

物性研だより

第55巻
第4号

2016年1月

目次

- 1 未来の磁気メモリーにつながる新現象を発見
.....赤木 暢、三宅 厚志、徳永 将史
- 3 原子の「真上」と「間」では接触電気抵抗が異なることを発見
.....Howon Kim、長谷川 幸雄
- 5 超伝導体中の準粒子スピン流による巨大スピンホール効果
.....若村 太郎、大谷 義近
- 9 コバルト酸化物に「悪魔の階段」を発見.....和達 大樹
URAインタビュー記事
- 12 ○ ~新日鐵住金株式会社 技術開発企画部 本間穂高上席主幹~ ..鈴木 博之
- 16 物性研を離れて.....高橋 敏男
- 19 物性研を卒業（中退）して.....家 泰弘
- 21 物性研究所客員所員を経験して.....金崎 順一
- 22 客員所員を経験して.....田中 良和
- 23 外国人客員所員を経験して.....BEHNIA, Kamran
- 24 27年度物性研究所一般公開の報告.....森 初果
- 31 第60回物性若手夏の学校開催報告.....沼倉 凌介
- 35 物性研究所談話会
- 38 物性研究所セミナー
- 物性研ニュース
- 50 ○ 人事異動
- 51 ○ 東京大学物性研究所研究員の公募について
- 52 物性研だより第55巻目録（第1号～第4号）
- 編集後記



東京大学物性研究所

Copyright ©2015 Institute for Solid State Physics,
The University of Tokyo. All rights Reserved.

ISSN 0385-9843

考慮してサイクロイド型磁気秩序状態における電気分極を計算すると、 c 軸方向の他に ab 面内で Q ベクトルと垂直な方向にも磁気秩序由来の電気分極が生じて良いことがわかる。

一度磁場を印加すると状態が変わってしまうため、状態の初期化を意図して試料を室温に戻してから再実験をしたが、図 1 の初期過程を再現できなかった。これはメモリー効果が室温でも保持されているためであるが、その事実気づくまでは再現しない初期過程のデータに頭を悩ませていた。ちなみに Y 方向に磁場下で観測される非可逆な振る舞いを復活させるには、別方向に磁場を印加すれば良い。実際 X 方向に磁場を印加した後で再び Y 方向に磁場を印加すると 10 T 以下の非可逆な振る舞いが復活することを確認している。また記憶された状態は室温で一ヶ月以上放置しておいても保存されることも確認している。

室温における不揮発性メモリー効果を明らかにするため、300 K で測定した電気分極の磁場依存性を図 2(a) に示す。

図 2(b) に示した初期状態 A では磁気変調ベクトル $Q_1 \sim Q_3$ の縮退に対応して $P_1 \sim P_3$ の電気分極が混在する。一方、磁場印加で単一ドメイン化した状態 C [図 2(c)] では P は一方向に整列する。この過程で非可逆に変化した電気分極の成分 (P_{irr}) は 300 K で $600 \mu\text{C}/\text{m}^2$ 程度に及んでおり、室温で観測される値としては十分大きい。これらの実験によって BiFeO_3 が室温で不揮発性メモリー効果を示すことが実証された。面内の電気分極の方向は Q ベクトルと同様に 3 重縮退しているため、このメモリーは $0/1$ の 2 値ではなく $0/1/2$ の 3 値を記憶させることも原理的には可能である。

情報の書き込みに 10 T の磁場を必要とするメモリーが実用的であるはずがない、という声が聞こえてきそうであるが、我々は逆の考えを持っている。 BiFeO_3 の不揮発性メモリー効果を実用化する場合、今回示した磁場効果の逆効果である電場による状態変化を行う。強磁場を用いた今回の結果は、このメモリーが日常生活で接しうる程度の磁場下では安定であることを示しており、磁石を近づけても誤作動しないメモリーとしての利点も期待できる。

今後の展開

今回の研究では磁場印加によって起こる強誘電状態の変化を観測したが、実用の際にはその逆効果である電場による磁気秩序の変化が必要である。最近我々のグループでは電場による状態制御とその簡便な検出法を発見しており [9]、実用化に向けた基本原理は確立したと考えている。今後は実際の応用に向けて薄膜試料での条件出しなどが進めば、真に実用化されるメモリーになり得ると期待している。

謝辞

この研究成果は産業技術総合研究所の伊藤利充上級主任研究員、福岡大学の宮原慎准教授、上智大学の桑原英樹教授、青山学院大学の古川信夫教授との共同研究であり、この場を借りてお礼を申し上げる。本研究は科学研究費補助金 (課題番号: 23340096、25610087、25800189 および 25287088) の支援を受けて行われた。

参考文献

- [1] 井上公、日本物理学会誌 **70**, 814 (2015).
- [2] T. Ito *et al.*, Cryst. Growth Des. **11**, 5139 (2011).
- [3] H. Mitamura *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **76**, 094709 (2007).
- [4] M. Tokunaga *et al.*, Nat. Commun. **6**, 5878 (2015).
- [5] H. Katsura, N. Nagaosa, and A. V. Balatsky, Phys. Rev. Lett. **95**, 057205 (2005).
- [6] M. Mostovoy, Phys. Rev. Lett. **96**, 067601 (2006).
- [7] I. A. Sergienko and E. Dagotto, Phys. Rev. B **73**, 094434 (2006).
- [8] T. A. Kaplan and S. D. Mahanti, Phys. Rev. B **83**, 174432 (2011).
- [9] S. Kawachi *et al.*, unpublished.

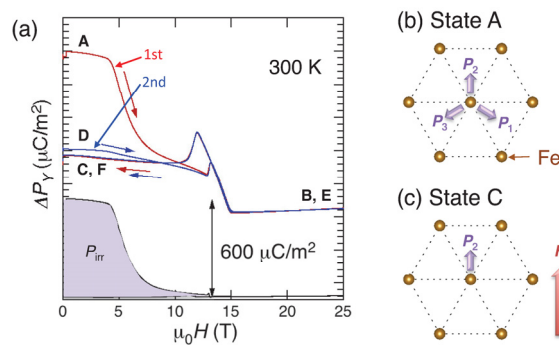


図 2 (a) 300 K で測定した BiFeO_3 における電気分極の Y 成分の磁場依存性。(b) および (c) は図 (a) の A および C における電気分極の混在を示す模式図。

この図から、接触領域では、hollow サイトの電気伝導度が最も高く、さらに hollow サイトの中でも、2 層目に原子がある hcp サイトが、原子のない fcc サイトに比べ、高い電気伝導度を有することが判る。

面白い点は、この電気伝導度の大小関係が、間隔を 20 pm ほど空けたところで逆転することである。図 2 で、 $\Delta z = -35$ pm での電気伝導度を見ると、on-top サイトでの電気伝導度が他のサイトに比べて高くなっていることが見て取れる。接触時の電気伝導度は、接触サイトによって、大きく依存することが、この研究により明らかとなり、接触サイトすなわち接触時の原子配列が規定されていないことが、これまでの研究において見られた測定値のバラツキの原因となっていると推測された。

on-top サイトと hollow サイトでの接触電気伝導の違いや、間隔の変化に伴う電気伝導度の逆転現象は、接触時の電気伝導度とその原子配列に大きく依存していることを意味している。そしてこのことは、探針先端原子と試料表面原子との間に働く化学結合を考慮することにより、定性的に説明される(図 3)。探針を近づけると、まずは on-top サイトで試料原子との間に化学結合力が及ぼされ、電気伝導に寄与するチャンネルが形成されて電気伝導度が高くなる。しかしこのサイトでは、近づけても結合する原子の数は変わらない。一方、hollow サイトでは、化学結合形成およびチャンネル形成までは探針をさらに近づける必要があるが、3 つの原子と結合しチャンネルを形成するので接触状態では電気伝導度は高くなると予測される。すなわち、 $\Delta z = -35$ pm 付近における on-top サイトでの高い電気伝導度は、そのサイトでの原子位置が高いためであり、接触時での hollow サイトにおける高い電気伝導度は、接触する原子数が多いためと考えられる。ただ、現段階では、hcp サイトと fcc サイトでの電気伝導度の差など単純には説明できず、全ての現象が説明されているわけではない。今後のさらなる理論的研究が待たれている。

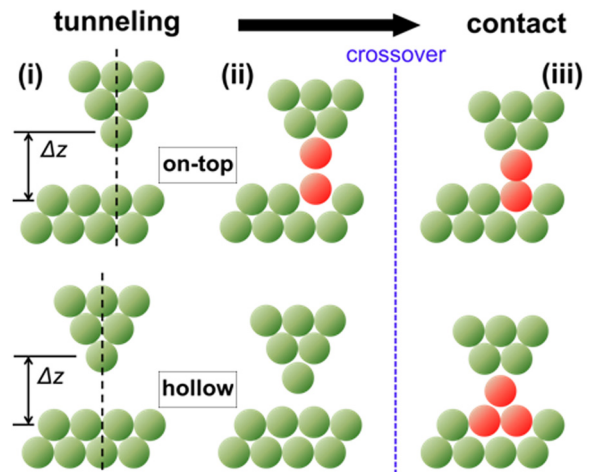


図 3 : 原子直上と 3 つの原子の間での接触における原子間の化学結合と伝導チャンネル形成の様子

この電気伝導測定は、低温 (2.1K) で行っており、探針試料ともに超伝導状態での測定である (電気伝導度は超伝導ギャップより高い電圧で測定)。このため、接触領域において測定される電流電圧特性には、ジョセフソン電流や多重アンドレーフ反射による特徴的構造が現れる。多重アンドレーフ反射の解析から、伝導チャンネルの数やその透過確率を計測することができるので、現在、伝導チャンネルの数やその透過確率と接触原子サイトとの関連や間隔依存性を探る研究にも取り組んでいる [2]。これらの精密計測を通じて原子間接触における電気伝導の解明が進み、原子スケールデバイス・単分子デバイスなどの次世代素子の高機能化に繋げることができればと期待している。

[1] Howon Kim and Yukio Hasegawa, "Site-dependent evolution of electrical conductance from tunneling to atomic point contact" Phys. Rev. Lett. 114, 206801 1-5 (2015).

以下のサイトにも紹介記事が掲載されている。

Physics Focus, "Atom-Scale Ohmmeter" <http://physics.aps.org/articles/v8/48>

Physics World; "Tiny probe reveals electrical conductance of individual atoms"

<http://physicsworld.com/cws/article/news/2015/jun/02/tiny-probe-reveals-electrical-conductance-of-individual-atoms>

Nanotechweb.org, "STM avoids 'tip crash'" <http://nanotechweb.org/cws/article/tech/61378>

2Physics; <http://www.2physics.com/2015/07/site-dependent-evolution-of-electrical.html>

[2] Howon Kim and Yukio Hasegawa, "Site-dependent conduction channel transmission in atomic-scale superconducting junctions", arXiv:1506.05528 (2015).

超伝導体中の準粒子スピン流による巨大スピンホール効果

ナノスケール物性研究部門 若村 太郎 (現パリ南大学)、大谷 義近

研究の背景

電子が持つ2つの自由度のうち、電荷の自由度に加え、スピンの自由度も利用し新たなエレクトロニクス の構築を目指すスピントロニクスは、物理学的な興味深さと、より省エネルギーなエレクトロニクスデバイスの実現への期待から、基礎と応用の両面で近年盛んに研究が行われている。

スピントロニクスで特に重要な量として、上向きスピン(以下、 \uparrow スピン)と下向きスピン(同 \downarrow スピン)が逆方向に流れ、実効的に電流は打ち消し合いスピン角運動量の流れのみが生成される純スピン流がある(図 1a)。この純スピン流は、強磁性体/非磁性体(F/N)接合に電流を流すことによって生成することが可能である(図 1b)。強磁性体中を流れる電流は磁化の存在によりスピン偏極しているため、電流を構成する \uparrow スピンと \downarrow スピンの数が異なる。一方、非磁性体中では平衡状態でスピン偏極は存在しないため、 \uparrow スピンと \downarrow スピンの数は等しいが、この2つの物質の間に電流(スピン注入電流 I)を流した場合、強磁性体中における電流のスピン偏極を反映して、非磁性体中においても強磁性体との接合部近傍で \uparrow スピンと \downarrow スピンの数が異なる領域が生じる。 \uparrow スピンと \downarrow スピンの数は、非磁性体中の F/N 接合から十分離れた領域では等しくなければならないので、F/N 接合近傍と十分離れた領域との間でスピンの拡散が起きる。図 1b では、F/N 接合右側の電流が流れていない領域においても \uparrow スピンは濃度が高い接合部分から濃度が低い右側に拡散し、一方 \downarrow スピンは右側から接合部分へ拡散する。この領域では電流は 0 であるが、電子のスピン角運動量の流れ(純スピン流)が生じている。

これと異なる手法として、スピンホール効果を用いて純スピン流を生成することも可能である。スピンホール効果は、スピン軌道相互作用の強い物質に電流を流すと、軌道運動とスピン方向の結合によりスピンの向きに応じて電子の軌道が曲げられ、電流(J_e)と垂直方向に純スピン流(J_s)が生成される現象である(図 1c)。同様の機構により純スピン流を電流に変換することも可能であり、これを特に逆スピンホール効果と呼ぶ。

このように、F/N接合やスピンホール効果を用いて効率的に純スピン流を生成し、また伝達・検出することはスピントロニクスの重要な課題の一つであり、そのために金属や半導体2次元電子ガス、グラフェンといった様々な物質のスピン輸送特性の研究がこれまで行われてきた。特に、スピンホール効果は磁性体を用いずに容易に電流-純スピン流変換が可能であるため、スピン軌道相互作用の強い白金やタンタルといった金属でそのスピンホール効果の大きさの評価がなされてきた。

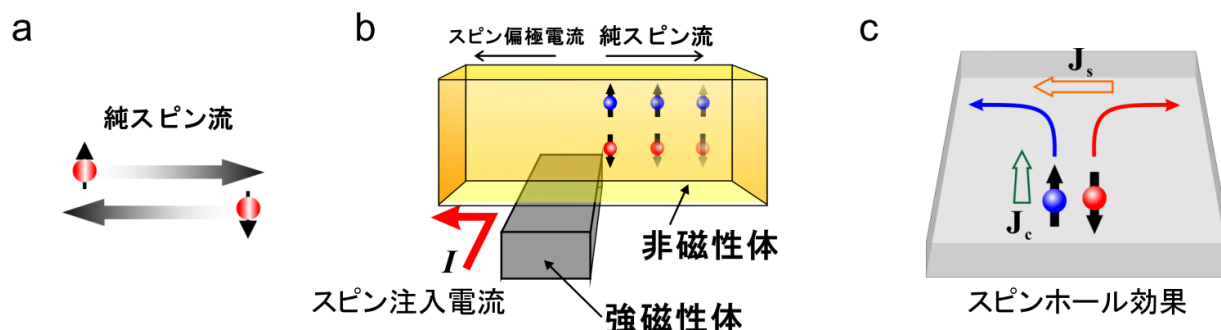


図 1: a, スピン偏極電流とスピン流の概念図。太い矢印は電子の流れる方向を表す。b, 強磁性体/非磁性体接合を用いた純スピン流生成素子。非磁性体中の接合部より右側では \uparrow スピンは左から右に、 \downarrow スピンは右から左に流れる。c, スピンホール効果の概念図。

しかしながら、上記のような常伝導状態の金属やグラフェンといった新物質に比べ、超伝導体中におけるスピン輸送現象に関する研究(特に実験的研究)に関してはその数が極めて少ない。一方、理論的な研究はいくつか行われており、例えば超伝導状態におけるスピン緩和時間の増大が予測され[1]、本研究室でその実験的実証に成功した[2]。また特にスピンホール効果については、超伝導状態でその大きさが非常に増大することが理論的に予測されているため[3]、応用面からも超伝導体中でのスピン輸送、スピンホール効果に関する研究は重要な課題と言える。

本稿では、これまで本研究室で得られた超伝導体中へのスピン注入に関する知見をもとに、今回我々が観測に成功した超伝導体中でのスピンホール効果に関する実験結果を超伝導体中でのスピン輸送の概念とともに解説する。

実験結果

本研究では、スピン軌道相互作用が強いニオブの合金である窒化ニオブ(NbN)を超伝導体として使用し、NbN に超伝導状態と常伝導状態の両方でスピン注入を行い、逆スピンホール効果によって生成される信号が超伝導状態と常伝導状態でどのように変化するのかについて考察した。図 2a に実験で用いた素子の概略図を示す。この素子は強磁性体(ニッケル-鉄合金、Py: Permalloy)/非磁性体(銅、Cu)/超伝導体(NbN)で構成され、強磁性体/非磁性体間に電流(スピン注入電流 I)を流すことにより、強磁性体/超伝導体部分を架橋する Cu 中に純スピン流が生成される。生成された純スピン流は非平衡状態にあり、急速に緩和することでエネルギー利得が高くなるため、スピン軌道相互作用が小さい Cu の下に NbN などスピン軌道相互作用が大きい物質を挿入すると、Cu 中を流れるスピン流の一部は NbN に吸収される。このような手法を用いることにより、スピン軌道相互作用が大きい物質に純スピン流を注入することが出来る(スピン吸収法)。注入されたスピン流は、NbN 中で逆スピンホール効果により電流に変換され、NbN 両端に電圧を生じる。注入されたスピン流の向きをベクトルで \mathbf{J}_s 、スピン偏極方向を \mathbf{s} 、逆スピンホール効果によって生じる電流を \mathbf{J}_c とすると、これらの間の関係は

$$\mathbf{J}_c \propto \mathbf{s} \times \mathbf{J}_s \quad (1)$$

で表される。NbN の強いスピン軌道相互作用により、スピン流は NbN に吸収された直後、面内方向に広がる前に緩和し電流に変換されてしまうため、 \mathbf{J}_s の向きは図 2a で NbN/Cu 界面に垂直方向になる。このため NbN の長軸方向の両端で電圧を観測するためには、(1)の関係から \mathbf{s} の向きを NbN の長軸方向に垂直方向に向ける必要がある。 \mathbf{s} はスピン流を発生させる強磁性体の磁化方向を反映するため、実際の測定では強磁性体の長軸方向に垂直方向に面内外部磁場 \mathbf{H} を印加し、 \mathbf{s} の方向に対する NbN 両端の電圧の依存性を測定することにより、逆スピンホール信号が得られる。

