

東京大学

2008

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



(左) 石井尚志氏寄贈の彫刻「開封された石」

(下) ロングパルス強磁場実験棟
(国際強磁場コラボラトリー)



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
23	物性理論研究部門 Division of Condensed Matter Theory
33	ナノスケール物性研究部門 Division of Nanoscale Science
42	極限環境物性研究部門 Division of Physics in Extreme Conditions
49	先端分光研究部門 Division of Advanced Spectroscopy

59	軌道放射物性研究施設 Synchrotron Radiation Laboratory
64	中性子科学研究施設 Neutron Science Laboratory
70	物質設計評価施設 Materials Design and Characterization Laboratory
80	国際超強磁場科学研究施設 International MegaGauss Science Laboratory

85	共通施設 Supporting Facilities
----	-------------------------------

90	柏キャンパス地図 Kashiwa Campus Map
----	--------------------------------



ご挨拶

東京大学附置の全国共同利用研究所として1957年に発足した物性研究所は昨年50周年を迎えました。物性研究所と生産技術研究所があった六本木キャンパスの跡地には現在、国立新美術館と政策研究大学院大学が建っていますが、昨年11月30日にはその政策研究大学院大学の想海樓ホールにおいて創立50周年記念式典と記念シンポジウムを開催しました。記念シンポジウムでは、物性研究所の過去・現在・未来を俯瞰し、また物性コミュニティからの要望と激励の言葉をいただきました。また、パネルディスカッションでは「これから50年の科学は？」と題して、物性科学にとどまらず広くサイエンス全体の将来展望をめぐってパネリストたちによる活発な議論が行われました。

ここ10年の間に、柏キャンパスへの移転および国立大学法人化という物性研にとって大きな変化が起きました。国立大学法人化によって競争的環境が強調され運営費交付金の通減が実施される中で、全国共同利用研究所が果たすべき役割は以前にも増して重要になっていると認識しております。法人を単位とした活動と学問分野のコミュニティとしての活動が縦系横系の関係で調和を保つことの必要性については学術会議等において議論がなされ、また文科省においても次期中期目標期間における共同利用・共同研究拠点に関する施策の検討が進められているところです。

基礎科学の研究は分野を問わず激しい競争の世界です。しかし、学問の健全な発展のためには競争だけではなく「協奏」もまた必要です。そうした「協奏」のあり方には、大小の研究会や国際会議、自発的な共同研究の組織化など、さまざまな形があります。そうした基礎科学研究活動のあり方を考えるとき、大学附置の研究所がそれぞれの分野で世界的な中核の研究機関として活動していくことは、我が国の基礎科学研究が今後も先導的役割を担い国際的貢献を果たしてゆくために不可欠です。第3世代の物性研究所は、物性コミュニティとの連携により、物質科学の世界的拠点としてさらに積極的な展開を目指します。そのためには、特色ある研究グループの育成と研究設備の整備によって高い次元の共同研究を促進することが有効です。国際超強磁場科学研究施設において建設中のロングパルス磁場設備や、軌道放射物性研究施設が東京大学の放射光連携研究機構で進めているSPRING-8のビームライン建設は、こうした活動の一環です。さらには、極限コヒーレント光科学研究構想、J-PARCとJRR-3における中性子科学の推進、次世代スーパーコンピュータによる計算物性科学、などについても関連機関・研究者との連携による実現を目指しています。今後とも物性コミュニティの一層のご支援をお願いいたします。

Preface

Established in 1957 as a joint-use research institute attached to the University of Tokyo, the Institute for Solid State Physics (ISSP) celebrated its 50th anniversary last year. The Memorial Symposium was held on Nov. 30, 2007 in the old Roppongi Campus, which has been completely renovated as the National Art Center Tokyo and the National Graduate Institute for Policy Studies. In the Symposium, the past, present and future of ISSP and of the condensed matter science and other related fields were discussed. Encouragements and expectations were expressed by the community leaders for the future ISSP.

Over the last 10 years, two major changes for ISSP took place; the relocation to Kashiwa Campus and the transformation of the University of Tokyo to a national university corporation. We recognize that in the present day's competitive environment with gradual cut down of the basic funding, the role of the joint-use institutes such as ISSP in promoting the research activities of basic science is becoming all the more important. In order to ensure soundness of scientific research, it is essential to maintain a good balance between competition and concerted effort.

One of the major directions ISSP has been and is pursuing as the joint-use institution, is the development of unique experimental facilities that would be difficult to maintain in ordinary university faculties. There are several near-future projects ranging from the actual construction stage to the planning stage. The one currently in the final stage of construction is the long-pulse high magnetic field laboratory, which, when completed, will offer a versatile platform for experiments in high magnetic field, and will constitute a comprehensive International MegaGauss Science Laboratory for high magnetic field research together with the existing short-pulse megagauss field installation. Another project vigorously promoted is the Advanced Coherent Light Laboratory which is envisaged as a laser facility enabling experiments in the unexplored realm of short wavelength, ultrafast and high peak power.

Having celebrated its 50th anniversary last year, ISSP is now taking a step forward to the future so as to keep contributing to the advancement of basic science in the relevant fields by means of the synergy of the in-house staffs and the research communities.



所長 Director
家 泰弘
IYE Yasuhiro

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会会議の勧告および、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。

次の目標は先端的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った。軌道放射物性は加速器を光源に、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。日本原子力研究所の研究用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。さらに平成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、中性子科学研究施設へと改組された。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。平成9年にSOR-RINGの運転が停止した後、各地の新しい光源の有効利用が今後の課題である。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。

さらに平成8年度には、再び全面的な改組が行われた。

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。この新研究体制は、新物質科学、物性理論、ナノスケール物性（平成16年に先端領域より名称変更）、極限環境、先端分光の5大研究部門と軌道放射物性、中性子科学、物質設計評価に関する3施設で構成されている。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。柏キャンパスでは、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ている。平成16年には東京大学が法人化され、その中での全国共同利用研究所としての新たな役割が期待されている。更に、設立50周年に当たる平成19年には国際超強磁場科学研究施設が新設され、新たな一歩を踏み出した。



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

History

The Institute for Solid State Physics (ISSP) of the University of Tokyo was established on April 1 in 1957 as a joint research laboratory based upon the recommendation of the Science Council of Japan and the concurrence between the Ministry of Education, Science and Culture and the Science and Technology Agency in order to carry on basic research in condensed matter physics. Within the first 15 to 20 years, ISSP had achieved its original mission, that is to serve as the central laboratory of material science in Japan equipped with state-of-art facilities that were open for all domestic researches in order to catch up on the research in Japan 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 Research Institute. Its capability was significantly improved during 1990 - 1992 due to renovation of the research reactor. In 2003, it was reorganized to Neutron Science Laboratory. 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. After the shutdown closing of the SOR-RING in 1997, effective use of new light sources in Japan is an important mission. 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 aimed at exploring new materials and their novel properties.

In 1996, another major reorganization of ISSP into the "third generation" took place, 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. Currently in ISSP, there are five research divisions (New Materials Science, Condensed Matter Theory, Nanoscale Science (its name changed from Frontier Areas Research in 2004), Physics in Extreme Conditions, and Advanced Spectroscopy) and three research facilities (Synchrotron Radiation Lab., Neutron Science Lab., and Materials Design and Characterization Lab.). In addition, there is a visiting staff divisions as well as two foreign visiting professor positions.

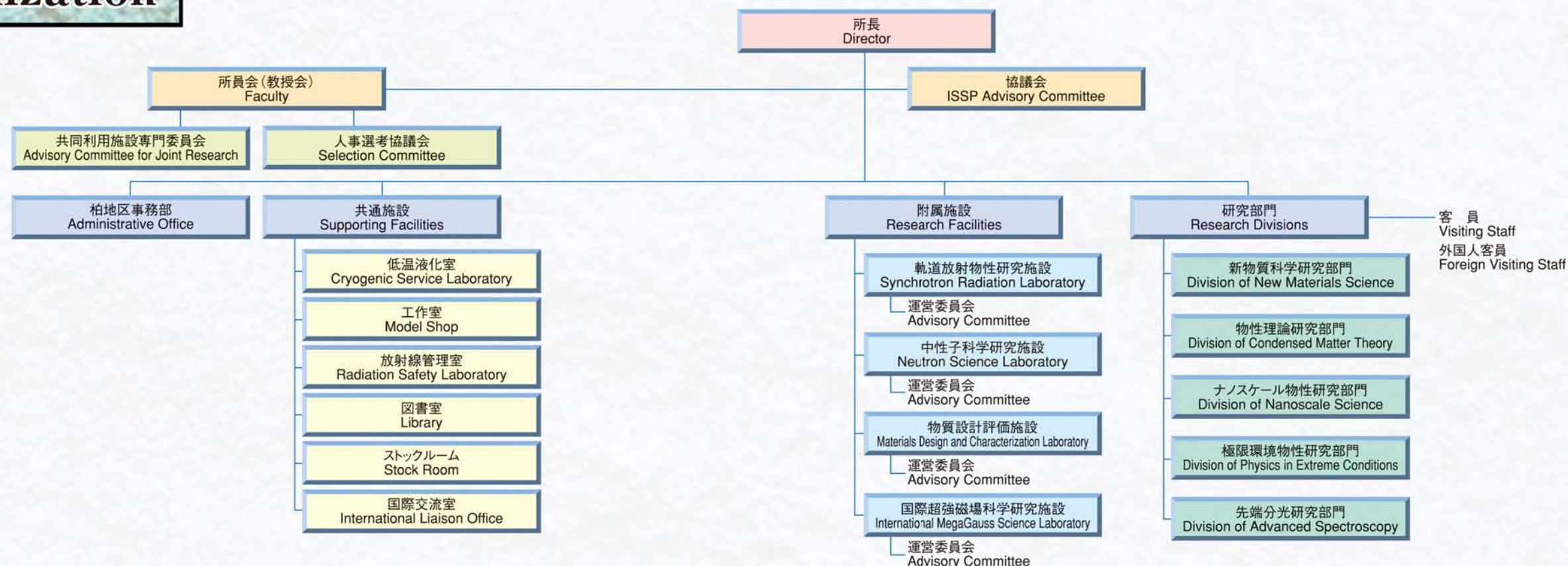
ISSP was relocated to the new Kashiwa campus of the University of Tokyo in March 2000 after the 43 years of activities at the Roppongi campus in downtown Tokyo. Here ISSP is aiming at creating new areas of science in collaboration with other institutions in Kashiwa. Meanwhile the University of Tokyo was transformed into a national university corporation in 2004 and thus ISSP is expected to play new roles as a joint research Laboratory in a university corporation. In 2007, celebrating the 50th anniversary, the ISSP established International Mega-Gauss Science Laboratory has been established and started serving as an international center of physics in high magnetic fields.

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 Condi- tions (including ultra-high magnetic field, laser physics, surface science, ultra-low temperatures and very high pressure laboratory), Synchrotron Radiation, Neutron Diffraction, Condensed Mat- ter 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 Characteri- zation Laboratories 東京大学柏キャンパスにおける物性研究所実験棟建設着工 Construction of the new ISSP buildings in Kashiwa campus started
平成9年	1997	中性子散乱研究施設で外部評価が実施される Evaluation of activities of Neutron Scattering Laboratory by the external committee
平成11年	1999	柏キャンパスへの移転開始 Relocation to Kashiwa campus started
平成12年	2000	移転完了 Relocation completed
平成13年	2001	外国人客員新設 Opening of foreign visiting professorship
平成15年	2003	中性子散乱研究施設が中性子科学研究施設に改組 Reorganization to Neutron Science Laboratory from Neutron Scattering Laboratory 物質設計評価施設で外部評価が実施される Evaluation of scientific achievement of Materials Design and Characterization Laboratory by 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 Reserch was renamed as Division of Nanoscale Science
平成17年	2005	外部評価が実施される Evaluation of scientific achievement of ISSP by 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

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。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。更に所員会の下部組織として物性研内外の委員よりなる共同利用施設専門委員会が設けられ、共同利用、施設利用、研究会などの実行計画を審議している。

物性研究所の研究体制は5研究部門、4研究施設、客員部門、外国人客員部門よりなる。このうち軌道放射物性研究施設に関しては茨城県つくば市の高エネルギー加速器研究機構内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. The administrative decisions are made at the faculty meeting chaired by the director and attended by professors and associate professors. The ISSP Advisory Committee, consisting of nearly equal numbers of members from and outside of the University of Tokyo to represent the interest of the outside users, gives advice on various aspects of administration upon inquiry of the director. The Advisory Committee for Joint Research, consisting of both the in-house and outside members, evaluates proposals for joint research, workshops, and allocation of fund for user activities.

Currently ISSP consists of five Research Divisions, four Research Facilities, Visiting Staff Division and Foreign Visiting Staff Division. Among these, Synchrotron Radiation Laboratory has a branch in the High Energy Accelerator Research Organization (KEK), Tsukuba, Ibaraki and the Neutron Science Laboratory maintains apparatus installed at the re-

search reactor in the Japan Atomic Energy Agency, Tokai, Ibaraki. In addition, supporting facilities, which include Cryogenic Laboratory, Model Shop, Radiation Safety Laboratory Library and International Liaison Office provide services to both in-house and outside users.

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

共同利用と国際協力

Joint Research and International Collaboration

各種研究員制度 Domestic Joint Research

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

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

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

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

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

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

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



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

Number of subjects and researchers adopted to domestic joint research

共同利用研究員宿泊施設 Guest House

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

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

短期研究会 Workshop

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

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

※以上の共同利用制度の詳細については本所共同利用係にお問い合わせください。

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



短期研究会 workshops

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

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

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



	●テーマ Title	●開催期日 Date	●参加者数(外国人) Participants (overseas)
第1回 1st	有機超伝導体の物理と化学 The Physics and Chemistry of Organic Superconductors	1989・8・28-30	205 (34)
⋮	⋮	⋮	⋮
第7回 7th	中性子散乱を利用した物性研究の最前線 Frontiers in Neutron Scattering Research	1998・11・24-27	130 (20)
第8回 8th	強相関電子系研究の最前線 Correlated Electrons	2001・10・2-5	200 (25)
第9回 9th	量子凝縮系研究の新展開 Quantum Condensed System	2004・11・16-19	120 (23)
第10回 10th	固体表面におけるナノサイエンス Nanoscience at Surfaces	2006・1・9-13	247 (34)

ISSP国際シンポジウム ISSP International Symposium

●テーマ Title	●開催期日 Date	●参加者数(外国人) Participants (overseas)
密度汎関数理論の基礎と応用 Foundations and Applications of the Density Functional Theory	2007・7・19-8・10	120 (20)
第2回錯体プロトニクスとナノ界面に関する国際ワークショップ 2nd International Workshop on Protonics and Nano-Interface of Coordination Chemistry, IWPNICC 2008	2008・3・10-11	52 (8)
国際ワークショップ春の学校「Sub-10 nm Wires」 International Spring School on "Sub-10 nm Wires"	2008・5・28-30	125 (55)
固体物理におけるトポロジカルな様相 Topological Aspects of Solid State Physics	2008・6・2-22	111 (26)

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

教育/Education

物性研究所では、特色ある施設を利用して物性科学に関連した大学院教育に力を注いでいる。物性研究所の教員は、研究分野に応じて、東京大学大学院理学系研究科物理専攻、化学専攻、地球惑星科学専攻、工学系研究科物理工学専攻、あるいは新領域創成科学研究科物質系専攻に属しているが、これらの従来の枠を越えた総合的視野に立つ若い物性科学研究者の養成に努力している。物性研究所では、例年、物性科学入門講座と大学院進学希望者のためのガイダンスを実施している。

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

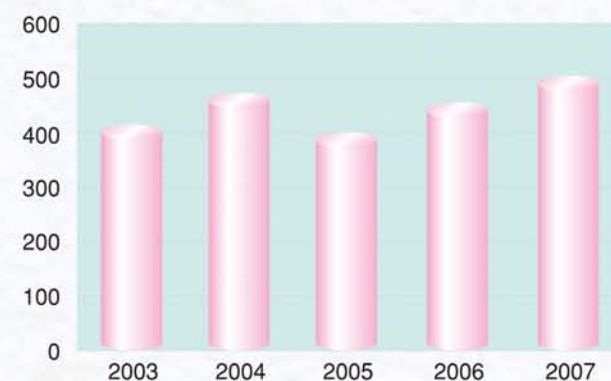
	修士課程 Master Course				博士課程 Doctor Course			
	2005年	2006年	2007年	2008年	2005年	2006年	2007年	2008年
物理学専攻 Physics	39	54	51	40	20	29	31	26
化学専攻 Chemistry	9	8	3	2	6	3	4	4
地球惑星科学専攻 Earth & Planet. Sci.	1	2	2	2	1	1	1	0
物理工学専攻 Appl. Phys.	12	12	11	9	10	7	6	4
物質系専攻 Advanced Materials	38	39	36	38	10	8	11	13
複雑理工学専攻 Complexity Sci. and Eng.	0	0	0	4	0	0	0	0
合 計	99	115	103	95	47	48	53	47

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

論文統計/Publication

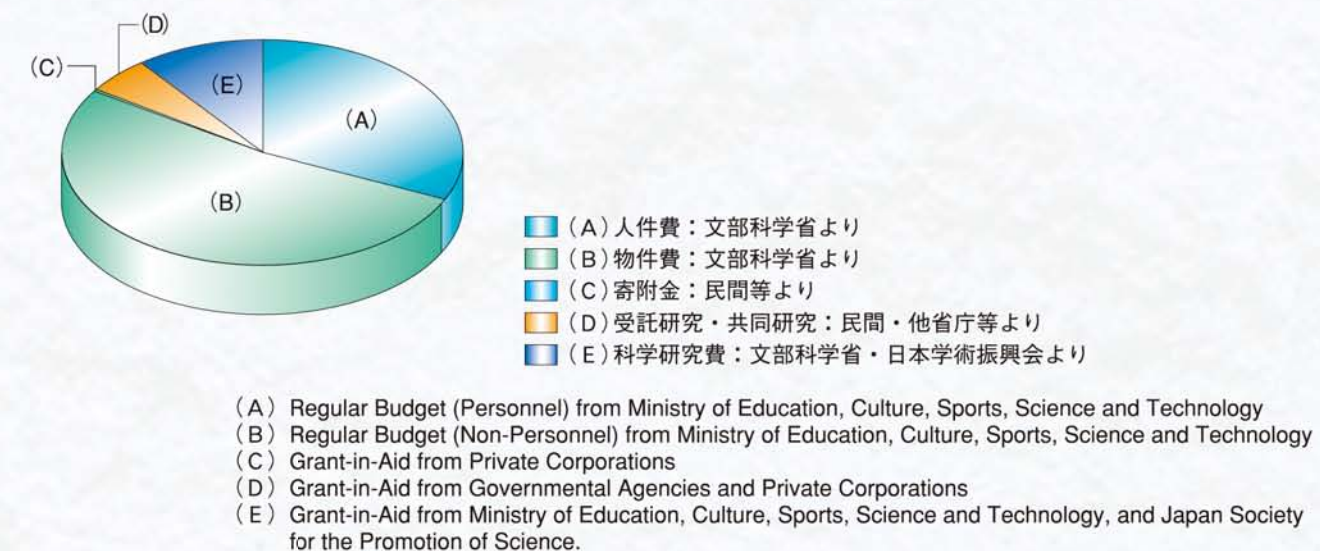
物性研究所では、年間350から500編前後の学術文献を発表している。2007年度の学術文献490編の内訳は、学術論文447、会議録22、解説記事12、本(または本の一部)9となっている。

About 350 to 500 scientific issues are published through annual activity in ISSP. The 490 articles published in 2007 consist of 447 papers in refereed journals, 22 proceedings, 12 reviews, 9 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19年度(2007 fiscal year)



	(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19年度(2007)	1,470,205	2,415,721	14,178	239,450	478,600	4,618,154
平成18年度(2006)	1,447,491	2,422,618	15,430	105,191	521,300	4,521,030
平成17年度(2005)	1,374,411	1,982,397	18,090	80,620	542,900	3,998,418
平成16年度(2004)	1,341,540	2,162,225	13,180	69,574	466,200	4,052,719
平成15年度(2003)	1,502,097	2,130,210	21,950	149,079	348,500	4,151,836
平成14年度(2002)	1,527,173	2,237,894	6,584	61,352	344,700	4,177,703
平成13年度(2001)	1,571,857	2,095,185	14,376	112,369	258,000	4,051,787

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20年度採用可能数は、以下のとおりである。なお、()内は客員。
FY2008 Number of staffs (): visiting staff

	教授 Professors	准教授 Associate Professors	助教 Research Associates	技術職員 Technical Associates	事務職員(柏地区全体) Administrative Officials	合計 Total
定 員 Number of staffs	24 (3)	28 (3)	38	35	73	198 (6)

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指としている。当部門は現在7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、遷移金属酸化物、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を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、高圧下における物質合成や構造解析、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 seven 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 oxides, heavy electron systems, f-electron compounds and organic conductors. Here, various advanced experimental techniques are employed, such as high-pressure synthesis, structural characterization, transport, magnetic and calorimetric measurements, nuclear magnetic resonance and optical measurements.

教授 Professor	八木 健彦 Takehiko YAGI	助教 Research Associate	岡田 卓 Taku OKADA
教授 Professor	瀧川 仁 Masashi TAKIGAWA	助教 Research Associate	吉田 誠 Makoto YOSHIDA
教授 Professor	榊原 俊郎 Toshiro SAKAKIBARA	助教 Research Associate	田山 孝 Takashi TAYAMA
		助教 Research Associate	三田村 裕幸 Hiroyuki MITAMURA
准教授 Associate Professor	田島 裕之 Hiroyuki TAJIMA	助教 Research Associate	松田 真生 Masaki MATSUDA
准教授 Associate Professor	森 初果 Hatsumi MORI	助教 Research Associate	高橋 一志 Kazuyuki TAKAHASHI
准教授 Associate Professor	中辻 知 Satoru NAKATSUJI	助教 Research Associate	松本 洋介 Yousuke MATSUMOTO
特任講師 Project Assistant Professor	大串 研也 Kenya OHGUSHI	教務職員 Technical Associate	村山 千壽子 Chizuko MURAYAMA
教授（外国人客員） Visiting Professor	ペトロビッチ チャドミール Cedomir PETROVIC	技術専門職員 Technical Associate	後藤 弘匡 Hirotada GOTO
教授（外国人客員） Visiting Professor	エルメッツ ミハイル Mikhail EREMETS		

八木研究室

Yagi Group



八木 健彦
Takehiko YAGI
教授
Professor

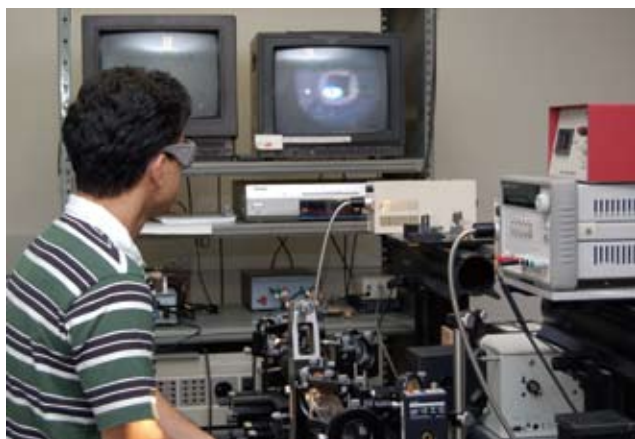


岡田 卓
Taku OKADA
助教
Research Associate

100 万気圧、数千度を越す超高压高温状態を実験室内で発生させ、さまざまな物質の極限条件下における結晶構造や物性を研究するとともに、高圧力を利用した新物質の探索や、地球・惑星深部物質の研究を行っている。

圧力は温度と共に物質の状態を変化させるもっとも基本的なパラメータのひとつである。宇宙には超高压から超低压（超高真空）まで広い圧力の世界が広がっており、物質はその置かれた圧力に応じてその姿を大きく変える。

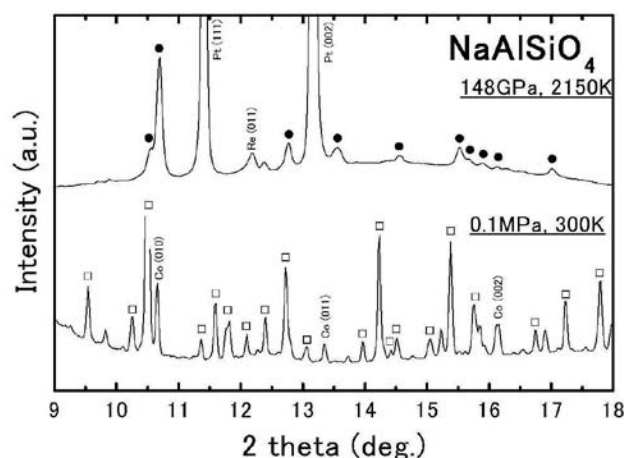
1 気圧下でわれわれが見ている「物質」は、それが本来持つ多様な側面のひとつに過ぎず、物質の真の理解には広い圧力領域での研究が不可欠である。本研究室では、超高压高温下における X 線回折実験や物性実験、回収試料の電子顕微鏡観察などを通して、物質の多様な姿を明らかにすると共に、高圧力を利用して、常圧下では作ることができない新しい物質を合成したり、地球や惑星の深部に存在すると考えられている物質の構造や性質を明らかにする研究を推進している。



レーザー加熱ダイヤモンドアンビル装置を用いた超高压高温実験の様子。2 個のダイヤモンドに挟んで 100 万気圧を越す圧力を加えた試料に、YAG レーザー光を照射し数千℃まで加熱する。

High pressure and high temperature experiment using laser-heated diamond anvil apparatus. A sample is squeezed between two diamonds and heated up to several thousand degrees by YAG laser irradiation.

High-pressure and high-temperature conditions, more than 100 GPa and up to several thousand degrees, are created in the laboratory and properties of materials under these extreme conditions are studied. Pressure is one of the most basic parameters that controls property of materials. In the universe, very wide range of pressure conditions exist and materials change their properties dramatically depending on the pressure. What we know about materials at ambient condition are only a very small portion of the entire property. For better understanding of materials, we are carrying out high *P-T* in-situ X-ray diffraction, as well as other physical property measurements, and electron microscopy of recovered samples. Synthesis of new materials using high-pressure conditions, and the study of the Earth's deep interior are also carried out.



約 150 万気圧で観測された NaAlSiO_4 の粉末 X 線回折パターンで、加圧・加熱に伴い、さまざまな変化が観察された。シンクロトロン放射光を用いることにより、超高压下でも精密に結晶構造や格子を決定することができる。

High pressure in situ X-ray diffraction pattern of NaAlSiO_4 obtained at about 150 GPa. Various changes of the diffraction are found up to this pressure. Combination with synchrotron radiation made it possible to get high quality data under these extreme conditions.

研究テーマ Research Subjects

1. 酸化物や金属、地球・惑星深部物質等の超高压高温下における相転移や物性の研究
Studies on phase transformation of oxides, metals and Earth's deep materials under high pressure and temperature
2. 高圧環境を用いた新物質の探索研究
Synthesis of new materials using high-pressure conditions
3. 超高压高温実験技術の開発
Development of high pressure and temperature experimental techniques

瀧川研究室

Takigawa Group



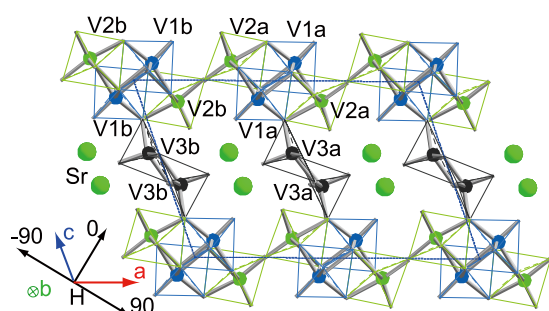
瀧川 仁
Masashi TAKIGAWA
教授
Professor



吉田 誠
Makoto YOSHIDA
助教
Research Associate

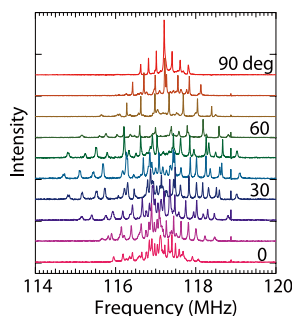
核磁気共鳴法（NMR）を主な実験手段として、固体内の強い電子間相互作用に起因する現象を研究している。強相関電子系では、超伝導、強（反強）磁性、電荷秩序、軌道秩序といった多彩な秩序状態が拮抗しており、磁場・圧力などの外的条件を変えることでこれらの間の量子相転移が起こり得る。原子核は固有の磁気モーメントや電気四重極モーメントを持っており、これらは周囲の電子が作る磁場や電場勾配を感じている。このためNMRは、固体内電子のスピン、電荷、軌道などの自由度が絡み合っ

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.



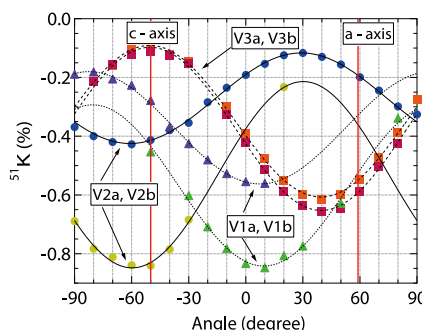
金属絶縁体転移を示す擬1次元伝導体 β - $\text{Sr}_{0.33}\text{V}_2\text{O}_5$ の高温金属相における結晶構造。 b 軸方向に2倍周期でSrが秩序化することにより、6種類のバナジウムサイトが生じる。

The crystal structure of the high temperature metallic phase of the quasi one-dimensional conductor β - $\text{Sr}_{0.33}\text{V}_2\text{O}_5$, which exhibits a metal-insulator transition. Ordering of Sr atoms doubling the periodicity along the b -axis results in six inequivalent vanadium sites.



上田寛研究室（物質設計評価施設）で合成された針状単結晶から得られた190Kにおける高温金属相の ^{51}V NMRスペクトル。10.5 テスラの磁場を ac 面内で回転したときの変化を示す。一つのサイトの共鳴線は電気四重極相互作用により7本に分裂する。

^{51}V NMR spectra at $T=190$ K (high temperature metallic phase) obtained from a needle-shape single crystal synthesized in the Y. Ueda's laboratory (Materials Design and Characterization Laboratory). Magnetic field of 10.5 T was rotated in the ac -plane. A single site yields seven resonance lines split by the electric quadrupole interaction.



190K におけるナイトシフトの角度依存性。 b 方向に隣り合うサイトの間に顕著なシフトの違いがあり、金属相であるにも関わらず、電荷分布の大きな濃淡が伝導軸方向に存在することを示している。

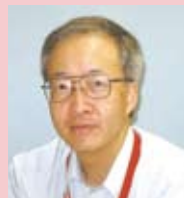
Angular dependence of the Knight shift at $T=190$ K. The pronounced difference of the Knight shift between the two sites neighboring along the b -axis indicates a large modulation of electronic charge distribution along the conducting direction even in the metallic phase.

研究テーマ Research Subjects

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

榊原研究室

Sakakibara Group



榊原 俊郎
Toshiro SAKAKIBARA
教授
Professor



田山 孝
Takashi TAYAMA
助教
Research Associate



三田村 裕幸
Hiroyuki MITAMURA
助教
Research Associate

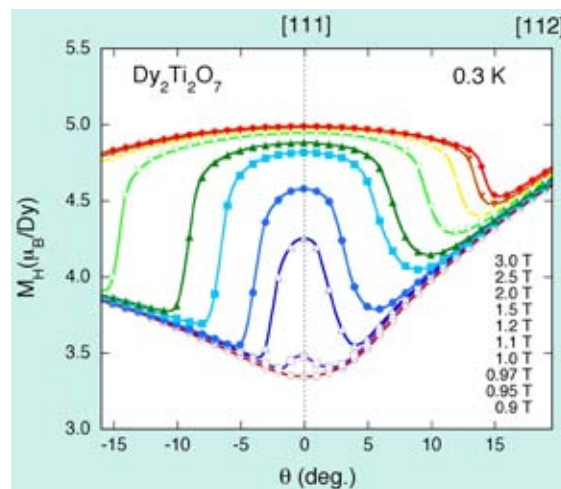
物質の示す磁気現象は広い温度範囲にわたっている。その中で重い電子系などある種の物質系では1ケルビンよりも遙かに低い温度領域で興味深い性質を示す場合がある。このような温度領域では通常の磁気測定手段を適用することが困難なため未開拓の課題も多く、新しい物性現象が期待される。当研究室ではこのような低い特性温度を持つ様々な物質系の磁気物性の研究を行っている。具体的にはf電子化合物や重い電子系、量子スピン系およびフラストレートスピン系などが研究対象で、磁化や比熱測定を主な実験手段として研究している。この目的のために、我々は30ミリケルビンの極低温まで磁化測定が可能な高感度の磁力計や、様々な磁気異方性の検出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



極低温ファラデー磁力計に用いるキャパシタンス荷重計。最低温30 mKで15 Tまでの磁化測定が可能である。

Force-sensing capacitance cell used for the low temperature Faraday magnetometer. Magnetization measurements can be done at low temperatures down to 30 mK and in magnetic fields up to 15 T.

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



角度分解磁化測定装置で測定したスピナイス化合物 $\text{Dy}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ の0.3Kにおける磁化の磁場方向依存性。[111]方向を中心に、アイスルールを破るスピントリップ転移が観測されている。

Field angle dependence of the magnetization of the spin-ice compound $\text{Dy}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ obtained at 0.3 K by an angle-resolved magnetization measurement system. Ice-rule breaking spin flip transitions can be seen around the [111] direction.

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. 希土類化合物における多重極秩序
Multipole orderings in f electron systems
3. フラストレートスピン系の基底状態
Ground state properties of geometrically frustrated spin systems
4. 量子スピン系の基底状態
Ground state properties of quantum spin systems

田島研究室

Tajima Group



田島 裕之
Hiroyuki TAJIMA
准教授
Associate Professor



松田 真生
Masaki MATSUDA
助教
Research Associate

分子集合体（特に有機薄膜および有機伝導体結晶）を対象とした電子物性の研究を行っている。

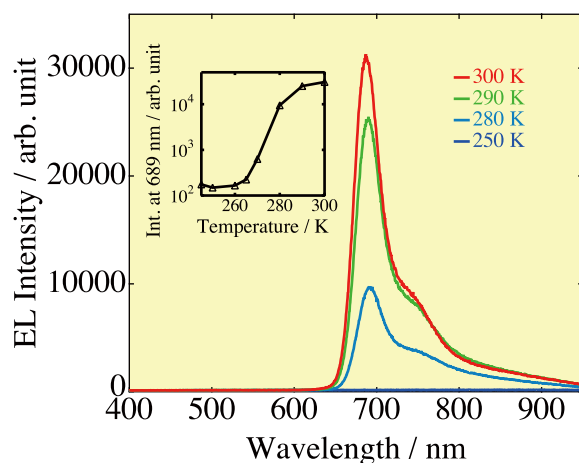
有機薄膜の研究では、特に MIM (Metal-Insulator-Metal) 接合に興味を持っている。この接合は、最も単純なナノデバイスであるとともに、電界発光、光起電力をはじめとする各種現象が知られている。また接合に用いる金属、有機薄膜の種類を代えることにより、無限のバリエーションが可能である。生体関連物質、スピントロニクスオーバー錯体、ポルフィリン化合物を用いた、光起電力や電界発光の実験を行っている。

有機伝導体結晶の研究では、伝導性鉄フタロシアニン塩およびその関連物質を中心に、巨大負磁気抵抗の起源を探る実験を行っている。

Our main subject is electrical properties on molecular assemblies especially on organic thin films and conducting molecular crystals.

