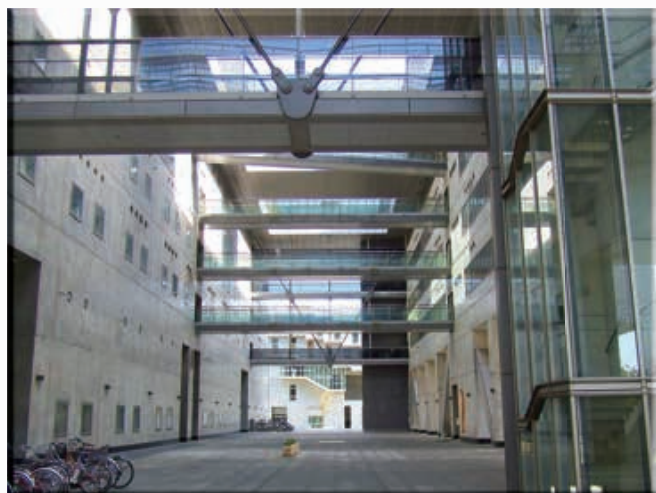


東京大学

2013

物性研究所



THE INSTITUTE FOR SOLID STATE PHYSICS

THE UNIVERSITY OF TOKYO



2 ご挨拶
Preface

4 沿革
History

6 年表
Chronology

8 組織・運営
Organization/Administration

10 共同利用と国際協力
Joint Research and International Collaboration

12 教育・論文
Education/Publication

13 予算・職員
Budget/Staff Members

14 新物質科学研究部門
Division of New Materials Science

21 物性理論研究部門
Division of Condensed Matter Theory

31 ナノスケール物性研究部門
Division of Nanoscale Science

40 極限環境物性研究部門
Division of Physics in Extreme Conditions

44 物質設計評価施設
Materials Design and Characterization Laboratory

53 中性子科学研究施設
Neutron Science Laboratory

59 国際超強磁場科学研究施設
International MegaGauss Science Laboratory

64 計算物質科学研究センター
Center of Computational Materials Science

67 極限コヒーレント光科学研究センター
Laser and Synchrotron Research Center

78 軌道放射物性研究施設
Synchrotron Radiation Laboratory

79 共通施設
Supporting Facilities

84 柏キャンパス地図
Kashiwa Campus Map



ご挨拶

物性研究所は東京大学附置の全国共同利用研究所として1957年に設立されて以来、半世紀余りにわたって物性科学における日本の中核的研究機関として活動を続けてきました。その間、2000年には都心の六本木キャンパスを離れ、本郷、駒場に次ぐ東大の第3極として新たに誕生した柏キャンパスに移転しました。その後、2004年の国立大学法人化によって大学の基本的仕組みが大きく変わり、2010年の共同利用・共同研究拠点認定制度の発足によって共同利用研究所の新しい枠組みが作られています。物性研究所も共同利用・共同研究拠点の認定を受け、2013年度には中間評価を受けました。

物性科学は、我々の身の回りにある物質の多様な性質を、物質のミクロな構成要素である原子や電子の運動法則に基づいて解明する学問として発展して来ました。その後、そのような知識をもとに、これまで知られていない性質を持つ新物質を化学的に合成し、或いは微細な加工を施した物質を組み合わせることで新しい機能を持つナノメートルサイズの構造物を創造するといった研究が盛んになり、現在では物理学、化学、材料工学の境界を超える融合的な学問として大きな広がりを示しています。今後、新しい物質や理論的アイデア、革新的な測定技術によって物性科学の対象がますます広がることが予想される一方で、物質の新しい性質を引き出すための強磁場、超高圧、超低温といった極限環境を作る技術や、物質の性質を解明するための中性子、軌道放射光、レーザー光源やスーパーコンピューターなどの最先端設備が重要となっています。

共同利用・共同研究拠点としてこれまで物性研究所では、これらの先端的技術・設備を開発し共同利用に供する努力を重ねてきました。強磁場については、電磁濃縮法を用いて1000テスラ破壊型短時間パルス磁場を目指す計画と、フライホイール電源を用いて100テスラ非破壊型長時間パルス磁場を実現する計画が進行しています。中性子に関しては、東海のJ-PARCにKEKと共同で建設した高分解能パルス分光器の共同利用実験が開始されました。一方でJRR-3原子炉は大震災後未だ停止しており、一日も早い再稼働が待ち望まれます。次世代スーパーコンピューターについては、物性研が戦略分野2「新物質・エネルギー創成」の代表機関を務め、分子科学研究所や東北大学金属材料研究所とともに計算物質科学イニシアティブ(CMSI)を組織するとともに、2013年度からは元素戦略プロジェクトにも本格的に参加しています。放射光に関しては、SPring-8に東大アウトステーション物質科学ビームライン(BL07)を建設し、軟X線領域の最先端の実験が行われるようになりました。更に2012年には、これまで独立に発展してきた放射光とレーザー光源の有機的な連携を目指して、これまでの先端分光研究部門と軌道放射物性施設を統合した「極限コヒーレント光科学研究センター」(LASOR)が設立され、新しい光物性科学が展開されようとしています。

今後も物性研究所は物性科学のフロンティアを切り拓く研究活動を継続し、それによって国内外の物性科学研究者にトップレベルの共同研究拠点を提供することを目指していきたくと考えています。皆様には、物性研究所の研究活動に対し、これまでと変わらぬご支援をお願い申し上げます。

2013年10月

瀧川 仁

Preface

The Institute for Solid State Physics (ISSP) was established in 1957 as a joint-use research institute attached to the University of Tokyo. Since then ISSP has been acting as a central organization of condensed matter physics and materials science in Japan for more than a half century. In 2000, ISSP was relocated from the Roppongi campus in the center of Tokyo to the new Kashiwa campus which was designated as the third major branch of the University of Tokyo after the ones in Hongo and Komaba. In 2004, the University of Tokyo became a national university corporation and in 2010, ISSP was approved to be a joint-use/joint-research institute in accordance with the new scheme set by the government. The joint-use/joint-research activities of ISSP have been evaluated in 2013.

Condensed matter physics had started as a discipline, which enables us to understand a wide variety of properties of materials on the basis of fundamental laws of motion of the constituent microscopic particles, i.e. atoms or electrons. Based on such knowledge, the major current efforts are being devoted to synthesize new materials that may show unprecedented novel properties on one hand, and to fabricate structures with nanometer scale by combining various materials to produce new functions on the other hand. Thus the modern materials science bridges boundaries between physics, chemistry, and materials science. In future, new materials, new theoretical ideas, and innovative experimental technique are expected to further widen the scope of materials science. At the same time, equally important are the advanced technologies that provide extreme environment such as high magnetic field, high pressure, and low temperature to extract novel properties of materials, and large facilities for advanced measurements such as neutron scattering, synchrotron and laser light sources, and supercomputers.

As a joint-use/joint-research institute, we have been working hard to develop state-of-art technologies and facilities. The International Megagauss Science Laboratory is pursuing to generate 1000 tesla destructive short-pulse fields by electromagnetic compression method and 100 tesla non-destructive long-pulse fields using a flywheel dc-generator. The Neutron Science Laboratory installed the High Resolution Chopper (HRC) spectrometer in J-PARC in collaboration with KEK and started joint-user experiments. However, the JRR-3 reactor has still been shut down after the earthquake in March 2011. Early re-operation is seriously desired. Concerning the Next Generation Supercomputer (K-computer) Project, ISSP has been selected as the representative institute to lead the research in the Strategic Field 2, “New Materials and Energy Creation” and established “Center of Computational Materials Science”. ISSP will also participate in the Element Strategy Project from 2013. Regarding the synchrotron light source, ISSP has played a major role to complete the Materials Science Beam-line in SPring-8, providing a platform to perform state-of-art soft X-ray experiments. Furthermore, the “Laser and Synchrotron Research Center” (LASOR) was newly established in 2012, aiming at close collaboration and unified activity between the synchrotron and laser fields, which had been developed independently.

We at ISSP will continue to aim at conducting cutting-edge research at the forefront of the materials science, and thereby, provide an excellent collaborative center for both domestic and international researchers. We appreciate your continued support for our research activities.



所長 Director

瀧川 仁

TAKIGAWA Masashi

October 2013

Masashi Takigawa, Director

沿革

物性研究所は、「物性物理学」の研究推進のため、昭和32年4月1日に、全国物性研究者の要望と日本学術会議の勧告および、文部省と科学技術庁の合意に基づき、東京大学附置全国共同利用研究所として設立された。立ち遅れていた我が国の物性分野の研究設備・体制を国際的水準に高める拠点となるという設立当初の使命は、15年ないし20年ではば達成された。

次の目標は先端の実験技術を開発することに設定され、そのための重点5計画のうち、まず超低温物性は昭和55年度に、超強磁場・極限レーザー・表面物性が昭和59年度に設備計画を終え、軌道放射物性設備計画も昭和61年度にその緒についた。研究計画の展開に伴い、組織上でも昭和55年に改組が行われた。従来の固有21部門を、超強磁場・極限レーザー・表面物性・超低温物性・超高压を含む極限物性部門、軌道放射物性部門、中性子回折物性部門、凝縮系物性部門、理論部門の5大部門に改め第2世代に移行した。

極限物性部門は、従来の実験装置では実現不可能な極限的状況を創ると共にその下での新しい物性の探索を行なった。軌道放射物性部門は加速器を光源に、中性子回折物性部門は原子炉を線源に用いるため、それぞれ他の研究機関の協力を得て研究を進めた。中性子回折物性部門では、日本原子力研究所（現・日本原子力研究開発機構）の研究用3号炉の改造に伴い、平成2年度から4年度までに線源の大幅な性能向上が図られ、平成5年度から中性子散乱研究施設に拡充改組された。一方で、軌道放射物性研究施設は東京大学田無キャンパス内に設置されたSOR-RINGを運転し、また、高エネルギー物理学研究所（現・高エネルギー加速器研究機構）内に分室を設けビームラインと実験ステーションを維持してきた。また凝縮系物性部門は、理論部門と共に、自由な発想による研究と新たな萌芽の育成を目的としていたが、その中から具体化した物質開発構想により、平成元年度に同部門から分離・新設された新物質開発部門を中心に研究活動が進められた。

昭和55年の改組から16年間の時を経て、平成8年には再び全面的な改組が行われ、第3世代に移行した。そのねらいは、それまで開発された個々の極限環境や先進的測定技術を組み合わせることにより新しい現象を追求したり、表面・薄膜・微細加工物質などで代表されるメゾスコピック、ナノスケールでの人工物質を対象とする新しい研究領域開拓をめざしたり、また計算機物理学の支援の下に新物質を設計・合成するなど、伝統的な固体物理学の枠組みをこえる研究を展

開し、それを発信する国際共同利用研究所としての活動を志向することにある。この研究体制は、新物質科学、物性理論、先端領域、極限環境、先端分光の5大研究部門と軌道放射物性研究施設、中性子散乱研究施設、物質設計評価施設の3施設で構成された。このほかに所外研究者を一定期間所に迎えるための客員部門と外国人客員2名をおき、所内外の交流・協力と、所の研究の活性化・流動化を促進している。

平成12年3月に、43年間活動を展開した六本木キャンパスから東京大学の第3極としての柏新キャンパスに全面移転した。同時に移転した宇宙線研究所および、新設された大学院・新領域創成科学研究科と共に、従来の枠をこえた新しい学問領域の推進を目指した。平成15年度には日米科学技術協力事業や茨城県東海村パルス中性子源計画へ対応するために、中性子散乱研究施設が中性子科学研究施設へと改組された。平成16年には東京大学が法人化され、その中の全国共同利用研究所としての新たな役割が期待された。また同年には、先端領域部門をナノスケール物性研究部門と名称変更し、新物質科学、物性理論、ナノスケール物性、極限環境、先端分光の5大研究部門と軌道放射物性研究施設、中性子科学研究施設、物質設計評価施設の3施設という研究体制となった。平成18年には国際超強磁場科学研究施設、平成23年には計算物質科学研究センターが新設された。軌道放射物性研究施設では、柏キャンパス移転前の平成9年にSOR-RINGの運転を停止し、高エネルギー加速器研究機構内のつくば分室にて主な活動を行ってきたが、平成21年度に大型放射光施設SPring-8に播磨分室を設置した。更に平成24年には先端分光研究部門及び軌道放射物性研究施設が統合・再編され、極限コヒーレント光科学研究センターが発足し、新たな一步を踏み出した。



六本木キャンパス物性研究所研究棟（1963年）
ISSP Main Building at Roppongi Campus (1963)



History

The Institute for Solid State Physics (ISSP) of the University of Tokyo was established on April 1 in 1957 as a joint research laboratory based upon the recommendation of the Science Council of Japan and the concurrence between the Ministry of Education, Science and Culture and the Science and Technology Agency in order to carry on basic research in condensed matter physics. Within the first 15 to 20 years, ISSP had achieved its original mission, that is to serve as the central laboratory of materials science in Japan equipped with state-of-art facilities that were open for all domestic researches in order to bring the research in Japan up to par with the international level.

The next goal was set to develop advanced experimental techniques that were difficult to achieve in most university laboratories. The reorganization of ISSP into the "second generation" took place in 1980. Division of Physics in Extreme Conditions included groups in the areas of ultra-high magnetic field, laser physics, surface science, ultra-low temperature and very high pressure. It aimed to create extreme conditions and to explore new phenomena. Neutron Scattering Laboratory was constructed in Tokai in collaboration with the Japan Atomic Energy Agency. Its capability was significantly improved during 1990 - 1992 due to renovation of the research reactor. Synchrotron Radiation Laboratory operated the SOR-RING in the Tanashi Campus of the University of Tokyo and maintained beam lines in the Photon Factory at the High Energy Accelerator Research Organization (KEK) in Tsukuba. Besides activities using such big facilities, the Condensed Matter Division and the Theory Division maintained small groups motivated by individual interests and ideas. Among these groups was formed Materials Development Division in 1989 aiming at exploring new materials and their novel properties.

16 years after the reorganization, another major reorganization of ISSP into the "third generation" took place in 1996, in order to pursue new frontiers beyond the traditional disciplines and become an international center of materials science. One example is to explore new phenomena in combined environments of various extreme conditions, since individual technologies for

high magnetic field, low temperature and high pressure had reached certain maturity during the "second generation". Another example is the study of artificially designed materials such as thin films, materials fabricated on surfaces and mesoscopic systems with nanoscale structure. Focused efforts are also planned on synthesis and characterization of new materials with the aid of computational physics, which allows us to design and predict properties of new materials. In order to reflect these developments, former research divisions were reorganized into five research divisions (New Materials Science, Condensed Matter Theory, Frontier Areas, Physics in Extreme Conditions, and Advanced Spectroscopy) and three research facilities (Synchrotron Radiation, Neutron Scattering, and Materials Design and Characterization Laboratories). In addition, a visiting staff division as well as two foreign visiting professor positions were created.

ISSP was relocated to the new campus in Kashiwa of the University of Tokyo in March 2000 after the 43 years of activities at the Roppongi campus in downtown Tokyo. Here ISSP is aiming at creating new areas of science in collaboration with other institutions in Kashiwa. In 2003, Neutron Scattering Laboratory was reorganized to Neutron Science Laboratory. The University of Tokyo was transformed into a national university corporation in 2004 and thus ISSP is expected to play new roles as a joint research Laboratory in the university corporation. In the same year, Division of Frontier Areas Research changed its name to Division of Nanoscale Science. In 2006, the ISSP established International MegaGauss Science Laboratory and started serving as an international center of physics in high magnetic fields. In 2011, Center of Computational Materials Science was established in the ISSP, for promoting materials science with advanced supercomputers. Regarding Synchrotron Radiation Laboratory, after the closing of the SOR-RING in 1997, Harima branch of Synchrotron Radiation Laboratory was established at SPring-8 in 2009. Furthermore, Division of Advanced Spectroscopy and Synchrotron Radiation Laboratory were reorganized in 2012 into the newly established Laser and Synchrotron Research Center, as a new step forward in the unified field.

年表/Chronology

- 昭和 32 年 1957 共同利用研究所として発足
Establishment of ISSP as a joint research laboratory
電波分光・理論第 2 部門、理工研から振替：結晶第 1 部門新設
Opening of Radio and Microwave Spectroscopy, Theory II, and Crystallography I divisions
- 昭和 33 年 1958 誘電体・光物性部門、理工研から振替
Opening of Ferroelectrics and Quantum Electronics, and Optical Properties divisions
極低温・磁気第 1 部門増設
Opening of Low Temperature and Magnetism I divisions
- 昭和 34 年 1959 半導体・分子・格子欠陥・塑性・放射線物性部門増設
Opening of Semiconductor, Molecular Physics, Lattice Imperfections, Plasticity, and Nuclear Radiation divisions
- 昭和 35 年 1960 結晶第 2・理論第 1・固体核物性・界面物性部門増設
Opening of Crystallography II, Theory I, Solid State Nucleus, Surface Properties, and Molecular Science divisions
物性研究所開所式
Inauguration of ISSP
- 昭和 36 年 1961 磁気第 2・非晶体・超高压・理論第 3 部門増設、20 部門となる
Opening of Magnetism II, Solid Materials, High Pressure, and Theory III divisions. Total 20 divisions
- 昭和 40 年 1965 非晶体部門を無機物性部門に名称変更
Solid Materials division was renamed as Inorganic Materials division
- 昭和 44 年 1969 中性子回折部門増設
Opening of Neutron Diffraction division
- 昭和 47 年 1972 固体物性部門（客員部門）増設（22 部門となる）
Opening of Solid State division (visiting staff), resulting in 22 divisions in total
- 昭和 50 年 1975 軌道放射物性研究施設設置
Foundation of Synchrotron Radiation Laboratory
- 昭和 54 年 1979 超低温物性研究棟竣工
Ultra-Low-Temperature Laboratory building completed
- 昭和 55 年 1980 従来の 22 部門が極限物性部門（超強磁場、極限レーザー、表面物性、超低温物性及び超高压）、軌道放射物性部門、中性子回折物性部門、凝縮系物性部門ならびに理論部門の 5 大部門及び客員部門 1 に再編成される
Reorganization of ISSP from 22 small divisions to five large divisions, Physics in Extreme Conditions (including ultra-high magnetic field, laser physics, surface science, ultra-low temperatures and very high pressure laboratory), Synchrotron Radiation, Neutron Diffraction, Condensed Matter and Theory divisions and one Visiting Staff division
- 昭和 57 年 1982 超強磁場・極限レーザー実験棟竣工
Ultra-High Magnetic Field Laboratory and Laser Laboratory building completed

平成 元年	1989	新物質開発部門（時限 10 年）が増設され、6 大部門となる Opening of Materials Development division 第 1 回 ISSP 国際シンポジウム「有機超伝導体の物理と化学」開催（以降数年ごとに開催） The 1st ISSP International Symposium on "The Physics and Chemistry of Organic Superconductors"
平成 5 年	1993	中性子散乱研究施設の新設 Foundation of Neutron Scattering Laboratory
平成 7 年	1995	国際外部評価が実施される Evaluation of scientific achievements of ISSP by an international external committee
平成 8 年	1996	新物質科学、物性理論、先端領域、極限環境物性、先端分光の 5 大研究部門と軌道放射研究施設、中性子散乱研究施設に新たに物質設計評価施設を加えた 3 施設に再編される Reorganization into five divisions; New Materials Science, Condensed Matter Theory, Frontier Areas Research, Physics in Extreme Conditions and Advanced Spectroscopy divisions, and three facilities; Synchrotron Radiation, Neutron Scattering and Materials Design and Characterization Laboratories 東京大学柏キャンパスにおける物性研究所実験棟建設着工 Construction of the new ISSP buildings in Kashiwa campus started
平成 9 年	1997	中性子散乱研究施設で外部評価が実施される Evaluation of activities of Neutron Scattering Laboratory by the external committee
平成 11 年	1999	柏キャンパスへの移転開始 Relocation to Kashiwa campus started
平成 12 年	2000	移転完了 Relocation completed
平成 13 年	2001	外国人客員新設 Opening of foreign visiting professorship
平成 15 年	2003	中性子散乱研究施設が中性子科学研究施設に改組 Reorganization to Neutron Science Laboratory from Neutron Scattering Laboratory 物質設計評価施設で外部評価が実施される Evaluation of scientific activities of the Material Design and Characterization Laboratory by the external committee
平成 16 年	2004	東京大学が国立大学法人東京大学となる The University of Tokyo was transformed into a national university corporation 先端領域研究部門をナノスケール物性研究部門に名称変更 Division of Frontier Areas Research was renamed as Division of Nanoscale Science
平成 17 年	2005	外部評価が実施される Evaluation of scientific achievements of ISSP by the external committee
平成 18 年	2006	国際超強磁場科学研究施設の新設 Foundation of International MegaGauss Science Laboratory
平成 19 年	2007	創立 50 周年記念事業 Celebration of 50th anniversary
平成 22 年	2010	共同利用・共同研究拠点として認可 Authorization as a joint usage/research center
平成 23 年	2011	計算物質科学研究センターの新設 Foundation of Center of Computational Materials Science
平成 24 年	2012	先端分光研究部門及び軌道放射物性研究施設が統合・再編され、極限コヒーレント光科学研究センターが発足 Foundation of Laser and Synchrotron Research Center, as a reorganization of Division of Advanced Spectroscopy and Synchrotron Radiation Laboratory

組織 Organization



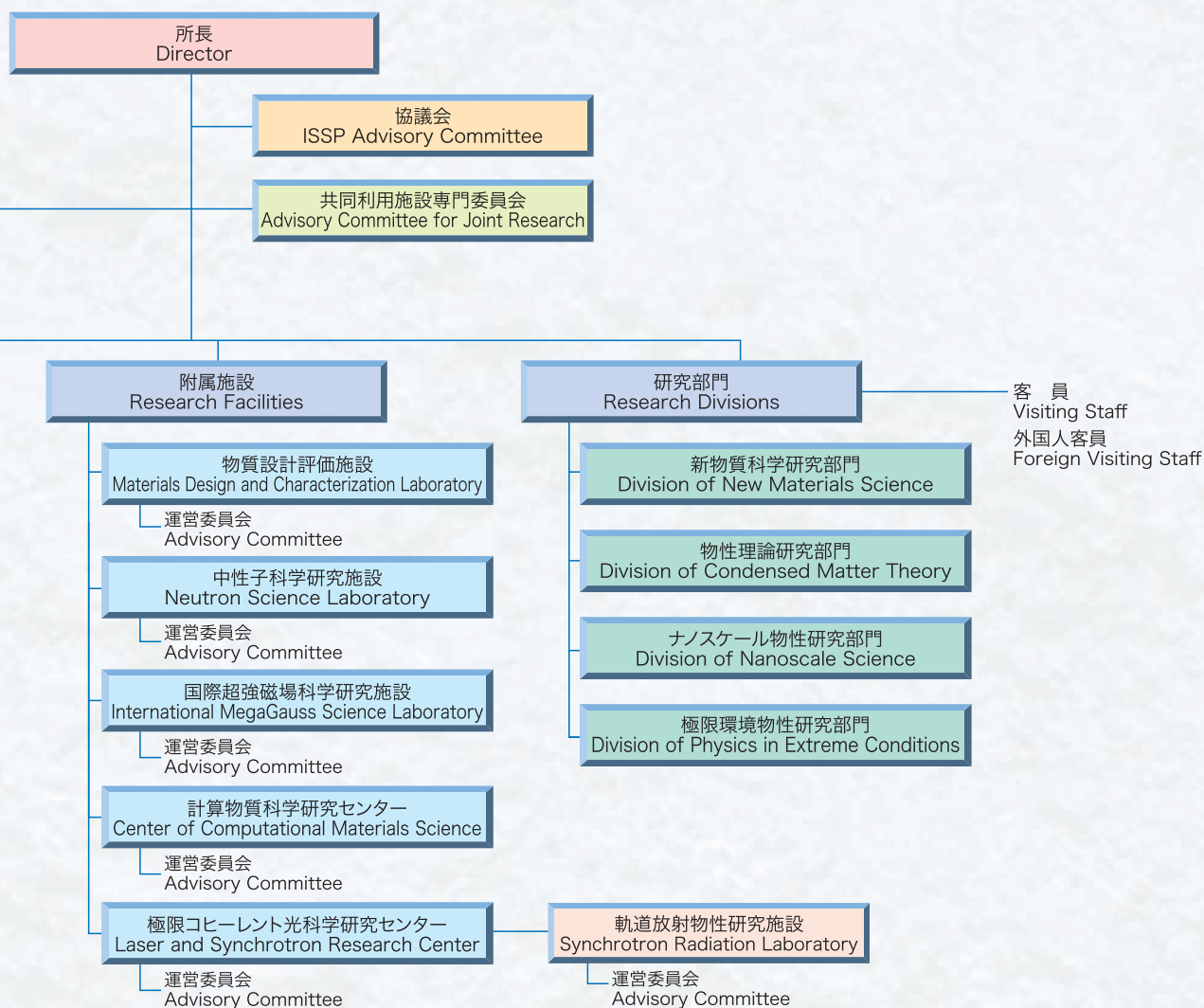
運営 Administration

物性研究所は、東京大学の附置研究所であると同時に、全国物性科学研究者のための共同利用研究所でもある。又、平成 22 年 4 月には共同利用・共同研究拠点として認可された。研究所の運営は、教授及び准教授から構成される所員会の議決を経て所長が行うが、同時に共同利用施設の運営については、東京大学の内外からほぼ同数の委員により組織された物性研究所協議会が所長の諮問に応じて意見を述べ、外部研究者の要望を伝達する機能を果たしている。更に物性研内外の委員よりなる共同利用施設専門委員会が設けられ、共同利用、施設利用、研究会などの実行計画を審議している。

物性研究所の研究体制は 4 研究部門、5 研究施設、客員部門、外国人客員部門よりなる。このうち極限コヒーレント光科学研究センター軌道放射物性研究施設に関

しては茨城県つくば市の高エネルギー加速器研究機構内及び、兵庫県佐用郡佐用町の SPring-8 内に施設分室が置かれており、中性子科学研究施設の実験装置は茨城県東海村の日本原子力研究開発機構内にある研究用原子炉に設置されている。また、計算物質科学研究センターは兵庫県神戸市の理化学研究所計算科学研究機構内に置かれたセンター分室に拠点を持つ。さらに、所内研究者や共同利用者が共通に利用できる施設として低温液化室、工作室、放射線管理室、図書室、国際交流室などが置かれている。

本研究所の教授、准教授、助教の人事はすべて公募され、物性研内外ほぼ同数の委員よりなる人事選考協議会の議決を経て所員会で決定される。なお、一部の職には任期がついている。



ISSP belongs to the University of Tokyo. At the same time, its facilities are open to all domestic researchers participating in joint research. In April 2010, ISSP was duly granted the authorization as a joint usage/research center. The administrative decisions are made at the faculty meeting chaired by the director and attended by professors and associate professors. The ISSP Advisory Committee, consisting of nearly equal numbers of members from and outside of the University of Tokyo to represent the interest of the outside users, gives advice on various aspects of administration upon inquiry of the director. The Advisory Committee for Joint Research, consisting of both the in-house and outside members, evaluates proposals for joint research, workshops, and allocation of fund for user activities.

Currently ISSP consists of four Research Divisions, five Research Facilities, Visiting Staff Division and Foreign Visiting Staff Division. Among these, Synchrotron Radiation Laboratory has branches in the High Energy Accelerator Research Organization (KEK),

Tsukuba, Ibaraki and in the SPring-8, Sayo, Hyogo, and the Neutron Science Laboratory maintains apparatus installed at the research reactor in the Japan Atomic Energy Agency, Tokai, Ibaraki. In addition, the Center of Computational Materials Science has a branch in the RIKEN Advanced Institute for Computational Science, Kobe, Hyogo, and most of the research activities are performed in the Kobe branch. Apart from the Research Divisions and Facilities, supporting facilities, which include Cryogenic Laboratory, Machine Shop, Radiation Safety Laboratory, Library and International Liaison Office, provide services to both in-house and outside users.

Open faculty positions of professors, associate professors and research associates at ISSP are advertised publicly. Candidates are selected by the Selection Committee consisting of nearly equal numbers of in-house and outside members and then approved by the Faculty Meeting. Some of the positions have finite terms of appointment.

共同利用と国際協力 Joint Research and International Collaboration

各種研究員制度 Domestic Joint Research

全国物性科学研究者に対し共同利用・共同研究を促進するため、次のような制度が設けられている。

1. 共同利用——所外研究者が本所の施設を使って研究を行いたい場合に、その便宜を図るための制度である。受け入れについては「共同研究」と「施設利用」の2つの形態がある。

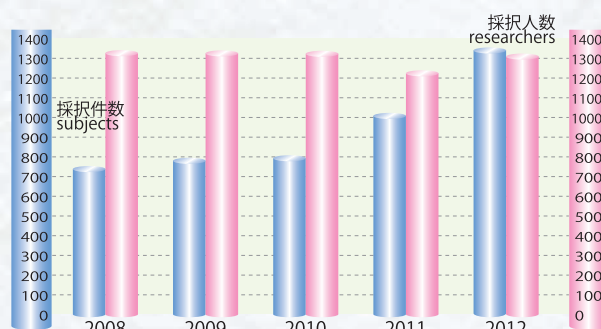
2. 留学研究員——大学、官庁などの研究機関に在籍する若い研究者に対し、長期にわたる本所への留学の機会を提供する制度である。本所の所員の指導のもとで半年以上研究を行う大学院生を対象とした長期留学研究員と、新技術の習得などを目的として滞在する若手研究者のための短期留学研究員の制度がある。

3. 嘱託研究員——所外研究者に本所の研究計画ならびに共同研究の遂行上必要な研究を嘱託し、あわせて本所施設の利用の便宜を図るための制度で、期間は6ヶ月以内としている。

また物性研スーパーコンピュータシステムはインターネットを通じて全国の物性研究者の利用に供されている。

The facilities of ISSP are open to domestic researchers, who are encouraged to submit joint research proposals. In addition, ISSP provides opportunities for young scientists including graduate students across the country to do research for extended periods. ISSP supports travel and research expenses for visitors.

The supercomputer system of ISSP is used via internet by domestic researchers.



採択件数および採択人数(共同利用の一般・物質合成・中性子・スーパーコンピュータおよび留学研究員と嘱託研究員の合計)

Number of subjects and researchers adopted to domestic joint research

共同利用研究員宿泊施設 Kashiwa Guest House

共同利用のため外来研究者は、柏キャンパス内の宿泊施設を利用することが出来る。(シングル 28 室、ツイン 2 室)

Visitors for joint research can stay in the guest house on the Kashiwa campus (28 single and 2 twin rooms).

短期研究会 Workshop

物性研究上興味深い特定テーマについて2～3日程度の研究会を開き、集中的な討議を行うための制度である。全国の物性研究者の申請に基づき、共同利用施設専門委員会によって採択が審議決定される。

ISSP holds domestic workshops on specific subjects of condensed matter science typically with a two to three-day schedule and one hundred participants. Proposals for workshops are submitted by researchers over the country and selected by the Advisory Committee for Joint Research.



短期研究会 Workshops

※以上の共同利用制度の詳細については本所共同利用係にお問い合わせください。

なお、3ヶ月毎に(平成15年度～)発行されている「物性研だより」には、各種共同利用の公募や短期研究会の報告などが掲載されています。

国際交流・ISSP国際シンポジウム International Activities and ISSP International Symposium

物性研究所は国際交流のセンターとしても重要な役割を担っている。1989年から始まったISSP国際シンポジウムのテーマおよび参加者数が表に示されているが、今後も約2年に1回の開催が予定されている。また物性研究所の特徴ある設備を活用した国際共同研究も活発に行われており、文部科学省の外国人研究員制度や日本学術振興会による外国人招聘制度など各種制度が利用されている。さらに1981年以来、中性子散乱に関する日米協力事業の実施機関の役割を果たしている。この他にも少し規模の小さい国際ワークショップを行っている。



ISSP plays an important role as an international center of materials science. The table shows the title and the number of participants of the ISSP International Symposium, which started in 1989 and is scheduled once in about every two years. The unique facilities of ISSP have been used in many international collaborations. Many foreign researchers have been spending their early careers at ISSP supported by various fellowship programs sponsored by the Japan Society for Promotion of Science, the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, and other agencies. ISSP has also been coordinating the US-Japan cooperative research program on neutron scattering since 1981. In addition, ISSP organizes smaller scale international meetings.

	●テーマ Title	●開催期日 Date	●参加者数(外国人) Participants(overseas)
第1回 1st	有機超伝導体の物理と化学 The Physics and Chemistry of Organic Superconductors	1989・8・28-30	205 (34)
⋮	⋮	⋮	⋮
第8回 8th	強相関電子系研究の最前線 Correlated Electrons	2001・10・2-5	200 (25)
第9回 9th	量子凝縮系研究の新展開 Quantum Condensed System	2004・11・16-19	120 (23)
第10回 10th	固体表面におけるナノサイエンス Nanoscience at Surfaces	2006・10・9-13	247 (34)
第11回 11th	水素と水の物性科学 Hydrogen and Water in Condensed Matter Physics	2009・10・12-16	107 (21)

ISSP 国際シンポジウム ISSP International Symposium

●テーマ Title	●開催期日 Date	●参加者数(外国人) Participants(overseas)
ISSP-CMSI 国際ワークショップ・シンポジウム MASP2012 Material Simulation in Petaflops era (MASP2012)	2012・6・25-7・13	98 (21)
第5回コヒーレント XUV および X 線の発生と応用に関するアジアワークショップ 5th Asian Workshop on Generation and Application of Coherent XUV and X-ray Radiation (5th AWCXR)	2012・6・27-29	116 (25)
ISSP 国際ワークショップ「コヒーレント軟X線科学」 ISSP International Workshop on Coherent Soft X-ray Sciences		
ナノスケール活性領域の3D 原子イメージング International Workshop on 3D Atomic Imaging at Nano-scale Active Sites in Materials	2012・8・6-8	68 (10)
ISSP 国際ワークショップ・シンポジウム「凝縮系に創発する量子相」 Emergent Quantum Phases in Condensed Matter (EQPCM2013)	2013・6・3-21	160 (35)

最近の国際ワークショップ Recent International Workshops

教育/Education

物性研究所では、特色ある施設を利用して物性科学に関連した大学院教育に力を注いでいる。物性研究所の教員は、研究分野に応じて、東京大学大学院理学系研究科物理学専攻、化学専攻、地球惑星科学専攻、工学系研究科物理工学専攻、あるいは新領域創成科学研究科物質系専攻、複雑理工学専攻に属しているが、これらの従来の枠を越えた総合的視野に立つ若い物性科学研究者の養成に努力している。物性研究所では、例年、大学院進学希望者のためのガイダンスを実施している。また、教養学部の学生を対象に物性科学入門として、全学自由研究ゼミナール「物性科学の最前線」を開講している。

ISSP contributes to the graduate education in materials science using its unique facilities. The faculties participate in the following departments of the graduate school of the University of Tokyo: Physics, Chemistry, Earth and Planetary Science, Applied Physics, Advanced Materials, and Complexity Science and Engineering. However, students are encouraged to develop their careers across the established disciplines. Every year a guidance and guided tour are given to those who are interested in graduate courses in ISSP. For undergraduate students, introductory lectures on condensed matter science are given as one of Seminars at Komaba campus.

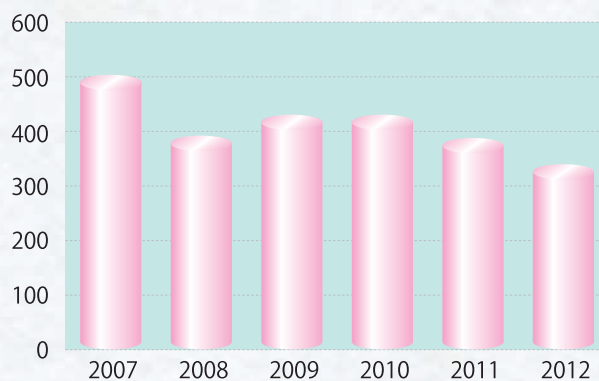
	修士課程 Master Course				博士課程 Doctor Course			
	2010年	2011年	2012年	2013年	2010年	2011年	2012年	2013年
物理学専攻 Physics	27	32	36	41	32	26	26	21
化学専攻 Chemistry	3	2	1	4	3	3	3	2
地球惑星科学専攻 Earth & Planet. Sci.	1	0	0	0	0	0	0	0
物理工学専攻 Appl. Phys.	7	11	15	11	2	4	4	7
物質系専攻 Advanced Materials	38	38	42	38	13	12	14	16
複雑理工学専攻 Complexity Sci. and Eng.	2	0	0	0	0	0	0	0
合 計	78	83	94	94	50	45	47	46

過去4年の専攻別大学院生数 Number of graduate students

論文統計/Publication

物性研究所では、年間 300 から 500 編前後の学術文献を發表している。2012 年度の学術文献 326 編の内訳は、学術論文 299、会議録 7、解説記事 12、本（または本の一部）8 となっている。

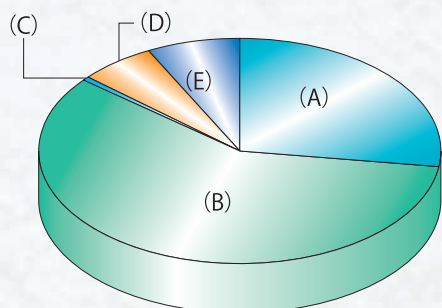
About 300 to 500 scientific issues are published through annual activity in ISSP. The 326 articles published in 2012 consist of 299 papers in refereed journals, 7 proceedings, 12 reviews, 8 books.



年間発表論文数（プロシーディング・解説記事含む）
Number of Scientific Papers (including proceedings and reviews)

予算/Budget

平成24年度 (2012 fiscal year)



- (A) 人件費：文部科学省より
- (B) 物件費：文部科学省より
- (C) 寄附金：民間等より
- (D) 受託研究・共同研究：民間・他省庁等より
- (E) 科学研究費：文部科学省・日本学術振興会より

- (A) Regular Budget (Personnel) from Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology
- (B) Regular Budget (Non-Personnel) from Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology
- (C) Grant-in-Aid from Private Corporations
- (D) Grant-in-Aid from Governmental Agencies and Private Corporations
- (E) Grant-in-Aid from Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, and Japan Society for the Promotion of Science

	(A) 人件費	(B) 物件費	(C) 寄附金	(D) 受託研究共同研究	(E) 科学研究費	計 Total
平成 24 年度 (2012)	1,326,798	2,843,602	15,344	296,078	361,530	4,843,352
平成 23 年度 (2011)	1,466,060	3,502,123	21,312	222,097	666,184	5,877,776
平成 22 年度 (2010)	1,348,475	2,659,755	48,472	298,615	691,061	5,046,378
平成 21 年度 (2009)	1,363,182	2,748,055	7,575	405,342	754,798	5,278,952
平成 20 年度 (2008)	1,517,658	2,559,789	8,592	322,093	493,000	4,901,132
平成 19 年度 (2007)	1,470,205	2,415,721	14,178	239,450	478,600	4,618,154
平成 18 年度 (2006)	1,447,491	2,422,618	15,430	105,191	521,300	4,521,030

予算額の推移 Budget in recent years (単位：千円) (Unit: Thousand Yen)

教職員数/Staff Members

平成 25 年 7 月 1 日 現在

	教授 Professors	特任教授 Project Professors	准教授 Associate Professors	特任准教授 Project Associate Professors	助 教 Research Associates	特任助教 Project Research Associates	技術職員 Technical Associates	事務職員 Administrative Staff	合計 Total
現 員 Number of staffs	23	2	17	1	44	2	32	12	133

新物質科学研究所

Division of New Materials Science

酸化物高温超伝導体、フラーレンやカーボンナノチューブ、有機伝導体などの例に見られるように、「新物質」の発見はこれまでに何度となく物質科学の新しい局面を開いてきた。新奇な物性現象の発見はまた将来の新しい素材やデバイスの開発にもつながる。新物質科学研究所では、新しい物質を合成し、高度な技術を用いてその性質を測定することにより、新しい物質観につながる物性現象を発見し解明することを目標としている。

当部門は現在5つの研究室から成り、各研究室は自由な発想のもとに高品質の試料作成や精密物性測定、新しい物性測定技術の開発などを行いつつ、物性測定グループと試料作成グループとの部門枠を越えた連携も心がけている。特に物質設計評価施設とは強い協力関係を保ちながら研究を推進している。当部門では現在、遷移金属化合物、重い電子系物質、有機伝導体など強い電子相関を示す物質におけるスピン、軌道、電荷の秩序や揺らぎの効果がもたらす多彩な現象の解明を主要なテーマの1つとしており、極低温における輸送現象測定、精密磁化・比熱測定、核磁気共鳴、光学伝導度などにおいて高度な実験技術を駆使した研究が進められている。

Discoveries of new materials have often opened new horizons in materials science. High temperature oxide superconductors, carbon clusters and nanotubes, and organic conductors are good examples. New materials also lead to the future development of new devices and technologies. The goal of the Division of New Materials Science is to uncover novel phenomena that lead to new concepts of matter, through combined efforts of search, synthesis and characterization of new materials. Currently, our division consists of 5 groups. Although each group has its own research style and projects, we try to maintain close collaboration between those groups working on production of high quality materials and those working on advanced technology for measuring physical properties.

