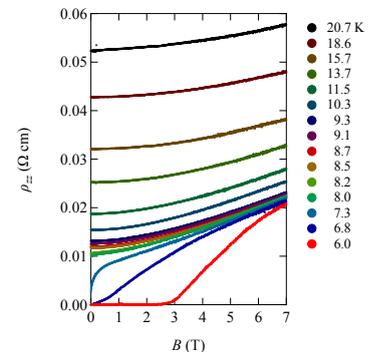


物性物理学教室

1 有機超伝導体 β -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ における層間縦磁気抵抗効果

長谷川 竜也

非従来型の超伝導体では、超伝導転移よりも高温から短距離の超伝導状態が生じる超伝導揺らぎ現象が起き、この理解が超伝導機構解明の手掛かりの1つとなるといわれている。これまで、超伝導揺らぎ状態を調べる手段は、NMR測定やネルンスト係数測定が主であった。本研究では、有機超伝導体 β -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ を題材にして、ゼロ磁場近傍の層間縦磁気抵抗効果が超伝導揺らぎを検出するのに優れたプローブになることを提案する。超伝導転移温度直上でフェルミ面の形状・大きさが変化することが示唆された。

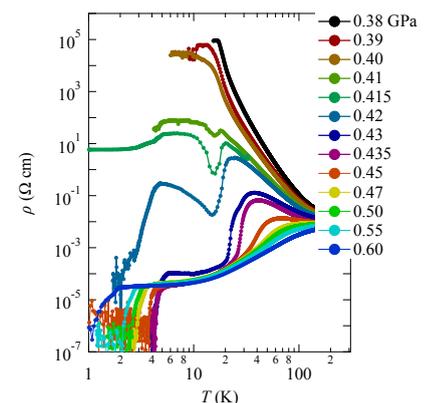


層間縦磁気抵抗の磁場依存性

2 分子性伝導体 EtMe $_2$ P[Pd(dmit) $_2$] $_2$ の圧力下における超伝導

五十嵐 考輝

Valence Bond Solid (VBS) 状態からの超伝導転移が分子性伝導体 EtMe $_3$ P[Pd(dmit) $_2$] $_2$ の圧力下で発見された。本研究では、電子対を形成した VBS 相が超伝導発現にどのように関与するのかという問題に取り組み、この物質における圧力下電気伝導性から詳細に調べた。結果、VBS 相から起きる超伝導状態はパウリ極限を超える非常に高い上部臨界磁場をもつことを発見した。さらに、超伝導コヒーレンス長は非常に短く、約 5 nm 程度であることがわかった。一方、圧力で VBS 相を抑制し、金属相から起きる超伝導状態では、非常に低い上部臨界磁場、約 30nm を超える長い超伝導コヒーレンス長をもつことがわかった。

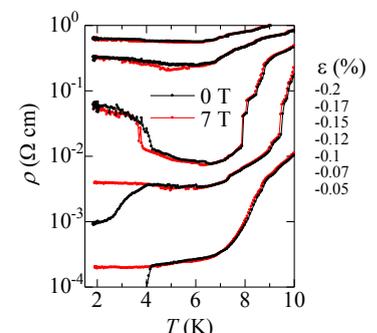


圧力下電気抵抗の温度依存性

3 量子スピン液体候補物質 κ -(BEDT-TTF) $_2$ Cu $_2$ (CN) $_3$ における磁気抵抗効果

山崎 柊太郎

有機モット絶縁体 κ -(BEDT-TTF) $_2$ Cu $_2$ (CN) $_3$ は約 20 年にわたって磁気フラストレーションによって反強磁性秩序が抑えられた量子スピン液体だと考えられ、数多くの理論・実験研究の対象となってきた。しかし最近、電子スピン共鳴などによってこの物質の基底状態が量子スピン液体でなく、スピギャップの開いた valence-bond solid(VBS) である可能性が指摘された。これを検証するため、基板曲げひずみの手法を用いて κ -(BEDT-TTF) $_2$ Cu $_2$ (CN) $_3$ の圧力を微調整し、モット転移近傍の温度圧力相図や、磁場に対する応答を調べた。その結果、絶縁相と金属相の境界線の傾きや磁場による変化から、先行研究の指摘の通り κ -(BEDT-TTF) $_2$ Cu $_2$ (CN) $_3$ の基底状態が VBS である可能性が示唆された。



電気抵抗率のひずみ依存性

4 κ -(BEDT-TTF)₂Cu₂(CN)₃に対する電界効果とひずみ効果

笹本 尚哉

有機導体の薄い単結晶を基板に貼り付け、曲げることで実効的な圧力を、ゲート電圧でキャリア密度を同一試料で変化させることができる。これまでの研究で、この手法を用いて有機スピン液体候補物質 κ -(BEDT-TTF)₂Cu₂(CN)₃ の圧力とキャリア密度を制御し、超伝導相が相図上でどのように分布されているかが調べられてきたが、電界によって誘起されたゼロ抵抗状態はこれまで観測されていなかった。本研究では、同様の手段を用いて電界効果の再現性を確認するとともに、初めてゼロ抵抗状態を観測することに成功した。

5 電荷秩序絶縁体 α -(BEDT-TTF)₂I₃に対する電気二重層ドーピング

石井 宏和

モット絶縁体や電荷秩序絶縁体などの強相関絶縁体は一般的に格子ポテンシャルに対するキャリア濃度の整合性が高いときに実現し、わずかなバンドフィリング制御で金属絶縁体転移を起こす。最近ではこれを電界効果で制御することが可能になってきており、有機モット絶縁体を用いたトランジスタでは金属絶縁体転移や両極性超伝導などが観測されているが、有機電荷秩序絶縁体においては数十パーセントの抵抗変化にとどまっている。本研究では有機電荷秩序絶縁体 α -(BEDT-TTF)₂I₃ を用いて電気二重層トランジスタを作成し、イオンゲートによるバンドフィリング制御の効果を調べた。その結果、絶縁層における電気抵抗は最大で数分の1程度に減少し、電界効果移動度は約 $10\text{cm}^2/\text{Vs}$ に達した。しかし金属伝導は見られず、活性化エネルギーのゲート電圧依存性からは、注入キャリアは電荷秩序を制御しているというよりも、乱れなどによって生じたギャップ中の局在準位に入っていることが示唆された。

6 電界効果トランジスタを用いた有機ディラック電子系のキャリア数制御のためのゲート絶縁膜材料の探索

氏家 孝輔

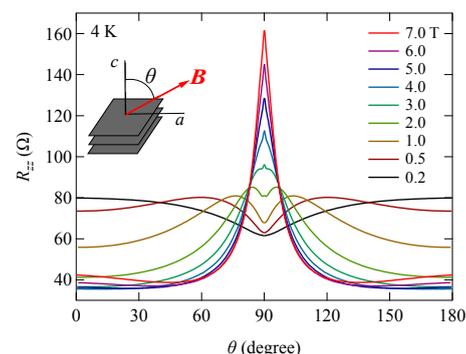
有機導体 α -(BEDT-TTF)₂I₃ は圧力下でディラック電子系となることが知られているが、グラフェンで行われているような電界効果によるキャリア数制御は行われていない。これは圧力下で動作する良質な電界効果トランジスタ試料を作製するのが難しいためである。一昨年田島の研究では、圧力下でも有機導体を破損しない有機絶縁膜および有機基板を用いて、 α -(BEDT-TTF)₂I₃ の電界効果トランジスタ作製し、電界効果ドーピングを試みた。その結果、電解効果によってキャリア密度を制御することに成功した。しかし、理想的な電界効果トランジスタと比べて、1/20程度のキャリア数しか制御できておらず、ディラック点を超えてフェルミエネルギー制御を可能にするためには、材料や構造に改善を要するという結論に至った。

本研究では、ゲート絶縁膜を変更し、電界効果トランジスタを用いたキャリア密度制御の改善を試みた。その結果、田島の結果に対し2.5倍以上のキャリア密度を制御することに成功した。

7 有機ディラック電子系における層間伝導のコヒーレンス

秋野 利宗

高圧下にある α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ で質量ゼロのディラック電子系が実現した。グラフェンと異なり、最初にバルク結晶で実現した質量ゼロのディラック電子系である。これまで、この系の特徴的な電磁伝導性は2次元ディラック電子系の描像で理解されてきた。しかし、本研究では、この系は低温で3次元ディラック半金属であることを実験的に実証した。1.7 GPaの高圧力下・低温で層間磁気抵抗の磁場角度依存性の測定とその詳細な解析から、層間伝導はコヒーレントであることが判明した。磁場を層平行にかけたときに抵抗ピークを観測し、その磁場角度依存性は半古典的モデルで計算した数値計算結果と非常に一致した。詳細な解析から、層間ホッピングエネルギーは約1 meVと見積もられた。