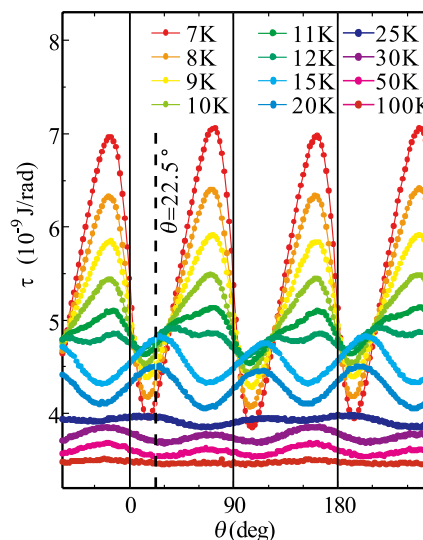
Organic thin films: In this subject, we are especially interested in MIM (Metal-Insulator-Metal) junction. In spite of its simple structure, MIM junction exhibits various interesting phenomena, such as electroluminescence, photovoltaic effect. By changing insulating material and metal electrodes, tremendous variations are possible in this device. Now, we are intensively studying MIM junctions with insulating layers of biomolecules, spin-crossover complexes, and porphyrin complexes using various experimental techniques.

Conducting molecular crystals: We are interested in charge-transfer salts of iron phthalocyanine and their derivatives. We found giant negative magnetoresistance in this system in 2000. We are studying their magnetic and electrical properties in order to clarify the origin of this phenomenon.



ITO/chlorophyll *a*:[Fe(dpp)₂](BF₄)₂/Al の接合デバイスの電界発光スペクトルの温度依存性（印加電圧 3.5V）。内挿図は、689 nm の電界発光強度の温度依存性。

Electroluminescence spectra of the ITO/chlorophyll *a*:[Fe(dpp)₂](BF₄)₂/Al device at different temperatures under the applied voltage of 3.5 V. The inset shows the temperature dependence of the EL intensity at 689 nm.



TPP[FePc(CN)₂]₂ の磁気トルクの温度依存性。12 K と 25 K のトルクカーブの反転は磁気転移による。

Magnetic Torque of TPP[FePc(CN)₂]₂ salt. The inversions of torque curve at 12 K and 25 K are due to magnetic transitions.

研究テーマ Research Subjects

1. 有機光起電力デバイスの作成および物性測定
The fabrication and characterization of organic photovoltaic devices
2. 有機発光ダイオードの作成および物性測定
The fabrication and characterization of organic light-emitting diode
3. 電導性フタロシアニン錯体の作成および物性測定
The synthesis and characterization of conducting charge-transfer crystals of phthalocyanine

森研究室

Mori Group

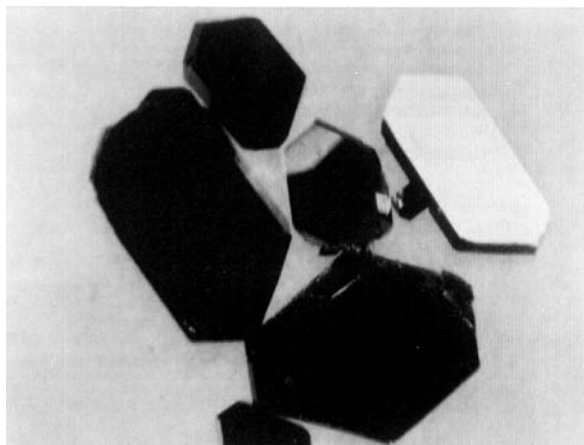


森 初果
Hatsumi MORI
准教授
Associate Professor



高橋 一志
Kazuyuki TAKAHASHI
助教
Research Associate

分子性導体、磁性体および誘電体などの機能性分子性物質の開発とその構造、物性の研究を行っている。分子性物質の魅力は、1) 数百万種あると言われている分子が単位であるため、物質が非常に多様であること、2) その分子および分子間相互作用が設計・制御可能であること、3) 分子は非常に柔らかいため圧力応答が大きく、分子を媒介として電子-格子相互作用が大きいこと、4) 特に伝導体で電子間相互作用（電子相関）が大きく、伝導性に加え、スピンの顔を出した磁性が表に現れることなどが挙げられる。我々も、分子をデザインすることにより分子間相互作用および電子相関など物性パラメータを少しずつ変化させて、電荷、格子、スピンの加え、分子の自由度が現れる、分子性物質ならではの面白い機能性を研究している。最近、化学修飾した分子の形状と電子相関のため現れるチェッカーボード型電荷秩序相と、圧力下で超伝導相が競合する新しい有機超伝導体（図参照）を見出した。

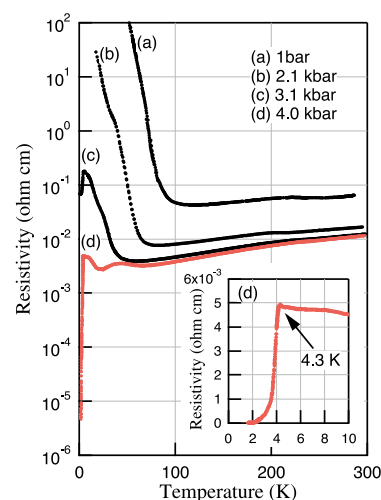


定電流電解法で作成した有機超伝導体 $[\kappa\text{-ET}_2\text{Cu}(\text{NCS})_2]$ の単結晶

Organic superconductor $[\kappa\text{-ET}_2\text{Cu}(\text{NCS})_2]$ prepared by the electrocrystallization method

The development and structural and physical properties for molecular functional materials like molecular conductors, magnets, and dielectrics have been studied. The attractive points of molecular materials are 1) that there is a variety of materials since a few million kinds of molecules have been synthesized so far, 2) that molecules and intermolecular interactions are designable and controllable, 3) that large response of external pressure and electron-phonon coupling are observed due to softness of molecules, and 4) that large Coulomb interactions (electron correlation) induce the magnetism as well as conductivity in molecular conductors.

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



新規有機超伝導体 $\beta\text{-(meso-DMBEDT-TTF)}_2\text{PF}_6$ の電気抵抗の圧力依存性。常圧下、90 K で金属-絶縁体転移を起こすが、加圧と共に転移温度が降下し、4.0 kbar 下、4.3 K で超伝導転移を起こす。

Electrical resistivities under pressures for new organic superconductor, $\beta\text{-(meso-DMBEDT-TTF)}_2\text{PF}_6$. The metal-insulator transition occurs at 90 K at 1 bar. By applying pressure, the transition was suppressed, and superconductivity was found at 4.3 K under 4.0 kbar.

研究テーマ Research Subjects

1. 新規有機伝導体および超伝導体の開発と構造・物性評価
Development and structural and physical properties of new organic conductors and superconductors
2. 有機-無機ハイブリッド磁性伝導体の開発と構造・物性評価
Development and structural and physical properties of organic-inorganic hybrid magnetic conductors
3. 有機物質と金属錯体の誘電応答の研究
Study of dielectric response of organic materials and metal complexes

中辻研究室

Nakatsuji Group



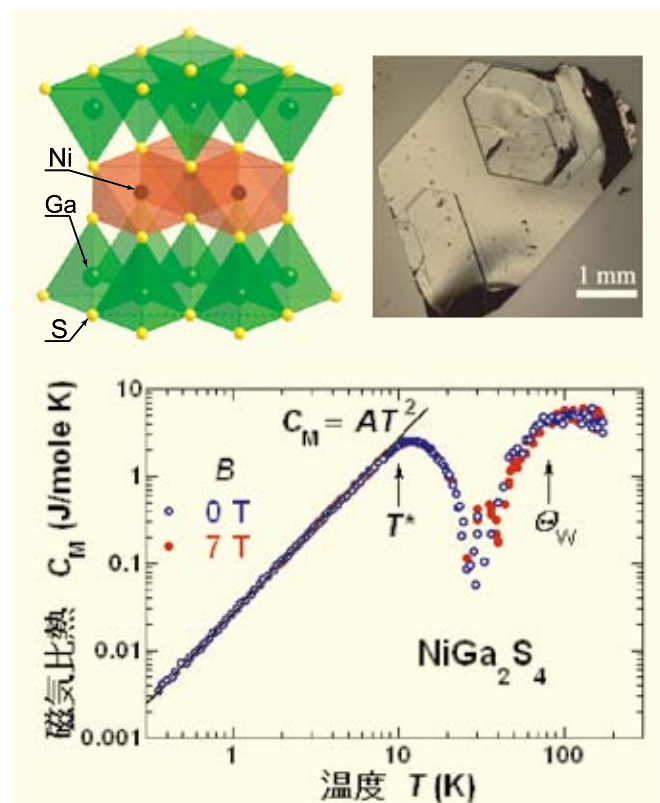
中辻 知
Satoru NAKATSUJI
准教授
Associate Professor



松本 洋介
Yousuke MATSUMOTO
助教
Research Associate

物性物理学のフロンティアは、新しい物理現象の発見にある。なかでも、現代の電子・情報社会を支える材料としての無機物質から、物質中の 10^{23} 個もの電子が相互作用して創り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る。私達は、特に遷移金属化合物や、重い電子系と呼ばれる金属間化合物の新物質開発に取り組み、量子相転移近傍に現れる新しいタイプの超伝導・スピン液体状態、磁性金属におけるベリー位相の効果、従来型のスピン秩序を抑えることで期待される、磁性半導体での新しい量子スピン状態などに注目して研究を進めている。

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



私達が開発した2次元三角格子磁性半導体 NiGa_2S_4

(左上) 2次元性の強い結晶構造。(右上) 結晶構造を反映した六角形の単結晶。

(下) 磁気比熱の温度依存性。ワイス温度 $\Theta_W = 80$ K に対応する比熱のピークに加え、低温 $T^* = 10$ K で現れるもう一つのピークは、新しいスピン状態の形成を示す。

Two-dimensional magnetic semiconductor NiGa_2S_4 developed in our group. (Top left) Strongly two-dimensional crystal structure. (Top right) Hexagonal shaped single crystal. (Bottom) Temperature dependence of the magnetic specific heat. In addition to the conventional peak at the Weiss temperature of 80 K, the unusual peak at 10 K indicates the formation of the novel spin state at low temperatures.

研究テーマ Research Subjects

1. 量子相転移近傍での新しい超伝導と金属スピン液体状態
Exotic Superconductivity and metallic spin liquid states near quantum phase transitions
2. 磁性金属におけるベリー位相の効果
Berry phase effects in magnetic metals
3. 2次元磁性半導体での量子スピン状態
Quantum spin states in two-dimensional magnetic semiconductors

大串研究室

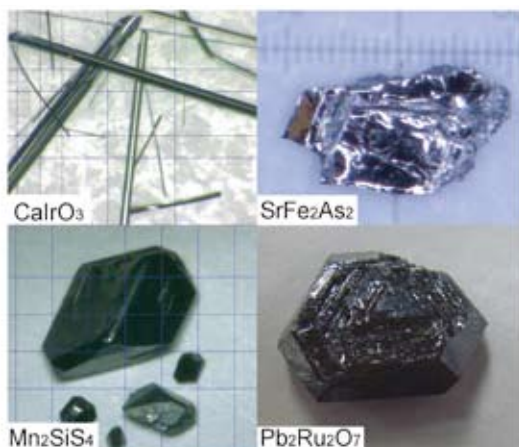
Ohgushi Group



大串 研也
Kenya OHGUSHI
特任講師
Project Assistant Professor

物質合成と物性測定を通して、電子相関効果に起因する新奇な現象を示す物質を探索し、その物性発現の微視的機構を解明している。

電子間に強い相互作用が働く場合、各々の電子はその個性を失い、互いの関係性を重視した多体状態を形成する。このような強相関量子液体は、超伝導体における零抵抗や量子ホール液体における分数電荷などの不思議な性質を示す。我々は、新たな強相関量子液体の創製を目指して、酸化物、カルコゲン化物、金属間化合物の純良試料を育成し、それらの電気的、磁氣的、光学的性質を調べている。同時に、地球科学で重要となる新鉱物の探索や、工学的応用を視野に入れた物質開発も行うなど、学際的な研究を推進している。最近の成果として、ポストペロブスカイト型酸化物 $\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_x\text{IrO}_3$ における金属絶縁体転移の発見が挙げられる。

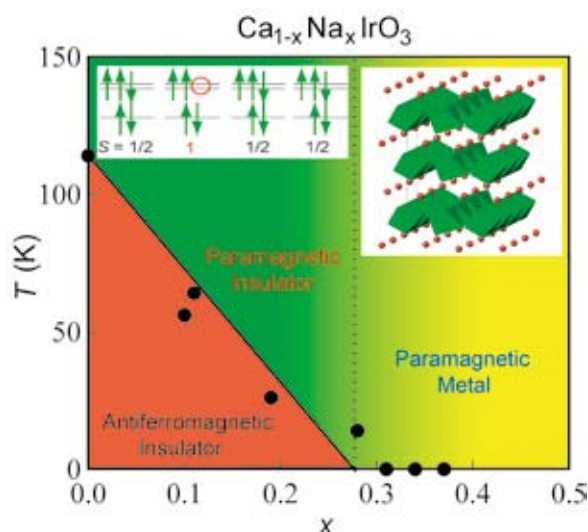


強相関電子物質の単結晶。電荷注入により金属絶縁体転移を示すポストペロブスカイト型酸化物 CaIrO_3 、高温超伝導体の母物質 SrFe_2As_2 、温度-磁場平面で新奇な多重臨界現象を示すオリビン型硫化物 Mn_2SiS_4 、反転対称性の破れた金属 $\text{Pb}_2\text{Ru}_2\text{O}_7$ 。

Single crystals of correlated electron materials. CaIrO_3 post-perovskite, which exhibits the metal-insulator transition upon carrier doping, SrFe_2As_2 , which is a parent compound of the high-temperature superconductor, Mn_2SiS_4 , which exhibits a novel multicritical phenomena, and $\text{Pb}_2\text{Ru}_2\text{O}_7$, which is a polar metal.

Our group is focused on an exploratory synthesis and characterization of strongly correlated materials, which exhibit novel quantum phenomena.

When electrons interact strongly with each other in a solid, they form a many-body state, where each electron no longer behaves as an individual electron. This many-body state often shows intriguing phenomena such as zero resistance in superconductors and the fractionalized charge in quantum Hall liquids. In order to search for a new quantum state in a matter, we synthesize oxides, chalcogenides, and intermetallics, and investigate their electric, magnetic, and optical properties. Our interests extend from search for a new mineral into development of new functional materials. Our recent achievement is the finding of a new metal-insulator transition system $\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_x\text{IrO}_3$.



金属絶縁体転移を示す $\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_x\text{IrO}_3$ の温度-Na 量 (T - x) 平面における電子相図。左挿入図: Ir の t_{2g} 軌道における電子配置。右挿入図: ポストペロブスカイト構造。

The electronic phase diagram for $\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_x\text{IrO}_3$ ($0 \leq x \leq 0.37$) within a temperature-Na content (T - x) plane. Left inset: Schematic view of the electron configuration among the t_{2g} orbitals. Right inset: The post-perovskite structure.

研究テーマ Research Subjects

1. 高圧合成法を用いた新物質開発
Synthesis of new materials by using high-pressure apparatus
2. 強相関電子物質の物性解明
Studies on electronic properties of correlated electron materials
3. 放射光を用いた結晶構造と磁気構造の解明
Structural analysis by using synchrotron radiation

ペトロビッチ研究室

Petrovic Group



ペトロビッチ チャドミール
Cedomir PETROVIC
外国人客員教授
Visiting Professor

我々の研究テーマは単結晶育成を主軸とした新しい電子関連物質の合成と物性解明である。特に、強相関効果としての大きな有効質量をもつ準粒子で特徴づけられる、重い電子系物質群を取り扱う。このような電子系においては、競合効果として磁気相に近接した非従来型超伝導など様々な協力現象が現れることに大変興味が持たれる。

ここでは最近物性研で発見された、Yb 化合物の重い電子系としては初の超伝導体である β -YbAlB₄ を取り上げた。相の安定性を調べ結晶のサイズを大きくすることにより中性子散乱による磁気励起等の研究を可能にし、さらに、期待される非従来型の超伝導機構の解明につなげることを目的として研究を行った。その結果、結晶成長のための熱力学的条件を明らかにし、特に類縁物質である α -YbAlB₄ を β -YbAlB₄ とは独立に単相として合成する手法を確立した。この方法を発展させることで、より大型の単結晶を育成すること、また、化学的置換により物性のコントロールが可能になると期待される。また、YbB₄ の結晶のみならず、Ce 系として新しい 3 元素の物質である CeFe₅P₃ と CeSn₂C の合成に成功し、現在、その物性解明の研究を遂行している。

Our work concentrates on exploratory synthesis and characterization of correlated electron materials, emphasizing single crystal growth. In particular, heavy fermion metals exhibit strong electron correlations and large quasiparticle masses. Competing interactions in such electronic systems give rise to variety of cooperative phenomena, including unconventional superconductivity in the vicinity of magnetic phase.

The focus of our study was the first Yb-based heavy fermion superconductor β -YbAlB₄, which was discovered at ISSP. Effort was made to investigate conditions for phase formation and enhancement of crystal size. Since mechanism of Cooper pairing is unlikely to be phonon-based, goal of these studies was to provide materials base for future experimental investigations of magnetic excitations by neutron scattering. Our main result is separation of thermodynamic conditions for crystal growth: using different synthesis method, closely related α -YbAlB₄ phase was isolated and separated from β -YbAlB₄. This result enables not only larger crystalline size, but also reliable perturbation of electronic system by chemical doping. In addition, crystals of YbB₄ were grown as well as new Ce-based ternary compounds CeFe₅P₃ and CeSn₂C whose properties are being investigated.

エルメッツ研究室

Eremets Group



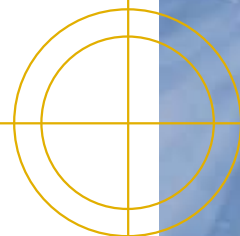
エルメッツ ミハイル
Mikhail EREMETS
外国人客員教授
Visiting Professor

我々は最高 300GPa (約 300 万気圧) までの静的圧力下で、ダイヤモンドアンビル装置を用い、さまざまな化学的手法や X 線回折法により物質の研究を行ってきた。またダイヤモンドアンビル装置でもっとも困難な実験 — 電気伝導度測定 — も行い、多くの金属元素や単純な化合物が圧力誘起の超伝導転移を起こすことを見いだした。最近金属水素のモデル物質となる SiH₄ のような水素に富んだ物質の研究に集中し、金属化転移や超伝導転移を観察した。この研究で重要な問題は、電子伝導と相補的なイオン (プロトン) 伝導を測定することによって、水素の副格子の振る舞いを明らかにすることである。イオン伝導の測定法は高压では確立されていないが、研究すべき重要な問題が、水やアンモニア、水素化物や他の系などたくさんあることが明らかになった。今回の 3 ヶ月の滞在の間に、まず代表的なイオン伝導体である AgI の測定から始めて、他の物質への研究を展開する予定である。もう一つの研究方向として、八木研究室でよく確立されている手法を用いて、金属窒化物の超高圧下における合成と研究も行う予定である。

We study matter at the highest static pressures up to 300 GPa (3 million atmospheres) in diamond anvil cell with various optical and X-ray diffraction methods. We also developed to the highest pressures one of the most difficult technique for diamond anvil cells – electrical conductivity measurements – and found a number of high-pressure-induced elemental metals and simple compounds showing a significant superconductivity. Recently we focused on hydrogen-dominant materials such as SiH₄ which might be a model metallic hydrogen, and observed metallization and superconductivity. An important issue is study of the hydrogen sublattice, in particular, by measuring ionic (proton) conductivity complementary to electronic conductivity. It turned out that ionic conductivity techniques is not developed at high pressures while there are many important problems to study: ionic conductivity in water, ammonia, hydrides and many other systems. During the present three months stay we start with measuring of ionic conductivity in a model ionic compound AgI, and then will study other compounds. In second direction, we will synthesize and study metal nitrides with the methods well developed in the Yagi's laboratory.

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 topics of research, individual members employ calculation techniques in accordance with their expertise and taste, but as a whole, the theory group covers virtually all modern theoretical methods, ranging from sophisticated analytical techniques in mathematical physics and formal many-body theory to large-scale numerical computations, 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 Professor	上田 和夫 Kazuo UEDA
教授 Professor	高田 康民 Yasutami TAKADA
教授 Professor	押川 正毅 Masaki OSHIKAWA
教授 Professor	常次 宏一 Hirokazu TSUNETSUGU
准教授 Associate Professor	甲元 真人 Mahito KOHMOTO
准教授 Associate Professor	杉野 修 Osamu SUGINO
准教授 Associate Professor	加藤 岳生 Takeo KATO
准教授（客員） Visiting Associate Professor	柴田 尚和 Naokazu SHIBATA
教授（外国人客員） Visiting Professor	サビアノフ レナット Renat SABIRYANOV
教授（外国人客員） Visiting Professor	ジトミルスキー マイケル Michael ZHITOMIRSKY

助教 Research Associate	藤井 達也 Tatsuya FUJII
助教 Research Associate	前橋 英明 Hideaki MAEBASHI
助教 Research Associate	大久保 潤 Jun OHKUBO
助教 Research Associate	服部 一匡 Kazumasa HATTORI
助教 Research Associate	佐藤 昌利 Masatoshi SATO
助教 Research Associate	内海 裕洋 Yasuhiro UTSUMI

上田和夫研究室

K. Ueda Group



上田 和夫
Kazuo UEDA
教授
Professor



藤井 達也
Tatsuya FUJII
助教
Research Associate

銅酸化物高温超伝導体あるいは重い電子系などにおける磁性と超伝導の解明は、強相関電子系の問題と呼ばれ、物性物理学の基本的課題である。最近当研究室で取り上げている研究テーマは以下のようなものである。

量子相転移の最も簡単で典型的な例は、スピン系の秩序無秩序転移である。最近われわれのグループで理論研究を展開した対象としては、二次元直交ダイマーハイゼンベルグ模型の量子相転移、素励起、磁化過程がある。また、三次元系では、パイロクロア格子上的のハイゼンベルグ格子を考察し、その疑似縮退が解けていく過程におけるスピン・格子相互作用の重要性を明らかにした。

近年βパイロクロア化合物で超伝導が発見されたが、この物質では籠状構造中にあるアルカリイオンの非線形格子振動が重要な役割をしていると考えられる。この物質系における電気抵抗、核磁気緩和率の特異な温度依存性が非線形格子振動によるものとして理解できることを明らかにした。

量子ドットの輸送現象は、メゾスコピック系における多体効果として大変興味深い。最近非平衡条件下における近藤輸送現象について、理論的研究を進め、久保公式を非平衡定常状態に一般化し、ショットノイズが電荷-電流の相関関数で与えられることを明らかにした。また、非平衡定常状態の電流を時間依存の密度行列繰り込み群を用いて直接計算し、近藤輸送現象の数値的研究を進めている。

共鳴準位を持つ光空洞を二次元正方格子に並べたシステムでは超流動・絶縁体転移が起きる。共鳴の程度 (Δ) と光空洞間の結合 (t) 平面での相図。

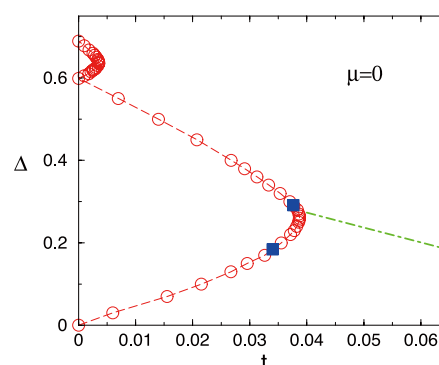
Phase boundary between the insulating and superfluid ground states in the (t, Δ) plane for polariton chemical potential $\mu=0$ by Jize Zhao *et al.*

Strongly correlated electron systems which include high- T_c cuprates and heavy-fermion compounds is one of the central issues in the condensed matter physics.

The simplest and most typical example of the quantum phase transitions is the order-disorder transition in quantum spin systems. The orthogonal dimer Heisenberg model for $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ has been studied and various unusual properties are found: the exact dimer ground state, almost localized triplet excitations and magnetization plateaus. The $S=1$ Heisenberg model on the pyrochlore lattice was also studied and importance of spin-lattice coupling to lift the degeneracy is pointed out.

New superconductive materials were discovered in β -pyrochlore compounds. A unique feature of this system is a strongly anharmonic lattice vibrations of ions in cages. We have shown that unusual temperature dependence of resistivity and NMR relaxation rate originates from the unharmonic lattice vibrations.

Transport phenomena through quantum dots define an interesting many-body problem in a mesoscopic system. We have succeeded in generalizing the Kubo formula into nonequilibrium situations, which leads to a new theoretical definition of the shot-noise. Concerning numerical study of Kondo transport, a direct method to calculate current with the time-dependent DMRG has been developed.



研究テーマ Research Subjects

1. 重い電子系のミクロな理論
Microscopic Theory of heavy Fermion systems
2. 銅酸化物高温超伝導体の理論
Theory of high T_c superconductivity
3. フラストレーションの強いスピン系における量子相転移
Quantum phase transitions in spin systems with strong frustration
4. スピンと軌道の結合した系の量子臨界現象
Quantum critical behaviors in spin-orbit coupled systems
5. 量子ドットにおける近藤輸送現象
Kondo transport phenomena through quantum dots

高田研究室

Takada Group

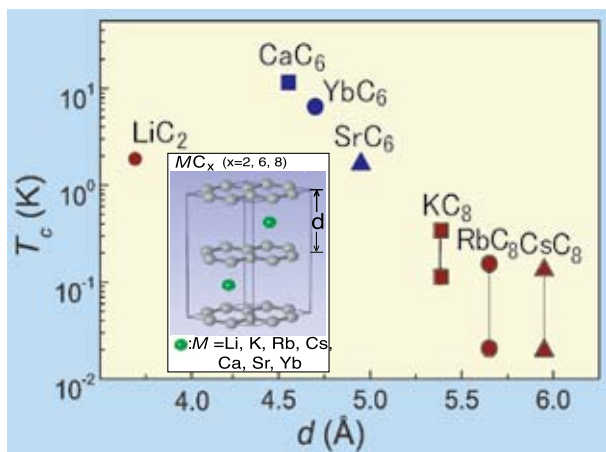


高田 康民
Yasutami TAKADA
教授
Professor



前橋 英明
Hideaki MAEBASHI
助教
Research Associate

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、原子核電子複合系を第一原理に忠実に解明する手段として密度汎関数理論やそれを越える理論体系（自己エネルギー改訂演算子理論と名付けた）を整備し、それを土台にこの系の量子物性を多角的に調べている。特に、高温超伝導機構の理論にしても、この線に沿った形で解明されない限り最終結論は得られないと考え、電子フォノン強結合性と電子相関との競合に注目しつつ、それらを共に取り入れた理論の完成に向けて、それに必要な各要素の基盤固めを行っている。



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 are constructing a theoretical framework for solving this system faithfully from first principles, culminating in the self-energy revision operator theory (SEROT) that may supersede the density functional theory in the future. Some practical approximations to SEROT are invented to investigate the properties of the nucleus-electron complex system from various aspects. Specifically, we surmise that a final resolution will be obtained for the microscopic mechanism of high- T_c superconductivity only by the investigation along this line. Currently we do some basic works for the completion of such a theory for superconductivity with paying special attention to the competition between the attraction due to electron-phonon interactions and the repulsion due to electron-electron Coulomb interactions.

金属 M を層間に挿入したグラファイト MC_x ($x=2, 6, 8$) の超伝導転移温度 T_c を層間距離 d の関数としてプロットしたもの。 T_c は 3 桁以上変化するが、 M に由来する極性フォノンと結合した 3 次元電子ガス模型における超伝導として、これらの T_c は全て第一原理計算で再現される。

Superconducting transition temperature T_c as a function of the layer distance d for the graphite intercalation compounds MC_x ($x=2, 6, 8$). These values of T_c ranging more than three orders of magnitude are reproduced by first-principles calculation of T_c for superconductivity in the three-dimensional electron gas coupled strongly with polar phonons associated with the metal ion M .

研究テーマ Research Subjects

1. 自己エネルギー改訂演算子理論：交換相関効果と外部 1 体ポテンシャルに応じたその発現様式
Self-energy revision operator theory: Exchange-correlation effects and their manifestation according to external one-body potentials
2. 時間依存密度汎関数理論：不均一電子ガス系の動的応答
Time-dependent density functional theory: Dynamic properties of the inhomogeneous electron gas
3. パーテックス補正付き強結合超伝導理論：電荷スピフォノン複合系における超伝導
Strong-coupling theory for superconductivity with vertex corrections: Superconductivity in charge-spin-phonon complex systems
4. ポーラロン・バイポーラロン：ヤーンテラー系の特異性や非調和項の効果
Polarons and bipolarons: Characteristic features of a Jahn-Teller system and effects of anharmonicity
5. 量子固体：高圧下固体水素での陽子の量子ゆらぎとその電子系への影響
Quantum solids: Quantum fluctuation of protons and its effects on electrons in solid hydrogen in high pressures

押川研究室

Oshikawa Group



押川 正毅
Masaki OSHIKAWA
教授
Professor



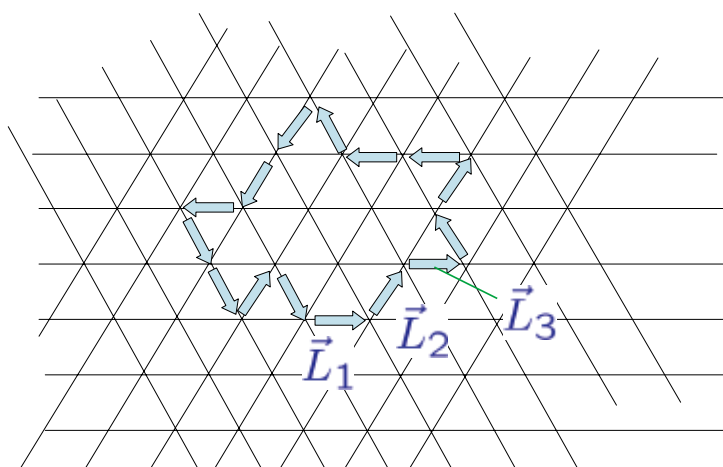
大久保 潤
Jun OHKUBO
助教
Research Associate

広範な系について成立する普遍的な概念を探求することを念頭に、量子多体系の理論を中心として研究を行っている。この際、厳密解に代表される数理的研究を、実験結果の統一的な理解や新たな実験に対する予言に有機的に関連させつつ研究を展開している。例えば、1+1次元での自由ボソン場の理論に対するさまざまな摂動を系統的に扱うことにより、磁場誘起ギャップ・電子スピン共鳴・量子細線における伝導など1次元量子系における広範な物理現象を統一的に理解することを目指している。

統計力学の基礎に関する研究も行っている。たとえば、秩序パラメータを先験的知識無しに同定するアルゴリズムの開発等を通じて、統計力学における「秩序」に関するより深い理解を得ることを目標にしている。また、複雑ネットワークや確率過程の問題に対して、統計力学や場の理論を応用した新しい手法を開発している。

We study mainly quantum many-body theory, pursuing universal concepts applicable to wide range of systems. Mathematical studies such as exact solutions are utilized in giving a unified picture on experimental data and in making new testable predictions. For example, we systematically study perturbations on the free boson field theory in 1+1 dimensions, in order to understand wide range of phenomena including field-induced gap, Electron Spin Resonance and quantum wires, in a unified manner.

We also study fundamental problems in statistical mechanics. For example, through the development of an algorithm to identify the order parameter without a prior knowledge, we are seeking a deeper understanding of the “order”. Moreover, we develop new approaches to complex networks and stochastic processes, based on statistical mechanics and field theory.



三角格子上の量子ブラウン運動を表すダイアグラム。3本の量子細線の接合は物理的には全く異なる問題であるが、同じダイアグラムで表すことができ数学的に等価な問題となる。この対応関係を用いて、量子細線の接合における新しい低エネルギー固定点を見出した。

A diagram representing the quantum Brownian motion on a triangular lattice. Junction of three quantum wires, although being a quite different physical problem, can be also represented by the same set of diagrams and is mathematically equivalent to the quantum Brownian motion. Exploiting this mapping, we have found a new low-energy fixed point for the junction problem.

研究テーマ Research Subjects

1. 低次元スピン系における電子スピン共鳴の場の理論による定式化
Field-theory formulation of Electron Spin Resonance in low-dimensional quantum spin systems
2. 共形場理論、量子ブラウン運動と量子細線の接合
Conformal field theory, quantum Brownian motion, and junction of quantum wires
3. トポロジカル秩序と分數化
Topological order and fractionalization
4. 確率過程と統計力学
Stochastic processes and statistical mechanics

常次研究室

Tsunetsugu Group



常次 宏一
Hirokazu TSUNETSUGU
教授
Professor



服部 一匡
Kazumasa HATTORI
助教
Research Associate

遷移金属化合物、希土類・アクチノイド化合物などの電子間クーロン相互作用が強い強相関電子系の物性の理論を研究している。クーロン相互作用が強い系においては、低温において興味深い磁性状態や異方の超伝導、密度波などの多種多様な物性が発現する。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。

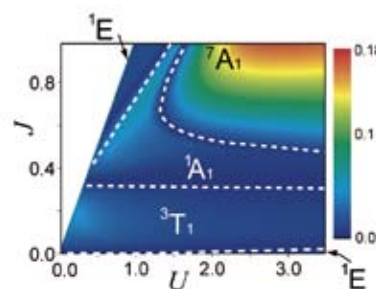
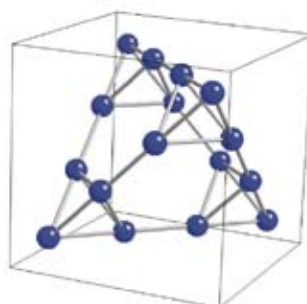
主に研究しているテーマは、スピンと電子軌道などの自由度がカップルすることによって現れる複合秩序や、フラストレーション系における新しいタイプの量子秩序である。フラストレーション系に特有の、多くのモードのソフトな揺らぎが結合している場合における秩序と臨界現象の特徴、さらには電子状態や輸送現象がどのような影響を受けるのかを調べている。最近では、大きな低温比熱や帯磁率などの重い電子的振る舞いを示す LiV_2O_4 の低エネルギー有効モデルの構築を行った。バナジウムイオンの作るフラストレートしたパイロクロア格子の正四面体クラスターの多電子基底状態がスピンと軌道の縮退をもち、低温における巨大なエントロピー残留に寄与している可能性を指摘し、スピンと軌道の相互作用がどのように電子状態に影響するかを研究している。

Strongly correlated electron systems, particularly compounds including transition-metal, rare-earth, or actinide elements, are the main subjects of our research. In these systems where electron-electron interactions are very strong, there appear a variety of interesting phenomena at low temperatures, and various magnetic orders, unconventional superconductivity and density waves are typical cases.