In particular, we keep strong collaboration with the Materials Design and Characterization Laboratory. One of the subjects of our current intensive research is the effects of strong electronic correlation, in particular, various ordered phases and fluctuations involving spin, charge and orbital degrees of freedom, in transition metal compounds heavy electron systems, f-electron compounds and organic conductors. Here, various advanced experimental techniques are employed, such as transport, magnetic and calorimetric measurements, nuclear magnetic resonance and optical measurements.

教授 瀧川 仁
Professor Masashi TAKIGAWA

教授 榑原 俊郎
Professor Toshiro SAKAKIBARA

教授 森 初果
Professor Hatsumi MORI

准教授 中辻 知
Associate Professor Satoru NAKATSUJI

特任准教授 大串 研也
Project Associate Professor Kenya OHGUSHI

教授(客員) 澤 博
Visiting Professor Hiroshi SAWA

助教 三田村 裕幸
Research Associate Hiroyuki MITAMURA

助教 吉田 誠
Research Associate Makoto YOSHIDA

助教 松本 洋介
Research Associate Yousuke MATSUMOTO

助教 橘高 俊一郎
Research Associate Shunichiro KITAKA

助教 上田 顕
Research Associate Akira UEDA

教務職員 村山 千壽子
Technical Associate Chizuko MURAYAMA

特任研究員 荒木 幸治
Project Researcher Kouji ARAKI

特任研究員 久我 健太郎
Project Researcher Kentaro KUGA

特任研究員 平田 靖透
Project Researcher Yasuyuki HIRATA

特任研究員 グルビッチ ミハイル
Project Researcher Mihail GRBIC

特任研究員 富田 崇弘
Project Researcher Takahiro TOMITA

特任研究員 志村 恭通
Project Researcher Yasuyuki SHIMURA

特任研究員 ワン ボゼン
Project Researcher Bosen WANG

瀧川研究室

Takigawa Group

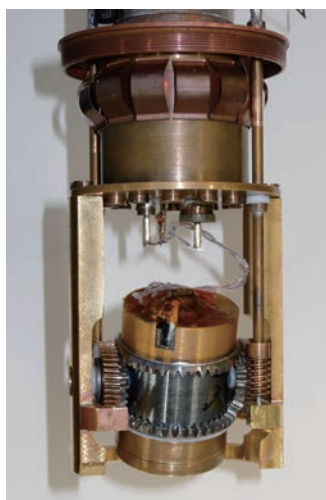


瀧川 仁
Masashi TAKIGAWA
教授
Professor



吉田 誠
Makoto YOSHIDA
助教
Research Associate

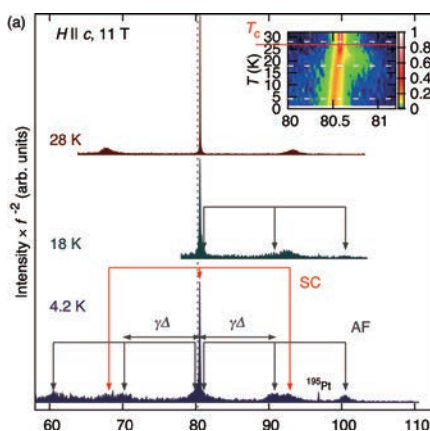
核磁気共鳴法 (NMR) を主な実験手段として、固体内の強い電子間相互作用に起因する現象を研究している。強相関電子系では、超伝導、強 (反強) 磁性、電荷秩序、軌道秩序といった多彩な秩序状態が拮抗しており、磁場・圧力などの外的条件を変えることでこれらの間の量子相転移が起こり得る。原子核は固有の磁気モーメントや電気四重極モーメントを持っており、これらは周囲の電子が作る磁場や電場勾配を感じている。このためNMRは、固体内電子のスピン、電荷、軌道などの自由度が絡み合って現れる特異な秩序状態や揺らぎの性質を、ミクロに探る有力な実験手段となる。我々は色々な特色を持つパルスNMR測定装置を整備し、低温・強磁場・高圧などの外的環境条件と組み合わせ、遷移金属化合物、希土類化合物や有機固体を対象とした研究を行っている。



当研究室で開発された対向アンビル型NMR用高圧力セルが、試料回転用2軸ゴニオメータにセットされたところ。対向アンビルを用いたコンパクトなセルでありながら、約7mm³の試料体積に10万気圧以上の高圧を発生することができる。液化アルゴンを封入して圧力媒体として用いることにより、静水圧性の良い圧力環境が得られる。超伝導マグネット中で単結晶試料を任意の方向にけることにより、高圧下でも精密な角度分解NMRスペクトルが得られる。

The opposed-anvil-type high pressure cell designed for NMR experiments developed in our laboratory is installed on a double axis goniometer. In spite of the compact size, the cell is capable of generating more than one hundred thousand atm. Good hydrostaticity is obtained by using sealed liquid argon as the pressure transmitting medium. Single crystal samples in the cell can be directed along arbitrary directions in a superconducting magnet, allowing us to obtain precise angle-resolved NMR spectra.

We use nuclear magnetic resonance (NMR) as the major experimental tool to investigate exotic phenomena caused by strong electronic correlation in solids. A remarkable feature of strongly correlated electron systems is the competition among various kinds of ordering such as superconductivity, ferro- or antiferromagnetism, charge and orbital order. Quantum phase transitions between these ground states can be caused by changing the external parameters such as magnetic field or pressure. Nuclei have their own magnetic dipole and electric quadrupole moments, which couple to the magnetic field or electric field gradient produced by surrounding electrons. This makes NMR a powerful local probe for microscopic investigation of the exotic order and fluctuations of multiple degrees of freedom of electrons, i.e., spin, charge and orbital. We use various NMR spectrometers in different environment (low temperature, high magnetic field and high pressures) to investigate transition metal compounds, rare earth compounds, and organic solids.



5.7万気圧の高圧下における鉄ヒ素系化合物SrFe₂As₂の⁷⁵As原子核のNMRスペクトル。常伝導磁性領域(28K)では一本の中心共鳴線と四重極分裂した2本の共鳴線が観測される。低温(4.2K)では、これらの3本の共鳴線が反強磁性秩序によってそれぞれ2本ずつに分裂したスペクトル(AF)と、反強磁性の内部磁場が発生せずに分裂しないスペクトル(SC)が共存する。核磁気緩和率の測定から後者は超伝導状態にあることが分かる。

⁷⁵As-NMR spectrum in the iron-pnictide compound SrFe₂As₂ under high pressure on 57000 atm. In the paramagnetic and normal-conducting state (28K), one central and two quadrupole-split resonance lines are observed. At the low temperature (4.2K), the whole spectrum consists of two parts. In one of them (AF), each of the three lines splits into two lines by antiferromagnetic order. In the other part (SC), they do not split by antiferromagnetic internal field. The latter is shown to belong to a superconducting state from the measurements of nuclear relaxation rate.

研究テーマ Research Subjects

1. 低次元、フラストレート・スピン系のダイナミクスと量子相転移
Dynamics and quantum phase transitions in low dimensional or frustrated spin systems
2. 特異な超伝導体
Exotic superconductors
3. 強相関電子系における電荷・軌道・多極子の秩序と揺らぎ
Ordering and fluctuations of charge, orbital, and multipoles in strongly correlated electron systems
4. 磁性有機伝導体におけるスピンと電荷のダイナミクス
Spin and charge dynamics in magnetic organic conductors

榊原研究室

Sakakibara Group



榊原 俊郎
Toshiro SAKAKIBARA
教授
Professor



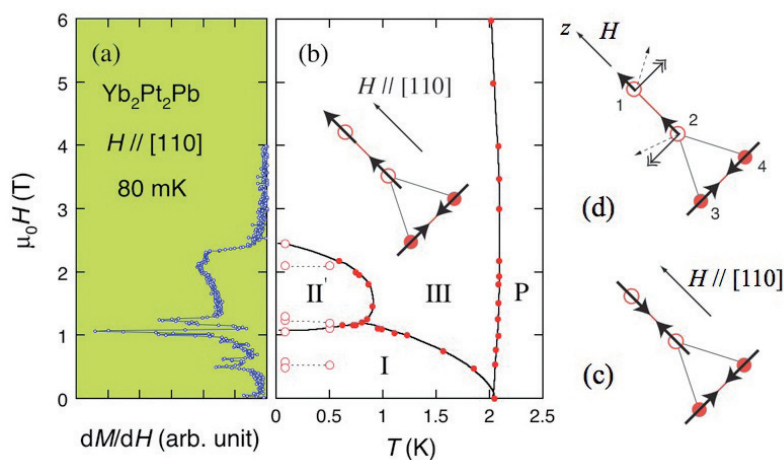
橘高 俊一郎
Shunichiro KITAKA
助教
Research Associate



三田村 裕幸
Hiroyuki MITAMURA
助教
Research Associate

物質の示す磁気現象は広い温度範囲にわたっている。その中で重い電子系などある種の物質系では1ケルビンよりも遙かに低い温度領域で興味深い性質を示す場合がある。このような温度領域では通常の磁気測定手段を適用することが困難なため未開拓の課題も多く、新しい物性現象が期待される。当研究室ではこのような低い特性温度を持つ様々な物質系の磁気物性の研究を行っている。具体的にはf電子化合物や重い電子系、量子スピン系およびフラストレートスピン系などが研究対象で、磁化や比熱測定を主な実験手段として研究している。この目的のために、我々は30ミリケルビンの極低温まで磁化測定が可能な高感度の磁力計や、異方的超伝導体のギャップ構造の特定に有効な角度分解の磁場中比熱測定装置など、独自の装置開発も行っている。

Magnetic phenomena in condensed matter extend over a wide temperature range. In some systems like heavy fermions, interesting magnetic behavior is quite often observed at low temperatures much below 1 K, where ordinary magnetic measurements are difficult and not much work has been done yet. Our research interest lies in those magnetic materials having low characteristic temperatures, such as f electron compounds, heavy fermions, quantum spin systems and geometrically frustrated spin systems. In order to study these systems, we have developed high sensitivity magnetometers which can be operated at very low temperatures down to ~30 mK. We also perform angle-resolved specific heat measurements in a rotating magnetic field, which is a powerful tool for investigating the nodal structures of anisotropic superconductors.



直交ダイマー構造を持つイジング反強磁性体 $\text{Yb}_2\text{Pt}_2\text{Pb}$ の (a)80 mK における微分磁化率および (b) 磁気相図。磁場方向は [110] 方向。 (c) 弱磁場で予想される磁気構造 (I 相)。磁場と直交するダイマーの磁気秩序は磁場の影響を受けず (III 相、挿入図)、磁場に依存しない転移温度を示す。一方、II' 相では磁場に平行なダイマーは連続的に磁化が増加する。この振る舞いはイジングスピンモデルでは説明できず、高次多極子を非対角成分に持つ擬スピンのフロップの可能性が高い。 (d) II' 相における磁気モーメントの概略図で、2重矢印が高次の磁気多極子モーメントを表す。

(a) Differential susceptibility at 80 mK and (b) the phase diagram of the Ising antiferromagnet $\text{Yb}_2\text{Pt}_2\text{Pb}$ having an orthogonal dimer structure. The magnetic field direction is [110]. (c) The expected collinear magnetic structure at low fields (phase I). The magnetic structure for the dimers perpendicular to the magnetic field is immune to H and the transition temperature is independent of H (phase III, inset). In phase II', magnetization of the dimers parallel to H increases continuously. This behavior cannot be explained by an Ising spin model, and strongly suggests the occurrence of a "pseudospin flop" due to a hidden high-rank multipole moment. (d) Schematic diagram of the magnetic moment (thick arrows) and the high-rank multipole moments (double arrows) in phase II'.

研究テーマ Research Subjects

1. 重い電子化合物の磁性と超伝導
Magnetism and superconductivity in heavy electron systems
2. f 電子化合物の多極子自由度に由来する秩序と揺らぎ
Multipole orderings and fluctuations in f electron systems
3. フラストレート磁性体の磁化過程
Magnetization of geometrically frustrated magnets
4. 量子スピン系の基底状態
Ground state properties of quantum spin systems

森研究室

Mori Group



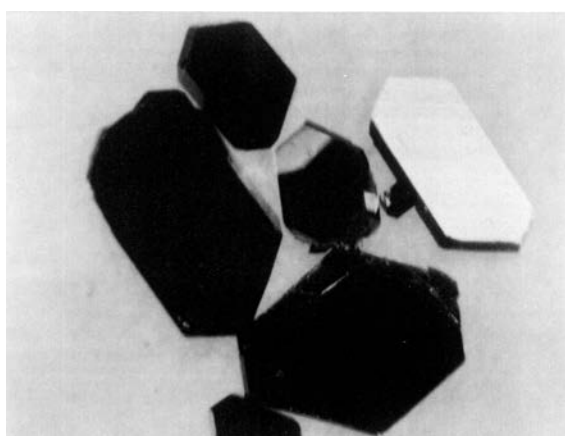
森 初果
Hatsumi MORI
教授
Professor



上田 顕
Akira UEDA
助教
Research Associate

分子性(超)導体、磁性体および誘電体などの機能性分子性物質の開発とその構造、物性の研究を行っている。

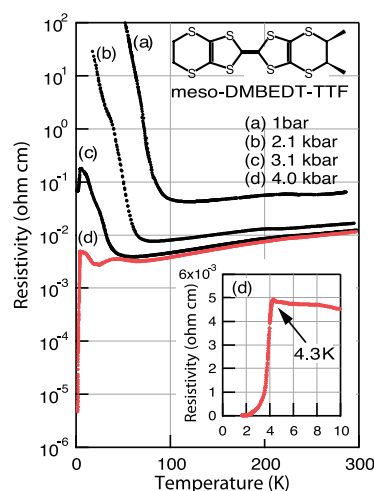
分子性物質の魅力は、1) 多彩な分子および分子間相互作用が設計・制御可能であること、2) 分子は非常に柔らかいため外場応答が大きく、分子を媒介として電子-格子相互作用が大きいこと、3) 電子間クーロン相互作用(電子相関)が大きく、電子の波動性(伝導性)と粒子性(磁性)が競合することなどが挙げられる。我々も、分子をデザインすることにより分子間相互作用および電子相関など物性パラメータを少しずつ変化させて、電荷、格子、スピンの加え、分子の自由度が現れる、分子性物質ならではの特異な機能性を研究している。最近、分子の屈曲と伸縮の自由度と電子相関のため現れるチェッカーボード型電荷秩序相と、圧力下で超伝導相が競合する新しい有機超伝導体(図参照)を見出した。



定電流電解法で作成した有機超伝導体 $[\kappa\text{-ET}_2\text{Cu}(\text{NCS})_2]$ の単結晶
Organic superconductor $[\kappa\text{-ET}_2\text{Cu}(\text{NCS})_2]$ prepared by the electrocrystallization method

The syntheses and structural and physical properties for molecular functional materials such as molecular (super)conductors, magnets, and dielectrics have been studied. The attractive points of molecular materials are 1) that a variety of molecules and intermolecular interactions are designable and controllable, 2) that large response of external pressure and electron-phonon coupling are observed due to softness of molecules, and 3) that large Coulomb interactions (electron correlation) reflect the magnetism as well as conductivity in molecular conductors.

Our group has investigated the curious molecular functional materials based upon charge, lattice, spin, and molecular degree of freedom by changing physical parameters with designed molecules. Recently, we found new organic superconductors, in which the superconducting state is competitive to the charge ordered state owing to the electron correlation and the bending and stretching of designed molecules. (See the figures)



新規電荷秩序系有機超伝導体 $\beta\text{-(meso-DMBEDT-TTF)}_2\text{PF}_6$ の電気抵抗の圧力依存性。常圧下、90 Kでチェッカーボード型電荷秩序形成に伴い金属-絶縁体転移を起こすが、加圧と共に転移温度が降下し、4.0 kbar下、4.3 Kで超伝導転移を起こす。

Electrical resistivities under pressures for new organic superconductor, $\beta\text{-(meso-DMBEDT-TTF)}_2\text{PF}_6$. The metal-insulator transition occurs at 90 K at ambient pressure with accompanying checkerboard-type charge ordering. By applying pressure, the transition was suppressed, and the superconductivity was found at 4.3 K under 4.0 kbar.

研究テーマ Research Subjects

1. 分子の自由度を生かした新規有機(超)導体の開発と機能性研究
Development and studies of structural and physical properties for novel organic (super)conductors based upon molecular degree of freedom
2. 固体中で電子がプロトン運動と協奏した有機伝導体、誘電体の開発と機能性研究
Development and studies of structural and physical properties for electron-proton coupled molecular functional materials
3. 磁性と伝導性が競合する金属錯体の開発と機能性研究
Development and studies of structural and physical properties for novel metal complexes whose magnetism and conductivity are competitive
4. 分子性物質の外場(光、磁場、電場、温度、圧力)応答の研究
Studies of responses by external stimuli (light, magnetic and electric fields, temperature, pressure) for molecular materials

中辻研究室

Nakatsuji Group

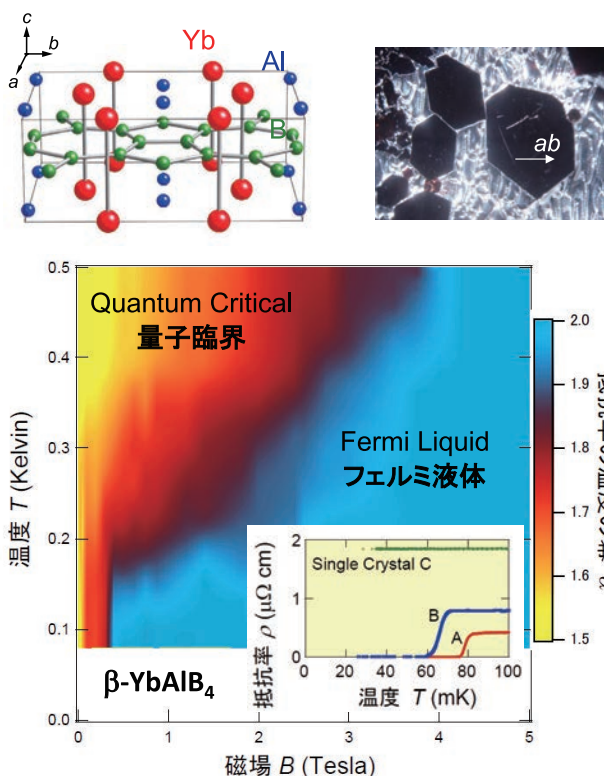


中辻 知
Satoru NAKATSUJI
准教授
Associate Professor



松本 洋介
Yousuke MATSUMOTO
助教
Research Associate

物性物理学のフロンティアは、新しい物理現象の発見にある。なかでも、現代の電子・情報社会を支える材料としての無機物質から、物質中の 10^{23} 個もの電子が相互作用して創りだすマクロな量子現象が続々と発見されており、物理と化学を駆使した新物質の開発こそが新しい量子現象を目指す物性物理の醍醐味であると言える。私達は、特に遷移金属化合物や、重い電子系と呼ばれる金属間化合物の新物質開発に取り組み、量子相転移近傍に現れる新しいタイプの超伝導・異常金属状態、磁性金属における巨視的トポロジカル効果、従来型のスピン秩序を抑えることで期待される、磁性半導体での量子スピン液体状態などに注目して研究を進めている。



The discovery of new phenomena is at the forefront of research in condensed matter physics. This is particularly true for the inorganic materials, which provide an important basis in current electronic and information technology research, which keep providing numbers of macroscopic quantum phenomena due to correlations among the Avogadro numbers of electrons. Thus, the search for new materials that exhibit new characteristics is one of the most exciting and important projects in the materials research. We have synthesized new materials in so-called strongly correlated electron systems including transition metal compounds and heavy fermion intermetallics. Our interest lies in quantum phenomena such as exotic superconductivity and anomalous metallic states close to a quantum phase transition, macroscopic topological effects in magnetic metals, and quantum spin liquids in magnetic semiconductors.

私達が発見した量子臨界超伝導体 β -YbAlB₄。

(左上) 結晶構造。主に Yb の 4f 電子が磁性と超伝導を担う。(右上) フラックス法で育成した純良単結晶。(下) 電気抵抗の振る舞いの変化から決定した状態図。金属では初めてチューニングなしに、ゼロ磁場で量子臨界状態が実現する。(挿入図) 超高純度の単結晶でのみ、この量子臨界状態から超伝導が現れる。

Quantum Critical Superconductor β -YbAlB₄ found in our group (Top left) Crystal structure. 4f-electrons mainly contribute to magnetism and superconductivity. (Top right) High quality single crystal grown by Al-flux method (Bottom) Phase diagram constructed by the contour plot of the exponent α of the power law behavior of the resistivity. Quantum critical region appears under zero field without tuning for the first time in a metal. (Inset) Superconductivity emerges from the quantum critical state only in the case of ultrapure single crystals.

研究テーマ Research Subjects

1. 量子相転移近傍での新しい超伝導と異常金属状態
Exotic superconductivity and anomalous metallic states near quantum phase transitions
2. 磁性金属における巨視的トポロジカル効果
Macroscopic topological effects in magnetic metals
3. 2次元磁性半導体での量子スピン状態
Quantum spin liquids in two-dimensional magnetic semiconductors

大串研究室

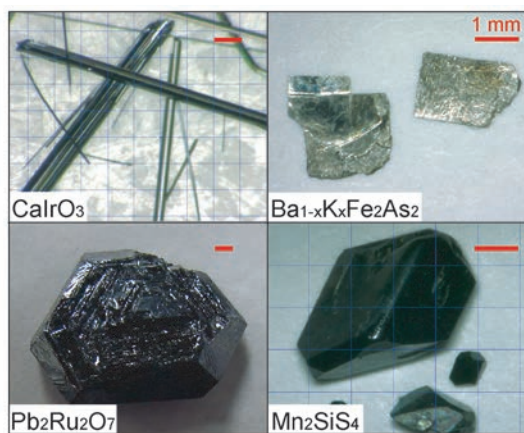
Ohgushi Group



大串 研也
Kenya OHGUSHI
特任准教授
Project Associate Professor

遷移金属化合物を舞台に、超伝導・磁気秩序・金属絶縁体転移など強相関効果に起因する量子多体現象の研究を行っている。

対象とする物質群は、酸化物・カルコゲナイド・砒素化合物などであり、フラックス法・気相成長法・高压合成法を含む様々な固体化学的手法により純良試料を育成している。バルク試料に対する電氣的・磁氣的・熱的・光学的性質の評価を通して、電子状態の微視的な解明を進めている。また、共鳴 X 線散乱や中性子散乱など大型施設を利用した研究も積極的に推進している。最近の成果として、1. スピン軌道相互作用が顕在するイリジウム酸化物における特異な磁性と金属絶縁体転移の研究、2. Hg 原子のラットリング運動の顕著な新超伝導体 Hg_xReO_3 の発見、3. 反転対称性の破れた導電体における第二高調波発生の観測、4. 鉄系超伝導体 $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ のホール効果の解明、5. 梯子型鉄系超伝導体関連物質の電子状態解明などが挙げられる。

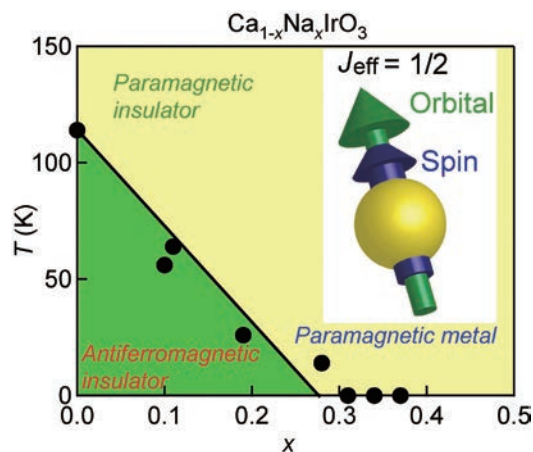


強相関遷移金属化合物の単結晶。相対論的相関系 CalrO_3 、鉄系高温超伝導体 $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ 、反転対称性の破れた金属 $\text{Pb}_2\text{Ru}_2\text{O}_7$ 、新奇磁性体 Mn_2SiS_4 。

Single crystals of correlated transition-metal compounds. Strongly spin-orbit coupled Mott insulator CalrO_3 , Fe-based high-temperature superconductor $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$, non-centrosymmetric metal $\text{Pb}_2\text{Ru}_2\text{O}_7$, and anomalous antiferromagnet Mn_2SiS_4 .

Our group's research is focused on the exploratory synthesis and characterization of strongly correlated transition-metal compounds, which exhibit novel quantum phenomena such as superconductivity, magnetic order, and a metal-insulator transition.

We synthesize high-quality transition-metal compounds using a variety of techniques such as the flux, chemical vapor transport, and high-pressure methods. The electrical, magnetic, thermal, and optical properties of these compounds are then characterized on a microscopic scale. To investigate their crystal and magnetic structure, x-ray and neutron diffraction measurements are also carried out at external facilities such as SPring 8. Our recent achievements includes (1) identification of the novel magnetic order and a metal-insulator transition in strongly spin-orbit coupled iridates, (2) discovery of a new superconductor, Hg_xReO_3 , which exhibits strong rattling motion of the Hg atoms, (3) observation of second harmonic generation in non-centrosymmetric metals, (4) elucidation of the Hall effect in the Fe-based high-temperature superconductor $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$, and (5) clarification of the electronic properties of Fe-based ladder compounds.



$\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_x\text{IrO}_3$ の電子相図。挿入図は、スピンと軌道が結合した相対論的電子の模式図。

Electronic phase diagram for $\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_x\text{IrO}_3$. Inset is a schematic view of a spin-orbit coupled electron.

研究テーマ Research Subjects

1. 遷移金属化合物における磁性と超伝導
Magnetism and superconductivity in transition-metal compounds
2. 遷移金属化合物における輸送現象と光物性
Transport and optical properties of transition-metal compounds
3. 高压合成法を用いた新物質開発
Search for novel materials using high-pressure synthesis
4. 量子ビームを用いた構造物性研究
Investigation of structural properties using quantum beams

澤研究室

Sawa Group



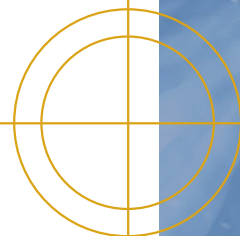
澤 博
Hiroshi SAWA
客員教授
Visiting Professor

放射光 X 線回折を用いて物質の特異な量子現象の発現機構を明らかにする構造物性 (Structural material science) 研究を行っている。扱う物質群は酸化物などの無機材料から、有機分子性結晶まで多岐に渡り、超伝導、熱電材料、強相関電子系などの興味深い物性の理解を目指している。最近では、銅酸化物における量子液体状態の解明、新しい鉄系高温超伝導体の開発、新世代白色 LED のための蛍光体の開発研究、自己組織化する機能性分子による固体電解質、強相関軌道秩序と捉えられる分子性導体の分子軌道の直接観測など、多くの取り組みを所内外の研究者と協力して進めている。

The focus of our research is the structural material science to investigate the novel quantum phenomena using synchrotron X-ray diffraction experiments. The present targets include transition metal oxides and molecular crystals, where a variety of exotic phenomena appears. Our current research topics are as follows: clarification of the mechanism of spin-orbital entangled quantum state in cuprate, development of novel iron based superconductors, fabrication of the new emitting phosphor for white light-emitting diodes and so on.

物性理論研究部門

Division of Condensed Matter Theory



当部門では、現代の凝縮系物理学、統計物理学、物質科学の最先端の問題を微視的な見地から活発に理論研究しているが、その目指すところは、実験を参照しつつ、相互作用する多体系の運動を捉える新概念の開拓、興味ある新現象の予言、そして、物質の本質を捉えた有用なモデルの提案である。

最近の研究対象は、遷移金属酸化物や有機伝導体におけるスピン電荷フォノン（軌道）複合物性、低次元量子スピン系や近藤格子等の電子系（いわゆる強相関系）における量子相転移や量子臨界現象、金属絶縁体転移、重い電子系、現象論や微視的な立場から見た様々な物質中での超伝導、金属や半導体での動的物性への交換相関効果、表面での動的過程や触媒作用、そして、メソスコピック系における量子輸送や相互作用の問題など、多様である。

これらの理論研究は各人得意の方法を用いて遂行されているが、部門全体として見ると、高等物理数学の解析手法、場の量子論的多体摂動理論、そして、量子モンテカルロ法や密度汎関数理論に基礎を置く最先端の第一原理計算などの大規模数値計算手法等、殆ど全ての現代的理論手法がカバーされている。

In this division, we are conducting vigorous theoretical research from a microscopic point of view on topics at the forefront of contemporary condensed matter physics, statistical physics, and materials science, in pursuit of the development of new concepts to describe collective behavior of interacting systems, prediction of novel interesting phenomena, and useful theoretical modeling of materials, in close contact with experimental groups.

The topics in recent research span such diverse areas as spin-charge-phonon(-orbital) complex properties in transition-metal oxides and organic conductors, quantum phase transitions and critical phenomena in the strongly-correlated systems such as low-dimensional quantum magnets and electron systems including the Kondo lattice, metal-insulator transitions, heavy-fermion physics, both phenomenological and microscopic theories of superconductivity in various materials, exchange and correlation effects on dynamic properties in metals and semiconductors, dynamic processes and catalytic properties at surfaces, and quantum transport and interactions in mesoscopic conductors.

In performing those pieces of research, individual members employ calculation techniques in accordance with their expertise and taste, but as a whole, the theory group covers virtually all modern theoretical methods, ranging from sophisticated analytical techniques in mathematical physics and formal many-body theory to large computational approaches, such as quantum Monte Carlo simulations and state-of-the-art ab-initio calculation of electronic structures based on the density functional theory.

教授 上田 和夫
Professor Kazuo UEDA

教授 高田 康民
Professor Yasutami TAKADA

教授 押川 正毅
Professor Masaki OSHIKAWA

教授 常次 宏一
Professor Hirokazu TSUNETSUGU

准教授 甲元 真人
Associate Professor Mahito KOHMOTO

准教授 杉野 修
Associate Professor Osamu SUGINO

准教授 加藤 岳生
Associate Professor Takeo KATO

准教授（客員） 三宅 隆
Visiting Associate Professor Takashi MIYAKE

准教授（客員） 楠瀬 博明
Visiting Associate Professor Hiroaki KUSUNOSE

教授（外国人客員） ペンツ カルロ
Visiting Professor Karlo PENC

助教 藤井 達也
Research Associate Tatsuya FUJII

助教 服部 一匡
Research Associate Kazumasa HATTORI

助教 野口 良史
Research Associate Yoshifumi NOGUCHI

助教 多田 靖啓
Research Associate Yasuhiro TADA

助教 阪野 壘
Research Associate Rui SAKANO

特任研究員 前橋 英明
Project Researcher Hideaki MAEBASHI

特任研究員 櫻井 誠大
Project Researcher Masahiro SAKURAI

特任研究員 滝本 佳成
Project Researcher Yoshinari TAKIMOTO

上田研究室

Ueda Group



上田 和夫
Kazuo UEDA
教授
Professor



藤井 達也
Tatsuya FUJII
助教
Research Associate

強相関電子系の低温では磁気秩序や超伝導など各種の秩序状態が実現する。基底状態における相境界は量子相転移に他ならない。最も簡単な量子相転移の例は、スピン系の秩序無秩序転移であり、われわれは二次元直交ダイマー格子やパイクロア格子上のハイゼンベルグ模型の研究を推進してきた。最近では遍歴電子系の量子相転移の研究へと歩を進めている。

近年籠状構造を持つ物質群が注目されているが、こうした物質では籠中にあるイオンの非線形格子振動が重要な役割をしていると考えられる。この物質系における電気抵抗、核磁気緩和率の特異な温度依存性が非線形格子振動によるものとして理解できることを明らかにした。さらに、振動するイオンが磁性イオンである場合には、格子振動と近藤効果の絡み合いという新たな問題が生じる。局在軌道と伝導電子の混成に加え、フォノンを介して新たに生じるチャンネルによる2チャンネル近藤効果が普遍的に見られることが明らかになった。

有限バイアス下における量子ドットの近藤輸送現象について、久保公式を非平衡定常状態に一般化し、ショットノイズが電荷 - 電流の相関関数で与えられることを明らかにした。また、非平衡定常状態の電流を時間依存の密度行列繰り込み群を用いて直接計算し、近藤輸送現象の数値的研究を行った。

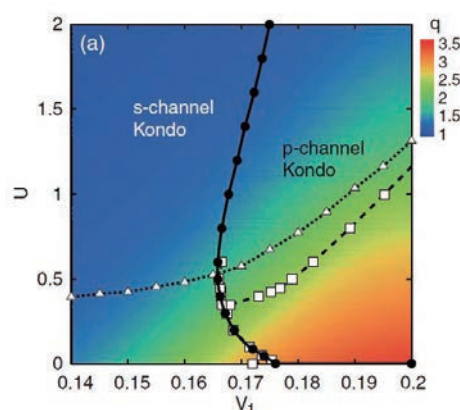
振動する磁性イオンのクーロン相互作用 (U) とフォノンを伴った混成強度 (V_1) 空間での低温極限での振る舞い。基底状態はパリティによって特徴づけられ、s 波近藤効果と p 波近藤効果の二つの領域が現れる。境界線上では2チャンネル近藤効果が見られる。

Two regimes in the low temperature behaviors of Kondo effect of a vibrating magnetic ion. On the boundary the two-channel Kondo behavior is identified.

In strongly correlated electron systems, a rich variety of the ground states are realized, including magnetic and superconducting states. Boundaries between different phases define quantum phase transitions. One of the simplest examples of the quantum phase transitions is the order-disorder transition in localized spin systems. Typical examples we have studied include the spin systems in the two-dimensional orthogonal dimer lattice and the three-dimensional pyrochlore lattice. We are now interested in quantum phase transitions in itinerant electron systems.

Materials which have a network of cages are under intensive studies in these days. A unique feature of such systems is the strongly anharmonic vibration of ions contained in the cages. We have shown that it is the origin of unusual temperature dependences of resistivity and NMR relaxation rates in this class of materials. Recently effect of vibrations of a magnetic ion coupled with conduction electrons is studied. It is shown that opening of a new hybridization channel accompanied with phonons leads to a line of critical points of the two channel Kondo effects.

Concerning the transport phenomena through quantum dots, it is shown that generalization of the Kubo formula into non-equilibrium situations is possible, which leads to a new theoretical definition of the shot-noise. Concerning numerical study of Kondo transport, a direct method to calculate current with the time-dependant DMRG has been developed.



研究テーマ Research Subjects

1. 局在スピン系および遍歴電子系における量子相転移
Quantum phase transitions in localized spin systems and itinerant electron systems
2. 振動する磁性イオンにおける近藤効果
Kondo effects of a vibrating magnetic ion
3. 量子ドットにおける近藤輸送現象
Kondo transport phenomena through quantum dots

高田研究室

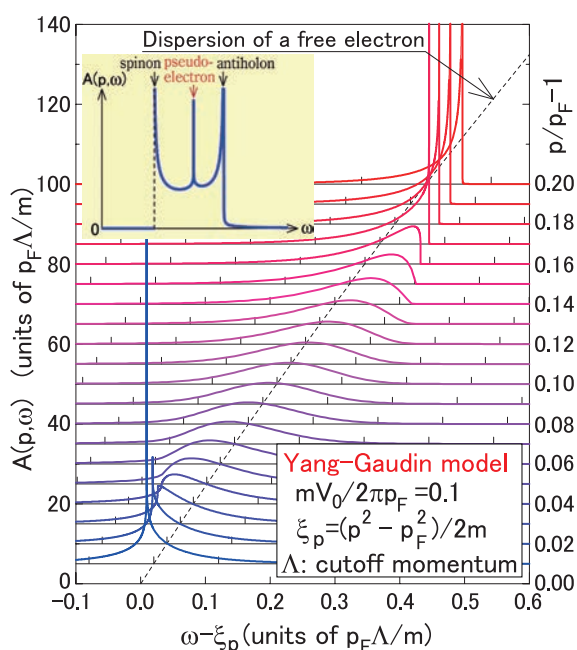
Takada Group



高田 康民
Yasutami TAKADA
教授
Professor

自然の階層構造の中で物性理論の主たる対象は電磁相互作用をする多数の原子核電子複合系である。この系は容易に厳密解を許さないという意味で複雑ともいえる。しかし、この系の上部階層（生物学の範疇）では当然のことながら、予想外にもこの系を生み出している下部階層（素粒子物理の範疇）でもずっと複雑な系を対象にしていることに比べれば際立って簡単な系である。それゆえ、この系を究めることは全ての物理理論にとって基本的課題である。この認識の下に、密度汎関数理論やグリーン関数法を主たる手段として、この原子核電子複合系の量子物性を第一原理から忠実に解明する研究を行っている。特に、超伝導転移温度の第一原理計算手法の確立とそれを駆使しての高温超伝導機構の提唱を目標としている。

In the hierarchic structure of nature, condensed matter theory is mainly concerned with the complex system of many nuclei and electrons, interacting to each other through electromagnetic fields. This system is so complex that no rigorous solution is allowed. It is, however, regarded as an astonishingly simple one if we compare it with the systems in the upper hierarchy (the domain of biology) as well as those in the lower one (the domain of high-energy physics). Thus we consider it as one of the most fundamental problems in the whole theory of physics to make its thorough investigation. With this recognition, we study this system faithfully from first principles with mainly using the density functional theory and the Green's-function method. More specifically, we are constructing a framework for calculating the superconducting transition temperature from first principles with the aim of proposing a high- T_c mechanism.



ラッティンジャー流体（ヤン・ゴードン模型）における1電子スペクトル関数に現れる擬電子ピークの変遷の全容。挿図はフェルミ点近傍のスペクトル関数の全体像。

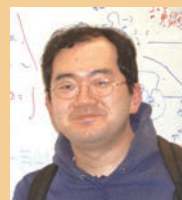
Structural change of the pseudoelectron peak in the one-electron spectral function for the Luttinger liquid (Yang-Gaudin model). Inset: The entire structure of the spectral function near the Fermi point.

研究テーマ Research Subjects

1. GWT 法：ワード恒等式を常に満たす電子自己エネルギーの計算手法の開発と低密度電子ガスの物性解明
GWT method: Development of the calculation method for the electron self-energy always satisfying the Ward identity and investigation of the properties in the low-density electron gas
2. 超伝導転移温度の第一原理計算：密度汎関数超伝導理論での対相互作用汎関数の開発と引力斥力拮抗系での高温超伝導機構探求
First-principles calculation of the superconducting transition temperature: Proposal of a good functional form for the pairing interaction in the density functional theory for superconductors and investigation of high-temperature superconductivity in an attraction-repulsion competitive system
3. 原子・分子挿入電子ガス系：第一原理からの近藤問題と交換相関エネルギー汎関数形の開発
Atom/molecule embedded electron gas: Kondo problem from first principles and developments of the exchange and correlation energy functional

押川研究室

Oshikawa Group



押川 正毅
Masaki OSHIKAWA
教授
Professor



多田 靖啓
Yasuhiro TADA
助教
Research Associate

量子多体系の理論を中心として研究を行っている。量子多体系と古典統計力学系および場の理論の密接な関係を踏まえ、広範な系について成立する普遍的な概念を探索するとともに、実験結果の統一的な理解や新たな実験に対する予言も目標とする。たとえば、1次元系に閉じ込められた液体ヘリウム4の系で最近実験的に見出された超流動的なふるまいを、1次元系に特徴的な異常に遅い緩和を反映した動的な現象として記述する理論を提案し、「超流動転移温度」の周波数依存性を予言した。

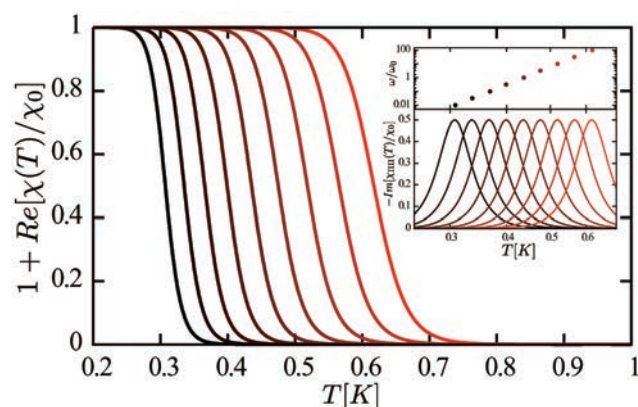
一方、量子多体系に関する近年の研究の進展は、量子相の分類という基本的な問題についての概念的な再検討を促している。たとえば、局所的な秩序パラメータが存在しないトポロジカル秩序相を量子エンタングルメントによって同定する研究を行っている。このような研究により、量子情報理論や量子計算との境界領域の開拓も企図している。

これらの研究の多くは、国際共同研究として推進している。

Our main focus is quantum many-body theory. Based on the close correspondence among quantum many-body systems, classical statistical systems and field theory, we pursue universal concepts in physics. At the same time, we aim to give a unified picture on experimental data and to make testable predictions. For example, recent experimental observation of superfluid-like behavior in liquid Helium 4 confined in one dimension is described as a dynamical phenomenon related to anomalously slow relaxation characteristic in one dimension. Moreover, frequency dependence of the “superfluid transition” temperature is predicted.

On the other hand, recent developments in quantum many-body problems motivate us to reexamine the fundamental issue of classification of quantum phases, at conceptual level. For example, we study characterization of topological phases, which has no local order parameters, in terms of quantum entanglement. With these studies, we also aim to develop an interdisciplinary field with quantum information theory and quantum computation.

Much of our research is carried out in international collaborations.



