

東京大学

2019

物性研究所



物性研究所

THE INSTITUTE FOR SOLID STATE PHYSICS



THE INSTITUTE FOR SOLID STATE PHYSICS

THE UNIVERSITY OF TOKYO

- 2 ご挨拶
Director's Message
- 4 沿革
History
- 6 年表
Chronology
- 8 組織・運営
Director's Message
- 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



研究部門・Research Divisions

- 14 凝縮系物性研究部門
Division of Condensed Matter Science
- 21 物性理論研究部門
Division of Condensed Matter Theory
- 24 ナノスケール物性研究部門
Division of Nanoscale Science
- 30 機能物性研究グループ
Functional Materials Group
- 36 量子物質研究グループ
Quantum Materials Group
- 41 社会連携研究部門
Social Cooperation Research Department
- データ統合型材料物性研究部門
Division of Data-Integrated Materials Science

附属研究施設・Research Facilities

- 43 物質設計評価施設
Materials Design and Characterization Laboratory
- 55 中性子科学研究施設
Division of Nanoscale Science
- 61 国際超強磁場科学研究施設
International MegaGauss Science Laboratory
- 66 計算物質科学研究センター
Center of Computational Materials Science
- 68 極限コヒーレント光科学研究センター
Laser and Synchrotron Research Center
- 77 軌道放射物性研究施設
Synchrotron Radiation Laboratory



- 78 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年に誕生し、今年創立62年となります。その間、物性・物質科学の融合学術研究、および国際拠点を目指して2000年に東大柏キャンパスへ移転し、2004年には国立大学法人の付置研となりました。2010年には共同利用・共同研究拠点制度で「物性科学研究拠点」に認定され、2016年より拠点の2期目がスタートし、新たな活動を展開しております。

どの時代においても、「物質・物性の先端的基礎研究の推進による学理の追求と、基盤研究からの科学技術への貢献」を目指し、研究、教育、共同利用・共同研究を3本の柱として、物性コミュニティの支援の下に活動を推進しております。

本研究所では、最初の23年(第I期:1957-1979年)、物理、化学、工学の物性分野から研究者を集めて20部門(後に22部門)を設立し、共同利用研として研究設備を整え、我が国における物性研究の向上に貢献しました。さらに、次の16年(第II期:1980-1995年)では、高度成長時代において、物質・物性研究の重点化と機動性を図るため、極限物性を行う大型装置・施設を構築して共同利用・共同研究に提供し、先端的な物質・計測技術開発、理論研究を推進しました。また、さらにこの23年(第III期:1996-現在)では、物質・物性科学は、(1)概念軸(Design)、(2)物質軸(Synthesis)(3)研究手法軸(Characterization)の3つの軸がDSCサイクルとして有機的に相互作用しながら、正のスパイラルで発展しております。本研究所も、小規模なグループで、機動的に先端研究の萌芽を作り、発展させる凝縮系物性研究部門、物性理論研究部門、およびナノスケール物性研究部門の3部門、中型・大型装置、施設を構築し、先端技術開発とともに研究を推進する物質設計評価施設、中性子科学研究施設、国際超強磁場研究施設、計算物質科学研究センター、極限コヒーレント光科学研究センター(LASOR)の5施設、そして研究支援を行う共通施設の編成となっており、全組織が協働してDSCサイクルを循環させております。

さらに、従来の物性・物質科学における学問領域の枠組みを超えた融合学術研究を推進するため、2017年に横断型グループとして、“量子物質グループ”と“機能物性グループ”が誕生しました。量子物質グループでは、本研究所の強みである強相関電子系の物質研究を発展させて、新物質で新たな量子現象、新概念を見出すことを目指しています。また、機能物性グループでは、これまで物性物理であまり取り扱われていなかった生体系物質を含むソフトマターや、素反応を含むエネルギーシステムなど、複雑系・階層系物質・システムを対象とし、その励起状態やダイナミクスを研究することに挑戦しております。2018年には、各々のグループに若手の新所員が着任し、2つのグループを中心に、新たな融合学術の創成にチャレンジしております。

また、2019年には、社会連携研究部門として、「データ統合型材料物性研究部門」を設立し、産学連携研究により、新たな視点で基礎科学研究を進めております。物性研究所は、物質・物性科学の新たなフロンティアを開拓するという創立以来のスピリットを礎に、今後も国際的な拠点として、先端的な物質・物性研究、人材育成、共同利用・共同研究に取り組む所存です。今後も、皆様の変わらぬご支援、ご協力をお願い申し上げます。

2019年8月

物性研究所長 森 初果

Director's Message



所長 Director
森 初果
MORI, Hatsumi

The Institute for Solid State Physics (ISSP) was established in 1957 as a joint-use research institute attached to the University of Tokyo. In every era, with the support of the science community, we aim to lead the frontier of condensed matter physics and materials science and contribute to science and technology from the view of basic research. We have promoted activities focused on research, education, and joint-use/joint-research.

In the first 23 years (Phase I: 1957-1979), ISSP established 20 departments (22 later) in the fields of physics, chemistry, and engineering. We constructed advanced facilities and contributed to the improvement of condensed matter science in our country. In the next 16 years (Phase II: 1980-1995), in view of “concentration” and “mobility” of research in condensed matter science, large-scale

facilities and advanced equipment for extreme conditions in the areas of ultrahigh magnetic fields, high power lasers, surface science, ultra-low temperatures, and very high pressures were constructed and shared with the community through joint use and joint research. The third era for ISSP (Phase III: 1996 - present) bought a move to the Kashiwa campus in 2000 and gave ISSP a chance to expand and to develop new research activities, aimed at pursuing new frontiers and becoming an international center of excellence in condensed matter physics and materials science.

The condensed matter physics and materials science studies have three axes: (1) a conceptual axis (Design), (2) a materials axis (Synthesis), and (3) an investigation method axis (Characterization). These three axes interact in what we call a DSC cycle to promote a positive spiral. This institute is organized around 40 laboratories with small-, and medium-to-large-scale equipment and facilities. The labs were originally divided between three divisions for condensed matter science, condensed matter theory, and nanoscale science. More recently, we have added three facilities and two centers: the material design and characterization lab., the neutron science lab., the international MegaGauss science lab., the center of computational materials science, and the laser and synchrotron research center (LASOR). All labs work together to maintain the DSC cycle.

In 2017, two new interdisciplinary groups, the Quantum Materials Group and the Functional Materials Group, were formed to cultivate new frontiers beyond the framework of traditional disciplines. In the quantum materials group, we aim to discover new quantum phenomena and new concepts with novel materials by developing research of strongly correlated electron systems. The functional materials group is targeting complicated and hierarchical materials and systems such as soft matter, including biological materials and energy systems where dynamics and excited states of matter are studied. Several young professors were appointed to each group in 2018 to challenge the interdisciplinary sciences in these transverse groups.

In 2019, we established the “Division of Data-Integrated Materials Science” in Social Cooperation Research Department, in which basic science research is conducted from a new perspective through industry-university collaboration research. We continue to lead the frontiers of condensed matter physics and materials science in the ISSP spirit and are devoted to developing as a global center of excellence. We appreciate your continuous support and cooperation in our activities.

August, 2019
Hatsumi MORI

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年でほぼ達成された。

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年に東京大学が法人化され、その中で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、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た。平成18年に国際超強磁場科学研究施設、平成23年に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、平成9年のSOR-RING運転停止以降、高エネルギー加速器研究機構内に設置したつくば分室（平成26年廃止）や平成21年に大型放射光施設SPring-8内に設置した播磨分室で活動を行っている。平成24年には、先端分光研究部門との統合により、極限コヒーレント光科学研究センターが発足した。平成28年の改組では、新物質科学研究部門と極限環境物性研究部門の凝縮系物性研究部門への再編と、従来の枠を超えた新しい学問領域の推進を目指した機能物性研究グループと量子物質研究グループの創設を行い、更に、企業との共同研究の進展に伴い、物性研究所では初めての社会連携研究部門として、データ統合型材料物性研究部門が平成31年度に設置されるなど、新たな一歩を踏み出している。



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.

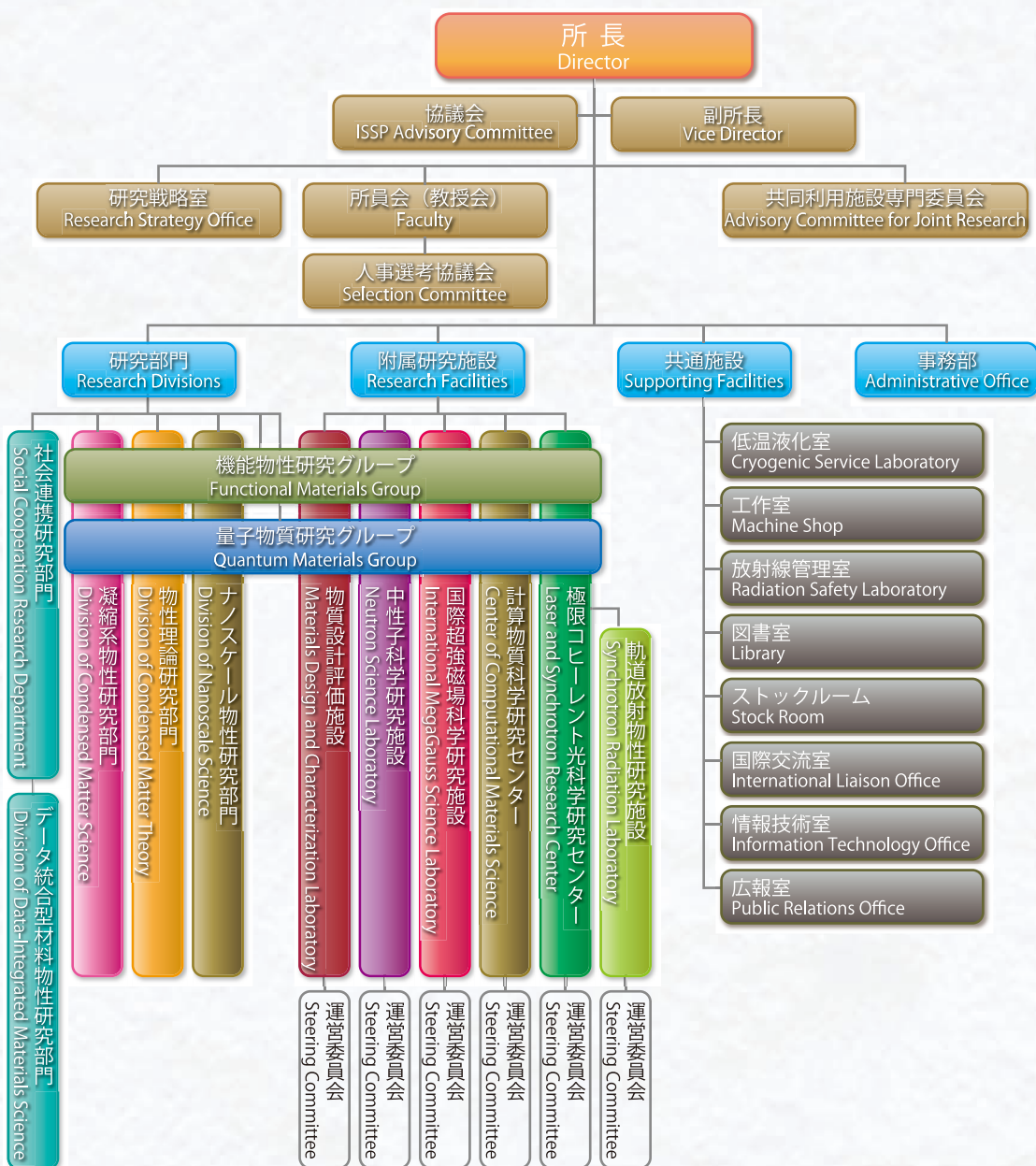
ISSP was relocated to the new campus in Kashiwa of the University of Tokyo in March 2000 after the 43 years of activities at the Roppongi campus in downtown Tokyo. Here ISSP is aiming at creating new areas of science in collaboration with other institutions in Kashiwa. In 2003, Neutron Scattering Laboratory 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. In 2016, Divisions of New Materials Science and Physics in Extreme Conditions were reorganized into Division of Condensed Matter Science, and Functional Materials Group and Quantum Materials Group were launched in order to widen the scope of condensed matter science, as a new step forward in the interdisciplinary research field. Division of Data-Integrated Materials Science was established in 2019 as the first Social Cooperation Research Department in ISSP with the progress of collaborative Research with industry.

年表/Chronology

昭和 32 年	1957	<p>共同利用研究所として発足 Establishment of ISSP as a joint research laboratory</p> <p>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</p>
昭和 33 年	1958	<p>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</p> <p>極低温・磁気第 1 部門増設 Opening of Low Temperature and Magnetism I divisions</p>
昭和 34 年	1959	<p>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</p>
昭和 35 年	1960	<p>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</p> <p>物性研究所開所式 Inauguration of ISSP</p>
昭和 36 年	1961	<p>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</p>
昭和 40 年	1965	<p>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</p>
昭和 44 年	1969	<p>中性子回折部門増設 Opening of Neutron Diffraction division</p>
昭和 47 年	1972	<p>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</p>
昭和 50 年	1975	<p>軌道放射物性研究施設設置 Foundation of Synchrotron Radiation Laboratory</p>
昭和 54 年	1979	<p>超低温物性研究棟竣工 Ultra-Low-Temperature Laboratory building completed</p>
昭和 55 年	1980	<p>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</p>
昭和 57 年	1982	<p>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</p>
平成 元年	1989	<p>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</p> <p>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"</p>
平成 5 年	1993	<p>中性子散乱研究施設の新設 Foundation of Neutron Scattering Laboratory</p>
平成 7 年	1995	<p>国際外部評価が実施される Evaluation of scientific achievements of ISSP by an international external committee</p>

平成 8 年	1996	<p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>Construction of the new ISSP buildings in Kashiwa campus started</p>
平成 9 年	1997	<p>日米協力事業（中性子散乱）の国際外部評価が実施される</p> <p>Evaluation of activities of the U.S.-Japan cooperative program on neutron scattering by the international review committee</p>
平成 11 年	1999	<p>柏キャンパスへの移転開始（2000 年移転完了）</p> <p>Relocation to Kashiwa campus started (completed in 2000)</p>
平成 13 年	2001	<p>外国人客員新設</p> <p>Opening of foreign visiting professorship</p>
平成 15 年	2003	<p>中性子散乱研究施設が中性子科学研究施設に改組</p> <p>Reorganization to Neutron Science Laboratory from Neutron Scattering Laboratory</p> <p>物質設計評価施設で外部評価が実施される</p> <p>Evaluation of scientific activities of the Material Design and Characterization Laboratory by the external committee</p>
平成 16 年	2004	<p>東京大学が国立大学法人東京大学となる</p> <p>The University of Tokyo was transformed into a national university corporation</p> <p>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</p> <p>Division of Frontier Areas Research was renamed as Division of Nanoscale Science</p>
平成 17 年	2005	<p>国際外部評価が実施される</p> <p>Evaluation of scientific achievements of ISSP by an international external committee</p>
平成 18 年	2006	<p>国際超強磁場科学研究施設の新設</p> <p>Foundation of International MegaGauss Science Laboratory</p>
平成 19 年	2007	<p>創立 50 周年記念事業</p> <p>Celebration of 50th anniversary</p>
平成 22 年	2010	<p>共同利用・共同研究拠点として認可</p> <p>Authorization as a joint usage/research center</p>
平成 23 年	2011	<p>計算物質科学研究センターの新設</p> <p>Foundation of Center of Computational Materials Science</p>
平成 24 年	2012	<p>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</p> <p>Foundation of Laser and Synchrotron Research Center, as a reorganization of Division of Advanced Spectroscopy and Synchrotron Radiation Laboratory</p>
平成 26 年	2014	<p>日米協力事業（中性子散乱）の国際外部評価が実施される</p> <p>Evaluation of activities of the U.S.-Japan cooperative program on neutron scattering by the international review committee</p>
平成 27 年	2015	<p>国際外部評価が実施される</p> <p>Evaluation of scientific achievements of ISSP by an international external committee</p>
平成 28 年	2016	<p>新物質科学研究部門と極限環境物性研究部門が凝縮系物性研究部門へ再編される</p> <p>機能物性研究グループと量子物質研究グループが創設される</p> <p>Reorganization to Division of Condensed Matter Science from Divisions of New Materials Science and Physics in Extreme Conditions, and foundation of Functional Materials Group and Quantum Materials Group</p>
平成 31 年	2019	<p>データ統合型材料物性研究部門の新設</p> <p>Foundation of Division of Data-Integrated Materials Science</p>

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。研究戦略室は所長が室長を務め、将来計画の策定など研究や運営を強化する取組を推進している。

物性研究所の研究体制は 4 研究部門、2 研究グループ、5 附属研究施設（以下、施設・センターとする。）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。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。また、物性研究所における様々な情報の発信を担当する広報室や、ネットワーク関連の管理運用やサポートを行う情報技術室も設置されている。

物性研究所では研究所の教授、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. The Research Strategy Office headed by the director promotes future plans to reinforce research and management of ISSP.

Currently ISSP consists of four Research Divisions, two Research Groups, five Research Facilities. Among these, Synchrotron Radiation Laboratory has a branch in the SPring-8, Sayo, Hyogo, and the Neutron Science Laboratory maintains spectrometers installed at the research reactor in the Japan Atomic Energy Agency, Tokai, Ibaraki. Apart from the Research Divisions and Facilities, supporting facilities, which include Cryogenic Service Laboratory, Machine Shop, Radiation Safety Laboratory, Library and International Liaison Office, provide services to both in-house and outside users. Public Relations Office offers various information, and Information Technology Office handles and supports network-related matters.

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

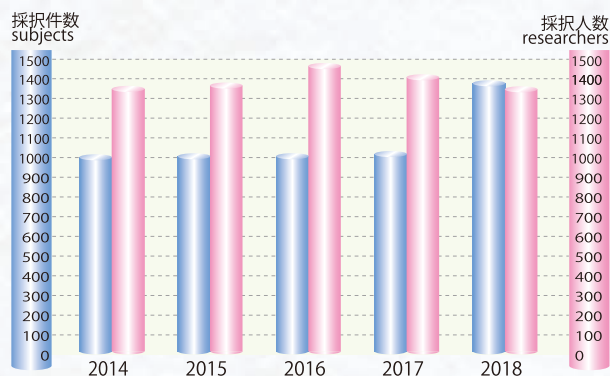
全国の物性科学研究者に対する共同利用・共同研究を促進するため、次の制度が設けられている。

1. 一般研究員 --- 所外研究者が研究の必要上、本所を利用したい場合、その便宜を提供するための制度である。申請された研究計画等を検討のうえ決定している。
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。本所所員の指導のもと、3ヶ月を超えて研究を行う長期留学研究員と、新技術の習得などを目的として3ヶ月以下の滞在を行う短期留学研究員の2種類の制度がある。
3. 嘱託研究員 --- 所外研究者に本所の研究計画並びに共同研究計画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提供する制度で、期間は6ヶ月を限度としている。

その他、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 to research on exchange at ISSP. 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

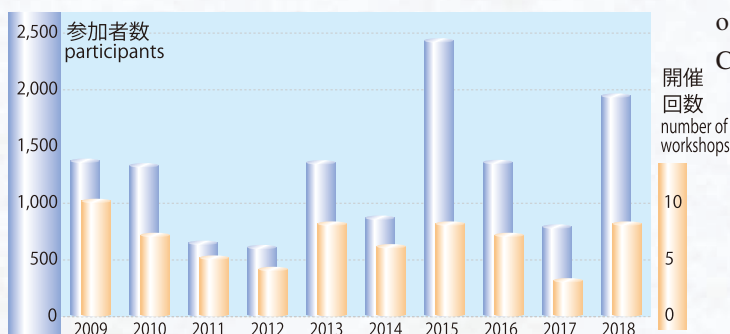
共同利用で来所する外来研究者は、柏キャンパス内の宿泊施設を利用することが出来る。(シングル28室、ツイン2室)

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。全国の物性研究者からの申請に基づき、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 ISSP Regular Workshops

※上記の共同利用制度の詳細については本所共同利用係までお問い合わせください。

なお、3ヶ月毎(平成15年度～)に発行している「物性研だより」には、各種共同利用の公募や短期研究会報告などの情報が掲載されています。

国際交流 International Activities

物性研究所は、物性研究の国際的拠点としても重要な役割を担っている。国際シンポジウム及び国際ワークショップを開催するとともに、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いる。物性研究所の外国人所員制度や、文部科学省や日本学術振興会の外国人招聘制度などを利用した研究者も多数在籍している。また、1981年以降、中性子散乱に関する日米協力事業の実施機関の役割も果たしている。



ISSP plays an important role as an international center of materials science. International symposiums and workshops are organized by ISSP and 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 ISSP Visiting Professorship and also 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.

●テーマ Title	●開催期日 Date	●参加者数（外国人） Participants (overseas)
The 18th Asian Workshop on First-Principles Electronic Structure Calculations	2015・11・9-11	197 (94)
Topological Phenomena in Novel Quantum Matter: Laboratory Realization of Relativistic Fermions and Spin Liquids	2016・2・29-3・4	90 (70)
International Workshop on Tensor Networks and Quantum Many-Body Problems (TNQMP2016)	2016・6・27-7・15	125 (35)
The 17th International Conference on High Pressure in Semiconductor Physics (HPSP-17) & Workshop on High-pressure Study on Superconducting (WHS)	2016・8・7-11	110 (37)
Theory of Correlated Topological Materials (TCTM2017)	2017・2・6-3・3	96 (38)
Topological Phases and Functionality of Correlated Electron Systems (TPFC2017)	2017・2・20-22	159 (49)
Forefront of Molecular Dynamics at Surfaces and Interfaces: from a single molecule to catalytic reaction	2017・11・20-23	196 (63)
The International Summer workShop 2018 on First-Principles Electronic Structure Calculations (ISS2018)	2018・7・2-12	67 (20)
Megagauss Magnetic Field Generation and Related Topics	2018・9・25-29	108 (61)
Topological Phases and Functionality of Correlated Electron Systems 2019	2019・2・18-20	185 (13)
Spectroscopies in Novel Superconductors (SNS2019)	2019・6・16-21	208 (87)
Computational Approaches to Quantum Many-body Problems (CAQMP2019)	2019・7・16-8・8	105 (30)

最近の国際シンポジウム及び国際ワークショップ Recent international symposiums and workshops

教育/Education

物性研究所では、特色ある施設を利用し、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、大学院理学系研究科物理学専攻、化学専攻、工学系研究科物理工学専攻、新領域創成科学研究科物質系専攻、及び複雑理工学専攻に属しているが、これら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力を入れている。物性研究所では、毎年大学院進学希望者のためのガイダンスを開催するとともに、教養学部前期課程在学の学生を対象に、全学体験ゼミナール先端研究体験学習として「柏キャンパスサイエンスキャンプ」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, 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. In addition, the annual experiential learning program “Science Camp at Kashiwa Campus” also offers an opportunity for undergraduate students to gain a first-hand experience in materials science research.

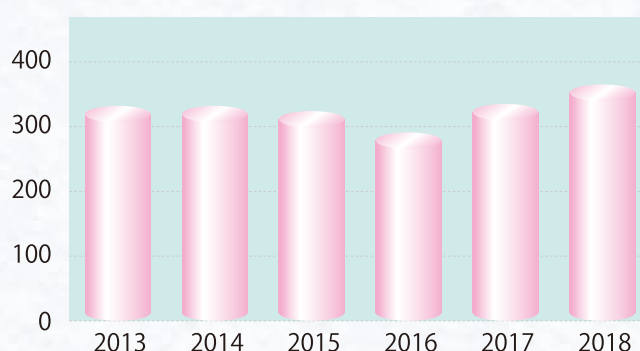
	修士課程 Master Course				博士課程 Doctor Course			
	2016年	2017年	2018年	2019年	2016年	2017年	2018年	2019年
物理学専攻 Physics	18	29	30	30	35	28	24	28
化学専攻 Chemistry	5	6	3	3	0	0	2	4
物理工学専攻 Appl. Phys.	9	8	9	6	4	3	3	7
物質系専攻 Advanced Materials	43	41	39	39	28	24	18	17
複雑理工学専攻 Complexity Sci. and Eng.	2	2	3	3	1	0	0	2
合 計	77	86	84	81	68	55	47	58

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

論文統計/Publications

物性研究所では、年間300編前後の学術文献を発表している。2018年の学術文献340編の内訳は、学術論文323、会議録1、解説記事11、本（または本の一部）5となっている。

About 300 scientific issues are published through annual activity in ISSP. The 340 articles published in 2018 consist of 323 papers in refereed journals, 1 proceedings, 11 reviews, and 5 books.

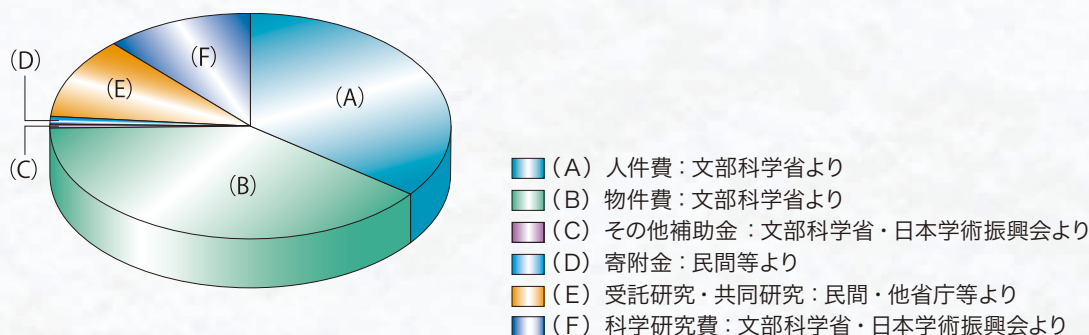


年間発表論文数（プロシーディング・解説記事含む）

Number of scientific papers (including proceedings and reviews)

予算/Budget

平成30年度 (2018 fiscal year)



- (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) Other Subsidies from the Government
 (D) Grant-in-Aid from Private Corporations
 (E) Grant-in-Aid from Governmental Agencies and Private Corporations
 (F) 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) その他補助金	(D) 寄附金	(E) 受託研究 ・共同研究	(F) 科学研究費	計 Total
平成30年度(2018)	1,541,577	1,733,833	22,620	46,268	503,425	521,490	4,369,213
平成29年度(2017)	1,124,758	1,663,282	20,030	18,808	714,259	424,530	3,965,667
平成28年度(2016)	1,315,153	1,669,627	99,138	32,134	668,752	535,153	4,319,957
平成27年度(2015)	1,657,078	1,680,722	466,267	17,829	500,211	464,165	4,786,272
平成26年度(2014)	1,700,581	1,749,421	964,107	28,071	435,229	585,279	5,462,688
平成25年度(2013)	1,545,996	1,814,190	493,674	30,847	545,717	427,515	4,857,939

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 31 年 4 月 1 日 現在 / As of April 1, 2019

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	特任研究員 Project Researchers	技術系職員 Technical Staff	事務系職員 Administrative Staff	合計 Total
23	0	15	0	40	5	55	54	51	243

凝縮系物性研究部門

Division of Condensed Matter Science

高温超伝導体、有機伝導体、グラフェン、トポロジカル絶縁体など、「新物質」の発見が物質科学の新しい局面を切り拓いた例は枚挙に暇がない。また超伝導や量子ホール効果などの種々の予期せぬ現象が、物質系を極低温、高圧、強磁場といった「極限環境」に置くことにより見出されてきた。凝縮系物性研究部門では、無機・有機結晶や原子層物質などの新しい物質系を合成し、その物性を極限環境での高度な実験技術を用いて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指している。

当部門を構成する研究室は、自由な発想のもとに、新物質や高品質試料の作製、極限環境での輸送現象、熱測定、精密磁化、核磁気共鳴などの精密物性測定を行っている。遷移金属酸化物、重い電子系、有機伝導体、原子層物質、トポロジカル物質などの多様な物質を対象に、電子相関、トポロジー、多極子、分子自由度などが協奏して現れる多彩な現象の解明に取り組んでいる。

Discoveries of new materials, for example, high temperature superconductors, organic conductors, graphene, and topological insulators, have often opened new horizons in materials science. Application of extreme conditions of low temperature, high pressure, and high magnetic field has also revealed various unexpected properties of matters, such as superconductivity and quantum Hall effect. The goal of the Division of Condensed Matter Science is to uncover novel phenomena that lead to new concepts of matter, through combining search, synthesis and characterization of new materials.

Each group in this division pursues its own research on synthesis of new materials and high quality samples, and precise measurements of transport, thermal, magnetic properties including nuclear magnetic resonance. Their main subject is to elucidate varied phenomena which emerge as a concerted result of strong electron correlation, topology, multipole, and molecular degrees of freedom, in transition metal oxides, heavy electron systems, organic conductors, atomic layer materials, and topological materials.

教授 Professor	瀧川 仁 TAKIGAWA, Masashi	助教 Research Associate	橘高 俊一郎 KITAKA, Shunichiro	特任研究員 Project Researcher	キスワンディ アンディカ オクサリオン KISWANDHI, Andhika Oxalion
教授 Professor	榊原 俊郎 SAKAKIBARA, Toshiro	助教 Research Associate	下澤 雅明 SHIMOZAWA, Masaaki	特任研究員 Project Researcher	佐藤 光幸 SATO, Mitsuyuki
教授 Professor	森 初果 MORI, Hatsumi	助教 Research Associate	田縁 俊光 TAEN, Toshihiro	特任研究員 Project Researcher	武田 晃 TAKEDA, Hikaru
特任教授*1 Project Professor	中辻 知 NAKATSUJI, Satoru	助教 Research Associate	藤野 智子 FUJINO, Tomoko	特任研究員 Project Researcher	チャン ドンウェイ ZHANG, Dongwei
准教授 Associate Professor	長田 俊人 OSADA, Toshihito	助教*2 Research Associate	酒井 明人 SAKAI, Akito	特任研究員*2 Project Researcher	大槻 匠 OHTSUKI, Takumi
准教授 Associate Professor	山下 穰 YAMASHITA, Minoru	特任助教 Project Research Associate	出倉 駿 DEKURA, Shun	特任研究員*2 Project Researcher	チェン タイシ CHEN, Taishi
教授(外国人客員) Visiting Professor	カン ウォン KANG, Woun	特任助教*2 Project Research Associate	富田 崇弘 TOMITA, Takahiro	特任研究員*2 Project Researcher	ツァイ ハンセン TSAL, Hanshen
教授(外国人客員) Visiting Professor	シン ヨーゲッシュ SINGH, Yougesh	特任助教*2 Project Research Associate	肥後 友也 HIGO, Tomoya	特任研究員*2 Project Researcher	フー ミンシュアン FU, Mingxuan
		教務職員 Technical Associate	村山 千壽子 MURAYAMA, Chizuko		
		技術専門員 Technical Associate	内田 和人 UCHIDA, Kazuhito		

*1 理学系研究科物理学専攻および所内量子物質研究グループと兼務。
/ concurrent with Physics Department, Graduate School of Science and Quantum Materials Group

*2 所内兼務。本務は量子物質研究グループ。 / concurrent with Quantum Materials Group

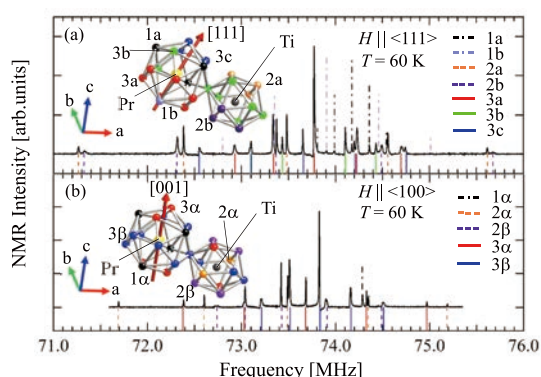
瀧川研究室

Takigawa Group



瀧川 仁
TAKIGAWA, Masashi
教授
Professor

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。



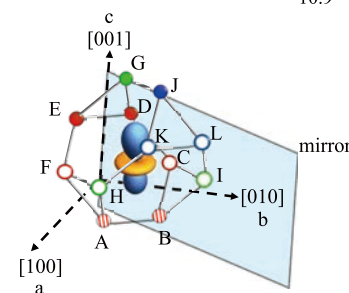
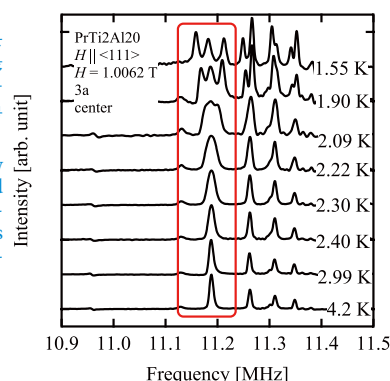
温度 60K、磁場 6.6 テスラにおける希土類化合物 $\text{PrTi}_2\text{Al}_{20}$ 中のアルミニウム (Al) 原子核の NMR スペクトル。プラセオジウム (Pr) イオンは非磁性 2 重項の結晶場基底状態を持ち、低温で強四極子秩序を示す。Pr イオンをカゴ状に取り囲むアルミニウムには結晶学的に異なる 3 つのサイトが存在し、それぞれが $\langle 111 \rangle$ あるいは $\langle 100 \rangle$ 方向の磁場によって非等価なサイトに分かれ、さらにその各々が四重極分裂によって 5 本の NMR 共鳴線を示すため、非常に複雑な NMR スペクトルが現れる。

NMR spectra of Al nuclei in $\text{PrTi}_2\text{Al}_{20}\text{H}$ at the temperature of 60K and the magnetic field of 6.6 tesla. The Pr ions with a non-magnetic doublet ground state in the crystal electric field undergo ferro-quadrupole order at low temperatures. There are three Al sites forming a cage surrounding Pr ions, each of which splits into inequivalent sites under magnetic fields along $\langle 111 \rangle$ or $\langle 100 \rangle$. Each Al site generates five quadrupole split NMR lines, resulting in a complicated NMR spectrum.

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.

$\langle 111 \rangle$ 方向の磁場下、2 K 以下の低温において、強四極子秩序のために NMR 共鳴線が分裂する。特に 3a サイトからの信号を赤線で囲ってある。

The NMR lines split below 2K under the magnetic field along $\langle 111 \rangle$ due to ferro-quadrupole order. The signals from the 3a sites are indicated by the red box.



NMR 共鳴線の分裂から電荷密度分布の対称性がユニークに決まり、四極子の秩序パラメータが決定された。

The splitting of NMR lines uniquely determines the symmetry of the charge density distribution and the order parameter.

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. スピン軌道結合電子系における新奇的な秩序
Novel orders in spin-orbit coupled electron systems

榊原研究室

Sakakibara Group



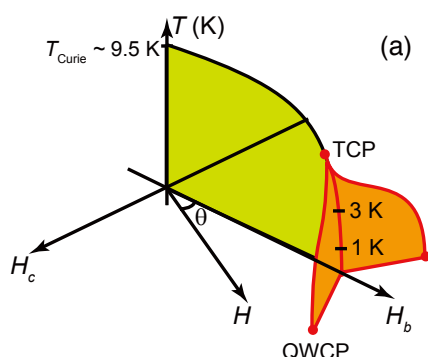
榊原 俊郎
SAKAKIBARA, Toshiro
教授
Professor



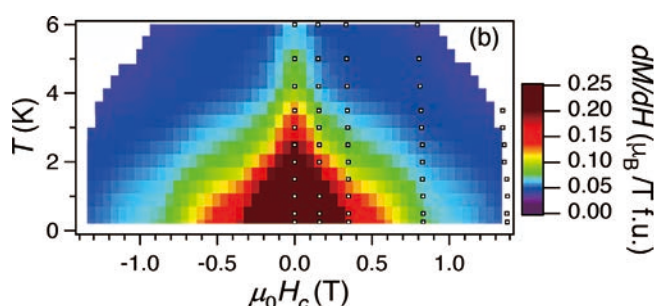
橘高 俊一郎
KITAKA, Shunichiro
助教
Research Associate

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 can be observed at a wide range of temperatures. In heavy fermions and certain other systems, interesting magnetic behavior often occurs at low temperatures much below 1 K. Because of difficulty in making magnetic measurements at such low temperatures, little work has been done to date. Our interest is to research those magnetic materials having low characteristic temperatures, such as f-electron compounds, heavy fermions, quantum spin systems, and geometrically frustrated spin systems. To study these systems, we also develop necessary equipment. Equipment we have successfully developed includes: high sensitivity magnetometers which are operable even at extremely low temperatures down to the lowest of 30 mK, and equipment to perform angle-resolved specific heat measurements in a rotating magnetic field. The latter is an effective tool for investigating the nodal structures of anisotropic superconductors.



