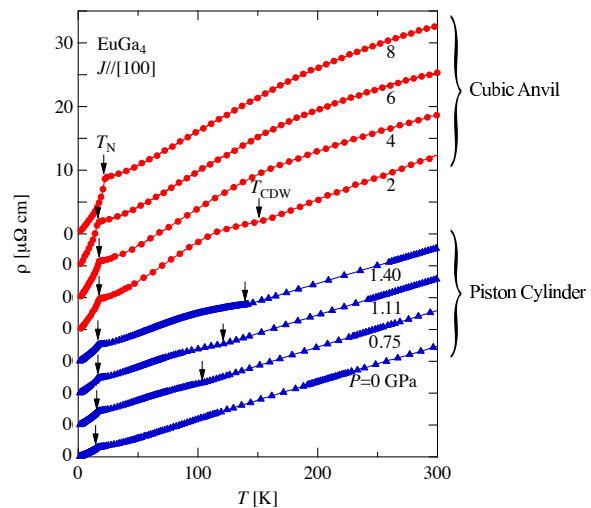


### G-1 EuGa<sub>4</sub> の電子状態と圧力下輸送特性

琉球大院理工<sup>A</sup>, 琉球大理<sup>B</sup>, 阪大院理<sup>C</sup>, 阪大院基礎工<sup>D</sup>, 阪大低温セ<sup>E</sup>, 阪大極限セ<sup>F</sup>, 新潟大理<sup>G</sup>, 東大物性研<sup>H</sup> 仲村愛<sup>A</sup>, 平仲裕一<sup>A</sup>, 立津慶幸<sup>A</sup>, 眞榮平孝裕<sup>B</sup>, 辺土正人<sup>B</sup>, 仲間隆男<sup>B</sup>, 広瀬雄介<sup>C</sup>, 石田一裕<sup>C</sup>, 森晶宣<sup>C</sup>, 三田村勝哉<sup>C</sup>, 本多史憲<sup>D</sup>, 竹内徹也<sup>E</sup>, 杉山清寛<sup>C</sup>, 荻原政幸<sup>F</sup>, 摂待力生<sup>G</sup>, 松林和幸<sup>H</sup>, 上床美也<sup>H</sup>, 大貫惇睦<sup>B</sup>

体心正方晶の BaAl<sub>4</sub> 型 (空間群  $I4/mmm$ ) 結晶構造の EuGa<sub>4</sub> について, その電子状態を明らかにするため, ドハース・ファンアルフェン (dHvA) 効果と圧力下の電気抵抗と熱電能の測定を行った. 図に,  $J//[100]$  の 8 GPa までの圧力中における電気抵抗の温度依存を示す. 電気抵抗は, 温度下降とともに直線的に減少し, ネール点  $T_N = 16$  K でさらに急激な減少を示す.  $RRR = 300$  以上の純良な単結晶試料である. 圧力を加えると, ネール点は小さな変化で 8 GPa まで直線的に増大する. ところが, 1 GPa 付近で肩構造が  $T_N \simeq 100$  K から出現し, 2 GPa で約 150 K, 4 GPa で室温まで増大する. これは EuGa<sub>4</sub> の特異な形状を持つフェルミ面

のネスティングによる CDW の発生と思われる.

