

東京大学

2015

# 物性研究所



物性研究所

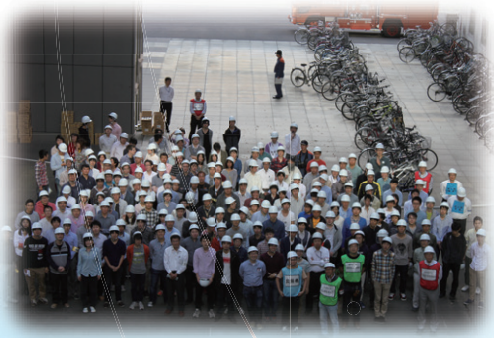
THE INSTITUTE FOR SOLID STATE PHYSICS



THE INSTITUTE FOR SOLID STATE PHYSICS

THE UNIVERSITY OF TOKYO







2 ご挨拶  
Preface

4 沿革  
History

6 年表  
Chronology

8 組織・運営  
Organization/Administration

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

12 教育・論文  
Education/Publication

13 予算・職員  
Budget/Staff Members

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

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

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

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

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

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

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

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

65 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

82 柏キャンパス地図  
Kashiwa Campus Map



## ご挨拶

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

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

共同利用・共同研究拠点としてこれまで物性研究所では、これらの先端的技術・設備を開発し共同利用に供する努力を重ねてきました。強磁場については、電磁濃縮法を用いて 1000 テスラ破壊型短時間パルス磁場を目指す計画と、フライホイール電源を用いて 100 テスラ非破壊型長時間パルス磁場を実現する計画が進行しています。中性子に関しては、東海の J-PARC に KEK と共同で高分解能パルス分光器を建設し、共同利用実験を行っています。一方で 2011 年 3 月の大震災後停止している JRR-3 原子炉については、一日も早い再稼働を待望しつつ設備の高度化を進めています。計算物質科学については、「京」コンピュータを利用した戦略分野 2 「新物質・エネルギー創成」の代表機関を務め、分子科学研究所や東北大学金属材料研究所とともに計算物質科学イニシアティブ (CMSI) を組織し、元素戦略プロジェクトにも参加しています。2014 年度にはポスト「京」の重点課題 (7) 「次世代の産業を支える新機能デバイス・高性能材料の創成」の代表機関に選定されました。光を用いた物質科学については、播磨の放射光施設 SPring-8 の東大アウトステーション物質科学ビームライン (BL07) に軟 X 線を用いた最先端の実験装置を建設し共同研究を推進するとともに、柏では極限的なレーザー光源開発とこれを用いた実験が行われるようになり、新しい光物質科学が展開されようとしています。

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

2015 年 10 月

瀧川 仁



# Preface

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

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

As a joint-use/joint-research institute, we have been working hard to develop state-of-art technologies and facilities. The International MegaGauss Science Laboratory is pursuing to generate 1000 tesla destructive short-pulse fields by electromagnetic compression method and 100 tesla non-destructive long-pulse fields using a flywheel dc-generator. The Neutron Science Laboratory constructed the High Resolution Chopper (HRC) spectrometer in J-PARC in collaboration with KEK and has been operating joint-user programs. However, the JRR-3 reactor has still been shut down after the earthquake in March 2011. While early re-operation is seriously desired, instrumental upgrades are being undertaken. Concerning the Computational Materials Science, ISSP has established the “Computational Materials Science Initiative” jointly with the Institute for Molecular Science and the Institute for Materials Research, Tohoku University, to advance research using supercomputers such as K-Computer in “New Materials and Energy Creation” and “Elements Strategy Project”. In 2014 ISSP was selected as the representative institute for the Flagship 2020 Project “Creation of New function Devices and High performance Materials, for supporting industry of next generation”. Regarding the photon science, ISSP has constructed state-of-art equipment using soft X-ray at the Beam-Line BL07 in SPring-8 located in Harima, providing a platform for international user program. This is collaborated with the activity in Kashiwa to develop high performance laser dedicated to advanced spectroscopy, opening a new era in photon-matter science.

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



所長 Director

瀧川 仁

TAKIGAWA, Masashi

October 2015

Masashi Takigawa



## 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年には東京大学が法人化され、その中の全国共同利用研究所としての新たな役割が期待された。また同年には、先端領域部門をナノスケール物性研究部門と名称変更し、新物質科学、物性理論、ナノスケール物性、極限環境、先端分光の5大研究部門と軌道放射物性研究施設、中性子科学研究施設、物質設計評価施設の3施設という研究体制となった。平成18年には国際超強磁場科学研究施設、平成23年には計算物質科学研究センターが新設された。軌道放射物性研究施設では、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にて主な活動を行っていたが、平成21年に、大型放射光施設SPring-8内に播磨分室を新たに設置した。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、新たな一歩を踏み出した。なお、高エネルギー加速器研究機構内に設置していたつくば分室は、平成26年に廃止した。



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





# History

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

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

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

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

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



# 年表/Chronology

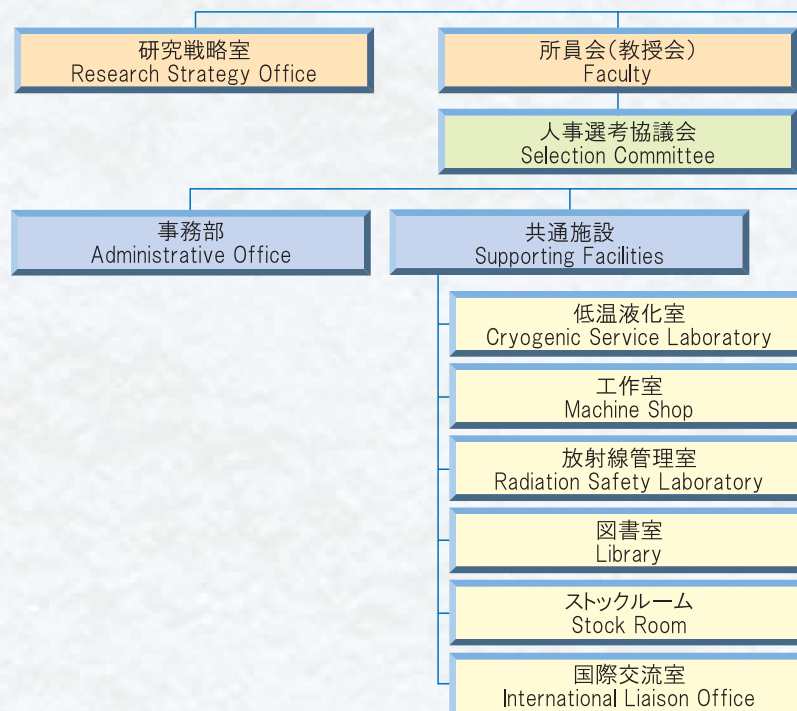
- 昭和 32 年 1957 共同利用研究所として発足  
Establishment of ISSP as a joint research laboratory  
電波分光・理論第 2 部門、理工研から振替：結晶第 1 部門新設  
Opening of Radio and Microwave Spectroscopy, Theory II, and Crystallography I divisions
- 昭和 33 年 1958 誘電体・光物性部門、理工研から振替  
Opening of Ferroelectrics and Quantum Electronics, and Optical Properties divisions  
極低温・磁気第 1 部門増設  
Opening of Low Temperature and Magnetism I divisions
- 昭和 34 年 1959 半導体・分子・格子欠陥・塑性・放射線物性部門増設  
Opening of Semiconductor, Molecular Physics, Lattice Imperfections, Plasticity, and Nuclear Radiation divisions
- 昭和 35 年 1960 結晶第 2・理論第 1・固体核物性・界面物性部門増設  
Opening of Crystallography II, Theory I, Solid State Nucleus, Surface Properties, and Molecular Science divisions  
物性研究所開所式  
Inauguration of ISSP
- 昭和 36 年 1961 磁気第 2・非晶体・超高压・理論第 3 部門増設、20 部門となる  
Opening of Magnetism II, Solid Materials, High Pressure, and Theory III divisions. Total 20 divisions
- 昭和 40 年 1965 非晶体部門を無機物性部門に名称変更  
Solid Materials division was renamed as Inorganic Materials division
- 昭和 44 年 1969 中性子回折部門増設  
Opening of Neutron Diffraction division
- 昭和 47 年 1972 固体物性部門（客員部門）増設（22 部門となる）  
Opening of Solid State division (visiting staff), resulting in 22 divisions in total
- 昭和 50 年 1975 軌道放射物性研究施設設置  
Foundation of Synchrotron Radiation Laboratory
- 昭和 54 年 1979 超低温物性研究棟竣工  
Ultra-Low-Temperature Laboratory building completed
- 昭和 55 年 1980 従来の 22 部門が極限物性部門（超強磁場、極限レーザー、表面物性、超低温物性及び超高压）、軌道放射物性部門、中性子回折物性部門、凝縮系物性部門ならびに理論部門の 5 大部門及び客員部門 1 に再編成される  
Reorganization of ISSP from 22 small divisions to five large divisions, Physics in Extreme Conditions (including ultra-high magnetic field, laser physics, surface science, ultra-low temperatures and very high pressure laboratory), Synchrotron Radiation, Neutron Diffraction, Condensed Matter and Theory divisions and one Visiting Staff division
- 昭和 57 年 1982 超強磁場・極限レーザー実験棟竣工  
Ultra-High Magnetic Field Laboratory and Laser Laboratory building completed
- 平成 元年 1989 新物質開発部門（時限 10 年）が増設され、6 大部門となる  
Opening of Materials Development division  
第 1 回 ISSP 国際シンポジウム「有機超伝導体の物理と化学」開催（以降数年ごとに開催）  
The 1st ISSP International Symposium on "The Physics and Chemistry of Organic Superconductors"



平成 5 年	1993	中性子散乱研究施設の新設 Foundation of Neutron Scattering Laboratory
平成 7 年	1995	国際外部評価が実施される Evaluation of scientific achievements of ISSP by an international external committee
平成 8 年	1996	新物質科学、物性理論、先端領域、極限環境物性、先端分光の 5 大研究部門と軌道放射研究施設、中性子散乱研究施設に新たに物質設計評価施設を加えた 3 施設に再編される Reorganization into five divisions; New Materials Science, Condensed Matter Theory, Frontier Areas Research, Physics in Extreme Conditions and Advanced Spectroscopy divisions, and three facilities; Synchrotron Radiation, Neutron Scattering and Materials Design and Characterization Laboratories 東京大学柏キャンパスにおける物性研究所実験棟建設着工 Construction of the new ISSP buildings in Kashiwa campus started
平成 9 年	1997	日米協力事業（中性子散乱）の国際外部評価が実施される Evaluation of activities of the U.S.-Japan cooperative program on neutron scattering by the international review committee
平成 11 年	1999	柏キャンパスへの移転開始 Relocation to Kashiwa campus started
平成 12 年	2000	移転完了 Relocation completed
平成 13 年	2001	外国人客員新設 Opening of foreign visiting professorship
平成 15 年	2003	中性子散乱研究施設が中性子科学研究施設に改組 Reorganization to Neutron Science Laboratory from Neutron Scattering Laboratory 物質設計評価施設で外部評価が実施される Evaluation of scientific activities of the Material Design and Characterization Laboratory by the external committee
平成 16 年	2004	東京大学が国立大学法人東京大学となる The University of Tokyo was transformed into a national university corporation 先端領域研究部門をナノスケール物性研究部門に名称変更 Division of Frontier Areas Research was renamed as Division of Nanoscale Science
平成 17 年	2005	国際外部評価が実施される Evaluation of scientific achievements of ISSP by an international external committee
平成 18 年	2006	国際超強磁場科学研究施設の新設 Foundation of International MegaGauss Science Laboratory
平成 19 年	2007	創立 50 周年記念事業 Celebration of 50th anniversary
平成 22 年	2010	共同利用・共同研究拠点として認可 Authorization as a joint usage/research center
平成 23 年	2011	計算物質科学研究センターの新設 Foundation of Center of Computational Materials Science
平成 24 年	2012	先端分光研究部門及び軌道放射物性研究施設が統合・再編され、極限コヒーレント光科学研究センターが発足 Foundation of Laser and Synchrotron Research Center, as a reorganization of Division of Advanced Spectroscopy and Synchrotron Radiation Laboratory
平成 26 年	2014	日米協力事業（中性子散乱）の国際外部評価が実施される Evaluation of activities of the U.S.-Japan cooperative program on neutron scattering by the international review committee



## 組織 Organization



## 運営 Administration

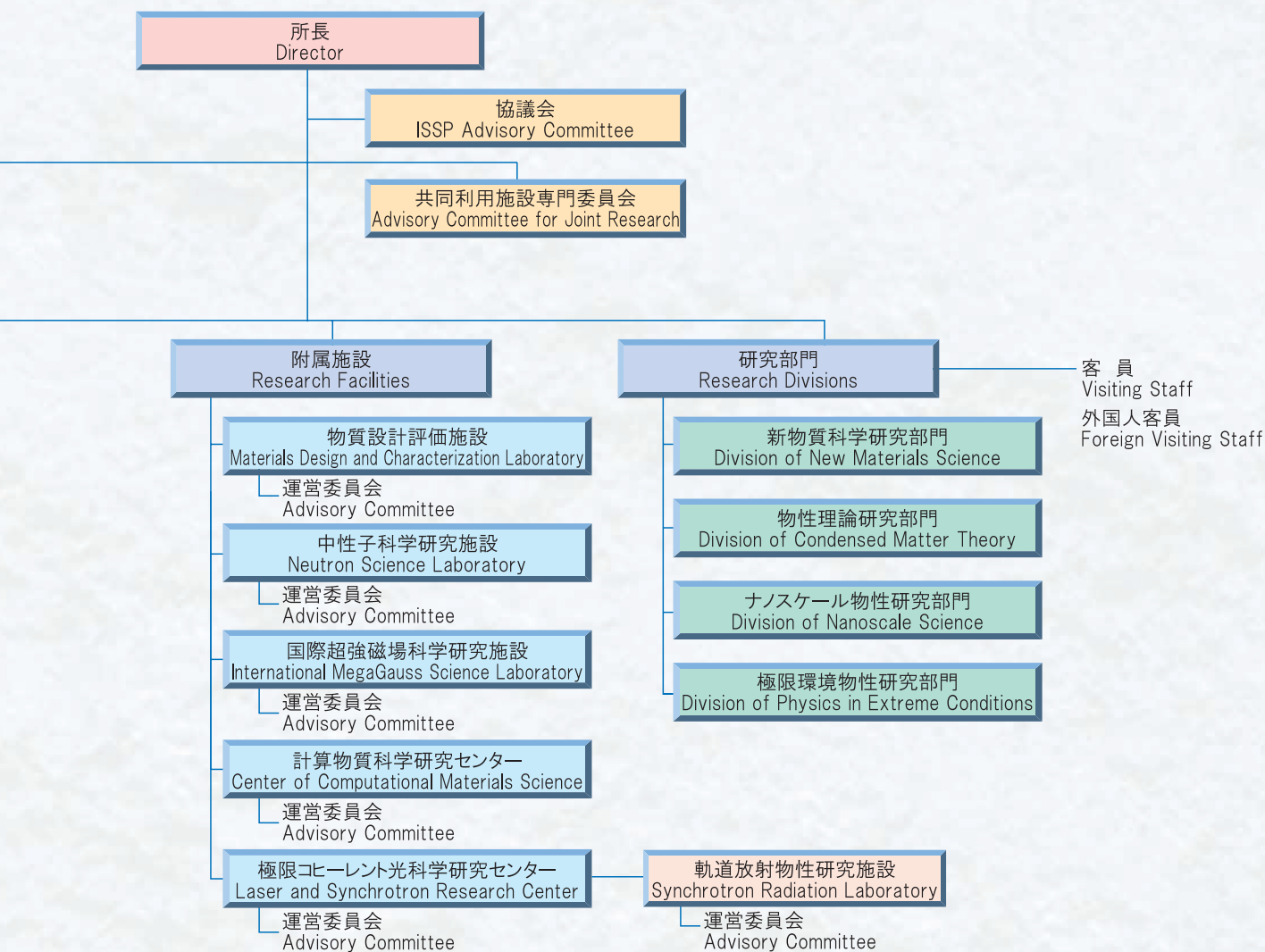
物性研究所は、東京大学の附置研究所であると同時に、全国物性科学研究者のための共同利用研究所でもある。又、平成 22 年 4 月には共同利用・共同研究拠点として認可された。研究所の運営は、教授及び准教授から構成される所員会の議決を経て所長が行うが、同時に共同利用施設の運営については、東京大学の内外からほぼ同数の委員により組織された物性研究所協議会が所長の諮問に応じて意見を述べ、外部研究者の要望を伝達する機能を果たしている。更に物性研内外の委員よりなる共同利用施設専門委員会が設けられ、共同利用、施設利用、研究会などの実行計画を審議している。研究戦略室は所長が室長を務め、将来計画の策定など研究や運営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、5 研究施設、客員部門、外国人客員部門よりなる。このうち極限コヒー

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

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





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

tron 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. In addition, the Center of Computational Materials Science has a branch in the RIKEN Advanced Institute for Computational Science, Kobe, Hyogo, and most of the research activities are performed in the Kobe branch. Apart from the Research Divisions and Facilities, supporting facilities, which include Cryogenic Laboratory, Machine Shop, Radiation Safety Laboratory, Library and International Liaison Office, provide services to both in-house and outside users.

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



# 共同利用と国際協力

## Joint Research and International Collaboration

### 各種研究員制度 Domestic Joint Research

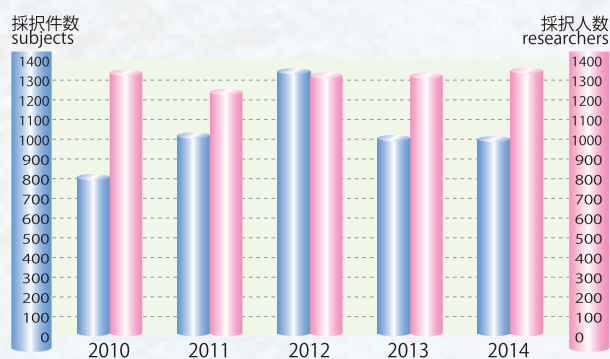
全国の物性科学研究者に対する共同利用・共同研究を促進するため、次の制度が設けられている。

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 across the country to do research for extended periods. ISSP supports travel and research expenses for visitors.

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



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

### 共同利用研究員宿泊施設 Kashiwa Guest House

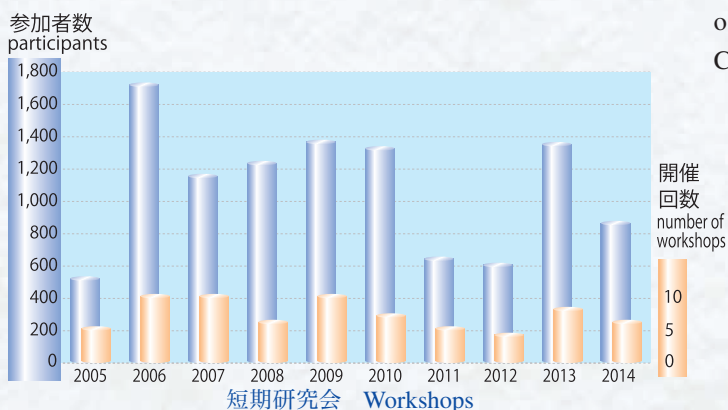
共同利用で来所する外来研究者は、柏キャンパス内の宿泊施設を利用することが出来る。(シングル28室、ツイン2室)

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.



※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。物性研究所の特徴ある設備を活用した国際共同研究も活発に行われており、文部科学省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。この他にも、国際シンポジウム及び国際ワークショップを開催している。



ISSP plays an important role as an international center of materials science. The unique facilities of ISSP have been used in many international collaborations. Many foreign researchers have been spending their early careers at ISSP supported by various fellowship programs sponsored by the Japan Society for Promotion of Science, the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, and other agencies. ISSP has also been coordinating the US-Japan cooperative research program on neutron scattering since 1981. In addition, ISSP organizes international symposiums and workshops.

●テーマ Title	●開催期日 Date	●参加者数 (外国人) Participants (overseas)
Japan-Swiss Joint Workshop "New Trends in Theory of Correlated Materials"	2010・9・8-10	30 (14)
MAterial Simulation in Petaflops era (MASP2012)	2012・6・25-7・13	98 (21)
5th Asian Workshop on Generation and Application of Coherent XUV and X-ray Radiation (5th AWCXR)	2012・6・27-29	116 (25)
ISSP International Workshop on Coherent Soft X-ray Sciences		
International Workshop on 3D Atomic Imaging at Nano-scale Active Sites in Materials	2012・8・6-8	68 (10)
Emergent Quantum Phases in Condensed Matter (EQPCM2013)	2013・6・3-21	160 (35)
The 2nd DYCE-Asia and ISSP-International Workshop on "Life Science and Photonics"	2013・12・17-18	58 (11)
New Horizon of Strongly Correlated Physics (NHSCP2014)	2014・6・16-7・4	161 (34)
ISSP International Workshop: Joint Symposium of Polymer Networks and Research Group on Polymer Gels	2014・11・10-14	282 (94)
Topological Aspects in Correlated Electron Systems	2015・3・26	70 (8)
ISSP-MPIPKS Joint Workshop, "Dynamics of Strongly Correlated Systems"	2015・3・30-31	89 (11)
New Perspectives in Spintronic and Mesoscopic Physics (NPSMP2015)	2015・6・1-19	229 (54)

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、教養学部を学生を対象に物性科学入門として、全学自由研究ゼミナール「物性科学の最前線」を開講している。

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

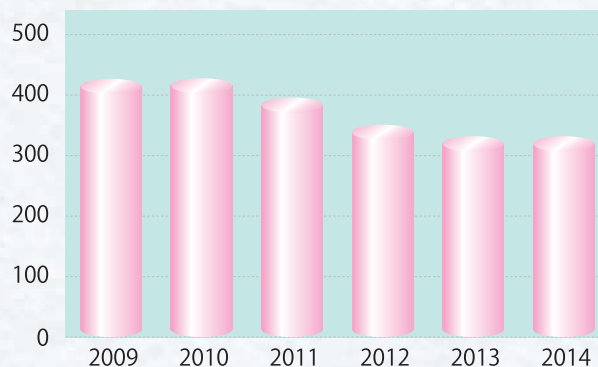
	修士課程 Master Course				博士課程 Doctor Course			
	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
物理学専攻 Physics	36	41	32	28	26	21	27	34
化学専攻 Chemistry	1	4	3	1	3	2	3	0
物理工学専攻 Appl. Phys.	15	11	8	7	4	7	7	8
物質系専攻 Advanced Materials	42	38	33	39	14	16	18	24
複雑理工学専攻 Complexity Sci. and Eng.	0	0	0	3	0	0	0	1
合 計	94	94	76	78	47	46	55	67

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

## 論文統計/Publication

物性研究所では、年間 300 から 500 編前後の学術文献を発表している。2014 年度の学術文献 307 編の内訳は、学術論文 286、会議録 2、解説記事 10、本（または本の一部）7 となっている。

About 300 to 500 scientific issues are published through annual activity in ISSP. The 307 articles published in 2014 consist of 286 papers in refereed journals, 2 proceedings, 10 reviews, 7 books.



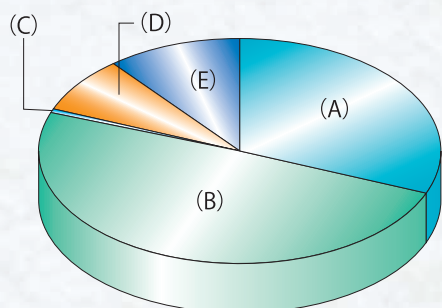
年間発表論文数（プロシーディング・解説記事含む）  
Number of scientific papers (including proceedings and reviews)





# 予算/Budget

平成 26 年度 (2014 fiscal year)



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

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

	(A) 人件費	(B) 物件費	(C) 寄附金	(D) 受託研究共同研究	(E) 科学研究費	計 Total
平成 26 年度 (2014)	1,700,581	2,713,528	28,071	435,229	585,279	5,462,688
平成 25 年度 (2013)	1,545,996	2,307,864	30,847	545,717	427,515	4,857,939
平成 24 年度 (2012)	1,326,798	2,843,602	15,344	296,078	361,530	4,843,352
平成 23 年度 (2011)	1,466,060	3,502,123	21,312	222,097	666,184	5,877,776
平成 22 年度 (2010)	1,348,475	2,659,755	48,472	298,615	691,061	5,046,378
平成 21 年度 (2009)	1,363,182	2,748,055	7,575	405,342	754,798	5,278,952
平成 20 年度 (2008)	1,517,658	2,559,789	8,592	322,093	493,000	4,901,132

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 27 年 7 月 1 日 現在

	教授 Professors	特任教授 Project Professors	准教授 Associate Professors	特任准教授 Project Associate Professors	助 教 Research Associates	特任助教 Project Research Associates	技術職員 Technical Associates	事務職員 Administrative Staff	合計 Total
現 員 Number of staffs	21	4	18	1	43	2	30	12	131



# 新物質科学研究部門

## Division of New Materials Science

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

当部門は現在4つの研究室から成り、各研究室は自由な発想のもとに高品質の試料作成や精密物性測定、新しい物性測定技術の開発などを行いつつ、物性測定グループと試料作成グループとの部門枠を越えた連携も心がけている。特に物質設計評価施設とは強い協力関係を保ちながら研究を推進している。当部門では現在、遷移金属化合物、重い電子系物質、有機伝導体など強い電子相関を示す物質におけるスピン、軌道、電荷の秩序や揺らぎの効果がもたらす多彩な現象の解明を主要なテーマの1つとしており、極低温における輸送現象測定、精密磁化・比熱測定、核磁気共鳴、光学伝導度などにおいて高度な実験技術を駆使した研究が進められている。

Discoveries of new materials have often opened new horizons in materials science. High temperature oxide superconductors, carbon clusters and nanotubes, and organic conductors are good examples. New materials also lead to the future development of new devices and technologies. The goal of the Division of New Materials Science is to uncover novel phenomena that lead to new concepts of matter, through combined efforts of search, synthesis and characterization of new materials. Currently, our division consists of 4 groups. Although each group has its own research style and projects, we try to maintain close collaboration between those groups working on production of high quality materials and those working on advanced technology for measuring physical properties.