The present targets of our study include complex order in the systems where spin and orbital degrees of freedom are coupled, and new type of quantum order in frustrated spin systems. In particular, we study the order and critical phenomena in the systems where many soft modes of fluctuations are coupled, which is characteristic to frustrated systems, and also the effects of these anomalous fluctuations on electronic states and transport phenomena. We recently derived a low-energy effective model for LiV_2O_4 , which shows heavy-fermion behaviors such as enormous low-temperature specific heat and susceptibility. It is found that multi-electron ground states have degeneracy of both spin and orbital degrees of freedom in tetrahedron unit of frustrated pyrochlore network of vanadium ions. This degeneracy is expected to be the origin of large entropy remaining at low temperatures and we are investigating the effects of spin-orbital interactions on electronic structure.

パイロクロア格子と正四面体中の6個の電子の基底状態相図。 U と J は電子間斥力と磁気的相互作用。 3T_1 相がスピンと軌道の両方で縮退している。相図中の色は最低励起状態へのエネルギーギャップを表わす。

Pyrochlore lattice and ground-state phase diagram of six electrons in tetrahedron unit. U and J denote charge and magnetic interactions of electrons. 3T_1 phase has finite degeneracy in spin and orbital spaces. Color in the phase diagram shows the energy gap between the ground state and the lowest excited state.



研究テーマ Research Subjects

1. 強相関電子系の電子状態
Electronic states of strongly correlated electron systems
2. フラストレーション系の統計物理学
Statistical physics of frustrated systems
3. 量子磁性体の理論
Theory of quantum magnets
4. 遷移金属化合物、希土類・アクチノイド系化合物の研究
Study of transition metal compounds, rare earth compounds, and actinide systems
5. 複合自由度系の秩序と相転移
Order and phase transitions of systems with multiple degrees of freedom

甲元研究室

Kohmoto Group



甲元 真人
Mahito KOHMOTO
准教授
Associate Professor



佐藤 昌利
Masatoshi SATO
助教
Research Associate

多体系においては、相互作用によって種々の興味深い性質が現われる。例えば（高温）超伝導、磁場中の2次元電子の量子ホール効果は代表的な例である。このような比較的最近発見された現象では、摂動的な発想を基礎とした、いわゆる固体物理の伝統的な手法による理論的な解明は必ずしも成功しない例が多い。例えば量子ホール効果においては非摂動的な場の理論が大きな成果を挙げている。場の理論を含めた非摂動的な手法を開発しながら、上記の様な物性理論における基本的な問題の解明を目的とする。

In many body systems, there appear many interesting properties due to interactions. Some examples are the high- T_c superconductors and the quantum Hall effects. Traditional theoretical approaches based on the perturbation theory often fail to analyze these recently found phenomena. For example, the non-perturbative field theoretical approach succeeded in the quantum Hall effects. At present, our main subjects are the anisotropic superconductivity like high- T_c superconductor and the fractional quantum Hall effect. Our purpose is the development of the non-perturbative method including the field theory and the solution of the basic problems in physics like above.

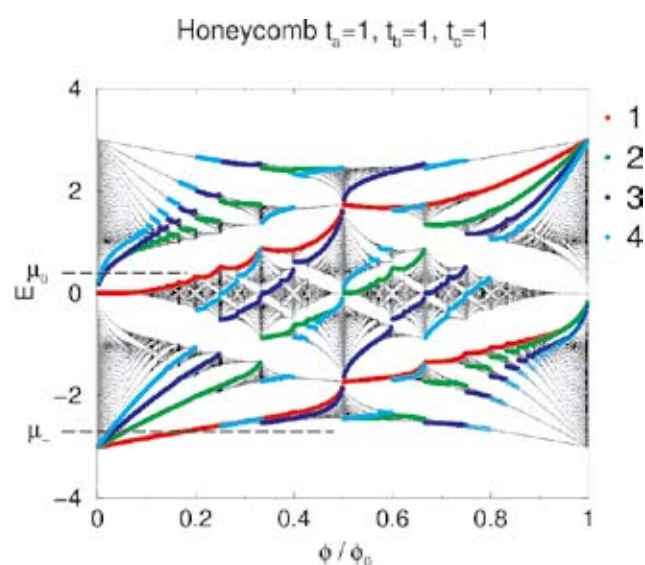


図1. ハニカム格子における磁束Φとエネルギーの関係。
図中の数字はハル伝導度を表す

Fig.1. Energy spectrum with a magnetic flux Φ in the honeycomb lattice

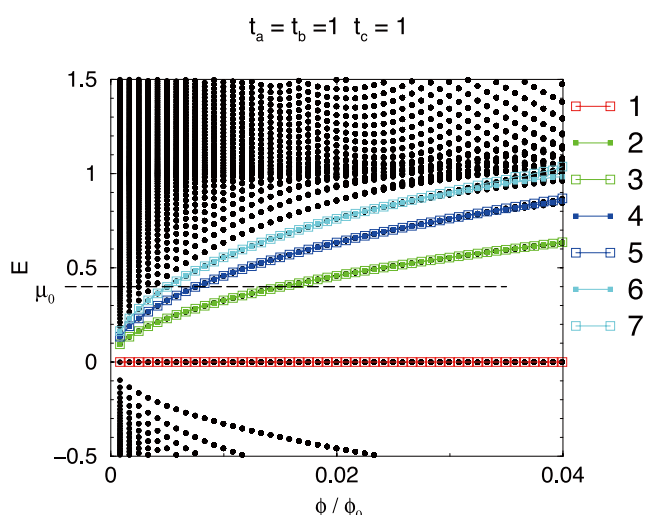


図2. 図1と同じもの。Φがゼロ付近を拡大している。
Fig.2. The same as Fig.1 for $\Phi \sim 0$.

研究テーマ Research Subjects

1. 高温超伝導
High-temperature superconductivity
2. 異方的超伝導
Anisotropic superconductivity
3. 物性における位相不変量
Topological invariants in condensed matters
4. 位相的秩序
Topological order



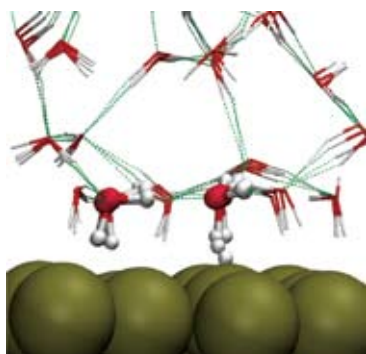
杉野 修
Osamu SUGINO
准教授
Associate Professor



吉本 芳英
Yoshinide YOSHIMOTO
助教
Research Associate

第一原理計算手法を用いてさまざまな物質の基底状態や励起状態に対して数値計算を行い、物質の新規な物性や機能性あるいは化学反応性といったものを探索するとともに、計算の高度化を目指して計算手法やアルゴリズムの開発を行っている。

今日、表面や界面などにおいて物質をナノメートルスケールで制御することが可能になった結果、物質が持ち得る物性は著しく多様化している。第一原理計算はその多様性を探るための強力な手法であり、スーパーコンピュータを用いてシュレディンガー方程式などの基本方程式を解くことにより物質の持つ新たな側面を予測することができる。本研究室ではこの第一原理シミュレーションを用いた表面・界面の構造や反応性、構造相転移などの研究を行うとともに、その適用範囲を励起状態に拡張して非断熱的な化学反応性を明らかにするための手法構築を行っている。

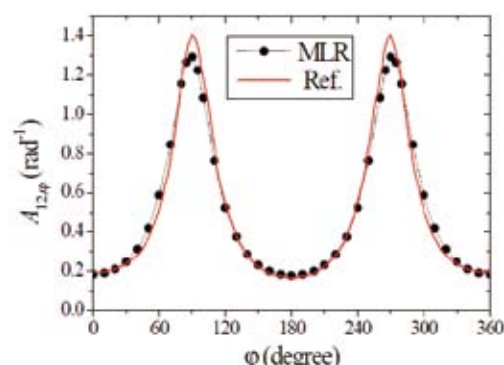


白金水界面における水の構造と過電圧下における水素発生反応の素反応 (Volmer step: $H^+ + e^- \rightarrow H_{ad}$) のシミュレーション。水の接触層に弱く捕らわれていた水素イオンが電極電子を受取り中性化しながら吸着する様子を計算から明らかにした。

Structure of water at the interface with platinum surface, and the Volmer step of the hydrogen evolution reaction ($H^+ + e^- \rightarrow H_{ad}$). The hydrogen ion weakly bound at the contact layer accepts electrons from the electrode and is adsorbed on the surface.

The first-principles simulation of the ground and excited states of materials is the main subject of our research. We are aiming at finding novel functionality or reactivity of materials by doing large-scale simulations and are also developing calculation methods/algorithms to advance the simulation tools.

These days, nanotechnology has made it possible to control the material at surfaces and interfaces, greatly extending potential of materials. As a powerful tool to investigate the potentiality paid increasing attention is the first-principles simulation, which solves the basic physics equation like Schrödinger equation numerically under realistic arrangement of atoms and molecules. Our group use this approach to study structure and reactivity at surfaces or interfaces as well as phase transitions. We also develop calculation methods to extend the frontiers of the first-principles research, e.g., non-adiabatic quantum dynamics under electronically excited systems.



NaH_2 における非断熱係数。非断熱係数は波動関数の微分に基づき定義される量であり計算が困難であったが、新しい方法を用いると精度を落とさずに計算が著しく容易になる。黒点は本計算値、赤線は文献値。

Non-adiabatic coupling of NaH_2 . This quantity is defined by the nuclear coordinate derivative of the many-body wavefunction and has been difficult to compute. Our new method has made it much simpler and can be combined with simulation. Black dots are present calculation and red line is the reference.

研究テーマ Research Subjects

1. 金属水界面における構造と（電気化学）反応性
Structure and electrochemical reactivity of metal/water interfaces
2. マルチカノニカル法を用いた構造相転移
Structural phase transition using the first-principles multicanonical ensemble method
3. 有効遮蔽体法と強誘電薄膜
Effective screening medium method and ferroelectric thin film
4. 非断熱励起反応ダイナミクス
Non-adiabatic dynamics of electronically excited systems

加藤研究室

Kato Group



加藤 岳生
Takeo KATO
准教授
Associate Professor



内海 裕洋
Yasuhiro UTSUMI
助教
Research Associate

メゾスコピック系の輸送特性の理論研究を行っている。メゾスコピック系とは、電子の波としての性質が顕わになる現象に着目する研究分野であり、ナノスケールで微細加工された電子系が主な対象である。特に近年は、量子ドットや微小超伝導体を用いた量子ビット、カーボンナノチューブ、スピン制御など、次世代への応用が期待されるさまざまな研究が進展しつつある。この系の面白さは、アイデアと工夫によって、実験対象を「人工的に」制御できることにある。斬新な実験によって、これまでになかった物理の新しい視点が付け加わることもある。

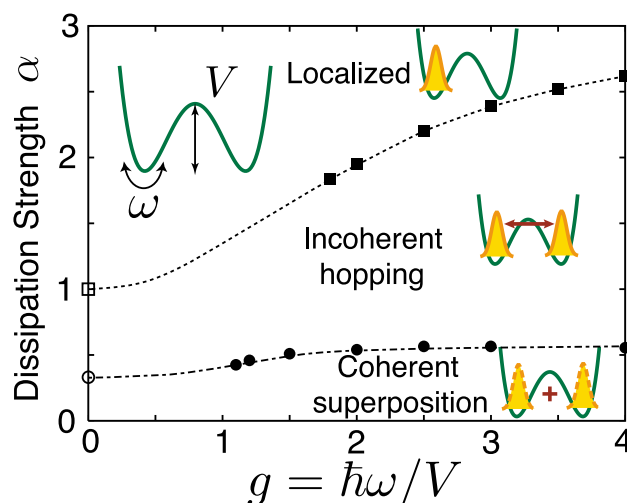
メゾスコピック系の一つの重要なテーマは、電子間相互作用の取り扱いであり、ボゾン化法や非平衡グリーン関数法を元にした解析計算と、量子モンテカルロ法をはじめとした数値計算の開発を組み合わせて、多電子効果やデコヒーレンスの影響を調べている。メゾスコピック系以外にも、分子性導体に代表される電子相関や電子・格子相互作用が重要となる物質系について、数値計算やファインマンダイアグラム法を用いた理論研究を行っている。

量子モンテカルロ法によって得られた、環境と結合した二重井戸系の相図。横軸は規格化したポテンシャル障壁の逆数 g 、縦軸は環境との結合の強さ α 。結合の強さ α を大きくしていくと、重ね合わせ状態が生じる領域、確率的トンネルを起こす領域、局在が起こる領域が順に現れる。

Phase diagram of dissipative double-well systems obtained by the quantum Monte Carlo simulation. For a fixed parameter of a normalized inverse potential, there appear sequentially the coherent tunneling regime, incoherent tunneling regime, and localized regime, as α increases.

The main research subject is theoretical study of transport properties in mesoscopic systems, in which the most characteristic feature is quantum interference of electrons revealed in nanostructures. Recently, novel technology including control of quantum states in small dots/superconductors, carbon nanotubes, and spintronics has been developed, and its application to electronic devices has been considered extensively. It is appealing that a novel experiment can provide a new insight on understanding of fundamental physics.

We are trying to study electron-electron interaction and decoherence effect of electrons in these systems by combining analytical approaches (bosonization methods, Keldysh Green's function methods, etc.) with numerical approaches such as the Monte Carlo method. We are also challenging to develop new numerical algorithms for nonequilibrium transport properties. We are also studying electron correlation and electron-lattice coupling in organic conductors by using both numerical and diagrammatic methods based on the Feynman diagram.



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. 量子ドット・一次元導体における電子間相互作用の理論
Theory of electron-electron interaction in quantum dots and wires
3. 分子性導体の有限温度物性の評価
Finite-temperature properties in organic conductors
4. 非平衡定常状態に対する数値計算手法の開発
Development of numerical algorithms for nonequilibrium steady states

柴田研究室

Shibata Group



柴田 尚和
Naokazu SHIBATA
客員准教授
Visiting Associate Professor

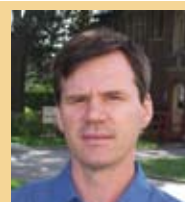
強相関電子系における磁性や超伝導、分数量子ホール効果や金属絶縁体転移など、電子間相互作用に起因して現れる電子状態と量子相転移について、精密な計算手法を用いて理論的に研究している。

高温超伝導体や巨大磁気抵抗素子などは工業的応用が期待される新物質材料であるが、これらの物質にみられる超伝導現象や金属絶縁体転移などを理解し、さらに高機能、高性能な物質を設計、創成するためには物質中の電子間に働く相互作用の効果の正確な理解が不可欠となる。物質中に含まれる多数の電子間に働く相互作用の効果は量子多体効果と呼ばれるが、この効果を正確に評価するためには、膨大な自由度を精密に取り扱う必要が生じ、その解析は一般に極めて困難になっている。本研究室ではこのような巨大自由度を含む系に対する計算手法を開発、応用することで、強相関電子系における新規物性の発見を目指している。

Interactions between the electrons in materials are important origins of many interesting quantum states and transitions at low temperatures. Magnetism, charge ordering, superconductivity and fractional quantum Hall effects are typical quantum many body states caused by the interactions between the electrons. Such materials with strong electron interactions and correlations are called strongly correlated electron systems. Upon studying these systems, severe problems are usually caused by exponentially increasing number of many body basis states with the increase in the size of system. To overcome this difficulty we use the method that reduces the number of many body basis states with keeping accuracy of the ground state. We apply this method to two-dimensional systems in magnetic field to understand the ground state and low-energy elementary excitations of strongly correlated electron systems.

サビアノフ研究室

Sabirianov Group



サビアノフ レナット
Renat SABIRIANOV
外国人客員教授
Visiting Professor

強誘電（反強誘電）物質の第一原理計算による研究は十数年前から盛んにおこなわれてきた。しかし最近ではこの物質を原子スケールで薄膜化し、その分極特性を制御する実験が行われるようになった。この薄膜強誘電物質の分極特性には表面分極効果や薄膜での原子変位の制限などの複雑な機構が働くため、結晶状態に対するアプローチだけでは理解することはできない。この現象に対してはむしろ、分極がどのような効果の競合から生まれるのかをよりミクロスコピックな立場から説明する必要がある。

最近の第一原理計算手法（有効遮蔽体法）を用いると薄膜を電極間に配したモデルに対して、電位差をかけたときにどのような原子変位が起こりどのような分極が生じるのかを調べることができる。本滞在期間においては産総研の大谷博士とも共同で有効遮蔽体法を少し拡張させ、典型的ないくつかの薄膜系における大規模計算を遂行した。

The first-principles simulation has been applied to ferro-(antiferro-) electric bulk materials more than ten years. Recent experimental technique has made it possible to prepare atomically flat ultra thin titanate films on substrate and control the ferroelectric properties. The thin film ferroelectricity is sensitive to the surface polarization as well as the geometrical restriction of atomic displacement, and the bulk approach is not valid. The explanation of the mechanism requires to investigate the polarization from a more microscopic viewpoint.

With the effective screening method (ESM) developed by Otani et al. one can apply finite bias to the thin film put on the electrode and simulate directly how the polarization takes place. In my visit, I collaborated with Otani and Sugino to extend the original ESM and applied the scheme to thin films as a basis to future systematic investigations.

ジトミルスキー研究室

Zhitomirsky Group



ジトミルスキー マイケル
Michael E. ZHITOMIRSKY
外国人客員教授
Visiting Professor

量子磁性、異方的超伝導と渦糸などの強相関電子系の理論が専門であり、常次研究室とフラストレートスピン系について共同研究を行なっている。特に強磁場下の幾何学的にフラストレートしたスピン系における局在マグノンの凝縮を有効格子ガス模型に基づき解析してきた。

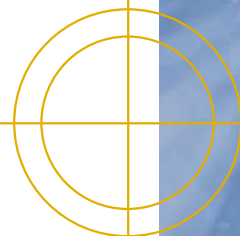
現在、飽和磁場近傍で局在マグノンの凝縮によって出現したマグノン結晶における励起を研究しており、カゴメ格子・パイロクロア格子スピン系の低磁場相の解明を目指している。この相においては格子ボーズ系で预言された超固体相と類似した物性が期待される。他の研究対象は強磁性的最近接相互作用をもつ正方格子上反強磁性スピン $1/2$ J_1 - J_2 模型におけるスピンネマティック相である。印加磁場によって引き起こされる新しい磁性状態を含む興味深い相図が期待されるが、現在、解析的・数値的手法による解析をおこなっている。

My research activity is in the area of strongly correlated electron systems including the theory of quantum magnetic systems, superconductors with anisotropic pairing, and vortices in superconductors. Our collaboration with Prof. H. Tsunetsugu and his group is on frustrated spin systems. Specifically, we have addressed the problem of condensation of localized magnons in geometrically frustrated magnets at high magnetic fields and mapped it onto effective lattice gas models.

One of our current research projects includes investigation of excitations in magnon crystals, which appear in the vicinity of the saturation field after the condensation of localized magnons. This study should identify magnetic phases in kagomé and pyrochlore antiferromagnets, which are adjacent to the magnon-crystal state on the low-field side. We expect that such phases possess properties analogous to the supersolid phases predicted for bosonic lattice models. The second project deals with spin-nematic phases in the spin- $1/2$ J_1 - J_2 square lattice antiferromagnet with ferromagnetic nearest-neighbor interaction. An applied magnetic field should lead to new magnetic states and interesting phase diagrams, which we are currently investigating by a combination of analytical and numerical techniques.

ナノスケール物性研究部門

Division of Nanoscale Science



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

研究活動として、

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

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

The on-going research activities include

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

教授 Professor	家 泰弘 Yasuhiro IYE
教授 Professor	勝本 信吾 Shingo KATSUMOTO
教授 Professor	大谷 義近 Yoshichika OTANI
教授 Professor	小森 文夫 Fumio KOMORI
教授 Professor	吉信 淳 Jun YOSHINOBU
准教授 Associate Professor	長谷川 幸雄 Yukio HASEGAWA
准教授 Associate Professor	リップマー ミック Mikk LIPPMAA
准教授(客員) Visiting Associate Professor	中村 淳 Jun NAKAMURA
准教授(客員) Visiting Associate Professor	春山 純志 Junji HARUYAMA

助教 Research Associate	遠藤 彰 Akira ENDO
助教 Research Associate	阿部 英介 Eisuke ABE
助教 Research Associate	木村 崇 Takashi KIMURA
助教 Research Associate	中辻 寛 Kan NAKATSUJI
助教 Research Associate	吉本 真也 Shinya YOSHIMOTO
助教 Research Associate	江口 豊明 Toyoaki EGUCHI
助教 Research Associate	大西 剛 Tsuyoshi OHNISHI
技術専門職員 Technical Associate	向井 孝三 Kozo MUKAI
技術専門職員 Technical Associate	飯盛 拓嗣 Takushi IIMORI
技術専門職員 Technical Associate	橋本 義昭 Yoshiaki HASHIMOTO
技術職員 Technical Associate	浜田 雅之 Masayuki HAMADA



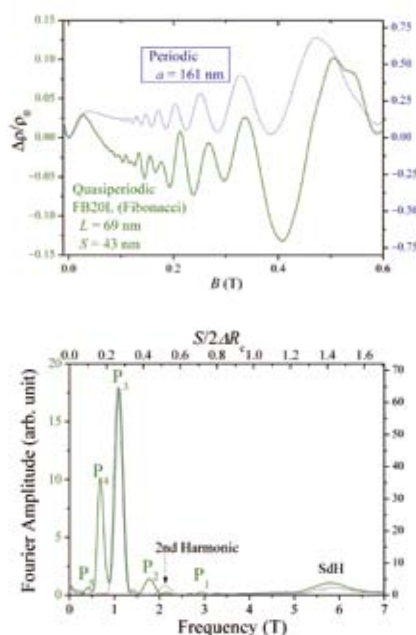
家 泰弘
Yasuhiro IYE
教授
Professor



遠藤 彰
Akira ENDO
助教
Research Associate

人工メゾスコピック構造中の低次元電子系の低温・磁場下における量子輸送現象の研究を行っている。GaAs/AlGaAs 半導体界面 2 次元電子系に周期変調ポテンシャルを付加した系の磁気抵抗に現れる整合効果やミニバンド効果を明らかにした。アンチドット系におけるアハロノフ・ボーム振動の解析から量子ホールエッジ状態の遮蔽ポテンシャルの評価を行った。また、非平衡エッジ状態間遷移に伴う核スピンの緩和と制御を追究した。空間変調磁場下の超伝導ネットワークの相転移を電流電圧特性の測定によってフラストレーション・パラメーター α の関数として調べ、 $\alpha = 1/2$ の場合の相転移が位相ドメイン境界におけるキンク・反キンク対の解離によって支配されていることを明らかにした。

The principal research subject of our group is the quantum transport in low-dimensional electron systems in artificial mesoscopic structures at low temperatures and in magnetic fields. The commensurability effects and mini-band effects in magnetotransport have been elucidated in GaAs/AlGaAs two-dimensional electron systems subjected to periodic potential modulations. Analyses of the Aharonov-Bohm oscillations in antidot systems furnish the screened potential profile of the compressible edge states in the quantum Hall regime. The relaxation and control of nuclear spins associated with the non-equilibrium inter-edge-channel transport are explored. Detailed measurements of the current-voltage characteristics in a superconducting network subjected to spatially varying magnetic field as a function of the frustration parameter α has revealed that the phase transition at $\alpha=1/2$ is governed by the desociation of kink-antikink pairs at the antiphase domain boundaries.

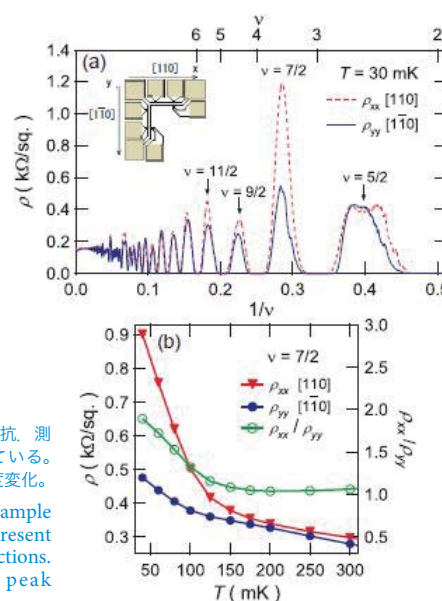


準周期的 1 次元ポテンシャル変調（平面フィボナッチ超格子）下の 2 次元電子系が示す磁気抵抗振動。フーリエスペクトルは互に黄金比で関係付けられた振動成分を示している。

Magnetoresistance oscillations exhibited by a two-dimensional electron system subjected to a quasi-periodic one-dimensional potential modulation (artificial lateral Fibonacci superlattice). The Fourier spectrum shows a series of peaks that are related by the golden ratio.

(a) 挿入図に示した 2 次元正孔系試料の磁気抵抗。測定電流の 2 つの方向に対する抵抗が示されている。
(b) $\nu = 7/2$ における抵抗ピークの高さの温度変化。

(a) Magnetoresistance traces of a 2DHS sample depicted in the inset. The two traces represent resistivity along two different current directions.
(b) Temperature dependence of the peak resistivity at $\nu=7/2$ for the two directions.



研究テーマ Research Subjects

- 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
- アンチドット系におけるコヒーレント量子輸送
Coherent transport in antidot systems
- 量子ホール系における核スピン関連物性
Nuclear spin-related phenomena in quantum Hall systems
- メゾスコピック超伝導における渦系のふるまい
Vortices in mesoscopic superconductors

勝本研究室

Katsumoto Group



勝本 信吾
Shingo KATSUMOTO
教授
Professor



阿部 英介
Eisuke ABE
助教
Research Associate

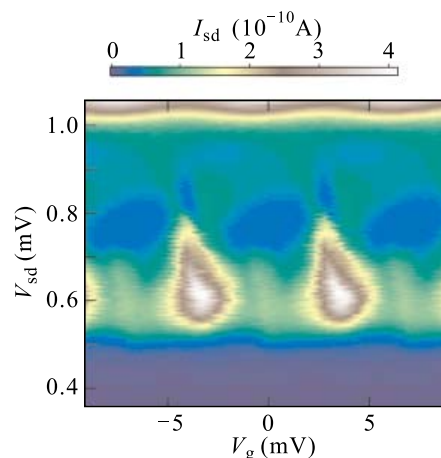
半導体超薄膜製造技術、微細加工技術を用いて半導体、金属、磁性体、超伝導体などの微細構造、およびこれらを組み合わせたハイブリッド構造に現れる量子効果、量子多体効果を家研究室との協力のもとに研究している。実験系を工夫することで、物理現象を明瞭に取り出したり、あるいは均一な試料では現れない現象を生じさせたりすることができる。また工業的な応用の上からも重要である。具体的な研究対象は多体効果としての量子デコヒーレンス現象の解明、量子ドット、量子細線などのコヒーレント伝導、特に近藤効果や分数量子ホール効果などの多体効果。メゾスコピック超伝導体のマクロ量子現象、ナノ磁性体におけるダイナミクスなど。また、応用物理研究として、スピン自由度の量子情報などへのデバイス応用(スピントロニクス)、半導体超構造を用いた光電変換の研究などを行っている。



電子線描画装置。75keV 加速電子線によって 10nm までのレジスト加工が可能。レーザー干渉ステージによって 50nm の位置合わせ精度を持つ。

Electron beam lithography machine. With 75keV acceleration, the cutting dimension can go down to 10nm. The laser interference stage has 50nm precision.

The main research topic in Katsumoto group is the quantum phenomena, especially quantum many-body effects in artificial structures such as nano-structures of semiconductors, metals, ferromagnets, superconductors, etc., and also their hybrid structures fabricated by high-quality ultra-thin film growth, electron beam lithography, and AFM lithography. In such systems, generally quantum phenomena appear more dramatically than in uniform bulk materials. They are also important in industrial applications. Research themes are 1) quantum decoherence as a many body effect, 2) coherent transport in quantum wires and dots, especially the Kondo effect, the fractional quantum Hall effect, 3) macroscopic quantum phenomena in mesoscopic superconductors, 4) magnetic dynamics in nano-magnets, etc. As applications of physics, quantum information processing with spin-freedom, photovoltaic effect in nanostructures are studied. The studies are close collaboration with Iye group.



微小超伝導接合を用いて作った単一電子（クーパー対）トランジスタの電流電圧特性をカラープロットしたもの。横軸はゲート電圧、縦軸はソースドレイン電圧である。周期的なピーク構造は、ジョセフソン-準粒子コヒーレントトンネルによるもの。

Current-voltage characteristics of a single Cooper-pair transistor, which consists of ultra-small superconducting tunnel junctions. This shows the device current in a color plot as a function of the gate voltage (abscissa) and the source-drain voltage (ordinate). The periodic large peak structure is due to the Josephson-quasiparticle coherent cycle.

研究テーマ Research Subjects

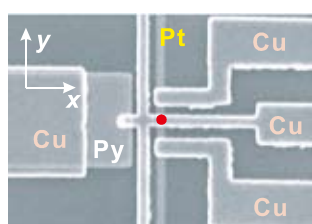
1. 量子ドット、量子細線のコヒーレント伝導
Coherent transport in quantum dot - quantum wire systems
2. 量子ドットスピンやメゾスコピック超伝導を用いた量子情報素子
Quantum information processing with electron spins in quantum dots, mesoscopic superconductors, etc.
3. 希薄磁性半導体を用いた単電子回路、スピン注入
Diluted magnetic semiconductors and their applications to single-electron circuits, spin injection
4. 半導体超構造を用いた光電変換
Photovoltaic devices with semiconductor superstructures

大谷研究室

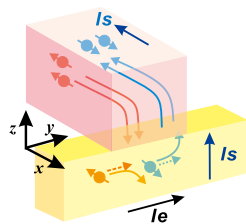
Otani Group

大谷 義近
Yoshichika OTANI教授
Professor木村 崇
Takashi KIMURA助教
Research Associate

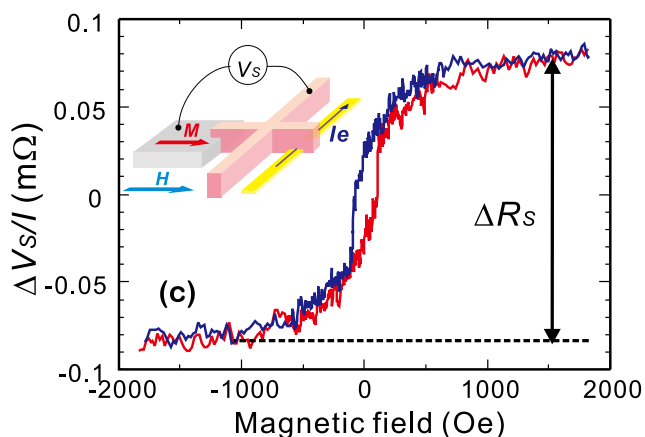
ナノスケールの微小磁性体は、その形状やサイズを反映して、磁気渦や単磁区構造のような秩序状態にある磁区構造を取る。我々は実験的に、磁壁移動、磁化反転の量子的振舞いに対する知見を深めるために、ナノスケール磁性体の静的及び動的磁気特性を研究している。また、ナノスケール磁性体から非局所手法を用いて取り出されるスピンを流用して、スピン注入磁化反転、スピン蓄積、スピンホール効果等のスピントロニクス研究を行っている。さらに、生体系に特徴的なポテンシャルラチェットを用いた磁壁運動の制御やスピン流制御の研究も進めている。最終的にはこれらの技術やスピン注入によって生じる新規な磁性を応用してスピントロニクス素子に関する研究を進めている。



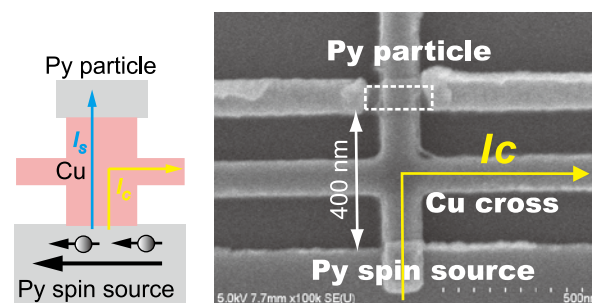
(a)



(b)



Nano-scale magnets can have, according to their shape and size, ordered domain structures such as magnetic vortices and single domains. We experimentally study static and dynamic properties of nano-scale magnets, to obtain a better understanding of the quantum behavior associated with domain wall displacement and magnetization reversal. Moreover we employ non-locally produced spin- currents to study spintronic properties such as the spin injection magnetization reversal, the spin accumulation, and the Spin Hall Effect. Furthermore we try to manipulate the motion of nano-scale magnetic domain wall and conduction electron spins using the principle of the potential ratchet characteristic of biological systems.



スピン流のみを用いた面内磁化反転素子の模式図と作製された素子のSEM像。

Schematic diagram and SEM image of a fabricated magnetic switching device which operates using only spin currents.

スピンホール効果の電気的検出。(a) 白金ナノ細線のスピンホール効果を測定するために作成したスピンホール素子の走査電子顕微鏡 (SEM) 像。図中 Py はパーマロイ (Ni₈₀Fe₂₀ 合金) を示す。(b) 白金細線中を流れる上向きおよび下向き電子スピンは、スピン軌道相互作用によりそれぞれ上面と下面に掃き寄せられて蓄積する。(a) の SEM 像中に赤丸で示した接合部から蓄積したスピンは銅線内に流れ込む。(c) 10 K におけるスピン蓄積信号の磁場依存性。

Electrical detection scheme of Spin Hall Effect (SHE). (a) SEM image of Spin Hall device prepared for measuring SHE in Pt nano-wire. In the SEM image Py indicates permalloy (Ni₈₀Fe₂₀ alloy). (b) Up and down electron spins are respectively swept to the top and bottom surfaces of the Pt nano-wire via spin-orbit interaction. (c) Magnetic field dependent spin accumulation signal measured at 10 K.