遍歴電子イジング強磁性体 URhGe の磁場温度相図。(a) は概略図で、キュリー温度は磁化困難軸 (b 軸) 方向の磁場 H_b によって制御される。量子相転移点近傍 ($H_b \sim 12$ T) で一次相転移を示す。(b) は磁化測定結果から量子相転移近傍の相図を可視化したもの。磁化容易軸 (c 軸) 方向の磁場 H_c に対して、一次の相転移はウィング状に広がり、4 K 付近にある三重臨界点 TCP で閉じる。また、 $T=0$ の平面にはウィング量子臨界点 (QWCP) が存在する。



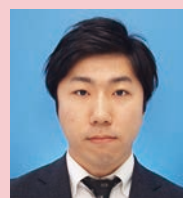
Magnetic phase diagram of the itinerant Ising ferromagnet URhGe. The Curie temperature of this compound can be tuned by applying a magnetic field along the magnetically-hard b axis as shown in the schematic phase diagram (a). A first-order transition appears close to a quantum phase transition region ($H_b \sim 12$ T). (b) shows the phase diagram near the quantum phase transition, constructed from the magnetization data. The first-order transition region expands in a wing structure by an additional magnetic field along the magnetically-easy c direction, and closes at a tricritical point (TCP) near 4 K. Quantum wing critical points (QWCP) exist on the $T=0$ plane.

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
MORI, Hatsumi
教授
Professor藤野 智子
FUJINO, Tomoko
助教
Research Associate出倉 駿
DEKURA, Shun
特任助教
Project Research Associate

物質科学は、新しい概念を与える新物質の発見を契機に大きな発展を遂げている。

本研究室では、内部自由度をもつ分子を基盤とし、それら分子が凝縮した分子性物質において、分子自身の個性と、分子間の相互作用による自由度が相関した、特異な機能性(電子・プロトン伝導性、磁性、誘電性、その圧力・電場による外場応答性、電界効果トランジスタ特性)の開拓を行っている。

分子性物質の魅力は、1) 多彩な分子内および分子間の自由度が設計・制御可能であること、2) 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、3) 分子が非常に柔らかいため環境および外場応答性が大きく、電場、電界による励起状態を経て特異な機能を発現することなどが挙げられる。

森グループでは、新しい有機超伝導体としてモット型 $\kappa\text{-ET}_2\text{Cu}(\text{NCS})_2$ や電荷秩序型 $\beta\text{-(meso-DMBEDT-TTF)}_2\text{PF}_6$ (図1) を発見し、物性研究を行った。さらに最近では、水素結合プロトンと伝導電子が動的に連動して、伝導性と磁性の切り替え現象を示す純有機伝導体(図2)を開発した。

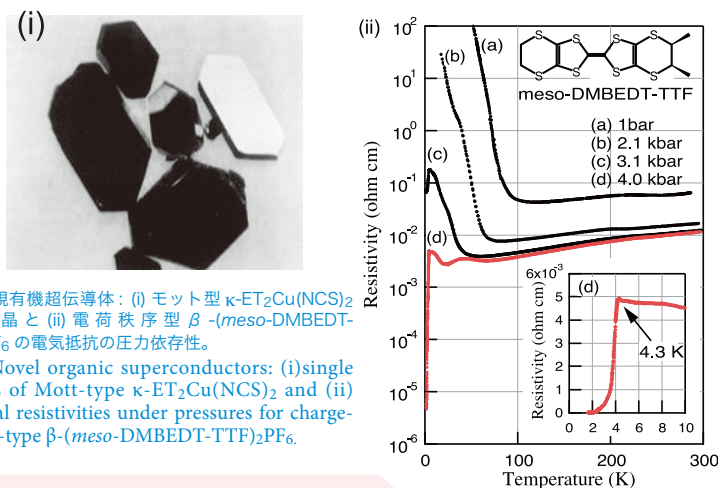


図1. 新規有機超伝導体: (i) モット型 $\kappa\text{-ET}_2\text{Cu}(\text{NCS})_2$ の単結晶と (ii) 電荷秩序型 $\beta\text{-(meso-DMBEDT-TTF)}_2\text{PF}_6$ の電気抵抗の圧力依存性。
Fig.1. Novel organic superconductors: (i) single crystals of Mott-type $\kappa\text{-ET}_2\text{Cu}(\text{NCS})_2$ and (ii) electrical resistivities under pressures for charge-ordered-type $\beta\text{-(meso-DMBEDT-TTF)}_2\text{PF}_6$.

Development of “materials science” is started from discoveries of novel materials with new concepts.

The development of novel functionalities (electron and proton conductivities, magnetism, dielectrics, responses by external stimuli such as pressure and electric field, and field effect transistor) has been aimed based upon molecular materials with utilizing intra- and inter-molecular degrees of freedom.

The attractive points of molecular materials are 1) that a variety of intra- and inter-molecular degrees of freedoms are designable and controllable, 2) that large Coulomb interactions (electron correlation) reflect the magnetism (electron particle) as well as conductivity (electron wave) in molecular materials, and 3) that large responses by external stimuli are observable due to softness of molecules and strong electron-phonon coupling.

In Mori group, novel Mott-type organic superconductor $\kappa\text{-ET}_2\text{Cu}(\text{NCS})_2$ and charge-ordered-type one $\beta\text{-(meso-DMBEDT-TTF)}_2\text{PF}_6$ have been developed and characterized (Fig. 1). Moreover, novel electron-proton coupled purely organic conductors, where conductivity and magnetism switching due to coupled deuteron and electron transfers, have been developed and characterized (Fig. 2).

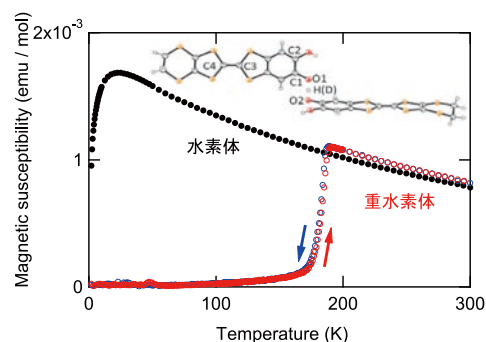


図2. 伝導電子と水素結合プロトンが相関する純有機伝導体 $\kappa\text{-X}_3(\text{Cat-EDT-TTF})_2$ ($\text{X} = \text{H}, \text{D}$) において、大きな重水素効果により高温で伝導性および磁性が切り替わる。
Fig.2. Switching behavior of electrical resistivity and magnetism due to large deuteron isotope effect in proton-electron correlated purely organic conductors $\kappa\text{-X}_3(\text{Cat-EDT-TTF})_2$ ($\text{X} = \text{H}, \text{D}$).

研究テーマ Research Subjects

1. 分子の自由度を生かした新規有機(超)伝導体およびプロトン伝導体の開発と機能性研究
Development and studies of structural and physical properties for novel organic (super)conductors and proton 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、金属錯体、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. 分子性物質の外場(磁場、電場、温度、圧力)応答の研究
Studies of responses by external stimuli (magnetic and electric fields, temperature, pressure) for molecular materials
4. 有機電界効果トランジスタの研究
Study of organic field effect transistor

長田研究室

Osada Group

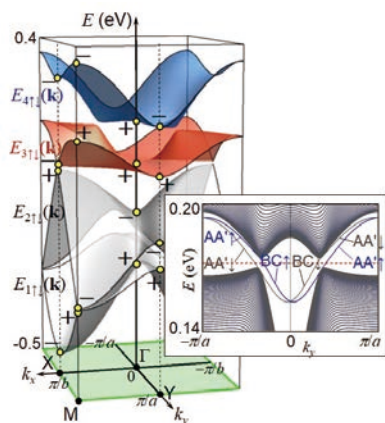


長田 俊人
OSADA, Toshihito
准教授
Associate Professor



田縁 俊光
TAEN, Toshihiro
助教
Research Associate

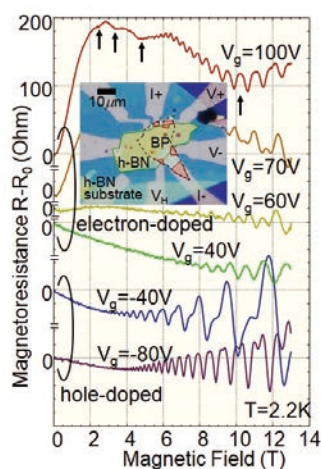
量子伝導物性。トポロジカル物質、低次元物質、ナノ構造に現れる新しい電子状態や量子伝導現象の探索・解明・制御を行う。グラフェンなどの原子層物質やそのファンデルワールス複合積層系、トポロジカル絶縁体・半金属、低次元有機導体、半導体・超伝導体の人工ナノ構造を対象として、低温・強磁場下での電気伝導が示すトポロジカル効果や量子効果を研究する。原子層積層構造の作製と素子形成、2軸全磁場方位依存性の精密計測、40T級小型パルス磁石による強磁場計測などを主な実験手段とする。最近ではグラフェン接合系や黒リン超薄膜の量子伝導、有機導体 α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ におけるトポロジカル電子相、超薄膜グラファイトの磁場誘起電子相転移に関する研究を重点的に行っている。



有機ディラック半金属 α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ において、有限のスピン軌道相互作用によりギャップが生じたバルクのバンド構造。対称点における波動関数のパリティが示されている。パリティの積は-1で、系がトポロジカル絶縁体であることを示す。挿入図は1次元鎖に平行な試料端をもつ有限系のエネルギ準位。バルクのギャップ内にヘリカルエッジ状態が現れる。

Gapped bulk band structure in an organic Dirac semimetal α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ with finite spin-orbit interaction. Parities of wave functions are indicated at symmetric points. The parity product of -1 means that the system is a topological insulator. The inset shows the energy spectrum of finite system with the edge parallel to the one-dimensional chains. There appears a helical edge state in the gap.

Quantum transport in electron systems. We search for, elucidate, and control new electronic states and quantum transport phenomena that appear in topological materials, low-dimensional materials, and nanostructures. Targeting atomic layer materials such as graphene, their van der Waals complex stacks, topological insulators/semimetals, low-dimensional organic conductors, and artificial semiconductor/superconductor nanostructures, we investigate new topological or quantum effects in transport phenomena. Key experimental techniques are alignment and transfer for building up atomic layer stacks, micro-fabrication for small device structures, precise double-axis field rotation, miniature pulse magnet generating above 40T, etc. Recently, we have focused on studies on quantum transport in graphene junctions and black phosphorus thin-films, various topological phases in an organic conductor α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$, and the magnetic-field-induced electronic phase transition in graphite.



六方晶窒化ホウ素 (h-BN) 超薄膜で挟んで保護した黒リン超薄膜の電界効果トランジスタ (FET) 素子の幾つかのゲート電圧における磁気抵抗。負のゲート電圧では単一の2次元正孔系のシュブニコフ・ドハース効果が見られるが、高い正のゲート電圧では2つの2次元電子系の存在を示す振動が現れる。挿入図は素子の光学顕微鏡写真。

Magnetoresistance of the black phosphorus thin-film FET device encapsulated by h-BN thin-films for several gate voltages. Single Shubnikov-de Haas oscillation of two-dimensional (2D) holes is observed in negative gate voltages. In contrast, double oscillations indicating the existence of two kinds of 2D electrons appear in positive high gate voltages. The inset shows an optical micrograph of the FET device.

研究テーマ Research Subjects

1. 有機ディラック半金属のトポロジカル物性
Topological properties of an organic Dirac semimetal
2. 原子層物質およびファンデルワールス積層系の電子構造と量子伝導
Electronic structure and quantum transport in atomic layers and their van der Waals stacks
3. 層状トポロジカル物質の量子伝導現象
Quantum transport phenomena in layered topological materials
4. 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
5. 薄膜グラファイトの磁場誘起電子相転移
Magnetic-field-induced electronic phase transitions in thin-film graphite

山下研究室

Yamashita Group



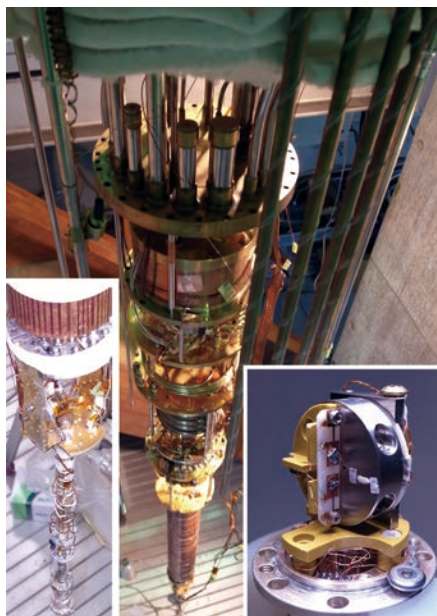
山下 穰
YAMASHITA, Minoru
准教授
Associate Professor



下澤 雅明
SHIMOZAWA, Masaaki
助教
Research Associate

温度の下限である絶対零度では全ての物質は凍りついてしまっ、何も面白い現象は無いように思われる。ところが、1 ケルビンという低温領域で金属の電気抵抗が突然0 になるという超伝導現象が発見されたのを契機に、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、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、低温までの精密測定によってその物性を明らかにする研究を行っている。特に、電子系研究が全く行われてこなかった 20 mK 以下の超低温領域における量子臨界現象、超伝導現象の解明に力を入れている。さらに、走査型磁気顕微鏡を用いた新奇電子状態の直接観察や、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状態の素励起の解明に力を入れて研究を進めている。

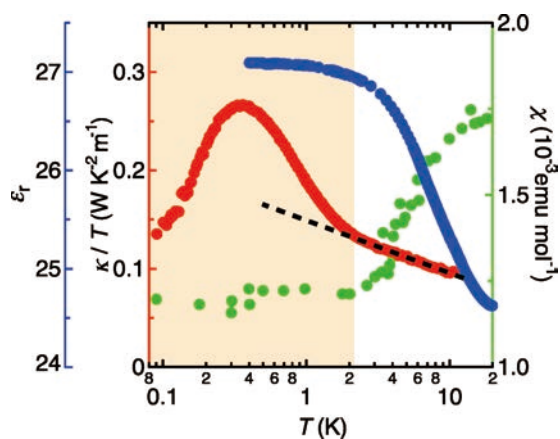


物性研の核断熱消磁冷凍機。超低温 (1 mK)・高磁場 (10 T) の実験が可能。左下挿図が実験空間拡大写真。右下挿図が超低温トルク測定用カンチレバー。

The ultralow temperature cryostat at ISSP. Nuclear demagnetization cooling enables experiments down to 1 mK under a magnetic field up to 10 T. The lower left picture is an enlarged view of the experimental space. The lower right picture shows a cantilever cell for torque measurements.

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 true, however, because quantum fluctuations persist even at absolute zero temperature. The richness of low-temperature physics was first demonstrated by Heike Kamerlingh Onnes at 1911, who was the first to liquify Helium and reached ~ 1 K. He discovered that the resistance of mercury suddenly vanished at low temperature. Followed by this discovery of the superconducting transition, many amazing quantum phenomena – superfluid transition of Helium, Bose-Einstein condensations of Alkali Bose gases – were found at low temperatures.

We are interested in these quantum condensed states at low temperatures where the thermal fluctuations are negligible. Especially, we are now challenging measurements of correlated electron systems at ultralow temperatures (below 20 mK) where many interesting phenomena have remained unexplored due to technical difficulties. Further, we are studying exotic electronic states by scanning magnetic microscope and elementary excitations of quantum spin liquids emerged in frustrated magnetic materials.



有機モット絶縁体 $\kappa\text{-H}_3(\text{CAT-EDT-TTF})_2$ で観測された誘電率 (青色)、熱伝導率 (赤色) および磁化率 (緑色) の温度依存性。色付きの領域では、量子常誘電状態と量子スピン液体状態が同時に出現している。

Temperature dependences of the dielectric constant (blue), the thermal conductivity (red), and the magnetic susceptibility (green) of the organic Mott insulator $\kappa\text{-H}_3(\text{CAT-EDT-TTF})_2$. In the shaded area, quantum paraelectric state and quantum spin liquid state emerge concomitantly.

研究テーマ Research Subjects

1. 超低温における強相関電子系の研究
Study of strongly correlated-electron systems at ultralow temperatures
2. 走査型磁気顕微鏡を用いた新奇電子状態の研究
Study of exotic electronic states by scanning magnetic microscope
3. 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

カン研究室

Kang Group



カン ウォン
KANG, Woun
外国人客員教授
Visiting Professor

低次元有機金属、層状物質、半金属など種々の固体の強磁場下での電氣的・熱的輸送特性に興味がある。電子状態の探索や制御のために高圧環境も頻繁に利用する。14T 超伝導磁石の極低温空間に挿入して用いる、3.5GPa 高压セル2軸回転機構が主力装置である。同装置を米国フロリダ州国立強磁場研究所で使用し、磁場を45Tまで延長した実験もしばしば行っている。この目的に特化した、小型で、製作や扱いが容易で、信頼性の高い圧力装置の開発を行ってきた。

発見から40年以上経過したが、有機金属は依然として、質量ゼロの多層ディラック電子系、トポロジカル絶縁体、スピン液体など新しい物性研究の場であり続けている。ビスマス、グラファイト、元素超伝導体などの過去の物質も、近年新たな視点から再び研究されている。我々はまた作業を最小化する実験室の自動化にも多大の努力を払っている。現在は海外からでも遠隔実験を行うことが可能である。

We are interested in electrical and thermal transport properties under strong magnetic fields of various solids such as low dimensional organic metals, layered materials, semimetals, etc. We frequently use high pressure in order to tune the electronic states or to find novel electronic states. At the center of our research resides the home-developed double-axis rotation mechanism which can accommodate high pressure devices as high as 3.5 GPa in a 14 T superconducting magnet at low temperature. We often bring the same pressure apparatus to National High Magnetic Field Laboratory in Florida to extend the field range up to 45 T. For this specific purpose, we have developed miniaturized, simple to make and to use, and highly reliable pressure apparatus for ourselves.

Even though it has been over 40 years since the metallic organic material was discovered, it continues to serve as a platform of novel physics research such as multilayer massless Dirac fermions, topological insulators, spin liquids. Old materials such as bismuth, graphite, some elemental superconductors are also being revisited. We also put a lot of effort into running the laboratory with minimal human intervention. It is now possible to conduct experiments even from abroad.

シン研究室

Singh Group



シン ヨーゲッシュ
SINGH, Yogesh
外国人客員教授
Visiting Professor

私は新規量子物質、特に強い電子相間やスピン軌道結合、トポロジなどが絡んだ物理現象が期待されるような系の開発に興味がある。最近では主に、量子スピン液体やKitaev化合物の研究を行っている。

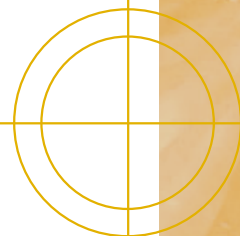
物性研では、Yb系化合物、特に $\text{Yb}_2\text{Fe}_3\text{Si}_5$ における重い電子超伝導の可能性を探索する。この化合物は一連の希土類化合物 $\text{R}_2\text{Fe}_3\text{Si}_5$ に属していて、注目すべきことに希土類がEr, Tm および Lu の場合に低温で超伝導が現れる。したがって $\text{Yb}_2\text{Fe}_3\text{Si}_5$ ではYb化合物としては希有な、近藤効果と磁気秩序に加えて超伝導のエネルギースケールが拮抗するような状況を調べることが可能である。これらのエネルギースケールをチューニングすることによって新規の磁気秩序や超伝導の実現が期待される。 $\text{Yb}_2\text{Fe}_3\text{Si}_5$ および関連物質の単結晶を作製し、極低温高圧下でそれらの物性を調べる計画である。

I am interested in discovering novel quantum materials where the physics is governed by an interplay between strong-electronic correlations, spin-orbit coupling, and lattice topology. In the recent past we have been working exclusively on Quantum Spin Liquids and on Kitaev materials.

At ISSP my work will focus on the possibility of Heavy Fermion superconductivity in an Yb-based material $\text{Yb}_2\text{Fe}_3\text{Si}_5$. This material is a member of a family of rare-earth based materials $\text{R}_2\text{Fe}_3\text{Si}_5$. The remarkable thing about this family is that the Er, Tm, and Lu members show superconductivity at low temperatures. The Yb material therefore presents an opportunity to study a rare Yb-material where the Kondo, magnetic ordering, and superconducting energy scales are comparable. Tuning these various energy scales is likely to drive the material into novel magnetic and/or superconducting ground states. We will grow single crystals of $\text{Yb}_2\text{Fe}_3\text{Si}_5$ and related variants and study their physical properties in extreme conditions of low temperature and high pressure.

物性理論研究部門

Division of Condensed Matter Theory



当部門では、実験系研究室とも協力しつつ、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について、微視的な見地から活発な理論研究が行われている。その目標は、実験結果の理論的解明、またそれを通じた相互作用する多体系の運動を捉える新概念の開拓、そして、物質の本質を捉えた有用なモデルの提案、さらには興味ある新現象の予言である。研究対象としては、量子スピン系や強相関電子系における量子相転移や量子臨界現象、重い電子系、様々な物質における超伝導、フラストレーション系、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。これらの対象にアプローチする手法も多彩であり、トポロジーなどの数学概念に基づく現代的手法、場の量子論に基づく多体摂動理論、密度汎関数理論に基礎を置く最先端の第一原理計算や量子モンテカルロ法などの大規模数値計算手法等、各研究者がそれぞれ得意とするものを中心として研究を進めている。このように、部門全体としては、現代の最先端の問題と手法をいずれも幅広くカバーしている。

This Division conducts vigorous theoretical research from a microscopic point of view at the forefront of contemporary condensed matter physics, statistical physics, and materials science, also in collaboration of experimental groups. Its goals include theoretical elucidations of experimental results, developments of new concepts describing collective behavior of interacting systems, useful theoretical modeling of materials, and predictions of novel interesting phenomena. The topics in recent research span diverse areas as quantum phase transitions and critical phenomena in quantum spin systems and strongly correlated electron systems, heavy-fermion physics, superconductivity in various materials, frustrated systems, dynamic processes and catalysis at surfaces, and quantum transport and interactions in mesoscopic conductors. A wide variety of methods, including modern approaches based on mathematical concepts such as topology, quantum field theory, and large-scale state-of-the-art computational approaches such as quantum Monte Carlo simulations and ab-initio calculation of electronic structures based on the density functional theory, are utilized to investigate these problems. As a whole, this Division and related theory groups cover a wide range of topics and approaches in the cutting-edge condensed matter theory.

教授 Professor	常次 宏一 TSUNETSUGU, Hirokazu	助教 Research Associate	藤井 達也 FUJII, Tatsuya	特任研究員 Project Researcher	玉谷 知裕 TAMAYA, Tomohiro
教授 * ¹ Professor	押川 正毅 OSHIKAWA, Masaki	助教 Research Associate	阪野 塁 SAKANO, Rui	特任研究員 * ² Project Researcher	山本 良幸 YAMAMOTO, Yoshiyuki
教授 * ² Professor	杉野 修 SUGINO, Osamu	助教 Research Associate	池田 達彦 IKEDA, Tatsuhiko	特任研究員 * ² Project Researcher	ヤン レイ YAN, Lei
准教授 Associate Professor	加藤 岳生 KATO, Takeo	助教 * ¹ Research Associate	多田 靖啓 TADA, Yasuhiro	特任研究員 * ² Project Researcher	アジコダン ディルナ AZHIKODAN, Dilna
		助教 * ² Research Associate	春山 潤 HARUYAMA, Jun		

*¹ 所内兼務。本務は量子物質研究グループ。 / concurrent with Quantum Materials Group

*² 所内兼務。本務は機能物性研究グループ。 / concurrent with Functional Materials Group

常次研究室

Tsunetsugu Group

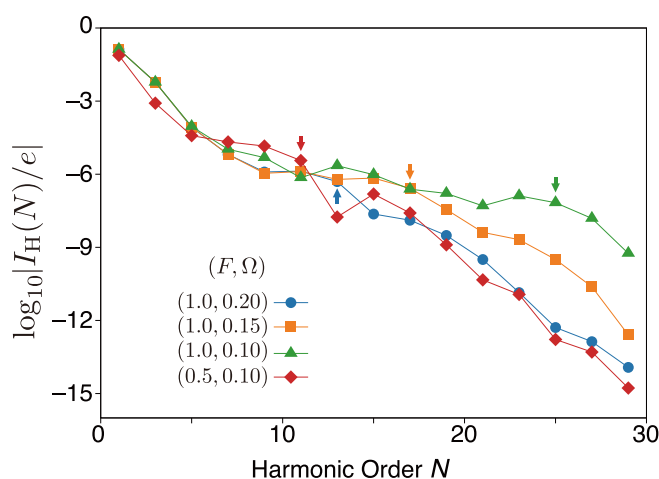
常次 宏一
TSUNETSUGU, Hirokazu
教授
Professor池田 達彦
IKEDA, Tatsuhiko
助教
Research Associate藤井 達也
FUJII, Tatsuya
助教
Research Associate

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、強磁性超伝導体やフラストレーション系などのスピン・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をはじめとするダイナミクス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、固体を用いた光の高調波生成をフロケ理論により研究し、従来よく研究された気体を用いた高調波生成の場合と、入力光周波数に関するスケールングが異なることを示した。

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 dynamical properties including transport phenomena. One of our recent achievements is about high-harmonic generation (HHG) in solids illuminated by laser. We have formulated this by Floquet theory and showed a different scaling behavior with the input frequency compared with more traditional HHG using gases.



1次元タイトバインディング模型電子系の高調波電流スペクトル。矢印で表されたカットオフ次数 N_{\max} は $F\Omega^{-1} \propto E\Omega^{-2}$ に比例して、気体でのスケールリング $N_{\max} \propto \Omega^{-1}$ と異なる。 E 、 Ω は入力電場の振幅と周波数であり、 $F \propto E\Omega^{-1}$ は電子・光結合定数。

High-harmonic spectrum of electron current in a one-dimensional tight-binding model of electrons. The cutoff order N_{\max} represented by the arrow is proportional to $F\Omega^{-1} \propto E\Omega^{-2}$ in contrast to the conventional scaling $N_{\max} \propto \Omega^{-1}$ in atomic gases, where E and Ω are amplitude and frequency of input electric field, respectively, and $F \propto E\Omega^{-1}$ is the electron-light coupling.

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と異方的超伝導
Electronic states and unconventional superconductivity in 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. 量子系の非平衡ダイナミクス
Nonequilibrium dynamics of quantum systems

加藤研究室

Kato Group



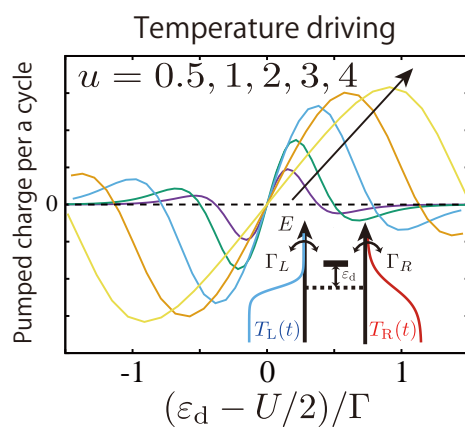
加藤 岳生
KATO, Takeo
准教授
Associate Professor



阪野 塁
SAKANO, Rui
助教
Research Associate

ナノスケール素子の量子輸送特性について、さまざまな手法を使った理論研究を行っている。この研究分野は古くからメゾスコピック系と呼ばれ、電子の量子力学的な性質に着目した研究が活発に行われてきた。最近では、非平衡多体現象・ショットノイズ・高速駆動現象・スピントロニクスなどの新しい視点で研究が進展しており、本研究室ではこれらの進展に対応して、非平衡統計力学や量子力学基礎論、多体電子論などを援用した理論研究を行っている。最近の研究例としては、ナノスケール素子の断熱ポンピング、磁性体・金属界面でのスピン輸送、フォノン系の熱輸送現象における多体効果、近藤量子ドットの非平衡輸送特性、などがある。

本研究室では上記の理論研究のほか、多体効果や非平衡現象に関する幅広い研究テーマも取り扱っている。最近の研究例としては、固体酸素の構造相転移、固体中の高調波発生理論などがある。物性研究所内の実験グループとの共同研究も進めている。

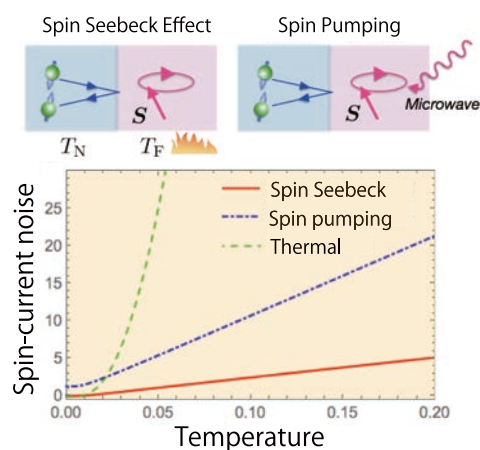


左右のリード温度 $T_L(t)$, $T_R(t)$ を時間変化させることで生じる断熱ポンピング一周あたりの輸送電荷。挿入図は系の模式図。 U はクーロン相互作用の大きさ、 $\Gamma_L = \Gamma_R = \Gamma/2$ はリードとの結合の強さ、 ε_d は量子ドットのエネルギー準位、 $u = U/\Gamma$ は無次元化したクーロン相互作用パラメータ。

Main panel: Electronic charge carried by adiabatic pumping induced by the time-dependent lead temperatures, $T_L(t)$ and $T_R(t)$, per a cycle. Inset: A schematic of the system. Here, U is the Coulomb interaction, $\Gamma_L = \Gamma_R = \Gamma/2$ is the lead-dot coupling, ε_d is the energy level of the quantum dot, and $u = U/\Gamma$ is a dimensionless parameter of the Coulomb interaction.

We are theoretically studying quantum transport in nanoscale devices using analytic and numerical approaches. This research field is called ‘mesoscopic physics’, which has been studied for a long time by focusing on the quantum mechanical nature of electrons. Recently, mesoscopic physics based on new viewpoints, for instance, nonequilibrium many-body phenomena, shot noise, high-speed drive phenomena, and spintronics has been studied. We aim to elucidate these phenomena, by exploiting nonequilibrium statistical mechanics, fundamental theory of quantum mechanics, and many-body physics. Examples of our research activities are adiabatic pumping in nanoscale devices, spin transport at an interface between a ferromagnet and a metal, many-body effect in thermal transport of phonons, and nonequilibrium transport properties of the Kondo quantum dots.

We are also working on various research subjects related to many-body effects and nonequilibrium phenomena. Examples of these researches are structural phase transition in solid oxygen and higher harmonics generation in solids. We are also collaborating with experimental groups in ISSP.



上図: スピン流を生じさせる2つの機構(スピンゼーベック効果・スピンポンピング)の模式図。下図: スピンゼーベック効果およびスピンポンピングにおけるスピン流の非平衡ノイズ、および熱ノイズの温度依存性。

Upper two figures: Schematics for two mechanisms of spin-current generation (spin Seebeck effect and spin pumping). Lower panel: Temperature dependence of nonequilibrium spin-current noises due to the spin Seebeck effect, the spin pumping, and a thermal noise.

研究テーマ Research Subjects

- メゾスコピック系の量子輸送現象
Quantum transport phenomena in mesoscopic systems
- 相互作用する電子系の物性
Properties of interacting electron systems
- 非平衡統計力学・スピントロニクス
Non-equilibrium statistical mechanics and spintronics

ナノスケール物性研究部門

Division of Nanoscale Science

ナノスケール物性科学は、物質表面付近での原子・分子レベルでの現象から無限系の量子輸送まで幅広い時空間スケールで生じる物理・化学現象をその対象とする。この分野が発展してきた背景には、超薄膜成長技術、極微細加工技術、各種表面評価手法、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。当部門では、これらを統合的に用いてナノスケール物性科学に取り組んでいる。

研究テーマの一部を以下に示す。

- ・物質の人工微細構造、複合微細構造において展開される量子・スピン輸送、
- ・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表面状態、ナノスケール構造の物性、
- ・表面化学反応等のミクロな動的過程の研究、およびこれを利用した新物質の創成、
- ・各種超薄膜のエピタキシャル成長と機能物性開拓。

A wide range of phenomena from atomic or molecular processes at solid surfaces to quantum transport in infinite systems are listed as the subjects of nanoscale science. The prosperity of such fields are sustained by the development of ultra-thin film growth, nano-fabrication, various surface characterization, local measurements with scanning probe microscopes, etc. In Division of Nanoscale Science, we integrate such techniques to study various subjects such as

Quantum and spin transport in artificial nanoscale or hybrid systems,

Study of local electronic states and transport by scanning probe microscopes,

Transport, magnetism and other properties of novel materials at solid surfaces,

Microscopic analysis of dynamical processes such as chemical reaction at surfaces, and creation of new material phases,

Epitaxial growth of ultra-thin films and device applications.

教授 Professor	勝本 信吾 KATSUMOTO, Shingo	助教 Research Associate	遠藤 彰 ENDO, Akira	技術専門職員 Technical Associate	飯盛 拓嗣 IIMORI, Takushi
教授 Professor	大谷 義近 OTANI, Yoshichika	助教 Research Associate	中村 壮智 NAKAMURA, Taketomo	技術専門職員 Technical Associate	橋本 義昭 HASHIMOTO, Yoshiaki
教授 Professor	小森 文夫 KOMORI, Fumio	助教 Research Associate	宮町 俊生 MIYAMACHI, Toshio	技術専門職員 Technical Associate	浜田 雅之 HAMADA, Masayuki
教授 Professor	長谷川 幸雄 HASEGAWA, Yukio	助教 Research Associate	一色 弘成 ISSHIKI, Hironari	技術専門職員 ^{*1} Technical Associate	向井 孝三 MUKAI, Kozo
教授 Professor	リップマー ミック LIPPMAA, Mikk	助教 Research Associate	土師 将裕 HAZE, Masahiro	特任研究員 Project Researcher	水野 隼翔 MIZUNO, Hayato
教授 ^{*1} Professor	吉信 淳 YOSHINOBU, Jun	助教 ^{*1} Research Associate	田中 駿介 TANAKA, Shunsuke		
准教授 ^{*2} Associate Professor	三輪 真嗣 MIWA, Shinji	助教 ^{*2} Research Associate	坂本 祥哉 SAKAMOTO, Shoya		

^{*1} 所内兼務。本務は機能物性研究グループ。 / concurrent with Functional Materials Group

^{*2} 所内兼務。本務は量子物質研究グループ。 / concurrent with Quantum Materials Group

勝本研究室

Katsumoto Group



勝本 信吾
KATSUMOTO, Shingo
教授
Professor



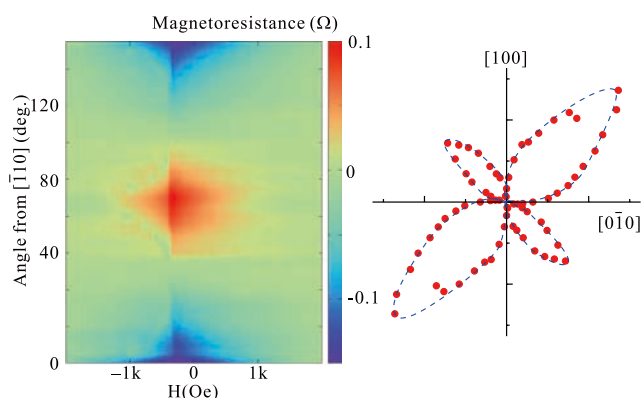
中村 壮智
NAKAMURA, Taketomo
助教
Research Associate



遠藤 彰
ENDO, Akira
助教
Research Associate

半導体や金属の超薄膜成長技術、これらを微細加工する技術を用いて、量子井戸、細線、ドットなどの低次元系の量子効果、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研究を行なっている。

量子輸送現象をスピン自由度に広げる研究として、スピン軌道相互作用とナノ構造を組み合わせる試みを行っている。エピタキシャル成長した鉄層からのスピン注入とスピン軌道相互作用の強い量子井戸構造に生じるスピン量子干渉効果の組み合わせによる新しいタイプの磁気抵抗を見出した。伝統的な量子ホール効果の新しい側面、エッジ磁気プラズモンの分散関係について、ゲート電圧により伝導領域を制限することによりマイクロ波の透過係数から情報を得る手法を開発した。ポテンシャル変調を加えた分数状態の研究への適用が期待される。



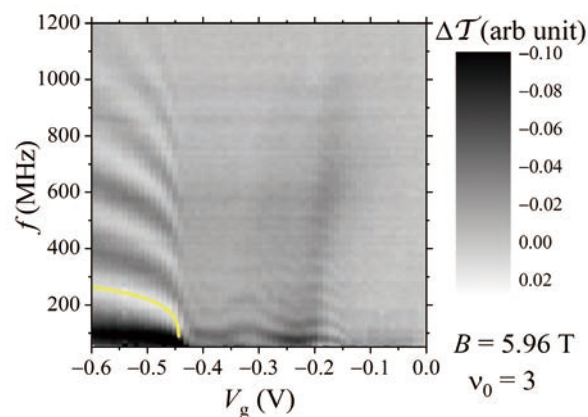
左：スピン軌道相互作用の強い InGaAs₂ 重量子井戸構造に現れた磁気抵抗を、磁場強度と [110] 方向からの磁場方向角度の 2 次元面にカラープロットしたもの。磁気抵抗の符号が [100](45°) 付近と [010](90°) 付近で反転している。右：面内磁場角度に対する磁気抵抗振幅の極座標プロット。

Left: Color level plot of the magnetoresistance of a double quantum well device (InGaAs) with spin-orbit interaction as a function of field strength and angle from [110]. The sign is reversed around [100] (45°) and [010] (90°). Right: Polar plot of magnetoresistance amplitude for the in-plane field direction.