まず初めに、この素子の NbN の超伝導転移温度($T_c = 10$ K)よりも高い温度(20 K)における常伝導状態の NbN の逆スピンホール信号を図 2b 上に示す。NbN 細線両端に生じる電圧をスピン注入電流で規格化した逆スピンホール信号は、強磁性体の磁化状態を反映して外部磁場の負側と正側で逆符号を生じ、また強磁性体の磁化が飽和する磁場以上の磁場では \mathbf{s} の向きも一定となるため、一定の信号を生じる。強磁性体の磁化状態との対応は、図 2b 下の強磁性体の異方性磁気抵抗効果との対応からも分かる。

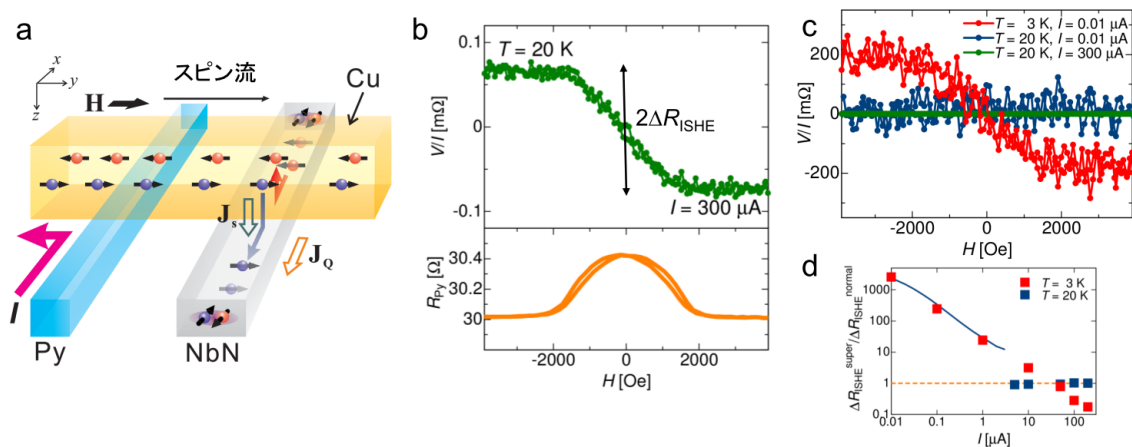


図 2: a, 超伝導 NbN における逆スピンホール効果観測のための素子構造。b, $T = 20$ K での逆スピンホール信号(上図)と Py の異方性磁気抵抗(下図)。c, $T = 3$ K での逆スピンホール信号(赤線)と比較のための $T = 20$ K での逆スピンホール信号(青線、緑線)。d, $T = 3$ K と $T = 20$ K での逆スピンホール信号のスピン注入電流(I)依存性。

うな信号を確認出来ない。一方、図 3c のように、NbN が常伝導状態にある場合には 2 つの素子から測定された信号はほぼ同様の値を示した。このことから、超伝導がこの巨大な逆スピホール信号の観測に寄与していることが確認された。

まとめ

紙面の都合により駆け足となってしまったが、本稿では超伝導 NbN における巨大なスピホール効果の観測について解説した。実験結果については、特に超伝導状態における逆スピホール信号の異常な電流依存性を既存の理論で全て説明することが出来ず、今後の理論研究が待たれる。また実験面では、NbN/Cu 界面の制御が本効果の測定において非常に重要であり、またこれにより超伝導近接効果を正しく評価することが出来ることから、安定した NbN/Cu 界面の作製は今後の素子作製での課題である。本稿で取り上げる事の出来なかった本研究成果の詳細については[4]を参照されたい。

謝辞

本研究は東京大学物性研究所大谷研究室と名古屋大学工学研究科藤巻研究室赤池宏之准教授、藤巻朗教授、東北大学金属材料研究所 Bauer 研究室の高橋三郎助教、日本原子力研究機構先端基礎研究センターの前川禎通センター長との共同研究として行われました。素子作製の面では特に赤池准教授に様々なアドバイスを頂き、またニオブやニオブ系合金の特性や加工に関する有益な情報を教えていただきました。本研究の元となる理論提言を行なわれた高橋助教、前川センター長には実験データに関する理論的解釈の点でお力添えを頂きこの場を借りて御礼申し上げます。また大谷研究室の新見康洋元助教(現大阪大学准教授)、大森康智君(大学院博士課程)には一部計算や実験結果に関する議論など研究の様々な面でご協力いただきました。感謝申し上げます。

[1] T. Yamashita, S. Takahashi, H. Imamura and S. Maekawa, Phys. Rev. B **65** 172509 (2002).

[2] T. Wakamura *et al.*, Phys. Rev. Lett. **112**, 036602 (2014).

[3] S. Takahashi and S. Maekawa, Jpn. J. Appl. Phys. **51**, 010110 (2012).

[4] T. Wakamura *et al.*, Nat. Mater. **14**, 675 (2015).



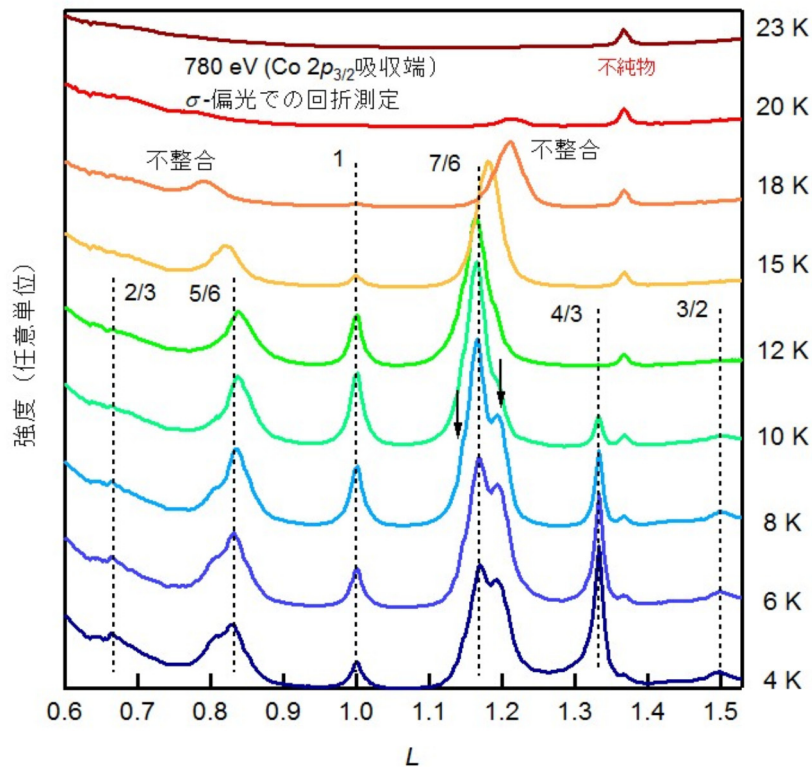


図 2: ゼロ磁場下で様々な温度で測定した SrCo₆O₁₁ の磁気ピーク。

さらに磁場中での測定を行うことで、図 3 に示すように温度と磁場の関数として完全な相図を得ることが出来た。ここで $\langle n \rangle$ は磁気周期を示す。SrCo₆O₁₁ は単位胞内に c 軸方向に 2 つの Co(3)面を持つため、(002)が最初の許される結晶構造ピークであり、(001)は単純な $\uparrow\downarrow\uparrow\downarrow$ の反強磁性を示す。従って、 $\langle 2 \rangle$ は $L=1$ ピーク、 $\langle 3 \rangle$ は $L=4/3$ ピーク、 $\langle 4 \rangle$ は $L=3/2$ ピーク、 $\langle 5 \rangle$ は $L=4/5$ ピーク、 $\langle 12 \rangle$ は $L=5/6$ ピークに対応する。 $\uparrow\uparrow\uparrow$ 状態と $\uparrow\uparrow\downarrow$ 状態 ($\langle 3 \rangle$) の間の境界は磁化測定によって決定され、他の境界は本研究の RSXS によって決定された。この相図は、低温かつ低磁場領域で多くの磁気周期が共存している様子を示している。ここで、これらの磁気構造の一つ一つのエネルギーは非常に近く、エネルギー差が温度や磁場に敏感に依存している。同様のふるまいは CeSb でも観測され、CeSb においても磁気構造が温度と磁場の関数として変化する。この現象は「悪魔の華」あるいは「悪魔の階段」[3,4]と呼ばれ、多くの磁気構造が外的パラメーター(この場合、温度と磁場)のパラメーターとして調節できる。

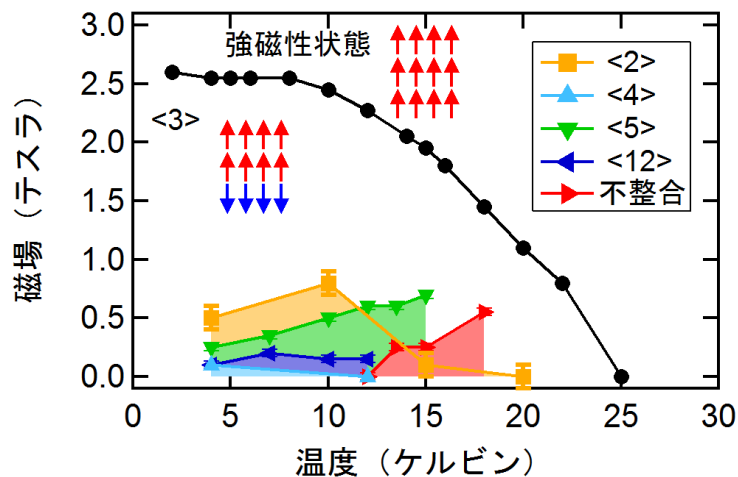


図 3: RSXS 測定で決定された SrCo₆O₁₁ の磁場中相図。

この場合の磁気秩序においては、そのメカニズムは一軸性の近接と次近接の相互作用を考えたイジングモデル (ANNNI モデル)で説明できる。このモデルでは、最近接(J_1)と次近接(J_2)のイジングスピン同士の相互作用が競合しており、温度と J_2/J_1 の関数としての相図においてエネルギーの近い多くの磁気構造が現れる。 $\text{SrCo}_6\text{O}_{11}$ においては、その状況と得られた結果は ANNNI モデルと非常によく一致していると考えられる。従って我々は、 $\text{SrCo}_6\text{O}_{11}$ が実際に「悪魔の階段」のシナリオ、すなわちほとんど同じエネルギーを持つ多くの磁気周期の共存状態、が実現していると結論した。このような共存状態は磁場の印加によって崩され、エネルギー的に安定な相だけが選ばれる。しかし、実際に観測された図 3 の相図を完全に説明するには、イジングモデルのような近い相互作用のみを考えるのではなく、Ruderman-Kittel-Kasuya-Yosida (RKKY)相互作用を取り入れたモデルが必要であると考えられる。 $\text{SrCo}_6\text{O}_{11}$ は遍歴電子と局在スピンの強い相互作用からなる系であり、RKKY 相互作用が重要な役割を果たすと考えられる。従って、 $\text{SrCo}_6\text{O}_{11}$ は単純な ANNNI モデルの範疇を超えており、局在スピンの伝導電子を頭に入れたより複雑なモデルでより良く記述できると考えられる。

まとめると、我々は $\text{SrCo}_6\text{O}_{11}$ の単結晶において、RSXS によって詳細な磁気構造の決定に成功し、悪魔の階段のふるまいを観測した。これは、非常に磁気的なフラストレーションが大きいことの結果であると考えられる。基底状態は、エネルギーが非常に近い様々な磁気周期の共存状態であり、非常に磁場に敏感である。層状の結晶構造とイジング型の異方性のために、この物質は単一の物質内にスピンバルブ機能を持っている。これは、通常では複雑なヘテロ構造が必要であることに対して大きな利点であり、将来の悪魔の階段構造を積極的に活かしたスピントロニクス材料の開発につながる大きな指針となる研究結果である。

- [1] S. Ishiwata *et al.*, Phys. Rev. Lett. **98**, 217201 (2007).
- [2] T. Matsuda *et al.* and H. Wadati, Phys. Rev. Lett. **114**, 236403 (2015).
- [3] P. Bak, Rep. Prog. Phys. **45**, 587 (1982).
- [4] K. Ohwada *et al.*, Phys. Rev. Lett. **87**, 086402 (2001).

URA インタビュー記事

～新日鐵住金株式会社 技術開発企画部 本間穂高 上席主幹～

URA 鈴木 博之

第4回目のインタビューは、2015年の6月に開催したISSPワークショップ「物質・材料開発を支える基礎科学」で講演頂いた新日鐵住金の本間上席主幹にお願い致しました。このワークショップでは、産業の現場で直面している問題の中に基礎科学にとっても重要で挑戦的な課題があることを踏まえ、そして大型施設を含む公的研究機関がどのように貢献できるかなどをテーマとして物性研が主催したものです。(物性研だより 55巻2号)本間上席主幹には「イノベーションを支え続ける構造材料であるために」という題目で、まさに世界最先端の鉄鋼開発において物性物理の重要性と今求められている課題について講演頂きました。本間上席主幹は、1987年に東大・生産研でNd₂Fe₁₄B磁石の研究で修士を取られ、旧・新日鐵に入社後は方向性電磁鋼板の性能向上など先端鉄鋼材料の研究開発に30年近く従事されてきました。海外もスウェーデンに2年ほど留学されています。2011年に文科省へ出向し元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型>の企画・立案・実行などに携われ、産業界から科学技術政策、そして大学等の研究開発状況まで広く知見をお持ちの方です。今回は、ワークショップでの講演内容からもう少し踏み込んで物性物理に対するご意見を頂きました。物性研だよりの読者には鉄鋼材料と聞いて距離感を感じる方も多いかもしれませんが、材料開発の現場の立場から物性物理の研究者への期待として率直なご意見を頂いています。

2015年7月9日 新日鐵住金本社にて

鈴木— ワークショップでは、物性物理へ様々な課題を投げてかけて頂いたと思います。

本間— 大学の先生方に向かって大変失礼であることは百も承知で、いつも言わせて頂いています。文科省に出向して元素戦略に関わった際にも、この調子で福山先生に物性物理に対する疑問をぶつけて怒られました。実は、生産研の修士のときにも物性に関心が強かったので、六本木ではお隣だった物性研に伺って当時助教授でおられた福山先生に同じ調子で質問した事があります。今、材料開発現場での問題解決の中で物性物理に期待することが大きく、是非耳を傾けて頂きたいと思っています。

鈴木— 具体的な現場の課題だけでなく、物性物理と材料の研究者との間の関係についても問題視されていましたよね。

本間— 最初にお話したいのは、お互いがずいぶんと乖離してしまっているということです。物性側と材料側があまりにも離れすぎていて言葉が通じないんです。それが今の物性と材料の間の重要な問題だと感じています。ところが外国では両者が対話できていて、だから問題なのです。

鈴木— 材料の研究者と物性の研究者の交流は確かに物性研でもかなり少ないと思われますが、外国でできているとは、どういうことでしょうか？



本間— それについてはワークショップの際にも少しお話しましたが、海外では構造材料は物性物理にとってある意味一般教養としてのリベラルアーツの一つになっています。構造材料の引っ張り試験、破壊、靱性、塑性などは、海外の物性物理の研究者は何の分けへだてなく学んでいます。そのことを専門としている人はほとんど居ませんが、リベラルアーツとして知っているのです。例えば、ランダウ＝リフシッツの教科書には弾性論や流体力学が、量子力学や相対性理論と一緒に収められていて、物性物理のリベラルアーツとして扱われています。残念ながら日本の物性物理の研究者が例えば転位と言われても、それ何だっけと言われる方が大半だと思います。また構造材料だけでなく磁石材料の分野でも、磁区や磁歪など同じことになっています。

材料屋にとって、物性物理の方と話す際に頼りになるべくリベラルアーツである筈のものが、日本ではそうでないことが大きな壁を作っています。

鈴木— 私は中性子で鉄鋼材料の研究に携わったので転位については改めて学びましたが、それが無ければ、とてもリベラルアーツという認識は無かったです。(キッテルの固体物理を見直すと、最後の章に転位があります) 外国での物理やサイエンスの環境を経験すると、日本はどうしても科学の文化としての歴史が浅いことに気づかされますが。

本間— 確かにサイエンスが日本において、文化としては根付いていない様に思いますが。その点コンプレックスに思いがちなことですが、歴史を振り返ると技術力という面ではそうでもないことがわかります。明治維新のときに欧米に世界に追いつけ追い越せと思ったのは、一部の踊らされていた革命家だけで、技術自体は日本がそれ程遅れていたわけではありません。例えば 16 世紀頃は日本が世界最先端の技術国であったことは比較的良く知られています。ポルトガル人が鉄砲を持ってきた後、15 年もすると世界の鉄砲の半分が日本で生産されていました。織田信長が山ほど鉄砲を作って戦に使ったのですが、そのような大量生産がヨーロッパではできずに、何故日本でできたかと言うと、その時点で日本の鉄が世界最高の技術をもっていたからと言われています。その昔、出雲の鉄は大和の青銅に負けたという説がありますが、その後大和は出雲の鉄を青銅以上に鍛え上げたのです。そういった社会素地があったから鉄砲が日本でそのスピードで急速に展開したわけです。

鈴木— 確かに言われてみれば、あの時代鉄砲は急速に日本で広まりましたね。

本間— 他にも、日本刀は室町時代に生まれたと言われていますが、今で言う、複層鋼板である事は有名です。マルテンサイトを軟鋼でくるむものですが、まさに同じことを、現在経産省のプロジェクトでやっています。経産省のお役人には、何百年同じことをやっているのか？と皮肉を言われることもあります。

鈴木— それは技術ですよ。サイエンスという西洋から数学を伴った体形はインパクトが強かったと思います。

本間— まさに、その数学がまた材料屋と物性研究者の乖離を生んでいる原因の 1 つと感じています。技術力で見たときに、日本にも進んだ面は多数ありました。ただ日本より数 10 年先に西洋で産業革命が始まり、ちょっと抜かれ

