

物性研だより

第56巻
第1号

2016年4月

目次

- 1 強磁場下におけるグラファイトの新奇電子相
.....秋葉 和人、三宅 厚志、徳永 将史
- 4 超伝導できない超伝導電子
~超伝導温度より遙か高温から存在する超伝導電子の発見~
.....近藤 猛、辛 埴
- 7 極低温まで軌道自由度が凍結しない銅酸化物の実現と
軌道揺らぎの時間スケールの観測
.....萩原 政幸、韓 一波、中辻 知
- 10 EPS-QEOD Travel Grant Student Awardsを受賞して・・遠藤 護
- 12 外国人客員所員を経験して.....Martin Rotter
- 物性研究所短期研究会
- 13 ○ スピン系物理の深化と最前線
- 19 ○ 『低次元電子系におけるエキシトニック相の新展開』の報告
- 25 ○ 量子物質研究の最前線
- 42 ○ 「量子乱流と古典乱流の邂逅」の報告
- 46 物性研究所談話会
- 47 物性研究所セミナー
- 物性研ニュース
- 53 ○ 人事異動
- 56 ○ 東京大学物性研究所研究員の公募について
- 57 ○ 東京大学物性研究所特任助教の公募について
- その他
- 58 ○ 大学院進学ガイダンス
- 59 ○ 物性若手夏の学校ポスター
- 編集後記
物性研だよりの購読について



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

合わせて考察した 53 T 以上におけるグラファイトのバンド分散を図 2 に模式的に示す。今対象としている強磁場領域でグラファイトは磁場と垂直方向に分散を示さず、磁場方向にのみ分散関係を持った擬一次元系と見なせる。我々の実験結果から考察した 53 T 以上の状態では、図 2 のように 2 本のランダウ・サブバンドがフェルミ・レベルと交差する。ここで指数 $0 \downarrow$ および $-1 \uparrow$ で表された状態は、それぞれ \downarrow スピンの電子的および \uparrow スピンの正孔的ランダウ・サブバンドに対応しており、電子・正孔ともにスピン分裂まで含めた最低ランダウ準位だけを占有する量子極限状態である。

このような擬一次元導体では一般に $2k_F$ 不安定性があり、フェルミ点間のネスティングによる相転移が起こりやすい[9]。図 2 の状況では第一ブリルアン・ゾーン内に 4 つのフェルミ点が存在

するため、図中に両矢印 I~III で示した 3 通りのネスティングが考えられる（図を見やすくするため表示を省略しているが残された 2 つのフェルミ点間も同じ波数でネスティングを起こす）。このうち I のネスティングは電荷密度波に相当する。一方電子的および正孔的サブバンドの間を結ぶネスティングは励起子相であると考えられてきた[10]。励起子相とは電子-正孔対が BCS 的または BEC 的な凝縮状態を形成した量子相であり、理論的には約半世紀前から存在が指摘されてきた[11-13]。実験的にもいくつかの物質で励起子相実現の可能性が報告されてきたが[14-16]、決定的な証拠は得られていない状況である。

図 2 に示した量子極限状態にあるグラファイトのバンド構造は励起子相を実現する理想的な状況であるが、実際に 53 T 以上で見られる面間伝導にギャップの開いた相が励起子相であるか否かは現時点で明らかではない。ただ図 2 の III で示されたネスティングには一つ興味深い特徴がある。図 2 に見られるように $2k_F^{(-1)} + 2k_F^{(0)} + 2\delta k = \pi/c_0$ (c_0 は c 軸長) であり、これに電荷中性条件から要請される $k_F^{(-1)} = k_F^{(0)}$ という条件を加えると、III の長さは常に $\pi/2c_0$ となる。このような格子と整合な変調は格子系と結合してさらなるエネルギー利得を得やすいと期待できる。

今後の展開

今後の最優先課題は、53 T 以上で見られる電子相が励起子相か否かを決定づける直接的な証拠を得ることであり、現在我々は様々な実験手段を使って研究を進めている。また同様の物理はグラファイトに限らず他の半金属でも期待できる。我々はビスマスや圧力下の黒燐などに対しても強磁場物性研究を進めており[17]、量子極限状態における相転移に関してより一般的な理解を目指している。

物性物理学の中心的テーマとして多くの人々を魅了する超伝導現象は、約百年前に当時高純度試料の得やすかった水銀で初めて発見された。その後も単純な系で基礎物性が解明されたことが後の BCS 理論の構築に役立ったと言えるだろう。電子-正孔対の BCS 的状態である励起子相についても、単純な系で基礎物性を明らかにすることが、物理の本質を切り出すために重要であると我々は考えている。パルス強磁場下で可能な実験手段とその精度は今世紀に入って飛躍的に向上しており、それらを駆使した実験を通じて量子極限状態における相転移および励起子相の物理の本質を多角的な研究によって解明したい。

謝辞

この研究成果は東京大学物性研究所の金道浩一教授、松尾晶技術専門職員、東京理科大学の矢口宏教授との共同研究である。また東京大学物性研究所の高田康民教授、家泰弘教授(現所属：日本学術振興会)および長田俊人准教授には議論および試料提供等を通じて多くのご支援をいただいた。この場を借りてお礼を申し上げる。

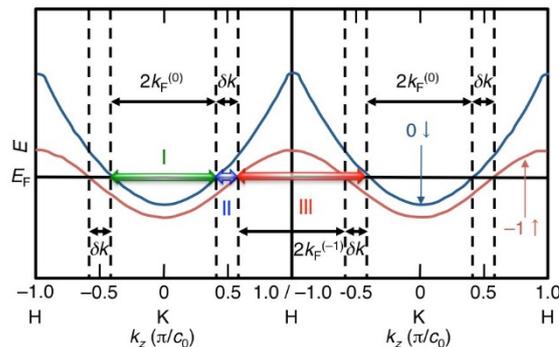


図 2 模式的に示した 53 T 以上の磁場領域で実現していると期待される電子的 ($0 \downarrow$) および正孔的 ($-1 \uparrow$) ランダウ・サブバンドの分散関係。図中の両矢印 I~III は可能なネスティング・ベクトルを表している。

参考文献

- [1] 「半金属中の電子・正孔相関と超音波の巨大量子減衰」 倉本義夫著、物理学最前線(2)、共立出版(1982).
- [2] S. Tanuma *et al.*, *Physics in High Magnetic Fields*, ed. S. Chikazumi and N. Miura (Springer Berlin, 1981).
- [3] H. Yaguchi and J. Singleton, *Phys. Rev. Lett.* **81**, 5193 (1998).
- [4] B. Fauqué *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **110**, 266601 (2013).
- [5] K. Akiba *et al.*, *J. Phys. Soc. Jpn.* **84**, 054709 (2015).
- [6] D. Yoshioka and H. Fukuyama, *J. Phys. Soc. Jpn.* **50**, 725 (1981).
- [7] K. Sugihara, *Phys. Rev. B* **29**, 6722 (1984).
- [8] K. Takahashi and Y. Takada, *Physics B* **201**, 384 (1994).
- [9] H. Fukuyama, *Solid State Commun.* **26**, 783 (1978).
- [10] Y. Iye *et al.*, *Phys. Rev. B* **25**, 5478 (1982).
- [11] N. F. Mott, *Philos. Mag.* **6**, 287 (1961).
- [12] J. M. Blatt, K. W. Böer, and W. Brandt, *Phys. Rev.* **126**, 1691 (1962).
- [13] D. Jérôme, T. M. Rice, and W. Kohn, *Phys. Rev.* **158**, 462 (1967).
- [14] Th. Pillo *et al.*, *Phys. Rev. B* **61**, 16213 (2000).
- [15] B. Bucher, P. Steiner, and P. Wachter, *Phys. Rev. Lett.* **67**, 2717 (1991).
- [16] Y. Wakisaka *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **103**, 026402 (2009).
- [17] K. Akiba *et al.*, *J. Phys. Soc. Jpn.* **84**, 073708 (2015).

超伝導できない超伝導電子

～超伝導温度より遙か高温から存在する超伝導電子の発見～

極限コヒーレント光科学研究センター 近藤 猛、辛 埴

1. 研究の背景

超伝導を阻害する擬ギャップが生じる波数領域は、アンチノード近傍に限定され(図3参照)、アンチノードから遠ざかる波数では、電子対ギャップがスペクトルを支配する[1]。しかし、ギャップが小さくなるノード近傍の電子状態の詳細は、活発な研究と議論がなされてきたにも関わらず、未解決であった。この問題を解決するため我々は、レーザー($h\nu=7\text{eV}$)を励起光として用いる角度分解光電子分光(ARPES)実験を行った。この手法では、エネルギー分解能が、従来の He 放電管や放射光を用いた実験($dE\sim 10\text{meV}$)に比べて、一桁近く向上($dE\sim 1\text{meV}$)するため、ノード極近傍の微細なエネルギーギャップでも精密に測定できる[2]。さらに、低エネルギー光源の特徴として、励起された光電子が固体内で散乱されにくく、平均自由行程が長いこと、バルク感性が良い。不完全な表面に由来する2次的な散乱にも左右されにくく、本質的に鋭い準粒子ピークが得られるため、ギャップの精密解析が可能となる。これまで、銅酸化物高温超伝導体におけるノード近傍のエネルギーギャップは、一般的な超伝導体と同じく、BCS 関数に従い T_c で閉じる温度変化を示し、ノードを中心とする広い波数領域で、 T_c を堺にフェルミアークが形成される、と解釈されてきた[3]。我々は、分解能が抜群に優れるレーザーARPES を活用することで、これとは全く異なるギャップ状態をノード近傍で観察したので紹介する[4]。

2. 実験結果

図 1(b)に、 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+d}$ (Bi2212)の最適ドーパ試料(OP93K, $T_c=93\text{K}$)を用いて低温($T=10\text{K}$)で測定した様々なフェルミ波数のスペクトルをプロットする。(ギャップサイズを正確に見積もるため、 E_F を境に反転させたスペクトルを生スペクトルに足し合わせる“対称化”を施し、フェルミ分布関数によるカットオフを除去して示している[5]。) d 波ギャップ対称性に従い、ノード($\phi=45^\circ$)からアンチノード($\phi=0^\circ$)へ向かって、単調にギャップサイズが増大する。図 1(c)には、 $T=T_c$ まで温度を上げて測定した結果を並べて示す。驚くべきことに、 $T=T_c$ においても、低温の結果と同じく、ノード一点でのみギャップがゼロとなる d 波対称性が維持されることが分かった。

温度を T_c よりさらに高く上げて行くと、電子散乱が激しくなることを反映して、スペクトルの幅が増大する。このとき、ギャップサイズの小さなノード極近傍のフェルミ波数では、スペクトル形状が急速に1ピーク構造へと変化し、ピーク位置 [$\epsilon_{peak}(T)$]がゼロへ急落する特異性が見られる。一方、アンチノードへと接近してギャップが大きくなるにつれ、 $\epsilon_{peak}(T)$ はノード極近傍とは違う滑らかな変化を見せるようになり、 $\epsilon_{peak}=0$ となる温度も上昇する。十分に大きなギャップサイズが得られる $\phi\sim 20^\circ$ にまでアンチノードに接近すると、 $\epsilon_{peak}(T)$ は $\sim 135\text{K}$ でゼロとなるBCS型関数を描くようになる。

上記する現象を理解する上で、一粒粒子スペクトル関数は、ギャップを有しつつも、(装置分解能等の外的要因では無く)本質的に1ピーク構造を持ち得ることを忘れてはならない。つまり、 ϵ_{peak} は“真の”エネルギーギャップ(Δ)を過小評価し得る、ということ

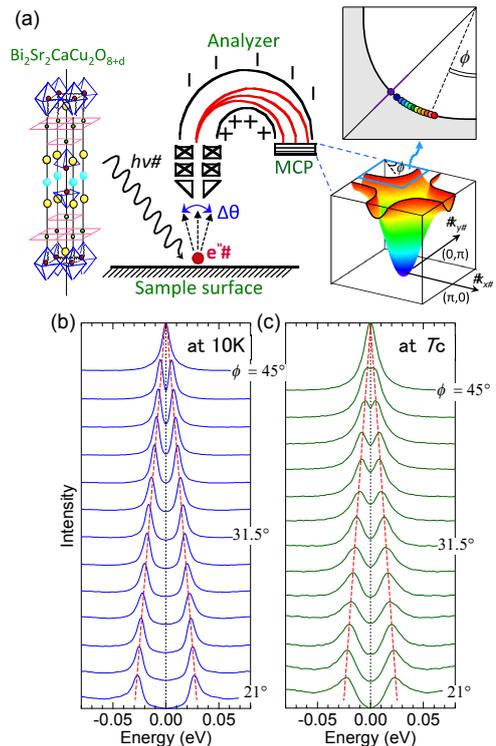


図 1：超伝導温度でも保護される d 波ギャップ対称性。(a) Bi2212 の結晶構造、ARPES 測定、及び観測される Bi2212 のバンド構造を模式的に示す。また、右上には模式的フェルミ面と測定したフェルミ波数を色丸で記す。(b,c) それぞれ $T=10\text{K}$ と $T=T_c$ で、ノードを含む幅広い波数($21^\circ \leq \phi \leq 45^\circ$)で測定したスペクトル。

来する。本研究では、レーザーARPESを用いることで、超高分解能でかつノイズレベルの低い高統計なデータ測定が可能となり、これまで未開拓であったノード近傍の詳細な電子対ギャップ状態が明瞭に示されたと言ってよい。

3. 今後の展望

最後に、アンチノード近傍で発達する擬ギャップの起源について言及する。銅酸化物高温超伝導体の不足ドーパ試料では、走査型トンネル顕微鏡を用いた実験から、格子状に電子の局所的状態密度が配列した模様(チェッカーボードパターン)が観測されている。これまでの研究から、チェッカーボードパターンの周期性と擬ギャップの値に相関が有ること、チェッカーボードが観測されるエネルギーギャップの平均値が ARPES で観測される擬ギャップの大きさと一致すること、また、このチェッカーボードパターンが擬ギャップと同じ温度(T^*)で消失することが報告されている。これらの報告から、擬ギャップが、チェッカーボードパターンで特徴づけられる秩序状態の発生に伴い形成されるエネルギーギャップであることが強く示唆される。より最近になって、不足ドーパ試料を用いた X 線散乱実験から、電荷秩序が T_c 以上の高温から発達し、超伝導を阻害する振る舞いが確認された[6]。この電荷秩序と、上記するチェッカーボードパターン、及び擬ギャップとの相互関係は、研究者間でその解釈に違いが有り、今後更なる探求が求められている。

謝辞

本研究は東京大学物性研究所の近藤研究室、辛研究室、豊田工業大学の竹内恒博教授、名古屋大学の坂本英城君(大学院博士課程)、東京工業大学の笹川崇准教授、及び東京理科大学の遠山貴巳教授との共同研究として行われました。皆様に感謝申し上げます。

- [1] T. Kondo *et al.*, Phys. Rev. Lett. 111, 157003 (2013).
- [2] T. Kiss *et al.*, Rev. Sci. Instrum. 79, 023106 (2008).
- [3] W. S. Lee *et al.*, Nature 450, 81 (2007).
- [4] T. Kondo *et al.*, Nature Communications 6, 7699 (2015).
- [5] M. R. Norman *et al.*, Nature 392, 157 (1998).
- [6] J. Chang *et al.*, Nat. Phys. 8, 871 (2012).

