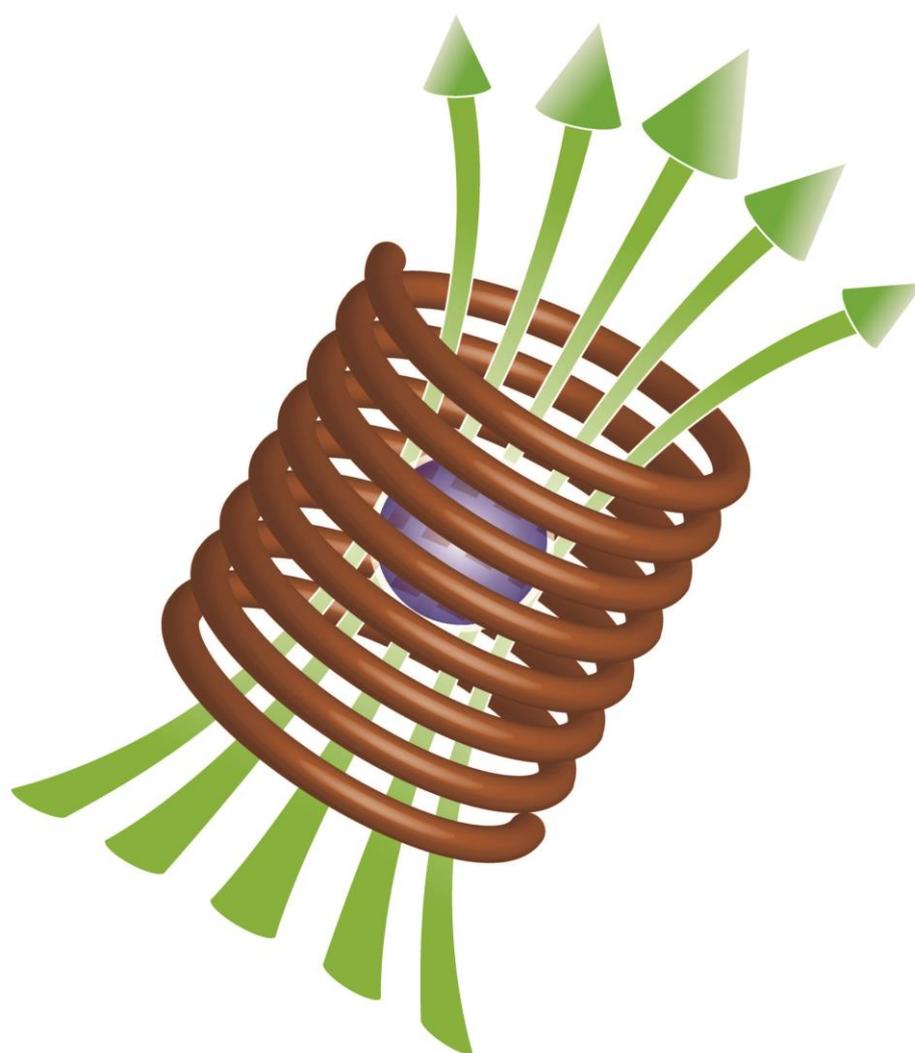


強磁場科学研究会 「強磁場が切り拓く物質科学のフロンティア」

(第 11 回強磁場フォーラム総会)

2014 年 12 月 4 日 (木) ~5 日 (金)

於：大阪大学豊中キャンパス



主催：大阪大学大学院理学研究科附属先端強磁場科学研究センター

共催：強磁場フォーラム



大阪大学先端強磁場科学研究センター強磁場科学研究会

「強磁場が切り拓く物質科学のフロンティア」

(第11回強磁場フォーラム総会)

平成26年12月4日(木)-5日(金)

場所：4日 基礎工学研究科基礎工学国際棟・シグマホール

5日 理学研究科H棟7階・H701セミナー室

開催趣旨

磁場は電子のスピンと軌道運動に直接作用する重要な物理パラメーターであり、物性研究に必要不可欠な外場である。日本の強磁場物性研究は世界の先端を行き、数々の独創的な研究成果を産んできた。現在の欧米、中国の強磁場研究拠点は日本の強磁場研究に刺激されてきたと言っても過言ではない。現在、日本における強磁場研究拠点の形成を目指して、強磁場コラボラトリー計画(次世代強磁場施設)の実現に向けた取り組みがなされている。本計画はパルス、定常強磁場施設のオールジャパンコラボラトリーにより世界水準の研究環境を整備し強磁場科学をリードすることを目的としている。このような背景の下、若手を中心とした強磁場科学の研究成果と将来展望に関する発表を意図して本研究会及びフォーラム総会を開催することにした。

プログラム

12月4日(木)

13:00-13:10 開会の挨拶：萩原政幸（阪大先端強磁場）

Session 1 (座長：音 賢一（千葉大院理）)

13:10-13:40 [O1] 小塚裕介（東大院工）MgZnO/ZnO 量子ホール系の強磁場における相図

13:40-14:10 [O2] 今中康貴（物材機構）定常強磁場下での光による量子ホール系の研究

14:10-14:40 [O3] 田嶋尚也（東邦大理）ディラック電子系分子性導体の界面量子輸送現象

14:40-14:55 休憩（15分）

Session 2 (座長：松田康弘（東大物性研）)

14:55-15:25 [O4] 徳永将史（東大物性研）量子極限状態における半金属の電子物性

15:25-15:55 [O5] Khuong Huynh（東北大院理）Mobility spectrum analytical approach for intrinsic band picture of Ba(FeAs)₂

15:55-16:25 [O6] 小濱芳允（東大物性研）パルス磁場領域での熱物性測定とその応用

Poster session

16:30-18:00 (座長：杉山清寛（阪大先端強磁場）)

18:00-20:00 懇親会（基礎工学国際棟・セミナー室 会費 3,000円）

12月5日(金)

Session 3 (座長：嶽山正二郎（東大物性研）)

09:00-09:30 [O7] 木田孝則（阪大先端強磁場）阪大先端強磁場における複合極限環境下物性測定の現状と展望

09:30-10:00 [O8] 野村肇宏（東大物性研）固体酸素の超強磁場誘起新規相

10:00-10:30 [O9] 大道英二 (神戸大院理) KOFUC ネットワークに向けた高感度カンチ
レバーESR 測定

10:30-10:45 休憩 (15分)

Session 4 (座長: 金道浩一 (東大物性研))

10:45-11:15 [O10] 鳴海康雄 (東北大金研) 超強磁場中性子回折・軟X線分光を利用した
強相関物質の研究

11:15-11:45 [O11] 木村尚次郎 (東北大金研) スピンギャップ系の電気磁気効果

11:45-12:15 [O12] 田中秀数 (東工大院理工) 強磁場中で現れるスピン系の量子多体効果と
量子相転移

12:15-12:25 ポスター賞発表: 萩原政幸 (阪大先端強磁場)

閉会の挨拶: 金道浩一 (東大物性研)

12:25-13:30 昼食・休憩 (65分)

2014年度 第11回強磁場フォーラム総会

13:30-15:00 強磁場フォーラム総会 (司会: 徳永将史 (東大物性研))

強磁場フォーラムの第10期活動報告、質疑応答

次期フォーラム幹事選挙

各施設からの現状報告 各15分 (10分報告、5分質疑応答)

グローバル強磁場フォーラムについて (野尻浩之 (東北大金研))

次期幹事選出

第11期活動方針の提案、質疑応答

15:00-15:10 休憩 (10分)

15:10-16:00 第7回三浦賞授賞式 受賞講演 (司会: 萩原政幸 (阪大先端強磁場))

16:00-17:00 理学研究科附属先端強磁場科学研究センター見学 (希望者)

強磁場科学研究会に関する問い合わせ先

萩原政幸

大阪大学大学院理学研究科附属先端強磁場科学研究センター

hagiwara@ahmf.sci.osaka-u.ac.jp

Tel: 06-6850-6685

強磁場フォーラム総会に関する問い合わせ先

野尻浩之

東北大学金属材料研究所磁性物理学研究部門

nojiri@imr.tohoku.ac.jp

Tel: 022-215-2015

ポスター発表プログラム (要旨は12ページより)

- P1** 舟瀬基 千葉大学
「量子ホール状態におけるグラフェンの磁気キャパシタンス」
- P2** 有海祐伺 千葉大学
「量子ホール効果のブレイクダウンによる動的核スピン偏極の磁気光学 Kerr 効果による観測」
- P3** 桐生直明 千葉大学
「GaAs HEMT 構造における量子ホール電子系のスピン偏極測定」
- P4** 沼田拓也 東京大学 物性研究所
「CaF₂ 及び ZnSe 基板上 *p* 型 CVD 単層グラフェンの超強磁場下サイクロトロン共鳴」
- P5** 中村大輔 東京大学 物性研究所
「SiC 上グラフェンの超強磁場サイクロトロン測定」
- P6** Zhou Weihang 東京大学 物性研究所
「Effect of Very High Magnetic Field on the Optical Properties of Firefly Light Emitter Oxyluciferin」
- P7** 岩浅歩 東京大学 物性研究所
「半金属 Bi、Bi_{1-x}Sb_x における新規磁場誘起相転移の実験的探索」
- P8** 秋葉和人 東京大学 物性研究所
「圧力下における黒燐の量子振動」
- P9** 藤井裕 福井大学
「高周波 ESR からみた希薄ドーパ Si:P のスピンドイナミクス」
- P10** 左右田稔 東京大学 物性研究所
「J-PARC 中性子分光器 HRC における磁場実験の将来」
- P11** 野口悟 大阪府立大学
「大阪府立大学パルス強磁場発生装置の紹介」
- P12** 河智史朗 東京大学 物性研究所
「60 T 級パルス強磁場下における磁歪測定装置の開発」
- P13** 川崎航平 神戸大学
「圧力下強磁場高周波数 ESR 装置の開発と量子スピン系への応用」
- P14** 片岡揮能 大阪大学 先端強磁場科学研究センター
「プラスチック DAC を用いたトンネルダイオード振動法によるパルス強磁場・高圧下物性測定装置の開発」
- P15** 松尾晶 東京大学 物性研究所
「磁化測定用ピックアップコイルの開発」
- P16** 三宅厚志 東京大学 物性研究所
「プラスチック製高圧力発生装置の開発」

- P17** 櫻井敬博 神戸大学
「高圧下テラヘルツ強磁場 ESR の開発と KOFUC ネットワークへの展開」
- P18** 岡本翔 神戸大学
「カンチレバーを用いた溶液生体試料の高周波 ESR 測定に向けた試み」
- P19** 光藤誠太郎 福井大学
「KOFUC ネットワークに向けた高出力 THz 光源 Gyrotron の開発と応用」
- P20** 松本正茂 静岡大学
「非等価スピндаイマー系 NH_4CuCl_3 における磁気励起の理論」
- P21** Chen Borong 東京大学 物性研究所
「Ultra-high magnetic field survey of magnetic triplons in $\text{Sr}_3\text{Cr}_{2-x}\text{R}_x\text{O}_8$ ($R=\text{Fe}, \text{V}$)」
- P22** 川瀬太郎 上智大学
「擬一次元反強磁性体 $\text{Cu}_3\text{Mo}_2\text{O}_9$ における強磁場 Cu-NMR」
- P23** 森岡俊晶 大阪大学 先端強磁場科学研究センター
「 $S=1/2 J_1-J_2$ モデル磁性体 $\text{Cs}_2\text{Cu}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}$ の強磁場磁性」
- P24** 大久保晋 神戸大学
「 $S=1/2$ 擬 1 次元フラストレート磁性体 $\text{NaCuMoO}_4(\text{OH})$ の強磁場 ESR 測定」
- P25** 岩瀬賢治 大阪府立大学
「 $S=1/2$ 強磁性交替二重鎖を形成する $m\text{-Ph-V}_2$ の低温物性」
- P26** 野村和哉 東京大学 物性研究所
「100T を超える強磁場下での $S=1$ スピンラダー系物質 BIP-TENO の磁化過程」
- P27** 杉本貴則 東京理科大学
「フラストレート・スピン梯子系におけるカスプ異常と磁化プラトー」
- P28** 篠崎真一 大阪大学 先端強磁場科学研究センター
「 $S=2$ ハイゼンベルグ反強磁性鎖 $\text{MnCl}_3(\text{bpy})$ 単結晶試料の強磁場磁性」
- P29** 赤木暢 大阪大学 先端強磁場科学研究センター
「一次元磁性体 $\text{BaCo}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ の強磁場物性」
- P30** 青木勇磨 大阪大学 先端強磁場科学研究センター
「 $(\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x)_2\text{CoSi}_2\text{O}_7$ の磁気異方性」
- P31** 徳永将史 東京大学 物性研究所
「室温マルチフェロイック物質 BiFeO_3 単結晶の電気磁気効果」
- P32** 三田村裕幸 東京大学 物性研究所
「完全三角格子反強磁性体におけるスピнкаイラリティ起源の強誘電性」
- P33** 後藤貴行 上智大学
「三角らせん磁性体 Diopside の強磁場 $^{63/65}\text{Cu}/^{29}\text{Si}$ -NMR」
- P34** 奥谷顕 大阪大学 先端強磁場科学研究センター
「二次元三角格子反強磁性体 Ag_2CrO_2 の強磁場物性」

