
会場 B

領域 3, 7

B-1 D-F5PNN のスピン・パイエルス転移

九大院工^A, 京大人環^B, 東大物性研^C, 岡山大理^D, 福井大工^E, 府大理^F, CEA-Grenoble^G, Univ.J. Fourier^H 稲垣 祐次^A, 酒井尚子^B, 吉田靖雄^C, 神戸高志^D, 藤井裕^E, 細越裕子^F, 河江達也^A, Beatrice Grenier^G, 後藤喬雄^B, Jean-Paul Boucher^H

D-F5PNN は有機ラジカルスピン 1/2 の 1 次元反強磁性体であり、1 K 以下で一様鎖から交替鎖へと格子変形を伴った 1 次相転移を示すことが、Canevet 等による中性子散乱の実験からわかっている [1]。我々はこの試料に対して極低温 0.5K までの磁化測定 [2] と ESR 測定を実施した。磁化測定から得られた磁場-温度相図は、理想的なスピン・パイエルス系に対するそれと酷似しており、低磁場における温度依存性も 2 次転移的に見える。ESR スペクトルも 1 次転移的な相分離の証拠は見られず 2 次転移的である。当日はこれら結果の詳細を紹介し、転移の性質について議論したい。

[1] E. Canevet et al. Phys. Rev. B 82 132404 (2010). [2] 佐藤由昌 他、固体物理 Vol.49 No.5 (2014).

B-2

高圧力下における Nd₂Fe₁₄B 磁石の磁気特性と構造変化

九工大工^A, 福大理^B 中村奈緒美^A, 緒方和馬^A, 柴山慶介^A, 高木精志^A, 美藤正樹^A, 田尻恭之^B

Nd₂Fe₁₄B はその高い磁気特性から、自動車・エアコン・HDD・MRI など、利用範囲は極めて広く、現代社会を支えている。しかし高温での利用については、高価で埋蔵量も少ない Dy の添加が必要であり、Dy フリーでの特性改善は重要な課題である。また、Nd₂Fe₁₄B の結晶構造は hcp 構造であり、その単位格子中には高い充填率で計 64 個 (6 サイト) の Fe を含むことから、高密度の Fe クラスタとみなすことができる。

我々は、この高密度 Fe クラスタの高圧力実験を試み 10 GPa (100 kbar) までの範囲で保磁場 H_c 、飽和磁化 M_s 等の変化を報告したが [1]、結晶性の低下によって原子位置レベルでの構造解析は困難であった。

今回、我々は結晶性の低下が小さい $P = 20$ kbar までの領域で Nd₂Fe₁₄B の精密結晶構造解析を実施し、合わせて磁化測定を行った。図 1 に、室温における H_c の圧力依存性を示すが、2 kbar 以上の領域で H_c は圧力 P に比例して増加している。結晶構造と磁気特性の相関については、当日詳述する。

[1] M. Mito *et al*, J. Appl. Phys. **118**, 145901 (2015).

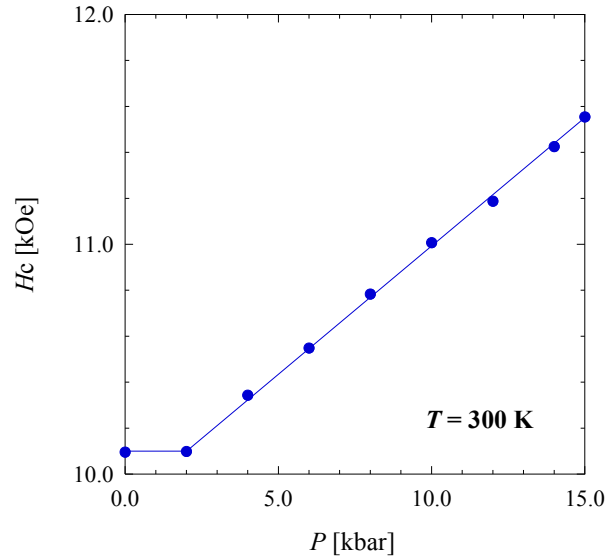


図 1 : 室温での保磁場 H_c の圧力依存性

B-3

高精度高圧力下磁気測定システム SQUID-VCM の開発

九工大院工^A, 阪大リノベ^B 柴山慶介^A, 入江邦彦^A, 高木精志^A, 美藤正樹^A, 石塚守^B

超伝導体の高圧力実験では、ゼロ電気抵抗とマイスナー効果の両方の観測が望まれる。高圧力下の磁気測定については電磁誘導を利用する方法と超伝導量子干渉素子 (SQUID) を用いる測定がある。後者では、SQUID 特有のドリフトをいかに排除するかが問題になる。一方、超高压を求める際、ダイヤモンドアンビルセル (DAC) の使用は不可避であり、SQUID と DAC の融合はさらに技術的な困難さを高める。我々は DAC 中の試料近傍で検出コイルを振動させ、SQUID 電圧の振動成分を抽出する高圧力下磁気測定システム [1] を開発している。図 1 は無加圧状態での H_0 の磁化率の温度依存性を示す。ロックイン検出前の SQUID 電圧 V_{DC} で見られるレンジオーバーによる跳びや 40 K 以上に見えるドリフトは、コイル振動周波数でロックインした後の電圧 V_{VCM} では見られない。当日の講演では 10 GPa までの結果を詳しく報告したい。

[1] M. Ishizuka *et al.*, Rev. Sci. Instrum. **66** (1995) 3307.