1次元に閉じ込めた液体ヘリウム4の、さまざまな周波数における超流動応答。周波数が200kHz（右）から20Hz（左）に下がるにつれて、超流動応答の立ち上がり温度が低下している。挿入図は、各周波数で超流動応答の立ち上がりとほぼ一致する温度における散逸のピークと、その温度が周波数とともにべき的に変化することを示している。

Superfluid response of liquid Helium 4 confined in one dimension. As the frequency is lowered from 200kHz(right) to 20Hz(left), the onset temperature of superfluid response approaches to zero. The inset shows a dissipation peak at about the same temperature as the onset of the superfluid response at each frequency, and a power-law dependence of this temperature on the frequency.

研究テーマ Research Subjects

1. 低次元スピン系における電子スピン共鳴の場の理論による定式化
Field-theory formulation of Electron Spin Resonance in low-dimensional quantum spin systems
2. 共形場理論とその物性物理への応用
Conformal Field Theory and its applications to condensed matter physics
3. トポロジカル相と量子エンタングルメント
Topological phases and quantum entanglement
4. ナノ多孔体中の液体ヘリウム4の量子臨界現象
Liquid Helium 4 in nanoporous media and quantum critical phenomena
5. 重い電子系における相転移と超伝導
Phase transitions and superconductivity in heavy fermion systems

常次研究室

Tsunetsugu Group



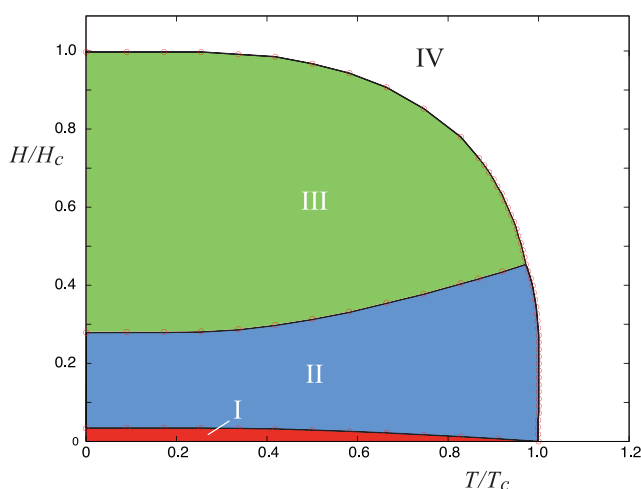
常次 宏一
Hirokazu TSUNETSUGU
教授
Professor



服部 一匡
Kazumasa HATTORI
助教
Research Associate

遷移金属化合物、希土類・アクチノイド化合物などの電子間クーロン相互作用が強い強相関電子系の物性の理論を研究している。クーロン相互作用が強い系においては、低温において興味深い磁性状態や異方的超伝導、密度波などの多種多様な物性出現する。これらの複雑な物性の統一的な理解を目標とするとともに新しい現象の発見を目指している。

主に研究しているテーマは、フラストレーション系やスピン・電荷・軌道の複合自由度を持つ系における新しいタイプの量子秩序や量子ゆらぎである。これらの系に特有の、多くのモードのソフトな揺らぎが結合している場合における秩序と臨界現象の特徴、電子状態や輸送現象がどのような影響を受けるのかを調べている。最近の成果として、三角格子上的モット転移における電気伝導の特異性を明らかにし、また、Pr化合物の軌道秩序に伴う臨界性の新しい特徴を発見した。

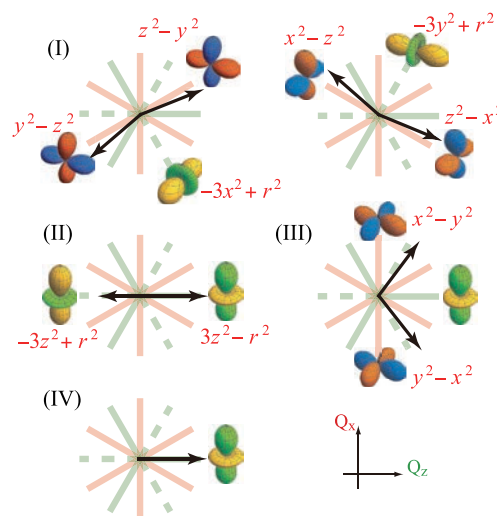


平均場近似による $\text{PrIr}_2\text{Al}_{20}$ の温度磁場相図。磁場印可とともに3つの反強軌道秩序相 (I-III) が出現。

Temperature-magnetic field phase diagram of $\text{PrIr}_2\text{Al}_{20}$ determined by mean field theory. Three antiferro orbital ordered phases (I-III) appear with magnetic field sweep.

Strongly correlated electron systems, particularly compounds including d- or f-orbital electrons, are the main subjects of our research. In these systems where electron-electron interactions are very strong, a variety of interesting phenomena emerge at low temperatures, and various magnetic orders, unconventional superconductivity and density waves are typical cases.

Targets of our recent study include novel types of quantum order and quantum fluctuations in frustrated spin and strongly correlated electronic systems with multiple degrees of freedom. In these systems, many soft modes of fluctuations are coupled, and this affects the nature of quantum phase transitions, as well as electronic states and transport properties. We have recently studied electric transport singularity at Mott transition on a triangular lattice. We have also discovered a new type of divergence in quadrupole response associated with an orbital order in Pr-based compounds.



左図の各相における2副格子の軌道状態。四重極空間におけるベクトル表示。I相では2種類の軌道状態が縮退。

Orbital states on two sublattices in each phase in the left figure. Represented by vectors in quadrupole space and related states are shown. Two types of orbital orders are degenerate in phase I.

研究テーマ Research Subjects

1. d 電子、f 電子化合物など強相関電子系の電子状態
Electronic states of strongly correlated systems with d- or f-electrons
2. フラストレーション系の統計力学
Statistical physics of frustrated systems
3. 量子磁性体の新奇量子相の理論
Theory of novel phases in quantum magnets
4. 強相関電子系における異方的超伝導
Unconventional superconductivity in strongly correlated electron systems

甲元研究室

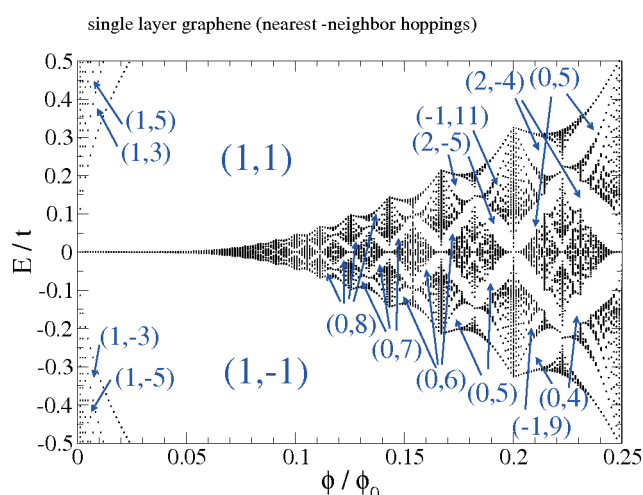
Kohmoto Group



甲元 真人
Mahito KOHMOTO
准教授
Associate Professor

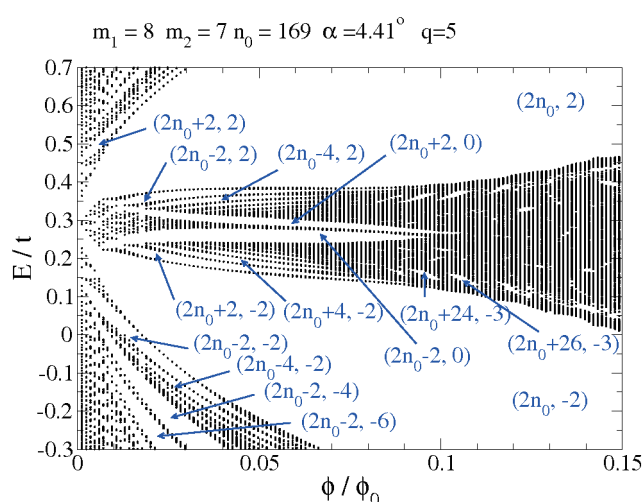
多体系では相互作用により多くの興味深い現象が起こる。最近の例ではグラフィンの量子ホール効果である。またトポロジカルな強い長距離相互作用によりトポロジカル絶縁体ではギャップの無い表面状態が現れ、これを始めに数々の新規な現象を示す。このような現象は摂動法を主とする従来の物性理論では理解することがむずかしい。例えば量子ホール効果で成功したトポロジイ理論のような非摂動的な場の理論がある。このような新奇な現象を非摂動的なトポロジイ理論などの方法を開発して研究することが目的である。

In many body systems, there appear many interesting properties due to interaction. A recent example is the quantum Hall effects on graphene. Also topological long-range correlations give rise to novel properties like gapless surface states in topological insulators. Traditional theoretical approaches based on the perturbation theory often fail to analyze these recently found phenomena. For example, the non-perturbative field theoretical approach succeeded in the study of the quantum Hall effects. Our purpose is to develop the non-perturbative method including field theories and the solution of the basic problems in physics mentioned above.



磁場中のグラフエンのエネルギー Spektrum クラムと量子ホール効果

Energy spectrum and quantum Hall effect of graphene in a magnetic field



磁場中の2重層グラフエンのエネルギー Spektrum クラムと量子ホール効果

Energy spectrum and quantum Hall effect of double layer graphene in a magnetic field

研究テーマ Research Subjects

1. グラフィンの量子ホール効果
Quantum Hall effect of graphene
2. 冷却原始の光学格子上の準結晶
Quasicrystal of cold atom optical lattice
3. フリーデル総和則のスペクトル変位
Spectrum shift of the Friedel sum rule

杉野研究室

Sugino Group



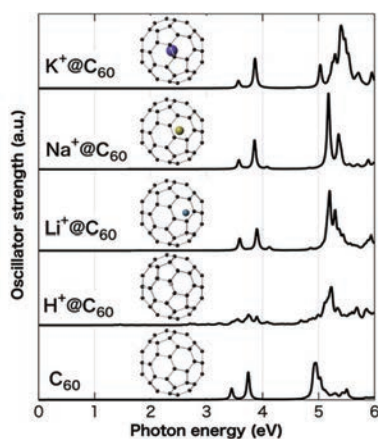
杉野 修
Osamu SUGINO
准教授
Associate Professor



野口 良史
Yoshifumi NOGUCHI
助教
Research Associate

計算機の中で物質を仮想的に再現し、その構造安定性や電子物性を明らかにすることにより、未知なる物質の新たな可能性を追求する研究を推進している。ここに、抽象化した模型を用いることなく量子力学の基本方程式を一から解く、いわゆる第一原理計算とよばれる手法を用いる。基礎電子論と応用物性論をつなぐユニークな研究を目指している。

当研究室では、電子的に励起した状態と励起後の動力学、(電子的) 基底状態にある系の有限温度における動力学、原子核が静止している系の電子相関の表現論などを研究し、第一原理計算をより広範な物質系に適用するための手法開発に力を入れている。その重要な応用として、表面・界面過程における化学反応系に注目している。これは、燃料電池やその他のエネルギー変換の中心課題でありながら、微視的理論が未構築の領域であり、京コンピュータを用いた研究による発展が期待されている。

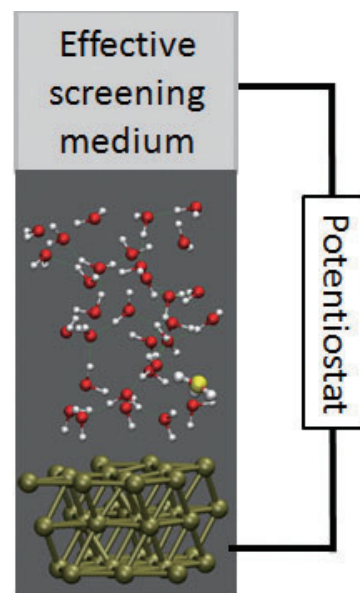


C₆₀ 及びアルカリイオン内包 C₆₀ の吸収スペクトルの第一原理計算。100 原子規模の第一原理励起状態計算が初めて可能になった。

Absorption spectra of C₆₀ and alkali-ion encapsulated C₆₀. This demonstrates that the first-principles excited-state calculation is facilitated.

The purpose of our study is to explore novel property of matters through a first-principles computer simulation, which allows us to realistically investigate structural stabilities and the electronic properties without any input from experiments. This is a particularly powerful method based on the basic electronic structure theory and the applied materials science.

The present targets of our study include (1) electronically excited state and its dynamics, (2) dynamics of the ground state at finite temperatures, and (3) representation of electron correlation of a given nuclear configuration. These works are done to extend possibility of the first-principles calculation. The extension is particularly important in the surface/interface phenomena associated with chemical reactions, e.g., microscopic processes of fuel cells. Such study is a central topic of the energy conversion but has been hampered by the need for large computer resources. The development of K-computer has opened possibility to advance microscopic theory and effective predictions.



電極界面の動力学計算。拡張ラグランジ法を用いた手法 (potentiostat MD) を開発することにより電位一定の下での第一原理計算が可能になった。

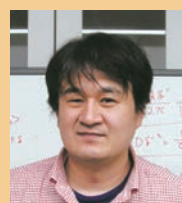
Electrode dynamics at constant potential. With the extended Lagrange method, called potentiostat MD, the electrode potential can be kept constant throughout.

研究テーマ Research Subjects

1. グリーン関数法を用いた励起状態の第一原理計算
First-principles Green's function calculation of excited-state of a matter
2. テンソル解析法を用いた基底状態の高精度計算
First-principles tensor decomposition approach to accurate electronic structures
3. 燃料電池電極触媒の大規模シミュレーション
Large-scale simulation of the fuel-cell electrocatalysis
4. 非断熱カップリングの第一原理計算
First-principles calculation of the nonadiabatic couplings

加藤研究室

Kato Group



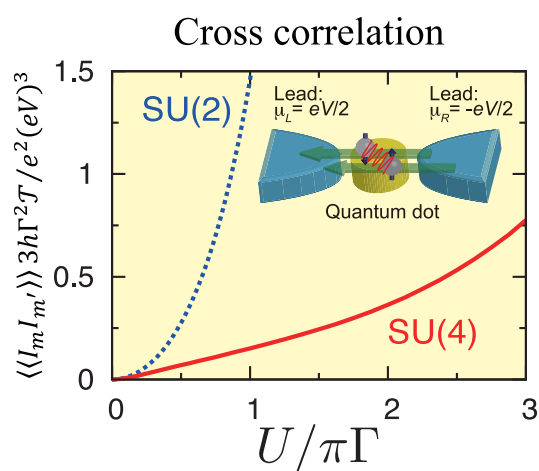
加藤 岳生
Takeo KATO
准教授
Associate Professor



阪野 塁
Rui SAKANO
助教
Research Associate

本研究室では、電子間相互作用の影響が顕著となるメゾスコピック系を対象として、輸送特性の理論研究を行っている。メゾスコピック系とは、ナノスケールで微細加工された電子系を主な対象とし、電子の量子力学的な効果が顕著となる系のことである。この分野では微細加工された半導体や超伝導体を舞台にして、量子情報制御・スピントロニクス・量子光学など、次世代への応用が期待されるさまざまな研究が進展しつつある。本研究室ではこれらの系の基礎理論の構築や計算手法の開発を行い、この分野における諸現象の理論的な理解を目指している。

本研究室ではメゾスコピック分野以外にも、電子間相互作用が物質の伝導特性や誘電応答に及ぼす影響を幅広い手法で取り扱っている。最近では、分子性導体における電荷秩序や強誘電性、遷移金属酸化物の巨大誘電リラクスー応答の研究を行っている。

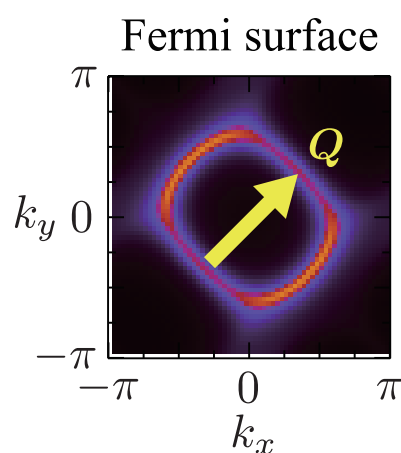


量子ドットのクーロン斥力 U は、通常の量子ドット (SU(2)) と二重縮退軌道をもつ量子ドット (SU(4)) の交差相関を増幅する。縮退が増えると電流相関は抑えられる。

The dot-site Coulomb repulsion U enhances a cross correlation of currents through a normal dot (SU(2)) and an orbital-degenerate dot (SU(4)), while the orbital degeneracy suppresses the cross correlation.

The main research subject is theoretical study on transport properties in mesoscopic systems, in which quantum interference of electrons emerges through transport properties. One of our purposes is to understand novel features emerging in interacting electrons in solid-state mesoscopic devices by utilizing various theoretical methods. Recently, novel technology on quantum information, spintronics, and quantum optics has been intensively studied in small semiconductors/superconductors. We are engaging in construction of fundamental theory and development of new numerical method for understanding of various phenomena in this research field. We are especially focusing on strong electron correlation in mesoscopic objects.

We are also trying to understand transport and dielectric properties in the presence of strong electron-electron interaction in bulk materials by utilizing various theoretical methods. Recent activities in this direction are charge-ordering phenomena and dielectric responses in organic conductors and giant relaxor-type dielectric response in transition oxides.



電荷秩序転移近傍にある有機導体のフェルミ面。電荷秩序パターン波数の Q によってフェルミ面がうまくさしわたられるように、フェルミ面が変形する。

A Fermi surface of organic conductors near charge-ordering transition. The Fermi surface is modified so that the wavenumber of charge-ordering pattern Q spans it well.

研究テーマ Research Subjects

1. メゾスコピック系における輸送特性
Transport properties in mesoscopic systems
2. 電子間相互作用の強い低次元導体の理論
Theory of electron correlation in low-dimensional conductors
3. 非平衡統計力学・量子観測理論の基礎理論
Fundamental theory of non-equilibrium statistical mechanics and quantum measurement
4. 多体電子系の数値計算手法開発
Development of numerical algorithms for interacting electron systems

三宅研究室

Miyake Group



三宅 隆
Takashi MIYAKE
客員准教授
Visiting Professor

第一原理計算に基づいて物質の電氣的、磁氣的、光学的性質や構造特性の解明を行っている。特に電子相関とスピン軌道相互作用に起因した物理現象を主な対象とし、鉄系超伝導体の電子励起スペクトル、パイロクロア酸化物のノンコリニア磁性、表面ラッシュバ効果などの研究を行ってきた。これらの現象を記述するには標準的な計算手法では不十分である。現在、第一原理計算に基づいた低エネルギー有効モデルの導出(ダウンフォールディング)、多体論的手法との融合、ベリー位相理論の第一原理計算への応用などの手法開発と汎用プログラムの開発・整備を継続的に行っている。また元素戦略上の観点からも近年注目されている磁石材料の特性の改良と新材料探索を目的に、希土類磁石の磁化と磁気異方性を、その温度特性、元素置換効果、表面・界面効果に着目し理論的に研究している。

My research subject is first-principles calculation of electrical, magnetic, optical and structural properties of condensed matter. Our main target is physical phenomena induced by electron correlation and/or spin-orbit interaction such as electron-excitation spectra of iron-based superconductors, noncollinear magnetism of pyrochlore oxides and surface Rashba effect. Since standard first-principles approaches are insufficient to treat these phenomena, development of computational methods is also an important subject. This activity includes development of an ab-initio scheme to derive a low-energy effective model (downfolding), combining first-principles approach with many-body techniques and application of Berry-phase theory to electronic structure calculations. Permanent magnet is another target. In order to improve magnetic properties and search for new magnetic materials, we are studying temperature dependence, effects of substitution and surface/interface on magnetization and magnetic anisotropy of rare-earth magnets.

楠瀬研究室

Kusunose Group



楠瀬 博明
Hiroyuki KUSUNOSE
客員准教授
Visiting Professor

希土類・アクチノイド化合物、遷移金属化合物を主な対象に、軌道とスピンの結合がもたらす新しい物性現象の創造を目指して、理論的な研究を行っている。同時に、電子相関効果を効率よく扱うための実用的な数値計算手法の開発にも取り組んでいる。固体中電子が持つ複合自由度をキーワードに、広範な対象に横たわる普遍的な物理的概念の抽出と、新現象の予言を目標とする。

最近の主な研究テーマは、(1) 強磁性と共存する超伝導体における磁束を介した連携ダイナミクス、(2) クーパーペアや各種密度が時間方向にノードを持つ奇周波数超伝導・密度波の基礎理論、(3) 空間反転対称性の(自発的)破れとスピン軌道相互作用の協働によるバンドのスピン分裂や変形、それら歪んだ電子状態にともなう輸送・光学現象の解明などである。このほか、(4) 強相関電子系の相反する固定点において有効な計算手法の相互補完による計算手法の構築。例えば、動的平均場理論に代表される非摂動論的計算手法とファインマンダイアグラムを用いた摂動論的手法の融合など。

Our main focus is theoretical development on entangled orbital and spin degrees of freedom in rare-earth, actinide, and transition-metal compounds, based on which we aim to create novel material sciences. At the same time, we develop a practical numerical algorithm applicable to degenerate electron systems with emphasis on efficient inclusion of strong correlations among electrons. Our goals are to find universal concept and predictions of new phenomena for a wide range of materials, focusing on complex degrees of electrons in solids.

The recent main topics of study are (1) cooperative dynamics through vortices in superconductors coexisting with ferromagnetism, (2) fundamental theory on odd-frequency superconductivity or density wave, which is characterized by a node of an order parameter in time domain, (3) theoretical investigation on (spontaneous) symmetry breaking of spatial inversion, spin-splitting or distortion of electronic bands owing to parity mixing and spin-orbit coupling, and related novel phenomena in transport and optics. We are also developing (4) an efficient numerical algorithm based on integration of two complementary methods valid at opposite fixed points of strongly correlated electron systems, such as a hybrid scheme of the representative non-perturbative method, e.g., the dynamical mean field theory, with a diagrammatic perturbation theory.

ペンツ研究室

Penc Group



ペンツ カルロ
Karlo PENC
外国人客員教授
Visiting Professor

当研究室では、遷移金属や希土類の化合物、および光学格子中のアルカリ土類原子などのモット絶縁体の低温における性質に興味を持っている。幾何学的構造の多様性、および軌道とスピンなど複数の自由度の存在、そして多種の相互作用により、これらの磁性体の物理は非常に豊富である。我々は、フラストレーションがスピン液体相（ギャップを持つものとギャップレスのものを含む）や四重極秩序に導くような系に特に注目している。微視的なモデルから出発して、基底状態や励起の性質を解析的および数値的方法の併用により解明することを試みている。さまざまな磁性体に関する磁化測定やESR、遠赤外および中性子スペクトルなどの実験結果を定性的および定量的に理解することが目標である。

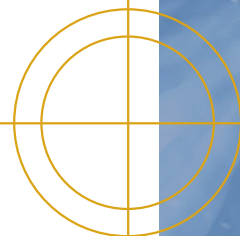
物性研の嶽山研究室とは、フラストレーションの強いCrスピネル系の強磁場下の性質における磁気格子相互作用の役割について共同研究を行っている。最近急速に発展しているトポロジカル絶縁体に関連して、押川研究室とは梯子系におけるトポロジカルな性質の研究を行っている。また、新たに中辻研究室と希土類スピネル化合物について、徳永研究室とマルチフェロイック物質について共同研究を開始している。

We are interested in the low temperature properties of Mott insulating systems, like transition metal and rare earth magnetic compounds and alkaline earth atoms in optical lattices. The large variety of the geometrical structures, degrees of freedom (like orbitals next to spins), and various exchange interactions make the physics of magnetic compounds very rich. We study systems where the frustration can lead to formation of gapped or gapless spin liquids, and ordering of quadrupolar moments. We attempt to characterize the nature of the ground state and excitations starting from a microscopic model, using analytical and numerical methods. Our aim is to provide qualitative and quantitative explanation of experimental results - like magnetization measurements and ESR, far-infrared and neutron spectroscopy - on various magnetic compounds.

In collaboration with the group of Prof. Shojiro Takeyama in ISSP, we study the relevance of the magnetoelastic coupling on the properties of the highly frustrated Cr spinels in large magnetic fields. Recently, we also become interested in the rapidly evolving field of topological insulators: collaborating with the group of Prof. Masaki Oshikawa, we have studied topological properties of ladder systems. New areas include collaborations with the groups of Prof. Satoru Nakatsuji on rare earth spinel, and the group of Prof. Masashi Tokunaga on multi-ferroic materials.

ナノスケール物性研究部門

Division of Nanoscale Science



近年の物性物理学の発展で特筆すべきものの一つに、原子レベルで制御された表面・界面、人工超格子、極微細構造など対象とする研究の著しい進展がある。この背景には、エピタキシャル成長技術、極微細加工技術、各種の表面評価手法、走査プローブ顕微鏡による局所測定技術、などの発達がある。ナノスケール物性研究部門では、そのような技術を利用して、表面界面および人工物質人工構造を対象とするナノスケール・サイエンスに取り組んでいる。

研究活動として、

- ・半導体・金属・超伝導体・磁性体などの微細構造およびそれらの複合微細構造において展開される低温量子・スピン輸送の研究、
 - ・走査プローブ顕微鏡を用いた局所電子状態や伝導現象の研究、
 - ・固体表面において発現する新奇複合物質やナノスケール構造の物性、
 - ・固体表面における化学反応等の動的過程の原子レベルでの研究、およびそれを利用したナノスケール新物質の創製、
 - ・酸化物薄膜のエピタキシャル成長とその機能物性開拓、
- などが進行中である。

One of the outstanding trends in modern condensed matter physics is the rapid development in studies of atomically controlled surfaces and interfaces, artificial superlattices and micro and nano-structures. The background of such developments is the advancement of key technologies for epitaxial crystal growth, microfabrication, surface characterization, and local sensing by use of scanning probe microscopes. In the Division of Nanoscale Science, the research efforts of seven groups are directed to various aspects of nanoscale science at surfaces, interfaces, and artificial materials/structures.

The on-going research activities include

- Study of low temperature quantum and spin transport in mesoscopic structures of semiconductors, metals, superconductors, magnetic materials and their hybrid structures.
- Study of local electronic states and transport phenomena by scanning probe microscopes.
- Study of transport, magnetism and other properties of novel materials at solid surfaces.
- Study of dynamical processes such as chemical reaction at solid surfaces at the atomic level and creation of new material phases.
- Study of epitaxial growth of oxide thin films and their functional properties.

教授
Professor

家 泰弘
Yasuhiro IYE

教授
Professor

勝本 信吾
Shingo KATSUMOTO

教授
Professor

大谷 義近
Yoshichika OTANI

教授
Professor

小森 文夫
Fumio KOMORI

准教授
Associate Professor

吉信 淳
Jun YOSHINOBU

准教授
Associate Professor

長谷川 幸雄
Yukio HASEGAWA

准教授
Associate Professor

リップマー ミック
Mikk LIPPMAN

教授(客員)
Visiting Professor

中村 潤児
Junji NAKAMURA

助教
Research Associate

遠藤 彰
Akira ENDO

助教
Research Associate

吉本 真也
Shinya YOSHIMOTO

助教
Research Associate

高橋 竜太
Ryota TAKAHASHI

助教
Research Associate

新見 康洋
Yasuhiro NIIMI

助教
Research Associate

吉田 靖雄
Yasuo YOSHIDA

助教
Research Associate

中村 壮智
Taketomo NAKAMURA

助教
Research Associate

宮町 俊生
Toshio MIYAMACHI

助教
Research Associate

木俣 基
Motoi KIMATA

技術専門職員
Technical Associate

向井 孝三
Kozo MUKAI

技術専門職員
Technical Associate

飯盛 拓嗣
Takushi IIMORI

技術専門職員
Technical Associate

橋本 義昭
Yoshiaki HASHIMOTO

技術専門職員
Technical Associate

浜田 雅之
Masayuki HAMADA

特任研究員
Project Researcher

青木 達也
Tatsuya AOKI

特任研究員
Project Researcher

金 皓元
Howon KIM

特任研究員
Project Researcher

清水 皇
Sumera SHIMIZU

特任研究員
Project Researcher

小坂谷 貴典
Takanori KOITAYA

家研究室

Iye Group

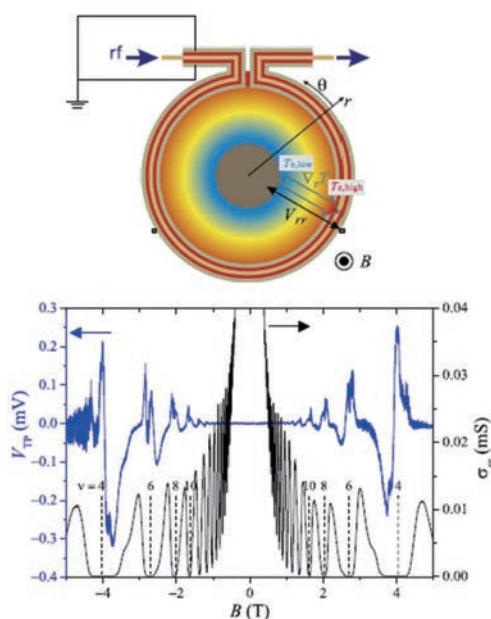


家 泰弘
Yasuhiro IYE
教授
Professor



遠藤 彰
Akira ENDO
助教
Research Associate

GaAs/AlGaAs 半導体界面 2 次元電子系の熱起電力には、一般にキャリア拡散項とフォノンドラッグ項とがあり、ヒーターによって温度勾配をつける通常の測定では後者が支配的となる。我々は電子温度のみを上げることによりキャリア拡散項のみを抽出する手法を用いて、量子ホール領域の熱起電力を調べている。本実験では、コルビノ型電極配置においてマイクロ波による局所加熱によって S_{rr}^C を測定した。コルビノ配置における動径方向の拡散熱起電力は $S_{rr}^C = \epsilon_{rr} / \sigma_{rr}$ で与えられる。ホールプラトー領域において S_{rr}^C が大きな値をとり、しかもプラトーの中央において符号が反転するという特徴的なふるまいが観測された。これらのふるまいは、自己無撞着ボルン近似を用いた計算の結果と良く一致している。

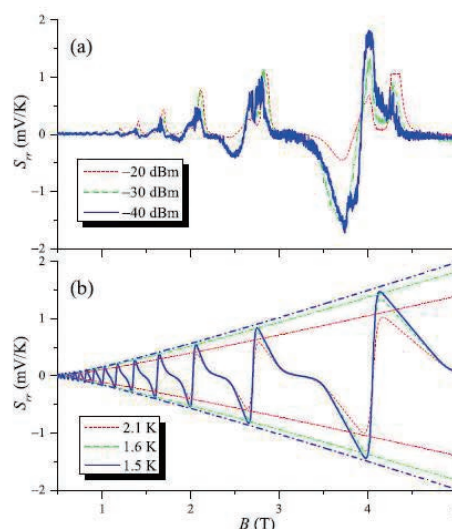


上図: コルビノ型電極配置。 下図: 動径方向の伝導度 σ_{rr} (黒) と熱起電力 V_{rr} (青) の磁場依存性。

Upper panel: Corbino-type electrode geometry with microwave heating

Lower panel: Magnetic field dependence of the radial conductivity σ_{rr} and thermovoltage V_{rr} .

Thermopower of two-dimensional electron system (2DES) at a GaAs/AlGaAs heterointerface generally consists of a carrier diffusion term and a phonon-drag term, and the latter contribution is dominant in an ordinary experimental condition in which temperature gradient is generated by a heater. We investigate the thermoelectric effects in quantum Hall regime by adopting a technique to raise only the electron temperature and thereby to extract the diffusion term. In the present study, a Corbino-type electrode geometry, and a microwave heating technique are employed. The radial diffusion thermopower S_{rr}^C in the Corbino geometry is given as $S_{rr}^C = \epsilon_{rr} / \sigma_{rr}$, (with ϵ_{rr} , thermoelectric conductivity, and σ_{rr} , conductivity). The measured S_{rr}^C takes large values and changes its sign at the midpoint of the Hall plateau. This behavior is well reproduced by a theoretical calculation based on the self-consistent Born approximation.



(a) 熱起電力 S_{rr} の測定データ。3つのデータはマイクロ波加熱パワーの違いによる。(b) 高温部の温度のいくつかの値に対する熱起電力の計算値。ホールプラトー領域のふるまいが再現されている。

(a) Experimental data of thermopower S_{rr} . The three curves correspond to different levels of microwave heating. (b) Calculated thermopower for different values of the temperature at the heated part. The behavior in the Hall plateau region is well reproduced.

研究テーマ Research Subjects

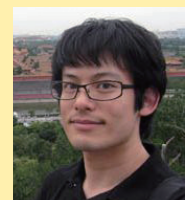
1. 空間変調構造下の 2 次元電子系の量子輸送現象
Quantum transport in 2DEG systems under artificial potential modulation
2. 量子ホール系における熱伝効果と高周波伝導
Thermoelectric effects and a.c. transport in quantum Hall systems
3. グラファイト、グラフェンの量子伝導
Quantum transport in graphite and graphene

勝本研究室

Katsumoto Group



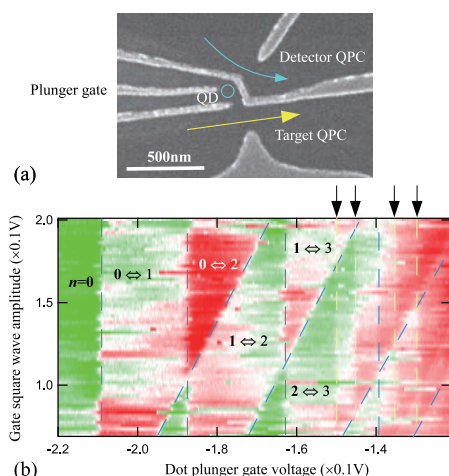
勝本 信吾
Shingo KATSUMOTO
教授
Professor



中村 壮智
Taketomo NAKAMURA
助教
Research Associate

半導体超薄膜、金属薄膜成長技術、そして薄膜を更に微細加工するリソグラフィ技術を主に使用し、量子井戸、量子細線、量子ドットなどの低次元系、これらを組み合わせたハイブリッド量子回路系における量子効果、量子多体効果を調べている。また、電子スピン、核スピンを使ったスピントロニクス、量子情報操作、超伝導論理素子などへの応用も視野に入れた研究を行なっている。

現在は、スピントロニクス系ではスピン軌道相互作用の強い系での量子構造と非平衡電流によるスピン流創出と、量子ドットを用いたスピン偏極検出、更にはスピン量子情報操作を目指した研究、また、量子ドットのような局在性の強い系を使った高効率のスピン注入の研究が中心である。また、やはりスピン軌道相互作用の強い系で量子細線を作製し、超伝導体と接触させることで生じるアンドレーフ束縛状態の物理を調べている。

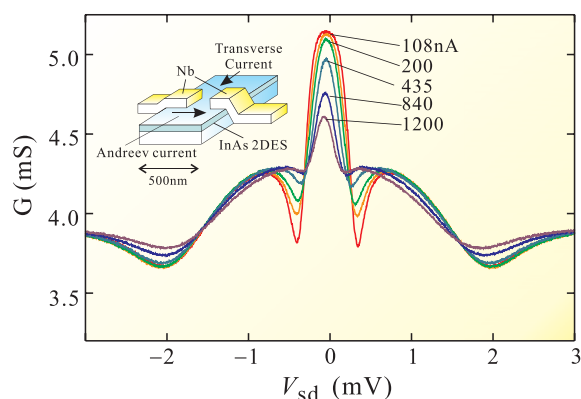


(a) 量子ポイントコンタクト (QPC) を通過する電流のスピン偏極を測定する素子の電子顕微鏡写真。(b) 測定用量子ドット (QD) のゲート電圧を横軸、これに重畳した矩形波の振幅を縦軸に、測定用 QPC の伝導度変化を緑 - 白 - 赤のイメージプロットで示した。記入された数字は QD 中の電子数。矢印は励起状態を表す。

(a) Electron beam micrograph of a device to detect spin polarization in a quantum point contact (QPC). (b) Green-white-red image plot of the QPC conductance variation as a function of the plunger gate voltage of the detector quantum dot (QD) and the amplitude of the square wave superposed. The numbers indicate the number of electrons in the QD and the vertical arrows indicate excited states.

With the techniques of epitaxial growth of high quality semiconductor films, vacuum depositions of metallic films, and lithography from micron to a few tens of nanometers, we prepare low dimensional systems such as quantum wells, wires and dots and quantum circuits composed of them to study the quantum many body effects. Our research interests also go to some applications of the physics of electron and nuclear spins to so called spintronics, and quantum information manipulation, classical logic devices with the use of superconductivity.

One of our present primary subjects is the creation of spin currents in non-magnetic semiconductor quantum structures with electric currents and the spin-orbit interaction and the detection of the resultant spin polarization with a side-coupled quantum dots. Another is the spin injection from ferromagnets into semiconductors via almost localized states in quantum dots. We are also studying the physics of the Andreev bound states appear at boundaries between semiconductor nanowires with strong spin-orbit interaction and superconductors.



Nb 電極で挟んだ InAs 量子細線 (挿入図は素子構造) のアンドレーフ束縛状態 (ABS) を通した伝導度を Nb 間電圧の関数としてプロットしたもの。ABS と交流ジョセフソン効果の共鳴として観測される振動は、InAs に流す電流で生じるスピンホール効果により大きく制限される。

Conductance of an InAs quantum wire through Andreev bound states (ABSs) as a function of source-drain voltage. The inset shows the device structure. The oscillation due to the resonance between the ABSs and the AC Josephson effect is largely diminished with the spin Hall effect caused by the current through the InAs quantum wire.

研究テーマ Research Subjects

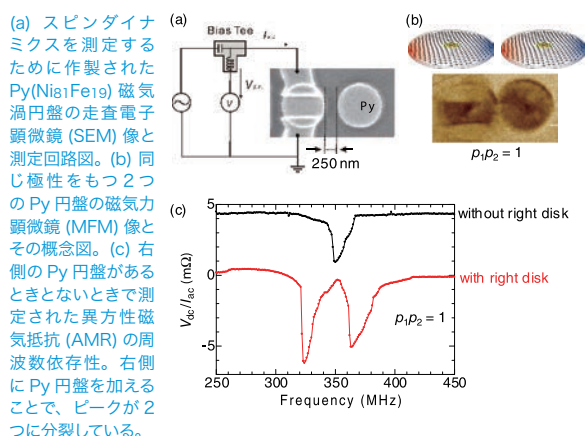
1. 半導体中のスピン流生成と検出
Creation and detection of spin current in semiconductors
2. 量子構造を用いた多体効果の研究
Study of many-body effects in quantum structures
3. 半導体 - 超伝導体ハイブリッド構造に生じる物理現象
Study of peculiar phenomena in superconductor-semiconductor hybrid structures
4. 希薄磁性半導体の物性
Transport and magnetism in diluted magnetic semiconductors

大谷研究室

Otani Group

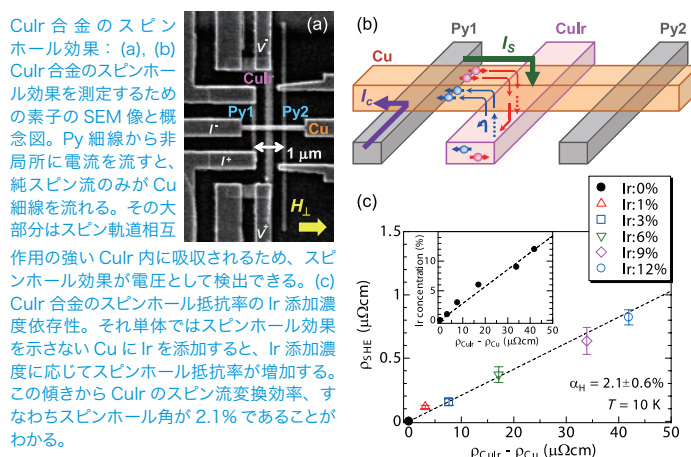
大谷 義近
Yoshichika OTANI
教授
Professor新見 康洋
Yasuhiro NIIMI
助教
Research Associate木俣 基
Motoi KIMATA
助教
Research Associate

ナノスケールの微小磁性体中には、その形状やサイズを反映した磁区構造が形成される。例えば磁気円盤中に生成する磁気渦はその中心に極性と旋回という2つの自由度をもち、それらを2次元配列させた「磁気人工格子（マグノニック結晶）」を設計・作製することにより次世代磁気記憶・演算素子として発展が期待される。我々はこれらナノスケール磁性体を作製し、その静的及び動的な基礎磁気物性を実験的に調べている。また、ナノスケール磁性体を利用して、電荷の流れを伴わない「純スピン流」と呼ばれるスピン角運動量のみの流れを作り出すことができる。この純スピン流を非磁性体金属、超伝導体や有機物に注入することで、スピンホール効果、スピン注入磁化反転、スピン蓄積効果などさまざまな興味深い現象を観測することが可能となる。最終的にはスピン注入によって生じる新規なスピントロニクス素子の研究開発を目指している。



(a) Schematic drawing for measurements of spin dynamics in magnetic vortices fabricated with Py (Ni₈₁Fe₁₉) and an SEM image of two Py disks. (b) MFM image of the two Py disks with the same polarity and the corresponding schematic drawing. (c) AMR signals as a function of frequency with and without the right Py disk. By adding the right Py disk, one peak splits into two peaks.