With epitaxial growth of semiconductor and metallic films, and nano-fabrication techniques, we study quantum effects in low dimensional systems. Our research also spans some applications of the physics of electron and nuclear spins to so called spintronics.

To expand the concept of quantum transport to spin degree of freedom, we have tried to create spin currents in quantum structures. A new type of magnetoresistance is found in transport of spin polarized electrons injected from epitaxially grown Fe films into quantum well structures with strong spin-orbit interaction.

A new method to obtain information on the dispersion relation of edge-magnetoplasmon in quantum Hall edge states has been developed. The method utilizes transmission of microwave through the two-dimensional electron gas, the area of which is controlled through the gate voltage. We expect the application to the fractional quantum Hall state with surface potential modulation.



マイクロ波透過率をゲート直流電圧と周波数の関数としてグレースケールプロットしたもの。エッジ磁気プラズモン励起による吸収は、ピーク (白色) として現れている。黄色い線で示したのは、基本モードに対する理論計算結果。

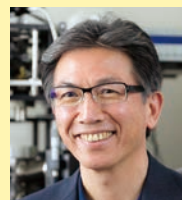
Grayscale plot of the gate bias V_g and frequency f dependence of the microwave transmission ΔT . Edge-magnetoplasmon excitations are observed as peaks (lighter tone). Thick yellow curve depicts calculated edge-magnetoplasmon excitation frequency vs. V_g for the fundamental mode.

研究テーマ Research Subjects

1. 量子電荷・スピン輸送現象
Quantum transport in charge and spin freedoms
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. 異対称性ハイブリッド構造に生じる物理現象
Physics at interfaces between the phases with different symmetries

大谷研究室

Otani Group

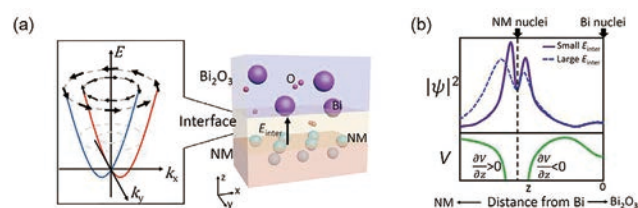


大谷 義近
OTANI, Yoshichika
教授
Professor



一色 弘成
ISSHIKI, Hironari
助教
Research Associate

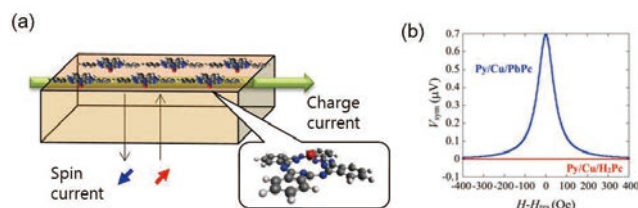
20 世紀末にスピン角運動量の流れであるスピン流という概念が登場し、電流とスピン流を結びつけて効果的に利用する学理体系としてスピントロニクスが発展してきた。過去 10 年の間にスピン流の生成・搬送・検出の方法が確立され、スピントロニクス研究は新たな局面を迎えた。最近では、電荷・スピン・フォノン・フォトン・マグノン等の準粒子が、固体中のスピンを媒介として、相互に変換されることがわかってきた。これらの『スピン変換』は、比較的単純な接合界面近傍のナノスケール領域で生じることが多いため、極めて優れた汎用性と応用性を持っている。我々の研究室では基礎的な磁気物理の視点から、スピン変換による新物性開拓とスピン変換の発現機構解明に取り組んでいる。また、微細加工技術を駆使して、スピン変換を自在に制御できるスピントロニクス素子の研究開発を行っている。



非磁性金属 (NM)/ 酸化ビスマス (Bi₂O₃) 界面状態のラシュバ分裂の見積り。NM/Bi₂O₃ 界面のラシュバパラメータの大きさと符号は、NM の種類 (Cu, Ag, Au) に依存する。これは、界面状態の電荷密度 $|\psi^2|$ の非対称性が、NM と Bi₂O₃ の仕事関数の差で決まる内部電場 E_{inter} により変調される結果であることが明らかになった。(a) NM/Bi₂O₃ 界面とラシュバ分裂の概略図。(b) NM/Bi₂O₃ 界面近傍の $|\psi^2|$ と電位 V の空間分布。

Estimation of the Rashba splitting in Non-Magnetic metal (NM)/bismuth oxide (Bi₂O₃) interface state. The magnitude and sign of the Rashba parameter at NM/Bi₂O₃ interface strongly depend on the NM (Cu, Ag, Au). This is the results of the modulation of the asymmetric feature of the charge density $|\psi^2|$ by the interface electric field E_{inter} which is defined by the work function difference for NM and Bi₂O₃. (a) The schematics of NM/Bi₂O₃ interface and the Rashba splitting. (b) Spatial distribution of $|\psi^2|$ and electric potential V near the interface.

The concept of spin current, the flow of spin angular momentum, appeared in the end of 20th century. Spintronics has developed as a new approach which utilizes the combined function of charge current and spin current. The methods of generation, transmission and detection of spin current have been well established in the recent decade. The research of spintronics is entering a new phase, recently revealing new spin mediated-interconversions among quasi-particles in solid, such as electron, spin, phonon, photon and magnon etc. These “spin conversion” phenomena often manifest in the nano-scale region at simple interfaces of various materials, and thus, have great versatility and application possibility. Our fundamental research explores the new physics of spin conversion and clarifies their mechanisms. We also develop the spintronics devices in which a variety of spin conversion can be controlled, using nanofabrication techniques.



分子 / 金属界面で初めて観察されたスピン流 - 電流変換効果 : スピンポンピング方による。鉛 (II) フタロシアニン (PbPc) と金属の界面を設計することにより、ラシュバ分裂した界面状態を発現させた。(a) PbPc/Cu 界面の概略図 (b) 外部磁場 (H_{res}) に対する、スピン流 - 電流変換由来の電圧信号の対称成分 (V_{sym})。青線、赤線はそれぞれ NiFe/Cu/PbPc、NiFe/Cu/H₂Pc の測定結果。Cu/PbPc 界面が存在する試料ではスピン流 - 電流変換に起因する明確な信号が現れる。

Spin-charge current conversion at molecule/metal interface observed by means of spin pumping method. Rashba splitting arises at carefully designed interface of lead (II) phthalocyanine (PbPc) and Cu. (a) The schematics of the PbPc/Cu interface. (b) The symmetric component of voltage signal (V_{sym}) attributed to the spin-charge current conversion at the interface as the function of the external magnetic field (H_{res}). The blue and red lines are for NiFe/Cu/PbPc and NiFe/Cu/H₂Pc sample, respectively. A clear signal appears in the sample with PbPc/Cu interface.

研究テーマ Research Subjects

1. 純スピン流の生成および検出機構
Mechanisms of pure spin current generation and detection
2. スピン流を用いた磁気転移
Magnetic phase transition by using spin current
3. トポロジカル絶縁体界面でのスピン流 - 電流相互変換
Spin-to-charge current conversion in the interface of topological insulator
4. 分子スピントロニクス
Molecular spintronics
5. 強磁性から超伝導体複合素子へのスピン注入
Spin injection into superconductor from ferromagnet

小森研究室

Komori Group

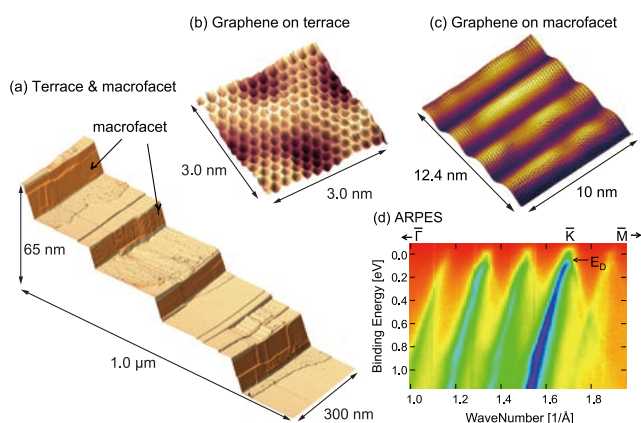


小森 文夫
KOMORI, Fumio
教授
Professor



宮町 俊生
MIYAMACHI, Toshio
助教
Research Associate

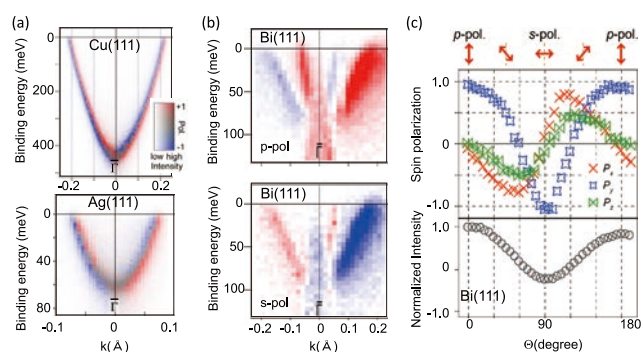
固体表面に形成される低次元系とナノ構造原子層物質の電気的磁気的性質を明らかにすることを目標に、超高真空中で走査トンネル顕微鏡 (STM)、光電子分光、磁気カー効果 (MOKE)・第二高調波発生 (SHG) 測定、および放射光分光を用いて研究を行なっている。STM を用いたトンネル分光では局所的な電子・スピン状態と準粒子干渉によるバンド構造解析、スピン角度分解光電子分光では電子状態のスピンと波数依存性を、MOKE/SHG と軟 X 線放射光分光では磁性を調べている。また、時間分解光電子分光や準粒子干渉測定によって表面での電子励起・散乱・緩和機構と、トンネル電子やレーザー光による電子励起後の新奇物質生成機構に関して、原子スケールの動的過程についても研究している。



(a-c) 傾斜 SiC 基板を Ar 雰囲気中で熱分解することによって形成されたステップ・テラス構造の STM 像 (a) と、それらの上の 2 次元および 1 次元的ナノ周期構造をもつグラフェンの STM 拡大像 (b,c)。基板表面 (a) には、SiC(0001) テラス面とそこから 28 度傾いたマクロファセットが共存し、テラスの一部 (b) とマクロファセット上 (c) に単層グラフェンができる。(d) 1 次元ナノ周期構造グラフェンからのディラックバンドの角度分解光電子分光スペクトル。複数のレプリカバンドが観測され、ディラックバンドのドーピング量はテラスに比べて低い。

(a-c) Topographic STM images of the graphene on thermally-decomposed vicinal SiC(0001) substrate (a) in Ar atmosphere. On the substrate surface, SiC (0001) terraces and macrofacets tilted 28 degrees off coexist. Magnified images of the terrace (b) and macrofacet (c) indicate formations of two- and one-dimensionally nano-periodic graphene on a part of the terrace and on the whole macrofacet, respectively. (d) Angle-resolved photoemission spectrum from the graphene on the macrofacet. Replica bands due to the periodic structure are seen. The doping level of the graphene is smaller than that on the terrace.

Electronic and magnetic properties of low-dimensional and atomic-layer materials with nanometer-scale structures at solid surfaces are studied in an ultra-high vacuum using scanning tunneling microscopy/spectroscopy (STM/STS), photoelectron spectroscopy, magneto-optical Kerr-rotation and second harmonic generation measurements. Microscopic atomic, electronic and magnetic structures, formation processes of surface atomic-layers and dynamical processes induced by electron tunneling or photo-excited carriers are examined by local imaging, spectroscopy and quasi-particle interference observations using spin-resolved STM/STS, and macroscopic spin-dependent electronic structures, magnetic properties, electron dynamics and chemical bonds by photoelectron and optical spectroscopy using VUV light and soft-X-ray from laser and synchrotron.



(a,b) Cu(111) 面, Ag(111) 面 (a) および Bi(111) 面 (b) からの表面状態スピン分裂バンドからの光電子のスピン偏極方向。検出されたスピン方向は面内かつ運動量方向に垂直であり、Cu(111) 面と Ag(111) 面では始状態のスピン偏極方向と同じである。Bi(111) 面では入射光の偏光方向を p 偏光から s 偏光へと 90° 回転すると、スピン偏極方向が 180° 反転する。(c) Bi(111) 面における光電子スピン成分の入射光偏光角 θ 依存性。 θ を連続的に変化させると光電子のスピン向きは 3 次元的に変化する。これらの物質はどれも 3 次元トポロジカル物質である。

(a, b) Spin polarization direction of photoelectrons from spin split surface bands of Cu (111) and Ag (111) (a), and Bi (111) (b). The detected spin direction is in-plane and perpendicular to the momentum direction. For Cu (111) and Ag (111), it is the same as the spin polarization direction in the initial states. For Bi (111), when the polarization direction of the incident light is rotated by 90° from the p-polarized light to the s-polarized light, the spin polarization direction is inverted by 180°. (c) Dependence of the photoelectron spin components and total intensity of Bi (111) on the incident light polarization angle θ . The spin orientation of the photoelectrons changes three-dimensionally when θ is continuously changed. All these crystals are three dimensional topological materials.

研究テーマ Research Subjects

1. 単原子層・表面ナノ構造物質の電子状態、磁性および伝導
Electronic states, magnetism and electron scattering of atomic layers and nano-structured materials at surfaces
2. 単原子層・表面ナノ構造物質の形成過程
Formation processes of atomic layers and nano-structured materials at surfaces
3. トンネル電子やレーザー光励起による電子・原子動的現象
Electron and atom dynamics induced by electron tunneling and photo-excitation

長谷川研究室

Hasegawa Group



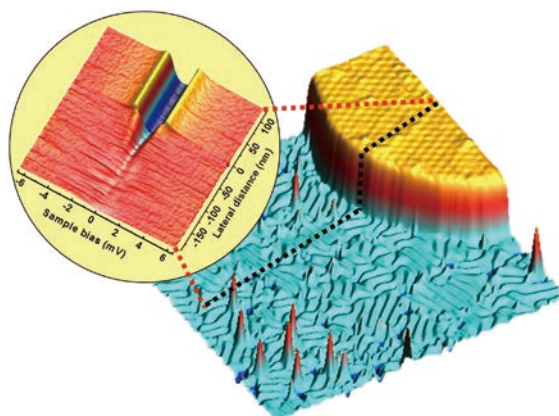
長谷川 幸雄
HASEGAWA, Yukio
教授
Professor



土師 将裕
HAZE, Masahiro
助教
Research Associate

走査トンネル顕微鏡 (STM) は、その像を通じて表面の原子構造を明らかにするのみならず、トンネル分光測定によりサブナノ領域での電子状態に関する知見を与え、さらにはスピン偏極 (SP-) STM による局所磁気特性や表面スピン構造、非弾性トンネル分光 (IETS) による種々の局所励起エネルギーに関する情報を引き出すことができる。

長谷川研究室では、極低温強磁場下で動作する STM 装置を用いて、表面超伝導など反転対称性の破れた二次元系での超伝導特性、磁性体との近接効果により誘起される特異な超伝導・トポロジカル状態の観測を試みている。また、SP-STM による磁性薄膜でのスピンスパイラルなど特異な局所磁気構造観察、SP-IETS によるスピン励起、マイクロ波導入によるナノ構造での磁気共鳴計測、スピン偏極局所ポテンシオメトリによるスピン流計測等の研究も推進している。最近では、 CeCoIn_5 などの重い電子系物質の電子状態や局所超伝導・磁気特性の研究にも取り組んでおり、軌道秩序構造の実空間観察にも成功している。

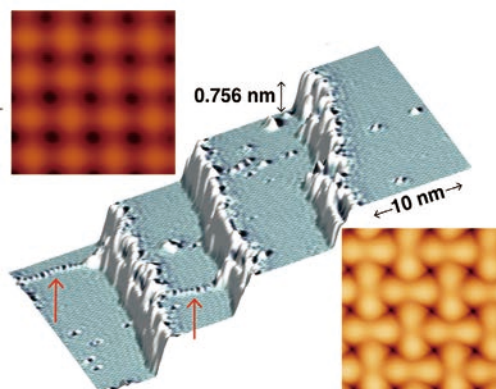


超伝導金属界面での近接効果。Si 基板上の 1 原子層 Pb (水色、常伝導相) と Pb 薄膜 (黄色、超伝導相) の界面近傍で測定されたトンネル分光スペクトルから、超伝導特性が界面から 40nm の領域にわたって染み出していることが観察されている。

Proximity effect at superconductor/metal interface. Tunneling spectra taken around an interface between 1ML-Pb layer on Si (blue, normal metal) and a Pb thin film (yellow, superconductor) indicate the penetration of superconductivity into the metal layer with a decay length of 40 nm.

Scanning tunneling microscopy (STM) reveals not only atomic structure of surfaces but also electronic states in sub-nanometer areas by tunneling spectroscopy. With a function of spin-polarized (SP-) STM, the microscope also provides local magnetic properties and surface spin structures, and with inelastic tunneling spectroscopy (IETS), various excitation energies can be extracted.

In Hasegawa-lab., by using STMs operated in ultralow temperature and high magnetic field, peculiar local superconducting and topological states that can be found in surface superconductors, whose inversion symmetry is broken, and in the proximity with ferromagnetic materials, have been explored. We have also studied local magnetic properties of spin-spiral structures using SP-STM, spin excitation with SP-IETS, magnetic resonances through the introduction of microwaves, and spin current detection using SP-potentiometry. Recent subjects include heavy-fermion materials, such as CeCoIn_5 ; orbital ordering was observed for the first time in a real space.



重い電子系物質 CeCoIn_5 で観測された表面軌道秩序状態。Co 終端面での通常の STM 像 (中央および左上図) では、丸い形状の Co 原子像が見られるが、探針を近づけて撮った像 (右下図) では、ダンベル形状の d 軌道が秩序構造を形成していることが観察された。詳細な解析により、表面にのみ誘起された構造であることが判明している。

Surface-induced orbital ordered states observed on a heavy-fermion material CeCoIn_5 . In STM images taken on a Co-terminated surface in standard conditions, round-shaped Co atoms are observed (center and upper-left images). On the other hand, in STM images taken in closer distances (lower-right) we observed an ordered phase of dumbbell-shaped d-orbitals. Detailed analysis revealed that the ordered structure is formed only on the surface layer.

研究テーマ Research Subjects

1. 低温 STM による特異な超伝導 / トポロジカル特性の探索
Exploration of peculiar superconducting / topological states using low-temperature STM
2. スピン偏極 STM へのマイクロ波導入によるナノスケール磁気共鳴計測
Nanoscale measurements of magnetic resonances by SP-STM with microwave
3. スピン偏極走査ポテンシオメトリによるスピン流の実空間計測
Real-space distribution of spin currents by spin-polarized scanning potentiometry

リップマー研究室

Lippmaa Group



リップマー ミック

LIPPMAA, Mikko

教授

Professor

半導体酸化物の透明性やバンド構造は一般的に結晶中の点欠陥や不純物の元素に依存すると言われている。多くの酸化物のドーピングにおいて、不純物イオンが結晶内のどのサイトに置換するかはイオン半径や価数によって予測できるものの、ドーピングされた結晶構造を具体的に予測することは難しい。その点で蛍光 X 線ホログラフィーは有効的な分析手法であり、不純物イオン周辺の元素の構造を精密に計測することを可能にする方法である。このホログラフィーの手法では、図 1 のように、不純物イオンの元素の蛍光 X 線の角度依存性から、不純物イオン近傍にある元素の散乱強度を計測している。我々は Rh をドーピングした SrTiO_3 の光触媒の薄膜結晶にこの方法を適用し、 Rh^{4+} のドーパントが格子歪みのない Ti サイトを置換する一方で、 Rh^{3+} のドーパントは酸素サイトで酸素空孔または置換基を有するクラスター構造を形成することを見出した (図 2)。このようなクラスター構造は $\text{Rh}:\text{SrTiO}_3$ 光触媒におけるフォトキャリアの振る舞いや太陽光を用いた水分解反応に使用される光電極に重要な役割を担っていることを明らかにした。

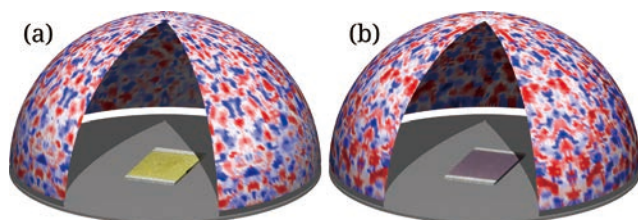


図 1. (a) $\text{Rh}^{3+}:\text{SrTiO}_3$ と (b) $\text{Rh}^{4+}:\text{SrTiO}_3$ 薄膜における Rh 元素の蛍光 X 線強度の角度分布について。強度分布の違いは Rh イオン周辺の元素の並び方が異なることを意味しており、(b) のパターンはペロブスカイト構造の完全単結晶の構造と一致している。

Fig. 1. Angular distribution of Rh fluorescence x-ray intensity for (a) $\text{Rh}^{3+}:\text{SrTiO}_3$ and (b) $\text{Rh}^{4+}:\text{SrTiO}_3$ thin films. The difference in the patterns indicates that the arrangement of the Rh nearest-neighbor atoms is different. The pattern in (b) corresponds to a perfect perovskite structure.

The band gap and transport behavior of oxide semiconductors is generally determined by point defects and doping. In many doped oxide systems, the dominant site substitution mechanism can be assumed from the dopant valence and ionic radius, but explicitly determining the dopant site structure is generally impossible. X-ray fluorescence holography is a useful technique in this regard, as it produces directly the atomic positions of the nearest neighbors surrounding a dopant atom. The method is based on measuring the angular distribution of the dopant atom's fluorescence x-ray intensity (Fig. 1) and solving for the positions of the nearest-neighbor scatterer atoms. We have analyzed the structure of Rh-doped SrTiO_3 photocatalysts and found that while the Rh^{4+} dopant substitutes at the Ti site without lattice distortion, a Rh^{3+} dopant forms clusters with oxygen vacancies or substitutes at the oxygen site (Fig. 2). Such clustering has a detrimental effect on photocarrier dynamics in $\text{Rh}:\text{SrTiO}_3$ photocatalysts and photoelectrodes used for the solar-powered water splitting reaction.

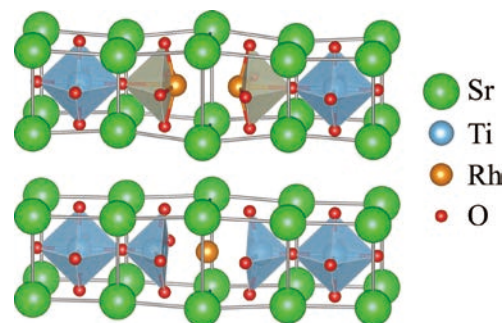


図 2. 低い酸素圧の条件で堆積した $\text{Rh}^{3+}:\text{SrTiO}_3$ 薄膜における 2 種類の欠陥構造について。(上) 酸素空孔を持つ Rh 酸化物のクラスター (下) アニオンサイトに Rh の置換構造。

Fig. 2. Two main defect cluster types in a $\text{Rh}^{3+}:\text{SrTiO}_3$ film grown at low oxygen pressure: (upper) Rh cluster with an oxygen vacancy, (lower) Rh substitution at the anion site.

研究テーマ Research Subjects

1. パルスレーザー堆積法による酸化物薄膜そしてヘテロ構造の作製
Growth of thin oxide films and heterostructures by pulsed laser deposition
2. 水分解光電極反応の高効率化に向けた酸化物半導体材料の開発
Development of oxide photoelectrode materials for photocatalytic water splitting
3. 極性材料とマルチフェロイック材料の開発
Polar oxides and multiferroic coupling
4. 酸化物ナノ構造またはナノコンポジット薄膜の合成
Synthesis of nanostructures and nanocomposite thin films

機能物性研究グループ

Functional Materials Group

物性から機能を引き出し利用できるようにするためには、物質の基底状態・平衡状態の静的電子物性を基盤として、励起状態・非平衡状態、さらには化学反応や生体系に至る動的な性質に踏み込む必要がある。近年、励起状態や非平衡状態の時間分解測定、ナノスケールの分析・分光測定、動作・反応中でのオペランド観測などの物性測定法や分光法は飛躍的に進歩した。一方、計算機科学やデータ科学を用いた理論的解析が著しく進展している。物性研究所でもこれらの手法が導入・開発され、先進的な物性研究が行われている。そこで、物性研究所の既存のグループが連携しつつ、新たに取り組むべき分野を具体的に開拓するために、機能物性研究グループが形成された。機能物性研究では、伝統的な固体物性物理が対象としてきた電子・スピン・格子及びそれらの動的過程だけでなく、原子・イオンの移動や原子の組み替え(反応)を含めて、マルチスケール・階層的複合構造をもつ物質システムを扱う。本研究グループでは、重点的な研究テーマに対する共通の関心と相補的な専門技術を有する物性研究所の研究者数名がコアメンバーとなるが、さらに数名の所員が従来の部門に属しつつ本グループの併任として機能物性研究に参加する。

The Functional Materials Group is one of two new trans-divisional and interdisciplinary research groups and deals with excited states and dynamics in systems with hierarchical and inhomogeneous structures, including chemical reactions and dynamical processes in biological systems. Recently, time-resolved spectroscopy of excited states and non-equilibrium states, nano-scale observation and measurement as well as operando spectroscopy/measurement have greatly advanced. Theoretical analysis based on first-principles calculation and data science has achieved a remarkable development. There are already pioneering works done at ISSP along such directions as mentioned above. To get started, several current faculty and staff members of ISSP have been assigned to the core members. The core members are expected to provide seeds of collaboration and organize a research team involving other divisions and facilities as well as researchers outside ISSP. It is particularly important to collaborate with research facilities of ISSP so that their advanced and unique resources can enhance the scientific quality. By taking advantage of being a joint-use/research center, we can always invite external researchers to collaborate on new subjects. The Functional Materials Group should work as an open platform for such collaborations.

教授 Professor	吉信 淳 YOSHINOBU, Jun	准教授 Associate Professor	井上 圭一 INOUE, Keiichi	特任研究員 Project Researcher	薄倉 淳子 USUKURA, Junko
教授 Professor	秋山 英文 AKIYAMA, Hidefumi	准教授*4 Associate Professor	松田 巖 MATSUDA, Iwao	特任研究員 Project Researcher	川崎 愛理 KAWASAKI, Airi
教授 Professor	杉野 修 SUGINO, Osamu	准教授*5 Associate Professor	野口 博司 NOGUCHI, Hiroshi	特任研究員 Project Researcher	金 昌秀 KIM, Changsu
教授 Professor	岡 隆史 OKA, Takashi	助教 Research Associate	挟間 優治 HAZAMA, Yuji	特任研究員 Project Researcher	陶 仁春 TAO, Renchun
教授*1 Professor	柴山 充弘 SHIBAYAMA, Mitsuhiko	助教 Research Associate	春山 潤 HARUYAMA, Jun	特任研究員 Project Researcher	中前 秀一 NAKAMAE, Hidekazu
教授*2 Professor	小森 文夫 KOMORI, Fumio	助教 Research Associate	永田 崇 NAGATA, Takashi	特任研究員 Project Researcher	中村 孝宏 NAKAMURA, Takahiro
教授*3 Professor	森 初果 MORI, Hatsumi	助教 Research Associate	田中 駿介 TANAKA, Shunsuke	特任研究員 Project Researcher	八尾 寛 YAWO, Hiromu
教授*1 Professor	山室 修 YAMAMURO, Osamu	技術専門員 Technical Associate	向井 孝三 MUKAI, Kozo	特任研究員 Project Researcher	山本 良幸 YAMAMOTO, Yoshiyuki
教授*2 Professor	リップマー ミック LIPPMAN, Mikk			特任研究員*6 Project Researcher	アジコダン ディルナ AZHIKODAN, Dilna
教授*4 Professor	原田 慈久 HARADA, Yoshihisa			特任研究員*6 Project Researcher	ヤン レイ YAN, Lei

*1 所内兼務。本務は中性子科学研究施設。/ concurrent with Neutron Science Laboratory

*2 所内兼務。本務はナノスケール物性研究部門。/ concurrent with Division of Nanoscale Science

*3 所内兼務。本務は凝縮系物性研究部門。/ concurrent with Division of Condensed Matter Science

*4 所内兼務。本務は極限コヒーレント光科学研究センター。/ concurrent with Laser and Synchrotron Research Center

*5 所内兼務。本務は物質設計評価施設。/ concurrent with Materials Design and Characterization Laboratory

*6 所内兼務。本務は計算物質科学研究センター。/ concurrent with Center of Computational Materials Science

吉信研究室

Yoshinobu Group



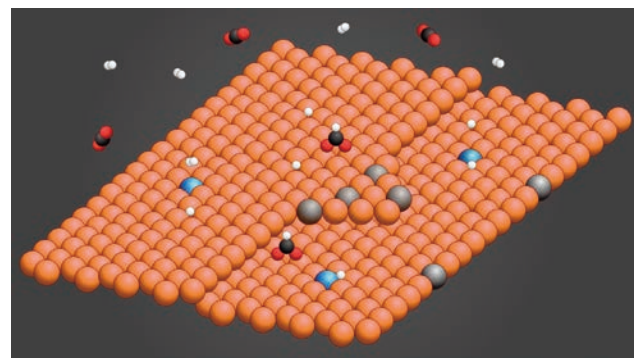
吉信 淳
YOSHINOBU, Jun
教授
Professor



田中 駿介
TANAKA, Shunsuke
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、新しい物質を構築する「反応場」であることが最も重要な特徴である。また、表面界面は物質移動の場だけではなく、エネルギー変換の場としても極めて重要である。最近では、原子・分子レベルで制御されたナノスケールの材料（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）を作製し、機能を持ったナノ・デバイスを構築することも可能になってきた。原子スケールで物質移動(拡散や反応)を制御し、機能をもつ材料やデバイスを創製するためには、表面・界面における素過程を理解することが不可欠である。表面における原子・分子のダイナミクス研究は、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、さらに地球環境や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。最近では、二酸化炭素や水素が関わる表面反応過程に興味を持っている。当研究室では、表面・界面における原子・分子のダイナミクス(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、新たに THz パルスによる表面化学反応の制御も計画している。また、シンクロトロン放射光施設(KEK-PF、SPring-8 など)における雰囲気光電子分光を用いた表面のオペランド観測を推進している。

Solid surfaces are intriguing objects, because novel structures and electronic properties emerge as a result of symmetry breaking of bulk. Solid surfaces play an important role as “low dimensional reaction field”, on which we can provide atoms and molecules and manipulate them deliberately. In addition, surface and interface are vital in the energy conversion and dissipation processes. In order to fabricate atomically-controlled surface functional 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. Recently, we are interested in surface reactions including CO₂ and hydrogen. In addition, we can simulate chemical reactions on cosmic dust with laboratory experiments in ultrahigh vacuum at low temperature. We have utilized surface vibrational spectroscopy, photoelectron spectroscopy and local probe methods in order to investigate structures, reactions and electronic properties of atoms, molecules and thin films on surfaces. Synchrotron radiation (KEK-PF, SPring8 etc.) is also used to study electronic structure of surface and interface, including *operando* XPS.



A schematic model of CO₂ hydrogenation on the Pd-Zn-Cu model catalyst

研究テーマ Research Subjects

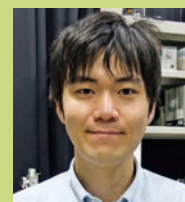
1. モデル触媒による小分子の活性化と表面反応の研究
Activation and surface reaction of small molecules by model catalysts
2. 表面や界面における水素が関わる物性と反応（ハイドロジェノミクス）
Properties and reactions with hydrogen at surfaces and interfaces (Hydrogenomics)
3. 半導体および有機薄膜の電子状態と表面電気伝導の研究
Electronic states and surface conductivity of semiconductor and organic thin film
4. 低次元物質の電子状態と反応性の研究
Electronic states and reactivity of low-dimensional materials on surfaces
5. 固体表面における原子・分子ダイナミクスの研究
Dynamical processes of atoms and molecules on solid surfaces

秋山研究室

Akiyama Group



秋山 英文
AKIYAMA, Hidefumi
教授
Professor



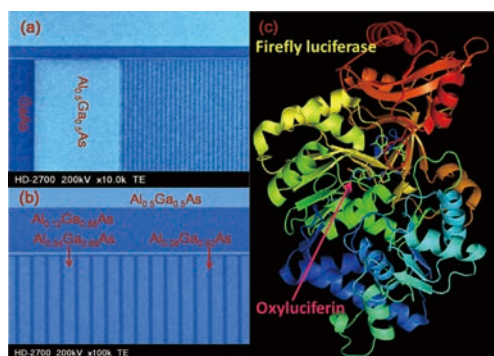
挟間 優治
HAZAMA, Yuji
助教
Research Associate

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。

半導体レーザーに対して、最大定格を大きく超える励起を短時間だけ加え、極端非平衡状態を生み出し、フェムト秒短パルス発生限界を迫る研究を行っている。人工衛星用高品質 III-V 族半導体タンデム太陽電池の損失機構を調べ、変換効率限界を物理的に理解するデバイス物理研究も行っている。また、世界一細くかつ均一で制御性の高い半導体量子細線レーザーを作製し、量子力学的な光学物性、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。

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。さらに、それらの技術を応用し、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を、生物学・化学・理論の専門家や民間会社と共同で研究している。

100 周期 T 型量子細線レーザー (a,b) とホタルシフェラーゼ (c) の構造
Nano-structures of a 100 T-shaped quantum-wire laser (a,b) and firefly luciferase protein (c).

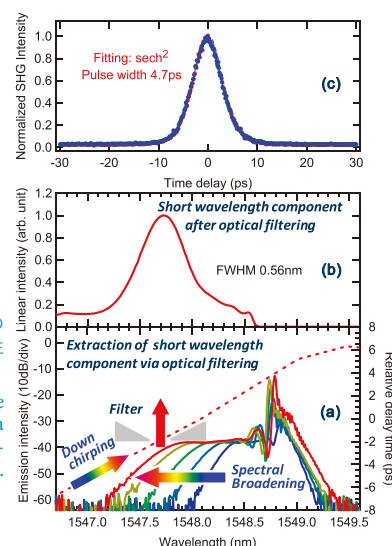


Advanced laser spectroscopy on the basis of lasers and microscopy is developed and applied to semiconductor quantum wires and other nano-structures, in order to understand and control their optical properties quantum mechanically.

Femto-second pulse generation directly from gain-switched semiconductor lasers is studied intensively to understand the pulse dynamics and the shortest-pulse limit. High-quality III-V-semiconductor tandem solar cells and their internal loss rates and mechanisms are also studied. We make the world thinnest and cleanest quantum-wire semiconductor lasers that have superior laser performances such as low threshold currents. Experimental findings and problems 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.