てしまったことで、西洋の科学技術がとって素晴らしく見えたんですね。特に、おっしゃったように、数学がセットで入ってきたために先端的なイメージが強調されることになりました。ただその影響か、数学が今の物理学の進歩の足かせになっている点もあると思います。つまり、数学に頼り過ぎてはいないでしょうか。数学自体は明らかに未完成な学問で、まだまだ解かなければいけない問題が山ほどある。それにもかかわらず、当時のコンプレックスが未だ残っているのか、数学を絶対真理のように信じて頼り過ぎていているように見えてなりません。材料屋からすると困ったことに、数学で語れないものは物理ではないという風潮もたらされていると感じるのです。例えば、引張り試験でモノが破断する現象に対して、それを適切に記述できる数学が無いために、物理の対象から外されてしまっています。物理とは「モノノコトワリ」の筈ですから、実際に破断という事象があればそれに対しても当然物理はあるはずですよ。

鈴木— ご指摘されると、確かに材料の研究者と物性物理の研究者との間を隔てている問題には、単に基礎と応用という研究の方向性の違いという問題ではなく、そのようなもっと根本的なものがあるのとはわかる気がします。

本間— 構造材料についてももう一つ別の話題を。フォン・ノイマンは私たちにとって非常に身近な人です。鉄鋼材料の強度靱性は、結晶粒が成長すると劣化しますが、その結晶粒というのは、熱処理と加工の過程によって決まります。結晶粒には結晶粒界というイレギュラーな構造があり、それがマクロには張力を持ち、その張力により結晶粒が大きくなる。実際のところは、小さい結晶粒がより小さくなり消滅していくので、取り残された結晶粒が、大きくなっていくように見える訳です。さて、その粒界張力のマクロスコピックな成長挙動の定式化を最初に行ったのがフォン・ノイマンです。その後、数学者が成長過程の定式化を発展させ、私たちが研究開発の場で応用しています。ここで申し上げたいのは、数学者が議論を展開していく中で、抽象化を行い、その過程で切り捨てたところが、現実現象との乖離になります。その乖離は、実際のところ物理現象なので、物性の理論が必要となってくるのです。「転位」はその典型例で、特に転位における電子論は非常に重要となってきています。一方、一般に電子論という側面を捉えると、物理・化学も含めて基礎科学の人達が他方面に渡り研究を行っており、本来なら材料の世界に何の抵抗もなく対象と入ってきて良さそうに思えます。実際、個々の基礎科学の研究は世界でも素晴らしいものがありますが、先に述べた材料と物性物理の乖離のために、彼らとつながる事がで

きない状態です。サッカーでいうと、私たち材料側がこれで材料開発に向けて出口ヘシュートをしようと思っているのですが、ボールが回って来なくて、ゴール前で呆然と待っている状態です。材料屋から見ると、非常にもどかしい状態というわけです。でも、ご存知の方は少ないと思いますが、日本の転位論の第1号者は物性研におられた鈴木平先生なんです。

鈴木一 物性物理での電子物性は量子力学をベースに広く研究されていますが、実際の材料における研究への展開は、電池なども含めてまさに今展開しつつある状況だと思います。

本間一 先に数学に頼っていると話しましたが、もう少し具体的に言うと、今の物理学科は量子力学科としか呼べない状況にある様に見えます。先ほどランダウ＝リフシッツの教科書のところで話しましたが、流体力学はかつての物理学科の範疇でした。流体力学における粘性の問題を解こうとして分子論や化学、量子力学に移っていったのですが、肝心の流体力学がほったらかしになってしまっています。

鈴木一 なるほど、そのような視点を持ったことは、お恥ずかしながらありません。

本間一 私がいつも質問することで、なかなか物性物理の人に理解して頂けないことがあります。それは「温度」や「エントロピー」とは何か？という疑問です。これを質問すると、大抵の先生はわかりきったことを聞くな、という感じであしらわれます。材料屋として問いたいのは、物理の解釈ではなくて材料屋が物理を使うという視点で見たときに「温度」が使える形になっていない、ということなのです。つまり温度が何を表現しているのかということだと思います。また、エントロピーについても、物理の方が揃えたエントロピーを全部足してエネルギーを微分しても現実の温度とはなかなか一致しません。つまり本来熱力学と統計力学は表裏一体で無ければいけないのに、熱力学が捉えているものを統計力学で全て描ききっていないことになり、現実に材料を扱っている現場では使えない代物になっているのです。多分、このたぐいの問題意識は物理の先生には無いように思えます。どうでしょう、エントロピーの理解を今よりも1歩進めたものにする方が、コーン・シャム方程式の計算精度を上げることより、ずっとインパクトのある重要なテーマだと思われませんか？

鈴木一 確かに、これまで話されてきた転位等の材料開発の問題においては熱力学が重要で、それには温度とエント

ロピー自体についてのもっと現実の系に解を与える理解が必要になるわけですね。それを誰が考えるかと言えば、物理学者になりますね。

本間一 端的に言えば、鉄鋼における基本となる冶金学とは熱力学が中心となっていますので、確かにエントロピーという概念を物理屋さんが生んでくれたから今の鉄鋼業があるとも言えます。出雲の鉄が大和の青銅に負けたのは、青銅をつくるには800度で良く、鉄を作るのに1500度の温度が必要だったけど、当時は1500度が得られなかったわけです。それは熱力学が支配した世界です。更に言うと、ご存知の通り近代になって鉄鋼業のために1500度を正確に測定できる温度計を作ろうとしてプランクが量子力学を生み出しました。そして、熱力学が完備され、それを冶金学というところで十分使いこなせるようになったのが近代鉄鋼業の最初の1歩です。そしてその次のステップが加工技術つまり格子欠陥の制御でした。今、日本の鉄が世界で勝っているのは、その熱力学と格子欠陥制御を融合させる技術で世界に先んじているからです。例えば、明石大橋に使われているワイヤーの長さは4kmで直径1mです。このワイヤーは一本5mmの線を束ねたもので、その1本の中身を原子顕微鏡で見ると、100原子のBCCのレイヤーと10原子のHCPレイヤーが交互に積み重なった構造になっています。そして、その4kmの間、ただ1つの欠損もなく組織を作り込んでいるわけです。

鈴木一 ワークショップでもお聞きしましたが、そのスケールで、ただ1つの欠損もなく作り込むというのは大変な技術ですね。

本間一 ここで熱力学と言いましたが、今のところこれはあくまでも道具としてあるだけです。熱力学は現象論であって、メカニズム論ではありません。そこで統計力学に期



待するところがあるのです。何故かと言えば、平衡状態でモノができることはあり得なくて、現実には非平衡で作っています。製造におけるプロセスは全て非平衡で、平衡からの乖離をうまく制御して作っています。だから平衡と非平衡の間に何がなるのかそれを理解したい。また、格子欠陥は非平衡な存在ですから、非平衡を統計力学で解くことができれば、そしてエントロピーで理解することができれば、格子欠陥の導入と消滅を制御でき、格子欠陥が消滅した後のトレースとして組織を作り込むことができることになります。こうして組織を制御することができれば、現在考えられる鉄鋼材料としての最高の高性能をもたらすことができます。

鈴木— 非平衡を理解することの重要性は物性研でも上がってきています。物質・材料の「機能」を研究する上で、励起状態や非平衡状態に踏み込んだ研究が必要と考え、将来計画では分野を横断したグループを作っていく予定です。鉄鋼の最先端の研究にも、非平衡は重要な要素なのですね。

本間— ご存知のとおり、日本の鉄鋼業界は中国・韓国から追い上げられています。勿論、長い歴史の中で見れば、中国が栄えれば日本も栄えるという市場の構図がある上で、これらの国が新しい鉄を学んできていると言う事です。それは仕方ないとして、日本はとにかく先に行かないといけない。しかしながら既存の学問体系では行き着くところまでできてしまっていますので、新しい学問体系を導入しなければいけないわけです。今、その中で物性物理に対して非常に大きな期待をしており、我々の方もそれにむけた努力をする覚悟を持っているのです。ただし、新しい学問体系を作ることは、問題や課題自体を自ら設定したり作り上げるものと同等です。与えられた課題を解くというスタイルから一歩踏み込むことになります。どちらかと言うと、日本の研究者には苦手とされていることだと思います。

鈴木— これも耳が痛い話しですが、確かに新しい系の発見や新しい課題のコンセプトが日本から発信されるケースは少ないですね。

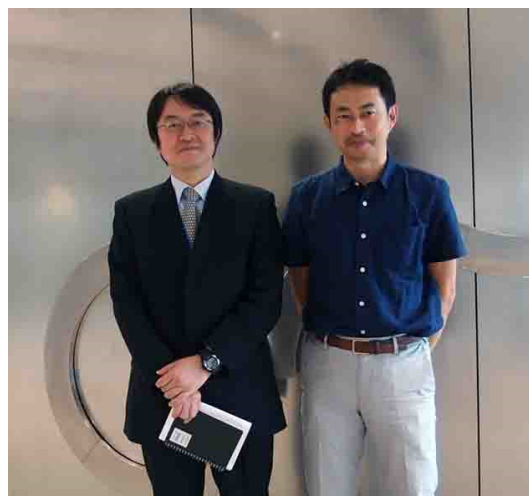
本間— 産業界は物性物理に対して要求したい事が数多くあります。でも、その要求があることをまずはわかって頂ければ、応えようとすることもでき、それが世の中を変える原動力になると思います。今、産業界が物理に求めていることを解ければ、世界の最先端に立つ続けることができるのです。私が「温度がわからない」、「エントロピーがわからない」と尋ねたとき、それはおまえの能力が低いからだと言ってしまった瞬間に、その道は閉ざされてしまい

ます。わからない事は何なんだという立場に是非とも立つて欲しいのです。材料屋が言うことの現実を目に向けて頂ければ、ただ単に応用という括りの話しではなくて、物理の方々が置いてきぼりにしてしまった核心的な問題もそこにあると思うのです。

基礎研究から実用化に向けては、実用化を妨げる様々な課題が立ちふさがっていて、「死の谷」「ダーウィンの海」と表現されています。これも見方を変えれば、研究者にとっては、そこには死の谷ではなくて、研究課題の宝庫の「山」であって、ダーウィンの海を泳ぎきることによって誰も未だ見ない真理の世界が待っているのではないのでしょうか？

鈴木— その表現はワークショップでもお聞きしましたが、材料開発の現場でそのような苦勞をされている方の発想として大変面白いと思いました。

本間— 冒頭でも話しましたが、自分が生産研の一学生だったときに、物理に憧れもあり福山先生に質問しました。そのときには、確かに青臭い質問だったかもしれませんが。その後鉄鋼会社に入って、30年間、現場のおっちゃん和酒を酌み交わしながら鉄造りをやってきて、様々な課題を乗り越え、役に立つ素材を世の中に送り出してきたという自負を持てるようになりました。そこで、自分の仕事を改めて振り返ったときに、もし、ここに物性物理があれば、确实にもっと進歩したに違いないと思うのです。自分が30年たってできなかったことを後輩に乗り越えて欲しいと思うときに、そこに物性物理があれば確実にできると思うのです。特に、若い研究者の方にも構造材料に目を向けて頂きたいと思います。



物性研を離れて

高橋 敏男

早いもので昨年3月末に定年退職してから10ヶ月近く経ちます。1986年4月から29年間もの長きにわたり物性研にお世話になることになりました。昨年4月からは東京学芸大学に研究員としてお世話になっています。

振り返ってみると結果的に大学時代から退職まで東大に在籍在職することになりました。昨年3月の退職記念講演会でも、この間の研究を「回折」、「表面」、「放射光」をキーワードとしてお話しましたが、動力的回折についてはほとんど触れる時間が無かったので、ここでは、その点も踏まえて述べさせていただきます。動力的回折という言葉は、物性研ではなじみのない方が多いかもしれませんが、X線回折理論には、1回散乱近似の運動学的回折理論と、多重散乱効果をとりにれた動力的回折理論とがあります。ほとんど全ての人は、結晶構造解析に代表されるように運動学的回折理論の枠組みでX線回折散乱現象を取り扱っていますが、私自身は、以下の述べるように動力的回折から研究を始めることになりました。

まず、物性研との関わりについて触れます。最初の出会いは、間接的ですが1972年に大学院生として六本木キャンパス生産研の辻泰・菊田愷志研究室に行ったときです。修士課程のテーマは、X線の動力的回折過程で放出される電子収量の入射角依存性です。今日では、X線定在波法と呼ばれている方法の基礎的な研究です。具体的には、高真空中でSi単結晶平板を極微小回転させながら、X線のロックン曲線(ダーウィン曲線)と同時にX線で励起放出される電子をエネルギー分析してその収量変化を測定するというものです。キーワードの原点がここにあるのがお分かりかと思います。当時、菊田先生は木工の高良研究室から生産研に移られて間もない頃で、私は最初の大学院生だったこともあり周囲には動力的回折について気軽に聞ける人は皆無と云ってよい状況でした。そんな時に、タイミングよく雑誌固体物理の初等固体物理講座に物性研の三宅静雄先生が10回にわたる連載で動力的回折理論の記事を執筆されており、毎号出版されるのを楽しみに精読した記憶があります。今日でも日本語で書かれたバイブルの1つになっていると思います。また、参考文献を調べようとすると、生産研にはほとんど雑誌等がなかったのですが、同じ建物の物性研図書室に行けばほぼ揃っていたので実に恵まれた環境でした。その後、1979年秋に菊田先生に連れられて木工に移ることになった時には、物性研にお世話になるとは想像だにしていませんでした。

上述のX線定在波法に関する実験を通して、X線の動力的回折では実験と計算が極めてよく一致することを体験し動力的回折のとりこになったと言えます。8keVのX線でSiのK殻やL殻から放出される光電子収量のX線入射角依存性は計算曲線と線の幅でぴったり一致します。今から考えると、近年はやりのバルク敏感高エネルギー光電子の測定をやっていたことになります。Si単結晶表面には数nm程度の自然酸化膜があり、その中のSiから放出される光電子も含まれるはずですが、光電子の脱出深さが深いためにそれらの寄与は無視できたからです。一方、1.6keVのSi-KLLオージェ電子の場合には表面敏感になっており、入射角依存性は計算曲線から大きくずれ、酸化膜中のSi原子の寄与を適当な仮定のもとに取り入れないと説明できないことが分かりました。

博士課程の途中で菊田研の助手に採用して頂いてからは、いろいろな研究に携わることになりました。そのうちの1つが中性子の動力的回折を利用した中性子干渉計の研究です。原研との協力研究とともに物性研の共同利用にもお世話になり、共同利用というシステムを初めて知ることになりました。物性研の3軸回折計を利用させて頂いたのですが、使い方が全く異なるので、ビームタイムごとに装置を持ち込んで実験を行っていました。星埜禎男先生が運転される物性研のバンに装置を便乗させて頂き東海村までご一緒させて頂いたこともしばしばありました。当時助手だった藤井保彦先生には多くのことを教えて頂きました。



しばらくすると、フォトン・ファクトリ(PF)計画が認められ、その準備研究として物性研の細谷資明先生が代表で特定研究「物質のミクロ構造の動的解析」(1979~1981)が走り、いつか研究テーマに関わることになりました。その中の1つのテーマがX線回折散乱を利用して表面構造を研究するというものです。表面X線回折、X線定在波法、XAFSなどを念頭において超高真空装置を設計製作し、放射光の利用が始まる前の1981年度中にはPF実験ホールの空きスペースに置いて、超高真空装置の排気性能テストなどを行っていました。

このような事情で、PFのビームを初期のころから使わせて頂くことになりました。まず、表面X線回折法、すなわちX線回折で表面の原子配列を決定できないかということから取り組みました。その頃はまだSi(111)-7x7表面構造も決定されていない時代背景でした。低速電子線回折をイメージして実験を重ねているうちに、今日ではCTR(Crystal Truncation Rod)散乱と呼ばれるのと同様な方法でSi(111)清浄表面にBiやAgが1原子層吸着したときにできる長周期構造の原子配列をいち早く決定するができました。この表面X線回折は、1回散乱というX線の特徴を生かしたもので、信号強度は弱いのですがひとたび観測結果が得られれば、電子回折など他の手法に比べて精度・信頼性ともに高い結果が得られるので決定的な方法といえます。記念講演会で述べたので詳しくは触れませんが、表面X線回折は放射光の恩恵を大いに受ける分野の1つとして認識され、その後の発展につながることになりました。この間、PFやSPRING-8ではビームライン建設に携わらせて頂き多大なるご支援を受けました。この表面X線回折の研究を通して教えられたことは、X線回折データはウソをつかないということです。データ解析がうまくいかないのは、データのせいではなく、それを解析する側の問題だということです。そんな経験もあり、近年はモデル・フリーに表面界面薄膜構造を解析することに取り組んでおり、科研費新学術領域「3D活性サイト科学」の中の1つテーマへと発展しています。

このように、いわゆるX線構造解析については素人だったのですが、表面X線回折の研究を通して運動学的回折理論と付き合い始めることになりました。それまであまり意識をしていなかったのですが、最初に取り組んだ動力学的回折と運動学的回折の枠組みの表面回折は共通性が高いことに気が付きました。というのは、いずれの実験でも試料は平板状の試料で、表面というものが定義できる試料です。しかも、回折現象を記述する際に、表面での波面の連続性を境界条件として取り入れる必要があるからです。これに対して、通常の単結晶構造解析などで使う運動学的回折理論では、表面の形状は補正という形で入ることはあっても回折現象そのものには関係しません。

このような観点から、平板結晶における動力学的回折理論と表面回折の運動学的回折理論を統一し定式化することができました。その結果、ダーウィン曲線とCTR散乱とを1つの式で連続的に計算できるようになりました。ブラッグ点付近では従来の動力学的回折理論のダーウィン曲線に一致し、ブラッグ反射のテール部分は運動学的回折理論で記述されるCTR散乱に一致します。また、すれすれ入射の全反射やブラッグ角が90°の特殊なダーウィン曲線も統一的に理解することが分かりました。さらに、ダーウィン曲線とCTR散乱を同時に測定する多波回折現象も位相問題に関連して将来性のある測定法であることも分かりました。もともと動力学的回折理論はエネルギーの流れを扱う理論なので、回折強度は反射率として表記されます。その結果、CTR散乱も反射率として計算でき、反射率が10のマイナス10乗以下になる場合もあり、あらためて放射光の必要性が認識されました。