層間磁気抵抗の角度依存性

8 α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ に対する曲げひずみによるディラック電子相の実現

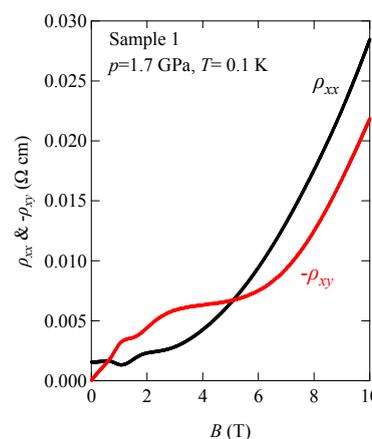
鈴木 遥人

静水圧力下の α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ は初めて見出された代表的な有機ディラック電子系である。電荷秩序相と隣接した電子間相互作用の強い系であることなどから注目を集めているが、1.5 GPa以上の圧力が必要であるため、実験は圧力媒体及び圧力セルに覆われた状態で行えるものに限られている。本研究では、試料を圧力媒体で覆うことなくディラック電子相を実現することを目的として、薄片状結晶を用いた曲げひずみ制御の手法を α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ に適用した。その結果、曲げることによる一軸圧縮ひずみで絶縁体転移温度を減少させることに成功した。さらに1%程度までのひずみで絶縁体転移は消失し、ディラック電子相で見られる特徴的な磁気抵抗を観測した。このことから、曲げひずみによって異方的に圧力をかけることにより、圧力媒体なしでディラック電子相が実現できたと考えられる。

9 有機ディラック電子系 α -(BETS) $_2$ I $_3$ における $\nu = 1$ 量子ホール効果観測

小柴 彰斗

有機導体 α -(BETS) $_2$ I $_3$ の高圧力下で質量ゼロのディラック電子系が実現した。本研究では、この系の質量ゼロのディラック電子の基本的な性質を明らかにすることを目的に、0.1 Kの低温で輸送特性を調べた。結果、フェルミエネルギーはディラック点から約1.4-1.5 Kほど高い位置にあることがわかった。最も重要な成果は、 $\nu = 1$ の量子ホール効果を観測したことである。一般に、量子ホール効果は2次元電子系で実現する現象である。バルクな(3次元)結晶で量子ホール効果が実現する例は非常に希少である。

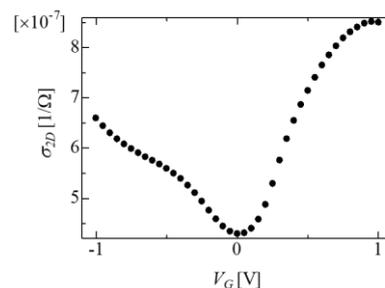


0.1 Kにおける抵抗とホール抵抗の磁場依存性

10 機械的剥離法を用いた層状半導体 Nb_3I_8 の薄膜および電気二重層トランジスタの作製

坂下 直義

Nb_3I_8 は機械的剥離法が適用できる層状の半導体であり,また単層にすると2次元強磁性体になることが予想されるなど,電界効果による電子状態制御の興味深い対象物質である.しかしこれまで,薄膜試料を用いた電界効果デバイス化の報告はなされていない.本研究では電界効果による Nb_3I_8 の物性制御を目的として,機械的剥離法を用いた薄膜試料の作製を試みた.その結果,最も薄いもので4nm程度(Nb_3I_8 の単位胞程度)の厚さの薄膜試料の作製に成功した.また, Nb_3I_8 結晶を用いて電気二重層トランジスタを作製したところ,両極性電界効果トランジスタとして動作することが確認できた.金属絶縁体転移は観測されなかったものの,活性化エネルギーを1/6程度に減少させることに成功した.



Nb_3I_8 を用いて作製した電気二重層トランジスタにおける電気伝導度のゲート電圧依存性(230K)

外部研究: 生命圏環境科学科 大気科学星間化学研究室

11 星間空間でのヒダントインの探索を目標とした分光学的研究

亀山ともか

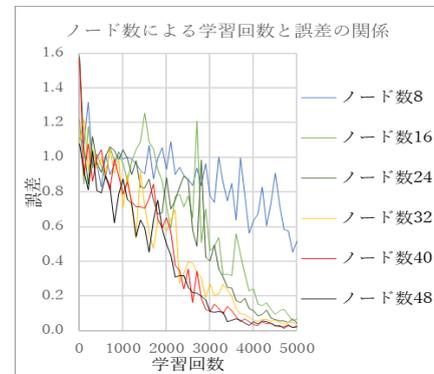
生命の起源を探るにはどのような化学進化を経たのか明らかにすることは星間化学分野において重要である。生命を構成するタンパク質の原料で最も単純構造であるアミノ酸、グリシンの前駆体ヒダントイン分子について観測に必要な分子定数を求めるため純回転スペクトルの解析を行った。この分子は振動基底状態、2種類の振動励起状態の分光学的同定は完了している。本研究ではその際取得した大量のスペクトルデータの未帰属線を再解析することで新規励起状態の帰属を目指した。その結果新たな振動励起状態を6つ見つけ出すことができた。

物性理論教室

1 再帰型ニューラルネットワークを用いた機械学習に関する研究

松崎 恵祐

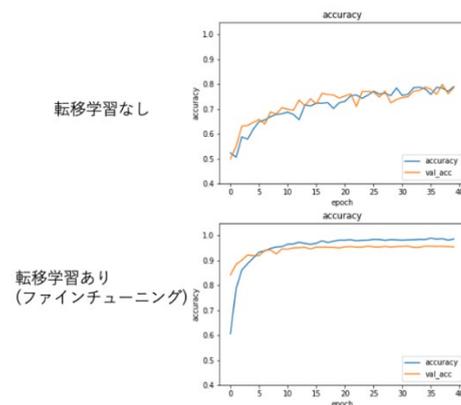
時系列データを学習する機械学習のモデルに、再帰型ニューラルネットワークがある。本研究では再帰型ニューラルネットワークを利用して2進数の計算を学習させた。この際、2進数の繰り上がり操作を時間発展と考えて学習を行った。学習したネットワークが正しい答えを出すためのノード数を調べた。機械学習の結果、2進数の正しい計算を行うためには最低40個のノード数が必要ことがわかった。



2 転移学習を用いた画像識別に関する研究

高仲 千穂

本研究では、1000種類の画像を分類することができる学習済みネットワークVGG16を用いて、未知の2種類の画像に対する転移学習を行った。まずは、ゼロから学習させるネットワークよりも転移学習の方が高速に識別できることを確認した。さらに、ファインチューニングをさせる層の深さを変えても識別の正答率が変化しないことがわかった。



3 ニューラルネットワークを用いた画像識別に関する研究

内田 雅利

本研究では最適化アルゴリズムとCNNの構造の変化、入力値の前処理とドロップアウトが正答率に及ぼす影響を調べるために、CNNを用いて0から9までの手書き数字の画像識別を行った。その結果、ニューロン数を増やすことは正答率の向上に繋がると分かった。ニューロン数と層の数が適切な比であれば層を増やすことは正答率の向上に繋がると分かった。入力値の前処理、ドロップアウトを行うことはCNNの正答率の向上に繋がると分かった。また、最適化アルゴリズムの優劣は解く問題とCNNの構造に依存することが分かった。

ニューロン数10

ネットワーク1	epoch	精度[%]
確率的勾配降下法	12	97.2%
momentum	12	97.6%
AdaGrad	200	96%
RMSprop	30	96%
Adam	25	97.1%

ニューロン数10

ネットワーク2	epoch	精度[%]
確率的勾配降下法	20	97.3%
momentum	10	90%
AdaGrad	200	96%
RMSprop	30	96%
Adam	80	97.1%

ニューロン数100

ネットワーク1	epoch	精度[%]
確率的勾配降下法	5	97.3%
momentum	4	97.1%
AdaGrad	10	97.2%
RMSprop	10	97.3%
Adam	7	97.5%

ニューロン数100

ネットワーク2	epoch	精度[%]
確率的勾配降下法	5	97.3%
momentum	8	97.2%
AdaGrad	5	97.6%
RMSprop	8	97.2%
Adam	6	97.7%

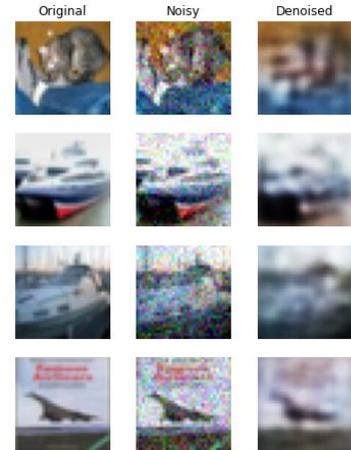
ネットワーク1は畳み込み→プーリング→中間→出力

ネットワーク2は畳み込み→畳み込み→プーリング→中間→中間→出力

4 オートエンコーダーを用いた画像復元についての研究

藤下 和砂

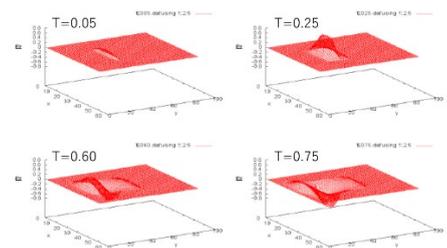
オートエンコーダーという技術を用いると画像の復元、ノイズ除去などの操作が可能になる。本研究ではオートエンコーダーの実装、画像復元、ガウシアンノイズの除去に取り組み、画像復元時の復元成功率、さらにはガウシアンノイズの標準偏差と復元成功率の相関について調べた。研究の結果、白黒の画像よりもカラーの画像の方が復元が難しく、復元成功率も小さいということが分かった。また、ガウシアンノイズの標準偏差が大きければ大きいほど画像の復元が難しく、実用上は標準偏差 0.1 以下程度のノイズ除去が可能であるということが判明した。