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. Some of these techniques have been applied to study of bioluminescence of fireflies, jelly fish, and sea fireflies as well as luminol chemiluminescence.

半導体レーザーからの 4.7 ps パルス直接発生実験
Direct 4.7 ps pulse generation from a gain-switched semiconductor laser diode.



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

杉野研究室

Sugino Group



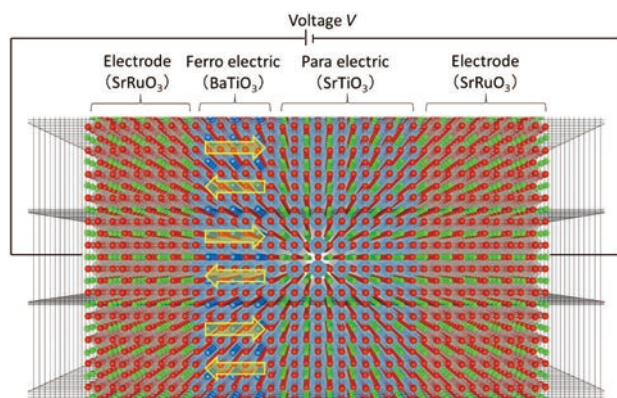
杉野 修
SUGINO, Osamu
教授
Professor



春山 潤
HARUYAMA, Jun
助教
Research Associate

物質の性質を理解するのに、シュレディンガー方程式など物理学の基本方程式を解くところから始めるのが、第一原理計算で用いられるアプローチである。この方法を用いれば、未知の物質の物性予測や興味深い実験結果の説明を、実験と独立に行うことができる。

最近、基本方程式を数値的に解くための手法が急速に整備された結果、かなり複雑な物質であっても信頼できる計算が容易になってきた。そのため、実験と計算がデータを互いに補完しながら、密接に協働して物質探索や機構解明を行える段階になった。本研究室ではこのような「機能物性研究」を推進しており、電池や生体物質、ナノ物質における種々のエネルギー変換機構の解明、新たな高圧相・強磁場相の予測などを行っている。第一原理計算手法が研究の発展の鍵となることから、その開発に関しても力を入れて行っている。

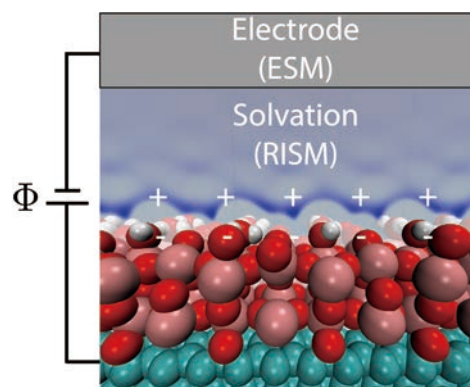


負の誘電率を持つ界面の模型。強誘電体と常誘電体の薄膜を電極で挟み、両側から電位差を印加すると、強誘電体領域に負の誘電率が現れ、界面全体の誘電容量が増加する。この現象は、電子デバイスなどへの応用が考えられる。

Model interface that exhibits negative permittivity. The interface is found to be constituted by a ferroelectric region of negative permittivity and paraelectric region of positive permittivity, which yields enhanced capacitance of the interface. This phenomenon may be applicable to future electronic devices.

The purpose of the first-principles calculation is to solve the basic formula of physics, such as the Schrödinger equation, for the understanding of properties of materials. This approach is eligible for a prediction of the properties of undiscovered materials even in the extreme condition of pressure and temperature, independently of the experiments.

Owing to the recent progress in numerically solving the equation, reliable first-principles simulation can be applied to quite complex materials, enabling thereby serious collaboration to theory and experiment for a material design or a mechanism search. Sugino group is doing such “functional material research” to understand (a) energy conversion processes occurring in batteries and in nano- or bio- materials and (b) stability of new phases that appear in the high pressure or strong magnetic field conditions. The numerical work often requires development of advanced computational method, which is also an important target of the study.



遷移金属酸化物 (TiO₂) 電極と水界面の模型。計算では、炭素電極 (緑)、Ti (ピンク)、O (赤)、H (白) をあらわに扱い、それを覆う溶媒は RISM 法を用いてモデル的に扱う。さらに ESM と呼ばれる連続体を用いて電位差を印可して行う。この模型は最も進化した電気化学界面の一つであり、エネルギー変換の機構、最適電極物質の探索を行なうことができる。

Model for the biased TiO₂ solution interface. The model consists of the layer of carbon electrode (green), Ti (pink), O (red), and H (white), which are covered by implicit solvent model called RISM. By additionally introducing a continuum called ESM, bias potential can be applied to the interface. This is one of the most advanced first-principles models for the electrochemical interface, which allow us to investigate energy conversion processes and to search for the most effective electrode materials.

研究テーマ Research Subjects

1. 電極界面でのエネルギー変換機構解明
Structure of electrode-electrolyte interface and mechanism of energy transfer
2. 多体グリーン関数法に基づく第一原理計算手法の開発
Development of first-principles many-body Green's function method
3. 高圧・強磁場下での酸素固体相の予測
First-principles prediction of oxygen solid at high pressure and under strong magnetic field
4. ホタルの生物発光の機構解明
Elucidation of bioluminescence of a firefly



岡 隆史
OKA, Takashi
教授
Professor

量子物質の非平衡状態に潜む未知の自然法則を発見するとともに、その理解をもとに物質相を自在に制御し機能発現させる方法を理論的に研究する。中でもフロッケ・エンジニアリングに代表される新しい理論体系が近年注目を集めており、非平衡現象を平衡系に近い深さで理解することが可能になりつつある。さらに乱流、ニューラルネットワークといった古典物理や、日常的に非平衡現象が利用されてきた半導体物理などの分野で蓄積されてきた知見を参考にしつつ、場の理論や数値計算などの基礎的な手法を利用することで相関電子系、トポロジカル物質、スピン系などの重要な量子物質(図1)の非平衡現象の研究をおこなっていくとともに、物質の新しい非線形応答効果(例えば図2)を探索する。

*当研究室は2020年1月発足となり、当面はドイツ・マックスプランク複雑系物理研究所ならびに同・固体化学物理研究所とのクロスアポイントメントとなる。

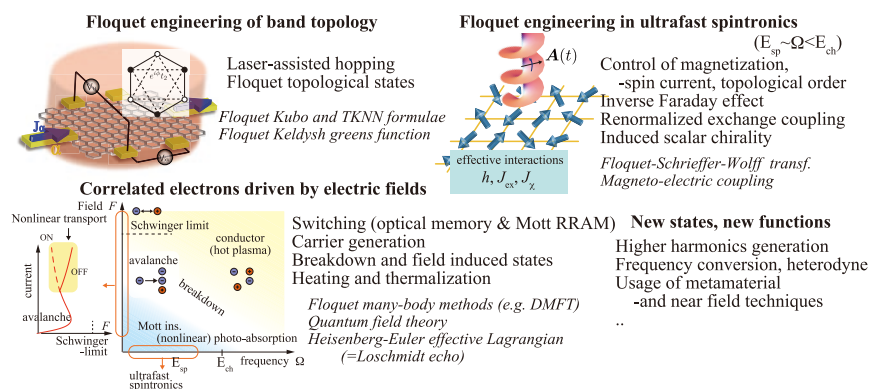


図1 量子物質のフロッケ・エンジニアリングの広がり。バンドトポロジー、スピン秩序、相関電子系などの相制御や新原理に基づくデバイスの提案につながっている。

Fig. 1. Floquet engineering in quantum materials. T. Oka, S. Kitamura, Annu. Rev. Condens. Matter Phys. 10, 387-408 (2019).

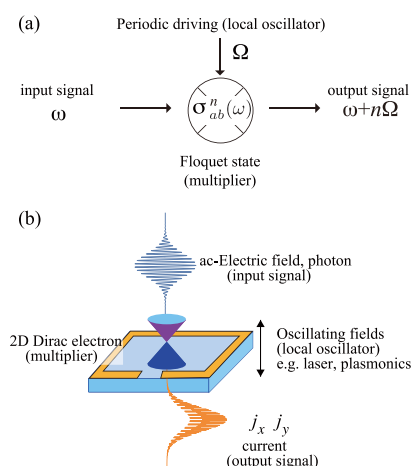


図2 フロッケ状態を利用したヘテロダイン・デバイス。(a) 入力信号に対して周波数混合の施された出力を与える。(b) 振動磁場を用いたヘテロダインホール効果の実現例。

Fig. 2. Heterodyne device utilizing Floquet states. (a) Frequency mixed output is realized. (b) A realization of the heterodyne Hall effect using 2D Dirac semimetals.

研究テーマ Research Subjects

1. 量子物質のフロッケ・エンジニアリング
Floquet engineering of quantum materials
2. 非平衡量子系の相転移現象の基礎研究
Fundamental research on phase transition in nonequilibrium quantum systems
3. 非線形量子デバイスの提案
Proposal of novel nonlinear quantum devices

井上研究室

Inoue Group



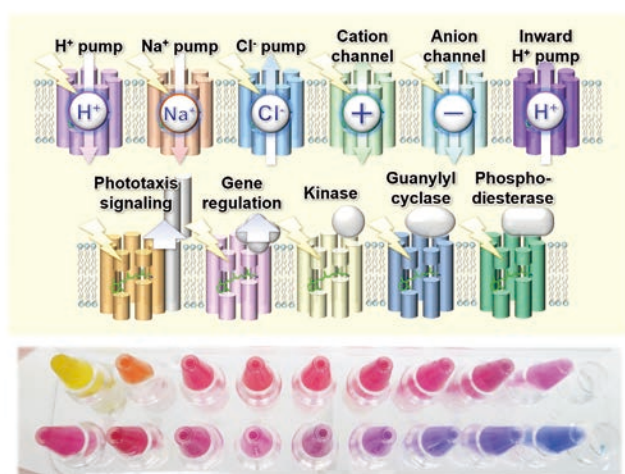
井上 圭一
INOUE, Keiichi
准教授
Associate Professor



永田 崇
NAGATA, Takashi
助教
Research Associate

多くの生物は太陽光を自身の生理活動のためのエネルギー源や、外界の環境変化を知覚するための情報源として利用する。そしてこのときに中心的な役割を果たすのが、様々な光受容タンパク質である。

本研究室ではそれら多様な光受容タンパク質の機能発現メカニズムを統一的に明らかにすることを目的とし、レーザー時間分解分光実験や振動分光実験などを通じて高次複雑系である光受容タンパク質分子の化学反応過程を調べ、さらに生化学的手法と組み合わせることで、原子・分子レベルから細胞・個体レベルにおよぶ多階層的な理解を達成することを目指した研究を行っている。またさらにそれらの知見をもとに、光遺伝学などの応用を目標とした機能性生体分子の開発にも取り組む一方で、近年のゲノム解析の発展に伴うビッグデータをもとに、新奇な光生物学的現象とそれに関わる分子群の探索研究を実施している。

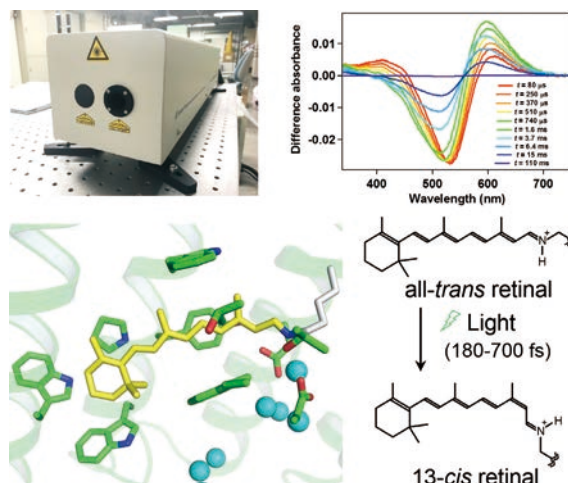


多様な機能を持つ微生物型ロドプシン（上）とその精製タンパク質試料（下）。

Microbial rhodopsin with a variety of functions (upper) and the purified-protein samples (lower).

Most living organisms use sun-light as energy source for their biological activity and information source to recognize environmental change. In this photobiological events, a wide variety of photo-receptive proteins play central role.

Our research aims unified understanding of the mechanism of biomolecular function of various photoreceptive membrane proteins. The chemical elementary process of supra complex photoreceptive protein is studied by laser time-resolved spectroscopy and vibrational spectroscopy, and we are promoting further research by combining biochemical technique to achieve multi-layer understanding from atomic and molecular to cellular and individual level. Furthermore, whereas we are developing novel artificial biomolecules on the basis of the fundamental insights for the application to optogenetics and so on, exploration study of new photobiological phenomena and related molecular groups is conducted with big data accompanying the development of genome analysis in recent years.



ナノ秒パルスレーザーによる微生物型ロドプシンの過渡吸収測定（上）およびロドプシン分子内におけるレチナールの光異性化過程（下）。

Transient absorption measurement of microbial rhodopsin by a nano-second pulsed laser (upper) and photo-isomerization process of retinal in rhodopsin (lower).

研究テーマ Research Subjects

1. 光受容型膜タンパク質ロドプシンの分子機能メカニズムの機能解析および分光研究
Functional and spectroscopic study on the mechanism of molecular function of photoreceptive membrane protein, rhodopsins
2. 先端的分光計測法の生体分子研究への応用
Application of advanced spectroscopic measurement method for biomolecular study
3. ゲノムビッグデータをもとにした新奇光受容型タンパク質探索
Exploration of novel photoreceptive proteins through use of genome big data
4. 機械学習法を用いた生体分子の機能決定因子の同定とそれにもとづく新規機能性分子開発
Machine-learning study on the determining factor for the function of biological molecules and its application for the development of novel functional molecules

量子物質研究グループ

Quantum Materials Group

物性物理はこれまで新しい物質、新しい現象、新しい概念の発見によって、大きく発展してきた。物性研究所で活発に研究されてきた強相関電子系は、その顕著な例である。一方、研究のブレークスルーは多くの場合、分野の融合によることが多い。本研究グループは、そのような視点のもとに、量子物質研究のさらなる飛躍を目指して、理論と実験の緊密な連携を核とし、従来の研究部門の垣根を超えた共同研究を推進するために新設された。

当グループは3つのコアグループと9つの連携グループからなり、互いに強く連携しながら、強相関電子系の新しい量子相や新しい機能性材料の発見を目指した研究を進めている。実験的には、バルクや薄膜の試料を作成し、その精密物性測定、スピントロニクス機能の開拓を行っている。これらは、理論手法の開発を通じて新しいトポロジカルな量子相の開拓を行う理論チームと強く協力をして進めている。

Discovery of new materials, new phenomena, and new concepts has progressed condensed matter physics. A good example can be found in the history of research in strongly correlated electron systems, one of the major fields studied in ISSP. On the other hand, breakthroughs have been often made at an intersection of various different research fields. To facilitate another leap forward in our activity, the quantum materials group has been created to promote interdisciplinary studies based on the collaboration between the experimental and theoretical groups beyond the conventional research disciplines.

The quantum materials group currently consists of three core groups and nine joint groups. All these groups vigorously conduct collaborative research to discover novel quantum phases and functional materials in correlated electron/spin systems. The activities include new material synthesis in bulk and thin film forms and their characterization through state-of-art measurement systems. Device fabrication is also made for spintronics applications. These experiments are being conducted through lively discussion and tight collaboration with theory groups, which search for novel topological phases by using new theoretical approach and numerical methods.

教授 Professor	押川 正毅 OSHIKAWA, Masaki	助教 Research Associate	多田 靖啓 TADA, Yasuhiro	特任研究員 Project Researcher	大槻 匠 OTSUKI, Takumi
教授*1 Professor	瀧川 仁 TAKIGAWA, Masashi	助教 Research Associate	酒井 明人 SAKAI, Akito	特任研究員 Project Researcher	チェン タイシ CHEN, Taishi
教授*1 Professor	神原 俊郎 SAKAKIBARA, Toshiro	助教 Research Associate	坂本 祥哉 SAKAMOTO, Shoya	特任研究員 Project Researcher	ツァイ ハンセン TSAI, Hanshen
教授*2 Professor	廣井 善二 HIROI, Zenji	特任助教 Project Research Associate	富田 崇弘 TOMITA, Takahiro	特任研究員 Project Researcher	フー ミンシュアン FU, Mingxuan
教授*3 Professor	大谷 義近 OTANI, Yoshichika	特任助教 Project Research Associate	肥後 友也 HIGO, Tomoya	学振特別研究員 JSPS Research Fellow	レイクマー マユク RAY Kumar, Mayukh
特任教授*4 Project Professor	中辻 知 NAKATSUJI, Satoru				
准教授 Associate Professor	三輪 真嗣 MIWA, Shinji				
准教授*1 Associate Professor	山下 穰 YAMASHITA, Minoru				
准教授*5 Associate Professor	近藤 猛 KONDO, Takeshi				
准教授*5 Associate Professor	松永 隆佑 MATSUNAGA, Ryusuke				
准教授*5 Associate Professor	岡崎 浩三 OKAZAKI, Kozo				
准教授(客員) Visiting Associate Professor	近藤 浩太 KONDOU, Kouta				
教授(外国人客員) Visiting Professor	ヘルブット イゴール HERBUT, Igor				

*1 所内兼務。本務は凝縮系物性研究部門。
/concurrent with Division of Condensed Matter Science

*2 所内兼務。本務は物質設計評価施設。
/concurrent with Materials Design and Characterization Laboratory

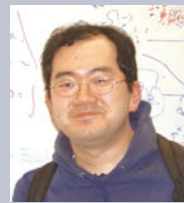
*3 所内兼務。本務はナノスケール物性研究部門。
/concurrent with Division of Nanoscale Science

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

*5 所内兼務。本務は極限コヒーレント光科学研究センター。
/concurrent with Laser and Synchrotron Research Center

押川研究室

Oshikawa Group



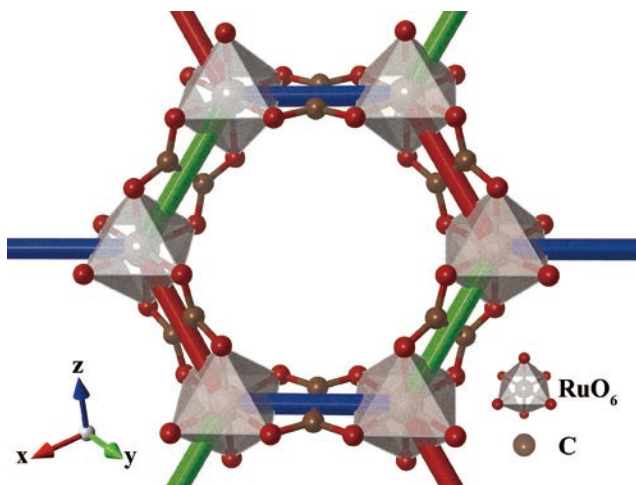
押川 正毅
OSHIKAWA, Masaki
教授
Professor



多田 靖啓
TADA, Yasuhiro
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求するとともに、実験結果の統一的理解や新たな実験に対する予言も目標とする。最近の成果の一つとして、カイラル超流動体の全軌道角運動量についての40年来のパラドックスに一定の理論的解決を与えた。また、場の理論における量子異常を応用して、離散的な対称性の存在下ではギャップレスな臨界相の間に新たな分類が生じることを示した。これは、量子相の分類に新たな展開をもたらすものである。このような理論研究における発展を実験研究と結びつけるべく、キタエフスピン液体相などの新奇なトポロジカル相を実現する物質設計についても研究を進めている。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. As an example of our recent achievements, we have given a certain theoretical result for the total orbital angular momentum of chiral superfluids, which has remained paradoxical for 40 years. We also demonstrated, based on anomaly in quantum field theory, a new classification of gapless quantum critical phases in the presence of a discrete symmetry. This opens up a new direction in classification of quantum phases. In order to connect these theoretical developments with experiments, we also study material design to realize exotic topological phases such as Kitaev spin liquids. Much of our research is carried out in international collaborations.



金属有機構造体 (Metal-Organic Framework, MOF) を用いたキタエフスピン液体の設計。キタエフ模型は、基底状態としてスピン液体を実現する、非常に興味深い厳密に解ける量子スピン模型である。イリジウム酸化物等の無機化合物でのキタエフ模型の実現が議論されているが、これらの物質では直接交換に起因するハイゼンベルグ型相互作用の寄与が大きく、基底状態はスピン液体ではない。我々は、MOF を用いて直接交換相互作用を抑制し、より理想的なキタエフ模型の実現の可能性を提案した。

Designing Kitaev spin liquid using Metal-Organic Framework (MOF). Kitaev model is an intriguing exactly solvable spin model, with a spin-liquid ground state. Although realizations of the Kitaev model in iridates and other inorganic materials has been discussed, the dominance of Heisenberg type interactions owing to direct exchanges prevents the ground state from becoming the spin liquid. We proposed a possibility of more ideal realizations of the Kitaev model, using MOFs in which direct exchange interactions are suppressed.

研究テーマ Research Subjects

1. 量子スピン系および itinerant 電子系における電子スピン共鳴
Electron Spin Resonance in quantum spin systems and itinerant electron systems
2. 量子細線の接合における伝導と共形場理論
Conduction at a junction of quantum wires and conformal field theory
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. カイラル超流体の軌道角運動量
Orbital angular momentum of chiral superfluids
5. トポロジカル相・トポロジカル現象の物質系での実現
Realization of topological phases and topological phenomena in materials



中辻 知
NAKATSUJI, Satoru
特任教授
Project Professor



酒井 明人
SAKAI, Akito
助教
Research Associate



富田 崇弘
TOMITA, Takahiro
特任助教
Project Research Associate



肥後 友也
HIGO, Tomoya
特任助教
Project Research Associate

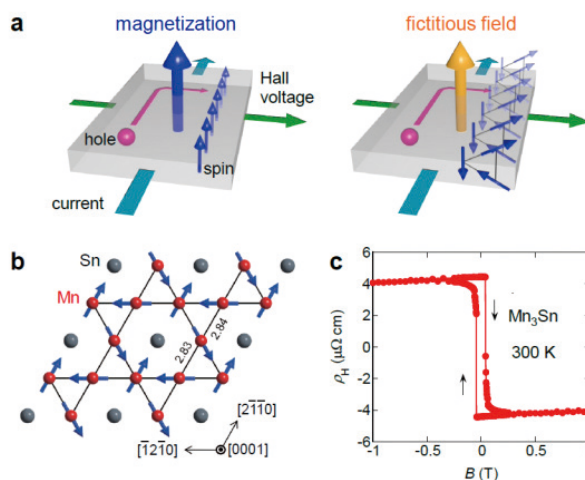
物質科学のフロンティアは、新しい現象の発見にある。なかでも、無機物質は我々の生活を支える材料として最もよく利用されてきた。その無機物質から物質中の 10^{23} 個もの電子が相互作用して創り出すマクロな量子現象が続々と発見されており、物理と化学を駆使した新物質の開発こそが新しい量子現象を目指す物質科学の醍醐味である。さらに、これらの量子現象の発見は現代の情報社会や IoT 社会の基盤となる革新的技術を生みだしている。私達の研究室では、このような新しい機能の開発を目指した新物質開発に取り組み、スピントロニクス機能やエネルギーハーベスティングなどの応用に資する新たな量子機能を探求する研究を進めている。

そのため、私達の研究室では、物質の化学合成のみならず、新しい物理現象の発見を目指した最先端物性測定、また、それを応用したデバイス作製や薄膜測定にも力を入れている。多様な手法を用いて新しい化合物の単結晶育成や薄膜作製に自ら取り組むとともに、顕著な量子効果が現れる極低温から応用に重要な室温以上での様々な高精度物性測定を行っている。

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 intermetallic compounds. Our interest lies in quantum phenomena such as exotic superconductivity and anomalous metallic states close to a quantum phase transition, novel topological phases in magnetic metals, quantum spin liquids in frustrated magnets, and their spintronics application.

a, 強磁性体における異常ホール効果 (左図) と反強磁性体 Mn_3Sn における異常ホール効果 (右図)。強磁性体中では、自発磁化 M によって電子の運動が曲げられることにより、ゼロ磁場下 ($B = 0$) でホール効果が自発的に現れる。一方で、反強磁性体 Mn_3Sn では、ゼロ磁場下 ($B = 0$) で、かつ、自発磁化 M のない状態において、ホール効果が自発的に現れる。この場合、電子の運動を曲げる要因となる仮想的な内部磁場 b が、スピンキラリティの秩序化によってもたらされると考えられる。b, Mn_3Sn の磁気構造。カゴメ格子の各頂点に位置する Mn は磁気モーメント (青矢印) を有し、キラル反強磁性構造を示す。c, Mn_3Sn における室温でのホール抵抗率の磁場依存性。

Magnetic behavior and crystal structure of Mn_3Sn . a, Anomalous Hall effect in ferromagnets (left) and in antiferromagnets (right) induced by bending the trajectory of conducting carriers by magnetization and fictitious field, respectively. b, Crystal and spin structure of Mn_3Sn . Each Mn has a magnetic moment (arrow). c, Magnetic field dependence on the Hall resistivity in Mn_3Sn at room temperature.



研究テーマ Research Subjects

1. ワイル磁性体の量子伝導効果とそのスピントロニクス応用
Quantum transport phenomena in Weyl magnets and their applications for spintronics
2. トポロジカル磁性体の開発とエネルギーハーベスティング
Search for novel topological magnets and their application for energy harvesting
3. トポロジカル量子相や新しい超伝導体の開拓
Search for novel topological phases and superconductors

三輪研究室

Miwa Group



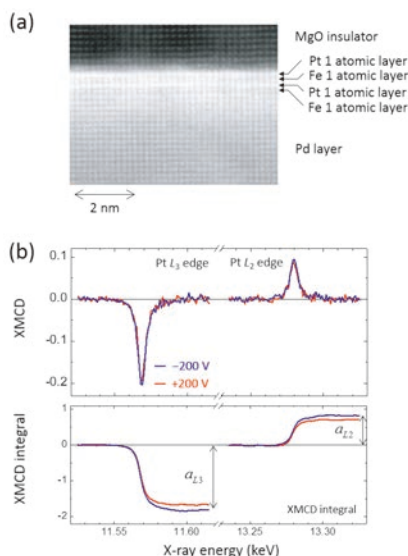
三輪 真嗣
MIWA Shinji
准教授
Associate Professor



坂本 祥哉
SAKAMOTO, Shoya
助教
Research Associate

高品質かつ特徴的なナノ構造を用いた物性実験研究を行っている。具体的には半導体工学の超高真空薄膜成長技術を金属・絶縁体・有機分子に適用し、異種材料界面を有する多層膜デバイスをを用いて研究を行う。ナノの世界で「スピン」の性質が顕著に現れることに着目し、金属・量子物質・機能性分子を組み合わせる様々な量子スピントロニクス現象を発現するデバイスを創成している。作製した新物質・材料デバイスが示す新たな物性(物の性質)を見つけ、機能化し、応用に供することが研究目的である。

最近の具体的な研究テーマは、マイクロ波帯域の電流電圧応答やフェムト秒パルスレーザーを用いたスピンダイナミクスの研究、電流電圧を印加しながらX線吸収分光を行う「オペランドX線分光」を用いた様々なスピントロニクス現象の機構解明等である。分光研究で得た知見を用いて、実際に室温巨大効果を示すデバイスの創成を目指している。



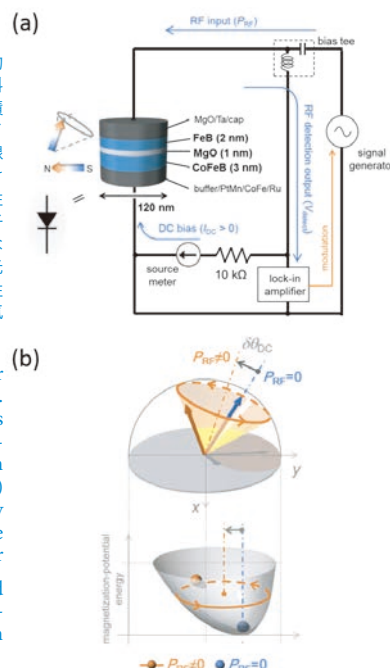
(a) 特徴的なナノ構造を有する新物質・材料薄膜の例。ありふれた材料のFe・Pt・Pd等を原子レベルで積層し、新たな物性を示す薄膜デバイスを創成した。(b) オペランドX線分光の例。MgO誘電層に電界をかけながらオペランドX線磁気円二色性分光を行い、界面Pt層における電子状態の変化を見出した。このような高品質薄膜デバイス研究とX線分光研究の融合により、次世代不揮発性メモリの駆動技術として重要な電気磁気効果の物理機構を解明した。

(a) An example of novel multilayer with characteristic nano-structure. By using conventional materials such as Fe, Pt, and Pd, we fabricated novel multilayer device with new physical phenomena. (b) An example of operando X-ray spectroscopy. We conducted the operando X-ray magnetic circular

dichroism spectroscopy under electric-field application to the MgO dielectric, and found a change in electronic state in interfacial Pt layer. The origin for the voltage-controlled magnetic anisotropy, which is important for future non-volatile random access memory, has been revealed.

We study experimental condensed-matter and material physics using high-quality and unique nano-structures. We employ ultrahigh vacuum technique, which has been used for semiconductor engineering, for the multilayer fabrication with metals, insulators, and organic molecules. We focus on spin and orbital properties, which can be pronounced in nano-structure, and fabricate quantum spintronics devices with metals, quantum materials, and functional molecules. Our research purpose is to characterize the physical properties in such devices and use them for application.

Recently, we study spin-dynamics using microwave voltage/current and femtosecond pulse laser systems. We also study microscopic origin of the various spintronics phenomena using operando X-ray absorption spectroscopy. Using the obtained knowledge, we design and fabricate spintronics devices showing large effects at room temperature.



(a) ナノ磁性体のスピンダイナミクスを利用した機能性デバイスの例。(b) スピンダイナミクス及びポテンシャルの模式図。スピンポテンシャルの精密制御により非線形効果が顕著になる。この非線形効果を利用し、ナノ磁性体のスピントルクダイオード効果の信号雑音比を向上させられることを見出した。

(a) Functional device using spin-dynamics in nano-magnets. (b) Schematic of spin-dynamics and potential. If we precisely control the spin-potential, non-linear effect can be enhanced. We find that signal-to-noise ratio in the spin-torque diode effect in nano-magnets can be enhanced by the non-linear effect.

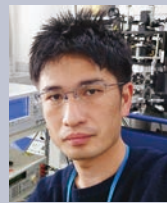
研究テーマ Research Subjects

1. 量子物質を用いたスピントロニクスデバイス
Spintronics device using quantum materials
2. オペランドX線分光によるデバイス物性の機構解明
Operando X-ray spectroscopy to reveal device physics
3. 界面ナノ制御によるデバイス機能向上
Interface engineering to develop device performance
4. スピンによる脳型コンピューティング
Brain-inspired computing using spintronics

量子物質研究グループ
Quantum Materials Group

近藤浩太研究室

Kondou Group



近藤 浩太
KONDOU, Kouta
客員准教授
Visiting Associate Professor

近年、トポロジカル物質における特異な表面状態やバンド構造を用いることで、さまざまな新奇物性の発現や巨大応答を示すことが知られている。私は、主に、このような材料のスピン트로ニクス機能に興味を持ち研究を行っている。これまでに、トポロジカル絶縁体やラッシュバ界面などの表面準位を用いたスピン流 - 電流間の相互変換現象の検証実験を行い、従来のスピンホール効果を示す遷移金属をはるかに凌駕する高効率な変換が可能であることを実験的に示した。

最近では、中辻知教授のグループとの共同研究により、トポロジカル反強磁性体 Mn_3Sn において、表面に蓄積するスピンの方向が Mn_3Sn の磁化方向に依存して変化する新たな現象 (磁気スピンホール効果) の観測に成功した。客員准教授として滞在中は、このような磁性とトポロジカル特性が強く結合した系におけるスピン流物性の解明と、磁化ダイナミクス的高速制御を目指した研究に取り組む。

My current research interests lie in the demonstration of novel spintronics functionalities by using the topological materials with unique surface state and band-structures. So far, I have investigated the spin-charge interconversion effect at surface and interface states of topological insulator and Rashba interfaces. We found that the conversion efficiencies at these interfaces were much higher than typical transition metals that exhibit spin Hall effects.

Recently, by collaboration with the group of Prof. Satoru Nakatsuji, we succeeded in observing new class of spin Hall effect (*Magnetic* spin Hall effect) in topological antiferromagnet Mn_3Sn , in which the direction of current induced spin accumulation varies in relation to the magnetization direction of Mn_3Sn . As a visiting associate professor, I am planning to study the physical properties of spin current and to demonstrate high-speed control of magnetization dynamics in these magnetic topological materials.

量子物質研究グループ
Quantum Materials Group

ヘルブット研究室

Herbut Group



ヘルブット イゴール
HERBUT, Igor
外国人客員教授
Visiting Professor

私は多粒子系の物理の理論的研究を行っている。特に、粒子間の相互作用に起因する定性的に新しい現象に魅力を感じており、それらを理解するのに必要な新しい理論的な手法やパラダイムを追求している。

近年では、互いに関連する複数の方向性を探求している。2次元における2層グラフェンや、3次元における α スズやテール化水銀、さらには強相関イリジウム酸化物のように、2次のバンド接触を持つ系では、基底状態の決定におけるクーロン相互作用の役割は非自明であり未解明の部分が大きい。我々は、たとえば、非フェルミ液体におけるネマティック秩序を持つモット絶縁体相への不安定について、「固定点衝突」シナリオを提案した。これには、ローレンツ不変性のガリレイ不変性での置き換えなど、いくつかの概念的に新しい理論的な問題が付随する。また、関連する別の問題として、トポロジカルに非自明な相が、自明な相から電子相関の増大によって誘起されるかどうか、がある。押川教授・中辻教授はトポロジーと電子間相互作用の協奏に強い興味を持っており、これらの問題について物性研着任中に議論を深める計画である。

The general area of my research is the theoretical many-particle physics. I am fascinated with qualitatively novel phenomena due to particle interactions, and have been after new theoretical tools and paradigms needed for their understanding.

In recent years I have pursued several connected threads of investigations. In systems with quadratic band touching, such as bilayer graphene in two, and gapless semiconductors, such as gray tin or mercury telluride, and more recently strongly correlated iridates, in three dimensions, the role of Coulomb interaction in determining the ground state is non-trivial and at present poorly understood. We have, for example, entertained the “fixed-point collision” scenario for the instability of the non-Fermi liquid phase towards a Mott insulator with nematic order. There is a number of conceptually new theoretical issues that need to be addressed, such as the replacement of the Lorentz with Galilean invariance. Another related question is whether a topologically non-trivial phase, be it insulating, metallic, or even superconducting, can arise out of a topologically trivial phase due to an increase of electron-electron interactions. Professor Oshikawa and Nakatsuji have a strong interest in interplay of topology and electron-electron interactions, and I hope to discuss with them these and related problems.

社会連携研究部門

Social Cooperation Research Department

本学の制度である社会連携研究部門は、公益性の高い共通の課題について、東京大学と共同研究を実施しようとする民間機関等から受け入れる経費等を活用して設置される。本研究部門では、教育研究内容における物性研究所の自主性の確保に十分配慮しながら、教育研究の進展や人材育成の活性化により、学術の推進及び社会の発展に寄与することを目的としている。

物性研究所では、2019年4月に最初の社会連携研究部門「データ統合型材料物性研究部門」が開設された。

Social Cooperation Research Department (SCRD) is a joint research framework between the University of Tokyo and its corporate or other external partners in order to collaborate in research projects that contribute to the public interest. Although SCRD is funded by external partners, its research and education activities aiming for academic advancement and social development are conducted in such a way that secures the University's autonomy and independence. ISSP established its first SCRD unit, the Division of Data-Integrated Materials Science, in April 2019.

