Fisk

所属：Department of Astronomy and Physics, University of California Irvine, Irvine CA

要旨：

The establishment of coherent Bloch states in heavy Fermion materials involves entangling the f-spin degrees of freedom with those of the conduction electrons with corresponding change in the Fermi surface. Coherence only develops when excited crystal field levels become depopulated in heavy Fermions, intermediate valent materials belonging to a different regime of f-electron - conduction electron coupling. Kondo insulators are argued to be a particular instance of coherent behavior, with data from $\text{La}_3\text{Bi}_4\text{Pt}_3$ - $\text{Ce}_3\text{Bi}_4\text{Pt}_3$ alloys showing how coherence develops only at high Ce concentration.

標題：平成27年度物性研究所 退職記念講演会

日時：2016年3月9日(水) 午後1時30分～午後6時

場所：物性研究所本館6階 大講義室 (A632)

要旨：

13:30-13:40 所長挨拶

13:40-13:50 末元 徹先生 業績紹介

13:50-15:20 末元 徹先生 ご講演

講演題目 「光とともに：テラヘルツから軟X線まで」

15:20-15:30 休憩

15:30-15:40 高田 康民先生 業績紹介

15:40-17:10 高田 康民先生 ご講演

講演題目 「量子多体系と向き合って45年：理論手法の開発と物理概念の新展開」



標題：平成 28 年度 前期客員所員講演会

日時：2016 年 4 月 21 日(木) 午前 9 時 30 分～午後 0 時 20 分

場所：物性研究所本館 6 階 大講義室 (A632)

要旨：

平成 28 年度前期客員所員の講演会を開催しますので、奮ってご参加ください。

新任の客員の先生方におきましては、所内はもちろん所外を含め広くかつ活発な共同研究を展開されることを期待し、自己紹介及び物性研究所での研究目標等をご説明いただきます。

09:30-09:40 所長挨拶 (瀧川 仁：物性研所長)

09:40-10:05 野村 健太郎 (東北大学金属材料研究所)
「トポロジカル絶縁体とワイル半金属」

10:05-10:30 梅野 健 (京都大学大学院情報学研究科)
「カオス相関を用いる超効率的なモンテカルロ計算と量子計算」

10:30-10:55 酒井 英明 (大阪大学大学院理学研究科)
「ビスマス正方格子を有する層状磁性体におけるディラック電子と磁気秩序の強相関現象」

10:55-11:05 休憩

11:05-11:30 立川 仁典 (横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学研究科)
「水素結合系の量子シミュレーション」

11:30-11:55 NUGROHO, Agustinus Agung (Institut Teknologi Bandung)
「Spin and Orbital Ordering in the Layered Hybrid Organic-Inorganic Compound (C₆H₅CH₂CH₂NH₃)₂ CuCl₄」

11:55-12:20 CHIANG, Tai Chang (University of Illinois at Urbana-Champaign)
「Exotic Properties in Single-Layer Materials」

標題：Charge density waves (CDWs) in single-layer, multi-layer, and bulk titanium diselenide - dimensional/confinement effects and the physics of CDWs

日時：2016 年 5 月 26 日(木) 午後 4 時～

場所：物性研究所本館 6 階 大講義室 (A632)

講師：CHIANG Tai Chang

所属：University of Illinois at Urbana-Champaign & ISSP

要旨：

Titanium diselenide (TiSe₂) is a member of a vast family of transitional metal dichalcogenides, many of which show charge density wave (CDW) transitions at low temperatures. The CDW order can compete or entangle with other transitions such as superconductivity and antiferromagnetism, and it is a basic phenomenon of great interest in solid state physics. Specifically, TiSe₂, with a simple (2x2x2) CDW transition at T_C ~205 K in the bulk, remains a fascinating

case. The transition has been attributed variably to excitonic interactions, band-type Jahn-Teller effects, etc. A detailed investigation of the electronic structure is complicated by the three-dimensional nature of the CDW order. The perpendicular electronic momentum is not necessarily conserved in angle-resolved photoemission spectroscopy (ARPES) measurements, making it difficult to pinpoint the gap locations in the Brillouin zone. A single layer of TiSe_2 , by contrast, has a much simpler two-dimensional electronic band structure. Experimentally, it exhibits a (2x2) CDW transition at $T_c \sim 232$ K, which is, perhaps surprisingly, higher than the bulk T_c . The experiment reveals a small absolute band gap at room temperature, which grows wider with decreasing temperature T below T_c in accordance with a BCS-like mean-field behavior. The results are rationalized in terms of first-principles calculations, symmetry breaking, and phonon entropy effects. In light of these results, a careful re-examination of the bulk case reveals two transitions, one coming from the (2x2) ordering in individual layers and another coming from the anti-phase locking of the vertical stacking of layers in three dimensions. A further study of N -layer films, with $N = 1-6$, reveals how the CDW is affected by confinement effects and dimensional crossover. The results provide some detailed answers to long standing questions about CDW physics.