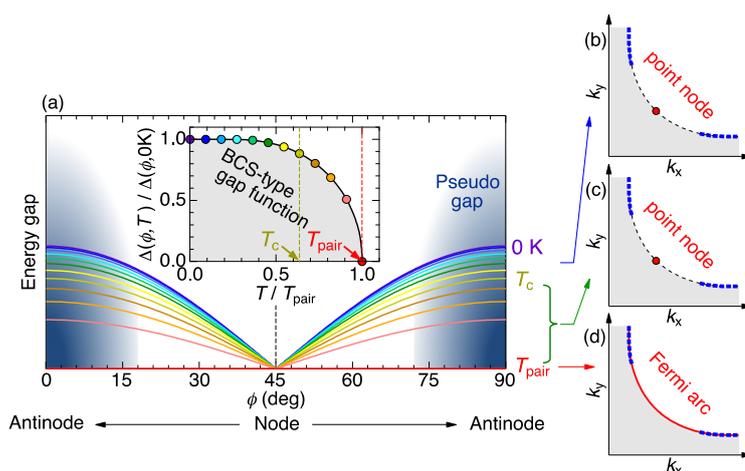


図3：(a) 電子対ギャップが、波数によらず同じ温度で閉じる振る舞いを示す模式図。最低温度でノード一点を持つ d 波のギャップ(b)が、超伝導温度(T_c)より約 1.5 倍も高い電子対ギャップ温度(T_{pair})まで持続する実験結果(c)を描いている。擬ギャップは T_{pair} よりもさらに高温の T^* で発現するため、 $T_{pair} < T < T^*$ の温度領域でフェルミアークが出現する(d)。(a)の挿入図において、電子対ギャップが T_c より高温の T_{pair} から発生し、BCS 型関数に従って温度変化する振る舞いを示す。

は 2 回対称性を有する 3 組の重ね合わせで説明がほぼできる。動的なヤーン・テラー歪の周波数、すなわちヤーン・テラー周波数 ν_{JT} は、観測周波数 ν_{EM} に対して $\nu_{JT} \sim 0.1 \nu_{EM}$ と表せる[9]ので、1.5 K において揺らぎの周波数は 10 ギガヘルツ程度(100 ピコ秒)であることがわかった。このヤーン・テラー周波数の温度変化を図 3 に示している。図中の高温低周波数では角度変化を示さない等方的なシグナルが観測されて熱的に動的ヤーン・テラー効果が起こっていることを示しており、低温高周波数では 2 回対称性を示す三組のシグナルの重ね合わせで表され、低温低周波数では 6 回対称性を示しながらほぼ等方的なシグナルが観測されている。それに伴って、ヤーン・テラー周波数は高温から低くなり、20 ケルビン以下で一定(約 10 ギガヘルツ)になる振る舞いが観測された。このことから低温においても軌道は揺らぎ続けていることが明らかになり、その時間スケールの観測に成功した[10]。

今後の展開

通常、静的なヤーン・テラー転移により構造相転移をする銅酸化物において、なぜこの化合物が最低温度まで軌道秩序しないのかに関して述べて、今後同様な軌道液体状態を示す化合物の研究に資するようにしたいと思う。6H-Ba₃CuSb₂O₉ は CuO₆ 八面体がヤーン・テラーイオンでない Sb⁵⁺イオンの SbO₆ と面共有をしており、CuO₆ が歪みにくなっている。また、隣通しの CuO₆ 八面体が酸素イオンを共有しておらず、Cu-O-O-Cu のようにつながっているため、一つの CuO₆ 八面体の動きが隣の CuO₆ 八面体にあまり拘束されることもない。このような特徴を持つヤーン・テラー活性をもつ遷移金属化合物が得られれば軌道液体状態が実現するのではないかと思われる、さらなる研究へ発展する可能性がある。

謝辞

大阪大学大学院理学研究科の野末泰夫教授、中野岳仁博士、物性研究所中辻研究室の木村健太博士(現大阪大学)、Mario Halm 博士との共同研究によるものである。名古屋大学の澤博教授、片山尚幸准教授、大阪大学の若林裕介准教授、東北大学の石原純夫教授、東京大学的那須譲二博士、ジョンホプキンス大学の C. Broholm 教授とはいろいろ議論させていただいた。本研究は科学研究費補助金(No. 242440590 と 25707030)、グローバル COE プログラム(物質の量子機能の解明と未来型機能材料創出)、JST の PRESTO、National Science Foundation of China(No. 11104097)の援助を受けて行われた。

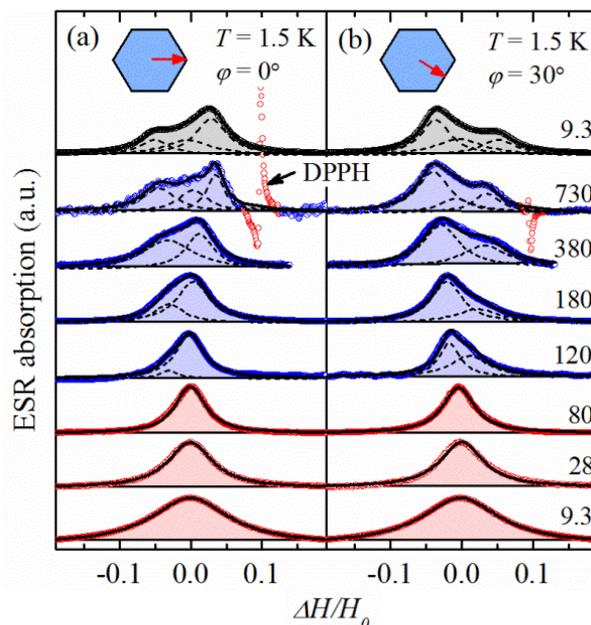


図 2. 1.5 ケルビンでの ESR スペクトルの周波数変化。六方晶の *c* 面内の磁場を印加した方向を赤い矢印で示している。横軸は共鳴磁場で規格化している。破線はいくつかのローレンツ関数によるフィッティングを示す。DPPH(*g*=2.0036)は ESR の標準試料で、シグナルはパルス磁場の較正に使用している。

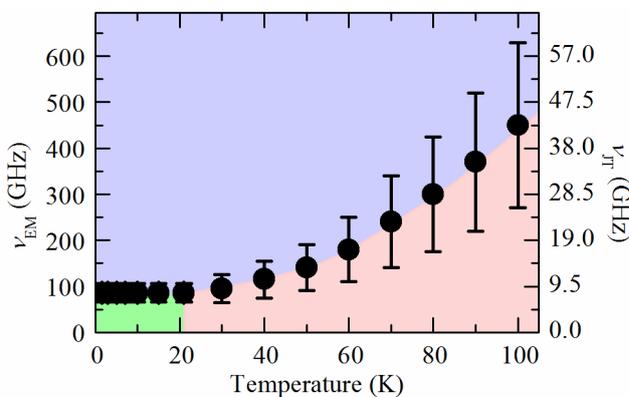


図 3. 観測した周波数 ν_{EM} と軌道の揺らぎの周波数 ν_{JT} の温度変化のグラフ。丸印が各温度での揺らぎの周波数を表し、20 K 以下で一定値(約 10 ギガヘルツ、100 ピコ秒)になる。

参考文献

- [1] P.W. Anderson, Mater. Res. Bull. **8**, 153 (1973).
- [2] 磯野貴之、上田顕、森初果、物性研だより第 54 巻第 3 号 12 (2014).
- [3] F. Reynaud *et al.*, Phys. Rev. Lett. **86**, 3638 (2001).
- [4] V. Fritsch *et al.*, Phys. Rev. Lett. **92**, 116401 (2004).
- [5] J.-H. Chung *et al.*, Phys. Rev. B **71**, 064410 (2005).
- [6] R. Fichtl *et al.*, J. Non-Cryst. Solids **351**, 2793 (2005).
- [7] S. Nakatsuji *et al.*, Science **336**, 556 (2012).
- [8] N. Katayama *et al.*, Proc. Natl. Acad. Sci. USA **112**, 9305 (2015).
- [9] I.B. Bersuker, Soviet Phys. JETP **17**, 836 (1963).
- [10] Y. Han *et al.*, Phys. Rev. B **92**, 180410(R) (2015).

EPS-QEOD Travel Grant Student Awards を受賞して

極限コヒーレント光科学研究センター 小林研究室 遠藤 護

この度、2015年6月にドイツ・ミュンヘンで開催されました国際会議、“The European Conference on Lasers and Electro-Optics and the European Quantum Electronics Conference 2015 (CLEO/Europe-EQEC 2015)”において、“15-GHz, Kerr-Lens Mode-Locked Laser and Fourier Synthesis of Each Comb Tooth”という内容で発表を行い、EPS-QEOD Travel Grant Student Awards を受賞することができました。CLEO/Europe-EQEC はフォトンクス・光学分野を包括した世界最大規模の国際会議で、本賞はこの会議で発表した博士課程の学生に対して送られました。本発表は極限コヒーレント光科学研究センターの小林研究室において行われた、繰り返し周波数が GHz 以上のフェムト秒レーザー光源(光周波数コム)の開発と、それを用いた任意波形光パルスを生成する研究に関するものです。このテーマは、私が修士1年に物性研に配属されてから現在に至るまで5年間続けている内容で、博士課程の最終年度にこのような賞により研究が評価されたということをついに嬉しく感じております。この受賞研究の遂行にあたり、ご協力いただきました関係者の皆さまに深く感謝申し上げます。

受賞対象となった研究について、簡単にご紹介致します。

フェムト秒モード同期レーザーの出力は、その名の通りフェムト秒の光パルス列となります。その光スペクトル構造は、多数の縦モードがパルス繰り返し周波数間隔で等間隔に並んだ構造となります。この縦モードの光周波数はマイクロ波標準や光周波数標準に対して位相同期することができ、そのように制御されたフェムト秒レーザーは、そのスペクトル構造を「櫛(コム)」になぞらえて、光周波数コムと呼ばれています。1990年台後半に光周波数コムが提唱されて以降、光周波数の超精密な物差しとして使用されてきました。次世代の秒の標準の有力な候補として挙げられている光時計を始めとした超精密分光の分野だけでなく、呼吸診断や環境ガスの分光といった医療・環境分野への応用も盛んに行われています。しかし、目盛りの間隔に対応する繰り返し周波数(一般に10 MHz から1 GHz)が、分光器の分解能(数 GHz)に比べて小さいため、超精密な光周波数の物差しとしての性質を直接利用することが困難であるという課題がありました。いわば、「目盛は正確に刻まれているが、密に詰まりすぎているため、肉眼で目盛を分解することができない物差し」といえます。したがってよりモード間隔の広い、具体的には繰り返し周波数が GHz 以上の光周波数コムの実現が望まれています。天文用分光器の波長校正光源、低位相雑音マイクロ波源、また本研究でも取り上げる任意波形生成をはじめとする、コム分解分光と呼ばれる新しい分光分野に応用が可能となります。

繰り返し周波数が GHz 以上のモード同期レーザーを実現するためには、単に共振器長の短いレーザー共振器を作るだけでは不十分です。繰り返し周波数が高くなると、フェムト秒パルスを作るのに必要な共振器内ピークパワーが足りなくなり、パルスが不安定になるためです。この制限のため、低雑音かつ超短パルスを得ることのできるカーレンズモード同期という手法では10 GHzが最高の繰り返し周波数でした。私の開発したレーザー共振器では、共振器のフィネス向上・Yb:Y₂O₃セラミックというレーザー媒質・曲率半径を限界まで小さくした共振器ミラーを用いることによって、最高で15 GHzという世界最高の繰り返し周波数を実現しました。また、開発したレーザーの光周波数を原子時計と光周波数標準に位相同期することで、15 GHz 光周波数コムの開発にも成功しています[1]。

上記で開発したレーザーおよび光周波数コム応用として、今回の発表では line-by-line 任意波形光パルス生成(line-by-line OAWG)に着目しました。フェムト秒レーザーや光周波数コムはスペクトルに強度・位相マスクを施すことで、時間領域で任意の光波形をもつパルスを生成する技術があります。この技術をさらに発展させ、縦モードに独立したマスクを施したものが line-by-line OAWG です。従来手法との違いは、波形自由度の飛躍的向上です。特に、パルスのデューティ比に制限がなくなり、時間領域を全て埋め尽くすような光パルスも生成することができます。この技術は、狭線幅単色レーザー、繰り返し周波数の通倍、コヒーレント制御、レーザーレーダーへの応用が期待されています。

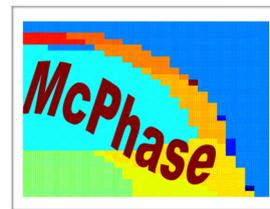


Line-by-line OAWG を行うためには、縦モードを分離しそれぞれにマスクを施す必要がありましたが、私達の開発した光源を用いることで、実現が容易となりました。本発表ではデモンストレーションとして、狭線幅単色レーザー、繰り返し周波数の通倍を取り上げました。特に後者の繰り返し周波数の通倍実験では、縦モードを間引いて抜き出すことによって最高 120 GHz というフェムト秒パルスを作り出すことにも成功しました。このような超高繰り返しのフェムト秒パルスは、本手法以外では実現することが困難であり、line-by-line OAWG の威力を実感できる応用といえます。

これまで、繰り返し周波数が GHz を超える光周波数コムは、それ自体の開発が研究テーマになっていました。最近になってようやく、本研究を含めその他の手法(マイクロコム、RF コムなど)による GHz 光周波数コムの技術が成熟しつつあり、応用研究のフェーズによって足を踏み入れることができたといえます。現在では、今回ご紹介した line-by-line OAWG だけでなく、物質の素励起が数 GHz から数百 GHz の領域に集中していることに着目し物性分野への応用を行っています。実際に、私の博士論文研究では、シリカ内の音響フォノン(約 15.6 GHz)を光周波数コムの繰り返し周波数によって非熱励起することにも取り組んでいます。光周波数コムを物性分野に応用することは、これまでに例のないことであり、物性研究所という環境を生かした独創的な研究ができるのでは、と期待しております。

1. Mamoru Endo, Isao Ito, and Yohei Kobayashi, "Direct 15-GHz mode-spacing optical frequency comb with a Kerr-lens mode-locked Yb:Y2O3 ceramic laser," Opt. Express 23, 1276-1282 (2015).

外国人客員所員を経験して



Martin Rotter

McPhase Project, Hainsbergerstr 13, D – 01159 Dresden, Germany

martin_rotter@mcphase.de

www.mcphase.de

It was around Christmas 2014, when I received somehow as a Christmas gift the wonderful news from Prof. Yoshizawa, that I was invited to visit ISSP from Nov 2015 to Jan 2016. I had visited the institute before and thus was familiar with the abundant scientific ongoing activities at this place. Moreover, the three months were going to be my first “long stay” in Japan. The formalities like organising visa, submitting and correcting my quite complex CV etc. turned out to be quite exhausting. However, having overcome these initial obstacles I experienced a scientifically prosperous and overall extremely enjoyable time in Japan. Being married to a Japanese I was already quite familiar with the way of life, which is different from Europe.

Fortunately my wife could join me for nearly the whole time of my visit and introduced me to the variety and richness of this country's culture, people and customs. Yet we both were utterly surprised, when it turned out, that actually many gifted musicians are among the staff of ISSP and we enjoyed a beautiful musical evening concert. I immediately thought of famous physicists such as Albert Einstein, Max Planck or Werner Heisenberg who used to play actively music. One of the highlights of our stay was the bus tour organised by the International Liaison Office with activities such as learning to prepare Soba noodle and Japanese ceramics.

Let me also mention the material conditions of the stay, which were truly excellent and hassle-free. Everything was taken care of for me, lodging was provided in a large and comfortable apartment in the Kashiwa international lodge. This is just a few minutes walk from the institute and can be easily reached from the next train station. Bikes were provided for me and my wife and thus on the weekends we managed to explore many parts of the vicinity, visit shrines, Rakugo, Kabuki and enjoy hiking on Mount Tsukuba and much more. For more distant trips the Japanese railway system is ubiquitous and to undergo the effort to drive a car seems even more crazy than in any other place I have been before.

The scientific goal of my visit was to bring the software suite McPhase to ISSP. This particular software is the outcome of a long collaboration of many scientists and it is used to do numerical simulations for complex magnetic matter. The output of these simulations can be directly confronted with experimental data from magnetic measurements, neutron scattering etc. When I came here, I was surprised to learn that Prof. Yoshizawa and Yoichi Ikeda had just collected beautiful neutron scattering data on $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CoO}_4$, on which I have started some McPhase simulations two years before. What turned out an initial application to analyse the new data became an elaborate effort to understand doped 2-1-4 oxides during my stay. I hope truly, that I could get across the possibilities of the McPhase software in my seminar talk on this topic and that the Japanese user community of this scientific software is going to grow in future.

It was a pleasure to stay at ISSP.