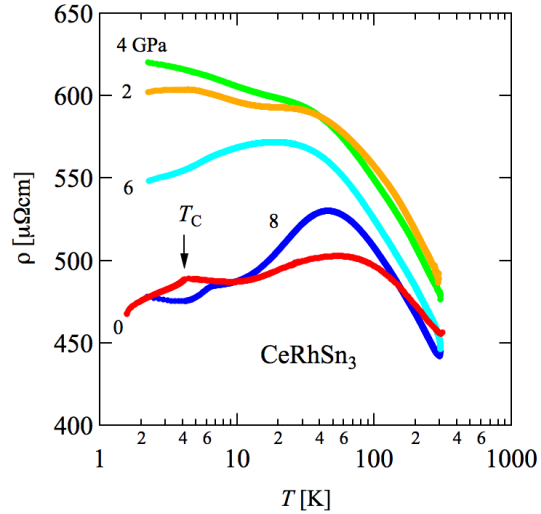


## G-2 CeRhSn<sub>3</sub> の高圧下輸送特性

琉球大理<sup>A</sup>, 東大物性研<sup>B</sup> 渡部晋太郎<sup>A</sup>, 平川先太郎<sup>A</sup>, 照屋淳志<sup>A</sup>, 竹田政貴<sup>A</sup>, 高江洲義尚<sup>A</sup>, 辺土正人<sup>A</sup>, 仲間隆男<sup>A</sup>, 松林和幸<sup>B</sup>, 上床美也<sup>B</sup>

立方晶 CeRhSn<sub>3</sub> は2つの Ce サイトを持ち、充填スクッテルダイト構造に類似の構造を持っている。帯磁率から見積もった Ce の有効磁気モーメントは 2.23  $\mu_B$  で、ほぼ Ce<sup>3+</sup> に近い状態であった。常圧で約 4 K に強磁性転移があり、さらに 0.9 K にも磁気転移があると報告されている。電子比熱係数  $\gamma$  は 122 mJ/mol K<sup>2</sup> と見積もられ、重い電子系物質であると考えられる。今回、我々は 2.2 GPa までの熱電能  $S$ , 8 GPa までの電気抵抗率  $\rho$  の測定を行った。低温における熱電能の温度係数  $S/T$  は 2 GPa まで、 $-0.12 \mu V/K^2$  のほぼ一定の値となり、電子状態は加圧によって変わらないと考えられる。右図に  $\rho$  の測定結果を示す。残留抵抗は、加圧によって 2 GPa まで大きく上昇し、4 GPa で最大値をとったのちに減少する。これは加圧によって

磁気臨界点を通過したためであると考えられる。



## G-3 マルチフェロイック物質 DyMn<sub>2</sub>O<sub>5</sub> のナノ粒子における磁気サイズ効果

九工大工<sup>A</sup>, 福岡大理<sup>B</sup> 安藤裕規<sup>A</sup>, 新納健<sup>A</sup>, 宮園飛鳥<sup>A</sup>, 出口博之<sup>A</sup>, 美藤正樹<sup>A</sup>, 高木精志<sup>A</sup>, 田尻恭之<sup>B</sup>, 香野淳<sup>B</sup>

マンガン酸化物 DyMn<sub>2</sub>O<sub>5</sub> は反強磁性と強誘電性を併せ持つマルチフェロイック物質として精力的に研究が行われており、巨大な電気磁気効果を発現することでデバイス応用に注目されている。この物質は 42K で Mn<sup>3+</sup>モーメント, Mn<sup>4+</sup>モーメントが長距離反強磁性秩序を起こし、8K で Dy<sup>3+</sup>モーメントが秩序するが、その磁気構造は複雑なものとなる。現在までバルクの磁性・誘電性の研究は数多くなされているが、ナノ粒子を対象とした研究の報告はほとんどない。DyMn<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ナノ粒子におけるサイズ効果に興味を持ち、10nm 径前後のナノ粒子をメソ多孔体の細孔中で作成し、それらの磁性を調べたので報告する。図1に直流磁化率より求めたネール温度  $T_N$ , キュリーワイス温度  $\theta_w$  の粒径依存を示す。図のように  $T_N$  にはサイズ依存がない。一方  $\theta_w$

は、正の値からサイズが増加するとバルクでの負の値へと向かって変化していく。その他の測定結果と以前に発表した DyMnO<sub>3</sub> ナノ粒子の磁性のサイズ依存と比較して報告する。