In collaboration with P. Chen, Y.-H. Chan, X.-Y. Fang, Y. Zhang, M. Y. Chou, S.-K. Mo, Z. Hussain, and A.-V. Fedorov



我々は、蛍光一分子分光法を用いることで、タンパク質のフォールディング運動の解明に取り組んできた。我々の手法の特徴は、独自のアイデアにより、一分子連続蛍光測定における時間分解能を従来の数ミリ秒から劇的に向上し、数十マイクロ秒にまで短縮したことである。また、一分子蛍光測定における構造情報の分解能も向上させた。これまでに、開発した装置を使ってプロテイン A の B ドメイン(BdpA)とユビキチンという二つのタンパク質について、観測と解析を進めてきた。二つのタンパク質について得られたデータをまとめると、変性状態にはミリ秒以上の時定数で起きる構造揺らぎが共通して存在した。また、ミリ秒以上の時間領域においても、変性状態の構造の不均一性が残っていた。我々のデータは、変性状態のタンパク質には明らかな構造の不均一性が存在することを示している。一方で、変性状態のタンパク質は均一なフォールディング転移を示す。これらの観察を矛盾なく説明することは可能だろうか。講演では、これまでに得られたデータから示唆されるタンパク質の特性について議論を行いたい。

標題：光合成で働く光化学系 II タンパク質の活性中心 Mn4Ca クラスターの価数決定

日時：2016年3月18日(金) 午前10時～午前11時

場所：物性研究所本館6階 第1会議室 (A636)

講師：梅名 泰史

所属：岡山大学大学院自然科学研究科付属光合成研究センター

要旨：

光合成の水分解・酸素発生を担う光化学系 II タンパク質(PSII)の活性中心には Mn4Ca クラスターが触媒として存在している。Mn4Ca クラスターは IV 価と III 価の混合原子価状態で存在しており、光化学反応によって高められた酸化力で水を分解している。2011年、好熱性らん藻由来 PSII の 1.9 Å分解能の結晶構造から初めて Mn4Ca クラスターの詳細な分子構造が明らかになった(Y.Umena, et al, Nature, 2011)。しかし、4つの Mn 原子それぞれの価数については、結晶や理論計算による立体構造、X線吸収や電子スピン共鳴などのスペクトル分析から様々な議論が続いている。今回、Mn の K-吸収端波長 X線を使った結晶構造解析手法によって、各 Mn 原子の電子状態を解明する研究について紹介する。タンパク質の立体構造と活性中心金属の電子状態を同時に知ることによって、酵素反応をより物理化学的に解明できるものと期待される。

標題：理論部門・ナノスケール部門合同インフォーマルセミナー：Realization of a directional coupler for single flying electrons transferred by surface acoustic waves

日時：2016年3月24日(木) 午後4時～午後5時

場所：物性研究所本館6階 第5セミナー室 (A615)

講師：高田 真太郎

所属：Institut Neel, CNRS

要旨：

Electron quantum optics is a field aiming at the realization of photon experiments with flying electrons in nanostructures at the single-electron level [1, 2]. It is considered as an attractive platform to construct scalable quantum systems and a powerful tool to investigate the quantum nature of flying electrons. Necessary tools for such experiments are single-electron sources, single-electron detectors, beam splitters, phase shifters as well as controlled interaction between the electrons.

Recently our group as well as Cambridge group has demonstrated that a single electron can be transferred on-demand between distant quantum dots using a moving potential of surface acoustic waves (SAWs) [3, 4]. This operation formally corresponds to the realization of a single-electron source and a single-electron detector. To perform electron quantum optics experiments with such SAW flying electrons, development of other basic components such as a beam splitter and a phase shifter of the electrons is required.



In this seminar I will present recent experiments where we aim at the realization of a beam splitter as well as a phase shifter for SAW flying electrons. For that purpose we employ a tunnel-coupled wire, which was shown to work as a beam splitter for ballistic electrons [5]. We show that electron transfer across the tunnel-coupled wire can be highly efficient. Controlling the energy detuning of the tunnel-coupled wire allows us to realize a directional coupler for a single SAW flying electron by splitting the electrons into two paths with an arbitrary probability.

- [1] E. Bocquillon *et al.*, Science **339**, 1054 (2013).
- [2] J. Dubois *et al.*, Nature **502**, 659 (2013).
- [3] S. Hermelin *et al.*, Nature **477**, 435 (2011).
- [4] R. P. G. McNeil *et al.*, Nature **477**, 439 (2011).
- [5] M. Yamamoto *et al.*, Nature Nanotech. **7**, 247 (2012).