Various domain structures such as magnetic vortices and single domains are formed in nano-scale magnets, depending on their shape and size. The magnetic vortices, for example, have two degrees of freedom, i.e., polarity and chirality, and allow us to design an artificial magnetic lattice called “magnonic crystal” consisting of several magnetic vortices. These are expected to be next-generation magnetic memory and logic devices. We fabricate nano-scale magnets to experimentally study their fundamental static and dynamic magnetic properties. We also use nano-scale magnets to produce “pure spin current” which transfers no electric charges but only spin angular momentums. By injecting the pure spin current into non-magnetic metals, superconductors and organic materials, we are able to observe various interesting phenomena such as spin Hall effects, the spin injection induced magnetization reversal, and the spin accumulation. We aim to study and develop new types of spintronic devices using the spin injection techniques.



Spin Hall effect (SHE) in CuIr alloys: (a), (b) SEM image and schematic of a spin Hall (SH) device. When an electric charge current is applied non-locally to a Py/Cu junction, only a pure spin current is induced along the Cu bridge. Most of the pure spin current is then absorbed into a CuIr wire because of its strong spin-orbit interaction. As a result, one can detect the SHE as a voltage. (c) SH resistivity of CuIr as a function of Ir concentration. When Ir impurities are added to Cu showing no SHE, the SH resistivity increases with increasing the Ir concentration. The slope yields the conversion efficiency from the charge to spin current, i.e. the SH angle of 2.1 %.

研究テーマ Research Subjects

1. ナノスケール磁気渦格子を用いたスピンダイナミクスの研究
Spin dynamics in nano-scale magnetic vortex lattice
2. スピンホール効果を用いたスピン流生成機構の研究
Study for the mechanism of spin current generation via spin Hall effect
3. スピン流を用いた磁気相転移
Magnetic phase transition using spin current
4. 強磁性 / 超伝導体複合素子におけるスピン注入
Spin injection into superconductor/ferromagnet hybrid devices
5. 有機導体のスピン注入誘起物性
Spin injection induced properties in organic materials

小森研究室

Komori Group

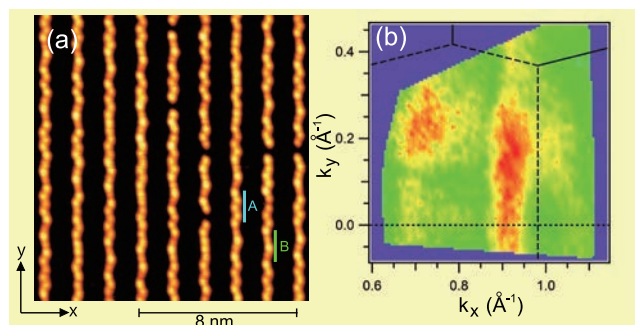


小森 文夫
Fumio KOMORI
教授
Professor



宮町 俊生
Toshio MIYAMACHI
助教
Research Associate

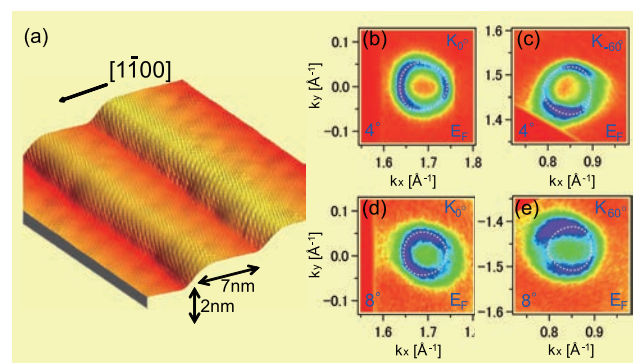
固体表面に形成される低次元系とナノスケール物質の電氣的磁氣的性質を明らかにすることを目標に、超高真空中で走査トンネル顕微鏡 (STM)、光電子分光、磁気カー効果 (MOKE)・第二高調波発生 (SHG) 測定を用いて研究を行なっている。STMを用いたトンネル分光では局所的な電子状態を、角度分解光電子分光ではフェルミエネルギー以下の電子状態を、MOKE/SHG 測定では磁性を調べている。また、ナノスケール化合物の研究において重要な試料生成機構に関して、原子スケールの動的過程を調べている。表面では、トンネル電子やレーザー光によって励起された電子系のエネルギーが格子系へ緩和する過程を用いて、新奇な物質を作製することもできる。そこで、トンネル電子注入による原子移動緩和や不純物ポテンシャル散乱機構について研究している。



金吸着 Ge(001) 表面上にできた 1 次元構造の STM 凹凸像 (a) とフェルミ面付近のバンドマップ (b)。表面の最も高い位置には、原子サイズの凸部が線状に並んでいる。凸部は A のようにジグザグに並んでいる場所と B のように矢型になっている場所がある。フェルミ面近傍では、バンドは表面の凸部の線方向にはほとんど分散せず 1 次元的であるが、0.1 eV 以下では、異方的な 2 次元バンドとなる。

Topographic image (a) and the Fermi-surface band mapping (b) of Au-adsorbed Ge(001) surface. Atomic-size protrusions align one-dimensionally on the surface. The one-dimensional structure consists of zigzag (A) and chevron (B) segments. The band at the Fermi surface very weakly disperses in the direction parallel to the line of the surface protrusions whereas the band disperses two-dimensionally in the occupied states below 80 meV from Fermi energy.

Electronic and magnetic properties of alloys, compounds and other materials with nanometer-scale structure at solid surfaces are studied using scanning tunneling microscopy/spectroscopy (STM/STS), photoelectron spectroscopy and magneto-optical Kerr-rotation(MOKE)/second harmonic generation(SHG) measurements in an ultra high vacuum. Band structures of the filled surface states and the chemical bonds are studied by photoelectron spectroscopy using VUV light and soft-X-ray. Local atomic and electronic structures, formation processes of surface nano-structured materials and dynamical processes induced by electron tunneling or photo-excited carriers are examined by STM/STS. Local atomic structure can be manipulated through electron-lattice interaction by electronic excitation of tunneling electrons and photons.



(a) 8 度傾斜した SiC(0001) 基板上に熱分解によって作製した 1 層グラフェンの STM 像。グラフェンは、SiC(0001) テラス上とステップ上に連続的に覆っている。(b-e) 4 度 (b,c) および 8 度 (d,e) 傾斜した SiC(0001) 基板上に作製した 1 層グラフェンのフェルミ面バンドマッピング。各々二つの K 点での π^* バンド形状が示されている。点線は平坦なグラフェンで予想されるバンド形状である。8 度傾斜した基板上では、傾斜方向の電子群速度が小さくなり、一軸性の異方性がある。

(a) STM image of single layer graphene grown on 8°-off SiC(0001) substrate by thermal decomposition. Graphene covers both the step edges and terraces continuously. (b-e) Constant-energy angle-resolved photoemission spectroscopy intensity maps at E_F for the graphene samples formed on the 4°- (b,c) and 8°-off (d,e) substrates around K_0° (b,d), K_{-60° (c), and K_{+60° (e). Here 0 degree indicates the tilting direction of the substrate. Dotted curves represent the constant-energy ideal π^* band shape including the trigonal warping for flat graphene. The observed shape of the Dirac band for the 4°-off substrate is consistent with the ideal graphene while that for the 8°-off substrate is elongated in the tilting direction.

研究テーマ Research Subjects

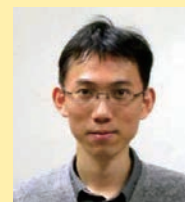
1. 表面ナノ構造物質の電子状態、伝導および磁性
Electronic states, conduction and magnetism of nano-structured materials
2. トンネル電子やレーザー光励起による表面動的現象
Surface dynamical phenomena induced by electron tunneling and photo-excitation
3. 表面ナノ構造物質の形成過程
Formation processes of nano-structured materials at surfaces

吉信研究室

Yoshinobu Group

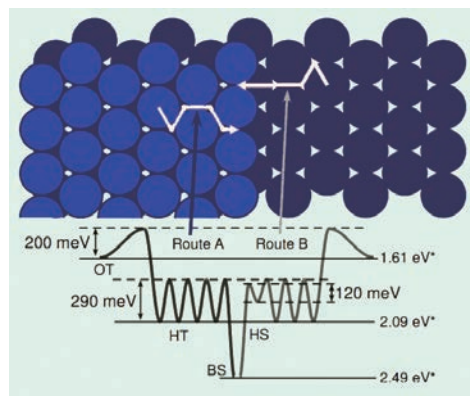


吉信 淳
Jun YOSHINOBU
教授
Professor



吉本 真也
Shinya YOSHIMOTO
助教
Research Associate

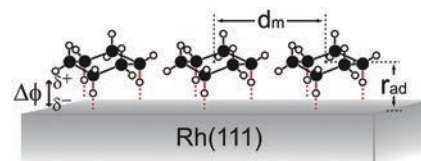
表面界面の特徴の一つは、バルクの対称性が破れ表面特有の構造や物性が現れることだけではない。外部から原子・分子を自在に表面に供給し、新しい物質を構築できる「反応場」として利用できることが特徴である。最近では、原子・分子レベルで制御されたナノマテリアル（例えば、サイズの整ったクラスター、異方性の強い低次元化合物、配向の特定された分子凝集系など）や、ナノスケールで人工デバイス構造を作製することも可能になってきた。原子スケールで反応を制御するためには、表面における物質移動や反応などを理解することが不可欠である。表面ダイナミクスの研究は、触媒反応・半導体プロセス・分子エレクトロニクスと密接に関連しており、宇宙における分子進化についても手がかりを与えてくれる。当研究室では、表面や界面における原子・分子の動的挙動（吸着、拡散、成長、脱離）、表面ナノ物質の構築および表面界面の電子物性を、表面振動分光、光電子分光などの表面分光法と走査型トンネル顕微鏡や独立駆動4探針電気伝導測定法を駆使して研究している。必要に応じてシンクロトロン放射光（KEK-PF、SPring8 など）を用いた実験も行っている。



時間分解赤外反射吸収分光 (TR-IRAS) により決定された Pt(997) 表面における吸着 NO 分子のポテンシャルエネルギー面

The potential energy surface of adsorbed NO species on Pt(997)

Solid surfaces are intriguing objects, because novel structures and electronic properties emerge as a result of symmetry breaking of bulk. In addition, a solid surface plays an important role as “low dimensional reaction field”, on which we can provide atoms and molecules and manipulate them deliberately. In order to fabricate atomically-controlled surface materials, we have to understand the dynamical behavior of atoms and molecules on surfaces. The research of these subjects is closely related to the basics of catalysis, semiconductor processes and molecular electronics. In addition, we can simulate chemical reactions on cosmic dust with laboratory experiments in ultra-high vacuum at low temperature. We have utilized surface vibrational spectroscopy, photoelectron spectroscopy and scanning tunneling microscopy in order to investigate structures, reactions and electronic properties of atoms and molecules on surfaces. Synchrotron radiation (KEK-PF, SPring8 etc.) is also used to study electronic structure of surface and interface.



	C6H12		C6D12
E_{ad}	70.2 kJ/mol	>	62.1 kJ/mol
$ \Delta\phi $	0.375 eV	>	0.338 eV
r_{ad}	$r_{ad}(C_6H_{12}) < r_{ad}(C_6D_{12})$ ($\Delta r_{ad} = 0.02-0.03 \text{ \AA}$)		
d_m	6.83 \AA	>	6.73 \AA

Rh(111) 表面に吸着したシクロヘキサン分子で観測された速度論的、構造的な同位体効果

Kinetic and geometric isotope effects observed in the case of cyclohexane on Rh(111)

研究テーマ Research Subjects

1. モデル触媒による小分子の活性化と表面反応の研究
Activation and surface reaction of small molecules by model catalysts
2. 金属表面における原子・分子の動的過程の研究
Dynamical processes of atoms and molecules on metal surfaces
3. 酸化物表面の電子状態と化学反応の研究
Electronic states and chemical reaction at oxide surfaces
4. グラフェンやシリセンなど低次元物質表面の電子状態と反応性の研究
Electronic states and reactivity of low-dimensional materials on surfaces including graphene and silicene
5. 超薄膜やナノ構造物の構築と局所電気伝導
Electronic states and conductivity of thin films and nano-scale structures on surfaces

長谷川研究室

Hasegawa Group



長谷川 幸雄
Yukio HASEGAWA
准教授
Associate Professor

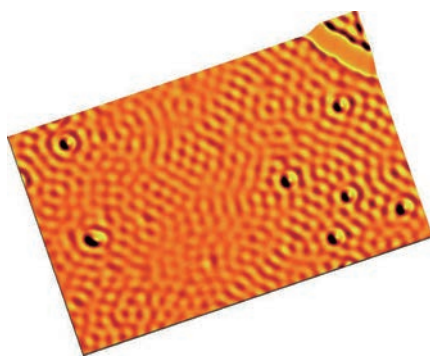


吉田 靖雄
Yasuo YOSHIDA
助教
Research Associate

走査トンネル顕微鏡 (STM) や原子間力顕微鏡 (AFM) など探針 (プローブ) を用いた顕微鏡を主たる手法として、表面での原子構造や組成・電子物性のナノスケール計測・物性評価を行うとともに、それらの制御を目指して研究を進めている。

STMでは、液体ヘリウム温度以下の熱擾乱を抑えた条件下での顕微鏡操作により、原子を一つずつ動かし任意形状に配列させることによる表面電子状態の制御技術や高精度での局所電子状態測定技術などを駆使し、電子定在波や遮蔽ポテンシャル・フリーデル振動、微小超伝導体のギャップ測定など、他の手法では観測不可能な現象の観測評価を行っている。またAFMでは、力検出感度を限界にまで高めることにより世界最高分解能での表面原子像観察を可能とし、原子間力計測や表面電位 (ポテンシャル) 分布の精密測定に応用している。

超低温・磁場中・放射光下といった特殊環境下でのプローブ顕微鏡の開発、プローブ顕微鏡を使ったナノリソグラフィ法の確立、新たなプローブ分析手法の探索にも積極的に取り組んでいる。



銅 (111) 表面のSTM像。表面電子状態が表面上のステップや欠陥構造に散乱されて、電子定在波 (周期: 1.4 nm) を形成している。

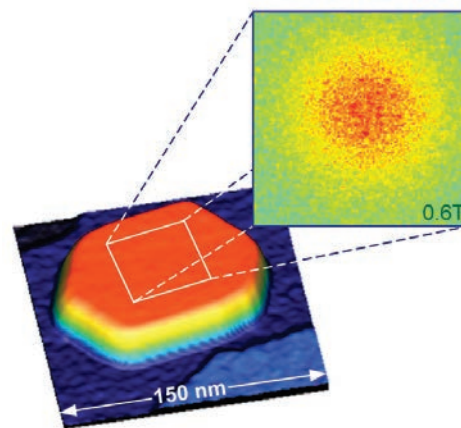
An STM image of Cu(111) surface. Electron standing waves, which are formed as a result of scattering and interference of surface electronic states by steps and surface defects, are observed. The wave length of the oscillatory structure is 1.4 nm.

Using scanning tunneling microscope (STM) and atomic force microscope (AFM), we investigate the properties of atoms and electrons on surfaces with an aim of finding new physics in nanometer scales.

Eliminating thermal fluctuations and disturbances, low-temperature STMs allow us to measure surface electronic states locally with very high energy and spatial resolutions and to control them precisely by arranging individual atoms on surfaces with the probe tip. Using the setups, we have observed electron standing waves, screened potential and the Friedel oscillation, and the superconducting gap of individual nano-size particles.

By improving a force sensitivity of the AFM probe to the ultimate level, we achieved the world-best high resolution AFM imaging, and now use it for measuring surface electrostatic potential accurately in a nanometer scale spatial resolution.

We are also engaged in developments of probe microscopes under various extreme conditions, such as, ultralow temperature, high magnetic field, or under an irradiation of synchrotron radiation light, and new functional and analytical methods with probes such as AFM lithography.



ナノサイズ Pb アイランド構造の低温 STM 像と、磁場下でのトンネル分光による超伝導ギャップ分布の測定から得られた量子磁束 (渦糸)

Low temperature STM image of nano-size Pb island structure, and an real-space image of quantized magnetic flux (vortex) obtained from tunneling spectra showing a superconducting gap under magnetic field

研究テーマ Research Subjects

1. 低温 STM による電子定在波・フリーデル振動など表面電子状態の研究
Low temperature STM on surface electronic properties by observation of electron standing waves and the Friedel oscillation
2. STM によるナノサイズ粒子の超伝導特性に関する研究
Dynamical processes of atoms and molecules on metal surfaces
3. AFM を用いた表面ポテンシャル測定・電気抵抗分布測定
Measurements of surface potential and electrical conductance by AFM
4. 放射光励起 STM によるナノスケール元素分析・化学分析
Elemental / chemical analysis in nanometer scale using synchrotron-radiation assisted STM

リップマー研究室

Lippmaa Group



リップマー ミック

Mikk LIPPMAA

准教授

Associate Professor



高橋 竜太

Ryota TAKAHASHI

助教

Research Associate

本研究室では金属酸化物の極薄膜、ヘテロ構造を始めとするナノ構造の機能性の探索を行っている。酸化物の特性は組成、温度、外場によって劇的に変化することが知られており、特に酸化物ナノ構造の物性制御に注目した研究を進めている。

最近の研究トピックとして、マグネタイト (Fe_3O_4) の強誘電性に関する研究を進めてきた。120K 以下の低温領域では絶縁体となり強誘電性が発現すると言われていたが、リーク電流が高いため強誘電性を実験的に確認することは難しかった。我々は高品質なマグネタイト結晶を作製し、レーザーを用いた焦電性評価を行うことで、Verwey 転移点以下における自発分極の発現、低温における強誘電性を確認することに成功した (図1)。ラマン分光測定 (図2) から Verwey 転移点以下では構造相転移は起こらないことがわかり、マグネタイトの自発分極は電荷秩序構造によって発現することを実証した。

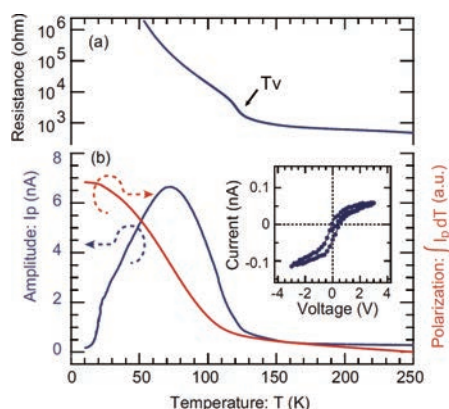


図1 マグネタイトの抵抗値 (a)、焦電流 (b: 青)、分極値 (b: 赤) の温度依存性。120K において Verwey 転移が起こる。この転移温度以下で焦電流が観察され、自発分極が発生することがわかった。挿入図は 9K で観察された焦電流のヒステリシスループを示し、強誘電性が確認された。

Fig. 1. (a) Temperature dependence of magnetite resistivity, showing the Verwey transition at 120 K. (b) Measured pyroelectric current in a thin film sample (blue), together with the integrated polarization curve (red). Inset shows switchable polarization at 9K.

The main topic of our research is the characterization of transition-metal oxides in confined geometries, such as very thin films, nanostructures, and heterostructures. Many oxide materials show very complicated phase diagrams as a function of doping, temperature or external fields. We study the mechanisms of those phase transitions in thin film structures.

We have recently looked into the appearance of a ferroelectric state in magnetite Fe_3O_4 thin films below the 120K Verwey charge ordering transitions. By measuring the pyroelectric current response of high-quality magnetite thin films under periodic laser heating, we have shown that the polar state of magnetite appears at the Verwey transition temperature, as shown in Fig. 1. Ferroelectric polarity switching is possible at low temperatures. A temperature scan of Raman spectra shows that the magnetite thin films have no further structural transitions below the charge ordering temperature, and the polar state is thus a result of the charge order, not a displacement of ions in the crystal.

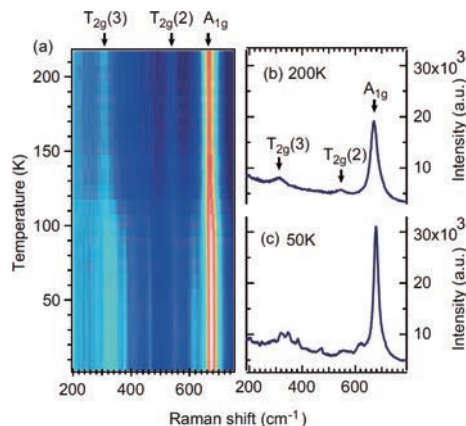


図2 マグネタイトのラマン分光測定温度依存性。Verwey 転移点の 120K で構造相転移が起こっていることがわかる。Verwey 転移点より低い温度では構造が変化していないことから、強誘電性の発現は電荷秩序構造に由来することがわかった。

Fig. 2. Temperature dependence of Raman spectra of magnetite, showing the structural change at the Verwey temperature but no further structural changes at lower temperatures, proving that the appearance of the ferroelectric state is not related to cation displacements.

研究テーマ Research Subjects

1. パルスレーザー堆積法による酸化物ヘテロ構造の作製
Growth of thin oxide films and heterostructures by pulsed laser deposition
2. 酸化物の相転移現象の外場制御
Phase transition mechanisms in oxides under external excitations
3. 化物の固液界面における光触媒特性
Photocatalytic activity at oxide – liquid interfaces
4. 酸化物デバイスの電子構造
Electronic behavior of oxides in various device structures

中村研究室

Nakamura Group



中村 潤児
Junji NAKAMURA
客員教授
Visiting Professor

銅触媒表面で進行する二酸化炭素からのメタノール合成反応のメカニズムの解明を目的として、触媒活性点や表面素過程について、放射光分光などの表面科学的手法を用いて研究している。

化石資源がエネルギー源として今後も用いられると予想されるが、その際に発生する温暖化ガスの二酸化炭素の化学的利用が求められている。その中で、メタノールは容易に合成できる有用化合物として期待されている。しかし、メタノール合成には活性化エネルギーに相当するエネルギーを投入せねばならない。高活性メタノール合成触媒を開発することによって、そのエネルギーの削減することができる。これまでの触媒開発は試行錯誤的な触媒探索に依っていたが、我々は、表面科学、第一原理計算、触媒製造の融合研究によって新触媒開発を目指している。表面科学的研究においては、二酸化炭素のメタノール合成に対する触媒活性点の特定や反応素過程の原子・電子レベルでの研究を行っている。最近、銅表面に存在するステップやキンクと呼ばれる表面欠陥が二酸化炭素の活性化に関わっていることがわかってきた。

In order to clarify the mechanism of methanol synthesis from CO_2 on Cu catalyst surfaces, catalytically active sites and surface elementary steps have been studied using surface science techniques such as synchrotron radiation spectroscopies.

Chemical conversion of CO_2 is generally expected to reduce CO_2 emission formed by combustion of fossil fuels which will be continuously used in the near future. A promising method is the synthesis of methanol, which is a useful raw material. However, one needs energy to carry out the methanol synthesis to overcome the activation energy of the reaction. The development of new catalysts means the reduction of the energy cost. We have started a project to develop methanol synthesis catalysts based on surface science, density functional theory (DFT) calculation, and catalyst preparation instead of traditional trial and error typed method of catalyst development. We study the active site of methanol synthesis catalysts and its elementary steps at the atomic and electronic levels using surface science techniques. We have recently found that the defects called kink or step play a role in the activation of CO_2 on Cu surfaces.

極限環境物性研究部門

Division of Physics in Extreme Conditions

物質を超低温、超高压、強磁場、などの極限環境におくと、通常の状態とはまったく異なる性質を示すようになる。超低温における超流動や超伝導現象、超高压における構造相転移や絶縁体・金属転移、強磁場における磁気相転移などが良く知られた例である。これらの著しい現象は、しばしば従来の理論の枠組みの変更を促し、物性研究の新しい局面を切り開くものである。当部門では、これまで多年にわたり各種の技術開発を行い、10万気圧を越える超高压、数10マイクロケルビンにおよぶ超低温核冷凍システムなど世界最高水準の極限環境の実現に成功し、それらの下で多くの新しい現象を見出してきた。現在、これまで蓄積された技術をさらに発展させ、極限的な領域での物性を開拓するとともに、これらの極限環境と超伝導磁石による定常強磁場を組み合わせた多重極限環境での新しい物性研究を行っている。主な研究対象としては、

- 1) 超低温・強磁場下の低次元量子系
- 2) 有機伝導体やグラフェンの低次元・ディラック電子系
- 3) 多重極限下における磁性・超伝導体

This division is organized to pursue the study of physical properties of condensed matters under extreme conditions such as ultra-low temperatures, ultra-high pressures combined with steady high magnetic fields up to 20 T. In addition to these individual extreme conditions, physics under multiple extreme conditions is also emphasized. Under these conditions, novel phenomena, which cannot be understood in terms of existing theories and thus stimulate the creation of new concepts, are expected. Discoveries of such phenomena have often opened up new horizons in material science. Many outstanding instruments developed in this division, for example, are those which produce low temperatures down to a few tens of μK and high pressures up to 10 GPa. These machines are frequently used in collaboration with many scientists from all over Japan and abroad. Some of the main subjects are as follows,

- 1) Low dimensional quantum systems and liquid under ultra-low temperatures and high magnetic fields.
- 2) Low dimensional systems and/or Dirac electron systems such as organic conductors and graphene.
- 3) Strongly correlated heavy electron systems such as magnetic compounds or superconductors under multiple extreme conditions.

教授
Professor Yoshiya UWATOKO

教授*
Professor Toshiro SAKAKIBARA

准教授
Associate Professor Toshihito OSADA

准教授
Associate Professor Minoru YAMASHITA

教授(外国人客員) カン ウォン
Visiting Professor Woun KANG

助教
Research Associate Taku OKADA

助教
Research Associate Takako KONOIKE

助教
Research Associate Kazuyuki MATSUBAYASHI

技術専門職員
Technical Associate Kazuhito UCHIDA

技術補佐員
Technical Staff Syoko NAGASAKI

特任研究員
Project Researcher Mitsuyuki SATO

特任研究員
Project Researcher Jinguang CHENG

特任研究員
Project Researcher Satoshi TSUCHIYA

* 新物質科学研究部門と併任 /concurrent with Division of New Materials Science

上床研究室

Uwatoko Group



上床 美也
Yoshiya UWATOKO
教授
Professor



松林 和幸
Kazuyuki MATSUBAYASHI
助教
Research Associate



岡田 卓
Taku OKADA
助教
Research Associate

高圧力は、これまで見いだされている物性現象の起源解明や数奇物性現象の発見に欠かせない物理パラメータの1つである。特に、常圧と同程度の静水圧環境下における再現性の良い測定結果は、強相関電子系物質をはじめと多くの研究成果をもたらす。また、極低温および強磁場を組み合わせた多重環境は、物性研究をする上での多くの情報が得られる最良の研究環境である。当研究室では、超高圧力技術を駆使した様々な基礎物性測定に適応した高圧装置の開発を行い、高精度の超高圧力を物理パラメータとした多重環境下での物性研究を進めている。結晶固体には格子の振動の自由度と、電子の電荷、スピン、軌道という基本的な自由度があり、強相関電子系物質では、これらが複雑に絡み合いながら種々の相互作用が競合し、結果として種々の興味深い物性が実現している。超高圧力下において、物質はどのような新しい物性を示すのだろうか？また、その出現機構はどうなっているのだろうか？電気抵抗、磁化、比熱、x線回折、中性子回折などの諸物性測定の圧力効果を主な研究手段とし、下記の研究テーマを進めている。また、物性研究所の役割の一つである共同利用も活発に行っている。

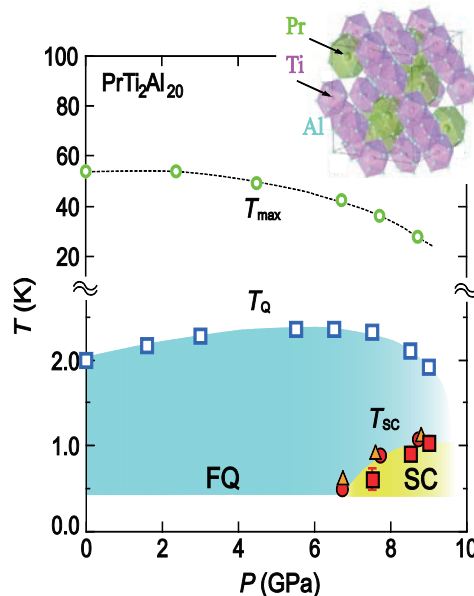
圧力誘起重い電子超伝導物質 $\text{PrTi}_2\text{Al}_{20}$ の温度・圧力相図：

$\text{PrTi}_2\text{Al}_{20}$ は、常圧において、2 K 以下で四極子秩序を、200 mK 以下で超伝導状態を示す非磁性の物質である。また、この物質は 50 K 付近に近藤効果の存在を示す、電気抵抗に大きな異常が観測される。高圧下では、超伝導点温度は、8.7 GPa の圧力下で 1.1 K まで上昇し、と同時に四極子秩序温度は急激に減少する。この圧力での電子の有効質量は、通常金属の 100 倍以上であり、Pr 化合物におけるはじめての重い電子状態での超伝導が出現している事が明らかとなった。

Phase diagram of Pressure-Induced Heavy Fermion Superconductivity in the Nonmagnetic Quadrupolar System $\text{PrTi}_2\text{Al}_{20}$

The cubic compound $\text{PrTi}_2\text{Al}_{20}$ has demonstrated the interplay of a ferro-quadrupole order at $T_Q = 2$ K, Kondo effect through the strong hybridization between the Γ_3 ground doublet and conduction electrons, and superconductivity (SC) at $T_{SC} = 0.2$ K. In particular, we found that the transition temperature and the effective mass associated with the superconductivity are dramatically enhanced up to 1.1 K and over $100m_0$ at 8.7 GPa as the system approaches the putative quantum critical point of the orbital order. The results suggest a generic phase diagram hosting unconventional superconductivity on the border of orbital order, paving a new path for further research on novel quantum criticality and superconductivity due to orbital fluctuations.

The high-pressure group has been studying various materials under high-pressure conditions in combination with low temperature and/or strong magnetic field. Nowadays, the techniques combining these multi-extreme conditions have become popular and indispensable for researches in solid state physics. However, the developments of these techniques that can realize in-situ measurements under multiple extreme conditions are often challenging and require sophisticated considerations. This group has devoted numerous efforts in developing such advanced high-pressure techniques and in studying the strongly correlated electronic systems, which is one of the most important themes in modern solid state physics. Considering the fact that many mysterious phenomena in strongly correlated electronic systems result from the electron-phonon and electron-electron interactions, we foresee the discovery of many unknown phenomena under multi-extreme conditions because high pressure offers an effective knob in tuning the inter-atomic distances and the density of electronic state that controls the degree of complex interactions.



研究テーマ Research Subjects

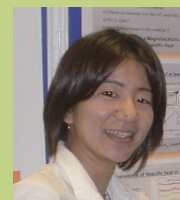
- 多重環境下における新規物性現象の探索
Search for new physical phenomena under multi extreme conditions
- 強相関系物質における圧力誘起相転移現象の研究
Study of the pressure induced phase transitions in strongly correlated electron systems
- 多重環境下における高圧装置開発と精密物性測定方法の確立
Development of high pressure apparatus and confirmation of physical property measurement techniques under the multi extreme conditions

長田研究室

Osada Group

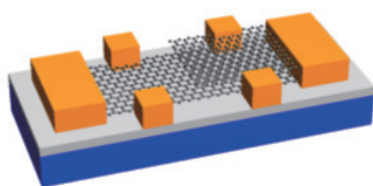


長田 俊人
Toshihito OSADA
准教授
Associate Professor

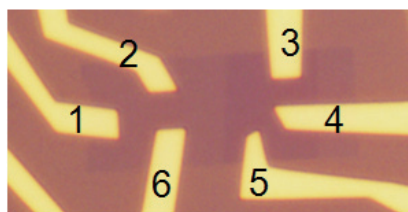


鴻池 貴子
Takako KONOIKE
助教
Research Associate

低次元電子系やディラック電子系の量子伝導。磁場中やナノ空間構造中の電子系、あるいは内部自由度を持つ電子系が示す新しい電子状態や伝導現象の探索・解明・制御に関する研究を行う。バンド構造の特異性、擬スピン内部自由度、電子軌道・磁束（電子渦）配置・系の空間構造（トポロジー）の間の整合性に関連した量子効果・幾何効果・多体効果に興味がある。研究対象はグラフェン（単原子層グラファイト）や有機導体などの低次元結晶、MBE 法や EB リソグラフィー法を用いて作製した半導体・超伝導体の人工ナノ構造である。全磁場方位依存性の精密計測、小型パルス磁石による強磁場計測、MEMS 素子による微細計測など、低温強磁場下の電氣的・磁氣的・熱的測定を主な実験手段とする。最近ではグラフェンや有機導体中に見られる相対論的ディラック電子の量子伝導に関する研究を集中的に行っている。

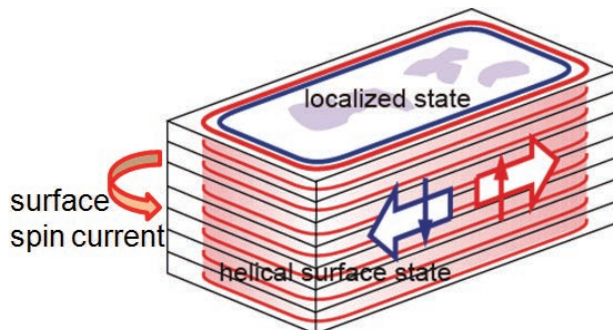


単層グラフェン / 2 層グラフェン接合素子。単層グラフェン側と 2 層グラフェン側が共に異なるトポロジカル数を持つ量子ホール状態になると、接合境界には両者のエッジ状態が混成した界面伝導チャネルが「バルク・エッジ対応」を満たすように形成される。



Monolayer/bilayer graphene junction device. When both of the monolayer graphene side and the bilayer graphene side show quantum Hall effect with different topological numbers, there appear boundary channels, which result from hybridization of edge states of both sides, at the junction boundary so as to satisfy the "bulk-edge correspondence".

Transport study of low-dimensional electron system and/or Dirac fermion systems in solids. To search for new phenomena in electron systems with small spatial structures or internal degrees of freedom, to clarify their mechanisms, and to control them for application. We have a great interest in quantum effects, topological effects, and many-body effects, which relate to singularity of band structure, pseudo-spin internal degrees of freedom, and commensurability among electron orbital motions, vortex (magnetic flux) configuration, and spatial structures (topology). Our targets are low-dimensional conducting crystals such as graphene (monolayer graphite) and organic conductors, and artificial semiconductor/superconductor micro-structures fabricated by advanced processing techniques like MBE or EB. We flexibly explore new transport phenomena and electronic states by electric, magnetic, and thermal measurements using precise field rotation, miniature pulse magnet, MEMS probes, etc. under magnetic fields and low temperatures. Recently, we have concentrated our studies on quantum transport of relativistic Dirac electrons in graphene and organic conductors.



多層ディラック電子系の量子ホール強磁性状態。結晶側面にはスピンの異なる各層の $n=0$ ランダウ準位のエッジ状態が逆方向に周回するヘリカル表面状態が形成され、永久スピン流を運ぶ。層状有機ディラック電子系 α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ においてヘリカル表面状態の存在を実験的に確認した。

Quantum Hall ferromagnetic state in the multilayer Dirac fermion system. There exists the helical surface state, which consists of the edge states with opposite spin and chirality of the $n=0$ Landau level on each layer, on the side surface, and it carries persistent spin current. We have experimentally confirmed the existence of the helical surface state in the organic Dirac fermion system α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$.

研究テーマ Research Subjects

1. グラフェンおよびゼロギャップ有機導体におけるディラック電子系の量子伝導
Quantum transport of Dirac electron system in graphene and zero-gap organic conductors
2. 層状物質の角度依存磁気伝導と層間コヒーレンス
Interlayer coherence and angle-dependent magnetotransport in layered conductors
3. 多層量子ホール系におけるカイラル表面状態の量子伝導
Quantum transport of chiral surface state in multilayer quantum Hall systems
4. 低次元有機導体の磁場中電荷およびスピン密度波状態
Charge and spin density waves under magnetic fields in low-dimensional organic conductors
5. 電場磁場中ブロッホ電子系におけるカオスと電気伝導
Chaos and electron transport in Bloch electron systems under magnetic and electronic fields

山下研究室

Yamashita Group



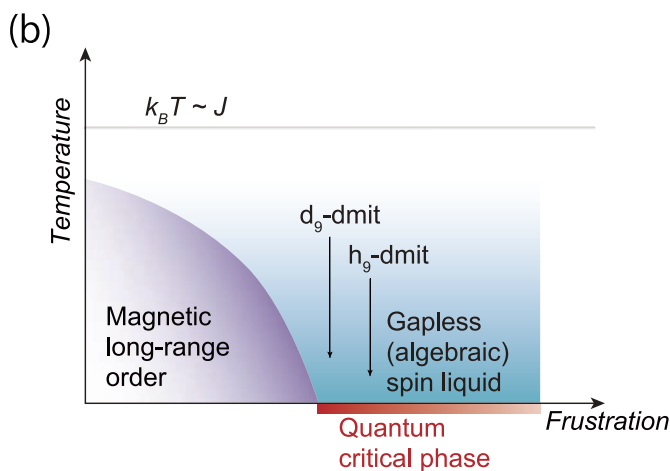
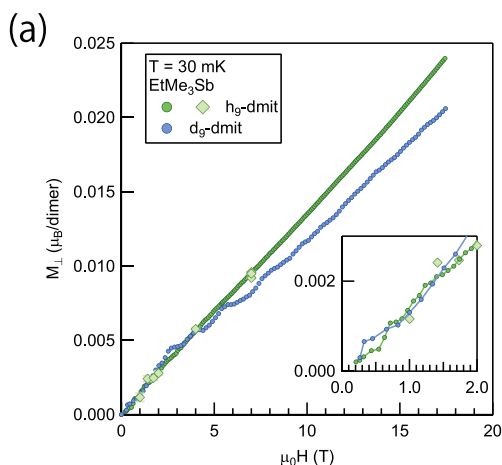
山下 穰
Minoru YAMASHITA
准教授
Associate Professor

絶対零度近くまで冷却すると何が起こるか？絶対零度ではあらゆるものは凍りつくわけだから、普通に考えると何も面白いことは起こらないように思う。ところが、1911年、オランダのカマリン・オンネスは、ヘリウムの液化に成功することで1ケルビンという低温領域に人類で初めて到達し、そこで金属の電気抵抗が突然0になるという超伝導現象を発見した。その後、液体ヘリウムの超流動転移、希薄アルカリ気体のボース凝縮など様々な量子凝縮相が極低温で発見された。室温では熱揺らぎに隠れてしまっていて見えない、多彩で不思議な物理現象が低温領域に隠れていたわけである。

当研究室ではこのような量子凝縮現象に興味を持ち、技術的に可能な限り低温まで精密測定する事でその物性を明らかにする研究を行っている。特に、二次元三角格子やカゴメ格子といった幾何学的フラストレーションをもつ磁性体において近年新しく発見された量子スピン液体状態は新しい量子凝縮相となっている可能性があり、その極低温における素励起の解明に力を入れて研究を進めている。

What happens when materials are cooled down close to absolute zero temperature? It sounds a boring question because everything freezes at $T = 0$. It is NOT, however, in some materials because quantum fluctuations persist even at absolute zero temperature. It was first discovered by Heike Kamerlingh Onnes at 1911, who was the first to liquify Helium and reach ~ 1 K, that the resistance of mercury suddenly vanished at low temperature. Followed by the discovery of the superconducting transition, many amazing quantum phenomena – superfluid transition of Helium, Bose-Einstein condensation of Alkali Bose gases – were found at low temperatures.

We are interested in these quantum condensed states at low temperatures where the thermal fluctuation is negligible. Especially, we are now focusing on studies to characterize the elementary excitations of a new quantum condensed state of spins which may emerge in frustrated magnetic materials, such as antiferromagnets at two-dimensional triangular or kagome lattices, by precise thermo-dynamic measurements at ultra-low temperatures.



(a) 量子スピン液体の候補物質である有機モット絶縁体 $\text{EtMe}_3\text{Sb}[\text{Pd}(\text{dmit})_2]_2$ において観測された磁化の磁場依存性。ゼロ磁場からの直線的な磁化の増加はギャップレスの磁気励起がこの量子スピン液体に存在する事を示している。(b) 提案されている相図。磁気秩序相に隣接して量子臨界相の存在が示唆されている。

(a) The field dependence of magnetization of an organic Mott insulator $\text{EtMe}_3\text{Sb}[\text{Pd}(\text{dmit})_2]_2$, which is a candidate material of a quantum spin liquid. The linear increase from almost the zero field shows the presence of a gapless magnetic excitation in this QSL. (b) Proposed phase diagram of the QSL where a quantum critical phase emerges next to the magnetic ordered phase.