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

教授 瀧川 仁  
Professor TAKIGAWA, Masashi

教授 榑原 俊郎  
Professor SAKAKIBARA, Toshiro

教授 森 初果  
Professor MORI, Hatsumi

准教授 中辻 知  
Associate Professor NAKATSUJI, Satoru

准教授(客員) 松平 和之  
Visiting Associate Professor MATSUHARA, Kazuyuki

教授(外国人客員) ネヴィドムスキー アンドリ  
Visiting Professor NEVIDOMSKYY, Andriy

助教 三田村 裕幸  
Research Associate MITAMURA, Hiroyuki

助教 吉田 誠  
Research Associate YOSHIDA, Makoto

助教 松本 洋介  
Research Associate MATSUMOTO, Yousuke

助教 橘高 俊一郎  
Research Associate KITAKA, Shunichiro

助教 上田 顕  
Research Associate UEDA, Akira

教務職員 村山 千壽子  
Technical Associate MURAYAMA, Chizuko

特任研究員 富田 崇弘  
Project Researcher TOMITA, Takahiro

特任研究員 志村 恭通  
Project Researcher SHIMURA, Yasuyuki

特任研究員 清水 悠晴  
Project Researcher SHIMIZU, Yusei

特任研究員 ティアン ザオミン  
Project Researcher TIAN, Zhaoming

特任研究員 武田 晃  
Project Researcher TAKEDA, Hikaru

特任研究員 肥後 友也  
Project Researcher HIGO, Tomoya

特任研究員 東野 寿樹  
Project Researcher HIGASHINO, Toshiaki

特任研究員 フィュアン マン  
Project Researcher HUIYUAN, Man



# 瀧川研究室

Takigawa Group

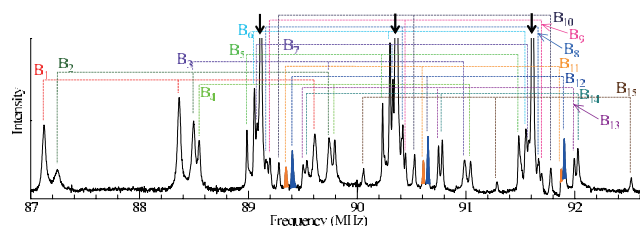


瀧川 仁  
TAKIGAWA, Masashi  
教授  
Professor



吉田 誠  
YOSHIDA, Makoto  
助教  
Research Associate

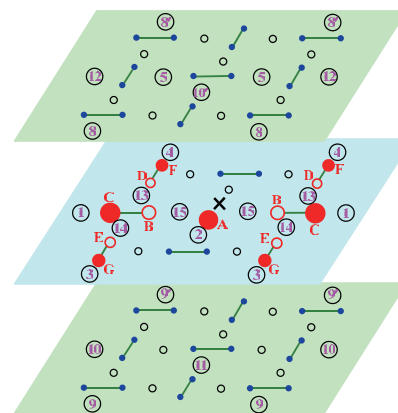
核磁気共鳴法 (NMR) を主な実験手段として、固体内の強い電子間相互作用に起因する現象を研究している。強相関電子系では、超伝導、強 (反強) 磁性、電荷秩序、軌道秩序といった多彩な秩序状態が拮抗しており、磁場・圧力などの外的条件を変えることでこれらの間の量子相転移が起こり得る。原子核は固有の磁気モーメントや電気四重極モーメントを持っており、これらは周囲の電子が作る磁場や電場勾配を感じている。このためNMRは、固体内電子のスピン、電荷、軌道などの自由度が絡み合って現れる特異な秩序状態や揺らぎの性質を、ミクロに探る有力な実験手段となる。我々は色々な特色を持つパルスNMR測定装置を整備し、低温・強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



隣り合うスピン2量体が平面内で直交配列した量子磁性体  $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$  の、極低温・高磁場におけるホウ素 (B) 原子核のNMRスペクトル。測定に用いた試料は、磁性元素である銅 (Cu) のうち0.5%を非磁性元素である亜鉛 (Zn) で置き換え、意図的に不純物を導入してある。不純物から遠いスピン2量体はシングレットを形成するが、不純物によって孤立した銅スピンの周囲には、局所的な反強磁性磁化パターン (スピン・ポーラロン) が現れる。前者は内部磁場ゼロ付近の強い共鳴線 (図の矢印) として、後者はそれ以外の15種類の共鳴線によって実証される。

The boron NMR spectrum at a very low temperature and a high magnetic field obtained from  $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ , a quantum magnet in which spin-dimers have a planer orthogonal configuration. The sample used in the measurement was intentionally doped with impurities by replacing 0.5 % of magnetic Cu by non-magnetic Zn. The spin-dimers far from impurities form singlet, however, those in the neighborhood of Zn impurity generate local staggered magnetization (spin polaron). While the former corresponds to the intense resonance lines with nearly zero internal field (shown by arrows), additional 15 resonance lines provide a fingerprint of the spin polaron generated by a Zn impurity.

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.



NMRスペクトルの解析から得られた、亜鉛不純物の周りの銅スピンの分布の様子。xは亜鉛不純物を、赤い丸は銅原子を示す。また塗りつぶした赤丸は磁場と同じ向きのスピン、中抜きした赤丸は磁場と反対向きのスピンを表し、丸の大きさはスピンの大きさを表す。黒丸はホウ素の位置を示し、その中の番号は左図のスペクトル線の番号に対応する。NMRスペクトルでは、亜鉛不純物と同じ原子層だけでなく、その上下に隣り合う原子層からの信号も観測されている。

Distribution of Cu-spin moments in the neighborhood of a Zn impurity obtained from analysis of the NMR spectrum. The location of the Zn impurity is indicated by x and red circles show Cu atoms. The solid (open) red circles indicate Cu spins directed along (opposite to) the external magnetic field. The black circles show boron sites, where the numbers show correspondence to the resonance lines in the NMR spectrum. In the NMR spectrum, not only the boron sites on the same layer as the Zn impurity but also the boron sites on the neighboring layers are observed.

## 研究テーマ Research Subjects

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



# 榊原研究室

Sakakibara Group



榊原 俊郎  
SAKAKIBARA, Toshiro  
教授  
Professor



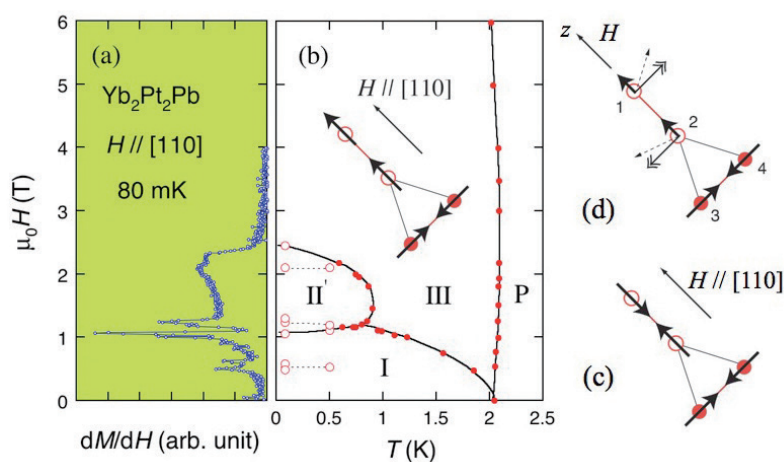
橘高 俊一郎  
KITAKA, Shunichiro  
助教  
Research Associate



三田村 裕幸  
MITAMURA, Hiroyuki  
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.



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

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

## 研究テーマ Research Subjects

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



## 森研究室

Mori Group



森 初果  
MORI, Hatsumi  
教授  
Professor



上田 顕  
UEDA Akira  
助教  
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、誘電性およびその光・電場による外場応答性）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、光および電場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。

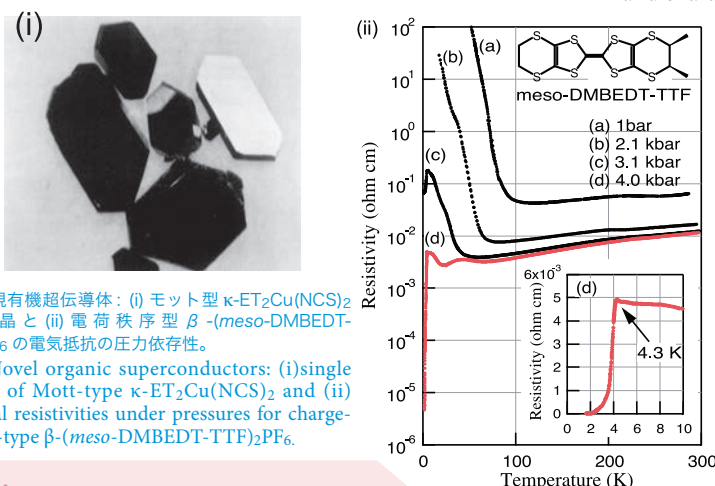


図1. 新規有機超伝導体: (i) モット型  $\kappa\text{-ET}_2\text{Cu}(\text{NCS})_2$  の単結晶と (ii) 電荷秩序型  $\beta\text{-(meso-DMBEDT-TTF)}_2\text{PF}_6$  の電気抵抗の圧力依存性。

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, and responses by external stimuli such as light and electric field) 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).

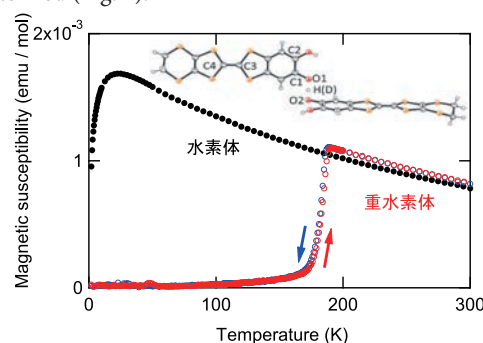


図2. 伝導電子と水素結合プロトンが相関する純有機伝導体  $\kappa\text{-X}_3(\text{Cat-EDT-TTF})_2$  ( $X = \text{H}, \text{D}$ ) において、大きな重水素効果により高温で伝導性および磁性が切り替わる。

Fig.2. Switching behavior of electrical resistivity and magnetism due to large deuteron isotope effect in proton-electron correlated purely organic conductors  $\kappa\text{-X}_3(\text{Cat-EDT-TTF})_2$  ( $X = \text{H}, \text{D}$ ).

## 研究テーマ Research Subjects

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



## 中辻研究室

Nakatsuji Group



中辻 知  
NAKATSUJI, Satoru  
准教授  
Associate Professor



松本 洋介  
MATSUMOTO, Yousuke  
助教  
Research Associate

物理学のフロンティアは、新しい物理現象の発見にあります。なかでも、現代の電子・情報社会を支える材料である無機物質から、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性物理の醍醐味であると言えます。私達の研究室では、特に遷移金属化合物や、重い電子系と呼ばれる金属間化合物の新物質開発に取り組み、量子現象として、スピン・軌道の秩序と隣接した新しいタイプの超伝導・金属状態、さらに、幾何学的フラストレーションの効果として期待される、磁性半導体での新しいスピン液体状態、量子輸送現象などに注目して研究を進めています。

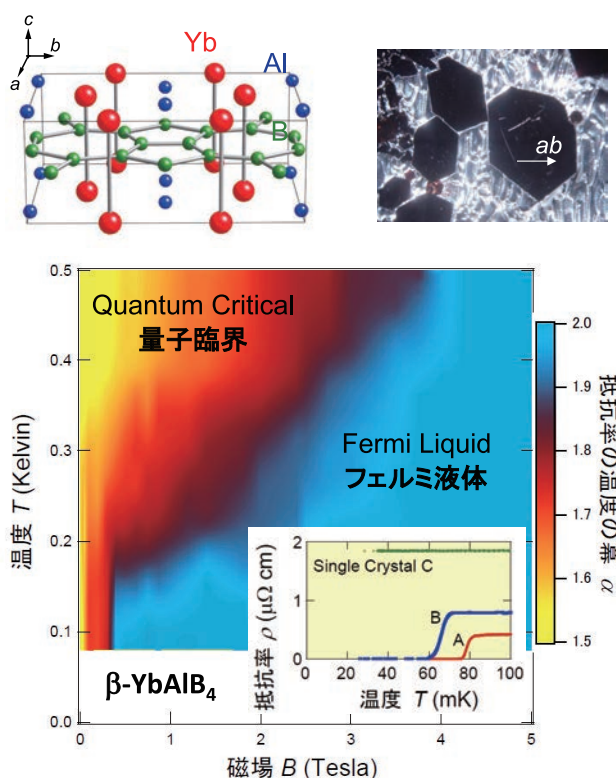
私たちの研究室は、物質の化学合成のみならず、こうした新しい物理現象の発見を目指した物理測定にも力を入れています。多様な合成法を用いて新しい化合物の単結晶育成に自ら取り組むとともに、顕著な量子効果が現れる極低温から室温まで様々な物性測定を行っています。現在の主なテーマは、(1) 量子相転移近傍でのエキゾチック超伝導と異常金属状態、(2) 磁性体での巨視的トポロジカル量子効果、(3) フラストレートした磁性体での量子スピン液体状態などがあります。

私達が発見した量子臨界超伝導体  $\beta$ -YbAlB<sub>4</sub>。

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

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

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, and quantum spin liquids in frustrated magnets.



## 研究テーマ Research Subjects

1. 量子相転移近傍での新しい超伝導と異常金属状態  
Exotic superconductivity and anomalous metallic states near quantum phase transitions
2. 磁性体における巨視的トポロジカル量子効果  
Macroscopic topological effects in magnetic metals
3. フラストレートした磁性体での新奇磁性、量子スピン液体状態  
Novel magnetism and quantum spin liquids in frustrated magnets



## 松平研究室

Matsuhira Group



松平 和之  
MATSUHIRA, Kazuyuki  
客員准教授  
Visiting Associate Professor

三角形をベースとした結晶構造を持つ磁性体では、幾何学的フラストレーション効果により磁気秩序が抑制される。そのため、系は不安定な状態になりやすく、大きな揺らぎの効果の発現や新しいタイプの磁気状態、巨視的に縮退した基底状態などが実現することが知られている。また、近年では、電気伝導現象に関連した新しい物性も見出されている。松平研究室では三角形をベースとした結晶構造を持つ強相関電子系物質に創出する「フラストレーション」や「新しい電気伝導現象」の基礎的研究を進め、新たな機能性電子材料の開発を目標としている。

特に強い幾何学的フラストレーション効果を示すパイロクロア格子を有する導電性パイロクロア型イリジウム酸化物を対象として、この物質が示す金属絶縁体転移の近傍に創出する量子臨界現象についての実験的研究を行っている。

We have studied the geometrically frustrated magnet that is basically composed of triangular lattice. It is well known that the geometrically frustration effect in magnet can lead to novel phenomena such as a macroscopic degenerated ground state with no long range magnetic ordering. Recently, the geometrically frustration effect in the metallic strongly correlated electrons system has attracted much interest because novel phenomena emerge in the transport properties. In particular, 4d and 5d transition metal pyrochlore oxides, whose structures are composed of a network of corner-shared tetrahedra, have been attracting much interest because of their novel transport properties such as unconventional anomalous Hall effect, superconducting transition, metal-insulator transition.

We have investigated the metallic pyrochlore rare-earth iridates  $R_2\text{Ir}_2\text{O}_7$  ( $R$ : rare-earth), indicating unconventional anomalous Hall effect, metal-insulator transition and giant magnetoresistance effect. The pyrochlore rare-earth iridates are unique frustrated Kondo lattice systems composed of localized 4f moments and Ir 5d conduction electrons. In this collaboration, we have been exploring the quantum critical phenomena near a disappearance of metal-insulator transition involving antiferromagnetic ordering that is theoretically predicted.

## ネヴィドムスキー研究室

Nevidomskyy Group



ネヴィドムスキー アンドリ  
NEVIDOMSKYY, Adriy  
外国人客員教授  
Visiting Professor

我々の研究室は強相関電子系の理論的研究を行っている。2015年度の物性研究所客員所員として、受入れ研究室である中辻研究室の研究テーマに関連した、以下の幾つかのテーマを取り扱った。

1. 重い電子系  $\alpha\text{-YbAlB}_4$  が磁場下で示す特異な電子状態
2. 低温で異常金属状態を示す  $\beta\text{-YbAlB}_4$  に対して行われた、物性研・辛グループによる角度分解光電子分光 (ARPES) の実験結果の理論的解析
3. 中辻研で合成された金属間化合物  $\text{PrTr}_2\text{Al}_{20}$  ( $\text{Tr} = \text{V}, \text{Ti}$ ) は磁気的な多極子秩序を示す可能性もある。これに対して予備的な研究を開始している。
4. 中辻研究室において精力的に研究されているパイロクロアイリジウム酸化物  $\text{Pr}_2\text{Ir}_2\text{O}_7$  および  $\text{Nd}_2\text{Ir}_2\text{O}_7$  におけるフラストレーション磁性は、非常に興味深い研究テーマである。より深い理論的研究が現在必要とされており、我々はこの問題に対して可能な数値的手法の開発を開始した。

I am a theoretical physics working in the field of strongly correlated electron systems. As a visiting professor at ISSP in 2015, my research program comprises several projects related to the scientific activities of my host Professor Satoru Nakatsuji:

1. The unusual electronic properties of a heavy fermion metal  $\alpha\text{-YbAlB}_4$  under the applied magnetic field.
2. Theoretical analysis of the angular-resolved photoemission spectroscopy (ARPES) performed by Prof. Shin's group on  $\beta\text{-YbAlB}_4$ , which exhibits a strange-metal behavior at low temperature.
3. I have started preliminary analysis of  $\text{PrTr}_2\text{Al}_{20}$  ( $\text{Tr} = \text{V}, \text{Ti}$ ), a compound synthesized in Prof. Nakatsuji's group, which is a candidate for the multipolar magnetic order.
4. The magnetic properties of the frustrated pyrochlore iridate compounds  $\text{Pr}_2\text{Ir}_2\text{O}_7$  and  $\text{Nd}_2\text{Ir}_2\text{O}_7$  are very intriguing and are a subject of active research by Prof. Nakatsuji's group. More in-depth theoretical studies are needed and I have started developing a possible numerical approach to address this problem.

# 物性理論研究部門

## Division of Condensed Matter Theory

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

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

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

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

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

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

教授	高田 康民
Professor	TAKADA, Yasutami
教授	押川 正毅
Professor	OSHIKAWA, Masaki
教授	常次 宏一
Professor	TSUNETSUGU, Hirokazu
准教授	杉野 修
Associate Professor	SUGINO, Osamu
准教授	加藤 岳生
Associate Professor	KATO, Takeo
教授(客員)	中村 真
Visiting Professor	NAKAMURA, Shin
教授(外国人客員)	シュテンゲル キリル
Visiting Professor	SHTENGEL, Kiril

助教	藤井 達也
Research Associate	FUJII, Tatsuya
助教	野口 良史
Research Associate	NOGUCHI, Yoshifumi
助教	多田 靖啓
Research Associate	TADA, Yasuhiro
助教	阪野 塁
Research Associate	SAKANO, Rui

特任研究員	前橋 英明
Project Researcher	MAEBASHI, Hideaki
特任研究員	滝本 佳成
Project Researcher	TAKIMOTO, Yoshinari
特任研究員	ライコ ミクロシュ
Project Researcher	LAJKO, Miklos
特任研究員	クワチ ジェームス
Project Researcher	QUACH, James
特任研究員	杉浦 祥
Project Researcher	SUGIURA, Sho
特任研究員	大谷 実
Project Researcher	OTANI, Minoru
特任研究員	胡 春平
Project Researcher	HU, Chunping



## 高田研究室

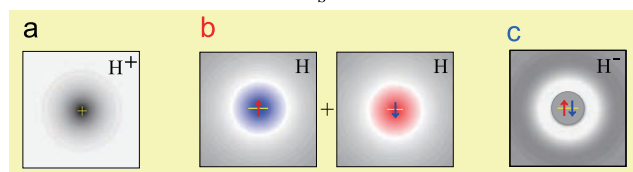
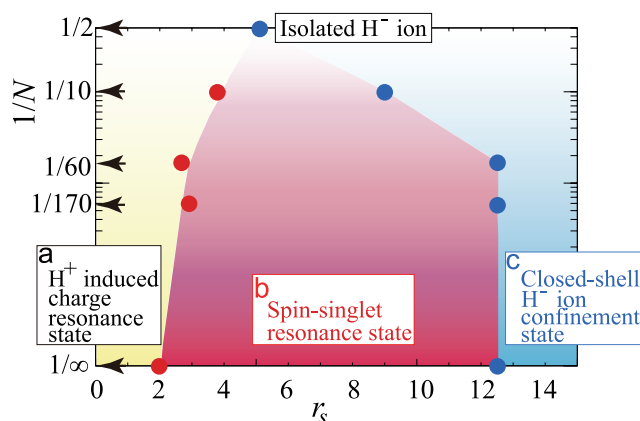
Takada Group



高田 康民  
TAKADA, Yasutami  
教授  
Professor

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

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



陽子挿入電子ガス系における電荷共鳴、スピン一重項共鳴、閉殻水素負イオン閉じ込め状態間の鋭い連続転移。ここで、 $N$ は全電子数、 $r_s$ は一様密度電子ガス系を指定する密度径数である。

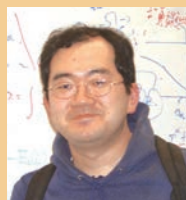
Sharp sequential transitions among charge resonance, singlet-spin resonance, and closed-shell  $H^-$  ion confinement states in the proton-embedded electron gas. Here  $N$  is the total number of electrons and  $r_s$  is the density parameter to describe the homogeneous electron gas.

## 研究テーマ Research Subjects

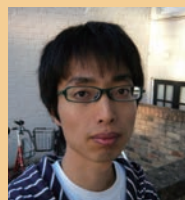
1. GWT 法：ワード恒等式を常に満たす電子自己エネルギーの計算手法の開発と低密度電子ガスの物性解明  
GWT method: Development of the calculation method for the electron self-energy always satisfying the Ward identity and investigation of the properties in the low-density electron gas
2. 超伝導転移温度の第一原理計算：密度汎関数超伝導理論での対相互作用汎関数の開発と引力斥力拮抗系での高温超伝導機構探求  
First-principles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

# 押川研究室

Oshikawa Group



押川 正毅  
OSHIKAWA, Masaki  
教授  
Professor



多田 靖啓  
TADA, Yasuhiro  
助教  
Research Associate



藤井 達也  
FUJII, Tatsuya  
助教  
Research Associate

量子多体系の理論を中心として研究を行っている。量子多体系と古典統計力学系および場の理論の密接な関係を踏まえ、広範な系について成立する普遍的な概念を探索するとともに、実験結果の統一的な理解や新たな実験に対する予言も目標とする。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。

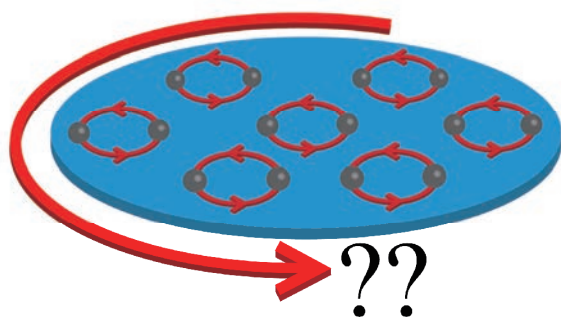
また、量子多体系に関する近年の研究の進展は量子相の分類という基本的な問題についての概念的な再検討を促している。この方向での最近の成果として、ある種の点群対称性を持つ1次元量子スピン系においては、局所スピン状態の積に断熱的につながる「自明な」相が複数あり、その間に必然的に量子相転移が存在することを明らかにした。量子相の分類は量子エンタングルメントとも密接に関連しており、これを手がかりに量子情報理論や量子計算との境界領域の開拓も企図している。

これらの研究の多くは、国際共同研究として推進している。

Our main focus is quantum many-body theory. Based on the close correspondence among quantum many-body systems, classical statistical systems, and field theory, we pursue universal concepts in physics. At the same time, we aim to give a unified picture on experimental data and to make testable predictions. 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.

Moreover, recent developments in quantum many-body problems motivate us to reexamine the fundamental issue of classification of quantum phases, at the conceptual level. For example, recently we elucidated that there are more than one distinct “trivial” phases, each of which is adiabatically connected to a product of local spin states, in one-dimensional quantum spin systems with a certain point-group symmetry. These phases are inevitably separated by a quantum phase transition. Classification of quantum phases is also closely related to quantum entanglement. Exploiting this connection, we also aim to develop an interdisciplinary field with quantum information theory and quantum computation.

Much of our research is carried out in international collaborations.



カイラル超流動体の角運動量の問題。カイラル超流動体では、フェルミ粒子が軌道角運動量を持つクーパー対を形成している。このとき、全てのフェルミ粒子がクーパー対の形成に参加していると考えるか、フェルミ面付近のフェルミ粒子のみが参加するかどうかによって、超流動体の全軌道角運動量として期待される値は大きく異なる。

The angular momentum “paradox” of chiral superfluids. In chiral superfluids, each Cooper pair carries an orbital angular momentum. One may suppose all the fermions contribute to the orbital angular momentum by forming Cooper pairs, or only the low-energy fermions near the Fermi surface do. Depending on the picture, the expected value of the total orbital angular momentum of the superfluid differs significantly.

## 研究テーマ Research Subjects

1. 低次元スピン系における電子スピン共鳴  
Electron Spin Resonance in low-dimensional quantum spin 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. 重い電子系における相転移と超伝導  
Phase transitions and superconductivity in heavy fermion systems



# 常次研究室

Tsunetsugu Group



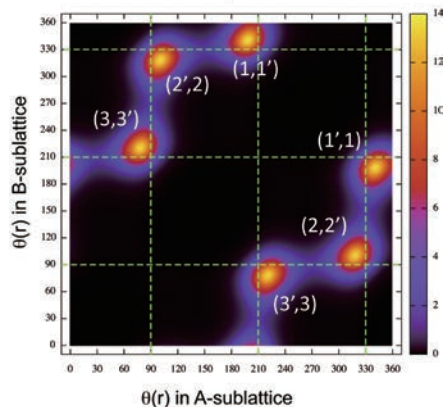
常次 宏一  
TSUNETSUGU, Hirokazu  
教授  
Professor

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が出現する。これらの複雑な物性の統一的な理解を目標とするとともに新しい現象の発見を目指している。

主に研究しているテーマは、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、多くのモードのソフトな揺らぎが結合している場合における秩序と臨界現象の特徴、電子状態や輸送現象がどのような影響を受けるのかを調べている。最近の成果として、f 電子系化合物  $\text{PrT}_2\text{Zn}_{20}$  ( $T=\text{Ir,Rh}$ ) の低温の新しい軌道秩序を発見し、また非磁性のモット転移および磁気秩序が出現する反強磁性転移における電気伝導度の特異性を明らかにした。

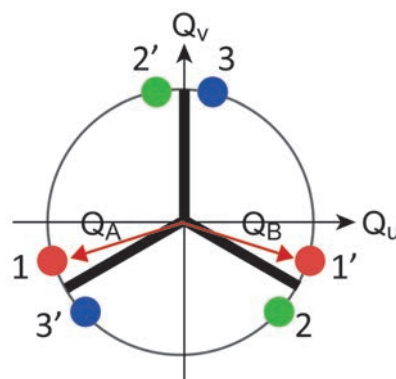
Strongly correlated electron systems, particularly compounds including d- or f-orbital electrons, are the main subjects of our research. In these systems where electron-electron interactions are very strong, a variety of interesting phenomena emerge at low temperatures, and various magnetic orders, unconventional 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 transport properties. One of our recent achievements is about orbital physics in Pr-based compounds  $\text{PrT}_2\text{Zn}_{20}$  ( $T=\text{Ir,Rh}$ ), and we have discovered new types of quadrupole order in those systems. We have also studied singularity in electric conductivity near phase transitions, particularly Mott transition in a frustrated lattice and antiferromagnetic transition in a unfrustrated lattice.



ダイヤモンド格子 Pr イオンの四極子モーメント  $Q$  の有効モデルのモンテカルロ計算結果。秩序相における局所秩序変数、 $Q(r) = (\cos \theta(r), \sin \theta(r))$  の最近接サイト間の対分布を示す。6 個のピークは秩序相の 6 つの異なるドメインに対応。

Monte-Carlo simulation result for an effective model of quadrupole moments  $Q$  of Pr ions on the diamond lattice. This figure shows the pair distribution of nearest-neighbor order parameters,  $Q(r) = (\cos \theta(r), \sin \theta(r))$  in the ordered phase. Index pair (1,1') etc represents the directions of the local order parameters in the two-sublattice shown in Fig. 2. Six peaks correspond to the six domains in the ordered phase.



秩序変数の模式図。各ドメインの A, B 副格子において、四極子モーメント  $Q_A, Q_B$  は  $(n, n')$  方向、または  $(n', n)$  方向を向く。太黒線は四極子モーメントの容易軸。主秩序変数は反強成分  $Q_A - Q_B$  であり、強成分  $Q_A + Q_B$  が副秩序変数。

Schematic picture of order parameters. In each domain, the two sublattices have a pair of quadrupole moments ( $Q_A, Q_B$ ) that point to the directions  $(n, n')$  or  $(n', n)$ . Bold black lines show soft directions of quadrupole moments. The primary order parameter is the antiferro component  $Q_A - Q_B$ , while the ferro component  $Q_A + Q_B$  is the secondary order parameter.