プログラム

11月16日(月)

13:00 瀧川仁(東大) 所長挨拶

坂井徹(兵庫県立大) はじめに

座長: 常次宏一(東大)

13:10-13:40 [I1] 川村光(阪大)

ランダムネスが誘起する3角、カゴメ磁性体における量子スピン液体相

13:40-14:05 [I2] 小野俊雄(大阪府大)

ボンドランダムネスを導入したS=1/2 三角格子反強磁性体の基底状態

14:05-14:25 [O1] 那須譲治(東工大)

量子スピン液体における有限温度の動的磁気応答

14:25-14:45 [O2] 吉竹純基(東大)

量子スピン液体近傍の磁気揺らぎとダイナミクス: Kitaev 模型に対するクラスター動的平均場近似による研究

14:45-15:05 [O3] 田中秀数(東工大)

Field-Induced Successive Phase Transitions in the Spin-1/2 Frustrated Antiferromagnet $\text{Ba}_2\text{CoTeO}_6$ and Highly Degenerate Classical Ground States

15:05-15:25 break

座長: 徳永将史(東大)

15:25-15:55 [I3] 山口博則(大阪府大)

有機磁性体による量子スピン系研究の最近の展開

15:55-16:15 [O4] 大島勇吾(理研)

分子性量子スピン液体物質 $\text{EtMe}_3\text{Sb}[\text{Pd}(\text{dmit})_2]_2$ のスピン相関とスピンドイナミクス

16:15-16:45 [I4] 中野博生(兵庫県立大)

数値対角化大規模並列計算があぶり出すフラストレート磁性体の磁化ジャンプ

16:45-17:05 [O5] 佐藤正寛(原子力機構)

テラヘルツ光による磁性制御の理論 -断熱的および共鳴的磁気ダイナミクス-

17:05-17:25 [O6] 栗田伸之(東工大)

基底一重項磁性体 CsFeCl_3 における圧力誘起相転移

11月17日(火)

座長: 萩原政幸(阪大)

9:00-9:30 [I5] Zhaoming Tian(東大)

Exotic topological phenomena near the quantum metal-insulator transition in pyrochlore iridates

9:30-10:00 [I6] 小野田繁樹(理研)

パイロクロア U(1)量子スピン液体・秩序相における励起: フォトン、量子スピンアイス、モノポール、ヒッグスモード

10:00-10:20 [O7] 中村大輔(東大)

パイロクロアスラブ系化合物 $\text{SrCr}_9\text{pGa}_{12-9\text{p}}\text{O}_{19}$ の光学的及び電磁誘導法による 200 T におよぶ超強磁場磁化過程

10:20-10:40 break



- 10:25-10:45 [O17] 中村正明 (愛媛大)
S=1 カゴメ格子量子スピン系における基底状態と磁化過程
- 10:45-11:00 break
座長：野尻浩之 (東北大)
- 11:00-11:30 [I13] 小濱芳允 (東大)
量子スピン系化合物の強磁場磁気相図
- 11:30-12:00 [I14] 木村尚次郎 (東北大)
量子スピンギャップ系の電気磁気効果
- 12:00-13:00 lunch break
座長：押川正毅 (東大)
- 13:00-13:20 [O18] 益田隆嗣 (東大)
正三角スピンチューブ CsCrF₄ の磁気秩序
- 13:20-13:40 [O19] 関孝一 (新潟大)
結合三角チューブの立体磁気秩序と相転移の解析
- 13:40-14:10 [I15] 古谷峻介 (ジュネーブ大)
1次元量子スピン系における Dzyaloshinskii-Moriya 相互作用と電子スピン共鳴
- 14:10-14:30 [O20] 川股隆行 (東北大)
フラストレーションスピン系におけるスピン揺らぎと熱伝導
- 14:30-14:50 break
座長：川島直輝 (東大)
- 14:50-15:10 [O21] 野村清英 (九大)
Lieb-Schultz-Mattis の定理の拡張
- 15:10-15:30 [O22] 田中秋広 (物材機構)
Haldane gap の物理で探る二次元反強磁性体の SPT 状態
- 15:30-15:50 [O23] 野々村禎彦 (物材機構)
クラスター非平衡緩和法のスピン系の相転移への応用
- 15:50-16:10 [O24] 西野正理 (物材機構)
Berezinskii-Kosterlitz-Thouless 中間温度相における新しい臨界現象
- 16:10-16:30 [O25] 杉本貴則 (東京理科大)
フラストレート・スピン梯子系の磁気誘起相と擬スピン描像
- 16:30-16:50 [O26] 紙屋佳知 (理研)
Frustration and quantum effects in the spin-1/2 triangular-lattice antiferromagnet Ba₃CoSb₂O₉
- 16:50-17:10 [O27] 加藤康之 (東大)
J₁-J₂横磁場イジング模型における量子三重臨界点の量子モンテカルロシミュレーション
- 17:10- おわりに

ポスターセッション Poster session

11月17日(火) 16:35-18:00

- [P1] 大久保晋(神戸大)
S=1/2 擬1次元フラストレート磁性鎖 NaCuMoO₄(OH)の3軸磁場中配向試料による強磁場 ESR 測定
- [P2] 利根川孝(神戸大)
Ground State of an Anisotropic S=1/2 Two-Leg Ladder with Different Leg Interactions



- [P23] Miklos Lajko (東大)
Chiral phases in SU(N) fermionic Mott insulators
- [P24] 野村和哉 (東大)
S =1 スピンラダー系物質 BIP-TENO の磁化過程と磁気熱量効果
- [P25] 高田えみか (東大)
飽和磁場直下パイロクロア反強磁性体におけるマグノン束縛状態とスピネマティック相出現の理論的研究
- [P26] 奥谷顕 (阪大)
擬一次元反強磁性体 SrCo₂V₂O₈ の強磁場磁性
- [P27] 西川宜彦 (東大)
Event-chain モンテカルロ法によるカイラル磁性体の臨界現象の解析
- [P28] 大熊隆太郎 (東大)
カゴメ格子反強磁性体の強磁場磁化過程と磁気異方性
- [P29] 吉見一慶 (東大)
有効模型ソルバー用オープンソースソフトウェア H ϕ の利用方法・使用事例の紹介
- [P30] 小濱芳允 (東大)
デュアルコイルによるフラットトップ磁場の発生
- [P31] 山下穰 (東大)
カゴメ格子物質ボルボサイトにおける熱輸送測定
- [P32] 赤城裕 (東大)
量子スピネマティック相におけるトポロジカル欠陥



集合写真



物性研究所短期研究会

『低次元電子系におけるエキシトニック相の新展開』の報告

日時：2015年11月26日(木) 13:00 ~ 11月28日(土) 12:10

場所：物性研究所本館 6階 大講義室(A632)

研究会提案代表者：溝川貴司(早大)

共同提案者：福山秀敏(東理大)、高木英典(東大理、MPI)、太田幸則(千葉大)、澤博(名大工)、
上床美也(物性研)、岡村英一(徳島大)、矢口宏(東理大)、徳永将史(物性研)

半導体あるいは半金属において電子と正孔がクーロン引力によって励起子を形成して BCS 的あるいは BEC 的に凝縮した状態はエキシトニック絶縁体と呼ばれ、1960 年代の超伝導の BCS 理論確立直後に理論的に予言されましたが、その存在は近年まで実験的に確立していない状況でありました。最近、 TiSe_2 や Ta_2NiSe_5 などの遷移金属カルコゲナイドがエキシトニック絶縁体として指摘され、中でも Ta_2NiSe_5 は様々な実験的・理論的手法によってエキシトニック絶縁体に近いことが確認されて注目を集めております。一方、古くからエキシトニック相の可能性が指摘されていた磁場誘起半金属-半導体転移近傍の電子相に関して、最近 53T 以上の強磁場下で見つかったグラファイトの新規電子相がエキシトニック相である可能性が指摘されておりますし、同じく代表的半金属であるビスマスにおいても磁場中で 3 回対称性を破る相転移が見いだされており、エキシトニック相の舞台として注目されております。さらに、 Ta_2NiSe_5 において超高压下でエキシトニック相に隣接する超伝導相が発見され、電荷揺らぎ超伝導に関連するテーマとしても注目を集めております。以上のような背景のもとに、新局面を迎えているエキシトニック相に関する短期研究会が提案・企画され、2015 年 11 月 26 日~28 日の 3 日間にわたって物性研究所 6 階大講義室において開催されました。

本稿の末尾のプログラムに示しますとおり、初日のオープニングで瀧川仁所長に開会の言葉をいただきました後、90 名の参加者を迎えてエキシトニック絶縁体と鉄系超伝導体について議論が行われました。最初のセッションにおいて、松林和幸氏がエキシトニック絶縁体 Ta_2NiSe_5 の圧力誘起超伝導について、大串研也氏が梯子構造を持つモット絶縁体 BaFe_2S_3 の圧力誘起超伝導について発表を行いました。 Ta_2NiSe_5 のようにエキシトニック相図の BEC 側(あるいは、BEC-BCS クロスオーバー領域)に位置するエキシトニック絶縁体は、転移温度より高温側でも絶縁体であります。一方の BaFe_2S_3 は、ネール温度より高温側でも絶縁体であることからスレーター絶縁体ではなくモット絶縁体と考えられております。層状構造を持つ遷移金属カルコゲナイドであることに加えて、このような絶縁体相を圧力によって抑制したときに共通して超伝導相が出現することの面白さを改めて感じたセッションでありました。続いての鉄系超伝導体 I のセッションでは、主として鉄カルコゲナイドについて、前田京剛氏、芝内孝禎氏、辛 埴氏から最新の研究成果について講演がありました。前田京剛氏は、バルクでは相分離する組成の $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$ について、薄膜化によって相分離を抑制すると超伝導転移温度が増大することを示し、実空間での電子密度の揺らぎ(そしてそれに伴う構造や軌道の揺らぎ?)と高温超伝導との深い関係について議論しました。一方で、芝内孝禎氏は、バンド端に僅かに入ったホールによって生じる BEC 領域の超伝導と BCS 領域とのクロスオーバーについて最新の実験結果を報告しました。軌道縮退のあるバンド端に僅かにホールが入る場合、A15 系等に類似した相分離や構造不均一性が期待され、両者の講演の関連が興味深く感じられました。辛埴氏は、世界最高分解能のレーザー光電子分光による超伝導ギャップの観測について講演し、鉄系超伝導体に加えビスマスカルコゲナイドの衝撃的な結果も報告しました。運動量空間での超伝導ギャップの異方性は実空間で電荷、スピン、構造の不均一性と関係がありそうなのですが、やはり FFLO 的な考え方が王道でしょうか。

引き続きポスターセッションが開催され、若手を中心に活発な議論が展開されましたが、その裏では次のエキシトニック相 I のセッションでの高木英典氏のドイツからの遠隔講演の準備が進められておりました。高木英典氏は、 TiSe_2 等のエキシトニック絶縁体の候補物質について概観した後、 $\text{Ta}_2\text{NiSe}_{5-x}\text{S}_x$ によってエキシトニック絶縁体の相図を確立して見

せ、相図中で Ta_2NiSe_5 はちょうどゼロギャップ半導体であり BEC-BCS クロスオーバー領域にあると結論しました。一方で、太田幸則氏は理論の立場からエキシトニック絶縁体の一般論を展開しました。特に、NMR および超音波測定に現れるコヒーレンスピークが超伝導とエキシトニック相で逆の振る舞いとなることが明快に説明されて、エキシトニック相の面白みを改めて感じることができる講演でした。澤 博氏は構造物性の立場から、岡村英一氏は光物性の立場から、 TiSe_2 および Ta_2NiSe_5 のエキシトニック相を議論し、特に圧力下での Ta_2NiSe_5 の特異な構造相転移とエキシトニック相の抑制による金属化について、系統的で美しい実験データが示されました。様々な実験的・理論的手法による検証が進み、「 Ta_2NiSe_5 はエキシトニック絶縁体として結論してよい」というコンセンサスが得られたように思われます。

2 日目は 92 名の参加者を迎えて、銅酸化物超伝導体、鉄系超伝導体、ダイマーモット相、コバルト酸化物について議論が行われました。先ず午前中は、若手セッションからスタートしました。 Ta_2NiSe_5 の理論、 T' 型銅酸化物の超伝導、 RuP の金属絶縁体転移と超伝導、強磁場高圧下での半金属黒燐のエキシトニック的な相について、興味深い研究成果が報告されて早朝から熱のこもった質疑が行われました。続くエキシトニック相 II のセッションにおいて、伏屋雄紀氏がビスマスについて、徳永将史氏がグラファイトについて、強磁場下で誘起される電子相がエキシトニック相である可能性も含めて議論しました。純良な単結晶によって低温・強磁場下での精密なトランスポートの実験が可能であり、エキシトニック相に限らず新しい電子相を探索する系としての魅力が際立っていると感じました。一方で、これらは分光的な実験が難しい系ですが、強磁場下のエキシトニック相に迫る分光研究の今後の進展が期待されます。続く、鉄系超伝導 II のセッションでは、鉄系超伝導体に関する物質の面白さについて細野秀雄氏、野原実氏、小池洋二氏から講演がありました。細野秀雄氏が議論した水素ドーピングによる第 2 の超伝導相および反強磁性相の発見は鉄系超伝導体の機構解明の鍵となるものであり、さらに酸素欠損系では合成中に水素が取り込まれている可能性が指摘されました。酸素欠損系の解釈について会場と激しい議論の応酬があり、改めて物質開発の偉大さと難しさを感じ、今後さらに盛んになるであろう水素を利用する物性制御の奥深さに感銘を受けました。野原実氏は、砒素の科学を利用した物質開発について議論し、特に $\text{Ca}_{1-x}\text{La}_x\text{FeAs}_2$ 系では電子ドーピングを進めると第 2 の反強磁性相が安定化することが示され、細野氏の水素ドーピング系との関連が改めて注目されました。一方、小池洋二氏は FeSe への有機分子のインターカレーションによって超伝導転移温度が上昇することを議論し、初日からの参加者の中には、2 次元性の増大と前日のセッションで議論された相分離・BEC-BCS クロスオーバーとの関係に興味を持った方も多いと思います。

午後前半は T' 型銅酸化物のセッションから始まり、内藤方夫氏が T' 型銅酸化物薄膜においてキャリアドーピングなしで超伝導が発現することを報告し、Krockenberger 氏が Pr_2CuO_4 のフェルミ面観測について報告しました。酸素 2p バンドと $\text{Cu}3d$ 上部ハバードバンド間の電荷移動ギャップがゼロとなっていることが示唆され、エキシトニック相との統一的な理解ができれば素晴らしいと思います。バルクの結晶では、足立 匡氏が、プロテクトアニールによって頂点酸素位置の過剰酸素を取り除くことにより、従来よりも低い電子ドーピング量で高い超伝導転移温度を示すことを発表しました。引き続き藤森 淳氏は、足立氏の単結晶のフェルミ面の実験結果を示し、従来主張されていたスピン揺らぎによる擬ギャップの存在を完全に否定しました。 T' 型銅酸化物では電荷移動ギャップが小さくなる点では見解は一致しており、薄膜やバルクの T' 型銅酸化物においてエキシトニック的な揺らぎが役割を果たしているとする、どのようなモデルで考えるべきなのか興味は尽きません。

休憩後のダイマーモット相のセッションでは、先ず佐々木孝彦氏が圧力下での赤外分光の実験結果を示し、ダイマーモット相から電荷秩序相へと移り変わる圧力領域において、0.1eV 程度のエネルギースケールの電荷揺らぎが普遍的に現れることを報告しました。さらに低エネルギーの現象である誘電異常も相図の同領域で以前から報告されており、階層的なエネルギースケールでの電荷揺らぎや電荷不均一性が超伝導やスピンに重要な影響を及ぼすことが議論されました。理論サイドからは、堀田知佐氏はダイマー内の電荷自由度を巧みに取り込んだモデルによって誘電異常を議論し、妹尾仁嗣氏は、拡張ハバードモデルの精密な計算を進めることによって、ダイマーモット相と電荷秩序相のせめぎ合いを理解する試みを紹介しました。続くエキシトニック相 III のセッションでは、電荷移動型モット絶縁体やダイマーモット系等と並んで強相関電子系のポピュラーなテーマである低スピン-高スピン転移や光・電場制御について議論が行われました。石原純夫氏は、コバルト酸化物での低スピン-高スピン転移の近傍でエキシトニック相に対応する状態を予言する斬新な理論を発表し、会場にインパクトを与えました。ダイマーモット相についてもエキシトニック的な理論を作っていただけ



15:30-16:30 ポスターセッション I

16:40-18:30 エキシトニック相 I 座長：上床美也（東大）

- 高木英典（東大、MPI） エキシトニック絶縁体のレビュー-物質概観（30分） ドイツからの遠隔講演
太田幸則（千葉大） エキシトニック相の理論と Ta_2NiSe_5 の電子状態（30分）
澤 博（名大） 構造物性の立場から見た励起子相（25分）
岡村英一（徳島大） Ta_2NiSe_5 の高圧下における光学伝導度と電子状態（25分）

会場の様子



11月27日（金）

8:30-9:45 若手セッション 座長：溝川貴司（早大）

- 杉本高大（千葉大） Ta_2NiSe_5 の励起子相における量子干渉効果（15分）
山田武見（新潟大） Ta_2NiSe_5 に対する 3 鎖ハバードモデルにおける励起子相と励起子揺らぎによる超伝導（15分）
川股隆行（東北大） ノンドープ T^{\prime} -214 高温超伝導体 $La_{1.8}Eu_{0.2}CuO_4$ における超伝導転移温度の不純物置換効果（15分）
平井大悟郎（東大） RuP における金属絶縁体転移と超伝導（15分）
秋葉和人（東大） 磁場中・圧力下の電気伝導測定から見る半金属黒燐の電子状態（15分）

9:45-10:35 エキシトニック相 II 座長：矢口 宏（東理大）

- 伏屋雄紀（電通大） ビスマスにおけるエキシトニック相の可能性（25分）
徳永将史（東大） グラファイトの量子極限状態における励起子相の可能性（25分）
休憩 10分