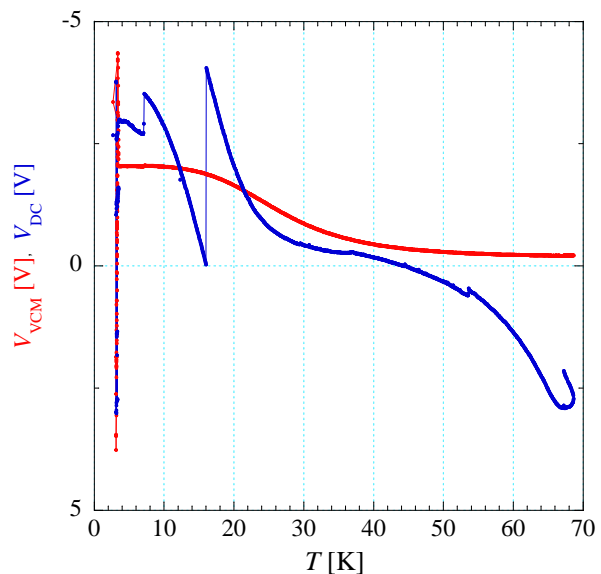
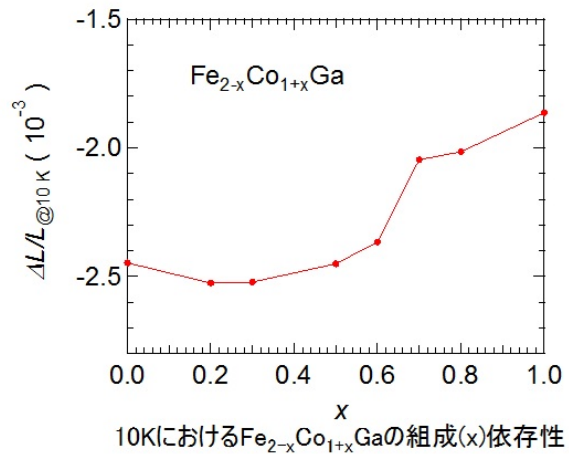


図 1 無加圧状態での H_0 の磁化率の温度変化

B-4 $\text{Fe}_{2-x}\text{Co}_{1+x}\text{Ga}$ の空間対称性と物性

鹿児島大学大学院理工学研究科物理宇宙コース^A, 東京大学物性研^B, 鹿児島大学大学院^C 松隈秀憲^A,
伊藤昌和^A, 上床美也^B, 廣井政彦^A, 重田出^A, 末廣涉^C

Fe 基ホイスラー合金において、Co と Fe の組み合わせた化合物は特に高い T_C が報告されている。 $T_C = 1165 \text{ K}$ を持つ Fe_2CoGa の結晶構造は X 構造と呼ばれ、空間群は $F\bar{4}3m$ である。一方 Co_2FeGa も $T_C = 1060 \text{ K}$ をもつ強磁性体であるが、空間群が $Fm\bar{3}m$ の $L2_1$ 構造と呼ばれる結晶構造で両者の間で空間群が異なっている。今回我々は $\text{Fe}_{2-x}\text{Co}_{1+x}\text{Ga}$ において、 x に対して空間群がどのように変化していくのか、また空間群の違いがこの系の物性にどのような影響を与えるのか調べるため、 x を系統的に変化させた試料を育成した。さらにこれらの系の熱測定を行った。図に 10K における $\text{Fe}_{2-x}\text{Co}_{1+x}\text{Ga}$ の熱膨張 ($\Delta L/L@10\text{K}$) の組成依存性を示す。 $x = 0.7$ 以上で熱膨張の値が上昇していることがわかる。講演では他の熱力学量を x に対して示し議論する。