- P35** 山下知大 東京大学 物性研究所
「単結晶 volborthite $\text{Cu}_3\text{V}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ の超強磁場磁化プラトー」
- P36** 吉田翔太 神戸大学
「2次元反強磁性体 $\text{ScCu}_{2/3}\text{V}_{1/3}\text{O}_3$ の強磁場 ESR 測定」
- P37** 吉澤大智 大阪大学 先端強磁場科学研究センター
「希土類スピネル化合物 CdYb_2S_4 の磁場誘起相転移」
- P38** 澤田祐也 東北大学 金属材料研究所
「フラストレート磁性体 CdCr_2O_4 の強磁場分光測定」
- P39** 池田将平 神戸大学
「ペロブスカイト化合物 YCrO_3 の強磁場 ESR 測定」
- P40** 今井正樹 京都大学
「 SrCo_2P_2 およびその置換物質の遍歴電子メタ磁性転移」
- P41** 海老原孝雄 静岡大学
「 CeCu_2Ge_2 の磁気相図と量子振動」
- P42** 名田将人 大阪大学 先端強磁場科学研究センター
「希土類金属間化合物 EuPtIn_4 の磁性」
- P43** 久我健太郎 大阪大学 先端強磁場科学研究センター
「重い電子系価数揺動物質 $\alpha\text{-Yb}(\text{Al,Fe})\text{B}_4$ の価数クロスオーバーと量子臨界現象」
- P44** 寺島拓 東京大学 物性研究所
「重い電子系化合物 $\alpha\text{-YbAl}_{1-x}\text{Fe}_x\text{B}_4$ の強磁場磁化と価数」
- P45** 寺島拓 東京大学 物性研究所
「100 テスラ強磁場下での近藤半導体の磁化と電気伝導」
- P46** 近藤晃弘 東京大学 物性研究所
「パルス強磁場から見た近藤半導体 $\text{CeT}_2\text{Al}_{10}$ ($T=\text{Ru,Os,Fe}$) の T サイト置換効果」

O1

MgZnO/ZnO 量子ホール系の強磁場における相図

小塚裕介^A, 塚崎敦^B, ジョセフ・ファルソン^A, デニス・マリエンコ^C, 中村慎太郎^B, 淡路智^B, 川崎雅司^A

^A 東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻, ^B 東北大学金属材料研究所, ^C 理化学研究所創発物性科学研究センター

半導体中の高移動度二次元電子において観測される量子ホール状態は、電子のサイクロトロン分裂や電子相関に由来するため、エネルギースケールが小さく 1 K 以下の温度および強磁場が必要である。本研究では、高移動度二次元電子系が作製可能となった ZnO ヘテロ構造を用いて、 $T = 40$ mK において、26 T までの定常磁場中で、量子ホール状態の電子相図を調べた。図に示すように、 $\nu = 1/3$ までのフィリングファクターでは整数・分数量子ホール効果が観測されたが、 $\nu < 1/3$ では急激に絶縁化した[1]。これは ZnO 二次元電子系の強い電子相関を示唆している。

[1] Y. Kozuka *et al.*, Phys. Rev. B **84**, 033304 (2011).

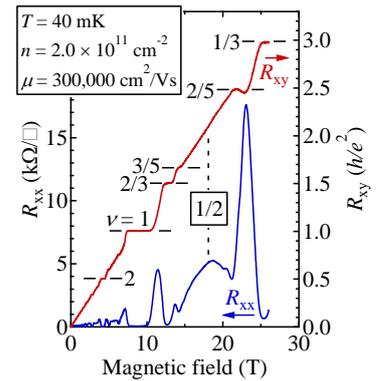


図. ZnO 二次元電子の低温における、強磁場磁気輸送特性。

O2

定常強磁場下での光による量子ホール系の研究

今中康貴^A

^A 物質・材料研究機構

近年、様々な物質で高移動度二次元電子系が実現されるようになり、整数、分数量子ホール効果が GaAs 系や Si 系に留まらず、酸化物やグラフェンなど様々な系で観測されるようになった。量子ホール効果自体は物質に依存しない強磁場二次元電子系の直流輸送測定における量子現象であるが、実際には物質パラメーターやエネルギー分散の違いにより、これまで実現が難しかった領域での多様な研究が可能となってきた。また近年、量子ホール効果がトポロジカル絶縁体としての最初の例として認識されるようになり、そうした観点からの研究も今後増えてくるものと思われる。

一方、光をプローブとした量子ホール効果の研究は、インターバンドの磁気発光とイントラバンドのサイクロトロン共鳴と大きくは分けられるが、近年テラヘルツ分光の進展に伴い、ファラデー回転などの非共鳴的な手法を使った研究も見直され、高周波量子ホールプラトリーの観測に応用されている。

そこで今回の講演では、物質・材料研究機構の強磁場ステーションの定常強磁場磁石を用いて行われた様々な材料系での量子ホール系の光学的研究、特にミリ波からテラヘルツ波を使つての研究に焦点を当て、最近の成果を紹介する。

O3

ディラック電子系分子性導体の界面量子輸送現象

田嶋尚也^{A,B}, 山内貴弘^A, 小澤拓弥^A, 須田理行^C, 川相義高^B, 山本浩史^{B,C}, 加藤礼三^B, 西尾豊^A, 梶田晃示^A

^A東邦大理, ^B理研, ^C分子研

我々は、有機導体 α -(BEDT-TTF)₂I₃に見られる特異な電気伝導性に着目し、徹底した実験・解析から「質量ゼロの電子をもつゼロギャップ電気伝導体」を世界で初めて3次元結晶で発見した。

しかしこの系では、フェルミ準位が常にディラック点にあるために、磁場下でゼロモード以外のランダウ準位を観測できていなかった。そのために、ディラック電子系に特徴的なランダウ準位の観測、量子ホール効果の観測が大きな課題の1つであった。この物質に適した担体注入法が今まで確立していなかったためである。ところが最近、我々はブレイクスルーを起こし、正孔注入に成功し、特別なランダウ準位構造に起因した、量子抵抗振動と量子ホール効果の観測に初めて成功した。高圧下にある α -(BEDT-TTF)₂I₃がディラック電子系であることを直接証明する成果である。

重要なことは、この進展により、この系ならではのあるいはグラフェンでは観測困難な興味深い問題点(物理現象)が幾つか明らかになってきたことである。講演では、界面およびバルクの輸送現象等から、今後この系の強磁場物理がどう発展するかなど議論する。

O4

量子極限状態における半金属の電子物性

徳永将史^A, 秋葉和人^A, 三宅厚志^A, 松尾晶^A, 金道浩一^A, 家泰弘^A, 松林和幸^A, 上床美也^A, 矢口宏^B, 赤浜裕一^C

^A東京大学物性研究所, ^B東京理科大学, ^C兵庫県立大学

キャリア密度が極端に少ない半金属では、非破壊型パルスマグネットで到達可能な磁場領域で、全てのキャリアが最低ランダウ準位だけを占有する量子極限状態を実現できる。この量子極限状態は超強相関の状態でもあり、そこで現れる特異な量子状態について様々な予言がなされてきた。我々は高易動度を持つ代表的半金属であるグラファイトと圧力下で半金属化する黒リンの強磁場物性について研究を行ってきた。グラファイトに対する75 Tまでの磁化・磁気抵抗測定と65 Tまでのホール抵抗測定の結果は53 Tにおける量子極限状態の実現と、それ以上の磁場下における励起子のBCS状態の形成を示唆している。一方、約1.5 GPaの圧力下で半金属化した黒リンの強磁場磁気抵抗測定では、明瞭な量子振動現象に加えて、グラファイトやビスマスに匹敵する巨大な正の磁気抵抗効果を観察した。本会では両物質の強磁場電子物性の詳細について報告する。

O5

Mobility spectrum analytical approach for intrinsic band picture of Ba(FeAs)₂

K. K. Huynh^A, Y. Tanabe^B, T. Urata^B, S. Heguri^A, K Tanigaki^{A,B}, T. Kida^C, M Hagiwara^C

^AWPI-Advanced Institute for Materials Research, Tohoku University, ^BDepartment of Physics, Graduate School of Science, Tohoku University, ^CCenter for Advanced High Magnetic Field Science, Graduate School of Science, Osaka University

Unconventional high temperature superconductivity as well as three-dimensional bulk Dirac cone quantum states arising from the unique d-orbital topology have comprised an intriguing research area in physics. In this report, we will present the electric transport properties of a high quality single crystal Ba(FeAs)₂ in a wide range of magnetic fields. By employing a special analytical approach using a mobility spectrum, in which the carrier number is conveniently described as a function of mobility without any hypothesis, we show that the majority carriers are accommodated in large parabolic hole and electron pockets with very different topology as well as remarkably different mobility spectra, whereas the minority carriers reside in Dirac quantum states with the largest mobility as high as 70,000 cm²(Vs)⁻¹. The deduced mobility spectra are discussed and compared to the reported sophisticated first principle band calculations.

O6

パルス磁場領域での熱物性測定とその応用

小濱芳允

東京大学物性研究所

比熱や熱伝導度に代表される熱物性量は、数秒～数分程度の時間スケールで測定される。このため、限られた時間しか発生できないパルス磁場との相性は悪く、『パルス磁場下での熱測定』は非常に困難な実験と考えられていた。しかしながら、ロングパルスマグネットを開発したマグネット技術者、測定時間スケールを短縮した科学者ら双方の努力により、東大物性研を含む世界各地のパルス磁場研究所で、非破壊型パルス磁場下での熱測定が可能となってきた。[参考文献 1-3]

本講演では、比熱、熱伝導、磁気熱量効果という、ここ 10 年で発達したパルス磁場下での熱物性測定手法を紹介し、実際に得られたデータについて報告する。現在および将来的に、パルス強磁場領域でどのような熱力学的研究が展開可能であるかについても解説する。

参考文献 [1] M. Jaime, *et al. Nature* **405**, 160-163 (2000).

[2] F. Weickert, *et al. Meas. Sci. Technol.* **23**, 105001 (2012).

[3] Y. Kohama, *et al. Phys. Rev. B*, 060408(R) (2014).

O7

阪大先端強磁場における複合極限環境下物性測定の実況と展望

木田孝則^A, 金澤順二^A, 大橋奨平^A, 片岡揮能^A, 谷ロー也^A, 三宅厚志^B, 清水克哉^C,
萩原政幸^A, 金道浩一^B

^A大阪大学大学院理学研究科附属先端強磁場科学研究センター, ^B東京大学物性研究所, ^C大阪大学大学院基礎工学研究科附属極限科学センター

強磁場・超高圧・極低温を組み合わせた複合極限環境下では、強相関電子系物質に代表されるように圧力誘起の興味深い臨界現象が観測される。我々は複合極限下での物性測定を目指して、非破壊型パルスマグネット(ボア径:φ48 mm, 最大磁場: 40 T)とダイヤモンド圧力セル(DAC)を用いた強磁場・高圧力下電気抵抗測定装置の開発を進めてきた[1]。これまでのところ、30 GPa級のNi-Cr-Al合金製および6 GPa級の高強度プラスチックPBI(ポリベンゾイミダゾール)製のDACを用いたパルス磁場・高圧力下電気抵抗測定に成功している。また最近では、トンネルダイオード振動法によるパルス強磁場中表面インピーダンス測定装置を開発し、鉄系超伝導体 $\text{Fe}_{1+x}(\text{Te,Se})$ の上部臨界磁場の圧力依存性を調べた。講演では、本装置開発の現状を中心に最近の取り組みについて報告する。

[1] M. Hagiwara *et al.*, *J. Low. Temp. Phys.* **170**, 531 (2013).

O8

固体酸素の超強磁場誘起新規相

野村肇宏^A, 松田康弘^A, 嶽山正二郎^A, 松尾晶^A, 金道浩一^A, 小林達生^B

^A東京大学物性研究所, ^B岡山大学理学部

酸素は単純な等核二原子分子でありながら、スピン量子数 $S=1$ を有する磁性分子である。酸素は54 K以下で固体として存在するが、ファンデルワールス力と磁気的分子間力の拮抗のため、結晶構造は磁気的な秩序状態に強く依存する。その結果、固体酸素では反強磁性相関の発達に伴って、 γ (54–44 K, 常磁性)、 β (44–24 K, 短距離秩序)、 α (24– K, 長距離秩序) という3種類の相が出現する。磁気的な相互作用が結晶構造に大きな影響を与えることから、外部磁場によって磁化が飽和した際には、固体酸素は従来と異なる結晶構造を示す可能性がある。本研究では、固体酸素の磁場誘起相転移を探索すべく、一巻きコイル法を用い、100 T超の強磁場領域で物性測定を行った。

193 Tまでの磁気光吸収スペクトル測定と磁化測定の結果、固体酸素 α 相は130 T以上の磁場領域で、磁化の急増を伴う一次の構造相転移が起きることが分かった[1]。また、強磁場相の物性は既知の7つの相では説明できず、新規な相が磁場によって誘起されたと考えられる[1]。本講演では固体酸素の磁場-温度相図と合わせて、磁場誘起新規相の物性についても議論する。

[1] T. Nomura *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **112** (2014) 247201.