研究テーマ Research Subjects

1. ナノスケールの磁気渦格子のスピンダイナミクスの研究
Spin dynamics in nano-scale magnetic vortex lattice
2. スピンホール効果に代表されるスピン流生成機構の研究
Mechanism of spin current generation via Spin Hall effect
3. 非対称ポテンシャルラチェットを用いたスピントロニクス素子の研究
Spintronic devices using asymmetric potential ratchet

小森研究室

Komori Group



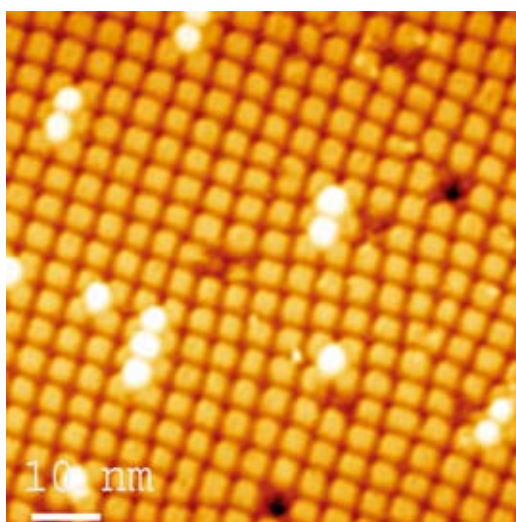
小森 文夫
Fumio KOMORI
教授
Professor



中辻 寛
Kan NAKATSUJI
助教
Research Associate

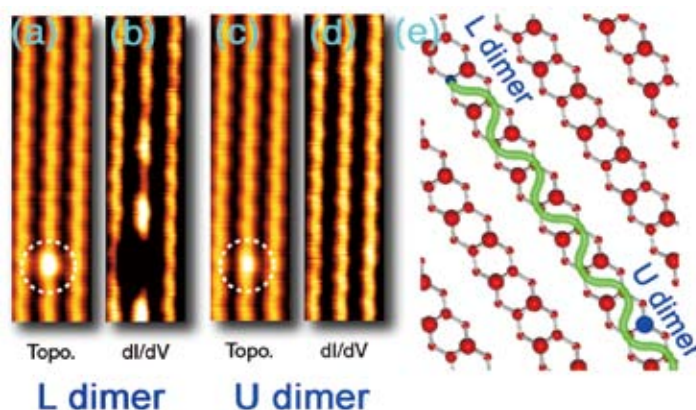
固体表面に形成されるナノスケール物質の電気的磁気的性質を明らかにすることを目標に、超高真空中で走査トンネル顕微鏡 (STM)、光電子分光、磁気カー効果測定を用いて研究を行なっている。STMを用いたトンネル分光では局所的な電子状態を、角度分解光電子分光ではフェルミエネルギー以下の電子状態を、磁気カー効果測定では磁性を調べている。また、ナノスケール化合物の研究において重要な試料生成機構に関して、原子スケールの動的過程を調べている。特に表面では、トンネル電子やレーザー光によって励起された電子系のエネルギーが格子系へ緩和する過程を用いて、新奇な物質を作成することもできる。そこで、トンネル電子注入による原子操作や局所伝導操作の機構について研究している。

Electronic and magnetic properties of alloys, compounds and materials with nanometer-scale structure at solid surfaces are studied using scanning tunneling microscopy/spectroscopy (STM/STS), photoelectron spectroscopy and magneto-optical Kerr-rotation measurement in an ultra high vacuum. Band structures of the surface states and the chemical bonds are studied by photoelectron spectroscopy using VUV light and soft-X-ray. Local atomic structures, formation processes of surface nano-structured materials and dynamical processes induced by electron tunneling or photo-excited carriers are examined by STM. Electronic conduction in an atomic scale is controlled by atom manipulation using carrier injection from STM tip to the surface.



銅 (001) 表面上に自己配列した窒化マンガンナノ粒子の凹凸像。一原子高さで3nm四方の大きさの窒化マンガンナノ粒子が正方格子を作って2次元的に配列する。

Topographic image of the self-assembled MnN nanoislands on a wide Cu(001) terrace. Square-shaped islands of 3 nm × 3 nm and mono-atomic high form a two-dimensional square superstructure.



二種類 (L,U) のスズ-ゲルマニウムダイマーを含む Ge(001) 表面の凹凸 (a,b) 像および微分電流 (b,d) 像。スズ-ゲルマニウムダイマーは共に高く観測されるが、電子定在波はLダイマーだけに観測された。モデル図 (e) に示したように、表面状態電子 (緑線) は、Geダイマーの下側 Ge 原子に局在してダイマー列方向を伝搬するので、Lダイマーの下側原子位置にある Sn 原子では散乱されるが、Uダイマーの上側位置にある Sn 原子では散乱されない。

Topographic (a,c) and dI/dV (b,d) images of the Ge(001) surface with two kinds (L U) of Sn-Ge dimers at 80 K. The both dimers are imaged as protrusions in the topographic images while an electronic standing wave is observed only around the L dimer in the dI/dV image. Schematic illustration (e) shows that the surface electrons (green line), conducting on the lower atoms of the Ge dimers in the dimer row direction, are reflected by the Sn atom (small blue ball) at the L dimer, and can go through the U dimer with a Sn atom (large blue ball).

研究テーマ Research Subjects

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

吉信研究室

Yoshinobu Group

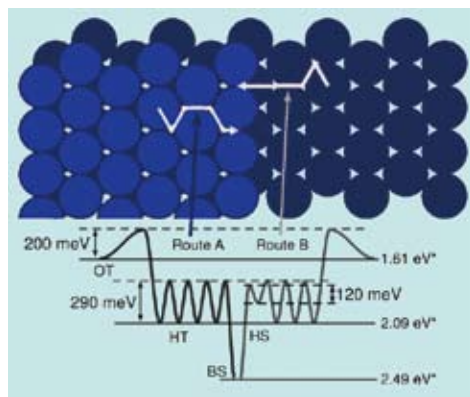


吉信 淳
Jun YOSHINOBU
教授
Professor



吉本 真也
Shinya YOSHIMOTO
助教
Research Associate

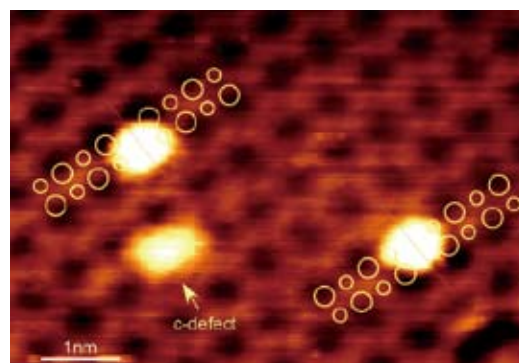
表面界面の特徴の一つは、バルクの対称性が破れ表面特有の構造や物性が現れることだけではない。外部から原子・分子を自在に表面に供給し、新しい物質を構築できる「反応場」として利用できることが特長である。最近では、原子・分子レベルで制御されたナノマテリアル（例えば、サイズの整ったクラスター、異方性の強い低次元化合物、配向の特定された分子凝集系など）や、ナノスケールで人工デバイス構造を作製することも可能になってきた。原子スケールで反応を制御するためには、表面における物質移動や反応などを理解することが不可欠である。表面ダイナミクスの研究は、触媒反応・半導体プロセス・分子エレクトロニクスと密接に関連しており、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



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

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

Solid surfaces are very intriguing, 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 ultrahigh 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 (UVSOR-II, KEK-PF, SPring8) is also used to study electronic structure of surface and interface.



Si(100)c(4x2) 表面に位置選択に吸着した 2 メチルプロペンの STM 像

STM image of the regioselective cycloaddition reaction of 2-methylpropene with the asymmetric dimer on Si(100)c(4x2)

研究テーマ Research Subjects

1. 有機分子=半導体表面ハイブリッド系の構築と表面電子物性
Organic molecules on Si surface as novel hybrid systems
2. 金属表面における原子・分子の動的過程の研究
Dynamical processes of atoms and molecules on metal surfaces
3. 水分子と表面の相互作用：氷の表面界面における化学反応
Surface and interface chemistry of ice
4. 放射光分光による表面および界面の電子状態
Investigation of electronic states at surface and interface
5. 表面ナノ構造物の構築と局所電気伝導
Electronic states and conductivity of nano-scale structures on surfaces

長谷川研究室

Hasegawa Group



長谷川 幸雄
Yukio HASEGAWA
准教授
Associate Professor

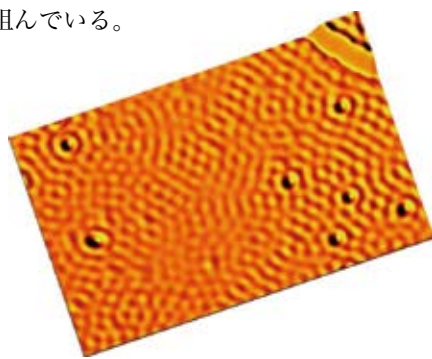


江口 豊明
Toyoaki EGUCHI
助教
Research Associate

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

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

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



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

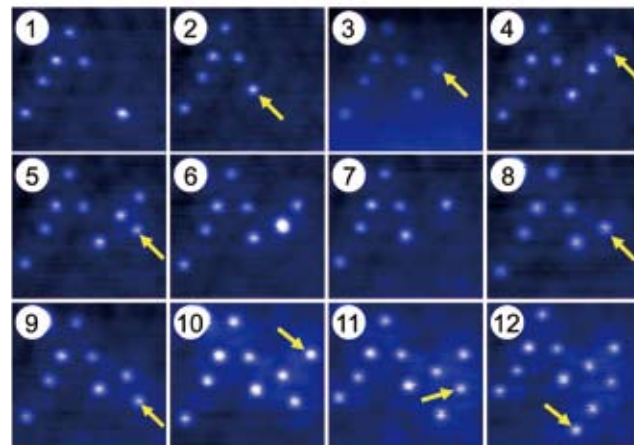
An STM image of Cu(111) surface. Electron standing waves, which are formed as a result of scattering and interference of surface electronic states by steps and surface defects, are observed. The wave length of the oscillatory structure is 1.4 nm.

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

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

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

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



STMによる原子マニピュレーション。銅 (111) 表面上で銅原子を一つずつ移動させ、Mの文字を書いている。観察領域の大きさは8nm × 8nm。

Atomic manipulation by STM: an alphabetical character of "M" is written with 11 Cu atoms on Cu(111) surface. The size of the observed area is 8 nm × 8 nm.

研究テーマ Research Subjects

1. 低温 STM による電子定在波・フリーデル振動など表面電子状態の研究
Low temperature STM on surface electronic properties by observation of electron standing waves and the Friedel oscillation
2. STM によるナノサイズ粒子の超伝導特性に関する研究
Superconductivity of nano-size particles by STM
3. AFM を用いた表面ポテンシャル測定・電気抵抗分布測定
Measurements of surface potential and electrical conductance by AFM
4. 新しいプローブ手法の開発とそれによる新奇の物性探索
Developments of new probe microscopes and its applications for exploring novel properties of materials

リップマー研究室

Lippmaa Group



リップマー ミック

Mikk LIPPMAA

准教授

Associate Professor



大西 剛

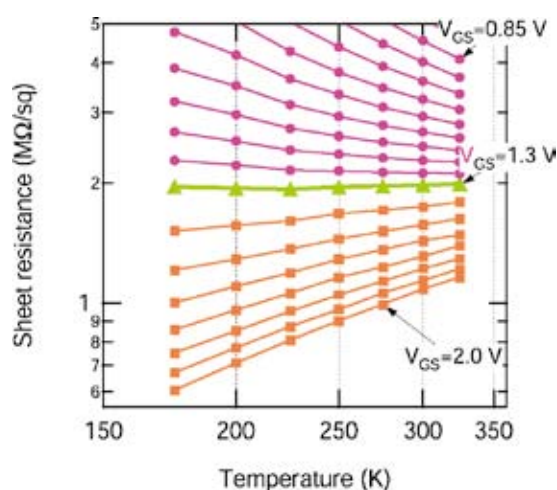
Tsuyoshi OHNISHI

助教

Research Associate

遷移金属酸化物は類似な構造をもつ化合物ながら多種多様な電子的基底状態を示す。その電子状態遷移は多くの場合キャリア密度の変化によって引き起こされる。

本研究室では電界効果デバイスを作製することによって、キャリア密度に依存する酸化物の電子的相転移の研究をしている。電界効果デバイスでは外部電界印加により界面層のキャリア濃度を変調できる。特に、ドーパント濃度によって絶縁体、半導体、金属、そして超伝導体にもなる SrTiO₃ の輸送特性に注目している。これまでに簡単なトランジスタ構造を作製することにより、金属-絶縁体転移が電界効果ドーピングによって誘起できることを実証した。さらに、局所的な強電界を発生できる強誘電薄膜を用いると金属-超伝導転移も引き起こすことができる。

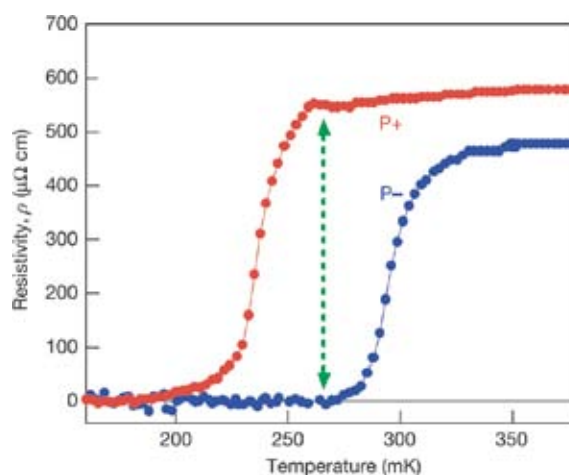


SrTiO₃ 電界効果トランジスタにおけるシート抵抗の温度、ゲート電圧依存性。1.3 V の臨界ゲート電圧を境に絶縁相から金属相へ転移する。この時の SrTiO₃ / 絶縁体界面でのシートキャリア密度は $2 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ である。

Sheet resistance of a SrTiO₃ field-effect transistor as a function of temperature and gate bias. The device shows a transition from an insulating state to a metallic state at a critical gate bias of 1.3V, which corresponds to a sheet carrier density of $2 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ at the SrTiO₃ / insulator interface.

Transition metal oxides are well known for the large variety of different electronic ground states that occur in structurally similar compounds. Transitions between electronic states can often be induced by changing the carrier density in oxide materials.

We study carrier density dependent phase transitions in oxides by constructing field-effect devices, in which the carrier concentration of a thin interface layer can be modulated by applying an external electric field. In particular, we study the transport behavior of devices based on SrTiO₃, which can be an insulator, a semiconductor, a metal, or even a superconductor, depending on dopant density. In our case, we have successfully demonstrated that field-effect doping can be used to generate a metal-to-insulator transition in a simple transistor structure. Even a normal-to-superconductor transition can be induced, when a ferroelectric film is used for generate a sufficiently high local electric field.



Nb ドープ SrTiO₃ 薄膜の超伝導転移温度変調。Nb ドープ SrTiO₃ 薄膜の上に成長した強誘電性 Pb(Zr,Ti)O₃ 薄膜の自発分極方位を入れ替えることで転移温度変調に必要な電界を発生した。

Modulation of the superconducting transition temperature in a Nb-doped SrTiO₃ film. The necessary electric field was generated by changing the poling direction of a ferroelectric Pb(Zr,Ti)O₃ film that was grown on top of the SrTiO₃ film.

研究テーマ Research Subjects

1. 酸化物ヘテロ界面での薄膜成長ダイナミクス
Thin film growth dynamics at oxide heterointerfaces
2. 酸化物ナノ構造の作製
Growth of oxide nanostructures
3. 酸化物電化効果デバイス
Oxide field-effect devices

中村研究室

Nakamura Group



中村 淳
Jun NAKAMURA
客員准教授
Visiting Associate Professor

ナノスペース、低次元系で繰り広げられる原子・電子の奇妙な振る舞いを追いかけている。半導体デバイスの微細化に伴う、素子構成要素の微細化限界、微細化に伴う量子効果の顕在化を明らかにすることが目的である。特に、マクロスコピックな物理量として定義される誘電特性が、ナノスケールにおいてどのように理解できるかに興味を持っており、表面や界面など物理的境界領域における誘電率の空間分布評価手法の開発に力を入れている。さらに、ナノスケールデバイスへの応用が期待される新規物質の探索も重要なテーマである。現在、計算科学的手法を用いて

- (1) ナノスケール誘電率の評価手法の開発とその応用
- (2) 原子スケール摩擦機構の解明
- (3) 半導体表面上の原子鎖の磁性
- (4) グラフェンコンポジット材料の構造安定性と物性を主な研究対象としている。新しい動作原理に基づくナノデバイスの提案が我々の最終目標である。

We have explored peculiar behavior of atoms and electrons in NANO-WORLD using state-of-the-art simulations. We have made researches for the miniaturization of elements of electronic and/or optical devices and for its limit, and also have investigated quantum-mechanical effects on operations of nanoscale-devices. In particular, we are interested in developing how to define the dielectric properties in nanoscale, which have been understood in the macroscopic way so far. Furthermore, we have introduced a new material into nanoscale-devices. Specifically, we have pursued the following subjects using numerical calculations:

- (1) Development of evaluation methods of dielectric properties for nanoscale materials
- (2) Atomic-scale mechanism of friction
- (3) Magnetic properties of atomic wires on semiconducting substrates
- (4) Structural and electronic properties of graphene composites.

Our definite aim is to make a breakthrough to develop next generation nanoscale-devices based on novel principles of operation.

春山研究室

Haruyama Group



春山 純志
Junji HARUYAMA
客員准教授
Visiting Associate Professor

主にカーボンナノチューブ (CNT) を用いて、超伝導、単一電子トンネリング、一次元電子間相互作用、などの量子物性の研究を行っている。CNT はその特異な電子状態・量子物性などの観点から注目を集めている。例えば一次元バリステック伝導系の量子物性現象として朝永・ラッティンジャー液体 (TLL) が盛んに研究され、その他パイエルス転移やスピン揺らぎ、van Hove 特異点の存在なども報告されているが、これらは理論上超伝導発現を阻害するとされてきた。我々はキャリア注入や CNT 集合体の形成などでこの理論を検証し転移温度向上を目指している。逆に、TLL によりクーパー対を個々のスピンに意図的に分離し異なった CNT に注入することでスピン量子エンタングラー創製にも挑戦している。一方で CNT を短チャネルとした FET ではゼロ次元性が発現し、CNT は量子ドットとして振舞う。スピン・軌道相互作用を持たず強いスピンコヒーレンスを保持することなどから、この系では特有の多体相関を観察できる。次世代 CNT (CNT 内部空間にフラーレン分子を内包したカーボンナノピーポッドなど) を用いた量子ドットに単一電子注入し、新奇スピン相互作用を探索している。

Quantum phenomena observable in carbon nanotubes (CNTs), such as superconductivity, single electron tunneling, and one-dimensional (1D) electron-electron interaction, are the main subjects of our research.

CNTs have attracted considerable attention from respect of unique electronic states and quantum phenomena. For instance, Tomonaga-Luttinger liquid (TLL), which is a typical phenomenon in 1D ballistic electron transport regime, has been actively studied and also Peierls transition, spin fluctuation, van Hove singularity have been reported. Theories suggest that these phenomena tend to obstruct appearance of superconductivity. We are investigating this correlation by carrier doping and forming ensemble of CNTs and trying to enhance transition temperatures. In contrast, we are also trying to realize spin quantum entangler by intentionally separating Cooper pair to individual spins by Coulomb repulsion of TLL states and injecting them into different CNTs. On the other hand, CNTs behave as quantum dot, when a channel length using a CNT is shortened below 500 nm. Because CNTs can possess strong spin phase coherence due to absence of spin-orbit interaction, the CNT-quantum dots provide unique electron-spin correlation. We are investigating novel spin interaction phenomena by injecting single electrons into new generation CNT-quantum dots (e.g., carbon nano-scale peapods in which fullerene molecules are encapsulated).

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様になる。超低温における超流動や超伝導現象、超高压における構造相転移や絶縁体・金属転移、強磁場における磁気相転移などが良く知られた例である。これらの著しい現象は、しばしば従来の理論の枠組みの変更を促し、物性研究の新しい局面を切り開くものである。当部門では、これまで多年にわたり各種の技術開発を行い、10万気圧を越える超高压、数10マイクロケルビンにおよぶ超低温、毎秒1回転の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、それらの中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流体・固体
- 2) 回転する超流動ヘリウム、超流動固体
- 3) 有機伝導体や半導体の低次元・メゾスコピック系
- 4) 多重極限下における磁性・超伝導体

This division is organized to pursue the study of physical properties of condensed matters under extreme conditions such as ultra-low temperatures, ultra-high pressures combined with steady high magnetic fields up to 20 T. In addition to these individual extreme conditions, physics under multiple extreme conditions is also emphasized. Under these conditions, novel phenomena, which cannot be understood in terms of existing theories and thus stimulate the creation of new concepts, are expected. Discoveries of such phenomena have often opened up new horizons in material science. Many outstanding instruments developed in this division, for example, are those which produce low temperatures down to a few tens of μK , high pressures up to 12 GPa and high speed rotation of cryostats at over 6 rad/sec. 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 solid and liquid under ultra-low temperatures and high magnetic fields.
- 2) Liquid He in confined geometries under rotation, a possible supersolid ^4He .
- 3) Low dimensional or mesoscopic systems such as organic or semiconductors under high magnetic fields.
- 4) Strongly correlated heavy electron systems such as magnetic compounds or superconductors under multiple extreme conditions.



キュービックアンビル型圧力発生装置。
多重極限状態（低温・強磁場・高压）
での物性測定が可能である。

Cubic anvil high pressure apparatus.
Cryostat for experiment in multiple
extreme condition of at low
temperature, high magnetic field
and high pressure.

教授
Professor

石本 英彦
Hidehiko ISHIMOTO

助教
Research Associate

山口 明
Akira YAMAGUCHI

准教授
Associate Professor

久保田 実
Minoru KUBOTA

助教
Research Associate

柄木 良友
Yoshitomo KARAKI

准教授
Associate Professor

長田 俊人
Toshihito OSADA

助教
Research Associate

鴻池 貴子
Takako KONOIKE

准教授
Associate Professor

上床 美也
Yoshiya UWATOKO

助教
Research Associate

松林 和幸
Kazuyuki MATSUBAYASHI

准教授（客員）
Visiting Associate Professor

井澤 公一
Koichi IZAWA

技術専門職員
Technical Associate

内田 和人
Kazuhiro UCHIDA

准教授（客員）
Visiting Associate Professor

中島 美帆
Miho NAKASHIMA

技術専門職員
Technical Associate

中澤 和子
Kazuko NAKAZAWA

教授（外国人客員）
Visiting Professor

ネミロフスキー セルゲイ
Sergey NEMIROVSKII

技術職員
Technical Associate

宗像 孝司
Kouji MUNAKATA

石本研究室

Ishimoto Group



石本 英彦
Hidehiko ISHIMOTO
教授
Professor



山口 明
Akira YAMAGUCHI
助教
Research Associate

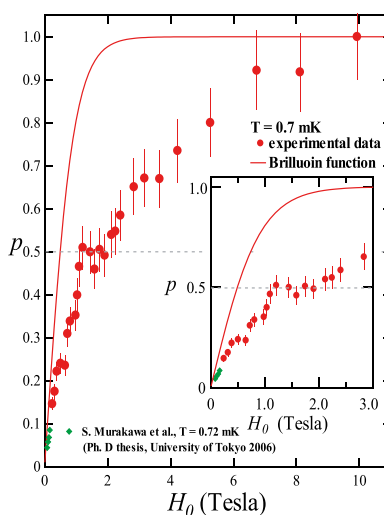
温度・磁場・圧力は物質の相を決める最も基本的なパラメーターである。当研究室では核冷凍による最先端の μK 温度域までの測定が可能で、超伝導磁石による定常強磁場 ($< 20 \text{ T}$)、高圧など他の極端条件とも組み合わせ、新しい量子現象の発見をめざしている。なかでも最もきれいで量子性の強い低次元量子流体・固体における新しいタイプの超流動や磁気秩序の探索、超流動ヘリウム A_1 相のスピンダイナミクス、ナノスケール分子磁性体での巨視的量子トンネル現象など物性物理における基礎的概念の検証に関する実験を行っている。最近の課題の一つは、グラファイト界面に吸着された2次元ヘリウム3である。とくに反強磁性領域の固体ヘリウム3 ($4/7$ 相) は、3角格子による幾何学的形状のみならず多体交換相互作用の競合が存在するフラストレーションの強い系で、基底状態がスピン液体であることが 0.1 mK までの帯磁率測定からギャップレスであることを確かめられた。現在強磁場中の基底状態の探索が行われ、飽和磁化の $1/2$ にプラトーが存在することが判ってきている。その他、磁場中でしか存在しない超流動ヘリウム3の A_1 については、磁気噴水効果やスピンプンプ効果を用いてスピン緩和の測定が行われ、ほとんど存在しないと言われてきた少数スピン凝縮対の存在を示唆する結果が得られている。

グラファイト上の2次元反強磁性固体ヘリウム3 ($4/7$ 相) の磁化曲線

Magnetization curve of two dimensional antiferromagnetic solid ^3He at 0.7 mK

Temperature (T), magnetic field (H) and pressure (P) are the most basic parameters which determine the state of condensed matter. Especially our facilities cover the temperatures all the way down to μK produced with a nuclear magnetic refrigerator. Quest for novel quantum phenomena is carried out in such a low temperature region, combined with high magnetic field ($< 20 \text{ T}$) produced by a superconducting magnet. Main activities are on the experimental verification of basic concepts in condensed matter physics such as 1) a quest for a new type of superfluidity or magnetic order in the two dimensional quantum liquid and solid 2) a spin fluid dynamics in superfluid ^3He A_1 phase. 3) the quantum tunneling of magnetization in nano-scale molecular magnets. For example, the second layer solid ^3He adsorbed on graphite (so called a $4/7$ phase) forms an ideal two dimensional anti-ferromagnetic triangular lattice, and it is believed to have a gapless spin liquid ground state. Investigation of its ground state in high magnetic fields is under way, and a plateau is found to exist in the magnetization curve at half of saturation magnetization as is shown in Figure. The other work in high magnetic fields is a spin fluid dynamics in the superfluid

^3He A_1 phase. In addition to a magnetic fountain effect, a spin pumping effect is found to be useful for investigating the spin relaxation phenomena. The results so far obtained suggest the existence of minute minority spin condensates in the A_1 phase.



研究テーマ Research Subjects

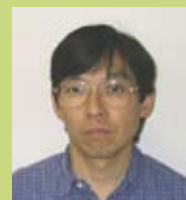
1. 低次元ヘリウム3の磁性と超流動
Magnetism and superfluidity in low dimensional ^3He
2. 強磁場中の偏極超流動ヘリウム3
Highly polarized superfluid ^3He in high magnetic field
3. カゴメ格子量子スピン系の基底状態
Quest for a real ground state in a Kagome lattice quantum spin magnet
4. 金属間化合物の核磁性と超伝導
Enhanced nuclear magnetism and superconductivity in intermetallic compound

久保田研究室

Kubota Group



久保田 実
Minoru KUBOTA
准教授
Associate Professor



柄木 良友
Yoshitomo KARAKI
助教
Research Associate

固体 ^4He 中の超流動量子渦状態の発見と量子渦糸の科学

世界で初めてマイクロケルビンの超低温物性実験を行った一人である久保田は、本研究室では超低温までの広い温度範囲と、独自に開発した技術で世界最高速の回転場の下で超流動と量子渦科学の基礎研究を行っている。

超流動現象は今や、希薄な気体 (BEC)、量子液体ばかりでなく、固体ヘリウム等の量子固体においても現実の現象として観測される様になった。固体超流動は結晶格子の規則性と超流動の運動量空間での秩序とが共存するという量子力学の世界特有の現象である。が、未だ様々な議論が戦わされている。超流動とは、私たちが目で見える事の出来る巨視的な大きさの系で実現している量子現象である。「非古典的回転角運動量」を持つと言う。これはミクロな原子の中で電子が原子核の周りを旋回するのと同様に、減衰する事のない量子化した流れを、目に見えるサイズで持続する事を意味している。久保田研では世界で初めて固体超流動の量子渦状態の研究と量子渦糸観測を行なっている。

また、 ^4He (ボーズ粒子) 及び ^3He (フェルミ粒子) 系の内部自由度をもった液体超流動を超低温のもと、回転下など極端な環境下に置いてその本質を解明するとともに、固体ヘリウムなどの新たな系での超流動、量子渦状態、織目構造を発見すると共にその解明を行っている。この研究には、電荷を持たない超流動体に制御した量子渦糸を生成させるため写真の様な世界にまたない超低温回転冷凍機を用いて行っている。特殊装置を用いたこれらの実験的、またその解明のため理論的な共同研究は国内外のグループを巻き込んで進んでいる。一方、柄木助教は、電子の超流動である超伝導で、新しい系での磁束量子渦糸系を研究している。

a) 毎秒 6 回転の高速回転希釈冷凍機、及び b) 毎秒 2 回転迄の超低温回転冷凍機。どちらも世界最高の性能を誇る。

a) ISSP High Speed (up to 6 rev/sec) rotating dilution cryostat and b) ISSP Ultra low temperature rotating cryostat. Both of them enjoy the world record high speed.

Discovery of vortex state in solid ^4He and Science of quantized vortices

Kubota group at ISSP conducts fundamental studies on Superfluidity (SF) and that of Quantized vortex science under rotation up to the world highest speed below 1K. Superfluidity is now seen in dilute gases (Bose Einstein Condensation, BEC), in Quantum liquids, and very recently also in a Quantum solid, solid ^4He . Superfluidity really is a Quantum phenomenon of macroscopic scales. The phenomena of Non Classical Rotational Inertia (NCRI), where some mass of the matter does not rotate with its rotating container, have long been thought to be peculiar to superfluid states of certain liquids and gases, but recently it is observed also in bulk solid ^4He . Solid crystals have regular lattice ordering. In addition superfluidity has an order in the momentum space simultaneously. This is a quantum phenomena at macroscopic scales.

Kubota group studies superfluidity of both fermion systems (liquid ^3He , etc) and Bose systems (^4He systems, H systems, etc) under extreme conditions including under the world fastest rotation and ultra low temperatures. When Bose particles or Cooper pairs have internal freedom, then one expect "textures" caused by the internal freedom in addition to quantized vortices. The group investigates not only known systems of superfluidity, but also new candidate systems to expect superfluidity and/or new quantum phenomena. Actually Kubota group has discovered quantum vortex states in solid ^4He . They found a vortex fluid state and discovered its transition to a real 3D supersolid state in solid ^4He . They found evidence of vortex lines under rotation as well. The group cooperates with many groups of national and international teams for these activities.



研究テーマ Research Subjects

1. 固体ヘリウム 4 の超流動固体と量子渦状態の研究
Quantized vortex state in solid ^4He and transition from vortex fluid to 3D supersolid state
2. 超流動、超伝導と量子渦及び織目構造科学の基礎研究
Fundamental study of superfluidity, superconductivity and quantized vortices and textures
3. 新しい超流動と量子現象の探索と解明
Search for new superfluids and quantum phenomena

長田研究室

Osada Group



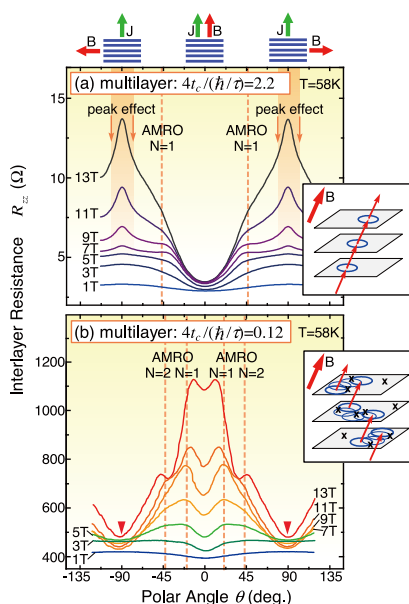
長田 俊人
Toshihito OSADA
准教授
Associate Professor



鴻池 貴子
Takako KONOIKE
助教
Research Associate

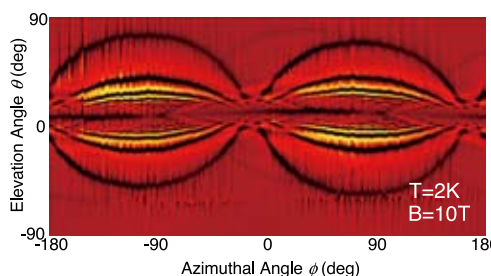
低次元・ナノ構造電子系の強磁場伝導物性。微小な空間構造を持つ電子系が、磁場中で示す新現象の探索・解明と制御・応用に関する研究を行う。特に電子軌道運動・磁束（電子渦）・系の空間構造（トポロジー）の整合性に絡んだ量子効果・幾何効果・多体効果に興味がある。現在の研究対象は超薄膜グラファイト（グラフェン）やTMTSF系・BEDT-TTF系有機導体などの低次元導電性結晶、分子線エピタキシー・電子線リソグラフィ等のプロセス技術を用いて作製した半導体・超伝導体人工ナノ構造などである。全磁場方位依存性の精密計測、小型パルス磁石による強磁場計測、マイクロマシン素子による微細計測など、低温強磁場下の電氣的・磁氣的・熱的測定により新しい伝導現象や電子状態に関する研究を機動的に行っている。

Transport study of low-dimensional or nano-structure electron systems under high magnetic fields: To search for new phenomena in electron systems with small spatial structures, to clarify their mechanisms, and to control them for application. We have a great interest in quantum effects, topological effects, or many-body effects relating to commensurability among electron orbital motions, vortices (magnetic flux), and spatial structures (topology). The present targets are low-dimensional conducting crystals (ultra-thin film graphite, TMTSF and BEDT-TTF families of organic conductors), and artificial semiconductor/superconductor micro-structures fabricated by advanced processing techniques like MBE or EB. We flexibly explore new transport phenomena and electronic states by electric, magnetic, and thermal measurements using precise field rotation, miniature pulse magnet, MEMS probes, etc. under magnetic fields and low temperatures.



半導体超格子の層間磁気抵抗の磁場方位依存性。(a) コヒーレントな層間結合を持つ場合（層間トンネル頻度が散乱頻度より高い場合）。(b) インコヒーレントな層間結合を持つ場合。層状物質の層間磁気抵抗の角度依存性の違いを層間コヒーレンスに関連付けた実験である。

Dependence of interlayer magnetoresistance on magnetic field orientations in semiconductor superlattices. (a) Case of coherent interlayer coupling (interlayer tunneling occurs much frequently than scattering). (b) Case of incoherent interlayer coupling. This experiment relates the angle-dependence of interlayer magnetoresistance to the coherence of interlayer coupling in layered conductors.