研究テーマ Research Subjects

1. 幾何学的フラストレーションをもつ磁性体における量子スピン液体
Quantum spin liquid state in geometrically-frustrated magnets
2. 極低温における新奇超伝導状態
Unconventional superconducting states at ultra-low temperatures
3. 超低温冷凍機と超低温における精密測定技術の開発
Developments of ultra-low temperature cryostats and the precision measurement systems

物質設計評価施設

Materials Design and Characterization Laboratory (MDCL)

物質設計評価施設では、物質の「設計 (Design)」、具体的な物質の「合成 (Synthesis)」、合成された物質を総合的に調べる「評価 (Characterization)」の3つの研究をサイクル (DSCサイクル) として有機的に連携させることにより、新しい物性・機能を持つ物質の開発を目指している。本施設は物質設計部と物質合成・評価部からなり、物質設計部には電子計算機室が、物質合成・評価部には物質合成室、化学分析室、X線測定室、電子顕微鏡室、電磁気測定室、光学測定室の6実験室がある。物質設計部では、最先端の物性専用のスーパーコンピュータを駆使して原子間の相互作用によって生み出される様々な協力現象を解明しつつ新物質の設計を行い、物質合成・評価部では物質の合成、単結晶育成およびその組成の分析や結晶構造評価を行うとともに、新しく開拓された物質群の電氣的・磁氣的・光学的性質の総合評価を行っている。これら物質の総合評価の結果は設計および合成にフィードバックされ、DSCサイクルを通して新しい物質の開発が行なわれる。本施設の全国共同利用は、物質設計評価施設運営委員会により運用されている。

The aim of MDCL is to promote materials science with the emphasis on the “DSC cycle”, where DSC represents three functions in developing new materials, Design, Synthesis and Characterization. The MDCL consists of two divisions; Materials Design Division (MD-D) and Materials Synthesis and Characterization Division (MSC-D). The Super-computer Center of ISSP (SCC-ISSP) belongs to MD-D, while in MSC-D there are six sections for joint-use; Materials Synthesis Section, Chemical Analysis Section, X-Ray Diffraction Section, Electron Microscope Section, Electromagnetic Measurements Section, and Spectroscopy Section. In MD-D, by making use of its supercomputer system, novel mechanisms behind various cooperative phenomena in condensed matter are explored, and theoretical designs of new materials as well as materials with new nanoscale structures are developed. In MSC-D, various types of new materials are synthesized, single crystals are grown, and the structural, electromagnetic and optic properties of the materials are characterized in various ways. The characterization results are immediately fed back to the synthesis and to the design of materials. Through this DSC cycle we aim to develop new materials with new functions. Almost all the facilities of the MDCL are open to domestic scientists through the User Programs conducted by the Steering Committees of the MDCL.

教授 (施設長) 廣井 善二
Professor (Director) Zenji HIROI

教授 川島 直輝
Professor Naoki KAWASHIMA

准教授 野口 博司
Associate Professor Hiroshi NOGUCHI

准教授* 杉野 修
Associate Professor Osamu SUGINO

教授 (外国人客員) ニルセン ヨーラン ヤン
Visiting Professor Gøran Jan NILSEN

助教 岡本 佳比古
Research Associate Yoshihiko OKAMOTO

助教 芝 隼人
Research Associate Hayato SHIBA

助教 渡辺 宙志
Research Associate Hiroshi WATANABE

助教 笠松 秀輔
Research Associate Shusuke KASAMATSU

助教 森田 悟史
Research Associate Satoshi MORITA

助教 矢島 健
Research Associate Takeshi YAJIMA

技術専門職員 小池 正義
Technical Associate Masayoshi KOIKE

技術専門職員 磯部 正彦
Technical Associate Masahiko ISOBE

技術専門職員 山内 徹
Technical Associate Touru YAMAUCHI

技術専門職員 矢田 裕行
Technical Associate Hiroyuki YATA

技術専門職員 福田 毅哉
Technical Associate Takaki FUKUDA

技術専門職員 後藤 弘匡
Technical Associate Hirotada GOTO

技術職員 浜根 大輔
Technical Associate Daisuke HAMANE

特任専門職員 北澤 恒男
Technical Associate Tsuneo KITAZAWA

学術支援専門職員 荒木 繁行
Technical Associate Shigeyuki ARAKI

特任研究員 那波 和宏
Project Researcher Kazuhiro NAWA

特任研究員 正木 晶子
Project Researcher Akiko MASAKI

特任研究員 大久保 毅
Project Researcher Tsuyoshi OKUBO

特任研究員 趙 滙海
Project Researcher ZHAO Hui-Hai

* 物性理論研究部門と併任 / concurrent with Division of Condensed Matter Theory

廣井研究室

Hiroi Group



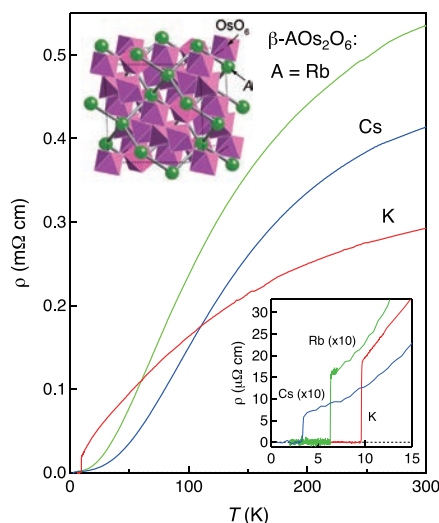
廣井 善二
Zenji HIROI
教授
Professor



岡本 佳比古
Yoshiniko OKAMOTO
助教
Research Associate

高温超伝導の発見とその後の研究の流れは、新物質の発見が如何に物性物理学に大きなインパクトを与えるかを如実に示した。その波紋は超伝導研究のみならず、強相関電子系一般における局在 - 非局在の概念の確立や磁性と伝導性の興味深い相関の研究へと大きな広がりを見せている。新物質探索を通して未知の物理現象を見出し、物性物理学の新しい方向を切り開くことは今後ますます重要になると考えられる。

遷移金属酸化物は強相関電子系の宝庫である。特に小さなスピン量子数をもつ低次元系（量子スピン系）において、強いクーロン反発によって局在しているd電子がキャリア数やバンド幅の制御によって動き始める時、量子効果による劇的な現象が期待される。本研究室では、様々な遷移金属酸化物の構造と物性の間にみられる相関に着目しながら、新物質探索を行い、強相関電子系の物質科学の面白さを研究している。

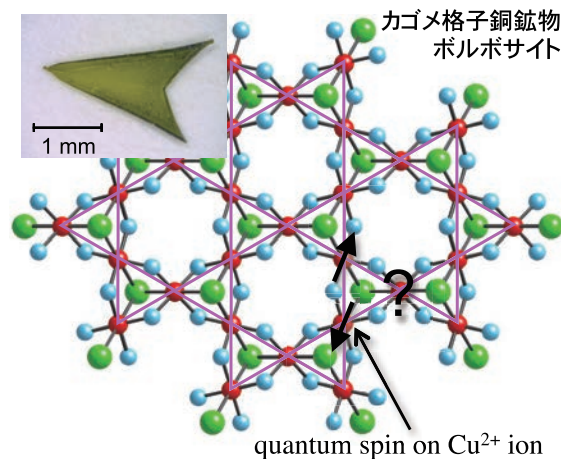


当研究室で発見されたβパイロクロア酸化物超伝導体 AOs_2O_6 の電気抵抗。超伝導転移温度は、3.3K (A = Cs)、6.3K (Rb)、9.6K (K) である。

Superconducting transitions observed in resistivity for the β -pyrochlore oxide superconductors AOs_2O_6 found in the Hiroi laboratory. The T_c s are 3.3, 6.3 and 9.6 K for A = Cs, Rb and K, respectively.

The remarkable discovery of high- T_c superconductivity and the following enthusiastic research in the last decade have clearly exemplified how the finding of new materials would give a great impact on the progress of solid state physics. Now related topics are spreading over not only superconductivity but also unusual metallic behavior, which are often observed near the metal-insulator transition in the strongly correlated electron systems. We believe that for the next few decades it will become more important to explore novel physics through searching for new materials.

A family of transition-metal oxides is one of the most typical systems where Coulomb interactions play a critical role on magnetic and electronic properties. Especially interesting is what is expected when electrons localized due to the strong Coulomb repulsion start moving by changing the bandwidth or the number of electrons. We anticipate there unknown, dramatic phenomena governed by many-body effects and quantum fluctuations.



スピン 1/2 カゴメ格子反強磁性体のモデル物質となる銅鉱物ボルボサイトの結晶構造と単結晶

Copper mineral volborthite representing a spin-1/2 kagome-lattice antiferromagnet

研究テーマ Research Subjects

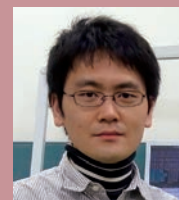
1. 新しい量子スピン系及び強相関電子系物質の開発
Search for new materials realizing quantum spin systems or strongly correlated electron systems
2. スピン 1/2 カゴメ格子反強磁性体の基底状態
Ground state of the spin-1/2 kagome antiferromagnet
3. 高温超伝導体
High- T_c superconductors

川島研究室

Kawashima Group

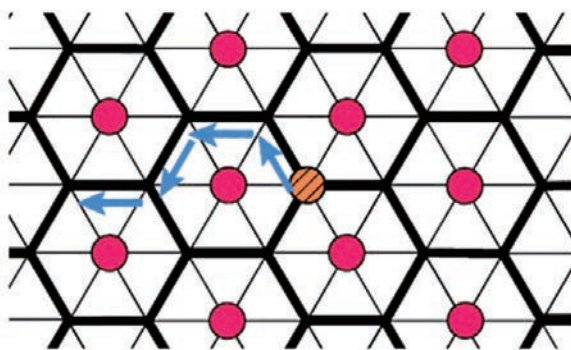


川島 直輝
Naoki KAWASHIMA
教授
Professor



森田 悟史
Satoshi MORITA
助教
Research Associate

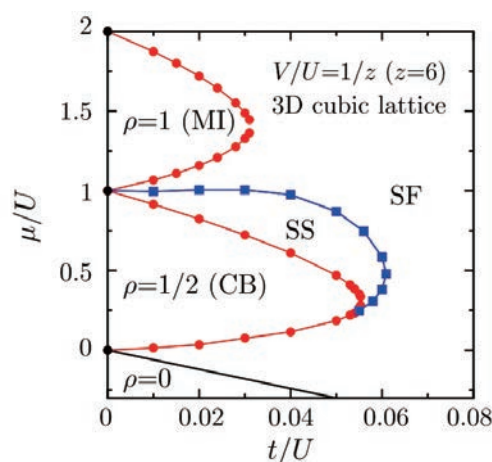
本研究室では物性研究所スパコンや神戸の京コンピュータなどの大規模並列計算機を利用して、量子磁性体や超流動体における量子臨界現象など、物性論で登場する基本的な問題の解明を行っている。一例としては、量子臨界現象の新しいカテゴリーである脱閉じ込め転移を、 $SU(N)$ ハイゼンベルクモデルにおけるネール状態からVBS状態への相転移として観測する試みがある。最近の我々の計算結果は $1/N$ 展開が予想する臨界現象が実現されていることを示唆しているが、より確度の高い計算を計画中である。この他、光格子にトラップされた極低温原子系における新しいタイプの超流動相の研究、とくに直観的には存在が非自明である整合粒子数密度における超固体相の実現、VBS状態におけるエンタングルメントスペクトルの計算、テンソルネットワーク法に基づくフラストレート系にも適用可能な新しい数値計算手法の開発、などを行っている。



「通常」の超固体。格子点数の単純な分数比（図では $1/3$ ）の粒子数からのずれが超流動カレントを担うという描像。

The "conventional" cartoon of the super solid. The deviation from a commensurate filling is responsible for the super current.

Our group investigates fundamental problems in condensed matter physics, such as critical phenomena in quantum magnets and superfluid, based on massively parallel computation on ISSP supercomputers and "K-computer" at Kobe. For example, we are trying to find a "deconfined" critical phenomena, a new category of quantum phase transition, as a transition between Neel state and VBS state in the $SU(N)$ Heisenberg model. Our recent computational results are in favor of the continuous transition predicted by the $1/N$ expansion theory, and we are planning a larger computation on K-computer for more conclusive results. In addition, the list of our research subjects includes novel quantum states and supersolids in ultra-cold atoms trapped in optical lattices, the incommensurate super solid phase in particular, computation of entanglement spectrum of a VBS state, and development of new methods for quantum frustrated systems based on tensor network.



次近接相互作用のある立方格子ボーズハバードモデルの相図。 t はホッピング項の係数、 U は斥力相互作用の強さである。チェッカーボード (CB)、超流動 (SF)、モット相 (MI)、超固体相 (SS) などが見える。粒子数密度がちょうど $1/2$ でも超固体相 (SS) が存在している。(Ohgoue, et al: PRL 108, 185302 (2012).)

Phase diagram of the Bose-Hubbard model on the cubic lattice with the hopping constant t and the on-site repulsion U . There are checker board phase (CB), the superfluid phase (SF), Mott insulator phase (MI), and super solid phase (SS). The super-solid phase exists even at the commensurate filling.

研究テーマ Research Subjects

1. 新しい量子相と量子相転移の探索
Search for novel quantum phases and quantum transitions
2. 多体問題の数値解法の研究、とくに量子モンテカルロ手法の手法の開発
Numerical methods for many-body physics, such as quantum Monte Carlo techniques and tensor network method
3. スピングラス
Spin glasses

野口研究室

Noguchi Group



野口 博司
Hiroshi NOGUCHI
准教授
Associate Professor



芝 隼人
Hayato SHIBA
助教
Research Associate

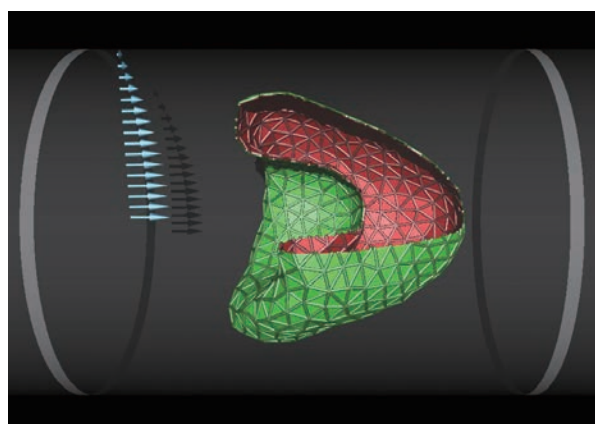
ソフトマター、生物物理を計算機を駆使して研究している。特に、生体膜や細胞のダイナミクスの解明に力を入れている。そのためのシミュレーション手法の開発、改良も行っている。

例えば、赤血球や脂質膜からなる小胞のさまざまな環境下での形態変化を調べている。これまで、流れによって赤血球がパラシュート状やスリッパ状に変形することや、脂質小胞が形態変化に伴い、運動モードの転移を起こすことなどを明らかにしている。

また、生体膜の融合、分裂過程についても研究している。生体内では膜の融合、分裂が物質運搬のために頻繁に起こっている。その過程を粗視化分子模型を用いてシミュレーションし、これまで言われていなかった経路も新しく発見した。融合の物理的な機構の全容解明に取り組んでいる。

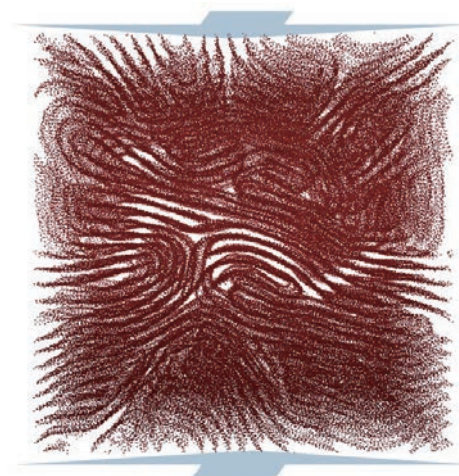
We study soft-matter physics and biophysics theoretically and numerically. Our main target is the physics of biomembrane and cells under various conditions. We develop membrane models and hydrodynamics simulation methods.

We found the shape transitions of red blood cells and lipid vesicles in shear and capillary flows using mesoscale hydrodynamic simulations: discocyte-to-parachute, stomatocyte-to-prolate, and prolate-to-discocyte, etc. We also clarify the several fusion and fission pathways of the membrane using coarse-grained molecular simulations. In particular, the pathway via pore opening on the edge of stalk-like connection was newly found by us, and later supported by an experiment.



細管を流れる赤血球のスナップショット。赤血球はこのようなパラシュート状に変形して毛細血管内を流れる。

Snapshot of red blood cell in capillary flow. Red blood cells deform to the parachute shape in microvessels of our body.



せん断流下での界面活性剤膜のロール状構造の形成。

Snapshot of the rolled structure of surfactant membranes induced by shear flow.

研究テーマ Research Subjects

1. 流れによる赤血球の変形
Flow-induced deformation of red blood cells
2. 生体膜の融合、分裂
Fusion and fission of biomembranes
3. 脂質膜の自己集合、形態転移
Self-assembly and morphological transition of lipid membranes
4. ガラスにおける遅い緩和現象
Slow dynamics in glass

ニルセン研究室

Nilsen Group



ニルセン ヨラン ヤン
Gøran Jan NILSEN
外国人客員教授
Visiting Professor

磁気フラストレーションは相互作用や幾何学的配置が単純な平行スピン配列を好まないときに現れる。さらにフラストレーションと低次元性、低連結性、スピン $1/2$ の量子性が絡み合ったとき、エキゾチックな要素を有するスピン液体状態などの様々な基底状態が期待される。ミョウバンは一般式 $AB(XO_4)_2 \cdot xH_2O$ を有する化合物であり、組成的にも構造的にも顕著な多様性を有する物質群である。A は Na^+ や Ba^{2+} などの1価または2価イオン、B は Fe^{3+} , Mo^{4+} などの3価または4価イオン、X は P や O であり、 $x = 0, 1, 4, 6, 12$ の水分子を含む。最近、われわれは Ti^{3+} ($3d^1$) のミョウバンの無水和物および1水和物を研究している。どちらの物質も反強磁性相互作用 J の大きさ $10K$ と比べて低温の $1K$ まで磁気秩序が観測されていない。私の物性研究所における研究プロジェクトでは、様々な合成手法を駆使し良質な試料を作製するとともに、基礎物性測定を行って試料の評価を行う。さらにラウエ・ランジュバン研究所における中性子散乱実験を行うことにより、ミョウバンを舞台として磁気フラストレーションと量子磁性の研究を展開する。

Magnetic frustration arises when competing terms in the Hamiltonian and/or geometric constraints disfavour simple collinear spin order. Coupling frustration with low dimensionality, low connectivity, and quantum spins ($s = 1/2$), a vast range of possible ground states may be realized, including several exotic flavors of spin liquid. The alums are an extensive and structurally diverse group of compounds described by the general formula $AB(XO_4)_2 \cdot xH_2O$, where A is a monovalent or divalent cation (e.g. Na^+ , Ba^{2+}), B is a tri- or tetravalent cation (e.g. Fe^{3+} , Mo^{4+}), X = P or O, and $x = 0, 1, 4, 6, 12$. Recently, we have been studying the synthesis and magnetic properties of the Ti^{3+} ($3d^1$) alums $KTi(SO_4)_2 \cdot H_2O$ and $KTi(SO_4)_2$. Both compounds are found to remain magnetically disordered down to $T < 1 K$, despite moderately strong antiferromagnetic interactions of $J \sim 10 K$. My project will make extensive use both of instrumentation and expertise at ISSP; synthesis and basic characterization facilities are all present within the host laboratory. It will build on a longstanding collaboration which has led to a series of publications, as well as several ongoing neutron scattering studies of novel magnetic materials at the ILL.

物質設計部 (Materials Design Division)

電子計算機室
Supercomputer Center

担当所員 野口 博司 Chairperson : H. NOGUCHI
 担当所員 川島 直輝 Contact Person : N. KAWASHIMA
 担当所員 杉野 修 Contact Person : O. SUGINO
 助 教 渡辺 宙志 Research Associate : H. WATANABE
 助 教 笠松 秀輔 Research Associate : S. KASAMATSU

技術専門職員 矢田 裕行 Technical Associate : H. YATA
 技術専門職員 福田 毅哉 Technical Associate : T. FUKUDA
 学術支援専門職員 荒木 繁行 Technical Associate : S. ARAKI



渡辺 助教



笠松 助教

1. 全国共同利用スーパーコンピュータ

電子計算機室では計算物性物理学専用のスーパーコンピュータシステムを、スーパーコンピュータ共同利用委員会の審議に基づき全国の物性研究者の共同利用に供している。スパコンシステムは2010年7月に更新された疎結合並列計算機 (SGI ICE 8400EX, 3840 CPU x Intel Xeon5570) とベクトル型計算機 (NEC SX-9, 64CPU) に、2013年4月に導入された疎結合並列計算機 (FUJITSU PRIMEHPC FX 10, 384CPU) を加えた複合システムである。システムのベンダーとの密な連絡によって高度なシステム性能を維持するとともに、全国ユーザからの相談にきめ細かく応じながら、システムの管理運用を行っている。スーパーコンピュータの利用申請については、ホームページ (<http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/supercom/>) を参照されたい。

2. 所内ネットワーク関連

本室では、物性研究所 LAN、および、ファイルサーバ、WWW サーバ (物性研ホームページ <http://www.issp.u-tokyo.ac.jp>) 他の各種サーバの管理運用を行い、大学院生を含めた所内に提供している。物性研ネットワークでは東京大学キャンパスネットワーク (UTnet) を通したインターネットへの接続のため、ファイアウォールの設置、ウイルス対策ソフトウェアの所内への配布などのセキュリティ対策を行っている。また、所内でのコンピュータおよびネットワーク関係の Q&A、テレビ会議システムなどの機器の管理と利用促進なども行っている。

3. HPCI戦略プログラム (旧「次世代スパコンプロジェクト戦略プログラム」) の支援

計算資源の管理・運用などを通じて当該プログラム分野2「新物質・エネルギー創成」の推進をサポートしている。



スーパーコンピュータ システムB (SGI Altix ICE 8400EX/3840 cpu)
 The supercomputer system B (SGI Altix ICE 8400EX/3840 cpu)

1. Joint-Use Supercomputer System

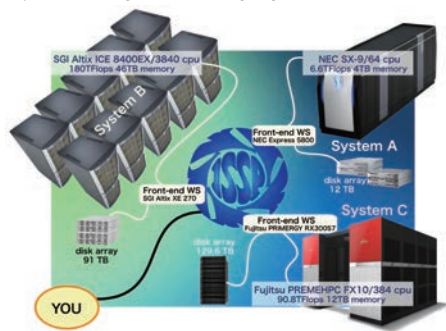
The Supercomputer Center (SCC) operates a supercomputer system available to all researchers of condensed matter physics in Japan. One can submit a proposal for a User Program to the Supercomputer Steering Committee, and once granted he/she can use the facility with no charge. The supercomputer system consists of three systems: SGI ICE 8400EX (3840 CPU x Intel Xeon 5570), NEC SX-9 (64CPU), and FUJITSU PRIMEHPC FX 10 (384CPU). The first two systems and the last system were renewed in July 2010 and April 2013, respectively. In addition to maintaining high performance of the system in cooperation with the vendors (Fujitsu, SGI, and NEC), the SCC also responds to questions and inquiries from users on daily basis.

2. In-House Networks and related missions

The SCC also operates the local area network in ISSP, and file servers, WWW servers for the ISSP home page (<http://www.issp.u-tokyo.ac.jp>), and other servers, to support all the users in ISSP. It takes severe measures of network security of the ISSP, which is connected to the internet via UTnet (the campus network of the University of Tokyo). We, for example, monitor electronic traffics for virus infection and by distributing anti-virus software to in-house users.

3. MEXT, HPCI Project

We support Center of Computational Materials Science, ISSP, which is responsible to the project "Novel materials and energy resources", by providing and managing computer resources.



物性研究所共同利用スーパーコンピュータシステム構成図
 The Supercomputer System at the SCC-ISSP.

物質設計評価施設

物質合成・評価部 (Materials Synthesis and Characterization Division)

物質合成室 Materials Synthesis Section

担 当 所 員 廣井 善二 Contact Person : Z. HIROI
特任専門職員 北澤 恒男 Technical Associate : T. KITAZAWA
技術専門職員 磯部 正彦 Technical Associate : M. ISOBE

本室では、新物質の合成、既知物質の良質化、単結晶育成など研究用試料の合成を行っている。また、各種高温電気炉や単結晶育成炉、試料調整加工機などを所内外の共同利用研究機器として供している。

The main purposes of the Materials Synthesis Section are to synthesize new compounds and to prepare well-characterized samples and single crystals of various materials. Various kinds of furnaces are provided for crystal growth experiments.

主要設備

フローティングゾーン単結晶育成炉、単結晶引上炉、各種電気炉（抵抗加熱式ブリッジマン炉、フラックス炉、アーク溶解炉、シリコニット炉）、真空蒸着装置（ 10^{-6} Torr）、精密切断機

Main Facilities

Floating-zone furnaces, Czochralski pulling apparatus with an induction heating system, Bridgman-type furnace, Ar-arc furnace, Furnace for flux method, Ultra-high vacuum deposition apparatus, and Cutting machine.



単結晶引上炉

Czochralski pulling apparatus with an induction heating system

化学分析室 Chemical Analysis Section

担 当 所 員 廣井 善二 Contact Person : Z. HIROI
技術専門職員 磯部 正彦 Technical Associate : M. ISOBE
技術専門職員 小池 正義 Technical Associate : M. KOIKE

本室では、物性研究に有用な物質についての化学分析や新しい物質の分析方法の検討および化学的手法による材料の精製および調整を行うと共に、秤量・分析・化学処理に関わる各種機器を所内外の共同利用に供している。

The Chemical Analysis Section is engaged in determining the chemical composition of specimens and in purifying chemical reagents for preparation of high quality specimens. The analytical equipments, several types of automatic balance and a system for preparation of ultra-high purity water are provided for chemical analysis experiments.

主要設備

誘導結合高周波プラズマ発光分光分析装置、各種顕微鏡、電子天秤、電位差滴定装置、純水製造装置

Main Facilities

ICP-AES, microscopes, Automatic balances, Potentiometric titration apparatus, and the system for preparation of ultra-high purity water.



誘導結合高周波プラズマ発光分光分析装置
ICP-AES

物質合成・評価部 (Materials Synthesis and Characterization Division)

X線測定室 X-Ray Diffraction Section

担当所員 廣井 善二 Contact Person : Z. HIROI
助教 矢島 健 Research Associate : T. YAJIMA



矢島 助教

興味深い物性を示す物質の開発や評価において、結晶構造解析は極めて重要な位置を占める。本室では、X線回折を用いて、新規物質の結晶構造や温度による構造変化など物質構造の研究を行うと共に、所内外の研究者に対して施設利用の提供、依頼研究を行っている。

The main purposes of the X-Ray Diffraction Section are structural analysis and identification of powder and single crystal specimens for solid state physics. By using the 4-circle diffractometer equipped with a warped imaging plate and a refrigerator, the structural analysis is performed in the temperature range of 7-300 K.

主要設備

粉末X線回折装置、単結晶構造解析用 CCD システム、四軸型X線回折計、湾曲イメージングプレート型X線回折計、ラウエカメラ、イメージングプレート読み取り装置

Main Facilities

Powder X-ray diffractometer, CCD system for the single-crystal structure analysis, Automatic 4-circle X-ray diffractometer, Warped imaging plate type diffractometer, Monochromated Laue camera, and Imaging plate reader.



極低温用イメージングプレート型X線回折計

Imaging plate type X-ray diffractometer for low temperature application

電子顕微鏡室 Electron Microscope Section

担当所員 廣井 善二 Contact Person : Z. HIROI
技術職員 浜根 大輔 Technical Associate : D. HAMANE

電子顕微鏡は物質の微細構造評価の有力な手段である。本室では、格子像レベルでの透過像を観察するため、高分解能形と電界放射形分析電子顕微鏡を備え、物質の微細構造研究を行うと共に、設備を所内外の利用に供し、共同利用研究や依頼研究を行っている。

The Electron Microscope Section supports electron diffraction measurements, lattice image observations and microscopic analyses of various solid materials in both crystalline and non-crystalline forms with the atomic-scale resolution by using a high-resolution electron microscope equipped with an x-ray micro-analyzer.

主要設備

200kV 電界放射形分析電子顕微鏡、低温・高温ホルダー、薄膜試料作製のための種々の装置

Main Facilities

200 kV electron microscope with an x-ray micro-analyzer, High- and low-temperature holders, and various apparatuses for sample preparation.



200 kV 電界放射形分析電子顕微鏡

200 kV electron microscope with an X-ray micro-analyzer



物質設計評価施設

物質合成・評価部 (Materials Synthesis and Characterization Division)

電磁気測定室 Electromagnetic Measurements Section

担当所員 家 泰弘 Contact Person : Y. IYE
 担当所員 瀧川 仁 Contact Person : M. TAKIGAWA
 担当所員 廣井 善二 Contact Person : Z. HIROI
 技術専門職員 山内 徹 Technical Associate : T. YAMAUCHI

本室では、物質の基本的性質である電氣的磁氣的性質を、温度および磁場の広い範囲にわたって測定するとともに、磁気特性測定装置、物理特性測定装置、超伝導磁石などの設備を所内外の共同利用に供している。

The Electromagnetic Measurements Section offers various facilities for measurements of electric and magnetic properties of materials. The followings are types of experiments currently supported in this section: electrical resistivity, magnetoresistance and Hall effect, magnetization, a.c. susceptibility, magnetic torque, and NMR.

主要設備

15/17テスラ超伝導マグネット、16/18テスラ高均一超伝導マグネット (NMR)、SQUID磁化測定装置 (MPMS)、汎用物性測定装置 (PPMS)、クロスコイル型超伝導マグネット

Main Facilities

Superconducting magnet (15/17 T), High homogeneity superconducting magnet (16/18 T) for NMR experiments, SQUID magnetometer (7 T), PPMS (physical properties measurement system), and Cross-coil-type superconducting magnet.



磁気特性測定装置
SQUID magnetometer (MPMS)

光学測定室 Spectroscopy Section

担当所員 末元 徹 Contact Person : T. SUEMOTO
 担当所員 秋山 英文 Contact Person : H. AKIYAMA

汎用性のある光学測定機器やレーザー光源を備え、所内外の共同利用に供している。可視・紫外・赤外領域の吸収・反射スペクトル、顕微ラマン分光などの測定が可能である。

The Spectroscopy Section offers joint-use facilities for standard optical measurements. The facilities can be used for measurements of conventional absorption/reflection spectrum in the UV, visible and IR regions and Raman scattering.

主要設備

可視紫外分光光度計、赤外分光光度計、ラマン分光光度計、波長可変パルスレーザー光源

Main Facilities

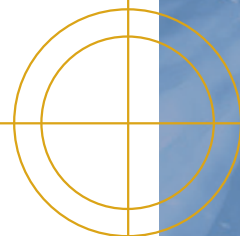
UV/VIS absorption spectrometer, IR spectrometer, Micro-Raman spectrometer with Ar and He-Ne lasers, Pulsed YAG laser equipped with tunable OPPO and a laser-machining unit, Ar ion laser, Cryostat.



赤外およびラマン分光装置
IR and Raman Spectrometers (Room A468)

中性子科学研究施設

Neutron Science Laboratory



中性子は透過力に優れ、微小磁石の性質を持つので、原子の中心にある原子核やその周りにある電子のつくる磁場と力を及ぼし合う。この性質を利用して物質による中性子の散乱のされ方を測定し、物質内の原子や磁気モーメントの配列や運動の様子を知る実験方法を「中性子散乱」という。物性研究所の中性子科学研究施設では中性子散乱実験による物性研究のための全国共同利用を推進してきた。現在、日本原子力研究開発機構の研究用原子炉 JRR-3 に大学が設置する中性子散乱装置は 14 台を数え、全国共同利用の規模は年間約 300 課題、6,000 人・日に達している。当施設の実施する全国共同利用により、高温超伝導体の研究、フラストレートした磁性体や重い電子系、低次元磁性体等の様々な磁性体の研究をはじめとして、複雑凝縮系の化学物理、高分子やコロイドの構造や相転移、生体物質の高次構造と機能の研究、などハードマテリアルからソフトマテリアルまで含む幅広い物質や材料の基礎研究が中性子散乱を用いて盛んに行われている。また、当施設では日米協力事業「中性子散乱分野」の実施機関としても活動し、我が国の中性子散乱研究の発展に貢献している。

Since 1961, the ISSP has been playing a central role in neutron scattering activities in Japan not only by performing its own research programs but also by providing a general user program for the university owned various neutron scattering spectrometers installed at the research reactor of JAEA (Tokai). In the JRR-3 reactor (20MW), the university group owns 14 spectrometers, and the Neutron Science Laboratory (NSL) is conducting the general user program. Under this program, about 300 proposals are submitted every year, and the number of visiting users under this program reaches over 6000 (person-day/year). Major research areas are solid state physics (strongly correlated electron systems, high- T_c superconductors, heavy Fermions systems, low dimensional magnetism, high-pressure physics, etc.), fundamental physics and neutron beam optics, structure and phase transitions of polymers, gels, and colloidal systems, physical chemistry of complex condensed matter, structure and functions of biological systems, and material sciences. The NSL also operates the U.S.-Japan cooperative program on neutron scattering, and supports the development of the neutron-beam-based material sciences in Japan.

教授 (施設長)	柴山 充弘
Professor (Director)	Mitsuhiro SHIBAYAMA
教授	吉澤 英樹
Professor	Hideki YOSHIKAWA
教授	山室 修
Professor	Osamu YAMAMURO
准教授	益田 隆嗣
Associate Professor	Takatsugu MASUDA
教授 (客員)	梅林 泰宏
Visiting Professor	Yasuhiro UMEBAYASHI

助教	Research Associate
助教	Research Associate
助教	Research Associate
技術専門職員	Technical Associate
技術職員	Technical Associate
技術職員	Technical Associate
専門員	Administrative Secretary

古府 麻衣子	Maiko KOFU
左右田 稔	Minoru SODA
藤井 健太	Kenta FUJII
浅見 俊夫	Toshio ASAMI
杉浦 良介	Ryosuke SUGIURA
川名 大地	Daichi KAWANA
鬼武 祐二	Yuji ONITAKE

特任研究員	Project Researcher
特任研究員	Project Researcher
特任研究員	Project Researcher
特任研究員	Project Researcher
特任研究員	Project Researcher

秋葉 宙	Hiroshi AKIBA
根本 文也	Fumiya NEMOTO
中尾 俊夫	Toshio NAKAO
池田 陽一	Yohichi IKEDA
小林 理気	Riki KOBAYASHI

日本原子力研究開発機構 (JAEA) の研究用原子炉 JRR-3 に設置された中性子散乱実験装置群。8 台の実験装置が水平ビーム孔に設置されている。また、この原子炉から 2 本の熱中性子導管と 3 本の冷中性子導管が図の左方向に引き出され、隣接するガイドホールにある 24 台の中性子ビーム実験装置群に中性子を供給している。

The reactor hall of JRR-3. The eight neutron scattering instruments are attached to the horizontal beam tubes in the reactor hall. Two thermal and three cold neutron beams are extracted from the reactor core toward the guide hall located to the left and provide neutron beams to 24 instruments in the guide hall.



柴山研究室

Shibayama Group



柴山 充弘
Mitsuhiro SHIBAYAMA
教授
Professor



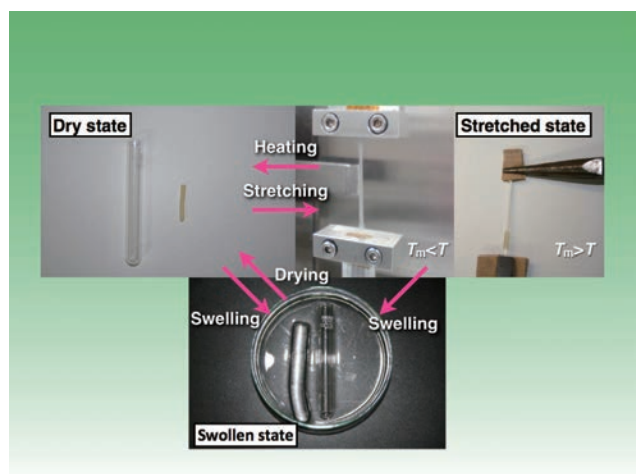
藤井 健太
Kenta FUJII
助教
Research Associate

ソフトマターとは、我々の身の回りの物や生体物質を構成する「柔らかい」物質・材料のことである。磁性体や超伝導物質などのハードマターでは超高圧や極低温という極限環境において特異的な物性を示すのに対し、ソフトマターでは常温・常圧付近で興味深い物性を示し、多様な機能を果たす。我々の研究室ではソフトマターの本質である—分子結合相関系—の学問的体系化を目指している。最近では、ゲルの相分離・相転移、不均一性の研究などのほか、驚異的な力学物性をもつさまざまな高強力ゲルの開発と構造解析・物性研究、流動場におけるミセルの物性と構造相関、イオンゲルの開発と構造解析・物性評価などを行っている。

世界有数の二次元位置測定小角中性子散乱 SANS-U を中心に、静的動的散乱装置 (SLS/DLS ALV-5000)、力学・熱物性測定装置、レオメーターなどを用いて、ソフトマターのナノオーダーの構造解析、ナノ秒から数千秒までのダイナミクスをカバーした幅広い研究を展開している。

Soft matter undergoes various transitions in response to a slight change of an environmental variable. We investigate the relationship of the structure and dynamics of soft matter, such as polymer gels, nanoemulsion, and micelles. The aims of our research are systematization of “molecular-bond correlated systems”. Concurrently, we explore various applications of soft matter on the basis of the physics of soft matter. Recently, we are developing various types of super-tough gels on the basis of findings on the structure-property relationship unveiled by neutron scattering.

Nano-order structure investigations and studies on dynamics of soft matter are carried out with state-of-the-art equipments, SANS-U, a small-angle neutron scattering instrument (upgraded in 2010). Other techniques, such as dynamic/static light scattering, microscopy, mechanical/thermal analyses, and rheological studies, are also employed if necessary. Current interests cover (1) inhomogeneities in polymer gels, (2) structural characterization and studies on deformation mechanisms of high-performance polymer gels, (3) rheo-SANS of nanoemulsion and micelles, and (4) development of ion-gel and structural analyses.



強靱な力学的性質をもつ Tetra-PEG ゲル。破断することなく調製膨潤状態 (下図) から乾燥状態 (左上)、延伸状態 (右上)、再膨潤状態 (下図) へと可逆的に変化する。

Tetra-PEG gels having tough mechanical properties. Reversible transformation from as-prepared/swollen state (bottom) to dried state (upper left), stretched state (upper right), and re-swollen state (bottom).

研究テーマ Research Subjects

1. 機能性高分子ゲルの構造とダイナミクス、体積相転移、ゾルゲル転移
Structure and dynamics, phase separation, and sol-gel transition of functional polymer gels
2. 高強力高分子ゲルの変形メカニズム
Deformation mechanisms of super-tough polymer gels
3. 流動場でのナノエマルジョンおよびミセルの構造変化
Structural evolution of nanoemulsion and micelles in flow field
4. イオンゲルの開発と構造解析
Development of ion-gel and structural analyses

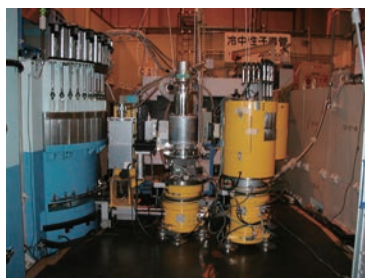
吉澤研究室

Yoshizawa Group



吉澤 英樹
Hideki YOSHIZAWA
教授
Professor

遷移金属酸化物の示す金属・絶縁体転移は、スピン・電荷・格子・軌道状態などが密接に関連して生じる現象として盛んに研究されてきている。当研究室では、大強度陽子加速器施設 (J-PARC) の加速器や日本原子力研究開発機構 (JAEA) の研究炉で発生される中性子ビームを用いて中性子散乱と呼ばれる研究手法により、遷移金属酸化物の示す電荷・軌道秩序や磁性および構造相転移と電気伝導との関連などを系統的に研究している。左下の図は、日本原子力研究開発機構 (JAEA) の研究炉に設置された物性研究所の中性子分光器の1台である。中性子散乱実験では、このような分光器を使用して物質の非弾性散乱スペクトル等を測定する。右下の図は、高温超伝導銅酸化物の一つである $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ と同型の結晶構造を持つ $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{NiO}_4$ 系において観測されるストライプ秩序のドーピング濃度依存性を $x=1/2$ までの高ドーピング領域まで測定した結果得られたストライプ秩序の形成温度とストライプ秩序のストライプの間隔のホール濃度依存性を示したものである。ストライプ秩序の形成温度は $x=1/3$ で極大を示したあと減少に転ずる。また、 $x=1/2$ 以上のさらに高ドーピング濃度領域では、次第に電気抵抗が減少し $x \sim 0.9$ 付近で絶縁体-金属転移を示す。最近のパルス中性子を用いたスピンドYNAMIXの研究によれば、Ni や Co の 2 次元層状酸化物においても線形スピン波理論では解釈のつかない特異な砂時計型のスピン励起スペクトルが観測されており、そのような異常なスピンドYNAMIXと輸送現象、低次元性の関連を中性子非弾性散乱実験により研究している。



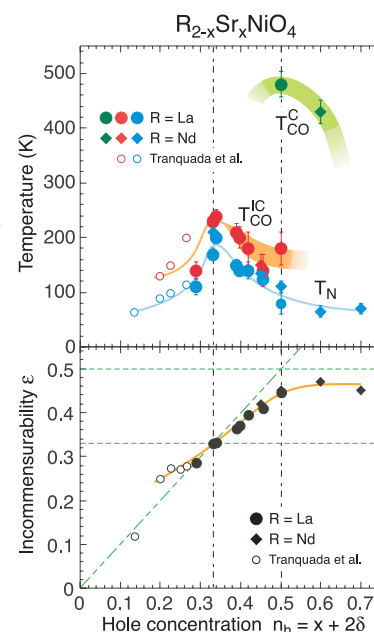
日本原子力研究開発機構 (JAEA) の研究炉 JRR-3 に設置された物性研究所の 3 軸型中性子分光器。

Triple-axis spectrometer installed at the JRR-3 in the Japan Atomic Energy Agency, Tokai, Ibaraki.