標題：理論インフォーマルセミナー：Matrix product state representation of quantum Hall quasi-particles

日時：2016年3月30日(水) 午後4時～午後5時

場所：物性研究所本館6階 第5セミナー室 (A615)

講師：Prof. Eddy Ardonne

所属：Stockholm University, Fysikum

要旨：

In this talk, I will discuss the matrix product state formulation of fractional quantum Hall states.

In particular, I will focus on the description of quasi-particles, which are more complicated in comparison to quasi-holes due to the Pauli-principle.

Using the matrix product states for the quasi-particles, we can deal with system sizes that are large enough to calculate the statistics properties of the quasi-particles.

標題：SOR Seminar: Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy at Diamond Light Source, the example of quasi-one dimensional $Tl_2Mo_6Se_6$

日時：2016年4月4日(月) 午後2時～

場所：物性研究所本館6階 第1会議室 (A636) SPring-8 会議室 (TV 会議)

講師：Dr. Moritz Hoesch

所属：Diamond Light Source

要旨：

A beamline for high-resolution angle-resolved photoelectron spectroscopy (ARPES) has been built at Diamond light Source in the United Kingdom.

The full extent of the project will consist of two instruments, nano-ARPES that is currently under commissioning, and high-resolution HR-ARPES that started full operation in January 2014. In this seminar I will describe the implementation of HR-ARPES and its extended sample preparation facilities and gives a few examples of research that has been conducted.

As a particularly interesting case study I will present data from quasi-one-dimensional $Tl_2Mo_6Se_6$ where a survey of momentums spaces reveals an indeed highly one-dimensional Fermi surface and peculiar reduction of intensity near E_F that will be discussed in the context of Tomonaga-Luttinger liquid theory.

標題：理論インフォーマルセミナー：Finite field methods for supercell modelling of charged insulator-electrolyte interfaces

日時：2016年4月8日(金) 午後1時30分～午後2時30分

場所：物性研究所本館6階 第5セミナー室 (A615)

講師：Michiel Sprik

所属：University of Cambridge

要旨：

The finite size of atomistic models of interfaces forces us to use slabs introducing a second interface. This is in particular problematic for the modelling of the electric double layers that form at the interface of a charged surface with an ionic solution (the electrolyte). For an insulating slab one now has to choose between surfaces with charge of the same sign, or with opposite sign. The second option of opposite charges is generally regarded as incompatible with periodic boundary conditions because of the net cell dipole moment due to aligned double layers dipoles. We will argue that this is not the case. We will show that the familiar dipole correction applied to cancel the effect of the cell dipole can be regarded as a periodic cell under zero dielectric displacement ($D=0$) boundary conditions in the direction perpendicular to the slab. Omitting this correction gives a system under zero electric field ($E=0$). The double layers on either side are now no longer compensated but acquire a net finite charge of opposite sign. Charge compensation can be restored by application of a finite macroscopic electric field E . This is demonstrated for a classical force field model (SPC) consisting of a NaCl solution confined by hard walls carrying opposite charge. We will then show how the application of finite fields can be used to obtain an estimate of the capacitance of the double layers.

標題：理論セミナー：Properties and Singularities of the Andreev spectrum in multi-terminal Josephson junctions

日時：2016年4月12日(火) 午後4時～午後5時

場所：物性研究所本館6階 第5セミナー室 (A615)

講師：横山 知大

所属：東京大学物性研究所

要旨：

Recently, superconductor junction attracts great interests in theoretical and experimental studies. Topologically protected state, e.g. Majorana fermion, is one of the main topics for such junctions. Spin-orbit (SO) interaction plays an essential role to induce topological physics. SO interaction is strong in narrow gap semiconductors such as InAs and InSb, and many spin physics are investigated in the quantum well, nanowire, etc. In this study, we investigate Josephson junctions using the semiconductor nanostructures.

We examine multi-terminal Josephson junction. Such junction can be fabricated using crossed nanowires so-called nanocross [1]. For N superconductors, number of the independent phase differences is $N-1$. The ABS energies are 2π periodic for all phases. By regarding the phases as "quasi momenta" of the energies, we can consider an "energy band" of the multi-terminal junction. The band shows topological singularities at zero energy, properties of which indicates indicate the Weyl singularity [2,3]. We investigate properties of the Andreev spectrum, e.g. peculiar points and lines at the superconducting gap edge in the presence of strong SO interaction, which have mathematical analogy with the Weyl singular point at zero energy [3]. In addition, we consider protection of gaps, crossing of bunching levels, etc [4].

[1] S. R. Plissard *et al.*, Nature Nanotech. **8**, 859 (2013).

[2] R.-P. Riwar *et al.*, arXiv: 1503.06862.