データ統合型材料物性研究部門 Division of Data-Integrated Materials Science

昨今、機械学習が社会的にも大きな注目を集めている。機械学習の物質科学研究への応用の可能性も盛んに研究されており、多くの有望な結果が報告されている。背景には、この考え方が、基礎科学の産業応用を加速させるうえでのカギとなるという期待感がある。当部門では、実験と数値計算をデータ科学的手法によって統合し、電子相関の理解に基づいて、革新的な機能を持つ材料の物性予測・探索手法を開発することを目的としている。実験結果と数値計算結果の単純な比較や実験の理論計算による解釈にとどまらず、両者を同時に用いることによって、実験、数値計算それぞれ単独ではなしえない成果を挙げることを目指している。これによって、永久磁石や超伝導などの材料探索を進めている。

Recently, machine learning has attracted social attention. The possibility of applying machine learning to material-science research is also actively studied, and many promising results have been reported. The expectation is that this idea will be the key to accelerating the industrial application of basic science. The division aims at developing methods for prediction of physical properties of materials, based on the understanding of electron correlation, by integrating experiments and numerical calculations through data-scientific approaches. While conventionally we have been comparing experimental results with numerical ones, interpreting the former by the latter, the new goal is to achieve something that cannot be done by experiment or numerical calculation alone, by using both of them simultaneously. In this way, we are searching for new materials that supports permanent magnetization, superconductivity, etc.

教授*

Professor

川島 直輝

KAWASHIMA, Naoki

特任准教授

Project Associate Professor

福島 鉄也

FUKUSHIMA, Tetsuya

特任研究員

Project Researcher

平山 尚美

HIRAYAMA, Naomi

* 所内兼務。本務は物質設計評価施設。/concurrent with Materials Design and Characterization Laboratory

福島研究室

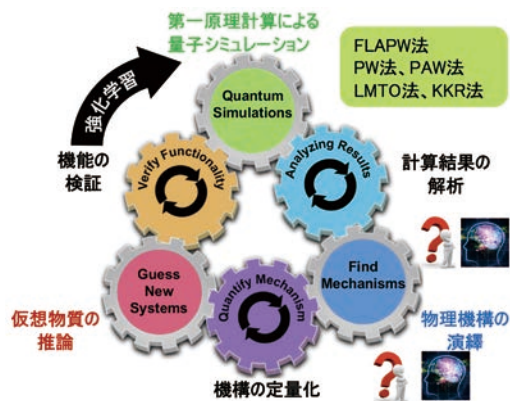
Fukushima Group



福島 鉄也
FUKUSHIMA, Tetsuya
特任准教授
Project Associate Professor

高速・大規模電子状態計算手法とデータ科学による仮想スクリーニングを組み合わせた独自のデータ駆動型マテリアルデザイン環境を開発し、次世代エレクトロニクスに資する新機能材料の探索を行っている。

マテリアルデザインは物質構造が与えられ物性機能を解明する一般的なシミュレーションの逆問題である。無限ともいえる広範囲の物質空間での系統的な材料探索はほぼ不可能であり、この状況を打破するには大量の物性データの迅速な解析と効果的な利用により有用な情報や知識を取り出すデータ駆動型マテリアルデザイン（マテリアルズ・インフォマティクス）によるデザイン主導の物質開発が必要不可欠である。本研究室ではKKRグリーン関数法に基づいた第一原理電子状態計算プログラムパッケージの開発、またデータ駆動型マテリアルデザインを積極的に利用することで「機能」→「材料」へと至る逆問題を効率よく解き新機能材料（磁性材料やスピントロニクス材料）のデザインを推進している。

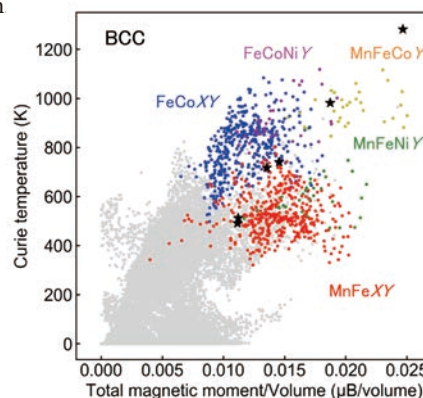


計算機マテリアルデザインエンジン (CMD)。CMDは「量子シミュレーション」、「物理機構の演繹」、「仮想物質の推論」から成る。

Computational materials design engine (CMD[®]), which consists of “quantum simulation”, “deduction of physical mechanism”, and “guess of hypothetical materials”.

We develop and use data-driven materials design (materials informatics) which is a fusion of data science and material science to explore new functional materials realizing next-generation electronics to replace the present Si-CMOS technology.

Materials design is an inverse problem of general simulation and is actually very difficult task. Due to the developments of computer performances and numerical algorithms, nowadays one can not only analyze physical properties in real systems but also design hypothetical systems with novel functionalities, based on quantum mechanical electronic structure calculations. However, it is almost impossible to perform systematic exploration in an infinitely wide range of materials space. In order to overcome such problem, we need to perform materials exploration by materials informatics which can extract useful knowledges quickly from large-scale materials database. Our main purpose is to efficiently solve the inverse problem from “functionality” to “material” by the data-driven material design method. We are also developing the large-scale DFT calculation package “KKRnano”, where the full potential screened Korringa-Kohn-Rostoker (KKR) Green’s function method is optimized by a massively parallel linear scaling (order-N) all electron algorithm



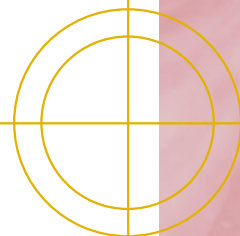
AkaiKKRコードを利用した4元磁性高エントロピー合金のハイスループット自動計算。
Automatic high throughput screening of quaternary magnetic high entropy alloys by AkaiKKR code.

研究テーマ Research Subjects

1. オーダー N 遮蔽 KKR グリーン関数法に基づく大規模電子状態計算
Large-scale DFT calculations by order-N screened KKR Green’s function method
2. マテリアルズインフォマティクスによる新機能物質探索
Design of new functional materials by materials informatics
3. 計算機マテリアルデザイン
Computational materials design
4. 不規則系ナノ構造物質の電子状態と磁気特性
Electronic structure and magnetism in substitutional and structural disordered nano-materials

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、物質設計部には大型計算機室が、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、高圧合成室の7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 Supercomputer Center of ISSP (SCC-ISSP) belongs to MD-D, while in MSC-D there are seven sections for joint-use; Materials Synthesis Section, Chemical Analysis Section, X-Ray Diffraction Section, Electron Microscope Section, Electromagnetic Measurements Section, Spectroscopy Section, and High-Pressure Synthesis 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	助教	森田 悟史	技術専門職員	福田 毅哉
Professor (Director)	HIROI, Zenji	Research Associate	MORITA, Satoshi	Technical Associate	FUKUDA, Takaki
教授	川島 直輝	助教	矢島 健	技術専門職員	浜根 大輔
Professor	KAWASHIMA, Naoki	Research Associate	YAJIMA, Takeshi	Technical Associate	HAMANE, Daisuke
教授	上床 美也	助教	平井 大悟郎	技術専門職員	石井 梨恵子
Professor	UWATOKO, Yoshiya	Research Associate	HIRAI, Daigorou	Technical Associate	ISHII, Rieko
教授	尾崎 泰助	助教	郷地 順	技術職員	小池 正義
Professor	OZAKI, Taisuke	Research Associate	GOUCHI, Jun	Technical Associate	KOIKE, Masayoshi
教授 ^{*1}	杉野 修	助教	樋口 祐次	学術支援専門職員	荒木 繁行
Professor	SUGINO, Osamu	Research Associate	HIGUCHI, Yuji	Technical Associate	ARAKI, Shigeyuki
准教授	野口 博司	助教	河村 光晶	学術支援職員	長崎 尚子
Associate Professor	NOGUCHI, Hiroshi	Research Associate	KAWAMURA, Mitsuaki	Technical Associate	NAGASAKI, Shoko
特任研究員 (PI) ^{*2}	吉見 一慶	助教	福田 将大	特任研究員	岡田 健
Project Researcher	YOSHIMI, Kazuyoshi	Research Associate	FUKUDA, Masahiro	Project Researcher	OKADA, Ken
教授 (外国人客員)	チャン ジングアン	技術専門職員	山内 徹	特任研究員	ボイ ディリップクーマー
Visiting Professor	CHENG, Jinguang	Technical Associate	YAMAUCHI, Touru	Project Researcher	BHOI, Dilip Kumar
		技術専門職員	後藤 弘匡	特任研究員	本山 裕一
		Technical Associate	GOTO, Hirotada	Project Researcher	MOTOYAMA, Yuichi
		技術専門職員	矢田 裕行	特任研究員	ホン スーシェン
		Technical Associate	YATA, Hiroyuki	Project Researcher	HUNG, Shih Hsuan
				特任研究員	余 珊
				Project Researcher	YU, Shan

^{*1} 所内兼務。本務は機能物性研究グループ。/concurrent with Functional Materials Group

^{*2} PCoMS 次世代研究員 (PI) / PCoMS Next Generation Professional Researcher (PI)

廣井研究室

Hiroi Group



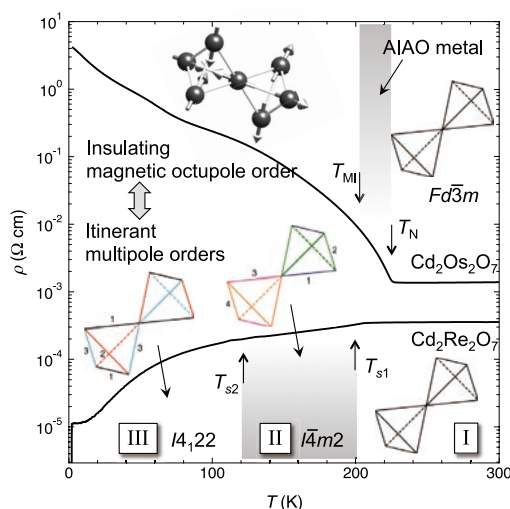
廣井 善二
HIROI, Zenji
教授
Professor



平井 大悟郎
HIRAI, Daigoro
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。

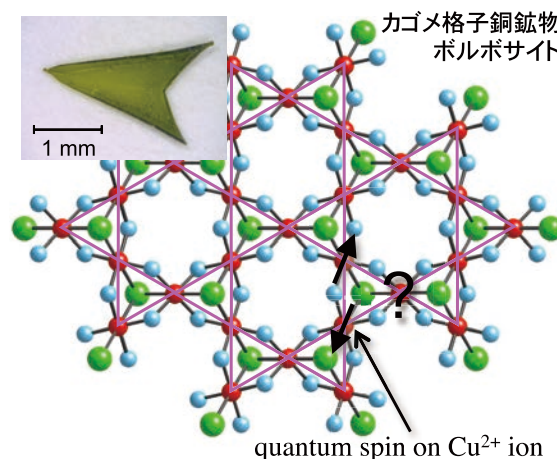


2つの5d遷移金属パイクロロ酸化物の電気抵抗。Cd₂Os₂O₇は230 Kで時間反転対称性を破り、all-in/all-out型の磁気八極子秩序を形成して絶縁体となる。一方、Cd₂Re₂O₇は200 K以下で空間反転対称性を破って遷移拡張多極子秩序を示す。後者はスピン軌道結合金属の典型物質と考えられている。

Two 5d pyrochlore oxides. Cd₂Os₂O₇ exhibits a metal-insulator transition to a magnetic octupole order below 230 K, while an itinerant multipole state is realized in Cd₂Re₂O₇ with spontaneous spatial inversion symmetry breaking below 200 K.

The remarkable discovery of high- T_c superconductivity and the following enthusiastic research in the last decade have clearly demonstrated 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 typical systems where Coulomb interactions play a critical role on the 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 density 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 lattice antiferromagnet
3. 高温超伝導体
High- T_c superconductors

川島研究室

Kawashima Group



川島 直輝
KAWASHIMA, Naoki
教授
Professor



森田 悟史
MORITA, Satoshi
助教
Research Associate

最近、人工知能／機械学習／量子計算などの流行で社会的にも計算機に注目が集まっているが、我々の研究グループでは計算物理、計算統計力学の方法論に含まれる数理的コアを明らかにし、新しい手法を開発することを基本に研究を進めている。その応用として、統計力学の未解決問題の解明や相互作用が物性を支配するいわゆる強相関量子系における実験研究との比較計算などを行っている。ここで用いられる量子モンテカルロ法やテンソルネットワーク法はボルツマンマシンや情報圧縮を通じてデータ科学とも接点を持っている。最近の研究の一例としては、Kitaevスピン液体状態を表す波動関数の簡単な表現の発見がある。Kitaevモデルの基底状態であるギャップレススピン液体状態をできるだけ少ない情報量のテンソルネットワークによって表現する努力をしていたところ、最近になって、古典統計力学モデルであるループガスモデルによってその本質が表現できることを発見した。

Recently, the trend of artificial intelligence / machine learning / quantum computation has attracted social attention. Our research group tries to clarify the mathematical core of the methods of computational physics and computational statistical mechanics. We are conducting research based on the development of new methods. As its application, we are elucidating unsolved problems in statistical mechanics and performing comparative calculations with experimental studies in strongly correlated quantum systems in which interactions dominate physical properties. The quantum Monte Carlo and tensor network methods used here are closely related to data science through Boltzmann machines and information compression. An example of recent research is the discovery of a simple representation of the wave function of the Kitaev spin liquid state. In the pursuit of expressing the ground state of the Kitaev model by using a tensor network with as little information as possible, recently, we found that it can be essentially expressed by the loop gas model, a model of classical statistical mechanics.

$$|\psi_0\rangle = \left| \begin{array}{c} \text{Loop Gas Diagram 1} \end{array} \right\rangle + \left| \begin{array}{c} \text{Loop Gas Diagram 2} \end{array} \right\rangle + \left| \begin{array}{c} \text{Loop Gas Diagram 3} \end{array} \right\rangle + \dots$$

臨界的古典ループガスによるKitaevスピン液体状態の表現。

Classical loop-gas at criticality represents the gapless Kitaev spin liquid.

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
Numerical methods for many-body physics
3. 臨界現象の一般論
General theory of critical phenomena
4. ランダム系と計算量
Disordered systems and computational complexity

上床研究室

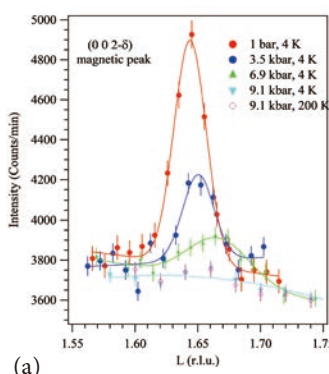
Uwatoko Group

上床 美也
UWATOKO, Yoshiya
教授
Professor郷地 順
GOUCHI, Jun
助教
Research Associate

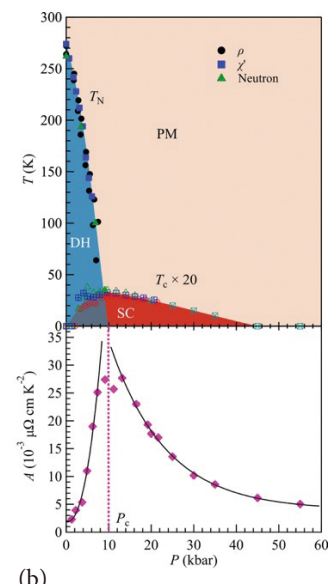
高圧力は、これまで未解決な物性現象の解明や数奇物性現象の発見に欠かせない物理パラメータの1つとなっている。特に、常圧と同程度の静水圧環境下における再現性の良い測定環境は、強相関電子系物質をはじめとする固体物性の研究において多くの成果をもたらす。また、極低温や強磁場といった他のパラメータを組み合わせた多重環境は、新しい物性探求をする上で、より多くの情報が得られる最良の測定環境である。当研究室では、超高圧力技術を駆使した、各種の物性測定に適応した高圧力発生装置の開発を行い、可能な限りよい静水圧環境における多重環境下での物性研究を進めている。結晶固体には格子の振動の自由度と、電子の電荷、スピン、軌道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を実現している。超高圧力下を用いたこれらの相互作用の制御は、物質にどのような新しい物性を出現させるのだろうか？その出現機構はどうなっているのだろうか？現在、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。

CrAsは常圧では $T_N = 265\text{ K}$ 以下で反強磁性秩序を示すが僅か1 GPaの高圧下で反強磁性秩序は消失し、非従来型の超伝導($T_c \approx 2\text{ K}$)が出現する。各圧力下での電気抵抗の温度依存性、中性子散乱実験より、非従来型の超伝導が磁気揺らぎに起因していることを明らかにした。(a) 中性子散乱実験(at 4 K)で得られた各圧力下での磁気散乱ピーク(0, 0, 2- δ)の様子。(b) 圧力相図と電気抵抗の温度依存性より得られた T_c^2 の係数Aの圧力依存性。(HD: ダブルヘリカル構造、SC: 超伝導、PM: 常磁性)

CrAs adopts the orthorhombic MnP-type structure with a first-order anti-ferromagnetic transition at $T_N = 265\text{ K}$. The first-order T_N can be suppressed quickly by the external pressure or substitution by P. And then, the unconventional bulk superconductivity with $T_c \approx 2\text{ K}$ emerges influence of magnetic fluctuation at critical area. (a): The (0, 0, 2- δ) magnetic Bragg peak for CrAs under different pressures at 4 K. (b): An updated T-P phase diagram of CrAs showing the complete suppression of T_c around 45 kbar. The coefficient A for CrAs displays an apparent enhancement around $P_c \approx 10\text{ kbar}$. (DH: double helical order, SC: superconductivity, PM: paramagnetism)



(a)



(b)

研究テーマ Research Subjects

- 多重環境下における新奇物性現象の探索
Search for new physical phenomena under multi extreme conditions
- 伝導現象等の圧力誘起相転移現象の研究
Study of the pressure induced phase transition phenomena as like superconductivity
- 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

尾崎研究室

Ozaki Group

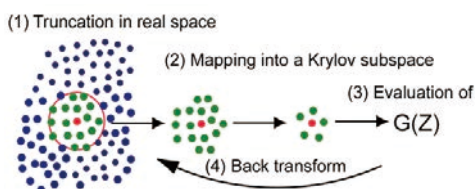


尾崎 泰助
OZAKI, Taisuke
教授
Professor



河村 光晶
KAWAMURA, Mitsuaki
助教
Research Associate

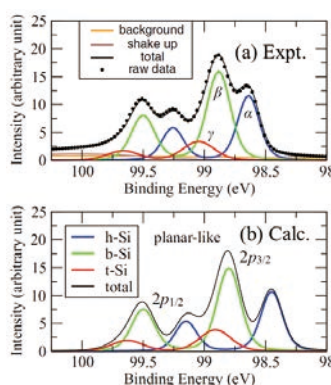
近年の超並列計算機の発展と物質科学の精密化に伴い、第一原理電子状態計算の重要性が増している。我々は密度汎関数理論に基づき、より現実に近い系をより精密に取り扱うための新しい計算手法・ソフトウェアパッケージの開発に取り組んでいる。密度汎関数法の計算量は系に含まれる原子数の三乗に比例するが、電子の近視性に着目し、計算量が原子数に比例する新しいオーダー N 法を開発した。本手法により、これまで取り扱いが困難であったリチウムイオン電池、鉄鋼材料、グラフェンナノリボンデバイスの大規模第一原理シミュレーションが可能となり、実験との直接比較が可能となりつつある。さらに最近、X線光電子分光法で観測される内殻電子の絶対束縛エネルギーの高精度計算手法を開発し、実験グループと共同してシリセン、ポロフェン、単原子分散した Pt 原子等の表面構造の特定に成功した。また開発した計算プログラムをオープンソースソフトウェア OpenMX (Open source package for Material eXplorer) として無償で一般公開し、基盤ソフトウェアとして国内外で多岐に亘る物質群の研究に広く活用されている。



オーダー N クリロフ部分空間法のアイデア。(1) 原子毎に有限距離内に含まれる原子から構成されるクラスターを構成し、(2) さらにクラスターで定義される部分空間からクリロフ部分空間への射影を行う。(3) クリロフ部分空間内で固有値問題を解き、中心原子に関するグリーン関数を計算した後、元の空間への逆変換を行う。

Underlying idea of the O(N) Krylov subspace method. (1) Construction of truncated cluster for each atom by picking atoms up within a sphere. (2) Projection of the truncated subspace into a Krylov subspace. (3) Solution of the eigenvalue problem in the Krylov subspace, calculation of Green's function associated with the central atom, and back-transformation to the original space.

In accordance with development of recent massively parallel computers, first-principles calculations based on density functional theories (DFT) have been playing a versatile role to understand and design properties of a wide variety of materials. We have been developing efficient and accurate methods and software packages to extend applicability of DFT to more realistic systems as discussed in industry. Although the computational cost of the conventional DFT method scales as the third power of number of atoms, we have developed O(N) methods, whose computational cost scales only linearly, based on nearsightedness of electron. The O(N) method enables us to simulate Li ion battery, structural materials, and graphene nanoribbon based devices which cannot be easily treated by the conventional method, and to directly compare simulations with experiments. In addition to this, we have recently developed a general method to calculate absolute binding energies of core levels in solids, resulting in determination of two-dimensional structures such as silicene, borophene, and single atom dispersion of Pt atoms in collaboration with experimental groups. Our continuous methodological developments have been all implemented in OpenMX (Open source package for Material eXplorer), which has been released to public under GNU-GPL, and widely used around world for studies of a wide variety of materials.



ZrB₂ (0001) 面上に生成されたシリセン構造の (a) 実験と (b) 計算による XPS スペクトル。実験で観測された α 、 β 、 γ の三つのピークはそれぞれ hollow サイト、bridge サイト、on-top サイトのシリコン原子に帰属される。ZrB₂ (0001) 面上に生成されたシリセン構造にはバックリングの違いによる多形が考えられるが、planar-like 構造の計算結果が実験と整合している。

XPS spectrum of silicene fabricated on ZrB₂ (0001) surface by (a) experiment and (b) DFT calculation. The α -, β -, γ -peaks observed by the experiment can be identified as those from the hollow, bridge, and on-top sites, respectively. Among polymorphs caused by buckling structures, the DFT result for the planar-like structure is well compared to the experimental result.

研究テーマ Research Subjects

1. 第一原理電子状態計算における効率的計算手法・アルゴリズムの開発
Development of efficient methods and algorithms for first-principles electronic structure calculations
2. 二次元物質の第一原理電子状態計算
First-principles calculations of two-dimensional novel structures
3. X線分光スペクトル計算手法の開発
Development of first-principles methods for X-ray spectroscopies
4. 第一原理手法による超伝導転移温度の計算
First-principles calculations of superconducting critical temperature
5. OpenMX の開発と公開
Development of the OpenMX software package

野口研究室

Noguchi Group



野口 博司
NOGUCHI, Hiroshi
准教授
Associate Professor



樋口 祐次
HIGUCHI, Yuji
助教
Research Associate

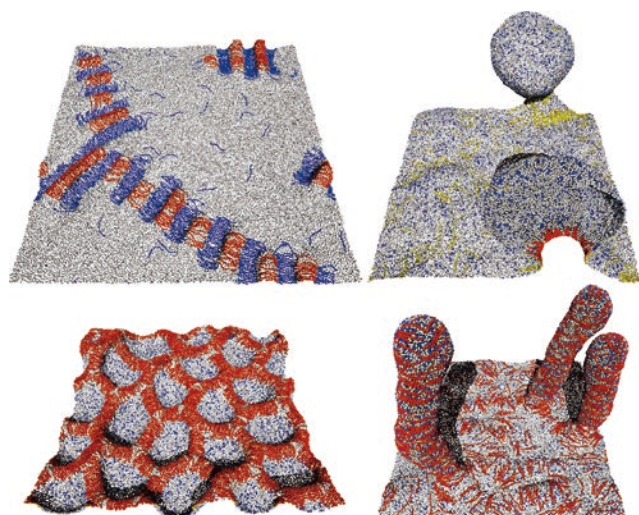
ソフトマター、生物物理を理論、計算機を駆使して研究している。特に、生体膜や細胞の構造形成、複雑流体のダイナミクスの解明に力を入れている。そのためのシミュレーション手法の開発、改良も行っている。

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、流れによる赤血球のパラシュート状やスリッパ状への変形や、タンパク質の吸着による生体膜の形態変化などを明らかにしている。

また、高分子材料の破壊など不可逆現象や気泡形成を伴う流れなど通常のナビエーストックス方程式に従わない流体のダイナミクスをスパコンを用いた大規模シミュレーションを駆使して研究している。

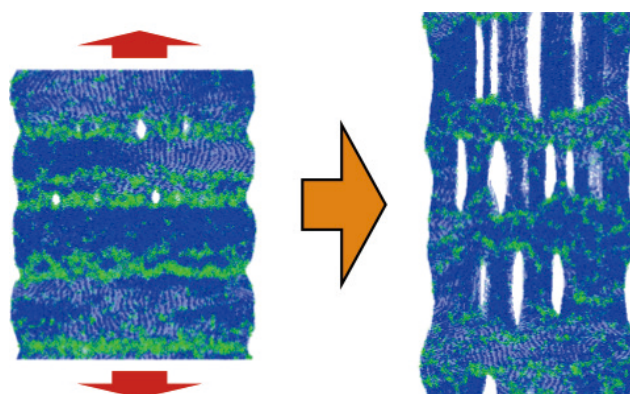
We study soft-matter physics and biophysics theoretically and numerically. Our main target is the structure formation of biomembrane and dynamics of complex fluids under various conditions. We develop membrane models and hydrodynamics simulation methods.

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 clarified the membrane tubulation by the BAR proteins. Moreover, we investigated the fracture process of polymer materials and cavitation in Karman vortex.



バナナ状タンパク質分子の吸着による膜変形。条件によって、様々な構造を形成する。左図：1次元、2次元の格子状の構造。右図：球状のコブ、円柱状の膜チューブの突起形成。

Membrane structures induced by banana-shaped protein rods: periodical bumps, hexagonal network, spherical bud, and cylindrical tubules.



伸長下の結晶性高分子の破壊。アモルファス層に空洞が生成し、破けていく。

Fracture of polymer material under axial extension.

研究テーマ Research Subjects

1. 細胞、脂質ベシクルの形態形成
Shape transformation of cells and lipid vesicles
2. 複雑流体のダイナミクス
Dynamics of complex fluids
3. 高分子材料の破壊
Fracture of polymer materials
4. 流体力学計算手法の開発
Simulation methods of hydrodynamics

吉見チーム

Yoshimi Team



吉見 一慶

YOSHIMI, Kazuyoshi

PCoMS 次世代研究員 (PI)

Project Researcher (PI)

大規模計算機室では、物性研究所が管理・運用しているスーパーコンピュータをより簡便に活用できるよう、2015年度よりソフトウェア開発・高度化プロジェクトを開始している。本チームでは、本プロジェクトに採択されたプログラムの開発・高度化を実施し、オープンソースソフトウェアとして公開するとともに、講習会支援などの普及活動を行っている。また、高度化されたソフトウェアを活用し、幅広い分野での理論研究（幾何学的電荷フラストレーションが強い系での有限温度物性解析、量子ドット系でのスピン緩和現象解析など）を行っている。最近では、高度化ソフトウェアを活用した研究に加え、近年著しい発展を見せる情報処理技術に着目し、スパースモデリングを活用した量子モンテカルロ法で得られたデータ解析や、機械学習を用いた新物質探索への研究などにも取り組んでいる。

From the 2015 fiscal year, the supercomputer center has started the project for advancement of software usability in materials science to enhance the usability of the supercomputer system of ISSP. We develop and enhance the usability of programs adopted in this project, release them as open source software, and support dissemination activities such as supporting hands-on lectures. In addition, by using the developed software, we theoretically study research subjects in a wide range of fields such as finite temperature properties in solids with strong geometric charge frustration and spin relaxation phenomena in quantum dot systems. In addition to these activities, we focus on the information processing and have been trying to apply this technique to materials science such as analyzing data obtained by the quantum Monte Carlo method by the sparse modeling method and searching new materials using the machine learning method.

チャン研究室

Cheng Group



チャン ジングァン

CHENG Jinguan

外国人客員教授

Visiting Professor

研究室では強相関電子系物質において、高圧極限条件下で出現する新奇量子現象の探索を行っている。温度と同様な物理パラメーターである圧力を駆使することにより、多くの物質に対して連続的に状態を制御し、電子的、構造的な相転移の観測が可能となる。圧力によって引き起こされる新奇物性現象の多くは、未だ未解決の分野が多い。強相関電子系物質における体系的な研究は、新奇物性現象の発見を期待させる。特に高圧力は、強相関電子系物質における相互作用の競合状態をコントロールすることが出来、種々の磁気および電子の基底状態の解明を可能とする。この様に、強相関電子系物質において、新奇物理現象や極低温での特異的な物理現象を解明するため、クリーンでより効果的な実験手段として高圧力を利用している。また、常圧では得られない新奇物質合成を様々な化学組成および広い温度範囲に於いて高圧下で行い、全く新しい観点からの物質探索を行っている。特に強いスピン軌道相互作用を持つ 4d/5d 遷移金属ペロブスカイト酸化物、および強い幾何学的フラストレーションを持つ希土類パイロクロア酸化物を中心に検討・探索を行っている。

My research interest focuses on the exploration of emergent quantum materials and phenomena in strongly correlated electron systems under high-pressure extreme conditions. As a fundamental parameter like temperature, pressure can control the states of matter and induce consecutive electronic or structural phase transitions for most substances. Many of the pressure-induced states of matters remain largely unexplored and systematic investigations on them are expected to enrich our knowledge about condensed matters. High pressure can also tip the balance of competing interactions in strongly correlated electron systems so as to access distinct magnetic and electronic ground states. We thus employ high-pressure techniques as a clean and effective means to discover novel states of matters and exotic physical phenomena at low temperatures in strongly correlated electron systems. On the other hand, we also synthesize new metastable materials under high-pressure conditions, which add a new dimension on top of varying temperature and chemical composition in the materials synthesis. Currently, we are interested in the 4d/5d transition-metal perovskite oxides with strong spin-orbit coupling, and rare-earth pyrochlore oxides with strong geometrical frustration.

物質設計評価施設

物質設計部 (Materials Design Division)

大型計算機室 Supercomputer Center

担当所員 川島 直輝 Chairperson : KAWASHIMA, Naoki
担当所員 尾崎 泰助 Contact Person : OZAKI, Taisuke
担当所員 杉野 修 Contact Person : SUGINO, Osamu
担当所員 野口 博司 Contact Person : NOGUCHI, Hiroshi

助 教 福田 将大 Research Associate : FUKUDA, Masahiro
技術専門職員 矢田 裕行 Technical Associate : YATA, Hiroyuki
技術専門職員 福田 毅哉 Technical Associate : FUKUDA, Takaki
学術支援専門職員 荒木 繁行 Technical Associate : ARAKI, Shigeyuki



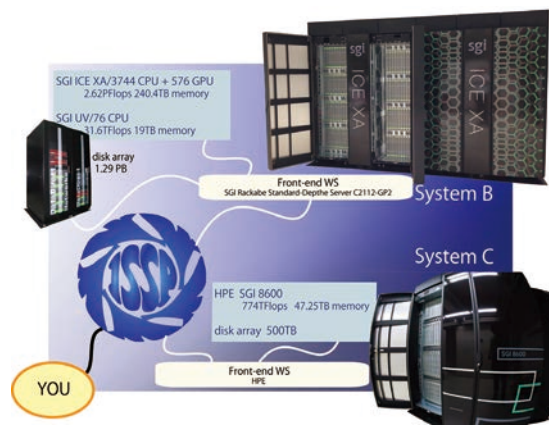
福田 将大
FUKUDA, Masahiro

大型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2015年7月に更新された大規模並列計算機(SGI ICE XA/UV ハイブリットシステム、3820 CPU (Intel Xeon) + 576GPU (Nvidia Tesla K40)) に、2018年1月に稼働を開始した大規模並列計算機(HPE SGI 8600、504 CPU)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。また、2015年度から上記スパコンシステムのより高度な利用を促進するためソフトウェア開発・高度化支援プログラムを開始した。さらに、計算物質科学スパコン共用事業を通じてポスト「京」重点課題、萌芽課題、元素戦略プロジェクト、計算物質科学人材育成コンソーシアム(PCoMS)などの大型プロジェクトをサポートしている。

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 two systems: SGI ICE XA/UV hybrid system (3820 CPU (Intel Xeon) + 576GPU(Nvidia Tesla K40)) and HPE SGI 8600 (504 CPU). The former and the latter systems were renewed in July 2015 and in January 2018, respectively. In addition to maintaining high performance of the system in cooperation with the vendors, the SCC also responds to questions and inquiries from users on a daily basis. In 2015, we started a new program for developing application programs aiming at more efficient usage of the supercomputer systems. We also support national projects, such as post-K computer projects, element strategy projects, professional development consortium for computational materials science (PCoMS), etc.



スーパーコンピュータ システムB (SGI ICE XA/UV hybrid system)
The supercomputer system B (SGI ICE XA/UV hybrid system).



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 : HIROI, Zenji
技術専門職員 石井 梨恵子 Technical Associate : ISHII, Rieko

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、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、ボックス炉）、真空蒸着装置（ 10^{-6} Torr）、グローブボックス

Main Facilities

Floating-zone furnaces, Bridgman-type furnace, Ar-arc furnace, Furnace for flux method, Ultra-high vacuum deposition apparatus, Glove box, and Box-type furnaces.



試料調整用グローブボックス
Glove box for sample preparation

化学分析室 Chemical Analysis Section

担当所員 廣井 善二 Contact Person : HIROI, Zenji
技術専門職員 石井 梨恵子 Technical Associate : ISHII, Rieko
技術職員 小池 正義 Technical Associate : KOIKE, Masayoshi

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

物質設計評価施設

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 : HIROI, Zenji
助教 矢島 健 Research Associate : YAJIMA, Takeshi



矢島 健
YAJIMA, Takeshi

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 Powder X-ray diffractometer equipped with a refrigerator, the structural analysis is performed in the temperature range of 4-300 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、極低温X線回折装置、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, Powder X-ray diffractometer with a refrigerator, 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 : HIROI, Zenji
技術専門職員 浜根 大輔 Technical Associate : HAMANE, Daisuke

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

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

電磁気測定室 Electromagnetic Measurements Section

担当所員 瀧川 仁 Contact Person : TAKIGAWA, Masashi
 担当所員 廣井 善二 Contact Person : HIROI, Zenji
 担当所員 森 初果 Contact Person : MORI, Hatsumi
 担当所員 勝本 信吾 Contact Person : KATSUMOTO, Shingo
 技術専門職員 山内 徹 Technical Associate : YAMAUCHI, Touru

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, d.c.susceptibility, a.c. susceptibility, and NMR.

主要設備

15/17 Tesla 超伝導マグネット、16/18 Tesla 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)

Main Facilities

Superconducting magnet (15/17 T), High homogeneity superconducting magnet (16/18 T) for NMR experiments, MPMS (SQUID magnetometer, 7 T), and PPMS (physical properties measurement system, 9 T).



磁気特性測定装置
SQUID magnetometer (MPMS)

光学測定室 Spectroscopy Section

担当所員 秋山 英文 Contact Person : AKIYAMA, Hidefumi
 助 教 挾間 優治 Research Associate : HAZAMA, Yuji

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)



物質設計評価施設

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

高圧合成室 High-Pressure Synthesis Section

担 当 所 員 廣 井 善 二 Contact Person : HIROI, Zenji
技術専門職員 後藤 弘匡 Technical Associate : GOTOU, Hirokata

本室では、百万気圧、数千度までの高温高圧下において様々な(新)物質の合成を行うと共に、高圧力下における物質の挙動を調べている。さらに各種の高圧力発生装置や関連する実験設備を所内外の共同利用に供している。

The main purposes of the High-Pressure Synthesis Section are to synthesize various (new) compounds and to investigate the behavior of some materials at extreme conditions of high pressures up to 100 GPa or more and high temperatures up to several thousand °C. Various types of high-pressure apparatuses and related experimental equipments are provided to joint research and internal use.

主要設備

500/700 トン油圧プレス装置、ダイヤモンドアンビルセル、X線回折装置、顕微ラマン分光装置、YAG レーザー加工機、その他(放電加工機、ダイヤモンド研磨装置、旋盤、NC モデリングマシン)

Main Facilities

500/700 ton press, Diamond Anvil Cell, X-ray diffractometer, Micro-Raman spectrometer, YAG laser cutting machine, and others including Electric discharge machine, Grinding machine for diamond, Lathe machine, and Modeling machine.

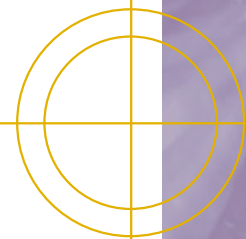


若槻型 700ton キュービックプレス。4GPa までの高温高圧合成実験用。

Wakatsuki-type 700 ton cubic press for high pressure and high temperature synthesis experiments up to 4 GPa.