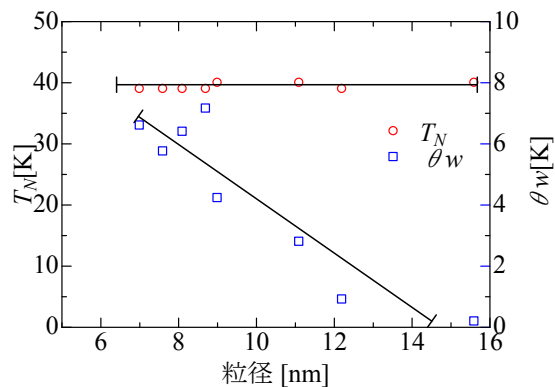


図1 ネール温度  $T_N$ , キュリーワイス温度  $\theta_w$  の粒径依存

## G-4 YBCO 超伝導セラミクスにおける線形・非線形抵抗測定

九工大工<sup>A</sup>, 京大工織大基盤科学<sup>B</sup>, 徳島大総合科学<sup>C</sup> 吉田英志<sup>A</sup>, 佐々木悠太<sup>A</sup>, 木太久遼<sup>A</sup>, 出口博之<sup>A</sup>, 美藤正樹<sup>A</sup>, 高木精志<sup>A</sup>, 萩原亮<sup>B</sup>, 小山晋之<sup>C</sup>

銅酸化物超伝導体のサブミクロンサイズのグレイン焼結体は、0結合と $\pi$ 結合がランダムに配列したジョセフソンネットワークと考えることができる。このような系では位相差が $\pi$ の $\pi$ リングにおいて、超伝導ループ電流がランダムに凍結するカイラルガラス転移が理論で予想されている。前回、YBa<sub>2</sub>Cu<sub>4</sub>O<sub>8</sub>セラミクス試料についてガラス転移近傍での磁化率の振る舞いから臨界指数を導出して理論との比較を行った。今回、線形および非線形電気抵抗率を高精度ロックインアンプにより精度よい測定をすることが可能になり、抵抗率の臨界指数を求めることを目的とした。図1に交流周波数23Hz、電流振幅を1,3,5mAとしたときの線形抵抗の温度依存を示す。グレイン内超伝導転移TC1より急激に抵抗が減少

し、グレイン間転移TC2では、ほぼゼロに落ち着く。学会では、線形および非線形抵抗の臨界指数について報告し、理論との比較検討を行う。

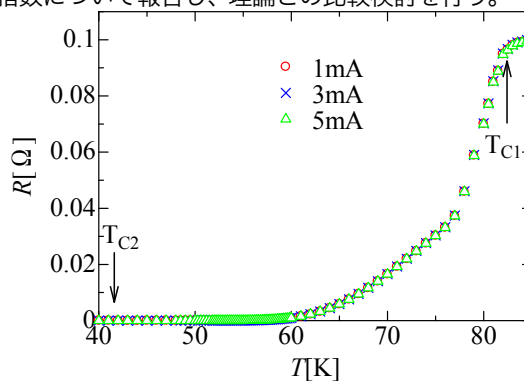


図1.YBCOセラミクスの抵抗の温度依存

## G-5 二次元量子反強磁性体 LaCuO<sub>4</sub> ナノ粒子におけるエッジ効果

九工大工<sup>A</sup>, 福岡大理<sup>B</sup> 堀之口 祐二<sup>A</sup>, 詫摩 裕平<sup>A</sup>, 出口 博之<sup>A</sup>, 美藤 正樹<sup>A</sup>, 高木 精志<sup>A</sup>, 田尻 恭之<sup>B</sup>, 香野 淳<sup>B</sup>