[3] T. Yokoyama and Yu. V. Nazarov, PRB **92**, 155437 (2015).

[4] T. Yokoyama *et al.*, in preparation.



標題：第 5 回物質・物性セミナー「鉄酸化物：変わりモノ」

日時：2016 年 4 月 12 日(火) 午前 10 時 30 分～午前 11 時 30 分

場所：物性研究所本館 6 階 第 5 セミナー室 (A615)

講師：高野 幹夫

所属：岡山大学大学院自然科学研究科

要旨：

- ・ (1)鉄の酸化物は山ほどある。そのほとんどが $\text{Fe}^{2+}(\text{d}6)$ あるいは $\text{Fe}^{3+}(\text{d}5)$ を含むものであり、常圧での基底状態は決まって反強磁性絶縁体であるから、d 電子数についても基底状態についてもバラエティ豊かとは言いがたい。わずかではあるが、 $\text{Fe}^{4+}(\text{d}4)$ を含む酸化物が存在して、違った振舞いをみせてくれる。 SrFeO_3 などを紹介する。
- ・ (2)釈迦に説法で恐縮だが、組成、構造とともに「かたち(ありよう)」は性質を決める大切な要素である。*Leptothrix ocracea* とよばれる水棲バクテリアは、 Fe^{3+} 、 Si^{4+} 、 P^{5+} を含む 3nm 径の酸化物粒子と少量の有機繊維からなるチューブ(直径 $1\ \mu\text{m}$ ・長さ $\sim 2\text{mm}$)をつくる。その使い道を探る研究を紹介する。

標題：理論インフォーマルセミナー：Strong light-matter interaction in materials science: merging QED and TDDFT

日時：2016 年 4 月 13 日(水) 午後 1 時 30 分～午後 2 時 30 分

場所：物性研究所本館 6 階 第 5 セミナー室 (A615)

講師：Prof. Angel Rubio

所属：Max Planck Institute for the Structure and Dynamics of Matter, Universidad del País Vasco, and FHI Max-Planck-Gesellschaft

要旨：

Computer simulations that predict the light-induced change in the physical and chemical properties of complex systems, molecules, nanostructures and solids usually ignore the quantum nature of light. We have recently shown how the effects of the photons can be properly included in such calculations. The basic idea is to treat the full QED system of particles and photons as a quantum fluid. Here the particles are represented by a charge current, and the photons by a classical electromagnetic field that acts on the current in a very complex manner. This study opens up the possibility to predict and control the change of material properties due to the interaction with light particles from first principles.

Here we will review the recent advances within density-functional a schemes to describe spectroscopic properties of complex systems with special emphasis to modeling time and spatially resolved electron spectroscopies We will discuss the theoretical approaches developed in the group for the characterization of matter out of equilibrium, the control material processes at the electronic level and tailor material properties, and master energy and information on the nanoscale to propose new devices with capabilities. We will focus on examples linked to the efficient conversion of light into electricity or chemical fuels (“artificial photosynthesis”) and the design on new nanostructure based optoelectronic devices, among others.

Our goal is to provide a detailed, efficient, and at the same time accurate microscopic approach for the ab-initio description and control of the dynamics of decoherence and dissipation in quantum many-body systems. This theoretical framework provides a new way to control and alter chemical reactions in complex systems, direct the movement of electrons, selectively trigger physico-chemical processes, and create new state of mater.

標題：理論インフォーマルセミナー：Three-dimensional Kitaev spin liquids

日時：2016年4月20日(水) 午後4時～午後5時

場所：物性研究所本館6階 第5セミナー室 (A615)

講師：Dr. Maria Hermanns

所属：Institute for Theoretical Physics, University of Cologne

要旨：

The Kitaev honeycomb model is one of the archetypal examples of topological phases of matter. It has played a crucial role in shaping our current understanding of quantum spin liquid phases in two spatial dimensions. In this talk, we will discuss the rich physics arising for generalizations of the Kitaev model to three-dimensional lattice structures. In these models the low-energy degrees of freedom are Majorana fermions that may form various (semi-)metallic states. I will give a comprehensive classification of the resulting quantum spin liquid phases, as well as discuss their properties and possible experimental signatures.

標題：理論セミナー：Foundation of quantum statistical mechanics from ultracold-atomic perspective

日時：2016年4月22日(金) 午後4時～午後5時

場所：物性研究所本館6階 第5セミナー室 (A615)

講師：池田 達彦

所属：東京大学物性研究所

要旨：

Foundation of quantum statistical mechanics has recently seen a resurgence of interest partly because ultracold atomic systems serve as ideal testbeds. These systems are at very low temperature and in ultra high vacuum, and, thus, can be regarded as isolated quantum systems, which are described by a single pure state evolving unitarily. In experiments, even under the unitary time evolution, effective stationary states have been observed, and they may or may not be thermal depending on the Hamiltonian that describes the system. Many active theoretical studies have been conducted to understand when and how thermalization emerges from quantum mechanics (see e.g., Ref. [1] for an overview).