O9

KOFUC ネットワークに向けた高感度カンチレバーESR 測定

大道英二^A, 安福能理^A, 田伏諒^A, 石川陽帆^A, 岡本翔^A, 太田仁^B

^A神戸大学大学院理学研究科物理学専攻, ^B神戸大学分子フォトサイエンス研究センター

マイクロカンチレバーを用いた磁気測定法により微小試料の高感度計測が強磁場領域でも初めて可能になった。この測定法では市販のピエゾ抵抗型カンチレバーを用いて簡便に測定が行える点が大きな利点の一つであった。しかし、最近、このカンチレバーが製造中止となったことから一つの大きな転換点を迎えている。我々のグループではこの問題に対し、MEMS プロセスを用いたカンチレバーの自作に取り組んでいる。測定に最適化されたカンチレバーの自作が可能になればカンチレバーを用いた高周波 ESR 測定的大幅な高感度化が期待できる。また、将来的にはユーザーの希望に基づいたカスタムカンチレバーの供給により KOFUC ネットワーク内での相互連携を深めていきたいと考えている。

O10

超強磁場中性子回折・軟X線分光を利用した強相関物質の研究

鳴海康雄

東北大学金属材料研究所

我々は、スピン・電荷・格子・軌道が強く結合した強相関物質において発現する多彩な磁場誘起現象の統一的理解を目的として、中性子回折および放射光 X 線散乱・分光測定と 40T 級のパルス強磁場発生装置を組み合わせた新しい装置の開発とその応用研究を進めている。従来パルス強磁場下での物性研究は、パルス強磁場装置を備えた特定の施設内においてのみで遂行され、主としてマクロな磁化測定や磁気抵抗測定、いわゆる発見型の測定手法を主たるツールとして、様々な興味深い物理現象が見いだされてきた。1980-1990 年代にかけては YbB_{12} や URu_2Si_2 において強相関電子系物質の代表例となるメタ磁性転移が、また 2000 年代においては $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ を代表とする量子磁性体において奇妙な磁化プラトーが発見された。しかし、バンド計算や磁化のモデル計算を駆使して数多くの理論研究が行われてきたが、その電子状態や正確な磁気構造はいまだ未解明である。本研究の使命のひとつは、最先端の量子ビームを駆使した超強磁場回折・分光実験をとおして、ミクロとマクロをつなぐ物理模型を構築し、先人の発見において未解明の問題に終止符を打つことである。講演では、現在国内外の放射光、中性子施設で進めている強磁場量子ビーム実験の現状を、強相関物質への応用例を交えながら紹介する。

O11

スピンギャップ系の電気磁気効果

木村尚次郎^A, 柿畑研人^A, 澤田祐也^A, 渡辺和雄^A, 萩原政幸^B, 田中秀数^C

^A東北大学金属材料研究所, ^B大阪大学大学院理学研究科附属先端強磁場科学研究センター, ^C東京工業大学大学院理工学研究科

本講演では、反強磁性ダイマーを基本的な構成ユニットとするスピンギャップ系が示す電気磁気効果について述べる。反強磁性ダイマーの基底状態は非磁性スピンシングレット、励起状態はトリプレット状態である。ダイマー系の重要な特徴は、この二つの状態間にベクトルスピンカイラリティ $\mathbf{S}_1 \times \mathbf{S}_2$ の有限な行列要素が存在する点である。希土類マンガン酸化物の磁気強誘電の発生を説明するスピнкаレント機構によって遷移金属化合物にスピンに依存する電気分極 $\mathbf{P} \propto \mathbf{e}_{ij} \times \mathbf{S}_i \times \mathbf{S}_j$ (\mathbf{e}_{ij} はサイト i, j を結ぶベクトル) が現れることが示唆されているが[1]、ダイマー系は上記の特徴を反映してこの機構による電気磁気効果を生じる可能性がある。実際、 $S=1/2$ の反強磁性ダイマーが三次元的に結合した TiCuCl_3 について焦電流測定を行ったところ、この物質の磁場誘起反強磁性秩序に伴って自発電気分極が発生する振る舞いが観測された。またスピнкаレント機構を考えると、スピンギャップ系におけるシングレット-トリプレット状態間の光学遷移が電磁波の振動電場成分によって起こりうる。

[1] H. Katsura, N. Nagaosa and A. V. Balatsky: Phys. Rev. Lett. **95** (2005) 057205.

O12

強磁場中で現れるスピン系の量子多体効果と量子相転移

田中秀数

東京工業大学大学院理工学研究科物性物理学専攻

従来多くの絶縁性磁性体（スピン系）では、基底状態は古典スピン模型で理解でき、量子揺らぎは古典的基底状態の小さな補正の役割しかもたない場合が多い。これに対して、古典的基底状態に多くの縮退やエネルギー的に拮抗した状態が多数存在するフラストレーションが強いスピン系では、量子揺らぎが基底状態の決定に重要な役割を果たし、古典的には不安定な状態が安定化されることもある。量子揺らぎのエネルギーは一般に磁場と共に増加するので、スピンの小さくフラストレーションが強いスピン系では、強磁場中で量子相転移が起こることが期待され、また、具体的模型に基づいた理論的予言がなされている。このように強磁場はスピン系の顕著な量子効果を引き出してくれる。本講演では、スピン $1/2$ の三角格子反強磁性体 $\text{Ba}_3\text{CoSb}_2\text{O}_9$ [1,2] とダイマー磁性体 $\text{Ba}_2\text{CoSi}_2\text{O}_6\text{Cl}_2$ [3] について最近行った強磁場実験と観測された量子相転移についてお話をし、今後の課題や展望について述べたい。

[1] Y. Shirata et al.: Phys. Rev. Lett. **108** (2012) 057205, [2] T. Susuki et al.: Phys. Rev. Lett. **110** (2013) 267201, [3] H. Tanaka et al.: J. Phys. Soc. Jpn. **83** (2014) 103701.

ポスター発表

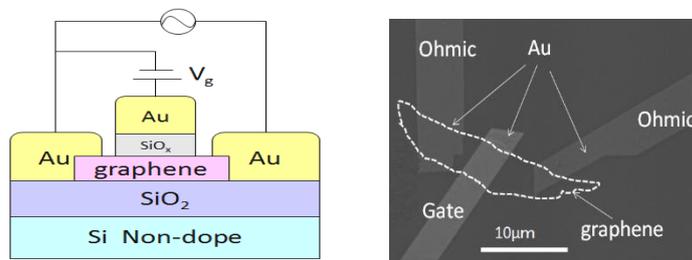
P1

量子ホール状態におけるグラフェンの磁気キャパシタンス

舟瀬基，音賢一

千葉大学大学院理学研究科

ゲートとグラフェン間のキャパシタンス計測はグラフェンの電子状態を調べるのに有用な手段であるが、観測される複雑なキャパシタンスの磁気振動の起源を明らかにする必要がある。下図の様な三端子デバイスを単層、数層のグラフェンおよびグラファイト薄膜を用いて作製し、温度 0.4K、磁場~8.5T 程度の条件下で 1 MHz における磁気キャパシタンスと複素伝導度を測定した。得られたデータを磁場とゲート電圧でマッピングして現れるランダウファンのパターンから量子ホール状態を特定し、グラフェンの層数および磁気キャパシタンスと複素伝導度の対応関係を調べ、報告する。



P2

量子ホール効果のブレイクダウンによる動的核スピン偏極の磁気光学 Kerr 効果による観測

有海祐伺^A, 色部潤^A, 桐生直明^A, 音賢一^A, 平山祥郎^{B,C}, 熊田倫雄^D

^A千葉大学大学院理学研究科, ^B東北大学大学院理学研究科, ^C JST-ERATO, ^D NTT 物性基礎研究所

$\nu = 1$ 量子ホール状態の高移動度 GaAs 量子井戸試料にブレイクダウン電流を印加した状態から、印加しない状態に切り替えた時の、局所的な磁気光学 Kerr 効果を測定した。ブレイクダウンによって偏極した核スピンの超微細相互作用によって電子のゼーマンエネルギーを縮小し電子のスピン偏極による Kerr 信号は小さくなる。また、ブレイクダウン電流を切れば核スピン偏極の緩和に伴い Kerr 信号は復活する。そのため、Kerr 信号の緩和時間を通して、核スピンの緩和が観測される。講演では実験配置や解析方法とその結果について報告する。

P3

GaAs HEMT 構造における量子ホール電子系のスピン偏極測定

桐生直明, 鎌形諒太, 音賢一

千葉大院理

我々はこれまで磁気光学 Kerr 効果を用いて、高移動度 GaAs 量子井戸 2 次元電子系の量子ホール状態における電子スピン偏極測定を行ってきた。AlGaAs/GaAs 単一ヘテロ構造の試料は価電子帯側に明確な量子準位が無いため、量子井戸構造の試料で用いている共鳴準位近傍での Kerr 効果の増強が生じず、Kerr 回転信号は極めて微弱である。今回、低温強磁場で量子ホール状態を顕在化させ弱励起光で測定が可能な偏波保存ファイバーを用いたサニャック干渉計により、GaAs HEMT 構造の試料での量子ホール効果における電子スピン偏極測定を Kerr 回転を用いて行った。講演では Kerr 回転検出系の詳細と、1.5 K で磁場 7 T 近傍における $\nu=3$ 量子ホール状態での AlGaAs/GaAs HEMT 構造試料での測定結果を報告する。

P4

CaF₂ 及び ZnSe 基板上 p 型 CVD 単層グラフェンの超強磁場下サイクロトロン共鳴

沼田拓也^B, 中村大輔^A, 八木克典^C, 林賢二郎^C, 佐藤信太郎^C, 嶽山正二郎^A

^A 東京大学物性研究所, ^B 東京大学大学院工学系研究科, ^C 富士通研究所

単層グラフェンは、磁場の 1/2 乗に比例する様な Landau 準位を持ち、半整数量子 Hall 効果といったディラック電子系特有の現象が発現する[1]。さらに、電子間相互作用の効果が加わる事で、擬スピンが関連するさらなる準位の分裂が起こると期待される[2]。熱ゆらぎに埋もれてしまう電子間相互作用の効果を明確に捉えるには、強磁場下あるいは低温下での測定が有用である。そのため我々は、CaF₂ 及び ZnSe の 2 種類の基板上に CVD 成長された p 型単層グラフェン試料を使用し、一巻きコイル法により発生した 100 テスラ超の超強磁場下における磁気光吸収測定を行い、Landau 準位構造を調べた。さらに、フェルミ速度やキャリア密度などの物理量を決定した。

[1]V. P. Gusynin, *et al.*, Phys. Rev. Lett. **95**, 146801 (2005).

[2]D. S. L. Abergel, *et al.*, Adv. Phys. **59**, 261 (2010).

P5

SiC 上グラフェンの超強磁場サイクロトロン測定

中村大輔^A, 斎藤宏晃^B, 沼田拓也^B, 日比野浩樹^C, 嶽山正二郎^A

^A 東京大学物性研究所, ^B 東京大学大学院工学系研究科, ^C NTT 物性科学基礎研究所

最大で 730T の超強磁場発生が可能な電磁濃縮法を用いて, 4H-SiC(0001)基板上にエピタキシャル成長された単層および2層グラフェンのサイクロトロン共鳴実験を行った。ディラック電子系特有の磁場の 1/2 乗に比例する Landau 準位構造が、強磁場領域において顕著になる電子の多体効果が加わる事で、変調が生じると期待される。単層グラフェンでは 350T まで Landau 準位構造が磁場の 1/2 乗に比例し、サイクロトロン共鳴ピークは Abergel の公式[1]でフィットできるような非対称性を持つことが明らかになった。2層グラフェンでは 450T までの共鳴ピークを観測し、角度分解光電子分光測定によって見積もられたバンドパラメータとよく一致する結果が得られた。

[1] D. S. L. Abergel and Vladimir I. Fal'ko, Phys. Rev. B **75**, 155430 (2007).

P6

Effect of Very High Magnetic Field on the Optical Properties of Firefly Light Emitter Oxyluciferin

Weihang Zhou^A, Daisuke Nakamura^A, Yu Wang^{A,B}, Toshimitsu Mochizuki^{A,C}, Hidefumi Akiyama^A, and Shojiro Takeyama^A

^A Institute for Solid State Physics, University of Tokyo, ^B Institute of Genetics and Developmental Biology, Chinese Academy of Sciences, ^C Fukushima Renewable Energy Institute, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Firefly bioluminescence is well-known as a "cold light" with extremely high quantum yield up to $41.0 \pm 7.4\%$. The extremely high quantum yield of firefly bioluminescence has enabled its application in a wide variety of fields, such as in bioanalysis, gene engineering and bio-imaging. However, although great progresses have been made in firefly bioluminescence, much remains unknown so far. In particular, the environment-sensitive emission colors and its mechanism are still under intense debate. In this work, we performed high-field magneto-optical study on the emission properties of firefly light emitter oxyluciferin, aiming to clarify the effects of high magnetic field on enzymatic reactions and the mechanism for firefly emission color changes. We performed *in situ* magneto-photoluminescence measurements on different oxyluciferin species. By means of selective excitation, emission properties of two major oxyluciferin species, phenolate-enol-oxyLH⁻ and phenolate-keto-OxyLH⁻, were finally confirmed to be completely immune to external high magnetic fields up to 53 T. These findings pose strong contrast to existing relevant results and represent direct experimental clues to the understanding of firefly bioluminescence.

P7

半金属 Bi, Bi_{1-x}Sb_x における新規磁場誘起相転移の実験的探索

岩浅歩^A, 小濱芳允^B, 近藤晃弘^B, 徳永将史^B, 金道浩一^B

^A 東京大学大学院理学研究科, ^B 東京大学物性研究所

半金属 Bi は励起子絶縁体相を示す候補物質の一つである。励起子絶縁体とは、電子、正孔密度の小さな電子-正孔系において実現すると予想され、遮蔽効果が低下した電子と正孔がクーロン引力によって励起子対を組んで絶縁体化する現象である。励起子絶縁体相は半金属-半導体転移近傍において実現し易いと考えられているが、この転移を引き起こすためには、Bi においては 80~100T もの磁場が必要である事が分かっている。しかしながら、Bi を Sb に置換した Bi_{1-x}Sb_x 系では、この転移磁場が下がる事が知られており、非破壊パルス磁石により精度よい測定を執り行える。そこで、最大磁場 56T のパルス磁場下、最低温度 0.85K の温度下で、Bi_{0.96}Sb_{0.04} の Hall 抵抗、磁気抵抗の同時測定を行った。Bi_{0.96}Sb_{0.04} は磁場に対して敏感にバンド構造が変化し、binary 軸に平行な磁場下では、ある磁場において磁場誘起半金属-半導体転移が生じる。今回我々は、40T 付近で、半金属-半導体転移に対応すると思われる磁気抵抗の急激な増大を観測した。また、Hall 抵抗の結果から得られた Hall 係数は、半金属-半導体転移近傍で急激な増大を示すことが判った。この Hall 係数の増大が、励起子絶縁体相が発現したことによる異常に対応するものであるのかどうか議論する。

P8

圧力下における黒燐の量子振動

秋葉和人^A, 三宅厚志^A, 赤浜裕一^B, 松林和幸^A, 上床美也^A, 徳永将史^A

^A 東大物性研, ^B 兵庫県立大院理物質理

黒燐はハニカム格子をひだ状に折りたたんだ構造を持つ単原子層が、*b* 軸方向に積層した構造であり、常圧下では *k* 空間の Z 点で直接ギャップを持つ半導体である。圧力を加えると層間の重なり積分が大きくなることでギャップが小さくなり、約 1.5 GPa でバンドのオーバーラップが生じ半導体-半金属転移が起きることが光学的測定や電気抵抗の温度依存性の測定から報告されていた。ただし量子振動による直接的な金属化の観測はこれまで報告されていなかった。