Metal-insulator transition in transition-metal oxides has drawn much attention because such a phenomenon reflects interplay among spin, charge, lattice, and orbital degrees of freedom. Our group has been studying their behavior by neutron scattering technique with use of pulse and steady-source neutron beams, and the triple axis neutron spectrometer owned by the ISSP is shown in the left figure below. The hole-doping dependences of the incommensurability and the transition temperature of the stripe ordering for hole concentration x up to $x = 0.5$ have been observed in the highly-doped $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{NiO}_4$ which is one of the isomorphic compounds of the High T_c cuprate superconductors. The ordering temperatures of the stripe charge as well as spin orderings have the maxima at $x = 1/3$, and they decrease beyond $x = 1/3$. Beyond $x=1/2$, the Ni system gradually becomes metallic and show the insulator to metal transition at $x \sim 0.9$. Recent pulse neutron studies on Ni and Co systems revealed that the unusual hour-glass type spin excitations exist in these 2 dimensional transition metal oxides, and our group is studying such unusual spin dynamics and their relation to the transport properties with using pulse and as well as reactor-source inelastic neutron spectrometers.

高温超伝導を示す銅酸化物の一つである $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ と同型の結晶構造を持つ $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{NiO}_4$ の系において観測されたストライプ秩序のドーピング濃度依存性。ストライプ秩序の転移温度と付随した磁気秩序の転移温度は $x=1/3$ で極大を示したあと減少に転ずる。またストライプ秩序の周期は $x=1/2$ までドーピング濃度と近似的に線形な関係をしめすが、詳細に見てやると $x=1/3$ の前後で特徴的なずれを示し $x=1/3$ の濃度の特殊性を際立たせている。この特異な振舞いは、ストライプ内のキャリア濃度の変化と関係があることがホール効果の測定結果から示唆されている。

Doping dependence of the stripe ordering in highly-doped $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{NiO}_4$, which is an isomorphic compounds of one of High T_c cuprate superconductors $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$. Unlike the expectation from the previous studies, the transition temperatures of the stripe charge and spin orderings exhibit the maximums at $x = 1/3$, and decreases above $x = 1/3$. The periodicity of the stripe order is approximately linear in x , but levels off beyond $x=1/2$. The system gradually becomes metallic and shows the insulator to metal transition near $x \sim 0.9$.



研究テーマ Research Subjects

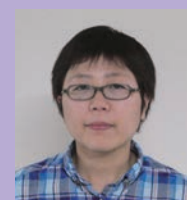
1. 遷移金属酸化物が示す金属・絶縁体転移や、その際に出現する磁気秩序・電荷秩序・軌道秩序などの中性子散乱による研究
Neutron scattering study of metal-insulator transition, magnetic ordering, charge/orbital orderings in transition-metal oxides
2. 中心対称性の欠損した超伝導体における磁気秩序とスピンドYNAMIXの研究
Neutron scattering study of spin structure and dynamics in noncentrosymmetric magnetic superconductors

山室研究室

Yamamuro Group

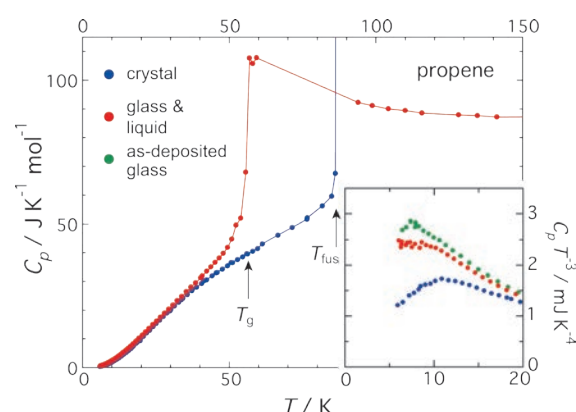


山室 修
Osamu YAMAMURO
教授
Professor



古府 麻衣子
Maiko KOFU
助教
Research Associate

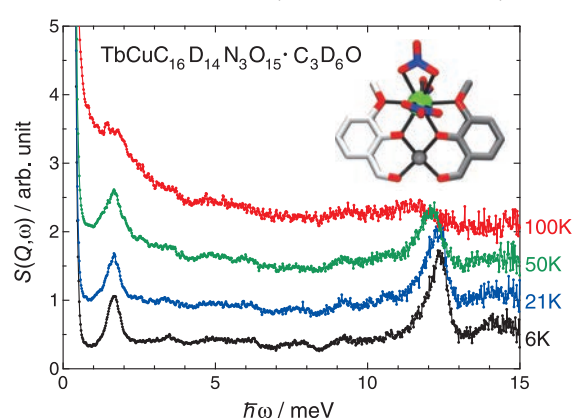
本研究室では複雑凝縮系の化学物理を研究している。現在の主な対象は、ガラス・過冷却液体、水およびその関連物質、イオン液体、水素吸蔵固体、単分子磁石である。ガラス転移は液体が構造変化を起こさずに固化する不思議な現象であり、物性物理学の長年の大問題の一つである。水は最も身近な物質の一つであるが、水素結合が織りなす種々の特異物性を示す。イオン液体では、静電力とファンデルワールス力の競合から、様々な新しい物性が現れる。固体中の水素は、ポテンシャル面によって古典拡散と量子（トンネル）拡散を起こす。単分子磁石は高密度磁気記録媒体などの応用面だけでなく、磁化反転の量子効果など基礎物性面でも興味深い。これらの物質に対して、中性子散乱、X線回折、熱容量、誘電緩和などを測定し、構造・ダイナミクス・熱力学の3視点から、複雑な物質に内在する単純(?)な法則を明らかにすることを目指している。



低温蒸着法で作成したプロペンガラスの熱容量。巨大な熱容量ジャンプを伴うガラス転移と顕著なアニール効果を示すボゾンピークが現れた。

Heat capacity of glassy propene prepared by low-temperature vapor-deposition. A glass transition with a giant heat capacity jump and a boson peak with a pronounced annealing effect appeared.

We are studying chemical physics of complex condensed matters, especially glasses and supercooled liquids, water and related materials, ionic liquids, hydrogen storage solids and single molecule magnets (SMMs). Glass transition is a mysterious phenomenon in which liquids solidify without structural change. This is one of big and long-standing issues in physics. Water, which is the most familiar material for us, exhibits various unique phenomena caused by hydrogen bonds. Ionic liquids have many interesting properties originating from competing electrostatic and van der Waals interactions. Hydrogen in solids exhibits classical and/or quantum (tunneling) diffusion dependently on potential energy surfaces. SMMs are significant not only for applications but also for basic physical properties such as quantum effects on magnetization reversal. These substances are investigated from neutron scattering, x-ray diffraction, heat capacity, and dielectric measurements. Our aim is to find simple (?) rules involved in complex systems from the three different points of view, i.e., structure, dynamics, and thermodynamic.



希土類単分子磁石の中性子非弾性散乱スペクトル。1.7 meV と 12.3 meV の磁気励起は、それぞれ Tb-Cu イオン間の交換相互作用と Tb イオンの一軸異方性に起因する。

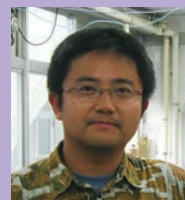
Inelastic neutron scattering spectra of a rare-earth based molecule magnet. The magnetic excitations at 1.7 meV and 12.3 meV are originated in the Tb-Cu exchange coupling and uniaxial anisotropy of Tb ions, respectively.

研究テーマ Research Subjects

1. ガラス転移、ボゾンピークなどの不規則凝縮系のダイナミクス
Dynamics of disordered condensed systems, such as glass transitions and boson peaks
2. 水および関連物質（含水多孔性結晶など）の構造とダイナミクス
Structure and dynamics of water and related materials such as hydrated porous crystals
3. 常温イオン液体の熱力学的性質とダイナミクス
Thermal and dynamical properties of room-temperature ionic liquids
4. 水素吸蔵固体の熱力学的性質とダイナミクス
Thermal and dynamical properties of hydrogen storage solids
5. 単分子磁石のスピンダイナミクス
Spin dynamics of single molecule magnets

益田研究室

Masuda Group



益田 隆嗣
Takatsugu MASUDA
准教授
Associate Professor



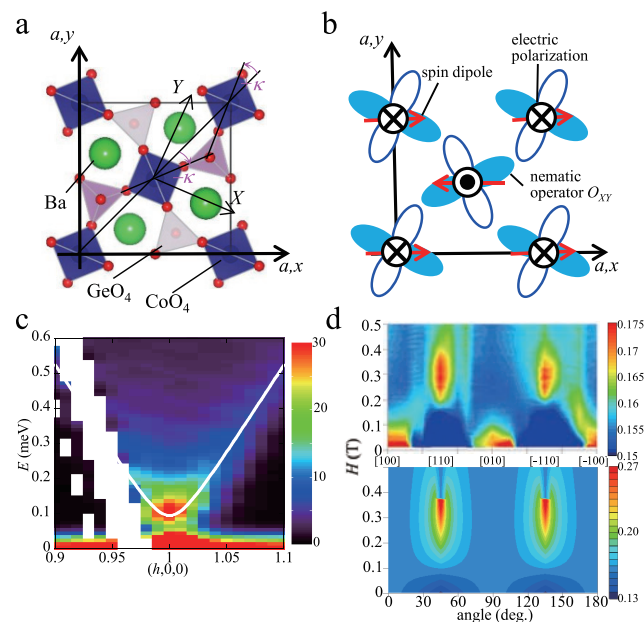
左右田 稔
Minoru SODA
助教
Research Associate

本研究室では、低次元スピン系、フラストレーション系、マルチフェロイクスなど、量子効果の強い磁性体における新しい状態の実験的研究を行っている。古典的なスピン系では、エントロピーを増大させるために低温で秩序化するが、低次元性や量子性はこれを阻害する。またフラストレーションは多縮退度の基底状態をもたらすため、格子歪などの小さな摂動に非常に敏感な系をもたらす。これらの結果、RVB、朝永流体などのスピン液体や、秩序は存在するもののスピン液体的性質が色濃く残った状態、さらにはスピン多極子など隠れた秩序が存在するスピン無秩序状態が出現する。我々は、これら新規量子状態を実現する物質を合成し、磁化・比熱などの測定を行っている。さらに、大強度中性子源にビームラインを有している利点を生かし、磁気構造決定に不可欠な中性子回折と、 $\mu\text{eV} \sim \text{meV}$ の物質内部のダイナミクスを直接的にプローブする中性子非弾性散乱を用いて、新規磁性体の静的および動的構造を明らかにする研究を推進している。図は、マルチフェロイクス物質において、アンチフェロネマティック相互作用が存在していることを、中性子実験と磁化測定から明らかにした例である。

a, マルチフェロイクス性を示す2次元反強磁性体 $\text{Ba}_2\text{CoGe}_2\text{O}_7$ の結晶構造。b, $\text{Ba}_2\text{CoGe}_2\text{O}_7$ のスピン双極子、ネマティックオペレータ O_{XY} 、および電気分極秩序。赤い矢印がスピン双極子、円が電気分極、クローバーがネマティックオペレータを表す。c, 中性子散乱スペクトル。0.1 meV の異方性ギャップはアンチフェロネマティック相互作用の存在により説明される。d, 磁化率 dM/dH の角度依存性の実験データおよび計算結果。アンチフェロネマティック相互作用を考慮した計算と実験結果はコンシステントである。

a, Crystal structure of $\text{Ba}_2\text{CoGe}_2\text{O}_7$. b, Structures of spin dipoles, spin nematic operator O_{XY} , and electric polarizations in $\text{Ba}_2\text{CoGe}_2\text{O}_7$. Red arrows are spin dipoles and open circles with crosses and small filled circles indicate the directions of electric polarization calculated by using the relation between spin nematic operator and electric polarization. Two-tone clovers are nematic operators. c, Inelastic neutron scattering spectrum. Anisotropy gap of 0.1 meV is explained by antiferro-nematic interaction. d, Angular dependence of magnetic susceptibility dM/dH . Angular dependence of magnetic susceptibility including antiferro-nematic interaction and experimental data are consistent.

Quantum novel phenomena enhanced in low dimensional spin systems, frustration systems, spin clusters, etc are studied by combination of material synthesis, bulk property measurements, and neutron scattering in our group. While in classical systems spins culminate in long range order upon cooling, low dimensionality and quantum effect disturb the ordered state. Geometrical frustration induces multidegenerated ground state that leads to quite sensitive to external perturbation. Consequently various types of spin liquid including RVB and Tomonaga-Luttinger liquid, exotic ordered states accompanying spin liquid-like behavior, spin disordered state exhibiting hidden order, etc. are achieved. We synthesize magnetic materials that realize these novel states and measure the magnetic susceptibility and heat capacity. Furthermore taking advantage of our own beam lines in high flux neutron source, we identify the magnetic structure by neutron diffraction and we directly probe the microscopic dynamics in magnetic materials by inelastic neutron scattering technique. Our goal is to reveal nature of novel quantum state by measuring static and dynamical structure of magnets.



研究テーマ Research Subjects

1. 量子磁性体及びフラストレート磁性体の磁気構造と磁気励起
Magnetic structure and excitations in frustrated magnets and quantum magnets
2. マルチフェロイクス
multiferroics
3. 酸素超結晶の磁気励起
Magnetic excitation in supercrystal of oxygen molecule in nanoporous metal complex

梅林研究室

Umebayashi Group



梅林 泰宏
Yasuhiro UMEBAYASHI
客員教授
Visiting Professor

近年、イオン液体と呼ばれる新しい液体が注目されている。イオン液体は、イオンのみからなる融点 100 °C 以下の物質群であり、蒸気圧が無視できるほど小さく、環境や生体に優しい物性を持つ。一般に、イオン液体は嵩高い有機物陽イオンからなり、従来の無機溶融塩に疎水性を導入したといえる。疎水性の導入は有機化合物の溶解性を高め、酵素反応や化学反応の反応場や分離・精製メディアなど溶融塩の応用範囲を格段に拡大した。

ユビキタス電源の点から、イオン液体は電解質材料への応用が強く期待されている。溶液中のイオン伝導は、古くて新しい研究課題であり、イオンの溶媒和構造とイオン伝導性の相関は未だ明確とは言えない。われわれは、新規イオン液体およびそのポリマーとの混合物である新規イオンゲルを探索しつつ、中性子・X 線散乱実験と分子シミュレーションを組み合わせる新たな液体構造解析法を独自に確立し、構造-イオニクスの相関解明に取り組んでいる。最近、イオン液体に特異的な超プロトン伝導を示す物質を見出した。現在、構造解析を精力的に進めるとともに、類縁体化合物を重点に探索を進めている。

During the last decade, room-temperature ionic liquids have attracted much attention. Ionic liquids, which are defined as salts consisted solely of ions showing a melting point below 100 °C, have favorable properties for the environmental and biological systems due to their negligible vapor pressure. Ionic liquids have bulky organic cation, thus it can be said that ionic liquids are new molten salts in which the hydrophobic property is introduced. Introduction of the hydrophobic property leads to novel applications of molten salts as enzyme and/or chemical reaction field and separation/extraction media.

From the viewpoint of the ubiquitous power source development, ionic liquids are strongly expected as electrolytes for the electrochemical devices. On the other hands, ionic conduction in solution is an evergreen subject; the relationship between ion solvation structure and ionic conductivity is still unclear at the present stage. Exploring new ionic liquids and novel ion gels with ionic liquids, we are studying to reveal the structure-ionics relationship with our newly developed structure analysis technique by combining neutron/X-ray scattering experiments and molecular simulations. Recently, we found new compounds, pseudo-ionic liquids, showing super-protonic conduction specific to ionic liquids. Currently, we are performing structure analyses with strategically exploring analogues.

国際超強磁場科学研究所

International MegaGauss Science Laboratory

当施設では、パルスマグネットによって強力な磁場を発生し、様々な物質（半導体、磁性体、金属、絶縁体など）の性質を変化させてその電子状態を調べている。また、極限的な強磁場を用いた新物質相の探索も行っている。非破壊的に発生する磁場は 80 テスラ程度まで、破壊的な手法（一卷コイル法および電磁濃縮法）では 730 テスラまでが発生可能である。非破壊パルスマグネットは、精密な物性計測（電気伝導、光学、磁化測定など）、他の極限物理環境（高圧、低温）と組み合わせた実験、また国内外の強い磁場を必要とする物性科学の研究に幅広く利用されている。世界最大の直流発電機（210 メガジュール）を用いた超ロングパルス（1～10 秒程度）や非破壊 100 テスラ磁場発生の開発も強力に推進している。他方、破壊型装置では、100 テスラ以上の超強磁場という量子極限状態での新しい物性を探索する研究を行っており、電磁濃縮法による 1000 テスラの発生に向けた開発も進行中である。

The aim of this laboratory is to study the physical properties of matter (such as semiconductors, magnetic materials, metals, insulators) under ultra-high magnetic field conditions. Such a high magnetic field is also used for realizing the new material phase and functions. Our pulse magnets can generate up to 80 Tesla by non-destructive way, and up to 730 Tesla by destructive (the single turn coil and the electro-magnetic flux compression) methods. The former serves for the physical precision measurements (the electro-conductance, the optics, and the magnetization). The multiple extreme physical conditions combining the strong magnetic field with ultra-low temperature and ultra-high pressure are also available, and are open for domestic as well as for international scientists. The magnet technologies are intensively devoted to developments for the quasi-steady long pulse magnet (an order of 1-10 sec) energized by the world largest DC generator (210 MJ), and also to a 100 Tesla class nondestructive magnet. Whereas, the explosive pulse magnets capable of generating over 100 T are oriented for new horizons in material science under such extreme quantum limit conditions. Development for 1000 T-generation by means of the electro-magnetic flux compression method is also our mission.

教授（施設長） 嶽山 正二郎
Professor (Director) Shojiro TAKEYAMA

教授 金道 浩一
Professor Koichi KINDO

准教授 徳永 将史
Associate Professor Masashi TOKUNAGA

准教授 松田 康弘
Associate Professor Yasuhiro MATSUDA

准教授* 長田 俊人
Associate Professor Toshihito OSADA

助教 近藤 晃弘
Research Associate Akihiro KONDO

助教 中村 大輔
Research Associate Daisuke NAKAMURA

助教 三宅 厚志
Research Associate Atsushi MIHYAKE

助教 池田 暁彦
Research Associate Akihiko IKEDA

特任助教 小濱 芳允
Project Research Associate Yoshimitsu KOHAMA

技術専門職員 川口 孝志
Technical Associate Koushi KAWAGUCHI

技術専門職員 澤部 博信
Technical Associate Hironobu SAWABE

技術専門職員 松尾 晶
Technical Associate Akira MATSUO

学術支援専門職員 中澤 徳郎
Technical Associate Tokuro NAKAZAWA

技術補佐員 大矢 孝一
Technical Staff Kouichi OYA

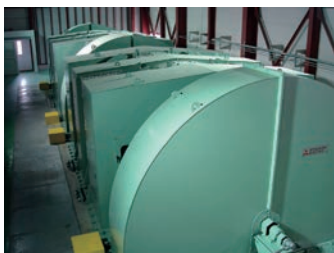
特任研究員 赤木 暢
Project Researcher Mitsuru AKAKI

特任研究員 坂井 義和
Project Researcher Yoshikazu SAKAI

特任研究員 宮田 敦彦
Project Researcher Atsuhiko MIYATA

特任研究員 周 偉航
Project Researcher Weihang ZHOU

* 極限環境物性研究部門と併任 / concurrent with Division of Physics in Extreme Conditions



世界最大のフライホイール付き直流発電機の外観写真。回転の運動としてエネルギーを蓄積することが出来、最大 460rpm で回転させた時に取り出せるエネルギーが 210MJ である。最大出力は 51.3MW にも達し、その内訳は最大電圧が 2.7kV、最大電流が 19kA となっている。この発電機を用いることで、パルス幅が約 1 秒間となる 60T の磁場を発生する計画である。

A picture of the largest flywheel DC generator. This generator can supply the maximum energy of 210 MJ at the rotation speed of 460 rpm. The maximum output is 51.3 MW, which allows us the maximum voltage of 2.7 kV and the maximum current of 19 kA. A 60 T class long pulsed field with duration of about 1 sec. is planned by use of this generator.

嶽山研究室

Takeyama Group



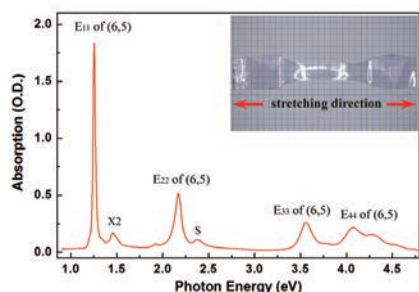
嶽山 正二郎
Shojiro TAKEYAMA
教授
Professor



中村 大輔
Daisuke NAKAMURA
助教
Research Associate

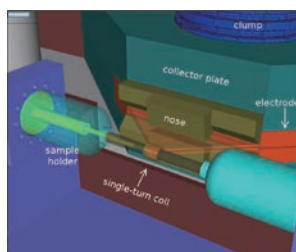
100テスラ以上の超強磁場発生技術開発とそのような極限環境下で発現する物性の探索的研究を行っている。磁場の発生方法として、電磁エネルギーを利用して磁束濃縮を行う「電磁濃縮法」と一巻き銅コイルに高速大電流を投入して超強磁場を発生する「一巻きコイル法」を採用している。「電磁濃縮法」では、すでに室内世界最高磁場発生730テスラを実現しているが、更に高い磁場発生とより精度と信頼度を高めた物性計測を目指した研究開発を進めている。「一巻きコイル法」では、発生磁場の方向により、横および縦型をそれぞれ有し、横型は主にレーザーを用いた磁気光学測定に、縦型では極低温容器と組み合わせた低温磁化測定、光ファイバーを利用した磁気光学測定に用いている。「一巻きコイル法」では再現性と高い測定精度が得られ、およそ300テスラまで物性実験を行っている。当研究室では、このような超強磁場量子極限環境下で、カーボンナノチューブ、グラフェンや半導体ナノ構造での超強磁場磁気光学に電子状態の解明、超伝導体の臨界磁場、フラストレート量子スピン磁性体などの超強磁場磁化過程の解明などを進めている。

We are engaged in development for generating ultra-high magnetic fields above 100 T, and pursue the solid-state science realized under such an extreme condition. We employ two methods for the ultra-high magnetic field generation, one is the electro-magnetic flux compression (EMFC) and the other is the single-turn coil (STC) method. We have established a new type of coil for the EMFC, and currently the maximum magnetic field is 730 T. This value is the highest achieved thus far in an indoor setting in the world. Further development is underway for achieving much higher fields, more precise and reliable measurements for the solid-state physics. The horizontal and vertical (H- and V-) STCs are used for more precise measurements up to 300 T, respectively, in accordance with their magnetic field axes. The H-STC is mainly used for magneto-optical measurements by use of laser optics, whilst the V-STC is more suitable for the study of low-temperature magnetization in a cryogenic bath. We are conducting the studies on magneto-optics of carbon nano-materials or of semiconductor nano-structures as well as on the critical magnetic fields in superconducting materials and on the high-field magnetization processes of the magnetic materials with highly frustrated quantum spin systems.



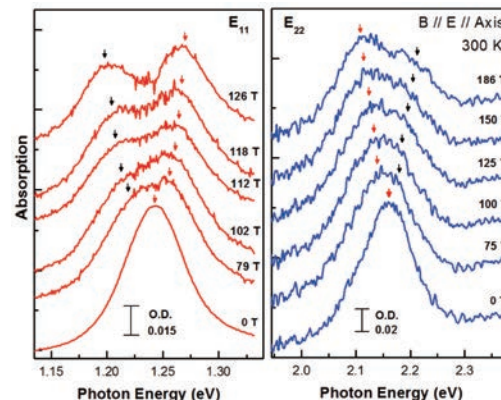
「多重カラムクロマトグラフィー法」でカイラリティ(6,5)のみに分離選別された単一カイラリティ単層カーボンナノチューブの光吸収スペクトル。挿絵：高い配向率を達成した延伸配向ポリマー膜。

Optical absorption spectra of single-wall carbon nanotubes of the (6,5) chirality specifically selected by means of "single-surfactant multicolumn gel chromatography method". The inset is a photo of the SWNT/PVA film with high degree of SWNT alignment.



超強磁場磁気光学測定に用いた横型一巻きコイル超強磁場発生装置。6 μ s のパルス時間幅で300 Tまでの超強磁場発生が可能。

Sketch of the horizontal type single-turn coil ultra-high magnetic field generation system, capable of generating 300 T with a pulse form of 6 μ s.



同一試料を用いて、第1サブバンド間遷移(E_{11})及び第2サブバンド間遷移(E_{22})でのゼロフォノン励起子線の磁気光学スペクトルに見られるアハラノフ・ボーム分裂の様子を190 T近くまで明確にとらえた。これによりバンド端での明励起子と暗励起子のエネルギー準位が第1、2サブバンドでは逆転していることが実証された。

The effect of a peculiar excitonic structure was found to manifest itself in distinctive Aharonov-Bohm splitting in ultrahigh magnetic fields up to 190 T. The zero-momentum dark singlet exciton lies below the bright exciton for the first subband transitions E_{11} , while for the second subband transitions E_{22} , the relative ordering was found to be opposite.

研究テーマ Research Subjects

- 破壊型超強磁場発生と物性計測技術開発
Technical developments for destructive ultra-high magnetic field magnets and for solid-state physics measurements
- 超強磁場磁気光学効果
Magneto-optics in ultra-high magnetic fields
- 超強磁場磁化過程、超伝導体の臨界磁場
Magnetization processes of magnetic materials and the critical magnetic field in superconducting materials in ultra-high magnetic fields

金道研究室

Kindo Group



金道 浩一
Koichi KINDO
教授
Professor



近藤 晃弘
Akihiro KONDO
助教
Research Associate



小濱 芳允
Yoshimitsu KOHAMA
特任助教
Project Research Associate

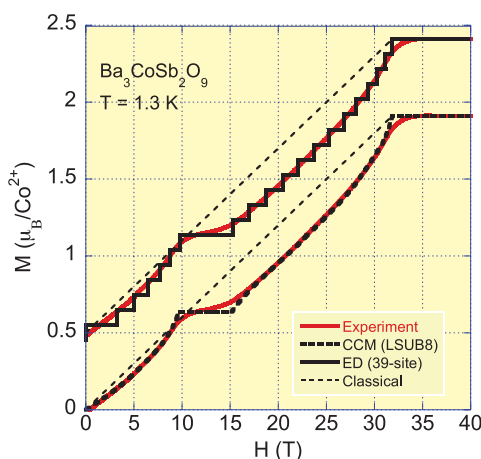
当施設に設置されたコンデンサー電源およびフライホイール付き直流発電機を用いて、非破壊で強磁場を発生し、その磁場下で精密な物性測定を行う。様々な用途に応じて、特殊なマグネットの開発を行っており、現在、ユーザーが利用可能な磁場条件は以下の二種類である。

- ① ショートパルスマグネット：パルス幅 5 ミリ秒、
最大磁場 75 テスラ
- ② ミッドパルスマグネット：パルス幅 30 ミリ秒、
最大磁場 65 テスラ

ショートパルスマグネットは主に絶縁体の磁化測定などに用いられ、ミッドパルスマグネットは金属的な試料の測定に用いられている。当研究室で製作されたマグネットは非破壊パルス強磁場（単パルス）の世界記録を更新しており、現在も 100 テスラの発生を目指した開発を行っている。平成 20 年 5 月より世界最大のフライホイール付き直流発電機の運転が始まり、これを電源として用いることでパルス幅が 1 ～ 10 秒の磁場発生が可能となる。これまで時間の制約で不可能と考えられていた測定にも強磁場を提供することができ、より精密な物性測定に向けてのロングパルスマグネットの開発も進行中である。

三角格子反強磁性体 $\text{Ba}_3\text{CoSb}_2\text{O}_9$ の磁化過程。量子効果による磁化プラトーを初めて実験的に観測した。

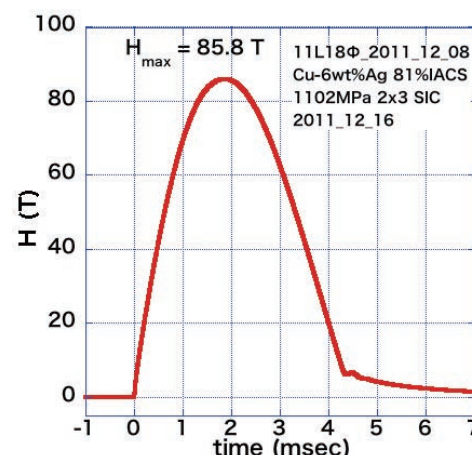
Magnetization process in triangular-lattice Heisenberg antiferromagnet $\text{Ba}_3\text{CoSb}_2\text{O}_9$. This is the first observation of the magnetization plateau due to quantum effect.



We carry out precise measurements under non-destructive pulsed high magnetic fields that are generated by capacitor banks and flywheel DC generator installed at the facility. Various magnets have been developed at user's requests. Up to now, available field conditions for users are as follows.

1. Short pulse magnet: Pulse duration 5 ms,
maximum field 75 T
2. Mid pulse magnet: Pulse duration 30 ms,
maximum field 65 T

Short pulse magnet is used mainly for magnetization measurements on insulating materials and Mid pulse magnet is used for various measurements on metallic materials. Our magnet has been breaking the world record of non-destructive mono-coil field and we continue to develop a new magnet aiming at the new world record of 100 T. We have installed the flywheel DC generator on May 2008. The generator enables us to generate longer pulsed field with the duration of 1-10 seconds. The Long pulsed fields can provide much better conditions for precise measurements that had been thought to be difficult before.



ショートパルスマグネットの磁場波形。非破壊単パルスでの 85T は世界最高記録。このマグネットを 75T の測定用としてユーザーに提供している。

Time dependence of magnetic field for Short pulse magnet. The maximum field of 85T is the highest record for mono-coil field. This magnet is used for the 75T-measurements as a user's coil.

研究テーマ Research Subjects

1. 量子スピン系物質の磁性研究
Study on magnetism of quantum spin systems
2. 強相関伝導物質の磁性と伝導の研究
Study on magnetism and conductivity of strongly correlated electron systems
3. 非破壊 100 テスラマグネットの開発
Development of non-destructive 100 T-magnet
4. 超ロングパルスマグネットの開発
Development of ultra-long pulse magnet

徳永研究室

Tokunaga Group

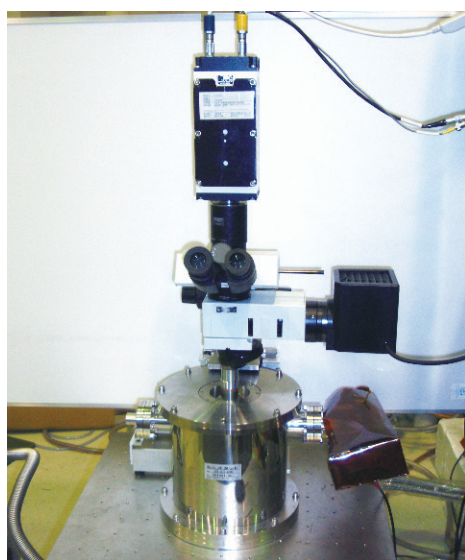


徳永 将史
Masashi TOKUNAGA
准教授
Associate Professor



三宅 厚志
Atsushi MIYAKE
助教
Research Associate

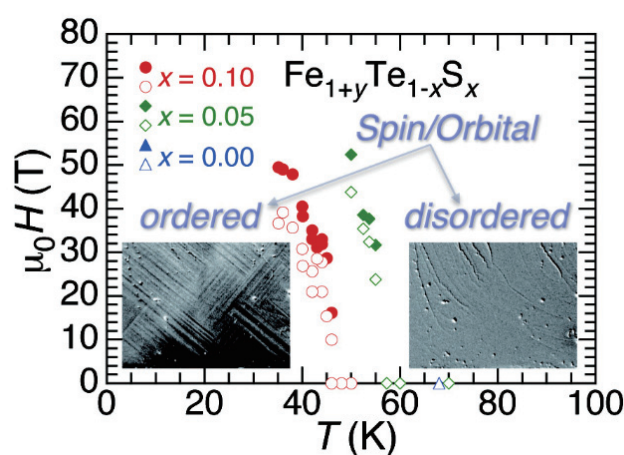
スピン自由度が電荷、軌道、格子の自由度と結合した系に磁場を印加すると磁化以外にも様々な物理量が変化する。我々は世界最高峰の強磁場実験設備を用いて、この交差相関効果で起こる様々な新しい物理現象を研究している。複数の秩序変数が絡み合って変化する物理現象を直接的に解明するため、我々は強磁場下における様々な物理量の瞬間計測手法を開発している。特にパルス磁場中の高速偏光顕微鏡観察システムは世界唯一の装置であり、強磁場下における物質の対称性の変化を検出する手法として威力を発揮している。これらの実験環境を使い、磁性強誘電体における電気磁気効果、鉄系超伝導体母物質におけるスピン軌道秩序の磁場融解、磁性形状記憶合金における負の磁気熱量効果などを研究している。



35Tまでのパルス磁場中で偏光顕微鏡観察が可能な高速イメージングシステム。マグネットと試料はヘリウム冷凍機で冷却して使用する。

The high-speed imaging system that can take polarizing microscope images in pulsed fields up to 35 T. The magnet and the sample are cooled down using the closed-cycle cryocooler.

The crossed-coupling among spin, charge, orbital, and lattice degrees of freedom causes changes in various physical properties in magnetic fields. We study novel physical phenomena in these cross-correlated materials with utilizing the world highest class of pulsed magnetic fields. To capture the essential aspects of the composite phase transitions, we have been developed many experimental probes that can detect the instantaneous changes of various physical properties. In particular, our high-speed polarizing microscope system provides us with unique opportunity to visualize the changes in crystallographic symmetry in pulsed high magnetic fields. With utilizing these special instruments, we are studying on magnetoelectric effects in ferroelectric magnets, field-induced melting of spin/orbital order in a parent compound of the iron-based superconductors, and martensitic transformation in magnetic shape-recovery alloys.



鉄系超伝導体の母物質である $\text{Fe}_{1+y}\text{Te}_{1-x}\text{S}_x$ のスピン軌道相図。挿入図は軌道秩序／無秩序状態の偏光顕微鏡像。

Spin and orbital phase diagram of $\text{Fe}_{1+y}\text{Te}_{1-x}\text{S}_x$, which is a parent compound of the iron-based superconductors. The insets show polarizing microscope images in the orbital-ordered/disordered phases.

研究テーマ Research Subjects

1. マルチフェロイック物質の磁場誘起相転移
Field-induced transitions in multiferroic materials
2. 高温超伝導体の強磁場物性
High-field studies on high temperature superconductors
3. パルス強磁場下における高速偏光顕微鏡観察
High-speed polarizing microscope imaging in pulsed-high magnetic fields
4. 磁性形状記憶合金の磁場誘起相転移
Field-induced transitions in magnetic shape-memory alloys

松田康弘研究室

Y. Matsuda Group

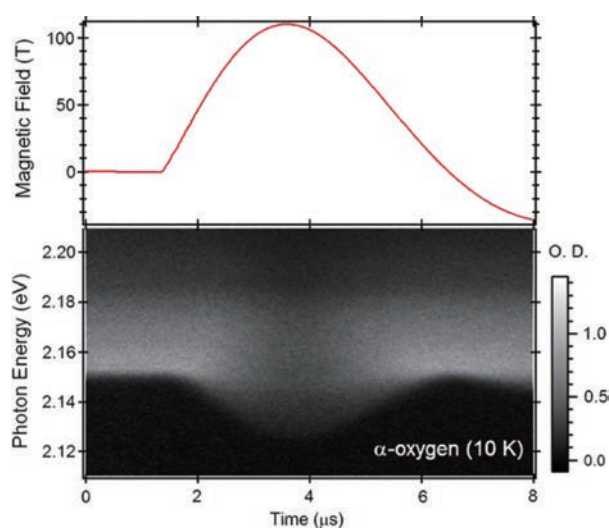


松田 康弘
Yasuhiro MATSUDA
准教授
Associate Professor



池田 暁彦
Akihiko IKEDA
助教
Research Associate

本研究室では嶽山研究室と連携し、磁場誘起相転移やクロスオーバー現象を中心に、100 テスラを超える超強磁場領域での固体の電子・磁気物性の研究を行っている。物性研究所の電磁濃縮法は 700 テスラ級の超強磁場発生が可能であり、その際のゼーマンエネルギーは温度換算で室温を遙かに超えるため、多くの物質で顕著な磁場効果が期待できる。具体的には、(1) 固体酸素の磁場誘起相転移の探索、(2) 磁場誘起絶縁体 - 金属転移、(3) 低次元量子スピン系の強磁場磁化過程、(4) 重い電子系の磁場中電子状態、などの研究を行っている。また、SPring-8 や KEK-PF において非破壊型 50 テスラ級パルス強磁場を用いた X 線吸収分光や X 線磁気円二色性分光の研究もっており、そこからは微視的な視点から磁場誘起現象の理解が得られると期待できる。

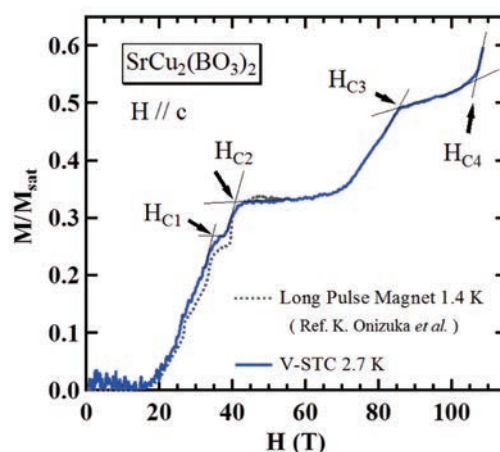


固体酸素 α 相の磁気光吸収スペクトル。上図は磁場波形。

Magneto-optical absorption spectra in solid oxygen α phase.

We have been studying the electronic and magnetic properties of the matter in ultra-high magnetic fields exceeding 100 T in collaboration with Takeyama Group. Magnetic-field-induced phase transitions and cross over phenomena in strongly correlated systems are the main subjects.

Magnetic field can precisely control the electronic states through the Zeeman effect and Landau quantization. In ISSP, a 700-Tesla magnetic field is generated by the electro-magnetic flux compression method. Since the Zeeman energy in such a high field is larger than the energy corresponding to a room temperature, a significant field effect is expected. Specifically, the following subjects are studied: (1) Quest of magnetic field-induced phase transitions of solid oxygen, (2) Magnetic field-induced insulator-metal transition, (3) Magnetization process of quantum spin systems, and (4) Electronic states of heavy fermions in high magnetic fields. We also carry out the X-ray magneto-spectroscopy in pulsed high magnetic fields using synchrotron X-rays at the SPring-8 and KEK-PF. Element- and shell-selective X-ray magneto-spectroscopy is expected to uncover microscopic mechanisms of the magnetic-field-induced phenomena.



2次元直交ダイマー系 $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ の超強磁場磁化過程

Ultra-high magnetic field magnetization process in a 2D orthogonal spin dimer system $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$.

研究テーマ Research Subjects

1. 固体酸素の磁場誘起相転移の探索
Quest of magnetic field-induced phase transitions of solid oxygen
2. 磁場誘起絶縁体 - 金属転移
Magnetic field-induced insulator-metal transition
3. 低次元量子スピン系の強磁場磁化過程
Magnetization process of quantum spin systems
4. 重い電子系の磁場中電子状態
Electronic states of heavy fermions in high magnetic fields

計算物質科学研究センター

Center of Computational Materials Science

京コンピュータに代表される近年のコンピュータハードウェアの発展にともなう、大規模数値計算による物質科学へのアプローチが盛んである。コンピュータを利用した精密な物性予測によって、磁性体・超伝導・超流動における量子臨界現象など物性物理学の基礎的な問題から、半導体デバイス設計や燃料電池における電極反応など近い将来産業応用に結びつくことが期待される応用問題に至るまで、広い範囲において重要な成果が挙げられている。近年のハードウェアの多階層化・並列化により、プログラマには多くのコアに効果的に計算を分業させる工夫が必要であり、このことが計算物質科学研究における挑戦課題となっている。本センターでは、「京」や、物性研究所共同利用スパコンを始めとする様々な計算資源を活用して、この課題に組織的に取り組んでいる。そのために、計算物質科学コミュニティの組織である計算物質科学イニシアティブ (CMSI) の活動を支援し、コミュニティソフトウェア開発・普及のためのサイト MateriApps の開発・運用を開始した。また、こうした大規模並列計算を希少元素の代替や有効活用という社会的問題解決へとつなげる試みも開始された。

As symbolized by the K-computer, massively parallel computation is actively used for solving problems in materials science in recent years. In fact, computer-aided science has been providing answers to many problems ranging from the most fundamental ones, such as critical phenomena in quantum magnets, superconductors, and superfluids, to the ones with direct industrial applications, such as semiconductor devices and electrode chemical reactions in batteries. Due to the recent hardware trends, it is now crucial to develop a method for breaking up our computational task and distribute it to many computing units. In order to solve this problem in an organized way, we coordinate the use of the computational resources available to our community, including "K-computer" and ISSP supercomputers. We also support the activities of CMSI, an organization of the materials science community. In particular, we operate the web site, MateriApps, which offers easy access to various existing codes in materials science as well as cooperative code-development environments. In addition, we have started to find ways to lead activities in fundamental science study to solutions to problems with more direct social impacts such as substitutions of rare elements.