The first half of this talk will be devoted to a brief introduction to the ultracold-atom systems and to the theoretical approach to the foundation of quantum statistical mechanics. In the second half, I will talk about our recent study on a non-thermal steady state realized in a coherent splitting of a one-dimensional Bose gas [2]. If time allows, I will talk about more pieces of work on this topic.

References:

[1] L. D'Alessio, Y. Kafri, A. Polkovnikov and M. Rigol, arXiv:1509.06411.

[2] E. Kaminishi, T. Mori, T. N. Ikeda, and M. Ueda, Nature Physics 11, 1050-1056 (2015).



14:10-14:20 休憩

14:20-15:00

講師：加藤 洋生

所属：東京大学理学系研究科物理学専攻

題目：Polyexciton stability in multi-valley semiconductor and optical trap for valley exciton

Professional development Consortium for Computational Materials Scientists (PCoMS) is the organization established to develop human resources of computational material science. I participated the internship program of PCoMS and stayed in prof. Varga's group in the Vanderbilt University for almost 1 month in this spring. In this stay. My activity was focused on settling the current research project and putting the next research issue into shape. Current project is the identification of polyexciton stability in multi-band semiconductor and verified up to triexciton bound states by numerical calculation. Next research issue is assessing the feasibility of optical trap for 2D exciton by utilizing optical Stark effect. I will report the details and contributions of the internship to my research.

標題：理論セミナー：Polarization and Large Gauge Invariance

日時：2016年5月13日(金) 午後4時～午後5時

場所：物性研究所本館6階 第5セミナー室 (A615)

講師：Prof. Masaki Oshikawa

所属：ISSP, the University of Tokyo

要旨：

Quantum systems on a non-simply connected space possess a "large" gauge invariance. Laughlin utilized this to explain quantum Hall effect [1]. Later, it was applied to elucidate a universal relation between filling factor and energy spectrum in quantum many-body systems on periodic lattices (Lieb-Schultz-Mattis-M.O.-Hastings) [2].

Somewhat surprisingly, the large gauge invariance is also deeply related to modern theory of electric polarization developed by Resta et al [3,4]. I will give an overview of applications of the large gauge invariance to condensed matter physics, and also discuss most recent results obtained by combining it with the theory of polarization [5].

References:

- [1] R. B. Laughlin, Phys. Rev. B 23, 5632 (1981).
- [2] M. O., Phys. Rev. Lett. 84, 1535 (2000).
- [3] R. Resta and S. Sorella, Phys. Rev. Lett. 82,370 (1999).
- [4] M. Nakamura and J. Voit, Phys. Rev. B 65, 153110 (2002).
- [5] Y.-M. Lu, Y. Ran, and M. O., in preparation



標題：第 37 回極限コヒーレント光科学セミナー「シリコン半導体単結晶における高速光歪効果の観測」

日時：2016 年 5 月 23 日(月) 午後 3 時～午後 4 時

場所：物性研究所本館 6 階 第 1 会議室 (A636)

講師：田中 義人先生

所属：兵庫県立大学大学院 物質理学研究科

要旨：

物質に光を照射することにより、非熱的過程で試料サイズが変化する現象は、光歪(photostriction)と呼ばれている[1]。光歪現象は、大きく分けて、強誘電体、極性半導体、非極性半導体、有機材料で見られる。有機高分子材料では、光反応で分子の形状変化が起こり、体積変化が生じる。また、強誘電体や極性半導体では、光励起により内部電場が変化し、逆圧電効果により歪みが生じる。一方、非極性半導体では、直接的に過剰キャリアに起因して歪むと言われている。我々は、特にこの非極性半導体で起こるとされる光誘起歪みダイナミクスに注目し、その光励起条件依存性を調べている。短パルス光励起における過剰キャリア生成と歪みの関係を調べ、光歪効果における電子-格子間エネルギー移行を明らかにすることを目的としている。