## 研究テーマ Research Subjects

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

# 杉野研究室

Sugino Group



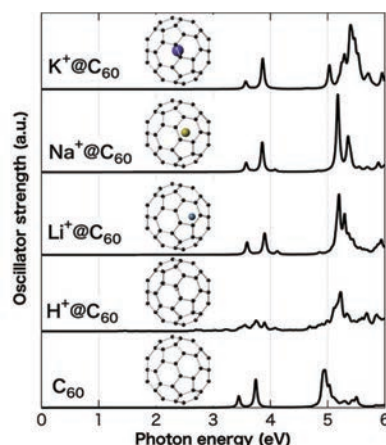
杉野 修  
SUGINO, Osamu  
准教授  
Associate Professor



野口 良史  
NOGUCHI, Yoshifumi  
助教  
Research Associate

スーパーコンピュータの高速化により、シュレディンガー方程式がかつてない規模で高精度に扱えるようになってきている。その結果、研究対象が均質な結晶から表面・界面を含む不均質な物質系へと広がり、物質全体の機能を視野に入れながら物性を広く理解することが現実のものとなってきた。そのような研究を支える重要な手法が第一原理計算であり、個々の電子やイオンの状態を正確に取り扱いながら、それが多数集まってできる物質の性質を演繹的に（第一原理から）求めることを可能にしている。本研究室では、そのような第一原理計算を用いた物性研究とそのための手法開発を行っている。

電極・溶液界面は機能性界面として応用上きわめて重要であるが、原子スケールで平坦な平衡界面系として基礎研究の格好の対象となっている。この系の計算を、京コンピュータなどを用いて行っている。また、第一原理計算の精度を向上させるための新しいアルゴリズムの開発や、計算対象を励起状態とそのダイナミクスに拡張させるための手法開発を並行して行っている。多彩な現象を総合的に研究できるように計算スキームの構築を狙った研究を展開している。

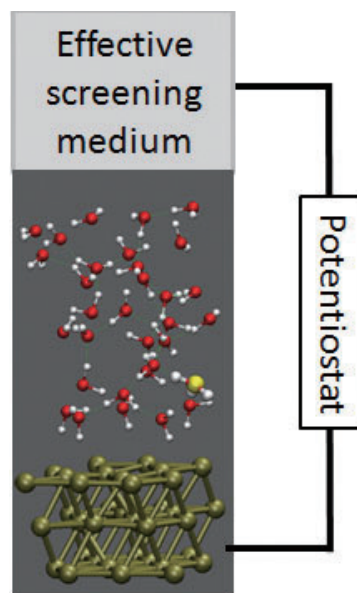


C<sub>60</sub> 及びアルカリイオン内包 C<sub>60</sub> の吸収スペクトルの第一原理計算。100 原子規模の第一原理励起状態計算が初めて可能になった。

Absorption spectra of C<sub>60</sub> and alkali-ion encapsulated C<sub>60</sub>. This demonstrates that the first-principles excited-state calculation is facilitated.

Advance in the supercomputer has facilitated access to a large-scale Schrödinger equation, thereby extending the target of study from the property of the homogeneous bulk to the functionality of inhomogeneous materials having surfaces and interfaces. Such study was accelerated by the advance in the first-principles calculation that bridges states of individual electron/ion to the properties of their agglomeration. This group utilizes the first-principles calculation for the study of complex material.

The main target is the electrode/solution interface. This system is well-known as the most important functional interface, such as catalysis, but it is worth emphasizing that this interface is atomically flat and is almost in equilibrium, providing thus an ideal system for the academic interface study. This group has advanced methods for the interface study and applied them using the K-computer. This group has also been developing novel algorithms for the accurate ground-state wave function and programs for the excited-state Green's function, aiming at developing a general-purpose first-principles package for the study of materials.



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

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

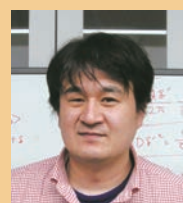
## 研究テーマ Research Subjects

1. 電極・水溶液界面の第一原理分子動力学計算  
First-principles molecular dynamic simulation of the electrode/solution interface
2. グリーン関数法を用いた励起状態の第一原理計算  
First-principles Green's function calculation of excited-states
3. テンソル解析法を用いた基底状態の高精度計算  
First-principles tensor-decomposition approach to accurate ground-state wavefunctions
4. 非断熱カップリングの第一原理計算と励起状態のダイナミクス  
First-principles calculation of the nonadiabatic coupling and the excited-state dynamics



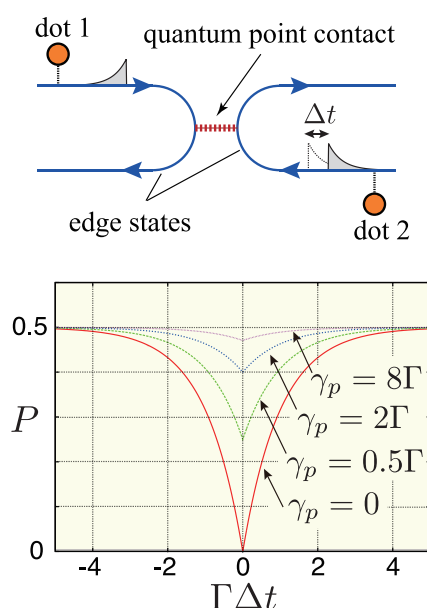
## 加藤研究室

Kato Group

加藤 岳生  
KATO, Takeo准教授  
Associate Professor阪野 塁  
SAKANO, Rui助教  
Research Associate

微細加工技術によって作成されるナノスケール素子の量子輸送特性について、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・スピントロニクス・高速駆動現象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、量子ドット系における近藤効果の非平衡輸送特性、二電子衝突実験における位相緩和効果、フォノン系における近藤効果に類似した熱輸送現象、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、巨大誘電リラクスや進化ゲーム理論における遷移現象などがある。



The main research subject of our laboratory is theoretical study of quantum transport in nano-scale devices fabricated by fine processing technology. This research subject, which is also called 'mesoscopic physics', has been studied for long time by focusing on quantum mechanical nature of electrons. Recently, mesoscopic systems are studied from novel viewpoints such as nonequilibrium many-body phenomena, spintronics, high-speed drive phenomena, and so on. In order to explain these phenomena, we are constructing theories by utilizing nonequilibrium statistical mechanics, fundamental theory of quantum mechanics, and many-body physics. Examples of our recent activities are nonequilibrium transport properties of Kondo dots, dephasing effect in two-electron collider experiments, and Kondo-like effect in thermal transport of phonons.

We are also treating various research subjects related to many-body effects and nonequilibrium phenomena. Examples of our recent activities are transition phenomenon in evolutionary game theory and giant dielectric response in relaxors.

上图：Hong-Ou-Mandel 型二電子衝突実験の模式図。2つの量子ドットからそれぞれ注入された電子は、量子ホール効果のエッジ状態を経由して、中央の量子ポイントコンタクトで衝突する。下图：衝突後、2つの電子が同じエッジ状態に散乱する確率  $P$  を波束の到着時間差  $\Delta t$  の関数として計算した結果。位相緩和が無視できる場合は、同時に到着した2つの電子は必ず異なるエッジ状態に1個ずつ散乱される ( $P=0$ ) が、位相緩和が存在すると  $P$  は徐々に有限の値になり古典値 ( $P=1/2$ ) に近づく。

Upper panel: A schematic figure of the Hong-Ou-Mandel-type two-electron collision experiment. Two electrons injected from two quantum dots propagate along edge states in quantum Hall effect, and collides at a central quantum point contact. Lower panel: The probability  $P$ , that two electrons scatter into the same edge states, is plotted as a function of a wavepacket delay time  $\Delta t$ . Two electrons always scatter into difference edge states ( $P=0$ ) when  $\Delta t=0$  and dephasing is neglected. On the other hand, as dephasing effect increases, the probability  $P$  increases, and approaches the classical value  $1/2$ .

## 研究テーマ Research Subjects

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

## 中村研究室

Nakamura Group



中村 真  
NAKAMURA, Shin  
客員教授  
Visiting Professor

ゲージ・重力対応とは、強く相互作用する量子ゲージ理論を、計算が容易な一般相対性理論（重力理論）の古典力学に変換する解析手法である。この手法をゲージ粒子の多体系の解析に応用した場合、線形応答を超えた計算が可能となる場合があり、従来の手法にはない利点がある。本研究では、この手法を強相関系の非平衡物性の研究に応用し、新たな研究手法を創生することを目指している。

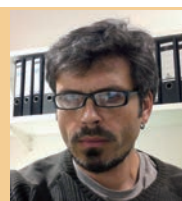
現時点では、非平衡定常系の基礎論、特に有効温度に関連する基本法則の探求に力を入れている。筆者らの研究を含む最近の研究で、強結合ゲージ理論で構成した非平衡定常状態の有効温度が重力理論側でのアナログブラックホールのホーキング温度で表されることが見出されたが、現在は、さらに有効温度の振る舞いを系統的に調べている。またゲージ・重力対応の枠組みで見出された、微分抵抗が転移する非平衡相転移についてより系統的に調べ、臨界指数などを詳細に調べていくことも予定している。

Gauge/gravity correspondence (AdS/CFT correspondence) is a map between a strongly interacting quantum gauge theory and a general relativity on a curved spacetime. The gravity picture has advantages such as we may analyze the statistical systems of gauge particles beyond the linear response regime.

Currently, I am studying on effective temperature of non-equilibrium steady states consisting of the gauge particles. In the gravity-dual picture, the effective temperature can be given as a Hawking temperature of an analog black hole that appears when the system is driven to out of equilibrium. I am surveying the dependence of the effective temperature on various parameters of the system. I am also planning to study on non-equilibrium phase transitions discovered in the framework of gauge/gravity correspondence where non-linear conductivity of the system jumps at a critical value of the parameter of the system. A detailed analysis of the critical phenomena in the phase transition will be a possible project.

## シュテンゲル研究室

Shtengel Group



シュテンゲル キリル  
SHTENGEL, Kirill  
外国人客員教授  
Visiting Professor

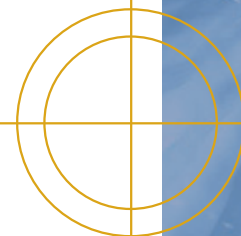
我々の研究の大きな目標の一つは、格子模型におけるさまざまなトポロジカル秩序や関連する現象の探求である。トポロジカル相は、古典的あるいは量子力学的なフラストレーションと深く結びついている。フラストレーションは通常の秩序を抑制し、非従来の相の発現を促す。トポロジカル秩序相は、その中でも特に興味深い例である。物性研究所では、トポロジカル相の多くの側面の専門家である押川教授、および押川研究員のメンバーと議論を重ねる予定である。また、物性研究所はフラストレーションの強い磁性体に関して世界をリードする研究所の一つである。そこで、我々は量子力学的なフラストレーションとトポロジカル相の関連に特に注力する。まずは、フラストレーションの強い格子模型を研究し、そこに現れる様々な量子相とそのトポロジカルな性質を調べる予定である。このような研究を通じて、物性研究所の研究者との交流を深め、その研究に貢献したい。

One of the specific goals of our research is studying the possibility of different kinds of topological order and related phenomena in lattice models. One theme that appears prominently in the studies of topological phases is frustration, both classical and quantum. Effects of frustration tend to inhibit conventional ordering, paving the way to more unconventional phases, of which topologically ordered phases are one particularly interesting example. ISSP presents us with a unique opportunity of interacting with Prof. Oshikawa, who is an expert on many aspects of topological states of matter, as well as the members of his group. On the other hand, ISSP is one of the leading institutions in this field of frustrated magnetism, which also interests us for the aforementioned reasons. Hence we are planning to focus on topological phases of matter and their relation to quantum frustration. One obvious route is to study lattice models with frustration and try to understand the topological features of possible phases appearing in such models. In doing so, we hope to both contribute to and benefit from the exchange of ideas with the members of ISSP.



# 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 IYE, Yasuhiro

教授  
Professor KATSUMOTO, Shingo

教授  
Professor OTANI, Yoshichika

教授  
Professor KOMORI, Fumio

教授  
Professor YOSHINOBU, Jun

准教授  
Associate Professor HASEGAWA, Yukio

准教授  
Associate Professor LIPPMAA, Mikk

准教授(客員)  
Visiting Associate Professor KANASAKI, Jun'ichi

准教授(客員)  
Visiting Associate Professor AN, Toshiu

助教  
Research Associate ENDO, Akira

助教  
Research Associate YOSHIMOTO, Shinya

助教  
Research Associate TAKAHASHI, Ryota

助教  
Research Associate KIMATA, Motoi

助教  
Research Associate YOSHIDA, Yasuo

助教  
Research Associate NAKAMURA, Taketomo

助教  
Research Associate MIYAMACHI, Toshio

技術専門職員  
Technical Associate MUKAI, Kozo

技術専門職員  
Technical Associate IIMORI, Takushi

技術専門職員  
Technical Associate HASHIMOTO, Yoshiaki

技術専門職員  
Technical Associate HAMADA, Masayuki

特任研究員  
Project Researcher KIM, Howon

特任研究員  
Project Researcher KOITAYA, Takanori

特任研究員  
Project Researcher IENAGA, Koichiro

特任研究員  
Project Researcher OHTSUKI, Takumi

特任研究員  
Project Researcher MUDULI, Prasanta

## 家研究室

Iye Group

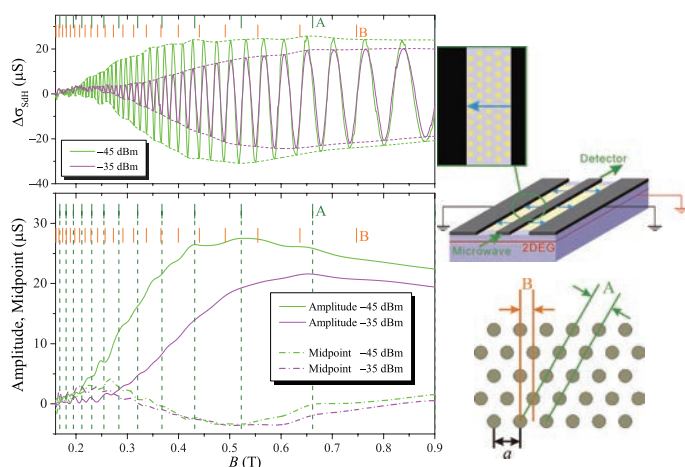


家 泰弘  
IYE, Yasuhiro  
教授  
Professor



遠藤 彰  
ENDO, Akira  
助教  
Research Associate

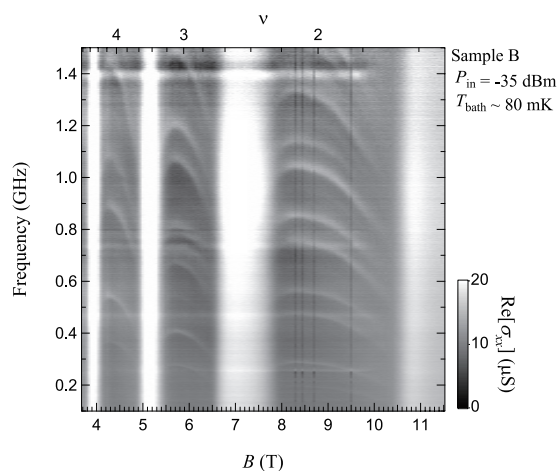
GaAs/AlGaAs 半導体界面2次元電子系に人工的な超周期ポテンシャルを付加した系(平面超格子)では、磁気抵抗の整合振動効果やアハロノフ・ボーム効果などの現象が観測される。また、高移動度試料の量子ホール領域において観測される電子固体相(ストライプ、バブル)の固有周期と人工的に付与した周期との関係による整合効果やピンング効果も期待できる。本研究では、六方格子状の周期変調ポテンシャルを付加した系の高周波伝導をコプレーナ型導波路を用いて調べた。低磁場領域の高周波磁気伝導度は、六方格子に含まれる2つの主たる周期に対応する整合性振動およびシュブニコフ・ドハース振動の振幅変調を示す。整数量子ホール領域においては、高周波伝導度に複数の共鳴ピークが現れ、特徴的な磁場(ランダウ準位充填率)依存性を示す。



六方格子変調を施した2次元電子系の高周波伝導度の振動成分。下図は上図のSdH振動の解析から、振動の中心と振幅をプロットしたもの。垂直線は、六方格子配列に含まれる2つの周期AとBに対するflat-band条件の位置を表している。

Oscillatory ac magnetoconductivity of a 2DES with hexagonal potential modulation. The lower panel shows the center line and the oscillation amplitude extracted from the traces in the upper panel. The vertical dashes indicate the positions of flat-band conditions for the two periodicities A and B associated with the hexagonal lattice.

Two-dimensional electron system (2DES) in GaAs/AlGaAs hetero-interface subjected to artificial potential modulation (lateral superlattice) exhibits such phenomena as commensurability magnetoresistance oscillation and Aharonov-Bohm effect. In the quantum Hall regime, where electron solid (stripe and bubble) phases are observed in high mobility samples, commensurability effect and/or pinning effect associated with the relation between the intrinsic periodicity of the electron-solid phase and the artificially imposed periodicity can be expected. In this study, high frequency conductivity of 2DES with hexagonal potential modulation was measured by use of a coplanar waveguide. In the low field regime, the magneto-conductivity exhibits commensurability oscillations and amplitude modulation of the Shubnikov-de Haas oscillations, whose periodicity corresponds to the two principal periods associated with the hexagonal lattice. In the quantum Hall regime, multiple resonant peaks in the ac conductivity are observed and they exhibit characteristic magnetic field (Landau level filling) dependence.



六方格子変調を施した2次元電子系の高周波伝導率の磁場および周波数依存性。整数量子ホール領域に特徴的な磁場依存性を示す複数の共鳴ピークが観測される。

The magnetic field- and frequency-dependence of ac conductivity of a 2DES with hexagonal potential modulation. Multiple resonant peaks appear in the integer quantum Hall regime and exhibit a characteristic magnetic field dependence.

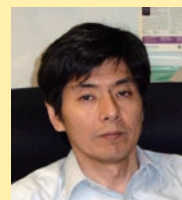
## 研究テーマ Research Subjects

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

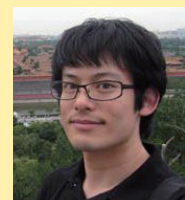


# 勝本研究室

Katsumoto Group



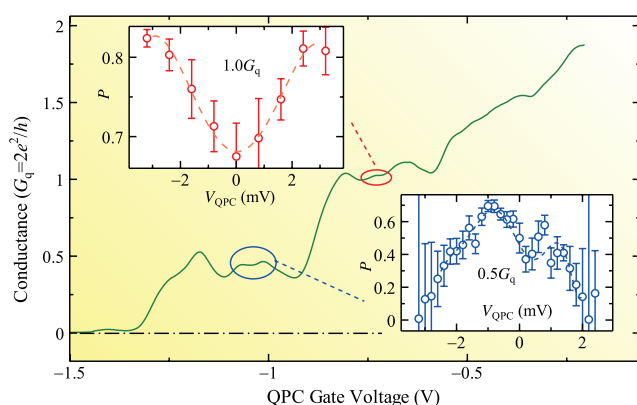
勝本 信吾  
KATSUMOTO, Shingo  
教授  
Professor



中村 壮智  
NAKAMURA, Taketomo  
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、(1) スピン軌道相互作用とナノ構造を組み合わせる、(2) 強磁性体モノリシック素子構造によりスピン注入する、などの方法でスピン流を生じさせ、非平衡スピン量子輸送現象を調べている。(1) では、スピン軌道相互作用の強い量子ポイントコンタクト系で、2つの特徴的機構により高いスピン偏極が生じることを明らかにしてきた。(2) では、エピタキシャル成長した鉄から半導体への高効率スピン注入を実現した。これらを用い、スピノル干渉効果の研究を進めている。また、超伝導体とのハイブリッド構造、グラフェンへのスピン軌道相互作用導入についても研究を行っている。

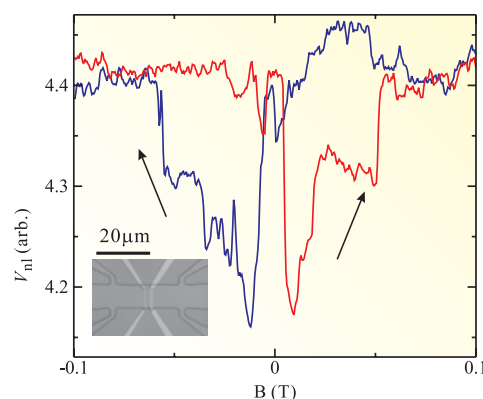


(In,Ga)As 量子井戸 2次元電子系から作製した量子ポイントコンタクト (QPC) 伝導度のゲート電圧依存性。伝導度単位は伝導度量子  $G_q = 2e^2/h$ 。挿入図は、スピン偏極度のバイアス電圧 ( $V_{QPC}$ ) 依存性を QPC の  $0.5 G_q$  と  $1.0 G_q$  の量子化平坦部でそれぞれ測定した結果。

Conductance of a quantum point contact (QPC) made from an (In,Ga)As two-dimensional system as a function of the gate voltage. The unit is the quantum conductance  $G_q = 2e^2/h$ . The insets show bias voltage ( $V_{QPC}$ ) dependence of spin-polarization of  $0.5 G_q$  and  $1.0 G_q$  plateaus respectively.

With epitaxial growth of semiconductor and metallic films, and nano-fabrication techniques, we study quantum effects in low dimensional systems. Our research also spans 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 with (1) combination of the spin-orbit interaction and nano-structures, also with (2) spin-injection in semiconductor/ferromagnet monolithic structure. In (1), we have shown that high spin polarization is realized in the combination of quantum dot and quantum point contact through two different mechanisms. In (2), spin injection from epitaxially grown Fe films with a high efficiency has been achieved. With these techniques, we are exploring the quantum interference in the spinor space. Hybrid systems of superconductors and quantum structures, and introduction of a spin-orbit interaction to graphene are also our subjects.



エピタキシャル成長した Fe から InAs2 次元系にスピン注入し、非局所電圧を測定してスピバルブ構造を検出したもの。挿入図は試料の電子顕微鏡写真。

Spin injection from epitaxially grown Fe into an InAs quantum well has been detected through spin-valve magnetoresistance structure in non-local voltage. The inset shows a scanning electron micrograph of the sample.

## 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



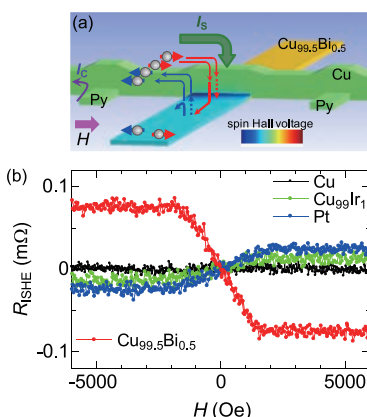
大谷 義近  
OTANI, Yoshichika  
教授  
Professor



木俣 基  
KIMATA, Motoi  
助教  
Research Associate

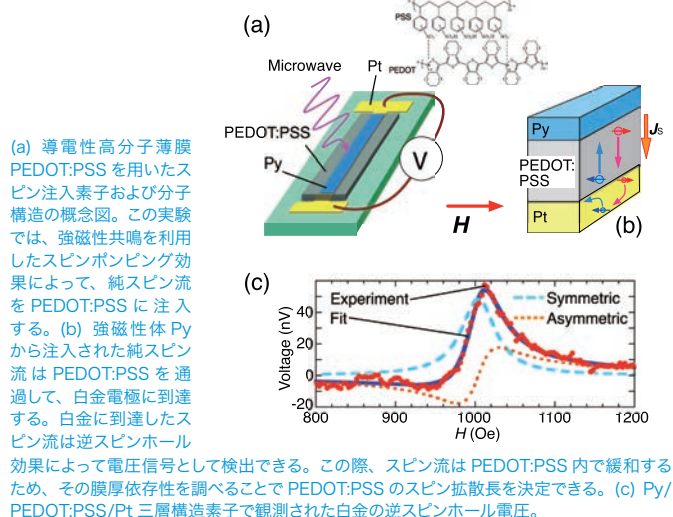
スピントロニクス研究では、電子の電荷とスピンの2つの自由度をもったスピン流が重要な役割を果たす。中でも電荷の流れを伴わないスピン角運動量のみの流れは「純スピン流」と呼ばれ、次世代の超低消費電力素子への応用が期待されるだけでなく、基礎的な側面でも新しい物理量として近年非常に注目されている。我々はこの純スピン流の生成、検出、制御法を研究している。具体的には、スピン軌道相互作用を有する非磁性体、強磁性体、超伝導体、有機導体など多様な物質を用い、それらをスピン流の減衰長であるナノメートルスケールまで微細化して、スピン流の生成や検出、及び制御を行う。最終的には微細加工技術を駆使して、スピン流を自由自在に制御できるような新しいスピントロニクス素子の研究開発を目指している。

(a) スピン吸収法概念図。強磁性体パーマロイ Py から非磁性体である銅 Cu に電流  $I_c$  を流すことで、Cu 細線右側に純スピン流 ( $I_s$ ) が流れる。CuBi 合金の強いスピン軌道相互作用のため、純スピン流がその方向に積極的に吸収され、逆スピンホール電圧として検出される。(b) さまざまな物質 (Cu, Pt, CuIr, CuBi) の逆スピンホール効果の結果。測定は 10 K で行った。



(a) Schematic of spin absorption method in lateral spin valve structure. By flowing an electric charge current ( $I_c$ ) from a ferromagnetic permalloy (Py) wire to a nonmagnetic copper (Cu) wire, a pure spin current is induced on the right side of the Cu wire. Thanks to a strong spin-orbit interaction of Bi-doped Cu alloy, the pure spin current is preferentially absorbed into the CuBi wire and converted into a charge current via inverse spin Hall effect (ISHE). (b) Inverse spin Hall effects observed in several nonmagnetic metals (Cu, Pt, CuIr, and CuBi). All the measurements were performed at 10 K.

Spin currents possessing two independent degrees of freedom, charge and spin, play an important role in spintronics research. Among those currents, a flow of spins with no net charges is called “pure spin current”, which is not only expected to be an essential element for low power consumption devices but also considered as a novel physical quantity for fundamental spintronics researches. We are aiming at establishing principles to generate, detect, and manipulate the spin currents by using a variety of materials with spin-orbit interaction including non-magnets, ferromagnets, superconductors, organic materials, etc. Particularly we are elucidating the characteristic functions of spin currents appearing when the size of devices becomes of the order of the relaxation length of the spin currents.



(a) Schematics of our spin injection device using a conductive polymer PEDOT:PSS and its molecular structure. In this experiment, the pure spin current is injected from a ferromagnet into PEDOT:PSS using a spin pumping effect operated by ferromagnetic resonance. (b) The pure spin current transmitted through the polymer layer reaches the Pt layer and is converted into a charge current via the ISHE of Pt. Since the spin current decays in the PEDOT:PSS layer, its spin diffusion length can be determined by studying the thickness dependence of the ISHE signal detected at the Pt layer. (c) Inverse spin Hall voltage observed in the Py/PEDOT:PSS/Pt trilayer device.