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主に日本原子力研究開発機構の研究用原子炉 JRR-3 に設置された分光器を用いて、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。さらに、2009 年に本格稼働した大強度陽子加速器施設 J-PARC においては、最新のチョッパー型分光器 HRC を用いた共同利用の推進を行っている。当施設が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. Furthermore the NSL owns state-of-art inelastic neutron scattering spectrometer HRC in J-PARC which started its operation in 2009. Major research areas supported by NSL user program are solid state physics (strongly correlated electron systems, high- T_c superconductors, heavy fermion 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) SHIBAYAMA, Mitsuhiro

教授 山室 修
Professor YAMAMURO, Osamu

准教授 益田 隆嗣
Associate Professor MASUDA, Takatsugu

准教授 中島 多朗
Associate Professor NAKAJIMA, Taro

教授 (客員) 中西 尚志
Project Professor NAKANISHI, Takashi

助教 助 教
Research Associate

助教 助 教
Research Associate

助教 助 教
Research Associate

技術専門職員
Technical Associate

技術専門職員
Technical Associate

技術専門職員
Technical Associate

リ シャン
LI, Xiang

浅井 晋一郎
ASAI, Shinichiro

秋葉 宙
AKIBA, Hiroshi

浅見 俊夫
ASAMI, Toshio

杉浦 良介
SUGIURA, Ryosuke

川名 大地
KAWANA, Daichi

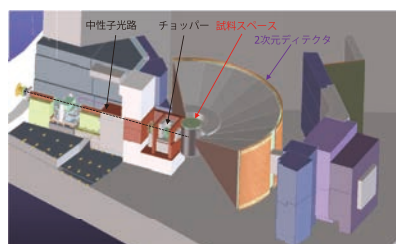
係 長 木船 聡
Administrative Secretary KIFUNE, Satoshi

特任研究員 大政 義典
Project Researcher OHMASA, Yoshinori

学振特別研究員 呉羽 拓真
JSPS Research Fellow KUREHA, Takuma

大強度陽子加速器施設 J-PARC に設置された高分解能チョッパー分光器 (HRC)。50Hz で発生する白色のパルス中性子は、中性子光路を通りチョッパーで単色化された後、試料で散乱され、2次元ディテクタで検出される。ディテクタでは全てのエネルギーの中性子をもれなく測定するため、効率的なデータ収集が可能となっている。

High resolution chopper spectrometer installed in J-PARC. A white pulsed neutron beam generated with the frequency of 50 Hz propagates inside the neutron beam guide. The beam is monochromated by the Fermi chopper, scattered by the sample, and detected by 2-dimensional detectors. The detectors detect all the scattered neutrons with all the energy, which makes the data acquisition drastically efficient.



柴山研究室

Shibayama Group



柴山 充弘
SHIBAYAMA, Mitsuhiko
教授
Professor



リ シャン
LI, Xiang
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压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、ゾル・ゲル転移、ゲルの相分離・相転移、構造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度・高機能ゲルの開発と構造・物性解析を行なっている。小角中性子散乱を中心に、小角X線散乱、静的・動的散乱、熱物性測定装置、力学測定などを用いて、ソフトマターのナノオーダーの構造・ナノ秒から数千秒までのダイナミクスを探求している。

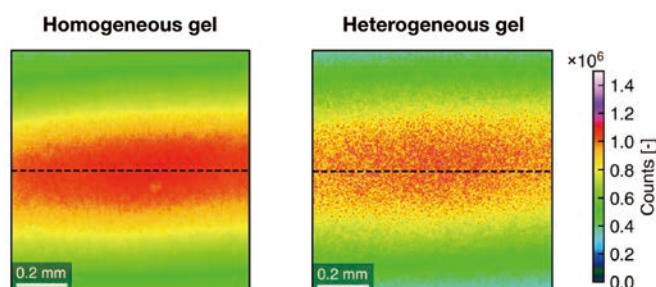
Soft matter undergoes various transitions in response to a slight change of an environmental variable. We investigate the relationship of the structure and dynamics of soft matter, such as polymer gels, nanoemulsion, and micelles. The aims of our research are systematization of “molecular-bond correlated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

Nano-order structure investigations and studies on dynamics of soft matter are carried out with state-of-the-art equipment, SANS-U, a small-angle neutron scattering instrument. Other techniques, such as small angle X-ray scattering, dynamic/static light scattering, thermal analyses, and rheological studies, are also employed. Current interests cover (1) Sol-gel transition (2) inhomogeneities in polymer gels, (3) structural characterization and studies on deformation mechanisms of high-performance polymer gels, and (4) fabrication of uniform-polymer networks and their structure/property characterization, (5) development of high-performance thermoset polymers by structure-designing and molecular dynamics simulations.



新規合成された空間不均一性を全く含まない高分子ゲル

Newly synthesized polymer gel without any spatial heterogeneity.



均一ゲル（左）と不均一ゲル（右）の二次元レーザースペckルパターンの顕微鏡像

Optical images of laser speckles from homogeneous gel and heterogeneous gel.

研究テーマ Research Subjects

1. エルゴードゲルの創製とその構造解析
Fabrication of ergodic gel and its structure analysis
2. 3次元DNA構造体の開発と構造解析
Development of 3-dimensional DNA architecture and its structure analysis
3. 理想網目構造を持つ高分子電解質ゲルの構造解析
Structural analyses of polyelectrolyte gel with ideal polymer network
4. モジュール型温度応答性ゲルの相転移点付近でのダイナミクスと力学特性の評価
Investigation of dynamics and mechanical properties of module thermoresponsive gel near the phase transition point

山室研究室

Yamamuro Group

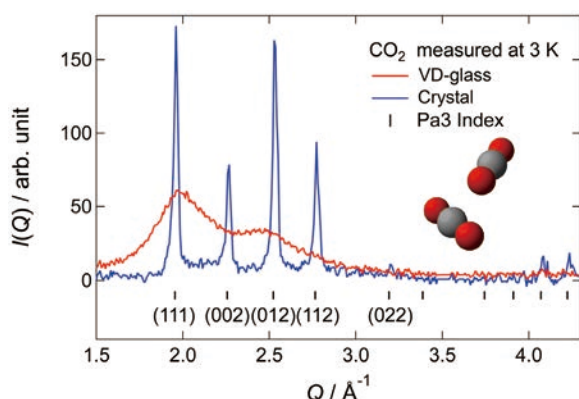


山室 修
YAMAMURO, Osamu
教授
Professor



秋葉 宙
AKIBA, Hiroshi
助教
Research Associate

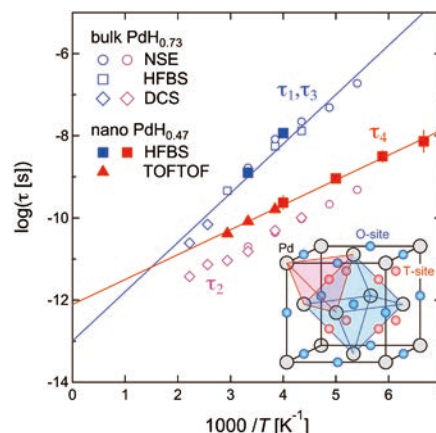
本研究室では複雑凝縮系の化学物理を研究している。現在の主な対象は、ガラス・過冷却液体、水およびその関連物質、イオン液体、水素吸蔵金属ナノ粒子である。ガラス転移は液体が構造変化を起こさずに固化する不思議な現象であり、物性物理学の長年の大問題の一つである。水は最も身近な物質の一つであるが、水素結合が織りなす様々な特異物性を示す。イオン液体では、静電力とファンデルワールス力の競合から、ナノドメイン構造や階層的ダイナミクスが現れる。金属ナノ粒子中の水素原子は、表面効果によりポテンシャル面が歪められるため、バルクでは見られない特異な構造やダイナミクスを示す。これらの物質に対して、中性子散乱、X線回折、熱容量、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。



蒸着 CO₂ ガラス (赤線) と結晶 (青線) の X 線回折パターン。二体分布関数解析から、CO₂ 分子はガラスと結晶の両方で図のような最近接分子間配置をとることが分かった。

X-ray diffraction patterns of the vapor-deposited glass (red curve) and crystal (blue curve) of CO₂. The pair-distribution function analyses revealed that the nearest-neighbor configuration of CO₂ molecules is as shown in the figure for both glassy and crystalline states.

We are studying chemical physics of complex condensed matters, especially glasses and supercooled liquids, water and related materials, ionic liquids, and nanoparticles of hydrogen storage metals. 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 nanometer-size domains and hierarchical dynamics generated by competing electrostatic and van der Waals interactions. Hydrogen atoms in metal nanoparticles give rise to unusual structure and dynamics caused by the surface effects and resultant distorted potential energy surfaces. These substances are investigated by 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.



バルクおよびナノ粒子パラジウム水素化物のアレニウスプロット。これらの緩和時間は4台の分光器による中性子弾性散乱により決定された。緩和のQ依存性から、 τ_1 、 τ_2 、 τ_3 はOサイト、 τ_4 はTサイトのH原子の拡散によることが分かった。

Arrhenius plots of bulk and nanoparticles of palladium hydrides. These relaxation times were determined by the QENS experiments with 4 spectrometers. The Q dependence of the relaxation clarified that τ_1 , τ_2 and τ_3 correspond to the H atomic diffusion at the O-sites while τ_4 at the T-sites.

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. イオン液体の熱力学的性質とダイナミクス
Thermal and dynamical properties of ionic liquids
4. 水素吸蔵金属ナノ粒子の構造とダイナミクス
Structural and dynamical properties of nanoparticles of hydrogen storage metals

益田研究室

Masuda Group



益田 隆嗣
MASUDA, Takatsugu
准教授
Associate Professor



浅井 晋一郎
ASAI, Shinichiro
助教
Research Associate

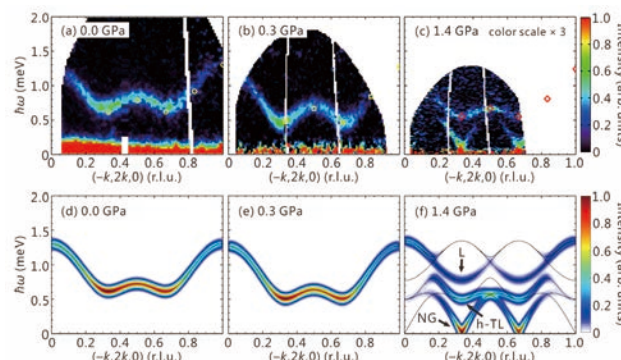
本研究室は、低次元スピン系やフラストレーション系などにおける新しい量子現象・量子状態を実験的に発見することを目指している。強い量子性や幾何学的フラストレーションは、自明な古典的秩序状態を阻害し量子状態が基底状態となる上に、小さな摂動に敏感なため、低次元スピン系やフラストレーション系は量子現象開拓のフロンティアとなっている。我々は、スピン液体、RVB、キューボック構造等、新しい磁気状態の研究と、マルチフェロイック系やリラクサー磁性体などにおける、新しい電気磁気効果の研究を行っている。最近の我々の研究例として、フラストレート量子磁性体 CsFeCl_3 の圧力下スピン・ダイナミクスを、中性子非弾性散乱実験と拡張スピン波理論で調べた結果を図に示す。低圧力のスピン無秩序状態においては1本の一重項 - 二重項励起が観測されるのに対し、1.4 GPa の秩序相においては、南部・ゴールドストーンモードと Higgs モードのほかに、磁気構造の非共線性に起因する縦揺らぎ・横揺らぎ混成モードが存在していることが明らかにされた。

フラストレート量子磁性体 CsFeCl_3 の圧力下でのスピン・ダイナミクス。(a)-(c) は中性子非弾性散乱分光器により測定された中性子スペクトルである。カラープロットは J-PARC のチョッパー分光器 HRC による測定結果であり、シンボルは Oak Ridge 国立研究用原子炉 HFIR の三軸分光器 CTAX による測定結果である。P = 0.0 GPa (a) および 0.3 GPa (b) では、スピン無秩序相における一重項 - 二重項励起が観測されている。これに対し、P = 1.4 GPa (c) では、圧力誘起秩序相におけるマグノン励起が観測されている。(d)-(f) は拡張スピン波による計算結果である。P = 1.4 GPa の圧力誘起秩序相 (f) では、南部・ゴールドストーン (NG) モードとヒッグス (L) モードのほかに、縦揺らぎと横揺らぎの混成モード (h-TL) が存在することがわかる。混成モードは圧力誘起磁気秩序の非共線性に由来するものであり、(c) の中性子スペクトルでも観測されている。

Spin dynamics of the frustrated quantum magnet CsFeCl_3 under pressure. The panels (a) – (c) show inelastic neutron spectra. The color plots are the data measured by a chopper spectrometer HRC in J-PARC, and the symbols are those measured by a triple axis spectrometer CTAX in research reactor HFIR in Oak Ridge National Laboratory. In the spectra at P = 0.0 GPa (a) and P = 0.3 GPa

(b) in the disordered phase, singlet-triplet excitations are observed. In contrast in the one at P = 1.4 GPa (c) in the pressure induced ordered phase, magnon excitations are observed. The panels (d) – (f) show the calculated result by extended spin wave theory. At P = 1.4 GPa (f) the hybridized mode of transverse and longitudinal fluctuations (h-TL) does exist in addition to Nambu-Goldstone (NG) and Higgs-amplitude (L) modes. The h-TL mode is ascribed to the noncollinearity of the magnetic structure, and it is observed in the neutron spectrum in the panel (c).

One of the research goals in our group is to find a novel quantum phenomenon and to reveal its mechanism in low-dimensional spin magnets and frustrated magnets. Strong quantum fluctuation or geometrical frustration disturbs the development of trivial magnetic states and induces a non-trivial quantum state. Furthermore such a state is sensitive to a small perturbation and, thus, the area is frontier of quantum phenomena. Our research topic includes spin liquid, RVB, Cuboc structure, etc. Another goal is to observe a new magnetoelectric effect in multiferroic compounds and/or relaxor magnets. Figures show the experiment and calculation of the pressure variations of the spin dynamics in the frustrated quantum magnet CsFeCl_3 . In the disordered phase at low pressures single mode of singlet – doublet excitation is observed. In contrast in the pressured induced ordered phase at 1.4 GPa, it was discovered that the hybridized mode of longitudinal and transverse fluctuations originated from noncollinearity of the magnetic structure as well as Nambu-Goldstone and Higgs-amplitude modes.



研究テーマ Research Subjects

1. 量子臨界点近傍におけるフラストレート磁性体の非自明な励起モード
Nontrivial excitation mode in frustrated magnet near quantum critical point
2. 中性子によるスピン波スピン流の検出
Detection of spin wave spin current by neutron
3. マルチフェロイック物質におけるスピンの局所的コントロール
Local control of spin moment in multiferroics
4. スピン液体状態の探索
Search of spin liquid
5. 磁場誘起非相反性マグノンの観測
Observation of field induced nonreciprocal magnon

中島研究室

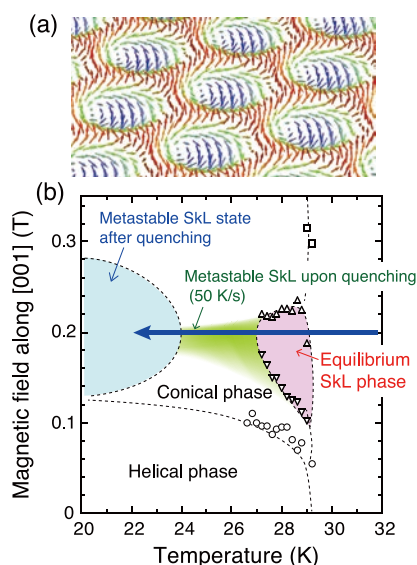
Nakajima Group



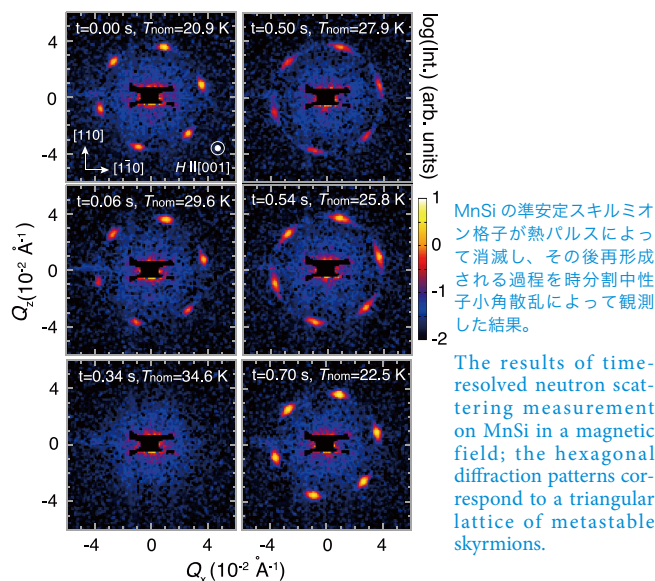
中島 多朗
NAKAJIMA, Taro
准教授
Associate Professor

固体の磁気的性質は非常に古くから知られており、精力的に研究されてきたテーマである。例えば我々の身近にある磁石では、固体中のスピンの自発的に同じ方向に揃う「強磁性」が実現している。これ以外にも、らせん型や渦型など様々な磁気秩序が存在するが、近年それらのスピン配列の幾何学的特徴が、物質の誘電性、伝導性、あるいは弾性などを大きく変化させ得ることが明らかになってきた。本研究室ではこのような「スピン秩序によって引き起こされる創発物性現象」を主な研究テーマとしている。例としては、らせん型の磁気秩序によって電気分極を生じるマルチフェロイック系や、トポロジカルな渦状磁気構造である磁気スキルミオン等を対象として、中性子散乱とX線散乱を用いて磁気秩序とその励起状態を明らかにすることに取り組んでいる。また、中性子散乱技術自体を発展させるべく、多重極環境下の測定や時分割測定など、新たな手法開発にも取り組む。

Magnetism in solids has been extensively studied in the field of condensed matter physics for a long time. A well-known example is ferromagnetism, which means that magnetic moments in a solid are spontaneously aligned to be parallel to each other owing to exchange interactions. It was recently revealed that spontaneous ordering of the magnetic moments can change not only magnetic properties of the system, but also (di)electric or elastic properties. We study the emergent cross-correlated phenomena induced by the spin orders. One example is spin-driven ferroelectricity, where a spiral magnetic order breaks spatial inversion symmetry of the system and leads to spontaneous electric polarization. Another example is a vortex-like spin texture called magnetic skyrmion, which often appears in a long-wavelength helimagnet. By the virtue of the topologically-nontrivial spin texture, the magnetic skyrmion induces an effective magnetic field acting only on conduction electrons.



(a) 磁気スキルミオン格子状態におけるスピン配列の模式図 (b) 磁気スキルミオン物質 MnSi の熱平衡 - 準安定状態図。0.2 T の磁場中で急加熱・急冷することで準安定スキルミオン状態が実現する。
(a) A schematic of magnetic skyrmion lattice. (b) The equilibrium and metastable state diagram of MnSi. The metastable skyrmion lattice state is realized by a rapid temperature sweep in a magnetic field of 0.2 T.



MnSi の準安定スキルミオン格子が熱パルスによって消滅し、その後再形成される過程を時分割中性子小角散乱によって観測した結果。

The results of time-resolved neutron scattering measurement on MnSi in a magnetic field; the hexagonal diffraction patterns correspond to a triangular lattice of metastable skyrmions.

研究テーマ Research Subjects

1. 中性子散乱による磁気スキルミオンの構造とそのダイナミクスの研究
Neutron scattering studies on magnetic skyrmions and their dynamics
2. 光の電場成分に応答する磁気励起 - エレクトロマグノン -
Magnetic excitations driven by the electric field component of light - electromagnons -
3. 異方的な応力を用いたマルチフェロイック物質の磁性と誘電性の制御
Control of magnetic and dielectric properties in multiferroics by means of anisotropic stress
4. 時分割中性子散乱法を用いた磁性体における非平衡・過渡現象の研究
Time-resolved neutron scattering studies on nonequilibrium and transient phenomena

中西研究室

Nakanishi Group



中西 尚志
NAKANISHI, Takashi
客員教授
Visiting Professor

機能性分子の分子間相互作用を精密に制御・抑制することで、不揮発性、粘性、発光性などの機能を持つ常温「液体」材料を開発している。この「機能性分子液体」を素材に、ウェアラブルな圧電素子、振動センサやアクチュエータなどの応用に向けて研究を展開している。

機能性分子液体として合成する分子は、光や電子機能を有する π 共役系分子を柔軟で嵩高い分岐アルキル鎖で取り囲んだ構造となっており、孤立・保護された π 共役ユニットは、外場から安定化される。分岐アルキル鎖の柔軟性が融点を低下させ、孤立した π 共役ユニットからは分子固有の光・電子機能が液体バルク状態でも発揮できる。中西研究室では、液体分子のナノ組織構造や分子運動ダイナミクスを徹底的に検討することで、機能性分子液体の「物質」としての理解を深める研究を推進している。

Design, synthesis and investigation of nonvolatile, viscous, and optoelectronically-active, functional molecular liquids are the first priority in my research. Those liquids would be promising soft matters towards wearable-, stretchable- sensor and actuator applications.

Enveloping an optoelectronically-active functional π -core in flexible and bulky branched alkyl side chains results in stable, nonvolatile, functional liquid materials at room temperature. Because the functional π -unit is wrapped with insulating bulky alkyl chains, the isolated and stabilized π -core unit can maintain its intrinsic molecular/optoelectronic functions in the bulk state. By studying of local nanostructures and molecular dynamics of the liquid molecules at Nakanishi group, we would like to understand deeply its fundamental science of the functional molecular liquids as novel liquid matter.

国際超強磁場科学研究所

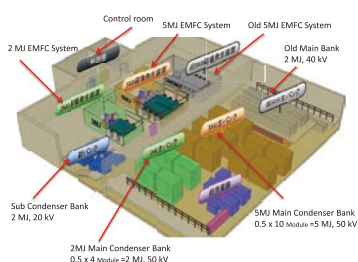
International MegaGauss Science Laboratory

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 1000 テスラ程度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、1000 テスラ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いる。

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 1000 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 1000 Tesla are oriented for new horizons in material science under such extreme quantum limit conditions.

教授(施設長)	金道 浩一	助教	三田村 裕幸	技術専門員	川口 孝志
Professor (Director)	KINDO, Koichi	Research Associate	MITAMURA, Hiroyuki	Technical Associate	KAWAGUCHI, Koushi
准教授	徳永 将史	助教	中村 大輔	技術専門職員	澤部 博信
Associate Professor	TOKUNAGA, Masashi	Research Associate	NAKAMURA, Daisuke	Technical Associate	SAWABE, Hironobu
准教授	松田 康弘	助教	三宅 厚志	技術専門職員	松尾 晶
Associate Professor	MATSUDA, Yasuhiro	Research Associate	MIYAKE, Atsushi	Technical Associate	MATSUO, Akira
准教授	小濱 芳允	助教	池田 暁彦	学術支援職員	大園 一実
Associate Professor	KOHAMA, Yoshimitsu	Research Associate	IKEDA, Akihiko	Technical Associate	OHATA, Katsumi
准教授*	長田 俊人	助教	石川 孟	特任研究員	栗原 綾佑
Associate Professor	OSADA, Toshihito	Research Associate	ISHIKAWA, Hajime	Project Researcher	KURIHARA, Ryosuke
		助教	野村 肇宏	特任研究員	坂井 義和
		Research Associate	NOMURA, Toshihiro	Project Researcher	SAKAI, Yoshikazu
		特任助教	今城 周作	特任研究員	松井 一樹
		Project Research Associate	IMAJO, Shusaku	Project Researcher	MATSUI, Kazuki
		特任助教	木下 雄斗	特任研究員	ヤン ツォウ
		Project Research Associate	KINOSHITA, Yuto	Project Researcher	YANG, Zhuo

* 所内兼務。本務は凝縮系物性研究部門。 / concurrent with Division of Condensed Matter Science



電磁濃縮超強磁場発生装置が新規導入された。実験室中央に位置するのは 50 kV, 5MJ の主コンデンサバンクで、1000 T の超強磁場発生が可能な設計となっている。横に配置されたのは同じく 50 kV, 2MJ のコンデンサバンクであり、簡易型の電磁濃縮装置に電流を供給する。600 T 程度の超強磁場発生が可能な設計となっている。電磁濃縮の初期磁場発生コイル用として、20kV, 2MJ 副コンデンサバンクが新規設置、より強い初期磁場が得られる。

Newly installed electro-magnetic flux compression (EMFC) system. The new EMFC generator energized by the 10 modules of 50 kV condensers, all together 5 MJ, is designed to generate 1000 T ultra-high magnetic fields. Another 2 MJ main condenser modules are used to inject an energy to the relatively light EMFC system for frequent use, but capable of generating around 600 T. The seed field coils, generating the initial magnetic field, which is compressed by the EMFC, are connected to the sub condenser bank modules of 20 kV, 2 MJ.

金道研究室

Kindo Group



金道 浩一
KINDO, Koichi
教授
Professor



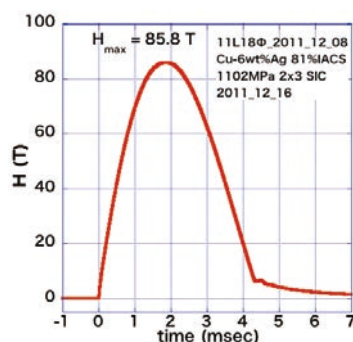
石川 孟
ISHIKAWA, Hajime
助教
Research Associate



今城 周作
IMAJO, Shusaku
特任助教
Project Research Associate

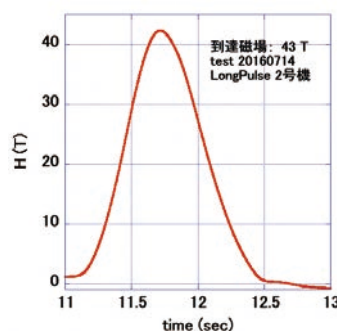
当施設に設置されたコンデンサー電源およびフライホイール付き直流発電機を用いて、非破壊で強磁場を発生し、その磁場下で精密な物性測定を行う。様々な用途に応じて、特殊なマグネットの開発を行っており、現在、ユーザーが利用可能な磁場条件は以下の三種類である。

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
③ロングパルスマグネット:パルス幅約 1 秒、最大磁場 43 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 秒の磁場発生が可能となった。これを用いて磁場中比熱測定を行っている。またフラットトップ磁場を発生することにより強磁場下の ρ -T 測定も可能になった。もっと強磁場を発生出来るロングパルスマグネットの開発も進行中である。



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。

Profile 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.



ロングパルスマグネットの磁場波形。現在の最大磁場は 43T。このマグネットを磁場中比熱測定用としてユーザーに提供している。

Profiles of magnetic field for Long pulse magnet. The maximum field of 43 T is used for the heat capacity-measurements under high field.

研究テーマ Research Subjects

- 量子スピン系物質の磁性研究
Study on magnetism of quantum spin systems
- 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
- 非破壊 100 テスラマグネットの開発
Development of non-destructive 100 T-magnet
- 超ロングパルスマグネットの開発
Development of ultra-long pulse magnet



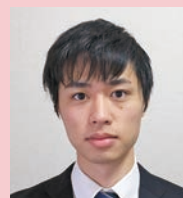
徳永 将史
TOKUNAGA, Masashi
准教授
Associate Professor



三宅 厚志
MIYAKE, Atsushi
助教
Research Associate



三田村 裕幸
MITAMURA, Hiroyuki
助教
Research Associate



木下 雄斗
KINOSHITA, Yuto
特任助教
Project Research Associate

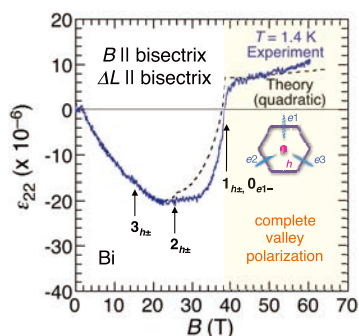
磁場は電子のスピン、軌道および位相に直接作用する外場であり、物性物理学の幅広い研究分野で不可欠な外場である。我々は瞬間的にのみ発生可能な強磁場環境下において、磁化、磁気抵抗、電気分極、偏光顕微鏡観察など多岐にわたる精密測定手段を開発・改良し、それらを駆使して強磁場下で起こる様々な相転移の研究を行っている。

具体的な研究対象の一つとして、量子極限状態における電子物性に注目している。量子極限状態は磁場による閉じ込め効果のため超強相関電子系とみなすことができる。正負のキャリアが共存する半金属を中心に量子極限状態の物性測定を行い、グラファイトにおける磁場誘起量子相、ビスマスにおける完全バレー分極や多重極限環境下における半金属黒燐の異常量子伝導などを研究している。

磁気秩序を持つ強誘電体であるマルチフェロイック物質に対して、磁場挿引速度の大きいパルス磁場下で実現できる高感度測定を生かした研究を行っている。代表的マルチフェロイック物質として知られるBiFeO₃においては、双極性抵抗変化メモリー効果や磁場制御可能な強弾性歪みの存在、磁場誘起新奇マルチフェロイック相などを発見している。

また年間40件程度の共同利用研究を行い、様々な遍歴・局在スピン系物質、トポロジカル物質などの強磁場物性研究を展開している。

パルス強磁場下においてキャパシタンス法で測定した単結晶ビスマスの縦磁歪（青線）。破線で示した理論予測と定量的に良い一致を示しており、理論で予測された完全バレー分極状態で期待される磁歪の符号反転も観測されている。この結果は挿入図で示したように、3重縮退した電子フェルミ面のうち一つのパレーが消失した完全バレー分極状態の実現に対して熱力学的証拠を与えている。



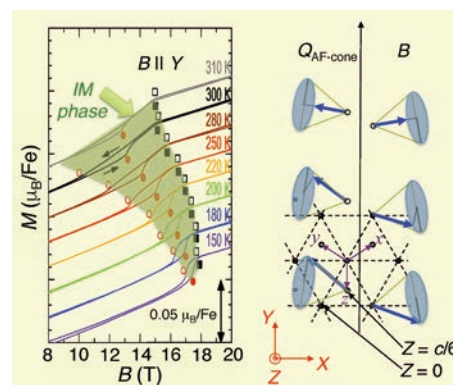
Longitudinal magnetostriction of bismuth measured by the capacitance method in pulsed high magnetic field (blue line). Quantitative coincidence with theoretical calculation (broken line) suggests emergence of field-induced valley polarization predicted in this model. This result provides us of thermodynamic evidence for the complete valley polarization, namely one of the three Fermi pockets dries up, at around 40 T as illustrated in the inset.

Magnetic fields have been extensively used in broad research fields of solid state physics because they can directly tune the spins, orbitals and phases of electrons in materials. We study various kinds of phase transitions in high magnetic fields with using non-destructive pulse magnets and developing/improving various experimental techniques; e.g. magnetization, magnetoresistance, electric polarization, polarizing optical microscopy, and so on.

As one of our recent projects, we focus on the electronic states in the ultra-quantum limit state. Since charge carriers are confined in the smallest cyclotron orbit, Coulomb interaction dominates over the kinetic energy. Therefore, we can realize strongly correlated electron systems in the quantum limit states. In particular, we have been focusing on the semimetals having equal number of electrons and holes, and found a novel field-induced phase in graphite, complete valley polarization in bismuth, and anomalous quantum transport properties in black phosphorus under multiple extreme conditions.

We are also studying multiferroic materials through high precision experiments in pulsed-fields. In BiFeO₃, which is perhaps the most extensively studied multiferroic material, we found bipolar resistive memory effect, magnetic control of ferroelastic strain, and novel multiferroic phase at around room temperature.

In addition to these in-house studies, we accept about 40 joint research projects per year and study various localized/itinerant magnets and topological materials in high magnetic fields.



(左) 新奇マルチフェロイック相 (IM 相) の存在を示す BiFeO₃ 単結晶の磁化曲線。(右) IM 相で期待されるコニカル型磁気秩序状態におけるスピン配列の模式図。

(left) Magnetization curves of single crystals of BiFeO₃. Anomalies of magnetization curves shown in the shaded area suggest emergence of a novel multiferroic phase (IM phase) in this field-temperature region. (right) Schematic illustration of the spin arrangement in the IM phase.

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. 量子極限状態における電子相転移
Electronic phase transitions in the quantum limit state
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. トポロジカル物質の強磁場物性研究
High-field study of topological materials

松田康弘研究室

Y. Matsuda Group



松田 康弘
MATSUDA, Yasuhiro
准教授
Associate Professor

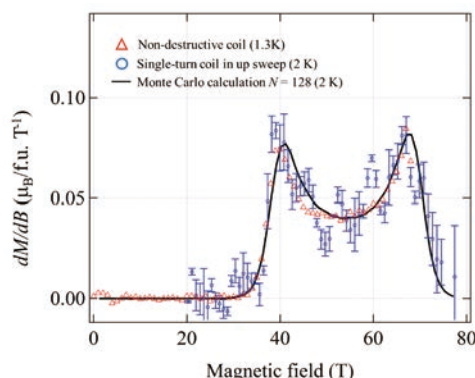


池田 暁彦
IKEDA, Akihiko
助教
Research Associate



中村 大輔
NAKAMURA, Daisuke
助教
Research Associate

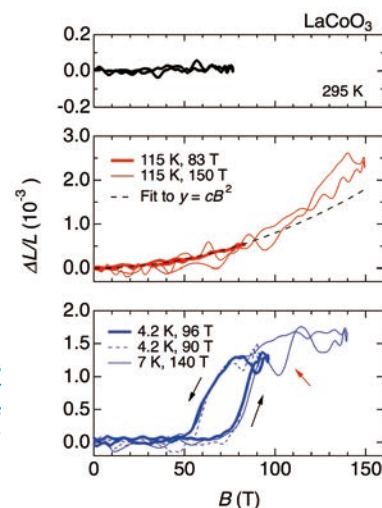
1000 T までの超強磁場下で現れる物質の性質について研究を行っている。磁場は電子のスピンや軌道運動に直接作用し、強力な磁場により物質の基底状態は大きく変化する。低次元スピン系における非自明な磁気構造、遷移金属酸化物での新奇な局在-遍歴転移、分子性固体における強いスピン-格子結合などを通じ、強磁場中では様々な新規相が期待される。熱励起を抑制した極低温において生じる磁場誘起相転移は量子相転移であり、低磁場では励起状態として存在した状態が、強磁場中で新たな基底状態となる。そのため物質の有する隠れた潜在的性質が磁場中で顕在化し、新現象が現れることが期待できる。100 T を大きく超える磁場の発生には破壊型のマグネットを用いる必要があり、その技術的障壁を越えた先には未開拓の研究領域が広がっている。100 ~ 1000 T 領域における新奇相や新現象の発見のために様々な新しい計測技術の開発にも積極的に取り組んでいる。



S=1/2 の有機スピンラダー物質 BIP-BNO の磁化の磁場微分 (dM/dB) の磁場依存性。ラダーに特徴的な 2 本の明瞭なピーク構造が観測されている。

Magnetic field dependence of the magnetic-field derivative of the magnetization (dM/dB) in S=1/2 two-leg organic spin-ladder compound BIP-BNO. The distinct two peaks are the characteristic of the spin ladder system.

We have studied properties of matters that emerge under ultrahigh magnetic fields of up to 1000 T. Ground state of matter can dramatically be changed by applying such strong magnetic field, since spin and kinetic motion of electrons are directly affected by magnetic field. Various kinds of novel phases are expected to emerge in the strong magnetic fields through the phenomena such as formation of nontrivial magnetic structure in low dimensional spin systems, exotic local-itinerant transition in strongly-correlated magnetic compounds, and strong spin-lattice coupling in molecular solids. The field-induced phase transition without thermal excitation at a low temperature is a quantum phase transition where the excited state in weak fields transforms to the new ground state in strong fields. Thus, hidden potential characters of matter appear in strong magnetic fields and novel phenomena can occur. Only short-duration destructive pulsed magnets can produce strong fields far exceeding 100 T; beyond overcoming the technical difficulties regarding the destructive magnetic field, unexplored research fields open. We have also enthusiastically developed new measurement techniques to discover the exotic novel phases in the field range of 100 ~ 1000 T.