このように放射光施設には、我が国で最初にX線ビームが利用できるようになった時から退職まで30年以上も利用させて頂き大変お世話になりました。表面X線回折法は、測定に時間を要することや特殊な回折装置を使う必要があり、必ずしも多くの人が使ええる環境にはあるとは言えませんが、測定系の改良で迅速測定も可能になりつつあり、さらに、コンピュータの性能向上とともに解析法にも新しい試みがいくなされていきます。試料としても基板の薄膜は多くの人の興味の対象となり得るので、今後より多くの人利用できるようになっていくと思っています。他方、X線定在波法など動力学的回折の関わる研究は試料の制約が大きかったのですが、放射光でマイクロビームを利用出来るようになったので制約が緩和される可能性があり新たな展開がなされることを期待しています。中性子については、紙面の都合で触れることができませんでしたが、JRR-3で共同利用ビームライン建設にも携わらせて頂き、中性子の特徴を生かした研究も行うことができました。

放射光をとりまく状況は現在重大な局面にさしかかっていると云えます。私が院生の 1970 代前半はまさに X 線放射光リングの有効性が認識されその必要性が叫ばれたときで、その結果高エネ研での PF 建設計画が 1970 年代後半に決定し、1982 年から放射光を利用できるようになりました。PF が軌道にのった 1985 年頃からは次の大型放射光施設の必要性がユーザ団体を中心にもちあがり、建設場所を全国規模で検討し、結果として 1989 年に今の SPring-8 に地に正式決定しました。その頃は、強いリーダーシップを発揮する人たちのもとにユーザグループも建設計画の実現に向けて結束して協力していたことを肌で感じています。その当時に比べると、現在の建設計画は、無いものを初めて建設するのとは違いだいぶ異なる様相を呈しています。持続的に放射光科学が進展するよう英知を集結し建設計画を推進されることを切に望んでいます。

最後に、これまで研究を続けることができたのは東大・物性研というめぐまれた環境に在職させて頂いたこと、さらには研究期間を通して周囲の人々や研究室メンバー・学生に恵まれたお陰であり、この場をお借りしてお礼を申し上げたい。退職する最後まで陰で支えてくれた妻には感謝の言葉をおくりたい。



さて、学術振興会に移って何をやっているかを少し書いておきましょう。ご承知のように、学振は文科省の独立行政法人として、研究助成(科研費制度)、人材育成(特別研究員制度など)、国際交流などの事業を実施しています。実に多種多様な事業を実施していることを学振に来て初めて知りました。理事長のほか理事が2名で、もう一人の理事(事務官系)が総務および財務の担当、研究者系の理事である私の担当は上記の事業全部ということになっています。世界に10か所ある学振海外センター等への出張も多くなりそうです。まだ柏に住んでいますので、10数年ぶりに通勤定期を持って四谷の職場に通う生活パターンになっています。所掌事項について学習の日々ですが、それと同時に、いろいろな分野の耳学問を楽しんでいます。

思えば1979年に田沼研究室の助手として採用していただいて以来、アメリカでの3年間以外はずっと物性研で過ごしました。通算して三分の一世紀も長居してしまったことは決して褒められた話ではありませんが、物性研はそれだけ居心地の良いところでしたし、家・勝本研究室のスタッフや学生の皆さんと楽しく研究ができて幸せでした。また研究以外でも、物性研の教員・技術職員・事務職員・秘書・学生の皆さんとスポーツなどいろいろな活動で遊んでいただいたことを懐かしく思います。お世話になった御礼とともに、今後の物性研の益々の発展を願って退職のご挨拶といたします。

[1]『柏キャンパスの物性研究所』固体物理 vol.35 (2000) no.8, p.569.

[2]『物性研究所の歩みと展望』日本物理学会誌「小特集：物性研究所とその全国共同利用の50年の歩み」vol.63 (2008) no.12, p.919.



客員所員を経験して

理化学研究所 放射光科学総合研究センター 田中 良和

平成 27 年度前期に、極限コヒーレント光科学研究部門、和達研究室の客員教員としてお世話になりました。我々の研究はシンクロトロン放射光を使うことが前提ですので、主な仕事は SPring-8 における物性研究所ビームライン 07 において行われました。

まず、我々がテーマに掲げました「時間分解軟 X 線回折」についてご説明致します。X 線回折そのものは、物質科学の中でも最も基本的な測定手段のひとつであり、物質の構造を知る上で欠かすことができないものです。物質の構造は、単位胞の周期構造であるため、我々は、回折パターンからその周期構造、また回折ピークの強度比から単位胞の中の原子配置を知ることができます。しかし、軟 X 線回折では、そのような通常の方法ではなく、X 線のエネルギーまたは波長として、物質を構成するある原子の吸収端を用います。X 線領域では、散乱および吸収に偏光依存性が表れることはありませんが、吸収端近傍では、非常に強い偏光依存性が表れることが知られています。そのような偏光依存性を利用しますと、スピン、軌道などの特定の元素回りの電子状態の情報が得られます。また、原子価数に違いが生じた場合には、吸収端のエネルギー特性に違いが生じます。これを利用すると、原子価数による秩序状態を観察する事ができます。

このような吸収端の特性は、X 線と内殻電子との共鳴によって生じますが、それは主に電気双極子遷移 E1 によって支配されています。高温超伝導体を始め、多様な機能性を示す強電子相関物質に含まれる 3d 遷移金属に目をやりますと、電気双極子遷移 E1 は、K 吸収端ならば、 $1s \rightarrow 4p$ となり、 $L_{2,3}$ 吸収端ならば、 $2p \rightarrow 3d$ となります。したがって、物性を支配する 3d のスピン、軌道などの秩序状態を直接観察するために、 $L_{2,3}$ 吸収端近傍の X 線を使うこととなります。そのエネルギー範囲は、500 eV から 1000 eV の軟 X 線領域となります。K 吸収端は 4 keV から 9 keV の硬 X 線領域です。

21 世紀になって、軟 X 線回折は 3d あるいは 4f 電子などの秩序状態を直接観察するために盛んに用いられて来ました。その源はシンクロトロン放射光ですが、最近、新たな資源として X 線自由電子レーザーが加わりました。一方最近のレーザー技術の発展によりパルス幅がフェムト秒の領域に達しています。この複合化によって、ポンプ&プローブ実験の実験が可能となりました。我々は、光誘起によって生じるスピンや軌道の秩序状態の観察を目的として「時間分解軟 X 線回折」に取り組んでいます。レーザー光による光誘起は、単に瞬間的な熱的な秩序崩壊をもたらすだけでなく、偏光および波長を変えることによって、特定の電子状態に絞って励起することができるので、軌道、スピン、格子の相互作用を読み解く上で重要な役割を果たします。つまり、回折実験に新しく時間軸を加えることによって、秩序状態の dynamics を測定し、より詳細な相互作用の情報を得ることができます。

上の目的のため、辛先生が研究代表者を務められている JST の「固体と液体及び界面の電子状態、スピン状態のダイナミクスの研究」課題に研究分担者として参加し、平成 25 年度に新しい軟 X 線回折装置を導入しました。私が理研ビームライン 17SU に導入した回折装置をもとに、様々な点で改良を加えました。レーザー光導入のためのポートの増設や、将来の磁場などの外場導入のための、より広い試料空間を確保しました。また、偏光解析装置も備え、総合的により進化した軟 X 線回折装置が完成したと自負しております。この回折装置は、現在 BL07 に設置されています。今年度は、和達先生と時間分解測定のための検出器の選定や測定方法について議論を重ねました。装置としては、ひとまずほぼ完成しておりますが、まだ、この研究は、端緒にいたばかりです。

最後に、客員にご招待いただいたこと、大変、感謝しております。本年度前期で任期は終了しましたが、今後もいままで通り研究を継続していきたいと考えております。どうぞよろしくお願い申し上げます。



外国人客員所員を経験して

BEHNIA, Kamran
Centre national de la recherche scientifique CNRS, France
ESPCI, 10 Rue Vauquelin 75005 Paris France
Kamram.behnia@espci.fr

Since my first visit in 1991 as a young scientist to attend a conference, I have visited Japan many times! Last January, I started a three-month visiting professor in ISSP. I had done this once before back in 2004 and it was quite enjoyable. My host this time was Prof. Satoru Nakatsuji, a well-known scientist leading a world-class research activity on correlated electrons and frustrated magnets.

Japan is a fascinating country for a foreign visitor. This was discovered as early as 16th century by the Portuguese sailors who set foot on this island and were dazzled by what they saw. A wealthy society completely integrated in the world economy, today's Japan is visited by many tourists each year. However, globalization has not destroyed that flavor of otherness that sensitive strangers can smell as soon as they set foot on this high-tech island. I don't know any other place in the world showing such a capacity to change as fast as modernity requires and yet simultaneously cultivate an eternal recognizable national identity.

There are many things that I like about Japan, which make me come back as often as I can. Let me begin with food. Tokyo is not only the best first-world capital for finding anything decent to eat with less than 1000 yens (10 US\$), but also the one with the most Michelin-starred restaurants (well ahead of Paris). This variety of options makes Japan a paradise for food-lovers. However, what I find most admirable is the attitude of the average Japanese customer. They are fond of their own sophisticated culinary tradition, and yet quite curious about good food coming from any corner of the world. By being knowledgeable and demanding, they make the local food scene very competitive. It begins by the humble places selling delicious ramen and continues as one climbs towards those upscale restaurants, which can be assimilated to gastronomical research laboratories. They disappoint rarely. This all happens thanks to a public who is used to eating good food without vanity and exhibitionism. As for Izakayas, I contend that these venerable institutions for socialization are also pillars of a remarkable contemporary civilization.

I also admire Japanese urbanity. The foreigner can see that here people grow up learning how to behave in society. Statistics suggest that the crime rate is much lower than in cities of comparable size. Back in Paris, I have a favorite quiz for my friends: Let us rank the countries by the time it takes (in minutes? in hours? in days?) to see an unlocked bicycle disappear. Now, which country is at the bottom, where the bike could still be there after several years? Only those friends who have never been in Japan fail to give the right answer. I believe that the low level of violence explains the abundance of various Japanese institutions ranging from *Sentos* to capsule hotels with no equivalent in Europe and very efficient to manage various aspects of social life. Personally, as an amateur of urban life, I miss them.

With such details in mind, you can guess that I had a very enjoyable Japanese life during my three-month stay in ISSP. The hospitality was impeccable. Ms. Akiko Kameda is wonderfully efficient in making the foreign guests' lives easy. Thanks to her and Ms. Mariko Suzuki, Prof. Nakatsuji's secretary, I had little administrative tasks to handle during my stay. Here is another mysterious paradox. Japan is a country with many rules. But we foreign guest are handled with such a delicacy that in most cases we are not aware of them. They are taken care for us.

As a scientist, I was also impressed by the dedication, the intelligence and the modesty of young researchers in Nakatsuji group. I found myself lucky to work with such talented and motivated scientists.

Japan is an exceptional outpost of international science and will remain, I believe, a mecca for science in the foreseeable future. I advise young scientists, no matter their country, to visit Japan as soon as they can.

Kamran Behnia

ESPCI, 10 Rue Vauquelin 75005 Paris

27 年度物性研究所一般公開の報告

一般公開委員長 森 初果

平成 27 年度の柏キャンパスの一般公開「輝く科学、柏から」が、10 月 23(金)と 24 日(土)の 2 日間、開催された。10 月の初めに梶田隆章宇宙線研究所長のノーベル物理学賞受賞が決定されたこと、また大変良い天気にも恵まれたこともあり、例年の約 6 割増しとなる約 13,000 人の方が柏キャンパス一般公開に来場された。

キャンパスの中で物性研の一般公開「魅惑のマテリアルワールド」にも、例年を大幅に上回る約 4500 人の方が見学に来られた。物性研は、キャンパスの中央に位置していて地の利が良いせいも、来られた方のうち 3 人に 1 人は物性研に足を向けて下さったことになる。前年の実績を基に 3,000 部準備したパンフレットは全く足りず、1 日目の夜に急遽事務スタッフが増刷下さり、また事務、研究室のスタッフにも、大勢の見学者に一般公開を充分楽しんでいただけるよう、受付、ガイド、企画公開などで対応いただいた。



図 1 物性研トップページの一般公開の案内画面

物性研トップページは、一般公開前に、電子計算機室の石塚みづゑ氏にご尽力いただき、「魅惑のマテリアルワールド」の画面(図 1)となり、リンクを張って一般公開の内容についても案内を行った。このホームページをご覧になって一般公開に来られる方も多い。

<http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/openlab/>

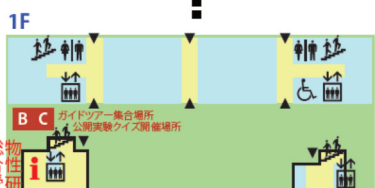
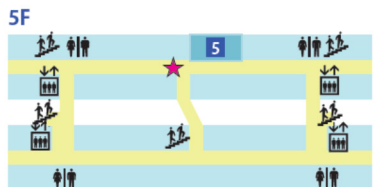
当日は、印刷したリーフレットを来場者全員に配り、さらに正面玄関に掲示して案内を行った。(図 2, 3)

物性研の正面玄関で、訪れた多くの見学者の目に留まるのは、ガラス工作室の今井忠雄氏が丹精込めて育てられた菊である(図 2)。本年度は、美しい「しだれ菊」と「ツリー仕立ての菊」であった。毎年レベルの高い、種類の異なる菊を展示されるのは驚きで、所外ばかりでなく所内のメンバーにとっても楽しみの 1 つである。



図 2 物性研の正面玄関

A棟 (7a) フロアマップ



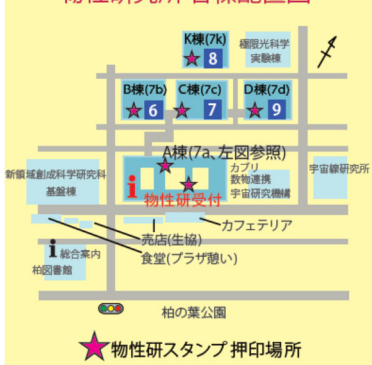
- エレベーター
- 階段
- トイレ
- 授乳所, おむつ交換スペース(6階634)
- 休憩所(6階633, 6階ラウンジ) ★ スタンプ

展示内容・体験企画

小中 小学生も楽しめる
高 高校生、一般向け
理技 理工系大学生、技術者向け
体験 体験企画あり

<p>1 ミクロの世界の旅人～中性子～ グルおみくじまじこ 小中 高 一 体験 ・電磁気工房 考えない力を体験しよう 小中 高 一 理技 体験</p>	<p>4 目で見える物性理論 色んなものをギョッと 聴いてみよう 小中 高 一 体験</p>	<p>7,8 世界の強磁場、柏から 世界一の磁石に行こう 小中 高 一 理技 体験</p>
<p>2 物性科学とスーパーコンピュータ スパコンを隣に見てみよう 小中 高 一 理技</p>	<p>5 単結晶が できるまで 単結晶ハカセにしよう 小中 高 一 理技</p>	<p>9 光とレーザー 美しい光レーザーの不思議な体験しよう 小中 高 一 理技 体験</p>
<p>3 つくろうアイの結晶 きれいで不思議なアイのカタチ 小中 高 一 体験</p>	<p>6 超高圧で 変化する物質 圧力が水に変わる!? 小中 高 一 体験</p>	<p>目で見える量子力学の 不思議な世界 粒が空で飛び回る? 「量子」という小さな世界の大きな不思議 高 一 理技 体験</p>

物性研究所 各棟配置図



★ 物性研スタンプラリー

地図中の★マークのついた場所に物性研究所オリジナルスタンプがあるよ。スタンプ4つ以上で、物性研特製今治ハンカチ、PCメガネ、保冷バッグの中から1つプレゼント! (※数に限りがあります)

A棟 (7a) 5階	A棟 (7a) 6階	B棟 (7b)
C棟 (7c)	D棟 (7d)	K棟 (7k)

イベント案内

A サイエンスカフェ
「ポリマーは地球を救えるか?」
講師: 柴山 亮弘 教授
10月24日 (土) 12時30分～
A棟 (7a) 6階ラウンジ
プラスチックから始まったポリマー100年の歴史と人工筋肉などの最先端材料をわかりやすく説明します。

B ガイドツアー この旗をもったガイドがご待ちしています!
10月23日 (金) 15時～
10月24日 (土) 11時～、13時30分～、15時～
A棟 (7a) 1階中庭 (受付裏) にお集まりください
「どこを見学したらよいか分からない」、「研究をしている人の話を聞きたい」。そんな見学者の皆さんのために物性研究所のスタッフがガイドになって、一般公開のみどころや研究の現場を一緒に見学します。もちろん、道中での質問もOK。分かる範囲でお答えいたします。
(所要時間: 約60分)

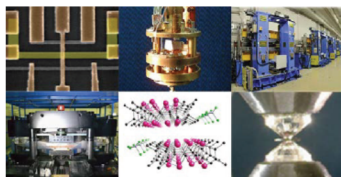
C 公開実験クイズ、目指せ物性研博士!
10月23日 (金) 14時30分～
10月24日 (土) 10時30分～、14時30分～
A棟 (7a) 1階中庭 (受付裏)
物性研の研究室による公開実験や、物性研についてのおクイズを出題。成績優秀なあなたを、物性研博士に認定します!
(所要時間: 約30分)

D わたしと図書館2015
～先輩リケジョからのメッセージ～
常時展示
A棟 (7a) 6階図書室前
物性研の女子大学院生が普段の研究生活や女子中高生へのお薦め図書を紹介したパネルの展示を行っています。オリジナルグッズなど、お土産もご用意しています!

【物性研究所】

物性研究所では、「物質」の「性質」(＝物性)を研究しています。例えば、「物質がどうして磁石になるのか?」、「超伝導はどうして起こるのか?」など、様々な物質の性質を物理的に解き明かしたり、または新しい現象を見いだしたり、さらに今までにない性質を示す新物質を作り出したりしています。そのため物性研究所には、様々な世界最高レベルの研究設備があります。物質の性質を見極めるために、マイナス270℃の極低温や、普通の磁石の約5千倍にあたる1000テスラという超強磁場や、10万気圧の超高圧力などを作り出す装置を開発し、それらの極限状態での物質の性質を観測しています。更に、物質は原子からできているので、物質の性質を原子から研究するためのナノテクノロジーや、世界最高性能のX線・中性子ビーム・レーザーなどを使い、普通には見えない世界を見ることにより、物質をまさに丸裸にしています。

物性研究所は約60年前の昭和32年に、全国の物性研究者のための共同利用施設として設立され、今では1年間に千人以上(そのうち外国から百数十人)の物性研究者が訪れています。



アンケートにご協力ください!