最近、二次元量子スピンハイゼンベルグ型反強磁性体において、有限な二次元面の端（エッジ）付近のスピンの磁性が理論的に研究され、その新奇な振る舞いが注目されている。エッジの磁性は磁気相互作用の端での結合状態および二次元面のサイズに大きく依存し、条件によっては絶対零度において磁化率が負に発散するという新奇なエッジ効果がシミュレーションで予想されている。我々は、二次元量子スピンハイゼンベルグ型反強磁性体の典型物質として有名なLa<sub>2</sub>CuO<sub>4</sub>に着目し、そのナノスケール粒子を作成した。そしてSQUIDによる磁化測定、電子スピン共鳴（ESR）により、二次元量子スピンハイゼンベルグ型反強磁性体の現実物質におけるエッジ効果を実験的に探究することを目的としている。図1に二つの異なる粒径のLa<sub>2</sub>CuO<sub>4</sub>ナノ粒子における磁化過程を示す。13.5nm径のナノ粒子では低磁場では強磁性、高磁場では反強磁性あるいは常磁

性的特徴がみられた。一方11.8nm径では反強磁性および常磁性の磁化の特徴が観測された。磁化の温度依存およびESR測定の結果を合わせて報告し、ナノ粒子の磁性について考察する。

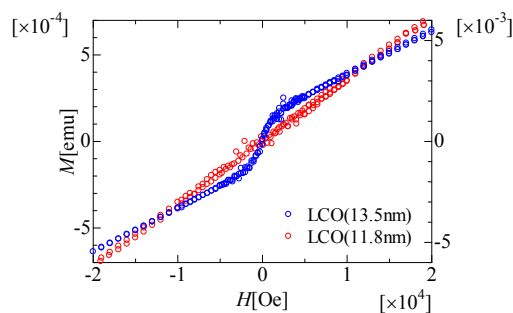


図1. La<sub>2</sub>CuO<sub>4</sub> ナノ粒子における磁化過程

## G-6 YBCO 超伝導セラミックスのカイラルガラス相における非平衡ダイナミクス

九工大工<sup>A</sup>, 京都工織大基盤科学<sup>B</sup>, 徳島大総合科学<sup>C</sup> 首藤充弘<sup>A</sup>, 佐々木悠太<sup>A</sup>, 出口博之<sup>A</sup>, 美藤正樹<sup>A</sup>, 高木精志<sup>A</sup>, 萩原亮<sup>B</sup>, 小山晋之<sup>C</sup>

銅酸化物超伝導体のサブミクロンサイズのグレインの焼結体は、 $\sigma$ 結合と $\pi$ 結合がランダムに配列するジョセフソン接合ネットワーク系とみなすことができ、このような系ではグレイン内の相転移、グレイン間の相転移と2段階の相転移が観測されている。YBa<sub>2</sub>Cu<sub>4</sub>O<sub>8</sub> セラミックスはグレイン間ガラス転移においてカイラルガラス相が予想されている。このガラス相では前回報告したようにスピングラス磁性体のスピングラス相で観測されている磁気メモリ効果が見られた。今回は、ガラス相における熱残留磁化のダイナミクスを調べ、スピングラス相の結果と比較を行い、カイラルガラス相の特性を調べた。図1はグレイン間ガラス転移温度より少し低温の  $T_s=38\text{K}$  での熱残留磁化の測定中に

異なる温度変化をさせた磁化の時間変化を示す。1K以下の小さな温度変化の操作により大きく時間依存性が変化する様子が見られた。これらの結果をスピングラスと比較検討して報告する。

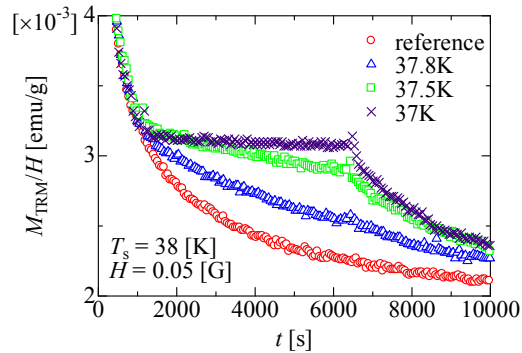


図1 熱残留磁化率の時間変化

## G-7 スピン偏極強磁性体 La<sub>1-x</sub>Sr<sub>x</sub>MnO<sub>3</sub> の超音波ひずみ効果

九工大工<sup>A</sup>, 福大理<sup>B</sup> 池田成輝<sup>A</sup>, 長野琢磨<sup>A</sup>, 美藤正樹<sup>A</sup>, 出口博之<sup>A</sup>, 田尻恭之<sup>B</sup>, 香野淳<sup>B</sup>