結晶試料における格子の過渡的な歪みは、高輝度放射光 X 線光源を用いることにより、高精度かつ高時間分解能で X 線回折測定により観測することができるようになった [2]。さらに X 線自由電子レーザーが開発されたことで、大強度のフェムト秒パルス X 線が得られるようになり、過渡的なフェムト秒現象にも迫れるようになった[3]。我々は、これまでに、厚さ約 1 mm の半導体ウェハ上に波長 800 nm のレーザーを照射することによって発生させた高速歪みを観測し、その初期歪みは、GaAs ウェハの場合では膨脹、Si ウェハの場合では収縮であることがわかった[4]。GaAs ウェハについては、表面近傍での初期歪みの時間応答 200 ps 程度の振る舞いについて詳細に観測し、表面法線方向に音響フォノンが発生している様子も確認できた[5]。Si ウェハにおいては、最初の約 1 ns で格子の圧縮がおこり、それが熱膨脹へと変わっていく様子をとらえた。一方、これらの過渡歪みの計測では、試料がレーザーで励起される深さ方向の領域、および、X 線で観測される深さ方向の領域の関係によりその歪みの時間的振る舞いに差異が生じることもわかった。そのため、X 線の浸入長が変わる光学配置を適用したり、レーザーの波長を変えたりすることにより、様々な時間依存性が観測された。

そこで、励起・観測領域を一定にするために、薄膜単結晶試料を用いた。図 1 は、厚さ 100 nm の SOI(Silicon on Insulator)に対して、励起レーザーの波長を変えて測定した例である。波長 400 nm のレーザーで励起したときには膨脹が、波長 800 nm の場合には、圧縮後膨脹が観測されていることがわかる。これは、非極性半導体における光歪効果と、フォノン発生に伴う格子膨脹の競合の結果現れている振る舞いと推察されるが、現在議論中である。

この光歪現象は、半導体中の過剰キャリアの励起状態と密接に関わっているため、観測されている歪みに対する、電子状態の時間的振る舞いを知ることがたいへん重要である。セミナーでは、これらの対応を調べる手法についても議論したい。

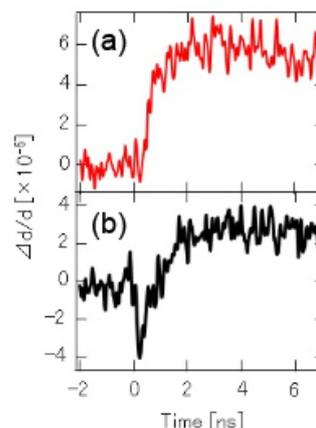


図 1：薄膜単結晶(SOI)における、波長 (a) 400 nm および(b) 800 nm での光励起による格子歪みの時間変化。縦軸は格子定数の変化率である。

[1] B. Kundys, Appl. Phys. Rev. 2, 011301 (2015).

[2] Y. Tanaka, Frontiers in Optical Methods: Nano-characterization and coherent control, Springer, pp. 85-103 (2013).

[3] Y. Tanaka *et al.*, J. Ceramic. Soc. Jpn. 121, 283 (2013).

[4] Y. Hayashi *et al.*, Phys. Rev. Lett., 96, 115505 (2006).

[5] Y. Tanaka *et al.*, J. Phys. Conf. Ser., 278, 012018 (2011).

設長に依頼し、後者については WG で回答を作成した。提言によって対応済みのものもあれば、事情が変わって対応に至らなかったものもあったが、一番困ったのが物性研における女性研究者の比率の問題である。前回の提言で「物性研には特に注意を払って優秀な若手女性研究者を発掘する努力を続けることが望まれる」と指摘されていたが、残念ながらこの 10 年で改善は見られなかった。この点については今回の外部評価でもかなり強い指摘を受けることになった。

当初の予定では 7 月～9 月にかけて原稿を集め、11 月中頃には活動報告書の第一版を完成させる計画であったが、一部の原稿に遅れが出たために 12 月 20 日頃になって漸く完成し、12 月 22 日に大学のファイル転送サービスを利用して個人業績報告書および活動報告書の電子ファイルを評価委員に送るとともに印刷版を発送した。翌 23 日に評価委員長の Keimer 教授と評価委員の高木教授(共にマックスプランク研究所)、瀧川所長および WG でテレビ会議による 1 回目の打ち合わせを行った。この席では、評価資料と重点的に評価を受けたいポイントの説明や現地調査プログラムの調整などを行い、Keimer 教授からは追加の資料や物性研の若手研究者との面談についての要望があった。後者については、現地調査の 2 日目と 3 日目に評価委員と若手研究者(助教および PD 各 12 名程度)との昼食会を設定することになった。1 月 11 日に 2 回目のテレビ会議を行い、評価資料と現地調査プログラムについて最終確認した。