物性研公式キャラクター「物性犬」

皆さまのご意見・ご感想をお聞かせください。受付にてアンケートにお答え頂いた方に、もれなく物性研マグネットを差し上げます。

物性研究所 一般公開



魅惑のマテリアルワールド

IASSP

The Institute for Solid State Physics

2015年 10月 23日(金) -24日(土)
10:00 ~ 16:30 東京大学柏キャンパス

<http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/>

図3 物性研究所のリーフレット



図4 「柏キャンパス内、部局内共、場所がわかりにくい」という反省を生かして、物性研究所の建物案内の旗をA棟南西に準備し(左)、また所内の企画・展示を大きな矢印及びマップで示し(中)、さらに物性研紫ブルゾンを着用した大学院生ボランティアに道案内でご協力いただいた(右)。

一般公開は、柏キャンパスに移転後毎年開催されているが、前年度のアンケート結果を活かして、少しずつ進化している。昨年の反省として、柏キャンパスのアンケートでは、「建物がどの部局なのかがわかりにくい」という声があり、また物性研内のアンケートでも、「どこに企画・展示があるのかわからない」というご意見をいただいた。本年度の柏キャンパス一般公開は、リエゾン室長である常次所員が取り仕切られ、全体の会議でも、建物の番号が西から東へ順番になるよう付け変えたり、部局案内として背丈ほどのポールをつくるなど、見学者が建物にアクセスしやすい工夫を積極的に推進された。

物性研の一般公開委員会でも、建物、展示案内について色々検討した結果、本年度は、物性研カラーである紫を背景とした「物性研究所」の旗を、A棟の南西の柱2面に取り付け、守衛所入口、および新領域側から建物が一目で分かるようにした。(図4左)旗の準備、片付けをする手間は少々あるが、大変目立つ表示となったので、来年以降も利用いただければ良いと思う。また、物性研内の企画・展示の場所も探し易くなるよう、鉄道案内の様な大きな矢印で指し示し、マップと共に掲載した。(図4中)リピーターのご婦人方には、以前よりわかり易くなったという声をかけていただいた。反省点としては、エレベータが混んでいて階段を利用する方が多く、その方々はまだ迷っておられたので、今後階段での案内も充実する必要があると思う。本年度はさらに、紫カラーのブルゾンを作り、「案内係」の腕章をした大学院生ボランティアの方々が着用して、来場者の道案内人となった。(図4右)質問の半分は、「ノーベル物理学賞を受賞された梶田先生の宇宙線研究所はどこですか?」であったようで、所内ばかりでなく、キャンパスの案内にも貢献下さった。このブルゾンの案内人は大変有効だったので、来年度は増やして低層棟も案内してはどうかという意見も反省会であった。

リーフレット(図3)にもあるように、本年度はガイドツアーを除いて12の企画・展示をご提案いただいた。昨年度からスタートした人気を博している企画に、URA(University research administrator)の鈴木博之委員が立案された「公開実験クイズ 目指せ物性研博士!」がある。本年度も、2日間で計3回、鈴木委員の脚本で、ガイヤ・フロリアン氏(板谷研 D3)とアリサ・シルヴァ博士(小林研研究員)の巧みなMCと、山内敦子氏と亀田秋子氏(国際交流室)の絶妙なアナウンスなどにより、「魅惑のマテリアルワールドの探検の公開実験」が行われた。物性研ガイドツアーのAコース「光とナノの世界」、Bコース「極限を識る」、およびCコース「物性科学を楽しもう」への流れを作る企画となっており、インディージョンズのテーマ曲が流れる中、劇中実験で、(1)レーザーポインターで風船を割る実験(ポインターで緑色のレーザーをあてると、緑の風船あるいは赤の風船のどちらが割れるのか?)、(2)過冷却実験(過冷却水にスプーンを突っ込むと何が起こるか?)、(3)真空デシケーターの中で水が沸騰する実験(真空にして沸騰させた水を取り出すと、熱いか?)などが行われた。クイズ形式となっており、正解率が高い参加者には、ガイドツアーに参加後、「物性研博士」の賞状と「Dr. 物性犬ステッカー」が授与される。受付横の中庭で、着席する見学者の他に、大勢の立ち見が出る大変楽しい企画となった。(図8左上)

公開実験後、現場を見たいと希望される方々、またどの企画を見るのが良いか迷っておられる見学者に、物性研の教員、職員、大学院生がボランティアで行うガイドツアーは大変好評である。本年度も、公開実験に続いて、A、B、および C コースに分けて、10 の企画をガイドツアーで見学いただいた。

物性研ガイドツアー

▶A コース「光とナノの世界」

- ▶光とレーザー極限
美しい光とレーザーの不思議を体験しよう
コヒーレント光科学研究センター
- ▶目で見る物性
色んなものをギュッとつめてみよう
理論物性理論研究部門
- ▶電磁気工房
見えない力を体感しよう
勝本研究室
- ▶マイクロの世界の旅人 ～中性子～
ゲルおみくじをひこう
中性子科学研究施設

▶B コース「極限を識る」

- ▶世界の強磁場、柏から
世界一の磁石を見に行こう
国際強磁場科学研究施設
- ▶目で見る量子力学の不思議な世界
粒が波で波が粒?“量子“という小さな世界の大きな不思議
山下研究室
- ▶超高压で変化する物質
圧力氷が水に沈む! ?
上床研究室

▶C コース「物性科学を楽しもう」

- ▶物性科学とスーパーコンピュータ
スパコンを間近に見てみよう
計算物質科学研究センター
- ▶つくろうアイの結晶
きれいで不思議なアイのかたち
廣井研究室
- ▶単結晶ができるまで
単結晶ハカセになろう
物質合成室

A コース「光とナノの世界」では、極限コヒーレント光科学研究センター(LASOR)のフォトスタジオに列ができていた。見学者グループが自らペンライトで空中に文字を書き、集合写真と合成して最後にプレゼントしてもらっており、楽しくかつ良い記念となっているようである。上級者は、写真での出力を考えて、ミラーイメージで文字を書いておられるのに感心した。(図5左上)見学者は、ホタルの発光、金の蒸着、光の回折現象、レーザーの発振の仕組みの説明にも熱心に聞き入っていた。また、物性理論研究部門の「目で見る物性理論」では、マーブルチョココレートがどのくらい詰まるかを、小学生から大人までが楽しそうに体験をしている姿が印象的であった。勝本研究室の「見えない力を体感しよう」では、単4電池の両側に強力マグネットを付けた簡易列車を、コイルの中で電磁誘導と磁石との引力・斥力で走らせる体験実験を行っており、大変良くできていて感心した。親子連れをはじめ、多くの見学者が楽しんでおられた。(図5左下)さらに、中性子科学研究施設の「マイクロの世界の旅人～中性子～」では、4研究室が各々、研究室の専門分野を生かした企画を立て、教授から大学院生まで熱心に実験および説明を行っていた。酢酸ナトリウムの過飽和液が、衝撃で凝固する時の発熱を利用したエコカイロの実験や、疎水・親水効果で氷に漬けると高分子が解け、大吉から凶までの文字が浮かび上がる「ゲルおみくじ」に歓声が上がっていた。

B コース「極限を識る」では、国際強磁場科学研究施設において、高速カメラで世界一の強磁場発生の瞬間を映し出した映像を見学者が見入っていた。また、山下研究室の「目で見る量子力学の不思議な世界」では、SQUID で作る干渉波に磁石を近づけて、その変化を見学が楽しんでいた。さらに、「超高压で変化する物質」では上床研究室が、水に沈む圧力氷のデモンストレーションを行い、見学者は普段とは異なる比重の大きい氷を、不思議そうに見学されていた。

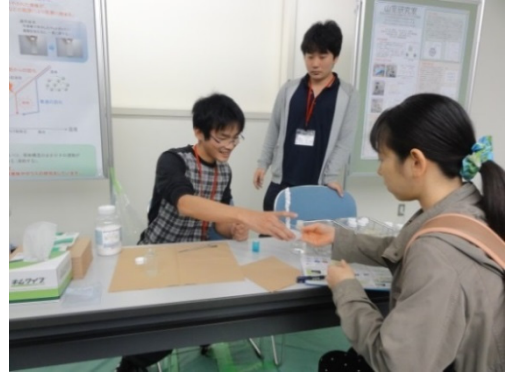


図 5 ガイドツアーA コース「光とナノの世界」：極限コヒーレント光科学研究センター(LASOR)の「光とレーザー極限」(左上)、中性子科学研究施設の「ミクロの世界の旅人～中性子～」(右上)、および勝本研究室の「電磁気工房」(左下)



図 6 ガイドツアーB コース「極限を識る」：国際強磁場科学研究施設の「世界の強磁場、柏から」

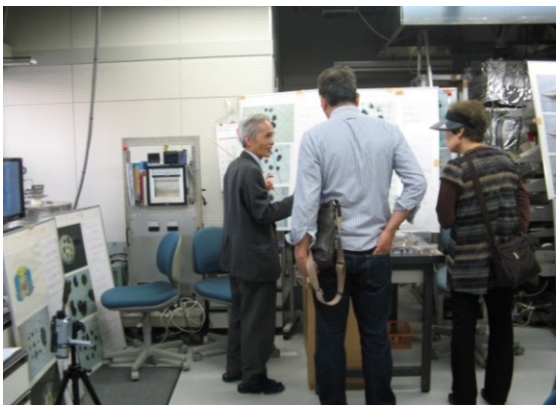


図 7 ガイドツアーC コース「物性科学を楽しもう」：物質合成室の「単結晶ができるまで」(左)と廣井研究室の「つくろうアイの結晶」(右)

Cコース「物性科学を楽しもう」では、スーパーコンピュータ計算物質科学研究センターが、施設の見学の他、神戸のセンターとインターネットで繋いで『スパコン京からの「黒ラブ教授」によるTV授業』を計2回生放映し、多くの方が集まって聞いておられた。また、物質合成の研究室では、単結晶の作製および得られた単結晶の公開を行い、担当者と熱心に議論する見学者の姿が見られた。(図7左) 廣井研究室では、「つくろうアイの結晶」ということで、ヨウ素(I₂:アイ)の単結晶育成の他、廣井研で合成しているパイロクロア結晶、また一般の方にも馴染みある水晶、ルビー、サファイア、ザクロ石など多彩な無機結晶の展示が行われ、多くの見学者が訪れていた。黒幕を張ったコーナーの中で、紫外線照射、あるいは加熱でホタル石が美しく光る現象を見学者は楽しんでいた。「何万年も昔から貯めたエネルギーが放出する瞬間です。」という演出も興味深かった。(図7右)



図8 公開実験クイズ 目指せ物性研博士！(左上)と図書館企画「わたしと図書館2015 ～先輩リケジョからのメッセージ～」(右上) 柴山充弘教授のサイエンスカフェ「ポリマーは地球を救えるか！？」(左下)と一般公開打ち上げで挨拶される瀧川仁所長(右下)

物性研の一般公開では、毎年、コーヒーを片手にサイエンス講話を楽しむサイエンスカフェが、物性研の教員を講師として開催される。本年度は、柴山充弘教授に、「ポリマーは地球を救えるか！？」というタイトルで、24日(土)の12:30から約1時間お話しいただいた。柴山先生は、ポリマーが分子量の大きい分子(高分子)あること、実際、紙おむつで液体を吸ってジェルにする機能などに使われていること、近年、高機能炭素繊維が作られ、飛行機の素材として使われていることを、T株式会社から取り寄せた材料を回覧しながら説明下さった。また、ポリマーの機能を決める上では、高分子がどのような構造で集積しているかを調べるのが重要で、中性子回折が有力な手段であることもスライドで示された。A棟6階ラウンジは、席がなくなるほど大勢の方が聴講下さり、講演後も多彩な質問が20-30分ほど続き、「ポリマーは地球を救える！」重要な素材であることを、聴講者は実感することができた。アンケートでも、「柴山先生のお話し、楽しかったです。ポリマーを見る目が変わりました。」「ポリマーが身近にたくさん使われていることに勉強になりました。これから製品を使うときは、先生の講義を思い出すことにします。」と大変好評であった。(図8左下)

平成 21 年から毎年、JST 女子中高生理系選択事業に東大が採択され、柏キャンパスの部局も中高生のアウトリーチ活動として実施している。27 年度も、柏キャンパスの一般公開に合わせて、物性研、新領域創成科学研究科、大気海洋研、空間情報科学研究センターの 4 部局が合同で、24 日(土)の 10:00-15:30、イベント「未来をのぞこう」を開催し、47 名の女子中高生、19 名の保護者に参加いただいた。午前は各部局に別れ、物性研は、瀧川所長の秀逸な「物性科学とは」の講義の後、大学院生及びスタッフのツアーガイドで、女子中高生に一般公開の実験・体験を楽しんでいただいた。午後は柏キャンパスの大学院生(物理専攻 D2 高田えみか氏(押川研))、キャンパスを卒業した企業の女性研究員、財団法人の女性職員、キャンパスの女性教員の講演と、先輩女性研究者を囲んでのティータイムを行った。アンケートでも、「多くの先輩・大学院生から実際の大学生活や進路選択の道のりを聞くことができた点が良かった」という回答が目立ち、今後も継続する予定である。

一般公開の時に、柏図書館も、各部局の図書館と連携して、「わたしと図書館 2015 ～先輩リケジョからのメッセージ～」を企画されている。部局での紹介(図 8 右上)と共に、柏図書館でも、キャンパスの女子大学院生が推薦本を 5 分で紹介する企画を行っている。物性研究所からは、イジョン氏(リップマ研 M1)が『人類が知っていることすべての短い歴史』(ビル・ブライソン著; 楡井浩一訳, 日本放送出版協会)を紹介され、大変好評であった。

一般公開をより良いものにするために、物性研もアンケートを見学者の方々をお願いしているが、本年度の回答の中で、「学生さん達がいきいきしている。」「学生さんたちの研究に対する熱心さが伝わってきました。」「世界に誇れる実験をされているのだなと思いました。」など、若手の活躍および研究所に対するコメントが多く見られた。また、23 日(金)に 1 回、24 日(土)に 3 回行ったガイドツアーは好評で、「回数を増やしてほしい。」「参加したかったが午前はなかった。」ということで、来年度はガイドツアーの回数を増やすことを検討しても良いと思う。

最後に、本年度の一般公開の開催にあたってご尽力下さった委員の皆様へ感謝したい。ホームページ準備と本年度の課題であった矢印案内板の作成には飯盛拓嗣委員(技術専門職員、ナノスケール物性研究部門小森研)が大活躍下さった。企画紹介の一言コメントも入れて全面的に刷新したリーフレットをご担当くださったのは笠松秀輔委員(助教、物質設計評価施設杉野研)である。また、企画の募集、会場の割り振りについては、小林洋平委員(准教授、LASOR)に大変お世話になった。本年度も新たな公開実験クイズを URA 鈴木博之委員が企画下さった。また、本年度の一般公開の開催にあたって準備を行い、例年の 1.6 倍の来場者に対応くださった片桐 徹事務長、鈴木貴博専門員、中村正俊主査、辻角隆之係長、竹山牧子主任、瀧澤 悠氏及び事務の方々には、心より感謝申し上げたい。総務係が作成くださった一般公開の進行表は今後大いに役に立つと思う。本年度はガイドツアー、ボランティア募集でご尽力くださり、来年度の委員長を快く受けて下さった上床美也教授に心より御礼を申し上げたい。最後になりますが、物性研の皆さん、本年度は一般公開へのご協力をありがとうございました。28 年度は上床委員長の下で進行しますが、多くの来場者に楽しんでいただけるよう、またどうぞよろしく願い致します。



第 60 回物性若手夏の学校開催報告

沼倉 凌介

「物性若手夏の学校」とは、全国の大学院生を対象としている物性物理の分野を中心としたサマースクールです。物性物理に関する基礎的な考え方の習得や発表技術の向上を目的とした企画を通して、参加者に研究の楽しさを知ってもらうことを主な目的としております。本夏の学校の企画は物性分野の大学院生を基準として考えられていますが、毎年、化学や生物の分野や学部生からの参加者も少なくありません。若手研究者の分野の垣根を取り除き、多くの分野間でネットワークを形成できることも本夏の学校の魅力の一つです。

1 夏学概要と当日の様子

第 60 回物性若手夏の学校は 2015 年 7 月 27 日から 7 月 31 日の 5 日間に渡り、岐阜研岐阜市、長良川の辺に建つ、ぎふ長良川温泉ホテルパークにて開催されました。60 回目の節目を迎える今回の物性若手夏の学校に向けて、“Toward the Next Round!-The 60th Natsugaku- ”のテーマのもと新しい一歩を踏み出すという意気込みで我々スタッフは準備を進めてきました。参加者は総勢 177 名(男性 159 名、女性 18 名)となりました。

物性若手夏の学校のプログラムは、学習・発表・交流の三つのパートに分かれております。学習の部となる講義と集中ゼミでは表 1 に記載してある研究者の方々に招聘講師として講演していただきました。講義は 1 日 3 時間を 3 日間に渡り基礎的な内容から、その分野の最先端までを丁寧に教えていただきました。集中ゼミでは 3 時間という限られた時間に、その分野の最新のトピックをコンパクトに講演していただきました。どちらも専門分野における最先端の内容に触れることができたため、参加者にとっても得るものが多く、参加者からは「研究の最先端の話を聞いて自身の研究へのモチベーションが高まった。」、「新しい研究の挑戦への足がかりとなりそう。」などの声を聞くことができ、非常に好評な企画となりました。

表 1：講義・集中ゼミの招聘講師・演題一覧

企画	講師(敬称略)	演題
講義 (3 時間×3 日間)	石原照也	メタマテリアルの世界
	加藤雄介	超流動とボーズ・アインシュタイン凝縮:長年の未解決な関係
	古崎昭	低次元の強相関電子系: 朝永ラッティンジャー液体とその周辺の話
	松井卓	量子スピン系における Lieb-Robinson bounds 厳密統計力学入門
	松田祐司	非従来型超伝導
	宮崎州正	ガラス転移の統計物理学
集中ゼミ (3 時間×1 日)	石原一	光で操るナノ物質のマイクロとマクロ
	大串研也	遷移金属化合物の強相関電子物性
	笹本智弘	KPZ ユニバーサルリティクラス
	樽茶清悟	固体中の電子の量子操作と計測
	山本浩史	有機相転移トランジスタと強相関物性物理
	和田浩史	かたち・動き・成長の生物物理学