LaMnO<sub>3</sub> は  $S=2$  の反強磁性絶縁体であり、Mn<sup>3+</sup> イオンの4つの3d電子が遍歴性のある  $e_g$  軌道に1つ ( $S=1/2$ ) と局在性の強い  $t_{2g}$  軌道に3つ ( $S=3/2$ ) 入り、それらがフント結合することが  $S=2$  の起源である。La<sup>3+</sup> を Sr<sup>2+</sup> で置換すると、 $e_g$  軌道にホールがドーピングされ、ホールは Mn<sup>3+</sup> イオン間の電子トランスファーによって自身の運動エネルギーの利得をかせ、局在スピンを一方向に配列させ強磁性金属状態を実現する。我々は Sr 濃度  $x$  が 0.15 (絶縁相)、0.2、0.3、0.4 (金属相) において、超音波帯域の力学的ひずみが電子トランスファーを抑制し、結果的に強磁性状態を不安定にすることを期待した研究を行っている。図1に交流磁化率測定 (10 Hz, 4 Oe) を通じて La<sub>0.7</sub>Sr<sub>0.3</sub>MnO<sub>3</sub> における 1 MHz の超音波歪み効果を調べた結果を示す。20 V<sub>pp</sub> の電圧を共振子に加え

た際、約 15 K の強磁性転移温度の減少が観測されており、他の3つの試料のそれを上回った。

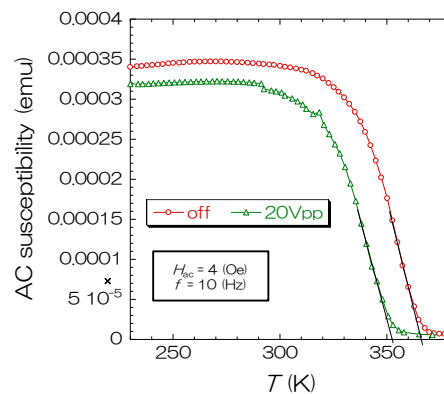


図1 Sr濃度  $x = 0.3$  における拡がりひずみ印加前と 20 V<sub>pp</sub>印加時の交流磁化率の温度依存性

## G-8

### NiCrAl-CuBe 複合ガスケットと DAC を用いた高圧力下交流磁化率測定

九工大工<sup>A</sup>, 阪大リノベ<sup>B</sup> 庄司和平<sup>A</sup>, 長井宏輔<sup>A</sup>, 美藤正樹<sup>A</sup>, 出口博之<sup>A</sup>, 石塚守<sup>B</sup>

我々は、50 GPa を越える圧力領域で SQUID を用いて、高圧力下交流磁化率測定のための技術開発を行っている。広い温度域で SQUID を使用するために、市販の SQUID 磁束計と超小型 DAC の融合を採用する。今、我々は型押しをせず 30 GPa をコンスタントに発生できるガスケットの選定に苦慮している。Re ガスケットは 2 K 付近で超伝導になり、そのマイスナー信号は 4 K 付近まで大きなバックグラウンドとなり、微弱信号の検出に悪影響を及ぼすとともに、粘弾性の面で問題がある。そこで NiCrAl と CuBe の複合ガスケット<sup>1</sup>の使用を試みた。図 1 に 0 GPa と 36.7 GPa における  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$  の交流磁化率の温度依存性を示す。現状、ダイヤモンドアンビルに先端径 0.3mm のベベル付きのものを用い