5 矩形導波路中の電磁波の時間発展に関する数値的研究

前田 七海

電磁波は、携帯電話の通信など日常の様々な場所で利用されている。電磁波は Maxwell 方程式により記述され、真空中など単純な系では解析的に解くことができるが、導波路内など複雑な系を伝わる場合、数値解析が必要になる。本研究では、FDTD 法(Finite Difference Time Domain method)と呼ばれる数値計算方法を用いて、矩形導波路中の電磁波のダイナミクスの計算を行った。計算により、導波路中の励振による電磁波の進行を図のように可視化することができた。

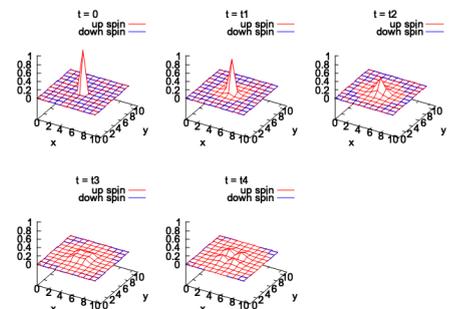


電場の時間発展

6 電子波束の時間発展に関する数値的研究

飯島 大起

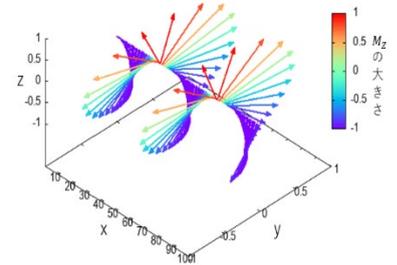
近年発展しているスピントロニクス分野では、スピンの制御が重要な役割を担っている。円偏光を物質に照射した際の電子状態の時間発展を見ることを目標として、本研究ではまず、孤立の電子状態の時間発展を数値的に調べた。計算機的側面として、時間発展演算子の鈴木・トロッター分解に基づく近似を用いた。1次元と2次元の格子系に対して、電子の波動関数があるサイトに局在した状態からの時間発展をシミュレーションを行った結果、波動関数が時間発展したがるその周りのサイトに広がっていく様子を詳細に示した。



7 ヘリカル磁性体中の磁化構造の数値的研究

庄子 瑛章

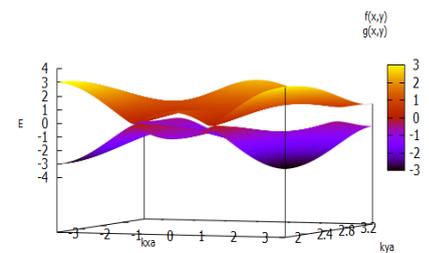
空間反転対称性の破れた相互作用を有する磁性体中では、螺旋構造のような磁化構造が実現する。本研究では、このようなヘリカル磁性体中の磁化構造変化について、数値的研究を行った。強磁性交換相互作用とジャロシンスキー・守谷 (DM) 相互を有する磁性体中の磁化ダイナミクスを計算し、螺旋磁化構造をえることができた。螺旋の右巻き左巻きはDM相互作用の符号で決定されることがわかった。螺旋軸に対して垂直方向に磁場を印加すると、螺旋部分が空間的に離れている、カイラルソリトン格子 (CSL) と呼ばれる磁化構造を取ることがわかった。



8 二次元ディラック系におけるディラックポイントの移動と対消滅

辻子 拳人

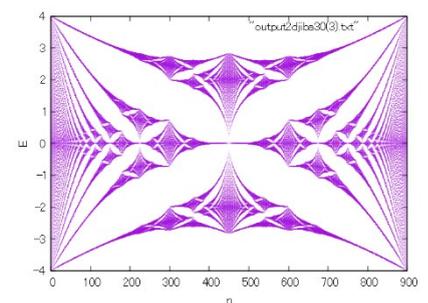
本研究では、二次元ディラック系の有名な例としてグラフェンのディラックポイントの出現位置がバンド構造によりどう移動、マージ、消失するのかをエネルギー固有値からの解析、またその解析結果を用い波数空間でのエネルギー分散 (右図)、二次元座標平面によって表した。さらにグラフェンの他にブリックウォールについても同様の解析を行った。その結果、ディラックポイントの移動にはエネルギー分散の変化が関係していく事がわかった。また、グラフェンにおける第三近接結合を考慮した場合のディラックポイントの解析を行い考慮しない場合との変化を確認した。



9 一様磁場中の六角格子模型のエネルギースペクトル

廣嶋 康太郎

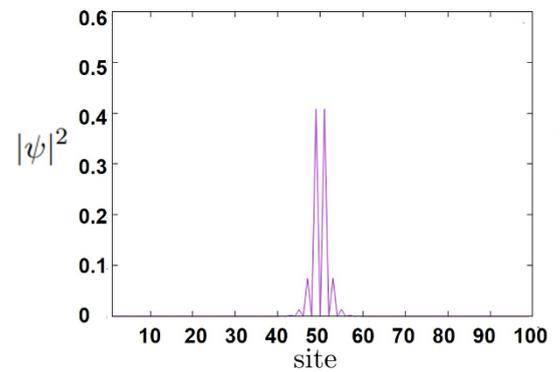
強束縛近似における一様磁場中の2次元正方格子模型でエネルギースペクトルをグラフに描くとホフスタッターの蝶と呼ばれるフラクタル構造が現れる。本論文では、六角格子模型を2次元正方格子模型としてとらえる方法で固有エネルギーの数値計算を行いました。2次元正方格子模型の結果からは、ホフスタッターの蝶が再現でき低磁場の部分ではランダウ準位構造が見られました。六角格子模型の結果からは、フラクタル構造が見られ低磁場の部分ではファン・ホーベ特異点の境にエネルギー準位構造が変わる様子が見られました。



10 物性物理学におけるトポロジカル励起の理論的研究

金丸 将之

本研究ではトランスポリアセチレンの理論模型として知られる1次元 Su-Schrieffer-Heeger model (SSH 模型) を用いて、ダイマー秩序の不整合部分に局在したソリトンの振る舞いを数値的に解析した。特に、ソリトンの波動関数がモデルのパラメータを変化させた時にどのように変化するかを数値的に調べた。波動関数の指数関数的な減衰の様子が、解析解と一致することを確認するとともに、スタガードポテンシャルの効果についても数値的に調べた。右図はトランスポリアセチレンの原子を1～100番目までナンバリングしたとき、それぞれの場所での波動関数の絶対値の2乗の値をプロットしたものの。

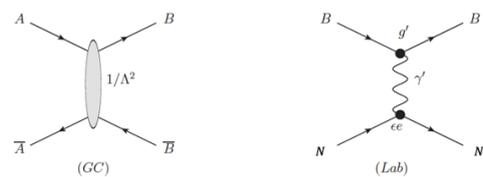


素粒子物理学教室

1 Boosted Dark Matter 検出に向けた超微粒子原子核乾板における低エネルギー陽子と電子事象の識別

土方 歌乃

近年、暗黒物質が宇宙線などによって加速される新しいモデルが提案されている。暗黒物質が加速されること (Boosted Dark Matter, BDM)により、これまで探索が行われてこなかった低質量領域での暗黒物質探索が可能となる。そこで本研究では超微粒子原子核乾板を用いた BDM による低エネルギー反跳陽子飛跡を検出するための解析手法の研究を行なった。解析手法として画像識別に特化した機械学習である畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を用い、イオン注入装置によって作製した 100keV および 150keV の低エネルギー陽子飛跡と NIT の背景事象である電子事象の画像を用いて教師データを作成した。それによる陽子の飛跡の検出効率、および電子事象との識別効率の評価を進めた。

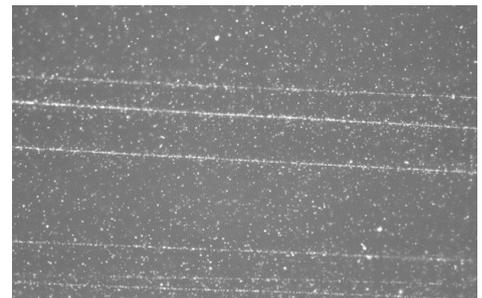


Boosted Dark Matter の生成過程

2 スチレン・無水マレイン酸重合体とポリビニールアルコールを用いた原子核乾板の開発

長川 恵美

超微粒子原子核乾板で使われているゼラチンは、ハロゲン銀結晶の安定化などの多くの利点がある。しかしゼラチン内に含まれる ^{14}C は崩壊して電子を放出し飛跡を形成するため、これが暗黒物質検出実験において減らすことの出来ない背景事象となってしまう。そこでゼラチンの代わりにポリビニールアルコールとスチレンマレイン酸を合成したポリマーを用いた原子核乾板を作成し、実用化可能であるかの検証を行った。さらにAMSを用いて ^{14}C の量を測定し、ゼラチンと比較したところ、1000分の1以下であることが分かった。また作成した原子核乾板に α 線、Feイオンを照射し、飛跡の観察可能な乾板であることが検証できた。