## 研究テーマ Research Subjects

1. 純スピン流の生成及び検出機構の研究  
Study of generation and detection methods of pure spin current
2. スピン流を用いた磁気相転移  
Magnetic phase transition using spin current
3. 強磁性 / 超伝導体複合素子におけるスピン注入  
Spin injection into superconductor/ferromagnet hybrid devices
4. 有機導体へのスピン注入  
Spin injection into organic materials
5. ナノスケール磁気渦格子を用いたスピンドायナミクス研究  
Spin dynamics in nano-scale magnetic vortex lattice

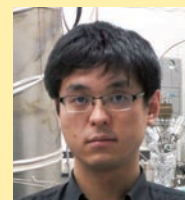


## 小森研究室

Komori Group

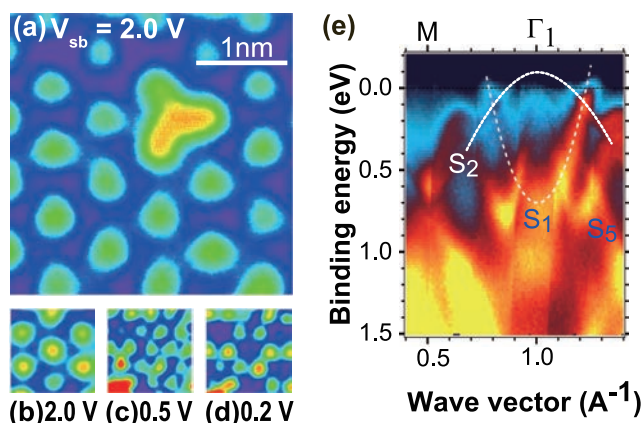


小森 文夫  
KOMORI, Fumio  
教授  
Professor



宮町 俊生  
MIYAMACHI, Toshio  
助教  
Research Associate

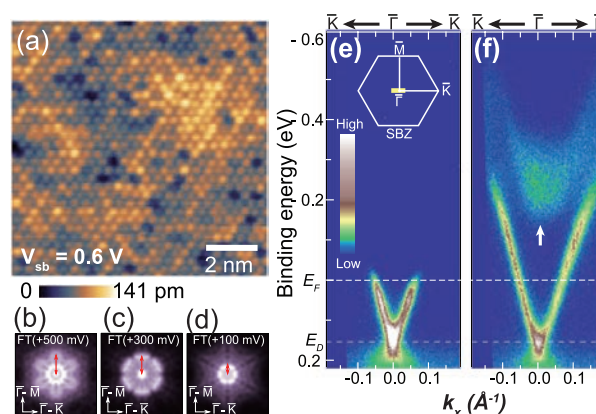
固体表面に形成される低次元系とナノスケール物質の電氣的磁氣的性質を明らかにすることを目標に、超高真空中で走査トンネル顕微鏡 (STM)、光電子分光、磁気カー効果 (MOKE)・第二高調波発生 (SHG) 測定を用いて研究を行なっている。STMを用いたトンネル分光では局所的な電子状態を、角度分解光電子分光では波数依存電子状態を、MOKE/SHG 測定では磁性を調べている。また、ナノスケール化合物の研究において重要な試料生成機構に関して、原子スケールの動的過程を調べている。表面では、トンネル電子やレーザー光によって励起された電子系のエネルギーが格子系へ緩和する過程を用いて、新奇な物質を作製すること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



金吸着 Ge(111) 表面上にできた 2 次元構造の STM 凹凸像 (a-d) と ARPES 強度分布像 (e)。金の三量体が規則配列しており、三つの三量体の大きさのクラスターも観察できる。三量体が規則配列した STM 像には、バイアス電圧 ( $V_{sb}$ ) 依存性があり、 $V_{sb}$  を下げると三角格子からハニカム格子に変化する。表面金属バンドが 2 本 ( $S_1, S_2$ ) あり、 $S_1$  は強いスピン軌道相互作用のためにラシュバ分裂し、面垂直成分をもってスピン分極している。

Topographic STM image (a-d) and ARPES intensity mapping (e) of Au-adsorbed Ge(111) surface. Atomic-size protrusions of a gold trimer make a triangular lattice on the surface. The triangle lattice pattern changes to a honeycomb one with decreasing the sample bias voltage ( $V_{sb}$ ). A triangle cluster made of the three trimers in size is seen in (a). There are two metallic surface bands ( $S_1, S_2$ ), and  $S_2$  is anisotropically split to two spin-polarized bands owing to the strong spin-orbit interaction.

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



(a) トポロジカル絶縁体  $\text{Bi}_{1.5}\text{Sb}_{0.5}\text{Te}_{1.7}\text{Se}_{1.3}$  へき開表面の STM 凹凸像。表面には Te と Se 原子がみえている。(b-d) 弾性散乱 (準粒子干渉) 強度像。各バイアス電圧 ( $V_{sb}$ ) での  $dI/dV$  像のフーリエ変換によって得られた。バンドギャップ内のトポロジカルバンド内での散乱が観察された。(e, f) 時間分解 ARPES 強度分布像。プローブパルス (250 fs, 5.9 eV) がポンパルス (170 fs 1.5 eV) に先行 (e) あるいは後行 (f) している。非占有トポロジカルバンドの分散が観察された。

(a) Topographic STM image of a cleaved surface of  $\text{Bi}_{1.5}\text{Sb}_{0.5}\text{Te}_{1.7}\text{Se}_{1.3}$ . (b-d) Bias( $V_{sb}$ )-dependent amplitude maps of the elastic scatterings, or QPI, derived by Fourier transformation (FT) of the  $dI/dV$  images. Intra band scatterings within the topological surface band are observed in the bulk band gap (e, f) Intensity maps of ARPES by a 250-fs probe laser pulse (5.9 eV) before (e) and after (f) impinging a 170-fs pump laser pulse (1.5 eV). Unoccupied topological surface band is observed in (f).

## 研究テーマ Research Subjects

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

# 吉信研究室

Yoshinobu Group



吉信 淳  
YOSHINOBU, Jun  
教授  
Professor



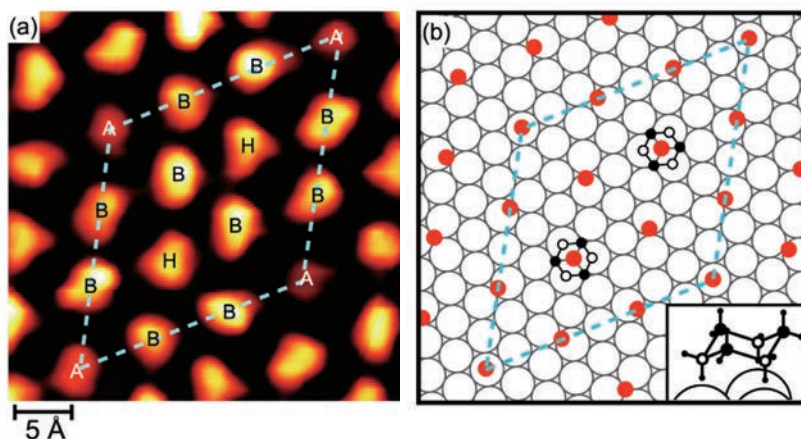
吉本 真也  
YOSHIMOTO, Shinya  
助教  
Research Associate

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

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

Rh(111) 表面に吸着したシクロヘキサンの (a)STM 像と (b) の吸着モデル。

(a) an STM image and (b) the proposed model of adsorbed cyclohexane molecules on Rh(111).



## 研究テーマ Research Subjects

1. モデル触媒による小分子の活性化と表面反応の研究  
Activation and surface reaction of small molecules by model catalysts
2. 固体表面における原子・分子の動的過程の研究  
Dynamical processes of atoms and molecules on solid surfaces
3. 半導体光触媒薄膜の作製と表面電子状態および化学反応の研究  
Fabrication of thin film of semiconductor photocatalyst and its electronic states and surface chemical reaction
4. グラフェンやシリセンなど低次元物質表面の電子状態と反応性の研究  
Electronic states and reactivity of low-dimensional materials on surfaces
5. 雰囲気中の固体表面における化学反応の研究  
Chemical reaction on solid surfaces under ambient conditions



# 長谷川研究室

Hasegawa Group



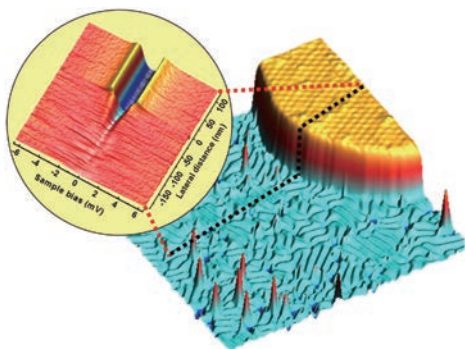
長谷川 幸雄  
HASEGAWA, Yukio  
准教授  
Associate Professor



吉田 靖雄  
YOSHIDA, Yasuo  
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、渦糸のクラスタリングや巨大渦糸などナノサイズ超伝導体特有の渦糸状態の観察や、磁性体との近接効果により誘起される特異な超伝導状態の実空間観測を行っている。また、SP-STM による磁性薄膜の局所スピン構造と磁気特性に関する研究、IETS によるスピン励起の研究等を進めるとともに、原子マニピュレーションを駆使してこうした物性の制御を目指している。最近では、CeCoIn<sub>5</sub> などの重い電子系物質の電子状態や局所超伝導特性・磁気特性の研究にも取り組んでおり、超伝導ギャップ形状の原子スケールでの変調現象などを見出している。

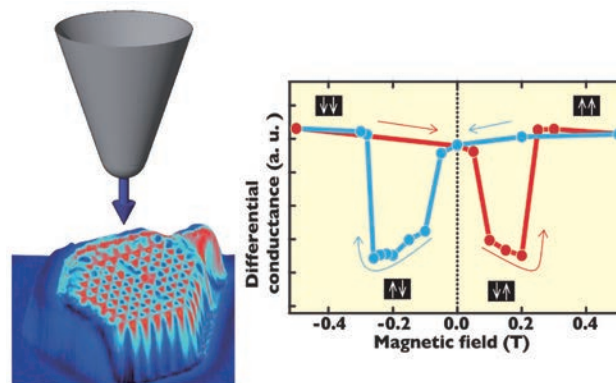


超伝導金属界面での近接効果。Si 基板上の 1 原子層 Pb (水色、常伝導相) と Pb 薄膜 (黄色、超伝導相) の界面近傍で測定されたトンネル分光スペクトルから、超伝導特性が界面から 40nm の領域にわたって染み出していることが観察されている。

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, super) 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 very low temperature and high magnetic field, we have observed various phenomena on nanosize superconductors such as vortex clustering and giant vortex, and peculiar superconducting states in the proximity with ferromagnetic materials. We also study magnetic properties of thin films related with their atomic structure using SP-STM, and their spin excitation with IETS. Modification and control of these properties with an aid of the atom manipulation are one of the targets of our study. Recent subjects include heavy-Fermion materials, such as CeCoIn<sub>5</sub>; atomic-scale variation in the shape of superconducting gaps was observed.



スピン偏極 STM により得られた Ag 表面上のナノサイズ Co アイランド構造での磁化曲線。磁場により探針の磁化方向も反転するため ( $\sim \pm 0.25$  T)、バタフライ状の曲線が得られている。

Magnetization curve taken on a nano-size Co island structure formed on Ag surface using spin polarized STM. Because the flips of the tip magnetization occur at  $\sim \pm 0.25$  T a butterfly-shape curve is observed.

## 研究テーマ Research Subjects

1. 低温 STM による局所領域での超伝導特性に関する研究  
Superconductivity in local area using low-temperature scanning tunneling microscopy
2. 原子 / 分子マニピュレーションによる古典 / 量子スピン系の構築とスピン偏極 STM によるその評価  
Fabrication of spin systems by atomic manipulation and their characterization with SP-STM
3. 重い電子系物質の局所電子状態・超伝導特性・磁気特性  
Local electronic states, superconductivity, and magnetic properties of heavy-Fermion materials
4. 走査ポテンシオメトリによるナノスケールでの抵抗分布測定  
Nano-scale resistance and its spatial distribution by scanning tunneling potentiometry

## リップマー研究室

Lippmaa Group

リップマー ミック  
LIPPMAN, Mikko  
准教授  
Associate Professor高橋 竜太  
TAKAHASHI, Ryota  
助教  
Research Associate

酸化物の薄膜結晶には触媒材料を開発するための多くの利点がある。我々は太陽光を照射することで水から水素を効率よく生成する光触媒材料として、チタン酸ストロンチウムベースの材料を使って、電子構造、ナノ構造体、そして光触媒特性について研究している。特にロジウム、イリジウム、白金をチタン酸ストロンチウムの薄膜にドーピングすることで、価電子帯のバンドエッジを高くし、材料のバンドギャップを制御している。図1にはXESやXASなどの軟X線分光の手法を利用し、材料の電子構造を精密に計測した結果を示す。測定によって得られた電子構造は第一原理計算の結果と比較し、光触媒特性との関連について調べている。図2ではp型型導を示すRhをドーピングしたチタン酸ストロンチウムの水素発生光触媒についてまとめており、Rhのドーパントの価数によって変化する光誘起された電荷の再構成について調べている。このような価数によって変化する光触媒特性はIrをドーピングしたチタン酸ストロンチウムの酸素発生光触媒でも見出された。

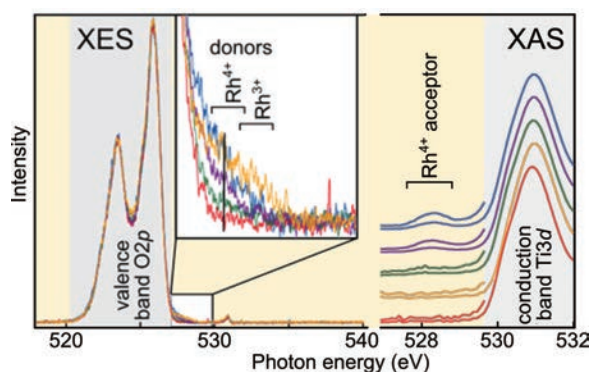


図1. X線発光分光(XES)とX線吸収分光(XAS)を用いて、RhやIrをドーピングしたチタン酸ストロンチウム薄膜やバルク結晶のバンドギャップ中のドナーやアクセプターの準位を測定する。アクセプターの非占有準位はRh<sup>4+</sup>をドーピングしたチタン酸ストロンチウムでのみ発生する。一方、価電子帯上端におけるRh<sup>4+</sup>とRh<sup>3+</sup>の占有準位では若干の準位のシフトが観察された。

Fig. 1. X-ray emission (XES) and absorption (XAS) spectroscopies are used for determining the location of in-gap donor and acceptor states in photocatalytic Rh and Ir-doped SrTiO<sub>3</sub> thin films and bulk samples. The unoccupied acceptor states only appear in Rh<sup>4+</sup>:SrTiO<sub>3</sub>, while only minor shifts are seen in the occupied Rh<sup>4+</sup> and Rh<sup>3+</sup> states close to the top of the valence band.

Oxide thin films offer many advantages for developing catalytic materials. Our interest is to study the electronic structure, atomic-scale microstructure, and photoelectrochemical activity of SrTiO<sub>3</sub>-based photocatalytic materials that can be used for hydrogen production from water by sunlight. In particular, we study Rh, Ir, and Pt-doped SrTiO<sub>3</sub> thin films with the aim of tuning the bandgap of the material by lifting the valence band edge. A variety of soft x-ray spectroscopic techniques, including XES and XAS are used for determining the electronic spectra of the materials (Fig. 1). The measurement results are compared with first-principles calculation results and interpreted in terms of photocatalytic activity. In this work, we have identified the factors that determine the photogenerated charge collection activity as a function of the dopant valence state, as summarized for the case of p-type Rh:SrTiO<sub>3</sub> hydrogen photocatalyst in Fig. 2. Similar valence-dependent efficiency differences have also been identified for n-type oxygen-evolution catalyst Ir:SrTiO<sub>3</sub>.

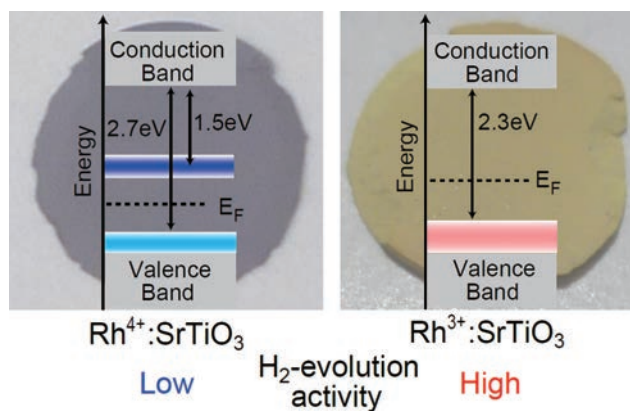


図2. Rh<sup>4+</sup>(紫)とRh<sup>3+</sup>(黄色)をドーピングしたチタン酸ストロンチウムの電子構造。Rh<sup>4+</sup>ドーパントの非占有アクセプター準位によって光キャリアの再構成が速まり、水素を生成する光触媒特性の効率の減少に繋がる。

Fig. 2. Schematic illustrations of the electronic structures of Rh<sup>4+</sup>:SrTiO<sub>3</sub> (purple) and Rh<sup>3+</sup>:SrTiO<sub>3</sub> (yellow). The presence of the unoccupied acceptor state associated with the Rh<sup>4+</sup> dopant results in fast photocarrier recombination and very low photocatalytic hydrogen evolution efficiency.

## 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. 外場誘起の酸化物の相転移現象  
Phase transition mechanisms in oxides under external excitations
3. 酸化物—液体界面における光触媒能  
Photocatalytic activity at oxide – liquid interfaces
4. 極性結晶とマルチフェロイック物性  
Polar oxides and multiferroic coupling



# 金崎研究室

Kanasaki Group



金崎 順一  
KANASAKI, Jun'ichi  
客員准教授  
Visiting Associate Professor

固体電子系の励起により発生する種々の原子過程の機構を解明し、電子系・格子系の動力学を制御して新規の物質相や高次機能構造を創製する事、を目的としている。この為、光励起により発生する非平衡電子励起状態の性質とその後の緩和動力学の解明に向けた研究を推進している。

励起電子系の緩和動力学を解明する為には、電子密度分布をエネルギー・運動量空間において実時間追跡する事が本質的に重要である。ポンプ光により注入した励起電子を、遅延時間を制御したプローブ光により光電子として放出させ分光する時間分解2光子光電子分光法は、エネルギー・運動量の多次元空間における電子密度分布の時間発展に関する直接的知見を与える。本研究室では、この手法を用い、半導体結晶における励起電子系の緩和を支配する散乱素過程を解明している。客員期間中は励起電子の表面への散乱と緩和・消滅に関する実験を行い、半導体表面での光誘起現象の電子論的解明を目指す。

The aim of research is to establish advanced technologies controlling carrier and atomic dynamics by fully exploiting electronic-excitation effects. For this purpose, considerable attention is focused to the elucidation of underlying physics concerning the ultrafast dynamics of excited carriers, which play crucial roles in several excitation-induced reactions in solids.

In order to elucidate the elemental processes of the many-body interaction following the electronic excitation, it is essential to survey the dynamic in femtosecond time regime of photo-injected carriers with resolving their evolutions in energy and momentum spaces. Angle-resolved two-photon photoemission spectroscopy with time resolution of fs time scale (fs-AR2PPE) has a strong advantage for resolving the carrier dynamics directly in energy and momentum spaces. Using fs-AR2PPE technique, we determined transient electron distributions after photoexcitation and successfully elucidated ultrafast processes such as intervalley scattering, impact ionization, and electronic thermalization in several semiconductors. An important topic to be resolved is the bulk-to-surface transition and subsequent surface relaxation of excited carriers, providing an important key to greater understanding of photoinduced effects on semiconductor surfaces.

# 安研究室

An Group



安 東秀  
AN, Toshi  
客員准教授  
Visiting Associate Professor

磁性体中のスピンの磁気共鳴現象をナノスケールで励起・計測・イメージングする走査マイクロ波顕微鏡開発の研究を行っている。

バルク、薄膜、ナノ構造の磁性体中において、マイクロ波、スピントルク、熱等を用いて強磁性共鳴やスピン波を励起することができる。本研究室では、これらの磁気共鳴信号を局所に捉え、且つ、イメージングすることが可能な、ナノサイズに先鋭化された走査型のマイクロ波プローブ等の検出機構を開発している。このマイクロ波プローブを用いて磁気トンネル接合素子中へのスピン注入発振現象の酸素欠陥等に起因した劣化を可視化する研究等も可能となる。このようなギガヘルツ帯のスピン歳差運動のダイナミクスを捉える磁気共鳴計測局所プローブ法が確立されれば、強磁性共鳴、スピン波、電子スピン共鳴、核磁気共鳴信号をナノスケールで画像化することが可能となり、固体物性等の基礎科学を研究するツールとしてだけでなく、スピントロニクス、分子科学、生命科学等の広い分野への波及効果が期待できる。

Magnetic resonance phenomena excited in magnets and its nanoscale detection are the main subjects of our research.

In magnet of bulk, thin film, and nanostructure, collective motions of spins; ferromagnetic resonance and spin waves, are excited and modulated by microwave, spin torque, and heat. We are developing nanoscale scanning probes, such as scanning microwave microscope, which can excite, detect, and image magnetic resonance locally. This local probe can be applied to image spatial distribution of excited spin waves. It can also be applied to spintronic device system, for instance, spin-injected magnetic oscillation in tunneling magnetic junction to study the spatial variations of excitation probability of magnetic resonance depending on the quality of interface between insulating layer and magnetic layer where defects of oxide degrade the magnetic excitation probability. This method of imaging spin-precession signal can be applied not only ferromagnetic resonance phenomena in magnet but also electron spin resonance and nuclear spin resonance phenomena in other solid state materials, and in molecular and cell systems.

# 極限環境物性研究部門

## Division of Physics in Extreme Conditions

物質を超低温、超高压、強磁場、などの極限環境におくと、通常の状態とはまったく異なる性質を示すようになる。超低温における超流動や超伝導現象、超高压における構造相転移や絶縁体・金属転移、強磁場における磁気相転移などが良く知られた例である。これらの著しい現象は、しばしば従来の理論の枠組みの変更を促し、物性研究の新しい局面を切り開くものである。当部門では、これまで多年にわたり各種の技術開発を行い、15万気圧を越える超高压、数10マイクロケルビンにおよぶ超低温核冷凍システムなど世界最高水準の極限環境の実現に成功し、それらの下で多くの新しい現象を見出してきた。現在、これまで蓄積された技術をさらに発展させ、極限的な領域での物性を開拓するとともに、これらの極限環境と超伝導磁石による定常強磁場を組み合わせた多重極限環境での新しい物性研究を行っている。主な研究対象としては、

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

This division is organized to pursue the study of physical properties of condensed matters under extreme conditions such as ultra-low temperatures, ultra-high pressures combined with steady high magnetic fields up to 20 T. In addition to these individual extreme conditions, physics under multiple extreme conditions is also emphasized. Under these conditions, novel phenomena, which cannot be understood in terms of existing theories and thus stimulate the creation of new concepts, are expected. Discoveries of such phenomena have often opened up new horizons in material science. Many outstanding instruments developed in this division, for example, are those which produce low temperatures down to a few tens of  $\mu\text{K}$  and high pressures up to 15 GPa. These machines are frequently used in collaboration with many scientists from all over Japan and abroad. Some of the main subjects are as follows,

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

教授 上床 美也  
Professor UWATOKO, Yoshiya  
教授\* 榑原 俊郎  
Professor SAKAKIBARA, Toshiro  
准教授 長田 俊人  
Associate Professor OSADA, Toshihiro  
准教授 山下 穰  
Associate Professor YAMASHITA, Minoru

助教 岡田 卓  
Research Associate OKADA, Taku  
助教 下澤 雅明  
Research Associate SHIMOZAWA, Masaaki  
助教 田縁 俊光  
Research Associate TAEN, Toshihiro  
技術専門職員 内田 和人  
Technical Associate UCHIDA, Kazuhito  
技術補佐員 長崎 尚子  
Technical Staff NAGASAKI, Syoko

特任研究員 佐藤 光幸  
Project Researcher SATO, Mitsuyuki  
特任研究員 酒井 謙一  
Project Researcher SAKAI, Kenichi  
特任研究員 福岡 修平  
Project Researcher FUKUOKA, Syuhei  
特任研究員 王 鉞森  
Project Researcher WANG, Bosen  
特任研究員 杉井 かおり  
Project Researcher SUGII, Kaori

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



# 上床研究室

Uwatoko Group



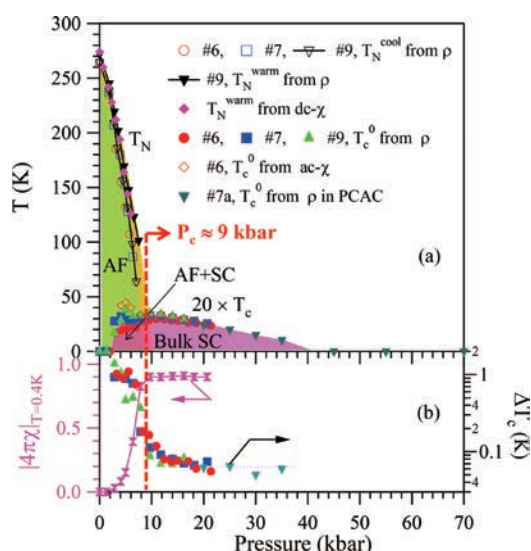
上床 美也  
UWATOKO, Yoshiyuki  
教授  
Professor



岡田 卓  
OKADA, Taku  
助教  
Research Associate

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

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



MnP型結晶構造を示すCrAs化合物は、 $T_N = 270\text{ K}$ 以下で一次転移を伴って反強磁性秩序を示す。この時、b-軸で4%の伸びが観測され、そのときのモーメントは1.7  $\mu\text{B}$ である。この反強磁性転移温度は高圧下で急激に減少し臨界圧力  $P_c = 9\text{ kbar}$  でほぼゼロとなる。と同時にバルクな超伝導が出現する。CrAs化合物における超伝導は、Cr化合物で初めての発見である。(a): 圧力誘起超伝導物質CrAsの温度・圧力相図。超伝導の転移温度は20倍に拡大してある。(b):  $T = 0.4\text{ K}$ における反磁性効果の圧力依存性。図中のシンボル、丸(赤)、四角(青)、および三角(緑)は、残留抵抗比(RRR)の異なる試料  $RRR = 240, 327, \text{および} 250$  の測定に、それぞれ対応する。

CrAs adopts the orthorhombic MnP-type structure with a first-order anti-ferromagnetic transition at  $T_N = 270 \pm 10\text{ K}$ , which is accompanied with discontinuous changes of lattice constant  $b$  by  $\sim 4\%$  below  $T_N$ . Neutron diffraction measurements established a double-helical magnetic structure propagating along the orthorhombic  $c$  axis with the Cr moment of 1.7  $\mu\text{B}$  lying essentially within the  $ab$  plane. The first-order  $T_N$  can be suppressed quickly by the external pressure and vanishes completely at a critical pressure  $P_c \approx 9\text{ kbar}$ . And then, bulk superconductivity with  $T_c \approx 2\text{ K}$  emerges at the critical pressure. Our discovery of superconductivity in CrAs makes it the first superconductor among the Cr-based compounds. (a) Temperature-pressure phase diagram of Pressure-Induced Superconductivity in the Anti-ferromagnetic System CrAs. The superconducting transition temperature  $T_c$  has been scaled by a factor of 20 for clarity. (b) The superconducting shielding fraction at 0.4 K,  $|4\pi\chi|_{T=0.4\text{ K}}$ , and the superconducting transition temperature width,  $\Delta T_c$ , as a function of pressure. The symbols of circle (red), square (blue), and triangle (green) in (a, b) represent three independent samples with residue resistivity ratio  $RRR = 240, 327, \text{and} 250$ , respectively.

## 研究テーマ Research Subjects

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

# 長田研究室

Osada Group

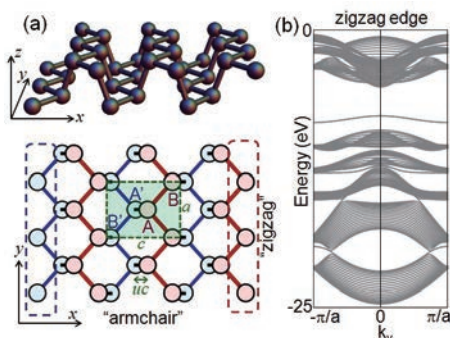


長田 俊人  
OSADA, Toshihito  
准教授  
Associate Professor



田縁 俊光  
TAEN, Toshihiro  
助教  
Research Associate

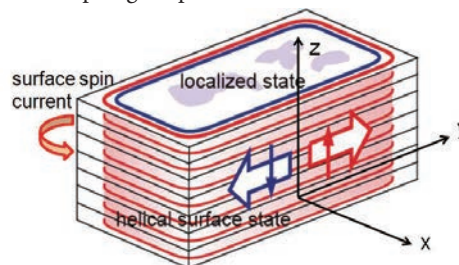
低次元電子系の量子伝導。相対論的 Dirac 電子系や、強磁場やナノ空間構造で閉じ込めた電子系が示す新しい電子状態や伝導現象の探索・解明・制御に関する研究を行う。バンド構造のベリー曲率、トポロジカル電子相、擬スピン自由度、電子軌道・磁束配置・系の空間構造の整合性などに関連した量子効果・幾何効果・多体効果に興味がある。研究対象はグラフェンなどの原子層物質、有機導体などの低次元物質、半導体・超伝導体の人工ナノ構造である。ナノ構造形成、全磁場方位依存性の精密計測、小型パルス磁石による強磁場計測など、微小試料の形成と低温高圧強磁場下の微小試料の電気的・磁氣的・熱的測定を主な実験手段とする。最近はグラフェン、フォスフォレンなどの原子層物質や、トポロジカル相表面に形成されたヘリカル／カイラル表面電子系の量子伝導に関する研究を集中的に行っている。



フォスフォレン（原子層黒リン）の結晶構造と、ジグザグ端を持つフォスフォレンナノリボンのバンド構造。有限系ではバルクのギャップ内に金属的エッジ状態が生ずるを見出した。フォスフォレンは高移動度 p 型 2 次元半導体として期待される新原子層物質であるが、このギャップ内エッジ状態はその伝導特性に大きな影響を与え得るものである。

Crystal structure of phosphorene (atomic layer of black phosphorus), and band structure of phosphorene nanoribbon with the zigzag edge. We have found that the metallic edge state appears in the middle of the bulk energy gap in the finite system. Although phosphorene is a novel atomic layer material expected as a high-mobility p-type 2D semiconductor, this metallic edge state might play an important role in its transport properties.