有機伝導体 α -(BEDT-TTF) $_2$ KHg(SCN) $_4$ の電荷密度波相における層間磁気抵抗の全磁場方位依存性の2階微分パターン。電荷密度波相の電子状態を反映した各種の角度効果パターンが見える。

Second derivative pattern of interlayer magnetoresistance in the CDW phase of an organic conductor α -(BEDT-TTF) $_2$ KHg(SCN) $_4$ scanned over the whole magnetic field orientation. There exist various angular effect patterns reflecting the electronic structure of the CDW phase.

研究テーマ Research Subjects

1. 超薄膜グラファイトおよびゼロギャップ有機導体におけるディラック電子系の伝導物性
Transport properties of Dirac electron system in ultra-thin graphite and organic zero-gap conductors
2. 層状物質の角度依存層間磁気伝導と層間コヒーレンス
Interlayer coherence and angle-dependent magnetotransport in layered conductors
3. 低次元有機導体の磁場中電荷およびスピン密度波状態
Charge and spin density waves under magnetic fields in low-dimensional organic conductors
4. 多層量子ホール系のカイラル表面状態
Chiral surface state in multilayer quantum Hall systems
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 electric fields

上床研究室

Uwatoko Group



上床 美也
Yoshiya UWATOKO
准教授
Associate Professor



松林 和幸
Kazuyuki MATSUBAYASHI
助教
Research Associate

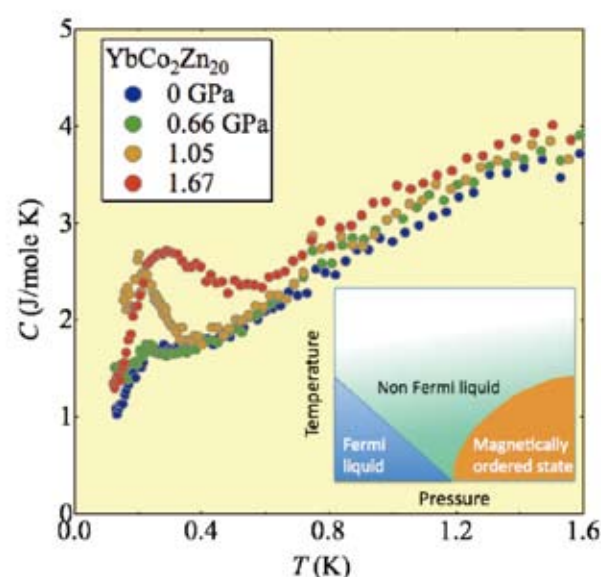
物性物理の研究に於ける高圧力下物性測定は、数奇物性現象の起源解明、さらには新しい事象の発見につながる可能性を内在している魅力的な研究手段の一つである。特に、低温物性を研究している研究者にとって極低温および強磁場と超高圧力を組み合わせた多重極限環境下での物性測定は、多くの情報をもたらす最良の環境であると考えられる。しかし、物性研究に求められている“精密さ”を満足した多重極限下での物性測定を行う為には、特に、超高圧力発生技術の遅れがその足枷となっている。

当研究室では、低温や高磁場と同様な手軽さで、静水圧性の良い超高圧力を発生することを目指し、超高圧力技術の開発そのものに挑戦的に取り組んでいる。独自に開発した圧力装置と極低温および定常強磁場を駆使し、高精度の物性研究を行っている。特に、格子、電荷、スピン、軌道が複雑に絡み合いながら種々の相互作用が競合している強相関電子系物質を主として研究を進めている。圧力下の電気抵抗、比熱、磁化、X線回折、中性子回折などの測定方法を通して下記のテーマを研究している。

$\text{YbCo}_2\text{Zn}_{20}$ の高圧力下比熱測定の結果。高圧力下で磁気秩序が出現する。

Temperature dependence of the specific heat under pressure on $\text{YbCo}_2\text{Zn}_{20}$. When the pressure is raised above a critical pressure, the system changes into a magnetically ordered state.

The group of the high pressure has been studying various materials at low temperature, under high pressure and in the presence of high magnetic fields. Nowadays, low temperature and ultra-high pressure techniques have become popular as an indispensable method for research in solid state physics. Through these techniques, the study of strongly correlated electron systems, which is one of the most important themes in modern solid state physics, has been undertaken. The creation of such an experimental environment is not always easy and the development of the techniques itself is often a challenging attempt. Considering that many mysterious phenomena observed in the strongly correlated electrons systems result from the electron-phonon and electron-electron interactions in a solid, we foresee the discovery of various unknown phenomena under multi-extreme condition, since the degree of these interactions strongly depends on the inter-atomic distances and the density of electronic states.



研究テーマ Research Subjects

1. 多重極限下における精密物性測定手段の開発
Development of the physical property measurement systems under the multi-extreme conditions
2. 強相関系物質における圧力誘起相転移の物性研究
Study of the pressure induced phase transitions in strongly correlated electron systems
3. 多重極限環境下での新規物性現象の探索
Search for new physical phenomena under multi-extreme conditions

井澤研究室

Izawa Group



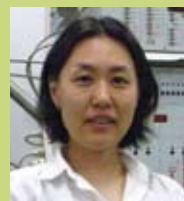
井澤 公一
Koichi IZAWA
客員准教授
Visiting Associate Professor

希土類、アクチナイド、遷移金属化合物といった強相関電子系の電子状態の理解は、物性物理研究において、実験・理論ともに重要な問題の一つである。これらの系では、電子間にはたらく強いクーロン相互作用のために、低温で磁気秩序、重い電子状態、非フェルミ液体、非従来型超伝導など、様々な興味深い現象が出現する。これらの現象の中でも、ここ十年来、特に量子臨界点近傍に現れる非フェルミ液体や非従来型超伝導状態といったエキゾチックな電子状態に注目が集まってきた。しかしながら数多くの研究にもかかわらず、そのような状態の形成に関連した低エネルギー励起構造の詳細は未だ明らかにはなっていない。我々は、これらエキゾチックな電子状態の形成を理解するため、熱輸送および熱電係数を用いて電子の低エネルギー構造を調べている。物性研究所では、高圧下における熱伝導率および熱電係数の測定を可能とする実験手法の開発を目的に研究を進めてゆく。

Understanding the electronic states of strongly correlated electron systems, including rare-earth, actinide and transition-metal compounds, is one of important problems facing condensed matter research, both experimentally and theoretically. In these systems, owing to the strong Coulomb interaction among electrons, various intriguing phenomena emerge at low temperatures, for example, magnetic ordering, heavy-fermion, non-fermi liquid and unconventional superconductivity *etc.* Among these phenomena, especially, the formation of the exotic electronic states in the vicinity of quantum critical point (QCP), including NFL state and unconventional superconducting state, has attracted much attentions for the past decade. Although a large number of studies have been made on this issue, however, the detail of low energy electronic excitation responsible for the formation of these states is still unsolved issue. In our research, we investigate the low-energy electronic structure by means of thermal and thermo-electric conductivity tensors under pressure, to clarify the interaction responsible for the formation of these exotic states close to QCP. The present target of our study at ISSP is to develop new experimental technique which allows us to measure thermal and thermo-electric conductivity tensors under high pressure.

中島研究室

Nakashima Group



中島 美帆
Miho NAKASHIMA
客員准教授
Visiting Associate Professor

有効質量が電子の質量の 100 ~ 1000 倍にもおよぶ準粒子状態を形成する重い電子系（強相関系）物質はそれだけで興味深い現象であるが、さらに、重い電子系における超伝導の発見は、それまでの超伝導理論を大きく揺るがすものであった。重い電子系の起源は、クーロン反発力により電子同士が互いに避けあう効果（電子相関）であり、この強い相関のなかでは、格子振動を媒介として電子対が形成されることは考えられず、新しい電子対の形成機構が必要となるからである。さらに、あるセリウム化合物やウラン化合物の中に、高い圧力をかけてはじめて超伝導が出現する物質（圧力誘起超伝導体）が発見されている。これは圧力によって原子間距離を縮めることで人工的に重い電子系をつくりだし、さらに超伝導を出現させていることになる。この研究室では新しい圧力誘起超伝導体の発見を第一目標にし、重い電子系超伝導の真の姿に迫ろうとしている。

Heavy fermion system (strongly correlated electron systems), where electrons forms the quasi particle state with extremely heavy effective mass, not only interest us by various phenomena but also compel us to change the conventional model of superconductivity after the discovery of superconductivity in the systems. Because the origin of heavy fermions is the Coulomb repulsion among electrons (electronic correlation), paired electrons mediated by lattice vibration is impossible in the systems, it is required new mechanism for pairing electrons. Moreover, superconductivity appears with application of high pressure in some cerium and uranium compounds, which is called “pressure-induced superconductivity”. It means that we can control heavy fermion state and superconductivity by changing lattice constants of the compounds with applying high pressure. The goals of our laboratory are the discovery of new pressure-induced superconductor and coming out the truth of the superconductivity in strongly correlated system.

ネミロフスキー研究室

Nemirovsukii Group



ネミロフスキー セルゲイ
Sergey NEMIROVSUKII
外国人客員教授
Visiting Professor

回転下の渦状態の理論研究：多孔質中の He 薄膜系への応用と、固体ヘリウムの超流動固体状態への応用

固体ヘリウムの超流動固体状態の渦状態の研究は急速に展開している。久保田グループは Onset 温度 T_0 以下での渦液体状態の観測についてまとめている。また、その T_c 以下での本物の 3 次元超流動固体への転移を議論している。これらの転移は、渦状態の異なる特性によって特徴づけられる。しかしながら、これらを説明する微視的理論もなければ、定量的な理論的解析も未だなされていない。超流動乱流物理学のエキスパートとして私は、先ず対応する渦液体状態での渦のダイナミクス及び量子渦の統計物理学を研究し、どこ迄超流動乱流と渦液体が共通の物理学的基礎を共有するかを明らかにする。

渦液体状態から 3 次元超流動固体状態への転移が実験的に解析されているが、これ迄に知られている超流動乱流の既知の特性を基により深い洞察を必要としている。我々はまた、固体ヘリウム以外の系迄含めて超流動固体状態のより一般的な状況の可能性を議論する。

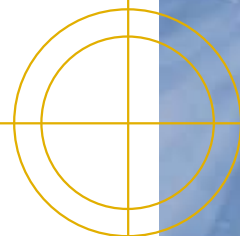
Theoretical Study of Vortex State under rotation: Application to He thin film systems in porous media and its application to Supersolid state in solid He

The study of vortex state in Supersolid state in solid ^4He has been being developed very rapidly. Kubota group recently summarized the observation of vortex fluid state below an onset temperature T_0 in solid He and discusses its transition into a real 3D supersolid state below T_c . These transitions are characterized by different behavior of the vortex states, yet there is no microscopic nor quantitative theoretical analysis. As an expert of superfluid turbulence physics, I would first study the relevant vortex dynamics as well as statistics of quantized vortices in the vortex fluid state by clarifying to what extent the physics of superfluid turbulence and vortex fluid share the common physical basis.

Transition from vortex fluid state to a 3D supersolid state, which could be experimentally analyzed, needs much more insight taking into account of so far known features of superfluid turbulence. We would also like to discuss possibility of more general situations of supersolid in other systems than solid He.

先端分光研究部門

Division of Advanced Spectroscopy



先端分光部門では、X線からテラヘルツにいたる幅広いエネルギー範囲において、新しい分光計測手法や先端的な光源を開発し、それらを用いた物性研究を行っている。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を有し、極限的性能を持つレーザーの開発や、レーザーを用いた物性研究を行っている。また、シンクロトロン放射光を用いる実験は、フォトンファクトリー（筑波）、SPring-8（兵庫県）などに恒常的に装置を設置して行っている。

現在、主なテーマとして、

- ・超短パルス高出力レーザーによる高光電場下の物理と、アト秒パルス発生の研究
 - ・高出力レーザーによる高密度プラズマを用いた軟X線レーザーの開発
 - ・超高速分光による波束ダイナミクスと光誘起相転移の研究
 - ・超微細低しきい値量子細線半導体レーザーの開発と顕微分光、ホタル生物発光の研究
 - ・高分解能光電子分光、軟X線発光、共鳴逆光電子分光を用いた固体の電子状態の研究
 - ・X線光学、X線回折・散乱を利用した表面・界面・ナノ構造の研究
- などを推進している。

Light is a versatile tool for investigation of the materials such as semiconductors, metals, organic and biological materials as well as strongly-correlated electron systems. Recent developments in lasers and electron accelerators along with the novel measurement techniques have been providing us innovative experimental tools.

Our division is responsible for the advanced spectroscopy applied to material researches and also the development of new coherent light sources based on laser technology over a wide spectrum range from X-ray to terahertz. Most of the research activities on the development of new lasers with an extreme performance and the application to material science are directed in a specially designed building with a large clean room and an isolated floor in Kashiwa Campus. The experiments utilizing the synchrotron radiation are performed at beamlines in Photon Factory (Tsukuba) and SPring-8 (Hyogo).

The main current subjects are as follows:

- Physics under ultra-high optical field and attosecond pulse generation.
- Development of advanced soft X-ray lasers and related physics under ultra intense radiation.
- Ultrafast dynamics of wave-packets and photo-induced phase transitions.
- Ultra-thin low-threshold quantum-wire lasers, and firefly bioluminescence.
- Study on ultra-high resolution photoemission and soft X-ray emission spectroscopies.
- Study of X-ray optics, surfaces, interfaces and nano-materials by X-ray scattering/diffraction.

教授
Professor

渡部 俊太郎
Shuntaro WATANABE

助教
Research Associate

足立 俊輔
Shunsuke ADACHI

教授
Professor

末元 徹
Tohru SUEMOTO

助教
Research Associate

中嶋 誠
Makoto NAKAJIMA

教授
Professor

辛 埴
Shik SHIN

助教
Research Associate

石坂 香子
Kyoko ISHIZAKA

教授
Professor

高橋 敏男
Toshio TAKAHASHI

助教
Research Associate

白澤 徹郎
Tetsuroh SHIRASAWA

准教授
Associate Professor

黒田 寛人
Hiroto KURODA

助教
Research Associate

馬場 基芳
Motoyoshi BABA

准教授
Associate Professor

秋山 英文
Hidefumi AKIYAMA

准教授
Associate Professor

小林 洋平
Yohei KOBAYASHI

特任講師
Project Assistant Professor

板谷 治郎
Jiro ITATANI

技術専門職員
Technical Associate

金井 輝人
Teruto KANAI

准教授（客員）
Visiting Associate Professor

大浦 正樹
Masaki OHURA

技術専門職員
Technical Associate

橋本 光博
Mitsuhiro HASHIMOTO

教授（外国人客員）
Visiting Associate Professor

フォーリッシュ アレキサンダー
Alexander FÖHLISCH

渡部研究室

Watanabe Group



渡部 俊太郎
Shuntaro WATANABE
教授
Professor

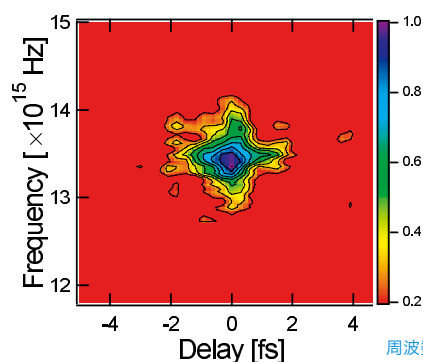


足立 俊輔
Shunsuke ADACHI
助教
Research Associate

超短パルス (サブ 10 フェムト秒) 高出力 (20 TW 級) 高繰り返し (5 kHz) レーザーの開発とそれを用いた超高光電場 (原子内電場の 100 倍) と物質の相互作用の研究を行っている。特に、高次高調波を用いたコヒーレント XUV、軟 X 線の発生とそれを用いた固体分光の研究を行っている。

高次高調波の次数は 300 以上に達し、その波長は水の窓 (4.4 nm) に至る。しかも放射光と異なり、超短パルスでコヒーレントな光源である。この性質を利用し、軟 X 線領域のフェムト秒非線形分光、時間分解分光の研究を展開している。

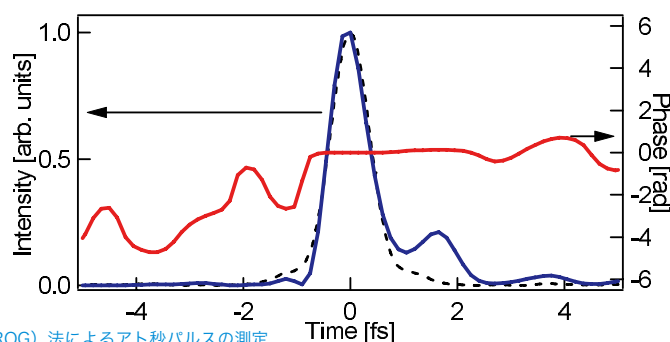
最近 XUV 域 (光子エネルギー 25-28 eV) において希ガスの 2 光子超閾イオン化を初めて観測した。超短パルス (8 fs) ブルーレーザー (400 nm) の 9 次高調波により 860 アト秒のパルス (アト秒: 10^{-18} 秒) を発生し、2 光子超閾イオン化を用いた周波数分解光ゲート法 (FROG) により、波形と位相を同時に決定することに成功した。これは XUV 域の非線形・時間分解分光への重要な一歩である。



周波数分解光ゲート (FROG) 法によるアト秒パルスの測定
Attosecond pulse measurement by frequency-resolved optical gating.

2 分割した高調波 (28 eV) の遅延を変えて得られる 2 光子超閾イオン化の電子スペクトル。10 階調の等高線で表してある。

Electron spectra of two-photon above-threshold ionization versus optical delay between two harmonic replicas (28 eV). The map was expressed by contours with 10 steps.



左図から再生したアト秒パルスの波形 (青) と位相 (赤)。破線はフーリエ限界パルス。

Pulse shape (blue) and phase (red) retrieved from left figure. The dashed line corresponds to the Fourier transform-limited pulse.

研究テーマ Research Subjects

1. 超短パルス高出力レーザーの開発
Development of ultrashort, high-power lasers
2. 多光子過程 (高次高調波、多光子イオン化) の研究
Research on high-order harmonics and multiphoton ionization
3. XUV、軟 X 線領域のフェムト秒非線形・時間分解分光
Nonlinear, femtosecond spectroscopy in the XUV and soft X-ray regions
4. XUV、軟 X 線アト秒パルスの発生
Attosecond pulse generation in the XUV and Soft X-ray regions



末元 徹
Tohru SUEMOTO
教授
Professor



中嶋 誠
Makoto NAKAJIMA
助教
Research Associate

光は強力な物性研究手段であるが、中でも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、中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、可視からテラヘルツにいたる波長領域で各種の短パルス光源を使いこなし、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、物質にあわせた波長可変の光源を用意し、吸収、反射、発光、ラマン散乱など各種の測定を高時間分解能で極低温まで精度よくかつ、効率的に行えるように整備を進めてきた。

現在、電子格子緩和、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、光誘起絶縁体金属転移など光誘起現象のダイナミクスの研究を行っている。

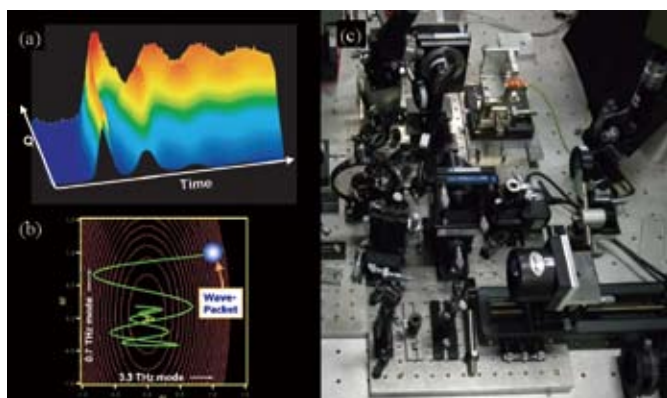
Optical spectroscopy provides versatile tools for solid state research. Among them, the methods based on pulsed lasers are indispensable for investigation of ultrafast phenomena in solids.

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 and 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 visible to terahertz region.

For this purpose, we prepared various tunable light sources and measurement environment which allow us to study transmission, reflection, luminescence and Raman scattering with high time resolution and accuracy down to low temperature.

Our main interest is in the dynamics of electron-lattice relaxation, 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 insulator-metal transitions and other photoinduced 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。Q は原子の変位に相当しており、波束が周期 300fs で減衰振動を行っている様子がわかる。(b) 発光の時間波形の解析から復元した波束のリサージュ運動。赤い等高線で示された 2 次元のポテンシャル面上を運動する波束の軌跡が緑の曲線で示されている。(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. Q is the deviation of the atoms from the equilibrium position. The damped wavepacket oscillation with a period of 300 fs is clearly seen. (b) Lissajous motion of the wavepacket retrieved from the time-dependent luminescence data. The contour of the 2D potential surface and the trajectory of the wavepacket are shown by red and green curves, respectively. (c) 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のダイナミクス
Dynamics of photoinduced phase transitions by time-resolved infrared and terahertz spectroscopy
3. 生体高分子における超高速電子緩和
Ultrafast electronic relaxation process in bio-molecules



辛 埴
Shik SHIN
教授
Professor

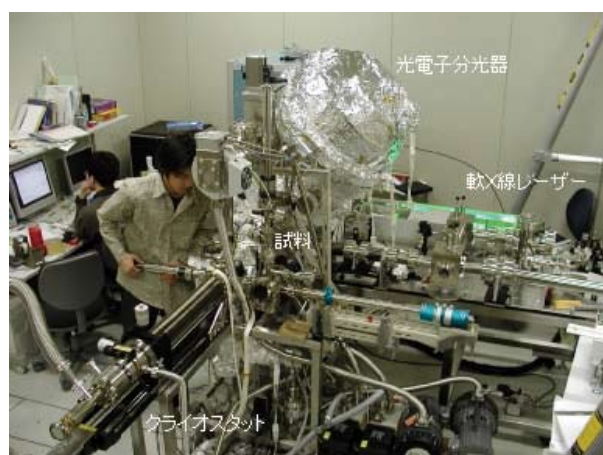


石坂 香子
Kyoko ISHIZAKA
助教
Research Associate

紫外光から軟X線のエネルギー領域の光物性を開拓することによって、固体の電子状態の研究をしている。特に、近年は紫外レーザーを光源として用い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。

新たに開発されたレーザー光電子分光は0.36 meVのエネルギー分解能を有し、世界最高である。光電子分光は物質の物性を決定するフェルミ面近傍の電子状態を知ることのできる極めて有力な方法である。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知ることができるようになった。一方、レーザーの時間的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開発して、遷移金属化合物、有機物、半導体などの光誘起現象によるダイナミクスを研究している。

一方、タンパク質等の生体物質の電子状態は化学結合状態と深く関係し、タンパク質の機能性を研究する上で極めて重要である。軟X線発光分光を用いて、このような研究が初めて可能になってきた。蛋白中の遷移金属の果たす微妙な役割や、DNAの持つ動的な機能性の研究を始めている。

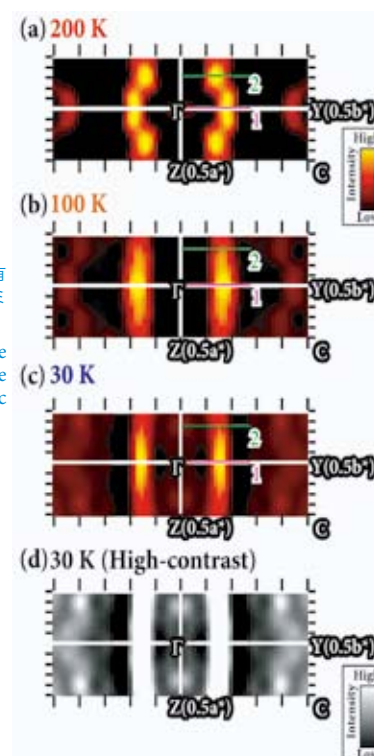


光電子分光で観測した1次元有機伝導体TTF-TCNQのフェルミ面の温度変化

Temperature dependence of the Fermi surface of the one-dimensional organic conductor TTF-TCNQ

世界最高のエネルギー分解能を持つ
極超高分解能光電子分光装置

The experimental system for the laser-photoemission spectroscopy that has the highest resolution of the world



研究テーマ Research Subjects

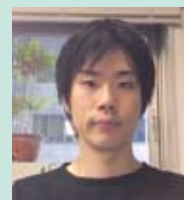
1. 極超高分解能のレーザー光電子分光による超伝導体、低次元物質、新物質等の電子状態の研究
Ultra-high resolution laser-photoemission study on the superconductors and the low dimensional materials
2. レーザーを用いた時間分解光電子分光による光誘起現象の研究
Time-resolved laser-photoemission study on the photo-induced phenomena
3. 軟X線発光分光により、生体物質等の電子状態の研究
Soft X-ray emission study on the biomaterials

高橋研究室

Takahashi Group



高橋 敏男
Toshio TAKAHASHI
教授
Professor



白澤 徹郎
Tetsuroh SHIRASAWA
助教
Research Associate

X線などの回折・散乱の基礎研究とその応用。とくに、X線や電子線の干渉現象を利用して、結晶の表面や界面の構造、ナノ構造などを解明する方法の開発を行い、その結果を利用して興味ある試料について新しい知見を得ている。

たとえば、表面X線回折法やLEEDを利用して半導体表面上の金属2次元周期構造や1次元鎖状構造の解析、および、それらの相転移現象の研究を行っている。また、最近、低温にするとこれまで知られていなかった長周期構造が出現することがいくつかの興味ある系で報告されており、その相転移現象の研究も行っている。他方、Si基板上に高品質のFeやMnの超薄膜が作製できるようになったが構造は未知であり、それらの構造をX線CTR散乱を利用して決定を試みている。

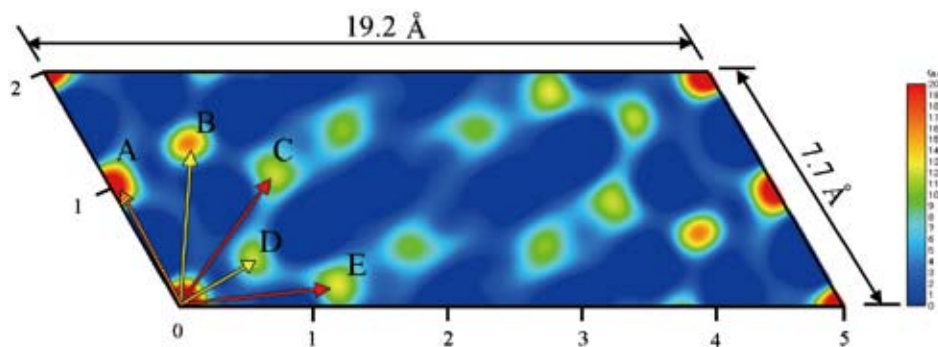
一方、位相問題に関する研究も進めている。回折散乱の実験では、観測されるのは散乱波の振幅ではなく強度である。このため、散乱波が本来もっていた位相情報が消えてしまうという位相問題が発生する。この位相問題は、結晶の構造解析では直接法などによりかなり解決しているが、表面や界面ではまだ研究が進んでいない。

他方、X線レーザーの開発とともに今後の発展が期待される非線形光学現象の研究を進めている。

Fundamental studies on X-ray, neutron, and electron diffraction, in particular intended for the development of new methods to solve the structure of surfaces, interfaces and nano structures by using interference phenomena. For instance, we have been studying the surface structure and phase transition of metals on semiconductor systems using synchrotron X-ray diffraction and LEED. We have been also developing new methods to solve the phase problem in surface X-ray diffraction.

Si(111)-5×2-Au 表面のパターソン図。微小角入射X線回折法により観測された非整数次反射の積分回折強度より計算された。これまでに提唱されているモデルを多少修正した結果が得られた。A,B,Dの矢印は、Auの原子間ベクトルに対応する。

Patterson map calculated from integrated intensities observed for the Si(111)-5×2-Au surface. The arrows indicated by A,B and D correspond to the interatomic vectors between two Au atoms on the surface.



研究テーマ Research Subjects

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

黒田研究室

Kuroda Group



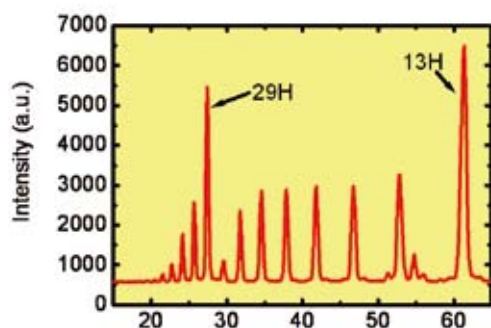
黒田 寛人
Hiroto KURODA
准教授
Associate Professor



馬場 基芳
Motoyoshi BABA
助教
Research Associate

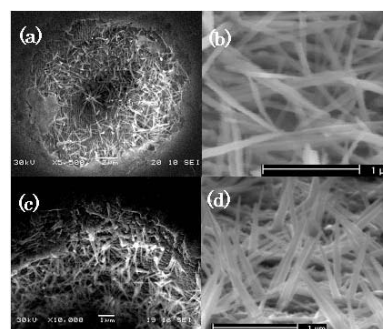
軟 X 線レーザーや固体高密度ターゲットによるコヒーレント軟 X 線の生成および物理の研究を遂行している。波長 18.9nm の過渡的縦励起型 Ni 様モリブデン軟 X 線レーザーの発振に世界で初めて成功し、高度化の追求を行っている。さらに軟 X 線領域における新たな光源としてレーザー励起アブレーションプラズマを用いた高次高調波の発生とその特性評価を行っている。多価イオンを用いて生成する高調波の短波長化にも成功し、マンガンを用いて 101 次（波長 7.9nm）にいたる高調波を得ている。インジウム、スズなどを用いたときレーザー誘起共鳴増幅による一つの特次高調波増強に世界に先駆けて成功し、アンチモン、テルルを用いて更なる短波長化を達成した。レーザーアブレーション法を用いたナノ構造生成の研究も始めており、ナノワイヤー、ナノグレーティングの生成をおこなっている。

We study extensively the physics of generating coherent soft x-ray using a metal target and soft x-ray lasers. We proposed and have developed the new scheme of a longitudinal transient collisionally excited Ni like Mo 18.9 nm laser, which opens a new trend in soft x-ray laser. We have also developed highly directive high order harmonic generation (HHG) in soft x-ray region using a pre-plasma in ablation mode. It is very interesting as a new physics and also efficiency and other characteristics are desirable. We showed up to 101st of Ti:Sapphire laser (7.9nm) by manganese plasma and found out for the first time a strong single harmonic enhancement due to resonance effect in In, Sb, Te, and Te plasma too. We achieved enhancement of two-color high harmonic by using two compound strong ionic transitions in double-target scheme. We also study the nano-material formation and controlling by using femtosecond laser system. We have achieved the production of nano-wires, and nano-gratings on the various semiconductor surfaces.



ダブルターゲット方式によるコヒーレントな2波長高次高調波スペクトル。レーザー誘起共鳴増幅によりそれぞれのターゲットに特性的な高調波が同時に発生する。図は In と Cr による特性的な 13 次、27 次の強い共鳴高調波（61.15、27.41 nm）で分光光源として大いに期待される。

Enhanced HHG spectrum from the laser-ablation indium/chromium plume using two compound strong transitions in double target scheme. The strong 13th and 29th harmonics were obtained at the wavelengths of 61.15 and 27.41 nm.



レーザーアブレーションによるナノワイヤーの SEM 像。レーザーのパラメーターは (a) および (b) は波長 800nm、パルス幅 120fs、偏方向は横、出力 1mW、500 ショット積算。(c) と (d) は波長 400nm、パルス幅 120fs、偏方向は横、出力 10mW、集光条件は焦点より 3mm ずらした状態、500 ショット積算。

SEM images of the ablation craters and nanowires. The laser parameters are: (a) and (b), 800 nm, 120 fs, linear polarization, 1 mW, 500 pulses; (c) and (d), 400 nm, 120 fs, linear polarization, 10 mW, defocus for 3 mm, 500 pulses.

研究テーマ Research Subjects

1. 波長 18.9nm における Ni 様モリブデン X 線レーザーの高度化
Physics and development of Ni-Mo 18.9nm x-ray laser
2. レーザーアブレーションターゲットを用いた制御高調波の発生物理理解
New scheme of ablation controlled plasma and anomalous enhancement of single harmonic due to strong resonance
3. FRET、FLIM の蛍光を用いたタンパク質の相互作用理解
Study on FRET and FLIM of luminous proteins
4. レーザーアブレーション法を用いたナノ粒子形成とその物理
Formation of nano-structures on crystal surface with femtosecond laser pulse irradiation

秋山研究室

Akiyama Group



秋山 英文
Hidefumi AKIYAMA
准教授
Associate Professor

サイズや形に依存して変化する量子力学的な物性の光学的な理解と制御を目的に、半導体量子細線を中心とした量子ナノ構造とそれを用いた半導体レーザーについて、レーザー分光と顕微分光を主として用いた研究を行っている。

GaAs 薄膜量子井戸構造を T 型につないだような量子構造では、T 型の交点が量子細線として働く。現在、この手法を用いて世界一細くかつ均一な量子細線半導体レーザーを作り、低しきい値電流などの優れた性能を検証しようと研究を進めている。そこで出会う実験事実や問題点新発見などは、1 次元物性、電子正孔系多体問題、レーザー、結晶成長、物質科学、半導体デバイスなど様々な分野に関わる物理研究の題材を提供してくれる。FET（電界効果トランジスタ）型のドープ細線構造も実現し、一次元多体電子系の光学物理も調べている。

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



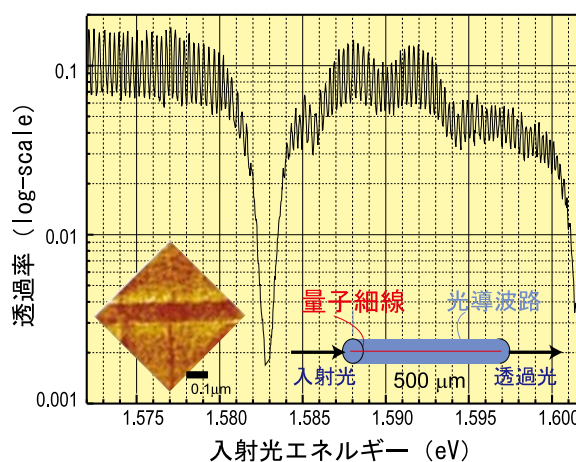
単一 T 型量子細線の透過吸収スペクトル
Transmission/absorption spectrum of a T-shaped single quantum wire.