B-5 Fe-Ga 系の反応とその組織

鹿児島大 理^A, 鹿児島大院 理工^B 萩尾聡明^A, 宮崎泰樹^B, 三井好古^B, 小山佳一^B

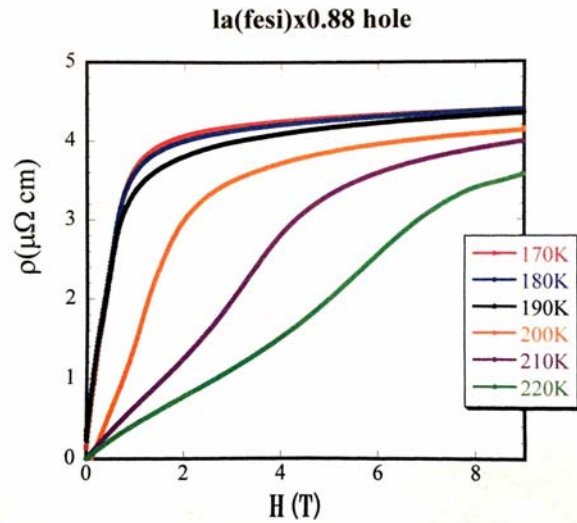
強磁場中における強磁性体の磁気エネルギーの利得は、強磁性体の合成と安定に強く影響する。最近では、 MnBi の固相焼結過程に磁場を印加することで $\text{Bi(solid)} + \text{Mn(solid)} \rightarrow \text{MnBi(solid)}$ の反応が促進され、この反応促進効果は磁気エネルギーの利得が関係していることが報告された [1]。一方、Fe-Ga 系では Ga の融点が低く、磁気エネルギーの利得と速い反応が期待できる。しかし、Fe-Ga の反応について十分な報告がない。本研究では、Fe-Ga 系に着目し、まず、ゼロ磁場における Fe と液体 Ga の反応について明らかにすることを目的とした。アーク溶解し成型した Fe と流体の Ga をアルゴンのガス中で石英管に封入した。その後、試料を室温-300、24 h で熱処理した。X 線回折測定及び EPMA によって合成した相の評価を行う。講演では、ゼロ磁場で得られた Fe-Ga の相、組織について報告する。[1]Y.Mitsui, K.Koyama 他., J.Alloys Comp. 615 (2014) 131

B-6 遍歴電子メタ磁性体 $\text{La}(\text{FexSi}_{1-x})_{13}$ の磁気抵抗

九州大学大学院理学府磁性物理学研究室^A 林田愛希羅^A, 和田裕文^A

遍歴電子メタ磁性体とは、基底状態が常磁性であっても、磁場を加えると強磁性になる遍歴電子磁性体群で、キュリー温度より上の温度で磁場によって強磁性が誘起される場合も含まれる。本研究では $\text{La}(\text{FexSi}_{1-x})_{13}$ ($0.86 < x < 0.90$) に着目した。これまでの報告でこの物質では常磁性状態より強磁性状態のほうが大きな電気抵抗率をもつことがわかっている。これはふつうの強磁性体ではあまり見られない現象で興味深い。われわれはこの物質の磁気抵抗、及びホール抵抗について測定を行っている。試料はアーク炉で溶解し、高温で熱処理して得た。ホール抵抗の測定は4端子法で交流ブリッジを用いて行った。図1は $\text{La}(\text{FexSi}_{1-x})_{13}$ ($X=0.88$) のキュリー温度付近でのホール抵抗率の磁場依存性を示している。170K では最初ホール抵抗率は大きく立ち上がり、そのあと緩やかに増加している。前者は磁化に異常ホール効果であり、後者は強磁性状態での正常ホール効果である。200 K では遍歴電子メタ磁性によるホール抵抗率の

変化が見られた。現在さらに高圧下での測定を進めている。



B-7 MnAlC 磁石の相変化

鹿児島大学 理^A, 鹿児島大学院 理工^B 高永悠大^A, 小林領太^B, 三井好古^B, 廣井政彦^B, 小山佳一^B

MnAl 系合金は強磁性を示す Mn 系合金のうちの一つである。最近、その強磁性相である 相は硬磁性材料として再注目されている。しかし 相は準安定相であり、単相合成が困難である。また、最近では小林らによって、磁場中熱処理で非磁性 相から強磁性 相の生成量が上昇することが報告された。そこで本研究の目的は、磁場中熱処理による磁気特性向上の最適化のため、MnAl に炭素 C を添加した、様々な組成の MnAlC 磁石を作成し、その母合金の結晶構造について明らかにすることである。

$\text{Mn}_x\text{Al}_{100-x}\text{C}_2$ ($x = 48-52$) の割合の母合金はアーク溶解法で作成した。合成した試料は、アルゴンガス中で石英管に封入し 1373K、24h で溶体化処理後、さらに 523K で熱処理した。その後、XRD により結晶構造解析を行った。1373K の溶体化処理では 相の生成が確認された。講演では XRD による $\text{Mn}_x\text{Al}_{100-x}\text{C}_2$ ($x = 48-52$) の結晶構造解析結果について発表する。

B-8

MnCrAlGe の結晶構造と磁気特性

鹿児島大 理^A, 鹿児島大院 理工^B, 東北大 金研^C, 東大 物性研^D 増満勇人^A, 吉永総志^B, 三井好古^B, 梅津理恵^C, 廣井政彦^B, 上床美也^D, 小山佳一^B

正方晶 Cu_2Sb 型である MnAlGe はキュリー温度 $T_C = 517$ K 以下で強磁性を示す物質である。飽和磁化は $M_s = 1.6 \mu_B/\text{f.u.}$ であり、強い一軸磁気異方性を有しているため、磁気記録材料への応用が期待されている。Mn の一部を Cr に置換することでキュリー温度が上昇することが報告されている [1][2]。一方で Mn を全て Cr に置換した CrAlGe は結晶構造が斜方晶 TiSi_2 型である。キュリー温度及び飽和磁化が $T_C = 80$ K, $M_s = 0.45 \mu_B/\text{f.u.}$ と MnAlGe と比べて小さな値を取ることが最近報告された [3]。高いキュリー温度を有する $(\text{Mn,Cr})\text{AlGe}$ の最適化のためには、 $(\text{Mn,Cr})\text{AlGe}$ の磁気相図と安定な結晶構造を明らかにする必要がある。そこで、本研究では、 $\text{Mn}_{1-x}\text{Cr}_x\text{AlGe}$ ($0 \leq x \leq 1.0$) 合金を作製し、結晶構造と磁気特性を評価する。