Transport study of low-dimensional electron system. To search for new phenomena in relativistic Dirac electrons systems and electron systems with small spatial structures or strong magnetic fields, to clarify their mechanisms, and to control them for application. We have a great interest in quantum effects, topological effects, and many-body effects, which relate to Berry curvature of band structure, pseudo-spin degrees of freedom, and commensurability among electron orbital motions, vortex (magnetic flux) configuration, and spatial structures. Our targets are atomic layer materials such as graphene, low-dimensional materials such as organic conductors, and artificial semiconductor/superconductor nano-structures. We flexibly explore new transport phenomena and electronic states in small samples by electric, magnetic, and thermal measurements using nano-fabrication techniques like EB, precise field rotation, miniature pulse magnet, etc. under strong magnetic fields, high pressures, and low temperatures. Recently, we have concentrated our studies on quantum transport in atomic layer materials (graphene, phosphorene, etc.) and helical/chiral electron systems formed at the surface of topological phases.



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

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

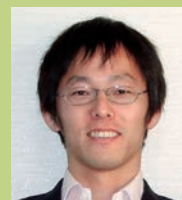
## 研究テーマ Research Subjects

1. 原子層物質（グラフェン、フォスフォレン等）の電子状態と量子伝導  
Electronic structure and quantum transport in atomic layers (graphene, phosphorene, etc.)
2. 有機ディラック電子系の量子ホール強磁性相におけるヘリカル表面状態  
Helical surface state in quantum Hall ferromagnetic phase in an organic Dirac fermion system
3. 多層量子ホール系におけるカイラル表面状態の量子伝導  
Quantum transport of chiral surface state in multilayer quantum Hall systems
4. 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. 電場磁場中ブロッホ電子系におけるカオスと電気伝導  
Chaos and electron transport in Bloch electron systems under magnetic and electronic fields



# 山下研究室

Yamashita Group



山下 穰  
YAMASHITA, Minoru  
准教授  
Associate Professor

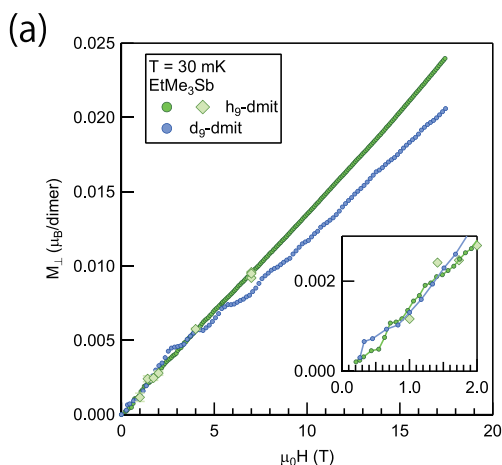


下澤 雅明  
SHIMOZAWA, Masaaki  
助教  
Research Associate

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

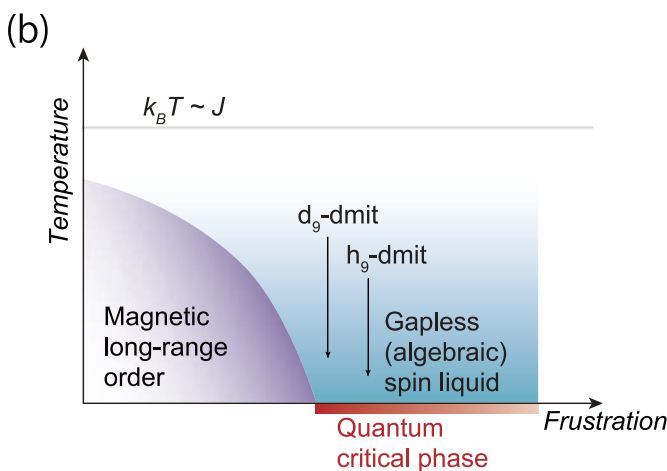
当研究室ではこのような量子凝縮現象に興味を持ち、技術的に可能な限り低温まで精密測定する事でその物性を明らかにする研究を行っている。特に、二次元三角格子やカゴメ格子といった幾何学的フラストレーションをもつ磁性体において近年新しく発見された量子スピン液体状態は新しい量子凝縮相となっている可能性があり、その極低温における素励起の解明に力を入れて研究を進めている。

What happens when materials are cooled down close to absolute zero temperature? It sounds a boring question because everything freezes at  $T = 0$ . It is NOT, however, in some materials because quantum fluctuations persist even at absolute zero temperature. It was first discovered by Heike Kamerlingh Onnes at 1911, who was the first to liquify Helium and reach  $\sim 1$  K, that the resistance of mercury suddenly vanished at low temperature. Followed by the discovery of the superconducting transition, many amazing quantum phenomena – superfluid transition of Helium, Bose-Einstein condensations of Alkali Bose gases – were found at low temperatures. We are interested in these quantum condensed states at low temperatures where the thermal fluctuation is negligible. Especially, we are now focusing on studies to characterize the elementary excitations of a new quantum condensed state of spins which may emerge in frustrated magnetic materials, such as antiferromagnets at two-dimensional triangular or kagome lattices, by precise thermo-dynamic measurements at ultra-low temperatures.



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

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



## 研究テーマ Research Subjects

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

# 物質設計評価施設

## Materials Design and Characterization Laboratory (MDCL)

物質設計評価施設では、物質の「設計 (Design)」、具体的な物質の「合成 (Synthesis)」、合成された物質を総合的に調べる「評価 (Characterization)」の3つの研究をサイクル (DSCサイクル) として有機的に連携させることにより、新しい物性・機能を持つ物質の開発を目指している。本施設は物質設計部と物質合成・評価部からなり、物質設計部には電子計算機室が、物質合成・評価部には物質合成室、化学分析室、X線測定室、電子顕微鏡室、電磁気測定室、光学測定室、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 Super-computer 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  
Professor (Director) HIROI, Zenji

教授 川島 直輝  
Professor KAWASHIMA, Naoki

准教授 野口 博司  
Associate Professor NOGUCHI, Hiroshi

准教授\* 杉野 修  
Associate Professor SUGINO, Osamu

助教 芝 隼人  
Research Associate SHIBA, Hayato

助教 渡辺 宙志  
Research Associate WATANABE, Hiroshi

助教 笠松 秀輔  
Research Associate KASAMATSU, Shusuke

助教 森田 悟史  
Research Associate MORITA, Satoshi

助教 矢島 健  
Research Associate YAJIMA, Takeshi

助教 平井 大悟郎  
Research Associate HIRAI, Daigorou

技術専門職員 小池 正義  
Technical Associate KOIKE, Masayoshi

技術専門職員 山内 徹  
Technical Associate YAMAUCHI, Toru

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

技術専門職員 後藤 弘匡  
Technical Associate GOTO, Hirotsada

技術職員 浜根 大輔  
Technical Associate HAMANE, Daisuke

技術職員 石井 梨恵子  
Technical Associate ISHII, Rieko

特任専門職員 北澤 恒男  
Technical Associate KITAZAWA, Tsuneko

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

特任研究員 那波 和宏  
Project Researcher NAWA, Kazuhiro

特任研究員 本山 裕一  
Project Researcher MOTOYAMA, Yuichi

特任研究員 吉見 一慶  
Project Researcher YOSHIMI, Kazuyoshi

特任研究員 河村 光晶  
Project Researcher KAWAMURA, Mitsuaki

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



# 廣井研究室

Hiroi Group



廣井 善二

HIROI, Zenji

教授

Professor



平井 大悟郎

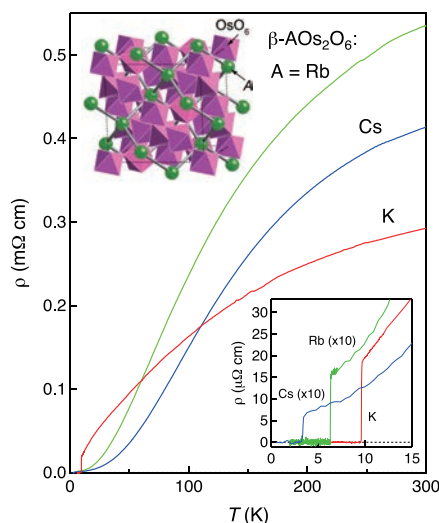
HIRAI, Daigorou

助教

Research Associate

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

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

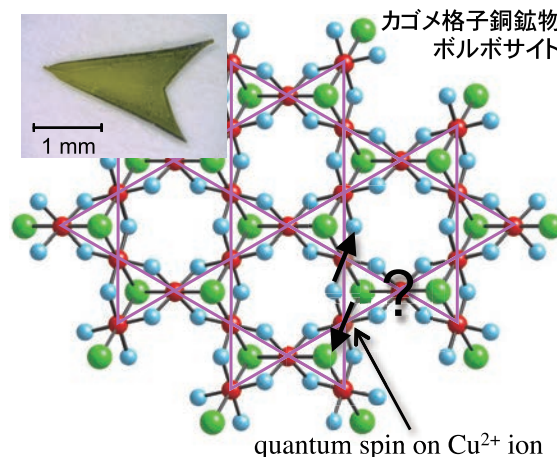


当研究室で発見されたβパイロクロア酸化物超伝導体  $\text{AOs}_2\text{O}_6$  の電気抵抗。超伝導転移温度は、3.3K (A = Cs)、6.3K (Rb)、9.6K (K) である。

Superconducting transitions observed in resistivity for the  $\beta$ -pyrochlore oxide superconductors  $\text{AOs}_2\text{O}_6$  found in the Hiroi laboratory. The  $T_c$ s are 3.3, 6.3 and 9.6 K for A = Cs, Rb and K, respectively.

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

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



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

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

## 研究テーマ Research Subjects

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

## 川島研究室

Kawashima Group



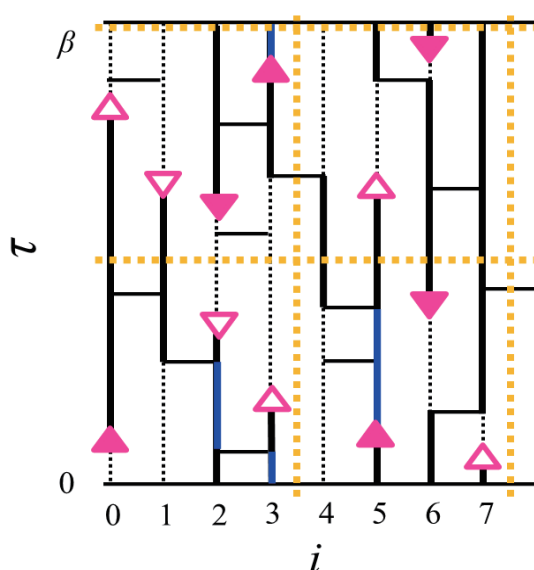
川島 直輝  
KAWASHIMA, Naoki  
教授  
Professor



森田 悟史  
MORITA, Satoshi  
助教  
Research Associate

本研究室では物性研究所スパコンや神戸の京コンピュータなどの大規模並列計算機を利用して、物性論で登場する基本的な問題の解明を行っている。また、そのためのアルゴリズムの研究も行っている。最近数年の研究から例をあげると、量子臨界現象に関しては、新しいカテゴリーの転移現象である脱閉じ込め転移を、 $SU(N)$  ハイゼンベルクモデルにおけるネール状態からVBS状態への相転移として観測する試みや、光格子にトラップされた極低温原子系やグラフィット表面のヘリウム系における超固体相の存在／不在の研究などがある。また、古典系に関しては、 $Z_2$  渦の乖離メカニズムによる相転移の有無の数値的検証、危険なイレレバント演算子が系の対称性を低下させる場合にみられる異常な臨界現象などがある。さらに、最近ではテンソルネットワークなどの新しい方法論の開拓や、計算複雑性と物理的特性との間の関係についての研究なども行っている。

Our group investigates fundamental problems in condensed matter physics through massively parallel computation using ISSP supercomputers and “K-computer” at Kobe. For this purpose, we also develop new algorithms. As for quantum critical phenomena, for example, we are trying to find a “deconfined” critical phenomena, a new category of quantum phase transition, as a transition between Neel state and VBS state in the  $SU(N)$  Heisenberg model. Another target in this area of research is the existence/absence of super-solid phase in optical lattices and in  $^4\text{He}$  systems adsorbed on graphite surfaces. As for classical systems, we investigate the phase transition due to the  $Z_2$  vortex dissociation, an unconventional critical phenomena caused by the symmetry-breaking dangerously-irrelevant field, etc. Furthermore, we recently work on developments of new computational methods such as tensor networks, as well as the possible relationship between the computational complexity and the thermodynamic properties.



多数の不連続点を持つワームアルゴリズム。これによってワームアルゴリズムの並列計算が可能になった。

Worm algorithm with multiple worms, which makes the worm algorithm parallelizable.

## 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



## 野口研究室

Noguchi Group



野口 博司  
NOGUCHI, Hiroshi  
准教授  
Associate Professor



芝 隼人  
SHIBA, Hayato  
助教  
Research Associate

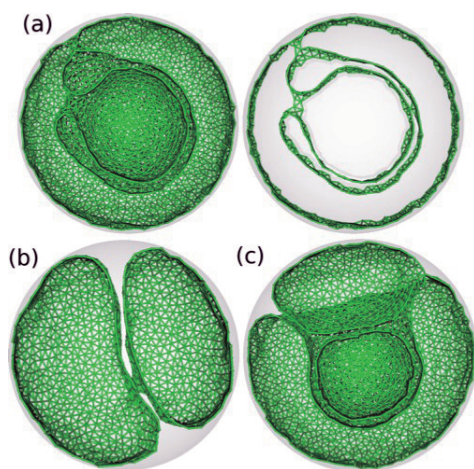
ソフトマター、生物物理を計算機を駆使して研究している。特に、生体膜や細胞のダイナミクスの解明に力を入れている。そのためのシミュレーション手法の開発、改良も行っている。

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

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

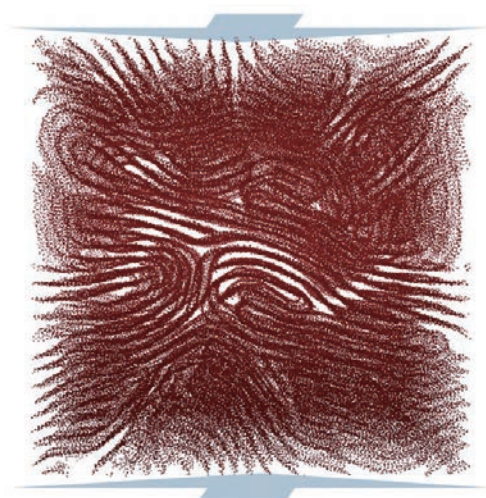
We study soft-matter physics and biophysics theoretically and numerically. Our main target is the physics of biomembrane and cells under various conditions. We develop membrane models and hydrodynamics simulation methods.

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



球状ベシクルに内包されたベシクル。空間拘束によって様々な形態が形成される。

Snapshot of a lipid vesicle confined in a spherical vesicle.



せん断流下での界面活性剤膜のロール状構造の形成。

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

## 研究テーマ Research Subjects

1. 細胞、脂質ベシクルの形態形成  
Shape transformation of cells and lipid vesicles
2. 生体膜の融合、分裂  
Fusion and fission of biomembranes
3. 非平衡下での界面活性剤膜のダイナミクス  
Dynamics of membranes out of equilibrium
4. ガラスにおける遅い緩和現象  
Slow dynamics in glass

# 物質設計評価施設

物質設計部 (Materials Design Division)

## 電子計算機室 Supercomputer Center

担当所員 野口 博司 Chairperson : NOGUCHI, Hiroshi  
担当所員 川島 直輝 Contact Person : KAWASHIMA, Naoki  
担当所員 杉野 修 Contact Person : SUGINO, Osamu  
助 教 渡辺 宙志 Research Associate : WATANABE, Hiroshi  
助 教 笠松 秀輔 Research Associate : KASAMATSU, Shusuke

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



渡辺 助教



笠松 助教

### 1. 全国共同利用スーパーコンピュータ

電子計算機室では計算物性物理学専用のスーパーコンピュータシステムを、スーパーコンピュータ共同利用委員会の審議に基づき全国の物性研究者の共同利用に供している。スパコンシステムは2015年7月に更新された大規模並列計算機 (SGI ICE XA/UV ハイブリッドシステム、3820CPU (Intel Xeon) + 576GPU (Nvidia Tesla K40)) に、2013年4月に導入された大規模並列計算機 (FUJITSU PRIMEHPC FX 10, 384CPU) を加えた複合システムである。システムのベンダーとの密な連絡によって高度なシステム性能を維持するとともに、全国ユーザからの相談にきめ細かく応じながら、システムの管理運用を行っている。スーパーコンピュータの利用申請については、ホームページ (<http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/supercom/>) を参照されたい。また、2015年度からソフトウェア開発・高度化支援プログラムを開始した。

### 2. 所内ネットワーク関連

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

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

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



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

### 1. Joint-Use Supercomputer System

The Supercomputer Center (SCC) operates a supercomputer system available to all researchers of condensed matter physics in Japan. One can submit a proposal for a User Program to the Supercomputer Steering Committee, and once granted he/she can use the facility with no charge. The supercomputer system consists of two systems: SGI ICE XA/UV hybrid system (3820CPU (Intel Xeon) + 576GPU (Nvidia Tesla K40)) and FUJITSU PRIMEHPC FX 10 (384CPU). The former system and the latter system were renewed in July 2015 and April 2013, respectively. In addition to maintaining high performance of the system in cooperation with the vendors (SGI and Fujitsu), the SCC also responds to questions and inquiries from users on daily basis.

### 2. In-House Networks and related missions

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

### 3. MEXT, HPCI Project

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



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



## 物質合成・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  
 技術職員 石井 梨恵子 Technical Associate : ISHII, Rieko  
 特任専門職員 北澤 恒男 Technical Associate : KITAZAWA, Tsuneo

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

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

#### 主要設備

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

#### Main Facilities

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



単結晶引上炉  
Czochralski pulling apparatus with an induction heating system

### 化学分析室 Chemical Analysis Section

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

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 助教

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

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

### 主要設備

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

### Main Facilities

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



極低温用イメージングプレート型X線回折計

Imaging plate type X-ray diffractometer for low temperature application

## 電子顕微鏡室 Electron Microscope Section

担当所員 廣井 善二 Contact Person : HIROI, Zenji  
技術職員 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 家 泰弘 Contact Person : IYE, Yasuhiro  
 担当所員 瀧川 仁 Contact Person : TAKIGAWA, Masashi  
 担当所員 廣井 善二 Contact Person : HIROI, Zenji  
 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, magnetization, a.c. susceptibility, magnetic torque, and NMR.

#### 主要設備

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

#### Main Facilities

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



磁気特性測定装置  
SQUID magnetometer (MPMS)

### 光学測定室 Spectroscopy Section

担当所員 末元 徹 Contact Person : SUEMOTO, Tohru  
 担当所員 秋山 英文 Contact Person : AKIYAMA, Hidefumi

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, Hirotada

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.



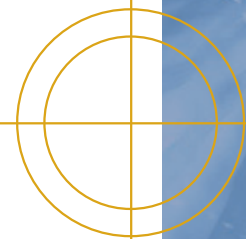
若槻型 700ton キュービックプレス。4GPa までの高温高圧合成実験用。

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



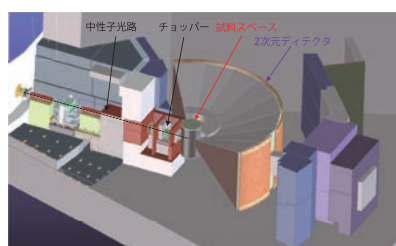
中性子は透過力に優れ、微小磁石の性質を持つので、原子の中心にある原子核やその周りにある電子のつくる磁場と力を及ぼし合う。この性質を利用して物質による中性子の散乱のされ方を測定し、物質内の原子や磁気モーメントの配列や運動の様子を知る実験方法を「中性子散乱」という。物性研究所の中性子科学研究施設では主に日本原子力研究開発機構の研究用原子炉 JRR-3 に設置された分光器を用いて、中性子散乱実験による物性研究のための全国共同利用を推進してきた。さらに、2009 年に本格稼働した大強度陽子加速器施設 J-PARC においては、最新のチョッパー型分光器 HRC を用いた共同利用の推進を行っている。当施設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 Fermions systems, low dimensional magnetism, high-pressure physics, etc.), fundamental physics and neutron beam optics, structure and phase transitions of polymers, gels, and colloidal systems, physical chemistry of complex condensed matter, structure and functions of biological systems, and material sciences. The NSL also operates the U.S.-Japan cooperative program on neutron scattering, and supports the development of the neutron-beam-based material sciences in Japan.

教授(施設長)	柴山 充弘	助教	古府 麻衣子	特任研究員	秋葉 宙
Professor (Director)	SHIBAYAMA, Mitsuhiro	Research Associate	KOFU, Maiko	Project Researcher	AKIBA, Hiroshi
教授	吉澤 英樹	助教	左右田 稔	特任研究員	中尾 俊夫
Professor	YOSHIZAWA, Hideki	Research Associate	SODA, Minoru	Project Researcher	NAKAO, Toshio
教授	山室 修	助教	リ シャン	特任研究員	池田 陽一
Professor	YAMAMURO, Osamu	Research Associate	LI, Xiang	Project Researcher	IKEDA, Yohichi
准教授	益田 隆嗣	技術専門職員	浅見 俊夫	特任研究員	浅井 晋一郎
Associate Professor	MASUDA, Takatsugu	Technical Associate	ASAMI, Toshio	Project Researcher	ASAI, Shinichiro
准教授(客員)	山田 鉄平	技術専門職員	杉浦 良介	特任研究員	守島 健
Visiting Associate Professor	YAMADA, Teppei	Technical Associate	SUGIURA, Ryosuke	Project Researcher	MORISHIMA, Ken
教授(外国人客員)	チャン リージェン	技術職員	川名 大地	特任研究員	萩原 雅人
Visiting Professor	CHANG, Lieh-Jeng	Technical Associate	KAWANA, Daichi	Project Researcher	HAGIHARA, Masato
教授(外国人客員)	ロットー マーティン	専門員	木船 聡		
Visiting Professor	ROTTER, Martin	Administrative Secretary	KIFUNE, Satoshi		

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.

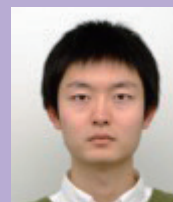


# 柴山研究室

Shibayama Group



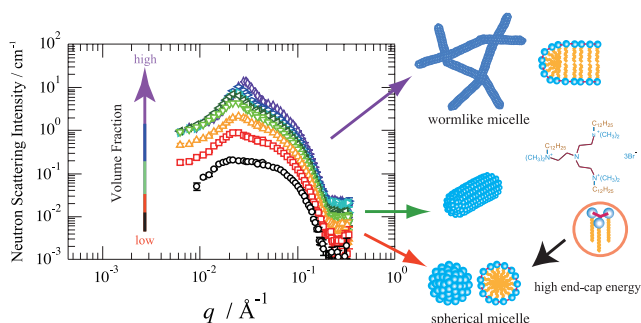
柴山 充弘  
SHIBAYAMA, Mitsuhiko  
教授  
Professor



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一分子結合相関系の学問的体系化を目指している。最近では、ゲルの相分離・相転移、不均一性の研究などのほか、驚異的な力学物性をもつさまざまな高強力ゲルの開発と構造解析・物性研究、流動場におけるミセルの物性と構造相関、イオンゲルの開発と構造解析・物性評価などを行っている。

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

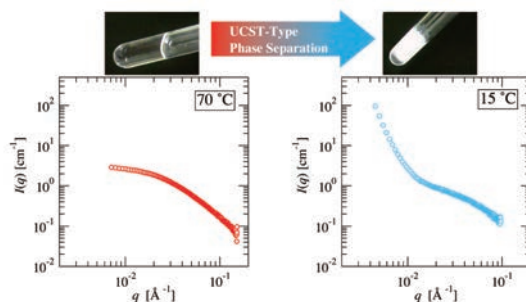


星形三叉型界面活性剤分子のミセル形成・成長過程の小角中性子散乱観察。界面活性剤の量の増大に伴い、球状から紐状ミセルへ転移し、さらに紐が絡み合った構造へと転移する。

Variation of SANS profiles for star-type trimeric surfactant in aqueous solution with varying volume fractions. With increasing surfactant concentration, micelles are transformed from spherical to wormlike micelles, followed by entangled rodlike micelles.

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

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



ポリ-N-イソプロピルアクリルアミド/イオン液体溶液の小角中性子散乱プロファイルの温度依存性。温度の低下により系は相分離 (UCST 型相挙動) し、水を溶媒とする系 (LCST 型相挙動) と逆の挙動を示す。

Temperature dependence of SANS profiles of pNIPAm/ionic liquid solutions. By lowering temperature, the system undergoes phase separation (UCST type behavior), which is opposite to pNIPAm/water systems (LCST).

## 研究テーマ Research Subjects

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



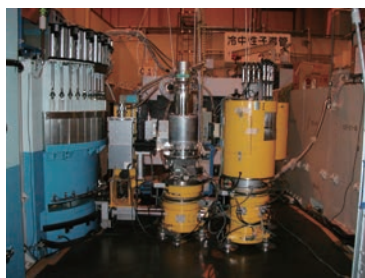
## 吉澤研究室

Yoshizawa Group



吉澤 英樹  
YOSHIZAWA, Hideki  
教授  
Professor

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



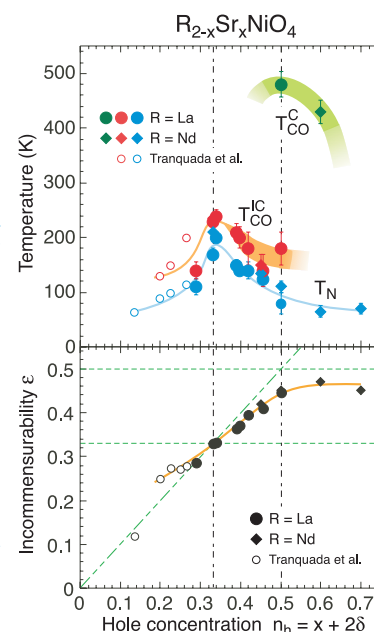
日本原子力研究開発機構 (JAEA) の研究炉 JRR-3 に設置された物性研究所の 3 軸型中性子分光器。

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

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

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

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



## 研究テーマ Research Subjects

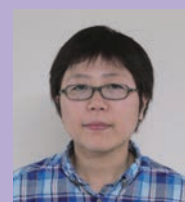
1. 遷移金属酸化物が示す金属・絶縁体転移や、その際に出現する磁気秩序・電荷秩序・軌道秩序などの中性子散乱による研究  
Neutron scattering study of metal-insulator transition, magnetic ordering, charge/orbital orderings in transition-metal oxides
2. 中心対称性の欠損した超伝導体における磁気秩序とスピンドYNAMIXの研究  
Neutron scattering study of spin structure and dynamics in noncentrosymmetric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

# 山室研究室

Yamamuro Group

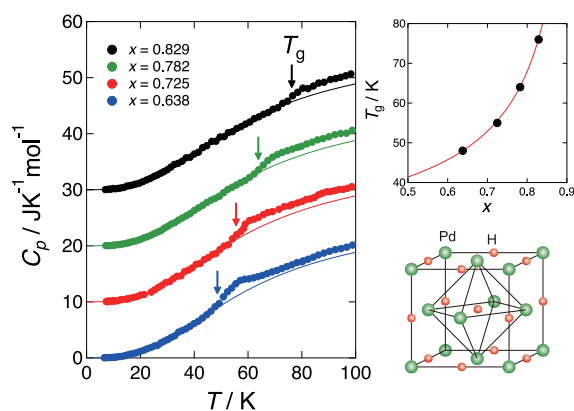


山室 修  
YAMAMURO, Osamu  
教授  
Professor



古府 麻衣子  
KOFU, Maiko  
助教  
Research Associate

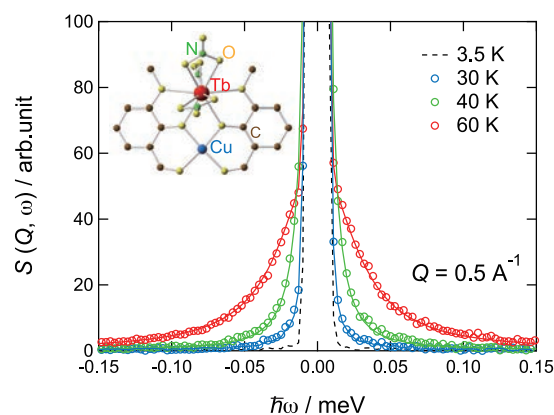
本研究室では複雑凝縮系の化学物理を研究している。現在の主な対象は、ガラス・過冷却液体、水およびその関連物質、イオン液体、水素吸蔵固体、単分子磁石である。ガラス転移は液体が構造変化を起こさずに固化する不思議な現象であり、物性物理学の長年の大問題の一つである。水は最も身近な物質の一つであるが、水素結合が織りなす種々の特異物性を示す。イオン液体では、静電力とファンデルワールス力の競合から、様々な新しい物性が現れる。固体中の水素は、ポテンシャル面によって古典拡散と量子（トンネル）拡散を起こす。単分子磁石は高密度磁気記録媒体などの応用面だけでなく、磁化反転の量子効果など基礎物性面でも興味深い。これらの物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



パラジウム水素化物の熱容量。水素運動の凍結によるガラス転移が現れた。右上図はガラス転移温度の組成依存性、右下図は結晶構造の模式図。

Heat capacities of palladium hydrides. Glass transitions due to the freezing of hydrogen motions appeared. Upper-right and lower-right figures represent the composition dependence of  $T_g$  and the crystal structure, respectively.