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

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

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

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



研究テーマ Research Subjects

1. 電流注入及び光励起型の超微細低しきい値量子細線レーザーの作製と顕微分光
Ultra-thin low-threshold high-quality semiconductor quantum-wire lasers and their micro-spectroscopy and imaging
2. 1 次元高密度電子正孔系および電子系の光学応答と多体相互作用効果
Optical physics and many-body physics of dense electron-hole or electron systems in 1D
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

小林研究室

Kobayashi Group



小林 洋平
Yohei KOBAYASHI
准教授
Associate Professor

先端レーザー光源開発及びこれを用いた応用研究を行っている。これまでサブ6 fs オクターブバンドチタンサファイアレーザーなど数多くのレーザーの研究開発、およびそれらの超精密制御を行ってきた。

高強度物理や超高速分光に用いられる超短パルスレーザーと、光原子時計など超精密分光に用いられるレーザーとは一見対極にあるが、近年これらの技術が融合し新しい分野が開けつつある。図に示すような超広帯域のレーザースペクトルに含まれる縦モードを精密にコントロールすることにより無数のcwレーザーをフェムト秒レーザー一つに置き換えることが出来るのである。この技術は時間の極限ではアト秒物理等の発展に寄与し、周波数の極限では超精密な時計の研究等に貢献している。これらを結びつけるキーワードの一つは高繰り返し高強度レーザーであり、ファイバーレーザーを中心とした新たな展開が期待される。本研究室では超短パルス新光源をベースに物質科学や原子分子分光などと、精密・高強度物理とを組み合わせた研究を進めていく。

We have been studied about advanced laser technology and its applications, such as sub 6-fs Ti:sapphire laser oscillator that produces an octave-spanning spectrum.

The technologies of an ultrashort pulse generation and an ultra-narrow linewidth laser were developed independently. However, the combination of these two technologies realized brand-new research area recently. Precisely-controlled femtosecond laser can be regarded as many cw lasers. This technology can be applied for the attosecond physics in the time domain, and for the precision spectroscopy in the frequency domain. It is applied for the optical atomic clock through the optical frequency comb. One key word for this research area is the high-repetition rate, high-intensity laser. High power fiber laser system is one of the most promising candidates for this study. The combination between the precision spectroscopy in solid state or gases and the high-field physics will be the main interest in our lab.



オクターブバンドチタンサファイアレーザーのスペクトル。レーザーの出力を回折格子で分光したもの。繰り返し1 GHz、パルス幅は5.6 fs。

Spectrum of the octave-spanning Ti:sapphire laser oscillator. The repetition frequency is 1 GHz, and the pulse duration is 5.6 fs.

研究テーマ Research Subjects

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

板谷研究室

Itatani Group



板谷 治郎
Jiro ITATANI
特任講師
Project Assistant Professor

短波長域での超高速光科学の創成を目指して、先端的な高強度超短パルスレーザーの開発と、それを用いた強レーザー場中の超高速現象に関する研究を行っている。特に、強レーザー場中の原子や分子から発生する「高次高調波」と呼ばれるコヒーレント短波長光の発生と応用に関する実験的研究を行っている。現在、以下に述べる二つの研究分野を推進している。

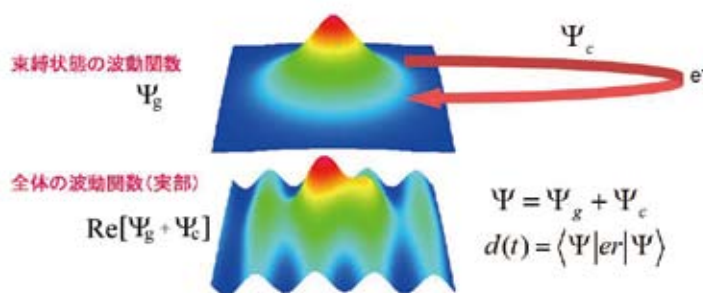
アト秒物理学の開拓 -- 高次高調波は原子や分子が強レーザー場中でイオン化する際に発生するコヒーレントな短波長光であり、アト秒領域の極短パルスを発生するための手法として期待されている。本研究室では、強レーザー場中での原子分子の量子力学的な振る舞いを理解し制御することによって、アト秒領域の短波長光を発生し、それを利用した原子分子や凝縮系の電子状態の超高速分光の確立を目指している。

分子動画像 -- 高次高調波は時間的・空間的なコヒーレントな光であり、その発生機構には光電場に対する電子のコヒーレントな応答が埋め込まれている。本研究室では、これらの光や電子の高度なコヒーレンスを利用した新しい計測手法に関する研究を行っている。特に、気相分子の電子状態の超高速イメージング手法と凝縮系の時分割散乱イメージングを目指している。

We study ultrafast phenomena in strong optical fields using high-peak-power ultrashort-pulse lasers, aiming to establish ultrafast optical sciences in short wavelength (extreme ultraviolet to soft x-ray). In particular we focus on the generation and application of high harmonics that are produced by atoms or molecules exposed to intense laser fields. Following are the main research topics:

Attosecond physics -- high harmonic generation is based on the coherent interaction between strong laser fields and atoms (or molecules). It is a promising route to produce attosecond optical pulses. We study the fundamental process of HHG for producing, controlling, and measuring attosecond pulses, which will become the foundation of attosecond spectroscopy.

Molecular Dynamic Imaging -- high harmonics are temporally and spatially coherent light. Furthermore, their generation processes contain coherent interactions between strong laser fields and electrons. We study how these coherences can be exploited for imaging molecular orbitals of gas-phase molecules and scattering imaging of nanostructures in solids.



強レーザー場中の原子からの高次高調波発生概念図。連続準位中の電子波束と束縛状態の電子の波動関数の干渉によって振動する双極子が誘起され、アト秒の光が放射される。

Illustration of the elementary process of high harmonic generation. Electron wavepackets in the continuum interfere with the bound-state electrons to induce oscillating dipoles that emit high harmonic photons.

研究テーマ Research Subjects

1. 高強度超短パルスレーザー光源の開発
Development of intense ultrafast lasers
2. 高次高調波によるアト秒コヒーレント短波長光の発生と制御
Generation and control of attosecond short-wavelength light via high harmonics
3. 高次高調波を用いた超高速イメージング技術の開発
Novel molecular dynamic imaging using high harmonics

大浦研究室

Oura Group



大浦 正樹
Masaki OURA
客員准教授
Visiting Associate Professor

軟X線領域の放射光やレーザーの時間的特性を利用し、従来より用いられてきた軟X線発光分光法や光電子分光法等に時間分解性能を持つ検出系を適用し、固体の電子状態の研究に新たな展開をもたらすことを目指す。特に放射光のパルス特性を利用し、固体試料へ外部より印加された刺激に対する時間的な応答を連続的に観測する技術確立する。当面は、高分解能軟X線発光分光器に従来利用されているCCD検出器の代わりに時間分解型二次元位置検出器を適用し、電圧印加による外部刺激からの緩和過程を観察する。SPring-8の既設の軟X線ビームライン等で予備的な実験を行い、現在建設中の東京大学アウトステーション計画での物性研究への応用を目指す。

With the aid of characteristics of pulsed beam of the synchrotron radiation in the soft x-ray region, we will explore new opportunities for studying the electronic structure of materials by applying the time-resolved detection system to the traditional soft x-ray spectroscopic method. Especially, we will develop a technique to observe the response of electronic structure to the externally applied stimulus by utilizing the pulsed beam of the synchrotron radiation. For the moment, we will try to study the relaxation of electronic structure intentionally stimulated electronic structure by means of the soft x-ray emission spectroscopy combined with the time-resolved detection system. A preliminary experiment will be performed at the soft x-ray beamline of SPring-8, and such technique will be applied to the study of materials science at the new beamline project of the University of Tokyo at the SPring-8.

フォーリッシュ研究室

Föhlisch Group



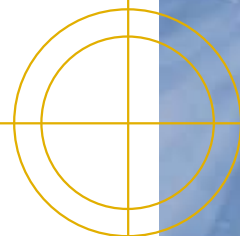
フォーリッシュ アレキサンダー
Alexander FÖHLISCH
外国人客員教授
Visiting Professor

可視光と紫外線領域のレーザーを用いたラマン分光学は固体の低エネルギー励起を調べることに広く用いられている。複雑なシステムでは元素選択的、化学状態選択的な振動ラマン分光を行うことが望ましい。最近のシンクロトロン放射源からの軟X線(50eV - 2000eV)を用いれば、内殻共鳴分光により、元素選択的、化学状態選択的な物質科学や化学を行うことができる。複雑な分子や固体構造中の特殊な原子や機能分子に付随した振動分光を行うことは非常に興味深い。現在の実験技術では、低エネルギー振動を分光するためにはこれまで限界があったが、辛グループの高分解能軟X線発光分光装置を用いれば元素選択的なラマン分光が複雑な物質中で可能になる。そこで、まず、弱い相互作用を持つシステムを低温で固体化させて行いたい。次に、液体における振動のダイナミクスとその時間変化の研究を行いたい。現在の実験技術では、電子状態、超高速緩和現象、振動のダイナミクスとの関係はほとんど分かっていないためである。

Raman spectroscopy with visible and UV Lasers is widely used to study low energy excitations in matter. In complex systems it would be highly desirable to improve vibrational Raman spectroscopy with an element specific and chemical state selective enhancement, where vibrations in complex matter can be directly assigned to a selected atomic site and chemical environment. Using soft X-rays (50eV - 2000eV) from modern synchrotron radiation sources, we can access the resonance energies of the core electrons and gain element specific and chemical state selective information of the large majority of elements relevant to materials science and chemistry. The scientific aim is now to directly map vibrational modes to specific atomic centers or functional groups in a complex molecular or solid structure. To separate the close lying vibrational states is at the limit of present day instrumentation. However, with the high resolution instrumentation developed by Prof. Shin, we should be able to open up the field of atom specific vibrational Raman spectroscopy in complex systems. In a first step weakly interacting systems shall be frozen onto the cryostat and are excited and detected with vibrational resolution. The next step is to study the vibrational progression and vibrational dynamics in liquid systems, where present experiments can only give an unsatisfying picture of the interplay between electronic structure, the ultrafast relaxation processes and the vibrational dynamics.

軌道放射物性研究施設

Synchrotron Radiation Laboratory



高エネルギー加速器から放射される極紫外から軟X線領域の光（放射光）は、物質の性質（電子状態）を調べるうえで重要な役割を果たしている。とくに最近、アンジュレータなどの輝度の高い放射光を利用した極紫外・軟X線領域の吸収、光電子分光、発光分光などの実験によって物質の機能発現のしくみが微視的に解明され、放射光は物質科学の発展に不可欠なプローブとなっている。本施設の測定系グループは、高エネルギー加速器研究機構（KEK）内に分室を設置してフォトンファクトリー・リング（KEK-PF）に設置した3つの実験ステーションを全国共同利用実験に提供するとともに、放射光を利用する先端的物性研究や新しい実験技術の開発・研究を行っている。また、加速器グループは、先端的放射光源および将来の放射光源に関する技術開発と加速器物理研究を行っている。本施設では、スプリングエイトに世界最高性能の軟X線アンジュレータ、ビームライン分光光学系を建設・整備しており、時間分解分光実験や軟X線発光分光実験などによる最先端の物質科学研究を推進している。

Synchrotron radiation from insertion devices provides researchers with a powerful probe, easily tunable over an extreme wide range of energy and wavelength to understand the complex world of atoms, molecules and solid states. The Synchrotron Radiation Laboratory (SRL) has a branch laboratory in the High Energy Accelerator Research Organization (KEK) at Tsukuba. The branch laboratory maintains an undulator called Revolver, two beamlines and three experimental stations, which are installed in the Photon Factory (PF) and fully opened to outside users. The in-house staffs of SRL not only serve the outside users with technical support and advices, but also carry out their own research works on advanced solid state spectroscopy as well as instrumentation. The accelerator group is studying accelerator physics and developing the accelerator related technology for advanced and future synchrotron light sources. The members of SRL have been playing an essential role in the new beamline project of the University of Tokyo. They are constructing a new undulator in soft X-ray region and promoting new research plans by means of time-resolved spectroscopy, soft X-ray emission spectroscopy, etc.

教授（施設長）	柿崎 明人
Professor (Director)	Akito KAKIZAKI
准教授	中村 典雄
Associate Professor	Norio NAKAMURA
准教授	松田 巖
Associate Professor	Iwao MATSUDA
教授（客員）	北村 英男
Visiting Professor	Hideo KITAMURA

助教	藤澤 正美
Research Associate	Masami FUJISAWA
助教	高木 宏之
Research Associate	Hirofumi TAKAKI
助教	阪井 寛志
Research Associate	Hiroshi SAKAI
助教	奥田 太一
Research Associate	Taichi OKUDA
技術専門職員	福島 昭子
Technical Associate	Akiko FUKUSHIMA
技術専門職員	澁谷 孝
Technical Associate	Takashi SHIBUYA
技術専門職員	原沢 あゆみ
Technical Associate	Ayumi HARASAWA
技術専門職員	篠江 憲治
Technical Associate	Kenji SHINOE
技術専門職員	工藤 博文
Technical Associate	Hirofumi KUDO
技術職員	伊藤 功
Technical Associate	Isao ITO

測定系グループ

Solid State Spectroscopy Group

柿崎研究室

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

松田巖研究室

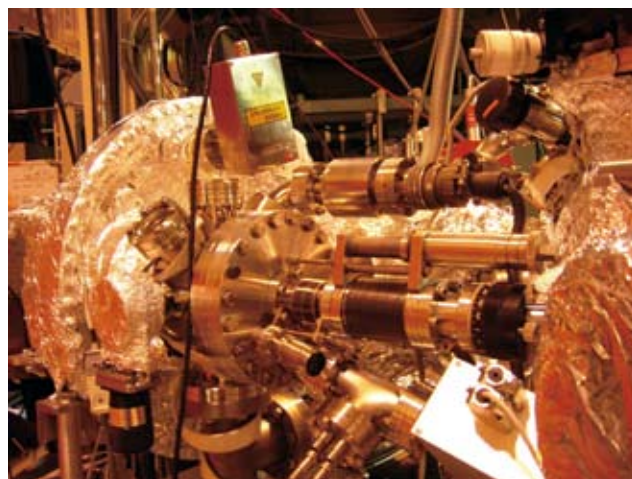
<http://imatsuda.issp.u-tokyo.ac.jp/>

測定系グループは2つの研究室（柿崎研究室、松田研究室）で構成され、高輝度放射光を利用する先端の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。測定系グループでは、KEK-PF に設置した偏向電磁石からの放射光を使う角度分解光電子分光実験装置 (BL-18A)、リボルバー型アンジュレータからの高輝度放射光を利用するスピン・角度分解光電子分光実験装置 (BL-19A) と軟X線発光分光実験装置 (BL-19B) の3基の実験ステーションを維持管理して共同利用実験に提供している。また、それだけでなく各装置性能を向上させ、さらにこれらを使って表面・超薄膜系における電子状態やスピン状態をテーマに先端の物性研究もおこなっている。ビームラインの年間利用者数は200人を超えている。また、東京大学がSPring-8 に計画している軟X線領域の高輝度放射光源及びビームラインの分光光学系設計や建設の中心的な役割を担っている。

最近の主な技術開発はスピン分解光電子分光装置の高スピン効率化である。検出器として低速電子線のスピンに依存した回折現象を利用することで通常の Mott 検出器に較べて約100倍性能の高いスピン検出器を開発することができた。また、BL-18A に高分解能電子分析器を回転・並進駆動機構も合わせて導入し、フェルミ面マッピングや波動関数の対称性決定など多種多様な光電子分光測定ができるようにした。

主な研究テーマは、金属超薄膜の界面単原子層によるスピン及びフェルミ面トポロジーの変化である。金属超薄膜の厚さをフェルミ波長まで薄くすれば膜内に量子井戸状態が実現し、面直方向の状態は離散化し、面内方向は等方的2次元電子系を形成する。最近、薄膜/基板界面単原子層に原子鎖列を導入すると膜内電子系は擬1次元電子系を成すことを見出した。さらに、薄膜/真空界面単原子層として強い2次元 Rashba 系を用意すると、波動関数の混成によって膜内電子系のスピン縮退が解けることが分かった。

The solid state spectroscopy group consists of two laboratories, the members of which are promoting advanced solid state spectroscopy using synchrotron radiation in soft X-ray and vacuum ultraviolet region. They operate, maintain and improve two undulator beamlines and three experimental stations at the Photon Factory (KEK-PF); an angle-resolved photoelectron spectrometer (BL-18A), a spin- and angle-resolved photoelectron spectrometer (BL-19A) and a soft X-ray emission spectrometer (BL-19B). Furthermore, they make leading researches on electronic and spin states in surface and ultrathin film systems by themselves with these facilities.



BL-19A に設置された高効率スピン検出器 (VLEED)。高分解能電子分析器と組み合わせることによって、非常に高いエネルギー分解能でスピン分解光電子スペクトルの測定ができる。

A New Spin-polarized Photoemission Spectrometer with Very High Efficiency and Energy Resolution for high-resolution spin-resolved photoemission spectroscopy



柿崎 明人
Akito KAKIZAKI
教授
Professor



松田 巖
Iwao MATSUDA
准教授
Associate Professor



藤澤 正美
Masami FUJISAWA
助教
Research Associate



奥田 太一
Taichi OKUDA
助教
Research Associate

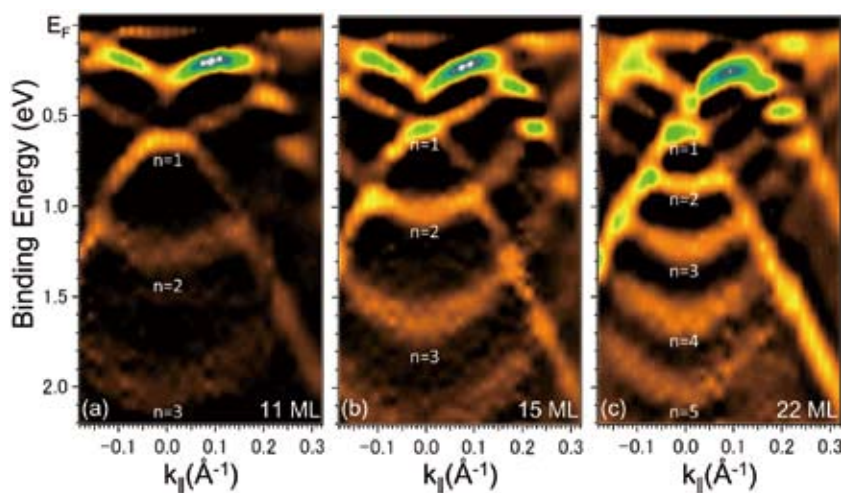
また本グループでは放射光 X 線と走査型トンネル顕微鏡を組み合わせた新しい元素イメージング法や、放射光と超短パルスレーザーを組み合わせた超高速分光実験の立ち上げなどを行うなど、新しい放射光利用実験へも積極的に取り組んでいます。

Furthermore, they have actively worked on developing new experiments for synchrotron radiation. By combining scanning tunneling microscope and synchrotron radiation X-ray spectroscopy, they have constructed a new chemical imaging method. They also worked on ultrafast spectroscopy experiments through a combination of ultra short laser pulse and synchrotron radiation pulse.



BL-18A とエンドステーション。ここで、真空紫外線から軟 X 線放射光による高分解能フェルミマッピング、バンドマッピング、波動関数の対称性決定などの実験を行うことができます。

The beamline BL-18A and the experimental chamber equipped with high-resolution electron spectrometer. Here, varieties of photoemission experiments, Fermi surface mapping, band mapping, wave function-symmetry determining, are performed.



Ag(111) 単結晶超薄膜に Bi を吸着させて $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ 表面超構造を作成した試料のフェルミ準位近傍の面内バンド分散。各膜厚は (a)2.6nm, (b)3.5 nm, (c) 5.2 nm。超薄膜の量子井戸状態の自由電子的な分散とラッシュバ効果によってスピン分裂した表面状態とが交差するところで、バンド分裂が生じている。

In-plane band dispersion near Fermi level of $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ surface superstructure prepared by Bi deposition on Ag(111) ultrathin film at various thickness of (a)2.6nm, (b)3.5 nm, (c) 5.2 nm. Band splits are found at the crossing points of free-electron-like bands of quantum-well states in the films and spin-polarized bands of the Rashba effect at the surface.

研究テーマ Research Subjects

1. スピン分解光電子分光および磁気円二色性実験による表面磁性の研究
Surface magnetism studied by spin-resolved photoemission and magnetic linear- and circular- dichroism
2. 光電子および逆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 and inverse photoelectron spectroscopy
3. 時間分解光分光実験による表面スピンドイナミクスの研究
Electron spin dynamics by means of time-resolved spectroscopy
4. 光電子顕微鏡による微小試料、微小領域のイメージングと電子状態の研究
Imaging of nano-structure materials by means of photoelectron emission microscope (PEEM)
5. 光電子分光と in situ 表面電気伝導測定による固体表面上低次元構造体内を流れる電子の輸送現象の研究
Electron transport through low-dimensional structures on solid surfaces studied by means of combination of photoemission spectroscopy and in situ surface conductivity measurements

加速器グループ

Accelerator Physics Group



中村 典雄
Norio NAKAMURA
准教授
Associate Professor

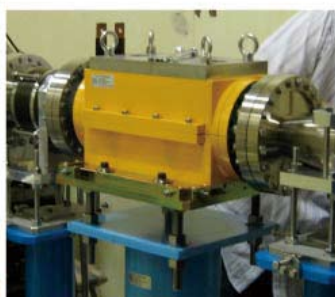
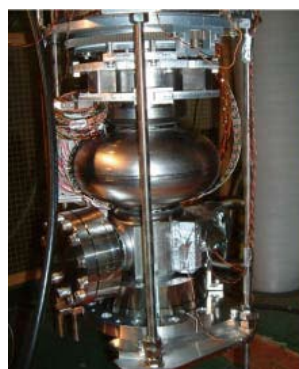


高木 宏之
Hiroyuki TAKAKI
助教
Research Associate



阪井 寛志
Hiroshi SAKAI
助教
Research Associate

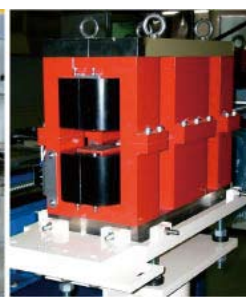
我々のグループの研究テーマは、放射光源を中心とした粒子加速器である。我々はこれらの加速器におけるビーム物理を研究するとともに、先端的な加速器要素や加速器技術の開発を行っている。最近の活動の1つとしては、輝度、コヒーレンス、時間特性で蓄積リング型の既存放射光源を凌駕するものと期待されるエネルギー回収ライナック（ERL）による次世代放射光源の研究がある。ERLにおけるビーム力学の研究と超伝導加速空洞や電子銃励起用ファイバーレーザーなどの要素開発を他機関との協力の下で行っている。また、パルス六極電磁石をKEK-PFと共同開発して、この新しい入射方式をPFリングにて試験することに成功している。さらに、東京大学がSPring-8に建設中である物質科学ビームラインのための偏光制御軟X線アンジュレータの建設と高速円偏光切替用移相器の開発を進めている。



次世代放射光源のための超伝導加速空洞の単セルモデル（左）と新しい入射方式のためにPFリングに設置されたパルス六極電磁石（右）。

A single-cell superconducting RF cavity model for a next-generation synchrotron light source (left) and a pulsed sextupole magnet installed at the PF ring for a new injection scheme (right).

Our research subjects are particle accelerators mainly used as synchrotron radiation sources. We study beam physics in these accelerators and develop advanced accelerator components, subsystems and technology. One of our recent activities is research of a next-generation light source based on an energy recovery linac (ERL), which is expected to be superior in brilliance, coherence and temporal characteristic to the existing synchrotron light sources based on electron storage rings. We are studying beam dynamics in ERLs and developing ERL components such as a superconducting RF cavity and a fiber laser for driving a photocathode gun in collaboration with some other SR facilities. We also developed a pulsed sextupole magnet in collaboration with KEK-PF and successfully tested a new injection scheme using it at the PF ring. Furthermore we are constructing a polarization-controlled undulator for a material-science beam line of the University of Tokyo at SPring-8 and developing a phase shifter for fast helicity switching of the undulator radiation.



SPring-8に建設する東京大学物質科学ビームラインの偏光制御アンジュレータ（左）と高速円偏光切替のための移相器プロトタイプ（右）。

A polarization-controlled undulator for the material science beamline of the University of Tokyo at SPring-8 (left) and a phase shifter prototype for fast helicity switching of the undulator radiation (right).

研究テーマ Research Subjects

1. 高輝度光源
High-brilliance synchrotron light source
2. 次世代放射光源
Next-generation synchrotron light sources
3. 先端的な加速器要素技術の研究開発
Research and development of advanced accelerator components, subsystems and technology
4. 加速器におけるビーム物理
Beam physics in accelerators

北村研究室

Kitamura Group



北村 英男
Hideo KITAMURA
客員教授
Visiting Professor

軟X線領域における円偏光2色性研究を行うためには、左右の円偏光が高速でスイッチングできる放射光源が不可欠であるが、決定版といえるものは未だ開発されていない。従来、この種の光源開発のアプローチとしては、①ヘリシティが異なる2台のヘリカルアンジュレータを使用し、光学シャッターあるいはキッカーマグネットを使用して左右の円偏光を切り替える方法、あるいは②ヘリシティ可変のヘリカルアンジュレータを使用する方法があったが、①では光源の同一性に難があり、②ではスイッチング時に電子軌道を変動させてしまうという欠点があった。ところが、最近になって、水平偏光アンジュレータと垂直偏光アンジュレータのセットを複数用意することによって干渉効果による左右円偏光を発生し、各アンジュレータ間に設置した3極電磁石で位相変調を行うことによって左右円偏光の高速スイッチングが可能な放射光源が提案された。光源同一性に優れ、かつ電子軌道の変動を最低限に抑制できる光源として期待されているものである。客員期間中は、SPRING-8の30m直線部においてこの光源の実用化研究を行う。

To study circular dichroism in the soft X-ray region, we need special synchrotron radiation sources having performance of high-speed helicity switching of circular polarized radiation. However, there is no working source having such performance at a high level for synchrotron radiation users. Before now, two approaches have been adopted aiming at high-speed switching. One is a combination of two helical undulators with different helicity. The two radiation beams from them were selected alternately for the attached beamline with an optical shutter or a kicker magnet system. The other is a helical undulator where the helicity of the magnet arrays is variable. In the former case, however, we cannot expect full identity between the two sources. In the latter, the closed orbit in the storage ring may be fluctuated during the switching.

Recently, we proposed a new source composed of several crossed undulators and phase adjusters, generating circular polarized radiation with high-speed helicity switching. This source is expected as a standard one since the full source identity will be obtained with negligible small fluctuation of the closed orbit. We are going to construct a practical one for the 30-m straight section of the SPRING-8.

中性子科学研究施設

Neutron Science Laboratory

中性子は透過力に優れ、微小磁石の性質を持つので、原子の中心にある原子核やその周りにある電子のつくる磁場と力を及ぼし合う。この性質を利用して物質による中性子の散乱のされ方を測定し、物質内の原子や磁気モーメントの配列や運動の様子を知る実験方法を「中性子散乱」という。物性研究所の中性子科学研究施設では中性子散乱実験による物性研究のための全国共同利用を推進してきた。現在、日本原子力研究機構の研究用原子炉 JRR-3 に大学が設置する中性子散乱装置は 14 台を数え、全国共同利用の規模は年間約 300 課題 6,000 人・日に達している。当施設の実施する全国共同利用により、高温超伝導体の研究、フラストレートした磁性体や重い電子系、低次元磁性体等の様々な磁性体の研究をはじめとして、高分子・コロイドの構造や相転移、生体物質の高次構造と機能の研究など、ハードマテリアルからソフトマテリアルまで含む幅広い物質や材料の基礎研究が中性子散乱を用いて盛んに行われている。また、当施設では日米協力事業「中性子散乱分野」の実施機関としても活動し、我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) provided a general user program. Under this program, close to 300 proposals are submitted each year, and the number of visiting users under this program reaches over 6000 (person-day/year). Major research areas are solid state physics (strongly correlated electron systems, high Tc superconductors, heavy Fermion systems, low dimensional magnetism, high-pressure physics etc.), fundamental physics and neutron beam optics, polymer, chemistry, biology, and materials 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.



日本原子力研究開発機構の研究用原子炉 JRR-3 に設置された中性子散乱実験装置群。この原子炉から 2 本の熱中性子導管と 3 本の冷中性子導管が左方向に引き出され、隣接するガイドホールの中性子ビーム実験装置群に中性子を供給している。

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

教授 (施設長)
Professor (Director)

吉澤 英樹
Hideki YOSHIZAWA

助教
Research Associate
大原 泰明
Yasuaki OOHARA

助教
Research Associate
西 正和
Masakazu NISHI

助教
Research Associate
阿曾 尚文
Naofumi ASO

助教
Research Associate
遠藤 仁
Hitoshi ENDO

教授
Professor

柴山 充弘
Mitsuhiro SHIBAYAMA

准教授
Associate Professor

山室 修
Osamu YAMAMURO

准教授
Associate Professor

佐藤 卓
Taku J. SATO

准教授 (客員)
Visiting Associate Professor

伊藤 晋一
Shinichi ITOH

技術専門職員
Technical Associate
渡辺 聡
Satoshi WATANABE

技術職員
Technical Associate
浅見 俊夫
Toshio ASAMI

技術職員
Technical Associate
川村 義久
Yoshihisa KAWAMURA

専門員
Administrative Secretary
大津 勝美
Katsumi OOTSU



吉澤 英樹
Hideki YOSHIZAWA
教授
Professor



大原 泰明
Yasuaki OOHARA
助教
Research Associate



西 正和
Masakazu NISHII
助教
Research Associate



阿曾 尚文
Naofumii ASO
助教
Research Associate

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大きな注目を集め盛んに研究されている。当研究室では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中性子散乱をもちいて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うちの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。ストライプ秩序と付随した磁気秩序の転移温度はともに $x=1/3$ 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間隔はホール濃度に比例して広がるが、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だたせている。このようなストライプ秩序は高温超伝導酸化物ばかりでなく、広く低次元遷移金属酸化物で存在していることが最近の研究で明らかにされつつある。



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。

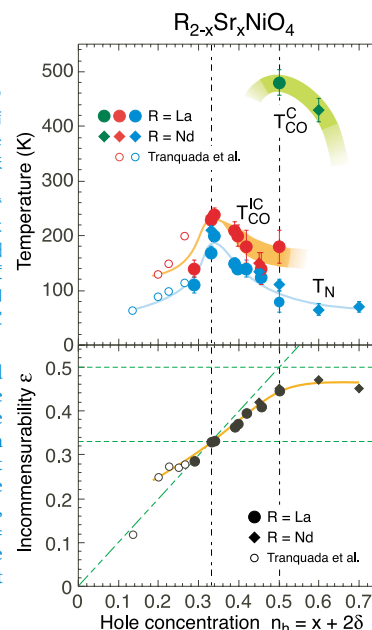
Triple-axis spectrometer installed at the JRR-3 in the Japan Atomic Energy Agency, Tokai, Ibaraki.

ストライプ秩序の転移温度と付随した磁気秩序の転移温度は $x=1/3$ で極大を示したあと減少に転ずる。またストライプ秩序の周期は $x=1/2$ までドーピング濃度と近似的に線形な関係をしめすが、詳細に見てやると $x=1/3$ の前後で特徴的なずれを示し $x=1/3$ の濃度の特殊性を際だたせている。この特異な振舞いは、ストライプ内のキャリアー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 isomorphous 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 the systematic deviation from the linearity around $x=1/3$ strongly indicates that it is related to the change of the carrier concentration within the stripes, being consistent with recent Hall-coefficient measurement.

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

Metal-insulator transition in transition-metal oxides has drawn much attention because it is a phenomenon which reflects interplay among spin, charge, lattice, and orbital degrees of freedom. Our group has been performing systematic investigations of such transition-metal oxides in view of influence of charge/orbital ordering, spin ordering, and structural transitions to transport property. The triple axis neutron spectrometer owned by the ISSP is shown in the left figure below. With use of these spectrometers, the hole-doping dependences of the incommensurability and the transition temperature of the stripe ordering for hole concentration x up to $x=0.5$ have been observed in the highly-doped $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{NiO}_4$ which is one of the isomorphous 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 $x=1/3$. Although the incommensurability is approximately linear to the hole concentration, close inspection of the data indicates that the incommensurability exhibits a subtle deviation from the linear relation for both sides of $x=1/3$. Such an exotic stripe ordering exists widely in the two-dimensional transition-metal oxides.



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. 超伝導体におけるスピン揺動の影響の微視的研究
Microscopic study of influence of spin fluctuations in magnetic superconductors
3. クラスレート型熱電結晶における格子振動の研究
Lattice dynamics of thermoelectro-clathrates

柴山研究室

Shibayama Group

柴山 充弘
Mitsuhiro SHIBAYAMA教授
Professor遠藤 仁
Hitoshi ENDO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高分子・ゲル・コロイド・液晶などに代表される物質・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。特に生命機構の解明や自己組織化の本質を理解するには「ソフトマターの物理」が重要である。

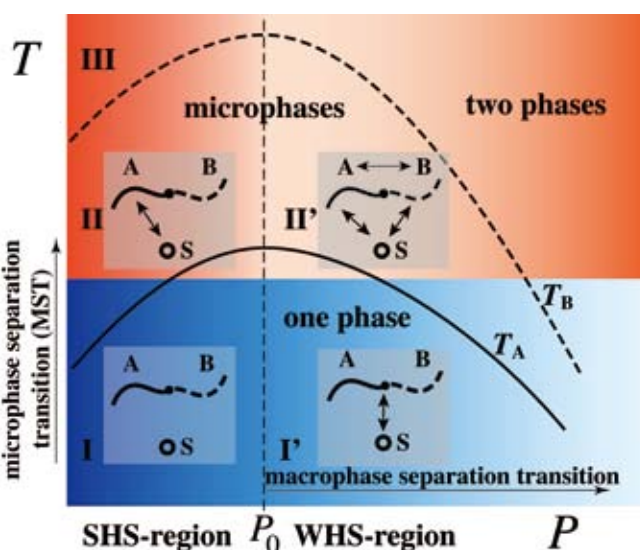
柴山研究室では高分子ゲル、マイクロエマルションを対象として、ソフトマターにおける分子結合相関系の物理の構築・体系化を目指している。特に最近では、ゲルの不均一性の研究のほか、疎水性相互作用の原理の探求、驚異的な力学物性をもつ環動ゲルや有機—無機ハイブリッドナノコンポジットスーパーゲルの構造解明、オイルゲル化剤のゲル化機構の研究、分子シャペロンの研究などを行っている。

世界有数の二次元位置測定小角中性子散乱装置 SANS-U と中性子スピネコー測定装置 iNSE を中心に、静的動的散乱装置 (SLS/DLS ALV-5000、3 台)、力学・熱物性測定装置、レオメーター、偏光顕微鏡などを用いて、ナノオーダーの構造解析から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。

異なる臨界相溶温度をもつブロック鎖からなるブロック共重合体水溶液の温度—圧力相図。常圧では、温度の上昇とともに分子オーダーでのミクロ相分離が起こる。一方、常温で静水压を加えていくと、ブロック鎖の個性が発現しないままゆらぎが増大し、二次転移を伴うマクロ相分離が起こる。このことから、疎水性相互作用は常圧において特徴的な相互作用であることがわかる。

Pressure-Temperature (T - P) phase diagram for A-B diblock copolymer aqueous solution. By increasing T at ambient pressure, the system undergoes microphase separation, indicating the presence of strong hydrophobic solvation (SHS). On the other hand, a macrophase separation takes place by pressurizing at ambient temperature, suggesting weak hydrophobic solvation (WHS) at high pressures. This observation suggests that hydrophobic interaction is exclusively important at ambient pressure, i.e., the atmospheric environment.