たとき、36.7GPa の圧力印加に成功できている。

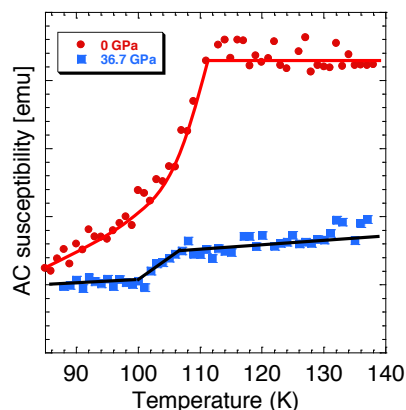


図1 P=0 GPa と P=36.7 GPa における  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$  の交流磁化率の温度依存性

<sup>1</sup>M. Ishizukaka, Rev. Sci. Instrum., 76, 123902 (2005)

## G-9

### SQUID 磁束計を用いた極低温磁化測定装置の開発

九大院工<sup>A</sup>, 山口大院理工<sup>B</sup>, 東大物性研<sup>C</sup> 佐藤由昌<sup>A</sup>, 牧山駿<sup>A</sup>, 蓮尾斎彦<sup>A</sup>, 稲垣祐次<sup>A</sup>, 藤原哲也<sup>B</sup>, 松林和幸<sup>C</sup>, 上床美也<sup>C</sup>, 河江達也<sup>A</sup>

SQUID 素子は高感度で磁気物性が測定出来る優れたプローブであり、Quantum Design 社 MPMS は SQUID 磁束計として高精度かつ簡便に磁気特性が測定できるため広く普及している。しかし、最低温度  $T \sim 2$  K までしか対応していない。

今回、我々は  $T \leq 2$  K で磁気物性測定を行えるように液体  $^3\text{He}$  の排気減圧を用いた  $^3\text{He}$  インサートを製作した。図 1 に  $^3\text{He}$  インサートの模式図を示す。 $^3\text{He}$  ガスの導入・排出が共通のワンショット型のインサートとなっており、この  $^3\text{He}$  インサートを用いることで  $T \geq 0.5$  K での磁化・磁化率測定を簡便に行うことが可能になった。発表では装置の特性などについて報告する予定である。

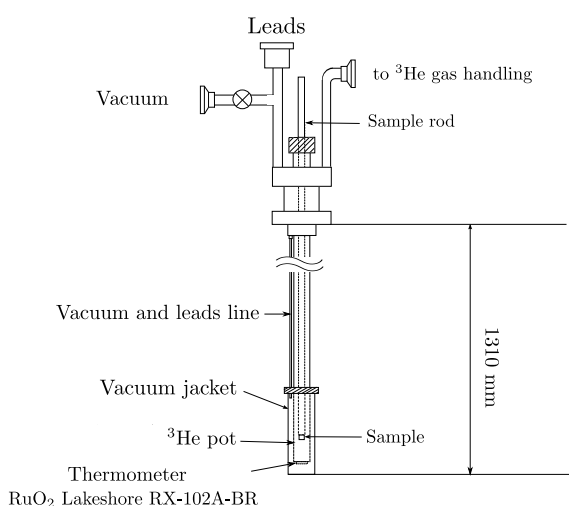


図 1.  $^3\text{He}$  インサートの概要図.

## G-10 PrPb<sub>3</sub> 四極子秩序における磁場誘起多極子に起因した相転移現象

九大院工<sup>A</sup>, 広大院先端<sup>B</sup>, 物材機構<sup>C</sup> 佐藤由昌<sup>A</sup>, 牧山駿<sup>A</sup>, 稲垣祐次<sup>A</sup>, 鬼丸孝博<sup>B</sup>, 鈴木博之<sup>C</sup>, 河江達也<sup>A</sup>

希土類物質 PrPb<sub>3</sub> は結晶場基底状態が  $\Gamma_3$  二重項であり,  $T_Q = 0.4$  K で反強四極子秩序を起こすことが知られている. これまでの PrPb<sub>3</sub> における磁場温度相図の作成は, 東大物性研グループによる磁化測定によってなされ,  $H \parallel [110]$  方向においてのみ, 低磁場の秩序相とは異なる秩序変数をもつ高磁場秩序相が存在することが分かっている [1]. しかし, 何故  $H \parallel [110]$  でのみ高磁場相が観測されるかという点に関しては明確な理由は得られていなかった.