作成した原子核乾板に Fe イオンを照射し、顕微鏡で観察した飛跡

3 超微粒子乾板での現像処理による残留銀の質量に基づいた最適化条件

山本 龍人

暗黒物質の探査を行う実験では数十 nm サイズの銀を使った超微粒子原子核乾板が用いられる。超微粒子原子核乾板はハロゲン化銀が高密度で存在していて高い空間分解能を持ち合わせる。しかし水洗が不十分な場合や酸化が激しい場合には、原子核乾板が変色、退色を起こし当時の飛跡を観察することが困難になる。変色や退色の原因となる銀の析出を防ぐためには、チオ硫酸イオンとの結合を防ぐことと硫酸銀の結合を防ぐことにある。残留銀を除去する方法の1つである水洗促進剤に着目した。残留銀を定量的に測定することで水洗促進剤による効果および現像処理の最適条件を検討した。

4 エアロゲルリングイメージチェレンコフ光検出器のデータ取得装置に生じる放射線の影響調査

庄司 桃香

高エネルギー加速器研究機構で行われている Belle II 実験では、B 中間子などの崩壊を精密に測定し、標準理論を超える新しい物理法則を発見することを目標としている。2018 年 3 月からデータ収集を開始し、ビーム電流の調整やデータ収集効率の改善などを進めながら運転を行っている。Belle II 実験で用いられている ARICH 検出器 (Aerogel Ring Imaging Cherenkov Counter) のデータ取得系では、主にビームバックグラウンドで作られる中性子が引き起こすソフトエラー (SEU) により、データ取得を一時中断しなければならないことがある。SEU は、放射線が集積回路などに衝突すると、保持データが反転してしまう現象である。本研究では、SEU の発生傾向や場所分布などを調べ、ルミノシティをさらに上げる今後の運転に向けて改善点の検討を行うことを目的とした。ビーム電流やルミノシティと SEU の発生数に相関があることの確認ができた。

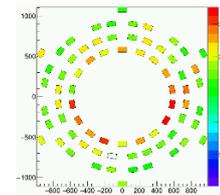


図 1. SEU の場所分布

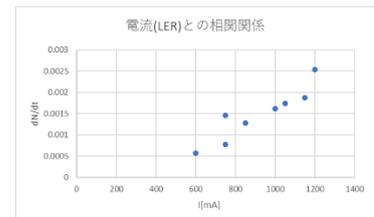


図 2. ビーム電流と SEU の相関

5 α 崩壊で生じる結晶欠陥除去のためのアニーリング実験

¹⁴ 福永 しおり

近年の暗黒物質探査において新たなる検出器の一つとして注目されているものが白雲母を検出器として扱う探査方法だが、いまだに白雲母を用いた暗黒物質探査は確立されていない。反跳核原子核のエネルギー損失の定量化が困難だったためであること、熱を加えることで飛跡にどのような影響を与えるかのアニール特性が解明されていなかったからである。本研究ではエネルギー損失の定量化の実験の前に、 α 粒子反跳による結晶欠陥を取り除きつつ、温度と時間をパラメータに振った時の飛跡の残り方を見るために、アニール実験を行った。その結果、白雲母には、500°C、2 時間以上で、アニール限界を持つことが判明した。

6 電子ニュートリノ検出のための低運動量電子の飛跡解析

谷田部 直人

NINJA 実験では、J-PARC の大強度加速器ニュートリノビームにおいて、原子核乾板を用いた検出器エマルジョンクラウドチェンバー (ECC) を用いることで実験を行っている。原子核乾板は、飛跡検出に対してダイナミックレンジが広く、低エネルギー領域における飛跡検出が可能である。この性能を生かし、ECC で低エネルギー領域の電子飛跡の検出ができれば、電子ニュートリノ由来の電子の検出が可能になる。本研究では、東北大学電子光理学研究センターでの陽電子ビーム照射実験に参加し、ECC を検出器として用いた低エネルギー領域の陽電子飛跡データの解析を行った。

7 原子核乾板を用いた電子ニュートリノ検出のための電子飛跡の解析

中川 涼太

NINJA 実験では高い位置分解能を持つ原子核乾板を用いることで、大強度陽子加速施設 J-PARC において 1 GeV 付近のニュートリノ反応の測定に成功している。この実験では電子ニュートリノの検出は、まだ出来ていない。原子核乾板検出器で電子の検出ができれば、電子ニュートリノの検出が可能になる。本研究では東北大学電子光理学研究センターの電子円形加速器での電子ビーム測定実験に参加し、原子核乾板における低エネルギー領域の電子飛跡の解析を行った。

8 原子核乾板検出器エマルジョンクラウドチェンバーの製作とその性能評価

近藤 匠

SHiP(search for hidden particles) 実験は、タウニュートリノの電荷識別などを目的とした CERN で計画されている国際共同実験である。今回、この実験に用いられる検出器であるエマルジョンクラウドチェンバー(ECC) とコンパクトエマルジョンスペクトロメーター(CES) において原子核乾板を塗布製作し、組み合わせて宇宙線の照射・現像をして先行研究との再現性の確認及び効率の改善を目指した。また、ECC には、先行研究で使用された鉛に代えてタングステンを使用した。

9 コンパクトエマルジョンスペクトロメーターの性能評価と再現性

佐野 元哉

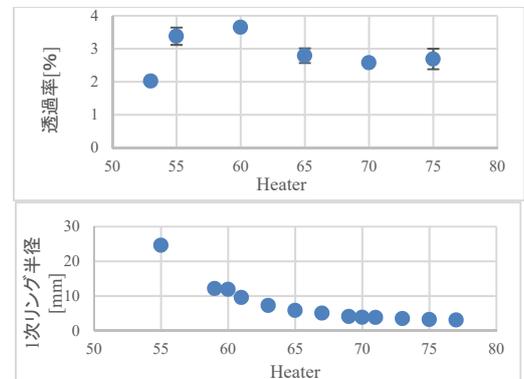
本研究室では、ニュートリノの正反及び、その反応生成粒子の運動量を反応直下で測定できる検出装置として、コンパクトエマルジョンスペクトロメーターの開発をしている。今回エマルジョンクラウドチェンバーのサンプリング材として鉛より密度が1.7 倍高い厚さ 1 mmのタングステン板を用い、原子核乾板の製作から始め、宇宙線照射実験を行った。長期運用を考えたとき、乾板の取り換えも予想されるため、誰が行っても同じ結果を得られる必要があることから、再現性の確認は重要である。今回、コンパクトエマルジョンスペクトロメーターの飛跡データの入射トラック数における垂直に近い角度成分の分布においてノイズが多く確認された。今後プレート間の飛跡の接続を行い、スペクトロメーターとしての性能評価及び先行研究との比較を行うことで、再現性を確認する。

量子エレクトロニクス教室

1 キャピラリーを用いたレーザーマイクロビームの透過特性の形状依存性の研究

大谷 竜聖

レーザー光を細胞用の注射器であるテーパ型ガラスキャピラリーに透過させることでビーム径をマイクロサイズにすることができる。キャピラリーの透過特性の形状依存性を調べるため、ガラスの加熱温度を変えることで形状の異なるキャピラリーを作成し透過率、透過縞を比べた。その結果、加熱温度が高いほどテーパ部分の長さは長くなり、先端部分のテーパ角は小さくなった。テーパ部分が長く先端部分のテーパ角が小さいほど透過率は大きくなり、透過縞のリングは加熱温度が小さいほど小さくなった。

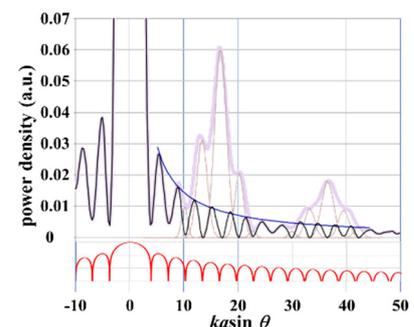


透過率 (上) , 透過縞 1 次リング半径 (下)

2 ガラスキャピラリーを用いたレーザーマイクロビームの透過縞構造の精密測定

栗野 真衣

我々はテーパ型ガラスキャピラリー光学系による MeV イオンと光のマルチ量子マイクロビーム照射法を開発している。本研究では、可視光レーザービーム径の最小化のため、精密測定と解析方法を確立させ、透過縞構造の測定と解析を行った。その結果、キャピラリーの透過縞は 0 次スポット、細いリング、複数のガウシアンピークを持つ明線リンググループから成り立っていることが明らかになった。さらに、細いリングはフラウンホーファー回折由来のリングであることが周期の一致から見いだされた。また、明線リンググループ径はキャピラリーの出口径に比例していることや、リング強度比は出口径に依存することが分かった。