発表の部であるポスター発表・分科会では、日本物理学会と同様の形式で行いました。夏学参加者の多くは発表経験の少ない学生であるため、自分の研究成果を多くの人へわかりやすく発表する練習の場として、また同分野の人と研究の情報交換をする場を提供するための企画となっております。ポスター発表では、発表希望者は全員発表することができ、各自に A0 の大きさのスペースが与えられます。発表者は持参のポスターを前に意気揚々と発表に赴いていました。ポスター発表では当日に飛び入りでの発表も認めており、今年も多くの飛び入り発表者を見受けることができました。またポスターは夏学期間中ずっと掲示することができたため、多くの参加者がポスター発表の時間とは別にそれぞれの空き時間にポスター前でディスカッションしていました。

分科会は一人あたりに発表時間 10 分と質疑応答 5 分が与えられる口頭発表の場です。それぞれの発表には発表の内容を評価するアンケートがあり、聞き手からの指摘を発表後に確認して次の発表に活かすことができます。また招待講演の枠も設けてあり、表 2 にある 6 人の招聘講師に講演していただきました。招聘講師の方々とディスカッションすることによってその分野の最先端の研究を知ることができます。

表 2：分科会の招聘講師・演題一覧

企画	講師(敬称略)	演題
分科会招待講演 (講演 30 分+質疑 10 分)	岡田佳憲	走査トンネル顕微鏡による遷移金属酸化物薄膜の電子状態イメージング
	酒井志朗	銅酸化物高温超伝導体の動的電子構造の数値計算
	辰巳創一	単純ガラスの熱容量から見るガラス転移の向こう側
	新見康洋	スピン流で観る物理現象
	星野晋太郎	多軌道強相関電子系におけるエキゾチック超伝導
	渡辺宙志	大規模計算による非平衡研究の可能性

ポスター発表、分科会とは別に発表の部にはグループセミナーという企画も存在しております。グループセミナーは 57 人の班に分かれ、自身の研究をセミナー形式で発表し、ディスカッションを行うという企画です。ポスター発表、分科会が同分野どうしでの交流を主としているのに対し、グループセミナーは異分野間での交流に重きを置いております。班員の構成が異分野どうしであるため、参加者は自分の分野から離れて新しい知見を得ることができるのがグループセミナーの特徴です。

交流の部には懇談会と座談会が設けられております。特に座談会は昨年度の第 59 回から始まった新しい企画です。事前に参加者から募った質問を招聘講師の方々にお酒を交えつつぶつけるというのが座談会の内容になっています。今年の座談会での質問の内容は「研究者になろうと思った時期ときっかけ」や「研究へのモチベーションの維持の仕方」、「研究に行き詰まったときのリフレッシュの仕方」など研究に対する心構えのようなものから、人生の選択や研究者の恋愛に関して等さまざな質問が飛び交いました。講師の方々と参加者の距離も質問の回数とお酒が進むにつれて縮まっていき、非常に盛り上がる企画となりました。

以上の企画は表 4 の日程で行いました。

2 物性若手夏の学校の魅力

物性若手夏の学校には日本物理学会で数多くの領域を有する物性物理の分野を専門とする学生が参加します。加えて、最近では物性物理の分野のみに留まらず、化学や生物の分野の学生も参加する傾向にあり、参加者の分野は多岐に渡っております。物性若手夏の学校の特徴の一つとして、普段接することのできない異分野の学生と議論することで新鮮な見解を得たり、参加者自身の研究へのモチベーションを高め今後の研究活動の糧を得たりすることができます。また 18 名もの招聘講師に講演を依頼しており、参加者は自分の興味に応じて聴講を自由に選択することができます。特に講義レビューで自分の専門ではない講演に惹かれる学生も少なくなく、実際に第 60 回においても事前に撮ったアンケートとは異なる講義に参加した学生も多く見受けました。3 日に渡る濃密な講義や空き時間のディスカッション、毎晩開催される

表 4：第 60 回物性若手夏の学校決算

収入の部	
公的機関からの援助	1,033,475
材料科学技術振興財団	100,000
京都大学基礎物理学研究所	442,450
東京大学物性研究所	294,492
東北大学金属材料研究所	196,533
地域助成金	0
企業等協賛金	1,415,000
参加費その他	708,000
テキスト収入他	82,427
小 計	3,238,902
第 60 回のための準備金	1,037,077
合 計	4,275,979

支出の部	
講師招聘費	448,750
世話人援助費	516,820
参加者援助費	0
印刷費	585,629
テキスト印刷費・郵送費	463,116
ポスター印刷費・郵送費	62,208
当日印刷物印刷費・郵送費	60,305
企画運営費	675,919
準備局経費	748,717
小 計	2,975,835
第 61 回のための準備金	1,300,144
合 計	4,275,979

貴研究所からのご支援は「テキスト印刷費・郵送費・及び貴研究所よりお借りしたポスターボードの運搬費の一部」という支出に対して使用させて頂きました。どちらも本物性若手夏の学校の主要企画である講義、集中ゼミ、ポスターセッションに欠かせない支出となっております。貴研究所の夏の学校へのご支援を心より感謝致します。また、ポスターボードを貸していただいたことも重ねて御礼申し上げます。今後とも物性若手夏の学校へのご支援を賜りますようお願い申し上げます。



図 1：講義中は質問が飛び交い、活発に議論が行われていた



図 2：各々が興味のあるポスターの前で発表者と意見を交換する



図 3：異分野感でのディスカッションは自身の今後の新たな着想を得る



図 4：普段は聞くことのできない講師陣の体験談なども聞くことができ、参加者も身を乗りだして聞いていた

物性研究所談話会

標題：平成 27 年度 後期客員所員講演会

日時：2015 年 10 月 21 日(水) 午前 9 時 30 分～午前 11 時 50 分

場所：物性研究所本館 6 階 大講義室 (A632)

要旨：

平成 27 年度後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。

9:30-9:40 所長挨拶 (瀧川 仁：物性研所長)

9:40-10:00 松平 和之 (九州工業大学大学院)
「パイロクロア型イリジウム酸化物へのキャリアドーブ効果」

10:00-10:20 安 東秀 (北陸先端科学技術大学院大学)
「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YNAMICS計測」

10:20-10:40 山田 鉄兵 (九州大学大学院工学研究院)
「伝導パス・伝導イオンの構造の対称性とイオン伝導性」

10:40-10:50 休憩

10:50-11:10 石渡 晋太郎 (東京大学大学院工学系研究科)
「新奇な量子輸送現象を示す磁性ディラック電子系物質の開拓」

11:10-11:30 SHTENGEL, Kirill (University of California, Riverside)
「Andreev reflection, Majorana zero modes and beyond」

11:30-11:50 中村 真 (中央大学理工学部)
「ゲージ・重力対応で探る強相関係の非平衡物理学」

標題：強磁性絶縁体中の量子マグノンクス

日時：2015年10月29日(木) 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：中村 泰信

所属：東京大学先端科学技術研究センター

要旨：

固体中の集団励起の自由度を1量子レベルでコヒーレントに制御し、量子情報処理技術に応用することを目指している。超伝導回路上で実現する量子ビットはその典型的な例であり、量子計算を目指した研究はもとより、マイクロ波領域での量子光学実験ツールとして多くの展開研究に応用されつつある。本研究では、これを、固体中の集団励起のもうひとつの例としての強磁性体のスピン励起の制御・観測に適用する。直径1mmの強磁性絶縁体イットリウム鉄ガーネットの単結晶球の中には10の19乗もの電子スピンの整列している。それらが一斉に歳差運動する静磁波モードの量子(マグノン)を1マグノンレベルでコヒーレントに制御する実験を紹介する。

参考文献

[1] Y. Tabuchi *et al.*, Phys. Rev. Lett. **113**, 083603 (2014).

[2] Y. Tabuchi *et al.*, Science **349**, 405 (2015).

標題：ナノスピン変換科学研究で目指すもの

日時：2015年12月10日(木) 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：大谷 義近

所属：東京大学物性研究所

要旨：

ナノスピン変換とは、角運動量保存則に基づく、電気、光、音、振動、熱の相互変換の総称である。これまでに、スピン変換に関わる研究に於いて日本の研究者が多くの成果に関わっており、巨大スピンホール効果[1]、巨大スピン蓄積・純スピン流誘起磁化反転[2]、スピントルクダイオード効果[3]、スピンゼーバック効果[4]、絶縁体へのスピン注入[5]、スピン起電力[6]、強磁性超薄膜の磁気異方性電圧制御[7]など新しいスピン変換に関わる様々な物性研究の成果が報告されている。このように、スピン変換科学は物質科学に実験と理論の両面から多くの知見を得て、活発かつ魅力的な研究分野として成長し、基礎研究としてだけでなく、実際に役に立つスピン変換応用を見据えたエレクトロニクス産業の関心を勝ちとるに至っている。

昨年度から発足した新学術領域研究「ナノスピン変換科学」では、これらの変換現象を伝導電子スピン、マグノン、フォノン、フォトン等の準粒子間の変換現象として捉え、スピン変換現象を実験と理論の両面から統一的に理解し、最終的には包括的に説明するスピン変換科学の学理を構築することを目的としている。

本講演では、最近得られた成果である、超伝導体中の準粒子を媒介して生じる非線形な逆スピンホール効果[7]や酸化物金属界面で生じるラシュバエデルシュタイン効果[8]や、トポロジカル絶縁体表面で生じるスピン運動量ロッキング現象[10]も紹介しながら、本研究領域の現状と将来展望について述べる。

[1] T Seki *et al.*: Nature Mater. **7**, 125 (2008); Y. Niimi *et al.*: Phys. Rev. Lett. **109**, 156602 (2012).

[2] T. Yang *et al.*: Nature Phys. **4**, 851 (2008).

[3] A. A. Tulapurkar *et al.*: Nature **438**, 339 (2005).

[4] K. Uchida *et al.*: Nature **455**, 778 (2008).

[5] Y. Kajiwara *et al.*: Nature **464**, 262 (2010).

[6] P. N. Hai *et al.*: Nature **458**, 489 (2009).



- [7] T. Maruyama *et al.*: *Nature Nanotech.* **4**, 158 (2009).
[8] T. Wakamura *et al.*: *Nature Mater.* **14**, 675 (2015)
[9] S. Karube *et al.*: *Appl. Phys. Lett.* **107**, 122406 (2015)
[10] K. Kondou *et al.*: arXiv:1510.03572.

標題：超強磁場における新規相の探索

日時：2015年12月24日(木) 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：松田 康弘

所属：東京大学物性研究所

要旨：

磁場は電子のスピンや軌道運動に直接作用するため、物性研究において重要な環境因子である。強磁場で期待される磁場誘起相転移は物質の隠れた性質の顕在化と捉えることもでき、多彩な新奇現象が期待される。室温程度のエネルギースケールをもつ強い相互作用がある場合、相転移には数百テスラの磁場が必要である。実験的には破壊型マグネットの領域となる。

物性研究所は45年以上にわたる破壊型パルス磁場研究の歴史を有し、一巻きコイル法と電磁濃縮法によって100～700 T 超強磁場領域での研究が可能である。最近の磁場発生、及び物性測定技術の進展によって、以前は困難であった様々な実験が可能になってきた。嶽山研で行われた600 Tまでのクロムスピネルの全磁化過程の解明[1]や、我々が報告した200 T領域での固体酸素の磁場誘起新規相の発見[2]はその一例である。

講演では、破壊型を念頭においた強磁場研究の意義を簡単に述べた後、実験技術について言及する。さらに、研究室で取り組んでいるいくつかのテーマの中から、(i) 近藤半導体 YbB_{12} の磁場誘起絶縁体-金属転移[3]、及び、(ii) LaCoO_3 の磁場誘起スピン転移とスピン状態結晶相[4]、について最近の結果を紹介する。

- [1] A. Miyata *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **107**, 207203 (2011).
[2] T. Nomura *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **112**, 247201 (2014).
[3] T. T. Terashima *et al.*, *in preparation*.
[4] A. Ikeda *et al.*, *in preparation*.

物性研究所セミナー

標 題：理論セミナー：Looking beyond Majoranas: Parafermions, Andreev conversion and exotic quantum circuitry.

日 時：2015 年 10 月 16 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. Kirill Shtengel

所 属：University of California, Riverside, and ISSP

要 旨：

Non-Abelian anyons are widely sought for the exotic fundamental physics they harbour as well as for their possible applications for quantum information processing. Currently, there are numerous blueprints for stabilizing the simplest type of non-Abelian anyon, a Majorana zero energy mode bound to a vortex or a domain wall. One such candidate system, a so-called "Majorana wire" can be made by judiciously interfacing readily available materials; the experimental evidence for the viability of this approach is presently emerging.

Following this idea, we introduce a device fabricated from conventional fractional quantum Hall states, s-wave superconductors and insulators with strong spin-orbit coupling. Similarly to a Majorana wire, the ends of our "quantum wire" would bind "parafermions", exotic non-Abelian anyons which can be viewed as fractionalized Majorana zero modes.

In this talk will discuss their properties and describe how such parafermions can be used to construct new and potentially useful circuit elements which include current and voltage mirrors, transistors for fractional charge currents and "flux capacitors".

標 題：第 32 回極限コヒーレント光科学セミナー「離散的なコヒーレントスペクトル群が示す線形および非線形光学における興味深い特性」

日 時：2015 年 10 月 28 日(水) 午後 3 時～午後 4 時 30 分

場 所：物性研究所本館 第 2 会議室

講 師：桂川 眞幸

所 属：電気通信大学大学院情報理工学研究科

要 旨：

離散的なコヒーレントスペクトル群で構成される光学過程に現れる魅力的な特性を紹介したい。線形光学過程、非線形光学過程、周波数領域、時間領域の様々な側面でちょっと意外？な特性が現れる。それらの多くが初歩的な解析で簡単に理解できることも少しばかり興味深い。線形光学過程の典型例として、誘導ラマン散乱過程を断熱操作することで発生させた高次の散乱光系列の光軸上に透明な分散媒質を挿入するとアト秒のパルス列を形成できることを紹介する。実験では 1.8 フェムト秒のパルス列が実際に形成されるまで確認することができた。現在、アト秒パルス列の発生に向けて実験を進めている。非線形光学過程に類似のアイデアを組み込むと非線形光学過程を様々に操作することが可能になる。魅力的な典型例として、真空紫外から中赤外に渡る超広帯域を全てカバーできる単一周波数波長可変レーザーを紹介したい。



標題：実空間差分法を用いた第一原理電気伝導特性計算

日時：2015年10月30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：小野 倫也

所属：筑波大学 計算科学研究センター

要旨：

将来の IT 産業を支える半導体デバイスや光通信デバイスには、原子・分子サイズの構造を利用したデバイスの応用が期待されている。このようなサイズの素子を持ったデバイスを作製するには、原子・分子の一つひとつの性質から、組織化されたナノ構造体の性質までを明らかにし、得られた知見をもとにしてデバイスの設計を行わなければならない。ところが、原子・分子レベルの物理・化学現象は実験方法や実験条件に左右されることが多いため、正確な物理・化学現象解明のためには、実験による解析に加えて理論計算による解析も必要である。

このような背景から、これまでにナノ構造の電子状態や電気伝導特性を量子力学の第一原理に基づいて計算する方法が数々提案されてきた。我々のグループでは、独自に実空間差分法に基づく第一原理電子状態計算法、そして実空間差分法を伝導特性計算に応用した **Overbridging boundary-matching** 法を開発した。実空間差分法は、京コンピュータのような超並列計算機での実行に適したアルゴリズムになっている。そのため、将来、大規模なモデルを用いて分子デバイス、半導体デバイスやスピントロニクスデバイスなどの機能解析・予測シミュレーションを実現する可能性を秘めている。我々のグループでは、これらの方法に基づく計算コードを作成し、**RSPACE** と名付けている。

本セミナーでは、実空間差分法に基づく第一原理電気伝導計算法を説明し、この手法に基づいて開発された計算コード **RSPACE** を用いて半導体基板の熱酸化過程を調べた例や、MOS 界面の界面欠陥がリーク電流に与える影響を調べた例など、エレクトロニクスデバイス開発に関連するシミュレーションを紹介する。

標題：Anders Nilsson 教授講演会「Catalysis in Real Time; New Opportunities with X-ray Lasers」

日時：2015年11月5日(木) 午後4時～午後5時 森野レクチャー

場所：本郷・理学部化学館5階講堂

講師：A. ニルソン

所属：ストックホルム大学物理学科

要旨：

Nearly all of the chemical processes involved in energy conversion or in chemical industry utilize catalytic chemical transformations at interfaces between solids and liquids or gases. While most of our existing understanding is based on a static view of reactions at interfaces, the development of x-ray lasers opens up the dynamic regime where studies of the reaction mechanism to observe transformations on timescales down to femtoseconds becomes possible. I will here present how we can study chemical reactions on surfaces using X-ray free-electron lasers from recent work at the Linac Coherent Light Source, or LCLS, at SLAC National Accelerator Laboratory. We induced the hot electron and phonon mediated excitation of adsorbates on Ru(0001) with synchronized excitation by a femtosecond optical laser pulse. We have followed the ultrafast evolution of the bond distortions, weakening and breaking, using x-ray absorption spectroscopy (XAS) and x ray emission spectroscopy (XES) resonantly tuned to the oxygen core level with ultrashort x-ray pulses delivered from LCLS. Thereby directly follow the time evolution of the molecular orbitals in an atom-specific way on a subpicosecond timescale. Four examples will be shown CO desorption, Oxygen activation, CO oxidation and CO hydrogenation on Ru(0001). I will demonstrate that both transient intermediates and the transition state regions can be detected in surface chemical reactions.

