

伊藤正行教授

*伊藤正行 教授 Masayuki Itoh, Prof.
 小林義明 准教授 Yoshiaki Kobayashi, Assoc. Prof.
 清水康弘 講師 Yasuhiro Shimizu, Lecturer
 松下 琢 講師 Taku Matsushita, Lecturer

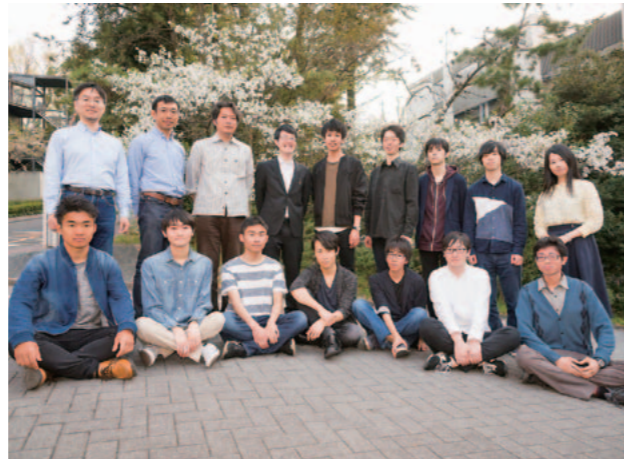
固体中の電子は、イオン殻が作る周期ポテンシャル中をクーロン斥力によって互いに避けあいながら運動しています。この電子が持つ「遍歴性」と強い電子間相互作用による「局在性」が拮抗した領域では、バンド描像が破綻し電子相関による多体効果が前面にあらわれます。このような電子系は「強相関電子系」と呼ばれ、固体物理学の中で多くの研究者を引きつけてきました。強相関電子系では、金属絶縁体転移近傍の異常金属相、高温超伝導など重要な物性が発現し、それらの研究を通じて新しい物理概念が構築されてきました。現在、この分野の研究は、電子が持つスピン・電荷・軌道の自由度がおりなす複合物性が興味の対象になっており、多彩な切り口から研究が展開され、今後も一層の進展が期待されています。

本研究室の研究テーマは、「強相関電子系における特異な物性の開拓と発現機構の解明」であり、核磁気共鳴(Nuclear Magnetic Resonance, NMR)法を主たる測定手段とする実験研究を行っています。固体物性研究の中で、NMRを用いた研究は、大きな役割を果たしてきました。原子核の核スピンは周囲の電子系の電子スピンの超微細相互作用で結合しています。この相互作用は弱いため、NMRはクールなプローブとして電子系を乱すことなく、電子系の静的・動的情報をマイクロに得ることができます。

<http://i-ken.phys.nagoya-u.ac.jp/>

*連絡先 mitoh@nucc.cc.nagoya-u.ac.jp FAX 052-789-3552

教授：1/准教授：1/講師：2/DC：1/MC：7



研究室メンバーと共に、小林義明准教授(上列一番左)、清水康弘講師(上列、左から2番目)、松下琢講師(上列、左から3番目)

この特徴を生かすと、NMRは固体物性を研究する上で強力な測定手段になります。

研究テーマ

1. 超伝導

1986年の銅酸化物高温超伝導体の発見は、強相関電子系の物性研究に新たな扉を開き、その後、モット転移近傍の異常金属相の物理(モット絶縁体にキャリアドープして発現する金属相の異常物性の物理)が大きく進展しました。銅酸化物以外にも、2003年にコバルト酸化物で、2008年に鉄系化合物で超伝導が発見され、超伝導の研究は、現在も活発に展開されています。この鉄系超伝導体は、図1に示すようなFeAs層からなる層状構造を基本構造として持ち、何種類かの系が見つっています。私たちは、現在、鉄系超伝導の発現が、銅酸化物と異なった新規な機構によるものかどうかを探るため、様々な手法(輸送特性、熱特性などの巨視的物性測定やNMRによる微視的物性量の測定)による研究を行っています。

2. 軌道状態と金属絶縁体転移

これまで隠された自由度と考えられていた軌道の自由度が強相関電子系の物性に重要であると広く認識されるようになってきました。ある種の物質では、異なった電子軌道が周期的に配列した軌道秩序とよばれる現象が生じます。私たちは、この軌道秩序を、NMRを用いて観測できることを初めて示しました。この方法は、原子核と電子の間に働く超微細相互作用の異方性を上手く利用しており、精密な二軸回転が可能なゴニオメーターを用いて測定します。現在、遍歴電子系における軌道状態や軌道占有率などの情報も得ることができるようになってきており、多軌道電子系の物性研究に役立つことが期待されています。私たちは、ホランダイト型構造やスピネル構造を持つバナジウム酸化物とクロム酸化物などを主な研究対象として、温度