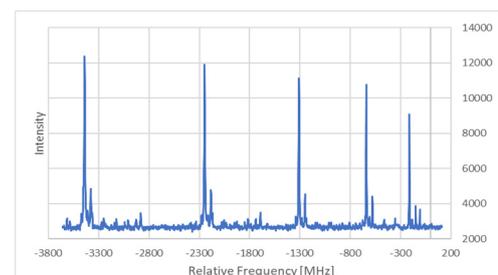
解析によって得られた細いリング周期とフラウンホーファー回折モデル

3 Ba 原子の $6s5d^1D_2-5d^2^1D_2$ 禁止遷移におけるシュタルク効果の測定

小瀧 椋子

本実験では、パリティ非保存に関する研究を進めるため、外部電場の mixing 効果を利用し、Ba 原子の禁止遷移 ($6s5d^1D_2-5d^2^1D_2$) の観測に成功した。シュタルク効果を用いて、シュタルクシフトとシュタルク分岐を測定し、偶同位体 ^{138}Ba の $5d^2^1D_2$ 状態のテンソル分極率、 $6s5d^1D_2-5d^2^1D_2$ 遷移におけるスカラー分極率をそれぞれ、 $-4.66(8)[\text{MHz}/(\text{kV}/\text{cm})^2]$ 、 $-5.25(8)[\text{MHz}/(\text{kV}/\text{cm})^2]$ と決定した。

また、本遷移における半値全幅と電場の関係を観測し、mixing ratio に関する情報を得た。



シュタルクシフト測定時の観測スペクトル

4 Baの禁止遷移 $5s6d\ ^1D_2-5d^2\ ^1D_2$ のシュタルク効果の測定

廣田 大空

本研究では、Ba 原子の禁止遷移 $6s5d\ ^1D_2-5d^2\ ^1D_2$ (遷移波長 $\lambda = 857.1\text{nm}$) を、高分解能レーザー分光装置を用いて調べた。レーザーと原子線の相互作用領域に一樣な外部電場を印加させることによって、シュタルク効果によるスペクトルシフト・分岐の観測を行った。測定した偶同位体 ^{136}Ba 、 ^{138}Ba のスペクトルのシフト・分岐から、上準位 1D_2 のテンソル分極率を、 $\alpha_t = -4.656 \pm 0.078\text{ MHz}/(\text{kV}/\text{cm})^2$ 、同遷移のスカラー分極率を $\alpha_s(6s5d\ ^1D_2) - \alpha_s(5d^2\ ^1D_2) = -5.251 \pm 0.084\text{ MHz}/(\text{kV}/\text{cm})^2$ と決定した。

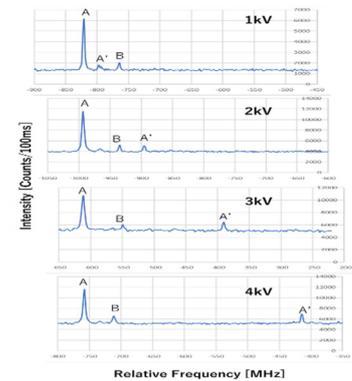


Fig.1 観測されたシュタルクスペクトル

5 位相同期による光周波数コムの周波数安定化

真島 史弥

モード同期レーザーの出力は、時間軸上では周期的な超短光パルス列であり、周波数軸上におけるスペクトルは、周波数成分が等しい周波数間隔 f_{rep} で櫛 (comb) のように分布している。 n 番目の光コムの周波数 f_n は、光コムの間隔である繰り返し周波数とオフセット周波数 f_{ceo} から $f_n = nf_{\text{rep}} + f_{\text{ceo}}$ と記述できる。ここで、 f_{ceo} と f_{rep} をマイクロ波周波数基準に対し位相同期することにより、光周波数コムの絶対周波数を高精度に安定化できる。本研究では、モード同期ファイバレーザーを基にした光周波数コムを2台開発し、マイクロ波周波数基準である Rb 周波数基準に対して f_{ceo} と f_{rep} を同時に位相同期し、光周波数コムの絶対周波数を安定化した。

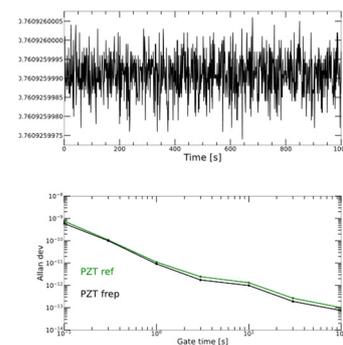


図1 (上)繰り返し周波数の位相同期時の時間変化、(下)アラン偏差

6 高精度に位相同期したデュアルコム分光システムの開発

内山 竜成

本研究では、高感度な分光計測が可能なデュアルコム分光^{1), 2)}を実現するために、2台の光コム光源と周波数安定化制御を用いたデュアルコム分光システムを開発した。2台の光コムの繰り返し周波数とキャリア・エンベロップ・オフセット周波数は高精度に位相同期されるため、インターフェログラムの位相を揃えたコヒーレント積算が可能となる。さらに、レーザー共振器内に設置したディレイラインにより、任意の測定帯域、測定時間に設定することが出来る。分光性能の評価として、HCNガスの波長1550nm域におけるP Branch, R Branchの全吸収線の同時計測を行った。HCNの個別吸収線をNISTデータベース³⁾と比較し、圧力ゼロの純粋HCNガスとの中心周波数差が1pm程度、線幅が5~10pm程度で一致した。

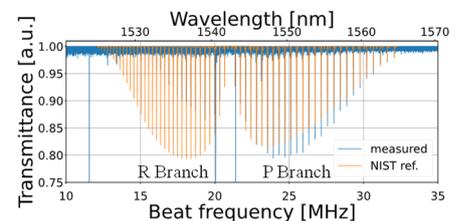


Fig. 1 Normalized (blue) and NIST data (red) transmittance spectra of HCN.

- 1) I. Coddington, et al., *Optica* **3**, 414 (2016)
- 2) Y. Nakajima, et al., *Optics Express* **18**, 1667 (2010)
- 3) W. C Swann, et al., *Opt. Soc. Am. B* **22**, 1749 (2005)

7 全異常分散共振器による機構共有型デュアルコムファイバレーザーの開発

西宮 友大

デュアルコム分光法では、2台の光周波数コムを用いることで、高速・高分解能・広帯域な分光測定が可能である。これまでに我々は実用的なデュアルコム分光計を実現するために、環境外乱に対して堅牢な全偏波保持ファイバを基にした機構共有型デュアルコムファイバレーザーを開発した。その際、モード同期動作の不安定性のために、光コムの繰り返し周波数は47 MHzで制限されていた。本研究では、高い繰り返し周波数でのモード同期動作を安定化するために、波長1.55 μm 域において異常分散を有する偏波保持型のEr添加光ファイバを利得媒質として用いた。レーザー共振器の構成を最適化した結果、繰り返し周波数72 MHzでの安定なモード同期動作を実現した。

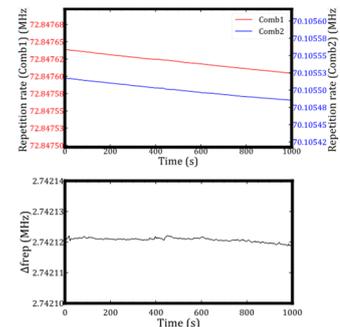


図1 (上) 繰り返し周波数 f_{rep} と(下) 繰り返し周波数の差 Δf_{rep} の時間変化

8 双方向動作型デュアルコムファイバレーザーの開発

窪田 光佑

近年、繰り返し周波数が異なる2台の光コムを用いるデュアルコム分光法が注目されている。一方で、システム構成が大型となっていた。この課題解決のために、我々は1台のレーザーから2台の光コムの同時発生が可能な双方向動作型デュアルコムファイバレーザーを開発した。本研究では、デュアルコムレーザーの出力に対し、エルビウム添加ファイバ増幅器(EDFA)を作成し、高非線形ファイバ(HNLF)を用いて光コムの広帯域化を行った。次に1f-2f干渉計を用いてS/N比30 dB程度の f_{ceo} ビート信号が得られた。次にHCNガスセルを用いたガス分光を行い、吸収スペクトルを得られた。最後に、デュアルコムレーザーの出力に対して双方向励起のEDFAを作成し、出力平均パワー119 mW、パルス幅38 fs (sech²近似)の超短パルス光の発生に成功した。

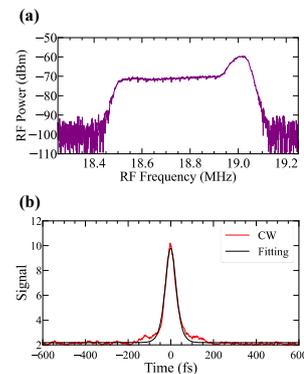


図1 (a)取得した吸収スペクトルと(b)超短パルス光の自己相関波形

9 非線形光学効果を高度に利用した広帯域光コム光源の開発

宮本 丈之祐

未公開

宇宙物理学教室

1 Hawking radiation

有馬 祥梧

Hawking 輻射とは、ブラックホールの事象の地平線からの粒子の放射を観測する現象であり、曲がった時空上における場の量子論から理論的に導かれる。一般相対性理論と量子論の組み合わせた学問は量子重力理論と呼ばれており、未だ確立されていない。Hawking 輻射は重力理論と量子理論の間に位置する現象であり、Hawking 輻射を調べることで量子重力理論を確立するために必要な手掛かりを得る可能性がある。本研究では、場の量子論を用いた Hawking 輻射の導出と量子トンネル効果を用いた導出を行い、両者にどのような違いや類似性があるのかについて比較・考察した。