10:45-12:05 鉄系超伝導 II 座長：廣井善二（東大）

- 細野秀雄（東工大） 酸素欠損による 1111 型鉄系超伝導体は存在するか？（30分）
野原 実（岡大） ヒ素の化学を活用した鉄系超伝導物質の開発（25分）
小池洋二（東北大） FeSe-アルカリ金属-有機分子インターカレーション化合物の超伝導（25分）

昼食

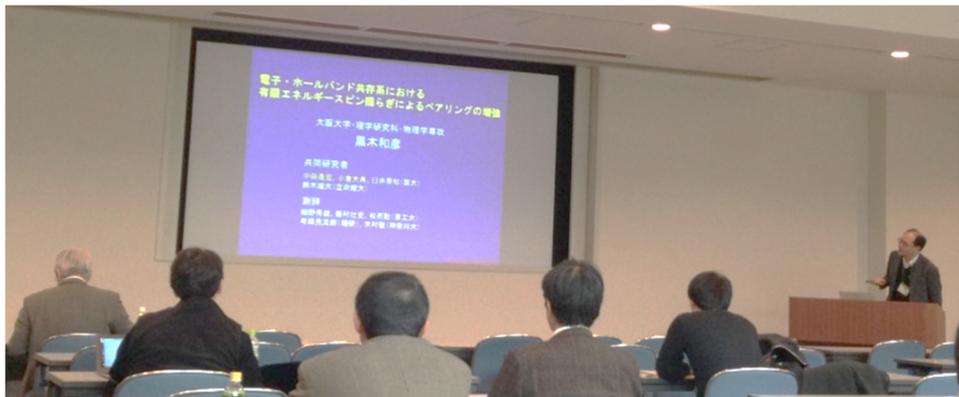
13:00-14:30 T^{\prime} 型銅酸化物 座長：小池洋二（東北大）

- 内藤方夫（農工大） 高温超伝導ルネサンス：ドーブしたモット絶縁体描象からの脱却（25分）



ポスター発表

- [P1] 那須譲治 (東工大) 強相関極限における励起子絶縁体の電子状態と集団励起
- [P2] 大和田光明 (電通大) ビスマスにおける磁気抵抗の理論的研究
- [P3] 寺島 拓 (東大) 近藤半導体 YbB_{12} の 100T 超強磁場領域での磁化飽和の兆候
- [P4] 千葉 優 (東大) $\text{Ta}_2\text{Ni}(\text{Se}_{1-x}\text{S}_x)_5$ の角度分解光電子分光
- [P5] 野田智博 (東大) $\text{BaNi}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ の角度分解光電子分光
- [P6] 大槻太毅 (東大) $\text{Ir}_{1-x}\text{Pt}_x\text{Te}_2$ の角度分解光電子分光
- [P7] 杉本拓也 (東大) $\text{CeO}_{1-x}\text{F}_x\text{BiS}_2$ のフェルミ面と軌道状態
- [P8] 金子竜也 (千葉大) 多バンド Hubbard 模型における励起子相の理論的研究
- [P9] 石川貴史 (千葉大) 層状ペロブスカイト $\alpha\text{-Sr}_2\text{CrO}_4$ における配位子場分裂の逆転とスピン軌道秩序
- [P10] 渡邊 努 (千葉工大) 2 軌道 Hubbard 模型における励起子絶縁体の研究
- [P11] 後藤広樹 (千葉大) $\text{Ru}_{1-x}\text{Rh}_x\text{Pn}$ ($\text{Pn} = \text{P}, \text{As}, \text{Sb}$) の電子構造
- [P12] 濱田晃輔 (千葉大) 電荷移動型モット絶縁体における励起子相の可能性
- [P13] 鬼頭俊介 (名大) 励起子相を有する 1T-TiSe_2 の結晶構造
- [P14] 中埜彰俊 (名大) 放射光 X 線回折を用いた励起子絶縁体 Ta_2NiSe_5 の構造解析
- [P15] 土射津昌久 (名大) 銅酸化物高温超伝導体における電荷密度波の理論：汎関数くりこみ群法による解析
- [P16] 山川洋一 (名大) 鉄系超伝導体 FeSe における磁性を伴わない軌道秩序の起源
- [P17] 中 惇 (東北大) ダイマーモット系の電荷揺らぎによる新奇な磁気誘電性
- [P18] 星 貴也 (新潟大) $\text{T}'\text{-R}_2\text{CuO}_4$ の 17 バンド d-p 模型のスピン・電荷揺らぎと超伝導
- [P19] 石塚 淳 (新潟大) 動的平均場理論による多軌道 d-p 模型のスピン・電荷・軌道揺らぎと超伝導
- [P20] 土門 薫 (新潟大) Ta_2NiSe_5 の励起子相における電子正孔インバランスによる FFLO 状態の可能性
- [P21] 渡部 洋 (理研) 1T-TiSe_2 における CDW とエキシトン凝縮の理論的研究：クーロン相互作用と電子格子相互作用



物性研究所短期研究会
「量子物質研究の最前線」

6階大講義室

12月8日			氏名	所属	講演題目
	座長		榑原俊郎	物性研	
9:50		所長挨拶	瀧川 仁	物性研	はじめに
10:00	R1	レビュー(実)	野原 実	岡山大自然科学	化学を活用した量子物質開発
10:35	G1	一般(実)	関真一郎	理研 CEMS、 JST さきがけ	キラリティと強磁性
11:05	G2	一般(理)	辻 直人	理研 CEMS	電子格子強結合超伝導体における集団振幅モード
11:35	G3	一般(理)	森本高裕	UC Berkeley	Topological aspects of nonlinear optical effects
12:05		昼食			
	座長		押川正毅	物性研	
13:25	R2	レビュー(理)	求 幸年	東大物工	数値実験で観る磁性体の新しい量子物性
14:00	G4	一般(実)	佐藤琢哉	九大理	直線・円偏光パルスを用いたマグノンのコヒーレント制御
	G5	一般(理)	江澤雅彦	東大物工	From topological physics to topological materials and devices
15:00	G6	一般(理)	山地洋平	東大工	強相関電子系のトポロジカル量子相と非平衡緩和現象
15:30		休憩			
	座長		広井善二	物性研	
16:00			瀧川 仁	物性研	物性研の現状と将来計画について
16:20	C1	コメント	石田憲二	京大理	
16:30	C2	コメント	三宅和正	トヨタ理研	
16:40	C3	コメント	田島節子	阪大理	
16:50	C4	コメント			
17:00	D1	全体討論			全体討論 30分
17:30					
12月9日					
	座長		有馬孝尚	東大新領域	
8:55	R3	レビュー(理)	有田亮太郎	理研 CEMS	スピン軌道相互作用を用いた強相関物質設計
9:30	G7	一般(理)	中村和磨	九工大工	第一原理多体摂動計算に基づく物性研究
10:00	G8	一般(理)	伏屋雄紀	電通大	マルチバンド k.p 理論に基づく結晶スピン軌道結合効果の研究
10:30		休憩			
	座長		鈴木博之	物性研	
11:00	G9	一般(実)	青木 大	金研、CEA-Grenoble	f 電子系化合物の純良単結晶育成と強磁性超伝導の最近の進展
11:30	G10	一般(理)	大槻純也	東北大理	重い電子系における遍歴・局在双対性と超伝導
12:00	G11	一般(理)	渡辺真仁	九工大工	局所相関と電荷移動がもたらす新しい量子現象
12:30		昼食			
	座長		三宅和正	トヨタ理研	
13:55	R4	レビュー(実)	花栗哲郎	理研 CEMS	STM/STSによる量子物質の電子状態解析
14:30	G12	一般(実)	賀川史敬	理研 CEMS	急冷を用いた新奇準安定電子相の開拓と制御
15:00	G13	一般(実)	石渡晋太郎	東大物工	特異なバンドを有する新奇磁性体における巨大外場応答の観測
15:30	G14	一般(実)	陰山 洋	京大工	混合アニオン酸化物の化学と物理



キラリティと強磁性

関真一郎 理研 CEMS、JST さきがけ

右手系と左手系の区別のあるキラルな対称性に属する物質は、光学活性に代表されるような特徴的な物性を示すことが知られており、古くから新奇な機能を実現するための舞台として研究されてきた。特に近年、磁気スキルミオンと呼ばれるトポロジカルに安定なスピンの渦構造が、キラルな磁性体中で存在しうることが発見され、大きな注目を集めている[1-3]。磁性体中のスキルミオンは、直径数~数百ナノメートルの粒子としての性質を持ち、また様々な外場でその運動を制御できる可能性が提案されていることから、高密度・低消費電力な磁気記憶・演算素子のための次世代情報担体の有力候補と考えられている。従来、スキルミオン観測の報告は、B20 構造の合金(MnSi, FeGe, Fe_{1-x}Co_xSi)のみに限られていた。これらの物質は基本的に金属であることから、特に伝導電子との相関・輸送特性の観点から研究が行われ、電流によるスキルミオンの制御が可能であることがわかっている。

一方で、発表者らは最近、キラルな構造を伴う強磁性絶縁体 Cu₂OSeO₃ において、スキルミオンが発現することを発見した。さらに詳細な誘電測定を行った結果、この物質のスキルミオン相では有限の電気分極が誘起されていることがわかった[4-5]。本物質では、スキルミオン粒子の1つ1つがローカルな電気双極子を運んでいると考えられ、ジュール発熱を伴わない、電場によるスキルミオン粒子の制御が可能であることが強く期待される。実際に、振動電場によるスキルミオンの共鳴駆動や、静電場によるスキルミオンの安定性制御に成功している[6-8]。

また、キラルな強磁性体は、磁化方向に伝播する準粒子流に対してダイオード特性を示すことが一般的に期待される。Cu₂OSeO₃ において実際に、光(マイクロ波)やスピン波に対して、非常に大きなダイオード効果が現れることを発見した[6-9]。上述の現象は、いずれも結晶構造のキラリティがスピン軌道相互作用を通じて磁性に影響を与えた結果生じたものであり、本講演ではこうしたキラリティと強磁性の関わりについて総合的に議論したい。

- [1] S. Muhlbauer *et al.*, *Science* **323**, 915 (2009).
- [2] X. Z. Yu *et al.*, *Nature* **465**, 901 (2010).
- [3] “Skyrmions in Magnetic Materials”, S. Seki and M. Mochizuki, Springer (2015).
- [4] S. Seki *et al.*, *Science* **336**, 198 (2012).
- [5] S. Seki *et al.*, *Phys. Rev. B* **86**, 060403(R) (2012).
- [6] M. Mochizuki and S. Seki, *Phys. Rev. B* **87**, 134404 (2013).
- [7] Y. Okamura *et al.*, *Nature Comm.* **4**, 2391 (2013).
- [8] Y. Okamura *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **114**, 197202 (2015).
- [9] S. Seki *et al.*, arXiv: 1505.02868.



Topological aspects of nonlinear optical responses

T. Morimoto¹, N. Nagaosa^{2,3}

¹ Department of Physics, University of California, Berkeley

² RIKEN Center for Emergent Matter Science (CEMS)

³ Department of Applied Physics, University of Tokyo

There are a variety of nonlinear optical effects including higher harmonic generations, photovoltaic effects, and nonlinear Kerr rotations. A recent remarkable progress in the photovoltaic effect is the high efficiency solar cell action in perovskite oxides without inversion symmetry. In this case, the noncentrosymmetric crystal structure replaces the role of artificial structures such as p-n junctions in conventional solar cells. One of the proposed mechanisms for this phenomenon is so called “shift-current” which is supported by a band structure lacking inversion symmetry and is related to the Berry connection of Bloch wavefunctions. Motivated by these, we explore topological aspects of the nonlinear optical responses [1]. To this end, we employ the Keldysh method combined with the Floquet formalism, where effective band structures can be defined under an electric field periodic in time and provides a concise description of nonequilibrium steady states. This enables us to describe the shift-current, nonlinear Kerr rotation, and the photo-induced change in the order parameters in a unified fashion. We connect these nonlinear optical responses to topological quantities involving the Berry connection and the Berry curvature. It is found that vector fields defined with the Berry connections in the space of momentum and/or parameters govern the nonlinear responses. We also discuss how the shift current is affected by the electron-electron interaction, including the formation of excitons.

[1] T. Morimoto and N. Nagaosa, arXiv:1510.08112.

数値実験で観る磁性体の新しい量子物性

求 幸年 東京大学大学院工学系研究科

遷移金属や希土類元素を含む化合物及び分子性導体などに現れる強相関電子系は、新規な量子現象の源泉として、実験・理論両面からの精力的な研究対象であり続けている。こうした系のとりわけ興味深い点は、電子のもつ電荷・スピン・軌道の自由度の間に働く相互作用が競合することによって、異なる量子状態がエネルギー的に拮抗しうる点である。このような状況では、量子揺らぎや熱揺らぎ、電場・磁場・圧力といった外場などの微小な擾乱によって、新しい量子状態や相転移現象、それらに伴う非自明な応答が現れる。また多くの場合、電子の遍歴性と局在性のはざまにおいて、原子サイズからナノスケール程度で起きる現象が支配的となる。このため、こうした複雑で興味深い量子現象を解明するためには、運動量空間と実空間描像の境界領域を取り扱う必要がある。近年、実験・理論ともにさまざまな発展が見られているが、特に理論面では、計算機とアルゴリズムの飛躍的な進化に伴い、数値シミュレーションが果たす役割が急速に増大している。

こうした潮流の中、我々の研究グループでは、複雑な系の本質を捉えた有効モデルに対する大規模数値シミュレーションを軸とした研究を推進してきた。このような研究では、単に自然現象を再現するだけではなく、それらの背後にある普遍的な物理を抽出するとともに、新しい現象を予言することが重要となる。本講演では、最近の研究内容から以下の2つのトピックを取り上げて議論する。すでに得られている成果を紹介するだけでなく、現在進行中の予備的な計算内容も示すことで、今後の研究展開を重視した議論を行いたい。



ピン波の波数分布が光パルススポット形状で決まることが明らかになった。それを利用してスピン波の伝播方向が制御できることを理論的・実験的に実証した[2]。

[1] T. Satoh *et al.*, *Nature Photon.* **9**, 25 (2015).

[2] T. Satoh *et al.*, *Nature Photon.* **6**, 662 (2012).

From Topological Physics to Topological Materials and Devices

Motohiko Ezawa *Department of Applied Physics, University of Tokyo*

トポロジーの概念が近年の物性物理の新たな発展の原動力となっている。今後の課題はトポロジカル物質の探索やデバイスへの応用である。現在までの私の研究成果の概要と将来への展望をのべる。特に、(1)トポロジカル原子層物質、(2)三次元ハニカム格子、(3)磁気スキルミオン、の物理とデバイスへの応用について紹介する。

(1)トポロジカル原子層物質のエッジ状態にはトポロジカル安定性がある。これを用いたトポロジカル・トランジスターを提案し、トポロジカル・エレクトロニクスを議論する[1]。特に、トポロジカル・トランジスターのコンダクタンスが乱れに対してロバストである事を示す。また、完全スピンフィルターや巨大磁気抵抗デバイスを提案する[2]。更に、第5族関連の新奇原子層物質の電気的特性について第一原理計算の結果を述べる[3]。

(2)Hyperhoneycomb 格子や stripy-honeycomb 格子を含む一般的な三次元ハニカム格子を定義する。まず、エッジ状態等の解析解を用いて、完全平坦バンドが出現する事を示す[4]。特にループ・ノードを持つ半金属が一般的に実現する事や、反強磁性秩序存在下でポイント・ノードを持つ半金属が実現する事を示す[4]。更に、一般的な三次元格子のキタエフ・スピン液体モデルの相図を解析的に決定し、磁場中で実現するワイル・スピン液体についても議論する[5]。

(3)磁気スキルミオンの最大の特徴は、トポロジカル安定性が存在するにも関わらず、生成消滅をコントロールできることである。まず、スキルミオンと磁壁が相互に変換できる事を示す[6]。また、反強磁性結合した二層スキルミオンではスキルミオン・ホール効果が完全に抑制されて電流下で直進する事を示す[7]。更に、「トポロジカル非平衡散逸構造スキルミオン」という新奇な概念を導入し、その生成消滅機構をブロッホ点と格子構造から説明する。応用として、磁気スキルミオンを用いた論理回路を提唱する。

[1] M. Ezawa, *Appl. Phys. Lett.* **102**, 172103 (2013).

[2] S. Rachel and M. Ezawa, *Phys. Rev. B* **89**, 195303 (2014).

[3] C. Kamal, A. Chakrabarti and M. Ezawa, in preparation.

[4] M. Ezawa, *cond-mat/arXiv:1511.03336*.

[5] M. Ezawa, in preparation.

[6] Y. Zhou and M. Ezawa, *Nature Communications* **5**, 4652 (2014).

[7] X. Zhang, Y. Zhou and M. Ezawa, *Nature Communications* (2015).