現地調査当日は、評価委員打ち合わせの後に所長による全体説明から始まった。その後各部門から 2～3 名の所員が Research Highlight の発表を行い、また施設・センターについてはそのミッションや設備、アクティビティーについての説明と主な研究成果の紹介を行った。所員にとっては久しぶりの評価される立場でのプレゼンテーションであり、緊張感の中、発表と質疑応答が活発に行われた。実験室見学は、評価委員からの要望によって LASOR と国際超強磁場科学研究施設の 2 カ所のみとなり、初日と 2 日目にそれぞれ行われた。初日の夕方にはポスターセッションを設定し、若手研究者も参加して各研究室あたり 1 件程度の研究紹介を行った。ここでは飲み物と軽食を用意し、20 時ごろまで活発に質疑応答が続いた。2 日目の夕方には、所長による物性研の将来計画、特に 2 つの組織横断型グループ設立計画についての説明がなされた。2 日目、3 日目の昼に行われた評価委員と若手研究者との昼食会には所員は立ち会わなかったためその状況はうかがい知れなかったが、その席での参加者の意見等が報告書にも反映されているので大変有意義であったと考えられる。最終日の夕方、評価委員による講評を所長および WG メンバーで伺い、報告書のとりまとめの時期などについて確認し、無事終了した。

2016 年 3 月 4 日、外部評価報告書の原文が Keimer 委員長から送られた。報告書は 20 ページにわたるもので、その中から総括の部分の要点を一部紹介する。まず物性研の現状と将来展望に関しては、過去 10 年間における組織改革や研究実績、共同利用プログラムの運用について、「物性研究所の重要性や影響力は数多くの傑出した論文のみならず、物性研究所において助教としてキャリアをスタートし、現在所外の学術機関において指導的地位に就いている多数の研究者によっても示されている」と評された。特に「物性研の強相関電子系の研究は近年強力な成長を遂げ、国際的にも高い存在感を示している」ことを挙げ、他分野も含め「国際的にさらなるプレゼンスの向上に向けた、組織横断的研究グループの設置案を盛り込んだ将来計画を強く支持する」、と記述されている。国際化に関しては、「物性研は海外からの優秀なポストクの獲得に成功している一方、外国人の助教・所員の数が非常に少なく、今後海外の一流の候補者の獲得に努力すべきである」ことが提言された。また多くのセミナーが日本語で行われている現状を踏まえ、英語でのプレゼンテーションが奨励された。ジェンダーの多様性に関しては、「女性の所員・助教の割合が非常に低いことは深刻な懸念材料であり、海外から優れた女性研究者をヘッドハントすることも視野に入れるべき」との指摘を受けた。追加提言として、「近隣の研究機関との連携を深めること、特に物性研の主たる使命は基礎研究にあるため、応用研究に特化した研究機関や企業との緊密な連携により非常に高い存在感を示すことができる」と言及されている。

一方、物性研の外部評価はこれまで 10 年のサイクルで実施されてきたが、評価委員からは、「科学の発展や科学政策の展開が急速になって来ていることを踏まえ、評価サイクルをより短く 6 年ごととすべきである」との勧告がなされた。

「東京大学における自己点検・評価の基本方針」においても、「各部署において自己点検評価を実施し、中期目標期間に評価結果をまとめること、また評価にあたっては国内外の関係者によるピアレビューを積極的に導入すること」が述べられている。これとは別に中期目標期間に関わる大学評価のための現況調査票等の作成もある(今回は所長と鈴木 URA で対応)。加えて、前述の共同利用・共同研究拠点の期末評価が同じサイクルで巡ってくる。2015 年度はこれらが重なったために評価関係資料の作成に明け暮れた 1 年であったが、5 年後にも同じ事態が予想される。研究組織にとって評価は必



外部評価委員

Tomasz Dietl	Polish Academy of Science & Tohoku University
Yoshiaki Kato	Graduate School for the Creation of New Photonics Industries
Maki Kawai	University of Tokyo
Bernhard Keimer	Max Planck Institute for Solid State Research (Chair)
Murugappan Muthukumar	University of Massachusetts, Amherst
Hidenori Takagi	Max Planck Institute for Solid State Research & University of Tokyo
David Vanderbilt	Rutgers University
Oachim Wosnitza	Dresden High Magnetic Field Laboratory, Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf

現地調査プログラム

開催日程：2016年1月20日～22日

開催場所：東京大学柏キャンパス 物性研究所大講義室

Wednesday (20th)

9:00-9:20		Meeting (Meeting Room 2)
9:20-9:50	M. Takigawa	Opening and Overview (Lecture Room)
9:50-10:20	Q&A	
10:20-10:40		Break
	Chair H. Tsunetsugu	
10:40-11:00	H. Mori	Novel Functionalities in Proton- π -Electron Coupled Molecular Conductors
11:00-11:20	S. Nakatsuji	Novel Topological Phases in Correlated Electron Systems
11:20-11:40	T. Sakakibara	Identification of the Pairing Symmetry of Heavy-Fermion Superconductors by Heat-Capacity Measurements in a Rotating Magnetic Field
11:40-12:00	Y. Uwatoko	Pressure-Induced Superconductor on the 3d Magnetic System CrAs and MnP
12:00-13:20		Lunch (A613 Seminar Room)
13:20-14:10		Lab Tour (LASOR)
	Chair F. Komori	
14:10-15:00	S. Shin, J. Itatani, H. Akiyama	Activity and Future Plan of LASOR Center
15:00-15:20		Break
15:20-16:10	Z. Hiroi	Materials Design and Characterization Laboratory: Activities and Research
	N. Kawashima	Computer-Related In-House Organizations --- MDCL and CCMS ---
16:10-17:30		Committee Meeting (Meeting Room 2)
17:30-20:00		Poster