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



希土類単分子磁石の磁化反転による中性子準弾性散乱スペクトル。ローレンツ関数でフィットすることにより緩和時間が得られる。挿入図は分子構造を示す。

Quasielastic neutron scattering spectra due to the magnetic reversal of a rare-earth based molecule magnet. The relaxation times are obtained by fitting the data to Lorentz functions. The inset shows the molecular structure.

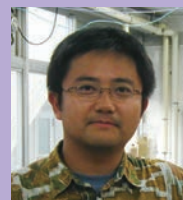
## 研究テーマ Research Subjects

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



# 益田研究室

Masuda Group



益田 隆嗣  
MASUDA, Takatsugu  
准教授  
Associate Professor



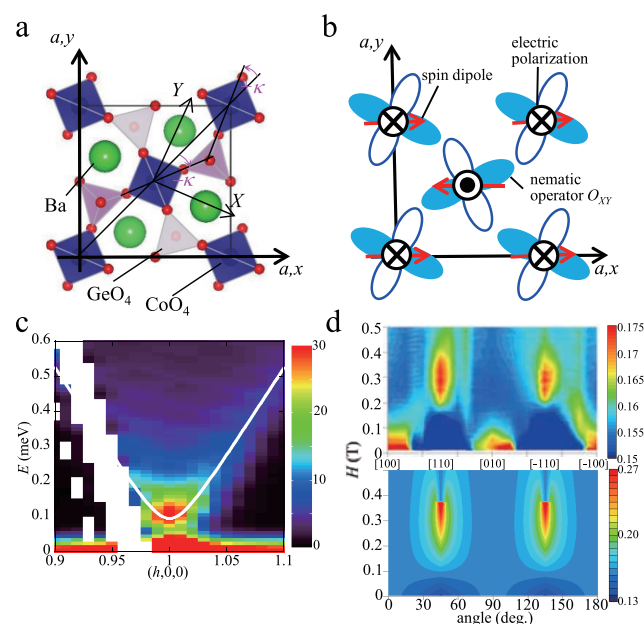
左右田 稔  
SODA, Minoru  
助教  
Research Associate

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標の一つとしている。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、スキルミオン格子等、新しい磁気状態を意識した研究を行っている。もう一つの興味の対象は、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である。とりわけマクロな熱力学量が非共役な外場によりコントロールされる系において、ミクロにはどのような状態が実現しているかを明らかにすることを、目標としている。図は、マルチフェロイクス物質において、反強的ネマティック相互作用が存在していることを、中性子実験と磁化測定から明らかにした例である。

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, skyrmion lattice, etc. Another goal is to observe a new magnetoelectric effect in multiferroic compounds and/or relaxor magnets. Particularly we focus on the microscopic mechanism in the system where the macroscopic thermodynamic quantities are controlled by non-conjugate field. Figure is an example of our study identifying the existence of antiferromagnetic interaction in a multiferroic compound by combination of neutron scattering technique and magnetization measurement.

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

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



## 研究テーマ Research Subjects

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

## 山田研究室

Yamada Group



山田 鉄兵  
YAMADA, Teppei  
客員准教授  
Visiting Associate Professor

新規のイオン性柔粘性結晶を合成し、構造やパッキングの対称性に由来する、特異なイオン伝導特性の探索を行っている。

イオン伝導現象は、リチウムイオン電池や燃料電池、キャパシタなどのエネルギーデバイスにおいて重要な役割を担っている。我々はイオン伝導性柔粘性結晶に「構造」を導入することで、全く新しいイオン伝導挙動を発現することを目指している。

イオン性柔粘性結晶は固体と液体の中間相であり、周期的に配列したイオンが回転運動やホッピングによる拡散運動をすることから、新しいイオン伝導体として注目が集まっている。本研究室ではキラリティを有するカチオンもしくはアニオンを用いたイオン対を合成し、新規の柔粘性結晶相を見出している。このキラル柔粘性結晶のイオンの非対称伝導現象を探索するとともに、構造とイオン伝導性との相間を解明し、全く新しいエネルギーデバイスの構築を物質科学の側面から探求している。中性子回折法からは構造の、準弾性散乱法からはイオン運動の情報が得られる。

My research subject is the synthesis and structure of novel ionic plastic crystals, and the quest for peculiar ionic conductivity derived from the symmetry and packing of the ionic species.

Ionic conductivity becomes more and more important recently because they are used as electrolytes in emerging energy devices such as lithium ion battery, fuel cells and capacitors. I intend to introduce “structure” to the ion conductive plastic crystals for the sake of achieving a novel style of ionic conductivity.

Ionic plastic crystal is an intermediate phase between crystalline solid and liquid. It has periodically arranged ionic species, which shows rotational motion at the sites and jump-diffusion hopping between these sites. We have prepared ion pairs consisting of chiral cation or anion, and found novel plastic crystalline phases. We also intend to achieve asymmetric ionic conductivity of these chiral plastic crystals, and also investigate the relationship between the crystal structure of the ionic plastic crystals and the ionic conductivity of it by neutron diffraction study. Neutron diffraction and quasielastic scattering techniques present the information for the structure and ionic motions, respectively.

## チャン研究室

Chang Group



チャン リージェン  
CHANG, Lieh-Jeng  
外国人客員教授  
Visiting Professor

固体物理におけるナノスケール量子現象の解明は、近年の物性物理学の目標の一つである。先端ナノ量子物性研究所では、ナノサイズの超伝導体と量子磁性体の創発物性の研究を、研究室レベルの実験手法（磁化・比熱・抵抗測定、EPR, NMR 測定など）と大型施設の実験手法（中性子散乱、シンクロトロン X 線回折、 $\mu$ SR）を組み合わせで推進している。最近注目しているテーマは、ナノサイズ超伝導体の磁束格子のダイナミクス、スピン・アイスのモノポール、幾何学的フラストレート磁性体の新しい状態、スピン・軌道相互作用の強い系、などである。

To understand the nano-scale and the quantum phenomena in condensed matters is one of the main trends of modern physics developments. At Advanced Nano and Quantum Matters (ANQM) Laboratory, we principally investigate into the superconductivities of nano-size superconductors, and the emergent phenomena of quantum matters by using in-house low-temperature measurements, such as magnetization, heat capacity, resistivity, EPR, NMR etc.; and various neutron scattering techniques, synchrotron x-ray scatterings, and  $\mu$ SR by mean of world-wide collaborations. Our recent researches focus on the flux-line dynamics of nano-size superconductors, emergent monopoles in spin ice, ground states and excited states of geometrically frustrated magnets, and the interplay between spin-orbital coupling and electron correlation.



# ロッター研究室

Rotter Group



ロッター マーチン  
ROTTER, Martin  
外国人客員教授  
Visiting Professor

近年の最先端の中性子散乱分光器では、検出器数が大幅に増加されるようになったため、検出性能が飛躍的に向上している。また、新規物性を示す酸化物やフラストレートした磁性体、スピン分裂電子系などのエキゾチックな物性を示す物質群の中性子散乱断面積をモデル化できる最先端の効率的なソフトウェアが開発されてきており、そのようなソフトウェアパッケージと中性子散乱測定法を組合せることにより、中性子散乱は新次元を開く測定手法へと進化しつつある。一方、加速器ベースの中性子源では eV 領域の高エネルギー中性子が利用可能になったため、J-PARC に物性研が KEK と共同で建設した HRC 分光器のように高エネルギーチョッパー分光器が建設され研究に用いられるようになってきている。このような高エネルギー領域では、中性子散乱断面積を計算する過程で用いられる双極子近似が成り立たなくなる事がしばしば生じ、より高度なモデル計算が必要である。我々は、スピン励起や軌道励起を持つ複雑系の中性子散乱断面積を計算するために“McPhase”ソフトウェアパッケージを用い、その機能を拡張する研究を行っている。

Neutron scattering at spallation and reactor sources has made considerable progress by making use of increased detector capacity. The technique becomes a groundbreaking experimental tool by combining it with efficient modern software for modelling the neutron scattering cross section of exciting new materials such as unconventional oxides, frustrated magnetic materials and spin-split electron systems. Spallation neutron sources provide higher-energy (eV region) neutrons quite effectively and allow to build high-energy chopper spectrometers, such as HRC co-constructed by ISSP and KEK at J-PARC. At this energy the frequently used dipole approximation fails and a more complex model calculation is necessary. We utilise and extend the capabilities of the McPhase software suite to calculate the neutron cross sections of complex materials with spin and orbital excitations.

# 国際超強磁場科学研究所

## International MegaGauss Science Laboratory

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

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

教授 嶽山 正二郎  
Professor TAKEYAMA, Shojiro

教授（施設長）金道 浩一  
Professor (Director) KINDO, Koichi

准教授 徳永 将史  
Associate Professor TOKUNAGA, Masashi

准教授 松田 康弘  
Associate Professor MATSUDA, Yasuhiro

准教授\* 長田 俊人  
Associate Professor OSADA, Toshihito

准教授（客員）石渡 晋太郎  
Visiting Associate Professor ISHIWATA, Shintaro

助教 近藤 晃弘  
Research Associate KONDO, Akihiro

助教 中村 大輔  
Research Associate NAKAMURA, Daisuke

助教 三宅 厚志  
Research Associate MIHYAKE, Atsushi

助教 池田 暁彦  
Research Associate IKEDA, Akihiko

特任助教 小濱 芳允  
Project Research Associate KOHAMA, Yoshimitsu

技術専門員 川口 孝志  
Technical Associate KAWAGUCHI, Koushi

技術専門職員 澤部 博信  
Technical Associate SAWABE, Hironobu

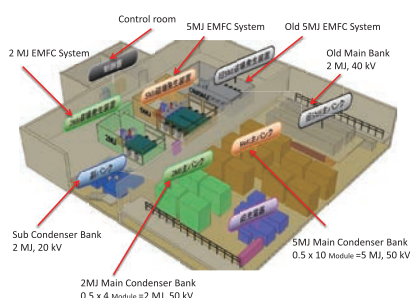
技術専門職員 松尾 晶  
Technical Associate MATSUO, Akira

技術補佐員 大矢 孝一  
Technical Staff OYA, Kouichi

特任研究員 坂井 義和  
Project Researcher SAKAI, Yoshikazu

特任研究員 佐藤 由昌  
Project Researcher SATO, Yoshiaki

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



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、5 MJ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、2 MJ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、20 kV、2 MJ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.



# 嶽山研究室

Takeyama Group



嶽山 正二郎  
TAKEYAMA, Shojiro  
教授  
Professor



中村 大輔  
NAKAMURA, Daisuke  
助教  
Research Associate

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

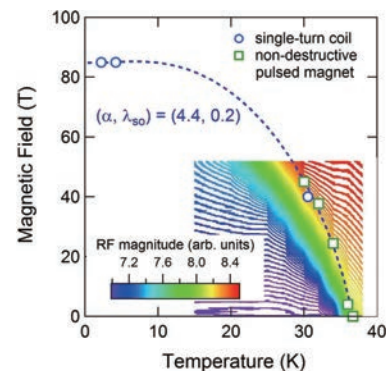
新しく開発された電磁濃縮法の超強磁場発生装置。5MJの高速コンデンサバンクから送り出される大電流(max 8 MA)が集電板を経由して主コイルに流れる。最大充電電圧や残留インピーダンスなどの装置の性能が向上したことで、1000Tの室内実験世界最高磁場発生用途物性計測の確立を目指す。



Newly-developed ultra-high magnetic field generator of the electro-magnetic flux compression method. The 5MJ fast condenser bank is capable of supplying maximum electrical current of amount to 8 mega-ampere, which is injected to a primary coil through the collector plate. By upgrading the performance such as the maximum charging voltage and the residual impedance, ultra-high magnetic fields up to 1000 T are planned to generate.

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

銅酸化物高温超伝導体  $\text{La}_{1.84}\text{Sr}_{0.16}\text{CuO}_4$  の温度-磁場相図。高周波電気伝導度から見積もられた上部臨界磁場の値が示されている(○:一巻きコイル法、□:非破壊パルスマグネット)。カラーマップは高周波プローブ信号の振幅の変化を示す。点線はWerthamer-Helfand-Hohenberg (WHH) 理論による上部臨界磁場曲線のフィッティング結果であり、パウリ効果が上部臨界磁場を決める要因になっている。



The temperature-magnetic field phase diagram of the cuprate superconductor  $\text{La}_{1.84}\text{Sr}_{0.16}\text{CuO}_4$ . The open symbols are the upper critical field evaluated from the high-frequency electrical conductivity measurement (○: single-turn coil, □: non-destructive pulsed magnet). The intensity map shows the evolution of the high-frequency probe signal. The dashed curve is a fitting curve of the upper critical field by the Werthamer-Helfand-Hohenberg (WHH) theory. The upper critical field is determined by the Pauli effect in this material.

## 研究テーマ Research Subjects

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

# 金道研究室

Kindo Group



金道 浩一  
KINDO, Koichi  
教授  
Professor



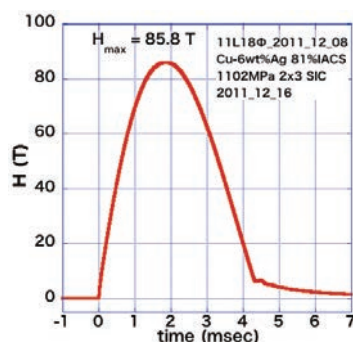
近藤 晃弘  
KONDO, Akihiro  
助教  
Research Associate



小濱 芳允  
KOHAMA, Yoshimitsu  
特任助教  
Project Research Associate

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

①ショートパルスマグネット：パルス幅 5 ミリ秒、最大磁場 75 テスラ  
②ミッドパルスマグネット：パルス幅 30 ミリ秒、最大磁場 65 テスラ  
③ロングパルスマグネット：パルス幅約 1 秒、最大磁場 36 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  $\rho$ -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。



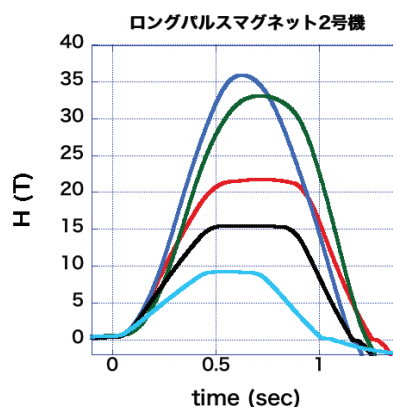
ショートパルスマグネットの磁場波形。非破壊単パルスでの 85T は世界最高記録。このマグネットを 75T の測定用としてユーザーに提供している。

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.

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

1. Short pulse magnet: Pulse duration 5 ms, maximum field 75 T
2. Mid pulse magnet: Pulse duration 30 ms, maximum field 65 T
3. Long pulse magnet: Pulse duration 1 sec, maximum field 36 T

Short pulse magnet is used mainly for magnetization measurements on insulating materials and Mid pulse magnet is used for various measurements on metallic materials. Our magnet has been breaking the world record of non-destructive mono-coil field and we continue to develop a new magnet aiming at the new world record of 100 T. We have installed the flywheel DC generator on May 2008. The generator enables us to generate long pulsed field with the duration of 1 second. The Long pulsed field is used for the heat capacity measurement under high field and the  $\rho$ -T measurement can be done by use of flat-top field. Higher long pulsed field are under development.



ロングパルスマグネットの磁場波形。現在の最大磁場は 36T。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 36 T is used for the heat capacity-measurements under high field.

## 研究テーマ Research Subjects

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



## 徳永研究室

Tokunaga Group



徳永 将史  
TOKUNAGA, Masashi  
准教授  
Associate Professor



三宅 厚志  
MIYAKE, Atsushi  
助教  
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測定手段を駆使して、強磁場下で起こる様々な相転移の研究を行っている。

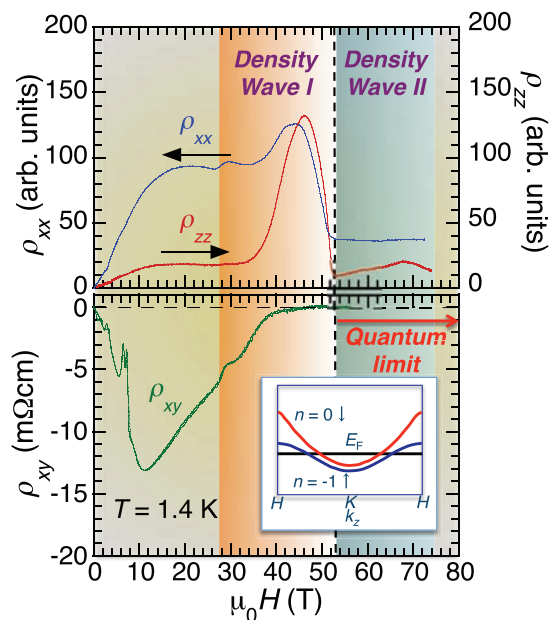
最近我々が注目しているテーマの一つに量子極限状態にある半金属の相転移がある。キャリア数の少ない半金属では、パルスマグネットで発生可能な磁場範囲で、すべてのキャリアが最低ランダウ準位のみを占有する量子極限状態が実現できる。我々は代表的半金属として知られているグラファイトに対して最大 75 T までのパルス強磁場下における磁気抵抗、ホール抵抗および磁化測定を行った。その結果は 53 T 付近で量子極限状態が実現していることを示唆しており、より強磁場では量子極限状態における新たな電子相の出現を示す電気抵抗の非単調な増大が観測されている。この新たな相の解明に向けて現在多方面からの実験を遂行している。

パルス強磁場下で測定した単結晶グラファイトの(上図)面内( $\rho_{xx}$ )および面間( $\rho_{zz}$ )磁気抵抗と(下図)面内のホール効果( $\rho_{xy}$ )。磁場はc軸方向に印加した。下図の挿入図は約 53 T でフェルミ面と交差していると考えられる2本のランダウサブバンドの分散関係。53 T 以上の量子極限状態で観測された  $\rho_{zz}$  の非単調な増大は新たな電子相の出現を示唆している。

(top) in-plane ( $\rho_{xx}$ ) and out-of-plane ( $\rho_{zz}$ ) magnetoresistance and (bottom) in-plane Hall resistance ( $\rho_{xy}$ ) of single crystals of graphite measured in pulsed high magnetic fields applied along the c-axis. The inset in the lower figure schematically shows the expected dispersion relation of the two Landau subbands crossing the Fermi energy. Anomalous increase of the  $\rho_{zz}$  in this quantum limit state suggests the emergence of novel electronic state above 53 T.

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 the electrons. We study various kinds of phase transitions in high magnetic fields with using non-destructive pulse magnets and 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 phase transitions of semimetals in the quantum limit state. Owing to the small carrier density, some semimetals can go into the quantum limit state, in which all the carriers occupy only the lowest Landau level, in the field range accessible by pulse magnets. Our magnetic and transport measurements on graphite, which is known as a typical semimetal, suggest the emergence of the quantum limit state above about 53 T. The non-monotonic increase in the resistance at the higher field indicates the emergence of a novel electronic phase above 53 T. We are carrying out various experiments on graphite to make clear the nature of this novel 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. 高温超伝導体の強磁場物性  
High-field studies on high temperature superconductors

# 松田康弘研究室

Y. Matsuda Group

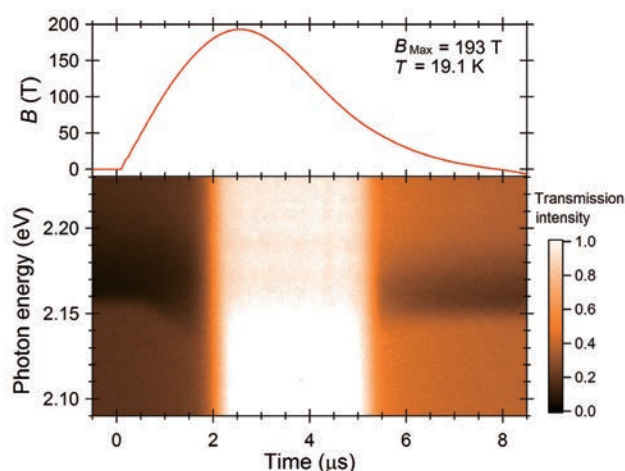


松田 康弘  
MATSUDA, Yasuhiro  
准教授  
Associate Professor



池田 暁彦  
IKEDA, Akihiko  
助教  
Research Associate

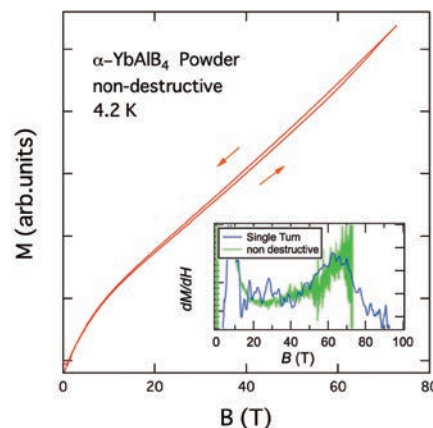
本研究室では嶽山研究室と連携し、磁場誘起相転移やクロスオーバー現象を中心に、100 テスラを超える超強磁場領域での固体の電子・磁気物性の研究を行っている。物性研究所の電磁濃縮法は 700 テスラ級の超強磁場発生が可能であり、その際のゼーマンエネルギーは温度換算で室温を大きく超えるため、多くの物質で顕著な磁場効果が期待できる。具体的には、(1) 固体酸素の磁場誘起新規相の解明、(2) 磁場誘起絶縁体 - 金属転移、(3) 低次元量子スピン系の強磁場磁化過程、(4) 重い電子系の磁場中電子状態、などの研究を行っている。また、SPRING-8 や KEK-PF において非破壊型パルス強磁場を用いた 40 T 程度での X 線吸収分光や X 線磁気円二色性分光の研究も行っており、そこからは微視的な視点から磁場誘起現象の理解が得られると期待できる。



固体酸素  $\alpha$  相から強磁場新規相への磁気光吸収スペクトルの変化。上図は磁場波形。Magnetotransmission spectra image at the field-induced phase transition from the  $\alpha$  phase to novel phase of solid oxygen. The upper panel shows the waveform of the magnetic field.

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

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



価数揺動物質  $\alpha$ -YbAlB<sub>4</sub> の超強磁場磁化過程。挿入図は磁化の磁場微分の磁場依存性

Ultrahigh magnetic field magnetization process in a valence fluctuating compound  $\alpha$ -YbAlB<sub>4</sub>. The field derivative of the magnetization is plotted as a function of magnetic field in the inset.

## 研究テーマ Research Subjects

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



# 石渡研究室

Ishiwata Group



石渡 晋太郎  
ISHIWATA, Shintaro  
客員准教授  
Visiting Associate Professor

無数の電子が織りなす不可思議な量子現象の発見とその理解を目指し、我々は固体化学を出発点とした物性研究を行っている。これまで、巨大電気磁気効果、異常磁気輸送現象、高温超伝導、巨大熱電効果など、従来の固体電子論による記述が困難な現象を示す無機化合物の開拓を進めてきた。

一般に、望みの物性を示すバルク物質を設計開発することは困難である。従って合成のターゲットは通常、望みの物性を示す既知の系の周辺物質から始まり、それらと同様な特異なスピン構造・バンド構造をもつ系へと広げられるが、常圧の固相反応法による物質開発は、ほどなく頭打ちになってしまう。我々はその先に進むべく、超高压合成やソフトケミストリーなどの特殊な合成手法を積極的に活用している。また、新奇な量子現象の戦略的な発掘を目指した、超高压・強磁場などの極限環境下における物性測定にも力を入れている。徳永准教授とは、強磁場下における新奇な磁気輸送現象の探索を進めている。

We are studying condensed matter physics to discover and understand mysterious quantum phenomena of countless electrons as solid state chemists. So far, we have mainly synthesized and studied inorganic compounds showing unusual phenomena such as giant magnetoelectric effect, anomalous magnetotransport, high-temperature superconductivity, and giant thermoelectric effect, which can not be fully described by the conventional solid state electronics.

Generally, it is rather difficult to design a new bulk material showing interesting physical properties. Thus, the search for such materials is typically starting from the related compounds of the known interesting system, followed by synthesizing isoelectronic compounds. However, such compounds obtained by conventional solid state reactions are limited. To overcome this situation, we adopt special synthetic methods such as a high-pressure technique and a soft chemistry process. Furthermore, we put our efforts on the measurements of physical properties under high pressures and/or high magnetic fields to search for novel quantum phenomena. For the measurements at high magnetic fields, we collaborate with Tokunaga laboratory.