強相関電子系のトポロジカル量子相と非平衡緩和現象

山地洋平 東京大学大学院工学系研究科附属量子相エレクトロニクス研究センター

強相関電子系において、新しい量子相の存在を予言し、実現するための物質設計指針を与え、そして観測手段を考案して実験的検証に供することを目指す理論的研究活動が、近年活発化している。その背景には、急速な実験的理論的研究手法の発展によって、量子相の源泉としてのスピン軌道相互作用の物理と多体電子系の非平衡現象の研究が改めて注目を集めている状況がある。

スピン軌道相互作用がもたらす新奇量子相の代表であるトポロジカル絶縁体は、界面の新しい可能性を拓いてきた。我々は最近、強相関トポロジカル絶縁体の候補物質として注目を集めた $R_2\text{Ir}_2\text{O}_7$ (R : 希土類元素) [1] の磁性相における磁壁が、弱いトポロジカル数に保護された金属界面となることを理論的に予言した [2]。従来の界面における電子デバイスやトポロジカル絶縁体の結晶表面は動かすことが出来ないのとは対照的に、トポロジカルな磁壁金属は、磁場などの外場で制御できる可動性かつ機能性界面 [3] として実験においても検証が進んでいる [4]。

スピン軌道相互作用が重要となるイリジウム酸化物では強相関トポロジカル絶縁体だけではなく、量子スピン液体がモット絶縁体 $A_2\text{IrO}_3$ ($A=\text{Li, Na}$) で実現することが予言され注目を集めた [5]。しかし残念ながら現在では $A_2\text{IrO}_3$ の基底状態が磁性相であることが実験的に明らかとなっている。そこで我々は、 $A_2\text{IrO}_3$ から出発して量子スピン液体相を実現するために、第一原理電子状態に基づいた有効スピンハミルトニアン [6] の数値的解析から、比熱の温度依存性に基づいて量子スピン液体相と現実物質の『距離』を測り、スピン液体相へ近づくための物質設計指針を提案する [7]。

実験手法の進展によって、ポンププローブ分光法によるフェムト秒スケールの励起緩和の観測が可能となり、光と電子が結合した新奇量子相など、スピン軌道相互作用とは直交する新奇量子相の源泉として注目を集めている。一方、新しい観測手段としての非平衡分光法から引き出せる情報は未だに限られている。我々は強相関電子系における散逸とデコヒーレンス [8] に注目し、ポンププローブ光電子分光を数値的にシミュレートすることで、平衡状態の非占有状態の情報を引き出す新たな解析手法を提案する [9]。

[1] D. Pesin and L. Balents, *Nat. Phys.* 6, 376 (2010).

[2] Y. Yamaji and M. Imada, *Phys. Rev. X* 4, 021035 (2014).

[3] Y. Yamaji and M. Imada, arXiv:1507.04153.

[4] E. Y. Ma *et al.*, *Science* 350, 538 (2015).

[5] G. Jackeli and G. Khaliullin, *Phys. Rev. Lett.* 102, 017205 (2009).

[6] Y. Yamaji, Y. Nomura, M. Kurita, R. Arita, and M. Imada, *Phys. Rev. Lett.* 113, 107201 (2014).

[7] Y. Yamaji, T. Suzuki, N. Kawashima, and M. Imada, in preparation.

[8] Y. Yamada, Y. Yamaji, and M. Imada, *Phys. Rev. Lett.* 115, 197701 (2015). [9] Y. Yamaji and M. Imada, arXiv:1509.05597.

スピン軌道相互作用を用いた強相関物質設計

有田亮太郎 理化学研究所創発物性科学研究センター

物質の個性を忠実に反映する第一原理計算の強みをいかして様々な量子状態の制御、新機能物質の理論設計を目指すことは量子物質研究が進むべき重要な方向の一つである。本講演では、強相関電子系における多様な特異状態の起源となるスピン軌道相互作用を活用した物質設計の可能性について我々の最近の二つの研究を紹介する。

固体における相対論効果の重要な発現の一つにジャロシンスキー・守谷相互作用 D がある。第一原理計算から連続スピンモデルを導出し、 D の符号や大きさを精密に見積もることができれば、カイラル磁性体の磁気構造や磁壁の運動を自在に設計する可能性が開け、非常に興味深い。一方、第一原理計算から連続モデルを導出する方法は、Hubbard 模型などの格子モデルを導出する場合と異なり、必ずしも確立していない。そこで最近、我々は非経験的に D を見積もる方法を構築した[1]。この方法ではバンド構造の詳細と D の関係を明らかにすることができ、電子状態にどのような摂動を加えれば D がどのように変化するかが調べられるようになる。講演ではこの方法をスキルミオンの大きさや helicity が変化することが報告されている[2] $\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Ge}$ に適用した結果を紹介し、先行研究[3,4]との比較を行った上でスキルミオン結晶エンジニアリングの可能性を議論する。

スピン軌道相互作用の存在下では、電子状態においてベリー曲率が様々な構造を取りうる。このことを利用して物質に興味深い輸送特性を付与することができる。そのひとつの例として、最近 Mn_3Sn [5]および Mn_3Ge [6,7]で話題となっている反強磁性体における巨大な異常ホール効果について議論する。どの磁気点群に属する磁性体においてどのような構造のベリー曲率があらわれるかという群論的な解析に基づき、巨大な異常ホール効果を示す反強磁性体を実現する必要条件について考察する[8]。

- [1] T. Kikuchi, T. Koretsune, R. Arita and G. Tatara, in prep.
- [2] K. Shibata *et al.*, Nature Nanotech., 8 723 (2013).
- [3] T. Koretsune, N. Nagaosa and R. Arita, Scientific Reports, 5 13302 (2015).
- [4] J. Gayles *et al.*, Phys. Rev. Lett., 115 036602 (2015).
- [5] S. Nakatsuji, N. Kiyohara, N. Higo, Nature doi:10.1038/nature15723 (2015).
- [6] N. Kiyohara and S. Nakatsuji, arXiv:1511.04619.
- [7] K. Nayak *et al.*, arXiv:1511.03128.
- [8] M-T. Suzuki, T. Koretsune and R. Arita, in prep.

第一原理多体摂動計算に基づく物性研究

中村和磨 九州工業大学大学院工学府基礎科学研究系

多体摂動論は、場の量子論に基づき、無限自由度を対象とする物性研究において積極的に利用されてきたが、計算コスト大のため、第一原理計算の取り組みの中では、中心的手法ではなかった。近年の計算機進展に伴い、大規模計算が可能となり、第一原理多体摂動論を用いた研究は少しずつ盛んになっている。特に、密度汎関数計算が不十分な定量的記述を与える問題について、多体摂動論による定量的改善が期待されている。

第一原理計算の範疇で多体摂動計算を実行する場合の代表的近似が、誘電関数に対する乱雑位相近似と自己エネルギーに対する GW 近似である。これらの近似の下で評価されたスペクトル関数について膨大な研究報告があり、現在では、準粒子エネルギーのようなスペクトル量について良い定量精度があることが知られている。一方、スペクトルの中に現れるサテライト構造については、あまり定量性がないことも確かめられている。サテライト構造は、系内の電子相関と密接



本研究のアプローチは、ビスマスでの象徴的な事例に留まらず、スピン軌道相互作用が本質的な物質系の研究に新たな方向性をもたらすものである。その一例として、熱電材料 PbTe とトポロジカル結晶絶縁体 SnTe の混晶系における M_{Zc} の計算結果も紹介する。

-
- ¹ G. E. Smith, G. A. Baraff, and J. M. Rowell, Phys. Rev. **135**, A1118 (1964).
 - ² V. S. Édel'man, Adv. Phys. **25**, 555 (1976).
 - ³ S. G. Bompadre, C. Biagini, D. Maslov, and A. F. Hebard, Phys. Rev. B **64**, 073103 (2001).
 - ⁴ Z. Zhu, B. Fauqué, Y. Fuseya, and K. Behnia, Phys. Rev. B **84**, 115137 (2011).
 - ⁵ Y. Fuseya, Z. Zhu, B. Fauqué, W. Kang, B. Lenoir, and K. Behnia, Phys. Rev. Lett. **115**, 216401 (2015).

f 電子系化合物の純良単結晶育成と強磁性超伝導の最近の進展

青木 大 東北大金研、CEA-Grenoble

ウラン化合物の物性を担う 5f 電子は、4f 電子の局在と 3d 電子の遍歴の中間的な性質を示す。またスピン軌道相互作用が大きい。このため電子相関が強く、多彩な物性物理の宝庫として知られている。たとえば、秩序パラメータが非自明な「隠れた秩序」、非フェルミ液体、多極子秩序、強磁性量子臨界現象、磁性と共存する超伝導など魅力的でバラエティに富んだ物性が知られている。なかでも、ここ最近、強磁性と超伝導が共存するウラン化合物が見つかって注目を集めている。

これまで、強磁性と超伝導はお互いに相反する物理現象だと考えられて来た。強磁性による強い内部磁場が超伝導の電子対(クーパー対)を破壊するからである。過去に、Matthias や Fischer らによって ErRh₄B₄ やシェブレル相の化合物について、強磁性と超伝導の共存/競合が研究されたことがある。しかし、これらは、磁性を担う 4f 電子と伝導電子が別物であり、強磁性と超伝導は本質的に競合している。

一方、ウラン化合物で発見された強磁性超伝導体 UGe₂, URhGe, UCoGe は、5f 電子が強磁性を担うとともに、結晶中を遍歴して伝導を担っている。すなわち、同じ 5f 電子が強磁性と超伝導の両方を担っているのである。したがって、強磁性と超伝導は微視的に共存している。

このような超伝導は、従来の BCS 理論では説明ができない。新しい超伝導発現機構が実現している。強磁性超伝導体では、これまでのスピン一重項によるクーパー対(↑↓)ではなく、スピン三重項の平行スピン対(↑↑あるいは↓↓)が超伝導を担っている。新しい超伝導発現機構に加えて、さらに驚くべきほど高い超伝導臨界磁場を持つこともわかって来た。

URhGe, UCoGe の磁化困難軸に磁場を加えると、強磁性キュリー温度が磁場増大とともに下がってくる。減少したキュリー温度がゼロになる近傍で、磁場誘起超伝導あるいは磁場強化型の超伝導が現れるのである。通常、超伝導の上部臨界磁場 H_{c2} は、クーパー対のゼーマン分裂に起因するパウリリミットによって決まっている。URhGe, UCoGe の場合、0.5T あるいは 1T 程度である。一方、強磁性超伝導の磁場誘起超伝導、磁場強化型超伝導の臨界磁場はその数十倍である。

このように磁場に強い奇妙な超伝導の出現は、新しい超伝導発現機構と強磁性の揺らぎが密接に絡み合った結果として理解できる。また、最近、純良単結晶育成に成功し、ドハース・ファンアルフェン効果や熱電能の量子振動効果の測定によって、フェルミ面の揺らぎも超伝導を強化する重要な役割を果たしていることが分かって来た。本講演では、これらの最新の実験結果について説明する。また、物性研との共同研究に得られた最近の結果や 5f 電子系以外の純良単結晶育成と精密物性測定についても紹介したい。



局所相関と電荷移動がもたらす新しい量子現象

渡辺真仁 九工大

近年、重い電子系物質 YbRh_2Si_2 [1]や $\beta\text{-YbAlB}_4$ [2]などの常磁性金属相において、スピンゆらぎの量子臨界現象の枠組みに従わない、非従来型の量子臨界現象が観測され、強相関電子系における大きな問題となっている。最近、 Yb や Ce の臨界価数ゆらぎが新しいタイプの量子臨界現象を引き起こすことが理論的に示され[3]、これらの非従来型の量子臨界現象を統一的に説明する機構として注目を集めている[4]。価数ゆらぎとは、f 電子と伝導電子の間の電荷移動のゆらぎであるが、f 電子の強い局所相関の効果と相まって新しい量子現象を引き起こすことがわかってきた。本講演ではその研究の発展を紹介する。

最近、f 電子の強い局所相関の効果を取り入れた上で、臨界価数ゆらぎのモード結合理論の枠組みが作られた[3]。その結果、運動量空間でほとんど分散をもたない局所的な臨界価数ゆらぎのモードが出現し、磁化率 χ や電気抵抗率 ρ 、電子比熱係数 C/T や核磁気緩和率 $(T_1T)^{-1}$ などの物理量に新しいタイプの量子臨界性が現れることが示された[3]。実験的にも1次の価数転移と臨界点の存在が、 YbRh_2Si_2 [5]や $\alpha\text{-YbAl}_{1-x}\text{Fe}_x\text{B}_4$ [6]、 YbNi_3Ga_9 [7]で示唆されている。

また、 $\beta\text{-YbAlB}_4$ の磁化率 χ が温度と磁場の比 T/B の4桁以上にわたって1つのスケーリング関数で表される新奇な振る舞いが発見された[8]。磁場下での価数ゆらぎのモード結合理論の枠組みを構築して解析を行った結果、 Yb の価数転移の量子臨界点近傍で、臨界価数ゆらぎの特徴的溫度 T_0 が測定最低溫度と同程度か、低い場合には、価数帯磁率および磁化率に T/B スケーリングの振る舞いが出現することがわかった[9]。これにより、 $\beta\text{-YbAlB}_4$ の各物理量が示す非従来型の量子臨界現象と T/B スケーリングが統一的に説明されることがわかった[9]。

最近、重い電子系準結晶 $\text{Yb}_{15}\text{Al}_{34}\text{Au}_{51}$ の常圧および圧力下で、上記と共通の量子臨界性が観測された[10]。準結晶と近似結晶の基本格子構造を構成する Yb-Al-Au クラスタについて理論解析を行った結果、 Yb の価数転移の量子臨界点が基底状態相図上で斑点状に出現し、量子臨界領域が互いに重なり合って広大な量子臨界領域が出現することを見出した[11]。これにより、圧力に対して robust な量子臨界性が臨界価数ゆらぎの観点から自然に説明されるとともに、圧力や磁場を制御することなしに量子臨界性が発現している謎に対する知見が得られた[11,12]。

これらの結果は、 Yb の臨界価数ゆらぎが強い局所性をもつために、格子が周期性をもつか、準周期性をもつかにはよらない可能性を示唆しており、 Yb の価数ゆらぎを起源として新しい普遍性クラスが形成されている可能性が高いと考えられる。講演では、局所相関と電荷移動がもたらす新しい量子現象を紹介し、将来展望を議論する。

本講演の内容は三宅和正フェロー(豊田理研)およびSPring-8長期利用課題(課題番号:0046)の実験メンバーとの共同研究に基づいている。

- [1] O. Trovarelli *et al.*, PRL **85** (2000) 626.
- [2] S. Nakatsuji *et al.*, Nature Phys. **4** (2008) 603.
- [3] S. Watanabe *et al.*, PRL **105** (2010) 186403.
- [4] 渡辺真仁, 三宅和正, 固体物理 **47** (2012) 511.
- [5] S. Kambe *et al.*, Nature Phys. **10** (2014) 840.
- [6] 久我健太郎 他, 物理学会 2014年3月28aBE-6.
- [7] K. Matsubayashi *et al.*, PRL **114**(2015) 086401.
- [8] Y. Matsumoto *et al.*, Science **331** (2011) 316.
- [9] S. Watanabe *et al.*, JPSJ **83** (2014) 103708.
- [10] K. Deguchi *et al.*, Nature Mat. **11** (2012) 1013.
- [11] S. Watanabe *et al.*, JPSJ **82** (2013) 083704.
- [12] S. Watanabe *et al.*, J. Phys.: Conf. Ser. **592** (2015) 012087.