我々は今回、半導体状態で鮮明な磁気フォノン共鳴が見られるような極めて純良な試料に対して圧力下の磁気抵抗測定を行い、1.5 GPa 以上の圧力領域で明瞭な Shubnikov-de Haas 振動を観測した。半金属黒燐はそれぞれ電子、正孔と思われる 2 つの極めて小さな Fermi 面を有し、その極値断面積の大きさが加圧によって増加する振る舞いが見られた。また SdH 振動の温度依存性から求められたキャリア有効質量は半導体状態のそれと比べ 1/10 にまで減少しており、圧力によってギャップの大きさを制御することで 10 T 程度で量子極限状態になりうるような超少キャリア電子・正孔系を実現することができる。本会では量子振動によって得られた半金属黒燐の電子状態に関する知見について詳細に報告する。

P9

高周波 ESR からみた希薄ドープ Si:P のスピンドイナミクス

藤井裕^A, 森本和也^B, 菊池彦光^B, 光藤誠太郎^A, 水崎隆雄^A, 福田昭^C, 松原明^D, 上野智弘^E, M. Gwak^F, S.G. Lee^F, S. Lee^G, S. Vasiliev^H

^A 福井大学遠赤外領域開発研究センター, ^B 福井大学大学院工学研究科, ^C 兵庫医科大学物理, ^D 京都大学低温物質科学研究センター, ^E 京都大学大学院医学研究科, ^F Korea Basic Science Institute (KBSI), ^G Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), ^H University of Turku, Finland

これまでに報告されている量子コンピュータモデルの中でも実現性の高いものとして、Si 結晶中に P 原子をドープした Si:P を用いた、B. Kane によって提案されたモデルがある[1]。しかしながら、この Si:P を用いた量子計算の実験的デモンストレーションは未だなされていない。これを実現するには超低温・高磁場下での動的核偏極(DNP)現象を含むスピンドイナミクスの研究が不可欠である。我々はそれを明らかにする目的で、リン濃度 $6.5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ の Si:P 結晶を用いて cw-ESR (80~130 GHz, 0.1 K まで) [2,3] およびパルス ESR (94 GHz, 3 K まで) 測定を行ってきた。当日はこれらの結果をまとめて報告する。

[1] B. E. Kane, Nature **393** (1998) 133. [2] M. Song *et al.*, J. Phys.: Condens. Matter **22** (2010) 206001. [3] J. Järvinen *et al.*, Phys. Rev. B, to be published.

P10

J-PARC 中性子分光器 HRC における磁場実験の将来

左右田稔^A, 浅井晋一郎^A, 杉浦良介^A, 川名大地^A, 浅見俊夫^A, 伊藤晋一^B, 横尾哲也^B, 吉沢英樹^A, 益田隆嗣^A

^A 東京大学物性研究所附属中性子科学研究施設, ^B 高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所

最近の物性物理学の興味の対象となっているフラストレート磁性体やマルチフェロイック物質等では、磁場下での新規磁気相の出現がバルク物性測定により確認されているため、ミクロな構造やダイナミクスを測定する中性子散乱分光器においても磁場実験システムの重要性が高まっている。そこで我々は、国内中性子施設の定常磁場マグネットとしては最高磁場となる 14 T スプリットペア超伝導マグネットを導入し、磁場環境の整備を進めている。当該マグネットでは ³He オプションの併用により 1K 以下の極低温実験も可能である。さらに、上下のマグネットで非対称な磁場を発生させることで、中性子光路上での漏洩磁場をコントロールし、中性子スピンの偏極度を保持することができる。すなわち、磁場中での偏極中性子実験が可能である。我々が共同運営する高分解能チョッパー分光器 HRC (J-PARC/MLF 設置) では、試料空間近傍に多くの鉄材料が存在しているため、印加磁場の制限が危惧されたが、最近のテストで 10 T までの磁場印加に成功した。テスト中、フェルミチョッパー等周辺機器も正常動作することが確認され、磁場下での中性子実験が現実的なものとなりつつある。講演では、当該マグネットと HRC の仕様、さらに HRC で可能な磁場実験例について発表する。

P11

大阪府立大学パルス強磁場発生装置の紹介

野口悟^{A,B}, 飯田賢斗^B, 石田武和^B

^A大阪府立大学 21 世紀科学研究機構, ^B大阪府立大学工学研究科

大阪府立大学では平成 11 年に 3kV、46kJ のコンデンサバンクを組み立て、内径 20Φ の金道マグネットを用いて、立ち上がり 2.5ms、最高 37 テスラのパルス強磁場装置をセットアップし、磁気抵抗法により MgB₂ 薄膜の上部臨界磁場[1]などを測定し、³He クライオスタットを組み合わせ、0.5K で π d 系有機磁性半導体の強磁場磁化測定[2]などを行ってきた。昨年末に 15kV、250kJ コンデンサバンクとサイリスタスタックが移設されたのを機に、内径 30Φ、温度 0.1K、最高磁場 50 テスラを目標とするパルス強磁場装置のスケールアップに着手した。極低温は常磁性塩の断熱消磁を検討する。まず、現有システムにコンデンサを並列接続するだけでパルス幅、磁場共に 1 割アップを確認した。現在、高圧トランスとダイオードを組み込んだ充電回路、高圧リレーを用いた接地回路、サイリスタを駆動させるトリガパルス回路などを組み立てているところである。

[1] S. Noguchi, *et al.*, Supercond. Sci. Technol. **22**, 055004 (2009).

[2] S. Noguchi, *et al.*, Physica B **346-347**, 397 (2004). S. Noguchi, *et al.*, J. Phys. Conf. Ser. **51**, 331 (2006).

P12

60 T 級パルス強磁場下における磁歪測定装置の開発

河智史朗^A, 木原工^A, 三宅厚志^A, 徳永将史^A

東京大学物性研究所^A

磁歪測定では磁場による熱力学的変化を格子の歪みとして直接的に捉えることができる。我々はキャパシタンス法による磁歪測定を 60 T 級のパルス強磁場中で行えるように装置を立ち上げ、様々な物性研究への応用を目指している。東京大学物性研究所の強磁場施設では以前からキャパシタンス法を用いた 40T までの磁歪測定研究が行われていたが¹、縦磁歪、横磁歪それぞれ異なるセッティングが必要であった。我々は近年の 60 T 級マグネットの仕様に対応した直径 6 mm の電極板を有する外径 7 mm のキャパシタンスセルを製作した。セルを小型化することで磁場方向に対して任意の方向に取り付けが可能になっており、将来的には磁歪の磁場方位依存性を測る事も視野に開発を進めている。この手法で多結晶 Ni の磁歪測定を行い、文献値²との比較からセルの性能評価を行ったところ歪み率 10^{-5} の精度で文献値と一致する結果が得られた。本講演では磁歪測定装置の詳細といくつかの物質について測定した結果を示し、開発の現状とこれからの展望を議論する。

¹ M. Tokunaga *et al.*, Phys. Rev. B **57**, 5259 (1998).

² V. I. Nizhankovskii, Eur. Phys. J. B **53**, 1 (2006).

P13

圧力下強磁場高周波数 ESR 装置の開発と量子スピン系への応用

川崎航平^A, 松井亮輔^A, 大道英二^A, 櫻井敬博^B, 太田仁^C, 大久保晋^C, 上床美也^D, 松林和幸^D

^A神戸大学大学院理学研究科, ^B神戸大学研究基盤センター, ^C神戸大学分子フォトサイエンス研究センター, ^D東京大学物性研究所

現在我々は、最大磁場 10 T の無冷媒型超伝導マグネットを用いた圧力下 ESR 装置の開発を行っている。既に同装置によって 2.5 GPa までの圧力下 ESR 測定に成功しているが[1]、特に高周波数領域における感度に問題があるためその改良を行っている。測定対象としては圧力によって反強磁性転移することが知られているスピングャップ系 KCuCl_3 を考えている。本物質は臨界圧力を超えた圧力下でヒッグスモードと呼ばれる励起モードが観測されると期待されている。常圧下におけるスピングャップは 700 GHz 程度であり、ギャップの圧力による連続的な変化を追跡するためには数 100 GHz のエネルギー領域での ESR 測定が不可欠である。圧力セルの内部部品の最適化等を行った結果、少なくとも圧力セルを用いた常圧下での測定で 300~700 GHz での singlet と triplet 間の直接遷移に起因する ESR モードの測定に成功した。講演ではこれらの詳細について報告する。

[1] K. Fujimoto *et al.*, *Appl. Magn. Reson.* **44** (2013) 893.

P14

プラスチック DAC を用いたトンネルダイオード振動法によるパルス強磁場・高圧下物性測定装置の開発

片岡揮能^A, 金澤順二^A, 木田孝則^A, 谷口一也^A, 三宅厚志^B, 清水克哉^C, 角谷均^D, 金道浩一^B, 萩原政幸^A

^A大阪大学大学院理学研究科附属先端強磁場科学研究センター, ^B東京大学物性研究所, ^C大阪大学大学院基礎工学研究科附属極限科学センター, ^D住友電工

我々はパルス強磁場と高圧力を組み合わせた複合極限環境下物性測定装置の開発を目指している。過去に Ni-Cr-Al 合金製ダイヤモンドアンビルセル (DAC) をパルス磁場中で使用したところ、金属ガスケットやセル本体からのジュール発熱に起因する温度上昇が観測された。そこでセル本体を含め、DAC の部品の多く (ガスケットを除く) を強化プラスチックの PBI 製に変更した。PBI 製 DAC ではキュレット径 1 mm のアンビルを用いて最大 6 GPa の圧力発生が可能であるが、数回の圧力発生で破損してしまうことが難点であった。そこで本研究では、高耐圧の PBI 製 DAC の設計と非金属ガスケットの開発を試みている。講演では Ni-Cr-Al 合金製 DAC を使用したトンネルダイオード振動法による高周波非接触表面インピーダンス測定の結果も交えて、本装置開発の現状について報告する。

P15

磁化測定用ピックアップコイルの改良

松尾晶, 金道浩一

東京大学物性研究所

ピックアップコイルを用いた強磁場下での磁化測定は比較的容易に行え、長い歴史を持つ測定方法であるが、その容易性が一因なのか詳しく議論されている文献はあまり見当たらない[1]。実際、我々のグループでもピックアップコイルの作製方法には個人差があり、さらに測定感度に関しても実験に用いるまで分からないのが現状である。一方、測定を重ねていくうちに、磁場発生直後と磁場ピーク付近に典型的なノイズが発生することを確認した。特に前者のノイズはピックアップコイルのデザインとその電気回路に起因しているようである。現段階ではまだ解決するには至っていないが、ピックアップコイルの設計の見直しを行いノイズの除去し、合わせて測定感度そのものの改善を目指している。本講演では、ピックアップコイルの作製方法と典型的なノイズの紹介とその対策、また将来展望について発表する。

[1] D. Eckert, R. GroKssinger, M. Doerr, F. Fischer, A. Handstein, D. Hinz, H. Siegel, P. Verges, K.-H. MuKller, *Physica B* **294-295** 705 (2001)

P16

プラスチック製高圧力発生装置の開発

三宅厚志^A, 秋葉和人^A, 徳永将史^A

^A東京大学物性研究所

近年、高圧力と強磁場を組み合わせた複合極限領域の拡大により、多様な電子状態が見出されてきており、安定した複合極限環境の創出とその環境下での物性測定手法の開発が望まれる。我々はパルス磁場と高圧力を組み合わせた複合極限環境を創出するために、パルス磁場中での電磁誘導による発熱のない高強度プラスチック製高圧力装置を開発している。引張強度 160 MPa の PBI (ポリベンゾイミダゾール) で直径 20 mm、高さ 30 mm 程度のダイヤモンドアンビルセル (DAC) を作製し、先端径 0.6 mm のダイヤモンドアンビルを用いて 8.5 GPa の加圧に成功した。しかし、加圧に伴いセルが変形することが分かった。また、DAC に比べて容量の大きな試料空間を持つブリッジマンアンビルセル (BAC) の開発にも取り組んでいる。BAC は PBI より高強度であるテカマックス (引張強度 210 MPa) で作製した。BAC、改良した DAC の特性と問題点、この装置を用いた高圧力・強磁場中での実験手段の開発状況について紹介する。

P17

高圧下テラヘルツ強磁場 ESR の開発と KOFUC ネットワークへの展開

櫻井敬博^A, 松井亮輔^B, 川崎航平^B, 大久保晋^C, 太田仁^C, 松林和幸^D, 上床美也^D

^A 神戸大学研究基盤センター, ^B 神戸大学大学院理学研究科, ^B 神戸大学分子フォト研究センター, ^B 東京大学物性研究所

圧力は物性研究を行う上で欠くことの出来ないパラメーターの一つである。我々が開発してきたテラヘルツ領域での圧力下強磁場 ESR は、ダイマー系におけるスピギャップ、反強磁性状態における反強磁性ギャップ等の圧力変化を、マクロ測定より更に精密に測定可能である。近年は圧力誘起の量子相転移現象に興味を持たれているが、ダイマー系における圧力誘起の反強磁性転移もその一つで、本圧力下 ESR 装置はその観測に非常に有効である。例えば我々は既に、同系における加圧に伴うスピギャップの減少を明瞭に観測している。さて現行の装置では、電磁波を透過するセラミクスで内部部品を作製したピストンシリンダー型圧力セルを用いた透過型の ESR 測定を行っている。最大の問題点はそのセラミクスのテラヘルツ領域での透過度の低さである。測定感度の向上、圧力セル内部部品の探索等、種々の検討を行いある程度の成果は出ているが、現状を大きく前進させる有力な手法の一つに、高強度のテラヘルツ光源、ジャイロトロンを利用することが挙げられる。KOFUC ネットワークによりジャイロトロンの利用が可能になれば圧力下 ESR 測定が大きく前進すると期待される。

P18

カンチレバーを用いた溶液生体試料の高周波 ESR 測定に向けた試み

岡本翔^A, 大道英二^A, 太田仁^B

^A 神戸大学大学院理学研究科, ^B 神戸大学分子フォトサイエンス研究センター

高周波 ESR には、高い g 値分解能や線幅の広い ESR 信号の観測など多くの利点がある。そのため高周波 ESR 測定からよりミクロスコピックにスピン系の性質を見ることが出来る。一方で、高周波域では光源の強度が十分でないため、しばしば低いスピン感度しか得られない。そのためスピン濃度が薄い生体試料の ESR 測定では大量の試料を必要とし、微量の生体試料の高周波 ESR 測定を行うことは困難である。このような課題に対し、我々はカンチレバーを用いることで、マイクログラムオーダーの微量の溶液生体試料に対しての高分解能 ESR 測定を可能にするための装置開発に着手した。カンチレバーを用いた ESR 測定法では、これまで 370 GHz までの高周波領域においてマイクログラムオーダーの試料の ESR に成功しており、 10^9 spin/Gauss 程度のスピン感度が得られている。そのためカンチレバーを用いた ESR 測定法は生体試料のようなスピン濃度が低い試料に対しても十分測定可能であると考えられる。本研究では、カンチレバーを用いた溶液生体試料の ESR 測定に向けた、最近の我々の取り組みについて報告する。

P19

KOFUC ネットワークに向けた高出力 THz 光源 Gyrotron の開発と応用

光藤誠太郎, 梅垣知弘, 藤井裕, 出原敏孝

福井大学遠赤外領域開発研究センター

福井大学のジャイロトロンは, 高出力遠赤外(THz) 電磁波光源として開発がおこなわれており, 数十 W から数 kW のコヒーレントな THz 電磁波を発生できる. プラズマ計測や物性計測を精度よく行うために, 高周波化と安定化(周波数, 出力) についての開発を進めている[1]. ジャイロトロン光源の応用研究として高周波・高出力光源とパルス強磁場を用いた THz 電子スピン共鳴装置の開発や電磁波加熱による材料開発を行ってきた[2]. 西日本の強磁場拠点の強化にあたり発足した KOFUC ネットワークでは, これらのジャイロトロン光源を用いた ESR 計測技術を用いて, 強磁場・高圧・低温の多重極限での ESR 測定を実現する. また, ジャイロトロン光源の磁気共鳴応用として, DNP-NMR や高周波パルス ESR の開発も進んでおり, それらの開発状況やジャイロトロン光源自身の開発状況についても紹介する.