Fiber Bragg Grating (FBG) により測定された LaCoO_3 の磁歪。それぞれ異なる温度における結果をしめしている。

Magnetostriction of LaCoO_3 measured with the Fiber Bragg Grating (FBG). The results at different temperatures are shown.

研究テーマ Research Subjects

1. 磁場誘起絶縁体-金属転移
Magnetic-field-induced insulator-metal transition
2. 量子スピン系の超強磁場磁化過程
Ultrahigh-magnetic-field magnetization process of quantum spin systems
3. 重い電子及び価数揺動電子系の超強磁場下での電子状態
Electronic state of heavy fermion and valence fluctuating systems at ultrahigh magnetic fields
4. 固体酸素の磁場誘起構造相転移
Magnetic-field-induced structural phase transition in solid oxygen
5. スピン-格子強結合系の磁場中の物性
Properties of matters with strong spin-lattice coupling in high magnetic fields

小濱研究室

Kohama Group



小濱 芳允
KOHAMA, Yoshimitsu
准教授
Associate Professor



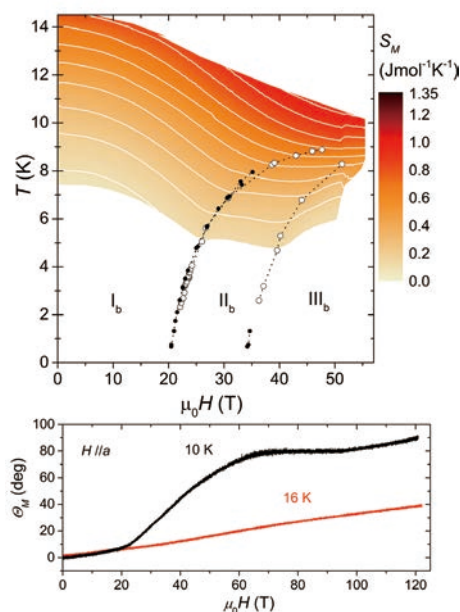
野村 肇宏
NOMURA, Toshihiro
助教
Research Associate

100 テスラを超える超強磁場は、ごく最近までその発生すら困難であった極限環境であり、人類未踏の研究領域といえる。このような極限環境下では多彩な物理現象が予想されており、当研究室ではこれら新奇物理現象の発見そして解明を目指している。主な実験手法としては、『1. レーザーを用いた磁気光学測定』、『2. 微細加工デバイスによる超高速電気抵抗測定』そして『3. FPGA デバイスによるパルス強磁場 NMR 測定』を採用しており、これにより様々な強相関電子系における諸現象を探索している。現在の主なテーマは、トポロジカル絶縁体や超伝導物質における強磁場伝導状態の研究や、量子スピン系化合物の磁場誘起相の探索である。また最終的な目標には、1000 テスラ領域での精密な物性研究を掲げており、この達成のために超強磁場発生技術および新規測定技術の開発にも力を注いでいる。

Ultra-high magnetic field (higher than 100 T) is an extreme condition that remains unexplored until recently. Many of unprecedented phenomena are expected to appear in ultra-high magnetic field region, and our group focuses on the observation/understanding of those exotic phenomena. To achieve this goal, we employ the following experimental techniques, “1. Magneto-optical measurement technique”, “2. Ultra-fast magnetoresistance measurement with micro-fabricated devices” and “3. High-field NMR experiment with a FPGA module”. With these techniques, we currently investigate the magnetotransport in topological insulators/superconductors and the novel magnetic phases in quantum spin systems. Our final goal is the condensed matter researches at ultra-high magnetic field region up to ~1000 T, and thus our future work will be also devoted to technical developments for ultra-high magnetic field generations as well as the improvements of measurement techniques.

(a) AuGe フィルムを用いた測定された BiCu_2PO_6 の磁気熱量効果。(b) レーザー光を用いたファラデー回転角。磁気熱量効果の測定は等エントロピー変化 ($T(H)$ s) の測定と同意義であり、磁気相転移に伴う温度変化を観測している。ファラデー回転角はシングルターンコイルを用い 120 T まで測定しており、60 T 付近、90 T 付近で相転移を検出した。

(a) Magnetocaloric effect (MCE) of BiCu_2PO_6 measured by AuGe thin film. (b) Faraday rotation angle of BiCu_2PO_6 measured by laser optics. The MCE data should correspond to the isentropic $T(H)$ s curve in which the temperature change due to field-induced phase transition were observed. The Faraday rotation angle was measured up to 120 T by using a single turn coil system, where the field-induced phase transitions were detected at ~60 and ~90 T.



研究テーマ Research Subjects

1. レーザーを用いた磁気光学効果の研究とその超強磁場科学への応用
Magneto-optical measurements with laser optics and its application to ultra-high magnetic field science
2. パルス強磁場下における NMR 測定とフラストレート磁性体への応用
NMR measurement under pulsed fields and its application to frustrated magnetic materials
3. 微細加工技術を用いた新規デバイスの開発
Development of new device with Nanofabrication process
4. 超強磁場を用いた量子振動の観測とトポロジカル絶縁体のフェルミオロジー
Observation of Quantum Oscillation in Ultra-high magnetic fields and fermiology of topological insulators
5. 微細加工技術を用いた新規測定デバイスの開発
Development of new measurement device with Nanofabrication technology

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がっている。一方、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的課題となっている。本センターは、ポスト「京」プロジェクトや元素戦略プロジェクトなど国家プロジェクトを担う拠点として、「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の活用を通じて、これらの課題に組織的に取り組んでいる。さらに、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・運用なども行っている。

As symbolized by 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 these problems in an organized way, we, as the major contractor of several national projects such as Post-K Computer Project and Elements Strategy Initiative, coordinate the use of the computational resources available to our community, including K-computer and ISSP supercomputers. In addition, we also operate the web site, MateriApps, which offers easy access to various existing codes in materials science.

教授 ^{*1} Professor	川島 直輝 KAWASHIMA, Naoki	助教 ^{*1} Research Associate	森田 悟史 MORITA, Satoshi	特任研究員 Project Researcher	浅野 優太 ASANO, Yuta
教授(副センター長) ^{*1} Professor (Deputy Director)	尾崎 泰助 OZAKI, Taisuke	助教 ^{*1} Research Associate	樋口 祐次 HIGUCHI, Yuji	特任研究員 Project Researcher	アジコダン ディルナ AZHIKODAN, Dilna
教授 ^{*2} Professor	杉野 修 SUGINO, Osamu	助教 ^{*1} Research Associate	河村 光晶 KAWAMURA, Mitsuki	特任研究員 Project Researcher	石井 隆志 ISHII, Takashi
教授(センター長) ^{*3} Professor (Director)	常行 真司 TSUNEYUKI, Shinji	助教 ^{*2} Research Associate	春山 潤 HARUYAMA, Jun	特任研究員 Project Researcher	井戸 康太 IDO, Kota
教授 ^{*3} Professor	藤堂 眞治 TODO, Syngé	助教 ^{*1} Research Associate	福田 将大 FUKUDA, Masahiro	特任研究員 Project Researcher	金子 隆威 KANEKO, Ryuu
准教授 ^{*4} Associate Professor	加藤 岳生 KATO, Takeo	技術専門職員 Technical Associate	山崎 淳 YAMAZAKI, Jun	特任研究員 Project Researcher	玉井 敬一 TAMAI, Keiichi
准教授 ^{*1} Associate Professor	野口 博司 NOGUCHI, Hiroshi	高度学術専門職員 ^{*7} Advanced Academic Specialist	古宇田 光 KOUTA, Hikaru	特任研究員 Project Researcher	檜原 太一 HINOKIHARA, Taichi
特任准教授 ^{*5} Project Associate Professor	福島 鉄也 FUKUSHIMA, Tetsuya	学術支援専門職員 Technical Associate	早川 雅代 HAYAKAWA, Masayo	特任研究員 Project Researcher	ヤン レイ YAN, Lei
特任研究員 (PI) Project Researcher	赤井 久純 AKAI, Hisazumi			特任研究員 Project Researcher	リー チェン LEE, Chi-Cheng
特任研究員 (PI) ^{*6} Project Researcher	三澤 貴宏 MISAWA, Takahiro			特任研究員 Project Researcher	リー ヒュンヨン LEE, Hyunyoung
特任研究員 (PI) Project Researcher	宮下 精二 MIYASHITA, Seiji				

^{*1} 所内兼務。本務は物質設計評価施設。/concurrent with Materials Design and Characterization Laboratory

^{*2} 所内兼務。本務は機能物性研究グループ。/concurrent with Functional Materials Group

^{*3} 理学系研究科物理学専攻と兼務。/ concurrent with Physics Department, Graduate School of Science

^{*4} 所内兼務。本務は物性理論研究部門。/concurrent with Division of Condensed Matter Theory

^{*5} 所内兼務。本務はデータ統合型材料物性部門。/concurrent with Division of Data-Integrated Materials Science

^{*6} PCoMS 次世代研究員 (PI) / PCoMS Next Generation Professional Researcher (PI)

^{*7} リサーチ・アドミニストレーター推進室と兼務。/ concurrent with Office for Advancement of Research Administrators

赤井チーム

Akai Team



赤井 久純
AKAI, Hisazumi
特任研究員 (PI)
Project Researcher (PI)

計算機マテリアルデザイン手法を用いた金属、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、高性能永久磁石の創成が重要な課題の一つである。計算機マテリアルデザインは量子デザイン（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。このような問題を解く事は一般に困難であるが、量子デザインでは物性発現の機構を量子シミュレーションのくり返しにより明らかにすることによってこの問題を解く。マテリアルズ・インフォマティクス手法も援用される。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、密度汎関数法に対するより良い近似的の開発等を推進している。

Our main objective is to predict/discover 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 problems is very difficult. In CMD we solve these problems by making use of the knowledge, which is obtained through quantum simulations, about underlying mechanisms realizing specific features of materials. The technique of materials information also can be exploited. In these regards, the developments of new methods of quantum simulation also are our important themes. Among them are developments of methods of accurate first-principles electronic structure calculations in general, first-principles non-equilibrium Green's function method, order-N screened KKR-method used for huge systems, and the methods beyond LDA.

三澤チーム

Misawa Team



三澤 貴宏
MISAWA, Takahiro
PCoMS 次世代研究員 (PI)
Project Researcher (PI)

固体中の電子の振る舞いは量子多体問題の典型例であり、ひとつの電子の振る舞いからは想像もつかない多彩な現象を発現するのが特徴である。本チームでは、この量子多体問題がもつ魅力的な現象の起原を理論的に解明して、さらには新奇現象の予言・制御につなげるための研究を行っている。そのために、量子多体問題を取り扱う数値計算手法の開発を行っており、開発した計算手法をオープンソースソフトウェアとして公開している。今までに、格子上の量子多体問題を数値的に厳密に解くソフトウェア HΦ、高精度な波動関数法である多変数変分モンテカルロ法のソフトウェア mVMC を公開している。

最近の成果として、mVMC を用いて銅酸化物界面の理論モデルの解析を行い、界面では超伝導の転移温度がバルクのドーピング濃度に依らずに常に一定に保たれる機構の起原を解明した。また、HΦを用いて、幾何学的フラストレーションを持つハバード模型における量子スピン液体の有限温度性質の解明、カゴメ格子上の量子ハイゼンベルグにおける磁化プラトーの有限温度効果の解明を行った。

Behavior of electrons in solids is a typical example of quantum-many body systems. In the quantum many-body systems, various exotic phenomena emerge, which is hardly expected from the behavior of single electron. We try to theoretically reveal the origins of the exotic phenomena in the quantum many-body systems, and aim to predict and design the new exotic phenomena. We have been developed numerical methods for treating the quantum many-body systems and some of them are released as open-source software packages, for example, we release HΦ (software for exact diagonalization) and mVMC (software for many-variable variational Monte Carlo method).

By using mVMC, we recently reveal the origin of the anomalous pinning of the superconducting critical temperatures observed at the interfaces of the cuprates. We also clarify the finite-temperature effects of the quantum spin liquids in the frustrated Hubbard model and finite-temperature effects on the one-third magnetic plateau in the quantum Heisenberg model on the kagome lattice.

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センター (LASOR) 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および、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光源を用いて、極限的な光と物質との相互作用の研究を行っている。特に、超高時間分解分光、超精密分光、超高分解能光電子分光、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の開発をしている。また、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、界面などの幅広い基礎物性研究とともに、レーザー加工など、実社会が求めている学理の探求や協調領域の創出を行っている。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) を有する。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 BL07LSU 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 terahertz to X-ray. In LASOR center, a variety of materials sciences for semiconductors, strongly-correlated materials, molecular materials, surface and interfaces, and bio-materials are studied as well as industrial science such as laser processing 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 BL07LSU in SPring-8 (Hyogo).

教授 (センター長)	小林 洋平	助 教	矢治 光一郎	技術専門職員	橋本 光博	特任研究員	谷内 敏之
Professor (Director)	KOBAYASHI, Yohei	Research Associate	YAJI, Koichiro	Technical Associate	HASHIMOTO, Mitsuhiro	Project Researcher	TANIUCHI, Toshiyuki
教授 (副センター長)	原田 慈久	助 教	石井 順久	技術専門職員	工藤 博文	特任研究員	張 文雄
Professor (Deputy Director)	HARADA, Yoshihisa	Research Associate	ISHII, Nobuhisa	Technical Associate	KUDO, Hirofumi	Project Researcher	ZHANG, Wentong
教授 * ¹	小森 文夫	助 教	宮脇 淳	技術専門職員	伊藤 功	特任研究員	中里 智治
Professor (Deputy Director)	KOMORI, Fumio	Research Associate	MIYAWAKI, Jun	Technical Associate	ITO, Isao	Project Researcher	NAKAZATO, Tomoharu
教授 (副センター長) * ²	秋山 英文	助 教	谷 峻太郎	学術支援職員	福島 昭子	特任研究員	パレエコ セドリック
Professor (Deputy Director)	AKIYAMA, Hidefumi	Research Associate	TANI, Shuntaro	Technical Associate	FUKUSHIMA, Akiko	Project Researcher	BAREILLE, Cedric
准教授	松田 巖	助 教	平田 靖透	研究支援推進員	藤澤 正美	特任研究員	松田 拓也
Associate Professor	MATSUDA, Iwao	Research Associate	HIRATA, Yasuyuki	Technical Staff	FUJISAWA, Masami	Project Researcher	MATSUDA, Takuya
准教授	板谷 治郎	助 教	黒田 健太	特任研究員	赤田 圭史	特任研究員	山神 光平
Associate Professor	ITATANI, Jiro	Research Associate	KURODA, Kenta	Project Researcher	AKADA, Keishi	Project Researcher	YAMAGAMI, Kohei
准教授	近藤 猛	助 教	神田 夏輝	特任研究員	伊藤 紳二	特任研究員	山添 康介
Associate Professor	KONDO, Takeshi	Research Associate	KANDA, Natsuki	Project Researcher	ITO, Shinji	Project Researcher	YAMAZOE, Kosuke
准教授	松永 隆佑	助 教 * ²	挟間 優治	特任研究員	エル ムサウイ スリマン	特任研究員 * ²	薄倉 淳子
Associate Professor	MATSUNAGA, Ryusuke	Research Associate	HAZAMA, Yuji	Project Researcher	EL Moussaoui, Souliman	Project Researcher	USUKURA, Junko
准教授	岡崎 浩三	助 教 * ²	永田 崇	特任研究員	大平 猛	特任研究員 * ²	金 昌秀
Associate Professor	OKAZAKI, Kozo	Research Associate	NAGATA, Takashi	Project Researcher	OHDAIRA, Takeshi	Project Researcher	KIM, Changsu
准教授 * ²	井上 圭一	特任助教	水野 智也	特任研究員	尾嶋 正治	特任研究員 * ²	陶 仁春
Associate Professor	INOUE, Keichi	Project Research Associate	MIZUNO, Tomoya	Project Researcher	OSHIMA, Masaharu	Project Researcher	TAO, Renchun
准教授 (客員)	新部 正人	技術専門員	原沢 あゆみ	特任研究員	倉橋 直也	特任研究員 * ²	中前 秀一
Visiting Associate Professor	NIIBE, Masahito	Technical Associate	HARASAWA, Ayumi	Project Researcher	KURAHASHI, Naoya	Project Researcher	NAKAMAE, Hidekazu
助 教	山本 達	技術専門職員	澁谷 孝	特任研究員	小菅 淳	特任研究員 * ²	中村 孝宏
Research Associate	YAMAMOTO, Susumu	Technical Associate	SHIBUYA, Takashi	Project Researcher	KOSUGE, Atsushi	Project Researcher	NAKAMURA, Takahiro
助 教	石田 行章	技術専門職員	金井 輝人	特任研究員	櫻木 俊輔	特任研究員 * ²	八尾 寛
Research Associate	ISHIDA, Yukiaki	Technical Associate	KANAI, Teruto	Project Researcher	SAKURAGI, Shunsuke	Project Researcher	YAWO, Hiromu
				特任研究員	鈴木 剛	学振特別研究員	ツアン ペン
				Project Researcher	SUZUKI, Takeshi	JSPS Research Fellow	ZHANG, Peng

*¹ 所内兼務。本務はナノスケール物性研究部門。/concurrent with Division of Nanoscale Science

*² 所内兼務。本務は機能物性研究グループ。/concurrent with Functional Materials Group

極限コヒーレント光科学研究センター

Laser and Synchrotron Research Center

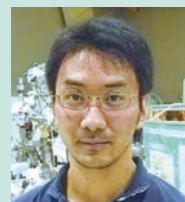
https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/kobayashi_group.html

小林研究室

Kobayashi Group



小林 洋平
KOBAYASHI, Yohei
教授
Professor

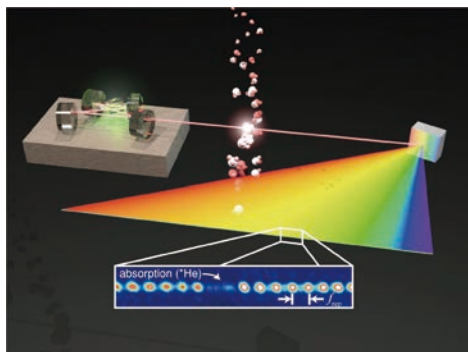


石田 行章
ISHIDA, Yukiaki
助教
Research Associate



谷 峻太郎
TANI, Shuntaro
助教
Research Associate

最先端レーザーの研究開発とそれを用いた精密・高強度光科学の研究を行っている。特に超短パルスレーザーと超狭帯域レーザーとの融合領域である光周波数コムおよびその応用手法の開発と、ハイパワーレーザーを用いたレーザー加工の学理の構築を中心課題としている。レーザー光源開発は Yb ドープセラミックやファイバーの技術を基に、超高繰り返し、超高平均パワーのレーザーシステムを近赤外、中赤外、紫外、真空紫外の波長領域において開発している。超高繰り返しの方向では縦モード一本ずつを分離し制御できるフェムト秒レーザーを実現し、世界最小のカーレンズモード同期レーザーを保有している。高平均パワーの方向ではフェムト秒レーザーをベースとした高輝度コヒーレント真空紫外光の発生や中赤外超精密分子分光を行っている。光源応用として光電子分光、光原子時計、天文、医療に関する研究を行っている。またレーザー加工の素過程となる光と物質の相互作用において、フェムト秒からミリ秒におよぶマルチスケールな現象が如何に繋がっているのかについて研究し、レーザー加工の学理構築に取り組んでいる。なぜものは切れるのか?を知りたい。



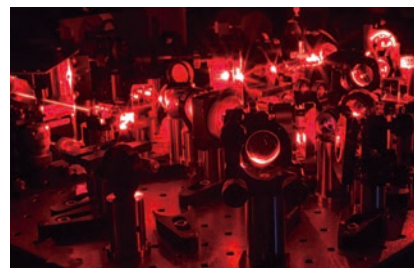
光周波数コムによる原子分光。自作超高エネルギー分解分光器と超高繰り返しモード同期レーザーとの組み合わせにより縦モード1本ずつが分離された分光が可能となった。図はメタステーブル He の縦モード分解分光の例。

Optical frequency comb based ultra-high precision spectroscopy. The combination of ultra-high repetition-rate laser and ultra-high resolution spectrograph makes it possible to resolve each comb tooth to detect the metastable He atom.

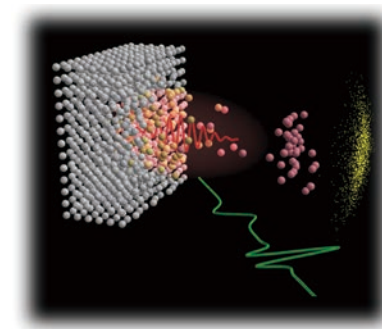
We are developing advanced laser technologies and their applications. Both ultimate technologies of ultrashort pulse generations and ultra narrow-band laser generations were mixed, the optical frequency comb then was born. It opened up a new research area such as carrier-envelope-phase dependent phenomena, 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 high-repetition-rate laser system will be applied for a calibration of a spectrograph in an observatory or an arbitrary waveform generation in an optical field, or a breath diagnosis.

In addition, we are studying the fundamental processes of laser processing and bridging the gap between them and industrial applications.



オフセットフリー光周波数コム
Offset-free optical frequency comb.



レーザー加工過程のサブピコ秒時間分解測定

Measurement of laser processing dynamics with sub-picosecond time resolution.

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 systems
2. 高繰り返し-高強度物理
High-rep rate, high-field physics
3. 光周波数コムの天文・医療・標準応用
Astronomical, medical, and metrological application of the optical frequency comb
4. レーザー加工の学理
Fundamental understanding on laser processing

原田研究室

Harada Group

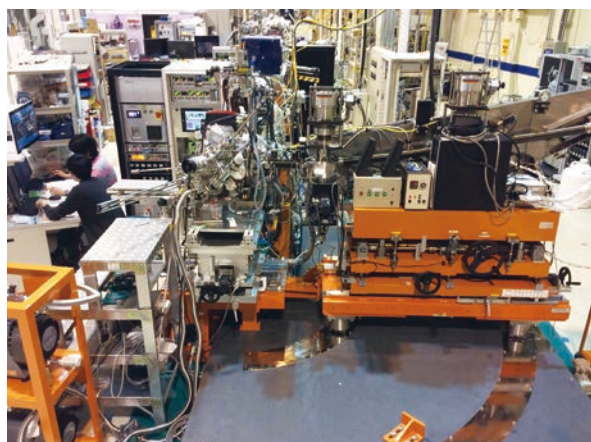


原田 慈久
HARADA, Yoshihisa
教授
Professor



宮脇 淳
MIYAWAKI, Jun
助教
Research Associate

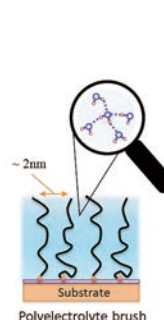
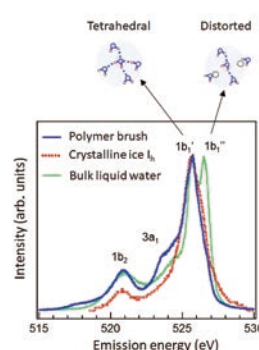
当研究室では、世界最高輝度のX線源である SPring-8 において‘軟X線’と呼ばれる光を用いて新しい分光法を開拓し、物質の電氣的、磁氣的性質、光学応答を司る電子状態をその成因に遡って調べる研究を行っている。特に光散乱の一種である軟X線発光分光の将来性に着目し、モット絶縁体、新規高温超電導体等の強相関物質における素励起（結晶場励起、スピン励起、マグノン励起、電荷密度波励起、軌道波励起など）の直接観測とその成因の研究、水溶性液体、固液界面の電子状態とマイクロ不均一性の観測、電池触媒の表面反応解析、光触媒反応解析のためのその場分析装置の開発、金属タンパク質の電子状態解析など、軟X線発光分光を適用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

High energy resolution soft X-ray angle resolved 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 novel 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 operando spectroscopy of a variety of catalysts. Our topics include study on elementary excitations (crystal field excitation, spinon, magnon, charge density wave, orbiton etc.) in strongly correlated materials like Mott insulators and novel high-T_c 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 high performance soft X-ray absorption and emission spectroscopy for the next generation synchrotron light source.



高分解能軟X線発光分光で捉えたポリマーブラシ中に閉じ込められた水 (H₂O) の電子状態。液体の水、I_h結晶氷と比較すると、ほぼ氷と同じスペクトル形状で、3a₁ 由来の軌道のみ異なる。これはブラシ中の水が常温にもかかわらず氷のように揃っており、局所電場効果によって水素結合ネットワークが一様に歪んでいる様子を表している。

Electronic structure of H₂O water in a polymer electrolyte brush observed by high energy resolution soft X-ray emission spectrometer. The X-ray emission profile is similar to crystalline ice I_h except for the 3a₁ derived state, indicating an ordered but uniformly distorted hydrogen bond network of water in the brush like ice even at room temperature. The distortion is induced by a local electric field present in the polymer brush.

研究テーマ Research Subjects

1. 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
2. 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
3. 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 novel high temperature superconductors.
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

松田巖研究室

I. Matsuda Group



松田 巖
MATSUDA, Iwao
准教授
Associate Professor



山本 達
YAMAMOTO, Susumu
助教
Research Associate



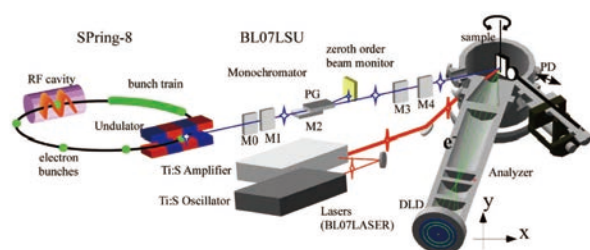
平田 靖透
HIRATA, Yasuyuki
助教
Research Associate

高輝度放射光、X線自由電子レーザー、高次高調波レーザーを用いた真空紫外線～軟X線分光・散乱実験の技術開発を行い、単原子層及び表面／界面系を中心に物性研究を行っている。

放射光施設 SPring-8 軟X線ビームライン BL07LSU にて分割クロスアンジュレータの調整を行うと共に、その偏光スイッチング特性を活かした新しい磁気光学実験法の開発を行っている。X線自由電子レーザーと高次高調波レーザーによる共鳴磁気光学効果の時間分解測定を行い、磁性超薄膜及び界面層における超高速スピンドYNAMICS研究を実施している。

SPring-8 BL07LSU ではレーザーシステムも整備しており、光電子分光やX線吸収分光の時間分解実験を共同利用として実施している。触媒反応や起電力発生などのテーマで表面・界面系におけるキャリア及び分子ダイナミクス研究が行われている。さらに機能性単原子層の開拓も手がけ、ポロフェンやディラックノードルラインを有した単原子層などの電子物性を明らかにしている。

光源それぞれの特性を利用して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。



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。

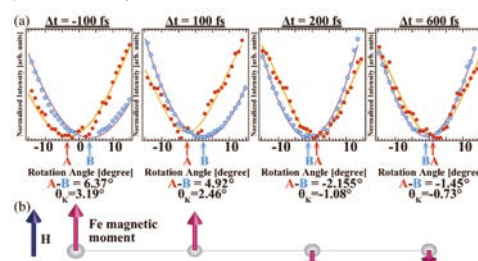
Overview of the time-resolved photoemission system at high-brilliant soft X-ray beamline, SPring-8 BL07LSU. Synchrotron radiation pulses, generated at an undulator, pass through a monochromator that is composed of mirrors (M) and a plane-grating (PG). A Ti:Sapphire laser system (BL07LASER) is installed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

We develop experimental techniques using vacuum ultraviolet ~ soft X-ray, generated by high brilliance synchrotron radiation, X-ray free electron laser (XFEL), and high-harmonic generation (HHG) laser, to reveal physical properties of single atomic layers and surface/interface systems.

At SPring-8 BL07LSU, we operate the segmented cross undulator and develop the novel magneto-optical experimental technique using its function of the fast polarization switching. With XFEL and a HHG laser, ultrafast spin dynamics of magnetic ultrathin films and interface layers are investigated by time-resolved measurements of the resonant magneto-optical Kerr effect.

At the time-resolved spectroscopy station in SPring-8 BL07LSU, time-resolved measurements of photoemission and X-ray absorption spectroscopy were made with laser and synchrotron radiation. Through the joint-researches of catalysis and photovoltaics, dynamics of carriers and molecules at the surface/interface are studied. We also investigate functionalities in novel monatomic layers such as borophene.

With the temporal information collected by individual light sources at each time scale, ranging from femtoseconds to milliseconds, we promote understanding of the whole dynamic picture by combining the sequential information.



フェリ磁性 GdFeCo 合金の時間分解共鳴磁気光学カー効果の実験の結果。(a) 軟X線 FEL ($h\nu = 53$ eV) でのエリプソメトリ測定データ (○) と三角関数でのフィッティング (実線)。赤と青のデータは互いに逆の磁場に対応している。(b) 実験結果から得られた外場 H に対する Fe の磁気モーメントの時間変化。フェムト秒の時間スケールでスピン反転が起きていることが分かる。

Time-resolved measurement of the resonant magneto-optical Kerr effect of the ferrimagnetic metallic GdFeCo alloy. (a) Experimental results of the intensity variation with rotation angle (ellipsometry) taken at $h\nu = 53$ eV for soft X-ray FEL at each delay time shown in each figure with fitting by cosine curve (solid lines). Red and blue colored data were taken at the opposite directions of magnetic field. (b) A schematic diagram of the magnetization reversal dynamics of the Fe magnetic moment with respect to an external field H. The length of the arrows is scaled to the magnitude of the Kerr rotation angle at each delay time shown in (a). One can recognize reversal of the Fe spin in the femtosecond-time scale.

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研究
Developments of time-resolved soft X-ray spectroscopy and researches on surface dynamics
2. 先端軟X線分光法による単原子層のディラック物性研究
Dirac Fermions in monatomic layers, studied by advanced soft x-ray 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YNAMICSの研究
Development of time-resolved experiments using ultra-short soft X-ray pulses and researches on ultrafast spin dynamics
4. 次世代放射光におけるアンジュレータビームラインの先端技術開発
Developments of frontier technologies for undulator beamlines of the next generation synchrotron radiation

板谷研究室

Itatani Group



板谷 治郎
ITATANI, Jiro
准教授
Associate Professor

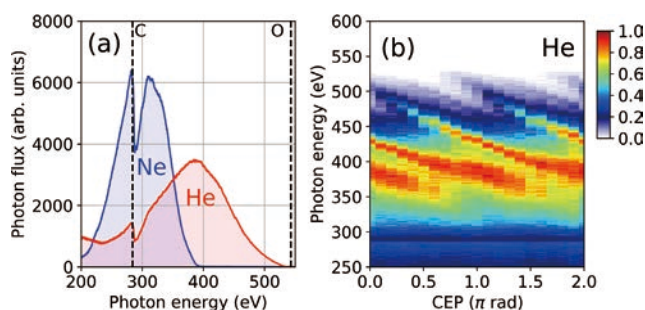


石井 順久
ISHII, Nobuhisa
助教
Research Associate



水野 智也
MIZUNO, Tomoya
特任助教
Project Research Associate

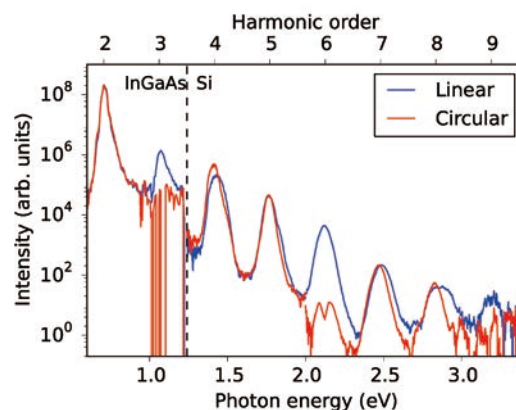
高強度極短パルスレーザーの開発と、強レーザー場下におけるフェムト秒からアト秒領域の超高速現象に関する研究を行っている。光源開発に関しては、可視から中赤外領域での位相制御された高強度光電場の発生と制御、および、原子・分子・固体における強レーザー場下での非線形現象の探索と、その応用としてアト秒パルス発生に関する研究を行っている。光源応用に関しては、強レーザー場やアト秒軟 X 線パルスを用いた新規分光手法の開拓と、原子・分子・凝縮系における超高速現象の観測と量子制御、極端紫外から軟 X 線領域のアト秒短波長光を用いた超高速分光に関する研究を行っている。位相制御された高強度極短パルスレーザーとその波長変換を基盤技術として、テラヘルツから軟 X 線にわたる広い周波数領域における光パルスの発生が可能であるため、物質の非平衡状態における動的過程を様々な自由度を通して実時間観測し、さらには光で制御することを目指している。



(a) 「水の窓」をカバーする高次高調波の軟 X 線スペクトル。青線はネオン、赤線はヘリウムを非線形媒質として用いた場合を示す。(b) ヘリウムガスで発生する高次高調波スペクトルの位相依存性。この結果より、光子エネルギー 450 eV 付近で孤立アト秒パルスが発生していることがわかる。

(a) Soft-X-ray spectra of high harmonics from neon (blue curve) and helium (red curve) that cover the water window. (b) CEP dependence of the high harmonic spectra from helium. The phase-dependent structure shows the generation of isolated attosecond pulses around a photon energy of 450 eV.

Development of phase-stable intense ultrashort-pulse lasers and their applications to attosecond and strong-field physics are the main subjects of our research. As for the light source, we develop waveform-controlled intense optical pulses in IR and mid-IR spectral regions. Currently, several state-of-art IR and mid-IR sources are operational to produce high harmonics in gas or solids. For the spectroscopic applications, we develop new methods using waveform-controlled strong optical fields and attosecond pulses to explore field-induced ultrafast processes of atoms, molecules, and condensed matters. We focus on field-driven electron dynamics and related nonlinear phenomena (e. g., high harmonic generation) in solids using intense mid-IR sources. Our methodology is based on the cutting-edge light sources and their frequency conversion that can cover the spectral range from terahertz to soft X rays with precise synchronization. We aim to use such extremely broadband and ultrafast coherent light sources for observing and controlling the quantum dynamics of non-equilibrium states of matters through various freedoms.



半導体 GaSe に高強度中赤外光を集光して得られる高次高調波のスペクトル。青線は入射光が直線偏光の場合、赤線は円偏光の場合であり、円偏光の場合、選択則が成り立つ。

High harmonic spectra from a semiconductor GaSe produced by linearly (blue curve) and circularly (red curve) polarized mid infrared light. In the case of circularly polarized input, the high harmonic spectrum obeys the selection rule.