教授*	高田 康民
Professor	Yasutami TAKADA
教授(副センター長)**	川島 直輝
Professor (Deputy Director)	Naoki KAWASHIMA
教授(センター長)***	常行 真司
Professor (Director)	Shinji TSUNEYUKI
特任教授	藤堂 真治
Project Professor	Synge TODO
特任教授	赤井 久純
Project Professor	Hisazumi AKAI
准教授*	杉野 修
Associate Professor	Osamu SUGINO
准教授**	野口 博司
Associate Professor	Hiroshi NOGUCHI

助教**	芝 隼人
Research Associate	Hayato SHIBA
助教*	野口 良史
Research Associate	Yoshifumi NOGUCHI
助教**	渡辺 宙志
Research Associate	Hiroshi WATANABE
助教**	森田 悟史
Research Associate	Satoshi MORITA
助教**	笠松 秀輔
Research Associate	Shusuke KASAMATSU
学術支援専門職員	古宇田 光
Technical Associate	Hikaru KOUTA
学術支援専門職員	三浦 淳子
Technical Associate	Atsuko MIURA
学術支援専門職員	早川 雅代
Technical Associate	Masayo HAYAKAWA

特任研究員	大久保 毅
Project Researcher	Tsuyoshi OKUBO
特任研究員	郭 志新
Project Researcher	Zhixin GUO
特任研究員	河野 貴久
Project Researcher	Takahisa KOUNO
特任研究員	坂下 達哉
Project Researcher	Tatsuya SAKASHITA
特任研究員	正木 晶子
Project Researcher	Akiko MASAKI
特任研究員	趙 滙海
Project Researcher	Hui-Hai ZHAO
特任研究員	吉澤 香奈子
Project Researcher	Kanako YOSHIZAWA
特任研究員	五十嵐 亮
Project Researcher	Ryo IGARASHI
特任研究員	ボネット ニセフォル アーサー フランソワ
Project Researcher	Nicephore Arthur Francois BONNET
特任研究員	チュオン ヴィン チュオン ブイ
Project Researcher	Duy TRUONG VINH TRUONG

* 物理理論研究部門と併任 / concurrent with Division of Condensed Matter Theory

** 物質設計評価施設と併任 / concurrent with Materials Design and Characterization Laboratory

*** 理学系研究科物理学専攻と兼任 / concurrent with Physics Department, Graduate School of Science

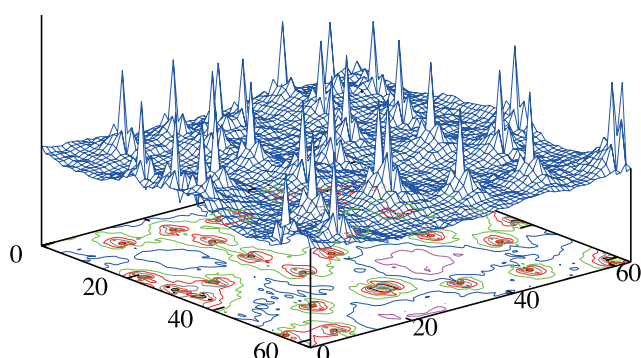
藤堂研究室

Todo Group



藤堂 眞治
Syngé TODO
特任教授
Project Professor

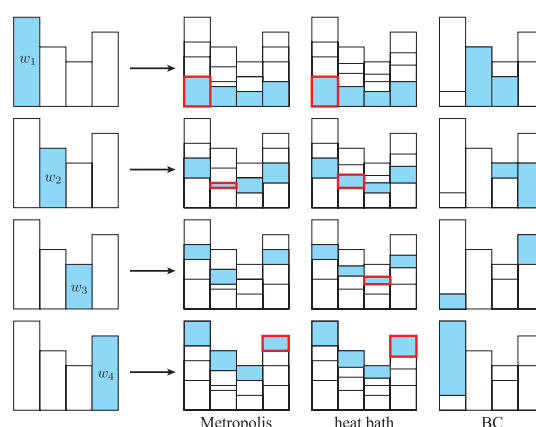
量子モンテカルロ法などの計算物理学の手法を用いて、量子スピン系などに見られる新奇な秩序状態と量子相転移現象を研究している。量子ゆらぎの効果は、細い棒状や薄い膜状の磁性体、ナノ微粒子などにおいて特に顕著である。そこでは、物質の形状効果が特に強く、量子ゆらぎによりスピン同士が共鳴し、互いに揃うことのできない状態が実現する。この「スピン液体」は、非磁性不純物を混ぜると、逆に長距離磁気秩序が出現するなど、通常の磁性体とは極めて異なった特性を示す。我々は、大規模シミュレーションにより、量子ゆらぎと乱れの競合・共存により生じる物性現象の研究を行っている。また、京コンピュータをはじめとする最先端のコンピュータの能力を十分に発揮する計算手法の研究や、オープンソースソフトウェアの開発にも力を注いでいる。



不純物誘起相転移の量子モンテカルロシミュレーション結果。サイト希釈により誘起された磁気モーメントの空間分布を示す。

The results of quantum Monte Carlo simulation of impurity-induced phase transition. Spatial distribution of magnetic moments induced by site dilution is shown.

We study novel order states and quantum-phase-transitions, which are looked at the quantum spin system etc., by using the technique of computational physics, such as the quantum Monte Carlo method. The effect of quantum fluctuations is pronounced especially in line-shaped or thin-film magnets, nano particles, etc. There, the geometric effect of substance can be quite strong, and thus spins resonate by quantum fluctuations, and cannot align with each other. When nonmagnetic impurities are introduced into this “spin liquid” state, it shows the extremely different behavior; magnetic long-range order is often induced contrary to the usual magnets. By using the large-scale computer simulation, we study such phenomena elicited by competition and coexistence of quantum fluctuations and disorder. We also study the simulation algorithms, which fully demonstrate the capability of the latest supercomputers including the K-computer, and develop open source software.



マルコフ連鎖モンテカルロ法における幾何学的カーネル構成法。我々の新しい方法 (BC) では棄却率 (赤) が完全に零となっている。

The geometric construction of transition kernel in Markov-chain Monte Carlo. In our new algorithm (BC), the rejection rate (red boxes) is eliminated completely.

研究テーマ Research Subjects

1. 低次元量子スピン系における量子液体状態
Quantum liquid state in low-dimensional quantum spin systems
2. 次元性、量子ゆらぎ、乱雑さの競合による新奇な量子相
Novel quantum phases created by competition of dimensionality, quantum fluctuations, and disorder
3. 新たなシミュレーション手法の開発
Development of new simulation algorithms
4. シミュレーションソフトウェアの高並列化とライブラリ開発
Parallelization of simulation software and development of libraries

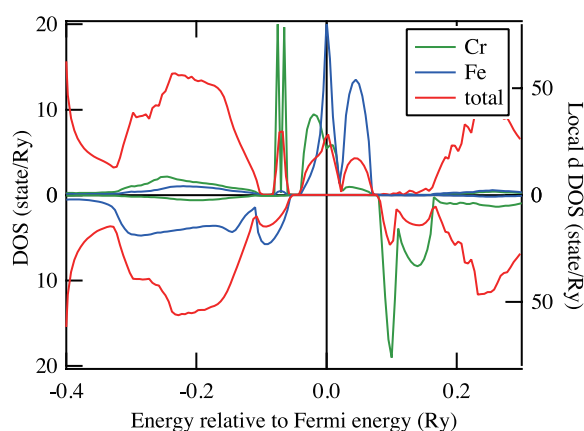
赤井研究室

Akai Group



赤井 久純
Hisazumi AKAI
特任教授
Project Professor

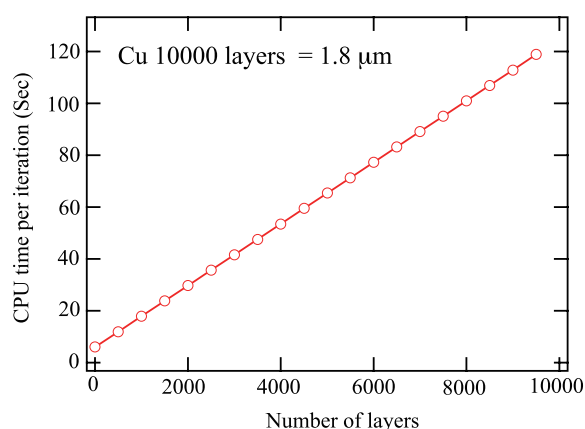
計算機マテリアルデザインは量子シミュレーションの逆問題に相当する量子デザイン（量子力学に基づいて、与えられた物性や機能を有する物資・構造を推論すること）によって実行される。このよう問題を解く事は一般に困難であるが、量子デザインの場合、量子シミュレーションを繰り返し、物性発現の機構を計算機実験によって明らかにすることによって解くことができる。計算機マテリアルデザインによる、金属、半導体、金属間化合物をおよびそれらのナノ構造を用いた高機能材料の理論的開発を研究テーマとしている。特に、高性能永久磁石を創成が重要な課題の一つである。このような量子デザイン、量子シミュレーションにおいては手法の開発も重要な研究課題であり、高精度第一原理計算手法の開発とともに、KKR グリーン関数法に基づいた第一原理非平衡グリーン関数法の開発、オーダー N 計算を実現する遮蔽 KKR 法の開発等を推進している。



ZnS に Cr と Fe を固溶させると磁化がゼロであるにもかかわらずハーフメタルになるという特別な磁気状態が実現する。CMD によってデザインされたが、このほかにも CrFeS₂ 等の多くの金属間化合物系で出現が予想されている。

ZnS doped with Cr and Fe

Our main objective is to theoretically produce new functionality materials by means of computational materials design (CMD). In particular, the development of new high-performance permanent magnets is one of our main targets. CMD aims at to design materials and/or structures on the basis of quantum mechanics. This corresponds to the inverse problem of quantum simulation. In general, solving such a problem is very difficult, but in the case of CMD we can solve this by making use of the knowledge, which is obtained through quantum simulations, about underlying mechanisms that realize a specific feature of materials. In this regards, the developments of new methods of quantum simulation are also our very important subjects. Among them are developments of methods of accurate first-principles electronic structure calculations in general, first-principles non-equilibrium Green's function method, screened KKR-method that realizes exact order-N calculation for huge systems, and the methods beyond LDA.



遮蔽 KKR 法による銅薄膜の第一原理電子状態計算に要する CPU 時間（シングルプロセッサ）と膜数関係。オーダー N が実現されていることがわかる。

The relation between CPU time (single processor) and the layer number of a Cu thin layer calculated by the screened-KKR method. Order-N performance is realized.

研究テーマ Research Subjects

1. 第一原理電子状態計算
First-principles electronic structure calculation
2. 計算機マテリアルデザイン
Computational materials design (CMD)
3. KKR グリーン関数法とその応用
KKR Green's function method and its applications
4. 磁性と永久磁石の開発
Magnetism and development of new permanent magnets

極限コヒーレント光科学研究センター

Laser and Synchrotron Research Center



極限コヒーレント光科学研究(LASOR) センターでは、超精密レーザーや極短パルス、大強度レーザーなどの極限的なレーザーを開発すると共に、シンクロトロン放射光を用いた先端の軟 X 線ビームラインを開発している。テラヘルツから真空紫外線、軟 X 線までの広いエネルギー範囲の極限的な光源を用いて、超高分解能光電子分光、時間分解分光、スピン偏極分光、顕微分光、回折や光散乱、イメージング、発光分光などの新しい最先端分光計測を開発している。一方、これらの極限的な光源や分光手法を用いて半導体、強相関物質、有機物質、生体物質、表面、界面などの幅広い物性研究とその共同利用を行っている。LASOR センターは、先端的な光科学とそれを用いた物質科学との共同研究、共同利用を目指す総合的なセンターである。柏キャンパスにおいては、大規模なクリーンルームと除振床を設置した先端分光実験棟(D 棟) 及び、真空紫外・軟 X 線レーザーの物性研究利用を主目的とした極限光科学棟(E 棟)を有し、光源開発とそれを用いた物性研究を行っている。兵庫県にある SPring-8 においてはシンクロトロン放射光を用いたビームライン BL07 において軟 X 線分光の研究を行っている。

Laser and Synchrotron Research (LASOR) Center develops new lasers with extreme performance of ultra-precise, high intensity and ultra-short pulse lasers. The cutting edge soft X-ray beamline is also developed using synchrotron radiation. LASOR center is responsible for the advanced spectroscopy, such as ultra-high resolution photoemission, time-resolved, spin-resolved spectroscopy, diffraction, light scattering, imaging, microscopy and fluorescence spectroscopy, by new coherent light sources based on laser and synchrotron technology over a wide spectrum range from X-ray to terahertz. In LASOR center, a variety of materials sciences for semiconductors, strongly-correlated materials, molecular materials, surface and interfaces, and bio-materials are studied using advanced light sources and advanced spectroscopy. The aim of LASOR center is synthetic science for photon sciences and collaborations with materials science. Most of the research activities on the development of new lasers with an extreme performance and the application to material science are studied in specially designed buildings D and E with large clean rooms and the isolated floor in Kashiwa Campus. On the other hand, the experiments utilizing the synchrotron radiation are performed at beamline BL07 in SPring-8 (Hyogo).

教授 Professor	末元 徹 Tohru SUEMOTO	助教 Research Associate	藤澤 正美 Masami FUJISAWA	技術専門員 Technical Associate	福島 昭子 Akiko FUKUSHIMA	特任研究員 Project Researcher	近藤 猛 Takeshi KONDO
教授(センター長) Professor (Director)	辛 埴 Shik SHIN	助教 Research Associate	高木 宏之 Hiroyuki TAKAKI	技術専門職員 Technical Associate	金井 輝人 Teruto KANAI	特任研究員 Project Researcher	谷内 敏之 Toshiyuki TANIUCHI
教授 Professor	高橋 敏男 Toshio TAKAHASHI	助教 Research Associate	山本 達 Susumu YAMAMOTO	技術専門職員 Technical Associate	澁谷 孝 Takashi SHIBUYA	特任研究員 Project Researcher	陳 少強 Shaoqiang CHEN
教授(副センター長)* Professor (Deputy Director)	小森 文夫 Fumio KOMORI	助教 Research Associate	矢治 光一郎 Kohichiro YAJI	技術専門職員 Technical Associate	篠江 憲治 Kenji SHINOE	特任研究員 Project Researcher	丹羽 秀治 Hideharu NIWA
准教授 Associate Professor	秋山 英文 Hidefumi AKIYAMA	助教 Research Associate	白澤 徹郎 Tetsuro SHIRASAWA	技術専門職員 Technical Associate	原沢 あゆみ Ayumi HARASAWA	特任研究員 Project Researcher	吉田 正裕 Masahiro YOSHITA
准教授 Associate Professor	松田 巖 Iwao MATSUDA	助教 Research Associate	望月 敏光 Toshimitsu MOCHIZUKI	技術専門職員 Technical Associate	工藤 博文 Hirofumi KUDO	特任研究員 Project Researcher	吉田 力矢 Rikiya YOSHIDA
准教授 Associate Professor	小林 洋平 Yohei KOBAYASHI	助教 Research Associate	小澤 陽 Akira OZAWA	技術専門職員 Technical Associate	橋本 光博 Mitsuhiro HASHIMOTO	特任研究員 Project Researcher	マラエブ ワリド Walid MALAEB
准教授 Associate Professor	板谷 治郎 Jiro ITATANI	助教 Research Associate	石田 行章 Yukiaki ISHIDA	技術専門職員 Technical Associate	下ヶ橋 秀典 Hidenori SAGEHASHI	特任研究員 Project Researcher	ガイゼラ ヨスト ヘニング Jost Henning GEISELER
准教授 Associate Professor	原田 慈久 Yoshihisa HARADA	助教 Research Associate	石井 順久 Nobuhisa ISHII	技術専門職員 Technical Associate	伊藤 功 Isao ITO	特任研究員 Project Researcher	玄 洪文 Hongwen XUAN
准教授(客員) Visiting Associate Professor	木須 孝幸 Takayuki KISS	助教 Research Associate	宮脇 淳 Jun MIYAWAKI	特任研究員 Project Researcher	北野 健太 Kenta KITANO	特任研究員 Project Researcher	趙 智剛 Zhigang ZHAO
准教授(客員) Visiting Associate Professor	朝倉 大輔 Daisuke ASAKURA	特任助教 Project Research Associate	渡邊 浩 Hiroshi WATANABE	特任研究員 Project Researcher	金 昌秀 Changsu KIM	特任研究員 Project Researcher	シルバ アリサ Alissa SILVA
				特任研究員 Project Researcher	小泉 健二 Kenji KOIZUMI	特任研究員 Project Researcher	樋山 みやび Miyabi HIYAMA

* ナノスケール物性研究部門と併任 /concurrent with Division of Nanoscale Science

末元研究室

Suemoto Group



末元 徹
Tohru SUEMOTO
教授
Professor



渡邊 浩
Hiroshi WATANABE
特任助教
Project Research Associate

パルスレーザー光源を用いた分光法は、固体における非常に高速の現象を研究するために必須である。可視から近赤外領域で発展した超高速技術は、赤外やテラヘルツの長波長領域、紫外や軟 X 線といった短波長領域へと拡張が進んでいる。当研究室では、テラヘルツから軟 X 線にいたる波長領域で各種の短パルス光源を使い、無機酸化物、有機錯体から生体分子にいたる幅広い物質群において、励起状態およびそのダイナミクスを研究している。この目的を達成するために、主な手法として可視赤外領域における過渡吸収・反射分光、フェムト秒時間分解発光分光、テラヘルツ波時間領域分光、時間分解軟 X 線干渉計測などを開発し用いている。

現在、電子格子緩和、磁気秩序、光誘起相転移など興味ある現象をダイナミクスの視点から研究している。和周波ゲートによる発光の時間分解により、原子の波束形状の時間発展、分裂現象などを超高速で追跡している。また、テラヘルツ電磁波をプローブとして用いたポンプ・プローブ時間分解分光法の開発を進め、光誘起現象やスピン共鳴のダイナミクスの研究を行っている。

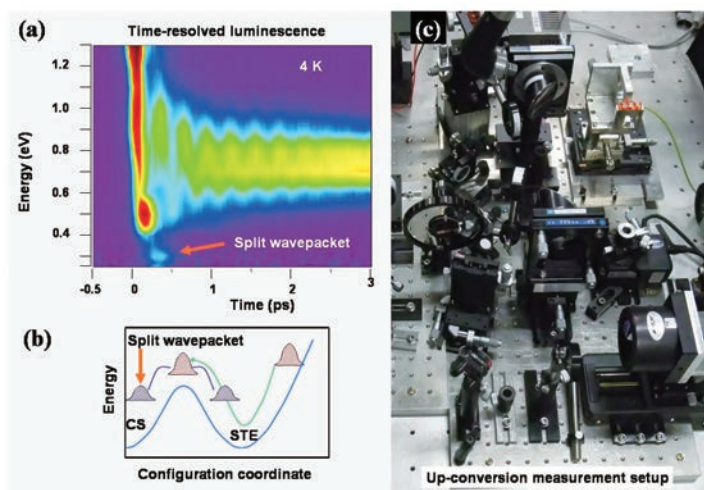
Optical methods based on pulsed lasers are indispensable for investigation of ultrafast phenomena in solids.

While, the ultrafast technique has been developed mainly in the visible and near infrared region, the spectral range is growing to long wavelength (mid infrared, terahertz) and short wavelength (EUV, soft X-ray), recently. Our group is engaged in investigation of excited states and their dynamics in various materials i.e., inorganic oxides, organic complexes and bio-molecules, taking full advantage of the pulsed light sources from THz to soft X-ray region.

For this purpose, we developed transient absorption/reflection spectroscopy in visible and infrared regions, femtosecond luminescence spectroscopy, terahertz time-domain spectroscopy, and soft-X-ray time-resolved interferometry.

Our main interest is the dynamics of electron-lattice relaxation, magnetic ordering, and photoinduced phase transitions.

Wavepacket dynamics of the atoms in solids is investigated by luminescence up-conversion method and the time development of the wavepacket shape and splitting phenomena are observed. Terahertz pump-and-probe method is developed and applied to photoinduced phase transitions and spin related phenomena to study their dynamical behavior.



(a) 擬 1 次元白金錯体 (Pt-Br 系) における自己束縛励起子発光の時間応答から得られた波束のムービー。縦軸 (エネルギー) は原子の変位に相当しており、波束が減衰振動を行うと同時に 300fs 付近で分裂している様子がわかる (赤矢印)。(b) 断熱ポテンシャル面上での波束運動。右上から出発した波束がポテンシャル障壁の頂上で 2 方向に分裂する。(c) フェムト秒時間分解発光測定装置の中心部分。

(a) Movie of the wavepacket taken for the self-trapped excitons in quasi-one-dimensional Pt complex (Pt-Br) by means of time-resolved luminescence. Ordinate (energy) corresponds to the deviation of the atoms from the equilibrium position. The damped oscillation and a splitting of the wave-packet at 300 fs are clearly seen.

(b) Wave-packet motion on an adiabatic potential energy surface. The wave-packet proceeds to the left and splits on top of the potential energy barrier. (c) The central part of the femtosecond luminescence measurement optics.

研究テーマ Research Subjects

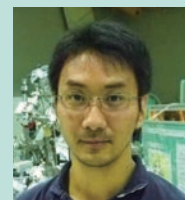
1. 超高速発光分光による波束運動の実時間観測とアトミック・ムービー
Atomic movie based on ultrafast luminescence spectroscopy
2. 時間分解赤外・テラヘルツ分光法による光誘起相転移とスピン秩序のダイナミクス
Dynamics of photoinduced phase transitions and spin ordering by time-resolved infrared and terahertz spectroscopy
3. 軟 X 線干渉計による固体表面形状の時間分解観測
Time-resolved observation of surface morphology by a soft X-ray interferometer

辛研究室

Shin Group



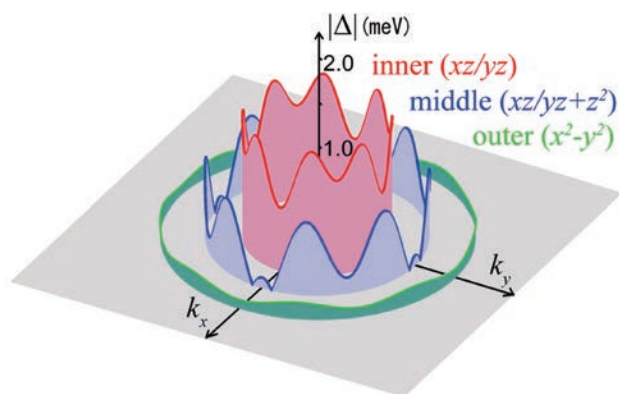
辛 埴
Shik SHIN
教授
Professor



石田 行章
Yukiaki ISHIDA
助教
Research Associate

紫外光から軟 X 線レーザーの特長を利用した光電子分光を開発しながら物性研究を行うことに力を入れている。光電子分光は固体電子が持つエネルギー、運動量、時間、場所、スピンの全ての情報を知ることができる実験方法である。

レーザーの持つ単色性を利用して新たに開発されたレーザー光電子分光は 70 μeV のエネルギー分解能を有し、世界最高である。超伝導体や強相関物質のギャップや擬ギャップ等を観測し、輸送現象に直接関係した電子状態を運動量空間で知ることができる。また、固体中のフォノンやマグノン等の固体中の素励起との結合を知ることできる。一方、レーザーのパルスの時間特性を利用してフェムト秒領域の時間分解光電子分光法を行っている。超伝導体、遷移金属化合物、有機物、半導体などの光誘起現象を研究している。また、レーザーの持つ大強度や微小スポットサイズを利用してナノ構造の電子状態を知る顕微光電子分光を行っている。STM にせまるようなナノメートル領域の空間分解能を目指している。

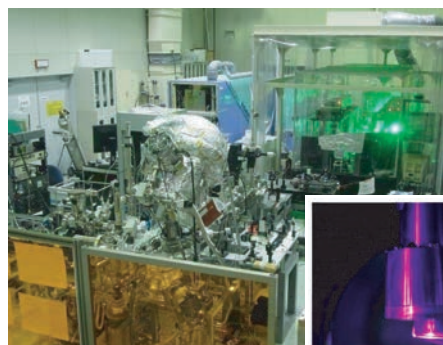


超高分解能レーザー光電子分光法により解明された鉄系超伝導体 KFe_2As_2 の異方的な超伝導ギャップ構造。超伝導転移温度は 3.4 K である。(Okazaki et al., Science (2012))

Anisotropic superconducting gap structure of the iron-pnictide superconductor KFe_2As_2 revealed by ultra-high-resolution laser photoemission spectroscopy. The critical temperature is 3.4 K.

We are investigating the properties of materials through photoemission spectroscopy implemented by lasers in the vacuum-ultraviolet to soft-x-ray region. Photoelectrons carry the complete information of the electrons in solids, namely, their energy, momentum, time, space, and spin.

The photoemission spectrometer utilizing the monochromatic laser achieves the energy resolution of 70 μeV , which is the highest in the world. This enables us to directly observe the superconducting gaps and pseudo-gaps of novel superconductors and strongly-correlated materials, as well as the momentum-resolved electronic structures that are closely related to the transport properties of solids. We can also reveal the electron-phonon or -magnon interactions in solids. We are also performing time-resolved photoemission spectroscopy in order to know the photo-induced phenomena in superconductors, transition metal compounds, organic materials, and semiconductors. Furthermore, we are now developing photoelectron microscope in order to know the nano electronic structure in solids. Our aim is to have the nanometer size microscopy of electronic states.



高次高調波発生を用いた軟 X 線レーザー時間分解光電子分光装置。

Soft-x-ray time-resolved photoemission spectrometer using high-harmonic generation.

研究テーマ Research Subjects

1. 軟 X 線レーザー超高分解能光電子分光による超伝導体、低次元物質、新物質等の電子状態の研究
Ultra-high resolution laser-photoemission study on the superconductors and the low dimensional materials
2. 軟 X 線レーザー時間分解光電子分光による光誘起現象の研究
Time-resolved laser-photoemission study on the photo-induced phenomena
3. 軟 X 線レーザー光電子顕微鏡によるナノ構造の電子状態の研究
Laser photoelectron microscopy on the electronic states of nanomaterials

高橋研究室

Takahashi Group



高橋 敏男
Toshio TAKAHASHI
教授
Professor

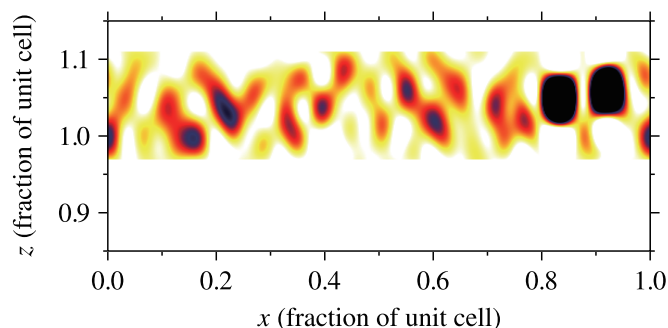


白澤 徹郎
Tetsuroh SHIRASAWA
助教
Research Associate

X線などの回折・散乱の基礎研究とその応用。とくに干渉現象を利用して、結晶の表面や界面の構造、ナノ構造などを解明する方法の開発を行っている。

回折散乱の実験では、観察されるのは散乱波の振幅ではなく強度である。このため、散乱波が本来もっていた位相情報が消えてしまい、一般には観察した散乱強度データから直ちに試料の構造を再構成することは困難である。この回折散乱における位相問題の解決に関連づけて、実験データから直接的に界面原子層をイメージングする方法の開発や、多波回折条件を利用する方法や蛍光X線ホログラフィなどを行っており、これらを擬一次元金属、金属シリサイド界面、有機薄膜などに適応して新しい知見を得ている。

また、表面・界面からのX線散乱強度分布を迅速に測定する新しい実験方法を他研究機関と共同で開発しており、これを用いた表面・界面のダイナミクスの観察を目指している。

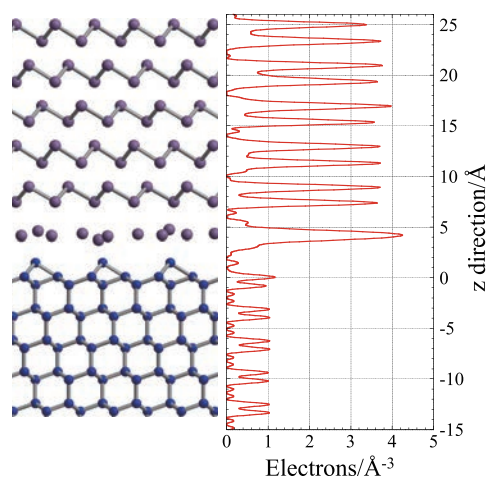


位相回復アルゴリズムを用いて、測定したX線回折強度分布から再構成したSi(553)表面上のAu一次元鎖の電子密度マップ。

Electron density map of the one-dimensional structure of the Au-Si(553) surface, reconstructed from measured X-ray diffraction data by using a phase and amplitude retrieval algorithm.

Fundamental studies on X-ray, neutron, and electron diffraction, in particular intended for the development of new methods to solve the structure of surfaces, interfaces, and nano structures by using interference phenomena. Aiming to solve the phase problem in surface X-ray diffraction, we have developed new methods, such as a direct imaging of interface atoms from measured X-ray diffraction intensities, a characterization of meso-scope range strain field utilizing multiple X-ray diffraction phenomenon, and X-ray fluorescence holography. These methods are applied for such as surface quasi-one dimensional metal, metal silicides, organic films.

A recent topic is the development of a new method for quick measurement of surface X-ray diffraction profile aiming for time-resolved measurements of dynamic phenomena at surface and interface, that is collaborated with other researchers.



測定したX線回折強度から直接的にイメージングしたBi薄膜/Si(111)界面構造。

Bi thinfilm/Si(111) interface structure directly reconstructed from measured x-ray diffraction data.

研究テーマ Research Subjects

1. 回折散乱法を利用した結晶表面・界面構造、ナノ構造の解析
Studies on surfaces, interfaces and nano-structures by diffraction/scattering
2. 表面界面などの構造評価法の開発
Development of new methods to study the surfaces and interfaces
3. X線領域における非線形光学など新しい光学分野の開拓
Optical phenomena such as nonlinear optics in X-ray wavelength region
4. X線回折物理、X線・中性子光学、干渉計
X-ray diffraction physics, X-ray and neutron optics, and X-ray interferometry

秋山研究室

Akiyama Group



秋山 英文
Hidefumi AKIYAMA
准教授
Associate Professor



望月 敏光
Toshimitsu MOCHIZUKI
助教
Research Associate

半導体量子ナノ構造の光物性や、ヘテロ構造・ナノ構造に基づく半導体レーザーや太陽電池のデバイス物理、ホタル生物発光の生物物理などを、レーザー分光・顕微分光・光学計測技術を用いて研究している。

GaAs 量子井戸構造をT型につないだ立体量子構造は、交線部分が1次元量子細線となる。我々は、この方法により世界一細くかつ均一で制御性の高い半導体量子細線を作製し実験を行っている。サイズや形に依存して変化する量子力学的な光学物性のほか、低次元性、電子正孔系多体問題、半導体レーザー物理、結晶成長、物質科学など様々な興味から研究を行っている。また、半導体レーザーを利得スイッチング動作させて短パルス発生限界を調べたり、III-V 族半導体太陽電池の変換効率限界を決める要因を調べたりするデバイス物理の研究も行っている。

光学実験技術として、微細なナノ構造の発光を高感度に検出する技術、絶対量を定量計測する技術、ナノ構造の透過吸収を計測する技術、顕微分光や画像計測の技術、ソリッドイマージョン顕微技術などを開発している。最近は、それらの技術を応用して、ホタルやクラゲやウミホタルの生物発光やルミノール化学発光などの研究を、生物学の専門家や民間会社と共同で進めている。



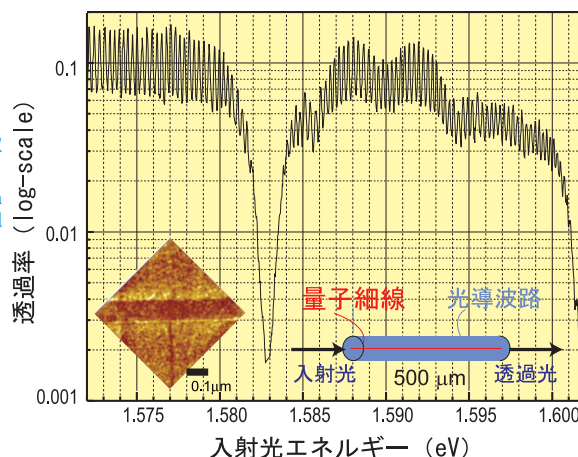
ホタル (有馬温泉、日本) と
ウミホタル (横須賀、日本)。
Firefly (Arima, Japan) and
sea firefly (Yokosuka, Japan).

単一T型量子細線の透過吸収
スペクトル
Transmission/absorption
spectrum of a T-shaped
single quantum wire.

Advanced laser spectroscopy on the basis of lasers and microscopy is developed and applied to semiconductor quantum wires (QWRs) and other nano-structures, in order to understand and control their optical properties quantum mechanically, which vary with their size and shape.

The structures of current interest are T-shaped GaAs quantum wires. We are currently aiming at making the world thinnest and cleanest quantum-wire semiconductor lasers that have superior laser performances such as low threshold currents. Experimental findings and problems there provide us fruitful physics subjects related to 1D physics, many-body physics, lasers, solar cells, crystal growth, material science, and semiconductor device physics and engineering.

For the above studies on small nano-structures, we are developing experimental techniques such as sensitive luminescence detection, absolute luminescence-yield measurements, transmission/absorption measurements of single nano-structures, micro-spectroscopy, imaging, and solid-immersion microscopy. Recently, some of these techniques have been applied to study of bioluminescence of fireflies, jelly fish, and sea fireflies as well as luminol chemiluminescence in collaboration with biologists and industry researchers.



研究テーマ Research Subjects

1. 利得スイッチング半導体レーザーおよび太陽電池のデバイス物理
Device physics of gain-switched semiconductor lasers and solar cells
2. 高品質半導体量子細線および井戸における低次元電子正孔キャリアの多体相関と非平衡性
Many-body interactions and non-equilibrium properties of low-dimensional electron-hole systems in clean semiconductor quantum wires and wells
3. 半導体量子構造およびデバイスの作製、高品質化、構造評価、顕微分光計測、画像計測
Material physics and development of high-quality semiconductor nano-structures via microscopy
4. ホタル・クラゲ・ウミホタルなどの生物発光と生物化学発光計測標準
Bioluminescence of firefly, jelly fish, sea firefly, etc. and bio/chemiluminescence measurement standards

松田巖研究室

I. Matsuda Group



松田 巖
Iwao MATSUDA
准教授
Associate Professor



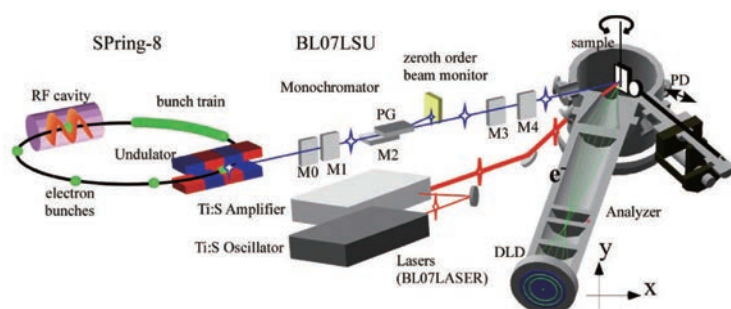
山本 達
Susumu YAMAMOTO
助教
Research Associate

高輝度放射光 (SPring-8 など) や超短パルスレーザーを用いた時間分解真空紫外線 (VUV) ～軟 X 線 (SX) 分光実験の技術開発を行い、これらを用いて表面・界面系を中心に物質のダイナミクス研究を行っている。

触媒反応や起電力発生など、表面・界面系におけるキャリア及び分子の動的変化を研究することは実社会の技術開発にとって重要である。また表面・界面系は物質系そのものが 2 次元であるため低次元電子系の研究場としても貴重であり、低次元特有の現象も豊富に存在する。本研究室では、物質の電子状態、化学状態、スピン状態を直接調べることができる VUV ～ SX 光電子分光や X 線吸収分光の時間分解測定を行う。フェムト秒からミリ秒まで、各時間スケールでの動的変化をリアルタイムで追跡してその詳細を明らかにすると共に、時系列情報をつなぎ合わせて各動的現象の全貌も理解する研究を推進している。

Dynamics in materials, mainly the surface/interface systems, are studied with developing experimental techniques for time-resolved vacuum ultraviolet (VUV) ～soft X-ray (SX) spectroscopy with high brilliance synchrotron radiation (e.g. SPring-8) and ultrashort pulsed- lasers.

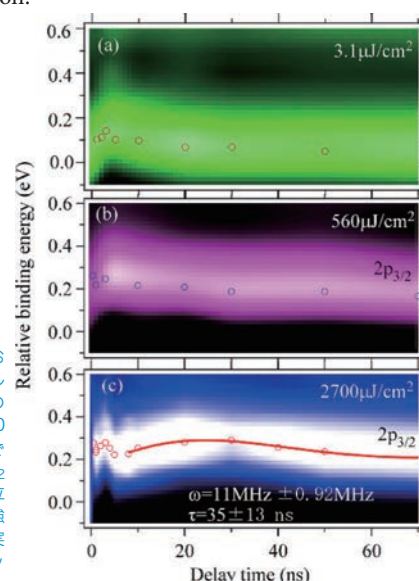
Roles of carrier and molecule dynamics at the surface/interface systems are significant in voltaic effects and catalytic reactions, for examples, that are necessary for our social technology. Moreover, the surface/interface system is intrinsically two-dimensional and it has been a valuable playground for low-dimensional physics. In our laboratory, we carry out time-resolved measurements of photoemission and X-ray absorption spectroscopy to directly probe temporal evolutions of electronic, chemical, and spin states of materials during such dynamical phenomena. We reveal their detailed mechanisms at each time scale, ranging from femtoseconds to milliseconds, and promote understanding of the whole picture by combining the sequential information.



高輝度軟 X 線ビームライン SPring-8 BL07LSU における放射光と超短パルスレーザー (BL07LASER) を組み合わせた時間分解光電子分光実験システムの様子。

Overview of the time-resolved photoemission system at high-brilliant soft X-ray beamline, SPring-8 BL07LSU. Synchrotron radiation pulses, generated at an undulator, pass through a monochromator that is composed of mirrors (M) and a plane-grating (PG). A Ti:Sapphire laser system (BL07LASER) is installed at the beamline.

表面光起電力効果の緩和過程における Si 2p 内殻光電子スペクトルの時間変化。ポンプレーザー光の強度はそれぞれ (a) 3.1, (b) 560 and (c) 2700 $\mu\text{J}/\text{cm}^2/\text{pulse}$ である。縦軸は光励起前の Si 2p_{3/2} 内殻光電子ピークのエネルギー位置を基準にしている。(c) では強光励起により振動が観測され、実験は減衰振動モデルによるフィッティングである。



Time-evolution of the Si 2p spectra during the relaxation of the surface photo-voltage effect, taken at different laser power density per pulse: (a) 3.1, (b) 560 and (c) 2700 $\mu\text{J}/\text{cm}^2/\text{pulse}$, respectively. The vertical axis represents relative binding energy with respect to the Si 2p_{3/2} peak position before the photo-excitation. The solid line in (c) is the result of fitting with the damped oscillation model.