図 1 に、種々の組成の $\text{Mn}_{1-x}\text{Cr}_x\text{AlGe}$ の粉末 X 線回折パターンを示す。 $x \leq 0.7$ では Cu_2Sb 型構造の単相が得られた。また、 $x = 0.9$ では TiSi_2 型構造単相となった。以上の結果から、 $\text{Mn}_{1-x}\text{Cr}_x\text{AlGe}$ では、 $x \leq 0.7$ という幅広い組成範囲

で、 Cu_2Sb 型構造が安定であることを明らかにした。

[1]H. Ido et al., *J.Appl. Phys*55, 2365 (1984)

[2]R. Y. Umetsu et al., *IEEE Trans. Magn.* 11, 1001904 (2014)

[3]S. YoShinaga et al., *Phys. Proc*, 75, 918-925 (2015)

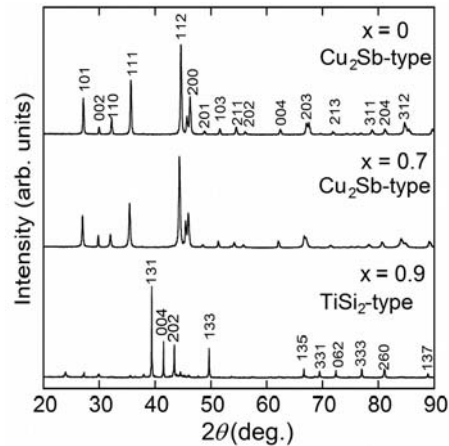


図1: $\text{Mn}_{1-x}\text{Cr}_x\text{AlGe}$ の粉末 X 線回折パターン

B-9

反強磁性体 CoO のマグノン・ラマン分光測定

九大理^A, 立命館大理工^B 土田孝三^A, 佐藤琢哉^A, 藤井康裕^B, 是枝聡肇^B

光によって読み書きを行う高速磁気スイッチングデバイスの実現にとって、光により高速なマグノンの誘起・観測を行える反強磁性体は重要な研究対象である。反強磁性体 CoO は軌道角運動量が消失していないため、最も高い $k=0$ マグノン周波数を持つことが知られている [1]。応用上、 CoO に光を当てた時にどのようなマグノン振動モードが起こるかを知らることが重要である。そこで我々は、 CoO の顕微ラマン偏光角分解測定 [2] を行い、2 種類の単一磁区 (TG, LG) でのラマンスペクトルを得た。ここで TG と LG とは、サンプル表面のドメイン磁化が面内に寝ている磁区と面直に立っている磁区を表す。4.4 THz と 8.9 THz のマグノンモードが観測された。対称性の議論から、4.4 THz を 2 の振動モードとアサインした。この考察は、H-h. Chou らによる先行研究の議論と反するものであった。発表では、 CoO 結晶の対称性に関する議論をより深める。

[1] H-h. Chou and H. Y. Fan, *Phys. Rev. B* 13, 3924 (1975) [2] 藤井康裕等, *日本結晶学会誌*, 57, 286 (2015)

B-10

希土類鉄ガーネットにおけるスピン波伝播

九大理^A 姫野滉盛^A, 松本慧大^A, 佐藤琢哉^A

我々はスピン波の制御・観測^[1]を行うために、ポンプ・プローブ磁気光学時間分解イメージングシステムを構築した。まず、厚さ $100\ \mu\text{m}$ のフェリ磁性絶縁体 $\text{Gd}_{4/3}\text{Yb}_{2/3}\text{BiFe}_5\text{O}_{12}$ 単結晶に、面内方向に磁場を $1\ \text{kOe}$ を印加し、中心波長 $1300\ \text{nm}$ のポンプ光を集光して ($20\ \text{mJ}/\text{cm}^2$) を入射させる。また、これと同時に中心波長 $800\ \text{nm}$ のプローブ光をサンプルに試料に入射させ、透過光を CMOS カメラで検出する。各ピクセルから得られる強度データから、ファラデー回転量を算出してイメージングした結果、偏光面の回転角の分解能が $10\ \text{mdeg}$ 程度となった。さらに、ポンプ光スポット位置において、Fe-Gd の交換共鳴モード^[2] が測定され、講演ではこれらに関して報告する。

[1] T. Satoh et al., Nature Photonics **6**, 662 (2012).