1. 高出力遠赤外光の発生と様々な利用を目指して, 出原敏孝, 電子スピン学会誌 4(2006)131.
2. ジャイロトロンを用いた ESR 測定, 光藤誠太郎, 電子スピン学会誌 2 (2004)80.

P20

非等価スピンドイマー系 NH_4CuCl_3 における磁気励起の理論

松本正茂

静岡大学大学院理学研究科

NH_4CuCl_3 は TlCuCl_3 や KCuCl_3 と同じ結晶構造をとるスピンドイマー系で, 磁化プラトーが明瞭に出現する. このプラトーの起源として, 3種類の異なるダイマーが結合したモデルが提案されている[1,2]. このモデルについて磁気励起を調べると, 非弾性中性子散乱[3]や強磁場ESR[4]の実験結果をよく説明できることがわかった. これは, NH_4CuCl_3 では3種類のダイマーが存在することを強く示唆するものとなっている. また, 磁気励起の中には通常のスピン波に加え, 振幅モードが存在していることもわかった. 後者はHiggsモードとも呼ばれ, 近年注目を集めている. 想定される圧力効果についても調べ, 複数種類のダイマーが結合した場合の量子相転移と磁気励起の関係を明らかにする.

- [1] M. Matsumoto, Phys. Rev. B **68**, 180403(R) (2003).
- [2] Ch. Rüegg et al., Phys. Rev. Lett. **93**, 037207 (2004).
- [3] A. Oosawa et al., arXiv:condmat/0304172.
- [4] B. Kurniawan et al., Phys. Rev. Lett. **82**, 1281 (1999).

P21

Ultra-high magnetic field survey of magnetic triplons in $\text{Sr}_3\text{Cr}_{2-x}\text{R}_x\text{O}_8$ (R=Fe, V)

B.R. Chen^{A,B}, Z.C. Xia^B, Z.W. Ouyang^B, D. Nakamura^A, A. Matsuo^A, K. Kindo^A, and S. Takeyama^A

^AThe Institute for Solid State Physics, the UTokyo, Kashiwa ^B Wuhan National High Magnetic Field Center, HUST, Wuhan

$\text{Sr}_3\text{Cr}_2\text{O}_8$ is known as one of a typical quantum magnet that shows triplon Bose-Einstein condensation in magnetic fields. Single crystals of $\text{Sr}_3\text{Cr}_2\text{O}_8$, $\text{Sr}_3\text{Cr}_{1.9}\text{V}_{0.1}\text{O}_8$ and $\text{Sr}_3\text{Cr}_{1.9}\text{Fe}_{0.1}\text{O}_8$ were grown by the floating zone technique, and magnetizations were measured up to 54 T in HUST, and were systematically investigated at the temperature range between 2 K and 20 K. A temperature-induced transition from a singlet ground state to a triplet state and a magnetic field induced BEC were observed, in which the critical temperature, the critical field and ion-dopants are correlated to each other. The ground state properties and their low field magnetization behaviors were analyzed, in which the ion-dopants lead to an enhancement of the intra-dimer exchange J_0 , which makes the transition temperatures change, and increases the critical fields H_{c1} . At IMSL-ISSP, we focus on the field-induced transition (H_{c2}) near the saturation field. We expect the method of optical detection plays an efficient tool for the criticality study near H_{c2} as for triplon BEC system.

P22

擬一次元反強磁性体 $\text{Cu}_3\text{Mo}_2\text{O}_9$ における強磁場 Cu-NMR

川瀬太郎^A, 晦日慶太^A, 浜崎智彰^A, 黒江晴彦^A, 後藤貴行^A, 関根智幸^A, 佐々木孝彦^B, 長谷正司^C, 岡邦彦^D, 伊藤利充^D, 永崎洋^D,

^A上智大, ^B東北大金研, ^CNIMS, ^DAIST

$\text{Cu}_3\text{Mo}_2\text{O}_9$ は三つの Cu サイトを持ち、 b 軸方向に伸びた $S=1/2$ 一次元反強磁性鎖 Cu(1)のまわりに、ダイマーライクな Cu(2), Cu(3)サイトが弱く結合し、四面体構造を形成しており、二つのスピン自由度を持つ量子スピン系である。これまでにマクロ測定の結果から $T_N=7.9\text{K}$ で反強磁性秩序化し、DM 相互作用により $0.0057\mu_B$ 程度の弱強磁性が存在することが報告されてきた。この弱強磁性モーメントは $T_C=2.5\text{K}$ 以上の温度ではランダムな方向を向いており、 $H//c$ では 1T 程度の低磁場で秩序化することが知られている。また、 $H_{SF}\sim 8.2\text{T}$ で磁化ジャンプ及び磁場誘起電荷異常が報告されている。

中性子非弾性散乱によってそれぞれダイマーライクなサイトとチェーンサイトのスピン励起は確認されているが、未だに磁気構造は分かっていない。そこで本研究では NMR 測定により磁気構造の解明を試みている。磁場掃引スペクトルの周波数依存性から Cu(2), Cu(3)の同定を行い、それぞれの内部磁場 H_{int} , 電気四重極相互作用 ν_Q の値は、Cu(2)が $4.5(\pm 0.2)\text{T}$, $32(\pm 3)\text{MHz}$ 、Cu(3)が $0(\pm 0.2)\text{T}$, $43(\pm 4)\text{MHz}$ と求められた。よって、Cu(2)と Cu(3)は磁気的なダイマーを構成していないと考えられる。

また、磁化ジャンプ及び電荷異常が観測される 8T 付近においてヒステリシスを伴うスペクトルの分裂が観測され、分裂幅は磁化ジャンプ終了後においても磁場と共に増大し続けた。このスペクトルの分裂の原因(磁気構造の変化、電荷異常)については当日議論する。

P23

$S=1/2$ J_1 - J_2 モデル磁性体 $\text{Cs}_2\text{Cu}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}$ の強磁場磁性

森岡俊晶^A, 吉澤大智^A, 奥谷顕^A, 藤村明央^B, 安井幸夫^B, 萩原政幸^A

^A大阪大学大学院理学研究科附属先端強磁場科学研究センター, ^B明治大学理工学部物理学科

CuO_2 (Cu^{2+} , $S=1/2$) リボン鎖構造を有する酸化物磁性体において、鎖内の最近接相互作用が強磁性的、次近接相互作用が反強磁性的である場合、磁氣的フラストレーションが生じて特異な磁気状態を持つことがある。 $\text{A}_2\text{Cu}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}$ ($\text{A}=\text{Rb}, \text{Cs}$) はそれらのうちの一つであり、 $\text{A}=\text{Rb}$ では帯磁率及び極低温の磁化測定結果より基底状態が非磁性状態であることがわかっている[1]。一方、 $\text{A}=\text{Cs}$ では長距離秩序する ($T_N=1.85 \text{ K}$ [2]) ことが分かっており、 T_N 以下の磁気構造はらせん磁気構造である事が予想されている。このように A サイトの元素によって磁性が大きく変化するため、 $\text{A}_2\text{Cu}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}$ の磁性は非常に興味深い。

今回、我々は $\text{Cs}_2\text{Cu}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}$ の多結晶試料に対して電子スピン共鳴(ESR)測定を行い、その磁性について調べ、 $\text{Rb}_2\text{Cu}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}$ の実験結果と比較することによって $\text{A}_2\text{Cu}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}$ 系全体についての知見を得ることを研究の目的とした。様々な周波数で得られた ESR 共鳴磁場から周波数-磁場プロットを作成した結果、容易面型磁気異方性を持つ反強磁性共鳴モードに近い共鳴モードが観測された。現在、共鳴モードの解析を行っており、本発表では実験結果とその解析結果について報告する。

[1] Y. Yasui *et al.*, JPS Conf. Proc. **3**, 014014 (2014).

[2] 藤村明央 他, 日本物理学会第 69 回年次大会 27aPS-74.

P24

$S=1/2$ 擬 1 次元フラストレート磁性体 $\text{NaCuMoO}_4(\text{OH})$ の強磁場 ESR 測定

大久保晋^A, 北原遥子^B, 原茂生^C, 櫻井敬博^C, 太田仁^A, 那波和宏^D, 岡本佳比古^E, 廣井善二^D

^A神戸大学分子フォトサイエンス研究センター, ^B神戸大学大学院理学研究科, ^C神戸大学研究基盤センター, ^D東京大学物性研究所, ^E名古屋大学大学院工学研究科

Heisenberg 型自由度のスピンに Néel 秩序を阻害するようなフラストレーションなどの効果が存在すると飽和磁場直前でスピンネマティック相と呼ばれる量子状態が実現されると理論的に予想されている。このような状態を実現する候補として、交替した強磁性/反強磁性の相互作用を持つ $S=1/2$ 擬 1 次元スピン鎖がある。我々はモデル物質の $\text{NaCuMoO}_4(\text{OH})$ の基礎物性を調べるために、 $\text{NaCuMoO}_4(\text{OH})$ 微結晶試料の強磁場 ESR 測定を行なった。常磁性共鳴では 530GHz の高周波数にも拘らず g 値の異方性を反映した様な吸収パターンにはならず、単一のローレンツ型波形で良く記述される共鳴が観測された。温度依存性では低温になるに従い、吸収はブロードになる傾向を示し、160GHz の測定では 3K 以下で磁気相によるものと考えられる新しい吸収が観測された。那波らの磁場中比熱測定では 1.9K は秩序相ではないが、短距離秩序の発達に伴い前駆的に共鳴が観測されたものと考えられる。詳細は当日議論する。

P25

$S = 1/2$ 強磁性交替二重鎖を形成する $m\text{-Ph-V}_2$ の低温物性

岩瀬賢治^A, 山口博則^A, 小野俊雄^A, 下川統久朗^B, 松尾晶^C, 金道浩一^C, 野尻浩之^D, 細越裕子^A

^A大阪府立大学大学院理学系研究科物理科学専攻, ^B大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻理論物質学グループ, ^C東京大学物性研究所, ^D東北大学金属材料研究所

フェルダジル系ラジカルは、安定かつ非局在型の分子内スピン密度分布が知られ、強い磁気相関の発現と磁気相互作用が多方向に広がることが期待される。さらに、分子間強磁性相互作用が発現しやすく、強磁性と反強磁性相互作用が共存したユニークな磁気格子の形成が期待される。最近、我々はフェルダジルビラジカル物質 $m\text{-Ph-V}_2$ の合成及び単結晶獲得に成功した。結晶構造解析の結果、対称心で結ばれる分子間にはラジカル基-フェニル基の接近が見られ、並進で結ばれる分子間にはフェニル基同士の接近が見られた。分子内及び分子間相互作用を考慮すると、交替鎖が互いに結合した二重鎖モデルを形成していると考えられる。磁化曲線では、広い磁場領域において量子スピン系特有の $1/2$ 磁化プラトーが観測されており、 $B = 28 \text{ T}$ で飽和に至る。数値計算の結果、 $S = 1/2$ 強磁性交替二重鎖モデルで磁気特性を定量的に再現出来た。さらに、摂動計算により実効的な磁気相互作用を考察した結果、スピンの量子性を反映したユニークな磁気状態を形成していることが明らかになった。

P26

100 T を超える強磁場下での $S = 1$ スピンラダー系物質 BIP-TENO の磁化過程

野村和哉^A, 松田康弘^A, 嶽山正二郎^A, 小野俊雄^B, 天谷直樹^B, 細越裕子^B

^A東京大学物性研究所, ^B大阪府立大学

低次元スピン系の低温での磁化過程には磁化プラトーなどの非自明な振る舞いが観測されるため興味を持たれている。中でもスピンが梯子上に並んだスピンラダー系物質は、1次元と2次元の中間の次元の物質であると考えられ、多数の研究報告がなされている。

BIP-TENO は $S = 1$ のスピンラダー系物質 [1] として注目されている。これまでに 67 T までの磁化過程が調べられ $1/4$ 磁化プラトーが観測されているが[2], 飽和までの全磁化過程は明らかになっていない。

今回、100 T を超える磁場下で最低温度 2 K において BIP-TENO の磁化測定を行った。磁場発生には縦型一巻きコイルを用いた。磁化曲線の定量的議論には未だ測定精度不足のため今後さらなる実験が必要であるが、 $1/4$ プラトーに加えて、 $1/2$ 及び $3/4$ プラトー、さらに飽和磁化と考えられる磁化の非単調な振る舞いを磁化の磁場微分 (dM/dH) の磁場依存性に見出すことに成功した。

[1] K. Katoh, Y. Hosokoshi *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **69**, 1008 (2000).