STM/STSによる量子物質の電子状態解析

花栗哲郎 理研 CEMS

走査型トンネル顕微鏡/分光法 (STM/STS) は、表面原子配列の実空間観察を可能にただけでなく、一連の走査型プローブ顕微鏡を登場させる基となった画期的な計測手法である。STM/STS の最も重要な特徴は、試料の局所状態密度を直接、しかも原子レベルの空間分解能とマイクロ電子ボルトのエネルギー分解能で計測できることにある。原子分解能の STM 像の全てのピクセルでトンネル分光を行う分光イメージング STM を利用すると、欠陥等によって誘起された局所電子状態を解析する上で非常に強力であるだけでなく、得られた電子状態像を励起エネルギー毎に Fourier 変換することによって波数情報を得ることもできる。波数空間を直接観測する手法としては角度分解光電子分光という強力なツールがあるが、分光イメージング STM は非占有状態にもアクセスでき、さらに強磁場中でも測定可能であるという特徴を持っており、その意義は大きい。

分光イメージング STM は、原理は単純であるがその実現には高い技術が必要であり、長らく「絵に描いた餅」に過ぎなかった。しかし、2000 年頃から実用レベルの測定が可能になり、銅酸化物高温超伝導体の超伝導ギャップや擬ギャップの実空間、波数空間における構造解明に大きな役割を果たした[1]。また、トポロジカル絶縁体表面の質量の無い Dirac 電子におけるスピンに依存した電子散乱や Landau 軌道の解明にも貢献している[2,3]。

分光イメージング STM は、最近までごく限られたグループにしか遂行できなかったが、今ではその技術は確立されつつあり[4]、揺籃期から成長期に入ったと言える。今後は、薄膜やデバイス、あるいはグラフェンや遷移金属カルコゲナイドの微小単層試料など、これまで STM 測定が困難だった試料へ分光イメージングの技術を展開していくことで、新しい量子現象の発見や原理の解明につながる事が期待される。また、単なる局所状態密度の計測を越えて、スピン分布のイメージングや時間分解測定も近い将来の課題である。

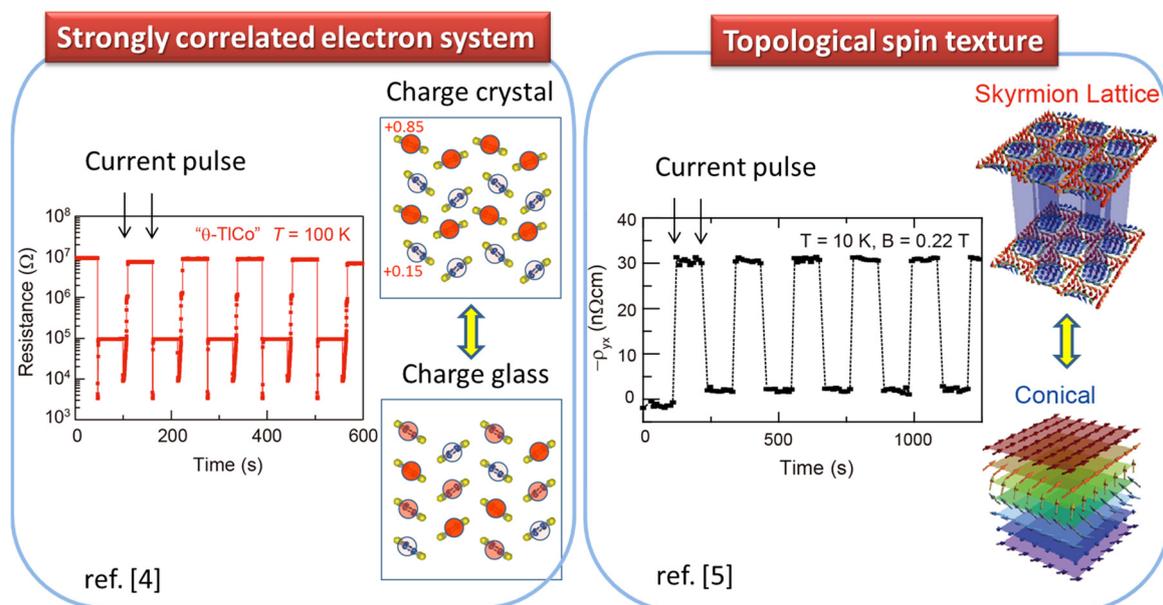
- [1] K. Fujita *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **81**, 011005 (2012).
- [2] P. Cheng *et al.*, Physica E **44**, 912 (2012).
- [3] Y. -S. Fu, M. Kawamura *et al.*, Nature Phys. **10**, 815 (2014).
- [4] 花栗哲郎 固体物理 **49**, 627 (2014), *ibid.* **50**, 359 (2015).

急冷を用いた新奇準安定電子相の開拓と制御

賀川史敬 理研 CEMS

強相関電子系の物性科学において、熱平衡相図とその物性の微視的理解及び制御は中心的な命題の一つであり、多くの研究がその枠組みの中で行われている。これに対し我々は、確立した熱平衡相図を研究の基盤とした上で、空間的不均一や過冷却状態に代表される広義の非熱平衡状態の物性に着目し、新しい概念や相制御手法の創出を模索し始めたところである。そのような熱平衡状態から少し外れた電子/磁気状態を実現させる手法として、我々は「急冷」を試している。通常の実験においては $10^{-3} \sim 10^{-1}$ K/s 程度の冷却速度が用いられているが、我々のこれまでの研究からは、従来のものを遥かに超える冷却速度 ($>10^2$ K/s) を適用することで、熱平衡相図の背後に隠れていた準安定電子/磁気状態や、圧力・磁場などを用いた自由エネルギーバランスの制御とは異なった発想での相制御が、強相関電子系、磁性体を含む様々な系で実現できることが明らかになりつつある。本講演では、冷却速度を物性の制御パラメータの一つとして見なすことでどのような新しい展開が見込めるのか、有機伝導体における急冷下で発現する電荷ガラス[1-4, 6]や MnSi における急冷下準安定スカーミオン[5]やその相制御(下図)の実例を紹介しながら俯瞰したい。

- [1] F. Kagawa, *et al.*, Nat. Phys. **9**, 419 (2013).
 [2] T. Sato, *et al.*, Phys. Rev. B **89**, 121102(R) (2014).
 [3] T. Sato, *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **83**, 083602 (2014). [4] H. Oike, *et al.*, Phys. Rev. B **91**, 041101(R) (2015).
 [5] H. Oike, *et al.*, Nat. Phys., doi:10.1038/nphys3506 (2015).
 [6] 賀川、大池、佐藤、固体物理 12 月号掲載予定 (2015)



特異なボンドを有する新奇磁性体における巨大外場応答

石渡晋太郎 東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻

Fe⁴⁺や Co⁴⁺などの異常高原子価 3d 遷移金属イオンを含む酸化物は、非常に強い d-p 混成を有しており、d 電子だけでなく酸素 p ホールが絡んだ新奇な量子物性を示す。多彩ならせん磁気秩序を示す SrFeO₃はその好例であり[1]、磁気基底状態は、Ba 置換による Fe-O ボンドの伸張によって非常に敏感に変化する事が報告されている[2]。これらの実験事実は、異常高原子価酸化物における様々な磁気秩序の競合状態を反映したものであり、立方晶ペロブスカイトのようなシンプルな格子系であっても、d-p 混成の大きさを支配するボンド長を制御することで、新奇な磁気秩序が見いだされる可能性があることを示唆している。しかしながら、合成の困難さに理論的な取り扱いの難しさも相俟って、物質・物性開拓やその微視的メカニズムの解明は遅れている。

我々は、室温強磁性を示す立方晶ペロブスカイト型酸化物 SrCoO₃[3]に着目し、Ba 置換による Co-O ボンドの伸張がもたらす磁性の変化を系統的に調べた。その結果、強磁性状態は Ba 置換によって系統的に抑制され、x=0.35 という臨界組成近傍で反強磁性状態に置き換わることが分かった。次にこの系において化学置換によってもたらされた磁気基底状態の変化が、Co-O のボンド長の変化に支配された本質的な振る舞いであることを確かめるため、強磁性消失後の x=0.4 という組成に対して圧力下の磁気測定を行ったところ、わずか 0.7 GPa の圧力で明確に強磁性が復活するという結果が得られた。さらに Ba 置換による負の化学圧と正の物理圧がもたらす磁気転移温度の変化が、格子定数によってスケールされることが明らかとなった。また、Ba 置換によって見いだされた新奇な磁気秩序相の詳細を調べるため、単結晶試料を用いた中性子散乱を行ったところ、SrFeO₃と同様な[111]方向に伝搬ベクトルをもたせぬ磁性状態が実現していることが

強く示唆され、是常氏らによる第一原理計算の結果とも非常に良い一致を見せた。最後に、(Sr, Ba)CoO₃における磁気基底状態の変化が、酸素ホールを仮定した二重交換相互作用のモデル[4]に基づいて定性的に説明できることなどを議論し、異常高原子価酸化物における新奇物性の開拓とその系統的な理解に向けた今後の展望について言及したい。

- [1] S. Ishiwata *et al.*, Phys. Rev. B **84**, 054427 (2011).
- [2] N. Hayashi *et al.*, Angew. Chem. Int. Ed. **50**, 12547 (2011).
- [3] Y. W. Long, *et al.*, J. Phys.: Condens. Matter, **23**, 245601 (2011).
- [4] M. Mostovoy, Phys. Rev. Lett., **94**, 137205 (2005).

混合アニオン酸化物の化学と物理

陰山 洋 京都大学工学研究科

いうまでもなく酸化物は、固体物理学の様々な分野で大きな貢献をしている。しかしながら、最近、混合アニオン酸化物が新しいタイプの材料として注目を集め始めている。混合アニオン酸化物とは、酸化物イオン(O²⁻)と異種アニオン(窒化物イオン(N³⁻)、塩化物イオン(Cl⁻)、水素化物イオン(H⁻)など)が共存する化合物のことをいう。遷移金属に異種アニオンが配位することによって、酸化物イオンにのみ配位される単純な酸化物ではみられない効果、例えば、異常な結晶場分裂(低対称化)、価電子バンドの大幅制御(可視光応答性)、シス配位・トランス配位に起因する新奇秩序状態、などが期待される。本講演では、混合アニオン酸化物に関する合成、構造、化学・物理機能について、我々の研究を中心に紹介する。

- ・層状酸ニクタイト BaTi₂Pn₂O (Pn = As, Sb, Bi)における超伝導

J. Phys. Soc. Jpn. **81**, 103706 (2012).

J. Phys. Soc. Jpn. **82**, 033705 (2013).

Nat. Commun. **5**, 5761 (2014).

- ・ペロブスカイト型酸窒化物・酸水素化物 (MnTaO₂N、SrCrO₂H) における八面体回転の制御

Angew. Chem. Int. Ed. **53**, 10377 (2014).

Angew. Chem. Int. Ed. **54**, 516 (2015).

- ・酸水素化物 BaTi(O,H)₃ における H⁻の交換活性を活かした合成と機能性

Nat. Chem., DOI: 10.1038/NCHEM.2370

J. Am. Chem. Soc., DOI: 10.1021/jacs.5b10255

「量子乱流と古典乱流の邂逅」の報告

日時：2016年1月5日(火)～7日(木)

場所：物性研究所本館6階 大講義室(A632)

研究会提案代表者：坪田誠 (大阪市大)

共同提案者：後藤俊幸 (名工大)、斎藤弘樹 (電通大)、竹内一将 (東工大)

辻義之 (名大)、福本康秀 (九大)、矢野英雄 (大阪市大)、山下穰 (物性研)

量子凝縮した流体で生じる乱流—量子乱流—は、低温物理学における重要テーマとして、現在活発に研究が行われている。量子乱流の大きな特徴は、循環が量子化された量子渦が、その物理を担うという点にある。量子乱流は、約半世紀前に超流動ヘリウムを舞台にして研究が始められたが、近年、原子気体ボース・アインシュタイン凝縮体(BEC)でも実現し、ますます興味深い展開を見せている。乱流と言えば、(古典)流体力学の乱流が本家であるが、これまで物性物理学と流体力学の研究者の接点や交流は、ほぼ皆無であった。本研究会は、低温物性物理学の研究者と、(古典)流体力学そして数理学の研究者が、乱流現象に対する現状認識を披露し合い、それぞれの最新の研究成果を発表し、研究協力を試みることを目的として実施された。このような趣旨の研究会は世界的にも類例が無く、日本国内では初めてである。

三日間にわたり 28 件の口頭発表と 7 件のポスター発表が行われた。現在の量子乱流および古典乱流の第一線の研究者が集結し、非常に実のある発表と議論が行われた。

参加者は、初日 52 名(学内 5 名、学外 47 名)、二日目 45 名(学内 9 名、学外 36 名)、三日目 38 名(学内 6 名、学外 32 名)であった。特に、御年 90 歳を超える異友正先生が参加され、発表をされるとともに活発に質問され、そのご健在ぶりが印象的であった。なお、本研究会の開催にあたり、物性研の山下穰氏、菱沼有美さんには、大変お世話になった。厚く感謝申し上げる。

初日のセッション 1 では、古典乱流、量子乱流、数理学の立場から現状の外観が報告された。後藤(俊)氏は、乱流の間欠性について論じた。乱流の統計則といえは、エネルギースペクトルに対するコルモゴロフの $-5/3$ 則が有名だが、波数全領域にわたるスペクトルはそれほど単純ではない。ナビエ・ストークス方程式の直接計算(DNS)の結果を参照しながら、揺らぎの特性が論じられた。坪田は、超流動ヘリウムおよび原子気体 BEC の量子乱流の研究動向をレビューした。坂上氏は、オイラー方程式の弱解に関するオンサーガー予想と関連する数学研究を論じた。

セッション 2 では、原子気体 BEC の研究が報告された。斎藤氏は、グロス・ピタエフスキー(GP)方程式の数値解析により、障害物後方のカルマン渦の放出、2 成分 BEC のレーリー・テイラー不安定性やケルビン・ヘルムホルツ不安定性について論じた。平野氏は、2 成分 BEC におけるドメイン構造の形成などの非平衡ダイナミクスの実験結果について報告した。井上氏は、BEC での量子渦の観測実験について報告した。川口氏は、スピノール・ダイポール BEC におけるスピンホール効果の理論研究について論じた。

この後、懇親会が行われ、和やかな雰囲気の中に活発な学術交流が行われた。

二日目のセッション 3 は、超流動ヘリウムの実験研究である。矢野氏は、近年精力的に行われている大阪市大の振動物体を用いた量子乱流研究についてレビューした。辻氏は、固体水素微粒子を用いた量子乱流の可視化実験について報告した。辻氏は古典乱流分野の研究者だが、超流動ヘリウムの研究に参入されてきたことは非常に喜ばしいことである。村川



氏は、ナノポアアレイ中の超流動流れと散逸についての実験を報告した。近年、このようなナノストラクチャー中の超流動の研究は注目を集めており、国内ではその先駆けとなる研究と期待される。

セッション 4 は古典乱流である。乱流統計理論では多点速度相関の完結性が重要な未解決問題だが、巽氏は「交際速度独立性」による完結仮説を論じた。石原氏は、これまでも世界最大規模の DNS の計算を行ってきたが、最大格子点数 12288³ でレイノルズ数 10⁵ の世界記録を更新した DNS の計算が報告され、乱流の間欠性に踏み込んだ議論が行われた。小林(宏)氏は、楕円形パーガーズ渦周りの大スケールと小スケール間のエネルギー輸送を論じた。

セッション 5 でも古典乱流の最新成果が報告された。小松氏は、分子動力学によるコルモゴロフ則の出現を示した。テラー・グリーン型の配置から初めて分子の運動を追い、流体成分のエネルギー Spektrum がコルモゴロフ則と矛盾しない結果が得られることを示した。木村氏と八柳氏は 2 次元乱流について報告した。2 次元乱流では、エネルギーに加えてエンストロフィーが保存量となるため、エンストロフィーの順方向カスケードと、エネルギーの逆カスケードを起こることが知られている。木村氏は楕円渦の軸対称化過程における逆カスケードを議論した。八柳氏は、2 次元点渦系の自己組織化(大規模構造形成)について報告した。後藤(晋)氏は 3 次元乱流のリチャードソン・カスケードが、実空間ではどのような渦の運動として見えるかに注目し、あるスケールの渦が、渦度場のストレッチにより、自分の周りに垂直方向に細かい渦を作り、この過程が自己相似的に続くという興味深いシナリオを提出した。

セッション 6 では、福本氏が渦に励起されるケルビン波の不安定性について議論し、小林(未)氏はスピノール BEC を舞台に、位相欠陥とその非可換性が発達乱流にどのように影響するかについて報告した。

その後、ポスターセッションが行われた。発表件数は 7 つと少なかったが、主に大学院生が自分たちの最新の研究成果を報告し、活発な議論が行われた。

三日目のセッション 7 は、臨界現象として乱流遷移を理解する試みが主題であった。竹内氏は液晶乱流を舞台に、その乱流遷移が Directed Percolation (DP) と呼ばれる非平衡臨界現象の普遍的クラスになることを議論した。高橋氏は、GP 方程式の量子乱流が、やはり DP クラスの普遍性を示すことを論じた。佐野氏は、水の管内乱流の遷移が、DP クラスに従うという最新の結果について報告した。

セッション 8 では、まず吉田氏が GP 方程式の量子乱流のエネルギー Spektrum と「完結性」について議論した。乱流といえば渦が作る乱流に目を向けがちだが、渦ではなく波動がつくる乱流もある。藤本氏は、強磁性スピノール BEC におけるスピン波の乱流を議論し、順方向カスケードと逆カスケードが、特徴的な相関関数のべき乗則をともなって起こることを示した。森下氏は、He 単原子層薄膜の実験結果を報告し、⁴He 原子が domain wall を形成しその中を流動することと、その臨界速度を論じた。