[2] S. Parchenko, et al., Appl. Phys. Lett. **103**, 172402-

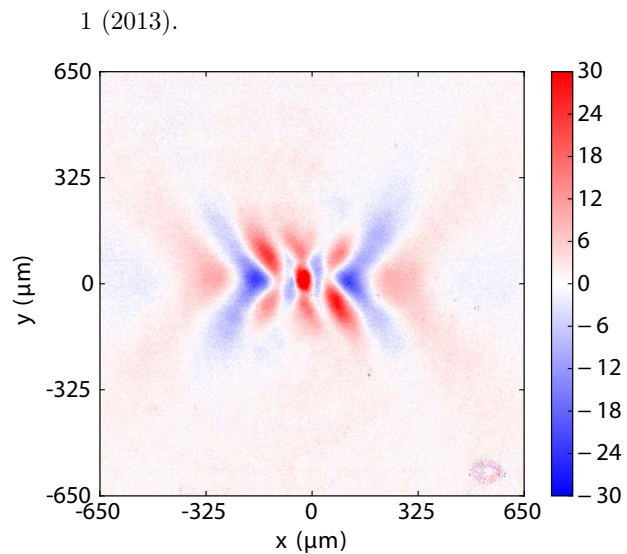


図1 $t = 2\ \text{ns}$ におけるスピン波伝播の様子

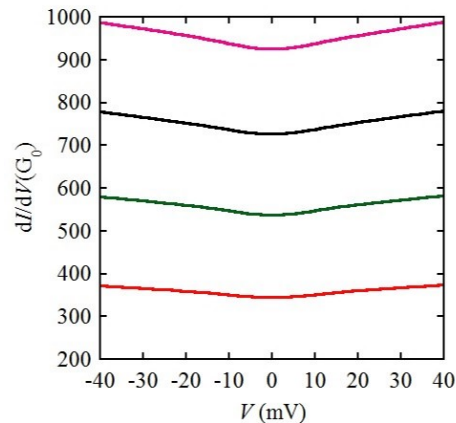
B-11

点接合分光法を用いた Cr の電子状態測定

九大工^A, 九大院工^B 植嶋玄^A, 志賀雅巨^B, 稲垣祐次^B, 河江達也^B

クロムはネール温度 $T_N = 312\ \text{K}$ 以下で伝導電子によりスピン密度波が形成されており、金属の中で非常に異常な性質を示す。そのため、クロムの微分伝導度 (dI/dV) の非整合スピン密度波の影響が研究されており、大変興味深い。このとき、ギャップエネルギーよりも小さい電圧で抵抗率の大幅な増加を示すことが分かっている^[1]。今回は、クロム/タングステン界面において、点接合分光法を用いてクロムの電子状態の測定を行った。点接合分光法とは高エネルギーを持つ弾道電子を使って準粒子の状態密度などを見積もることのできる手法である。今回、 $2 \sim 40\ \text{K}$ の温度範囲において微分伝導度 (dI/dV) だけでなく、より詳細に調べるために二次導関数 d^2I/dV^2 を測定した。図1にサイズ依存の結果を示す。電圧の低下とともに、抵抗が増加するという他の金属では見られない異常な挙動を示している。また、二次導関数 d^2I/dV^2 のピーク場所は一致

しており、サイズ変化による信号の形の変化はない。これは、クロムの持つスピン密度波に起因するためであると考えられる。当日は温度依存のグラフを交えて、詳細な説明を行いたい。^[1] H.Meekes, Phys. Rev. B **38**, 5924 (1988)



B-12

超伝導体/重い電子系物質 CeB₆ 界面における微分伝導度測定

九大院工^A, 九大工^B, 茨城大理^C 志賀雅巨^A, 植嶋玄^B, 稲垣祐次^A, 伊賀文俊^C, 河江達也^A

超伝導体の界面ではアンドレーフ反射という現象が起こる。これは超伝導体へ電子が入射する時にクーパ対の形成のためホールが反射されることである。BTKモデルによると超伝導体/金属界面でのアンドレーフ反射の確率は、界面での電子の散乱だけでなく超伝導体と金属のフェルミ速度の差により抑制されることを予想しており、重い電子系超伝導体/金属界面では実験においても観測されている [1]。今回は超伝導体/CeB₆ 界面での微分伝導度を測定し通常の金属との違いを観測することを目指した。CeB₆ は近藤温度 $T = 5 \text{ K} \sim 10 \text{ K}$ を持ち、低温において重い電子を形成する物質である。図1に Nb/CeB₆ 界面での微分伝導度の接触抵抗依存性の結果を示す。接触抵抗が大きいとき、BTKモデルで予想されるようなアンドレーフ反射の抑制された信号が観測された。さらに接触抵抗を小さくすると、ゼロバイアスにおけるピーク構

造を観測することができたこれは通常の超伝導体/金属界面での現象は説明できない。当日はより詳細な実験結果を示したい。[1]W. K. Park et al., Phys. Rev. B 72 (2005) 052509.