標題：ナノサイエンスセミナー：Recent Developments in Cathode Lens Microscopy

日時：2015年11月10日(火) 午後1時30分～午後2時30分

場所：物性研究所本館6階 第4セミナー室 (A614)

講師：Dr. Rudolf M Tromp

所属：IBM T.J. Watson Research Center, Yorktown Heights, USA and Leiden Institute of Physics, Kamerlingh Onnes Laboratory, Leiden University, The Netherlands

要旨：

Cathode lens microscopy, comprising both Photo Electron Emission Microscopy (PEEM) and Low Energy Electron Microscopy (LEEM), has undergone major developments over the last decade. This includes correction of spherical and chromatic aberration, the increasing use of PEEM for spatially resolved k-space imaging of occupied electron bands, and -most recently- the use of LEEM for spatially resolved k-space imaging of unoccupied electron bands. Correction of spherical and chromatic aberration is now becoming more broadly available, and had distinct advantages for use in synchrotron-based PEEM. However, setup of optimum imaging conditions for a given experiment is still open to discussion. I will show how the electron mirror optics, in combination with the objective lens, can be configured as an adjustable achromat. For example, an achromat centered around a start energy of 2.5 eV, with a bandwidth of 5 eV, yields a spatial resolution of 4-5 nm, while an achromat centered at 30 eV, with a passband from 9 to 62 eV has a resolution of 15 nm. Such a very wide passband (resulting in high transmission) may be extremely useful for imaging samples with weak signals, as often encountered in practice. I will also discuss the prospects for developing an apochromatic system, which would further improve resolution by another factor 2x, and transmission by a factor 10x. Finally, I will show recent results on measuring un-occupied bandstructures by LEEM, yielding information complementary to traditional ARUPS experiments.

標題：MoxW1-xTe2 におけるアーク調整可能なワイルフェルミオン金属状態

日時：2015年11月11日(水) 午後2時～午後3時

場所：物性研究所本館6階 第5セミナー室 (A615)

講師：Dr. Tay-Rong Chang

所属：National Tsing Hua University

要旨：

A Weyl semimetal is a new state of matter that hosts Weyl fermions as emergent quasiparticles. The Weyl fermions correspond to isolated points of bulk band degeneracy, Weyl nodes, which are connected only through the crystal's boundary by an exotic Fermi arc surface state. The length of the Fermi arc gives a measure of the topological strength, because the only way to destroy the Weyl nodes is to annihilate them in pairs in k space. To date, Weyl semimetals are only realized in the TaAs class. Here, we propose a tunable Weyl metallic state in MoxW1-xTe2 via our first-principles calculations, where the Fermi arc length can be continuously changed as a function of Mo concentration, thus tuning the topological strength of the system [1]. Our results provide an experimentally feasible route to realizing Weyl physics in the layered compound MoxW1-xTe2, where non-saturating magneto-resistance and pressure driven superconductivity have been observed.

[1] Tay-Rong Chang, Su-Yang Xu, *et al.*, arXiv:1508.06723



標題：先端機能デバイスに向けた分子エレクトロニクス

日時：2015年11月11日(水) 午後3時30分～午後4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. Wulf Wulfhekel

所属：Physikalisches Institut, Karlsruhe Institute of Technology

要旨：

Microelectronics has reached structure sizes of the order of 10nm. Limited by the unavoidable scatter on the atomic scale, the minimal feature sizes are limited and will be reached in the near future. Thus, intensive research is carried out to define atomically precise functional units by means of Chemistry. On the one hand, we will discuss recent advances from our group on molecular two-terminal devices, i.e. molecules adsorbed on metallic substrates contacted with metallic tips of a scanning tunneling microscope. We developed a new platform for functional molecules based on spirobifluorene, that allows to reliably lift a functional group of the molecule away from the conductive substrate in order to protect its functionality. Functionalities realized are fast memristors with a large on-off ratios and molecular motors. On the other hand, we will discuss magnetic molecules in close contact to ferromagnets in order to use the exchange interaction between the molecules and the ferromagnet to realize organic exchange bias.

標題：中性子セミナー：Directed Self-Assembly of Block Copolymers for High Resolution Lithographic Applications: from Materials Design, Synthesis, Formulation to Pattern Transfer

日時：2015年11月12日(木) 午後1時30分～午後3時

場所：物性研究所本館6階 第2セミナー室 (A612)

講師：Prof. Georges Hadziioannou

所属：University of Bordeaux

要旨：

Directed self-assembly (DSA) of block copolymers (BCP) is one of the most promising methodology to enable the continued miniaturization of microelectronic components and data storage devices, and thus to boost the performance in "More Moore" technologies. The BCP, that self-assemble into periodic structures at the nanometer scale with various morphologies, are promising materials to complement/replace current photolithography and patterning methodologies which approach the physical limits for next generation futures in microelectronic components and storage devices respectively. We will report on templated semicrystalline poly(1,1-dimethyl silacyclobutane)-block-poly(methyl methacrylate) (PDMSB-b-PMMA) thin films enabling the production of highly-ordered patterns with sub-10 nm features. These periodic structures consist of easily etchable PMMA domains separated by carbosilane-based chains which could be transformed into hard mask of SiC.

標題：東京大学放射光連携研究機構 開設10周年記念講演会

日時：2015年11月13日(金) 午後1時～

場所：本郷キャンパス 小柴ホール

要旨：

東京大学 放射光連携研究機構は、総長直轄の組織として平成18年に開設されこれまで高輝度放射光を利用した先端的研究を国内外の研究者と共に実施し、多くの研究成果を挙げて参りました。本年度で、本機構が開設されから丸10年を迎えます。

本機構における今後の研究の更なる発展を期して、機構開設10周年を記念する講演会（式典及び講演）を開催する。

標題：ナノサイエンスセミナー：Direct observation of vortex cores: From Abrikosov to Josephson

日時：2015年11月20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1会議室 (A636)

講師：Professor Dimitri Roditchev

所属：Sorbonne Universités, UPMC Univ Paris 6 and CNRS-UMR Paris, France

要旨：

Superconducting correlations may propagate between two superconductors separated by a tiny insulating or metallic barrier, allowing a dissipation-less Josephson current to flow. In the presence of a magnetic field, the maximum supercurrent oscillates and each oscillation corresponding to the entry of one Josephson vortex into the barrier. Josephson vortices are conceptual blocks of advanced quantum devices such as coherent terahertz generators or qubits for quantum computing, in which on-demand generation and control is crucial. In our lecture we describe a series of recent experiments in which we mapped superconducting correlations in S-N junctions [1,2] as well as inside SNS proximity Josephson junctions using scanning tunneling microscopy [3].

Unexpectedly, we found that when an external magnetic field is applied, the proximity effect in N is suppressed locally, thus forming a series of "nano-holes". These were identified as individual Josephson vortex cores in which the proximity mini-gap is suppressed and the normal state recovered. By following the Josephson vortex formation and evolution we demonstrate that they originate from quantum interference of Andreev quasiparticles, and that the phase portraits of the two superconducting quantum condensates at edges of the junction decide their generation, shape, spatial extent and arrangement [3]. On the basis of our observation we suggest a novel SNS device which may be used for generation and control of Josephson vortices by applying supercurrents through the superconducting leads of the junctions, that is, by purely electrical means without any need for a magnetic field. Such devices are easily size-scalable, a crucial step towards high-density on-chip integration of superconducting quantum devices.

[1] L. Serrier-Garcia, *et al.* Phys. Rev. Lett. 110, 157003 (2013)

[2] Ch. Brun *et al* Nature Physics 10, 444 (2014)

[3] Roditchev D., *et al.* Nature Physics 11, 332 (2015)

標題：放射光セミナー：Silicene, germanene and stanene: novel synthetic 2D electronic materials beyond graphene

日時：2015年11月25日(水) 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：Guy Le Lay

所属：Aix-Marseille University

要旨：

Silicene, germanene and stanene have attracted considerable interest since the birth of silicene in 2012 as emerging synthetic two-dimensional(2D) electronic materials for the post graphene era[1]. These novel Si, Ge and Sn allotropes are artificially created by molecular beam epitaxy, since, at variance with graphene, which inherits from graphite, they have no parent crystal in nature. They are considered as promising candidates for ultimate scaling of nanoelectronic devices[2,3]. Indeed, the recent fabrication of the first silicene field effect transistors operating at room temperature demonstrates their potential as emerging 2D electronic materials [4].

In this talk, I will present the archetype 3×3 silicene phase formed on a silver(111) substrate[1], its sister phases and the growth of multilayer silicene, which hosts Dirac fermions and which is stable in ambient air, protected by its



ultra-thin native oxide[5]. The recent synthesis of single layer germanene and stanene, near room temperature 2D topological insulators, will be also presented[6,7,8], while multilayer germanene will be further addressed[9].

Finally the applications envisaged with these emerging 2D materials will be discussed.

1. P. Vogt *et al.*, Phys. Rev. Lett., 108, 155501(2012).
2. A. Dimoulas, Microelectronic Engineering, 131, 68(2015).
3. G. Le Lay, Nature Nanotechnology, 10, 202(2015).
4. Li Tao *et al.*, Nature Nanotechnology, 10, 227(2015).
5. P. De Padova *et al.*, 2D Mater., 1, 021003(2014).
6. M.E. Dávila *et al.*, New J. Phys., 16, 095002(2014).
7. M. Derivaz *et al.* Nano Lett., 15, 2510(2015).
8. Feng-feng Zhu *et al.*, Nature Mater., 14, 1020(2015).
9. M. E. Davila *et al.*, in revision.

標題：理論セミナー：Representation of first-principles band structures in a conceptual Brillouin zone

日時：2015年11月27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：Chi-Cheng Lee

所属：東京大学物性研究所計算物質科学研究センター

要旨：

It is quite common to perform a supercell calculation for systems containing impurities, vacancies, lattice distortion, or long-range orders, where the translational symmetry is broken. The imperfections not only change the band structures of the original systems but also introduce a large amount of horizontal-like bands due to the band folding from the larger zones into the smaller supercell zones. How heavily the bands are folded to mess up the original band structures depends on how large the supercells are. Of course, the "mess up" also depends on how strong the degree of translational symmetry breaking is. However, the appearance of heavily folded bands is not the case in experimental observations. The measured spectral weight cannot reveal those heavily folded bands even by ideally switching on the small perturbations in their samples. Along this line, most supercell states should carry negligible spectral weight. For having a reasonable comparison with experiments and better visualization to understand symmetry breaking theoretically, I will talk about how to unfold the supercell bands into a larger Brillouin zone.[1, 2] The reference Brillouin zone could be chosen to be larger than the Brillouin zone of the primitive unit cell containing no imperfection. Several examples will be given in the talk. For example, by considering there exists only one lattice in systems like silicene instead of commonly treated two sub-lattices, the two atoms in the primitive unit cell can interfere with each other and cancel the spectral weight in some region in the reciprocal space. The choice of one-Si-atom Brillouin zone can demonstrate good agreement of spectral weight with the ARPES measurement in the case of silicene on ZrB₂ thin film.[3]

[1] Wei Ku *et al.*, Phys. Rev. Lett. **104**, 216401 (2010).

[2] Chi-Cheng Lee *et al.*, J. Phys.: Condens. Matter **25**, 345501 (2013).

[3] Chi-Cheng Lee *et al.*, Phys. Rev. B **90**, 075422 (2014).

標題：光周波数コムによる高速分子分光

日時：2015年11月30日(月) 午前10時30分～午後0時

場所：物性研究所本館6階 第1会議室 (A636)

講師：井手口 拓郎

所属：東京大学理学研究科化学専攻

要旨：

光周波数コムは精密光周波数計測に必須のレーザー光源であり、現代の精密分光には無くてはならない技術である。一方で、周波数計測とは別の光周波数コム利用に関する応用研究も近年盛んに行われている。光周波数コム2台を用いたフーリエ変換分光法であるデュアルコム分光は、精密かつ高速の広帯域分子分光として近年注目を集める手法であり、従来型FTIR(フーリエ変換赤外分光法)に対して100万倍にも及ぶ高速化を達成している。本セミナーでは、デュアルコム分光の最近の進展として、非線形分光への拡張や、一般的な計測法になるための足がかりとなるシステムの簡易化に関する研究を紹介する。また、デュアルコム分光を用いたバイオ応用の研究も紹介する。

標題：理論・機能物性合同セミナー：複雑な材料系からの特徴抽出：計算機シミュレーションからの知見と実験への期待

日時：2015年12月4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：赤木 和人

所属：東北大学・AIMR

要旨：

分子シミュレーション技術の向上は目覚ましく、密度汎関数法のような第一原理的手法と力場法などの経験的手法とを適宜組み合わせることで問題にアプローチすることも珍しくなくなってきた。これにより、系の持っている普遍的な性質の発見、階層を横断した問題の追跡、実験と計算との連携の深化といった、従来手の届きにくかった領域に挑戦する基盤ができてきた。本セミナーでは、このような観点から3つの話題を取り上げて最近の展開を紹介しつつ、これからの材料科学で期待される取り組み方を考えてみたい。

(1) 水溶液系の構造とダイナミクスについて

水溶液は水素結合ネットワークとしての顔を持つが、溶質の種類はもとより、バルク液中や固液界面といった環境に応じてその構造やダイナミクスが大きく変化する。これらは具体系としての個性から来る多様性を示す一方、不均一性の有無や水素イオン分布の偏りなど一般性の高い知見も含んでいることが分かってきた。今回はその根拠となる概念を紹介し、実験的に検証する上での手がかりを議論する。

(2) リチウム空気電池の現状と課題について

リチウム空気電池は正極として空気中の酸素を、負極として金属リチウムを用いる充電可能な電池であり、 $\text{Li} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Li}_2\text{O}_2$ という反応式で記述される。トヨタ自動車でもリチウムイオン電池の次の世代の候補として研究が進められているが、充放電回数の向上、エネルギー密度とパワー密度の高度なバランス、水や二酸化炭素といった阻害因子の排除など、実用化に向けて解決すべき課題は多い。第一原理計算と古典分子動力学法を組み合わせた我々の取り組みも含めながら簡単な反応式の裏にある素過程を俯瞰し、困難の所在と物性実験に期待される事柄を議論する。

(3) トポロジカル・データ解析の材料科学への応用について

このように、一見無秩序で複雑な系から隠れた秩序や素過程を発掘して機能物性と関連付ける作業がこれからの材料科学に求められており、機械学習など情報科学や数理統計によるアプローチはそのような動きを反映したものである。東北大・AIMRでは、同じ文脈で「数学的手法」の応用が探られており、平岡らが構築した「パーシステント・ホモロジー」は原子や画像ピクセルのような離散系に対して埋もれた構造的特徴を抽出できる手法として期待が持たれている。私自身の習熟を兼ねた解析例を示しつつその特長を紹介し、材料科学における実験と分子シミュレーションの連携を深化させるために必要とされる要素を議論する。



標題：理論インフォーマルセミナー：From pinch points to pinch lines : a new spin liquid on the pyrochlore lattice

日時：2015年12月7日(月) 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. Nic Shannon

所属：Okinawa Institute of Science and Technology, OIST

要旨：

Spin ice, a family of rare-earth pyrochlore magnets, offers perhaps the most celebrated example of a classical spin-liquid state, described by a U(1) gauge theory, complete with magnetic monopole excitations.

This underlying gauge symmetry manifests itself in singular, "point-point" features in neutron scattering experiments.

In this talk we present evidence for a new kind of spin liquid on the pyrochlore lattice [1]. This new spin liquid arises in a realistic model of anisotropic exchange on the pyrochlore lattice. It can be described by tensor field-theory with a continuous gauge symmetry, sharing a number of common features with (linearised) general relativity. And, just as the gauge structure of spin ice is visible through "point-points" in neutron scattering, so fluctuations in this new spin liquid lead to extended "pinch lines" - a prediction which can be tested directly in experiment. We discuss the application of these ideas to two pyrochlore magnets of current interest, Yb₂Ti₂O₇ and Tb₂Ti₂O₇.

[1] O. Benton, L. Jaubert, H. Yan and N. Shannon, arXiv:1510.01007v1

標題：ナノスケール・放射光合同セミナー： Quantum anomalous Hall effect in magnetic topological insulators

日時：2015年12月8日(火) 午後1時30分～

場所：物性研究所本館6階 第5セミナー室 (A615)

講師：Ke He

所属：Tsinghua University

要旨：

The quantum anomalous Hall (QAH) effect is a quantum Hall effect induced by spontaneous magnetization instead of an external magnetic field. The effect occurs in two-dimensional (2D) insulators with topologically nontrivial electronic band structure characterized by a non-zero Chern number. The QAH insulator can be realized in a ferromagnetic topological insulator (TI) film as the result of magnetically induced gap-opening at the Dirac surface states. With molecular beam epitaxy techniques, we have prepared thin films of magnetically doped (Bi,Sb)₂Te₃ TI with well-controlled composition, thickness and chemical potential, and obtained ferromagnetic insulator phase in them. In such magnetic TI films, we have experimentally observed the quantization of the Hall resistance at h/e^2 at zero field, accompanied by a considerable reduction in the dissipation of electron transport, which unambiguously demonstrate the occurrence of the QAH effect. The temperature, thickness and magnetic-doping-level dependences of the QAH effect have been systematically studied, which clarifies the roles of the band structure, electron localization and magnetic order in the effect and provides clues for obtaining the effect at a higher temperature. The experimental progresses in the QAH effect pave the ways for applications of dissipationless quantum Hall edge states in low-energy-consuming devices and for realizations of other novel quantum phenomena such as chiral topological superconductivity and axion electrodynamics.

標題：NMR on Itinerant Chiral Magnets : MnSi and FeGe-Towards Skyrmion Physics-

日時：2015年12月9日(水) 午後5時45分~午後6時45分

場所：物性研究所本館6階 大講義室 (A632)

講師：安岡 弘志

所属：新物質セミナー：Physics of Quantum Materials, Max Planck Institute for Chemical Physics of Solid, Dresden, Germany

要旨：

Skyrmions and skyrmion crystals are among the most fascinating magnetic textures in chiral magnets, yet the formation of these crystals and their magnetic excitations have not been fully explored. MnSi ($T_c \approx 39\text{K}$) and FeGe ($T_c \approx 280\text{K}$) with the B20 cubic structure are attractive targets for such studies since the static properties of their chiral and Skyrmion phases are well documented by now from many methods. It should also be noted that the magnetic electrons in these materials are known to be quite "itinerant". Chiral magnetism in itinerant electron systems has not been well understood because one could not adapt simple Dzyaloshinskii-Moriya interaction naively to the chirality, even though these materials have non-centrosymmetric crystal structures.

After almost 40 years break of our NMR and μ SR studies on MnSi, we have relaunched extended and more accurate measurements on ^{29}Si NMR in single crystals and ^{29}Si enriched MnSi. NMR measurements have also been performed on randomly oriented ^{57}Fe enriched FeGe single crystals. These NMR results reveal the static and dynamical properties of the staggered magnetization (M_Q) in the helical, the conical and the polarized states, through the hyperfine field and the spin lattice relaxation rate ($1/T_1$). We found that temperature and external field dependences of M_Q and $1/T_1$ in both MnSi and FeGe are in general accord with the extended SCR theory for itinerant helical magnets (Moriya, 1976), although the theory does not include the symmetry breaking in B20 crystal structure and the multi-band nature.