これまで, 我々は磁場中比熱測定により  $H \parallel [100]$  方向で高磁場秩序相を新しく観測したことを報告している [2]. このような高磁場秩序相が出現する要因として, 秩序している多極子の種類と印加磁場方向によって, 誘起する多極子の種類・方向が異なるという磁場誘起多極子の特徴が挙げられる [3].  $H \parallel [100]$  方向の場合, 高磁場では磁気双極子が誘起しない  $O_2^2$  型四極子が安定に存在することが理論的に指摘されているため [3], 今回観測した  $H \parallel [100]$  での高磁場相は磁気八極子  $T_2^8$  が誘起している  $O_2^2$  型四極子の秩序相である可能性が高い. 一方で, 他の  $H \parallel [110]$ ,  $[111]$  方向で磁場中比熱測定を行ったところ, 各結晶軸方向で高磁場秩序相の存在を示唆する結果が得られた. このことは磁場誘起多極子により秩序変数の交替が起こることを示唆している.

発表ではこれらの結果を詳細に報告する.

[1] T. Onimaru *et al.*, J. Phys. Chem. Solids. **68** (2007) 2091.

[2] Y. Sato *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **79** (2010) 093708.

[3] R. Shina *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **66** (1997) 1741.

## G-11 ミスフィット層状コバルト酸化物における電荷秩序の検証

佐賀大院工系<sup>A</sup>, 東北大金研<sup>B</sup> 高倉将一<sup>A</sup>, 竹村優治<sup>A</sup>, 真木一<sup>A</sup>, 西寄照和<sup>B</sup>, 小林典男<sup>B</sup>

$[\text{Bi}_2\text{Ca}_2\text{O}_4]_q\text{CoO}_2$  は, 三角格子構造をもつ  $\text{CoO}_2$  層と, 岩塩型の  $\text{Bi}_2\text{Ca}_2\text{O}_4$  層が  $c$  軸方向に積層した結晶構造を持つ. 両者は  $b$  軸方向が不整合であり, その比は  $q$  で表わされる.

この物質では, 高い熱起電力や負の磁気抵抗などの異常が観測されており, 強相関効果の存在や構造ミスフィットの影響が注目されている. 我々は, 走査型トンネル顕微鏡や複素誘電率の測定から, この系で電荷秩序が存在する可能性を指摘している. [1]

そこで, ミスフィット層状コバルト酸化物における電荷秩序の有無に関して, さらなる知見を得るため, 電流電圧特性の測定を行っている. 図は, 窒素温度で  $ab$  面内を流れる電流の電場依存性である. 興味深いことに, 高電場下では非線形伝導が起こっているように見える. 詳細を当日報告する.

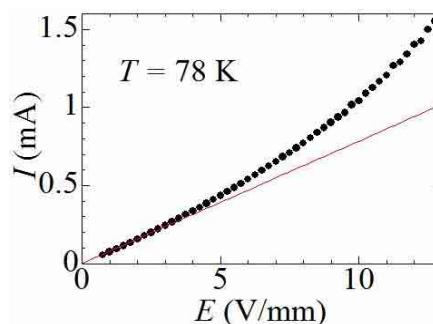


図  $[\text{Bi}_2\text{Ca}_2\text{O}_4]_q\text{CoO}_2$  における電流電圧特性

[1] 物理学会2011年秋季大会 23pGB-7, 23pGB-8