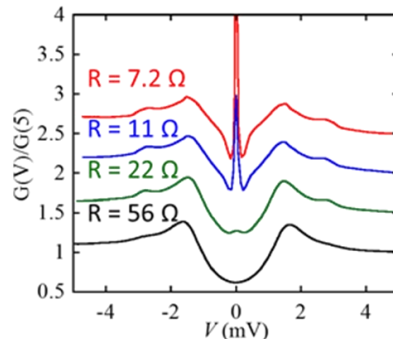


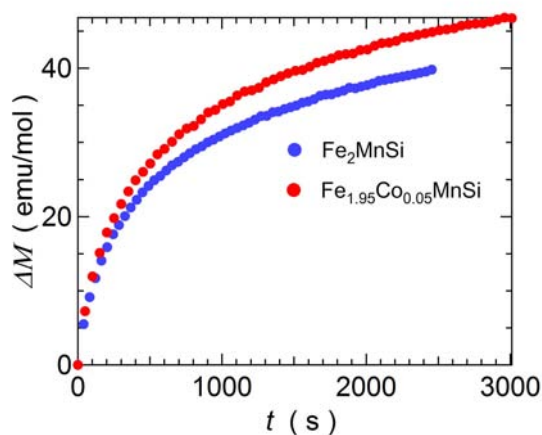
図1 Nb/CeB₆界面での微分伝導度の接触抵抗依存性 ($T = 1.5 \text{ K}$)

B-13

ホイスラー化合物 Fe_{2-x}Co_xMnSi の低温物性

鹿児島大学理工学研究科^A, 東京大学物性研^B 平敦志^A, 恩田圭二郎^A, 上床義也^B, 近藤晃弘^B, 金道浩一^B, 伊藤昌和^A, 重田出^A, 廣井政彦^A

ホイスラー化合物 Fe_{2-x}Co_xMnSi はハーフメタル性を示す強磁性材料として注目されている。この化合物は Fe-rich 領域において低温で反強磁性的な相転移をおこすことが知られており、さらに磁場冷却と無磁場冷却で磁化に差が生じる [1]。しかしながら、低温相における詳しい知見が得られていない。本研究では、Fe_{2-x}Co_xMnSi の低温物性を調べるため、比熱、磁化、熱膨張、および電気抵抗測定を行った。図に 300 Oe の磁場をかけた状態での Fe₂MnSi と Fe_{1.95}Co_{0.05}MnSi の磁化の時間依存性を示す。両者ともに時間経過によって、磁化が増加する磁気余効が確認できた。本学会では、これらの結果と考察について議論する。[1] Harsh Bhatt, M. D. Mukadam, S. S. Meena, and S. M. Yusuf, AIP Conference Proceedings 1665, 130048-3 2015.



Fe₂MnSi と Fe_{1.95}Co_{0.05}MnSi の磁化の時間依存性

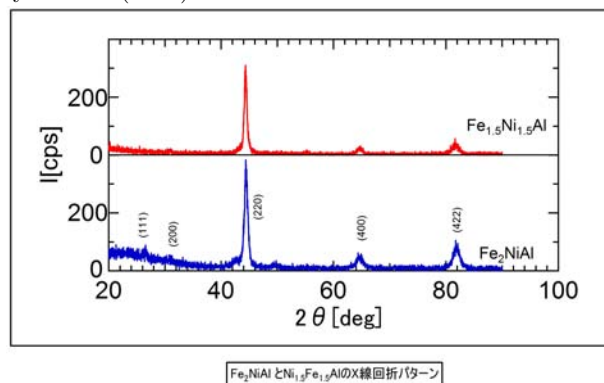
B-14

ホイスラー化合物 $\text{Fe}_2\text{Ni}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Al}$ の物性

鹿児島大学大学院理工学研究科^A 園田一貴^A, 伊藤昌和^A, 廣井政彦^A, 重田出^A, 松隈秀憲^A

ホイスラー合金は、強磁性形状記憶効果やハーフメタル特性といった現象を示すことから注目を集めている物質群である。通常のフルホイスラー化合物は L_{21} 構造 (空間群 $Fm-3m$) をもっているが、最近では $F-43m$ の空間群をもつフルホイスラーも確認されており、 Fe_2NiAl の空間群は $F-43m$ をもつことが知られている。[1] 本研究は空間群 $Fm-3m$ である Ni_2FeAl と、 Ni と Fe を置換することによる空間群の変化によって低温物性への影響を調べることを目的としている。物質はアーク溶解法により作製した。右図は作製した Fe_2NiAl と $\text{Ni}_{1.5}\text{Fe}_{1.5}\text{Al}$ の X 線回折パターンである。両方ともホイスラー構造をもっており格子定数はそれぞれ 5.7612 (Fe_2NiAl) と 5.7182 ($\text{Ni}_{1.5}\text{Fe}_{1.5}\text{Al}$) であった。[1] Di-

nesh C. Gupta, Idris Hamid Bhat Materials Chemistry and Physics 146 (2014) 303e312



B-16

$-(\text{BEDT-TTF})_2\text{I}_3$ の強束縛モデルによる磁場中のエネルギーと量子ホール効果と磁化

熊本大学教育^A, 兵庫県立大物質理学^B 岸木敬太^A, 長谷川泰正^B

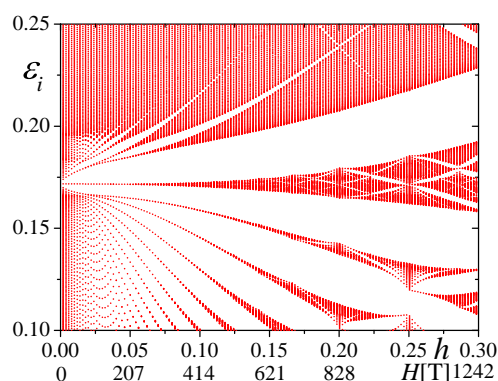
擬二次元有機導体の $\alpha-(\text{BEDT-TTF})_2\text{I}_3$ のフェルミエネルギー近傍では、コーン形のエネルギーバンドが点で接する質量ゼロのディラック粒子が現れる。 (BEDT-TTF) は bis-ethylene-dithia-tetra-thia-fulvalene の略である。