2 連星中性子星からの重力波放射

鈴木 蓮

重力波は時空のさざ波が光速で伝搬する現象である。2015年9月に Advanced LIGO によって連星ブラックホールからの重力波が初めて直接検出されたことで、重力波で宇宙を観測することが可能となった。しかし、重力波の信号は非常に微弱であるため、検出には理論的な波形の予測が重要となってくる。そこで、本研究ではまず重力波の生成を記述する四重極公式をアインシュタイン方程式の線形化を行って導出した。そして、最も有望な重力波源の1つである連星中性子星合体を想定し、円軌道にある連星からの重力波波形の解析解を求めた。連星が離心率を持つ場合には数値計算が必要になるが、Runge-Kutta 法によるコードを作成し、軌道長半径と離心率の変化を調べた。

3 Kerr ブラックホール周りの軌道における一般相対論的な重力の効果

千秋 郁人

天体の運動を正確に記述するには一般相対論的な重力の効果を考慮する必要がある。一般相対論的な重力の効果に、回転している天体による慣性系の引きずりと呼ばれる現象があり、地球の重力場における慣性系の引きずりの効果が Gravity Probe B 実験で測定された。本研究では、より引きずりの効果が顕著に現れると期待される Kerr ブラックホールにおいて、回転の大きさに対して引きずり角がどのように依存するか4次の Runge-Kutta 法を用いたシミュレーションで調べた。結果は、ブラックホールの回転が大きいほど引きずりの効果は大きく、ブラックホールの半径の5倍の位置から自由落下した粒子の場合、無次元化された回転パラメータが0.97以上のとき1回転以上引きずられることが分かった。

4 弱く回転するブラックホール周りの軌道における一般相対論的重力効果

蜂谷 海斗

一般相対論的な重力の効果の 1 つに回転する重力源の周囲における「慣性系の引きずり」がある。この効果は、地球の重力場における精密実験などでその存在が確かめられているが、強重力場では十分な検証がなされていない。そこで、本論文では、Kerr ブラックホール時空における引きずりの効果について、ブラックホールの回転パラメータが小さい場合に適用可能な近似的計算コードを開発して、シミュレーションによって定量的に調べた。さらに、近似を用いない計算との比較を行い、本研究で採用した近似手法が、回転パラメータが 0.7 程度とやや大きい場合にも、およそ 20% の誤差で引きずりの効果を計算可能であることを確かめた。

5 宇宙の距離はしごを用いたハッブル定数の測定

田中 乃愛

ハッブル定数を求める代表的な方法には、宇宙マイクロ背景放射(CMB)を用いた方法と距離はしごを用いた方法があるが、両者の結果には有意なずれが存在することが指摘されている。本論文では距離はしごを用いた方法に着目し、精度の向上した Gaia 衛星の年周視差データと最新のセファイド変光星、Ia 型超新星の観測データを用いてハッブル定数を測定した。その結果、従来報告されてきた値と整合した値が得られ、CMB による値との有意なずれは依然として残ることがわかった。

6 Ia 型超新星を用いたダークエネルギーへの制限

渡辺 勲

超新星爆発や宇宙マイクロ波背景放射などの観測により宇宙の加速膨張が示唆されている。その加速源はダークエネルギーと呼ばれており、その候補に宇宙定数がある。本論文では、Dark Energy Survey Supernova Program から得られた Ia 型超新星の新しい観測データを用いることでダークエネルギーへの制限を求めた。その結果、ダークエネルギーを宇宙定数と仮定した場合、ダークエネルギー密度の最確値は物質エネルギー密度の二倍程度となることが確認できた。また、宇宙を平坦だと仮定した場合には、ダークエネルギーは宇宙定数と整合することがわかった。

7 ダークマターハローの非球対称性と Splashback Radius

佐久間 遥己

大規模数値シミュレーションをもとに、ダークマターハローの物理的境界として Splashback Radius が考えられている。先行研究ではハローの球対称性を仮定して解析が行われていたが、本研究では非球対称性を考慮し、長軸・短軸それぞれの方向での Splashback Radius を評価した。その結果、Splashback Radius の非球対称性は、ハローの質量分布の非球対称性よりも遥かに小さいことがわかった。その結果と質量降着率との関係を考察した。

8 分光観測を視野に入れたダークマターハローの速度異方性の解析

藤沢 陽人

本研究では、重力多体シミュレーションのデータを用いて、ダークマターハローの速度分散とその異方性を定量的に調べた。結果として、ダークマターハローには有意な速度異方性が存在するが、動径依存性は弱いことが確認できた。そこで、将来の分光観測を念頭に、天球面上で投影された二次元的な速度分散の情報から、三次元的な速度異方性の情報を引き出す方法を考察した。これまでに、平均的には球対称を仮定した解析が妥当であることが確認できたため、次にジーンズ方程式を用いて、観測される視線方向の速度分散から三次元的な速度異方性の情報が引き出せるかどうかを検証する。

9 相対論的粒子による制動放射と逆コンプトン散乱

栗本 宗

本研究では、相対論的な熱的・非熱的粒子に適用できる制動放射の定式化を行った。粒子の速度が光速よりも十分小さい極限では、汎用されている非相対論的な表式に一致することも確認した。また、ローレンツ因子が $\gamma < 10$ 程度の電子による制動放射と、 $\gamma \sim 10^4$ 程度の電子による逆コンプトン散乱は同じ波長帯で放射されるので、両者の放射スペクトルの大小関係を定量的に調べた。結果として、非熱的電子の分布関数のべき指数が2~3より大きい場合には、非熱的制動放射の放射強度の方が卓越することがわかった。

10 テラヘルツ光子計数型強度干渉計の実現に向けたクライオスタットの性能評価

栄野比 里菜

本研究では、テラヘルツ強度干渉計用のクライオスタットの冷却性能評価および光学窓に取り付けるフィルターの開発を行った。フィルター開発においては、吉永フィルター、ブラックポリプロピレン、超高分子量ポリエチレンに反射防止コーティングを施すことで、600 GHz の透過率を 60% 以上を達成することができた。また、赤外線や可視光をカットすることでフィルター透過後の熱輻射を 16 μW 以下に減らすことができた。さらに、冷却性能評価では吸着冷凍器を用いて 0.8 K までの冷却試験を行った。その結果、窓開けの状態でも 0.8 K を 103 分保つことが分かった。

原子過程科学教室

1 金属表面へのイオン照射実験のためのビーム収束等の設計

三輪 竜之

本研究は、核融合科学研究所との共同研究「金属表面へのイオン照射実験で探る表面近傍のプラズマ原子過程」として行われたもので、イオン源から取り出されたイオンビームの集束のための静電レンズを設計することを目的に行った。核融合では、高温のプラズマ（物質がイオンと電子にわかれた状態）を収める真空容器が必要になる。プラズマがこの容器の内壁に触れると、炉壁からスパッタリングと呼ばれる現象により金属構成粒子が真空中に放出されてしまう。金属表面へのイオン照射はこの過程を再現するモデル実験となる。研究では、イオン軌道シミュレーションを行い、最適なイオンビーム収束レンズシステムを設計することができた。

2 2段デフレクターを用いた質量分析法の実現に向けたシミュレーション研究

岡崎 絵里菜

本研究室では、イオン付着飛行時間質量分析（TOFIA）法を用いた質量分析装置の開発研究を行っている。TOFIA 装置では、イオンが低速であるため質量分析部に進入するイオンが直線的な軌道をもたなくなるという欠点があり、改善が望まれていた。そこで昨年2組のデフレクターを用いた方法が提案された。この方法では直線的な軌道でイオンを分析部に導入させ、かつ質量分離も可能になる。しかしあくまで原理的な提案であったので、本研究では電場の歪みなどを考慮したシミュレーションを、C言語のプログラムおよび有限要素法を用いたイオン光学設計ソフト(SIMION)を用いて行った。その結果、直進的なイオンの導入と同時に質量分離が可能となることが実証された。

3 ポアンカレ蛍光の波長ごとの寿命測定

和田 郁乃

東邦大学原子過程科学教室では現在、レーザーイオン化法により生成された炭素鎖分子正負イオンからのポアンカレ蛍光過程の詳細な測定を行うための装置開発を進めている。本研究では、ポアンカレ蛍光の寿命測定を目指して、イオン加速電圧を調整して任意の時間にイオンを光観測領域へと輸送し、時間ごとのポアンカレ蛍光強度を測定した。炭素鎖分子負イオン C_6^- に対して波長 607 nm、794 nm におけるポアンカレ蛍光の強度の時間変化から、減衰速度定数をそれぞれ導出した。その結果、波長ごとにポアンカレ蛍光の寿命が確認された。