セッション 9 では、深井氏は、液晶電気乱流におけるふたつの時空カオス状態 DSM1 と DSM2 (DSM=Dynamic Scattering Mode) の界面ゆらぎが、KPZ (Kardar-Parisi-Zhang) 普遍的クラスに従うという実験結果を議論した。木下氏は、アンチドット型と呼ばれる光学ポテンシャル中の原子気体 BEC の流れに関する実験を報告し、臨界速度を示唆する結果を議論した。

そのあと、参加者全員による Free Discussions 「量子乱流は古典乱流に、古典乱流は量子乱流に何を学ぶか？」を行った。これは本研究会の目玉ともいえるべき企画である。あらかじめ世話人が用意したアジェンダを受付で全参加者に配布した。非常に活発な議論が行われた。議論された主な内容は以下のとおり。

1. 乱流とは何か？定義は何か？何を解明したら、乱流がわかったと言えるのか？

<会場から出た意見> ・速度場が乱れているからと言って、乱流とは言えない。例えば、コルモゴロフ則のような普遍的な統計則が成り立つことが必要。

- ・ 乱流では小スケールから大スケールまで、幅広くエネルギーが分布している。
- ・ 乱流遷移に着目することが重要。 ・統計則は定常状態で議論しなければならない。

2. 量子乱流の可視化では、何に注目すれば良いか？

3. 「量子渦が乱流の構成要素である」という視点は意味があるか？ 等々

プログラム

2016年1月5日

13:00-13:10 はじめに (所長、提案代表者)

セッション1 (座長: 木村芳文)

13:10-13:50 後藤俊幸 (名工大) 乱流の間欠性 -特異性、次元、スケーリング-

13:50-14:30 坪田誠 (大阪市大) 量子乱流研究の発展

14:30-15:00 坂上貴之 (京大) 非粘性・非圧縮流れの散逸的弱解と流体乱流

休憩

セッション2 (座長: 小林未知数)

15:30-16:00 斎藤弘樹 (電通大) 量子流体における流体不安定性

16:00-16:30 平野琢也 (学習院大) 多成分冷却原子気体における非平衡ダイナミクス

16:30-17:00 井上慎 (大阪市大) 2原子種 BEC とスピン自由度のある BEC

17:00-17:30 川口由紀 (名大) スピノール・ダイポール BEC におけるスピホール効果

懇親会

1月6日

セッション3 (座長: 森下 将史)

9:00-9:30 矢野英雄 (大阪市大) 振動物体が生成する超流動乱流

9:30-10:00 辻義之 (名大) 量子乱流中の微細粒子の運動について

10:00-10:20 村川智 (東大) ナノポアアレイ中の超流動ヘリウム4の流れとその散逸

休憩

セッション4 (座長: 福本康秀)

10:50-11:10 巽友正 (京大) Exact statistical formalism of classical fluid turbulence and some prospect of quantum fluid turbulence

11:10-11:40 石原卓 (名大) カノニカルな古典乱流の大規模直接数値シミュレーション

11:40-12:00 小林宏充 (慶大) 古典乱流中に見られる楕円形バーガーズ渦周りのスケール間エネルギー輸送の解析

昼食

セッション5 (座長: 辻義之)

13:00-13:40 小松輝久 (理研) A glimpse of turbulence from the molecular scale

13:40-14:10 木村芳文 (名大) 2次元渦運動と点渦の統計力学

14:10-14:40 八柳祐一 (静大) 2次元点渦系での自己組織化を実現するドリフト項

14:40-15:10 後藤晋 (阪大) 乱流中の渦の階層とエネルギーカスケード

休憩

セッション6 (座長: 斎藤弘樹)

15:40-16:10 福本康秀 (九大) ケルヴィン波のエネルギー・擬運動量・ストークスドリフトと渦流の3次元不安定性

16:10-16:30 小林未知数 (京大) 量子流体におけるトポロジカル欠陥の非可換性および量子乱流への影響



物性研究所談話会

標題：硫化水素を加圧して現れる高温超伝導

日時：2016年1月15日(金) 午後4時30分～午後5時30分

場所：物性研究所本館6階 大講義室 (A632)

講師：清水 克哉

所属：大阪大学 基礎工学研究科 附属極限科学センター

要旨：

2014年12月に airXiv に報告された 190 K の超伝導¹は、高圧力下ではあるものの、20年間以上停滞していた超伝導転移温度の最高温度の記録を大幅に更新するもので多くの研究者に注目された。この硫化水素から現れた超伝導が、本物なのかを明らかにするべく再現実験や追試が求められてきたが、現在までに超伝導を支持する実験結果は、後述する我々のグループによる再現実験に限られているようである。一方で、高圧力下の結晶構造や超伝導転移温度は理論計算^{2,3}によってよく説明されてきているが、未だこの超伝導には多くの追試実験が望まれるところである。

室温にせまる、または超えるような高温超伝導は水素を高密度に圧縮した固体金属水素において理論予測されてきたが、実験的にはその生成に必要な超高圧力は達成されていない。その一方で水素を多く含有する-いわゆる水素リッチな-物質である水素吸蔵合金や炭化水素などを高密度に圧縮すれば、内在する水素由来の超伝導性が期待できるのではと考えられてきた。この硫化水素はまさに水素リッチシステムのひとつと考えることもできる。

我々は、これまでに3つの再現実験を行った。(1) Eremets らがセットした試料の入った高圧装置を、阪大の冷凍機および電気抵抗測定装置を用いて電気抵抗の温度依存性を測定して、文献1~3と同じ結果を得た。(2) この Eremets らの試料を SPring-8 において結晶構造を測定したところ、超伝導転移温度前後における結晶構造は、Cui らの理論⁴した結晶構造を再現しており、硫黄原子が体心立方で配置する構造であることが分かった⁵。(3) 我々が独自にセットした試料においてもややブロードながら約 180 K のオンセットをもつ超伝導転移が確認された。これらの追試の現状をあわせて、硫化水素を加圧して現れる高温超伝導について紹介する。

参考文献

- [1] A. Drozdov et al., arXiv:1412.0460 (2014), arXiv:1506.08190 (2015), Nature **525**, 73 (2015).
- [2] Y. Li et al., J. Chem. Phys. **140**, 040901 (2014) など.
- [3] I. Errea et al., Phys. Rev. Lett. **114**, 157004 (2015) など.
- [4] D. Duan et al., Sci. Reports **4**, 6968 (2014).
- [5] M. Einaga et al., arXiv:1509.03156v1 (2015).

標題：物性研究所 家泰弘先生特別講演会

日時：2016年2月9日(火) 午後2時30分～午後4時40分

場所：物性研究所本館6階 大講義室 (A632)

要旨：14:30-14:45 所長挨拶

14:45-15:00 家 泰弘先生業績紹介

15:00-16:40 家 泰弘先生ご講演会

講演題目「二次元電子との40年、物性研での30年」



物性研究所セミナー

標題：理論セミナー：Fracture process of semicrystalline polymers in molecular scale by coarse-grained molecular dynamics simulation

日時：2016年1月8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：樋口 祐次

所属：東北大学金属材料研究所

要旨：

One of the big challenges by molecular theory is understanding the fracture process of semicrystalline polymers, which is important to increase toughness of polymeric materials in industry. The fracture process against the stretching is also tempting in physics because semicrystalline polymers show inhomogeneous structure and the process takes non-equilibrium pathway. In my talk, the fracture process of polyethylene is studied by coarse-grained molecular dynamics simulation. Lamellar layer, which consists of amorphous and crystal parts and is basic structure of polyethylene in molecular scale, is stretched parallel and perpendicular to the crystal direction. In the stretching process, recrystallization of grain boundary, fragmentation of lamellar structure, and tilt of crystal part are observed. Dynamics of polymer chains in molecular scale are successfully revealed.

標題：中性子セミナー：Macromolecular Translocation through Nanopores

日時：2016年1月19日(火) 午後2時～午後4時

場所：物性研究所6階 第6セミナー室 (A616)

講師：Prof. M. Muthukumar

所属：University of Massachusetts Amherst

要旨：

The ubiquitous phenomenon of translocation of electrically charged macromolecules through narrow pores exhibits bewildering phenomenology, requiring an adequate description of polyelectrolyte dynamics, electrolyte dynamics, hydrodynamics, and confinement effects from charge-decorated pores. The translocation process involves three major stages: (a) approach of the macromolecule towards the pore, (b) capture/recognition of the macromolecule at the pore entrance, and (c) threading through the pore. All of these stages are controlled by conformational entropy of the macromolecule, charge decoration and the geometry of the pore, hydrodynamics, and electrostatic interactions. Challenges in developing a unified theory of these contributing factors will be described in the context of a few illustrative experimental data on transport of DNA, proteins, and synthetic macromolecules through protein pores and solid-state nanopores.

標題：第2回元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型>/大型研究施設連携シンポジウム -局所構造制御で物質から材料へ-

日時：2016年1月21日(木)~2016年1月22日(金)

場所：伊藤国際学術研究センター（東京大学本郷キャンパス）

講師：神谷利夫（東京工業大学）、中村哲也（JASRI/SPRING-8）他

所属：上記の通り

要旨：

本シンポジウムは、元素戦略プロジェクトに代表される物質科学研究の推進において、我が国が持つ世界に例のない大型研究施設・大型計算機の連携・協力による産官学コミュニティ全体の研究活動を促進し、顕著な成果を創出することを目標として、下記3点の議論・情報共有の場を提供いたします。

1. 元素戦略の研究領域を題材とした、これまでの成果と大型研究施設の活用方法
2. 元素戦略の視点から産業の先端ニーズとアカデミアの先端シーズ
3. 課題解決の加速のために物質科学とデータ科学の連携の在り方

標題：理論インフォーマルセミナー：Spin liquids on kagome lattice and symmetry protected topological phase

日時：2016年1月27日(水) 午後4時30分~午後5時30分

場所：物性研究所本館6階 第5セミナー室 (A615)

講師：Yin Chen He

所属：マックスプランク複合系物理研究所

要旨：

In my talk I will introduce the spin liquid phases that occur in kagome antiferromagnets, and discuss their physical origin that are closely related with the newly discovered symmetry protected topological phase (SPT). I will first present our numerical (DMRG) study on the kagome XXZ spin model that exhibits two distinct spin liquid phases, namely the chiral spin liquid and the kagome spin liquid (the groundstate of the nearest neighbor kagome Heisenberg model). Both phases extend from the extreme easy-axis limit, through SU(2) symmetric point, to the pure easy-plane limit. The two phases are separated by a continuous phase transition. Motivated by these numerical results, I will then focus on the easy-axis kagome spin system, and reformulate it as a lattice gauge model. Such formulation enables us to achieve a controlled theoretical description for the spin liquid phases. We then show that the chiral spin liquid is indeed a gauged U(1) SPT phase. On the other hand, we also propose that the kagome spin liquid is a critical spin liquid phase, which can be considered as a gauged deconfined critical point between a SPT and a superfluid phase.

標題：理論セミナー：Fermionic spinon and holon statistics in the pyrochlore quantum spin liquid

日時：2016年1月29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2セミナー室 (A612)

講師：Bruce Normand

所属：中国人民大学

要旨：

We prove that the insulating one-band Hubbard model on the pyrochlore lattice contains, for realistic parameters, an extended quantum spin-liquid phase. This is a three-dimensional spin liquid formed from a highly degenerate manifold of dimer-based states, which is a subset of the classical dimer coverings obeying the ice rules. It possesses spinon excitations, which are both massive and deconfined, and on doping it exhibits spin-charge separation. We demonstrate that the spinons have fermionic statistics, and further that the holons introduced by doping are also fermions. We explain the origin of this counterintuitive result and establish the connection of these emerging fermions with U(1) gauge fields, represented by strings, as anticipated by Levin and Wen.

標題：第 36 回極限コヒーレント光科学セミナー：Observation of Weyl fermions in condensed matter

日時：2016 年 2 月 9 日(火) 午前 10 時 30 分～

場所：物性研究所本館 6 階 第 1 会議室 (A636)

講師：Prof. Hong Ding

所属：Institute of Physics, Chinese Academy of Sciences

要旨：

In 1929, a German mathematician and physicist Hermann Weyl proposed that a massless solution of the Dirac equation represents a pair of new type of particles, the so-called Weyl fermions. However, their existence in particle physics remains elusive after more than eight decades, e.g., neutrino has been regarded as a Weyl fermion in the Standard Model until it was found to have mass. Recently, significant advances in topological materials have provided an alternative way to realize Weyl fermions in condensed matter as an emergent phenomenon. Weyl semimetals are predicted as a class of topological materials that can be regarded as three-dimensional analogs of graphene breaking time reversal or inversion symmetry. Electrons in a Weyl semimetal behave exactly as Weyl fermions, which have many exotic properties, such as chiral anomaly, magnetic monopoles in the crystal momentum space, and open Fermi arcs on the surface. In this talk I will report our experimental discovery of a Weyl semimetal in TaAs by observing Fermi arcs with a characteristic spin texture in the surface states and Weyl nodes in the bulk states using angleresolved photoemission spectroscopy.

標題：理論インフォーマルセミナー：Bootstrapping controversial phase transitions

日時：2016 年 2 月 10 日(水) 午後 3 時～午後 4 時

場所：物性研究所本館 6 階 第 5 セミナー室 (A615)

講師：大槻 知貴

所属：カブリ数物連携宇宙研究機構

要旨：

Recently the conformal bootstrap program has turned out to be a quite powerful way to study $d > 2$ conformal field theories (CFTs) in a completely non-perturbative fashion. Indeed the "solution" obtained by the method offers the most precise estimate for the 3d Ising model critical exponents. In this talk, I will discuss the application of the bootstrap program to more controversial yet physically important problems, namely, the $d=3$ $O(n) \times O(2)$ symmetric Landau-Ginzburg models.

These models realize wide variety of physical systems at criticality, including anti-ferromagnetic spin systems placed on triangular lattices and 2-flavor QCD chiral phase transition (provided the axial anomaly is negligible). Despite their obvious physical relevance, the study of their renormalization group (RG) flow are notoriously hard and there are serious controversies over the nature of their phase transitions: depending on the methods (e.g. perturbative RG series, functional RG equation, lattice Monte-Carlo, etc) one obtains different result regarding the presence of IR-stable fixed points.

I will propose the resolution of this long-standing controversies using the conformal bootstrap program, based on our papers arXiv:1404.0489 and arXiv:1407.6195 with Yu Nakayama.

標題：理論セミナー：G0W0 近似の妥当性と密度汎関数理論の基本思想

日時：2016年2月12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：高田 康民

所属：東京大学物性研究所

要旨：

ごく最近、超伝導転移温度 T_c の第1原理からの計算手法に関連してレビュー的な論文(過去の仕事のレビューから出発して一部に新しい結果や考察を含むもの)を3編出版した[1-3]。その際、ヘディンの自己無撞着な GW 近似に比べてそのワンショット版(いわゆる G0W0 近似)の方が実験との比較でより妥当な結果を与えるとの報告が1980年代から絶縁体・半導体で多数あり、また、近年では原子・分子系でより精密な計算に基づいて同様の議論が屢々なされているという事実を受け止めて、正常状態、及び、超伝導状態について G0W0 近似の妥当性を解析的・数値計算的に再考察した。その結果、ワード恒等式が重要な役割を果たす準粒子の分散関係や T_c のようなある種の物理量の計算に関しては、自己エネルギー補正とバーテックス補正の相殺効果によって、バーテックス補正が全く含まれない GW 近似よりも G0W0 近似の方が(バーテックス補正を暗黙裏に含んでいることから)より妥当であることが分かった。もちろん、全ての物理量が G0W0 近似で妥当に評価されるわけではない。

ところで、G0W0 近似では一体近似の情報から直接的に多体系の物理量が評価されるが、これは密度汎関数理論(DFT)の基本思想にも通じる。そこで、この観点から、グリーン関数法と DFT の関連を見つめ直し、DFT の時間依存版(TDDFT)や超伝導版(SCDFT)に現れる基本的な物理量(すなわち、交換相関核や対相互作用)の基本的な性質について見直すと同時に、その具体的な汎関数形を考察する。

[1] YT, "Role of the Ward identity and relevance of the G0W0 approximation in normal and superconducting states", arXiv: 1601.02364; published online in Molecular Physics: DOI: 10.1080/00268976.2015.1131860.

[2] YT, "Theory of superconductivity in graphite intercalation compounds", arXiv: 1601.02753; published in Reference Module in Materials Science and Materials Engineering (Saleem Hashmi; editor-in-chief), Oxford, Elsevier, 2016, ISBN: 978-0-12-803581-8; DOI: 10.1016/B978-0-12-803581-8.00774-8

[3] YT, "Theory for reliable first-principles prediction of the superconducting transition temperature", arXiv: 1601.03486; published in Carbon based superconductors: Toward high- T_c superconductivity (edited by J. Haruyama), Pan Stanford, Singapore, 2015, pp. 193-230; ISBN: 978-981-4303-30-9 (Hardcover), 978-981-4303-31-6 (eBook).