質量ゼロのディラックとしてよく知られているグラフェンとは異なり $\alpha-(\text{BEDT-TTF})_2\text{I}_3$ では、コーンが傾いている。また、 $\alpha-(\text{BEDT-TTF})_2\text{I}_3$ のランダウ準位はグラフェンと同様に \sqrt{H} に比例することが知られている。しかしながら、このランダウ準位は、フェルミエネルギー近傍の状態のみを考慮する近似から得られている。そのような近似では、ランダウ準位の広がりやエネルギーの正確な磁場依存性などを扱うことができない。一方、強束縛モデルを使えば数値的にはあるが、エネルギー全体について、磁場中の固有状態を計算することができる。以前、ハチの巣格子 [1] や正方格子 [2] の強束縛モデルを使い、量子ホール効果や磁化について近似理論では出現しない結果を示している。

場中のエネルギーを計算した。図は計算から得られたフェルミエネルギー近傍のエネルギーの磁場依存である。さらに、量子ホール効果、磁化などを計算し、フェルミエネルギー近傍の近似計算と比較する。また、グラフェンの量子ホール効果、磁化とも比較を行う。

[1] K. Kishigi and Y. Hasegawa, PRB **90**, 085427 (2014).

[2] K. Kishigi and Y. Hasegawa, PRB **94**, 085405 (2016).



本研究では強束縛モデルを使い、 $\alpha-(\text{BEDT-TTF})_2\text{I}_3$ の磁

B-17

Co 基ホイスラー合金 $\text{Co}_2\text{TiGa}_{1-x}\text{Sn}_x$ の磁化の圧力効果とスピン分極率

鹿児島大学大学院理工学研究科物理・宇宙専攻^A, 東北大学金属材料研究所^B, 京都工芸繊維大学大学院電子システム工学専攻^C, 東北学院大学工学総合研究所^D, 東京大学物性研究所^E 大岡隆太郎^A, 藤本祐太郎^A, 重田出^A, 梅津理恵^B, 三浦良雄^C, 野村明子^B, 湯蓋邦夫^B, 鹿又武^D, 上床美也^E, 廣井政彦^A

スピントロニクス素子の性能向上に必要な不可欠な機能性材料としてハーフメタルが注目されており, 多数の Co 基ホイスラー合金でハーフメタル特性を有することが理論的に予想されている [1]。さらに近年, ホイスラー合金 Co_2VGa の自発磁化 M_s が圧力 p に依存しないことが報告された [2]。そこで本研究では, Co 基ホイスラー合金 $\text{Co}_2\text{TiGa}_{1-x}\text{Sn}_x$ に注目し, 磁化の圧力効果とスピン分極率の組成依存性についての研究を行った。7.5 K での Co_2TiSn と Co_2TiGa の圧力下磁化測定から, dM_s/dp の値がそれぞれ $0.0 \mu_B/\text{f.u.} \cdot \text{GPa}$ と $-1.4 \times 10^{-2} \mu_B/\text{f.u.} \cdot \text{GPa}$ と見積もられた。 Co_2TiSn の実験結果は, ハーフメタル特性を示す第一原理バンド計算と一致した。また, Co_2TiSn の微分コンダクタンスの解析結果を図 1 に示す。 Co_2TiSn の本質的なスピン分極率 P_{int} は $58 \pm 2\%$ と見積もられた。さらに, Ga の増加とともに P_{int} は減少するものの, Co_2TiGa の P_{int} は $56 \pm 1\%$ と比較的高

い値を維持することが明らかになった。

[1] Y. Miura *et al.*, J. Appl. Phys. **99**, 08J112 (2006).

[2] T. Kanomata *et al.*, Phys. Rev. B **82**, 144415 (2010).

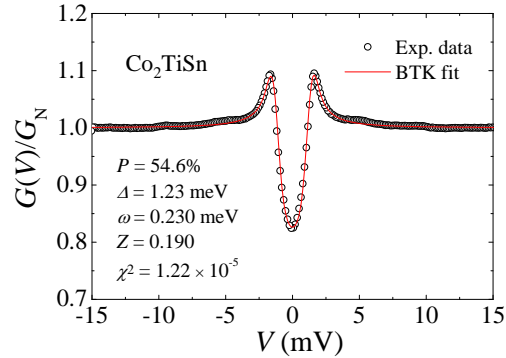


図1. Co_2TiSn の微分コンダクタンスの解析結果。

B-18

Magnetic and Structural Properties of $\text{Mn}_{1.9}\text{Fe}_{0.1}\text{Sb}_{0.9}\text{Sn}_{0.1}$

Graduate School of Science and Engineering^A, Institute for Material Research, Tohoku^B, Institute for Solid State Physics, The U^C Adline N. Nwodo^A, Ryota Kobayashi^A, Taoto Wakamori^A, Yoshihiro Matsumoto^A, Yoshifuru Mitsui^A, Masahiko Hiroi^A, Kohki Takahashi^B, Yoshiya Uwatoko^C, Keiichi Koyama^A