[2] T. Sakai *et al.*, Physica B **346-347**, 34 (2004).

P27

フラストレート・スピン梯子系におけるカスプ異常と磁化プラトー

杉本貴則^A, 森道康^B, 遠山貴己^A, 前川禎通^B

^A東京理科大学理学部応用物理学科, ^B日本原子力研究開発機構先端基礎研究センター

低次元フラストレート量子スピン系物質の新しい候補として、フラストレートスピン梯子系が、現在注目を集めている。この系は、反強磁性的ジグザグスピン鎖 2 本に対し、反強磁性的な鎖間相互作用を入れた模型に対応する。昨今、この候補物質である BiCu_2PO_6 において多数の磁気相転移が、新たに観測された [1]。この多段磁気相転移は、ジグザグスピン鎖やフラストレーションのないスピン梯子系では起こりえない現象であるため、フラストレートスピン梯子系特有の興味深い現象であると言える。この現象を解明するため、我々は、フラストレートスピン梯子系における磁化過程の理論的解析を行い、複数の磁気相転移と磁化プラトーを見つけた [2]。このうちの幾つかの相転移は、 BiCu_2PO_6 のパラメータ領域に位置するため、すでに観測された多段磁気相転移の物理を掴んでいると考えられる。一方、同パラメータ領域の高磁場側では、磁化曲線が平坦になる磁化プラトー現象が現れることが分かった。磁化プラトー現象は、幾つかの低次元量子スピン系で理論的に確認されているが、現実の物質での観測例は少ない。我々の理論的な予想が正しければ、 BiCu_2PO_6 がその貴重な一例となりうると思われる。

[1] Y. Kohama *et al.*, Phys. Rev. Lett. 109, 167204 (2012).

[2] TS, M. Mori, T. Tohyama, and S. Maekawa, arXiv:1409.4280.

P28

$S=2$ ハイゼンベルグ反強磁性鎖 $\text{MnCl}_3(\text{bpy})$ 単結晶試料の強磁場磁性

篠崎真一^A, 池田真実^A, 奥谷顕^A, 吉澤大智^A, 木田孝則^A, 萩原政幸^A, 竹内徹也^B, 本多善太郎^C, O. Risset^D, D. R. Talham^D, M. W. Meisel^E

^A大阪大学大学院理学研究科附属先端強磁場科学研究センター, ^B大阪大学低温センター, ^C埼玉大学大学院理工学研究科, ^DDept. Chem., Univ. Florida, ^EDept. Phys., Univ. Florida

ハルデン予想以降、整数スピンを有する一次元ハイゼンベルグ反強磁性体について精力的な研究が行われてきた。 $S=1$ の系では、 $\text{Ni}(\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2)_2(\text{ClO}_4)$ が合成され、ハルデンギャップの検証などの研究成果を上げている一方、 $S=2$ の系については現実の系が数少ないためにあまり実験研究が進んでいない。その中で $\text{MnCl}_3(\text{bpy})$ ($\text{bpy}=\text{bipyridine}$) は 30mK まで長距離秩序がないと報告された物質である。

今回、 $\text{MnCl}_3(\text{bpy})$ の単結晶試料を用いた比熱、帯磁率、強磁場磁化、及び ESR 測定を行った。比熱測定では、12 K 付近に小さなピークが見られ長距離磁気秩序していると考えられる。帯磁率は a^* , b , c (鎖方向) 軸の全てで 100 K 付近にブロードなピークが観測され、 b 軸ではさらに 11.5 K に鋭いピークが見られた。磁化は c 軸で 22 T 付近にスピフロップとみられる磁化の跳びが観測され、他の方向では直線的に増加している。1.3 K の ESR 測定の結果は二軸異方性を有する反強磁性共鳴モードで説明できる。これらの実験と解析結果の詳細に関して報告する。

P29

一次元磁性体 $\text{BaCo}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ の強磁場物性

赤木暢^A, 奥谷顕^A, 吉澤大智^A, 桑原英樹^B, 萩原政幸^A

^A大阪大学大学院理学研究科附属先端強磁場科学研究センター, ^B上智大学理工学部

$\text{BaCo}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ は、 CoO_4 四面体が頂点共有し c 軸方向に一次的に連なる結晶構造を持っている。これまでの研究から、 $T_N=21\text{ K}$ において反強磁性磁気転移を示し、 T_N 以下では弱強磁性を示すこともわかっている[1]。また、 T_N における誘電率の異常も観測されており、磁性と誘電性の相関も示唆されている[2]。さらに、8 T 以下の実験では、小さいながらも誘電率の磁場変化が見られることから、マルチフェロイック物質としても期待される。本研究では、 $\text{BaCo}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ の強磁場物性に着目し、パルス強磁場を用いた磁化・電気分極測定を行った。測定には、浮遊帯域溶融法(FZ法)で作成した単結晶試料を結晶軸に沿って切り出したものを使用した。パルス磁場中での温度 4.2 K、 c 軸方向の磁化測定から、10~20 T の磁場範囲に多段の磁気転移が観測された。当日は、パルス磁場中の電気分極測定の結果も合わせ、 $\text{BaCo}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ の強磁場中での物性について報告する。

[1] R. D. Adams, *et al.*, *Inorg. Chem.* **35** 3492 (1996).

[2] M. Akaki *et al.*, *Physica B* **403**, 1505 (2008).

P30

$(\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x)_2\text{CoSi}_2\text{O}_7$ の磁気異方性

青木勇磨, 赤木暢, 吉澤大智, 奥谷顕, 萩原政幸

大阪大学大学院理学研究科附属先端強磁場科学研究センター

オケルマナイト型構造を持つ $\text{Sr}_2\text{CoSi}_2\text{O}_7$ は 7 K で反強磁性転移をし、 ab 面内にスピンの向く容易面型磁気異方性を示す[1]。一方、類似の結晶構造を持つ $\text{Ca}_2\text{CoSi}_2\text{O}_7$ は 5.7 K で同様の反強磁性秩序を示すが、容易面型の磁気異方性が小さい[2]。 $\text{Ca}_2\text{CoSi}_2\text{O}_7$ の磁化過程は、 c 軸方向では 20 T 以上で磁化プラトーを示し、全ての主軸方向で直線的に増加する $\text{Sr}_2\text{CoSi}_2\text{O}_7$ の磁化と異なる振る舞いが観測されている。また、200 K 以下の低温では結晶が $(3\times 3\times 1)$ 超格子構造を示すことが知られている。これらより、二つの化合物の磁気異方性と磁化過程の関係を調べることを目的に、磁気異方性の大きさを制御した $\text{Ca}_2\text{CoSi}_2\text{O}_7$ と $\text{Sr}_2\text{CoSi}_2\text{O}_7$ の混晶系 $(\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x)_2\text{CoSi}_2\text{O}_7$ の単結晶を作成した。当日はパルス強磁場を用いた混晶系単結晶の磁化測定の結果について報告する。

[1] M. Akaki *et al.*, *Physical Review B* **86**, 060413(R) (2012).

[2] M. Akaki *et al.*, *Journal of Physical Society of Japan* **83**, 093704 (2014).

P31

室温マルチフェロイック物質 BiFeO_3 の電気磁気効果

徳永将史^A, 赤木暢^B, 河智史朗^A, 三宅厚志^A, 伊藤利充^C, 桑原英樹^D

^A 東京大学物性研究所, ^B 大阪大学先端強磁場科学研究センター, ^C 産業技術総合研究所, ^D 上智大学

近年数多く発見されたマルチフェロイック物質の中でも、室温で顕著なマルチフェロイック特性を示す BiFeO_3 は基礎物理/応用の両面から最も盛んに研究されてきた。しかし、その根本的な性質である電気磁気効果に関して、これまで正確な評価はなされてこなかった。その最大の原因は結晶におけるマルチドメインの影響である。我々は最近開発されたレーザーダイオード加熱によるフローティングゾーン法で作製された良質単結晶試料に対するパルス強磁場下における精密物性測定を通じて、この物質本来の電気磁気効果を詳細に研究した。その結果、これまで広く知られてきた三方晶の c 軸と平行な電気分極の他に、これと垂直な電気分極が存在することを見いだした。この新しい電気分極は外部磁場印加による磁気ドメインの強制配向過程で変化し、さらに強磁場で起こる磁気相転移点でも変化する。この磁気ドメインと結合した分極成分は外部磁場下で不可逆に変化し、室温における不揮発性メモリ効果を示している。本会ではその詳細について微視的解釈とともに紹介する。

P32

完全三角格子反強磁性体におけるスピнкаイラリティ起源の強誘電性

三田村裕幸^A, 綿貫竜太^B, 金子耕士^C, 小野崎紀道^B, 天羽祐太^B, 橋高俊一郎^A, 小林理気^{AD}, 志村恭通^A, 山本勲^B, 鈴木和也^B, Songxue Chi^D, 榊原俊郎^A

^A 東京大学物性研究所, ^B 横浜国立大学大学院工学研究院, ^C 日本原子力研究開発機構量子ビーム応用研究センター, ^D Quantum Condensed Matter Division, Oak Ridge National Laboratory

我々は完全三角格子反強磁性体 $\text{RbFe}(\text{MoO}_4)_2$ の強誘電性が面内スピнкаイラリティに由来していることを横浜国立大学のパルス磁場実験施設と米国オークリッジ国立研究所の広角中性子散乱実験装置を用いて突き止めた。これは、 120° スピン構造のカイラリティが巨視的物理量に現れた最初の例である。この物質の自発電気分極は三角格子面に垂直な方向 (c 軸) を向くので、三角格子を形成するボンドは全て等価である。また、磁場中での自発分極の振る舞いは川村-宮下による三角格子ハイゼンベルグ反強磁性体のスピнкаイラリティのモデル計算の結果と良く整合する。我々は磁気対称性の議論により、完全三角格子反強磁性体でこのような強誘電性が現れるのは4通りの結晶空間群 ($P-3$, $P-3m1$, $P321$, $P-3c1$) の場合に限定されることも明らかにした。このような強誘電性は従来のマルチフェロイックのモデル (スピнкаレント、 $d-p$ 混成、交換磁歪) で説明できない新しい機構によるものである。

[1] H. Mitamura *et al.*, Phys. Rev. Lett. 113(2014)147202.

P33

低次元反強磁性体 Dioptase の強磁場 $^{63/65}\text{Cu}/^{29}\text{Si}$ -NMR

松井一樹^A, 後藤貴行^A, 藤澤真士^B, 大久保晋^C, 太田仁^C, 佐々木孝彦^D, 淡路智^D, 渡辺和雄^D, 萩原政幸^E
^A上智大理工, ^B東工大低温セ, ^C神戸大理, ^D東北大金研, ^E阪大強磁場

$\text{Cu}_6\text{Si}_6\text{O}_{18} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ は Dioptase と呼ばれる緑色天然鉱物で, $S=1/2$ スピンが結晶学的に三角螺旋配置した系であり, $T_N=15\text{K}$ で反強磁性秩序を示す. これまで中性子回折[1]より, 低磁場での磁気構造は面内は強磁性, 面間は反強磁性と報告されている. また, 磁化容易軸(c 軸)方向におよそ 13T を印加した際に磁化ジャンプが観測されており, さらに, ^{29}Si -NMR においてもスペクトルが 4 本に分裂することが確認され, 高磁場での磁気構造がについて関心が持たれている.

今回我々は, 磁気構造の決定のため, 古典双極子計算を用いて Si-NMR スペクトルについてシミュレーションを行い, 観測されたスペクトルと比較した[2]. その結果, スピン方向はほぼ ab 面内 (a 軸から 84°) に向いていて, 面間は反強磁性的となっているコンベンショナルなスピントロップモデルが妥当であるという結論になった. これは結晶学的な螺旋構造を反映しておらず, 本系において DM 相互作用が無いことと全くコンシステントである.

一方, $^{63/65}\text{Cu}$ -NMR については磁気秩序状態において, 低磁場・高磁場ともに, ゼロシフト付近に強い信号が観測されており, これについてもさらなる議論が必要である.

[1] Belokoneva Phys. Chem. Minerals (2002) **29**; 430.

[2] K. Matsui *et al.* JPS Conf. Proc. **3**, 014011 (2014).

P34

二次元三角格子反強磁性体 Ag_2CrO_2 の強磁場物性

奥谷颯^A, 木田孝則^A, 吉田紘行^B, 萩原政幸^A

^A大阪大学大学院理学研究科附属先端強磁場科学研究センター, ^B北海道大学理学研究科物理学専攻高圧物理学研究室

三角格子反強磁性体 Ag_2CrO_2 は, 金属伝導を示す Ag_2 層と, 磁性を担う Cr^{3+} イオンが三角格子を形成する CrO_2 絶縁層が交互に積層した構造を持つ. 磁化率と比熱測定から, ワイス温度 $\theta_W = -97\text{K}$ と反強磁性的であり, ネール温度 $T_N = 24\text{K}$ で磁気相転移が生じることが知られている. T_N 近傍では電気抵抗に急激な落ち込みが見られることから, 磁性層と伝導層が強く相互作用していることが示唆される[1]. また, 中性子回折実験から, T_N で構造相転移が生じており, T_N 以下での磁気構造は三角格子系でよく見られる 120 度構造ではなく, 部分無秩序を伴った 5 副格子構造であることが明らかとなっている[2]. 今回, 粉末試料を用いてパルス強磁場中で磁化測定を行った. その結果, 35T 付近で磁化曲線にヒステリシスを伴う大きな跳びが観測された. 当日は磁場中での電気抵抗測定などの結果についても報告する予定である.

[1] H. Yoshida *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **80**, 123703 (2011).

[2] M. Matsuda *et al.*, Phys. Rev. B **85**, 144407 (2012).