# 計算物質科学研究センター

## Center of Computational Materials Science

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

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

教授*	高田 康民	助 教*	野口 良史	特任研究員	河野 貴久
Professor	TAKADA, Yasutami	Research Associate	NOGUCHI, Yoshifumi	Project Researcher	KOUNO, Takahisa
教授(副センター長)**	川島 直輝	助 教**	芝 隼人	特任研究員	坂下 達哉
Professor (Deputy Director)	KAWASHIMA, Naoki	Research Associate	SHIIBA, Hayato	Project Researcher	SAKASHITA, Tatsuya
教授(センター長)***	常行 真司	助 教**	渡辺 宙志	特任研究員	趙 滙海
Professor (Director)	TSUNEYUKI, Shinji	Research Associate	WATANABE, Hiroshi	Project Researcher	ZHAO, Hui-Hai
特任教授	赤井 久純	助 教**	笠松 秀輔	特任研究員	吉澤 香奈子
Project Professor	AKAI, Hisazumi	Research Associate	KASAMATSU, Shusuke	Project Researcher	YOSHIZAWA, Kanako
特任教授	尾崎 泰助	助 教**	森田 悟史	特任研究員	五十嵐 亮
Project Professor	OZAKI, Taisuke	Research Associate	MORITA, Satoshi	Project Researcher	IGARASHI, Ryo
准教授*	杉野 修	技術専門職員	山崎 淳	特任研究員	土居 抄太郎
Associate Professor	SUGINO, Osamu	Technical Associate	YAMAZAKI, Jun	Project Researcher	DOI, Shotaro
准教授**	野口 博司	学術支援専門職員	三浦 淳子	特任研究員	エムディー・モジュール ラハマン
Associate Professor	NOGUCHI, Hiroshi	Technical Associate	MIURA, Atsuko	Project Researcher	MD. MOSHIOUR, Rahaman
准教授***	藤堂 眞治	学術支援専門職員	早川 雅代	特任研究員	ファム ティエンラム
Associate Professor	TODO, Syngne	Technical Associate	HAYAKAWA, Masayo	Project Researcher	PHAM, Tien Lam
		特任研究員	古宇田 光	特任研究員	植村 渉
		Project Researcher	KOUTA, Hikaru	Project Researcher	UEMURA, Wataru
		特任研究員	大久保 毅	特任研究員	小西 優祐
		Project Researcher	OKUBO, Tsuyoshi	Project Researcher	KONISHI, Yusuke

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

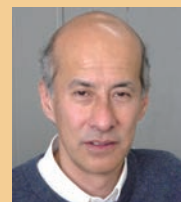
\*\* 物質設計評価施設と併任 / concurrent with Materials Design and Characterization Laboratory

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



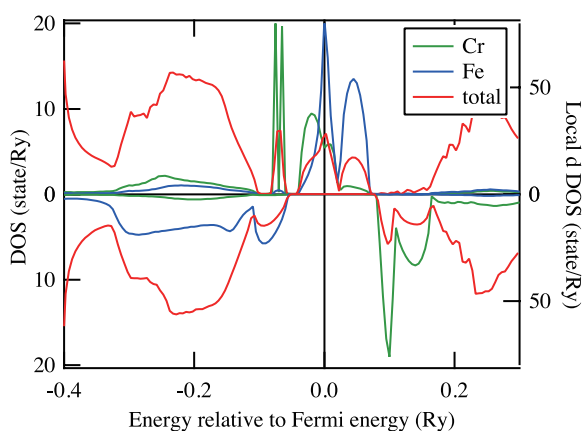
# 赤井研究室

Akai Group



赤井 久純  
AKAI, Hisazumi  
特任教授  
Project Professor

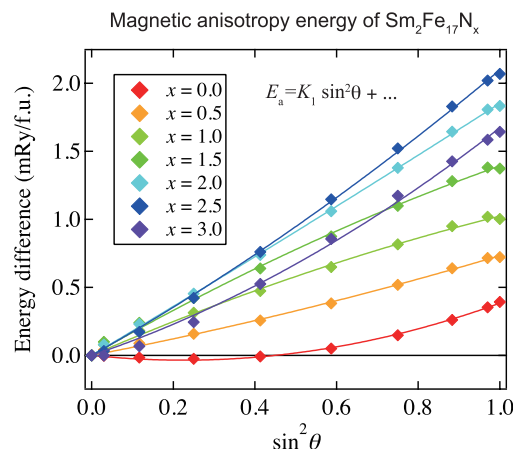
計算機マテリアルデザインは量子デザイン（量子力学に基づいて、与えられた物性や機能を有する物資・構造を推論すること）によって実行される。このような問題を解く事は一般に困難であるが、量子物質デザインの場合、量子シミュレーションを繰り返し、物性発現の機構を計算機実験によって明らかにすることによって解くことができる。計算機マテリアルデザインによる、金属、半導体、金属間化合物をおよびそれらのナノ構造を用いた高機能材料の理論的開発を研究テーマとしている。特に、高性能永久磁石の創成が重要な課題の一つである。このような量子デザイン、量子シミュレーションにおいては手法の開発も重要な研究課題であり、高精度第一原理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



ZnS に Cr と Fe を固溶させると磁化がゼロであるにもかかわらずハーフメタルになるという特別な磁気状態が実現する。CMD によってデザインされたが、このほかにも CrFeS<sub>2</sub> 等の多くの金属間化合物系で出現が予想されている。

ZnS doped with Cr and Fe is predicted to be a half-metallic antiferromagnet (compensated ferri-magnet) (HM-AF). Also we have predicted that many other intermetallic compounds such as CrFeS<sub>2</sub> might be HM-AF.

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



新しいタイプの永久磁石材料 Sm<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub>N<sub>x</sub> の磁気異方性の N 濃度の依存性。N を増やすとともに磁気異方性が面内から一軸性に変化して永久磁石材料として使えるようになることが知られているが、第一原理計算によってその振る舞いが再現されている。

The magnetic anisotropy energy (MAE) of a new type of magnet Sm<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub>N<sub>x</sub>. The experimental observation that MAE changes its sign from in-plane to uniaxial anisotropy, which is necessary for permanent magnets, is correctly reproduced by our first-principles calculation.

## 研究テーマ Research Subjects

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

## 尾崎研究室

Ozaki Group



尾崎 泰助

OZAKI, Taisuke

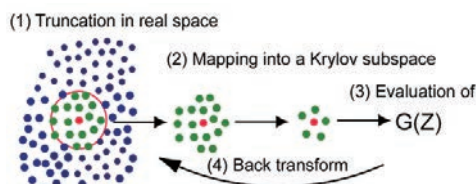
特任教授

Project Professor

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通常、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オーダー  $N$  クリロフ部分空間法を開発した。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、実験との直接的な比較が可能となりつつある。さらに我々は実際の実験に先立って所望の化学的・物理的性質を持つ物質を計算機上で設計する物質デザインを目標に掲げ、研究を進めている。そのための第一歩として機械学習の手法を用いて複雑な結晶構造を予測するための方法論の開発に取り組んでいる。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、国内外の研究者により多岐に亘る物質群の研究に広く用いられている。

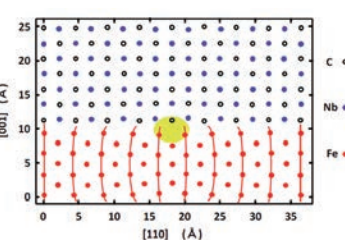
オーダー  $N$  クリロフ部分空間法のアイデア。(1) 原子毎に有限距離内に含まれる原子から構成されるクラスターを構成し、(2) さらにクラスターで定義される部分空間からクリロフ部分空間への射影を行う。(3) クリロフ部分空間内で固有値問題を解き、中心原子に関するグリーン関数を計算した後、元の空間への逆変換を行う。

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 very important role in understanding and designing 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 an  $O(N)$  Krylov subspace method, of which 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 are aiming at realization of materials design from first-principles. As a first step towards the materials design, we have been trying to develop a method to predict complicated crystal structures based on machine learning techniques. 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.

オーダー  $N$  クリロフ部分空間法で得られた BCC 鉄と NbC の部分整合界面の最適化構造。NaCl 構造の NbC(100) 面と BCC 構造の Fe(100) が Baker-Nutting の関係  $[010]_{\text{NbC}} // [011]_{\text{Fe}}$ ,  $[001]_{\text{NbC}} // [011]_{\text{Fe}}$  の結晶方位で部分整合界面を形成する。炭素原子と鉄原子の強い相互作用のために Fe 原子が C 原子に近づき、歪みが内部に及んでいることが分かる。



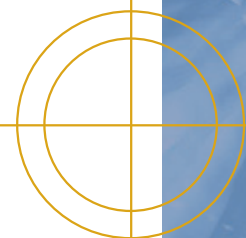
Optimized semi-coherent interface structure between BCC Fe and NbC by the  $O(N)$  method. BCC Fe (100) and NbC(100) in the NaCl structure forms semi-coherent interface structure in the Baker-Nutting relation:  $[010]_{\text{NbC}} // [011]_{\text{Fe}}$ ,  $[001]_{\text{NbC}} // [011]_{\text{Fe}}$ . Iron atoms approaches to carbon atom due to strong interaction between carbon and iron atoms, resulting in that structural strain affects into the inner part of iron.

## 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. 第一原理電気伝導計算手法の開発  
Development of first-principles electronic transport calculations
3. 二次元シリコン構造の第一原理電子状態計算  
First-principles calculations of two-dimensional Si structures
4. 高性能磁石材料の構造・機能の探索  
First-principles exploration of permanent magnet materials
5. OpenMX の開発と公開  
Development of OpenMX

# 極限コヒーレント光科学研究センター

## Laser and Synchrotron Research Center



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

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

教授 Professor	末元 徹 SUEMOTO, Tohru	助教 Research Associate	藤澤 正美 FUJISAWA, Masami	技術専門員 Technical Associate	福島 昭子 FUKUSHIMA, Akiko	特任研究員 Project Researcher	金 昌秀 KIM, Changsu
教授(センター長) Professor (Director)	辛 埴 SHIN, Shik	助教 Research Associate	白澤 徹郎 SHIRASAWA, Tetsuroh	技術専門職員 Technical Associate	金井 輝人 KANAI, Teruto	特任研究員 Project Researcher	樋山 みやび HIYAMA, Miyabi
教授(副センター長)* Professor (Deputy Director)	小森 文夫 KOMORI, Fumio	助教 Research Associate	山本 達 YAMAMOTO, Susumu	技術専門職員 Technical Associate	澁谷 孝 SHIBUYA, Takashi	特任研究員 Project Researcher	ガイゼラ ヨスト ヘニング GEISELER, Jost Henning
准教授 Associate Professor	秋山 英文 AKIYAMA, Hidefumi	助教 Research Associate	石田 行章 ISHIDA, Yukiaki	技術専門職員 Technical Associate	原沢 あゆみ HARASAWA, Ayumi	特任研究員 Project Researcher	玄 洪文 XUAN, Hongwen
准教授 Associate Professor	松田 巖 MATSUDA, Iwao	助教 Research Associate	矢治 光一郎 YAJI, Kohichiro	技術専門職員 Technical Associate	工藤 博文 KUDO, Hirofumi	特任研究員 Project Researcher	趙 智剛 ZHAO, Zhigang
准教授 Associate Professor	小林 洋平 KOBAYASHI, Yohei	助教 Research Associate	石井 順久 ISHII, Nobuhisa	技術専門職員 Technical Associate	橋本 光博 HASHIMOTO, Mitsuhiro	特任研究員 Project Researcher	シルヴァ アリサ SILVA, Alissa
准教授 Associate Professor	板谷 治郎 ITATANI, Jiro	助教 Research Associate	宮脇 淳 MIYAWAKI, Jun	技術専門職員 Technical Associate	伊藤 功 ITO, Isao	特任研究員 Project Researcher	丹羽 秀治 NIWA, Hideharu
准教授 Associate Professor	原田 慈久 HARADA, Yoshihisa	助教 Research Associate	谷 峻太郎 TANI, Shuntaro	特任研究員 Project Researcher	西谷 純一 NISHITANI, Junichi	特任研究員 Project Researcher	田久保 耕 TAKUBO, Kou
准教授 Associate Professor	和達 大樹 WADATI, Hiroki	助教 Research Associate	平田 靖透 HIRATA, Yasuyuki	特任研究員 Project Researcher	谷内 敏之 TANIUCHI, Toshiyuki	特任研究員 Project Researcher	崔 芸涛 CUI, Yitao
准教授 Associate Professor	近藤 猛 KONDO, Takeshi	助教 Research Associate	挟間 優治 HAZAMA, Yuji	特任研究員 Project Researcher	マラエブ ワリド MALAEB, Walid	特任研究員 Project Researcher	冯 宝杰 FENG, Baojie
特任准教授 Project Associate Professor	岡崎 浩三 OKAZAKI, Kozo	助教 Research Associate	黒田 健太 KURODA, Kenta	特任研究員 Project Researcher	バレイユ セドリック BAREILLE, Cedric	特任研究員 Project Researcher	朱 琳 ZHU, Lin
教授(客員) Visiting Professor	田中 耕一郎 TANAKA, Koichiro	特任助教 Project Research Associate	渡邊 浩 WATANABE, Hiroshi	特任研究員 Project Researcher	大田 由一 OTA, Yuuichi	特任研究員 Project Researcher	山本 貴士 YAMAMOTO, Takashi
教授(客員) Visiting Professor	田中 良和 TANAKA, Yoshikazu			特任研究員 Project Researcher	吉田 正裕 YOSHITA, Masahiro		

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



# 末元研究室

Suemoto Group



末元 徹  
SUEMOTO, Tohru  
教授  
Professor



渡邊 浩  
WATANABE, Hiroshi  
特任助教  
Project Research Associate

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

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

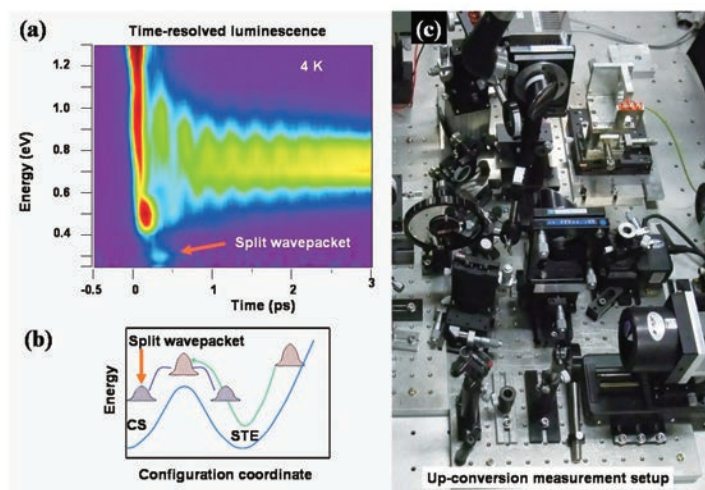
Optical methods based on pulsed lasers are indispensable for investigation of ultrafast phenomena in solids.

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

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

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

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



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

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

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

## 研究テーマ Research Subjects

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

# 辛研究室

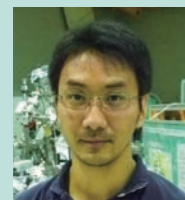
Shin Group



辛 埴  
SHIN, Shik  
教授  
Professor



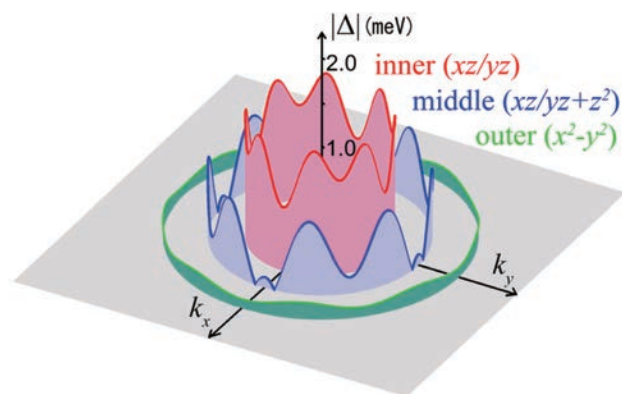
白澤 徹郎  
SHIRASAWA, Tetsuroh  
助教  
Research Associate



石田 行章  
ISHIDA, Yukiaki  
助教  
Research Associate

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

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

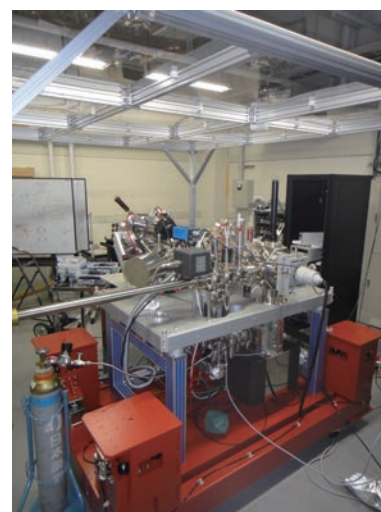


超高分解能レーザー光電子分光法により解明された鉄系超伝導体  $\text{KFe}_2\text{As}_2$  の異方的な超伝導ギャップ構造。超伝導転移温度は 3.4 K である。(Okazaki et al., Science (2012))

Anisotropic superconducting gap structure of the iron-pnictide superconductor  $\text{KFe}_2\text{As}_2$  revealed by ultra-high-resolution laser photoemission spectroscopy. The critical temperature is 3.4 K.

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

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



2. 6 ナノメートルの超高空間分解能を持つレーザー光電子顕微鏡 (レーザー PEEM)

Laser Photoelectron microscopy (Laser PEEM) that has an ultrahigh spatial resolution of 2.6nm.

## 研究テーマ Research Subjects

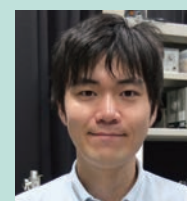
1. 軟 X 線レーザー極超高分解能光電子分光による超伝導体、低次元物質、新物質等の電子状態の研究  
Ultra-high resolution laser-photoemission study on the superconductors and the low dimensional materials
2. 軟 X 線レーザー時間分解光電子分光による光誘起現象の研究  
Time-resolved laser-photoemission study on the photo-induced phenomena
3. 軟 X 線レーザー光電子顕微鏡によるナノ構造の電子状態の研究  
Laser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

# 秋山研究室

Akiyama Group



秋山 英文  
AKIYAMA, Hidefumi  
准教授  
Associate Professor



挟間 優治  
HAZAMA, Yuji  
助教  
Research Associate

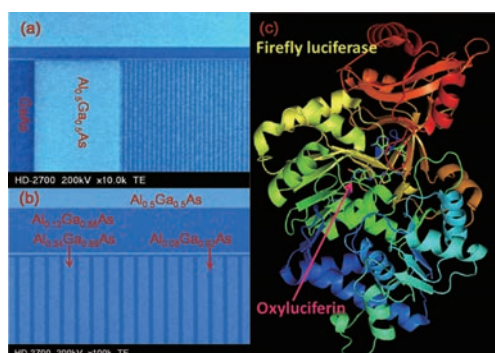
半導体量子ナノ構造の光物性や、ヘテロ構造・ナノ構造に基づく半導体レーザーや太陽電池のデバイス物理、ホタル生物発光の生物物理などを、レーザー分光・顕微分光・光学計測技術を用いて研究している。

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・理論の専門家が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 a100 T-shaped quantum-wire laser (a,b) and firefly luciferase protein (c) .



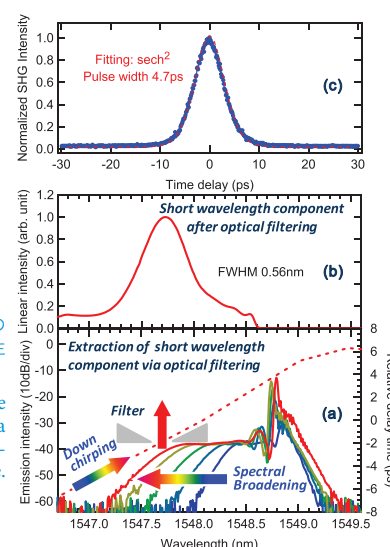
Advanced laser spectroscopy on the basis of lasers and microscopy is developed and applied to semiconductor quantum wires and other nano-structures, in order to understand and control their optical properties quantum mechanically.

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



# 松田巖研究室

I. Matsuda Group



松田 巖  
MATSUDA, Iwao  
准教授  
Associate Professor



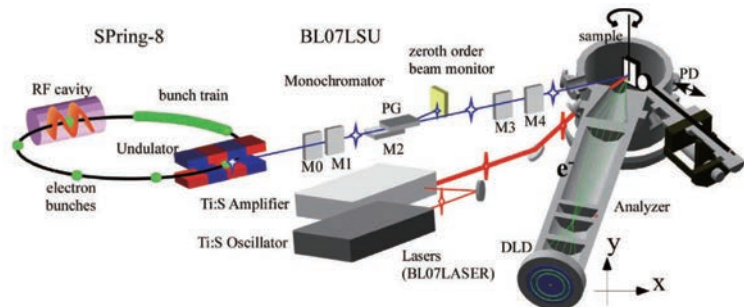
山本 達  
YAMAMOTO, Susumu  
助教  
Research Associate

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

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

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

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

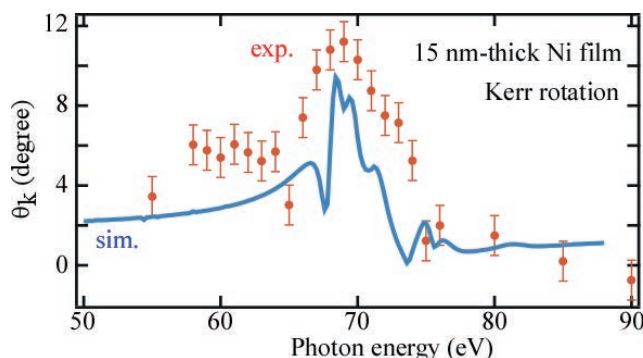


高輝度軟 X 線ビームライン SPring-8 BL07LSU における放射光と超短パルスレーザー (BL07LASER) を組み合わせた時間分解光電子分光実験システムの様子。

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

Ni ナノ薄膜の共鳴磁気光学カー効果の光エネルギー依存性。光エネルギーを Ni M 殻吸収端に合わせると巨大な磁気光学カー回転角が観測され (exp)、共鳴散乱理論の計算で再現することができる (sim)。元素選択性と巨大な信号強度を発生するこの共鳴磁気光学現象は今後のスピンダイナミクス研究での活躍が期待される。

Resonant magneto-optical Kerr effect on a Ni nanofilm taken at various photon energy. When photon energy is tuned at the Ni M-shell absorption edge, giant magneto-optical Kerr angle was observed (exp.) and it was reproduced by simulation (sim.) based on the resonant X-ray scattering theory. It is expected that this resonant magneto-optical Kerr effect with element selectivity and large signal generation plays significant roles in researches in spin dynamics.



## 研究テーマ Research Subjects

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

極限コヒーレント光科学研究センター

Laser and Synchrotron Research Center

[http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/kobayashi\\_group.html](http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/kobayashi_group.html)

# 小林研究室

Kobayashi Group

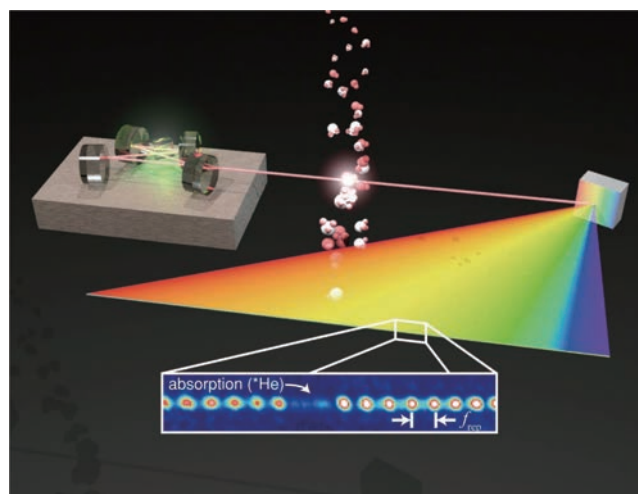


小林 洋平  
KOBAYASHI, Yohei  
准教授  
Associate Professor



谷 峻太郎  
TANI, Shuntaro  
助教  
Research Associate

最先端レーザーの研究開発とその応用を行っている。超短パルス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の開発とその応用を中心に研究する。特に Yb ドープセラミックやファイバーといった新しいレーザーにより超高繰り返しで超高平均パワーのレーザーシステムを開発している。超高繰り返しでの方向性では縦モード一本ずつが分離できるレーザーを開発し、フェムト秒レーザーから縦モードを抜き出すことにより cw レーザーを作り出すことすらできるようになってきた。また、超高平均パワーのフェムト秒レーザーでは外部共振器を用いることにより数 kW の平均パワーを実現し、高輝度コヒーレント真空紫外光を発生し、新たな分光法の研究を行っている。応用としては光電子分光、光原子時計、天文応用、医療応用と幅広い。

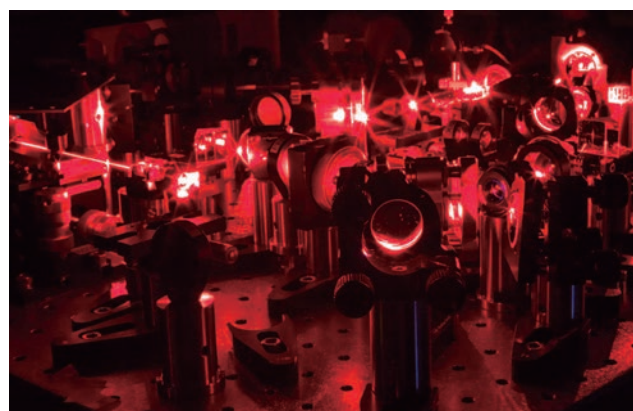


光周波数コムによる原子分光。自作超高エネルギー分解分光器と超高繰り返しモード同期レーザーとの組み合わせにより縦モード 1 本ずつが分離された分光が可能となった。図はメタステーブル He の縦モード分解分光の例。

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 studying advanced laser technologies and their applications. Both ultimate technologies of ultrashort pulse generations and ultra narrow-band laser generations were mixed, the optical frequency comb then was born. 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.



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

## 研究テーマ Research Subjects

1. 超短パルスレーザーシステムの研究開発及びレーザーの超精密制御  
Development and precise control of ultrashort pulse laser system
2. 高繰り返し－高強度物理  
High-rep rate, high-field physics
3. 精密分光  
Precision spectroscopy
4. 光周波数コム天文・医療・標準応用  
Astronomical, medical, and metrological application of the optical frequency comb

# 板谷研究室

Itatani Group

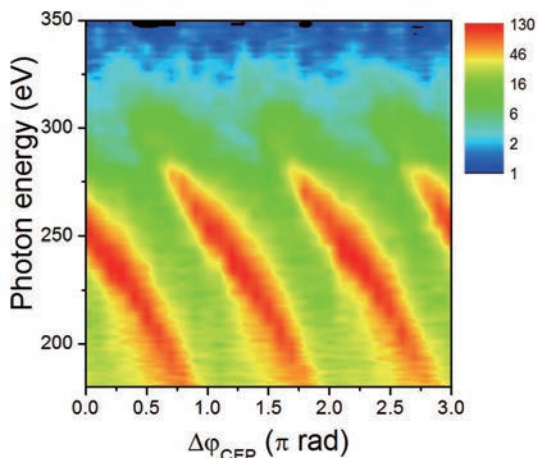


板谷 治郎  
ITATANI, Jiro  
准教授  
Associate Professor



石井 順久  
ISHII, Nobuhisa  
助教  
Research Associate

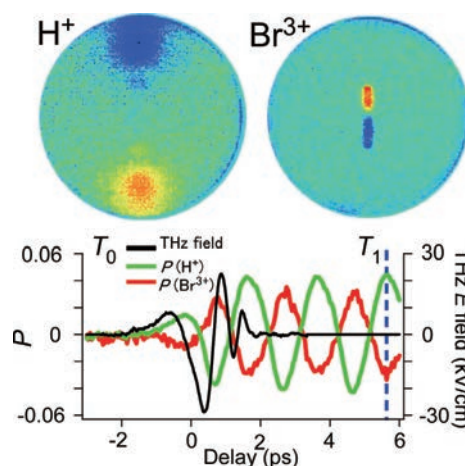
本研究室では、高強度極短パルスレーザーの開発と、それを用いたアト秒からフェムト秒領域の超高速分光に関する研究を行っている。光源開発に関しては、光電場の数周期程度の高強度極短パルス光の発生と電場波形の制御、中赤外からテラヘルツ領域での高強度光電場の発生に関する研究を行っている。また、高次高調波によるアト秒軟 X 線パルス発生に関する研究も進めている。分光応用に関しては、高強度光電場やアト秒軟 X 線パルスを用いた新規分光手法の開拓や、高強度光電場を用いた原子・分子における超高速現象の観測と量子制御、固体のフェムト秒軟 X 線分光に関する研究を行っている。位相制御された高強度超短パルスレーザーとその波長変換を基盤技術とすることによって軟 X 線からテラヘルツにわたる広い周波数領域においてタイミング同期した光パルスの発生が可能であるため、物質の励起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。



高強度赤外レーザーで発生した高次高調波の「水の窓」領域の軟 X 線スペクトルの CEP 依存性

CEP dependences of soft-X-ray high harmonic spectra in the water window produced by an intense IR laser system.