The high-field x-ray diffraction measurements were carried out for $\text{Mn}_{1.9}\text{Fe}_{0.1}\text{Sb}_{0.9}\text{Sn}_{0.1}$ in fields 0H up to 5T. The saturation magnetization at 10 K was determined to be $38.9 \text{ Am}^2/\text{kg}$ (38.9 emu/g). The compound undergoes magnetic transition from ferromagnetic to paramagnetic with lattice parameters a and c estimated to be 0.4068 nm and 0.6549 nm respectively at $T_t = 285 \text{ K}$ with thermal hysteresis of 320K . The temperature dependence of a and c showed a normal thermal contraction without discontinuous changes due to a structural transformation. The thermal expansion coefficients of a and c were estimated to be $4.4 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ and $1.7 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ in $T = 285\text{-}300 \text{ K}$, respectively. The results show that the x-ray powder diffraction measurements in high magnetic fields and at high temperatures are useful materials for research.

B-19

八ニカム格子磁性体 α -RuCl₃ の磁気秩序

佐大院工^A, KEK 物構研^B, 東工大理^C 山内一宏^A, 平石雅俊^B, 岡部博孝^B, 竹下聡史^B, 幸田章宏^B, 小嶋健児^B, 門野良典^B, 田中秀数^C

キタエフ-ハイゼンベルグ (KH) 模型と呼ばれるスピン 1/2 の八ニカム格子スピン模型は、最隣接スピン間に働く異方的なキタエフ型相互作用と等方的なハイゼンベルグ型相互作用の大きさに依存して、多彩な磁気秩序やスピン液体相など興味深い基底状態を示すことが知られている。最近、KH 模型のモデル物質候補として、八ニカム格子磁性体 α -RuCl₃ が注目を集めている。この物質は、Ru³⁺(4d⁵) が作る二次元八ニカム格子面を有し、スピン軌道相互作用に起因して Ru の有効スピンの $J_{\text{eff}} = 1/2$ で表されると考えられている。また、低温で反強磁性磁気秩序を示すことが実験で明らかにされている。

我々は、この磁気秩序相の詳細を明らかにするため、単結晶を用いてミュオンスピン回転 / 緩和 (μ SR) 実験を行った。 μ SR 実験では、物質中にミュオンと呼ばれる電子の 1/200 の磁気モーメントを持つ粒子を打ち込み、自発磁化がミュオンサイトに作る内部磁場を観測する。我々は、 μ SR 法を用いて自発磁化の臨界指数 β を見積もり、この系の磁気秩序転移が三次元系のユニバーサリティクラスに属していることを明らかにした。また、ミュオンナイトシフト測定と第一原理計算から、ミュオンサイトが積層している八ニカム格子面の面間にあることを明らかにした。中性子回折から提案された 2 種類の磁気構造を仮定して、ミュオンサイトにおける内部磁場を計算し実験と比較したところ、スピン構造が変調型ジグザグスピン構造であることが明らかになった。

B-20

Co ドープ ZnO ナノ粒子とノンドープ ZnO ナノ粒子の混合体の磁性

佐賀大院工^A, 九大院工^B, 台湾 NSRRRC^C, 熊大院自然^D, 理研^E 安敏志^A, 稲垣祐次^B, 河江達也^B, 石井啓文^C, Yen-Fa Liao^C, 木田徹也^D, 南任真史^E, 石渡洋一^A

磁性イオンをドープした酸化物の薄膜やナノ粒子では、その多くで室温強磁性が示される。また、磁性イオンをドープしない場合であっても、酸化物の薄膜やナノ粒子では磁化の値は小さいながら室温強磁性が示される場合がある。CeO₂ ナノ粒子はその一つの例であるが、最近の研究で、別の非磁性の微粒子と混ぜ合わせたときにその強磁性が著しく減少することが示された [1]。この結果は、孤立した CeO₂ ナノ粒子は磁性を示さず、ある特定の大きさの集合体になったときに磁性が現れることを示している。我々は磁性イオンをドープした酸化物で現れる強磁性についても同様の現象が起きるかに興味があり、Co ドープ ZnO ナノ粒子を用いて実験を進めている。図は我々が合成したサンプルの室温の磁化測定の結果である。ノンドープサンプルは非磁性であるが、Co ドープサンプルは強磁性が現れている。講演では、これら 2 つを混合したときの磁性の変化について報告する。

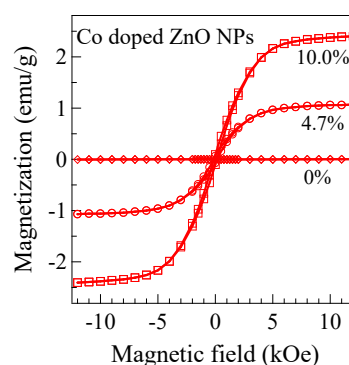


図 : Co ドープ ZnO ナノ粒子の室温における磁化曲線

[1] M. Coey *et al.*, Nature Physics, 12, 694 (2016).