4 レーザーアブレーションを用いたグリシン由来分子イオンからの蛍光観測

櫻井 優樹

孤立環境下の分子イオンの高振動励起状態における冷却過程において、振動エネルギーが電子励起エネルギーに遷移する逆内部転換の後、電子遷移に伴い可視光を放出し冷却するポアンカレ蛍光の存在が近年確認された。この急速な冷却過程は孤立環境下での分子合成進化過程など幅広い分野に関連した現象である。これまでにポアンカレ蛍光の直接観測が行われたのは、炭素クラスターイオンと励起ナフタレン正イオンに対してだけである。本研究のターゲットであるグリシンは最も単純な構造をしたアミノ酸である。本研究ではレーザーアブレーションイオン化法を用いて生成されたグリシン由来の分子イオンから放出されるポアンカレ蛍光の直接観測を試みた。

5 凹面鏡を用いたポアンカレ蛍光集光光学系の大立体角化

神田 航汰

近年、孤立環境下での分子のエネルギー散逸過程(いわゆる冷却過程)として、ポアンカレ蛍光と呼ばれる遅延蛍光放出過程の存在が実験によって確認された。ポアンカレ蛍光は従来考えられていた振動輻射に比べて急激な冷却をもたらすため、孤立分子の遅延過程としての興味はもちろん、星間分子の合成進化にも関与する事象として注目されている。本研究では、現在東邦大学で開発中のポアンカレ蛍光観測装置において、凹面鏡を用いた光観測立体角の拡大を試みた。観測装置を模した光学系に凹面鏡を加え、光検出器と反対方向に放射された蛍光の反射・集光を行い、検出光増加量を確認した。

6 イオン軌道シミュレーションによる四重極型イオントラップのイオン閉じ込め性能評価

山本 啓五

宇宙空間のように周囲との相互作用がない孤立環境下においては、高振動励起状態にある分子が電子励起状態へ逆内部転換し、続けて起こる遅延蛍光『ポアンカレ蛍光』の放出によって急速に冷却され得ることが近年確認された。分子サイズや電子準位構造、内部エネルギーの違いなどに起因した分子ごとのポアンカレ蛍光特性を詳細に探るべく、当研究室では線型 RF イオントラップ装置を用いた精密蛍光分光装置の開発を行っている。本研究ではイオン光学シミュレーションソフト SIMION を用いて、イオントラップへ印加する RF 電圧強度など諸条件を変えながらイオン閉じ込め効率を求め、実験条件の最適化を行った。

7 反射型飛行時間質量分析器への新イオン源導入と炭素クラスター正イオンの質量分析

中村 優花

質量分析は現代社会において科学から美術の分野など様々な分野で利用されている。中でも原子や分子の質量を精密に測定できる手法の1つである飛行時間質量分析器は、加速されたイオンの飛行時間を測定しイオン種を同定するものであり、電場によるイオン反射を応用した反射型飛行時間質量分析器ではイオンの初期エネルギーのばらつきによる飛行時間の差を補償してより高精度な質量分析を実現する。本研究では、東邦大に設置された反射型飛行時間質量分析器に用いる新たなレーザーアブレーション源の製作、ならびに生成イオン量の経時変化をモニターするイオン量自動解析システムの構築を行った。本装置を用いて炭素クラスター正イオンの質量測定を行い、炭素 20 程度までの炭素クラスター正イオンを確認した。

8 反射型飛行時間質量分析における質量解析の自動化

加藤 大樹

質量分析は化学や生物、地学などの様々な分野で活躍している。そのうち飛行時間型質量分析器は、電場によって加速されたイオンの飛行時間を測定することでイオン種の同定を行うものである。なかでも反射型飛行時間質量分析器は、イオンの持つ初期エネルギーの違いによる飛行時間のばらつきを解消し、わずかな質量数の違いを区別する精度の分析を行うことが出来るという特徴を持つ。本研究では、得られたデータの正当性評価や実験条件の確認を容易にすべく、反射型飛行時間質量分析器において測定した飛行時間のデータを質量数に自動変換するプログラムを作成した。

9 イオン付着飛行時間分析装置の改良

住友 潮音

本研究室で開発されたイオン付着飛行時間分析装置は、対象試料分子を壊さず(フラグメントフリー)に検出することが可能な装置であるため、この装置を呼気分析に応用する研究が進められている。しかし、高分解能化を目指して行われた直交型への改良は、検出効率の悪化、バックグラウンド信号の増加などをもたらしてしまい、期待する結果が得られていなかった。そこで本研究では、イオン輸送系の静電レンズの構造、およびイオンの引き込みパルスの印加方法の変更などを行い、バックグラウンド信号の低減と検出効率の向上を試みた。

10 呼気分析に向けた直交型イオン付着飛行時間型質量分析装置の改良

井上 和真

本研究室で開発を進めている直交型イオン付着飛行時間型質量分析装置は、気相試料を壊さず(フラグメントフリー)に検出可能である。その特徴を生かし呼気分析への応用を目指しているが、直交型にしたことによる欠点の克服が課題であった。すなわち、バックグラウンドの低減、検出感度の上昇と計測時間の短縮、分解能の向上を求められている。そこで本研究では、呼気中成分の中で検出効率の良いアセトンを用い、イオンレンズの構造の変更によって気相試料の検出量の上昇をはかり、飛行時間質量分析法に必須のパルス化の変更を行って測定の妨げとなるバックグラウンドの低減に成功した。

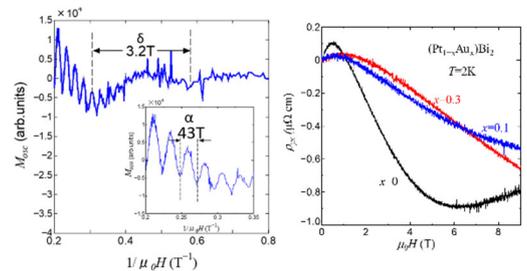
磁気物性学教室

1 トポロジカル半金属(Pt_{1-x}Au_x)Bi₂の磁気輸送特性

織田 百合奈

結晶対称性により創発される3重縮退点をもつ非自明なトポロジーに起因した新しい物理を明らかにする事を目的として、三方晶(Pt_{1-x}Au_x)Bi₂を対象とした合成から測定まで行う実験的研究を行った。

磁化測定及び磁場中における電気抵抗測定から母物質のPtBi₂に対して量子振動が観測された。また、劈開性を持つ(Pt_{1-x}Au_x)Bi₂輸送特性から、Auに伴うキャリア数の変化が観測され、この様に化学置換によるフェルミ準位の制御が可能になることが分かり、3重縮退点の物理を輸送特性により明らかにする上で重要な知見となった。

PtBi₂の磁化と磁場の逆数の関係 (左)(Pt_{1-x}Au_x)Bi₂の異なるドーピング量でのホール抵抗率と磁場依存性 (右)

2 磁性トポロジカル半金属 DyAgGe の磁気輸送特性

山口 美咲

トポロジカルな電子状態や磁性体はそれぞれ特徴的な電子物性を示すが、それらを併せ持つ系で創発される相関物性については未だ明らかになっていない。本研究では、非自明な磁気秩序とトポロジーを併せ持つ磁性トポロジカル半金属DyAgGeを対象とし、磁場下における電気抵抗測定を通じて、磁気秩序に伴い現れる固有の電子物性の観測と解明を試みた。その結果、磁場誘起の磁性転移に伴い電気抵抗率のピークが観測された。これは、転移に伴う静的及び動的なdisorderにより、電子の散乱が増大した為であると考えられる。

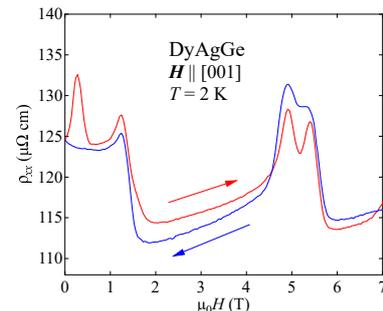
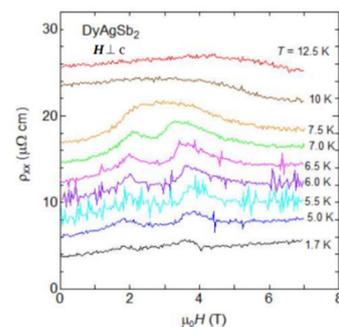


図 1. DyAgGe における磁気抵抗効果

3 正方格子を有する磁性トポロジカル半金属 RAgSb₂(R = Dy, Ho)の輸送特性

日下部 颯也

非自明なトポロジーを有するSb副格子と磁性希土類サイトによる複雑な磁気構造を併せ持つHfCuSi₂型RAgSb₂及びRZn_{1-x}Sb₂(R = 希土類元素)を対象として、トポロジーと磁性の結合による新しい相関物性の発現と解明を目指し、金属フラックス法による単結晶育成と磁場下における輸送係数の測定を行った。本研究では最大約3mmの大きさのDyAgSb₂単結晶試料の育成に成功し、磁場下における電気抵抗率の測定では、磁場誘起の磁性転移に伴い、電気抵抗率のピークが観測された。これは、磁気転移点において生じる秩序の乱れにより電子散乱が増大したためと考えられる。