P35

単結晶 volborthite $\text{Cu}_3\text{V}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ の超強磁場磁化プラトー

山下知大^A, 中村大輔^A, 石川孟^A, 岡本佳比古^B, 広井善二^A, 嶽山正二郎^A

^A 東京大学物性研究所, ^B 名古屋大学大学院工学系研究科

volborthite $\text{Cu}_3\text{V}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ はスピン 1/2 の歪んだカゴメ格子反強磁性体である。粉末試料を用いた 68 T までの誘導法による磁化測定では、4.3 T, 25.6 T, 47 T における磁化ステップと、60 T 付近から始まる 2/5 プラトーが観測されていた[1]。

近年単結晶試料を用いた磁化測定が 75 T まで行われ、30 T 付近から幅広い 1/3 プラトーが観測された[2]。volborthite のスピン間相互作用を表すモデルは複数提唱されているが、この幅広い 1/3 プラトーを説明できるモデルとして、最近接相互作用の一方向を強磁性とし、その方向に反強磁性の次近接相互作用を加えたモデル[3]が有力視されている。

我々は、飽和に至るまでの全磁場誘起相を調べるため、164 T までの超強磁場下におけるファラデー回転測定を試みた。その結果、1/3 プラトーは 164 T においてもまだ続いていることが観測された。

[1] Y. Okamoto *et al.*, Phys. Rev. B **83**, 180407(R) (2011).

[2] 石川孟 他, 日本物理学会第 69 回年次大会 27aAF-8 (2014).

[3] O. Janson *et al.*, Phys. Rev. B **82**, 104434 (2010).

P36

2 次元反強磁性体 $\text{ScCu}_{2/3}\text{V}_{1/3}\text{O}_3$ の強磁場 ESR 測定

吉田翔太^A, 原茂生^B, 櫻井敬博^B, 大久保晋^C, 太田仁^C, Alexei A. Belik^D

^A 神戸大学大学院理学研究科, ^B 神戸大学研究基盤センター, ^C 神戸大学分子フォトサイエンス研究センター, ^D 物質・材料研究機構

低次元磁性体は量子力学的効果が顕著となるため、大変興味を持たれている。最近合成された $\text{ScCu}_{2/3}\text{V}_{1/3}\text{O}_3$ は単斜晶の結晶構造を持ち、 $S=1/2$ を持つ Cu^{2+} が磁性イオンとなっている。 c 軸方向に Sc で隔てられた層状構造となっている。Cu/V は ab 面内で三角格子を作っている。物質名の $\text{Cu}_{2/3}\text{V}_{1/3}$ は三角格子上に作ることが出来る六角格子上に 50% の確率で V^{5+} イオンが存在することを意味する。もしこの六角格子上で正電荷の大きな Cu^{2+} イオン同士がクーロン反発をして、お互いを避け合うとすれば、 Cu^{2+} と V^{5+} は交互に配列し、 ab 面上で Cu^{2+} がハニカム格子を形成するものと考えられる。これまでの磁化率の測定では、 $T_N=33\text{K}$ で磁化率の立ち上がりが観測されており、弱強磁性的な振る舞いを示している。 $\text{ScCu}_{2/3}\text{V}_{1/3}\text{O}_3$ の磁気異方性を調べる目的で粉末試料の強磁場 ESR 測定を行った。測定は 1.8K から 265K の温度、40GHz から 370GHz の周波数範囲で行った。磁場はパルス磁場を用いて最大 16T の範囲で行った。発表では、 g 値の温度変化、 T_N 以下の周波数依存性から異方性について報告する。

P37

希土類スピネル化合物 CdYb_2S_4 の磁場誘起相転移

吉澤大智^A, 木田孝則^A, 中辻知^B, 入谷健資^B, 竹内徹也^C, 萩原政幸^A

^A大阪大学大学院理学研究科附属先端強磁場科学研究センター, ^B東京大学物性研究所, ^C大阪大学低温センター

パイロクロア格子は正四面体が頂点共有したネットワークを持ち、頂点に位置する磁性イオン間に反強磁性的な相互作用が存在する場合には三次元幾何学的フラストレーション系と見なせる。磁気フラストレーションにより特異な磁気構造が発現することから注目されており、特に希土類イオンが磁性を担う場合にはスピンアイス等といった非常に興味深い状態となるため、近年盛んに研究が行われている[1]。

今回、イッテルビウムイオンが磁性を担うスピネル化合物である CdYb_2S_4 (Yb^{3+} がパイロクロア格子を形成、 $T_N=1.8\text{ K}$ [2])の多結晶試料においてパルス磁場中での磁化と電子スピン共鳴(ESR)、定常磁場中での比熱測定を行った。その結果、 $T=1.3\text{ K}$ で $H_1=2.6\text{ T}$, $H_2=7.7\text{ T}$, $H_3=21.5\text{ T}$ で磁気転移と考えられる変化が磁化と ESR で観測された。磁場中比熱測定からも類似した結果が得られた。また、 $T < T_N$ のゼロ磁場比熱と $T < T_N$, $H < H_1$ での主なる ESR 共鳴ブランチがギャップレスな状態を示していることから、この物質の T_N 以下での磁気構造が希土類パイロクロア格子系で予想されている Palmer-Chalker 型あるいは ψ_2 型であると考えられる。当日はこれらの実験結果の詳細について報告する。

[1]A. P. Ramirez *et al.*, Nature **399**, 333 (1999). [2]入谷健資 他, 日本物理学会第 68 回年次大会, 29pXY-8.

P38

フラストレート磁性体 CdCr_2O_4 の強磁場分光測定

澤田祐也^A, 木村尚次郎^A, 渡辺和雄^A, 植田浩明^B

^A東北大学金属材料研究所附属強磁場超伝導材料研究センター, ^B京都大学大学院理学研究科

フラストレート磁性体 CdCr_2O_4 は 7.8 K において常磁性相から磁気秩序相へ格子歪みを伴って磁気転移を示す物質である。中性子散乱実験から、秩序相における磁気構造は波数ベクトル $Q=(0, \delta, 1)$, $\delta \sim 0.09$ で表される非整合ならせんスピン構造であることが示唆されており、さらにこの相において磁場を印加することによって 4 T 付近において小さな磁化の異常が観測されている。今回、この物質の定常強磁場中における可視吸収スペクトル測定から得られた磁化の異常に伴うスペクトル変化の結果について報告する。測定は我々が開発を行った強磁場透過分光装置を用いて行った。ゼロ磁場において測定した吸収スペクトルには、 14100 cm^{-1} 付近にスピン禁制 d-d 遷移ピークを含む複数の吸収ピークが観測された。マグノンの状態密度計算からこれらの吸収ピークをエキシトン励起およびエキシトンとマグノンの同時励起による吸収ピークであると帰属した。吸収スペクトルの磁場変化を測定したところ、 4 T 付近においてエキシトン-マグノン同時励起ピークの強度が著しく減少し、さらにエキシトン励起ピークが複数に分裂する振る舞いが観測された。この変化が、強磁場電子スピン共鳴の結果が示唆する、非整合ならせん構造から単純な整合構造へのスピン構造の変化と対応しているかを検討している。

P39

ペロブスカイト化合物 YCrO_3 の強磁場 ESR 測定

池田将平^A, 原茂生^B, 櫻井敬博^B, 大久保晋^C, 太田仁^C, 桜井裕也^D

^A神戸大学大学院理学研究科, ^B神戸大学研究基盤センター, ^C神戸大学分子フォトサイエンス研究センター, ^D物質・材料研究機構

ペロブスカイト構造を持つ物質は、様々な興味深い物理的現象を示す物質として、近年注目を集めている。例えば TbMnO_3 は 27K で強磁性転移と強誘電性転移を同時に引き起こすマルチフェロイック物質として知られている。そこで我々は同じペロブスカイト構造を持つ YCrO_3 に注目した。

この系は磁性イオン Cr^{3+} ($3d^3, S=3/2$) が、6つの酸素イオンに八面体配位され、ペロブスカイト構造を形成している。誘電率測定と磁化率測定より、470K で強誘電性転移し、140K で弱強磁性を伴った反強磁性転移すると報告されている。しかし、その基底状態の磁性はいまだ明らかになっていない。

そこで、磁気異方性を調べる目的で、周波数帯を 40-720GHz、測定温度範囲は 1.9-265K、そして非破壊型パルスマグネットを用いて最大 35T の強磁場 ESR 測定を行った。1.9K 下での ESR スペクトルでは、大きなゼロ磁場ギャップを持つ粉末パターンの反強磁性共鳴の観測に成功した。詳細は当日報告する。

P40

SrCo_2P_2 およびその置換物質の遍歴電子メタ磁性転移

今井 正樹^A, 道岡 千城^A, 植田 浩明^A, 太田 寛人^B, 松尾 晶^C, 金道 浩一^C, 吉村 一良^A,

^A京都大学大学院理学研究科, ^B東京農工大学工学部, ^C東京大学物性研究所

SrCo_2P_2 は Sr 層と Co_2P_2 層が交互に積層した ThCr_2Si_2 型構造の擬二次元構造の増強されたパウリ常磁体である。磁化率の温度変化 $\chi(T)$ に 25 K と 115 K に 2 つの極大が見られるが磁気秩序は示さない。磁化率の極大は遍歴電子メタ磁性を示す物質でしばしば見られる現象であり、 SrCo_2P_2 の強磁場磁化過程においても 25 T でヒステリシスのない磁化の異常、60 T で一次転移的な遍歴電子メタ磁性転移を示す[1]。我々は本系における量子臨界現象およびメタ磁性の発現機構を明らかにするため SrCo_2P_2 の置換物質を合成し、磁化過程を系統的に調べてきた。Ca 置換により正の化学圧力を加えた $\text{Sr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Co}_2\text{P}_2$ では $x \leq 0.5$ 領域で x の増加に伴いメタ磁性転移磁場が減少した[1]。遍歴電子強磁性体の LaCo_2P_2 との固溶系 $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{Co}_2\text{P}_2$ や強磁性量子臨界点の存在が報告されている固溶系 $\text{SrCo}_2(\text{P}_{1-x}\text{Ge}_x)_2$ [2] では少量の置換によりメタ磁性転移がみられなくなった。このことから本系のメタ磁性転移がキャリア数の変化の影響を受けやすいと言える。発表では上記の固溶系について磁化過程の詳細を示し、本系のメタ磁性転移の発現機構について議論する予定である。

[1] M. Imai *et al.*, Phys. Rev. B **90**, 014407 (2014).[2] S. Jia *et al.*, Nat. Phys., **7**, 207 (2011).

P41

重い電子系超伝導体 CeCu_2Ge_2 の強磁場磁気相図と量子振動

海老原孝雄^A, 杉山優介^A, 鳴海康雄^B, 金道浩一^C, Michael Sutherland^D, Luis Balicas^E,

^A 静岡大学大学院理学研究科, ^B 東北大学金属材料研究所, ^C 東京大学物性研究所, ^D Cambridge University,

^E 米国立強磁場研究所

重い電子系反強磁性体 CeCu_2Ge_2 ($T_N=4.2\text{K}$) は ThCr_2Si_2 型正方晶をもち、7GPa 以上の高圧で超伝導を示すことから、同型結晶構造をもつ重い電子系超伝導体 CeCu_2Si_2 の良い参照物質として知られる。 CeCu_2X_2 (X:Ge, Si) 系では Ge-Si 置換効果および圧力効果の研究が詳細に行われており、置換・圧力磁気相図が完成している。置換・圧力磁気相図において、2つの異なったメカニズム (量子臨界性) に由来した超伝導領域が近接して存在するとの指摘がなされているが、その詳細はよく解っていない。

本研究では、 CeCu_2Ge_2 の純良な単結晶を育成し、強磁場における磁気相図を完成させるとともに、量子臨界点の存在する磁場領域を明らかにした。加えて、磁気相図をもとに反強磁性体相と常磁性相 (磁場誘起強磁性相) での量子振動観測に挑み、常磁性相で量子振動を観測したことを報告する。

P42

希土類金属間化合物 EuPtIn_4 の磁性

名田将人^A, 田原大夢^A, 杉山清寛^A, 木田孝則^A, 池田修悟^B, 萩原政幸^A

^A 大阪大学大学院理学研究科附属先端強磁場科学研究センター, ^B 兵庫県立大学理学部

斜方晶 $Cmcm$ 型結晶構造を持ち、 $T_N=13\text{K}$ で反強磁性転移を示す EuPtIn_4 ^[1] の単結晶試料を In 自己フラックス法で育成して強磁場磁化測定を行った。各主軸方向の磁化率の温度依存性は、40 K 以上でキュリーワイス的な振る舞いを示し、 $H//a$ と $H//c$ においては $T_N=13.2\text{K}$ 以下で磁化率が減少した。しかし、 $H//b$ では磁化率は T_N 以下でほぼ一定で、磁気モーメントが ac 面内に向いていると考えられる。また、 $H//b$ では $T^*=4.4\text{K}$ で磁化率の異常が観測されたが、過去の報告^[1]ほど顕著ではなかった。4.2 K の磁化曲線には磁化の跳びを伴う転移が 3.47 T ($H//a$)、2.65 T ($H//c$) で観測されたが、 $H//b$ では観測されなかった。高磁場側では磁化は線形に上昇し、飽和直前の 14.0 T ($H//a$) と 14.1 T ($H//c$) で僅かな折れ曲がり観測された。磁化は $H//a$ では 15.5 T、 $H//c$ では 16.9 T でほぼ $7\mu_B/\text{f.u.}$ で飽和し、Eu イオンが 2 価である事が確認できた。1.4 K での磁化曲線でも同様の振る舞いが観測された。飽和磁場直前に何らかの磁気転移が観測され、 ac 面内磁場で磁化の跳びを伴う転移が観測されるなど、単純な反強磁性磁気秩序では説明できないことが多い。今後、磁気相図を調べることで磁性状態を解明しようと考えている。

[1] P. Kushwaha *et al.*, Cryst. Growth Des. **14**, 2747 (2014).