研究テーマ Research Subjects

1. 時間分解軟 X 線分光実験の開発と表面ダイナミクスの研究
Developments of time-resolved soft X-ray spectroscopy and researches on surface dynamics
2. 光電子分光実験による金属および半導体表面・界面の電子状態の研究
Electronic structures of metal and semiconductor surfaces studied by means of photoelectron spectroscopy
3. 超短パルス軟 X 線を用いた時間分解実験の開発と超高速スピンドイナミクスの研究
Development of time-resolved experiments using ultra-short soft X-ray pulses and researches on ultrafast spin dynamics

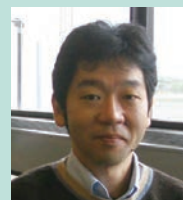
極限コヒーレント光科学研究センター

Laser and Synchrotron Research Center

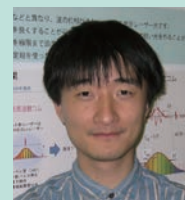
http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/kobayashi_group.html

小林研究室

Kobayashi Group



小林 洋平
Yohei KOBAYASHI
准教授
Associate Professor

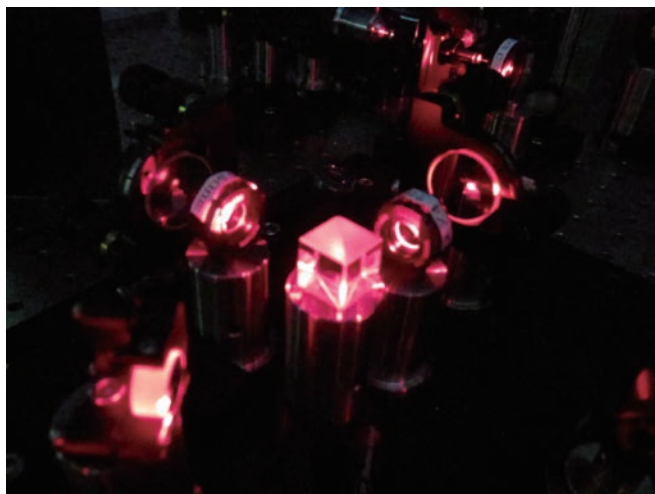


小澤 陽
Akira OZAWA
助教
Research Associate

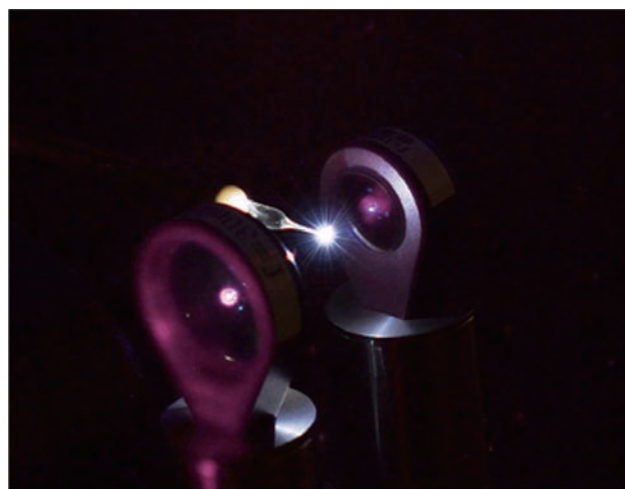
最先端レーザーの研究開発とその応用を行っている。超短パルスと超単色レーザーという、一見両極にある技術を統合した光周波数コムを用いた新しい分光法の研究をしている。光位相が精密に制御された極短パルスレーザーを増幅し、高次の非線形光学効果を高繰り返しで実現することにより、高次高調波によるコヒーレント XUV 光発生およびそれを用いた超精密分光の開拓などを行っている。応用分野としてはレーザー光電子分光、精密・高強度物理、光原子時計用光周波数コム、高強度レーザーや XUV 光周波数コムによる原子分子の精密分光などが対象である。量子エレクトロニクスに限らず非常に広い分野の応用を考えている。

We are studying advanced laser technologies and their applications. Both ultimate technologies of ultrashort pulse generations and ultra narrow-band laser generations were mixed, the optical frequency comb then was born ten years ago. It opened up a new research area such as carrier-envelope-phase dependent phenomena, attosecond physics, and precision spectroscopy by using a femtosecond light source. It also realized the high-repetition and high-intensity physics. It could create wide field of applications in the physics, metrology, medical science, and astronomy.

We are developing an Yb-fiber laser-base optical frequency comb, XUV frequency comb, and high-power fiber chirped pulse amplifier system for these applications. The higher repetition rate of >4GHz laser oscillator is also studied.



Yb ファイバーレーザーをベースとした光周波数コムの装置
Optical frequency comb based on an Yb-fiber laser



高繰り返しレーザーによる希ガスプラズマ
Xe plasma generated by multi-MHz laser system.

研究テーマ Research Subjects

1. 超短パルスレーザーシステムの研究開発及びレーザーの超精密制御
Development and precise control of ultrashort pulse laser system
2. 高繰り返し－高強度物理
High-rep rate, high-field physics
3. 精密分光
Precision spectroscopy

板谷研究室

Itatani Group



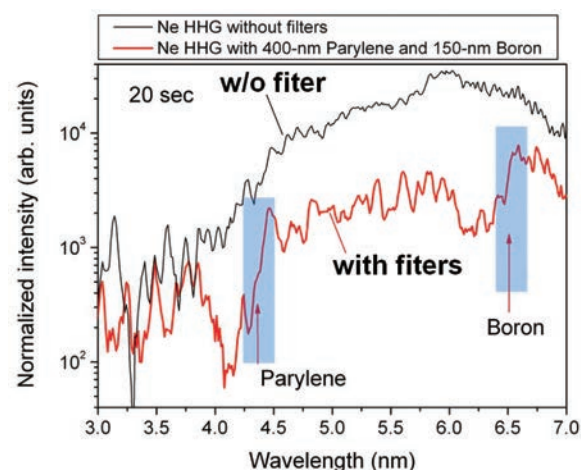
板谷 治郎
Jiro ITATANI
准教授
Associate Professor



石井 順久
Nobuhisa ISHII
助教
Research Associate

アト秒領域の超高速光科学では、位相制御された高強度超短レーザーパルスやアト秒軟 X 線パルスを利用することによって、可視域の超短パルスレーザーでは実現できない極短時間の現象—たとえば、励起状態の物質における多電子ダイナミクスなど—を実験的に観測できる。また、高強度超短パルスレーザーの波長変換により、軟 X 線から赤外・テラヘルツにわたる広い周波数領域において超短パルス光の発生が可能であり、励起状態の物質のダイナミクスを様々な自由度を通して観測することが出来る。

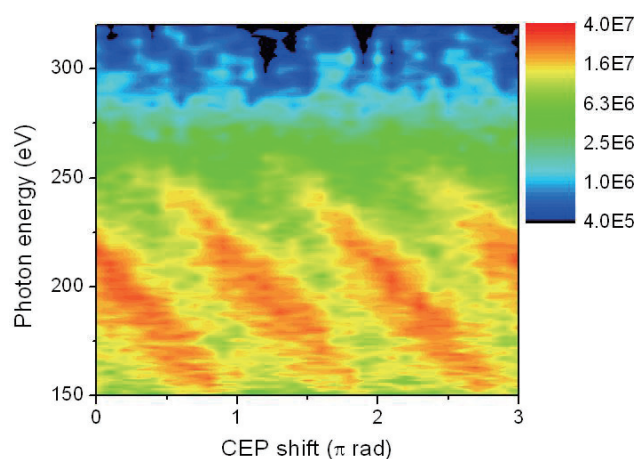
本研究室では、高強度超短パルスレーザーの開発および、アト秒領域の超高速光科学に関する研究を行っている。特に、強レーザー場中の原子や分子で発生する「高次高調波」と呼ばれるコヒーレント短波長光によるアト秒パルス発生、および、アト秒軟 X 線パルスを用いた超高速分光法に関する研究を行っている。また、高強度赤外光やテラヘルツ光による原子分子のコヒーレント制御に関する研究も行っている。



高強度赤外レーザーで発生した高次高調波の「水の窓」領域の軟 X 線スペクトル。
Soft x-ray spectra in the water window produced by an intense IR laser system.

In attosecond optical sciences, we can measure the dynamics of matter on unprecedented time scales with phase-stabilized intense ultrashort laser pulses and attosecond soft-x-ray pulses. One of the main objectives in attosecond sciences is to measure and control the multielectron dynamics of matter in highly excited states. Intense ultrashort-pulse lasers are also useful to produce optical pulses at different wavelength covering from soft x rays to IR and THz. It means that we can probe and control the ultrafast dynamics of matters through various freedoms.

We work on the development of intense ultrashort-pulse lasers, and their applications to attosecond optical sciences. Especially we work on high harmonic generation, aiming to produce attosecond soft x-ray pulses for time-resolved soft-x-ray spectroscopy. We also work on the generation of intense IR and THz pulses and their applications to coherent control of atoms and molecules.



「水の窓」領域の高次高調波の位相制御。
High harmonic spectra in the water window and their dependence to carrier-envelope phase (CEP).

研究テーマ Research Subjects

1. 高強度超短パルスレーザーの開発
Development of intense ultrashort-pulse lasers
2. 高次高調波およびアト秒軟 X 線パルスの発生と分光応用
Generation of attosecond soft x-ray pulses, high harmonic generation, and their applications to ultrafast spectroscopy
3. 高強度レーザーを用いた分子のコヒーレント制御およびイメージング
Coherent control and imaging of molecules using intense laser sources

原田研究室

Harada Group



原田 慈久
Yoshihisa HARADA
准教授
Associate Professor



宮脇 淳
Jun MIYAWAKI
助教
Research Associate

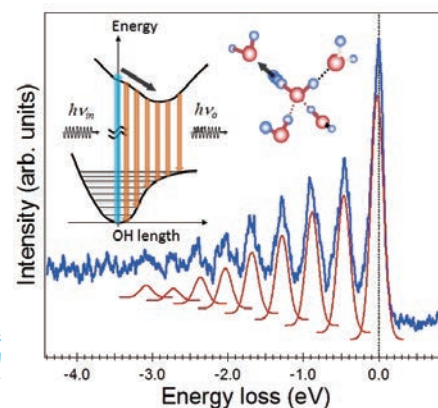
当研究室では、世界最高輝度のX線源である SPring-8 において‘軟X線’と呼ばれる光を用いて新しい分光法を開拓し、物質の電氣的、磁氣的性質、光学応答を司る電子状態をその成因に遡って調べる研究を行っている。特に光散乱の一種である軟X線発光分光の将来性に着目し、モット絶縁体、新規高温超電導体等の強相関物質における素励起（結晶場励起、スピン励起、マグノン励起、電荷密度波励起、軌道波励起など）の直接観測とその成因の研究、水溶性液体、固液界面の電子状態とマイクロ不均一性の観測、電池触媒の表面反応解析、光触媒反応解析のためのその場分析装置の開発、金属タンパク質の電子状態解析など、軟X線発光分光を適用しうる限りの極めて幅広い物質群を研究対象としている。また基礎光学研究として軟X線発光分光の超高エネルギー分解能化と時間分解分光に向けたR&Dを行っている。



当研究室が SPring-8 の東京大学放射光アウトステーションビームライン BL07LSU で独自に開発した 50 meV の世界最高エネルギー分解能を持つ軟X線発光分光装置。

Ultrahigh energy resolution soft X-ray emission spectrometer constructed for University of Tokyo outstation beamline BL07LSU in SPring-8.

We explore the origin of the electronic structure of materials responsible for their electronic, magnetic and optical property using intense and energy tunable X-ray source: SPring-8, one of the most brilliant synchrotron facilities in the world. We have developed noble spectroscopies for material science in 'soft' X-ray region. We are leading the world's soft X-ray emission spectroscopy, a kind of light scattering promising for electronic structure analyses of liquids and operant spectroscopy of a variety of catalysts. Our topics includes study on elementary excitations (crystal field excitation, spinon, magnon, charge density wave, orbiton etc.) in strongly correlated materials like Mott insulators and noble high temperature superconductors, electronic structure analysis of aqueous solutions, interaction at solid-liquid interfaces, surface reaction of fuel cell catalysts, electronic structure analysis of reaction center in metalloproteins, electrochemical and photocatalytic reactions. We also explore basic study on ultrahigh energy resolution optics for soft X-ray emission and time-resolved spectroscopy.



高分解能軟X線発光分光で捉えた純水 (H₂O) の多重振動モード。水素結合によるポテンシャルの非調和性を反映した振動エネルギー分布が OH の乖離するところまで全て観測されている。この手法を用いて液体の水の中にマイクロ不均一性が存在することが裏付けられた。

Multiple vibrational excitation of H₂O observed by the ultrahigh energy resolution soft X-ray emission spectrometer. The energy separation reflects the profile of the Morse function modulated by hydrogen bonding. Using soft X-ray emission we confirmed the presence of a microheterogeneity in pure liquid water.

研究テーマ Research Subjects

1. モット絶縁体、新規高温超電導体等の強相関物質における素励起（結晶場励起、スピン励起、マグノン励起、電荷密度波励起、軌道波励起など）の直接観測とその成因の研究
Study on the origin and observation of elementary excitations (crystal field excitation, spinon, magnon, charge density wave, orbiton etc.) in strongly correlated materials like Mott insulators and noble high temperature superconductors
2. 水溶性液体の電子状態とマイクロ不均一性、固液界面の相互作用に関する研究
Electronic structure analysis of aqueous solutions to study microheterogeneity and interaction at solid-liquid interfaces
3. 燃料電池触媒の表面反応解析、電気化学反応、光触媒反応解析、金属タンパク質の機能解析のためのその場分析手法の開発
Development of in situ soft X-ray spectroscopy for surface reaction of fuel cell catalysts, electrochemical reaction, photocatalytic reaction and functionality of metalloproteins
4. 軟X線発光分光の超高エネルギー分解能化と時間分解分光のための基礎光学研究
Basic study on ultrahigh energy resolution optics for soft X-ray emission and time-resolved spectroscopy

木須研究室

Kiss Group



木須 孝幸
Takayuki KISS
客員准教授
Visiting Associate Professor

光電子分光法を用いた分子性導体(特に擬2次元系)の電子状態の研究と新しい分光法及び周辺技術開発を行っている。

分子性導体結晶の電子状態直接観測、特に角度分解によるバンド分散及びフェルミ面形状観測による電子物性の理解は大変重要でありながらその困難さによりほとんど行われてこなかった。特に擬2次元系においては皆無であり、分子性導体の機能性デバイスへの応用を目指した分子設計(電子構造設計)において電子構造と発現物性との関連に関する情報の欠落は大きな問題であった。

レーザー光電子分光を用いた研究によって、ようやくこの現状を打破できるノウハウを構築しつつあり、非常に金属性の高い擬2次元分子性結晶において、世界で初めてとなるバンド分散及びフェルミ面の観測に成功した。現在は、超伝導や重い電子的な振る舞いを示す分子性導体の角度分解光電子分光による電子物性研究に取り組んでいる。

We perform the researches on molecular conductors (especially on quasi-2D system) and developments of new spectroscopy and peripheral technologies.

Direct observation of electronic structures, especially band dispersions and Fermi surface by ARPES, have been carried out very few and not at all for quasi 2D system owing to its difficulty even its importance to understand the electronic properties. The lack of the information about the relations between electronic structures and properties is critical problem for designing functional molecular (electronic) structures for applicable devices.

Eventually, we have been constructing knowhow for breaking out the situation by Laser photoemission spectroscopy. Recently, we succeed to observe the band dispersions and Fermi surface and perfect experiment for the first time in the world on molecular conductor that have high metallicity. At present, we are performing laser angle resolved photoemission spectroscopy on quasi-2D molecular conductors that show superconductivity and heavy Fermion like behaviour.

朝倉研究室

Asakura Group



朝倉 大輔
Daisuke ASAKURA
客員准教授
Visiting Associate Professor

朝倉研究室では、リチウムイオン電池電極材料の抜本的な高性能化、特に電極材料の高容量化・高出力化を実現するために、既存電極材料の充放電反応、即ち、リチウム脱挿入に伴う遷移金属の電子状態変化を完全に解明し、電子論に立脚した新規材料開発を行うことを主眼としている。

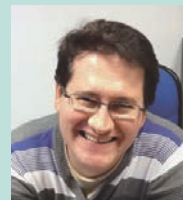
特に軟X線吸収・発光分光(XAS/XES)を用いたリチウムイオン電池電極材料の電子状態測定は、遷移金属の3d電子状態を見るのに最も直接的な方法である。そこで高輝度放射光施設 SPring-8 の東大放射光アウトステーション BL07LSU において、これまで不可能だったリチウムイオン電池の *in situ* XAS/XES を実現するために、リチウムイオン電池用 *in situ* セルの要素技術開発を行っている。さらにここで開発した手法を様々な *in situ* 分光、*operando* 分光へと発展させることにより、軟X線発光分光そのものの多様化・発展に寄与することができる。

In order to realize an innovative improvement of lithium ion battery electrode materials, in particular, in terms of high capacity and/or high power, my group is aimed at the development of novel electrode materials based on the knowledge of their electronic structure. Soft X-ray absorption/emission (XAS/XES) of these materials is one of the best and comprehensive approaches to know the electronic structural change of transition metals upon charge/discharge reaction, i.e. insertion/desertion of lithium ions in the existing electrode materials.

We are developing a novel cell that enables never-accessed *in situ* XAS/XES measurements of lithium ion battery electrode materials at University of Tokyo outstation beamline BL07LSU in SPring-8. By applying thus developed elemental technologies we can contribute to the development and diversifying use of XAS/XES.

サントアンダーシロ研究室

Santander-Syro Group



サントアンダーシロ アンドレ フィリッペ
Andres Felipe SANTANDER-SYRO
客員准教授
Visiting Associate Professor

強相関物質においては、競合し合う様々な自由度が導く量子状態が豊かでエキゾチックな相転移や新規な物質状態を出現させることがよく知られている。本研究室は、角度分解光電子分光によって、このような電子状態を直接的に研究する。本研究室は辛グループと協力して行う予定であるが、特に、重い電子系においていくつかの量子相転移の研究を行うつもりである。このような量子相転移は、数度の温度スケールであったり、数ミリ電子ボルトのエネルギースケールであるために、これまでほとんど実験されたことが無かった。そのため、物性研における様々なレーザー光電子分光を用いることによってこれらの研究を行うことが必要となる。特に、物性研に建設された超高分解能光電子分光を極低温で行う。また、時間分解光電子分光も量子状態の本質を明らかにする上で重要である。これらの研究は重い電子系において、多体効果や相転移における精密な情報を与えるとともに、ミクロなシンメトリーの破れに対しても有用な情報を与えると思われる。

In solids with strongly interacting electrons, the competition between the different degrees of freedom leads to competing quantum ground states, from which a rich variety of exotic phase transitions and novel states of matter emerge. To understand the remarkable properties of such materials, a direct experimental approach is to study their electronic structure through angle-resolved photoemission spectroscopy (ARPES). In this project, in collaboration with the group of Prof. S. Shin, we will investigate several challenging classical and quantum phase transitions in heavy-fermion materials. Many of these transitions have been scarcely addressed by ARPES, due to the temperature scales (of a few Kelvin) of the ordered phases and the energy scales (of a few meV) of the relevant heavy-electron. Thus, we will use the various laser-ARPES setups at ISSP endowed with ultra-high energy and time resolutions and low-temperatures. These studies should provide precise signatures of the interplay between many-body interactions, phase transitions, and associated microscopic broken symmetries in heavy-fermion systems.

軌道放射物性研究施設 / 播磨分室・つくば分室 Synchrotron Radiation Laboratory / Harima Branch・Tsukuba Branch

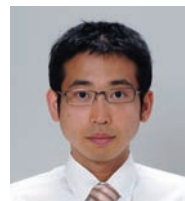
<http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/labs/sor/index.html>

教授 (施設長)	辛 埴	Professor (Director) : S. SHIN
教 授	小森 文夫	Professor : F. KOMORI
准 教 授	松田 巖	Associate Professor : I. MATSUDA
准 教 授	原田 慈久	Associate Professor : Y. HARADA
助 教	藤澤 正美	Research Associate : M. FUJISAWA
助 教	高木 宏之	Research Associate : H. TAKAKI
助 教	山本 達	Research Associate : S. YAMAMOTO
助 教	矢治 光一郎	Research Associate : K. YAJI
助 教	宮脇 淳	Research Associate : J. MIYAWAKI

技 術 専 門 員	福島 昭子	Technical Associate : A. FUKUSHIMA
技術専門職員	澁谷 孝	Technical Associate : T. SHIBUYA
技術専門職員	篠江 憲治	Technical Associate : K. SHINOE
技術専門職員	原沢 あゆみ	Technical Associate : A. HARASAWA
技術専門職員	工藤 博文	Technical Associate : H. KUDO
技術専門職員	下ヶ橋 秀典	Technical Associate : H. SAGEHASHI
特 任 研 究 員	丹羽 秀治	Project Researcher : H. NIWA



高木 助教



矢治 助教



藤澤 助教

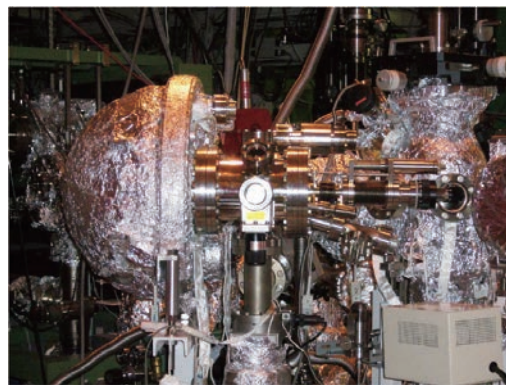
本施設は高輝度放射光を利用した先端物的物性研究や新しい実験技術の開発・研究を共同で行っている。SPring-8 に設置された播磨分室では、同放射光施設に世界最高性能の軟X線アンジュレータビームライン（東京大学放射光アウトステーション物質科学ビームライン BL07LSU）を整備し、高輝度軟X線放射光を利用する最先端の物性科学研究を推進している。播磨分室スタッフは現在 BL07LSU において時間分解軟X線分光実験用ステーションと高分解能発光分光ステーションを立ち上げ、先端軟X線分光技術の開発と新物質・新材料の電子状態研究を行っている。また、KEK-PF に設置しているつくば分室では偏向電磁石からの放射光を使う角度分解光電子分光実験装置 (BL-18A)、リボルバー型アンジュレータからの高輝度放射光を利用するスピン・角度分解光電子分光実験装置 (BL-19A) の2基のビームライン実験ステーションを維持・管理している。

The synchrotron radiation laboratory is promoting advanced solid state spectroscopy using synchrotron radiation in soft X-ray and vacuum ultraviolet region. They operate a branch laboratory at SPring-8 to maintain the high-brilliance soft X-ray beamline BL07LSU of the University of Tokyo, where time-resolved soft X-ray spectroscopy and high-resolution soft X-ray emission spectroscopy are utilized to study electronic states and dynamics in new materials. The synchrotron radiation laboratory also operates the Tsukuba branch and maintains two bending-magnet and undulator beamlines, connected with two experimental stations at the Photon Factory (KEK-PF); an angle-resolved photoelectron spectrometer (BL-18A) and a spin- and angle resolved photoelectron spectrometer (BL-19A). The current interests at KEK-PF are in the spin dependent surface electronic structures of quantum films, topological insulators and transition metal magnetic thin films.



SPring-8 BL07LSU の 8 台の Figure-8 アンジュレーター。本挿入光源より連続偏角可変型不等刻線間隔平面回折格子分光器を経て、各実験ステーションに高輝度軟X線が供給される。

Figure-8 undulators installed in SPring-8, which provide high-brilliance synchrotron radiation into the beamline BL07LSU.

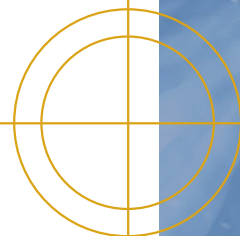


高効率スピン VLEED 検出器を付けた高分解能電子分光分析器。KEK-PF BL-19A の高輝度放射光を利用して高分解能スピン分光電子分光実験を行う。

A new spin-resolved photoemission spectrometer with VLEED spin detector, which enables us to measure spectra with very high energy- and momentum resolutions.

共通施設

Supporting Facilities



物性研究所には研究活動を円滑に進めていくために、いくつかの共通施設が設けられている。低温実験に不可欠な液体ヘリウムや液体窒素を製造・供給する低温液化室、様々な機械工作を行う工作室、X線装置や放射性試料の管理を行う放射線管理室、本や雑誌を多数取り揃え、科学文献や情報の供覧・管理を行う図書室、研究上頻繁に必要な実験用の消耗品や文具類を多数取り揃えたストックルーム、物性研究所に在籍する外国人研究者に関する様々な業務を助ける国際交流室、ホームページや要覧・アクティビティレポートに関する業務を行う広報出版委員会などである。これらの共通室の運営は、それぞれ対応する委員会の委員長が責任者となり、担当の職員により実際の業務が行われる。

We have various facilities in order to support research activities. Cryogenic Service Laboratory for supplying liquid helium and liquid nitrogen, Machine Shop for various machining, Radiation Laboratory for the safety in experiments that utilize X-ray, γ-ray and radioactive materials, Library, Stock Room for supplying common expendables, International Liaison Office for supporting foreign researchers, and Publication Section for advertisement and publication. In each facility, several staff members are working under supervision of the corresponding committee.

低温委員長
Chairperson
Cryogenics service

榊原 俊郎
Toshiro SAKAKIBARA

技術専門職員
Technical Associate

土屋 光
Hikaru TSUCHIYA

工作委員長
Chairperson
Machine shop

金道 浩一
Koichi KINDO

技術専門職員
Technical Associate

鷺山 玲子
Reiko SAGIYAMA

技術専門職員
Technical Associate

岡部 清信
Kiyonobu OKABE

技術専門職員
Technical Associate

山崎 淳
Jun YAMAZAKI

研究支援推進員
Technical Staff

今井 忠雄
Tadao IMAI

研究支援推進員
Technical Staff

村貫 静二
Seiji MURANUKI

研究支援推進員
Technical Staff

田中 祐介
Yusuke TANAKA

放射線管理委員長
Chairperson
Radiation lab.

高橋 敏男
Toshio TAKAHASHI

技術専門職員
Technical Associate

野澤 清和
Kiyokazu NOZAWA

図書委員長
Chairperson
Library

小森 文夫
Fumio KOMORI

係 長
Administrative Staff

中村 恭子 (柏地区図書課研究情報係所属)
Kyoko NAKAMURA

主 任
Administrative Staff

原田 裕子 (柏地区図書課研究情報係所属)
Yuko HARADA

係 員
Administrative Staff

田口 智子 (柏地区図書課研究情報係所属)
Satoko TAGUCHI

事務補佐員
Administrative Staff

小倉 佳子
Yoshiko OGURA

管理委員長 (ストックルーム)
Chairperson
Stock room

森 初果
Hatsumi MORI

係 長
Administrative Staff

狩野 真二
Shinji KANO

事務補佐員
Administrative Staff

秋場 和代
Kazuyo AKIBA

国際交流委員長
Chairperson
International liaison office

金道 浩一
Koichi KINDO

事務補佐員
Administrative Staff

亀田 秋子
Akiko KAMEDA

事務補佐員
Administrative Staff

関 千洋
Chihiro SEKI

広報出版委員長
Chairperson
Public relations

松田 康弘
Yasuhiro MATSUDA

技術補佐員
Technical Staff

石塚 みづゑ
Mizue ISHIZUKA

低温液化室 Cryogenics Service Laboratory

低温委員長 榊原 俊郎 Chairperson: T. SAKAKIBARA
 技術専門職員 土屋 光 Technical Associate: H. TSUCHIYA
 技術専門職員 鷺山 玲子 Technical Associate: R. SAGIYAMA

低温液化室は液体ヘリウムと液体窒素を供給し、あわせて低温技術に関するサービスや柏キャンパス全体の高圧ガスボンベの管理も行っている。液体ヘリウムは物性研究に必要で、研究者や学生に供給される。蒸発したヘリウムガスは回収し、精製して再液化に利用する。2012年度の液体ヘリウムの生産量と供給量はそれぞれ 294,000 L、202,267 L である。液体窒素は外部より購入し、供給している。2012年度の液体窒素の使用量は 644,900 L となっている。

The aim of this laboratory is to supply liquid helium and liquid nitrogen, and to give general services concerning cryogenic techniques. The laboratory also takes care of high-pressure gas cylinders used in Kashiwa Campus. Liquid helium is produced by the laboratory's own liquefier and supplied to the researchers and students. The evaporated helium gas is recovered and purified in this laboratory for recycling liquefactions. In the 2012 fiscal year, 294,000 L of liquid helium was produced as a total and 202,267 L was supplied to the users. Liquid helium is transferred from the 10,000 L storage vessel to various small storages with the centrifugal immersion pump system. Liquid nitrogen is purchased from outside manufacturers. The supplied liquid nitrogen was 644,900 L in the same year.

主要設備

ヘリウム液化装置Ⅰ (リンデ)	Helium liquefier system I (Linde)	200 L/hr
ヘリウム液化装置Ⅱ (リンデ)	Helium liquefier system II (Linde)	233 L/hr
液体ヘリウム貯槽	Liquid helium storage vessel	10,000 L
液体窒素貯槽	Liquid nitrogen storage tanks	20,000 L
回収用ヘリウムガス圧縮機	Helium gas recovery compressor	190 m ³ /hr
移動用ヘリウムガス容器	Liquid helium transport containers	500 L, 250 L, 100 L etc.
遠心式ヘリウム汲上げポンプ	Centrifugal liquid helium pump system	20 L/min



ヘリウム液化機、貯槽および遠心汲上げポンプ
Helium liquefier, storage and transfer system

工作室 Machine Shop

工作委員長 金道 浩一 Chairperson: K. KINDO
 技術専門職員 岡部 清信 Technical Associate: K. OKABE
 技術専門職員 山崎 淳 Technical Associate: J. YAMAZAKI
 研究支援推進員 今井 忠雄 Technical Staff: T. IMAI
 研究支援推進員 村貫 静二 Technical Staff: S. MURANUKI
 研究支援推進員 田中 祐介 Technical Staff: Y. TANAKA

工作室は、研究上緊急を要する工作物の加工、研究用の特色ある装置と部品の製作及びその改良、そして装置設計の相談と助言を行っている。また、研究者自らが研究に必要な機械工作を行うための研究者工作室も設置されている。

The machine shop consists of a metal shop, a glass shop and a researcher's machine shop, which are equipped with various facilities for designing, metal and ceramic machining, and glass blowing. They supply researchers required various original devices and instruments.

主要設備

機械工作室 : 5 軸制御マシニングセンター、NC 旋盤、
 操作フライス盤、放電加工機
 ガラス工作室 : ガラス旋盤、マッフル型電気炉、超音波加工機、
 ダイヤモンドバンドソー
 研究者工作室 : 万能旋盤、精密小型旋盤、フライス盤、ボール盤

Main Facilities

Metal shop: Five-Axis Universal Machining Center,
 Numerically Controlled Lathe,
 Numerically Controlled Milling Machine,
 Electric Discharge Machining Tool,
 Glass shop: Lathe for Glass Work, Polishing Tool,
 Ultrasonic Machining Tool
 Researcher's Machine Shop: Universal Lathes, Precision Lathes,
 Milling Machines



NC 旋盤による作業
Numerically controlled lathe

放射線管理室 Radiation Safety Laboratory

放射線管理委員長 高橋 敏男 Chairperson : T. TATAHASHI
 技術専門員 野澤 清和 Technical Associate: K. NOZAWA
 (放射線取扱主任者) (Radiation Protection Supervisor)

放射線管理室は、物性研究所における放射性物質（U等核燃料物質を含む）や放射線発生装置（X線装置を含む）の取扱において、放射線取扱者の放射線障害を防止し、安全を確保することを目的として設置されている。そのため、放射線取扱に関わる全所的な放射線管理業務として、放射性物質や放射線発生装置の新規使用、変更及び廃止に伴う法律手続き、監督官庁に提出する放射線管理報告書等の作成、放射線管理区域の線量測定、X線装置等の定期検査の実施及び放射線取扱者の被ばく線量や特別健康診断の記録、放射線取扱者の教育訓練等を行っている。また、当室には、U、Thなどの非密封核燃料物質や ^{22}Na 密封線源を用いた研究などができる実験室や各種放射線（X線を含む）検出器を備えている。

The aims of this laboratory are to protect researchers from irradiation due to radioactive source, X-rays, γ -rays and the like and to provide rooms for radiation experiments and radiochemical operations by use of unsealed U, Th and sealed ^{22}Na source. Various types of survey-meters are provided.

主要設備

化学実験室（非密封核燃料物質を解放で扱える物性研究所唯一の実験室）、ポジトロン実験室（ ^{22}Na 密封線源を用いた低速ポジトロンビームによる実験が行える）、熱蛍光線量計、Ge半導体検出器、 α 線検出器、液体シンチレーションカウンタ、各種サーベイメータ等、汚染検査室（ハンドフットクロスモニターによる汚染の確認）

Main Facilities

The rooms for radiation experiments and radiochemical operations (unsealed U, Th and sealed ^{22}Na source), various types of survey-meters, and, 7ch hand-foot-clothing monitor.



ハンドフットクロスモニター
The 7ch hand-foot-clothing monitor

図書室 Library

図書委員長 小森 文夫 Chairperson : F. KOMORI
 係長 中村 恭子 Administrative Staff: K. NAKAMURA
 主任 原田 裕子 Administrative Staff: Y. HARADA
 係員 田口 智子 Administrative Staff: S. TAGUCHI
 事務補佐員 小倉 佳子 Administrative Staff: Y. OGURA

物性研究所図書室は研究所設立の目的に沿い、所内研究者の研究や大学院生の教育とともに、全国の共同利用研究者のために、物性科学を中心とした資料を多数所蔵し、利用に供している。

所蔵資料はインターネットで検索できる。所蔵資料以外にも東京大学内で公開されている電子ジャーナルやデータベースが利用できる。

また未所蔵資料については図書館間相互利用による文献複写、現物貸借サービスを行い資料の提供に努めている。

The ISSP Library holds many documents concerning materials science for researchers. The online catalogue can be used to find books and journals held in the Library. The IT facility gives the access to many electronic journals and online databases. If an item is not available locally, the Library can arrange an inter-library loan.

Service hours: Monday-Friday 9:30-17:00

概要

面積 : 783m²
 蔵書数 : 65,561 冊（平成 24 年度末現在）
 （洋書 59,281 冊、和書 6,280 冊、製本雑誌を含む）
 雑誌種類数 : 731 種（洋雑誌 637 種、和雑誌 94 種）
 開室時間 : 平日 9:30-17:00（時間外利用 6:00-24:00）
 座席数 : 24 席（内 8 席は LAN ケーブル、電源コンセント設置）
 検索用端末 : 3 台
 複写機 : 2 台
 運営 : 図書委員会
 職員数 : 3 人（事務補佐員含む）
<http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/labs/tosyo/>



図書室
Library

ストックルーム Stock Room

管理委員長 森 初果 Chairperson: H. MORI
係 長 狩野 真二 Administrative Staff: S. KANO
事務補佐員 秋場 和代 Administrative Staff: K. AKIBA

ストックルームは、回路部品、真空部品、薬品など実験に共通して必要とされる消耗品、その他文房具などの共通物品をそろえている。研究者の便宜を図るため自動払い出しシステムを用いて24時間オープンしており、必要な物品を迅速かつ安価に入手することができる。使用頻度は高いが、一般市場で入手が容易でない物品や、一括購入によりコストダウンできる物品も在庫の対象である。

The stock room supplies stationery and parts that are commonly used in research and experiments at low cost. By the automated system control, it is open 24 hours.



ストックルーム
Stock Room

国際交流室 International Liaison Office

国際交流委員長 金道 浩一 Chairperson: K. KINDO
事務補佐員 亀田 秋子 Administrative Staff: A. KAMEDA
事務補佐員 関 千洋 Administrative Staff: C. SEKI

物性研究所における国際交流にかかわる業務を行う。国際交流委員会のもと、外国人客員所員の募集、招聘、宿舍の管理、物性研究所国際ワークショップの募集、ISSP国際シンポジウムの運営に関する業務やノウハウの蓄積などを行っている。その他、日常の外国人滞在者の生活支援や、さまざまな情報提供をしている。

- ・外国人客員所員・外国人訪問者の支援
(住居・学内外・諸事務手続き、日常生活等)
- ・研究プロジェクトの申請・実施に関する事務
- ・レクリエーションの企画・実施

The International Liaison Office handles various international matters at ISSP under the supervision of the Committee for international affairs. The major functions are the coordination of a visiting professorship program, the assistance in ISSP international symposiums, and the accumulation of "know-how" for continuous improvement of our services. The office also serves as an information center for researchers from abroad.



国際交流室
International Liaison Office



柏キャンパス地図/ Kashiwa Campus Map

物性研究所

The Institute for Solid State Physics

- ① 本館
Main Building
- ② 低温・多重極限実験棟
Cryogenic/Multiple Extreme Conditions Laboratory
- ③ ショートパルス強磁場実験棟
Short Pulse Magnet Laboratory
- ④ 先端分光実験棟
Advanced Spectroscopy Laboratory
- ⑤ 極限光科学実験棟
Laser and Synchrotron Research Laboratory
- ⑥ ロングパルス強磁場実験棟
Long Pulse Magnet Laboratory

宇宙線研究所 ㊦

Institute for Cosmic Ray Research

新領域創成科学研究科

Graduate School of Frontier Sciences

- ⑧ 基盤棟
Transdisciplinary Sciences
- ⑨ 基盤科学実験棟
Transdisciplinary Sciences Laboratory
- ⑩ 生命棟
Biosciences
- ⑪ 環境棟
Environmental Studies
- ⑫ 情報生命科学実験棟
Computational Biology Laboratory

国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構 ㊦

Kavli Institute for the Physics and Mathematics of the Universe, Todai Institutes for Advanced Study

大気海洋研究所

Atmosphere and Ocean Research Institute

- ㊦ 本館
Main Building
- ㊦ 大気海洋観測機器棟
Ocean Observation Warehouse

総合研究棟 ㊦

Kashiwa Research Complex

第2 総合研究棟 ㊦

Kashiwa Research Complex2

共用施設

Supporting Facilities

- ㊦ 環境安全研究センター柏支所
Environmental Science Center, Kashiwa Branch
- ㊦ 柏図書館
Kashiwa Library
- ㊦ 福利厚生棟
Cafeteria and Shop
- ㊦ 共同利用研究員宿泊施設
Kashiwa Guest House



■東京大学物性研究所
The Institute for Solid State Physics,
The University of Tokyo
〒277-8581 千葉県柏市柏の葉 5-1-5
5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba 277-8581
TEL : (04) 7136-3207
<http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/>

交通案内

- 柏の葉キャンパス駅西口(つくばエクスプレス線)より
 - 徒歩 約25分
 - 東武バス利用 約10分
[西柏 03] 流山おおたかの森駅東口行、東大西行→「東大前」下車
[西柏 04・西柏 10] 江戸川台駅東口行→「東大前」下車
- 柏駅西口(JR 常磐線、東京メトロ千代田線)より
 - 東武バス利用 約25分
[西柏 01] 国立がん研究センター行(柏の葉公園経由)→「東大前」下車
[柏 44] 国立がん研究センター行(税関研修所経由)
→「国立がん研究センター」下車
- 常磐自動車道柏I.C. から車で約5分



■附属極限コヒーレント光科学研究センター
Laser and Synchrotron Research Center
○軌道放射物性研究施設つくば分室
(高エネルギー加速器研究機構内)
Tsukuba Branch of Synchrotron Radiation Laboratory

〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1
1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki 305-0801
TEL : (029) 864-1171

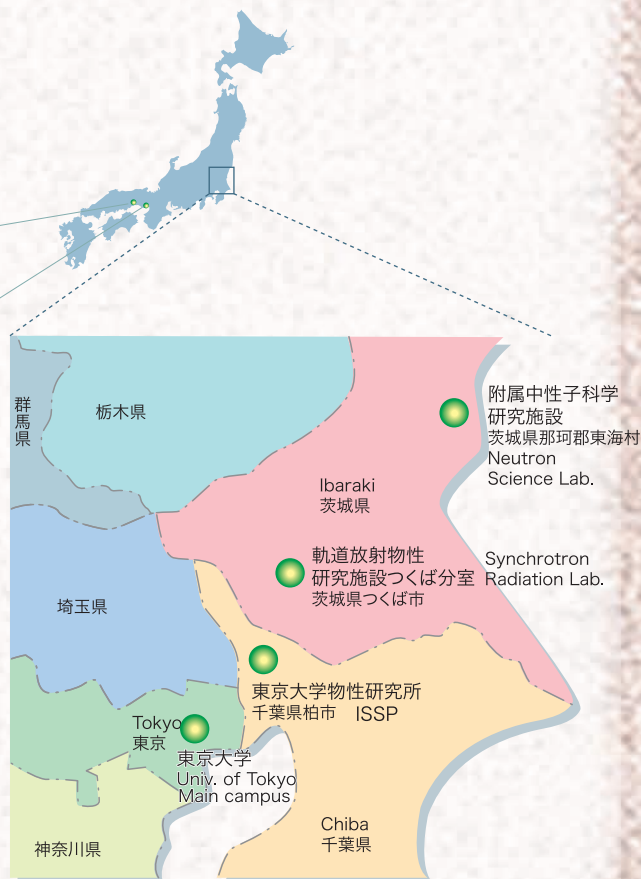
○軌道放射物性研究施設播磨分室
(SPring-8 内)
Harima Branch of Synchrotron Radiation Laboratory

〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
1-1-1 Kouto, Sayo-cho, Sayo-gun, Hyogo 679-5198
TEL : (0791) 58-0802

■附属中性子科学研究施設
Neutron Science Laboratory

〒319-1106 茨城県那珂郡東海村白方 106-1
106-1 Shirakata, Tokai, Ibaraki 319-1106
TEL : (029) 287-8900

■附属計算物質科学研究センター神戸分室
(理化学研究所計算科学研究機構内)
Center of Computational Materials Science (Kobe branch)
〒650-0047 兵庫県神戸市中央区港島南町 7-1-26 R501
7-1-26-R501 Minatojima-minami-machi, Chuo-ku, Kobe, Hyogo 650-0047
TEL : (078) 304-0170



東京大学物性研究所要覧
2013 年 11 月



I S S P

<http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/>