Polymers, gels, colloids, and liquid crystals are classified to soft materials, which undergo various transitions in response to a slight change of an environmental variable. We are interested in the physics of soft-matter, particularly in the physics of gels and micro-emulsion. Nano-order structure investigations and studies on dynamics of soft matter are carried out with state-of-the-art equipments, such as the small-angle neutron scattering instrument (SANS-U; upgraded in 2003) and the neutron spin-echo spectrometer (iNSE; upgraded in 2004). Other scattering techniques, such as dynamic/static light scattering, microscopy, mechanical/thermal analyses, UV/IR spectroscopy, and rheological studies, are also employed if necessary. Current interests cover (1) inhomogeneities in polymer gels, (2) hydrophobic interactions in polymer gels and block copolymer solutions, (3) pressure-induced phase transition of soft-matter, (4) structure investigation of slide-ring gels and nanocomposite gels, (5) oil gelators, and (6) structure and dynamics of molecular chaperone.



研究テーマ Research Subjects

- 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
- ソフトマターの圧力誘起相転移現象の研究
Pressure-induced phase transition of soft-matter
- 疎水性相互作用と相転移に関する分子論的研究
Molecular studies on the relationship between hydrophobic interaction and phase transition
- 環動ゲルやナノコンポジットゲルの構造とダイナミクス
Structure and dynamics of slide-ring gels and nanocomposite gels
- 分子シャペロンの構造とダイナミクス
Structure and dynamics of molecular chaperone

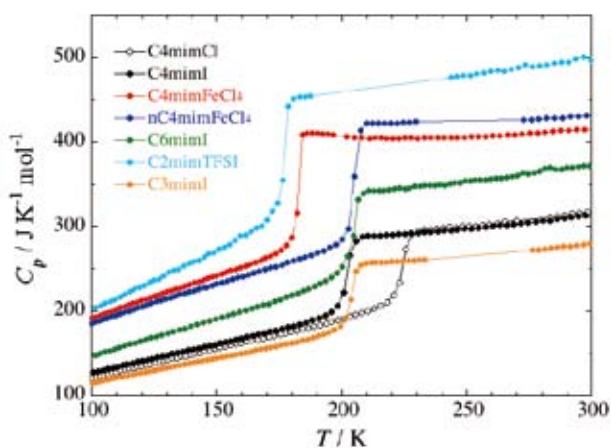
山室研究室

Yamamuro Group



山室 修
Osamu YAMAMURO
准教授
Associate Professor

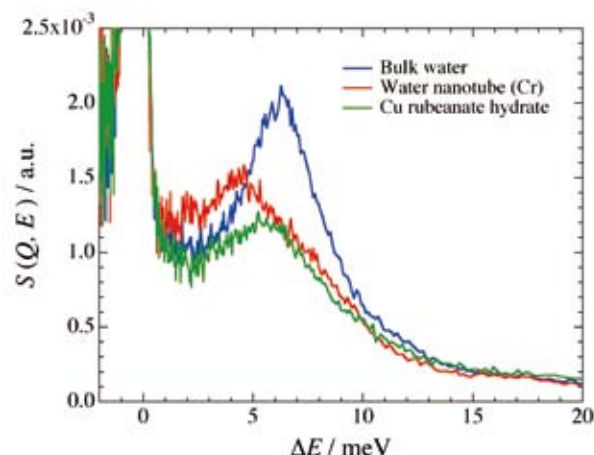
本研究室では複雑凝縮系の化学物理を研究している。現在の主な対象は、ガラス・過冷却液体、水・水溶液、イオン液体、プロトン伝導体などである。ガラス転移は過冷却液体が構造変化を起こさずに固化する不思議な現象であり、現在の物理学の理論では説明できない。水は人類にとって最も身近で重要な物質であるが、水素結合が織りなす様々な特異物性を示す。イオン液体は最近発見された希有な液体で、静電力とファンデルワールス力の競合およびエントロピー効果から、様々な新しい物性が現れる。プロトン伝導体は燃料電池などの応用で重要であるだけでなく、拡散の量子効果など基礎物性科学的にも興味深い。これらの物質に対して、中性子散乱、X線回折、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。



イミダゾリウム系イオン液体の熱容量。全ての試料において 170-230 K の温度範囲で大きな熱容量ジャンプを伴うガラス転移が見いだされた。

Heat capacities of imidazolium-based ionic liquids. We have found a glass transition with a large heat capacity jump in the temperature range 170-230 K for every substance.

We are studying chemical physics of complex condensed matters, especially glasses and supercooled liquids, water and aqueous solutions, ionic liquids, and proton conductors. Glass transition is a mysterious phenomenon in which supercooled liquids solidify without structural change. This phenomenon cannot be explained by current physics. Water is the most familiar and important material for humans and also exhibits various unique phenomena derived by hydrogen bonds. Ionic liquids, found recently, exhibit many interesting physical properties originating from the competing electrostatic and van der Waals interactions and the entropy effect. Proton conductors are significant not only for applications such as fuel batteries but also for basic condensed matter physics such as quantum effect on atomic diffusion. 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.



ルベアン酸銅水和物およびイミダゾールクロム錯体水和物 (water nanotube) の中性子非弾性散乱スペクトル。制約空間に存在することで水分子のフォノン励起が低エネルギー側にシフトしている。

Inelastic neutron scattering spectra of copper rubeanate hydrate and biimidazole chromium complex hydrate. The phonon excitations of water molecules are shifted to the low-energy side due to the confinement effects.

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（クラスレート水和物など）の構造とダイナミクス
Structure and dynamics of water and related materials such as clathrate hydrates
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. プロトン伝導体の構造とダイナミクス
Structure and dynamics of proton conducting materials



佐藤 卓
Taku J. SATO
准教授
Associate Professor

我々は中性子散乱を用いて固体中の原子やスピンの運動を研究している。多くの物質では低温で原子やスピンは静止し長距離秩序を示すが、中には種々の原因で低温まで大きな揺らぎを持つものがある。このような物質の揺らぎの原因やそこから現れる特異な秩序状態を解明する事が目的である。

最近の研究例として f-Zn-Mg-Tb 準結晶磁性体に於ける局在磁気励起モードの観測を紹介する。準結晶とは、その原子配列が並進対称性を持たないにもかかわらず高い秩序を持つという特殊な固体である。準結晶中に磁気モーメントが置かれた場合、周期的な結晶中に置かれた場合とは異なる振る舞いが期待されるため、その運動や秩序化について精力的な研究が行われている。Fig. 1 に f-Zn-Mg-Tb 準結晶磁性体の磁気励起スペクトルを示す。2.5 meV 程度に幅の広い非弾性散乱ピークが観測されており、何らかの協力的な磁気励起モードが存在する事が分かる。Fig. 2 にはこのピークの積分強度の逆格子空間中の分布を示す。この強度分布は正 20 面体磁気クラスターに局在する協力的スピン励起モードで説明されることが分かった。

我々は中性子散乱のみならず、磁化測定や電気抵抗測定等を駆使して研究を行っている。試料育成や新しい中性子散乱分光法の研究も進めている。

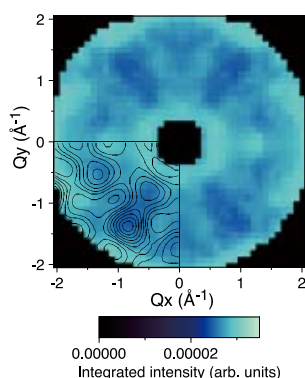


Fig. 2
単結晶準結晶試料を用いて測定された磁気励起ピーク強度の Q 依存性。
Q-dependence of the integrated intensity of the broad inelastic peak, measured using a single grain of the f-Zn-Mg-Tb quasicrystal.

Using neutron scattering we study dynamics of atoms and spins in materials that have large remaining fluctuations at low temperatures preventing trivial long-range order. We aim to elucidate origins of the fluctuations and resulting non-trivial ordering scheme.

Here, as an example of recent study, observation of localized collective magnetic excitations in the f-Zn-Mg-Tb magnetic quasicrystal will be described. A quasicrystal is a highly-ordered solid without translational invariance. It is expected that magnetic moments in the quasicrystal may behave differently than those in the periodic crystal. Figure 1 shows the magnetic excitation spectrum in the f-Zn-Mg-Tb magnetic quasicrystal; a broad peak around 2.5 meV is readily seen, indicating existence of a certain collective excitation mode. Figure 2 shows Q-dependence of the integrated intensity of the broad inelastic peak. The Q-dependence can be explained by collective excitations localized in dodecahedral spin clusters.

Not only the neutron scattering but also macroscopic measurements, such as electrical resistivity and magnetic susceptibility measurements, are carried out in our group. We also work on crystal growth, as well as development of new neutron scattering techniques.

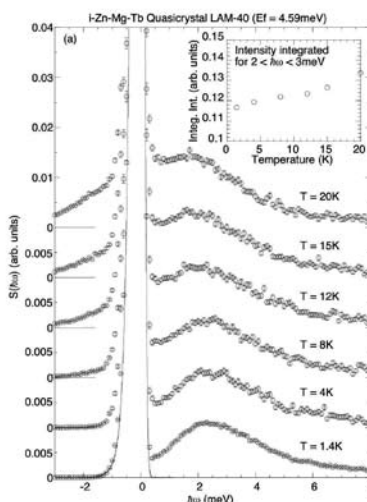


Fig. 1
f-Zn-Mg-Tb 磁性準結晶の磁気励起スペクトル。多結晶試料での測定結果。
Magnetic excitation spectrum in the f-Zn-Mg-Tb magnetic quasicrystal. Polycrystalline sample was used.

研究テーマ Research Subjects

1. 準結晶等の非周期系物質の原子、スピンダイナミクス
Atom and spin dynamics of quasiperiodic systems
2. 相互作用がフラストレートしているスピン系の磁気揺動
Spin fluctuations in geometrically frustrated magnets
3. 新規な物性を示す物質探索および中性子散乱による評価
Neutron scattering study on new materials with novel physical properties
4. 中性子を用いた新しい実験手法の開発
Development of neutron scattering techniques

伊藤研究室

Itoh Group



伊藤 晋一
Shinichi ITOH
客員准教授
Visiting Associate Professor

チョッパー分光器は、大強度パルス中性子源を用いて凝縮系物質群のダイナミクスを研究する標準的な分光器である。チョッパー分光器では、パルス中性子を単色化して実験試料に入射し飛行時間法で非弾性散乱を測定するが、大立体角位置敏感型検出器群を配置し、可干渉性非弾性散乱を効率的に測定できることが特徴のひとつである。磁性・強相関電子系、液体、不規則系等の凝縮系物質群では、ダイナミクスが広いエネルギー運動量空間に広がり、広いエネルギー領域を大強度かつ高分解能でカバーするチョッパー分光器を用いて系統的研究が可能になる。さらに eV 領域の中性子の利用が可能になると研究領域の拡大が促される。単色化デバイス、入射ビーム光学系、低バックグラウンドデバイス、検出器系等の分光器の性能実現のための鍵となるデバイスを設計・開発し、J-PARC 物質・生命科学実験施設にチョッパー分光器を建設し、凝縮系物質群のダイナミクスの研究を展開する。

Chopper spectrometers are one of the standard ways of studying dynamics in condensed matters by using an intense pulsed neutron source, where monochromatic pulsed neutrons are incident upon the sample and the energy transfers are determined by the time-of-flight method. Also, a position sensitive detector system with large solid angles is installed to measure coherent inelastic neutron scattering. We are now constructing a chopper spectrometer at the Materials and Life Science Facility in the Japan Proton Accelerator Research Complex (J-PARC) in order to study the dynamics in condensed matters, such as strongly correlated electron systems, liquid and amorphous materials, disordered systems and so on. Also, utilization of neutrons in an eV energy region will open new science. Since the dynamics in these systems are spread over a wide energy momentum space, measurements of excitations with high resolutions and high intensities are indispensable. To realize such a performance in the chopper spectrometer, we are developing and designing neutron devices such as monochromatization devices, optical devices on the incident flight path, background reduction devices, a detector system and so on.

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) のように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・評価部よりなり、物質設計部には電子計算機室、物質合成・評価部には物質合成室、化学分析室、X線測定室、電子顕微鏡室、電磁気測定室、光学測定室の6実験室がある。物質設計部では、最先端の物性専用のスーパーコンピュータを駆使して原子間の相互作用によって生み出される様々な協力現象を解明しつつ新物質の設計を行い、物質合成・評価部では物質の合成、単結晶育成およびその組成の分析や結晶構造評価を行うとともに、また、新しく開拓された物質群の電氣的・磁氣的・光学的性質の総合評価を行っている。これら物質の総合評価の結果は設計および合成にフィードバックされ、DSC サイクルを通して新しい物質の開発が行なわれる。本施設の全国共同利用は、物質設計評価施設運営委員会により運用されている。

The aim of MDCL is to promote materials science with the emphasis on the “DSC cycle” where DSC represents three functions in developing new materials, Design, Synthesis and Characterization. The MDCL consists of two divisions; Materials Design Division (MD-D) and Materials Synthesis and Characterization Division (MSC-D). The Supercomputer Center of ISSP (SCC-ISSP) belongs to MD-D, while in MSC-D there are six sections for joint-use; Materials Synthesis Section, Chemical Analysis Section, X-Ray Diffraction Section, Electron Microscope Section, Electromagnetic Measurements Section, and Spectroscopy Section. In MD-D, by making use of its supercomputer system, novel mechanisms behind various cooperative phenomena in condensed matter are explored, and theoretical designs of new materials as well as those of materials with new nanoscale structures are developed. In MSC-D, various new materials are synthesized, single crystals are grown and the structural, electromagnetic and optic properties of the materials are characterized. 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.



スーパーコンピュータ システムA
Supercomputer
Hitachi SR11000/48 model J1

教授 (施設長)
Professor (Director)

教授
Professor

准教授
Associate Professor

准教授
Associate Professor

准教授 (客員)
Visiting Associate Professor

教授 (外国人客員)
Visiting Professor

技術専門員
Technical Associate

技術専門職員
Technical Associate

技術専門職員
Technical Associate

技術職員
Technical Associate

廣井 善二
Zenji HIROI

上田 寛
Yutaka UEDA

川島 直輝
Naoki KAWASHIMA

野口 博司
Hiroshi NOGUCHI

妹尾 仁嗣
Hitoshi SEO

ウズノフ ディーモ
Dimo UZUNOV

市原 正樹
Masaki ICHIHARA

小池 正義
Masayoshi KOIKE

山内 徹
Touzu YAMAUCHI

木内 陽子
Yoko KIUCHI

助教
Research Associate

助教
Research Associate

助教
Research Associate

助教
Research Associate

助教
Research Associate

助教
Research Associate

助教
Research Associate

技術専門員
Technical Associate

技術専門職員
Technical Associate

技術専門職員
Technical Associate

技術職員
Technical Associate

岡本 佳比古
Yoshihiko OKAMOTO

植田 浩明
Hiroaki UEDA

鈴木 隆史
Takafumi SUZUKI

吉本 芳英
Yoshihide YOSHIMOTO

富田 裕介
Yusuke TOMITA

山浦 淳一
Jun-Ichi YAMAURA

石田 晏穂
Yasuho ISHIDA

北澤 恒男
Tsuneo KITAZAWA

磯部 正彦
Masahiko ISOBE

矢田 裕行
Hiroyuki YATA

福田 毅哉
Takaki FUKUDA

廣井研究室

Hiroi Group



廣井 善二
Zenji HIROI

教授
Professor



岡本 佳比古
Yoshihiko OKAMOTO

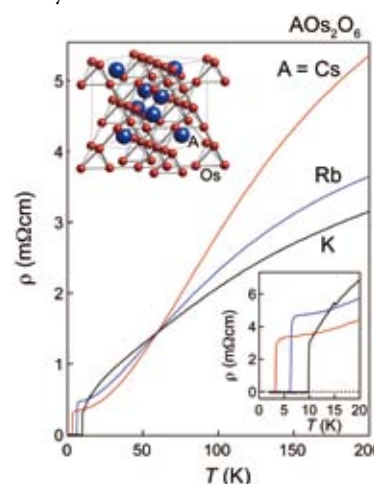
助教
Research Associate

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

遷移金属酸化物は強相関電子系の宝庫である。特に小さなスピン量子数を持つ低次元系（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見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。特に注目しているのは三角形を基本としたスピン格子で、そこでは磁気的なフラストレーションによって長距離秩序が抑えられ、量子揺らぎが効いた新規な基底状態が期待される。最近、3次元フラストレーション格子を有するパイロクロア酸化物 $\text{Cd}_2\text{Re}_2\text{O}_7$ や AOs_2O_6 ($A = \text{K}, \text{Rb}, \text{Cs}$) において新たに超伝導転移を発見した。

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 the related topics are spreading over not only superconductivity but also unusual metallic behavior which is generally seen 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.

Transition-metal oxides are one of the most typical systems where the effect of Coulomb interaction plays a critical role on their 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 carriers. We anticipate there an unknown, dramatic phenomenon governed by quantum fluctuations. One of the topics we study now is a quantum spin lattice based on triangle geometry where a magnetic frustration tends to suppress ordinary long-range order and may lead to an unusual spin liquid ground state. Recently, we found superconductivity for the first time in the pyrochlore oxides $\text{Cd}_2\text{Re}_2\text{O}_7$ and AOs_2O_6 ($A = \text{K}, \text{Rb}, \text{Cs}$) which crystallize in such a three-dimensionally frustrated lattice.



β パイロクロア酸化物超伝導体 AOs_2O_6 の電気抵抗。超伝導転移温度は 3.3 K (Cs)、6.3 K (Rb)、9.6 K (K) である。

Superconducting transitions observed in resistivity for the β -pyrochlore oxide superconductors AOs_2O_6 . The T_c is 3.3 K, 6.3 K and 9.6 K for $A = \text{Cs}, \text{Rb}$ and K , respectively.

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 a new material realizing a quantum spin system or a strongly correlated electron system
2. 光キャリア注入による強相関電子系の物性制御
Photocarrier injection to strongly correlated electron systems to control their electronic properties
3. 高温超伝導体
High- T_c superconductors
4. 大型単結晶育成及び単結晶薄膜の作製
Growth of large single crystals and thin films of transition-metal oxides

上田寛研究室

Y. Ueda Group

上田 寛
Yutaka UEDA教授
Professor植田 浩明
Hiroaki UEDA助教
Research Associate

遷移金属を含む酸化物、カルコゲン化物などについて様々な雰囲気下での合成と単結晶育成および構造、相平衡・相転移、電氣的・磁氣的性質について研究し、超伝導、金属-絶縁体転移、電荷・軌道秩序、量子スピン現象など新奇な物性を示す無機化合物の開発研究を行っている。

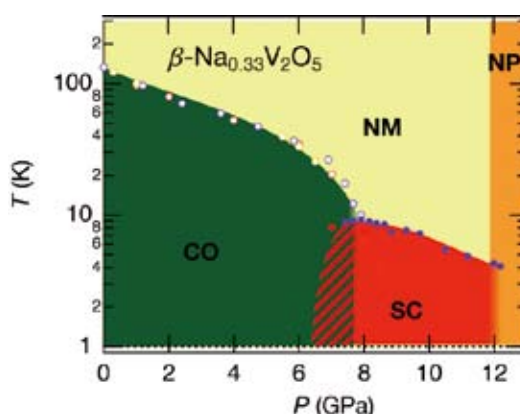
当研究室で最近新たに発見、合成された物質としては、(1)シャストリー・サザーランド格子を持つ2次元フラストレート系物質 $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ 、(2)トレリス格子を持つ NaV_2O_5 、(3)擬1次元導体バナジウムブロンズ $\beta\text{-A}_{0.33}\text{V}_2\text{O}_5$ ($A = \text{Li, Na, Ag, Ca, Sr, Pb}$)、(4)新規Aサイト秩序型ペロフスカイトMn酸化物 RBaMn_2O_6 、(5)3次元フラストレート系スピネル酸化物、(6)ホランダイト型バナジウム酸化物、などが挙げられる。これらの物質において、それぞれ、(1)励起トリプレットのウィグナー結晶化と磁化プラトー現象、(2)新奇な電荷秩序転移と“悪魔の花”相図、(3)電荷秩序転移と圧力誘起超伝導、(4)新規電荷・軌道秩序転移と室温巨大磁気抵抗、(5)軌道秩序の絡んだスピン-パイエルの相転移と磁場誘起相転移、(6)金属-絶縁体転移、を見出している。



超高压物性測定装置「庄太郎」と試料部の拡大図。

Physical property measurement system under ultra-high pressure, “Oshitaro”, and the enlarged sample part.

Our primary research effort has been focused upon the development of inorganic materials possessing novel electromagnetic properties such as superconductivity, metal-insulator transition, charge/orbital order and various quantum spin phenomena. The transition metal oxides and chalcogenide have been mainly synthesized under various atmospheres and single crystals of them have been grown by FZ and flux methods. The nonstoichiometry, structure, phase transition and physical properties have been studied by TG-DTA (DSC), X-ray and neutron diffraction, electron microscopy, electrical resistivity and magnetic susceptibility measurements etc. Our recent outcomes are the finding of (1) quantized magnetization plateaus caused by Wigner crystallization of triplets (magnons) in 2D frustrated system $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ with Shastry-Sutherland lattice, (2) novel charge order transition and devil's flower type phase diagram in NaV_2O_5 with a trellis lattice, (3) charge order transitions and pressure-induced superconductivity in quasi 1D conductors $\beta\text{-A}_{0.33}\text{V}_2\text{O}_5$ ($A = \text{Li, Na, Ag, Ca, Sr, Pb}$), (4) new charge/orbital order transitions and room temperature CMR in A-site ordered perovskite manganites RBaMn_2O_6 , (5) novel phase transitions caused by the interplay among charge, orbital, spin and lattice degrees of freedom in 3D frustrated spinel oxides, (6) metal-insulator transitions in hollandite vanadates, $\text{A}_2\text{V}_8\text{O}_{16}$ ($A = \text{K and Rb}$).



$\beta\text{-Na}_{0.33}\text{V}_2\text{O}_5$ の圧力-温度 (P-T) 相図。加圧により金属 (NM) - 電荷秩序絶縁体転移は抑えられ、電荷秩序相 (CO) に隣接して超伝導相 (SC) が現れる。さらに高压域では、新たに非超伝導金属相 (NP) が出現する。

Pressure-temperature (P-T) phase diagram of $\beta\text{-Na}_{0.33}\text{V}_2\text{O}_5$. The metal (NM) to charge ordered (CO) insulator phase transition is suppressed by pressure and a superconducting phase (SC) appears, bordering on CO. In much higher pressure region, a nonsuperconducting metallic phase (NP) newly emerges.

研究テーマ Research Subjects

- 遷移金属を含む酸化物、カルコゲン化物等の合成と不定比性および相平衡の研究
Synthesis of transition metal oxides and chalcogenides by controlling stoichiometry and phase equilibrium
- 構造およびX線回折のその場観察による構造相転移の研究
Study on structure and phase transition by *in situ* observation of X-ray and neutron diffractions and electron microscopy
- 電氣的・磁氣的性質の評価と化学結合および電子相関効果の研究
Study on novel electromagnetic properties related to correlated electrons
- 雰囲気制御や反応前駆体の開発および極端条件下での合成による新物質の開発
Synthesis of new materials under various conditions including high-pressure

川島研究室

Kawashima Group



川島 直輝
Naoki KAWASHIMA
准教授
Associate Professor

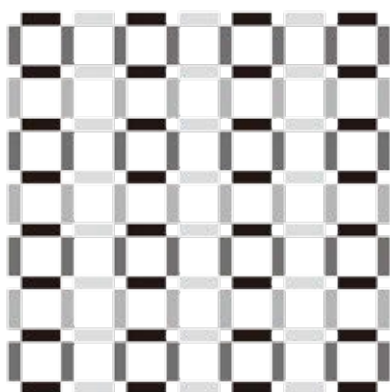


鈴木 隆史
Takafumi SUZUKI
助教
Research Associate



富田 裕介
Yusuke TOMITA
助教
Research Associate

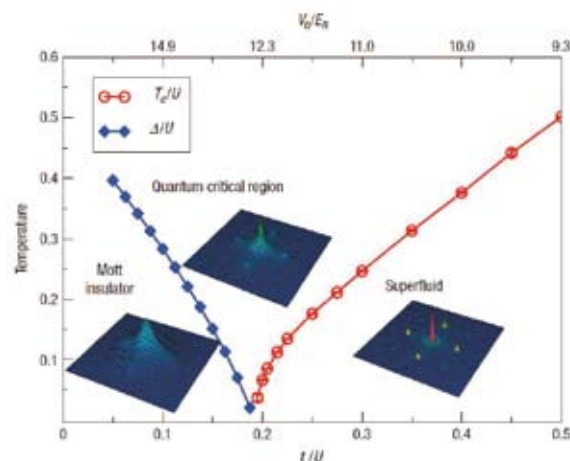
本研究室では物性論で現れるさまざまな多体問題の数値解法とそれを通じた物性基礎論の研究を行っている。20世紀半ばからスタートした計算機技術の急速な進展に伴って、従来の実験物理学、理論物理学を補うものとして、計算物理学と呼ばれる研究分野が成立しつつある。計算機を援用した物理学研究の手法は特に多体問題の解法において威力を発揮し、多くの成果をあげてきている。本研究室では、格子上で定義されたスピン系、ボーズ粒子系、フェルミ粒子系に対する新しいモンテカルロ法の開発を行い、従来困難であったいくつかの問題を解決し、また現在も未解決の問題にとりくんでいる。たとえば、ループ・クラスタ更新と呼ばれる量子モンテカルロ法があるが、我々はこれをスピン演算子について高次の項をもつモデルに拡張し、基底状態や臨界現象を解明した。これはかなり人工的なモデルであるが、人工的なモデルに対応する現実の物理系を実験的に創出する試みも近年非常に盛んで、たとえば、光学的に作られた格子上に極低温に冷やされた原子を配置すると、ボーズ・ハバードモデルに対応すると期待される系になる。実験で実際に観測されたギャップ相から超流動相への転移を説明する数値シミュレーションも我々のグループの最近の成果の1つである。



通常のSU(2)対称性をSU(N)対称性に拡張したハイゼンベルクモデルにおいて実現されるVBS状態。線の濃淡はスピン対ごとの相関の強さを示す。

The VBS state that appears in the two-dimensional SU(N) Heisenberg model. A darker line corresponds to a spin pairs with stronger correlation.

We are developing new numerical methods for many-body problems and investigating problems of condensed matter physics and statistical mechanics. Developments in computer technology that started in the middle of the 20th century bring forth the third category of physics, namely, the computational physics. This new category is playing a complementary role to the other two traditional ones, experimental and theoretical physics. The computational physics is particularly powerful in dealing with many body problems. We have been developing new Monte Carlo methods for spin, boson and fermion models defined on a lattice, and solved several problems. For example, we extended the cluster algorithm to novel models that include high order terms with respect to spin operators. Although these models are highly artificial, considerable experimental efforts are invested recently on creating real systems that correspond to artificial models. For example, in a super-cooled atom system trapped in an optically generated lattice, the Bose-Einstein condensation was observed. One of our recent achievements is observation of such a phase transition in the Bose-Hubbard model.



ボーズハバードモデルの相図。tはホッピング項の係数、Uは斥力相互作用の強さである。赤線は凝縮温度、青線はギャップの大きさを表す。

Phase diagram of the Bose-Hubbard model. The red curve is the condensation temperature T_c/U , and the blue one is the gap. Both are plotted against t/U , where t is the hopping amplitude and U is the onsite repulsion.

研究テーマ Research Subjects

1. 新しい量子秩序相の探索と量子臨界現象
Search for novel ordered states in quantum systems and quantum critical phenomena
2. 多体問題の数値解法の研究、とくに量子モンテカルロ法の新手法の開発
Numerical methods for many-body physics, in particular, new quantum Monte Carlo techniques
3. フラストレーションや長距離相互作用のある古典スピン系
Classical spin systems with frustration and/or long-range interactions

野口研究室

Noguchi Group



野口 博司
Hiroshi NOGUCHI
准教授
Associate Professor

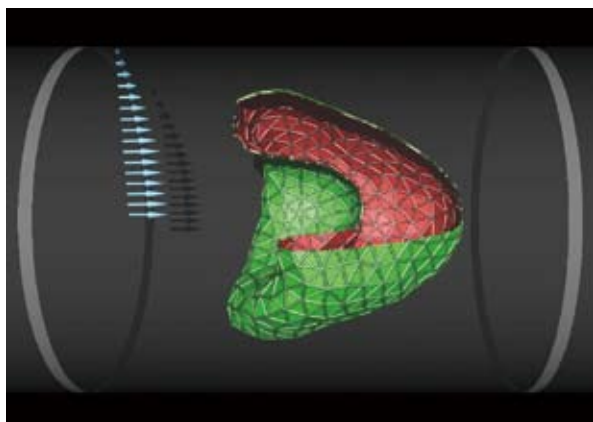
ソフトマター、生物物理を計算機を駆使して研究している。特に、生体膜や細胞のダイナミクスの解明に力を入れている。そのためのシミュレーション手法の開発、改良も行っている。

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に変形することや、脂質小胞が円盤状から棒状に変形することなどを明らかにしている。

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

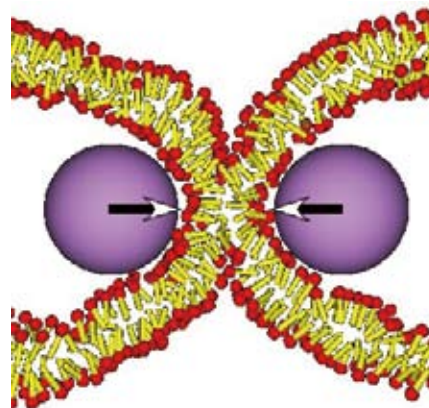
We study soft-matter physics and biophysics theoretically and numerically. Our main target is the physics of biomembrane and cells under various conditions. We develop membrane models and hydrodynamics simulation methods.

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



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

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



融合途上の生体膜のスナップショット。球（紫）に外力を加えて、膜を挟み込み、融合を誘起。脂質分子は疎水部分（黄）と親水部分（赤）からなる。

Snapshot of fusing bilayer membrane. The fusion is induced by external force on the particles (purple). Lipid membrane consists of hydrophobic (yellow) and hydrophilic (red) parts.

研究テーマ Research Subjects

1. 流れによる赤血球の変形
Flow-induced deformation of red blood cells
2. 生体膜の融合、分裂
Fusion and fission of biomembrane
3. 脂質膜の自己集合、形態転移
Self-assembly and morphological transition of lipid membrane

妹尾研究室

Seo Group



妹尾 仁嗣
Hitoshi SEO
客員准教授
Visiting Associate Professor

分子性導体および遷移金属酸化物などの強相関系において発現する新奇現象に対する理論的研究を行っている。物質に即して構築された有効モデルに対する計算結果をもとに現象の本質をできるだけ簡潔に説明することにより、多様な物質群に潜む統一的な理解を提示することを目標としている。

最近では、電荷・スピン・軌道・格子、と多自由度が組み合わさって起こる相転移現象、特に強相関電子系の最も劇的な現象である金属絶縁体転移を対象としている。例えば、幾何学的フラストレーションを内在する格子構造上ではしばしばウィグナー結晶的な電荷の秩序状態は融解し、むしろ他自由度と絡んだ「自己組織化」された複雑な新しい秩序を作り出す。また、新物質（特に分子性導体分野では次々と新物質は生まれている）の有効モデル化を行い解析することにより新規の物理現象の探索も探っている。

We are performing theoretical studies on novel phenomena emerging in strongly-correlated systems such as molecular conductors and transition metal oxides. Our strategy is to make simple explanation of the essence of the phenomenon, by calculations on effective models constructed based on the actual material, which will lead to understanding the variety in different materials in a systematic way.

Recently, we have been studying phase transitions where different degree of freedoms, such as charge / spin / orbital / lattice, are coupled together, especially metal-insulator transition which is the most dramatic phenomenon in strongly-correlated electron systems. For example, in geometrically frustrated lattice structures, Wigner crystal type charge ordered state frequently melts, and complex “self-organized” ordering by coupling to other degree of freedom is generated. Besides, we also construct effective models for newly synthesized materials (in the field of molecular conductors, especially, many new compounds are born) and analyze them in order to search for novel physical phenomena.

ウズノフ研究室

Uzunov Group



ウズノフ ディーモ
Dimo UZUNOV
外国人客員教授
Visiting Professor

最近我々は従来にないタイプのスピン3重項超伝導と強磁性の共存について研究している。この問題は物性研究において強い関心を持たれるものである。この現象のメカニズムはいわゆる磁性がトリガーとなって超伝導状態が実現される “M-trigger” 現象である。これは ZrZn_2 , UGe_2 , URhGe , UIr などいくつかの金属化合物で起きる。ここでは強磁性と超伝導はともに同じバンドの電子の振る舞いに起因する。Zr ベースの化合物であれば d バンド、U ベースの化合物であれば f バンドである。これら重い電子の遍歴強磁性の微視的な理論はまだ未完成であるのに対して、対称性を考慮したギンツブルグ=ランダウ理論による現象論的なアプローチはかなり成功している。2008年に我々はこのアプローチによって上述の化合物の温度圧力相図を統一的に説明することに成功した。我々の結果は実験と定性的にも定量的にも一致する。この研究結果を物性研で更に発展させると同時に日本の同僚達と関連した研究を進めたい。

Recently, the phenomenon of coexistence of unconventional (spin-triplet) superconductivity and ferromagnetism was investigated in details by my co-authors and me. The problem is of considerable interest to the world physics community. The mechanism of this remarkable phenomenon --- the coexistence of unconventional superconductivity and ferromagnetism --- is the so-called magnetization-trigger effect (“M-trigger”) which switches on the superconducting order. This happens in several metallic compounds, for example, ZrZn_2 , UGe_2 , URhGe , UIr . Both ferromagnetic and superconducting orders are due to the behavior of electrons from the same band: the d-band electrons (for Zr-based compounds), and the f-band electrons (for U-based compounds). While the microscopic theory of these heavy fermion itinerant ferromagnets is quite obscure the phenomenological approach based on general symmetry arguments and Ginzburg-Landau free energy functionals is quite successful. In 2008 we were able to develop our preceding results and to reveal a very interesting and unified description of the (T,P) phase diagram of this type of compounds. We are at the stage to present a general thermodynamic theory of these type of materials. Our results are in a remarkable (quantitative and qualitative) agreement with experiments. This research can be further advanced in ISSP at Tokyo University and, of course, together with research on related theoretical problems, of interest to my Japanese colleagues.