We work on the development of intense ultrashort-pulse lasers and their applications to ultrafast spectroscopy on femto- to attosecond time scales. As for the light-source development, we work on the methodology to produce waveform-controlled intense optical pulses and to extend their spectral range towards mid-infrared and THz regions. For the spectroscopic applications, we work on novel methods using strong optical fields and attosecond soft-X-ray pulses aiming for dynamic molecular imaging with attosecond and Angstrom precisions, and also on femtosecond soft-X-ray spectroscopy of solids. By using phase-controlled intense ultrafast light sources and frequency conversion, we expect to produce optical pulses in extremely wide spectral ranges with precise synchronization. We aim to use such ultrabroadband coherent light for observing and controlling the dynamics of non-equilibrium states of matters through various freedoms.



高強度テラヘルツパルスによって誘起された HBr 分子内の回転波束と、観測された分子配向。

Time evolution of rotational wavepackets in HBr molecules (lower panel) and achieved molecular orientation (above panels).

## 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. 高強度光電場を用いた超高速現象の観測と量子制御  
Observation and coherent control of ultrafast phenomena using strong optical fields
4. 固体の超高速軟 X 線分光  
Soft-X-ray ultrafast spectroscopy of solids



# 原田研究室

Harada Group



原田 慈久  
HARADA, Yoshihisa  
准教授  
Associate Professor



宮脇 淳  
MIYAWAKI, Jun  
助教  
Research Associate

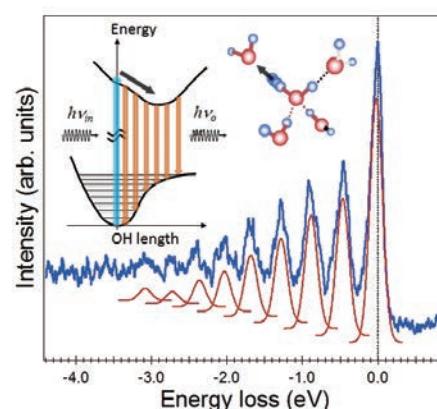
当研究室では、世界最高輝度のX線源である SPring-8 において‘軟X線’と呼ばれる光を用いて新しい分光法を開拓し、物質の電氣的、磁氣的性質、光学応答を司る電子状態をその成因に遡って調べる研究を行っている。特に光散乱の一種である軟X線発光分光の将来性に着目し、モット絶縁体、新規高温超電導体等の強相関物質における素励起（結晶場励起、スピン励起、マグノン励起、電荷密度波励起、軌道波励起など）の直接観測とその成因の研究、水溶性液体、固液界面の電子状態とマイクロ不均一性の観測、電池触媒の表面反応解析、光触媒反応解析のためのその場分析装置の開発、金属タンパク質の電子状態解析など、軟X線発光分光を適用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



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

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

We explore the origin of the electronic structure of materials responsible for their electronic, magnetic and optical property using intense and energy tunable X-ray source: SPring-8, one of the most brilliant synchrotron facilities in the world. We have developed 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 Tc superconductors, electronic structure analysis of aqueous solutions, interaction at solid-liquid interfaces, surface reaction of fuel cell catalysts, electronic structure analysis of reaction center in metalloproteins, electrochemical and photocatalytic reactions. We also explore basic study on ultrahigh energy resolution optics for soft X-ray emission and time-resolved spectroscopy.



高分解能軟X線発光分光で捉えた純水 (H<sub>2</sub>O) の多重振動モード。水素結合によるポテンシャルの非調和性を反映した振動エネルギー分布がOHの乖離するところまで全て観測されている。この手法を用いて液体の水の中にマイクロ不均一性が存在することが裏付けられた。

Multiple vibrational excitation of H<sub>2</sub>O observed by the ultrahigh energy resolution soft X-ray emission spectrometer. The energy separation reflects the profile of the Morse function modulated by hydrogen bonding. Using soft X-ray emission we confirmed the presence of a microheterogeneity in pure liquid water.

## 研究テーマ Research Subjects

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

# 和達研究室

Wadati Group



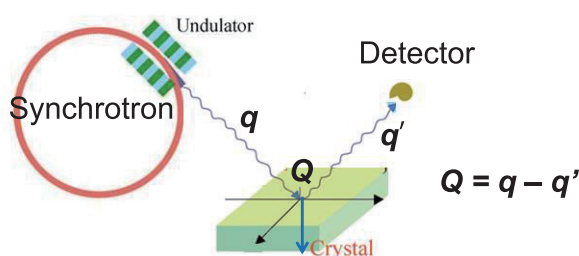
和達 大樹  
WADATI, Hiroki  
准教授  
Associate Professor



平田 靖透  
HIRATA, Yasuyuki  
助教  
Research Associate

当研究室では SPring-8 などの放射光 X 線を用い、遷移金属酸化物などの電子相関の強い物質に対し、その電子状態、秩序状態、ダイナミクスなどを調べる研究を行っている。主に用いている実験手法は共鳴軟 X 線回折であり、これは物質の構成元素の吸収端のエネルギーを持つ X 線による X 線回折である。薄膜やナノ構造など微小試料でも磁気構造が決定できるなど、これまでの回折実験の常識を大きく打ち破ることができる。この手法により、強相関電子系で見られる高温超伝導や巨大磁気抵抗効果などを引き起こす物質内部の秩序状態の直接観測する。さらには、放射光 X 線や SACLA などの X 線自由電子レーザーの時間構造を用い、ピコ秒からフェムト秒領域での動的プロセスを実時間で観測する。以上によって物性発現のメカニズムを解明し、強相関電子系における新たな物性や現象を模索する。

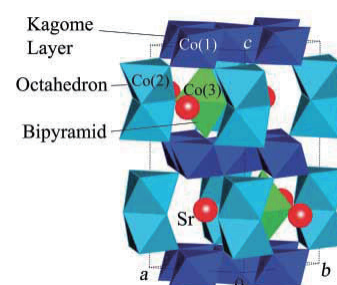
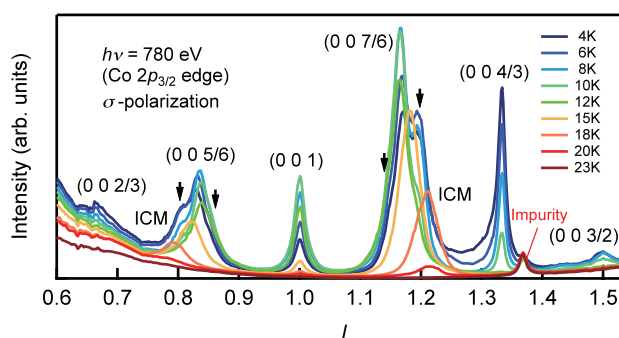
We investigate the electronic structures, ordered states, and dynamics of strongly correlated materials, such as transition-metal oxides, by using x-rays from synchrotron radiation (e.g. SPring-8). Our main experimental technique is resonant soft x-ray diffraction, that is, x-ray diffraction performed by tuning the x-ray energy at the absorption edge of the constituent element. One can determine detailed magnetic structures of extremely small samples including thin films and nanostructures. By this technique we study ordered states in materials which show anomalous behaviors such as superconductivity and giant magnetoresistance. We will further extend this technique to time-resolved measurements by using time structures of synchrotron x-rays and x-ray free electron laser (e.g. SACLA), and directly measure the dynamical processes. These studies will reveal the mechanisms of anomalous behaviors and contribute to search for novel properties and phenomena in strongly correlated electron systems.



共鳴軟 X 線回折の概念図  
Schematic diagram of resonant soft x-ray diffraction.

共鳴軟 X 線回折で決定した  $\text{SrCo}_6\text{O}_{11}$  の磁気構造「悪魔の華」

Devil's flower-like magnetic structures in  $\text{SrCo}_6\text{O}_{11}$  determined by resonant soft x-ray diffraction.



## 研究テーマ Research Subjects

- 共鳴軟 X 線回折による強相関電子系の秩序状態の研究  
Resonant soft x-ray diffraction study of ordered states in strongly correlated electron systems
- 時間分解共鳴軟 X 線回折の開発  
Development of time-resolved resonant soft x-ray diffraction systems
- 軟 X 線を用いた新しい分光手法の開発  
Development of novel spectroscopic techniques by using soft x-rays

# 近藤研究室

Kondo Group



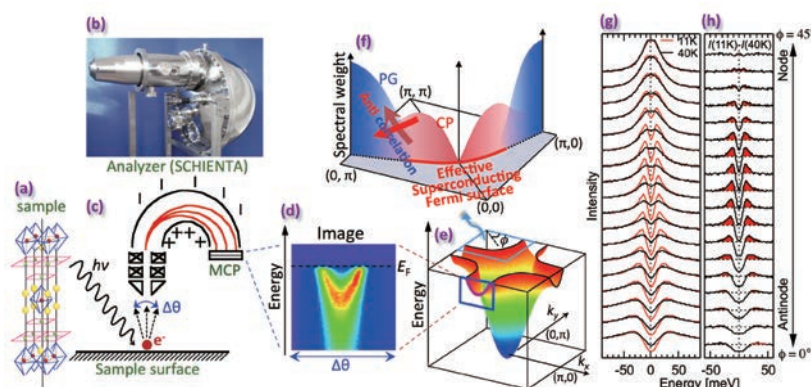
近藤 猛  
KONDO, Takeshi  
准教授  
Associate Professor



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  $^3\text{He}$  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 ( $T_c=35\text{K}$ ). (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



# 岡崎研究室

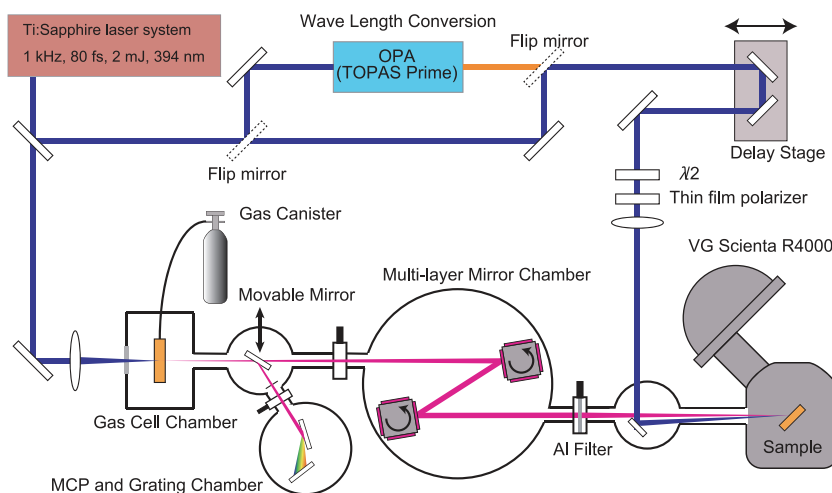
Okazaki Group



岡崎 浩三  
OKAZAKI, Kozo  
特任准教授  
Project 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の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、光誘起相転移の機構解明等を目指している。また、エネルギー分解能  $70\mu\text{eV}$ 、最低測定温度 1K 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。

Angle-resolved photoemission spectroscopy is a very powerful experimental technique that can directly observe a dispersion relation between momentum and energy of the electrons in solid-state materials, whereas by utilizing a femto-second laser as pumping light and its high harmonic generation as probing light, we can observe ultrafast transient properties of the band structures in a non-equilibrium state. In our group, we are developing and improving a time-resolved photoemission apparatus that utilize high harmonic generations of an ultrashort-pulse laser in collaboration with a laser-developing group. We are aiming for understanding the mechanisms of electron relaxations from photo-excited states and mechanisms of photo-induced phase transitions by direct observations of transient electronic states with a pump-probe type time-resolved photoemission spectroscopy. Also, 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  $70\mu\text{eV}$  and lowest cooling temperature of 1 K.



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 high harmonic generations of an ultrashort-pulse laser.

## 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 an ultrashort-pulse laser
2. 光励起状態からの物質中の電子の緩和機構、光誘起相転移の機構解明  
Mechanisms of electron relaxation from photo-excited states and photo-induced phase transitions
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

## 田中耕一郎研究室

K. Tanaka Group



田中 耕一郎  
TANAKA, Koichiro  
客員教授  
Visiting Professor

高出力のテラヘルツ光の発生と検出、その物性研究への応用を精力的に進めている。高出力テラヘルツ光の発生方法は高出力のフェムト秒レーザー（パルスあたり 1 ～ 4mJ）を用いる手法であり、LiNbO<sub>3</sub> 結晶を用いたチェレンコフ型の光整流過程またはレーザー誘起ガスプラズマを用いた四光波混合過程を利用している。現在の典型的な出力は、電場の大きさに換算して 1MV/cm を超えるものであり、1KHz の繰り返しで 1mW 以上の平均出力が得られている。このテラヘルツ光源を用いて、固体、液体、生体物質を対象とした究極的なテラヘルツ非線形分光技術を探求している。すでに、半導体のバンド構造の動的変化や非摂動論的非線形光学応答などの新たな発見に成功した。また、この技術を用いて波長の 100 分の 1 の分解能を有する実時間動作顕微鏡の開発も進めている。

We are developing high-power THz wave generation techniques and their application to the solid state physics. Our method of high power THz wave generation is based on the Cherenkov-type rectification process in LiNbO<sub>3</sub> crystals, or the four-wave-mixing process in laser induced gas-plasma with amplified femtosecond lasers (4mJ/pulse). This has allowed us to generate an intense THz wave over 1 MV/cm in the electric field in the repetition rate of 1 KHz. Recently, our group has been exploring non-linear optical responses of semiconductors and biological materials and we have found various novel phenomena that have never before been observed. Simultaneously we are developing a near-field THz microscope working at video rate. These technologies will open the doors to new THz sensing and imaging applications in the near future.

## 田中良和研究室

Y. Tanaka Group



田中 良和  
TANAKA, Yoshikazu  
客員教授  
Visiting Professor

軟 X 線回折では、通常の X 線回折では見ることができない軌道、スピン、電荷などの秩序を観察することができる。特に、マルチフェロイック物質や超伝導体などに代表される新機能性物質とよばれる物質群では、3d 電子あるいは 4f 電子が物性を担っている。放射光をもちいた軟 X 線回折は、それら価電子状態を直接観察できることから、急速に発展してきた。

我々は、超伝導磁石、極低温冷凍機、極小集光技術を導入し、独自の軟 X 線回折装置を開発している。例えば、極低温冷凍機を用いて、通常の X 線回折では見られないマルチフェロイックス CuFeO<sub>2</sub> の 3d 軌道秩序を観測し、この物質の自発分極の原因を解明することに成功している。また、円偏光をもちいたスピン、軌道カイラリティの構造を観察することに成功している。現在、レーザビームを用いたポンプアンドプローブ時間分解 X 線回折の開発を行っている。この研究では、さまざまな相転移現象を時間変化として捉えることができ、非平衡秩序状態における電荷、スピン、軌道秩序の動的変化を観察できる。特に、光誘起相転移現象の研究は、X 線回折のみならず、物質科学にとって重要なテーマのひとつである。我々も、精力的にこれに貢献したいと考えている。

Spin, orbital and charge orders, hardly observed by conventional X-ray diffraction, are observed by soft x-ray resonant diffraction. In new functional materials, like multiferroic, high-Tc materials, etc, of strongly correlated electronic systems, the 3d or 4f electrons play a crucial role for the novel properties. Soft x-ray diffraction provides one of the indispensable tools to observe the orders of valence electrons directly. It has developed in 21<sup>st</sup> century with the advent of the synchrotron sources.

We have developed a quite unique soft x-ray diffraction system with super conducting magnets, low-temperature cryostat, and focusing mirrors. For example, we have succeeded to observe 3d orbital order in CuFeO<sub>2</sub>, which shows the multi-ferroic property. In addition, we have succeeded to observe 2-dimensional images of spin and orbital chirality in several materials. In present, we are developing a time-resolved x-ray diffraction system using a laser system which has high intense and short pulses. It provides us to observe a variety of unstable ordered systems as a function of time. Especially, the study of phase transitions pumped by the high intense laser beam is one of the cutting-edge fields in the condensed matter physics. We will participate in this field intensively.

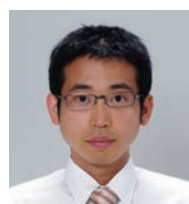
## 軌道放射物性研究施設 / 播磨分室 Synchrotron Radiation Laboratory / Harima Branch

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

教授(施設長) 辛 埴	Professor (Director) : SHIN, Shik
教授 小森 文夫	Professor : KOMORI, Fumio
准教授 松田 巖	Associate Professor : MATSUDA, Iwao
准教授 原田 慈久	Associate Professor : HARADA, Yoshihisa
准教授 和達 大樹	Associate Professor : WADATI, Hiroki
助教 藤澤 正美	Research Associate : FUJISAWA, Masami
助教 山本 達	Research Associate : YAMAMOTO, Susumu
助教 矢治 光一郎	Research Associate : YAJI, Koichiro
助教 宮脇 淳	Research Associate : MIYAWAKI, Jun
助教 平田 靖透	Research Associate : HIRATA, Yasuyuki

技術専門員 福島 昭子	Technical Associate : FUKUSHIMA, Akiko
技術専門職員 澁谷 孝	Technical Associate : SHIBUYA, Takashi
技術専門職員 原沢 あゆみ	Technical Associate : HARASAWA, Ayumi
技術専門職員 工藤 博文	Technical Associate : KUDO, Hirofumi
特任研究員 丹羽 秀治	Project Researcher : NIWA, Hideharu
特任研究員 崔 芸涛	Project Researcher : CUI, Yitao
特任研究員 田久保 耕	Project Researcher : TAKUBO, Kou
特任研究員 冯 宝杰	Project Researcher : FENG, Baojie

本施設は高輝度放射光を利用した先端物性研究や新しい実験技術の開発・研究を共同で行っている。SPring-8 に設置された播磨分室では、同放射光施設に世界最高性能の軟X線アンジュレータビームライン（東京大学放射光アウトステーション物質科学ビームライン BL07LSU）を整備し、高輝度軟X線放射光を利用する最先端の物性科学研究を推進している。播磨分室スタッフは現在 BL07LSU において時間分解軟X線分光実験用ステーションと高分解能発光分光ステーションを立ち上げ、さらに先端軟X線分光技術の開発と新物質・新材料の電子状態研究を行っている。一方、KEK-PF に設置しているつくば分室では3本のビームライン（BL-18A, BL-19A, BL-19B）を維持・管理し全国の大学や研究機関の共同利用研究に供してきたが、2014年3月にて共同利用を停止し活動を終了した。長年に渡って培われた光物性測定技術は、今後柏の葉キャンパスにて物性研究所の真空紫外・軟X線レーザー光源を用いた実験系へと活かされる。



矢治 助教



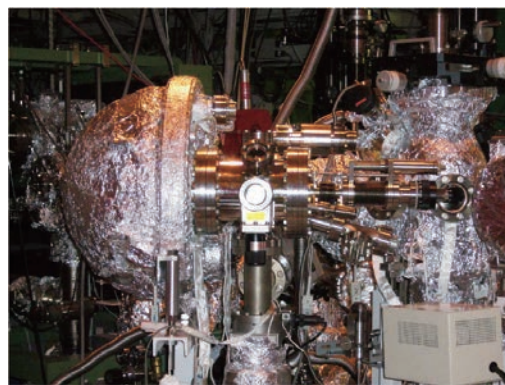
藤澤 助教

The synchrotron radiation laboratory is promoting advanced solid state spectroscopy using synchrotron radiation in soft X-ray and vacuum ultraviolet region. We operate a branch laboratory at SPring-8 to maintain the high-brilliance soft X-ray beamline BL07LSU of the University of Tokyo, where time-resolved soft X-ray spectroscopy and high-resolution soft X-ray emission spectroscopy are utilized to study electronic states and dynamics in new materials. The beamlines, BL-18A, BL-19A, and BL-19B, maintained by the Tsukuba branch at the Photon Factory (KEK-PF) were closed in March, 2014. The advanced experimental techniques, developed and accumulated at the branch, are utilized in experimental stations using vacuum ultraviolet and soft X-ray lasers at Kashiwa campus.



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

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



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

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



# 共通施設

## Supporting Facilities

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

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

低温委員長 Chairperson Cryogenics service	榊原 俊郎 SAKAKIBARA, Toshiro	技術専門職員 Technical Associate	土屋 光 TSUCHIYA, Hikaru
		技術専門職員 Technical Associate	鷺山 玲子 SAGIYAMA, Reiko
工作委員長 Chairperson Machine shop	金道 浩一 KINDO, Koichi	技術専門員 Technical Associate	岡部 清信 OKABE, Kiyonobu
		研究支援推進員 Technical Staff	今井 忠雄 IMAI, Tadao
		研究支援推進員 Technical Staff	村貫 静二 MURANUKI, Seiji
		研究支援推進員 Technical Staff	田中 祐介 TANAKA, Yūsuke
放射線管理委員長 Chairperson Radiation lab.	森 初果 MORI, Hatsumi	技術専門員 Technical Associate	野澤 清和 NOZAWA, Kiyokazu
図書委員長 Chairperson Library	吉信 淳 YOSHINOBU, Jun	係 長 Administrative Staff	中村 恭子 (柏地区図書課研究情報係所属) NAKAMURA, Kyoko
		主 任 Administrative Staff	原田 裕子 (柏地区図書課研究情報係所属) HARADA, Yuko
		事務補佐員 Administrative Staff	久保嶋 智子 KUBOSHIMA, Tomoko
管理委員長 (ストックルーム) Chairperson Stock room	板谷 治郎 ITATANI, Jiro	係 長 Administrative Staff	狩野 真二 KANO, Shinji
		事務補佐員 Administrative Staff	秋場 和代 AKIBA, Kazuyo
国際交流委員長 Chairperson International liaison office	金道 浩一 KINDO, Koichi	事務補佐員 Administrative Staff	亀田 秋子 KAMEDA, Akiko
		事務補佐員 Administrative Staff	山内 敦子 YAMAUCHI, Atsuko
拡大広報出版委員長 Chairperson Public relations	辛 埴 SHIN, Shik	技術補佐員 Technical Staff	石塚 みづゑ ISHIZUKA, Mizue

## 低温液化室 Cryogenics Service Laboratory

低温委員長 榊原 俊郎 Chairperson: SAKAKIBARA, Toshiro  
 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

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。2014年度の液体ヘリウムの生産量と供給量はそれぞれ 308,200 L、219,652 L である。液体窒素は外部より購入し、供給している。2014年度の液体窒素の使用量は 785,078 L となっている。

Cryogenics 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, which will be supplied to researchers and students in Kashiwa Campus. Evaporated helium gas is recovered and purified for recycling. In the fiscal year 2014, a total of 308,200 L liquid helium was produced, of which 219,652 L was supplied to users. Liquid helium produced is transferred from a 10,000 L storage vessel to various small storages by using a centrifugal immersion pump system. Meanwhile, the laboratory sources liquid nitrogen by purchasing from outside manufacturers. In FY 2014, liquid nitrogen of 785,078 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 <sup>3</sup> /hr
移動用ヘリウムガス容器	Liquid helium transport containers	500 L, 250 L, 100 L etc.
遠心式ヘリウム汲上げポンプ	Centrifugal liquid helium pump system	20 L/min



ヘリウム液化機、貯槽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  
 研究支援推進員 今井 忠雄 Technical Staff: IMAI, Tadao  
 研究支援推進員 村貫 静二 Technical Staff: MURANUKI, Seiji  
 研究支援推進員 田中 祐介 Technical Staff: TANAKA, Yusuke

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

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

### 主要設備

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

### Main Facilities

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



工作室  
Machine shop

## 放射線管理室 Radiation Safety Laboratory

放射線管理委員長 森 初果 Chairperson : MORI, Hatsumi  
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<sup>22</sup>Na密封線源を用いた研究などができる実験室や各種放射線（X線を含む）検出器を備えている。

The aims of this laboratory are to protect researchers from irradiation due to radioactive source, X-rays, γ-rays and the like and to provide rooms for radiation experiments and radiochemical operations by use of unsealed U, Th and sealed <sup>22</sup>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（<sup>22</sup>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 <sup>22</sup>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 吉信 淳 Chairperson : YOSHINOBU, Jun  
係長 中村 恭子 Administrative Staff: NAKAMURA, Kyoko  
主任 原田 裕子 Administrative Staff: HARADA, Yuko  
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 : 783m<sup>2</sup>  
蔵書数 : 65,085 冊（平成 26 年度末現在）  
（洋書 58,332 冊、和書 6,753 冊、製本雑誌を含む）  
雑誌種類数 : 729 種（洋雑誌 635 種、和雑誌 94 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 : <http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/labs/tosyo/>

### Outline

Area : 783m<sup>2</sup>  
Library holdings : 65,085 volumes (as of March, 2015)  
(Foreign books 58,332, Japanese books : 6,753. Including bound journals)  
Journal collection : 729 titles (Foreign journals : 635, Japanese journals : 94)  
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 : <http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/labs/tosyo/>



図書室  
Library



## ストックルーム Stock Room

管理委員長 板谷 治郎 Chairperson: ITATANI, Jiro  
係 長 狩野 真二 Administrative Staff: KANO, Shinji  
事務補佐員 秋場 和代 Administrative Staff: AKIBA, Kazuyo

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

国際交流委員長 金道 浩一 Chairperson: KINDO, Koichi  
事務補佐員 亀田 秋子 Administrative Staff: KAMEDA, Akiko  
事務補佐員 山内 敦子 Administrative Staff: YAMAUCHI, Atsuko

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

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

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



国際交流室  
International Liaison Office

# 柏キャンパス地図/ Kashiwa Campus Map

## 物性研究所

The Institute for Solid State Physics

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

## 宇宙線研究所 ㊦

Institute for Cosmic Ray Research

## 新領域創成科学研究科

Graduate School of Frontier Sciences

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

## 国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構 ㊦

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

## 大気海洋研究所

Atmosphere and Ocean Research Institute

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

## 総合研究棟 ㊦

Kashiwa Research Complex

## 第2 総合研究棟 ㊦

Kashiwa Research Complex2

## 共用施設

Supporting Facilities

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





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

**交通案内**

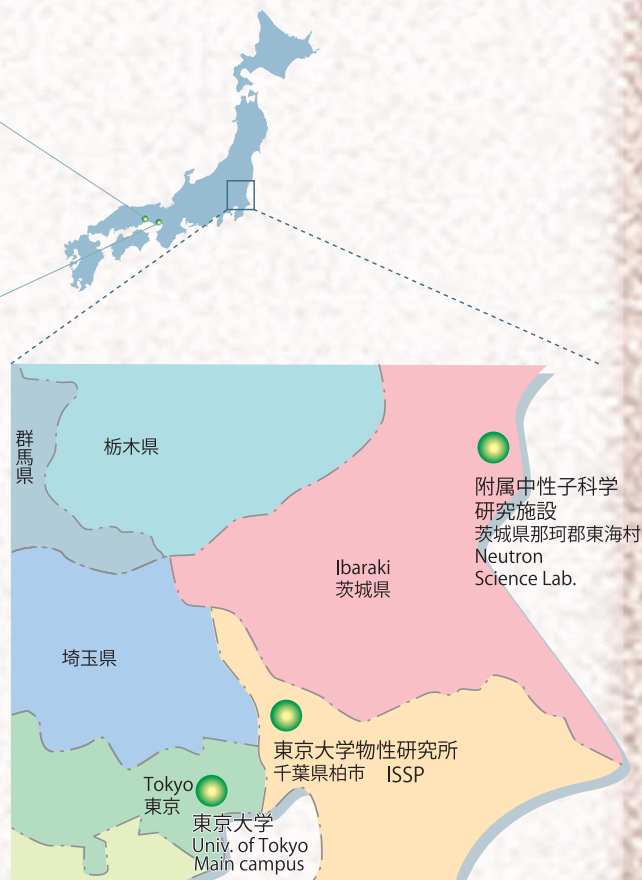
- 柏の葉キャンパス駅西口（つくばエクスプレス線）より
  - 徒歩 約25分
  - 東武バス利用 約10分
    - [西柏 03] 流山おおたかの森駅東口行、東大西行→「東大前」下車
    - [西柏 04・西柏 10] 江戸川台駅東口行→「東大前」下車
- 柏駅西口（JR 常磐線、東京メトロ千代田線）より
  - 東武バス利用 約25分
    - [西柏 01] 国立がん研究センター行（県民プラザ経由）→「東大前」下車
    - [柏 44] 国立がん研究センター行（税関研修所経由）→「国立がん研究センター」下車
- 常磐自動車道柏 I.C. から車で約5分



**■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

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



**東京大学物性研究所要覧**  
**2015 年 11 月**





I S S P

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