P43

重い電子系価数揺動物質 α -Yb(Al,Fe)B₄の価数クロスオーバーと量子臨界現象

久我健太郎^A, 松本洋介^B, 曾根啓太^B, 鈴木慎太郎^B, 中辻 知^B

^A大阪大学大学院理学研究科附属先端強磁場科学研究センター, ^B東京大学物性研究所

重い電子系において、近年、価数の量子臨界点の観点から実験、理論共に精力的に研究が行われている。通常、価数揺動系では、価数ゆらぎにより局在モーメントの遮蔽が促進され、臨界的な振る舞いは抑制される。しかしながら、我々は、 β -YbAlB₄が Yb イオンの価数が 2.75+の価数揺動系でありながら非フェルミ液体や転移温度が 80 mK の超伝導を示すことを発見した。一方、 β -YbAlB₄と同組成で結晶構造が局所的に異なる α -YbAlB₄は、Yb イオンの価数が 2.73+の価数揺動系で、高温では β -YbAlB₄とよく似た物性を示すものの、極低温ではフェルミ液体の性質を示す。硬 X 線光電子分光による価数の測定から、我々は α -YbAlB₄の Al サイトの一部を Fe で置換することにより、1.4%のドーピング量において価数のクロスオーバーを示すことを発見した。その Fe 濃度周辺では、電気抵抗、磁化率、比熱がそれぞれ $\rho \sim T^{1.6}$ 、 $\chi \sim T^{0.5}$ 、 $C/T \sim \log T$ の温度依存性を示し、価数のクロスオーバーに伴い β -YbAlB₄とよく似た量子臨界現象を示すことが分かる。この結果から、 β -YbAlB₄、 α -YbAlB₄における量子臨界現象に、価数の揺らぎが重要であることが分かる。本発表では、 α -YbAlB₄に Fe をドーピングした際の物性の変化について詳細を議論する。

P44

重い電子系化合物 α -YbAl_{1-x}Fe_xB₄の強磁場磁化と価数

寺島拓^A, 松田康弘^A, 嶽山正二郎^A, 近藤晃弘^A, 金道浩一^A, 久我健太郎^B, 鈴木慎太郎^A, 松本洋介^A, 中辻知^A, 河村 直己^C, 水牧 仁一朗^C, 稲見俊哉^D,

^A東京大学物性研究所, ^B大阪大学大学院理学研究科, ^CJASRI, ^D原子力機構

重い電子系 α -YbAl_{1-x}Fe_xB₄は $x=0.014$ において非フェルミ液体性を示し、量子臨界点近傍に位置すると考えられている。現在量子臨界現象に関する 知見は不明であるが、価数揺らぎの重要性が理論的に指摘されており、注目されている。本研究では α -YbAl_{1-x}Fe_xB₄の強磁場磁化測定、及び SPring-8 での強磁場 X 線吸収スペクトル実験から磁場中価数の決定を行った。この結果、 $x=0$ において 4.2 K, 67 T でメタ磁性転移があること、また Fe ドープ系においては低温における特定の磁場で磁化曲線の傾き (dM/dH)に肩構造があり、そのいくつかは Yb 価数の僅かな増加と関連することを見出した。ここから我々は $x=0$ での 67 T の転移を価数転移であることを予想し、その転移磁場が Fe ドープによって低磁場側に変化するのではないかと考えている。

P45

100 テスラ強磁場下での近藤半導体の磁化と電気伝導

寺島拓^A, 松田康弘^A, 中村大輔^A, 嶽山正二郎^A, 近藤晃弘^A, 金道浩一^A, 伊賀文俊^B

^A 東京大学物性研究所, ^B 茨城大理

典型的な近藤半導体である YbB_{12} 、約 55 T で半導体-金属転移を起こし、急激な磁化の増加が観測される。しかし 100 T においても磁化は増加し続け、飽和しない。また、同じく典型的な近藤半導体である SmB_6 においても磁場誘起の半導体-金属転移が期待されるが、実験的に十分明らかになっていない。本研究では一巻きコイル法を用いて、針状に形成した YbB_{12} 単結晶の 120 T までの磁化測定、及び SmB_6 の 120 T までの RF 法を用いた電気伝導度測定を行った。その結果 4.2 K における YbB_{12} の [111] 方向の磁化過程は予想に反して、飽和せずに更なる上昇を示す事がわかった。また SmB_6 は約 90 T から 120 T 程度にかけて電気伝導率の増加を示唆する結果を得たが、これが磁場誘起の半導体-金属転移によるものかどうかは今後のさらなる実験が必要であると考えている。

P46

パルス強磁場から見た近藤半導体 $\text{CeT}_2\text{Al}_{10}$ (T=Ru,Os,Fe) の T サイト置換効果

近藤晃弘^A, 金道浩一^A, 谷田博司^B, 世良正文^B, 西岡孝^C

^A 東京大学物性研究所、^B 広島大学大学院先端物質科学研究科、^C 高知大学理学部

$\text{CeT}_2\text{Al}_{10}$ (T=Ru, Os, Fe) は T=Ru と Os において近藤半導体としては極めて稀な反強磁性転移を示す物質である。この反強磁性秩序は転移温度が約 30 K と Ce 化合物としては比較的高温であることや、磁気モーメントが磁化容易軸の a 軸ではなく c 軸に対して平行に配列するなど、通常の磁性体としては説明困難な点が多く、その起源を巡り現在でも活発な研究が行われている。我々は $\text{CeT}_2\text{Al}_{10}$ における奇妙な相転移に関する知見を得ることを目的として、非破壊パルスマグネットを用いた磁化・磁気抵抗測定を行っている。これまでの研究から、この相転移には a 軸方向に最も強く働く異方的 c - f 混成が極めて重要であることがわかっている[1,2]。そこで、現在は異方的混成の役割をより詳しく調べるため T サイトに関する元素置換効果を主に調べている。本講演では Ru を Fe で置換した系についての強磁場磁化測定の結果を報告し、反強磁性秩序とスピギャップの関係について議論する予定である。

[1] A. Kondo *et al.*, Phys. Rev. B **83** 180415 (2011).

[2] A. Kondo *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **82** 054709 (2013).

● インフォメーション

[インターネットの利用]

キャンパス内無線 LAN の利用をご希望の場合は、受付にてビジター I D の発行を行います。

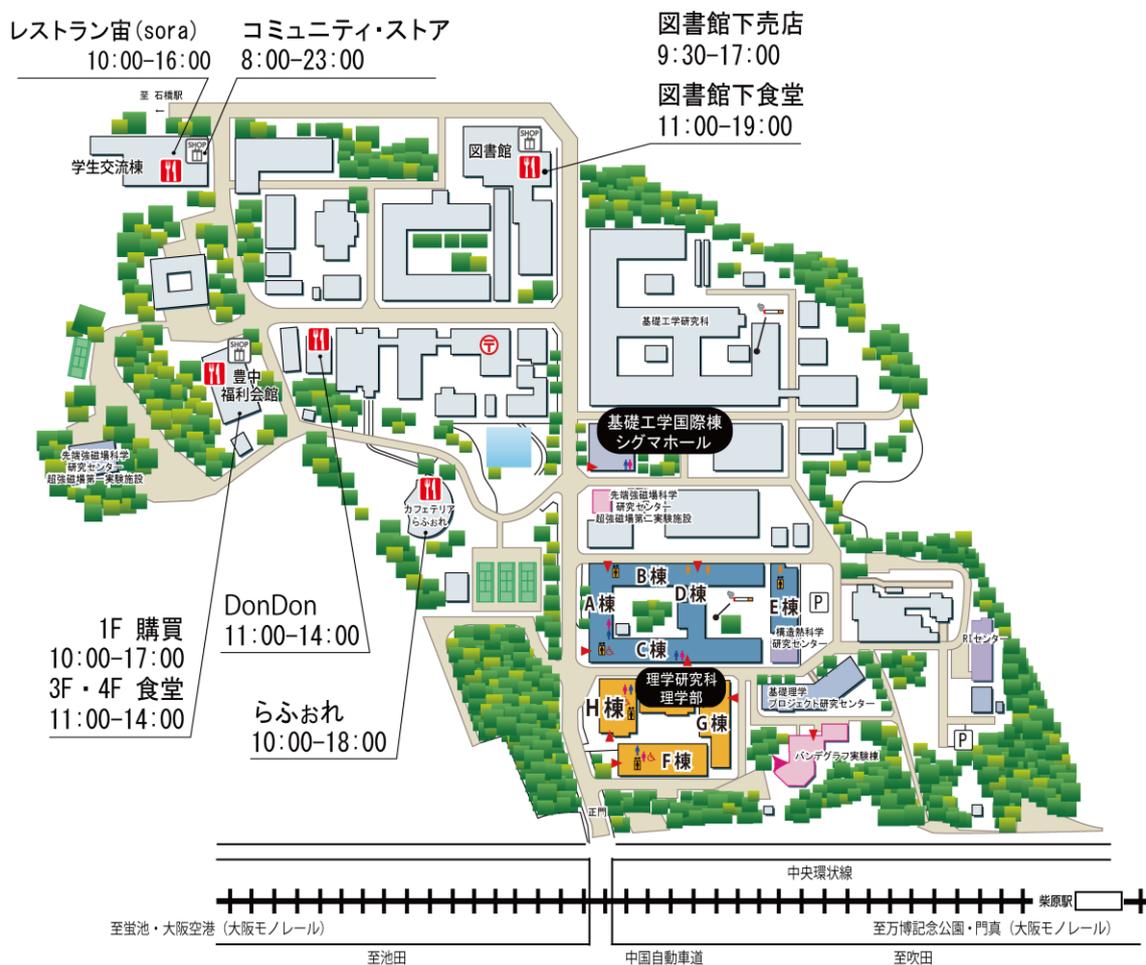
ビジター I D では、Web(http、https)の閲覧・メールの送受信(smtp、pop、imap、submission)・VPN 接続・ssh 接続のサービスが利用可能です。

SSID は「ODINS-VISITOR-1X」もしくは「ODINS-VISITOR-WLAN」をご選択ください。

※eduroam (国際無線 LAN ローミング基盤) の利用も可能です。

[昼食・売店]

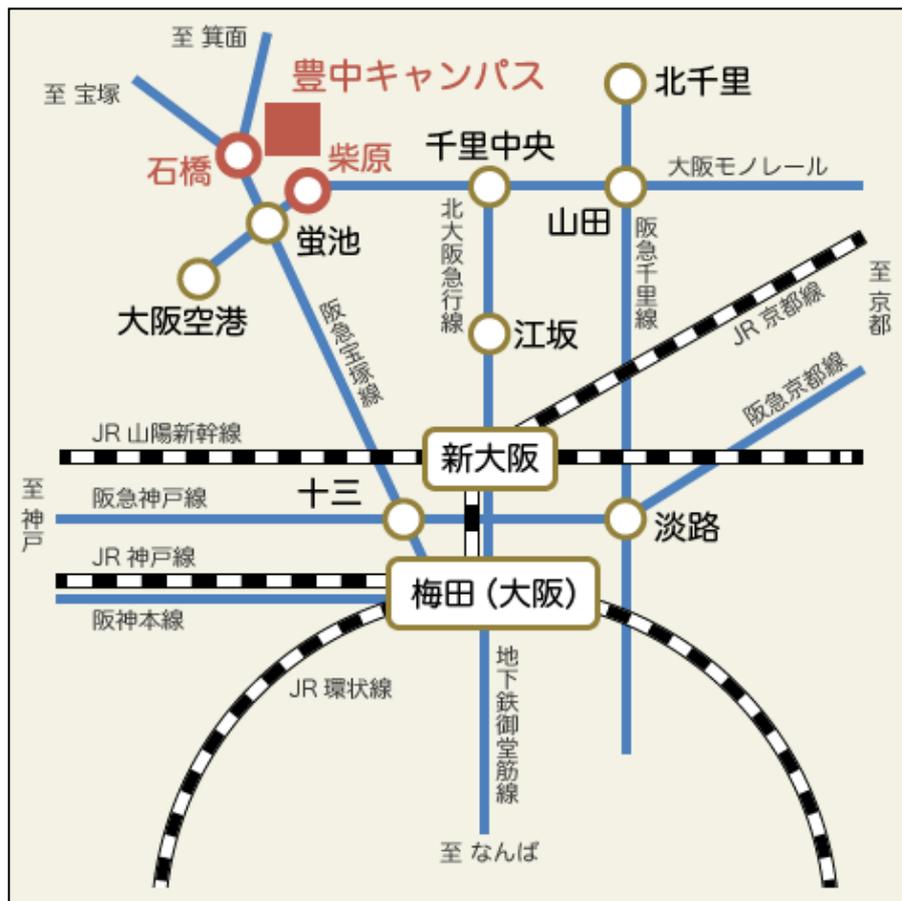
大阪大学豊中キャンパスには、下図に示す場所に食堂・売店がございます。



[喫煙について]

大阪大学では 2015 年 (平成 27 年) 4 月 1 日からのキャンパス内禁煙に向けた取り組みとして、屋外喫煙場所がほぼ廃止されています。喫煙される場合は基礎工学研究科 H 棟南あるいは理学研究科中庭の卒煙支援ブースをご利用ください。

● 交通アクセス



<大阪・梅田から>

阪急電車宝塚線で「石橋」駅下車、徒歩約10～15分（所要時間：約30分）

<新大阪から>

地下鉄御堂筋線で「千里中央」駅のりかえ、大阪モノレールで「柴原」駅下車、徒歩約5～10分（所要時間：約40分）

<大阪（伊丹）空港から>

大阪モノレールで「柴原」駅下車、徒歩約5～10分（所要時間：約15分）

<関西国際空港から>

南海本線で「なんば」駅のりかえ、地下鉄御堂筋線で「千里中央」駅のりかえ、大阪モノレールで「柴原」駅下車、徒歩約5～10分（所要時間：約1時間30分）

あるいは空港リムジンバス・大阪（伊丹）空港行きで「蛍池」下車、大阪モノレールで「柴原」駅下車、徒歩約5～10分（所要時間：約1時間30分）

<タクシーをご利用の場合>

阪急電車「石橋」駅東口改札前タクシー乗場から約10分／大阪（伊丹）空港から約15分

阪急タクシー（06-6864-2321）、池田タクシー（072-761-8464）、相互タクシー（072-761-8460）