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 川島 直輝 Chairperson : N. KAWASHIMA
担 当 所 員 杉野 修 Contact Person : O. SUGINO
担 当 所 員 野口 博司 Contact Person : H. NOGUCHI

助 教 吉本 芳英 Research Associate : Y. YOSHIMOTO
助 教 富田 裕介 Research Associate : Y. TOMITA
助 教 鈴木 隆史 Research Associate : T. SUZUKI
助 教 石田 晏穂 Research Associate : Y. ISHIDA
技術専門職員 矢田 裕行 Technical Associate : H. YATA
技 術 職 員 福田 毅哉 Technical Associate : T. FUKUDA

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。現在のシステムは平成 17 年 3 月に更新されたもので、密結合により高いノード単体性能を持つ計算機 (Hitachi SR11000 model J1/48) と高い総処理能力を持つ疎結合並列計算機 (SGI Altix3700Bx2/1280) を核とした複合システムである。本室では、システムのベンダーと協議しながら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応ずるなどして、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/center/>) を参照されたい。

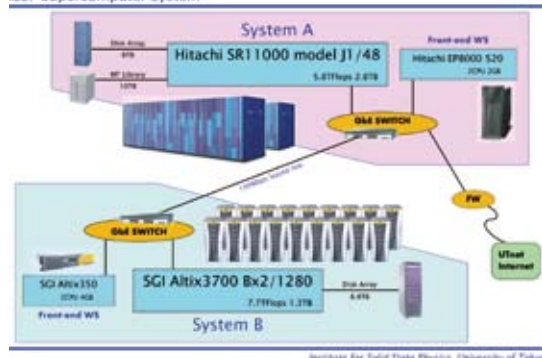
The Supercomputer Center (SCC-ISSP) operates a supercomputer system, which serves all researchers on condensed matter physics in Japan with no charge through User Programs supervised by the Supercomputer Steering Committee. The present system, installed in March 2005, consists of two parts: a system of high performance nodes powered by closely united processors (Hitachi SR11000 model J1/48) and another system of sparsely connected processors with high total arithmetic performance (SGI Altix3700Bx2/1280). While the Center responds to questions and inquiries from all the users on daily basis, it also maintains high performance of the system in cooperation with the vendors, Hitachi and SGI.

2. 所内ネットワーク関連

本室では、物性研究所 LAN、および、電子メールサーバ、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、電子メールに関するウイルスの検査と除去、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、本館の各フロアに設置された大型レーザープリンタの管理なども行っている。さらに、広報・出版委員会の下で、物性研ホームページ、物性研要覧、アクティビティレポートなどの電子情報の収集管理を行っている。

The Center also operates the local area network in ISSP, and e-mail servers, 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) by, for example, monitoring electronic traffics for virus infection and by distributing anti-virus softwares to in-house users.

ISSP Supercomputer System



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



スーパーコンピュータ システム B (SGI Altix3700Bx2/1280)
The supercomputer system B (SGI Altix3700Bx2/1280)

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

物質合成室 Materials Synthesis Section

担当所員 廣井 善二 Contact Person : Z. HIROI
 技術専門員 北澤 恒男 Technical Associate : T. KITAZAWA
 技術専門職員 磯部 正彦 Technical Associate : M. ISOBE

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

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

主要設備

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

Main Facilities

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



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

化学分析室 Chemical Analysis Section

担当所員 上田 寛 Contact Person : Y. UEDA
 技術職員 木内 陽子 Technical Associate : Y. KIUCHI

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

走査電子顕微鏡-X線マイクロアナライザー、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、真空蒸着装置、研磨器、電位差滴定装置、純水製造装置、凍結乾燥機

Main Facilities

SEM-EDX/WDX, ICP-AES, Microscopes, Automatic balances, Potentiometric titration apparatus, Various apparatuses for sample preparation, The system for preparation of ultra-high purity water, and Freeze-dried machine.



走査電子顕微鏡-X線マイクロアナライザー
SEM-EDX/WDX

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 : Z. HIROI
助教 山浦 淳一 Research Associate : J. YAMAURA

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 the powder and single crystal specimens for solid state physics. By using the 4-circle diffractometer equipped with the warped imaging plate diffractometer and a refrigerator the structural analysis is performed in the temperature range of 2-300 K.

主要設備

四軸型X線回折計、CCD システム、イメージングプレート型X線回折計、粉末X線回折装置、ラウエカメラ、ワイセンベルグカメラ

Main Facilities

Automatic 4-circle X-ray diffractometer, Curved imaging plate diffractometer, Powder X-ray diffractometer, Laue camera, and Weissenberg camera.



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



山浦 助教

電子顕微鏡室 Electron Microscope Section

担当所員 上田 寛 Contact Person : Y. UEDA
技術専門員 市原 正樹 Technical Associate : M. ICHIHARA
技術専門職員 小池 正義 Technical Associate : M. KOIKE

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 observation and microscopic analysis of various solid materials, both crystalline and non-crystalline with atomic-scale resolution, by using a high-resolution electron microscope and an electron microscope with an X-ray micro-analyzer.

主要設備

200 kV 電界放射形分析電子顕微鏡、低温・高温ホルダー、集束イオンビーム装置、薄膜試料作成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, Focused ion-beam milling, 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 : Y. IYE
 担当所員 瀧川 仁 Contact Person : M. TAKIGAWA
 担当所員 廣井 善二 Contact Person : Z. HIROI
 技術専門職員 山内 徹 Technical Associate : T. YAMAUCHI

本室では、物質の基本的性質である電気的磁気的性質を、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, magneto-quantum oscillatory phenomena, a.c. susceptibility, magnetic torque, and NMR.

主要設備

15/17テスラ超伝導マグネット、スプリット型5テスラ超伝導マグネット（ヘリウムフリー）、振動試料磁化測定装置（VSM）、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), Split type superconducting magnet (5 T), Vibrating sample magnetometer (VSM), 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 田島 裕之 Contact Person : H. TAJIMA
 担当所員 末元 徹 Contact Person : T. SUEMOTO

汎用性のある光学測定機器を備え、所内外の共同利用に供している。

The Spectroscopy Section offers joint-use facilities for standard optical measurements. The facilities can be used for measurements of conventional absorption spectrum in the UV, visible and IR regions, luminescence and its action spectrum, 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 and VIS absorption spectrometer, IR spectrometer, Raman spectrometer with Ar ion laser, Tunable dye laser equipped with excimer laser, and Monochromator and related electronic instruments.



光学測定機器
Spectrometers (Room A468)

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を用い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)の性質を変化させたり、その電子状態を調べたり、極限磁場での新物質相の探索を行っている。非破壊的に 80 テスラ程度のパルス磁場が発生できる。数ミリ秒間の磁場発生ができるショートパルスマグネットと数十ミリ秒発生できるロングパルスマグネットがある。

これらの高性能マグネットは、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、破壊的ではあるが、800 テスラ程度まで発生できる磁場発生装置(一卷きコイル法、電磁濃縮法)は世界的にも類をみない。100 テスラ以上での様々な物性測定に用いられている。破壊型装置では、超強磁場という量子極限状態での新しい物性を探索する研究を行っている。

The aim of this laboratory is to study the physical properties of matter (such as semiconductors, magnetic materials, metals, insulators) under ultra-high magnetic field conditions. Such a high magnetic field is also used for realizing the new material phase and functions. Our pulse magnets can generate up to 80 Tesla by non-destructive way, and up to 800 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.

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

教授 金道 浩一
Professor Koichi KINDO

准教授 徳永 将史
Associate Professor Masashi TOKUNAGA

准教授 松田 康弘
Associate Professor Yasuhiro MATSUDA

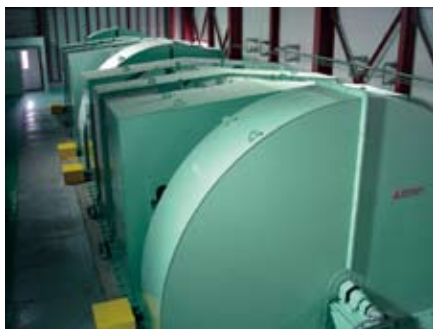
助教 小嶋 映二
Research Associate Eiji KOJIMA

助教 鳴海 康雄
Research Associate Yasuo NARUMI

技術専門職員 川口 孝志
Technical Associate Koushi KAWAGUCHI

技術職員 澤部 博信
Technical Associate Hironobu SAWABE

技術職員 松尾 晶
Technical Associate Akira MATSUO



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

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

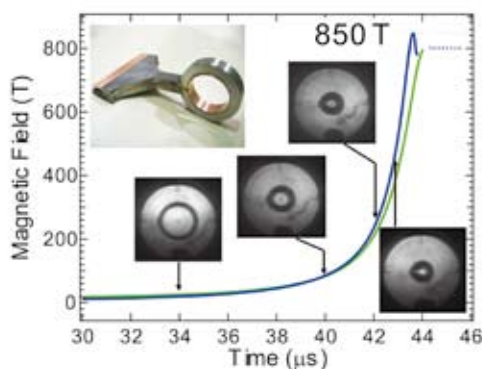


嶽山 正二郎
Shojiro TAKEYAMA
教授
Professor



小嶋 映二
Eiji KOJIMA
助教
Research Associate

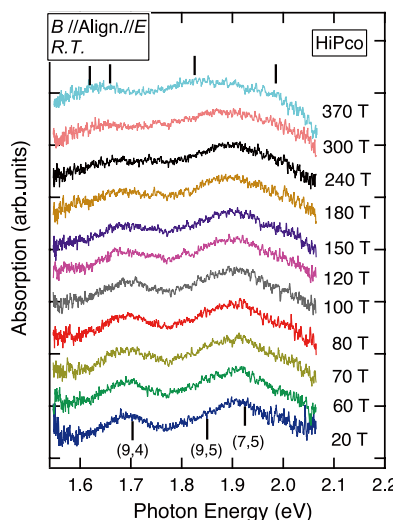
破壊型超強磁場発生法である電磁濃縮法や一巻きコイル法を用いたメガガウスパルス磁場発生開発を行っている。室内では世界最高磁場発生 (850 T) を実現している。また、強磁場量子極限環境下での物性測定手法の開発と、様々な物質の物性計測と解析を推進している。光学的観測手段を用いた新しい物質相の探索などの物性物理の開拓を進めている。半導体タイプ II 量子構造での高密度光励起強磁場磁気光学、カーボンナノチューブを用いた超強磁場アハラノフ・ボーム効果、半導体/磁性体複合ナノ構造を主な研究対象として超強磁場下で実現する光・電子・スピンの絡む複合励起物性や電子相関や多体問題が支配する現象など追求している。超強磁場下で顕在化する励起子凝縮の問題、フラストレート量子スピン系の超強磁場ファラデー回転による磁気構造の解明なども展開している。



電磁濃縮法超強磁場発生実験で室内最高磁場値を更新した記録と開発中の新主コイルの写真。新主コイルを用いた 4 MJ エネルギー投入での 850 T の磁場発生を記録したピックアップコイルの信号を示す (青)。肉薄の軽量コイルを用いても 800 T が得られた (緑)。挿入図は銅内張り主コイルとライナー収縮の様子を示す。

The pick-up coil signals showing the magnetic fields up to 850 T with 4 MJ energy injection into the newly designed coil achieved by the electro-magnetic flux-compression method (blue line). 800 T was generated by a thin and light primary coil (green). The inset is a picture of a newly designed copper lining primary coil, and pictures of the liner implosive motion.

Solid state magneto-photophysics involving photons, electrons, spins, and their complex states is our main research subject realized in semiconductor and magnetic nano-composite structures and in ultra high magnetic fields. 850 T is the maximum magnetic field which we have recently achieved by means of the electro-magnetic flux compression method. Our main scheme is the magneto-optical measurements, which are used for clarifying various phenomena governed by electron correlation and many body interactions. Our materials of research cover type II quantum structures (high density excited states), carbon nano-tubes (optical detection of Aharonov-Bohm effect), dilute-magnetic materials (spin related phenomena), and the spinel oxide (a frustrated spin system). Magneto-optical properties of the exciton complexes, such as a charged exciton, a biexciton, and multi-excitons as well as the exciton Bose-Einstein condensate are the targets to be elucidated by means of the linear and nonlinear magneto-optics under ultra high magnetic field.



電磁濃縮超強磁場発生装置で測定された単層カーボンナノチューブの励起子吸収スペクトルの磁場による分裂の様子。ミセル化分散した (D₂O) 溶液試料 (HiPco) を用いた。(9,4)、(9,5)、(7,5) はカーボンナノチューブのキラリティで、それぞれ全て半導体的である。この分裂はカーボンナノチューブ内を貫く磁束によるアハラノフ・ボーム効果と励起子交換分裂の競合で決まる。この結果は系の光学的性質を決定づける重要な情報となる。

Exciton absorption spectra of the single-walled carbon nanotubes (CNT) in ultra-magnetic fields measured by the electromagnetic flux compression method, exhibiting discernible exciton peak splittings. The CNTs are synthesized by the CoMoCAT technique that are dispersed in D₂O with sodium dodecyl surfactant (SDS). The chirality (9,4), (9,5) and (7,5) show semiconductive CNTs. The peak splittings are determined by competition between the Aharonov-Bohm effect by the magnetic flux penetrating through the CNTs and the exciton exchange splitting. The results contain important informations related to the optical properties of the carbon nanotubes.

研究テーマ Research Subjects

1. 破壊型超強磁場発生と物性計測技術開発
Development for destructive ultra-magnetic field magnets and solid-state physics measurements
2. 高密度光励起状態での磁気光学効果
Magneto-optics of high-density optically excited states
3. カーボンナノチューブの磁気光学
Magneto-optics of carbon nano-tubes
4. 超強磁場励起子相関
Exciton correlation under extremely high magnetic fields

金道研究室

Kindo Group



金道 浩一
Koichi KINDO
教授
Professor



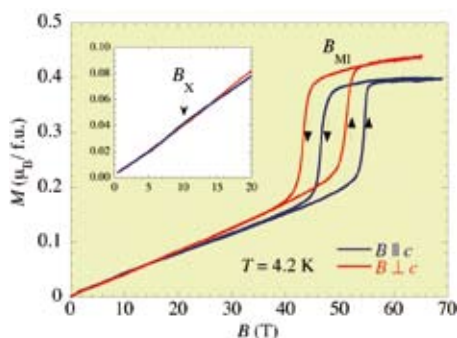
鳴海 康雄
Yasuo NARUMI
助教
Research Associate

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、非破壊パルス強磁場を発生し、その強磁場下で精密な物性測定を行う。様々な用途に応じて、特殊なパルス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 6 ミリ秒、最大磁場 70 テスラ
- ② ロングパルスマグネット：パルス幅 30 ミリ秒、最大磁場 65 テスラ

ショートパルスマグネットは主に非金属の磁化測定に用いられ、ロングパルスマグネットは金属試料の磁化測定および磁気抵抗測定などに用いている。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の世界記録を更新しており、現在も 100 テスラの発生を目指した開発を行っている。平成 20 年 5 月より世界最大のフライホイール付き直流発電機の運転が始まり、これを電源として用いることでパルス幅が 1 ～ 10 秒の磁場発生が可能となる。これまで時間の制約で不可能と考えられていた測定にも強磁場を提供することができ、より精密な物性測定に向けての開発も進行中である。

これ以外にも他研究機関との共同研究により様々なパルスマグネットの開発・供給を行っている。特に、SPRING-8 と共同開発を行った強磁場下 X 線回折測定装置は最新のトピックスのひとつである。



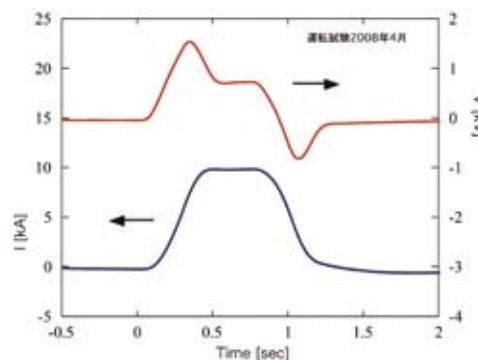
70T マグネットによる BaVS₃ の磁化過程。
Magnetization process in BaVS₃ by use of 70 T magnets

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 6 ms, maximum field 70 T
2. Long pulse magnet: Pulse duration 30 ms, maximum field 65 T

Short pulse magnet is used mainly for magnetization measurements on insulating materials and Long pulse magnet is used for magnetization and magneto-resistance measurements on metallic materials. Our magnet has been breaking the world record of non-destructive magnetic 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 enable us to generate long pulsed field with the duration of 1-10 seconds. The longer pulsed fields can provide much better conditions for precise measurements that had been thought to be difficult before.

We are in collaboration with many researchers in other universities or institution by developing or supplying magnets. Recent topic is the development of X-ray diffractometer under pulsed field that is collaborated with SPRING-8 in Harima.



フライホイール付き直流発電機を用いたロングパルスモードの電流波形。

Time dependence of output-current from flywheel-DC generator for long pulsed field

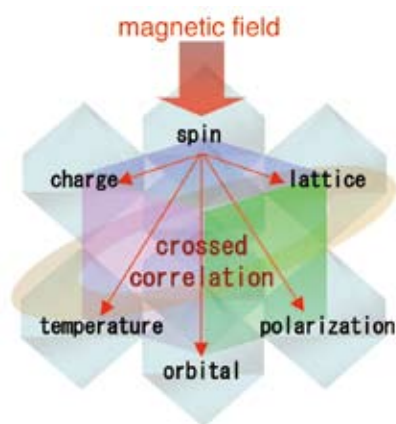
研究テーマ Research Subjects

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 将史
Masashi TOKUNAGA
准教授
Associate Professor

磁場は物質の電子状態を精密に制御できる外場として広く物性研究に役立てられてきた。我々は長時間パルス強磁場下において精密な物性測定を展開し、様々な磁性体・超伝導体の基礎物性を研究している。スピン自由度が格子、電荷、軌道、電気分極などの自由度と結合した系においては、外部磁場印加によって結晶構造、電気抵抗、電気分極など様々な物性が変化する。このような交差相関物性の一例として、反強磁性常誘電体 EuMnO_3 に強磁場を印加する事で生じる磁場誘起強誘電相の存在を観測している。磁気秩序と強誘電性の共存したいわゆるマルチフェロイック状態は、ある特殊な磁気対称性を持つ場合にのみ実現する。磁場中電気分極測定は、フラストレーションのある磁性体で生じる多彩な磁場誘起相における対称性を考察する手段としても有効である。

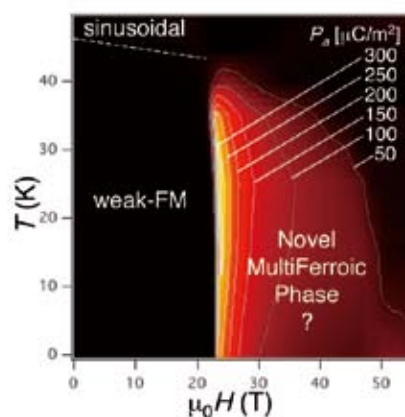


交差相関系における磁場誘起相転移の模式図。パルス強磁場を印加する事で、スピン系を介して結晶構造、電気抵抗、電気分極など様々な物理量を変化させる。

Schematic drawing of magnetic field-induced transitions in cross-correlated system. Application of pulsed high magnetic fields changes various physical properties via transitions in the spin system.

Magnetic fields have been utilized as a useful external perturbation to accurately control the electronic states in materials. We are developing various kinds of precise experiments in pulsed-high magnetic fields generated by non-destructive magnets, and studying basic physical properties of many kinds of magnets and superconductors.

We mainly study field-induced phase transitions in strongly correlated electron systems in which multiple degrees of freedom couple to each other. In these cross-correlated materials, application of magnetic fields can cause gigantic changes in a variety of physical properties, such as crystal structure, resistivity, electric polarization. As an example, a paraelectric antiferromagnet EuMnO_3 changes into a ferroelectric phase in high magnetic fields. The coexistence of ferroelectricity and magnetic ordering is possible only in the limited magnetic point group. Measurements of the electric polarization in high magnetic fields are useful to determine the magnetic symmetry in non-trivial magnetic phases in frustrated magnets.



EuMnO_3 における電気分極の温度・磁場依存性。ゼロ磁場で常誘電体である EuMnO_3 に強磁場を印加するとマルチフェロイック状態への相転移を起こす。

Temperature and magnetic field dependence of the electric polarization in EuMnO_3 . Application of high magnetic fields to paraelectric EuMnO_3 causes phase transitions to the multiferroic state.

研究テーマ Research Subjects

1. マルチフェロイック物質の磁場誘起相転移
Field-induced transitions in multiferroic materials
2. 高温超伝導体の強磁場物性
High-field studies on high temperature superconductors
3. パルス強磁場下における高速偏光顕微鏡観察
High-speed polarizing microscope imaging in pulsed-high magnetic fields
4. スピン・電荷・格子結合系の交差相関物性
Cross correlation effects in materials with coupled spin, charge, and lattice degrees of freedom

松田康弘研究室

Y. Matsuda Group



松田 康弘
Yasuhiro MATSUDA
准教授
Associate Professor

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。

磁場は電子のスピンの軌道運動に直接作用するため、精密な物性制御が可能である。しかし一般に、磁場の効果は温度や圧力に比べて小さく、相転移などの劇的な変化を起こすには、強い磁場が必要となる。物性研究所の電磁濃縮法は 800 テスラ級の超強磁場発生が可能であり、その際のゼーマンエネルギーは温度換算で室温を遙かに超え、反強磁性体や非磁性体も含む多くの物質で顕著な磁場効果が期待できる。

また、本研究室では、磁場中電子状態解明に威力を発揮する、X 線磁気分光研究を推進しており、SPring-8 や KEK-PF において非破壊型 50 テスラ級パルス強磁場を用いた X 線吸収分光や X 線磁気円二色性分光の研究も行っている。X 線領域の高エネルギーフォトンを用いた分光は、物質を構成する元素の内殻遷移をみるため、共鳴エネルギーを選ぶことで、元素・軌道選択が可能である。強磁場 X 線分光により、これまで未解明の磁場誘起現象の理解が大きく進展すると期待される。他には、強光場下での特異な電子状態における超強磁場磁気光学効果についても研究を行っていく計画である。

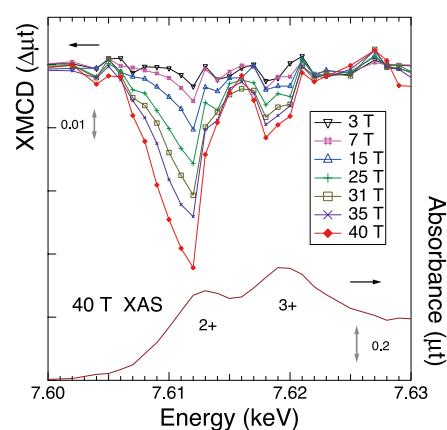
We investigate electronic and magnetic properties of matter at ultra-high magnetic fields in the multi-megagauss range in collaboration with Takeyama Group. Magnetic-field-induced phase transitions and cross over phenomena in strongly correlated systems are the main subjects.

Magnetic field can precisely control the properties of matter through the Zeeman effect and Landau quantization. However, in general, magnetic-field effect is smaller than pressure or temperature effect. Hence, a high magnetic field is required to induce the dramatic phenomena such as a phase transition. In ISSP, 800-Tesla magnetic field is generated by the electro-magnetic flux compression method. Since the Zeeman energy in such a high field much exceeds an energy corresponding to a room temperature, significant field effect is expected in variety of materials including antiferromagnetic or non-magnetic materials.

We also carry out X-ray magneto-spectroscopy using synchrotron X-rays at the SPring-8 and KEK-PF that is a useful means to study the electronic states in high magnetic fields. Element- and shell-selective X-ray magneto-spectroscopy using a non-destructive 50-Tesla pulsed magnet is expected to develop understanding of microscopic mechanisms of the magnetic-field-induced phenomena. In addition to above-mentioned researches, we plan to study the magneto-optical effects of light-dressed states in solids under intense radiation at ultra-high magnetic fields.

価数揺動物質 $\text{EuNi}_2(\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x)_2$ $x=0.82$ の 40 テスラまでのパルス強磁場における Eu L_2 吸収端の X 線吸収スペクトル (XAS) と X 線磁気円二色性 (XMCD) スペクトル。状態混成に起因した特徴的なスペクトル形状が観測されている。

X-ray absorption spectrum (XAS) and X-ray magnetic circular dichroism (XMCD) spectra near Eu L_2 -edge in $\text{EuNi}_2(\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x)_2$ $x=0.82$ at pulsed-magnetic fields up to 40 T. Peculiar features attributed to the hybridization between different valence states are found in the spectra.

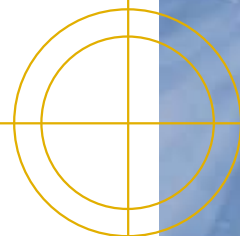


研究テーマ Research Subjects

1. 超強磁場における固体の電子・磁気状態
Electronic and magnetic properties in solids under ultra-high magnetic fields
2. 放射光 X 線を用いた強磁場内殻磁気分光
High-field inner-shell magneto-spectroscopy using synchrotron X-rays
3. 強光場下での超強磁場磁気光学効果
Magneto-optical effects on light-dressed states in solids under ultra-high magnetic fields

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、研究上頻繁に必要となる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、担当の技術職員または非常勤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, Model Shop for various machining, Radiation Laboratory for the safety in experiments that utilize X-ray, γ -ray and radioactive materials, Library, Stock Room for supplying common expendables, International Liaison Office for supporting foreign researchers, and Publication Section for advertisement and publication. In each facility, several staffs are working under supervision of corresponding committee.

低温委員長
Chairperson
Cryogenics service

榊原 俊郎
Toshiro SAKAKIBARA

技術専門職員
Technical Associate

土屋 光
Hikaru TSUCHIYA

技術職員
Technical Associate

鷺山 玲子
Reiko SAGIYAMA

技術職員
Technical Associate

阿部 美玲 (低温センター)
Mirei ABE

工作委員長
Chairperson
Model shop

末元 徹
Tohru SUEMOTO

技術専門職員
Technical Associate

岡部 清信
Kiyonobu OKABE

技術専門職員
Technical Associate

山崎 淳
Jun YAMAZAKI

研究支援推進員
Technical Staff

今井 忠雄
Tadao IMAI

研究支援推進員
Technical Staff

榎本 泰道
Yasumichi ENOMOTO

研究支援推進員
Technical Staff

村貫 静二
Seiji MURANUKI

放射線管理委員長
Chairperson
Radiation lab.

高橋 敏男
Toshio TAKAHASHI

技術専門職員
Technical Associate

野澤 清和
Kiyokazu NOZAWA

図書委員長
Chairperson
Library

金道 浩一
Koichi KINDO

係長
Administrative Staff

渡邊 留美
Rumi WATANABE

一般職員
Administrative Staff

曾我 典子
Noriko SOGA

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

柴山 充弘
Mitsuhiro SHIBAYAMA

事務補佐員
Administrative Staff

四十住 英子
Hideko AIZUMI

国際交流委員長
Chairperson
International liaison office

押川 正毅
Masaki OSHIKAWA

事務補佐員
Administrative Staff

亀田 秋子
Akiko KAMEDA

事務補佐員
Administrative Staff

久保 美穂子
Mihoko KUBO

広報出版委員長
Chairperson
Public relations

川島 直輝
Naoki KAWASHIMA

技術補佐員
Technical Staff

石塚 みづゑ
Mizue ISHIZUKA

低温液化室 Cryogenics Service Laboratory

低温委員長 榊原 俊郎 Chairperson: T. SAKAKIBARA
 技術専門職員 土屋 光 Technical Associate: H. TSUCHIYA
 技術職員 鷺山 玲子 Technical Associate: R. SAGIYAMA
 技術職員 阿部 美玲 Technical Associate: M. ABE
 (低温センター) (Cryogenic Research Center)

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。2007年度の液体ヘリウムの生産量と供給量はそれぞれ305,000 L、229,000 Lである。液体窒素は外部より購入し、供給している。2007年度の液体窒素の使用量は677,900 Lとなっている。

The aim of this laboratory is to supply liquid helium and liquid nitrogen, and to give general services concerning cryogenic techniques. The laboratory also takes care of high-pressure gas cylinders used in Kashiwa Campus. Liquid helium is produced by the laboratory's own liquefier and supplied to the researchers and students. The evaporated helium gas is recovered and purified in this laboratory for recycling liquefactions. In the 2007 fiscal year, 305,000 L of liquid helium was produced as a total and 229,000 L was supplied to the users. Liquid helium is transferred from the 6,000 L storage vessel to various small storages with the centrifugal immersion pump system. Liquid nitrogen is purchased from outside manufacturers. The supplied liquid nitrogen was 677,900 L in the same year.

主要設備

Main Facilities

ヘリウム液化装置Ⅰ（リンデ）	Helium liquefier systemⅠ（Linde）	200 L/hr
ヘリウム液化装置Ⅱ（リンデ）	Helium liquefier systemⅡ（Linde）	150 L/hr
液体ヘリウム貯槽	Liquid helium storage vessel	6,000 L
液体窒素貯槽	Liquid nitrogen storage tanks	20,000 L
回収用ヘリウムガス圧縮機	Helium gas recovery compressor	190 m ³ /hr
移動用ヘリウムガス容器	Liquid helium transport containers	500 L, 250 L, 100 L etc.
遠心式ヘリウム汲上げポンプ	Centrifugal liquid helium pump system	20 L/min



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

工作室 Model Shop

工作委員長 末元 徹 Chairperson: T. SUEMOTO
 技術専門職員 岡部 清信 Technical Associate: K. OKABE
 技術専門職員 山崎 淳 Technical Associate: J. YAMAZAKI
 研究支援推進員 今井 忠雄 Technical Staff: T. IMAI
 研究支援推進員 榎本 泰道 Technical Staff: Y. ENOMOTO
 研究支援推進員 村貫 静二 Technical Staff: S. MURANUKI

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 model shop consists of a machine shop, a glass shop and a supporting 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

Machine 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
 Supporting Machine Shop: Universal Lathes, Precision Lathes,
 Milling Machines



NC旋盤による作業
Numerically controlled lathe

放射線管理室 Radiation Safety Laboratory

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

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

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

主要設備

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

Main Facilities

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



図書室 Library

図書委員長 金道 浩一 Chairperson : K. KINDO
 係長 渡邊 留美 Administrative Staff: R. WATANABE
 一般職員 曾我 典子 Administrative Staff: N. SOGA

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

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

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

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

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

概要

面積 : 783m²
 蔵書数 : 62,033 冊（平成 19 年度末現在）
 （洋書 56,225 冊、和書 5,808 冊、製本雑誌を含む）
 雑誌種類数 : 733 種（洋雑誌 629 種、和雑誌 104 種）
 開室時間 : 平日 9:30-17:00（時間外利用 6:00-24:00）
 座席数 : 24 席（内 8 席は LAN ケーブル、電源コンセント設置）
 検索用端末 : 3 台
 複写機 : 3 台
 運営 : 図書委員会
 職員数 : 3 人（非常勤職員含む）
<http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/labs/tosyo/>



ストックルーム Stock Room

管理委員長 柴山 充弘 Chairperson: M. SHIBAYAMA
事務補佐員 四十住 英子 Administrative Staff: H. AIZUMI

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

在庫品目と価格はウェブページで参照できる。(http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/contents/sections/stockroom/list.html)

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.

The available items and prices can be checked on the webpage of ISSP. (http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/contents/sections/stockroom/list.html)



ストックルーム
Stock Room

国際交流室 International Liaison Office

国際交流委員長 押川 正毅 Chairperson: M. OSHIKAWA
事務補佐員 亀田 秋子 Administrative Staff: A. KAMEDA
事務補佐員 久保 美穂子 Administrative Staff: M. KUBO

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。

「国際交流」

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

「国内交流」

客員所員の支援(事務手続き・住居の準備)

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 軌道放射実験棟 (SOR実験棟)
Synchrotron Radiation Laboratory
- ⑥ ロングパルス強磁場実験棟
Long Pulse Magnet Laboratory

⑦ 宇宙線研究所

Institute for Cosmic Ray Research

⑧ 数物連携宇宙研究機構

Institute for the Physics and Mathematics of the Universe

⑨ 総合研究棟

General Research Building

新領域創成科学研究科

Graduate School of Frontier Sciences

- ⑩ 基盤棟
Transdisciplinary Sciences Bldg.
- ⑪ 基盤科学実験棟
Transdisciplinary Sciences Laboratory
- ⑫ 生命棟
Biosciences Bldg.
- ⑬ 環境棟
Environmental Bldg.
- ⑭ 情報生命科学実験棟
Computational Biology Laboratory

共用施設

Supporting Facilities

- ⑮ 環境安全研究センター柏支所
Environmental Science Center, Kashiwa Branch
- ⑯ 柏図書館
Kashiwa Library
- ⑰ 福利厚生棟
Cafeteria and Shop
- ⑱ 共同利用研究員宿泊施設
Guest House
- ⑲ 東大柏どんぐり保育園
Todai Kashiwa Donguri Day Nursery



■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

- つくばエクスプレス 柏の葉キャンパス駅西口から
 - 徒歩の場合 約25分
 - タクシー利用の場合 約5分
 - バス利用の場合、東武バス「柏の葉公園循環」または「江戸川台駅東口行き」で約10分「東大前」下車 徒歩約1分
- JR常磐線柏駅西口から
 - バス利用で、東武バス「国立がんセンター行き」で約25分
 - 柏の葉公園経由の場合「東大前」下車 徒歩約1分
 - 税関研修所経由の場合「国立がんセンター」下車 徒歩約4分
- 東武野田線江戸川台駅東口から
 - 徒歩の場合 約35分
 - タクシー利用の場合 約5分
 - バス利用の場合、東武バス「柏の葉キャンパス駅西口行き」で約6分「東大前」下車 徒歩約1分
- 羽田空港から
 - 高速バス利用で、「柏駅西口行き」約75分「国立がんセンター」下車 徒歩4分
- 常磐自動車道柏I.C.から車で約5分



■附属軌道放射物性研究施設つくば分室 (高エネルギー加速器研究機構内) Tsukuba Branch of Synchrotron Radiation Laboratory

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

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

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





I S S P

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