標題：理論インフォーマルセミナー：Spontaneous increase of magnetic flux and chiral-current reversal in bosonic ladders: Swimming against the tide

日時：2016年2月17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. Teimuraz Vekua

所属：Leibniz University of Hannover, Institute of Theoretical Physics

要旨：

The interplay between spontaneous symmetry breaking in many-body systems, the wave-like nature of quantum particles and lattice effects produces an extraordinary behavior of the chiral current of bosonic particles in the presence of a uniform magnetic flux defined on a two-leg ladder. While non-interacting as well as strongly interacting particles, stirred by the magnetic field circulate in the ground state along the system's boundary in the counterclockwise direction, interactions can stabilize states with broken translational symmetry, in which the circulation direction can be reversed. For the Bose-Hubbard model on the two-leg ladder, the states with spontaneously broken translational symmetry are vortex lattices that we have observed numerically. The current reversal survives up to temperatures that are already achieved in experiments on ultra-cold gases.



標題：理論インフォーマルセミナー：First-principles design of magnetic materials

日時：2016年2月25日(木) 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：Dr. Arthur Ernst

所属：Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik, Halle, Germany

要旨：

Nowadays first-principles methods enable quantitative and qualitative description of complex materials. Based on quantum mechanics and numerical methods, they are widely applied to study structural, electronic, magnetic, transport and optical properties of condensed matter without or almost without adjustable parameters.

In my talk I'll present one of such approaches, based on the multiple scattering theory using a Green function formalism. This method is designed to study bulk materials, surfaces, interfaces, clusters and alloys.

The main focus of our activity is magnetism and I'll show most prominent examples of our research in this field. After a very short introduction about the method, we use, I'll discuss how theoretical simulations of XAS & XMCD spectra can help to obtain adequate information about the chemical composition, structural, electronic and magnetic properties of complex materials such as magnetic oxides and topological insulators.

In the second part of my talk, I'll present a first-principles formalism to study spin waves. Spin waves or magnons are collective magnetic excitations, which provide important information about magnetic properties of solids.

Apparently, magnons participate in many physical phenomena such as superconductivity, domain wall motion, spin Seebeck effect etc. They can be described as quasiparticles of a certain wave vector and of a certain energy.

The wave vector and the energy are linked together by a characteristic dispersion relation. Spin waves can be studied with several experimental techniques such as ferromagnetic resonance, Brillouin light scattering, neutron scattering, scanning tunnelling and spin polarised electron energy loss spectroscopy.

Thereby, spin waves can be described theoretically using either a macroscopic phenomenological model or a microscopic treatment of solids. In my talk, I'll present a first-principles approach to calculate spin waves in complex systems such as bulk materials, surfaces and interfaces with and without disorder. The approach is based on a microscopic treatment of solids and implemented using a Green function method within the density functional theory. The efficiency of our method will be illustrated through the comparison with recent experiments on bulk materials and thin films.

標題：理論セミナー：多軌道電子系における局所磁気モーメント形成とスピン三重項超伝導

日時：2016年2月26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：星野 晋太郎

所属：東京大学大学院 総合文化研究科

要旨：

同じスピンを持つ電子が対形成したスピン三重項超伝導は、 Sr_2RuO_4 や U 化合物を含む物質群においてその実現可能性が提案されている。通常、スピン三重項超伝導に対しては空間的に奇パリティ (p 波) をもつ異方的な電子対が仮定されるが、電子の持つ軌道自由度を考慮するならば等方的な (s 波) スピン三重項超伝導も可能である [1,2]。この機構は以下のように理解することができる。すなわち、異軌道間の電子スピンの間にはフント結合というクーロン相互作用に由来する強磁性的な結合があり、これは同じスピン間の有効引力として働く。しかし、現実の物質ではこのような超伝導が多く実

現しているわけではないため、上記の超伝導がどのような状況下で実現するかを明らかにする必要がある。そこで我々は多軌道ハバードモデルを動的平均場理論によって解析し、スピン三重項超伝導が実現するパラメータ領域を調べた[3]。その結果、この超伝導は **Spin-freezing** 現象[4,5]という、多軌道電子系特有の物理と関係していることを明らかにした。

さらに、超伝導相は磁気秩序相と隣接しており、かつ転移温度はドーム形状を持つため、相図は一般によく知られている非従来型超伝導体のそれと酷似している。通常、磁氣的量子臨界点まわりから生じる非局所的な揺らぎ(マグノン)によるクーパー対形成が考えられているが、本研究で見出された超伝導は **Spin-freezing** 現象に伴う局所的な磁気揺らぎが重要であり、量子臨界点とは直接の関係がない。セミナーではこの超伝導の機構について詳しく紹介し、現実物質との関連についても議論したい。

この研究は Philipp Werner 氏(スイス Fribourg 大)との共同研究である。

- [1] A. Klejnberg and J. Spalek, *J. Phys.: Condens. Matter* **11**, 6553 (1999).
- [2] M. Zegrodnik, J. Bunemann and J. Spalek, *New J. Phys.* **16**, 033001 (2014).
- [3] S. Hoshino and P. Werner, *Phys. Rev. Lett.* **115**, 247001 (2015).
- [4] P. Werner, E. Gull, M. Troyer, and A. J. Millis, *Phys. Rev. Lett.* **101**, 166405 (2008).
- [5] A. Georges, L. d. Medici, and J. Mravlje, *Annu. Rev. Condens. Matter Phys.* **4**, 137 (2013).



○平成 28 年 4 月 1 日付け

(兼 務)

氏 名	所 属	職 名	備 考
瀧 川 仁	新物質科学研究部門	所 長	再任 (平成30年 3 月31日まで)
小 森 文 夫	ナノスケール物性研究部門	副 所 長	再任 (平成30年 3 月31日まで)
常 行 真 司	附属計算物質科学研究センター	教 授	本務：東京大学大学院理学系研究科 期間：平成28年 4 月 1 日～平成29年 3 月31日
藤 堂 真 治	附属計算物質科学研究センター	准 教 授	本務：東京大学大学院理学系研究科 期間：平成28年 5 月 1 日～平成29年 3 月31日

(委嘱「客員：テーマ限定型」)

氏 名	所 属	職 名	備 考
野 村 健太郎	物性理論研究部門	准 教 授	本務：東北大学金属材料研究所・准教授 期間：平成28年 4 月 1 日～平成28年 9 月30日
能 崎 幸 雄	ナノスケール物性研究部門	教 授	本務：慶應義塾大学理工学部・教授 期間：平成28年 4 月 1 日～平成29年 3 月31日
松 本 吉 泰	ナノスケール物性研究部門	教 授	本務：京都大学大学院理学研究科・教授 期間：平成28年 4 月 1 日～平成28年 9 月30日
高見澤 聡	附属中性子科学研究施設	教 授	本務：横浜市立大学 大学院生命ナノシステム科学研究科・教授 期間：平成28年10月 1 日～平成29年 3 月31日
溝 川 貴 司	附属極限コヒーレント光科学研究センター	教 授	本務：早稲田大学理工学術院・教授 期間：平成28年 4 月 1 日～平成28年 9 月30日
加 藤 浩 之	附属極限コヒーレント光科学研究センター 軌道放射物性研究施設	准 教 授	本務：大阪大学大学院理学研究科・准教授 期間：平成28年10月 1 日～平成29年 3 月31日

(委嘱「客員：テーマ提案型」)

氏 名	所 属	職 名	備 考
立 川 仁 典	新物質科学研究部門	教 授	本務：横浜市立大学 大学院生命ナノシステム科学研究科・教授 期間：平成28年 4 月 1 日～平成28年 9 月30日
中 村 正 明	物性理論研究部門	准 教 授	本務：愛媛大学大学院理工学研究科・准教授 期間：平成28年10月 1 日～平成29年 3 月31日
松 尾 衛	物性理論研究部門	准 教 授	本務：日本原子力研究開発機構 先端基礎研究センター・研究副主幹 期間：平成28年10月 1 日～平成29年 3 月31日
梅 野 健	附属物質設計評価施設	教 授	本務：京都大学大学院情報学研究科・教授 期間：平成28年 4 月 1 日～平成28年 9 月30日
酒 井 英 明	附属国際超強磁場科学研究施設 附属極限コヒーレント光科学研究センター	准 教 授	本務：大阪大学大学院理学研究科・准教授 期間：平成28年 4 月 1 日～平成28年 9 月30日

○平成 28 年 5 月 1 日付け

(採 用)

氏 名	所 属	職 名	備 考
一 色 弘 成	ナノスケール物性研究部門	助 教	Post doctoral fellow in Karlsruhe Institute of Technology から



【事務部】

○平成28年4月1日付け

(転出)

氏名	所属	職名	備考
片桐 徹	物性研究所	事務長	生産技術研究所 事務部長へ
辻角 隆之	総務係	係長	産学連携部産学連携推進課総務企画チーム 係長へ

(転入)

氏名	所属	職名	備考
矢作 直之	物性研究所	事務長	医学部附属病院 管理課長から
矢口 隆紀	総務係	係長	教養学部等教務課国際交流支援係 係長から

東京大学物性研究所研究員の公募について

下記により助教の公募をいたします。適任者の推薦、希望者の応募をお願いいたします。

記

1. 研究部門名等および公募人員数
物質設計評価施設（野口研究室） 助教1名
2. 研究内容
本研究室では、ソフトマター・生物物理の分野において数値計算を中心に理論的に研究している。本公募では、野口所員と協力して、上記の研究の発展に意欲的に取り組む研究者を希望する。これまでの研究分野は問わない。物性研究所共同利用スパコンの運用や計算物質科学研究センターの運営にも積極的に関与できる人材を求める。
3. 応募資格
博士修了、または平成29年3月までに修了見込の方。
4. 任 期
任期は5年とする。ただし、再任は可とし1回を限度とする。
5. 公募締切
平成28年6月9日（木）必着
6. 着任時期
決定後なるべく早い時期
7. 提出書類
(イ) 推薦の場合
○推薦書
○履歴書（略歴で可）
○業績リスト（特に重要な論文に○印をつけること）
○主要論文の別刷（3編程度、コピー可）
○研究業績の概要（2000字程度）
○研究計画書（2000字程度）
(ロ) 応募の場合
○履歴書（略歴で可）
○業績リスト（特に重要な論文に○印をつけること）
○主要論文の別刷（3編程度、コピー可）
○所属長・指導教員等による応募者本人についての意見書（作成者から書類提出先へ直送）
○研究業績の概要（2000字程度）
○研究計画書（2000字程度）
8. 書類提出方法 郵送又はメール送付
郵 送 「野口研究室助教応募書類在中」又は「意見書在中」の旨を朱書し、簡易書留等配達状況が確認可能な方法で送付すること。
メール 件名は「野口研究室助教応募」とし、総務係までメールを送付すること。総務係から書類送付先フォルダを連絡するので、そちらに応募書類一式を保存すること。
9. 書類提出先
〒277-8581 千葉県柏市柏の葉5丁目1番5号 東京大学物性研究所総務係
電話 04-7136-3207 e-mail : issp-jinji@issp.u-tokyo.ac.jp
10. 本件に関する問い合わせ先
東京大学物性研究所附属物質設計評価施設 准教授 野口博司
電話 04-7136-3265 e-mail : noguchi@issp.u-tokyo.ac.jp
11. 選考方法
東京大学物性研究所教授会にて審査決定します。ただし、適任者のない場合は、決定を保留します。
12. その他
お送りいただいた応募書類等は返却いたしませんので、ご了解の上お申込み下さい。また、履歴書は本応募の用途に限り使用し、個人情報には正当な理由なく第三者への開示、譲渡及び貸与することは一切ありません。

平成28年2月1日

東京大学物性研究所長
瀧川 仁

東京大学物性研究所特任助教の公募について

下記により特任助教の公募をいたします。適任者の推薦、希望者の応募をお願いいたします。

記

1. 研究部門名及び公募人員数
極限コヒーレント光科学研究センター 特任助教 1名
2. 研究内容
物性研究所極限コヒーレント光科学研究センターにおいて、最先端の光電子分光装置を開発し、光電子分光によるナノ物質などの物性研究を推進する意欲的な若手研究者を求める。ただし、分野の経験の有無は問わない。
3. 応募資格
博士終了または修了見込みの方
4. 任 期
平成30年3月末までとする。ただし、1年間の延長もあり得る。
5. 公募締切
平成28年5月31日（火）必着
6. 就任時期
決定後なるべく早い時期を希望する。
7. 提出書類
○履歴書（略歴で可）
○業績リスト（特に重要な論文に○印をつけること）
○主要論文の別刷（3編程度）
○研究業績の概要（2000字程度）
○研究計画書（2000字程度）
○本人について意見を伺える方、2名の氏名・役職・連絡先
8. 書類提出方法
〒277-8581 千葉県柏市柏の葉5丁目1番5号 東京大学物性研究所総務係
電話 04-7136-3207 e-mail:issp-jinji@issp.u-tokyo.ac.jp
9. 本件に関する問い合わせ先
東京大学物性研究所附属極限コヒーレント光科学研究センター 教授 辛 埴
電話 04-7136-3380 e-mail : shin@issp.u-tokyo.ac.jp
10. 注意事項
書類提出先に提出書類をPDFにてe-mailにより送付すること。極限コヒーレント光科学研究センター（辛研究室）特任助教応募書類と件名に書くこと。（受け取りの返事がない場合は、公募締切日までに問い合わせを行うこと）
11. 選考方法
東京大学物性研究所教授会の議を経て、審査決定する。ただし、適任者のない場合は、決定を保留する。
12. その他
提出書類等は本応募の用途に限り使用し、個人情報とは正当な理由なく第三者への開示、譲渡及び貸与することは一切ない。

成 28 年 3 月 18 日

東京大学物性研究所長
瀧 川 仁

東京大学 物性研究所



なりたい自分になる。
東大物性研で。

東京大学 物性研究所

大学院 進学ガイダンス

理学系研究科 物理学専攻・化学専攻 / 工学系研究科 物理工学専攻 / 新領域創成科学研究科 物質系専攻・複雑理工学専攻

6/4

東京大学柏キャンパス
物性研究所

www.issp.u-tokyo.ac.jp/contents/education/guide/

ぶっせいけん

[土] 13:00-18:40 本館 6 階大講義室

つくばエクスプレス柏の葉キャンパス駅から東武バス「流山おおたかの森
駅東口行き」または「江戸川台駅東口行き」で約 10 分、「東大前」下車

問合せ先：東京大学物性研究所総務係

〒277-8581 千葉県柏市柏の葉 5-1-5 電話 (04)7136-3207



編集後記

評価づくめの年度が終わり、一息していると桜が咲き出しました。今年度の広報委員の物性研だより担当は、わたくし URA と、もう 1 年松田さんになって頂き、ホームページの一新も含めた情報発信について取り組んでいきたいと思います。

外部評価の内容については次号で掲載される予定ですが、今後の物性研の融合領域研究を進める取組として、部門・施設を横断したグループの導入についての評価も受けました。今号では、そのグループの 1 つである量子物質研究グループで研究対象となる、強相関係における将来展望について幅広く意見を求めた短期研究会「量子物質研究の最前線」の報告があります。もう 1 つのグループの機能物性グループの研究も昨年 3 回に渡り行われましたが、これらも機能をキーワードに分野を跨いだ企画で、物性やマテリアルサイエンスという言葉でもカバーできない、幅広い領域の先端研究の大きな流れを勉強する良い機会だと感じます。「量子乱流と古典乱流の邂逅」の研究会でも、物性物理学、流体力学と数理学の間の研究協力が目的とされています。この記事の中で「物性物理学と流体力学の研究者の接点や交流がほぼ皆無」と書かれていますが、前号のインタビュー記事の本間氏の言葉「流体力学がほったらかし」を思い起こされました。これまでも行われていなかったわけではない異分野間の交流ですが、今後も本腰を入れた取り組みが、物性研だけでなく全国で進んでいくことになると思われます。

今号の記事の中で、研究以外として印象的だったのが、Martin さんが音楽の夕べに参加した際に、演奏でも有名な偉大な物理学者たちを思い起こすところです。物性研の持つ多様性の中でも貴重な一面かもしれないですね。

鈴木博之

物性研だよりの購読について

物性研だよりの送付について下記の変更がある場合は、お手数ですが共同利用係まで連絡願います。

記

1. 送付先住所変更（勤務先⇔自宅等）
2. 所属・職名変更
3. 氏名修正（誤字脱字等）
4. 送付停止
5. 送付冊数変更（機関送付分）

変更連絡先：東京大学物性研究所共同利用係

〒277-8581 柏市柏の葉 5-1-5

メール：issp-kyodo@issp.u-tokyo.ac.jp