Thursday (21th)

Chair J. Yoshinobu

9:00-9:20	T. Ozaki	Development of Large-Scale Electronic Structure Methods and its Applications
9:20-9:40	H. Noguchi	Structure and Dynamics of Biomembranes
9:40-10:00	O. Sugino	Functional Condensed Matter Research from First-Principles
10:00-10:20	M. Oshikawa	Symmetry-Protected Topological Phases in One Dimension
10:20-10:40		Break
10:40-11:00	Y. Otani	Spin Current Related Phenomena in Metallic Nano-Structures
11:00-11:20	M. Lippmaa	Nanoscale Oxide Thin Films and Heterostructures
11:20-11:40	S. Katsumoto	Spin Transport in Quantum Structures
11:40-12:00	F. Komori	Electron Dynamics at the Surface of an Intrinsic Topological Insulator
12:00-13:20		Lunch Meeting with Young Researchers (1) (A613 Seminar Room)
13:20-14:10		Lab Tour (IMGSL)

Chair T. Sakakibara

14:10-14:40	K. Kindo	Past, Present and Future of IMGSL
14:40-15:10	Y. Matsuda	The 1000 T Project with 5 MJ Electromagnetic Flux Compression System
15:10-15:30	M. Tokunaga	Quest for the Excitonic Phase in High Magnetic Fields
15:30-15:50		Break
15:50-16:30	M. Shibayama	Neutron Science Laboratory (NSL), ISSP, U. Tokyo
16:30-16:50	M. Takigawa	ISSP Future Plan
16:50-17:10	Q&A	
17:10-18:30		Committee Meeting (Meeting Room 2)

Friday (22th)

Chair O. Yamamuro

9:00-9:20	Y. Harada	In situ / Operando Ultrahigh Resolution Resonant Inelastic Soft X-ray Scattering
9:20-9:40	K. Kondo	Point Nodes Persisting Far Beyond T_c in the High- T_c Cuprates Revealed by Laser-ARPES
9:40-10:00	Y. Kobayashi	Leading-Edge Laser Development and its Applications
10:00-10:20		Break
10:20-10:40	T. Masuda	Inelastic Neutron Scattering Research using High Resolution Chopper Spectrometer in J-PARC
10:40-11:00	M. Shibayama	Physics of Soft Matter @ Shibayama Lab., ISSP
11:00-12:00		Committee Meeting (Meeting Room 2)
12:00-13:20		Lunch Meeting with Young Researchers (2) (A613 Seminar Room)
13:20-16:00		Committee Meeting (Meeting Room 2)
16:00-17:00		Committee-ISSP Joint Meeting (Meeting Room 2)
17:00-18:30		Party (Cafeteria)



人事異動

【事務部】

○平成 28 年 7 月 1 日付け

(転出)

氏名	所属	職名	備考
中村正俊	物性研究所	主査	統計数理研究所極地研・統数研統合事務部企画グループ 統括チームリーダーへ
狩野真二	予算・決算係	係長	先端科学技術研究センター財務企画チーム 係長へ

(転入)

氏名	所属	職名	備考
岩村ときわ	物性研究所	副事務長	総合企画部総務課情報公開・個人情報チーム 副課長から
村本洋子	予算・決算係	係長	施設部施設企画課 (建築エンジニアリングオフィス) 係長から



編 集 後 記

いよいよ本格的な夏となり、暑さもより一層厳しくなってきました。一方で、柏の葉公園の野球場からは元気のいい声援と「ドンドン」と太鼓の大きな音が聞こえてきます。この猛暑の中、頑張っている若者がいると思うとこちらも負けていきられません。

さて、今回の「物性研だより」では、これまでの研究トピックス、受賞、研究者、研究会などの記事に加えて「物性研究所国際外部評価」の記事が掲載されています。この「国際外部評価」はほぼ 10 年間隔で行われており、研究所の今後の方向性を考える重要なものです。本記事には今年 1 月 20 日～22 日の期間に行われた現地調査とその準備が分かりやすく説明されていますが、同時に読者は評価に対する所員や URA の緊張も感じることができるでしょう。

今回の「物性研だより」では、大変お世話になった高田康民先生の記事が掲載されています。鋭い御指摘をいつもして下さった先生を思い出しながら拝読させていただきました。

松 田 巖