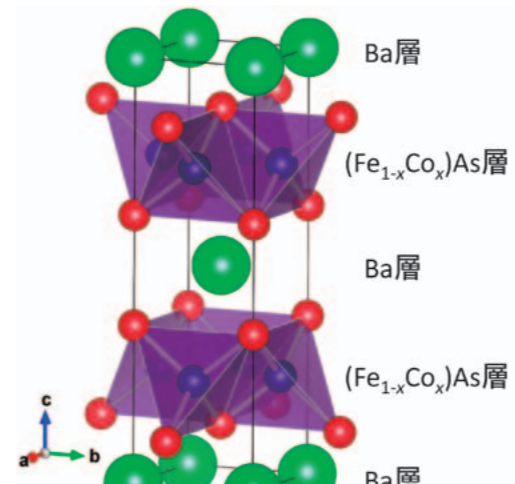


図1. 鉄系超伝導体Ba(Fe_{1-x}Co_x)₂As₂の結晶構造

や圧力を変えることによって起きる金属絶縁体転移の機構とこの転移に伴う軌道状態が果たす役割について研究を進めています。

3. 幾何学的フラストレーション

三角格子やパイロクロア格子は、幾何学的フラストレーションと呼ばれる構造を持っています。この三角形の頂点上のスピンを互いに反対向きにそろえようとする反強磁性相互作用があると、図2に示すようにスピンの向きが一意

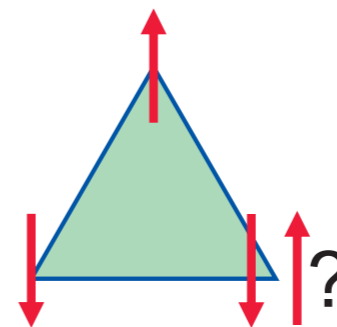


図2. 三角格子における磁気フラストレーション

教育研究の方針

上記の研究テーマの多くは、大学院生の研究テーマとして実施してきたものです。修士課程に入学後、一人一人が強相関電子系の物理に関する研究テーマに取り組みながら、NMRの測定方法や解析方法などを習得しつつ問題解決できる能力を身につけられるように配慮した研究指導を行っています。

多様なNMR測定ができるようにNMR装置の整備にも力をいれています。固体物性研究で用いるNMR装置は研究に応じて技術開発を行う必要があります。

的に決まらず、状態に縮退が残ります。スピン液体とよばれる特異な基底状態はその一つと考えられています。私たちは、このフラストレーションの効果が生み出す新奇物性を研究しています。遍歴電子系では、LiV₂O₄がその代表例であり、重い電子系の振る舞いを示す初めての3d電子系です。現在、NMRを用いて、その物性の発現機構の解明に迫ろうとしています。また、三次元ネットワークをもつAlV₂O₄における七量体、層状バナジウム酸化物における三量体による非磁性スピン・シングレット状態の形成は、系が構造相転移を起こしてフラストレーションを解消することで生じた新奇な基底状態の一つです。私たちは、最近、NMRによりそれらの直接的な観測に成功しました。

4. 高圧NMR実験

圧力は、物性発現機構を解明する上で重要な外部パラメーターの一つです。ブリッジマンアンビル型セル(図3参照)や対向アンビル型セルを用いて、常用の圧力セルの限界(3.5GPa)をはるかに凌ぐ高圧(10GPa)下のNMR実験を進めています。

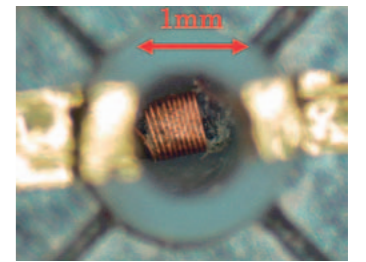


図3. 超高压セル内のNMRコイル

最近の学位論文

博士論文(2017年度)

「励起子絶縁体Ta₂NiSe₅および擬ギャップ系Ru_{1-x}Rh_xPにおける新奇電子物性の研究」

「核磁気共鳴法を用いた鉄系超伝導体の電子ネマティックゆらぎとその秩序についての研究」

修士論文(2017年度)

「チタンオキシニクタイトBaTi₂Pn₂O(Pn = As, Sb, Bi)における超伝導相に隣接した低温秩序相の電子状態」

「軌道自由度を持つ遷移金属化合物における多量体形成構造の解明」

「NMRでみたLa_{1-x}Sr_xCoO₃におけるスピンポーラロンの物性」

「Kitaevスピン液体候補物質α-RuCl₃における磁場誘起相転移」

強相関電子系の特異な物性は極端条件下であらわになることが多いため、高圧力、高温などの極端条件下でNMR実験を行えるようにする努力を行っています。このような装置開発にも、大学院生は参加します。さらに、NMR測定のために必要な物質の作成も行います。

研究の醍醐味を味わいながら新しい物理概念を構築することを目指して、大学院生と教官が一丸となって研究に邁進できる環境をつくりたいと思っています。