DyAgSb₂における電気抵抗率磁場依存性

4 正方格子を持つ磁性トポロジカル半金属RSbTe($R = \text{Gd, Ho}$)の合成

峯 幸宏

磁性トポロジカル半金属は、磁性と非自明なトポロジエを併せ持つ物質であり、磁気秩序と結合したトポロジカルな電子構造や外部磁場によるトポロジエの制御といった新しい物理・機能性を明らかにする舞台として注目されている。本研究ではトポロジカルな正方格子と磁気的な希土類を併せ持つ金属間化合物 RSbTe ($R=\text{Gd, Ho}$) を対象とし、磁性と非自明なトポロジエの相関に伴う新たな物性の輸送特性の測定を目的として、単結晶試料の育成をフラックス法で試みた。育成条件の改良を加え、最大で一辺が 0.5mm 程の単結晶の育成に成功した。

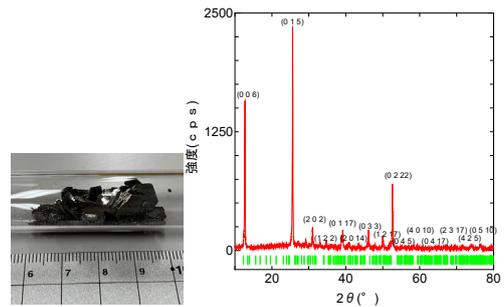


金属フラックス法による GdSbTe の単結晶

5 van der Waals ハロゲン化物 Nb_3I_8 の合成

赤尾 陽

遷移金属ハロゲン化物 Nb_3I_8 は、辺共有した Nb_3I_8 八面体層が van der Waals 結合により積層した欠積 CdI_2 型構造を持つ van der Waals 化合物である、2次元強磁性体の候補物質としてスピントロニクス応用の観点から注目を集めている物質である、本研究では将来的なキャリア数制御下での輸送物性の研究を見据え化学気相輸送法により Nb_3I_8 及びその類縁物質の結晶育成を行い Nb_3I_8 については剥離可能な最大 1 cm 程度の純良な単結晶の育成に成功した。

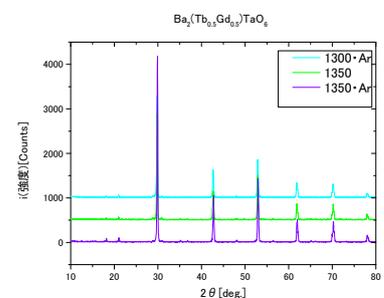


遷移金属ハロゲン化物 Nb_3I_8 の育成された結晶 (左) とその粉末 X 線回折の解析結果 (右)

6 新しいペロブスカイト型 Tb 酸化物磁性体の探索

水野 隼

ペロブスカイト型酸化物における遷移金属の混合原子価状態は、高温超伝導や超巨大磁気抵抗などの興味深い物性を引き起こすことが知られている。一方、希土類元素の価数は一般に 3 価が安定であるため、混合原子価を持つ希土類酸化物は少ない。そのため、希土類元素の混合原子価が磁性に与える効果についてはほとんどわかっていない。希土類元素 Tb が 3 価、4 価の混合原子価を持つ $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{TbO}_3$ は、興味深い磁性を示すことが最近、報告されている。本研究では、混合原子価を持つペロブスカイト型 Tb 酸化物の新物質、新機能探索を目的に、 Ba_2TbO_4 、 $\text{Ba}_3\text{Tb}_2\text{O}_7$ 、 $\text{BaTbO}_{2.8}$ 、 $\text{Ba}_2(\text{Tb}_{0.5}\text{Gd}_{0.5})\text{TaO}_6$ などの試料の作成を試みた。

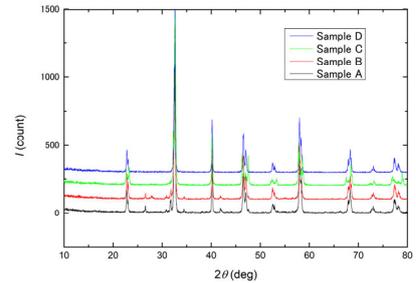


$\text{Ba}_2(\text{Tb}_{0.5}\text{Gd}_{0.5})\text{TaO}_6$ の粉末 X 線回折パターン

7 NdBaMn₂O₆のAサイト規則度の制御

豊田 晴也

RBaMn₂O₆ (R = 希土類) は R と Ba が層状に規則配列した A サイト秩序型構造を持っている。この物質は室温付近で電荷・軌道秩序絶縁相、強磁性金属相、A 型反強磁性相が多重臨界点を形成しているため、室温での超巨大磁気抵抗 (CMR) 効果の発現が期待されている。多重臨界点付近の物性は結晶構造の乱れの影響を受けやすく、乱れにより巨大な秩序相ゆらぎが誘起される傾向にある。本研究では多重臨界点付近にある NdBaMn₂O₆ の A サイトの規則度を低下させることで、乱れの導入を試みた。A サイトの規則度の制御は試料作成の際の中間生成物の酸素量を変えることで行った。

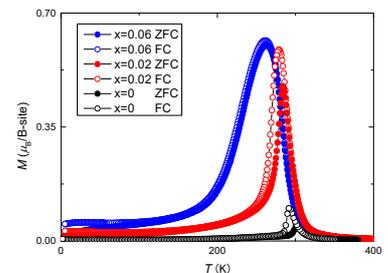


異なる条件下で作成した NdBaMn₂O₆ の粉末 X 線回折パターン

8 NdBaMn₂O₆の磁気特性に Cr 置換が与える効果

畑山 花南

RBaMn₂O₆ (R は希土類元素) の電荷・軌道秩序絶縁体 (CO/OOI) 相、強磁性金属 (FM) 相は室温以上で存在するため、この物質は室温で超巨大磁気抵抗 (CMR) 効果を示すことが期待されている。CMR 効果は、CO/OOI 相から FM 相に転移することで生じるが、RBaMn₂O₆ の CO/OOI 相は磁場に対して堅牢なため、CMR 効果が発現しない。先行研究において、NdBaMn₂O₆ の Mn サイトの一部を Cr で置換することで、磁場誘起の CO/OOI-FM 転移が起こることが報告された。本研究では Cr の置換量を系統的に変化させて、より詳細に Cr 置換の効果を調べた。その結果、5% の Cr 置換において最も FM 相が発達することがわかった。

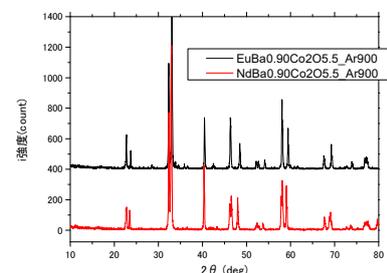


NdBaMn_{2-x}Cr_xO₆ の磁化の温度依存性 (x = 0, 0.02, 0.06)

9 RBaCo₂O_{5+x} (R = Nd, Eu)の元素欠損効果

池田 杏佑

A サイト秩序型ペロブスカイト Co 酸化物 RBaCo₂O_{5+x} (R は希土類) は金属-絶縁体転移、スピン状態転移などの興味深い物性を示すことで知られている。その RBaCo₂O_{5+x} と類似の構造を持つ RBaMn₂O₆ は、元素を一部欠損させることで強磁性相が発達するなどの興味深い現象を示すことが最近報告されている。本研究では、RBaCo₂O_{5+x} の Ba 欠損効果を調べるため、Ba 欠損した試料の作成を試みた。その結果、EuBaCo₂O_{5+x} は Ba を 5%、NdBaCo₂O_{5+x} は 10% 欠損させられることが分かった。この結果は、R のイオン半径の大きさが欠損量の最大値に影響を与える (R のイオン半径が大きいと欠損量も大きくなる) ことを示している。

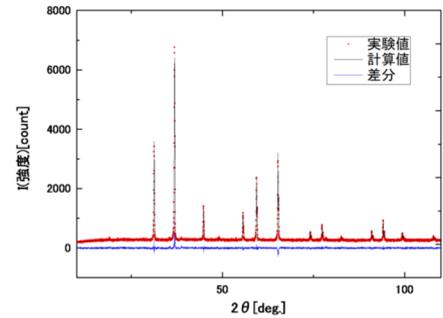


Ar で焼成した EuBaCo₂O_{5+x}、NdBaCo₂O_{5+x} の粉末 X 線回折パターン

10 スピネル型酸化物 CuAl_2O_4 のインバージョンパラメーターの制御

廣嶋 秀太郎

スピネル型酸化物 CuAl_2O_4 は、立方晶構造を持っており、ヤーンテラー活性の Cu^{2+} を含んでいるにも関わらず正方晶に転移しない。その原因として Cu と Al の相互固溶の可能性が指摘されているがその詳細は明らかではない。また、 Cu^{2+} はスピン-軌道結合 ($J_{\text{eff}} = 1/2$) の特殊な磁性イオンの可能性があることが指摘されており、最近注目されている。本研究では、 CuAl_2O_4 の相互固溶の程度（インバージョンパラメーター）を制御し、それが構造と物性に与える効果を調べた。

 CuAl_2O_4 のリートベルト解析