We believe that the present results give us one step towards the "Skyrmion physics"!

標題：機能物性セミナー：凝縮相量子ダイナミクスの理論とその光合成初期過程への展開

日時：2015年12月24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：石崎 章仁

所属：分子科学研究所 協奏分子システム研究センター

要旨：

光合成光捕集系における色素タンパク質複合体は、捕捉された太陽光を確実に電気化学エネルギーに変換できるよう巧みに組織されている。捕捉された太陽光が色素分子の電子励起エネルギーとなり、ほぼ100%の収率で反応中心へ輸送され電気化学エネルギーに変換される。しかし、その驚異的なエネルギー変換効率の物理的理由は未だ不明である。

従来、光合成光捕集系における電子励起エネルギー移動を記述する標準的な理論として「電子励起系とタンパク質環境との相互作用を摂動として扱う Redfield 理論」と「電子励起間の静電相互作用を摂動として扱う Förster 理論」が用いられてきた。ところが、天然の光合成光捕集系におけるエネルギー移動は両理論の妥当性が明らかで無い中間領域で実現しており、その動態の記述と理解は光合成光捕集系の物理化学・生物物理学研究において大きな問題として残されていた。

我々は、動的揺らぎの相関時間を実験的に得ることができる非線形レーザ一分光法 3-Pulse Photon Echo Peak Shift (3PEPS)のデータに基づき、色素電子状態の揺らぎとタンパク質の局所的な歪み・応答の間に成り立つ揺動散逸関係に注意しながら量子動力学モデルを構成し、Redfield 理論と Förster 理論とを補間することに世界で初めて成功した。講演で



は、両理論では記述不可能な中間領域で起こるエネルギー移動ダイナミクスの様相、特に、天然の状況に対応するパラメータ領域でこそエネルギー移動の速度が最大化・最適化されていることを報告したい。また、統計物理や量子物理の分野で発展させられた種々の概念や手法を借用することで、光合成光捕集系における高速エネルギー移動や初期電荷分離の物理的起源を議論したい。

標題：機能物性セミナー：Hierarchical Self-assembly in Multi-length Scale & Tractable π -Molecular Liquids

日時：2015年12月28日(月) 午前11時～午後0時

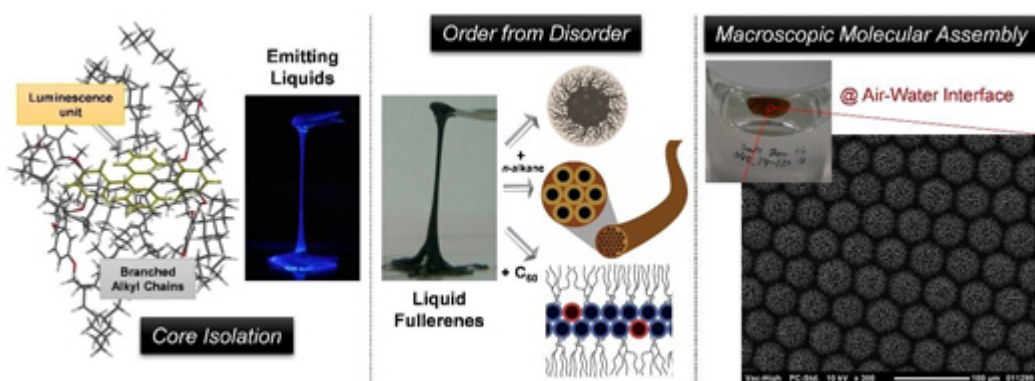
場所：物性研究所本館6階 第5セミナー室 (A615)

講師：中西 尚志

所属：物質・材料研究機構 国際ナノアーキテクトニクス研究拠点(MANA)

要旨：

Our studies focus on developing optoelectronically functional molecular-based materials that are facilely tractable in our hands and have a size of macroscopic length scale. Such molecular materials are designed simply from controlling a balance of intermolecular interactions in the alkyl- π compounds, i.e., van der Waals and π - π interactions among adjacent molecules ("alkyl- π engineering"). Herein, novel type self-assembly techniques of alkyl- π compounds are presented. One direction is using its molecular liquid state, for use as they are or for the self-assembly environment with appropriate additives. The alkyl- π liquids show thermally- and optically-stable luminescent feature while resulting nanosheets and microfiber-gel by a post-assembly treatment exhibit photoconductivity. Another intriguing self-assembly strategy is at the air-water interfaces and forms into hierarchically ordered hemispherical microparticle array, like compound eye structure, in centimeter length scale. This macroscopic assembled structure is only achieved from the molecular self-assembly initiated at the water/organic solvent interface and successive organic solvent evaporation can allow the anisotropic particle growth as well as their hexagonal array formation. In the presentation, its detail formation mechanism is discussed.



References:

Angew. Chem.Int.Ed.,2012,51,3391-3395.(Highlighted in Nature, 2012,484,9.)

Nature Commun.,2013,4,1969.(DOI:10.1038/ncomms2969)

Nature Chem.,2014,6,690-696.

標題：中性子セミナー：McPhase—a Simulation Tool for Complex Magnetic Correlations—applied to $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{Co}_4$ and CeCu_2Ge_2

日時：2015年12月16日(水) 午後1時30分～午後3時

場所：物性研究所本館6階 第5セミナー室 (A615)

講師：Prof. Martin Rotter

所属：The McPhase Project, Dresden & Visiting Professor at ISSP

要旨：

Linear response theory provides a general framework for analysing the dynamical properties of condensed matter close to thermal equilibrium. McPhase is a versatile software suite for such calculations and yields magnetic/orbital phase diagrams and excitations, including neutron scattering cross sections for diffraction and inelastic scattering. The dynamic spin-spin correlation function appears in, for instance, the inelastic neutron scattering cross section. In McPhase, this theory is implemented numerically by a dynamical matrix diagonalisation (DMD) [1]. The program makes use of parallelised computing and I am using it currently on the ISSP supercomputer Sekirei.

As specific examples for the application of McPhase, I will discuss nano phase separation and the hourglass spectrum in Sr doped La_2CoO_4 . These single-layer perovskite cobaltates have attracted enormous attention due to the recent observation of hour-glass shaped magnetic excitation spectra which resemble those of the famous high-temperature superconducting cuprates. McPhase simulations indicate that frustration and a novel kind of electronic and magnetic nano phase separation are intimately connected to the appearance of the hour-glass shaped spin excitation spectra. Indeed scattering experiments support a nano phase separation instead of the expected charge stripe order [2]. Current efforts to study the spectra of different Sr dopings will be presented.

As a second application of McPhase, I will report on recent predictions of double q magnetic order in the unconventional heavy-fermion compound CeCu_2Ge_2 , the counterpart of the heavy-fermion superconductor CeCu_2Si_2 . CeCu_2Ge_2 exhibits an incommensurate antiferromagnetic ground state with a propagation vector $q = (0.28\ 0.28\ 0.54)$ below $T_N = 5\text{K}$ and becomes superconducting under pressure [3]. The magnetism is strongly affected by a screening of the Ce 4f-moments by conduction electrons. The similar energy scales of this Kondo behaviour and magnetic exchange results in a complex magnetic phase diagram with amazing quantum critical phenomena at very low temperatures. The theoretical results underline the great importance of the Kondo effect to CeCu_2Ge_2 magnetism. McPhase calculations reproduce the principal shape of magnetisation and susceptibility curves as well as the propagation vector. Depending on the anisotropy of the two ion coupling either a single- q cycloid or a double- q non collinear magnetic structure may be stable. Recent diffraction experiments [4] using polarised neutrons provide some experimental evidence for the double- q model.

[1] M. Rotter, D. Le, J A. Blanco, A. Boothroyd *J. Phys. Cond. Mat: Top Review* 24 (2012) 213201

[2] Y. Drees, Z.W. Li, A. Ricci, M. Rotter, W. Schmidt, D. Lamago, O. Sobolev, U. Ruett, O. Gutowski, M. Sprung, A. Piovano, J.P. Castellán, A.C. Komarek: *Nature Comm.* (2014) 5:5731, DOI: 10.1038/ncomms6731

[3] D. K. Singh, A. Thamizhavel, J. W. Lynn, S. Dhar, J. Rodriguez-Rivera, T. Herman *Sci. Rep.* (2011) 1 : 117 | DOI: 10.1038/srep00117

[4] P. Geselbracht, M. Doerr, A. Schneidewind, M. Loewenhaupt, M. Rotter *Proceedings ICM 2015*, submitted.



標題：Theory Seminar：Symmetry protected topological phases and SU(3) generalization of AKLT states

日時：2015年12月18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：Dr. Takahiro Morimoto

所属：UC Berkeley

要旨：

Since the discovery of topological insulators, topological aspects of quantum matters have attracted growing interests. In recent years, topological insulators are regarded as members of a larger class of topological phases called symmetry protected topological (SPT) phases. SPT phases are gapped phases that cannot be adiabatically connected to trivial insulators in the presence of certain symmetry and accompany gapless excitations at the boundary. The notion of SPT phases is not restricted to systems of non-interacting fermions, but can also be applied to systems of bosons and interacting fermions. From this viewpoint, the Haldane phase of an S=1 spin chain can be understood as an SPT phase protected by $Z_2 \times Z_2$ symmetry of spin π rotations around x, y, and z axes.

In this talk, I first review the classification theory of one dimensional bosonic SPT phases, and then show our recent attempt to generalize the Haldane phase into a Z₃ SPT phase realized in SU(3) spin chains protected by $Z_3 \times Z_3$ symmetry [1]. The parent Hamiltonian of the Z₃ SPT phase is constructed and turns out to be an SU(3) version of the AKLT bilinear-biquadratic model. We have studied general SU(3) bilinear-biquadratic models with iDMRG and obtained a phase diagram.

I would also like to briefly report on the classification theory of SPT phases of interacting fermions in arbitrary dimensions by using the nonlinear sigma model [2].

[1] Takahiro Morimoto, Hiroshi Ueda, Tsutomu Momoi, and Akira Furusaki, Phys. Rev. B 90, 235111 (2014).

[2] Takahiro Morimoto, Akira Furusaki, and Christopher Mudry, Phys. Rev. B 92, 125104 (2015).

標題：第34回 極限コヒーレント光科学セミナー「有機薄膜のレーザー光電子分光」

日時：2015年12月25日(金) 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：宗像 利明

所属：大阪大学大学院理学研究科化学専攻

要旨：

有機デバイスの機能性は電極と分子膜の界面での電荷伝達と中性励起状態からの電荷分離で発揮される。このため、界面の電子状態と電荷ダイナミクスを知ることが機能性の理解に不可欠である。ここでは、フェムト秒レーザーを光源とした2光子光電子(2PPE)分光法による非占有準位の観測を報告する。2PPE 分光法では励起光で電子を非占有準位に励起し、検出光で光電子放出を行う。光電子のエネルギーから非占有準位のエネルギーを知ることができる。励起光と検出光に遅延時間を設けることで励起電子の変化をフェムト秒時間分解能で測定できるのは大きな特徴である。2PPE 分光で明らかになってきた有機薄膜での電子励起過程と緩和過程に注目するが、特に、基板と分子の間の相互作用が光励起過程に与える影響を考察する。また、光源がレーザーなので、照射スポット径を回折限界まで絞ることができる。有機薄膜はしばしばドメイン構造を作って成長するのでサブマイクロメートル分解能での顕微測定は分子の配置と電子状態の相関を明らかにするのに重要である。

人事異動

【研究部門等】

○平成 27 年 11 月 30 日付け

氏 名	所 属	職 名	備 考
吉 田 誠	新物質科学研究部門	助 教	Max-Planck Institute for Solid State Research Research Fellow へ

○平成 27 年 12 月 31 日付け

(辞 職)

氏 名	所 属	職 名	備 考
芝 隼 人	物質設計評価施設	助 教	東北大学金属材料研究所 特任助教へ



物性研だより第 55 巻目録 (第 1 号～第 4 号)

第 55 巻第 1 号 2015 年 4 月

電気伝導性と磁性が切り替わる純有機物質の開発

ー重水素移動が握る物性変換の鍵ー	上田 顕、森 初果	1
完全三角格子反強磁性体におけるスピнкаイラリティの巨視的観測	三田村 裕幸、榊原 俊郎	4
URA インタビュー記事	鈴木 博之	8
○～高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 山田和芳所長～		
物性研に着任して	田縁 俊光	13
	平田 靖透	14

物性研究所短期研究会

○スパコン共同利用成果発表会		15
----------------	--	----

ISSP ワークショップ

○機能物性融合科学研究会シリーズ(1)「光機能」		18
物性研究所談話会		30
物性研究所セミナー		33

物性研ニュース

○平成 27 年度前期短期研究会一覧		50
○平成 27 年度前期外来研究員一覧		51
○平成 27 年度前期スーパーコンピュータ共同利用採択課題一覧		66
○平成 27 年度中性子回折装置共同利用採択課題一覧		71
○平成 27 年度後期共同利用の公募について		77
○平成 26 年度外部資金の受入について		78
○人事異動		79
○東京大学物性研究所教員公募について		81

その他

○大学院進学ガイダンス		84
○物性若手夏の学校ポスター		85

編集後記

物性研だよりの購読について

第 55 巻第 2 号 2015 年 7 月

第 9 回日本物理学会若手奨励賞を受賞して	宮町 俊生	1
日本物理学会若手奨励賞を受賞して	阪野 墨	3
ISSP 柏賞を受賞して	福島 昭子	4
第 12 回 ISSP 柏賞を受賞して	原沢 あゆみ	5
強相関電子系における新しい量子物性の開拓	中辻 知	6
強磁場フォーラム三浦奨励賞を受賞して	小濱 芳允	7
日本中性子科学会第 12 回学会賞を受賞して	柴山 充弘	9
平成 26 年度日本表面科学会 会誌賞を受賞して	吉信 淳、小坂谷 貴典	12

物性研に着任して	平井 大悟郎	14
	Li Xian	15
	挟間 優治	16
客員所員を経験して	神取 秀樹	17
	河江 達也	19
	関川 太郎	21
	虻川 匡司	22
	中村 真	24
ISSP ワークショップ		
○SPring-8 BL07LSU の現状と新たな光源に向けた取り組み		26
○topological aspects in correlated electron systems March 26 2015		29
○機能物性融合科学研究会シリーズ(2)「ソフトダイナミクス」		31
○物質・材料開発を支える基礎科学		45
物性研究所談話会		48
物性研究所セミナー		49
物性研ニュース		
○人事異動		59
○東京大学物性研究所教員公募について		60
編集後記		

第 55 巻第 3 号 2015 年 10 月

リチウムイオン電池が充放電する際の電極の詳細な電子状態を観測		
ー軟 X 線発光分光法により充放電に伴う電子の振る舞いが明らかにー	朝倉 大輔、細野 英司、原田 慈久	1
単一原子層表面超伝導体のステップにおけるジョセフソン渦糸の実空間観察	長谷川 幸雄	5
電子軌道の量子揺らぎによる新しい超伝導の発見	松本 洋介、中辻 知	7
「京」を用いた大規模分子動力学法による気泡間相互作用の解明	渡辺 宙志	10
電荷の不安定性による新規な量子相転移の発見	松林 和幸、上床 美也	13
物性研に着任して	黒田 健太	16
物性研を離れて	上田 和夫	17
外国人客員所員を経験して	Henrik M. Ronnow	19
客員所員を経験して	佐藤 卓	20
物性研滞在型国際ワークショップ・シンポジウム		22
物性研究所短期研究会		
○『機能物性融合科学研究会シリーズ(3)「反応と輸送」』の報告		24
○ガラス転移と周辺分野の科学		30
物性研究所談話会		36
物性研究所セミナー		37
物性研ニュース		
○平成 28 年度前期共同利用の公募について		42
○平成 27 年度後期共同利用課題一覧について		42
○人事異動		43
○東京大学物性研究所研究員の公募について		44
○東京大学物性研究所客員教授(准教授)公募のご案内		45
編集後記		



第 55 卷第 4 号 2016 年 1 月

未来の磁気メモリーにつながる新現象を発見	赤木 暢、三宅 厚志、徳永 将史	1
原子の「真上」と「間」では接触電気抵抗が異なることを発見	Howon Kim、長谷川 幸雄	3
超伝導体中の準粒子スピン流による巨大スピホール効果	若村 太郎、大谷 義近	5
コバルト酸化物に「悪魔の階段」を発見	和達 大樹	9
URA インタビュー記事	鈴木 博之	12
○～新日鐵住金株式会社 技術開発企画部 本間徳高上席主幹～		
物性研を離れて	高橋 敏男	16
物性研を卒業（中退）して	家 泰弘	19
物性研究所客員所員を経験して	金崎 順一	21
客員所員を経験して	田中 良和	22
外国人客員所員を経験して	BEHNIA, Kamran	23
27 年度物性研究所一般公開の報告	森 初果	24
第 60 回物性若手夏の学校開催報告	沼倉 凌介	31
物性研究所談話会		35
物性研究所セミナー		38
物性研ニュース		
○人事異動		50
○東京大学物性研究所研究員の公募について		51
物性研だより第 55 巻目録（第 1 号～第 4 号）		52
編集後記		



編集後記

大学院の修士論文と博士論文の発表及び審査もそろそろ終わりとなり、研究室メンバーも緊張から徐々に解放されてきました。と同時に、頑張った院生達の卒業が近づくため、今度は寂しい感情が研究室内に広がりそうです。

さて、今回の「物性研だより」では、URA インタビュー記事として新日鐵住金株式会社の本間上席主幹と URA 鈴木さんの対談が掲載されています。「基礎研究から実用化に向けた障害は『死の谷』ではなく『研究課題の宝庫の山』であり、『ダーウィンの海』を泳ぎ切った先に『前人未到の真理の世界』がある」、とは、大変心強い言葉でした。今回の研究トピックス記事でも、それぞれの科学的価値だけでなく産業応用への展開を記した文章が多々見られました。そのため「基盤技術・基礎科学による産業課題解決」を意識する者にとって、本号は大変読み応えのある一冊となっています。

今回の「物性研だより」では、大変お世話になった高橋敏男先生と家泰弘先生の記事が掲載されています。先生と過ごした充実した時間を思い出しながら、拝読させていただきました。

松 田 巖