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. アト秒物理学
Attosecond physics
3. 原子・分子・固体における超高速現象の観測と量子制御
Ultrafast spectroscopy and coherent control of photo-induced dynamics in atoms, molecules, and solids
4. 固体の超高速軟 X 線分光
Soft-X-ray ultrafast spectroscopy of molecules and solid

近藤研究室

Kondo Group



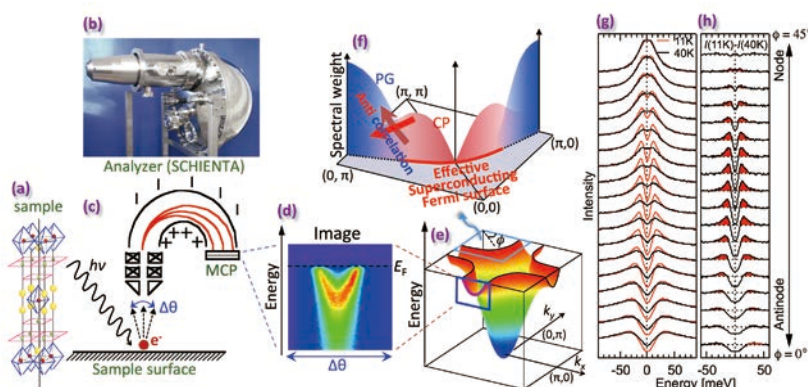
近藤 猛
KONDO, Takeshi
准教授
Associate Professor



黒田 健太
KURODA, Kenta
助教
Research Associate

固体中の電子状態を逆空間で描くバンド構造は、物質のあらゆる電子物性を理解する上での基礎を与える。角度分解光電子分光は、光を物質に照射して飛び出す光電子を角度及びエネルギーの関数としてイメージングすることでバンド構造を可視化する強力な実験手法である。この技術をベースとして、バンドが持つスピン構造をスピン分解によって選り分け、さらには、パルス光で瞬間的に非平衡状態へと乱された電子系が再び冷えて秩序化するダイナミクスをフェムト秒スケールで観測（時間分解）することで、多彩な電子物性がバンド構造を通して見えてくる。当研究室では、このような卓越した光電子分光技術を駆使して、非従来型の（高温）超伝導体、遍歴と局在の狭間で織りなされる重い電子系や電子相関系物質、強いスピン軌道相互作用に起因して発現するトポロジカル量子相、及び固体表面や薄膜で制御する量子井戸構造などの電気磁気物性を、直接観察で得られるバンド構造を舞台に研究する。さらには、ヘリウム3クライオスタットや極限レーザー光源を用いて、最低到達温度及びエネルギー分解能で共に世界最高性能となる角度分解光電子分光装置を開発し、フェルミ準位極近傍で生じる微細な電子構造（エネルギーギャップや素励起カップリング構造）を解明する。

The momentum-resolved band structure provides fundamental information to understand the electronic properties of materials. The angle-resolved photoemission spectroscopy (ARPES) is a powerful technique to visualize the band structure by mapping the intensities of photoelectrons as a function of angle and energy. With the spin-resolved technique, we can also identify the spin-polarized character of the band. In addition, the time-resolved ARPES realized with a pump-probe technique can track the reordering process of electron system from its nonequilibrium state. In our laboratory, we utilize these various ARPES techniques and study the following phenomena: nonconventional superconductors, heavy fermions, strongly correlated systems, topological quantum phases, and quantum well states. Furthermore, we develop a new ARPES machine capable of achieving both the lowest measurement temperature and the highest energy resolution in the world by innovating a ^3He cryostat and a laser source. The state-of-art equipment will enable us to identify even a subtle electronic feature close to the Fermi level, such as an energy gap and a mode-coupled dispersion, which is typically tied to exotic behaviors of conduction electrons.



(a) 銅酸化物高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_{6+d}$ の結晶構造。(b) 光電子アナライザー。(c) 角度分解光電子分光実験の模式図。(d) バンド分散のスナップショット。(e) バンド構造の全体図。(f) フェルミ面周りで描く超伝導と擬ギャップの競合関係。(g) 超伝導転移温度 (T_c) より高温（黒線）と低温（赤線）で測定したフェルミ面周りのスペクトル。(h) (g) で示すスペクトルの T_c 上下での差分。超伝導成分が赤で塗られており、(f) で模式的に示す赤の領域と対応する。

(a) Crystal structure of $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_{6+d}$ high- T_c superconductor. (b) ARPES analyzer. (c) Diagram of ARPES experiment. (d) Snapshot of dispersion image. (e) Whole band structure. (f) Competition between superconducting gap and pseudogap. (g) Spectra around Fermi surface below (red) and above (black) superconducting transition temperature ($T_c = 35$ K). (h) Difference between the curves in (g). Coherent spectral weight is painted with a red color, which is corresponding to the red region represented in (f).

研究テーマ Research Subjects

1. 極限レーザーを励起光源とする超高分解能角度分解光電子分光装置の開発
Development of a laser-excited ARPES system with ultra-high energy resolution
2. 角度分解・スピン分解・時間分解光電子分光で見る超伝導やトポロジカル量子相
Superconductivity and topological quantum phase investigated by angle-, spin-, and time-resolved photoemission spectroscopy
3. 放射光を利用した光電子分光で研究する強相関電子系物理
Strongly correlated physics studied by photoemission with synchrotron radiation

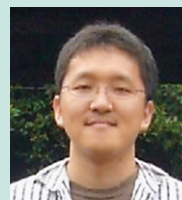
極限コヒーレント光科学研究センター

Laser and Synchrotron Research Center

https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/matsunaga_group.html

松永研究室

Matsunaga Group



松永 隆佑
MATSUNAGA, Ryusuke
准教授
Associate Professor



神田 夏輝
KANDA, Natsuki
助教
Research Associate

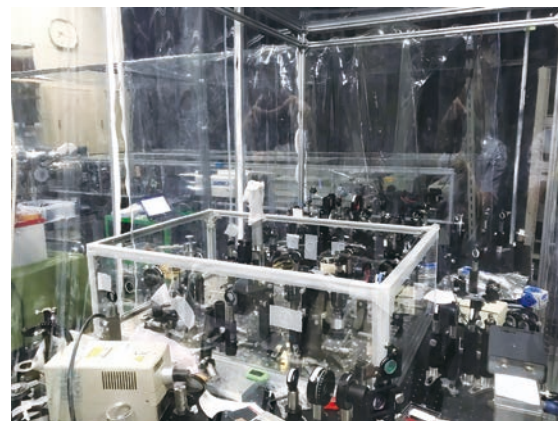
テラヘルツから赤外・可視・紫外領域にわたるコヒーレント光源を用いて、物質の光応答と、光電場によって物質中に誘起される非平衡状態の性質を調べる。特にテラヘルツ周波数帯は光子エネルギーで数 meV 程度に相当し、物性物理学において重要なフェルミ面近傍の電磁気応答を通して物質中の素励起を探る有効な手法となっている。さらに近年開発された極めて高い電場尖頭値を持つ高強度テラヘルツ波を駆使することで、余剰エネルギーを与えることなく低エネルギーの素励起を共鳴的に強く励起する、あるいは物質中の素励起よりもさらにエネルギーの低い光電場による非共鳴的励起によってコヒーレントな相互作用を調べることが可能になる。テラヘルツ発生及び検出技術と非線形分光測定手法を開発するとともに、超伝導や反強磁性のような多体系の秩序に現れる集団励起、非線形応答や非平衡状態でのみ現れる物質の新たな状態を調べ、その機能性を明らかにする。

We investigate light-matter interactions and light-induced nonequilibrium phenomena in materials by utilizing terahertz wave, infrared, visible, and ultraviolet coherent light sources based on ultrafast pulsed laser technology. Especially terahertz spectroscopy can unveil low-energy responses of materials on the order of millielectronvolts which include essential information for dynamical motions of electron, phonon, or spin degrees of freedom in condensed matter physics. Recently-developed intense terahertz pulse generation technique has also opened a new pathway toward optical control of materials by strong resonant or off-resonant excitation. In addition to the development of terahertz generation and detection technique and novel nonlinear spectroscopy scheme, we will contribute on the study for cooperative behaviors in many-body systems like superconductivity or antiferromagnetism and seek hidden transient phases of matters in nonequilibrium system to reveal the functionality of materials.



高強度テラヘルツパルス発生および位相安定中赤外パルス発生に用いるフェムト秒再生増幅パルスレーザーシステム

Regenerative-amplified femtosecond pulse laser system for intense terahertz wave generation and phase-locked mid-infrared light generation



テラヘルツ電磁応答および Hall 伝導測定に用いる透過・反射・偏光回転精密計測システム

Transmission, reflection, and polarization rotation spectroscopy system for terahertz electromagnetic response and Hall conductivity measurements

研究テーマ Research Subjects

1. 高強度位相安定テラヘルツ - 中赤外パルス光源開発、検出技術開発
Development of intense, phase-locked terahertz-mid infrared pulse generation and detection
2. 超伝導や反強磁性における線形・非線形な電磁応答と集団励起の解明
Study of collective excitations and response functions in superconductivity and antiferromagnetism
3. 光電場で強励起された非平衡多体系の超高速ダイナミクスの研究
Nonequilibrium dynamics of many-body systems driven by strong light field

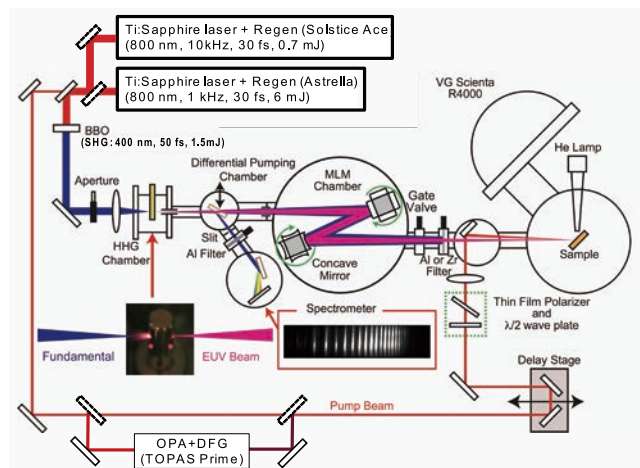
岡崎研究室

Okazaki Group



岡崎 浩三
OKAZAKI, Kozo
准教授
Associate Professor

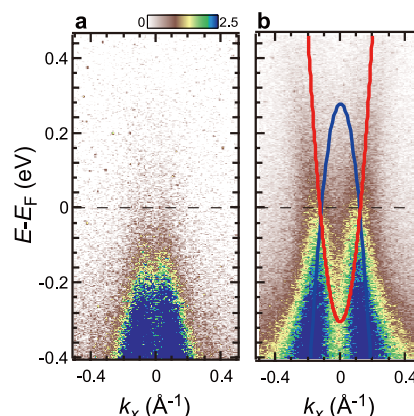
角度分解光電子分光は物質中の電子の運動量とエネルギーの分散関係 (バンド構造) を直接観測できる強力な実験手法であるが、フェムト秒レーザーをポンプ光、その高次高調波をプローブ光として用いることで、非平衡状態におけるバンド構造の超高速過渡特性も観測できるようになる。本研究室では、レーザー開発の研究室と共同で超短パルス高次高調波レーザーを用いた時間分解光電子分光装置の開発・改良を進め、ポンプ・プローブ時間分解光電子分光によって、光励起状態からの電子の緩和過程の直接観測、光誘起相転移に伴う電子状態の変化の直接観測等を行い、励起状態からの電子の緩和機構の解明や光誘起超伝導の直接観測による実証を目指している。また、エネルギー分解能 70 μeV 、最低測定温度 1 K という世界最高性能を有するレーザー角度分解光電子分光装置を用いて、非従来型超伝導体の電子構造、超伝導ギャップ構造を直接観測することで非従来型超伝導の機構解明を目指している。



高次高調波レーザーを用いた時間分解光電子分光装置の概略図

Schematic diagram of a time-resolved photoemission apparatus utilizing a femtosecond laser and its high harmonic generation.

Angle-resolved photoemission spectroscopy is a very powerful experimental technique that can directly observe a dispersion relation between momentum and energy (band structure) of the electrons in solid-state materials, whereas by utilizing a femto-second laser as pumping light and its high harmonic generation (HHG) as probing light, we can observe ultrafast transient properties of the band structure in a non-equilibrium state. In our group, we are developing and improving a time-resolved photoemission apparatus that utilizes high harmonic generation of an ultrashort-pulse laser in collaboration with laser development groups, and aiming for understanding the mechanisms of electron relaxation dynamics from photo-excited states and demonstration of photo-induced superconductivity by direct observations of transient electronic states using pump-probe type time-resolved photoemission spectroscopy (TRPES). In addition, we are aiming for understanding the mechanisms of unconventional superconductivity by direct observations of the electronic structures and superconducting-gap structures of unconventional superconductors with a laser-based angle-resolved photoemission apparatus with a world-record performance that achieves a maximum energy resolution of 70 μeV and lowest cooling temperature of 1 K.



高次高調波レーザー時間分解光電子分光で観測された励起子絶縁体 Ta_2NiSe_5 における光誘起絶縁体 - 金属転移 a, b はそれぞれ、光励起前、光励起後のスペクトル

Photo-induced insulator-to-metal transition in an excitonic insulator Ta_2NiSe_5 observed by HHG laser TRPES. a, b. Spectra before and after pump, respectively.

研究テーマ Research Subjects

1. 高次高調波レーザーを用いた時間分解光電子分光装置の開発
Development of a time-resolved photoemission apparatus utilizing high harmonic generation from a ultrashort-pulse laser
2. 光励起状態からの物質中の電子の緩和機構の解明、光誘起超伝導の直接観測
Mechanisms of electron relaxation from photo-excited states and light-induced superconductivity
3. 極低温超高分解能レーザー角度分解光電子分光による非従来型超伝導体の機構解明
Mechanisms of unconventional superconductivities by ultralow temperature and ultrahigh resolution laser-based angle-resolved photoemission spectroscopy

新部研究室

Niibe Group



新部 正人
NIIBE, Masahito
客員准教授
Visiting Associate Professor

ニュースバル放射光施設（兵庫県立大学）を研究拠点として、光子エネルギー 750 eV 以下の軟 X 線領域での吸収分光 (XAS) および発光分光 (XES) の装置開発と、それを用いた種々の物質の分光学的評価・研究を行っている。

XAS は物質の非占有電子状態（固体の伝導帯）を、また XES は占有電子状態（価電子帯）を反映したスペクトルを得ることができ、固体物性の研究には極めて有用なツールである。エネルギー 750 eV 以下の光子は、B, C, N, O, F, Al, Si, P, S など、物質を構成する主要な軽元素や、3d 遷移金属の内殻励起に用いられ、固体物性を理解するための重要な情報が得られる。我々は松田巖研究室との共同研究により、ディラックノーダルループ (DNL) を持つと期待される新規の 2D 物質である 6 員環および 5-7 員環の単原子層 B シートについて、XAS, XES を測定し、理論解析と合わせてその物性の解明を進めている。さらに、厚さ 100 nm の自立薄膜を圧力隔壁とした He パスによる大気圧下軟 X 線 XAS / XES 装置の開発も進めている。

With the NewSUBARU synchrotron radiation facility (University of Hyogo) as a research base, we are developing X-ray absorption spectroscopy (XAS) and emission spectroscopy (XES) equipment in the soft X-ray region with photon energy of 750 eV or less, and using it, conducting spectroscopic evaluation and research of various materials.

XAS can obtain a spectrum reflecting unoccupied electronic states of a substance (conduction band in solid), and XES can obtain the occupied electronic state (valence band), which are extremely useful tools for studying solid state physics. Photons with energy less than 750 eV are used for the inner shell excitation of major light elements such as B, C, N, O, F, Al, Si, P, and S, and 3d transition metals. It provides important information for understanding properties of solids. We have collaborated with I. Matsuda Laboratory on 6-membered and 5-7-membered honeycomb monolayer B sheets that are expected to have Dirac-nodal loops (DNL). We are measuring XAS and XES spectra of the B sheets and elucidating its physical properties along with theoretical analysis. We are also developing a soft X-ray XAS/XES system under atmospheric pressure using a He-path with a 100 nm thick free-standing membrane as a pressure partition.

軌道放射物性研究施設 / 播磨分室 Synchrotron Radiation Laboratory / Harima Branch

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

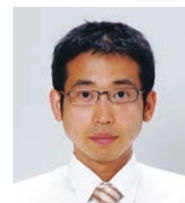
教授 (施設長) 原田 慈久	Professor(Director) : HARADA, Yoshihisa	技術専門職員 工藤 博文	Technical Associate : KUDO, Hirofumi
教授 (副施設長) 小森 文夫	Professor(Deputy Director):KOMORI, Fumio	学術支援職員 福島 昭子	Technical Associate : FUKUSHIMA, Akiko
准 教 授 松田 巖	Associate Professor : MATSUDA, Iwao	研究支援推進員 藤澤 正美	Technical Staff : FUJISAWA, Masami
准 教 授 近藤 猛	Associate Professor : KONDO, Takeshi	特任研究員 赤田 圭史	Project Researcher : AKADA, Keishi
准教授 (客員) 新部 正人	Visiting Associate Professor : NIIBE, Masahito	特任研究員 エルムサウイスリマン	Project Researcher : EL Moussaoui, Souliman
助 教 山本 達	Research Associate : YAMAMOTO, Susumu	特任研究員 大平 猛	Project Researcher : OHDAIRA, Takeshi
助 教 矢治 光一郎	Research Associate : YAJI, Koichiro	特任研究員 尾嶋 正治	Project Researcher : OSHIMA, Masaharu
助 教 宮脇 淳	Research Associate : MIYAWAKI, Jun	特任研究員 倉橋 直也	Project Researcher : KURAHASHI, Naoya
助 教 平田 靖透	Research Associate : HIRATA, Yasuyuki	特任研究員 張 文雄	Project Researcher : ZHANG, Wenxiong
技術専門員 原沢 あゆみ	Technical Associate : HARASAWA, Ayumi	特任研究員 山神 光平	Project Researcher : YAMAGAMI, Kohei
技術専門職員 澁谷 孝	Technical Associate : SHIBUYA, Takashi	特任研究員 山添 康介	Project Researcher : YAMAZOE, Kosuke

軌道放射物性研究施設 (SOR 施設) は高輝度放射光を利用した先端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高速偏光スイッチング軟 X 線アンジュレタビームライン (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、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うために、時間分解軟 X 線分光実験ステーション、高分解能軟 X 線発光分光ステーション、3 次元ナノエスカステーション、軟 X 線磁気光学カー効果ステーション、軟 X 線回折ステーションを立ち上げ、全国共同利用だけでなく、海外からの共同利用も受け付けている。一方、柏の E 棟においては、レーザーグループとの共同研究の基に、真空紫外・軟 X 線レーザー光源を用いた超高分解能スピン偏極光電子分光装置を建設し、全国共同利用に提供している。



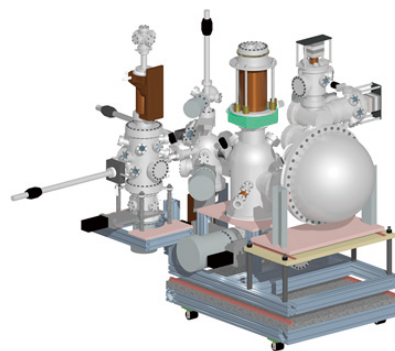
SPring-8 BL07LSU の 8 台の Figure-8 アンジュレーター。本挿入光源より連続偏角可変型不等間隔刻線平面回折格子分光器を経て、各実験ステーションに高輝度軟 X 線が供給される。

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



矢治 光一郎
YAJI, Koichiro

The synchrotron radiation laboratory(SRL) is promoting advanced spectroscopy using synchrotron radiation in soft X-ray and vacuum ultraviolet region. SRL operates 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, high-resolution soft X-ray emission spectroscopy, 3D (depth + 2D microscopy) nanoESCA, X-ray magneto-optical effect, and soft X-ray diffraction are utilized to study electronic states and dynamics in new materials. SRL developed the fast polarization switching of the undulator light source in cooperation with SPring-8. In the building E at Kashiwa campus, SRL developed the ultra-high resolution spin-resolved photoemission spectroscopy using vacuum ultraviolet and soft X-ray lasers in collaboration with laser light source scientists in ISSP.



E 棟における高効率スピン VLEED 検出器を備えたレーザー励起高分解能電子分光装置。

A laser-excited 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、ネットワーク関連の管理運用やサポートを行う情報技術室、物性研究所における様々な情報の発信を担当する広報室などである。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 Safety Laboratory for the safety in experiments that utilize X-ray, γ -ray and radioactive materials, Library, Stock Room, International Liaison Office for supporting foreign researchers, Information Technology Office for handling and supporting network related matters, and Public Relations Office. In each facility, several staff members are working under supervision of the corresponding committee.

低温液化室 Cryogenic Service Laboratory	低温委員長 Chairperson	山下 穰 YAMASHIYA, Minoru	技術専門職員 Technical Associate 技術専門職員 Technical Associate	土屋 光 TSUCHIYA, Hikaru 鷺山 玲子 SAGIYAMA, Reiko	学術支援職員 Technical Associate	野村 未来 NOMURA, Miku
工作室 Machine Shop	工作委員長 Chairperson	金道 浩一 KINDO, Koichi	技術職員 Technical Associate 学術支援職員 Technical Associate	岡部 清信 OKABE, Kiyonobu 田中 祐介 TANAKA, Yusuke	学術支援職員 Technical Associate 研究支援推進員 Technical Staff	高木 明子 TAKAGI, Akiko 村貫 静二 MURANUKI, Seiji
放射線管理室 Radiation Safety Laboratory	放射線管理委員長 Chairperson	廣井 善二 HIROI, Zenji	技術専門員 Technical Associate	野澤 清和 NOZAWA, Kiyokazu		
図書室 Library	図書委員長 Chairperson	押川 正毅 OSHIKAWA, Masaki	係長 (柏地区図書課 研究情報係所属) Administrative Staff 主任 (柏地区図書課 研究情報係所属) Administrative Staff	坂牧 一博 SAKAMAKI, Kazuhiro 中曽根 恵美 NAKASONE, Emi	事務補佐員 Administrative Staff	久保嶋 智子 KUBOSHIMA, Tomoko
ストックルーム Stock Room	管理委員長 Chairperson	近藤 猛 KONDO, Takeshi	予算・決算係 Administrative Staff(Finance and Accounting Section)			
国際交流室 International Liaison Office	国際交流室長 Chairperson	小森 文夫 KOMORI, Fumio	学術支援職員 Administrative Staff 事務補佐員 Administrative Staff	石口 祐子 ISHIGUCHI, Yuko 山内 敦子 YAMAUCHI, Atsuko	事務補佐員 Administrative Staff	橋口 文乃 HASHIGUCHI, Ayano
情報技術室 Information Technology Office	担当所員 Chairperson	川島 直輝 KAWASHIMA, Naoki	技術専門職員 Technical Associate 技術専門職員 Technical Associate	矢田 裕行 YATA, Hiroyuki 福田 毅哉 FUKUDA, Takaki	学術支援専門職員 Technical Associate	荒木 繁行 ARAKI, Shigeyuki
広報室 Public Relations Office	広報委員長 Chairperson 高度学術専門職員* Contact Person	秋山 英文 AKIYAMA, Hidefumi 鈴木 博之 SUZUKI, Hiroyuki	学術支援職員 Technical Associate 技術補佐員 Technical Staff	餅田 円 MOCHIDA, Madoka 石塚 みづゑ ISHIZUKA, Mizue	総務係 Administrative Staff(General Affairs Section) 共同利用係 Administrative Staff(Joint Research Section)	

*リサーチ・アドミニストレーター推進室と兼務。 / concurrent with Office for Advancement of Research Administrators

低温液化室 Cryogenic Service Laboratory

低温委員長	山下 穰	Chairperson : YAMASHITA, Minoru
技術専門職員	土屋 光	Technical Associate : TSUCHIYA, Hikaru
技術専門職員	鷺山 玲子	Technical Associate : SAGIYAMA, Reiko
学術支援職員	野村 未来	Technical Associate : NOMURA, Miku

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。2018年度の液体ヘリウムの生産量と供給量はそれぞれ約 332,000 L、236,914 L である。液体窒素は外部より購入し、供給している。2018年度の液体窒素の使用量は 932,569 L となっている。

Cryogenic Service Laboratory (1) supplies liquid helium and liquid nitrogen, (2) provides general services concerning cryogenic techniques, and (3) manages high-pressure gas cylinders used in Kashiwa Campus. The laboratory has its own liquefiers to produce liquid helium for the researchers and the students in Kashiwa Campus. The evaporated helium gas is recovered and purified for recondensing. In the fiscal year 2018, a total of 332,000 L liquid helium was produced, of which 236,914 L was supplied to users. The recondensed liquid helium is transferred from a 10,000 L storage vessel to various small storages by using a centrifugal immersion pump system. Meanwhile, the laboratory purchases liquid nitrogen from outside manufacturers. In FY 2018, liquid nitrogen of 932,569 L was supplied.

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
液体ヘリウム容器	Liquid helium dewars	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、貯槽及び遠心汲み上げポンプ
Helium liquefier, storage, and transfer system

工作室 Machine Shop

工作委員長	金道 浩一	Chairperson : KINDO, Koichi
技術職員	岡部 清信	Technical Associate : OKABE, Kiyonobu
学術支援職員	田中 祐介	Technical Associate : TANAKA, Yusuke
研究支援推進員	村貫 静二	Technical Staff : MURANUKI, Seiji
学術支援職員	高木 明子	Technical Associate : TAKAGI, Akiko

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 and a researcher's machine shop, which are equipped with various facilities for designing metal. 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
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
Researcher's Machine Shop: Universal Lathes, Precision Lathes,
Milling Machines



工作室
Machine shop

放射線管理室 Radiation Safety Laboratory

放射線管理委員長 廣井 善二 Chairperson : HIROI, Zenji
技術専門員 野澤 清和 Technical Associate : NOZAWA, Kiyokazu
(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 sources, X-rays, γ -rays and so on 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ー、各種サーベイメーター等、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 押川 正毅 Chairperson : OSHIKAWA, Masaki
係長 坂牧 一博 Administrative Staff : SAKAMAKI, Kazuhiro
主任 中曽根 恵美 Administrative Staff : NAKASONE, Emi
事務補佐員 久保嶋 智子 Administrative Staff : KUBOSHIMA, Tomoko

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、物性科学を中心に資料を収集して利用に供している。

所蔵資料はインターネットで検索でき、所内では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を利用できる。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、現物貸借のサービスを行っている。

The ISSP Library collects books and journals of materials science and related topics, and it provides various services for researchers of joint-use and joint-research as well as inside the ISSP. The online catalogue of its collection is available on the Internet for search. Users can access many electronic journals and databases subscribed by the University of Tokyo. The Library also arranges an inter-library loan for documents not in its possession.

概要

面積 : 783m²
蔵書数 : 66,679 冊（平成 30 年度末現在）
（洋書 59,262 冊、和書 7,417 冊、製本雑誌を含む）
雑誌種類数 : 732 種（洋雑誌 635 種、和雑誌 97 種）
開室時間 : 平日 9:30-17:00（時間外利用 6:00-9:30, 17:00-24:00）
座席数 : 24 席（内 8 席は LAN ケーブル、電源コンセント設置）
ホームページ : <https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/labs/tosyo/>

Outline

Area : 783m²
Library holdings : 66,679 volumes (as of March, 2019)
(Foreign books 59,262, Japanese books : 7,417. Including bound journals)
Journal collection : 732 titles (Foreign journals : 635, Japanese journals : 97)
Staffed hours: Weekdays 9:30-17:00 (Overtime use: 6:00-9:30 & 17:00-24:00)
Seating capacity : 24 seats (including 8 seats equipped with LAN port and power socket)
Website : <https://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 近藤 猛 Chairperson : KONDO, Takeshi
 予算・決算係 Administrative Staff
 (Finance and Accounting Section)

ストックルームは、回路部品、真空部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

国際交流室長 小森 文夫 Chairperson : KOMORI, Fumio
 学術支援職員 石口 祐子 Administrative Staff : ISHIGUCHI, Yuko
 事務補佐員 山内 敦子 Administrative Staff : YAMAUCHI, Atsuko
 事務補佐員 橋口 文乃 Administrative Staff : HASHIGUCHI, Ayano

国際交流室は、物性研究所の国際交流・国際化推進に向けた支援業務を行っている。主な業務としては、国際交流委員会のもとでの外国人客員所員制度をはじめとする物性研究所の国際連携制度の運営支援、国際ワークショップの運営補佐、広報英文化をはじめとする英文での情報発信、外国人研究員・訪問者の来日・滞在支援などがあげられる。また、こうした支援業務を円滑に進めるため、国際化教育支援室柏支部および柏キャンパス内の国際的部署と連携を図っている。

The mission of the International Liaison Office (ILO) is to help promote the international collaborative research by ISSP members and to contribute to the internationalization of the Institute. Toward this end, ILO assists in operating ISSP International Collaboration Programs, including the visiting professorship program, and administrating ISSP international workshops. The Office also translates the content of ISSP website and supports international visitors and new employees in their visits and stays in Japan. For smooth and effective implementation of these activities, ILO also works closely with the Kashiwa International Office and other related sections on the Kashiwa campus.



国際交流室
International Liaison Office

情報技術室

Information Technology Office

担 当 所 員 川島 直輝 Chairperson : KAWASHIMA, Naoki
 技術専門職員 矢田 裕行 Technical Associate : YATA, Hiroyuki
 技術専門職員 福田 毅哉 Technical Associate : FUKUDA, Takaki
 学術支援専門職員 荒木 繁行 Technical Associate : ARAKI, Shigeyuki

情報技術室では、物性研究所 LAN および WWW サーバ (物性研ホームページ <https://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。

Information Technology Office operates the local area network in ISSP, and WWW servers for the ISSP home page (<https://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 distribute anti-virus software to in-house users.



物性研ネットワークの基幹 L3 スイッチ
 L3 switch: Core network switch of ISSP

広報室

Public Relations Office

広 報 委 員 長 秋山 英文 Chairperson : AKIYAMA, Hidefumi
 高度学術専門職員 鈴木 博之 Contact Person : SUZUKI, Hiroyuki
 学術支援職員 餅田 円 Technical Associate : MOCHIDA, Madoka
 技 術 補 佐 員 石塚 みづゑ Technical Staff : ISHIZUKA, Mizue
 総 務 係 Administrative Staff (General Affairs Section)
 共 同 利 用 係 Administrative Staff (Joint Research Section)

広報室は、物性研究所の研究成果やアクティビティを広く一般に情報発信する業務を行っている。物性研公式ホームページ、SNS の運用、機関誌「物性研だより」や要覧などの出版物による情報発信とアーカイブ機能を構築するとともに、新聞社、テレビ、出版社などメディアへの情報提供を行っている。

また、次世代の科学の担い手となる小中高生や一般市民を対象に、イベントや出張授業、一般講演会などを企画し、地域の教育関係機関と連携してアウトリーチ活動を行っている。

The Public Relations Office manages and facilitates disseminating research achievements and activities of the Institute for Solid State Physics widely to the general public. The office advances information and communications through a variety of channels including ISSP official homepage, SNS, bulletin “BUSSEIKEN DAYORI”, handbooks and by building the digital archive function, as well as providing information to media such as newspapers, TVs, and publishing companies.

Another important aspect of our activities is outreach. In cooperation with local educational organizations, the office plans and offers various events and lectures for general public and students from elementary to high school responsible for the next generation.



夏休み科学教室(左上)、出張授業(右上)、一般講演会(下)

Science program at junior and senior high school students (upper left), science class in schools (upper right), and public lectures (lower).



柏キャンパス地図/ Kashiwa Campus Map

物性研究所

The Institute for Solid State Physics

- | | | |
|-----|---------------|--|
| A 棟 | 本館 | / Main Building |
| B 棟 | 低温・多重極限実験棟 | / Cryogenic/Multiple Extreme Conditions Laboratory |
| C 棟 | ショートパルス強磁場実験棟 | / Short Pulse Magnet Laboratory |
| D 棟 | 先端分光実験棟 | / Advanced Spectroscopy Laboratory |
| E 棟 | 極限光科学実験棟 | / Laser and Synchrotron Research Laboratory |
| K 棟 | ロングパルス強磁場実験棟 | / Long Pulse Magnet Laboratory |

生産技術研究所 / Institute of Industrial Science

- ① 研究実験棟Ⅱ / Research and Testing ComplexⅡ
- ② 研究実験棟Ⅰ / Research and Testing ComplexⅠ
- ③ テンセグリティ構造モデルスペース / Tensegrity Space

大気海洋研究所 / Atmosphere and Ocean Research Institute

- ④ 大気海洋観測機器棟 / Ocean Observation Warehouse
- ⑤ 加速器実験棟 / Laboratory for Accelerator Mass Spectrometry
- ⑥ 本館 / Main Building

新領域創成科学研究科 / Graduate School of Frontier Sciences

- ⑦ 環境棟 / Environmental Studies
- ⑧ 生命棟 / Biosciences
- ⑨ 屋外メダカ飼育場 / Outdoor Medaka Keeping Farm
- ⑩ 基盤科学実験棟 / Transdisciplinary Sciences Laboratory
- ⑪ 基盤棟 / Transdisciplinary Sciences
- ⑫ 情報生命科学実験棟 / Computational Biology Laboratory
- ⑬ 生涯スポーツ健康科学研究センター / Resarch Center for Total Life Health and Sports Sciences

- ⑭ 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

- ⑮ 宇宙線研究所 / Institute for Cosmic Ray Research

- ⑯ 総合研究棟 / Kashiwa Research Complex

- ⑰ 第2 総合研究棟 / Kashiwa Research Complex2

- ⑱ 共同利用棟 / Joint Research Building

柏キャンパス共用施設 / Supporting Facilities

- ⑲ 環境安全研究センター柏支所
/ Environmental Science Center, Kashiwa Branch
- ⑳ 共同利用研究員宿泊施設 / Kashiwa Guest House
- ㉑ 柏図書館 / Kashiwa Library
- ㉒ 柏保健センター / Kashiwa Health Services Center
- ㉓ 食堂 / Restaurant
- ㉔ 売店 / Shop
- ㉕ 守衛所 / Gate House
- ㉖ 産学官民連携棟 / Kashiwa2 Cooperation Hub

柏キャンパス Kashiwa Campus



柏IIキャンパス Kashiwa II Campus



■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

<https://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

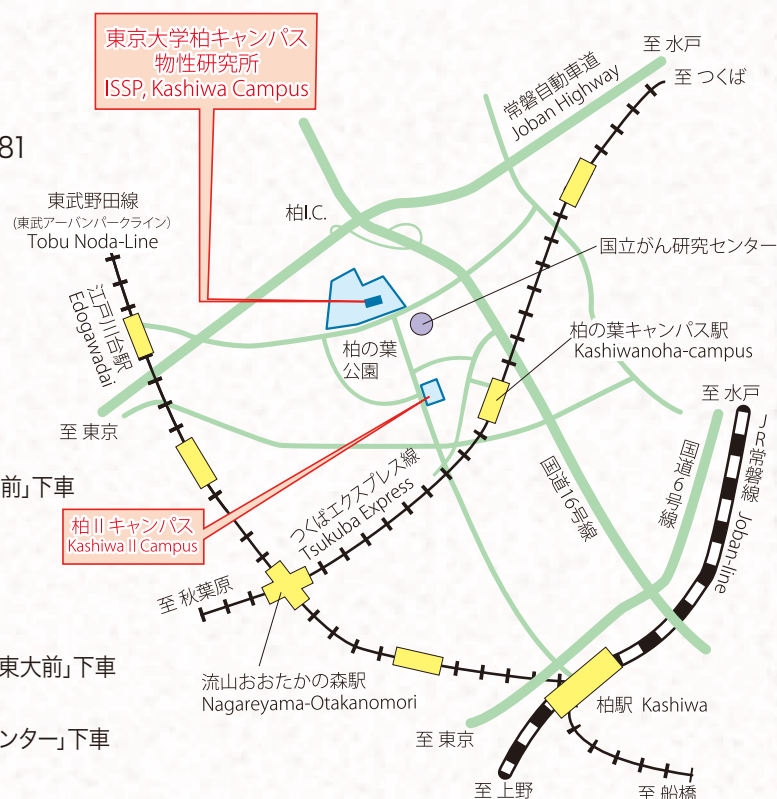
■東武バス利用 約25分

[西柏 01] 国立がん研究センター行(県民プラザ経由)→「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 軌道放射物性研究施設播磨分室 (SPring-8 内) Harima Branch of Synchrotron Radiation Laboratory, Laser and Synchrotron Research Center

〒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

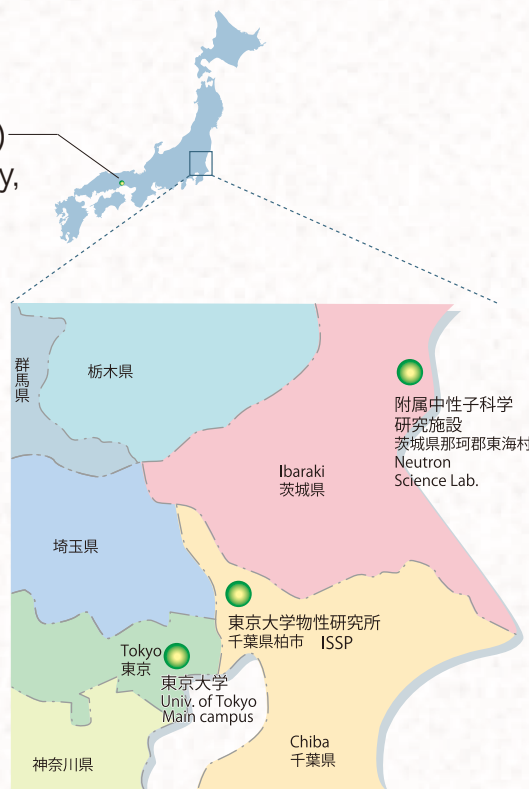
TEL : (0791) 58-0802 ext.4111

■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





I S S P

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

